



Kritikus infrastruktúra
védelmi kutatások
TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-0001



ÚJ SZÉCHENYI TERV

HADTUDOMÁNY

A MAGYAR HADTUDOMÁNYI TÁRSASÁG ÉS A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA HADTUDOMÁNYI BIZOTTSÁGÁNAK FOLYÓIRATA

XXIII. ÉVFOLYAM ELEKTRONIKUS KÜLÖNSZÁM 2013. M Á J U S



AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS MTA | BCE | NKE | SZIE
2013.05.09. | ÉS A BIZTONSÁG ÖSSZEFÜGGÉSEI

TUDOMÁNYOS KONFERENCIA, BUDAPEST

Felelős kiadó: Nagy László, a társaság elnöke

A programbizottság elnöke

Láng István

A programbizottság tagjai

Bozó László, Halász László, Horváth Levente, Hrotkó Károly, Jolánkai Márton,
Mezősné Szilágyi Kinga, Molnár Sándor, Padányi József

Szerkesztő

Kőhalmi Dezső

A Programbizottság köszönetet mond a **TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR** számú projekt támogatásáért.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszechenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



Kiadó:

Magyar Hadtudományi Társaság
1581 Budapest, Hungária krt. 9-11.
Tel. : +36-1-432-9000 / 29-684 mellék
Levélcím: 1581 Budapest, Pf. 15.
Internetcím: www.mhtt.eu

ISSN 1215-4121

Védnökök

Németh Tamás, főtktár Magyar Tudományos Akadémia
Benkő Tibor vezérezredes, Honvéd vezérkar főnök
Bakondi György t. altábornagy, főigazgató, BM Országos Katasztrófavédelmi
Főigazgatóság

ELŐSZÓ

Az éghajlatváltozás, a szélsőséges időjárást kísérő jelenségek meghatározóak biztonságérzetünk szempontjából. Az árvizek, a rendkívüli téli időjárási viszonyok, az extrém hőmérséklet és szélmozgás hatása kiemelt figyelmet érdemel. A közös kutatási erőfeszítések kiváló példája a 2013. május 9-én megrendezett „Az éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései” című tudományos konferencia, ahol az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások széles skálája lesz napirenden. A konferenciát a Magyar Tudományos Akadémia, a Budapesti Corvinus Egyetem, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem és a Szent István Egyetem kutatói szervezték. A konferencia célja, hogy az éghajlatváltozás hatásainak szempontjából értékelje a hazai kihívásokat a honvédelmi kutatások, az alkalmazkodás, a mitigáció és a vízügyi kérdésekben. Megoldási alternatívákat keressen, és az így megfogalmazott ajánlásokat értelmezze az éghajlatváltozás káros hatásait csökkentő eszközrendszerben.

Programbizottság



Tartalomjegyzék

PLENÁRIS ELŐADÁSOK.....	6
Éghajlatváltozás és biztonság: humán-egészségügyi kockázatok.....	6
<i>Páldy Anna, Bobvos János</i>	
Meteorológiai szélsőségek és környezetbiztonság.....	21
<i>Bozó László</i>	
National defence research on the effects of climate change.....	30
<i>József Padányi</i>	
A mitigáció szerepe a klímaváltozási stratégiák kialakításában.....	41
<i>Molnár Márk, Molnár Sándor</i>	
I. SZEKCIÓ: HONVÉDELMI KUTATÁSOK.....	52
Éghajlatváltozás és haditechnika.....	52
<i>Halász László</i>	
The green barracks program.....	67
<i>Ferenc Kovács</i>	
Művelési területek szélsőséges klimatikus tényezőinek hatásai a katona pszichikai – mentális teljesítményére.....	83
<i>Hullám István</i>	
A klímaváltozás jelentette kihívások az ABV védelemben.....	101
<i>Földi László</i>	
A szélsőséges környezeti hőmérséklet katonai ruházatra gyakorolt hatása, a ruházat kiválasztásának és fejlesztésének irányai.....	117
<i>Benkicsné Czagány Tünde</i>	
A természetes háttér – éghajlatváltozás okozta – változásának hatása a harctéri álcázásra.....	130
<i>Nagy István</i>	
Az éghajlatváltozás biztonsági kihívásai az Északi-régióban.....	144
<i>Márton Andrea</i>	
A globális klímaváltozás egészségügyi hatásai Magyarországon.....	153
<i>Kohut László</i>	
A fosszilis energiacsökkentés biztonsági és környezetvédelmi kérdése.....	165
<i>Solymosi Ferenc</i>	
II. SZEKCIÓ: ADAPTÁCIÓ.....	183
Élelmiszerlánc-biztonsági Stratégia Magyarországon – Tapasztalatok és javaslatok.....	183
<i>Kasza Gyula, Zsoldos László, Bódi Barbara</i>	
A klímaváltozás biztonságpolitikai és ellátás-biztonsági kihívása.....	195
<i>Király László, Lakner Zoltán</i>	
Klimatikus termésbiztonsági modellek a szőlőtermesztésben.....	207



Ladányi Márta, Bisztray György Dénes

A helyi szintű cselekvés és az ökotudatos társadalmi normák kialakulásának lehetőségei.....221
Antal Z. László

Negative impact of climate change on the distribution of some conifers.....234
Ákos Bede-Fazekas

The role of the green architecture in the adaptation to the climate change.....244
Olah, Andras Bela

Új vektoriális betegségek megjelenésének lehetősége, és a már őshonos betegségek jelentőségének növekedése a klímaváltozás következtében. A XXI. század egészségügyi és hadászati biztonságát fenyegető hazardok255
Trájer Attila János, Bede-Fazekas Ákos, Bobvos János, Páldy Anna

III. SZEKCIÓ: MITIGÁCIÓ..... 271

Biomassza Magyarországon.....271
Barótfi István

Energiaültetvények életciklus-elemzésének eredményei282
Gyuricza Csaba, Bakti Beatrix, Kovács Gergő, Balla István, Kohlheb Norbert

Szántóföldi klímakárcsökkentés talajműveléssel301
Birkás Márta, Dezsény Zoltán

Napenergia és energiabiztonság314
Kocsány Ivett, Seres István, Farkas István

A szélenergia szerepe az energiabiztonságban.....326
Tóth László, Schrempf Norbert

Low-carbon optimisation modeling with Rubic Cube based interpretation (three-dimensional project development process).....340
Csaba Fogarassy, Katalin Balogh

Éghajlati adatbázisok szerepe a biztonságpolitikában351
Szalai Sándor, Bihari Zita, Lakatos Mónika, Szentimrey Tamás

Nukleáris hulladékok elhelyezése Magyarországon.....365
Füst Antal

A geotermális energia hasznosításának hazai lehetőségei és a hőszivattyúk alkalmazásának egyes kérdései378
Naármé Tóth Zsuzsanna, Naár Tamás

IV. SZEKCIÓ: VÍZ..... 393

A víztározás szerepe a vízkészlet-gazdálkodásban.....393
Dobi László

A vízenergia lehetőségei a változó világban412
Szeredi István

Globális kihívások a „Future Earth” (A Föld a jövőben) című ICSU program küszöbén.....425
Szarka László

Döntéskényszer a hazai árvízvédelemben.....435
Schweitzer Ferenc



A klímaváltozás és ivóvizünk biztonsága	449
<i>Farkas József, Beczner Judit</i>	
Klímaváltozás: a növénynevelés és a növénytermesztés feladatai.....	458
<i>Veisz Ottó, Bencze Szilvia, Balla Krisztina, Varga Balázs, Vida Gyula, Karsai Ildikó</i>	
Aszály és öntözés: a mezőgazdaság lehetőségei és korlátai	470
<i>Farkas Ildikó, Gyuricza Csaba, Tarnawa Ákos, Jolánkai Márton</i>	



PLENÁRIS ELŐADÁSOK

Éghajlatváltozás és biztonság: humán-egészségügyi kockázatok

Páldy Anna, Bobvos János

Országos Környezetegészségügyi Intézet, Budapest

Tartalmi kivonat

Az IPCC 4. jelentése szerint a klímaváltozás várható egészségi hatásai közül a hőhullámok rovására írható többlethalalozások növekedése a legsúlyosabb. A közlemény jellemzi az elmúlt 10 év legfontosabb hőhullám eseményeit és a kapcsolódó többlethalalozást, mentőhívásokat és a RegCM klímamodell alapján várható növekedést 2021-2050 és 2071-2100 között.

Kulcsszavak: klímaváltozás, hőhullám, többlethalalozás, mentőhívás

Abstract

According to the 4th Assessment Report of the IPCC the most important health effects of climate change will be the increase of excess mortality and morbidity due to heatwaves in Europe. The paper describes the characteristics of the heatwaves of the past 10 years and the related excess mortality respectively emergency ambulance calls. Predictions of climate change-related increase of the excess health impacts are given for 2021-2050 and 2071-2100 based on the RegCM model.

Keywords: climate change, heatwave, excess mortality, ambulance calls.

Bevezetés

A klímaváltozás minden valószínűség szerint a legsúlyosabb környezeti és egészségügyi probléma a XXI. században. Tényét mind a kutatási eredmények, mind a megfigyelések egyre nagyobb valószínűséggel támasztják alá. Az 1850-es évek



óta a globális átlaghőmérséklet $0,76^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedett. Az IPCC (International Panel on Climate Change 2007) IV. jelentése szerint az 1995 és 2006 közötti 12 évből 11 az 1850 óta mért legmelegebb 12 év köze tartozik a felszíni megfigyelések alapján. A felmelegedés nagy valószínűséggel antropogén eredetű, a légköri üvegházhatású gázok feldúsulásának következménye - ezt a modellszámítások eredményei meggyőzően támasztják alá. A klímaváltozás lehetséges alakulását úgynevezett emissziós scenáriók alapján próbálják megbecsülni, amelyeket feltételezett gazdasági-társadalmi fejlődési pályák alapján számolnak. A modellek szerint a földi átlag-hőmérséklet 2100-ra előre láthatóan $1,4\text{--}5,8^{\circ}\text{C}$ -kal növekedne. A számítások azt mutatják, hogy még a „legkedvezőbb” emissziós scenárió esetén is 2°C körüli hőmérséklet-emelkedéssel kell számolni a XXI. században. A legrosszabb esetben a növekedés meghaladhatja az 5°C -ot is.

A klímaváltozás és az egészség

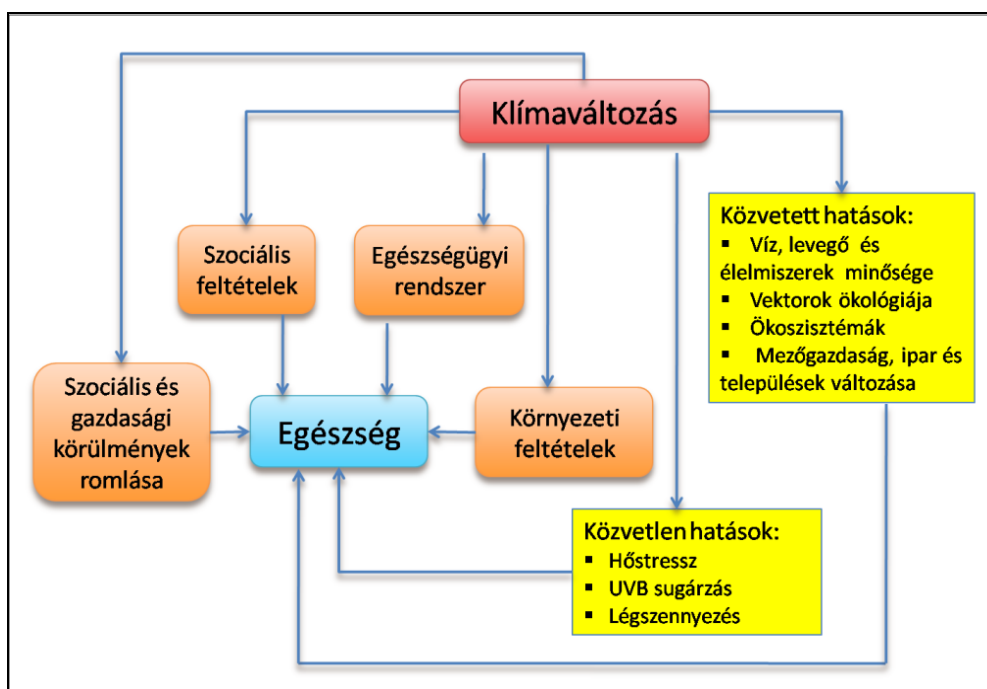
Az emberi egészség szempontjából az éghajlat előre jelzett változásának fontos következményei lesznek (1. ábra, Forrás: Klímaváltozásról mindenkinek, Szerk.: Harnos Zs. és mtsai., 2008¹). Egyre több bizonyíték támasztja alá, hogy a klímaváltozás befolyásolja az emberi egészséget, jelenleg is világszerte hozzájárul a globális betegségteherhez és az idő előtti halálozáshoz.

Az EU „Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz” című Zöld Könyve elismeri, továbbá a 2009-ben kiadott Fehér Könyvben megerősíti, hogy a klímaváltozás káros hatásai gyorsan és veszélyes mértékben erősödnek. Európára vonatkozóan elsősorban a magas hőmérsékletből (hőhullámok következtében) adódó halálesetek és megbetegedések különböző vonatkozásait emeli ki. Jelentős kockázatnak tartja bizonyos, vektorok, ivóvíz és élelmiszerek által közvetített emberi (és állati) fertőző betegségek terjedésében bekövetkező változásokat, illetve azt, hogy a légköri változások befolyásolják a levegő által közvetített allergének terjedését, továbbá az ultraibolya sugárzásból származó kockázatokat. Európa legsérülékenyebb területe Dél-Európa és a Földközi-tenger teljes medencéje, ahol a jelentős hőmérséklet-emelkedés és a csökkenő csapadék-mennyiség együttes hatása olyan területeken

¹ Klímaváltozásról mindenkinek; Budapesti Corvinus Egyetem Kertésztudományi Kar Szerk: Harnos Zs., Gaál M., Hufnagel L. 2008, 133-152



jelentkezik, melyeken már most is vízhiánnyal küzdenek. Magyarország e régió határán van.



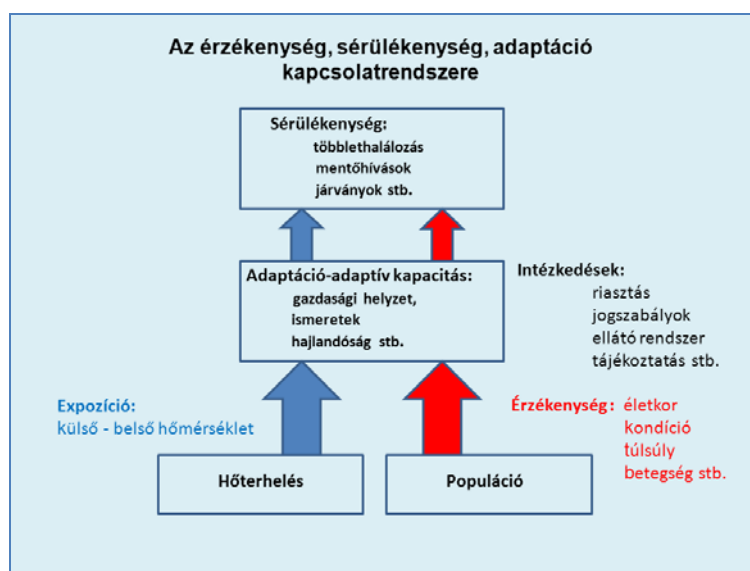
1. ábra: A klímaváltozás hatása az egészségre

Hazánkban a klímaváltozással kapcsolatos kutatások a 2000-es évek elején indultak, a klímaváltozás várható egészségi hatásainak felmérése, a hőség/hőhullámok hatásainak - valós idejű egészségi adatok alapján - folyamatos nyomon követése kiemelt jelentőséggel folyik. Évek óta folynak vizsgálatok az állati hordozók (vektorok) által terjesztett fertőző betegségekkel kapcsolatban. Az allergén növények elterjedésnek és a virágzási szezonok változásának vizsgálata is fontos közegészségügyi feladat. Az utóbbi évek rendkívüli esőzései és az egyre gyakrabban előforduló árvizek ráirányították a figyelmet a sérülékeny ivóvízbázisok fokozott védelmére, az árvizekkel kapcsolatos komplex megelőzési és elhárítási tervek kidolgozásának szükségességére. A 2007-2012. évek időjárási változékonysága is alátámasztja, hogy a jövőben még a mérsékelt éghajlatú országokban is, így hazánkban is fel kell készülni ezen extrém helyzetek hatásainak megelőzésére. Ezek a kutatások, valamint a nemzetközi tapasztalatok is megerősítik a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás igényét.



Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz

Az alkalmazkodás alapfogalmait és alapvető összefüggéseit az IPCC 2001. évi jelentésében álló II. Munkacsoport "Impacts, Adaptation, Vulnerability" c. fejezete foglalta össze, részletesen kitérve az alkalmazkodással összefüggő - érzékenység, rugalmasság, ellenálló képesség, hatás, sérülékenység, spontán vagy autonóm alkalmazkodás, tervezett alkalmazkodás, alkalmazkodási kapacitás - további fogalmakra is (2. ábra, saját forrás).



2. ábra: Az adaptáció kapcsolatrendszere a hőség esetében

Az alkalmazkodást "Adaptation" legátfogóbban a természeti és emberi-társadalmi rendszerek megélt, ill. a jövőben várható klímaváltozásból adódó időjárási jelenségek és állapotváltozások "Stimuly" hatásaihoz és következményeihez "Impacts" való igazodásként kell értelmezni (Páldy A., Bobvos J., 2011²). A klímaváltozás következményei humán egészségügyi szempontból lehetnek pozitívak (pl. a téli átlaghőmérséklet-emelkedés esetén kevesebb hideggel kapcsolatos halálozás) vagy negatívak (pl. szélsőséges időjárási jelenségek gyakoribbá, intenzívebbé válása, hőség hullámokkal kapcsolatos többlethalálozás). Valamely rendszer érzékenysége "Sensitivity" az adott rendszer külső behatásokra, így a

² Páldy A., Bobvos J. (2011): A klímaváltozás egészségi hatásai Sebezhetőség-alkalmazkodóképesség; In: Sebezhetőség és adaptáció A reziliencia esélyei, MTA Szociológiai Intézet, Szerk: Tamás Pál és Bulla Miklós, 2011, 97-114

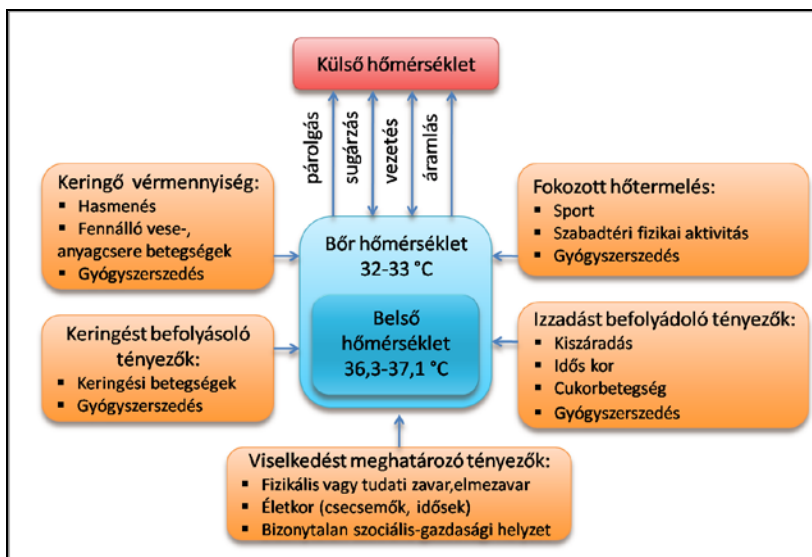


klímaváltozásra és ingadozásokra való fogékonysága. A rendszer rugalmassága "Resilience" a veszteségek pótlásának és az önreprodukálás adottságának együttese. A rendszer ellenálló képessége "Resistance" pedig azt mutatja, milyen hatékonyan képes a rendszer szembeszegülni vagy megelőzni valamely klíma esemény hatását. Sérülékenység "Vulnerability" a rendszerek károsodásának mértéke, mai attól függ, hogy mennyire érzékeny a tolerancia-határain túli, időjárási események hatásaira.

Az alkalmazkodási kapacitás "Adaptive capacity" jelenti valamely közösség, régió stb. összetett képességét, gyakorlati tevékenységei és eszközei együttesét, amelyekkel a közösség klímaváltozásból származó terheléssel képes megbirkózni. Más szavakkal az adaptív kapacitás befolyásolja a rendszer sérülékenységét és érzékenységét. Az IPCC jelentés az adaptív kapacitás nyolc területét határozta meg: elérhető technológiai lehetőségek; anyagi források; a kritikus intézmények és döntéshozó hivatalok szerkezete; humán tőke; szociális tőke, beleértve a tulajdonviszonyokat; a rendszer hozzáférése a kockázat terjedési folyamatokhoz; információkezelés és az információk döntéshozók által alátámasztott hitelessége; a lakosság expozíció- és kockázat érzékelése.

A hőmérséklet hatása a napi halálozásra

A környezeti tényezők közül a hőmérséklet igen jelentősen befolyásolja az egészségi állapotot, a növekvő hőmérséklet hatására bőrkiütés, fáradtság, görcs, hirtelen ájulás, kimerülés, hőséguta alakulhat ki (3. ábra, Forrás: Klímaváltozásról mindenkinek, Szerk.: Harnos Zs. és mtsai., 2008¹). Megjegyezzük, hogy a klímaváltozás közvetlen és közvetett hatásai közül a Kárpát-medencében ez a hatás a legfontosabb, legnagyobb jelentőségű.



3. ábra: Az emberi szervezet hőszabályozását befolyásoló tényezők

A legtöbb hőszabályozó megbetegedés a hőszabályozó rendszer különböző súlyosságú zavarára vezethető vissza. Szervezetünk rövidtávon, általában 3-12 nap alatt képes alkalmazkodni a nagy meleghez, a szokatlan hőviszonyokhoz történő hosszú távú alkalmazkodás azonban akár évekig is eltarthat.

A hőhullámokkal szemben a legsérülékenyebbek a gyermekek és az alábbi krónikus betegségben szenvedők:

- Diabetes mellitus és egyéb anyagcsere betegségek,
- Organikus mentális betegségek, demencia, Alzheimer kór,
- Mentális és viselkedési zavarok, psychoaktív gyógyszereket szedők, alkoholisták,
- Schizophrenia és hasonló kórképek,
- Extrapyramydális és egyéb mozgási zavarok (Parkinson kór, stb.),
- Szív-érrendszeri betegségek, magas vérnyomás, ritmuszavarok,
- Légzőszervi betegségek (KALB, bronchitis),
- Vesebetegségek, veseelégtelenség, vesekövesség.

A hőhullámok gyakorisága és intenzitása is nagy terhet ró Európa lakosságára. A legnagyobb hatású a 2003-ban bekövetkezett, Nyugat-Európát sújtó hőhullám volt, aminek következtében Franciaországban több mint 14 000 ember vesztette életét. Szintén nagyon sok ember halálát okozták az extrém meleg időjárási események Olaszországban is, ahol 3134 fő többelhalálozást regisztráltak 2003. június 1. és augusztus 15. között. Az összes európai áldozat számát 70000 esetre becsülik.



A többlethalálózások és a hőmérséklet összefüggésének hazai vizsgálata 1970-2000 közötti 31 éves budapesti hőmérsékleti és napi halálzási adatok idősor analízisén alapszik (Paldy A. et al., 2005³). A vizsgálatban megállapították, hogy a hőmérséklet-halálzás összefüggését a relatív páratartalom és a légnyomás nem módosította szignifikáns mértékben. Ez az első elemzés a fővárosi adatokon alapult, később vizsgálták, hogy a hatás kiterjeszhető-e a vidéki területekre is, általánosítható-e az országra. Budapest és Pest megye, illetve Szeged és Csongrád megye viszonylatában végeztek hasonló elemzéseket az 1996-2004-es időszakra vonatkozóan, figyelembe véve az esetleges nemi és korcsoportos összefüggéseket is (Bobvos J. and Paldy A., 2009⁴). A férfiak valamivel érzékenyebbnek bizonyultak, a 0-64 évesek körében a többlethalálzás meghaladta a 20%-ot, azonban a többlethalálzás döntő hányada a 75 éven felüliek körében jelentkezett.

A nyári hőmérsékleti extrémítások szempontjából a 2007. év volt a legkiemelkedőbb, öt napig mértek az országban 30°C feletti átlaghőmérsékletet, a rekordokat döntő forróságú hőhullám 10 napig tartott július 16-24. között. A rendkívüli hőség idején került először bevezetésre az úgynevezett „valós idejű” halálzási adatgyűjtés. A három hőmérsékleti kategóriának - a riasztás két szintjének küszöbértékeihez tartozó (25°C és 27°C), valamint a korábban nem tapasztalt 30°C feletti átlaghőmérsékletnek - megfelelő többlethalálzás százalékos arányai a következőképpen alakultak: a 25°C-nál melegebb napokon 12% volt a 25°C alatti napokhoz képest, 27°C-nál melegebb napokon 29%, míg a 30°C feletti 5 napon 57%-os volt a többlethalálzás (Páldy A. és Bobvos J., 2008⁵). A hőhullám alatt az országban 1158 többlethalálzás eset történt, ami 36,0% növekedést jelentett, ez a nők-férfiak esetében 36,4% és 33,2% volt. A fiatalabb korosztálynál (0-64 év) 20,2%, míg az idősebbek esetében (65+ év) 41,0% növekedést mutattak ki.

Az 1. táblázat (Anna Paldy and Janos Bobvos, 2012⁶) alapján látható, hogy 2012 nyara volt az elmúlt 10 évben a harmadik legmagasabb átlag- és maximum hőmérsékletű nyár, a második legtöbb hőhullám napot is (26) 2012-ben regisztrálták.

³ Paldy A., Bobvos J. and Vamos A. (2005): The effect of temperature and heat waves on daily mortality in Budapest, Hungary, 1970-2000; In: Kirch, W., Menne, B., Bertollini, R.: Extreme weather events and public health responses, WHO, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005 pp 99-108

⁴ Bobvos J. and Paldy A. (2009): Impact of Heat on the Urban and Rural Population in Hungary; Epidemiology: November 2009 - Volume 20 - Issue 6 - p S127

⁵ Páldy A., Bobvos J., (2008): A 2007. évi magyarországi hőhullámok egészségi hatásainak elemzése - előzmények és tapasztalatok; "Klíma-21" Füzetek 2008, 52, 3-15.

⁶ Anna Paldy and Janos Bobvos (2012): Impact of heat waves on excess mortality in 2011 and 2012 in Hungary; Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine 2012, 18(1-4) 15-26



	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Nyári átlaghőmérséklet °C	23,6	20,8	20,5	21,5	23,3	21,8	21,7	21,9	21,6	22,1
Nyári max. hőmérséklet °C	39	34	35	37	41	36	35	36	38	40
25 °C alatti napok száma	44	82	78	51	46	76	76	69	79	62
25 °C feletti napok száma	35	8	9	30	29	11	14	17	6	20
27 °C feletti napok száma	13	2	5	11	12	5	2	6	6	10
30 °C feletti napok száma	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0
Hőhullámok száma	2	1	1	5	3	5	3	4	2	4
Hőhullám napok száma	11	4	5	30	19	11	11	22	14	26

1. táblázat: Nyári hőmérsékleti és hőhullám-jellemzők Budapesten, 2003-2012

A 2012. év sokban hasonlított a 2007. esztendőhöz, ezért külön vizsgálták a két utolsó évben a hőhullámok hatását. A többlethalálozás számításánál a viszonyítási alap a hőségriasztás küszöbhőmérsékleténél (25°C napi átlaghőmérséklet) hűvösebb napokon regisztrált napi halálozások átlagértéke szolgált. A napi többlethalálozás az adott napi halálozás és a hűvösebb napok átlagos halálozásának különbsége. A többlethalálozást Budapestre, a hét régióra és országos szinten határozták meg 2011. és 2012. évre.

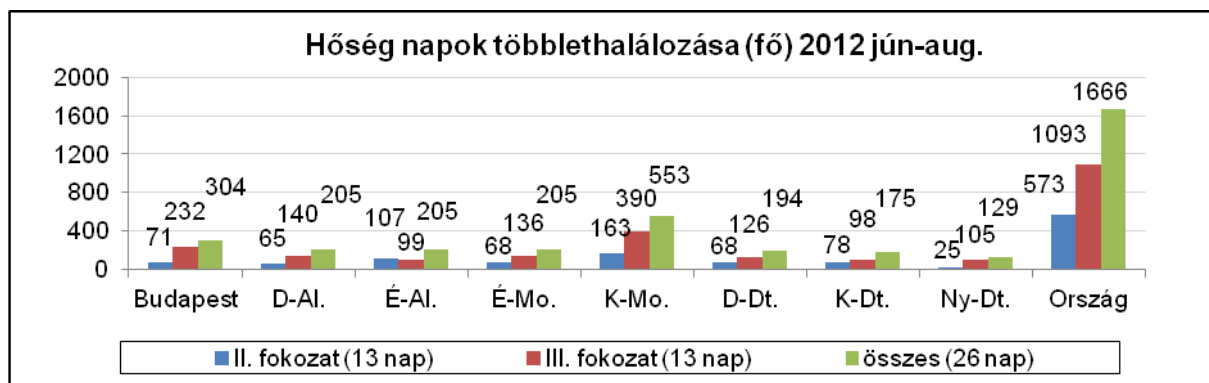
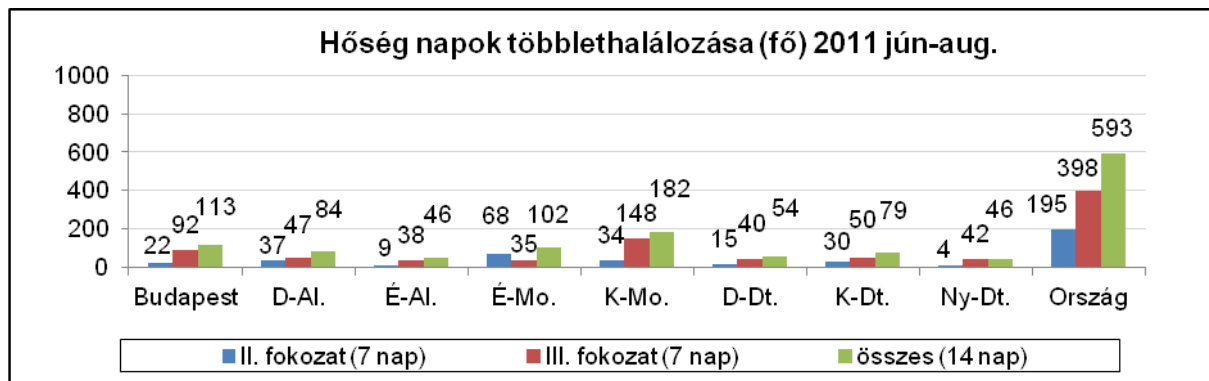
A 2011. év során két alkalommal került sor hőségriasztásra: az országos tisztifőorvos július 8-11. között III. fokú hőségriasztást rendelt el, amelyet július 15-ig II. fokozatúra csökkentett. Augusztus 23-28. között ismét riasztás volt, amelyet augusztus 24-26. között III. fokozatúra kellett emelni. 2012-ben az ÁNTSZ négy alkalommal rendelt el hőségriasztást: június 18-21. között II. fokú riasztás, június 30. és július 9. között III. fokú riasztás, míg augusztus 3-7. között, valamint augusztus 21-26. között II. fokú riasztás történt.

2011-ben a hőségnapokon a többlethalálozás régióként 42 és 182 eset között mozgott (4. ábra, Forrás: Anna Paldy and Janos Bobvos, 2012⁷). A két riasztás alatt összesen 593 többlet haláleset történt az országban. 2012-ben a

⁷ Anna Paldy and Janos Bobvos (2012): Impact of heat waves on excess mortality in 2011 and 2012 in Hungary; Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine 2012, 18(1-4) 15-26



hőségnapokon a többlethalalozás régióként 129 és 553 eset között mozgott. A négy riasztás alatt összesen 1666 többlet haláleset történt, meghaladva a 2007-ben történt országos többlethalalozást.



4. ábra: A hőség napok többlethalalozása, 2011. és 2012. június-augusztus

A hőmérséklet és a sürgősségi mentőhívások kapcsolata

A budapesti mentőszolgálat napi adatai alapján elemezték a sürgősségi mentőhívások és a napi átlaghőmérséklet összefüggéseit 1998-2004 évek nyári féléveiben (április-szeptember). Három korcsoportban - 0-14 év, 15-64 év és 65 év felett - vizsgálták az össz-, szív- és keringési betegségek miatti, a szív- és keringési betegségek miatti, a hőség és az általános rosszullétek miatti hívásokat (Anna Páldy et al., 2007⁸).

A vizsgált időszak alatt 474 507 hívást regisztráltak, ez 217 esetet jelent naponta. A hívások oka kb. 30%-ban nem volt pontosítva, 18,5% szív- és keringési betegségek miatt, 3,7% szív- és keringési betegségek, 9,4% általános rosszullétek

⁸ Anna Páldy, János Bobvos, Adrienn Vámos, László Gorove, Márta Buranszki-Sallai (2007): Effect of Elevated Temperature on Daily Emergency Ambulance Calls: A Time Series Analysis in Budapest, Hungary 1998-2004; Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine 13 (2) 159-169.



miatt történt. A napi átlaghőmérséklet 10°C-os növekedése 6%-kal szignifikánsan növeli nyáron a szív- érrendszeri betegségek miatti hívások kockázatát a középkorú korcsoportban, és a teljes lakosság körében is (2-2,5%). Legnagyobb hatást a rosszulétek miatti hívások esetében lehetett kimutatni, minden korcsoportban kb. 30%-os kockázatnövekedés tapasztalható.

Ezen adatbázis adatai alapján elemezték a balesetek jellegzetességeit gyermek és ifjú korban 0-4, 5-9, 10-14, 15-19 és 20-24 éves korcsoportokban. Törés, ficam, agyrázkódás, zúzódás, többszörös sérülés miatti sürgősségi mentőhívásokat vizsgálták (Bobvos J. et al., 2006⁹). A vizsgált időszak alatt 66 905 esetben volt 25 évnél fiatalabb az ellátást igénylő személy. A sürgősségi hívások 54,3%-a volt gyermekbaleset miatti hívás. A ficamok aránya volt a legalacsonyabb (3,9%), a többszörös sebeké a legmagasabb (17%). A 0-4 és 5-9 évesek csoportjában a leggyakoribb ok az agyrázkódás és zúzódás volt. A 10-14 évesek és ennél idősebbek között a törés volt leggyakoribb. A többszörös sérülések leggyakrabban május-júniusban fordultak elő, a zúzódások június-augusztusban. A törések és ficamok két csúcsot mutattak: májusban és szeptember-októberben.

Az elemzés rámutatott arra, hogy a hőmérséklet 10°C-os növekedése minden korcsoportban szignifikánsan növeli a balesetek relatív kockázatát, legnagyobb mértékben mintegy 40%-al az 5-9 évesek esetében, de a teljes 25 év alatti korosztályban is meghaladja a 17%-ot. Az okok szerinti elemzés szerint a többszörös sérülések kockázata emelkedik legjobban (35%) az aznapi hőmérséklettel összefüggésben.

A klímaváltozás várható hatása a többlethalálózásra és mentőhívásokra

Az A1B emissziós forgatókönyvet használó RegCM regionális klímamodell alapján becsülték a klímaváltozás terhére írható napi többlethalálozás és sürgősségi mentőhívások számának alakulását 2021-2050 és 2071-2100 között (Bartholy J. és mtsai., 2010¹⁰).

A RegCM modell alapján az éves középhőmérséklet a referencia időszak 10,0°C értékéhez képest 2021-2050 közé 1,09°C-al emelkedik, míg 2071-2100

⁹ Bobvos J, Paldy A, Vamos A et al. (2006): The effect of short term changes of daily temperature and extreme events on ambulance calls due to accidents in Budapest, Hungary, 1998-2004; *Epidemiology* Volume 17 number 6 S427-S427

¹⁰ Bartholy J., Pongrácz R., Torma Cs. (2010): A Kárpát-medencében 2021-1050-re várható regionális éghajlatváltozás RegCM-szimulációk alapján; "Klíma-21" Füzetek 2010, 60, 3-14.

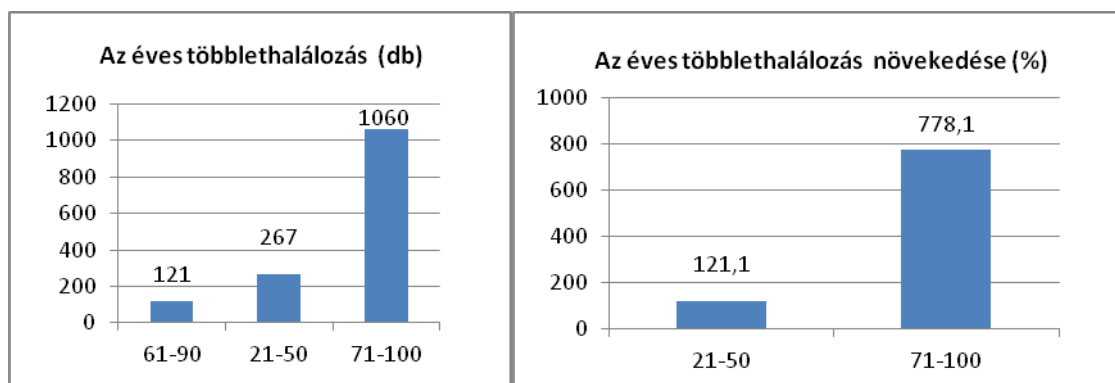


között a növekedés mértéke $3,08^{\circ}\text{C}$ értéket érhet el. Az EU által rögzített 2°C -os átlaghőmérséklet emelkedés valamikor 2050 és 2070 közé prognosztizálható. A havi átlaghőmérsékletek alapján megállapítható, hogy a 2021-2050 időszakban az évi átlagosnál nagyobb melegedés az első félévben (január-június) jelentkezik. Ehhez az időszakhoz képest 2071-2100-ra a hőmérséklet emelkedése inkább az évek második felében (július-december) lesz az átlagosnál magasabb.

A meteorológiai paraméterek közül nyáron elsősorban a hőmérséklet hatása befolyásolja legnagyobb mértékben a napi halálozást. A napi halálozás jellegzetes mintázatot mutat az év folyamán. Mértéke nyáron az éves átlaghoz képest kb. 10%-al alacsonyabb, míg télen hasonló értékkel magasabb, 2007-ben országos szinten 344 eset naponta. A halálozás aránya a kórházban, illetve otthon történt halálesetek között kb. háromszoros, azonban a hőmérséklettel arányos százalékos növekedés hasonló mértékű.

A hőmérséklet emelkedése miatt várható halálozási többlet meghatározásához egy linearizált összefüggést használtak, amely 4,9%-os halálozás növekedést mutat 1°C -os hőmérséklet növekedés esetén a 25°C küszöbérték felett. A klímaváltozásnak tulajdonítható többlethalálozás becslése során megállapították, hogy az 1960-1990-es referencia időszakhoz képest a küszöbérték feletti átlaghőmérsékletű napok aránya 2021-2050 között 45,5%-al, 2071-2100 között 373,1%-al nő. A referencia időszakban ezen napok száma 167 nap.

Az 25°C feletti átlaghőmérsékletű napoknak tulajdonítható többlethalálozás a napok számának és intenzitásának növekedésére emelkedik. A RegCM klímamodell alapján a referencia időszakban éves szinten átlagosan 121 esetszám 2021-2050 között mintegy 121%-kal 267 esetszámmra emelkedik, 2071-2100 között a növekedés 778%-os szintet ér el, ami évi 1060 esetszámot feltételez (5. ábra, saját forrás).

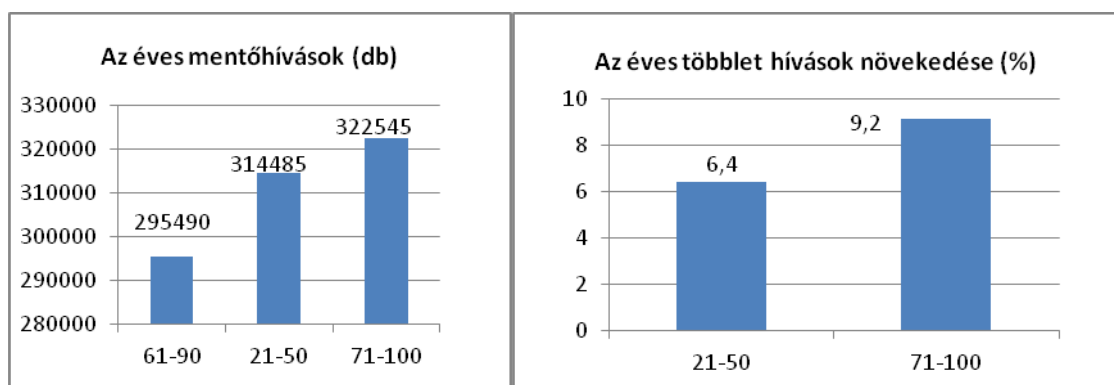


5. ábra: A modellezett éves többlethalálozás a RegCM modell alapján



2007-ben a nyári időszakban országosan naponta átlagosan 1950 sürgősségi mentőhívás esetet jelentettek, Budapesten a napi átlag 360 eset, Pest megyében pedig 143 eset (Páldy A. és mtsai., 2008¹¹). A mentőhívásokat vizsgálva a növekedés küszöb hőmérsékletét (nyári időszakra vonatkoztatva) 12°C napi átlaghőmérsékletnél állapították meg. A korábbi elemzések alapján a 12°C feletti átlaghőmérsékletű napok 1°C-onként 1,06%-al növelik a sürgősségi mentőhívások számát. A referencia időszakhoz képest az 12°C feletti átlaghőmérsékletű napok aránya 2021-2050 között 11%-al, 2071-2100 között 24%-al nő.

A RegCM klímamodell alapján a referencia időszakban éves szinten a 12°C feletti hőmérsékletű napok alatt (nyári időszak) átlagos 295 ezer mentőhívás 2021-2050 között mintegy 6,4%-kal (19 ezer többlethívás) 314 ezer esetszámra emelkedik, 2071-2100 között a növekedés 9,2%-os (27 ezer többlethívás) szintet ér el, ami évi 322 ezer sürgősségi mentőhívást feltételez (6. ábra, saját forrás).



6. ábra: A modellezett éves mentőhívások száma a RegCM modell alapján

Megbeszélés

Az IPCC IV. jelentése szerint a klímaváltozás legfontosabb egészségi következménye Európában a hőmérséklet növekedésének hatására írható többlethalálozás lesz. Ezért a jelen közleményben a hőhullámok korábbi és várható hatását mutatja be hazai vizsgálatok eredményei alapján.

Az elmúlt 10 év során a 2007. éven kívül még két igen meleg nyár volt: 2003 és 2012. Évente általában 1-5 hőhullám érte el a Kárpát-medencét, a hőhullámos

¹¹ Páldy A., Bobvos J., Apatini D., és mtsai. (2008): A 2007. év néhány, az időjárás változékonysága szempontjából jelentősebb esemény környezetegészségügyi értékelése; Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok 10. (Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztály, Budapest 2008, 63-77.



napok száma az elmúlt öt évben megemelkedett. Meg kell említeni, hogy minden évben kimutatható a hóhullámok során halálozási többlet, ami a június-júliusban bekövetkező hóhullámok idején magasabb, mint augusztus folyamán.

Az országos napi halálozási görbék alapján megállapítható, hogy a hóhullámok elmúltával nincs jelentős halálozási hiány, tehát valódi halálozási többletet vált ki a magas hőmérséklet. Az utolsó két évet összehasonlítva megállapíthattuk, hogy 2011-ben a viszonylag enyhébb hóhullámok során kevesebb ember vesztette életét, míg a 2012-ben regisztrált többlethalálozás 44%-kal meghaladta a 2007. évi rendkívüli hóhullám hatását. Ennek alapján szükséges további hatékony megelőző intézkedések kidolgozása a többlethalálozás csökkentése érdekében, mivel várható, hogy a klímaváltozás hatására növekedni fog a hőségnapok száma és intenzitása.

Az évszázad folyamán a 25°C feletti átlaghőmérsékletű napoknak tulajdonítható többlethalálozás a napok számának és intenzitásának növekedésére emelkedni fog. A RegCM klímamodell alapján a referencia időszakban éves szinten átlagosan 121 esetszám 2021-2050 között mintegy 121%-kal 267 esetszámra emelkedik, 2071-2100 között a növekedés 778%-os szintet ér el, ami évi 1060 esetszámot feltételez. A nevezett klímamodell alapján a referencia időszakban éves szinten a 12°C feletti hőmérsékletű napok alatt (nyári időszak) az átlagos 295 ezer mentőhívás 2021-2050 között mintegy 6,4%-kal (19 ezerrel) 314 ezer esetszámra emelkedik, 2071-2100 között a növekedés 9,2%-os (27 ezer többlethívás) szintet ér el, ami évi 322 ezer sürgősségi mentőhívást feltételez.

A hazai eredményeket megerősíti egy 2011-ben 14 eredeti közlemény adatai alapján készült szakirodalmi elemzés, amely szintén hangsúlyozta, hogy a klímaváltozás jelentősen meg fogja növelni a hőség terhére róható többlethalálozást. Az elemzés felhívja a figyelmet arra, hogy a klímaváltozás terhére várható hatások becsléséhez ismerni kell az adott területre vonatkozóan visszamenőlegesen a hőmérséklet-halálozás összefüggését, a klíma jellegét, a lakosság számbeli és korcsoportos összetételének változását, valamint az adaptációs képességet. Az egyéni szintű alkalmazkodást kedvezően befolyásolja a rendszeres lakossági tájékoztatás. Emellett nagyon fontos az egészségügyi intézmények átalakítása is. Itt elsősorban az épületek hőszigetelése, hűtése az elsődleges tényező. A legkézenfekvőbb megoldás a légkondicionálás, bár ez a megoldás hozzájárul a CO₂ kibocsátás növekedéséhez, hacsak nem megújuló energia felhasználásával történik.



Magyarországon 2010-ben történt egy felmérés a kórházi ágyak légkondicionáltságáról. Eszerint az összes kórházi ágy csak mintegy 10%-a van elhelyezve légkondicionált kórtermekben, ami hozzájárulhatott ahhoz, hogy 2007-ben a júliusi hőhullám alatt a halálozás aránya a kórházban, illetve otthon történt halálesetek között kb. háromszoros volt, azonban a hőmérséklettel arányos százalékos növekedés hasonló mértékű. A légkondicionálás kedvező hatását igazolták Franciaországban is, ahol a 2003. évi hőhullám alatti több mint 14000 fős többlethalálozással szemben 2006-ban csupán 1388 eset történt, ami 6%-os többlethalálozásnak felelt meg]. A jövőben tehát felül kell vizsgálni a kórházak működtetésének minimum feltételeit és szabályozni kell az épületek megfelelő szigetelésének, hűtésének előírását. A sikeres adaptáció további intézményi feltétele az egészségügyi szolgáltatások elérhetősége. Ismert tény, hogy a magas hőmérséklet hatásával is összefüggő szív- érrendszeri betegségek (szívinfarktus, stroke) eredményesen akkor kezelhető, ha a beteg egy órán belül eljut a megfelelő ellátás színhelyére. A egészségügyi ellátó rendszer átalakításánál tehát szükséges figyelembe venni az elmondottakat, összhangban az EU klímaváltozás egészségi hatásaihoz való alkalmazkodás legfontosabb elemeit tartalmazó Fehér Könyv, valamint a WHO V. Környezet és Egészség Miniszteri Konferencia (Parma, 2010) „Elköteleződés a cselekvésre” c. dokumentumban megfogalmazott stratégiai célkitűzésekkel.

Irodalomjegyzék

Anna Páldy, János Bobvos, Adrienn Vámos, László Gorove, Márta Buranszki-Sallai (2007): Effect of Elevated Temperature on Daily Emergency Ambulance Calls: A Time Series Analysis in Budapest, Hungary 1998-2004; Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine 13 (2) 159-169.

Anna Paldy and Janos Bobvos (2012): Impact of heat waves on excess mortality in 2011 and 2012 in Hungary; Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine 2012, 18(1-4) 15-26

Bartholy J., Pongrácz R., Torma Cs. (2010): A Kárpát-medencében 2021-1050-re várható regionális éghajlatváltozás RegCM-szimulációk alapján; "Klíma-21" Füzetek 2010, 60, 3-14.

Bobvos J, Paldy A, Vamos A et al. (2006): The effect of short term changes of daily temperature and extreme events on ambulance calls due to accidents in Budapest, Hungary, 1998-2004; Epidemiology Volume 17 number 6 S427-S427



Bobvos J. and Paldy A. (2009): Impact of Heat on the Urban and Rural Population in Hungary; *Epidemiology*: November 2009 - Volume 20 - Issue 6 - p S127

Klímaváltozásról mindenkinek; Budapesti Corvinus Egyetem Kertésztudományi Kar Szerk: Harnos Zs., Gaál M., Hufnagel L. 2008, 133-152

Paldy A., Bobvos J. and Vamos A. (2005): The effect of temperature and heat waves on daily mortality in Budapest, Hungary, 1970-2000; In: Kirch, W., Menne, B., Bertollini, R.: Extreme weather events and public health responses, WHO, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005 pp 99-108

Páldy A., Bobvos J., (2008): A 2007. évi magyarországi hőhullámok egészségi hatásainak elemzése - előzmények és tapasztalatok; "Klíma-21" Füzetek 2008, 52, 3-15.

Páldy A., Bobvos J., Apatini D., és mtsai. (2008): A 2007. év néhány, az időjárás változékonysága szempontjából jelentősebb esemény környezetegészségügyi értékelése; Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok 10. (Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztály, Budapest 2008, 63-77.

Páldy A., Bobvos J. (2011): A klímaváltozás egészségi hatásai Sebezhetőség-alkalmazkodóképesség; In: Sebezhetőség és adaptáció A reziliencia esélyei, MTA Szociológiai Intézet, Szerk: Tamás Pál és Bulla Miklós, 2011, 97-114



Meteorológiai szélsőségek és környezetbiztonság

Bozó László

*Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Matematika és Informatika
Tanszék; Országos Meteorológiai Szolgálat*

Tartalmi kivonat

Földünk éghajlati rendszerének folyamatai kimutathatóan változnak: a globális átlaghőmérséklet és a tengerek vízszintje emelkedik, bizonyos szélsőséges meteorológiai események gyakorisága és intenzitása növekszik. Az antropogén eredetű légszennyező anyagok lokális, regionális és globális térskálán befolyásolják a levegőkörnyezet állapotát. Megváltozhat a társadalmi-gazdasági szerkezet, átalakulhat a földhasználat jellege, a vízgazdálkodás, a növénytermesztés. Jelentős humán-egészségügyi, foglalkoztatási és élelmiszerbiztonsági kockázatok jelennek meg. A Kárpát-medence Európán belül az éghajlatváltozás szempontjából a legsérülékenyebb területek közé tartozik. Az előttünk álló évtizedekben hosszabb aszályos időszakok, hóhullámok, valamint az extrém csapadékeseményeket követő kiterjedt belvízi borítottság és árvízveszély egyre szélsőségesebb módon váltakozhatnak az ország területén. Mindezek a folyamatok összetett alkalmazkodási kényszert jelentenek az emberi társadalom számára.

Kulcsszavak: *éghajlati rendszer, meteorológiai szélsőségek, alkalmazkodás*

Abstract

Past years are briefly investigated concerning the meteorological extreme values in Hungary, and around the world. Human and economical risks are presented in European countries due to disasters of natural origin. Needs and opportunities of climate adaptation are also discussed in the paper.

Keywords: *extreme values, environmental safety, climate adaptation*



Bevezetés

Az éghajlatváltozás különböző hatásai az ország egész területét, valamennyi ökoszisztémáját, megújuló természeti erőforrásait, az épített környezetet, valamint a társadalom szinte összes rétegét érintik. Az üvegházhatású gázok alapvető szerepet játszanak az éghajlati rendszer működésének szabályozásában. Az emberi tevékenység következtében a szén-dioxid, a metán és a dinitrogén-oxid globális légköri koncentrációja jelentősen megnövekedett az iparosodás előtti korszakhoz viszonyítva. A szén-dioxid légköri mennyiségének emelkedése elsősorban a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának és a megművelt földterület változásának tudható be, míg a metán- és a dinitrogén-oxid koncentráció növekedését főként a mezőgazdasági tevékenység okozza. Meteorológiai mérések egyértelműen bizonyítják, hogy a földi klíma melegeedett az elmúlt másfél évszázadban. A becslések szerint a regionális melegedés értékei, várhatóan számos térségben jelentős mértékben meghaladják majd a globális átlagot. A Kárpát-medence térsége is a nagy klímaérzékenységgű zónába tartozik. Fel kell készülnünk a szélsőséges meteorológiai helyzetek számának és intenzitásának várható növekedésére, a jégtaaró kiterjedésének további csökkenésére, illetve a tengerszint magasságának folytatódó emelkedésére. Ez utóbbi nemcsak az óceáni szigetek esetében jelent veszélyt – itt alacsony tengerszint feletti magasságú szigetek akár teljesen el is tűnhetnek – hanem valamennyi kontinensen: jelenleg a Föld népességének 40%-a él a tengerpartoktól 100 km-es távolságon belül, ahol ezek a változások közvetlen vagy közvetett módon befolyásolhatják a mindennapos tevékenységet. Természeti erőforrásaink korlátosak: nemcsak a fosszilis tüzelőanyag készlet merülhet ki néhány évtizeden belül, de bizonyos ritka, viszont számos ipari folyamat során nélkülözhetetlen ásványi nyersanyag gazdaságosan kitermelhető mennyisége is kritikus szint alá süllyedhet. A növekvő és területileg rendkívül egyenlőtlenül eloszló népesség a jelenlegi termelési és fogyasztási szokások mellett jelentősen túlhasználja a rendelkezésünkre álló természeti erőforrásokat.

Az éghajlatváltozás globális és regionális jellemzői

A Föld-rendszer (szárazföld, felszíni és felszín alatti vizek, jégtaaró, légkör és bioszféra) működése rendkívül érzékenyen reagál a külső körülmények megváltozására. Ezek sorába tartozik az emberi tevékenység is, amely valamennyi földi alrendszer működését befolyásolja: az egyes alrendszerek közötti bonyolult



kölcsönhatások következtében globális környezeti változásoknak lehetünk tanúi.

2011-ben a globális hőmérsékletek nem voltak olyan magasak, mint a 2010-ben látott, rekordot hozó értékek, de valószínűleg melegebbek voltak, mint az eddigi erős La Niña évek bármelyikében a Meteorológiai Világszervezet (WMO) által összegyűjtött adatforrások előzetes adatai alapján. A globális, tengerfelszíni és szárazföldi léghőmérsékleteket együttesen tekintő jelenlegi becslések alapján a 2011-es év $0,41^{\circ}\text{C} \pm 0,111^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg az 1961-1990-es, $14,00^{\circ}\text{C}$ -os sokévi átlagot. Jelenleg, a 2011-es év holtversenyben a 11. legmelegebb, továbbá a 13 legmelegebb év mindegyike az 1997 és 2011 közötti 15 évben fordult elő (WMO, 2012¹). A globális adatok előzetes feldolgozása alapján megállapítható, hogy a 2012-es év a 9. legmelegebb volt a műszeres észlelések 1850-es megkezdése óta (WMO, 2013²).

Az északi-sarki jégtakaró kiterjedése ismét jóval a referenciaérték alatt alakult 2011-ben. 2011 első felében rekord közeli alacsony értékek léptek fel, az időszakos minimum, melyet szeptember 9-én ért el, 4,33 millió négyzetkilométer volt (az 1979-2000-es átlag alatt 35%-kal). Ez a mért második legkisebb időszakos minimum volt, a 2007-es rekord alacsony értéket 0,16 millió négyzetkilométerrel haladta meg. A 2007-es évvel ellentétben, mind az Északnyugati-, mind az Északkeleti-átjáró időszakosan jégmentes volt a 2011-es nyár során. A tengeri jég mennyisége még inkább az átlag alatt alakult: új, 4200 köbkilométeres rekord alacsony értéket becsültek, a 2010-es, 4580 köbkilométeres rekordot alulmúló értékkel (WMO, 2012¹).

A 2011-es rekord száraz év után ismét egy igen aszályos év következett hazánkban. Az előző évhez hasonlóan a 2012-es év nagy részét is a szárazsággal jellemezhetjük. Két hónap, a március és az augusztus is rekordszáraznak adódott, melyhez februárban komoly fagyok, nyáron pedig hosszantartó kánikulák is társultak (négy hőhullámos időszakot is átélünk). A szélsőséges időjárás megviselte a mezőgazdaságot – mind a növénytermesztőket (szárazság, forróság), mind az állattartókat (drága takarmányárak, télen a zord hideg, nyáron a nagy meleg veszélyeztette az állatokat). Összességében a mezőgazdaság még a 2011-es évnél is súlyosabb veszteségeket szenvedett, a becsült kár több mint 400 milliárd forint.

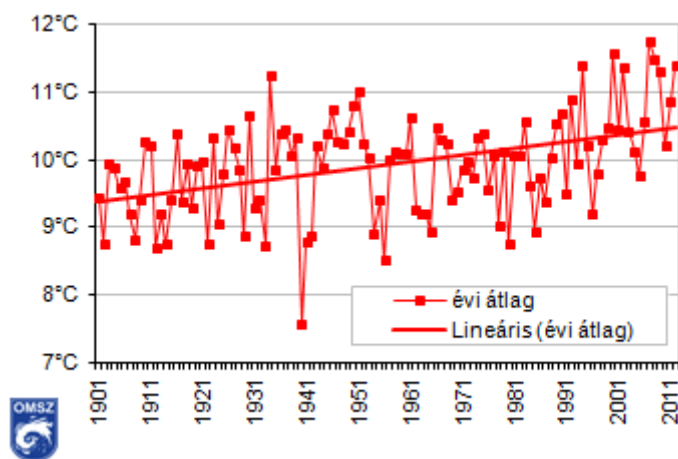
¹ WMO-World Meteorological Organization, 2012: WMO Statement on the Status of Global Climate in 2011. WMO-No. 1085, Geneva, Switzerland, ISBN 978-92-63-11085-5.

² WMO-World Meteorological Organization, 2013:
http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/966_WMOstatement.pdf



Folyóink és állóvizeink is veszélybe kerültek a rendkívül alacsony vízállások miatt, nyár végére - ősz elejére a Tisza több pontján, illetve mellékfolyóin is rekordalacsony vízállásokat mértünk.

Az 1901-től kezdődő hőmérsékleti idősort látva (1. ábra) elsődleges képet kapunk a 2012-es év átlaghőmérsékletének elhelyezkedéséről az elmúlt 112 év sorában. Az országos, éves középhőmérséklet a homogenizált, interpolált adatok alapján 11.4°C volt, mely 1.4°C -kal magasabb az 1971-2000-es normálnál. 1901 óta ez volt a 4. legmelegebb év, csupán a 2007-es, a 2000-es és a 2008-as évek előzik meg. Az adatokhoz illesztett lineáris trend egyértelműen emelkedést mutat, mely az elmúlt 112 évben $+1.08^{\circ}\text{C}$ -nak, az elmúlt 30 évre vonatkozóan pedig $+1.35^{\circ}\text{C}$ -nak adódik (OMSZ, 2013).

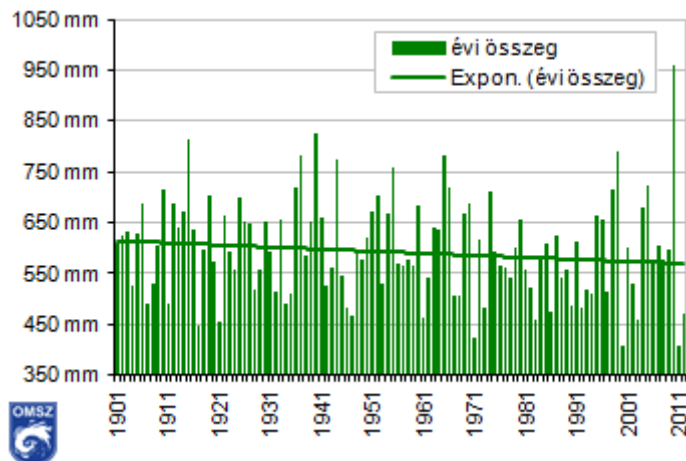


1. ábra: Az országos évi középhőmérsékletek 1901 és 2012 között

A 2. ábrán láthatjuk, hogy a 2012. évi csapadékösszeg – az előző évi után ismét – igen kevés volt. 1901 óta a 10. legszárazabb évet zártuk. Az elmúlt 112 év adataihoz exponenciális trendet illesztve 7%-os mérsékelt csökkenés jelentkezik, míg az elmúlt 32 évet tekintve 10%-os növekedés figyelhető meg az éves csapadékösszegekben, azonban ezek egyike sem statisztikailag szignifikáns (OMSZ, 2013³).

³ OMSZ - Országos Meteorológiai Szolgálat, 2013:

http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/



2. ábra: Az országos évi csapadékösszegek 1901 és 2012 között

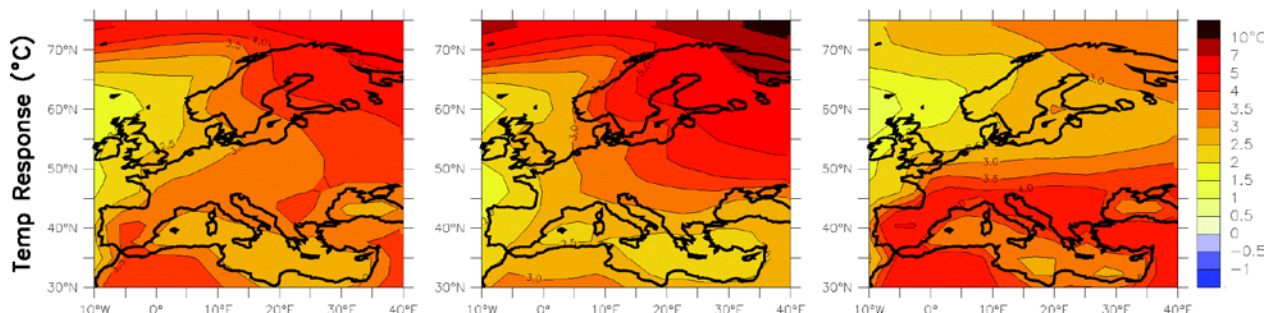
A hirtelen lezúduló, intenzív csapadékok (flash flood) Európa számos területén okoznak a korábbiaknál jelentősebb károkat. Az elmúlt 50 év csapadékadatát feldolgozva megállapítható, hogy Magyarországon és a Balkán-félsziget nyugati területein mintegy 5-10%-kal nőtt az intenzív csapadékok részaránya a teljes csapadékösszegben. Hasonló tendenciákat figyelhettünk meg pl. Franciaországban, Németországban és Skandináviában is (EEA, 2008⁴).

A jövőben várható éghajlatváltozás becslésére a finom felbontású regionális klímamodellek alkalmasak. Ezek valamelyik globális éghajlati modell megfelelő rácsponti értékeit használják peremfeltételként, a vizsgált régióon belül viszont a globálisénál lényegesen jobb térbeli felbontással rendelkeznek. A szimulációk éves és évszagos átlagai alapján nem kérdőjelezhető meg a közeljövő melegedési tendenciája. Három különböző regionális modellből számított évszagos hőmérsékletváltozás átlagaiból képzett kompozitszámítások alapján a legnagyobb hőmérsékletnövekedés ősszel várható (átlagosan 1,4 °C), a legkisebb pedig télen (átlagosan 1,0 °C). Az Alföldön minden évszakban nagyobb melegedést prognosztizálnak a modellek, mint a Dunántúlon: a különbség évszagos átlagban néhány tizedfok. Az országon belüli legnagyobb területi különbség nyáron várható: 0,6 °C. A hőmérsékletváltozást illetően minden modell szinte minden évszakra szignifikáns melegedést prognosztizál. A csapadék mennyiségének közeljövőre várható változásai már nem mutatnak ilyen egyértelmű képet: a modellek által becsült változások mértéke kicsi, s a legtöbb esetben nem is szignifikáns (Bozó et

⁴ EEA-European Environment Agency, 2008: Impacts of Europe's changing climate – 2008, indicator-based assessment. Joint EEA-JRC-WHO report, No. 4/2008.

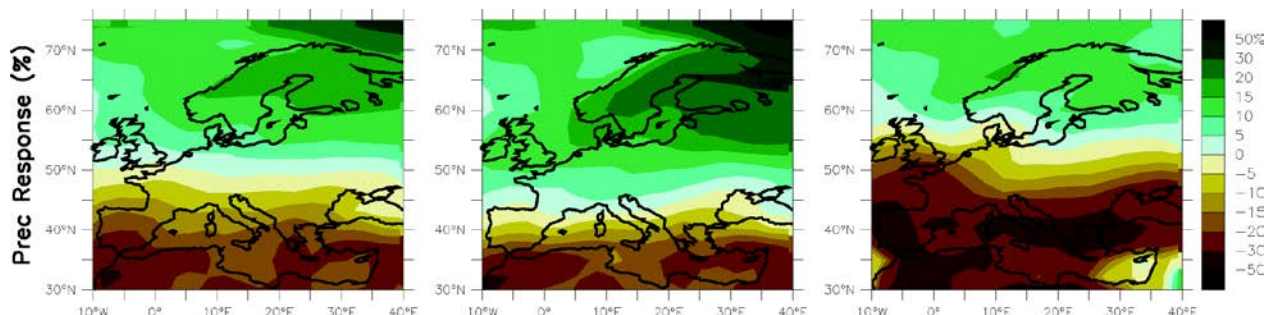


al., 2010⁵). Európai kitekintésben a következőket állapíthatjuk meg: az átlaghőmérséklet egyértelmű növekedése mellett (3. ábra) az elkövetkező évtizedekben a kontinens déli területein szárazodás, míg az északiakon a csapadékösszeg növekedése várható (EEA, 2008⁴).



3. ábra: Az átlaghőmérséklet modellezett változása Európában 1980-1999 és 2080-2099 között (éves, téli, nyári)

A Kárpát-medence egy átmeneti zónában, a két terület határán helyezkedik el (4. ábra).



4. ábra: A csapadékösszeg modellezett változása Európában 1980-1999 és 2080-2099 között (éves, téli, nyári)

Az átlaghőmérsékletek eltolódása mellett globális és regionális skálán is érzékelhető az éghajlati szélsőségek gyakoriság-változása, melynek jelentős következményei lehetnek az ipar és a mezőgazdaság számos területén. Nemzetközi összefogással alakult szakmai munkacsoportok által definiált extrém éghajlati indexeket felhasználva számos vizsgálat készült a hőmérsékleti- és csapadékszélsőségek elemzésére. Magyarországon többek között fel kell készülni

⁵ Bozó L., Horváth L., Láng I. és Vári A. (szerk.), 2010: Környezeti Jövőkép – Környezet- és Klímabiztonság. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, 2010. (Köztisztviselési Stratégiai Programok).



arra, hogy az elkövetkező évtizedek során szignifikánsan növekszik majd a forró napok ($T_{\max} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$), és a hőségriasztásos napok száma, valamint a száraz, csapadékmentes periódusok átlagos hosszúsága.

Az alkalmazkodás szükségessége és lehetőségei

Az éghajlatváltozás folyamata tehát a Föld-rendszer valamennyi alrendszerének viselkedésében egyértelműen kimutatható. Elkerülhetetlen, hogy ezekhez a változásokhoz alkalmazkodjunk, illetve hosszútávú cselekvési stratégiát dolgozzunk ki. Az alábbiakban néhány nagyobb ágazatnak az alkalmazkodás során tekintetbeveendő tényezőit mutatjuk be.

Hidrológia és vízgazdálkodás: Az ország területének nagyrésze árvízzel veszélyeztetett. A töltésezett folyókon az árvízszintek emelkednek, a kisvízgyűjtőkben nő a heves árvizek gyakorisága, miközben a töltések magasításának lehetőségei korlátozottak. Az ország síkvidékeinek egyharmada belvizekkel erősen vagy közepesen veszélyeztetett. Felszíni és felszínalatti hasznosítható vízkészleteinket alapvetően meghatározza, hogy az ország a Föld egyik legzártabb medencéjében helyezkedik el, az utánpótlás tekintetében alvízi helyzetben van. A határainkon túlról érkező vízfolyások vízkészlete és vízminősége erősen ki van téve a külföldi hatásoknak (vízkivételek, tározás, szennyvízbevezetés, havarria jellegű szennyezések). A vízgazdálkodás, illetve a vízgazdálkodást alapvetően meghatározó hidrológiai adottságok szempontjából az előttünk álló évtizedekben az alábbiakra kell különös tekintettel lennünk:

- a hőmérsékletnek az év egészében és minden évszakban történő emelkedése, a potenciális párolgás növekedése,
- az éghajlat szárazodása, az év és különösen a tavaszi-nyári hónapok csapadékának csökkenése,
- a csapadékösszeg éven belüli átrendeződése,
- a hirtelen lehulló csapadékok (flash flood) gyakoriságának és intenzitásának növekedése,
- a forró- és hőségnapok számának növekedése.

A hidrológiai hatásokat tekintve fontos a változások ismerete nagyobb folyóink határokra túli vízgyűjtőiben is. Az átlagokban bekövetkezett változások mellett - az intézkedések, létesítmények méretezése szempontjából - kritikus a változékonyság,



adott valószínűséggel várható évi, havi események szerinti értékek ismerete. A hazai és határainkon túli vízgyűjtőkben várható éghajlatváltozás következtében csökken a felszíni lefolyás, a felszín alatti vizek utánpótlódását biztosító beszivárgás, összességében várható a hasznosítható vízkészleteink fogyatkozása.

Mezőgazdaság: A mezőgazdasági termelés és az élelmiszeripar részben közvetlenül, részben közvetve ki van téve az időjárási hatásoknak. Mezőgazdasági szempontból a hőmérsékletváltozások kisebb jelentőséggel bírnak. Egyes elemeiket tekintve még akár pozitív is lehet a hatásuk, pl. az 1 °C-os hőmérsékletnövekedés 7-9 napos tenyészidő-kitolódást eredményezhet. Ugyancsak pozitív hatása lehet a fagyos napok számában prognosztizált csökkenésnek. Erősen hátrányos ugyanakkor a nyári időszak melegedése. Ez számos egynyári növénynél virágzásbiológiai zavarokat okozhat. A csapadék esetében a tavaszi és a nyári csapadék csökkenésnek lehetnek kritikus következményei, mind a növénytermesztésben, mind a legeltetési állattenyésztésben. Az enyhébb és csapadékosabb telek közvetetten károsan hathatnak az epidémiákra és gradációkra. Ennek már jelenleg is vannak igazolt előfordulásai. Ugyancsak megfigyelhetők változások egyes gyomnövények előfordulásában.

Humánegészségügy: A hirtelen és szokatlan légköri változások következtében növekszik a halálozás, megváltozik a megbetegedések jellegzetes megoszlása a szív és érrendszeri betegségekben, az embólia és agyvérzés kórállapotaiban, a metabolikus kórképekben, továbbá az öngyilkosság és közúti balesetek előfordulásában.

A gyakoribbá váló hőhullámokhoz kapcsolódóan a hőstressz-hatás és a psychopatológiai tünetek gyakoribbá válnak. A nyári típusú fokozódó légszennyezés növeli a légúti megbetegedéseket. A klímaváltozás hatásaként az allergén növények virágzási ideje megnyúlik, új, invazív allergén növények jelennek meg. Bizonyos trópusi és szubtrópusi betegségek a mérsékelt égövben is megjelenhetnek. Az özönvízszerű esőzések veszélyeztetik a sérülékeny ivóvízbázisokat, amelyek következményeként növekszik az ivóvízzel terjedő fertőző megbetegedések kockázata.

Köszönetnyilvánítás. Jelen kutatást a FuturICT.hu nevű, TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013 azonosítószámú projekt támogatta az Európai Unió és az Európai Szociális Alap társfinanszírozása mellett.



Irodalomjegyzék

Bozó L., Horváth L., Láng I. és Vári A. (szerk.), 2010: Környezeti Jövőkép – Környezet- és Klímabiztonság. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, 2010. (Köztisztviselési Stratégiai Programok).

EEA-European Environment Agency, 2008: Impacts of Europe's changing climate – 2008, indicator-based assessment. Joint EEA-JRC-WHO report, No. 4/2008.

OMSZ - Országos Meteorológiai Szolgálat, 2013:
http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_ido_arasa/

WMO - World Meteorological Organization, 2012: WMO Statement on the Status of Global Climate in 2011. WMO-No. 1085, Geneva, Switzerland, ISBN 978-92-63-11085-5.

WMO - World Meteorological Organization, 2013:
http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/966_WMObatement.pdf

infrastructure protection research”, as part of professional sub-project „Civilian systems”: the “Effect of climate change on security and on the application of military forces” special field of research deals with the subject examined.

Földi, László: Impacts of climate change to disaster management tasks with special emphasis on critical infrastructures, Hadmérnök, VI/3. p. 50-57.

The Fundamental Law of Hungary, Article 45 (3)
http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1100425.ATV Downloaded: 23 March, 2013.

Act CXXVIII of 2011 on disaster management and the amendment of certain related acts, Section 2 (1) <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/mk11113.pdf> Downloaded: 23 March, 2013.

Kohut, László: Health effects of the global climate change. Special issue of the Review of Internal Affairs, 2012.

Hullám, István: The effects of extreme climatic factors of areas of operation on the psychical performance of the soldier. Manuscript, 2013.

Halász, László: Climate change and military technology. Manuscript, 2013.

Lippai, Péter - Padányi, József: The effect of specific environmental features on the activities of the Hungarian Defence Forces in Afghanistan. Manuscript, 2013.



National defence research on the effects of climate change

József Padányi

National University of Public Service, Budapest

Abstract

The Hungarian Defence Forces faced the fact that climate change has a direct impact on daily life a few years ago already. The increasing number and intensity of disasters, the effects of the more and more extreme weather on the health of soldiers and on the operation of military equipment are affecting the application. The challenge is increased by the fact that our soldiers appeared in geographical areas where the climatic characteristics are different than the characteristics they are used to at home. The countries of Africa, Afghanistan and Iraq have a climate which is unusual for our soldiers, so this is another factor that makes it worth paying more attention to this issue. Our research aim is to provide reasonable answers to these challenges in order to improve the safety of our soldiers.

Keywords: *armed forces, climate change, extreme weather*

Tartalmi kivonat

A Magyar Honvédség már évekkel ezelőtt szembesült azzal a ténnyel, hogy az éghajlatváltozás közvetlen hatással van a mindennapokra. A növekvő számú és intenzitású katasztrófák, a szélsőségesebbé váló időjárás hatása a katonák egészségére és a technikai eszközök üzemeltetésére befolyásolja az alkalmazást. Növeli a kihívást az is, hogy olyan földrajzi környezetben is megjelentek katonáink, ahol az éghajlati sajátosságok eltérnek az itthon megszokottól. Az afrikai országok, Afganisztán, Irak olyan éghajlattal rendelkeznek, amely szokatlan katonáinknak, ez tehát újabb tényező, amely miatt érdemes erre a kérdésre nagyobb figyelmet fordítani. Kutatásaink arra irányulnak, hogy megalapozott válaszokat adjunk a fenti kihívásokra, segítsünk abban, hogy javuljon katonáink biztonsága.

Kulcsszavak: *katonai erő, éghajlatváltozás, szélsőséges időjárás*



Introduction

We started our research in 2008 when we set about studying and analysing experience from abroad. First of all we found that the study published in the United States, created by military experts in 2007, was decisive. The experts clearly expressed their opinion in the study that the problems caused by climate change are risk factors that threaten national security. Among the most important factors the study mentions the increasing number of military operations that are due to waves of refugees, storm, drought and food shortage developing as a result of climate change, and the strengthening of environmental factors that threaten military facilities. Besides drawing other conclusions the authors conclude that the armed forces have to increase the ratio of alternative sources of energy in the supply chain. Anthony C. Zinni, former chief of the central command of the naval forces expresses his view that – in one way or another – we have to pay for the climate change. *“We will pay to reduce greenhouse gas emissions today, and we’ll have to take an economic hit of some kind. Or, we will pay the price later in military terms. And that will involve human lives.”*¹

By reading the study – and becoming acquainted with the opinion of military experts from Canada, the United Kingdom and France – we concluded that it is worth studying these questions here in Hungary, as well. We joined the research work taking place at the Academy of Sciences and started to systematically work up this subject. The first fruit was the publication published in 2010 in which we summarised the first results. We examined four areas:

- The effects of climate change on security.
- The connection between climate change and military operations.
- The effect of climate change on aircraft.
- The effect of climate change on the health of soldiers, and the questions of preparation and training.²

¹ National Security and the Threat of Climate Change. Published by: The CNA Corporation, Alexandria 2007.

² Kohut, László - Koller, József - Lévy, Gábor - Padányi, József: The effect of climate change on security and the deployment of military forces. SVKI Defence Studies 63, 2010 Budapest.



The research carried out with the support of the European Union began in 2011³. Numerous studies were prepared on the subject through the co-operation of university professors, students and researchers, and all made attempts to examine the challenges from the aspect of military forces. We will present in the following – in a non-exhaustive manner – a few fields of research where the outlines of the first results are already available.

The effect of climate change on the domestic deployment of the hungarian defence forces

The disaster situations that have taken place in the past decades confirmed what we already knew: there is no effective prevention and protection without the Hungarian Defence Forces especially during handling of natural disasters. This is true even if disaster management is transformed and integration ambitions come to the front with the purpose of increasing efficiency. The necessity of making use of military forces is not questionable either from rational or from emotional (prestige) aspects although there are endeavours in this regard.

Due to its geographical location floods endanger the security of citizens in Hungary most frequently. Our country has faced flood waves passing on our big rivers, and smaller watercourses tend to cause crisis situations more and more frequently. In case of the latter experts already refer to climate change. This occurs in big volumes of precipitation falling to relatively small areas in a short time. We have many examples in recent years when this phenomenon presented unmanageable situations for authorities. The case of Mátrakeresztes is now teaching material in the education of authority professionals involved in prevention.⁴

One may criticise the preparedness of the Hungarian Defence Forces and the up-to-dateness of its equipment but until others don't have better it is not a valid argument. All the more so because decision makers made it clear that military forces continue to be a decisive resource for combating natural disasters. It has been laid down in the Fundamental Law that "the Hungarian Defence Forces collaborate in

³ Under the frame of application No. TÁMOP-4.2.1. B-11/2/KMR-2011-0001 with the title „Critical infrastructure protection research”, as part of professional sub-project „Civilian systems”: the “Effect of climate change on security and the deployment of military forces” special field of research deals with the subject examined.

⁴ Földi László: Impacts of climate change to disaster management tasks with special emphasis on critical infrastructures, Hadmérnök on-line, VI/3. p. 50-57.



preventing disasters, rectifying and eliminating their consequences.”⁵ It must be emphasized that this task is not formulated as an option but as an obligation. As the disaster management act puts it: *“Protection and elimination of the consequences should be ensured by coordinating the operation of the bodies created for this purpose and the different protection systems, and by the involvement and collaboration, respectively, of citizens as well as civil defence organisations, business entities, the Hungarian Defence Forces, law enforcement bodies, the National Tax and Customs Administration, national meteorological service, national ambulance service, water administration bodies, the healthcare administrative agency, voluntarily participating civilian organisations as well as public bodies created for this purpose, additionally the entity at fault and causing non-natural disasters, the national organisations and municipalities (hereinafter jointly referred to as participants of disaster management).”*⁶

It is important to emphasise that the changes in the legislation do not affect the commanding and management system of the HDF and the legal regulations concerning the military chain of command. I.e. the units of the HDF involved in combating natural disasters act exclusively under military command. This rule ensures that the organisation basically established to carry out armed defence duties does not come under the control of another body, and that the civilian control and military command of the armed forces, as stipulated by law, is continuously ensured.

The changes of legislation were quickly followed by the transformation of the sectoral regulations. The major results of that are the following:

- the efficient operation of the system required that the Chief of Staff contributes more actively to disaster management;
- the personnel and material-technical review of the HDF teams designated to protection and the necessary restructuring has taken place.

As a result of restructuring – besides strengthening command and increasing efficiency – the HDF retained its ability to make a great number of forces and equipment available within a short period, together with complete logistics background. It continues to possess special resources and special knowledge other organisations contributing to disaster management don't possess.

⁵ The Fundamental Law of Hungary, Article 45 (3)
http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1100425.ATV Downloaded: 23 March, 2013.

⁶ Act CXXVIII of 2011 on disaster management and the amendment of certain related acts, Section 2 (1) <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPdf/hiteles/mk11113.pdf> Downloaded: 23 March, 2013.



Due to the geographical location mainly floods represent hazard in Hungary. Accordingly, the Hungarian Defence Forces face the greatest challenges in the area of flood protection. This is a century-old tradition as in many cases military forces were the last resort for the inhabitants of areas hit by disasters in the 19th century already. We frequently quote the saying of Franz Joseph: „Die Leistungen der Pioniere ausserordentlich. Überhaupt Pioniere wie immer” („Of course, sappers, as always!“)

And this was the same later as well. Almost 25 000 soldiers participated in flood protection in the past ten years and the number of technical equipment made use of exceeded 2 000.

The snowstorm in March 2013 clearly shows the role of the HDF in eliminating disaster situations – the consequences of which were experienced by several tens of thousands of our fellow countrymen. The HDF has demonstrated in this situation also that there is no efficient protection and efficient damages elimination without its forces and equipment.

The efficiency of the HDF in the fight against natural disasters is determined by human resources on the one hand and the level of the technical equipment on the other. Our soldiers have gained adequate experience in recent years in this field and we wait well-prepared for the call. The picture is not that encouraging regarding the technical equipment as our assets are obsolete and not really up-to-date. This is true even if some of our assets are still the best and most efficient available to the country. I'm thinking of helicopters, caterpillar and amphibious vehicle and world class water purification plants. This is complemented by expertise only available in the HDF, as well as the ability to have a complete logistics background for the forces deployed. No other domestic organisation can say the same for itself.

The effects of climate change on human health

The preservation of our soldiers' health is the most important duty and the most important direction for research when dealing with the effects of climate change. In the bodies of soldiers serving under extreme circumstances – extreme climatic conditions – in hot, dry regions and in the Tropic of Cancer zone, imbalance develops in the metabolic, water-electrolyte and acid-base balance, the concentration ability decreases and the risk of cardiovascular incidents increases. All these pathophysiologic changes not only put at risk the successful performance of the



combat mission but also the health condition of the soldier, and in serious cases even his life.⁷

It is difficult to estimate the effect of the heat stress on health and on the performance of the troops. Its overall impact on the soldiers and the operations is far more pronounced than we supposed so far. The reasons are complex: on the one hand the reporting of the heat injury is accidental, on the other hand lengthier heat exposures on the areas of operation add up (moreover, together with other stress factors they enhance each other). Thus the soldiers are faced with problems that do not pose a problem to the locals but are dangerous to our soldiers. The lack of necessary rehydration, acclimatization, prolonged overload caused by the accomplishment of missions, sleep deprivation – all add to the development of heat injury.

The question arises with good reason: what assets do we have to prepare our soldiers for such challenges and reduce their exposure. Physical stamina is one of the most important aspects, as well as being fit; this improves oxygen use and thus performance. The other is the optimization of alternating strain and relaxation.⁸ The third is to specify the individual risk factor of a given soldier. The research and recognition of these factors improve the chances of survival.⁹

The examination of psychological impacts cannot be avoided when carrying out research work. Heat and cold stress considerably reduce the physical and psychic performance of the soldiers, and the changes of psychic-mental functions indicate critical physiological events in advance. Main elements of the psychological aspects of military performance manifesting in behavioural responses: *mental* (in case of duties requiring mainly intellectual or cognitive skills); *psychomotoric* (mainly for manual tasks); and *subjective* (for feelings, conditions of mood and attitude).¹⁰

The particular indicators of psychic performance are the following: reaction time, perception, vigilance, manual skills, stamina, taking and following target, cognitive, complex mental and psychomotoric performance, execution of

⁷ Kohut, László: Health effects of the global climate change. Special issue of the Review of Internal Affairs, 2012, p. 65.

⁸ Under combat situations this cannot always be ensured. Consider the fact that the use of personal protective devices may double the duration of the required relaxation.

⁹ Koller, József - Lévy, Gábor - Kohut, László - Padányi, József: The effect of climate change on security and on certain questions of the deployment of military forces. ZMNE Strategic Defence Research Institute, Defence Studies 63, 2010, p. 84.

¹⁰ Hullám, István: The effects of extreme climatic factors of areas of operation on the psychic-mental performance of the soldier. Manuscript, 2013, p. 1.



simultaneous tasks, subjective reaction, symptoms and phenomena observed, sleeping rhythm, emotional readiness and the dynamics of group psychology processes. It is conceivable that – from the aspects of military operations – these factors are decisive, and their suitability is decisive for the survival of the soldiers.

Mapping all these health factors and a purposeful preparation helps avoid undesired consequences. The commander must be aware of the health effects caused by extreme weather, and the methods and tools of protection and prevention. The planners of operations should know whether the clothing, protective equipment, devices and gear suit the requirements of the given environment and the missions to be performed. Our research brings them closer to that.

Peculiarities of operating technical equipment under extreme circumstances

Beside the primacy of safeguarding staff we should not forget to examine the application of technical equipment. Military technology does not escape the effects of extreme weather either. We saw several examples of that in the missions in Iraq, Afghanistan or the Balkans. It has become clear by today that the equipment can be operated safely under these conditions only when adequate measures are implemented.

From the risk factors of aviation safety heat cramps, heat exhaustion and heatstroke, as human factors, deserve attention. From the technical side:

- operating technical equipment and vehicles can become hot on the effect of sunlight, glass and plexiglass parts can snap or distort;
- the lubricating effect of lubricants and oils deteriorates, and a significant volume change may take place;
- the internal air pressure of tyres increases, brakes may overheat;
- increased fire hazard during filling up vehicles with fuel, start-up and engine tests;
- evaporation of hazardous materials (battery liquid, etc.);
- problems caused by airborne dust;
- development of comfort temperature in the cabin;
- overheating and catching fire of electric systems.¹¹

¹¹ Koller, József - Lévay, Gábor - Kohut, László - Padányi, József: The effect of climate change on security and on certain questions of the deployment of military forces. ZMNE Strategic Defence Research Institute, Defence Studies 63, 2010, p. 42.



The list is not exhaustive but precisely shows that this is a complex problem that cannot be left out of consideration. The same is true for aviation technology indicators as well, as we can count on the decrease of performance, the changing aerodynamic features of aircraft, the decrease of braking performance and the alteration of range of vision (sand storm, reflections).

It is not only the operation of aircraft that is a challenge under extreme weather conditions. Vehicles, ammunition and arm systems are also exposed to environmental impacts. The following should be taken into consideration in this area:

- Electronic devices are more sensitive to extreme temperature and humidity. Because of the temperature increase cooling should be increased which means the consumption of additional energy.
- The lubricants and cooling systems of the engines work at the limit of their operating range therefore fatigue occurs earlier.
- The transport and storage of ammunition requires controlled temperature surroundings.
- More advanced and sensitive instruments are required to measure temperature and humidity.
- Because of the higher thermal load it is justified to continuously upgrade personal equipment and clothing.
- The warming up of the oceans and changing streams influence the manoeuvres of submarines.¹²

We could continue this list but let's have a look instead on how these issues have shown up in the operations in Afghanistan.

Practical experience gained in Afghanistan proves that because of the high temperature overheating occurs more easily during the operation of vehicles that can be prevented by the proper application of cooling equipment and by increased technical inspections during breaks between marches and before and after employment. The performance of engines decreases on higher temperatures while extremely low temperatures may cause lubrication problems in the engines. Precision weapons with precise joints may break down easily in very cold weather. Air humidity and temperature have an impact on the adjustment of sharpshooter weapons.

¹²Halász, László: Climate change and military technology. Manuscript, p. 5.



It is practical to keep vehicles in covered sheds on the base or at least protect them from direct sunlight with canvas. When stopping shaded places must be sought if security conditions permit it. Electronic controls are very sensitive to high temperatures also. Direct solar radiation and high temperatures have an increased effect on rubber parts and seals. Therefore these must be replaced more frequently than usual which requires more attention during routine maintenance, as well.

Dust wears out not only the human body but also technical equipment. Much higher wear of moving and rotating parts than under domestic conditions must be considered. Electronic devices are especially sensitive to dust contamination which requires the regular and frequent cleaning of the devices at least by mechanical dust removal such as blowing them out with air compressor or cleaning with brush. This also applies to weapons. Turret guns in particular may get soiled during marching therefore special attention is required. During planned breaks, besides continuously maintaining cover, weapons have to be cleaned quickly at least where they are most prone to get soiled. After executing the mission this represents the main purpose of weapon maintenance (in dry periods) and not the prevention of corrosion. (Air humidity is practically zero.) In case of applying gun oil it must be completely removed because it forms oil mud when mixed with dust.¹³

The importance of military clothing and the related study

The quality of military clothing is fundamental from the point of sense of comfort thus from security. The soldier who is uncomfortable because of his clothing does not concentrate on his mission therefore becomes vulnerable.

We started a comprehensive examination in this regard with the purpose of studying the clothing implemented by the Hungarian Defence Forces. We have carried out measurements on the forest (combat) fatigue uniforms (16 versions), the desert (combat) fatigue uniforms (14 versions) as well as the plain and “society wear” dresses (7 versions). The experiments were carried out under windless and windy circumstances, on a plastic man and by subjective measurements. The temperature range was between -20 °C and +30 °C. The processing of the measurement results takes several months because as many as 20 000 000 data must be evaluated.

¹³ Lippai, Péter – Padányi, József: The effect of specific environmental features on the activities of the Hungarian Defence Forces in Afghanistan. Manuscript, p. 13.



Measurements have been carried out in the temperature sensation laboratory of the PTE Pollack Mihály Technical Faculty, Building Engineering Department.

During the measurements the plastic man, hanging on ropes, was placed in the laboratory and in a freezer container, respectively. Thus no chair or other object gets in contact with the dress so the data are not distorted. The plastic man's body is divided into 18 parts. There are heater elements in all body parts the heat generation of which shows how the dress keeps the heat in such a way that the surface temperature of the skin remains constant. The internal heat generation of the human body (changing under different external conditions) can be modelled by the plastic man. We measured the heat loss of the given body part in every 5 seconds. Each measurement takes 4 hours of which 3 hours are spent on adjusting the temperature of the wall surfaces while each measurement on the plastic man takes 1 hour. We take the average of the data series obtained during the 1-hour measurement and use it for further examinations. The overall heat loss of the plastic man can be calculated from the series of measurements, and having information on temperatures (surface temperatures and temperature of the air) the thermal conductivity (clo value) of the clothing can be determined which is the basis of classifying it. We carry out all these measurements on volunteers who record their experience in written evaluation tables. We record all the information on computer and take photos with thermal camera.

The experiments provide tangible knowledge to the engineers of the HDF for the assessment of the existing clothing and to determine the directions for the development of new clothing components.

Summary

The research directions presented cover the main areas only. We did not provide details here of the following issues, although we studied them: the modernisation possibilities of the vehicle park of the Hungarian Defence Forces, the methods of reducing emission, the upgrading of the energy consumption of barracks, how to make military camps – especially in the areas of operation – more secure, and the connection between masking and climate change.

Our research covers areas that are considered to be blank areas of military sciences and military technical sciences. Although research was already performed



in certain segments but this is the first attempt in Hungary to carry out comprehensive examination of the correlation between climate change and military security.

Bibliography

National Security and the Threat of Climate Change Published by: The CNA Corporation, Alexandria 2007.

Kohut, László - Koller, József - Lévy, Gábor - Padányi, József: The effect of climate change on security and on the application of military forces. SVKI Defence Studies 63, 2010, Budapest.

Under the frame of application No. TÁMOP-4.2.1. B-11/2/KMR-2011-0001 with the title „Critical infrastructure protection research”, as part of professional sub-project „*Civilian systems*”: the “Effect of climate change on security and on the application of military forces” special field of research deals with the subject examined.

Földi, László: Impacts of climate change to disaster management tasks with special emphasis on critical infrastructures, Hadmérnök, VI/3. p. 50-57.

The Fundamental Law of Hungary, Article 45 (3) http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1100425.ATV Downloaded: 23 March, 2013.
Act CXXVIII of 2011 on disaster management and the amendment of certain related acts, Section 2 (1) <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/mk11113.pdf> Downloaded: 23 March, 2013.

Kohut, László: Health effects of the global climate change. Special issue of the Review of Internal Affairs, 2012.

Hullám, István: The effects of extreme climatic factors of areas of operation on the psychical performance of the soldier. Manuscript, 2013.

Halász, László: Climate change and military technology. Manuscript, 2013.

Lippai, Péter - Padányi, József: The effect of specific environmental features on the activities of the Hungarian Defence Forces in Afghanistan. Manuscript, 2013.



A mitigáció szerepe a klímaváltozási stratégiák kialakításában

Molnár Márk¹, Molnár Sándor²

¹Szent István Egyetem, Gazdálkodástudományi Kar, Közgazdaságtudományi és
Módszertani Intézet

²Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Matematikai és Informatika Intézet

Tartalmi kivonat

A klímaváltozási célú kibocsátás-csökkentési intézkedések, az ún. klímaváltozási mitigáció szerepe a klímaváltozással kapcsolatos környezetpolitikai döntéshozatalban alapvető. A szerteágazó mitigációs intézkedések számos területen képesek érdemben és gazdaságosan csökkenteni az üvegházgáz-kibocsátásokat, amelyeket a klímaváltozás elsődleges antropogén forrásának tekintünk. Nem csupán azért fontos a feladat, mivel az emberiséget veszélyeztető globális felmelegedés leküzdése elsődleges feladatunk, hanem azért is, mert komplex stratégiai feladatként kezelve a fejlesztéspolitikai intézkedéseket, a mitigáció fontos és több szempontból előnyös lépéseket adhat.

Kulcsszavak: *klímaváltozási mitigáció, energiahatékonyság, kibocsátás-csökkentési határköltséggörbe, kibocsátási jövőképek*

Abstract

Mitigation measures targeting greenhouse gas emission reduction are primary tools in environmental policymaking. The broad range of such measures can accomplish a significant and economic reduction of anthropogenic greenhouse gases considered to be the primary source of climate change. The task is vital not just because avoiding or mitigating global warming is a primary goal for humanity but also because mitigation measures can provide economically beneficial development coupled with environmental benefits if handled as an integral part of the complex development policies.



Keywords: *climate change mitigation, energy efficiency, marginal costs of emission reduction, emission scenarios*

Bevezetés

Hazánk és régióink a közeli jövőben számos olyan gazdasági és környezeti kihívással szembesül, amelyekre a megfelelő válasz még nincs jól körvonalazódva. A hazai növekvő energiaigény erős fosszilisenergia-függőséggel társul, amely erőteljes növekedésbeli korlátot jelenthet gazdaságunk számára. Az energiafelhasználásból származó antropogén üvegházgáz-kibocsátások jelenlegi ismereteink szerint a klímaváltozás elsődleges hajtóerejének bizonyultak, és egyelőre a nemzetközi egyezményekben lefektetett közös lépések nem vezettek sikerre e kibocsátások korlátozásában. Az elmúlt évben a Rio+20 konferencia gyakorlatilag eredménytelenül zárult, a nyolcvanoldalas záródokumentumban egyetlen európai elképzelés sem szerepelt. A feltörekvő gazdaságok (Kína, India stb.) pedig a fenti két probléma tekintetében gyakorolnak egyre erősebb nyomást mind az erőforrásokért folytatott egyre erősödő verseny vonalán, mind a kibocsátások csökkentésében korlátozottan vállalt részvételük miatt.

A Nemzetközi Energiaügynökség által készített jelentésben található egyik forgatókönyv szerint (IEA, 2010), amennyiben a globális üvegházgáz-koncentrációt a 450 ppm-es szinten akarjuk tartani, az átlagos hőmérsékletváltozást 2°C-ban maximalizálva, úgy az 1990-2008-as periódus átlagos kibocsátás-csökkentésének kétszeresét kellene 2008-2020 között elérni, 2020-2035 között pedig majdnem négyszeresét. Ebben az optimista forgatókönyvben az EU az 1990-es kibocsátásához képest 30%-kal csökkenti emisszióit, és a fejlődő és felzárkózó országok is hasonló mértékű lépéseket tesznek, ami túlzás nélkül optimista feltételezés.

Ezeket figyelembe véve, Magyarország számára stratégiai fontosságú, hogy a jövő század új gazdasági versenyképességi mutatóiban, az energetikai ellátásbiztonság tekintetében, gazdasági és környezeti értelemben egyaránt fenntartható fejlődési pályára léphessen. A fejlesztési stratégiákat a fenntartható fejlődés irányelveinek kell vezérelniük, és e stratégiáknak többek között tartalmazniuk kell a globális környezeti és energiapolitikai megfontolásokat is. Kiemelt célnak kell tekinteni, hogy a környezetpolitika kialakítása és végrehajtása során olyan



eszközöket kell alkalmazni, amelyek a nemzetközi környezeti szempontok mellett a hazai gazdaság fejlődésének, illetve a polgári jólét javításának követelményeit is figyelembe veszik, másrészt teljesítik az EU-tagsághoz kapcsolódó elvárásokat. A Kormány a klímavédelmi stratégiában megfogalmazott feladatokkal az általános gazdaságpolitikai célkitűzéseinek a megvalósítását is elő kívánja segíteni, hozzájárulva az EU fenntartható fejlődési stratégiájához.¹ Alapvető cél tehát, hogy olyan intézkedéseket azonosítsunk (és támogassunk) amelyek egyaránt megfelelnek a hatékonysági és a környezeti szempontoknak, és gazdaságosan megvalósíthatóak.

Mitigációs intézkedések modellezése

A klímaváltozást okozó antropogén kibocsátások csökkentését célzó intézkedéseket mitigációs intézkedéseknek nevezzük. Alapvetően olyan intézkedéseket sorolunk ide, amelyek csökkenthetik az atmoszferikus üvegházgáz-kibocsátásunkat, és ez által középtávon a légköri koncentrációt. Ilyen lehet többek között a tevékenységi (termelési) szint változtatása, a hatékonyság növelése (takarékoság, modernizálás), megújuló-alapú energiatermelés. Mitigációs intézkedések lehetnek továbbá azon intézkedések is, amelyek késleltetik az üvegházgázok várható klimatikus hatását. Ide sorolható többek között a földfelszíni széntárolás növelése (nyelők, erdősítés), vagy a földtani rétegekben való széntárolás.

A mitigációs intézkedések lehetséges területei alapvetően az energiaszektorra koncentrálnak (villamosenergia-rendszer, közlekedés, távhőszolgáltatás, ipar), de természetesen más, nem energiafelhasználásra alapuló szektorok is. Így az erdőgazdálkodás, mezőgazdaság, hulladékgazdálkodás egyaránt lehetőséget adhatnak kibocsátás-csökkentésre.

A mitigációs intézkedések segítségével lehetségessé válik a klímaváltozás hatásainak enyhítése: műszakilag és gazdaságilag kivitelezhető az a kibocsátás-csökkentés, amellyel a globális hőmérséklet növekedését 2 Celsius fok alatt lehet tartani. Bár a klímaváltozás hatásmechanizmusa, az antropogén hatás mértéke vitatott, de az óvatosság elve miatt kötelességünk a jövő generációk miatt is lehetőség szerint mindent megtenni a klímaváltozás elkerülése érdekében. Nem

¹ COM/2009/0400 EU SDS

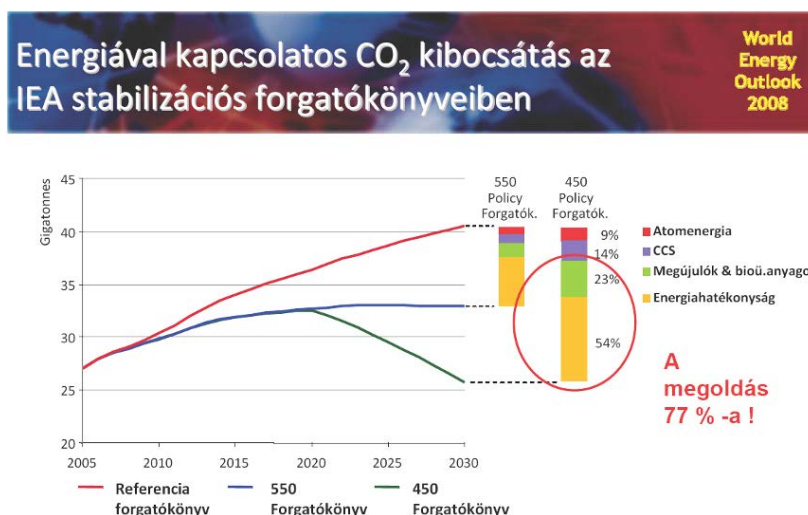


mellékes az a szempont sem, hogy az energiafogyasztásunkkal és az erőforrásainkkal kapcsolatos intézkedések többszörös előnnyel kecsegtetnek a megtakarított energia, az elkerült üvegházgáz-kibocsátások, a csökkenő importfüggőség és a politikai-gazdasági kiszolgáltatottság révén.

Hazai viszonylatban a mitigációs intézkedések fő céljainak az alábbiakat tekintettük (Molnár, 2011):

- A nemzeti fejlesztési terveknek megfelelő technológiák és eljárások költségeinek és hasznainak vizsgálata.
- Adott intézkedések rangsorolása a társadalmi-gazdasági költségek alapján.
- Forgatókönyvek kialakításán keresztül azon szakpolitikák és programok azonosítása, amelyek az ország adottságaihoz leginkább illeszkednek.
- Adott csökkentést optimális költséggel megvalósító intézkedéscsomag kialakítása, vagy adott ráfordítás mellett megvalósítható maximális kibocsátás-csökkenés meghatározása.

A mitigációs intézkedések hatását az 1. ábra demonstrálja.

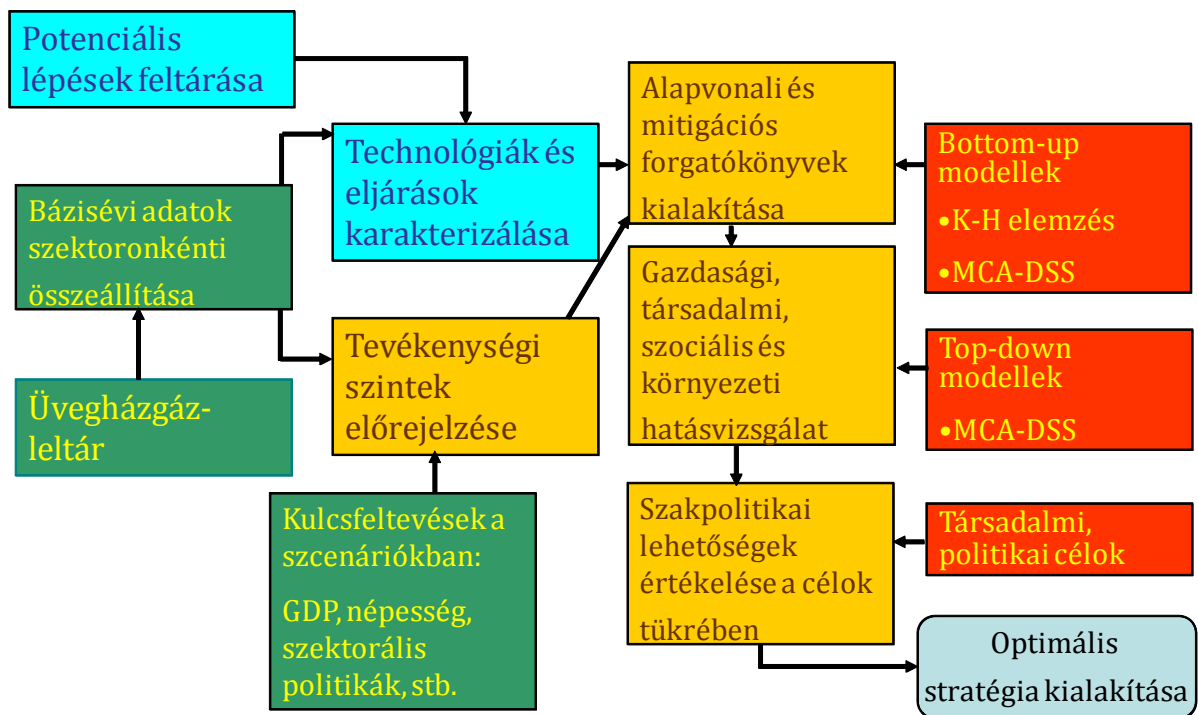


1. ábra: Mitigációs potenciál az IEA-forgatókönyvei szerint

Az energetikai modellezés során a fő döntéstámogató eszköz a szenárióelemzés. Ebben a megközelítésben a modell segítségével egyrészt képet alkothatunk az energetika jelenlegi struktúrájáról, másrészt a felhasználó által meghatározott jövőbeli fejlődési pályákat értékelhetünk ki, ill. hasonlíthatunk össze.



Az ilyen modellnek számos "mi történne, ha..." típusú kérdést tehetünk fel. Mi történne hatékonyabb berendezések alkalmazása esetén? Mi történne a megújuló energiaforrások nagyobb kihasználása esetén? Minden ilyen elképzelhető, mitigációs intézkedéseket tartalmazó scenáriót vagy ezek kombinációját kiértékelhetjük mind a ráfordítások, mind a környezeti hatások szempontjából. Ennek alapján kiválaszthatóak a legjobbnak tartott energetikai fejlődési pályák. Ebből pedig meghatározható az, hogy milyen döntések, ill. beruházások szükségesek az energia keresletének és kínálatának az adott scenáriók szerinti alakításához. Az elemzések során a 2. ábrán látható komplex kutatói-elemzői feladatot kellett elvégezni (Molnár, 2012b).



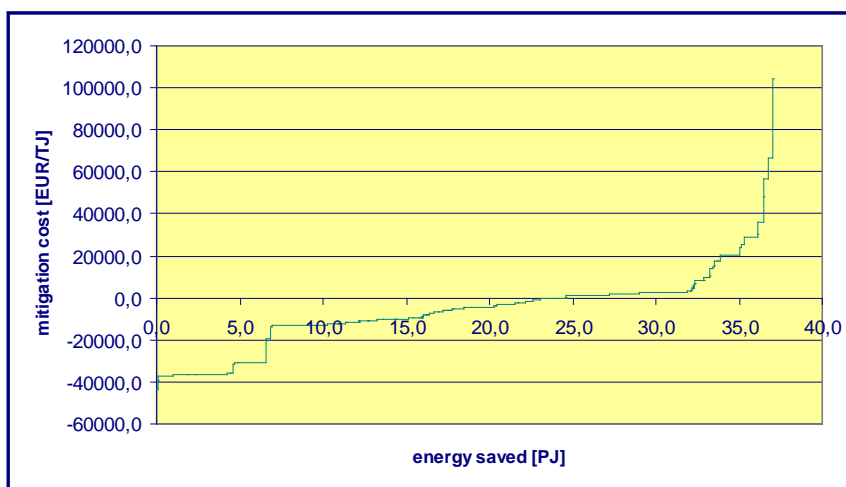
2. ábra: Mitigációs elemzés sematikus folyamatábrája

Az energetikai scenáriók létrehozása és kiértékelése három fő lépésben történhet. A meglévő energetikai adatbázis alapján először a jelen energetikai folyamatairól kell képet alkotnunk. Ezután trendszámítást végzünk, feltételezve azt, hogy az energetika rendszerében semmiféle jelentősebb változás vagy beavatkozás nem fog történni. Ez segíthet annak megállapításában, hogy valójában hol is kellene beavatkozni a rendszerbe. Végül az általunk kiválasztott energiapolitikai scenáriók költség-haszon elemzését kell elvégezni.



Hazai szinten a UNFCCC felé kötelezően beadandó Nemzeti Közlés kidolgozása során alkalmaztuk az újonnan, hazai kutatóműhelyek és nemzetközi kutatók együttműködésével fejlesztett HUNMIT modellt. A kifejlesztett, bottom-up megközelítést alkalmazó modell a nemzetgazdaság összes jelentős energetikai eredetű kibocsátását lefedi a mezőgazdálkodás és erdőszet kivételével, és több mint 700, kibocsátás-csökkentést eredményező ún. mitigációs intézkedés technikai-gazdasági leírását tartalmazza adatbázisában, többek között műszaki karakterisztikájukat, mitigációs költségeiket, beruházásigényüket, megtérülésüket, és megvalósíthatóságuk mértékét, ill. maximális implementálhatóságuk fokát (Molnár, 2012a).

A modell segítségével lehetségessé vált egyes nemzetgazdasági szektorok szennyezés-elhárítási határköltség-görbéinek kialakítása is. Számos esetben a határköltség negatív, vagyis az intézkedések megvalósítása nettó gazdasági hasznot jelent. Ilyen esetre mutat példát a 3. ábra.



3. ábra: A háztartási szektor kibocsátáscsökkentési határköltség-görbéje

A modell az energiaigény előrejelzésével a fogyasztói oldal igényének becslését végzi, majd ebből vezeti le a gazdasági szektorok, ill. a teljes gazdaság kibocsátását a megfelelő kibocsátási tényezők használatával.

Mitigációs intézkedések potenciális hatása Magyarországon

A hazai energetikai eredetű kibocsátások aránya a teljes hazai kibocsátásban, és az átlagos változások tendenciája az 1. táblázatban látható. A közlekedés



kivételével minden szektorban javuló tendenciát tapasztalhatunk, és a fajlagos kibocsátások kedvező változását (csökkenését) (Molnár, 2011).

	1985-87				1993-97				2003-2007			
	% (CO ₂)	t CO ₂ / TJ	Δ (TJ)	Δ (Em)	% (CO ₂)	t CO ₂ / TJ	Δ (TJ)	Δ (Em)	% (CO ₂)	t CO ₂ / TJ	Δ (TJ)	Δ (Em)
Energetikai ipar	34%	79	-10%	-10%	41%	79	-6%	-15%	36%	72		
Ipar	25%		-38%	-44%	19%		-14%	-22%	15%			
Háztartások	31%	74	-17%	-32%	28%	61	10%	-1%	29%	54		
Közlekedés	10%	71	-9%	-10%	12%	70	63%	65%	20%	71		

1. táblázat: Az energiafelhasználás és a származtatott kibocsátások relatív változása (a jelzett évek átlagos értékét tekintve) (Forrás: OMSZ, 2008)

A fenti tendenciákkal összhangban, azokat figyelembe véve került sor a mitigációs elemzésre és a kibocsátási scenáriók kialakítására a hazai, legutóbbi Nemzeti Közlésben, amelyeket az alábbiakban röviden ismertetünk. A modellezés során a követelményrendszereknek megfelelően három forgatókönyvet vizsgáltunk.

Alapvonalis forgatókönyv

Az ún. alapvonalis vagy baseline forgatókönyvben semmilyen intézkedést vagy lépést nem tételezünk fel a klímavédelem megelőzésére, a kibocsátások csökkentésére, minden halad változatlanul előre. Ez a forgatókönyv inkább referenciaként, viszonyítási alapként szolgál a döntéshozóknak az egyéb scenáriókban feltételezett intézkedések hatásának mérése érdekében. Ennél a forgatókönyvnél a főbb feltételezések az alábbiak voltak:

A forgatókönyvben az aktivitási ráták a feltevések szerint alakultak, a felsorolt technikai intézkedéseket nem alkalmazták egyetlen szektorra sem, a megújuló felhasználás stagnált, semmilyen hatékonyságjavulás nem történt a villamosenergia-szektorban, az energiaigény növekedését nem befolyásolja semmilyen energiahatékonysági intézkedés sem, a hőerőművek hatásfoka a MAVIR által előre jelzettek szerint alakul.



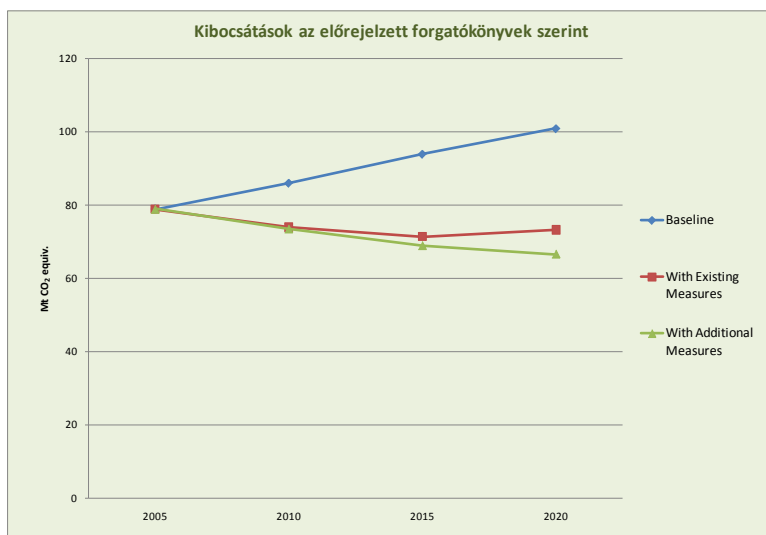
Meglevő és várható intézkedések hatását tükröző forgatókönyv (WEM)

A már adaptált vagy implementált intézkedések hatásait figyelembevevő forgatókönyv talán a legfontosabb a három előrejelzés közül, hiszen ez adja meg a leginkább valós jövőbeli előrejelzést. A forgatókönyv számításba veszi a megvalósított szakpolitikák és intézkedések hatásait, többek között a kormányzati Megújuló Stratégiában² megfogalmazott alapeset megvalósulását, valamint hogy az egyes vizsgált szektorokban bekövetkező modernizációs és fejlesztési lépések csökkenő energaintenzitást eredményeznek, összhangban a kormányzat Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Tervével, amely a vonatkozó EU-s célkitűzések hazai megvalósítását célozza. Ez a forgatókönyv figyelembe veszi az EU Emissziókereskedelmi Rendszerének továbbműködését is, a jelenlegi emissziós sapka folytatólagos hatályával, egyéb információk hiányában.

Optimista forgatókönyv (WAM)

A meglevőkön túl a tervezett és lehetséges intézkedések hatásait is vizsgáló, és azt megjelenítő optimista forgatókönyv az előző forgatókönyvhöz képest a további feltevésekkel jellemezhető: a megújuló energiák felhasználása a Megújuló Stratégiában megjelent legmagasabb értéken lesz, minden tervezett intézkedés megvalósul, az EU Emissziókereskedelmi Rendszerének hatását 24EUR/t kibocsátási-egységre rögzítettük. A mitigációs intézkedéseket a lehető legteljesebb, gazdaságossági határig terjedő mértékben támogatja a kormányzat. Az előre jelzett aggregált kibocsátásokat a 4. ábrán láthatjuk, az aggregált adatokat a 2. táblázat tartalmazza.

² http://www.khem.gov.hu/feladataink/energetika/strategia/megujulo_strategia.html



4. ábra: Aggregált hazai kibocsátások az előrejelzés szerint.

Az eredményeket tanulmányozva az ábrán látható, hogy a hazai szakpolitikák és intézkedések maradéktalan végrehajtása a hazai kibocsátásokat középtávon is képes leszorítani. Ehhez azonban a kormányzat részéről megfelelő források és egyéb ösztönző intézkedések megtétele is szükséges.

Üvegházgáz-kibocsátások az egyes forgatókönyvekben (CO ₂ eq, Gg)	2005	2010	2015	2020
Alapvonal	80382	85914.58	93861.65	100864,8
WEM	80382	73949.46	71387.09	73276.39
WAM	80382	73488,55	68893,89	66561,95

2. táblázat: Az egyes forgatókönyvek kibocsátásai az előrejelzett időszakok végén

A táblázatban található kvantitatív eredményeket megvizsgálva látható, hogy a hazai intézkedések jelentős mértékben, a referenciához képest 24 Mt CO₂ egyenértékben csökkentik a kibocsátást. A pótlólagos intézkedések megtételéhez mérlegelendő a megtakarítások mennyisége (kb. 6 Mt, amelyet részben az EU emissziókereskedelmében is értékesíthet az ország), és a ráfordítások nagysága, melyek alapján dönthetünk a további lépésekről.



Következtetések

A hazai üvegházgáz-kibocsátások csökkentésének az elfogadott és már megvalósított hazai szakpolitikák a számítások szerint megfelelő háttérrel adnak. Az esetleges további, a meglévő intézkedéseken túl megtett, addicionális lépések által jelentett előny nem számottevő. Az intézkedések megfelelő pénzügyi és kormányzati támogatása azonban elengedhetetlenül fontos, hiszen hatásukat csak közép-, és hosszútávon fejtik ki. A szektorális kibocsátásokat vizsgálva a közlekedési eredetű kibocsátások növekedésére nem létezik kidolgozott intézkedéscsomag, és az előrejelzett, növekvést mutató tendenciák meglehetősen aggasztóak. Az ipar és villamosenergia-szektor energiahatékonysága várhatóan tovább javul, míg az egyéb szektorok nem mutatnak szignifikáns növekedést.

Magyarország a kiotói vállalásokat tehát teljesíti, a későbbi vállalások terén pedig elegendő tartalékkal rendelkezik további kötelezettségek terén is.

A számszerűsített hatások szerint hazánk számára jelentős gazdasági előnyt is jelent a mitigációs lehetőségek legteljesebb mértékű kiaknázása, hozzájárulva fenntartható fejlődésünk biztosításához.

További vizsgálatot igényel a szektoronkénti optimális mitigációs stratégiák meghatározása, amely a legkisebb gazdasági költséggel a legnagyobb társadalmi hasznosságot eredményezi hazánk részére.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket nyilvánítják a TÁMOP 4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0003 számú „Az oktatás és kutatás színvonalának emelése a Szent István Egyetemen” c. projektje által nyújtott támogatásért.

A külön nem jelölt diagrammok, ábrák, táblázatok saját forrásból vannak.

Irodalomjegyzék

Molnár S. et al(ed.): 5th National Communication to the UNFCCC, KVvM, 2009

OMSZ (2008): National Greenhouse Gas Inventory

EC (2009): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions -



Mainstreaming sustainable development into EU policies : 2009 Review of the European Union Strategy for Sustainable Development (COM/2009/0400)

International Energy Agency (2010): World Energy Outlook

Molnár S. (2010): Hazai energetikai üvegházgáz-kibocsátások modellezése nemzetközi beszámolási kötelezettségeink kapcsán, „A mezőgazdasági energiaelőállítás, az energianövények termesztése, betakarítása, előkészítése és felhasználása”, MTA-AMB, 2010. február 2.

Molnár S. (2011): Hazai mitigációs lehetőségek egyes kérdései az üvegházgáz-kibocsátások terén, Klímaváltozás- Energiatudatosság-Energiahatékonyság, Győr, 2011. április 6-7.

Molnár S. (2012a): Hazai üvegházgáz-kibocsátások mitigációjának lehetőségei és kérdései, „IV. Magyarországi Klímacsúcs, Ipar – Energia- Környezet: hogyan lesz jobb a világ?” 2012. június 7

Molnár S. (2012b): Matematikai modellek alkalmazása az energetikában és a környezetvédelemben, Energiaellátás, energiahatékonyság és klímavédelem Európában és Magyarországon, 2012. november 30.



I. SZEKCIÓ: HONVÉDELMI KUTATÁSOK

Éghajlatváltozás és haditechnika

Halász László

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest

Tartalmi kivonat

A klímaváltozás befolyásolja úgy az új eszközök fejlesztését, beszerzését, mint az eszközrendszer üzemeltetését, fenntartását. A klímaváltozás valamint egyéb globális problémák (nyersanyag szűkösség, regionális vízhiány, stb.) szükségessé teszik, hogy a hadsereg technikai eszköz fejlesztése és az eszközök rendszerben tartása során ezeket figyelembe vegyünk.

Ennek megfelelően újra kell gondolni a fejlesztés, beszerzés és üzembenntartás teljes folyamatát. A nemzetközi trendek áttekintése és elemzése lehetőséget ad arra, hogy megfogalmazódjanak a Magyar Honvédség feladatai ezen a téren. Az általánosan meghatározott fejlesztési célokat kell kiegészíteni a klímaváltozás hatásainak kompenzálására a következő főbb fejlesztési irányokkal:

- 1. Energiatakarékosság, alternatív energiaforrások alkalmazása, széndioxid kibocsátás csökkentése.*
- 2. A járműfejlesztési program felülvizsgálata az energiatakarékosság követelményének figyelembevételével (hibrid járművek alkalmazhatósága, alternatív üzemanyagok alkalmazhatósága),*
- 3. Fűtőanyag cellák alkalmazásának vizsgálata.*
- 4. Az üzembenntartás folyamatát felül kell vizsgálni és új módszerek bevezetésével, a karbantartások gyakoriságának vizsgálatával módosítani kell a jelenlegi rendszert.*

Kulcsszavak: *Klímaváltozás, haditechnikai fejlesztés, energiatakarékosság*



Abstract

The climate change has an effect on the development and procurement of new military technology and also on the maintenance and repair. During the development and the maintenance process of new military items needs to take into consideration of the climate change and other global effects (shortage of raw materials, regional water scarcity, e.t.c.). According to these effects all processes of development, procurement and maintenance of military technology systems need to rethink. The analysis of international trends gives possibility to determine the task of Hungarian Defence Forces. To the general aims of development and procurement needs to add the followings:

- 1. Decrease of the emission of CO₂, energy saving, the use of alternative energy sources.*
- 2. Investigation of military vehicle procurement program according to the necessity of energy saving. (Applicability of hybrid vehicles and alternative fuels)*
- 3. Investigation of possibility of use of the fuel cells.*
- 4. The reinvestigation of the system of maintenance and repair due to the new requirements of climate change.*

Keywords: *climate change, development and procurement of military technology, energy saving.*

Bevezetés

A klímaváltozás befolyásolja mind az új eszközök fejlesztését, beszerzését mind az eszközrendszerek üzemeltetését, fenntartását. A klímaváltozás az átlaghőmérséklet emelkedésével jár, amely abban nyilvánul meg, hogy nő a 32-35 °C-ig vagy az e fölé emelkedő hőmérsékletű napok száma, ez a hőmérséklettartomány esetleg egy-egy hosszabb-rövidebb időszakra „stabilizálódhat”.

Szélsőséges (intenzív és/vagy tartós és/vagy időbeli megoszlásában kaotikus, azaz váratlan) időjárási jelenségek (tartós és/vagy intenzív esőzés, havazás, orkán jellegű szélvihar, gyorsan bekövetkező felmelegedés vagy lehűlés, ill. ezek egymásra



torlódó váltakozása, tartós hőhullám), vagyis intenzív időjárási extrémítások ismétlődően kialakulhatnak. Hosszú száraz időszakok miatt aszály és elsivatagosodás alakulhat ki.

Ezek a jelenségek, valamint egyéb globális problémák (nyersanyag szűkösség, regionális vízhiány, stb.) szükségessé teszik, hogy a hadsereg technikai eszközeinek a fejlesztése és az eszközök rendszerben tartása során néhány tendenciát figyelembe vegyünk:

- az energiahordozók árának folytonos emelkedését, ami szükségessé teszi a takarékossgot, valamint alternatív energiahordozók kutatását és felhasználását,
- az időjárásváltozás által okozott nagyobb mérvű korróziót,
- a magasabb levegőhőmérséklet okozta kisebb légiszállítási kapacitást.

Új eszközök fejlesztése, beszerzése, rendszerbeállítása

Járművek

A szárazföldi katonai járműfejlesztés új irányai elsősorban az üzemanyagfogyasztás csökkentésére illetve alternatív üzemanyagok alkalmazására irányul. A fejlesztés másik fontos kritériuma a belső terek hőmérsékletének stabilizálása különböző külső hőmérsékletek esetén.

Érdekes megvizsgálni az amerikai haderő eszközeinek és objektumainak üzemanyag fogyasztását béke illetve háborús körülmények között.¹

Békeidei fogyasztás (112 trillió Btu²)

Harcjárművek (3%)
Repülőgépek (16%)
Taktikai járművek (5%)
Generátorok (3%)
Egyéb járművek (6%)
Létesítmények (67%)

Háborús fogyasztás (206 trillió Btu)

Harcjárművek (10%)
Repülőgépek (19%)
Taktikai járművek (11%)
Generátorok (22%)
Egyéb járművek (3%)
Létesítmények (35%)

¹ Bochenek, G. E. (2011): Military Needs for Hybrids, Electric Vehicles and Power Stability in the Battlefield. RDECOM

² Btu = British thermal unit = 1550 joule



Az elemzések azt mutatták, hogy a harctéri üzemanyagfogyasztás egyre növekvő tendenciájú. Az üzemanyag ellátásának biztonsága alapvető jelentőségű a működőképesség szempontjából.

A következő fejlesztési területek egyre jelentősebbek lesznek, és számolni kell az új típusú járművek megjelenésével a hadseregben.

Hibrid járművek

A korszerű katonai járművek egyre több elektromos illetve elektronikus eszközzel vannak felszerelve, terjed az elektromos meghajtás. A hibrid meghajtás számos előnnyel jár a mind kerekes, mind lánctalpas katonai járművek esetén. Ezek:

- nagy hatótávolság,
- nagy teljesítmény,
- kisebb üzemanyag fogyasztás,
- kisebb zaj,
- kisebb kipufogógáz kibocsátás,
- rugalmas menettulajdonságok.

Két fő típusú hibrid járművet fejlesztettek ki:

- soros hibrid jármű,
- párhuzamos hibrid jármű.

A soros hibrid járműben a diesel motor hajtja meg az elektromos indítómotor-generátort. Az elektromotor az indítómotor-generátortól vagy közvetlenül, vagy az akkumulátoron keresztül kapja az áramot és hajtja meg a kerekeket.

A párhuzamos hibrid rendszerben a belsőégésű motor közvetlenül, vagy mechanizmuson keresztül hajtja meg a kereket működtető meghajtóművet, szintén meghajtja a villanymotor/generátort, ami tölti az akkumulátort. A belsőégésű motor és villanymotor együttesen hajtja a hajtóművet.

Villanymotorral hajtott járművek

Az első kategóriába tartozó járművek (kerekes, nem páncélozott járművek) szerepére alkalmasak a polgári fejlesztésű elektromos gépjárművek (un. Plug-in electric vehicles = PEV). A General Motors Corporation kifejlesztette a Chevrolet Volt-ot, míg a Nissan Corporation a LEAF-et. Bizonyos elektromos autókat akkumulátoros autóknak (BEV = battery electric vehicle), míg másokat hibrid elektromos autóknak neveznek (PHEV = plug-in hybrid electric vehicle). Az előbbieket



elektromos hálózatról tölthetők fel, míg az utóbbiakban robbanómotor is van. Az Amerikai Egyesült Államok kormánya 2009-ben eldöntötte, hogy 2015-ig kb. egy millió elektromos autó (BEV) fog közlekedni az USA úthálózatán. Ennek része a haderő által beszerezni kívánt kb. 5000 elektromos autó.

A hibrid és elektromos járművek rendszerbeállításával lehetővé válik az üzemanyag szállító konvojok számának csökkentése.³

Fűtőanyagcellás járművek⁴

Az amerikai hadsereg protoncserélő membrános és közvetlen metanollal működő fűtőanyagcella-rendszert fejlesztett ki három teljesítmény tartományra. A kis teljesítményű változatot (<20 W) a katonák felszerelésében, és a különböző típusú szenzorok energiaellátására alakították ki. A közepes teljesítményű változatot (200 W - 2 kW) elektromos energia generátorként, illetve akkumulátor töltőberendezésként kívánják alkalmazni. Az ilyen generátorok nagy előnye a csendes működés. Az e feletti teljesítményű változat (2kW és e felett) alkalmas generátorként és hajtómű táplálásra. Fejlesztés alatt állnak fűtőanyagcellás meghajtású hibrid és elektromos harcjárművek.

A fűtőanyag cellák széleskörű alkalmazásának feltétele a biztonságos nagy energiasűrűségű, hordozható hidrogénforrás. Ezért jelentős erőfeszítéseket tesznek hidrogén előállítási és tárolási módszerek fejlesztésére. Két hidrogéntárolási eljárást vizsgálnak, az egyik a fizikai tárolás a másik a helyszíni előállítás. A fizikai tárolás lehet nagynyomású palackban vagy szén nanocsövekben, fémhidridekben való tárolás. A helyszínen való előállításához vagy metanolt vagy dízel olajat használnak. Ez utóbbi mód tűnik gazdaságosabbnak. Foglalkoznak hibrid energiaforrások fejlesztésével, amelyek fűtőanyag cellából és akkumulátorból állnak.

Az amerikai és a brit hadsereg közösen fejleszt egy ammónia alapú hidrogén generátoros fűtőanyag cellát, amellyel valószínűleg olcsóbban tudnak elektromos energiát nyerni, mint a hagyományos akkumulátorokkal.⁵

³ Plug-in Hybrids, Biofuels, Fuel Cell Electric Vehicles, and Battery Electric Vehicles Int. J. of Hydrogen Energy 34: 9279-9296

⁴ Bochenek, G. E. (2011): Military Needs for Hybrids, Electric Vehicles and Power Stability in the Battlefield. RDECOM

⁵ Quah C.GSifer, N., Patil A., et al. (2003): Compact fuel cell systems for soldier power, in: Proceedings of the International Fuel Cell Conference,



A korszerű harcjárműveknél rendkívül fontos, hogy különböző éghajlati és külső körülmények között is tudjanak működni. Ehhez elengedhetetlen a belső terek klimatizálása és vegyi, biológiai és radiológia szennyezések elleni védelme. A klímaberendezésnek biztosítania kell a személyzet védelmét mind meleg mind hideg időben.⁶

Egy ilyen légkondicionáló rendszer jellemzői:

- Osztott vagy egységes rendszer,
- Belső tér vagy egyes helyek fűtése és hűtése,
- Tipikus hűtési kapacitás 6 -15 kW,
- Tipikus fűtési kapacitás 9-20 kW,
- Bizonyos típusok kiegészítő tápegységgel is fel vannak szerelve.

A teljes személyzetet kondicionálni képes eszközök hatékonyak egy jól szigetelt harcjármű esetén, amennyiben a személyzet normál ruházatot visel, de kevésbé hatékony akkor, ha a személyzet vegyvédelmi védőruhát visel. Ezért ilyen esetre kiegészítő lokális hűtőberendezést építenek be. A légkondicionáló rendszerek biztosítják a megfelelő belső hőmérsékletet + 55 °C és - 46 °C között.

Ahhoz, hogy a járművek minden környezetben biztonságosan működjenek, ABVR védelmi rendszerrel is kell rendelkezniük. Többnyire ezen eszközöket kombinálják a légkondicionáló rendszerekkel. Az ABVR szűrőrendszer egy előszűrő ciklonból, egy kétlépcsős aeroszol szűrőből, majd impregnált aktív szén tartalmazó gáz-gőz szűrőből áll.

A járműfejlesztés mellett folyik az új típusú üzemanyagok fejlesztése is.

Az amerikai haderő jelentős erőfeszítéseket tesz bioüzemanyagok fejlesztésére és alkalmazására⁷

- a légierő alternatív üzemanyaggal kívánja teljesíteni az otthoni repülések 50%-át 2016-ra,
- a haditengerészet és a tengerészgyalogság energiaigényének 50%-át alternatív energiaforrásból kívánják kielégíteni 2020-ra,
- a szárazföldi hadsereg évente 10%-kal akarja növelni bioüzemanyag felhasználását.

⁶ Thomas C. E (2009): Transportation Options in a Carbon-constrained World: Hybrids, Plug-in Hybrids, Biofuels, Fuel Cell Electric Vehicles, and Battery Electric Vehicles, Int. J. of Hydrogen Energy 34: 9279-9296

⁷Patil A., Sifer N. (2004): US army CERDEC fuel cell technology, in: Proceedings of the AAAS Symposium



2010. március 25-én a légierő sikeresen végrehajtotta az első olyan repülést, ahol 50% bioüzemanyagot használtak. 2011-re a légierő gépeinek 99%-át átalakították úgy, hogy alkalmas legyen bioüzemanyag keverékkel való működésre. A haditengerészet szintén végzett kísérleteket a bioüzemanyag alkalmazására.

Repülő eszközök

A növekvő levegőhőmérséklet hosszútávú hatást gyakorol a repülőgépek teljesítményére. A teljesítmény és terhelhetőség csökken bizonyos hőmérsékletváltozás esetén. A levegő hőmérsékletének emelkedésével csökken a repülőgépek, helikopterek emelőképesége. Ez pedig csökkenti az eszközök szállítóképességét, kevesebb üzemanyagot vihetnek magukkal, csökkentve ezzel a repülési távolságot, vagy kevesebb hasznos rakományt vihetnek magukkal, ezzel csökkentve az adott eszközök szállítási kapacitását. Míg egy-egy feladat esetén ezek a hatások csekélyek, hosszú távon számolni kell a hatással, az üzemanyagigények és szállítási kapacitás tervezés esetén. Így bizonyos feladatok végrehajtásához kiegészítő légi szállítási kapacításra van szükség. A légiszállítási kapacitás rendkívül fontos a katasztrófavédelem és a humanitárius segítségnyújtás szempontjából is. Mivel ezen feladatok növekedésével számolni kell, ez jelentősen befolyásolja a légiszállítási flotta növelésének igényét.

A hangárkapacitás növelése is kiemelt fontosságú, mivel az extrém időjárási körülmények károsíthatják a repülőeszközöket.

A klímaváltozás kihat az élővilágra, így a madarakra is. A megváltozott élőhelyek, illetve klimatikus körülmények miatt módosulhat az egyes fajok vándorlási szokása, ami a repülésbiztonság szempontjából figyelembe veendő.

A légierő üzemanyag-fogyasztásának csökkentésére új gázturbinák fejlesztését indították el. A légierő, a haditengerészet és a szárazföldi haderő közös fejlesztési programja az Integrált Nagyteljesítményű Turbina Technológia fejlesztése (Integrated High Performance Turbine Engine Technology (IHPTET)). A program komplex, számtalan alprogramot tartalmaz, mint például új turbinalapátok, kompresszorok, stb. fejlesztése.

Az elsivatagosodott területek légköri állapotára jellemző az, hogy folyamatosan jelen van a levegőben a lebegő por és homok, amelyek csökkentik a gázturbinás hajtóművek teljesítményét és élettartamát. A hajtóműveket tervező



mérnökök több műszaki megoldást dolgoztak ki a hajtóművek hatásfokának fenntartása érdekében.

Ezek között kell említeni, a kifejezetten a helikoptereken alkalmazott porkiválasztó berendezéseket. A forgó lapátok megfelelő bevonása is segíthet a kopás csökkentésében. A homok- és porviharok jelentősen befolyásolják az egyéb haditechnikai eszközök (például lézerek) működését.

A fegyverek, fegyverrendszerek módosulása

A klímaváltozás jelentős kihívást jelent a hadsereg eszköz és fegyverrendszere számára. Az új fejlesztés alatt álló fegyverrendszerek esetén, követelmények szintjén figyelembe kell venni a módosuló alkalmazási hőmérséklettartományt, a hirtelen lezúduló csapadék hatását.

Általában egy haditechnikai eszköz kifejlesztése, bevezetés tíz évbe kerül és rendszerben tartása 20-30 évre tehető. A hadsereg eszközrendszere ezért több olyan eszközből áll, amelyet korábban fejlesztettek ki, és az új fejlesztésű eszközök aránya csak fokozatosan nő. Ami azt jelenti, hogy a rendszerben tartás során is figyelembe kell venni a klímaváltozás hatásait. Ilyen hatások a következők:

- Az elektronikus eszközök érzékenyek a hőmérsékletre és a levegő nedvességtartalmára. A hőmérséklet emelkedése miatt a hűtési igényt módosítani kell.
- A motorok kenőanyagai és hűtési rendszereik a működési tartományuk határán vannak.
- A lőszeres szállítása és tárolása hőszabályozott környezetet igényel.
- Újtípusú hőmérséklet- és nedvességtartalom-érzékelőkre van szükség.
- A magasabb hőmérséklet csökkenti a levegő sűrűségét és korlátozza a légi műveleteket. A hajtóművek által kifejtett erő kisebb emelkedést okoz, mint a hidegebb levegőben.
- A személyi felszerelés és ruházat módosítása szükséges a nagyobb hőterhelés miatt.
- Az óceánok vizének melegedése és a megváltozó áramlások befolyásolják a tengeralattjárók manővereit.

A korszerű fegyverek robbanófejeinek működőképesnek kell lenniük különböző környezeti körülmények között. Az ezekben lévő robbanóanyagoknak



megfelelő hőstabilitásúaknak kell lenniük. A fejlesztés fő iránya a hőstabilitás növelése, a véletlen élesítés valószínűségének minimalálása, és a könnyű gyárthatóság megvalósítása. Ennek a klímaváltozás által kiváltott követelménynek kielégítése lehetőséget ad a lőszeres biztonságos kezelésére, raktározására és szállítására. A kutatások iránya a nagy energiatartalmú hőstabil robbanóanyagok (HEDM = high energy density material) kifejlesztése.

A nitro-vegyületek ígéretesek ezen szempontokból. A szerkezeti elemzés azt mutatja, hogy négy lehetőség van a robbanóanyagok hőstabilitásának növelésére.⁸

1. amino csoport bevitele,
2. kondenzáció triazol gyűrűvel,
3. sóképzés,
4. konjugáció bevitele a molekulába.

Ezzel az elképzeléssel kialakított robbanóanyag az oktahidro-1,3,5,9-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocin (HMX), amelynek olvadáspontja 291 °C, és hőállósága kiváló.⁹

A jövő robbanóanyagai és rakéta-hajtóanyagai egyre nagyobb energiasűrűségűek és jó hőállóságúak. Az ilyen anyagok kialakításakor a következő lépéseket kell megtenni: ki kell fejleszteni¹⁰

- (1) egy valóban hatékony oxidálószeret,
- (2) egy oxidálószeret tartalmazó nagy energia tartalmú fluorvegyületet,
- (3) nagy energia tartalmú robbanóanyagot, amely nagyobb sűrűségű, mint 2 g/cm³ és
- (4) ki kell dolgozni a nagy energiatartalmú hajtóanyag gyártástechnológiáját.

Az első három feladat megoldásán dolgoznak világszerte, míg a negyedik feladattal zömében Oroszországban foglalkoznak, ahol alumínium-hidrid alapú rakéta-hajtóanyag kifejlesztésével kísérleteznek.

Logisztika

A hadsereg számára alapvető fontosságú a logisztika, az emberek, eszközök, anyagok mozgatása. Az extrém időjárási körülmények növelik az igényt a

⁸ Gilbert E.E. (1980): The preparation of hexanitrobenzyl from TNT with sodium hypochlorite - Propell. Explosives Pyrotech. 5:15-19.

⁹ Gilbert E.E., Sollot G.P (1980): Explosive compound undergoes testing - Chem. Eng. News 58: 32-38.

¹⁰ Chaykovskuy M., Adolph H.G. (1980): Synthesis and properties of some substituted trinitrobenzenes - TATB analogues - J. Energ. Mater. 8: 392-414



humanitárius segítségnyújtásra. A klímaváltozás kihat a logisztikai ellátásra. A melegebb időjárás miatt nő a haderő víz igénye. A klímaváltozás befolyásolja az élelmiszerek, gyógyszerek, lőszeres szállítást.

Meglévő eszközök rendszerben tartása

A klímaváltozás befolyásolja a haditechnikai eszközök rendszerben tartását, javítását és megváltoztathatja az életciklusukat. Az extrém időjárás hatásainak kitett haditechnikai eszközök meghibásodási valószínűsége nő s nő a karbantartási és javítási igény. Ez költségnövekedéssel jár és a tervekben nagyobb erőket kell biztosítani a haditechnikai eszközök üzemben tartásához.

A hőmérséklet az egyik meghatározó klimatikus paraméter. Szélsőséges hatást jelent, ha nagy a hőmérsékletkülönbség a nappali és éjszakai hőmérséklet között. A részben árnyékos helyen álló technikai eszközök felületén, illetve a felhevült technikai eszközökön egy hirtelen lezúduló csapadék esetén jelentős hőmérsékletkülönbségek alakulhatnak ki, amelyek feszültséget és deformációt okoznak.

A levegő nedvességtartalma anyagi degradációt, illetve korróziót okozhat. Tenger közelében ehhez hozzájárul a sós víz korróziógyorsító hatása. A homok és por jelentős koptató hatású, és károsítja az eszközöket. Az erős ultraibolya sugárzás degradációt okoz a szerves anyagokban. Az üzemanyagokat és kenőanyagokat biológiai ágensek károsíthatják. Az üzem- és kenőanyag megválasztásánál ezeket a körülményeket is figyelembe kell venni.

A katonai járművek, lőszeres, harceszközök korrózió elleni védelme három lépésből áll: előkezelés, alapozó, majd fedő réteg. Az első két réteg gyakran tartalmaz hatvegyértékű krómot. A hatvegyértékű króm rákkeltő hatású, ezért felhasználását korlátozzák. Az ezek helyettesítésére kidolgozott új rendszer nanoméretű töltőanyagot tartalmazó, erősen hidrofób szilikon polimer.

A klimatikus hatások elleni védelem igényét szabványosítják az egyes hadseregek. Egy ilyen rendszer például az alábbi.¹¹

T tropikus körülmények, A szárazság, H nedvesség, F hideg elleni védelem.

A klimatikus védelem foka az alábbi lehet:

¹¹ Minu M. (2003): Studiu privind realizarea unui sistem de aer condiționat (climatizare) pentru transportoarele amfibii blindate și derivatele acestora - Academia Tehnică Militară, București



TF - védelem meleg és nedves, meleg és száraz, valamint hideg klimatikus körülmények ellen. THA - védelem meleg és nedves és meleg és száraz klimatikus körülmények ellen,

TH - védelem meleg és nedves klimatikus hatások ellen,

TA - védelem meleg száraz klimatikus hatások

F - védelem hideg klimatikus hatások ellen. A kategorizáláshoz szükséges klíma paramétereket az 1 és 2. táblázat tartalmazza.¹²

Klimatikus paraméter		Klímavédelmi kategória				
		F	TH	TA	THA	TF
Levegő hőmérséklete (°C)	maximum	+35	+45	+55	+55	+55
	minimum	-55	+3	-10	-10	-55
	átlagos	+20	+27	+27	+27	+27
	éves maximum	+30	+40	+50	+50	+50
A levegő hőmérsékletének változása 8 órás intervallumban (°C)		40	10	40	40	40
A napfény hatásának kitett, durva, fekete felület maximális hőmérséklete (°C)		+80	+90	+90	+90	+90

1. táblázat: A technikai eszközök klímavédelmi csoportosítása [Minu M. (2004): Some aspects regarding the research of the thermal field in a military vehicle body, IIIrd International Symposium on Defence Technology, Miklós Zrínyi National Defence University, 19-20 Apr 2004, Budapest] szerint

¹² Minu M. (2004): Some aspects regarding the research of the thermal field in a military vehicle body, IIIrd International Symposium on Defence Technology, Miklós Zrínyi National Defence University, 19-20 Apr 2004, Budapest



Klíma paraméterek	Klímavédelmi kategória				
	F	TH	TA	THA	TF
Relatív nedvesség tartalom 23 °C-on	-	≥80	<80	≥80	≥80
Szárazság	+	+++	++	+++	+++
Sós levegő	+	++	++	++	++
Homok illetve poros levegő	+	+	+++	+++	+++
Rovarok	-	+++	++	+++	+++

2. táblázat: Jellemző klíma paraméterek [Minu M. (2004): Some aspects regarding the research of the thermal field in a military vehicle body, IIIrd International Symposium on Defence Technology, Miklós Zrínyi National Defence University, 19-20 Apr 2004, Budapest] szerint

- elhanyagolható hatás, + egy-kétszeri hatás, ++ ritka hatás. +++ gyakori hatás

A táblázatnak megfelelően kell a haditechnikai eszközöket felkészíteni a feladatokra.

A haditechnikai eszközök fenntartási stratégiája, az üzemfenntartási rendszer kialakításának alapelve, amely meghatározza a karbantartási tevékenységek végrehajtásának okát, esedékességét, tartalmát, elemeit, struktúráját.

A három alapvető karbantartási stratégia az alábbi:¹³

- Szükség szerinti karbantartás (javítás stratégiája, amikor javítást csak a meghibásodás bekövetkezése után végeznek).
- Műszaki állapot alapján végzett fenntartási stratégia, amely az üzemeltetés közbeni, időszakos, vagy folyamatos műszeres műszaki állapotvizsgálat alapján határozza meg az eszközök karbantartási feladatait (a légi járművek esetében elterjedőben van).
- Megelőző, ciklusrend szerinti karbantartási stratégia, amikor a karbantartási tevékenységet előre meghatározott rendszerben és tartalommal végzik el, függetlenül az eszköz tényleges állapotától (a légijárművek esetében ez a jellemző). Természetesen a három alapvető karbantartási stratégiát kombinált formában is használják, mivel ezek kombinált használata kiegészíti egymást és magasabb biztonsági szintet biztosít az üzemeltetés során.

¹³ Turcsányi K. (1999): A haditechnikai eszközök megbízhatóságának elméleti alapkérdései, Egyetemi jegyzet, Budapest, 133-136.



A Magyar Honvédség technikai-fejlesztési irányai

A főbb fejlesztési irányok:

1. A katonák egyéni felszerelésének fejlesztése;
2. A szárazföldi erő mobilitásának, védettségének és tűzzel való pusztítóképességének növelése;
3. Helikopterek modernizálása, újak beszerzése;
4. Stratégiai légi szállítóképesség fenntartása, bővítése;
5. Technikai felderítő eszközrendszer fejlesztése;
6. Tábori hírhálózat és infravörös rendszer fejlesztése, hálózatalapú információs rendszer kialakítása.

Az itt megfogalmazott célokat kell kiegészíteni a klímaváltozás hatásainak kompenzálására a következő főbb fejlesztési irányokkal:

- Energiatakarékosság, alternatív energiaforrások alkalmazása, széndioxid kibocsátás csökkentése.
- A járműfejlesztési program felülvizsgálata az energiatakarékosság követelményének figyelembevételével (hibrid járművek, alternatív üzemanyagok alkalmazhatósága),
- Fűtőanyag-cellák alkalmazásának vizsgálata.

A tüzelőanyag-cellák katonai célú alkalmazása a jövőben igen fontos terület lehet. Erre utalnak a technológiailag fejlett országok idevonatkozó adatai is. Természetesen a hazai feladatok és alkalmazások lényegesen szűkebb területet ölelnek fel, mint a nagyhatalmak idevonatkozó törekvései.

Az a tény, hogy az elmúlt évtizedben szinte minden katonai egységnél elterjedtek a különféle hordozható elektronikus egységek, meghatározza annak igényét, hogy ezek a berendezések megbízhatóan és hosszantartóan képesek legyenek működni. Ennek érdekében célszerűnek tűnik a jelenleg használatos akkumulátorok fokozatos kiváltása különböző típusú és teljesítményű tüzelőanyag-cellákkal. Szükséges továbbá a kis kapacitású akkumulátortöltők átállítása tüzelőanyag-cellás áramforrásokra. Ezeknek különösen terepen van nagy jelentősége. Mindezek az igények felvetik a kisteljesítményű, miniatűr tüzelőanyag-cellák fejlesztésének a szükségletét is.

Ugyancsak fontos terület a katonai egységek (pl. tábori kórházak, irányító központok, távközlési központok) szükségáramforrással történő ellátásánál a



hagyományos dízel aggregátok felváltása tüzelőanyag-cellás áramtermeléssel. Ezek hatékonyabb és megbízhatóbb áramforrást jelentenek a jelenlegi gyakorlathoz viszonyítva.

A katonai célra kifejlesztett robotok, miniatűr felderítő repülők hatékonysága is jelentősen növelhető, ha az energiaellátást tüzelőanyag-cella biztosítja.

Elérendő célok:

- Miniatűr PEMFC és DMFC tüzelőanyag-cellák kifejlesztése katonai célra;
- Akkumulátortöltő egységek tüzelőanyag-cellás megoldással;
- Tüzelőanyag-cellás, szünetmentes áramforrások katonai egységek biztonságos energiaellátására terepen;
- A katona ruházatának és egyéni felszerelésének fejlesztése a klímaváltozás hatásainak figyelembevételével.

A meglévő eszközök üzemeltetésének változása

A járművek üzemeltetése rendkívüli feladatot jelent a típusok sokfélesége és különböző kora miatt. A kifutófélben lévő típusok technikai kiszolgálásának optimalizálására megoldás lehet a szakirodalomban TPM-ként ismert „Total Productiv Maintenance”, azaz teljes hatékonyságú fenntartás/karbantartás egyes elemeinek, különösen az ún. autonóm karbantartásnak a bevezetése, amely egyértelműen a gépkezelő üzemeltető aktív bevonását és képzését jelenti a fenntartási tevékenység minden területén. A fenntartási műveletekben résztvevők kibővített körének meghatározása után eszköz/típus, részegység majd alkatrész /elem mélységig el kell végezni.¹⁴

A klímaváltozás hatásainak kompenzálására újra kell szabályozni a megelőző karbantartás teljes rendszerét, növelve az ellenőrzések és állapotvizsgálatok gyakoriságát.

Irodalomjegyzék

- Bochenek, G. E. (2011): Military Needs for Hybrids, Electric Vehicles and Power Stability in the Battlefield. RDECOM
- Chaykovskuy M., Adolph H.G. (1980): Synthesis and properties of some substituted trinitrobenzenes-TATB analogues - J. Energ. Mater. 8: 392–414

¹⁴ Cs. Nagy G. (2011): Egy lehetséges módszer a katonai gépjárművek üzemfenntartása költséghatékonyságának fokozására, Hadmérnök 6:7-14



DOD 4140.25-M, (1993). DOD Directive 4140.25

Gilbert E.E., Sollot G.P (1980): Explosive compound undergoes testing, Chem. Eng. News 58: 32-38.

Gilbert E.E. (1980): The preparation of hexanitrobibenzyl from TNT with sodium hypochlorite, Propell. Explosives Pyrotech. 5:15-19.

Minu M. (2003): Studiu privind realizarea unui sistem de aer condiționat (climatizare) pentru transportoarele amfibii blindate și derivatele acestora - Academia Tehnică Militară, București

Minu M. (2004): Some aspects regarding the research of the thermal field in a military vehicle body, IIIrd International Symposium on Defence Technology, Miklós Zrínyi National Defence University, 19-20 Apr 2004, Budapest

Cs. Nagy G. (2011): Egy lehetséges módszer a katonai gépjárművek üzemfenntartása költséghatékonyságának fokozására, Hadmérnök 6:7-14

Quah C.GSifer, N., Patil A., et al. (2003): Compact fuel cell systems for soldier power, in: Proceedings of the International Fuel Cell Conference,

Patil A., Sifer N. (2004): US army CERDEC fuel cell technology, in: Proceedings of the AAAS Symposium

Plug-in electric vehicles: a practical plan of progress (2011) School of public and environmental affairs, Indiana University, Bloomington

Thomas C. E (2009): Transportation Options in a Carbon-constrained World: Hybrids, Plug-in Hybrids, Biofuels, Fuel Cell Electric Vehicles, and Battery Electric Vehicles

Int. J. of Hydrogen Energy 34: 9279-9296

Turcsányi K. (1999): A haditechnikai eszközök megbízhatóságának elméleti alapkérdései, Egyetemi jegyzet, Budapest, 133-136.



The green barracks program

Ferenc Kovács

National University of Public Service, Budapest; Ministry of Defence

Abstract

The publication presents the status and energy utilisation of the property and military infrastructure managed by the Ministry of Defence (MoD), the current energy parameters of buildings and the deterioration of the technical conditions resulting in the absence of capital investments and renovations. It outlines the cumulative energy consumption data of the military infrastructure from which the striving for savings and the steps of energy rationalisation follow as a consequence. We obtain an outlook to the energy rationalisation ambitions of other defence forces.

The building energetics programs executed and planned in the defence forces and the ambitions to utilise renewable energy all serve the purpose of reducing both energy consumption and CO2 emission. The modernisation of heating systems, producing domestic hot water using solar energy, photovoltaic energy generation, installation of advanced building energetics systems, switch over to energy efficient, up-to-date lighting systems, the utilisation of rainwater, etc. together form the “GREEN BARRACKS” program this presentation focuses on.

The presentation provides an insight also into the systems and equipment of missions and military camps using advanced renewable energy which is a significant research and application area for providing military operations with green energy. “Green” tools have not only energetics but security aspects, as well.

The green barracks program makes efforts to counterbalance energy consumption, which is increasing in connection with the climate change, in the area of improving and maintaining military infrastructure and at the same time to enforce the utilisation of renewable energy and the environmental aspects.

Keywords: *military infrastructure, renewable energie, army*



Tartalmi kivonat

A katonai infrastruktúra állapota, energia felhasználás mennyisége és minőségi jellemzői. Épületenergetikai programok, megújuló energiák felhasználása a hadseregben (napenergia, biomassza, biogáz, fotovoltaikus rendszerek stb.). Műveleti területeken a megújuló energia felhasználása.

Kulcsszavak: katonai infrastruktúra, megújuló energia, haderő

Introduction

In Europe and also overseas government level directives specify energy utilisation targets for the defence forces and assign scheduled and monitored activities for which competitive and other resources are provided.

Within the given national defence forces both the armed forces of EU member states and the branches of the U.S. Army prefer the utilisation of renewable energy, energy rationalisation and the reduction of the application of fossil fuels, even under operational circumstances.

The Ministry of Defence and the Hungarian Defence Forces have joined these international trends earlier than anyone would have thought. The investors of the army of that time installed hot water producing systems and solar collectors in two military facilities¹ in 1993 already; these operate continuously and efficiently since then producing a fourfold return till today.

Directive 2009/28/EC (23 April, 2009) of the European Union (the so-called RES Directive) stipulates for the member states, at the level of the EU 27, an average 20% increase of the renewable energy utilisation by 2020 considering the final total energy consumption.

In the area of military infrastructure these EU and national programs and regulations initiated the so-called **Green Barracks Program** which means a lot more than the program of bringing renewable energy into general use in the armed forces.

The building energetics programs executed and planned in the defence forces and the ambitions to utilise renewable energy all serve the purpose of reducing both energy consumption and CO2 emission. The modernisation of heating systems,

¹ Pápa airport and Juta



producing domestic hot water using solar energy, photovoltaic energy generation, installation of advanced building energetics systems, switch over to energy efficient, up-to-date lighting systems, the application of building management systems, the utilisation of rainwater, etc. together form the “GREEN BARRACKS” program.

The concept of military infrastructure and its current technical status

Military infrastructure, as part of the national infrastructure and specifically of the defence infrastructure, can be defined as follows:

“The military infrastructure is the aggregate of continuously operating or closed facilities, areas, technical devices and communication systems (including the professional knowledge of the creating and operating staff) managed by the army, that are required for the positioning, maintenance, movement, deployment and control of specified military forces according to norms.”²

From the point of energetics issues out of the military infrastructure properties with superstructures (barracks, institutions, warehouse bases, etc.) play an obvious role; from this aspect free land areas and drill-grounds will turn up only when the growing of energy crops is dealt with. The scale of the property pool managed by MoD is characterised by the following data:

Number of facilities	Property area	Building structures	Building stock volume
1700 pcs	118,000 ha	14,500 pcs	15,000,000 m3 cubic space

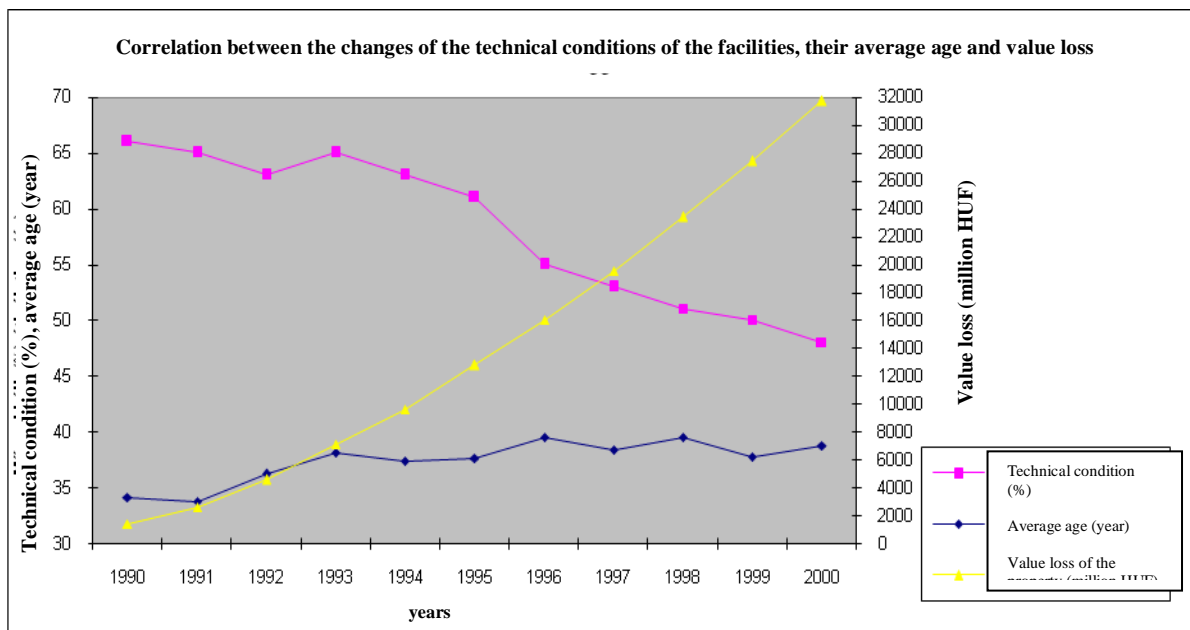
Currently the above property pool represents a value of HUF 360 billion. The technical conditions of the property pool owned by the state and managed by MoD have considerably deteriorated during the past 20 years. The reasons for that are that no or only a negligible amount of the annual budget of the armed forces could be spent on renovation and the costs of maintenance and operation also were below the stipulated norms. Those approving the budget made their decision on the basis of the false theory that the infrastructural costs of the armed forces could be reduced pro rata to the decrease of the effective forces. During this period the majority of the maintenance costs were absorbed by the property pool out of use; the armed forces could not get quickly rid of this pool under market circumstances.

² Kovács, Ferenc: Integration of the NATO Security Investment Program into the system of the Hungarian national economy, the national and military infrastructure and state administration. (Doctoral dissertation 2001)



A smaller part of the buildings used by the army was built before World War II but the buildings built during the big barracks building program of the 50's are on average 45-50 years old. The renovation and rebuilding works carried out in the meantime temporarily improved the technical conditions but this would have ensured the fulfilment of the requirements of being up-to-date and useful only if cyclic renovation was continuously carrying out. During renovation the buildings and structures were renovated partially and stage by stage therefore it can only be stated for a very few buildings that complete reconstruction was carried out.

The absence of renovation and the financing that was different than stipulated by the norms led to the deterioration of the technical conditions of the property pool managed by MoD. The deteriorating technical conditions are associated with an increasing age, in the absence of investments. The two trends jointly led to the exponential value loss of the property pool which is correctly illustrated by the figure below, during a 10-year cycle:



Similarly, in connection with the Barracks Reconstruction Program (LRP) started in 2011 it can be pointed out that the necessary resources were only partially provided to the action plan approved by the Parliament thus the program came to a halt. The processes described by the figures did not improve in the past 10 years either and the value loss of the property pool continued. The fact that the Ministry did not launch any construction project since the completion of the Honvédkórház (*Military Hospital*) in 2007, and no comprehensive barracks or institutional



reconstruction projects were launched – basically because lacking resources – further worsens the technical level and average age of the property pool.

Energy consumption, conditions of buildings from an energy aspect

The majority of the buildings of military facilities do not comply with the EU and domestic thermal technology provisions; they are uneconomical and waste energy. Besides insufficiently insulated wall structures it is mainly the thermal insulation properties of doors and windows that are inferior – partly because their out-of-date design and partly because their technical condition. Roof structures without thermal sizing and concrete flooring without thermal insulation further increase the heat loss of barracks buildings.

Another area that describes the energetics conditions is the production of heating and cooking energy and its transfer to the point of utilisation. In the majority of military facilities heating energy and domestic hot water is generated by natural gas based combustion plants but coal boilers and central boilers fuelled with mazut can also be found. A small part of the heating systems is steam based therefore the conversion of steam boilers to hot water type boilers have started (e.g. Tata). Consequently the fuel consumption and the emission of harmful substances have significantly reduced. Currently the armed forces have 30 pcs steam boilers in 8 facilities. We are examining the possibilities of converting our steam boilers to hot water boilers. Their conversion includes the conversion of the control system, the heating lines and the caloric centres, as well.

The volume and composition of the energy used by the facilities of the armed forces

More than 14,000 buildings have to be managed in the approximately 1700 facilities used by the armed forces the cubic space of which is close to 15 million cubic metre of air. The order of the cumulative annual energy consumption data for operating the above facilities is the following:



Electrical energy	Natural gas	District heating	Fuel oil, mazut	Coal
82,680,000 KWh	26,650,000 m ³	170,300 GJ	700,000 litres	2,200 tons

The cost of the energy consumed is currently more than HUF 8 billion p.a.

As an example: barracks built to house a brigade can be operated using the following rough figures of energetics and water consumption:

Barracks built to house a brigade	Natural gas	Electrical Energy	Water consumption	Total costs
	900,000 m ³	1,255,000 KWh	39,000 m ³	HUF 180 million p.a.

The relatively considerable energy and water consumption is explained by the obsolescence of the energy and utility systems. Among the facilities operated by the armed forces there are consumers with considerably higher consumptions than the above example. The following table shows the energy and water consumption data of Honvédkórház at Róbert K. Boulevard, one of the prominent facilities:

HONVÉDKÓRHÁZ Róbert Károly boulevard site	Natural gas	District heating	Electrical energy	Water consumption	Total costs
	2,000,000 m ³	46,125 GJ	13,500,000 KWh	164,000 m ³	HUF 1,100 million p.a.

Former consumer data illustrate that considerable savings can be made in the area of the properties under the property management scope of MoD through energy rationalisation. Taking 12-15% savings into account it would mean several billions of forints savings.



International outlook to military energy issues

In addition to civil objectives it is remarkable that separate stipulations dedicated to the US Army, Navy, Marine Corps and the Air Force determine the rates applicable to energy efficiency and the use of renewable energy resources. Thus for instance in the case of the Army a reduction of 25% of the fossil energy consumption must be achieved by 2015 compared to the 2003 level, and by 2025 25% of the entire consumption must be covered by renewable resources. A separate program was launched for the Air Force concerning the application of biofuels although it can be laid down that the increased use of the so-called second generation biofuels (of cellulose origin) is expected in this field.³

It can also be laid down that special tools have been developed for individual branches to support the activities on the theatre of military operations. These tools were destined for reducing the significant fuel consumption of the diesel generators carried to and operated on the forward operating bases. Because of the high costs of fuel sent to the operational zones via logistic systems – e.g. the significant losses suffered by fuel transporting convoys – the target was set to partially replace the fuels used during operational-tactical activities by renewable energy resources.

Based on information collected at various international conferences and from EDA⁴ it can be laid down that certain member states of the EU, but to some extent the USA also, used the development and manufacturing of tools required for the utilisation of renewable resources for the conversion of the defence industry. An example: for the partial preservation of the steel sheet manufacturing capacities, previously used by the manufacturing bases of the east coast for naval purposes, the manufacturing of wind generator towers was implemented. This process used geometrically similar steel sheets (although with a different alloy) than manufactured previously for destroyers thus the factories and the related innovation and job retention capacities were partly saved.

Because the EU prohibits government subsidy individual member states protected their industry and applied hidden government subsidy targeting the increase of the rate of employment, practically circumventing EU regulations in an

³ Source: Rand Corporation

⁴ EDA: European Defence Agency



absolutely legal way. Thus they succeeded to allocate the considerable subsidy granted to the domestic industry behind the budget lines of defence industrial developments concerning renewable energy, in harmony with the EU legislation. For instance the strongly government-subsidised German industry created the world's biggest manufacturing capacity for producing equipment that utilise renewable energy resources. According to various sources this capacity employs 300-400 thousand people and represents a very significant innovation capacity also for the civil industry thus for the energetics machinery and instrument manufacturing industry.

It can be stated therefore that, as a result of the integration of the players integrated mostly by governments and the product and production development funded partly by governments and partly by own resources, significant energetics machinery and instrument manufacturing industry utilising renewable resources was developed. This industry employs a relatively high number of skilled and less skilled labour. "If we add to this the concerted, systematic, long-term agrarian and rural development, energetics and subsidy policies of certain countries it is understandable that in the absence of such long-term, concerted strategic ideas and their implementation **Hungary is unfortunately unable to adapt to the international competition and it is built into the system that it will lag behind in the long run.**"⁵ But the EU RES Directive generates a very significant market up to 2020 and Hungary could take its share in covering these markets along properly harmonised policies. This could potentially create a lot of jobs as well.

The concept of the green barracks program

The concept of green barracks and the preparation of the program were brought into life jointly by environment consciousness and the pressure to make savings arising out of the tight budget of the armed forces.

Among the components of the program we find environmental projects, the implementation of renewable energies, the modernisation of heating systems, building energetics reconstruction, the search for and utilisation of energy resources as well as the economical use of drinking water and the utilisation of rainwater. The

⁵ Study prepared by the Hungarian Association for Renewable Energy (2011): 'Proposal for the activities of the Ministry of Defence concerning the application of renewable energy resources between 2012-2020'.



environment conscious education of the staff of MoD and the defence forces are among the objectives of the program.

Building energetics programs and the modernisation of heating systems

The technical conditions of the military infrastructure detailed in point 1 above makes it necessary to implement building renovation programs, specifically building energetics programs. Based on TNM decree No. 7/2006 (V.24.) on the energetics properties of the building pool we assume that the buildings concerned could be classified typically into categories “F”-“G” only.

The heating of these facilities is mainly performed by gas boilers (occasionally we find oil and coal fired heating). The gas is received from the gas pipes connected to the local distribution network. The efficiency of the boilers that currently operate is insufficient and problems with the safety of operation may arise in several cases. The operational safety of the boilers not meeting the exigencies of the time cannot be ensured in the long run, and replacement is unavoidable due to their condition and high operating and maintenance costs.

In the past few years the ministry could execute only those building renovation projects where the renovation was enforced by technical necessities and even these projects were to the debit of operating costs. Only 9 buildings were renovated each year in the past 10 years. Based on the above the Ministry of Defence is prepared for the competition called “Energy efficient investment projects of the publicly financed institutions” of KEOP (*Environment and Energy Operational Program*)⁶. Survey plans and studies on exploring energetics loss have been prepared for approximately 50 buildings in 6 garrisons together with the architectural, building engineering and electrical plans for the targeted technical conditions. The energetics audits and investment return calculations for the targeted status are completed. The judgment on the submitted applications is in progress. In addition to priority (military) requirements it was the energetics aspects that had specific importance when selecting the locations and buildings. The total volume of the projects submitted to the competitive bidding procedure was close to HUF 7 billion. The technical content included the additional thermal insulation of the facades, the replacement of doors

⁶ KEOP-2012-5.6.0



and windows, modernisation of the building engineering systems as well as the modernisation of the lighting systems.

Possibilities of utilising renewable energy in the army

The direct goal of improvement is to create a cost-efficient functional environment for the defence forces which environment would considerably reduce the operational costs (or their growth) of the individual facilities. As indirect results we can consider the demonstrative effects of the projects, the increase of the social competence of the Ministry and the Defence Forces, but we can also include among the targets the enhancement of the persons employed by the Defence Forces.

Production of domestic hot water

From the military facilities barracks have a considerable demand for hot water which depends on the number of permanent staff. Therefore the use of hot water produced by solar technology and solar collectors has only storage constraints. Simultaneity is within limited boundaries, and because of the large staff hot water storage requires big capacities. The majority of the accommodation type of buildings (for men) and of the office buildings have flat roofs therefore they are suitable for solar collectors. Due to the reconnaissance techniques of our age there are no camouflage considerations but at airports aviation safety aspects must be observed.

Suitable resources are applied as the fuels of boilers when producing domestic hot water in barracks. Systems that produce hot water continuously are designed for the maximum staff number by taking into account that primarily hot water produced by solar collectors will be used. The solar collectors built in 1993 with a total surface of 60 m² produce hot water continuously for 20 years on the two bases. (Photo: Juta Rt.)



Photovoltaic systems

In May 2011 MoD FHH⁷ submitted its application to the Environment and Energy Operative Program of the New Széchenyi Plan for developing solar cell systems in 9 barracks around the country. This development represents the installation of 10 systems falling into the category of stand-alone household small-scale power plants (up to 50 kW). 204 pcs of solar cells will be installed at each location.

The Governing Authority of KEOP decided that the application is worth funding and awarded HUF 460 million for that purpose. The funding intensity is 100% according to the funding agreement. By implementing the project the quantity of the electrical energy currently purchased will be reduced due to the solar cell system that will feed back power to the grid. The consumption of the locations is such that no considerable feed-back is anticipated.

For the future we plan to install big systems significantly exceeding the household small-scale power plant category. For these plants specific approval is required from the service provider.

Biomass, biogas

Recommended for heat generation and cooking in places where there is forest, a wood-working plant and biomass is cultivated nearby. It is possible that plans will be made for cogeneration of power with micro turbines. Biogas is justified for heating and cooling where there are sufficient quantities of communal or other waste of biological origin. Savings also occur due to the disposal of food waste classified as hazardous waste.

⁷ MoD FHH: Ministry of Defence, Bureau of Armaments and Commissariat



Green roofs and outdoor plant applications⁸

Outdoor application of plants did not play a role in the reconstruction of military buildings as a building energetics component, apart from plantations with the purpose of camouflage. Plants can play a role in building energetics primarily in the vegetation period. The use of plants can result in reducing the energy demand of air-conditioning during the summer period. In this case the orientation and height of the building are data required for planning. When selecting the vegetation a wide range of various species is available; the most suitable for the given purpose must be chosen.

Insulation with plants existing for the whole year can practically be achieved by evergreen plants. It is necessary to survey the negative effects of shadowing in winter and to calculate or estimate the insulating and shadowing effect of evergreen plants (trees and creepers planted on trellis). It has become a research task these days to present the advantages and disadvantages of application, to survey and present the applicable plant species and the possibly required trellis types.

Use of renewable energy in the areas of operation

To provide energy for active military operations (peacekeeping, peace enforcement, coalition operations, etc.) is one of the most exposed and at the same time most costly military logistics tasks. The provision of energy is concentrated on three main areas:

- fuels (vehicles, combat vehicles, aircraft, etc.);
- supply to military posts and bases;
- fulfilling the energy demand of soldiers participating and fighting in military operations.

The cost of energy transported to the area of operations is multiple of the cost of energy used in peace operations therefore it is a fundamental interest to reduce the dependence of military operations on fossil fuels. According to the present practice the convoys transporting fuel and energy resources to the areas of operation require extraordinary armed cover. These convoys are very frequently attacked and these attacks cause a lot of loss of life. Therefore a smaller dependence on fossil

⁸ Based on the research program of András Oláh



fuels increases the safety of the troops fighting in the area of operation in so far as fuel supply tasks are reduced.



Image: fuel convoy with strong armed cover

The above described issues gave inspiration to serious developments concerning both fuels and the energy supply of camps. The armed forces of the U.S. and the U.K. are leaders in research and practical applications; however, EDA launched a special research program recently called “alternative energy and fuels”. Besides the problems of ‘transport – storage and distribution’ the focus is now on the application of alternative energy in the battlefield where the use of alternative energy extends to the personal equipment of the combat soldier. The energy use in the area of operation per one combat soldier shows the following average values:

petrol fuel 83 l/person/day, battery, rechargeable battery 2 kg/person/day,
electric energy 3.6 kW/person/day⁹

The considerable energy requirement of military operations triggered substantial R&D programs¹⁰. The following photos give an outline of the results of these programs.

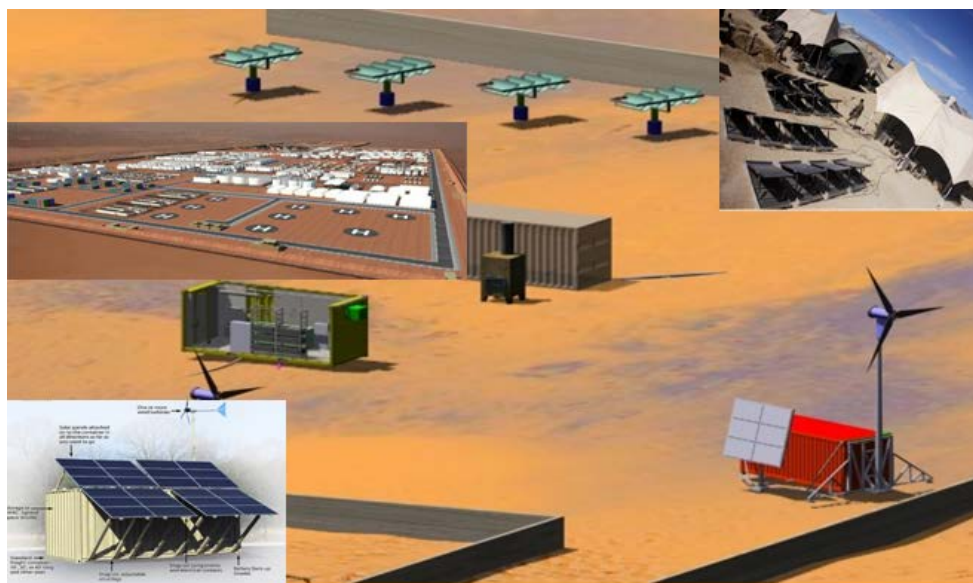
⁹ Source: Database of EDA research

¹⁰ Primarily in the armed forces of the U.S. and the U.K.



Source of photos: EDA

Power generating systems for camps, from 5 W to 25 kW.



Components of hybrid energy supply in a military camp (US plan)

So far the application of renewable energy in camps basically aimed the generation of power, the production of hot water and the generation of energy required for cooling. In the future “standardised” energy supply systems should be designed that can be installed quickly and easily by air or by sea. The system must be capable of self-supporting operation, and the environment should efficiently provide the energy and drinking water for the operations and should ensure waste utilisation also. In addition it should be modular, utilising renewable energetics technologies.

Closing remarks and recommendations

In the current difficult and under-funded situation of the military infrastructure programs and resources must be found by which the present technical level can be raised, the energetics conditions can be improved and energy savings can be achieved together with the reduction of carbon dioxide emission. For these purposes the “green barracks” program was set up.

The incorporation of alternative energy resources (biomass, biogas, solar energy, wind power) into the supply of military facilities is part of the program in order to utilise renewable energy resources for producing domestic hot water, electricity and thermal energy. Organisations responsible for the military infrastructure have no resources of their own therefore they try to arrange competitive resources primarily



for the renovation of building energetics and heating systems and the utilisation of renewable energy resources.

The use of green energy and energy conservation extends to the areas of military operations and the world of camps as the economic and safety aspects of energetics issues are more intense there.

Several elements of the military infrastructure are at the same time elements of the critical national infrastructure thus its safety and energetics questions serve the protection of the critical infrastructure, as well.

The green barracks program makes efforts to counterbalance energy consumption, which is increasing in connection with the climate change, in the area of improving and maintaining military infrastructure and at the same time to enforce the utilisation of renewable energy and the environmental aspects. In the absence of resources only the program was prepared and some applications were compiled so far in spite of the fact that the armed forces, as major energy consumers, could operate energy rationalisation sources efficiently.

Based on the foregoing it can be recommended that the armed forces receive a share from the resources of state budget organisations available for grants (competitive applications) according to their importance, and that the “green barracks” program receives subsidy and independent funds when planning the budget at the ministry.

Bibliography

Czövek, László-2011: EDA „Alternative Energy and Fuels „ Research program, PPT presentation, MoD Conference on Energetics-2011.

MMESZ-2011: Proposal for the activities of the Ministry of Defence concerning the application of renewable energy resources between 2012-2020.

Kovács, Ferenc-2001: „Integration of the NATO Security Investment Program into the system of the Hungarian national economy, the national and military infrastructure and state administration”, doctoral dissertation.

Németh, Béla-2011: Energy use of properties managed by MoD, building energetics conditions, PPT presentation, MoD Conference on Energetics-2011.

Kovács, Ferenc - Németh, Béla-2011: Necessity of the Barracks Infrastructural Development Plan (LIFT), Military Logistics periodical 2011, issue No. 1



Műveleti területek szélsőséges klimatikus tényezőinek hatásai a katonai pszichikai – mentális teljesítményre

Hullám István

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest

Tartalmi kivonat

A katonai műveletek sikerességében és a túlélésben döntő jelentőségű a környezeti tényezők megfelelő kezelése. Rendkívül fontos azon mechanizmusok megértése, melyek révén a hőség befolyásolja a kognitív, a viselkedéses és szubjektív reakciókat. A hőstressz szignifikánsan csökkenti a katonai teljesítményt, a pszichológiai változások előre jelzik a kritikus fiziológiai változásokat. A publikáció a pszichológiai teljesítmény mentális, pszichofiziológiai, élettani és csoportlélektani elemeinek jellemzőit mutatja be forró klímájú környezet hatása alatt. Részletesen tárgyalja a kognitív teljesítmény, a reakcióidő, az érzékelés, az éberség, a komplex mentális és pszicho-motoros teljesítmény, a kéz ügyesség, állóképesség, célzás, a célkövetés, a szimultán feladatok, a szubjektív reakciók, az észlelhető tünetek és jelenségek, az alvási ritmus, a csoportlélektani folyamatok, valamint az érzelmi készenlét magas környezeti hőmérsékletben tapasztalható változásait. A cikkben két új modellt mutat be, a kapcsolódó folyamatok és mechanizmusok leírására.

Kulcsszavak: *Szélsőséges klimatikus tényezők, missziós műveleti terület, hő- és hidegstressz, katonai teljesítmény, pszichikai teljesítménycsökkenés, speciális katonai ruházat, prevenció, tréning*

Abstract

The proper management of environmental factors is essential for the success of military operations and also for survival. It is extremely important to understand the mechanisms through which the heat affects the cognitive, behavioral and subjective responses. Heat stress significantly decreases military performance, and the



psychological changes predict the critical physiological changes. This paper describes the characteristics of mental, psycho-physiological, physiological and group psychological elements of the psychological performance under the influence of a hot climate environment. A detailed discussion of changes related to high ambient temperature is presented concerning cognitive performance, reaction time, perception, awareness, complex mental and psychomotor performance, dexterity, endurance, targeting, tracking, simultaneous tasks, subjective reactions, observed signs and symptoms, sleep timing, group psychological processes, emotional readiness. This paper introduces two new models describing related processes and mechanisms.

Keywords: *extreme climatic conditions, operational mission area, heat and cold stress, military performance, psychic performance degradation, special military clothing, prevention, training*

Bevezetés

A szélsőséges klímájú műveleti területekre tervezett katonai műveletek (küldetések) végrehajtása során a személyi állomány gyakran fokozott, illetve extrém fizikai és pszichikai terheléseknek van kitéve. Egészségi állapotuk megőrzésében, illetve harc helyzetekben való túlélésükben döntő jelentőségű a környezeti tényezők megfelelő kezelése. Rendkívül fontos annak megértése, hogy a szélsőségesen magas, illetve alacsony hőmérsékletű környezet milyen mechanizmusok révén és milyen mértékben befolyásolja az egyének kognitív, a viselkedéses, a motoros (mozgáskoordináció, finom manipuláció) és szubjektív reakcióit. Vizsgálatok sora igazolta, hogy a huzamosabb hő- és hidegstressz szignifikánsan csökkenti a katona fizikai és pszichikai teljesítményét, egyúttal azt is, hogy a pszichikai-mentális funkciók változásai előre jelzik a kritikus élettani változásokat, tehát ismeretük, észlelésük prediktív erővel bír. A katonai teljesítmény (mint az emberi teljesítmény egyik aspektusa) szélsőséges körülmények közötti alakulása régóta áll több tudományág határterületi kutatásainak homlokterében. Az 50-es, a 60-as, majd a 80-as években Macworth¹, Pepler² és Ramsey³ munkássága járult hozzá az emberi teljesítmény

¹ Mackworth NH. (1950): Researches on the Measurement of Human Performance. London, England: Medical Research Council; Report Series 268.



mérőrendszereinek kidolgozásához, a környezeti tényezők pszichikai működésekre gyakorolt hatásainak kutatásához. A 70-es évektől napjainkig számos kutatócsoport vizsgálta hőségben és hideg környezetben, a pszicho-fiziológiai reakciók, a kognitív funkciók (és műveletek), a pszichomotoros működések által vezérelt finommanipulációs mozgások, a viselkedéses reakciók, és az élettani rendszerek kvalitatív és kvantitatív paramétereit. A katonai teljesítmény viselkedéses válaszok formájában megnyilvánuló pszichológiai aspektusát (*pszichikai teljesítmény*) a következő fő elemek alkotják (Johnson és Kobrick, 2002).⁴ *Mentális* (főleg a kognitív működésekhez, funkciókhoz, szerveződésekhez kötődő készségeket igénylő feladatok esetében); *pszichomotoros* (elsődlegesen manuális feladatoknál, melyek az érzékszervi és kognitív funkciók, valamint a mozgató rendszer harmonikus együttműködését igénylik); és *szubjektív* (érzésekre, hangulati állapotokra és beállítódásokra vonatkozóan). A pszichikai teljesítmény mindhárom kiemelt aspektusa valójában igen összetett folyamatok eredményeképpen jön létre.

A pszichikai teljesítmény összetevőinek pszichológiai szemléletű modellje

A pszichikai teljesítmény elsősorban pszichológiai fogalmakkal, folyamatokkal és mechanizmusokkal írható le. A modell a függő és független változók, a központi idegrendszer és a pszichikai működések és mechanizmusok kapcsolatrendszerét ábrázolja. A viselkedéses reakciók (függő változó), a környezet, a személy, a feladat és a helyzet (független változók) egymásra hatása során generálódnak. A viselkedéses reakciókat modulálják (módosítják) a saját tapasztalaton is alapuló egyéni reakciók, lelki edzettség (stressztűrő képesség) és annak aktuális állapota, az intellektuális adottságok és tanult kompetenciák, az adott tevékenység (pl.: katonai) szempontjából fontos, illetve meghatározó feladatokban való jártasság, a személyiség stabilitása, jó megküzdő képesség, az érzelmi – hangulati élet kiegyensúlyozott kontrollja és aktuális állapota, a motiváció, és a beállítódás. A függő és független változók a központi idegrendszer feldolgozó mechanizmusai, valamint a pszichikai működések komplex rendszerei által vezérelt folyamatban generálják a

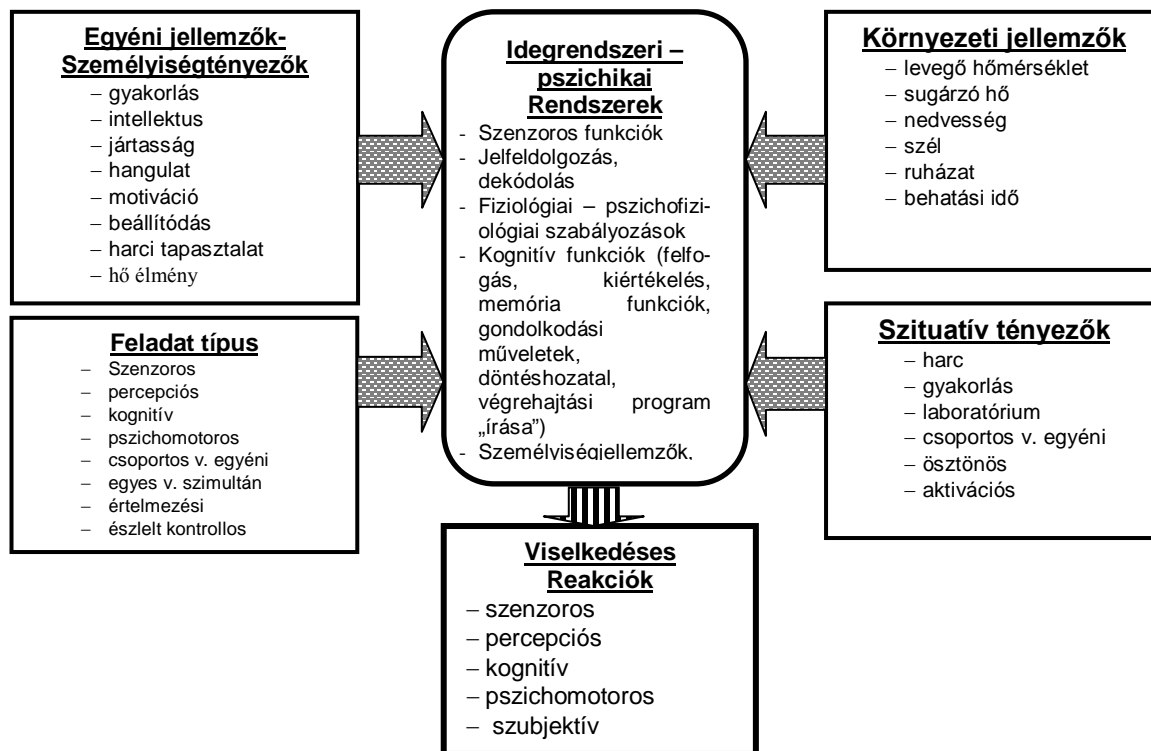
² Pepler RD, Warner RE. (1968): Temperature and learning: An experimental study. American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers Transactions. 74: 211–219.

³ Ramsey JD. Heat and cold. In: Hockey R, ed. *Stress and Fatigue in Human Performance*. New York, NY: John Wiley & Sons Ltd; 1983: 33–60.

⁴ Johnson RF, Kobrick LJ, (2002): Psychological aspects of military performance in hot environments. In: *The Textbook of Military Medicine, Medical Aspects of Harsh Environments, Volume 1, Section I: Hot Environ-ments, Ch. 4.*, Natick, Massachusetts



pszichikai teljesítményt reprezentáló viselkedéses reakciókat. Ezek mérhető paraméterei fejezik ki az észlelhető teljesítményt. (Az 1. ábrán az előbbieken leírt modell látható.)



1. ábra: A viselkedéses reakciókat kialakító tényezők, pszichológiai szemléletű kapcsolati modellje (A szerző saját konstrukciója)

„Kiterjesztett U” modell a hő- vagy hidegstressz, a teljesítmény és az adaptációs mechanizmusok kapcsolatrendszerének leírására

Ez a modell (Hancock és Warm, 1989)⁵ a szélsőséges thermális stresszorhatások, a fiziológiai és a viselkedéses (pszichikai) adaptációs folyamatok egymásra gyakorolt befolyását, és összefüggésrendszerét integrálja. A két fő adaptációs mechanizmus (pszichológiai és fiziológiai) fokozódó terhelése során, azok huzamosabb ideig képesek megőrizni a pszichikai és az élettani teljesítményt, ugyanakkor egy körülhatárolható szintet meghaladva kapacitásvesztés és meredek teljesítménycsökkenés lép fel. A szerzők és más kutatók vizsgálatait alapján két fontos paraméter vehető figyelembe, mint a teljesítményromlás prediktora: 1) hőségben az ET (Effective Temperature – effektív hőmérséklet) > 85°F (29.4°C), míg

⁵ Hancock PA, Warm JS: A Dynamic Model of Stress and Sustained Attention. Human Factors, 1989, 31(5), 519-537.



az alacsony hőmérsékleti sávban az $ET < 52^{\circ}F$ ($11.1^{\circ}C$) a határpont. 2) Hancock meghatározása szerint a szervezet maghőmérsékletének (Az emberi test belső környezetében - típusosan a végbélben, illetve a szájüregben - mérhető hőmérséklet) dinamikus emelkedése ($0.22^{\circ}C$ - $0.88^{\circ}C$ - $1.33^{\circ}C$) a szimultán, célkövetéses és egyszerűbb mentális feladatokban is a teljesítmény progresszív romlásához vezet. Kihangsúlyozza, hogy mindig a klimatikus tényezők (hőmérséklet, relatív páratartalom, szélsébség, hőérzet és egyéb tényezők) együttes hatását kell figyelembe venni a jelenségek értékelésekor.

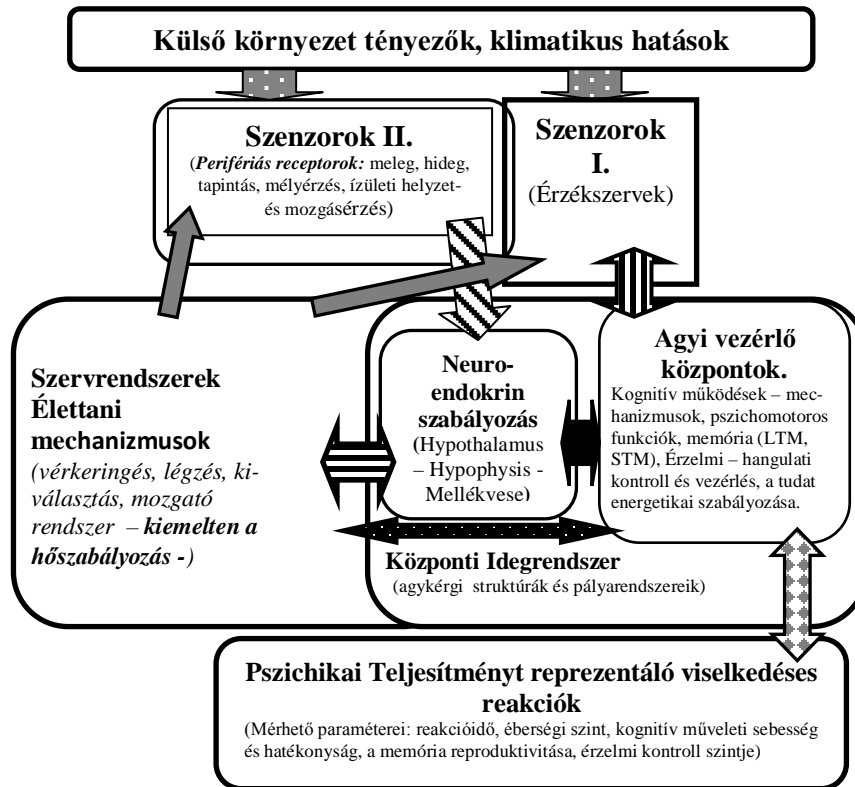
A környezeti tényezők hatásmechanizmusának értelmezése folyamatmodell alkalmazásával a pszichikai teljesítmény vonatkozásában

A viselkedéses reakciókat alakító folyamatok jobb értelmezhetősége érdekében mindenképpen szükségesnek tartottam egy, a szélsőséges környezeti hőmérséklet által kiváltott élettani reakciók, valamint a pszichikai – mentális funkciókra gyakorolt modulációs hatások következményeit magyarázó modell kidolgozását is.

A központi idegrendszer (a továbbiakban KIR) kitüntetett területeinek zavartalan működése szükséges pszichikai funkciók, reakciók működtetéséhez (a mai tudásunk szerint elosztott hálózati formában). A bennünket körülvevő környezet hatásai túlnyomóan két érzékelési csatornán keresztül, az idegrendszerünk „jelfogóinak” (receptorainak) közvetítésével juttatja el az információkat a fiziológiai és a pszichikai működéseket szabályozó rendszerek vezérlő központjaiba. A folyamatok könnyebb értelmezhetősége érdekében a receptorok I. típusához az érzékszerveket, a II. típusához az alapvető érzékvalóságok (hő, fájdalom, tapintás, ízületi helyzet és mozgás) érzékelő „készülékei”-t, a III. típusához az ún. interoceptorokat (a belső szervek, az érrendszerünk falában elhelyezkedő receptorok) sorolom. Receptoraink, szervezetünk vezérlő központjait informálják aktuális fizikai, pszichikai állapotunkról és figyelmeztetik a külső és belső környezetünk, szervezetünk működéseit tekintve fontos változásairól. Vannak ugyan közvetlen fizikai károsodást okozó vagy azzal fenyegető külső (égési, fagy- és fizikai sérülés) és belső (vérzés, keringészavar, érfal és izom – ínszakadás) események, mégis többségük az idegrendszer perifériás „jelfogóin” át jut el az érzékelő és vezérlő központokba feldolgozásra. Onnan a reakcióra vonatkozó „végrehajtó programok”, egy szállító hálózat útján jutnak el az élettani és idegrendszeri szabályozó rendszerekhez. Környezetünk szélsőséges



hőmérsékleti hatásairól elsősorban, az azokra kiváltódó élettani reakciók „tájékoztatnak” bennünket a tudatunkba kerülésük révén. Ez akkor is igaz, ha egyébként az érzékszerveink is nagymennyiségű információt közvetítenek a környezeti klímáról. A pszichikai mechanizmusokban fontos szerepet kap az is, hogy „látjuk, halljuk” a hőségre vagy a fagyos hidegre utaló környezeti jelenségeket, mert ezek tárolt „mentális képei, programjai” és a hozzájuk kapcsolt „viselkedéses minták” segítségével mozgósítja kognitív apparátusunk a védelmünket szolgáló, megküzdést segítő eszköztárt. A „mentális program” (mely a fizikai és pszichikai felkészítés és a motiváció erősítésének fontos eleme és a Hosszútávú Memóriában /LTM/ tárolódik) optimális esetben a következő: „fizikai és pszichikai edzettséggel, a feladatok készségi szintű begyakorlásával le tudom győzni a szélsőséges környezeti hőmérséklet okozta nehézségeket, a teljesítményem nem csökken veszélyes mértékben”. A kimagasló szintű eltökéltség (motiváció), avagy a mentális kontroll gyengülése azonban olyan veszéllyel is járhat, hogy a szélsőséges hőmérsékleti hatások következményeire figyelmeztető élettani és pszichikai jelenségeket tudatunk elnyomja, azaz nem tudatosulnak időben, ezért károsodásokhoz, sérülésekhez vezetnek. A 2. ábrán látható modell mutatja be a környezeti hatások, az élettani és pszichikai működéseket szabályozó rendszerek kapcsolati hálózatának főbb elemeit, az egymásra gyakorolt modulációs hatások kapcsolati útvonalait.



2. ábra: A környezeti klíma hatásait kezelő mechanizmusok útvonalai szervezetünk szabályozó rendszereiben (A szerző saját konstrukciója)

A forró klímájú környezet idegrendszeri (érzékszervi) működésekre és pszichikai folyamatokra gyakorolt hatásai, és annak katonai aspektusai

Szenzoros és pszichofiziológiai működések:

1. Az egyszerű reakciók sebessége (reakcióidő) hőségben is huzamosabb ideig megtartott. A hőhatás erőssége fontosabb tényező, mint az időtartama. Az összetett akciókat vagy választásos döntéseket tartalmazó feladathelyzetek meghosszabbítják a reakcióidőt, ami még markánsabb növekedést mutat a környezeti hőmérséklet emelkedésére (Shvartz és Meroz, 1976).⁶
2. A hőség okozta látástorzulások (pl.: szemkönnyezés, káprázat, optikai illúziók, ragyogás) csökkentik a pontosságot az olyan vizuális feladatok teljesítésében, mint a távolságbecslés és a lőfegyverekkel való találati pontosság (Kobrick és Sleeper, 1986)⁷, (Johnson és Kobrick, 2002).¹⁴

⁶ Shvartz E, Meroz A, Mechtlinger A, Birnfeld H. Simple reaction time during exercise, heat exposure, and heat acclimation. *Aviat Space Environ Med.* 1976;47:1168–1170.

⁷ Kobrick JL, Sleeper LA. (1986): Effect of wearing chemical protective clothing in the heat on signal detection over the visual field. *Aviat Space Environ Med.* 57:144–148.



3. A hőség dezorganizálja a normális alvásmintázatot, mely súlyosbítja az alvásritmusnak a katonai körülmények közötti típusos felborulása okozta alvásmegvonás hatásait. Következményei: nehezített koncentráció, gondolkodás, és a reagálás meglágyulása (Libert, di Nisi, Fukuda, és Muzet, 1988)⁸.
4. Katonai körülmények között alkalmazott, idegrendszeri hatású antidótumok - ellenmérgek (pl.: az atropin) - a reakcióidő meglágyulását és fénykerülést okoznak (Kobrick, Johnson és McMenemy, 1990).⁹ Hőségben ezek az állóképesség és a hadrafoghatóság további hanyatlását eredményezik. Ez különösen olyan helyzetekben kritikus, amelyekben motoros stabilitásra, gyors reakciókra és a látás zavartalan működésére van szükség (megfigyelés, lőfegyverek használata, gépjárművezetés, berendezések kezelése).

A kognitív szféra teljesítményének változásai:

1. A tartós figyelmet igénylő feladatok (őrszolgálat, megfigyelés, irányító berendezések kezelése, ellenőrzése) esetében a hőexpozíció 30 percre rövidíti a hatékony teljesítmény idejét (Mackworth, 1997).¹⁰ Ez javítható az engedélyezett élénkítőszerek (coffeinbevitel különböző formáival /bár nem korlátlanul/) bevitelével és a monotónia tervszerű csökkentésével.
2. A komplex mentális feladatokban (összetett kognitív műveletek - matematikai műveletek - végzése, pl.: üzenetek dekódolása) produkált teljesítmény (Kobrick és Fine, 1983)¹¹ (Bell, 1978),¹² 32,2°C feletti hőségben 3 óra elteltével leromlik. (A hőséghez való akklimatizáció és tréning mérsékli a teljesítményromlást.)
3. A huzamosabb ideig tartó hőség csökkenti a szimultán feladatokban nyújtott teljesítményt (pl.: járművezetés, tűzvezető rendszerek kezelése) (Mackie és O'Hanlon, 1977)¹³

⁸ Libert JP, di Nisi J, Fukuda H, Muzet A. Effect of continuous heat exposure on sleep stages in humans. *Sleep*. 1988;11:195–209.

⁹ Kobrick JL, Johnson RF, McMenemy DJ. (1990): Subjective reactions to atropine/2-PAM chloride and heat while in battle dress uniform and in chemical protective clothing. *Milit Psychol*. 2(2):95–111.

¹⁰ Mackworth NH. (1997): Effects of Heat and High Humidity on Prolonged Visual Search as Measured by the Clock Test. London, England: Medical Research Council, RNPC Habitability Subcommittee; Technical Report RNP 46/278, H.S. 124.

¹¹ Kobrick JL, Fine BJ. (1983): Climate and human performance. In: Osborne DJ, Gruneberg MM, eds. *The Physical Environment at Work*. New York, NY: John Wiley & Sons Ltd; 69–107.

¹² Bell, PA (1978): Effects on noise and heat stress on primary and subsidiary task performance. *Hum Factors*. 20:749–752.

¹³ Mackie RR, O'Hanlon JF. A study of the combined effects of extended driving and heat stress on driver arousal and performance. In: Mackie RR, ed. *Vigilance*. New York, NY: Plenum Press; 1977: 537–558.



4. A tartós hőterhelés progresszív motoros instabilitást és az állóképesség leromlását okozza. A motoros stabilitást igénylő tevékenységekben (pl.: löpontoság) romlik a teljesítmény (Johnson és Kobrick, 2002).¹⁴
5. A célkövetés hatékonysága (az irányítónak kell elbírálnia a különbségeket a folyamatos célsorrendben) lecsökken (Pepler, 1959).¹⁵
6. A teljesítményre jobban hat a hőség a szimultán feladatok végzése során (két vagy több feladat egyidejű végzése), ezért javasolt azok egyedi feladatokra bontása.

Fiziológiai reakciók okozta szekunder funkciózavarok:

A kutatók között nincs konszenzus olyan, a gyakorlatban is igazolt hőmérsékleti küszöbértékekre vonatkozóan, mely felett vagy alatt törvényszerűen és rapidan be fog következni, a teljesítményt meghatározó működések leromlása (eltekintve az elméletben evidensen károsító hőmérsékleti tartományoktól). Az egyéni hőtolerancia széles határok között mozog. Függ a szervezet élettani és pszichikai szabályozó rendszereinek egyéni jellemzőitől és terhelhetőségétől, az aktuális fizikai állapottól, a fizikai és pszichikai felkészítés hatékonyságától, az aktuális állapottól, valamint más stresszorok terhelési potenciáljától, az aktuális környezet levegőjének más meghatározó paramétereitől (páratartalom, szélesebbesség), valamint a használt szolgálati és védőruházat meghatározó paramétereitől. Ugyanakkor ismeretesek irányadó, a gyakorlatban is használt küszöbértékek: a) hőségben az $ET > 85^{\circ}\text{F}$ (29.4°C), míg az alacsony hőmérsékleti sávban az $ET < 52^{\circ}\text{F}$ (11.1°C) a határpont (Hancock és Warm, 1989)¹⁶. 2) a szervezet maghőmérsékletének dinamikus emelkedése (0.22°C - 0.88°C - 1.33°C az alapértékhez képest) a szimultán, célkövetéses és egyszerűbb mentális feladatokban is a teljesítmény progresszív romlásához vezet (Hancock és Warm, 1989).¹⁶

1. Az intenzív hőstresszre bekövetkező hőbetegség jellemző tünetei önmagukban is markánsan csökkentik a katonai teljesítményt (a tünetek intenzitásának széles egyéni variabilitása van). Az általános fizikai állapot javulása nem jelenti

¹⁴ Johnson RF, Kobrick LJ, (2002): Psychological aspects of military performance in hot environments. In: The Textbook of Military Medicine, Medical Aspects of Harsh Environments, Volume 1, Section I: Hot Environments, Ch. 4., Natick, Massachusetts

¹⁵ Pepler RD. (1959): Extreme warmth and sensorimotor coordination. J Appl Physiol. 14:383–386.

¹⁶ Hancock PA, Warm JS: A Dynamic Model of Stress and Sustained Attention. Human Factors, 1989, 31(5), 519-537.



automatikusan azt, hogy a katonák azonnal visszanyerik pszichikai – mentális teljesítményük teljes kapacitását, ezért a szolgálatba való visszaállításuk körültekintő mérlegelést igényel.

2. A hőségben fellépő másodlagos jelenségek (pl.: szembe folyó izzadság, nedvesség miatt bepárasodó szemüveg vagy kontaktlencse) rontják a vizuális funkciókat (Nunneley és mtsai, 1982).¹⁷
3. A verítékezésből származó nedvesség a fejhallgató, a fejmikrofon és a szemüveg instabilitását okozhatja, akadályozva ezzel a zavartalan hallást és látást igénylő feladatokban nyújtott teljesítményt (Nunneley és mtsai, 1982).
4. A védőkesztyű viselése hőségben fokozza az izzadást, vizesedés alakulhat ki a kezekben. Ez a kesztyűk csúszósságához, felgyűrődéséhez vezet, következményesen a kézügyesség és a tapintás gyengülését okozza (Stoll és mtsai, 1982).¹⁸
5. A katonai berendezések kezelő egységeinek tervezésénél figyelembe kell venni az azok szélsőséges klimatikus viszonyok közötti optimális működtetését zavaró tényezőket (pl.: kezelő gombok, felületek nem kívánt túlmelegedése) is, melyek akadályozhatják a hatékony kézi irányítást (pl.: égési sérülést okozva) (Stoll és mtsai, 1982).¹⁸

Érzelmi mechanizmusok által modulált pszichikai működések:

1. Az egyének gyakran erősen eltérő módon reagálnak a diszkomfort érzésére. Az egyéni diszpozíciók, a hőaklimatizáció mértéke erősen befolyásolják a diszkomfort tudati szintű és viselkedéses megjelenésének erősségét. A magas hőmérséklet és páratartalom általában rossz közérzetet és alacsonyabb motivációs szintet okoz, ami megfigyelhető a katonai feladatokat végzőknél is. (Sampson és mtsai, 1994).¹⁹
2. A hőexpozíció zsúfolt körülményekkel párosulva, az agresszív magatartásminták gyakoribb megjelenésével, az irritabilitás fokozódásával együttesen súlyosbítják

¹⁷ Nunneley SA, Reader DC, Maldonado RJ. Head-temperature effects on physiology, comfort, and performance during hyperthermia. *Aviat Space Environ Med.* 1982 ;53:623–628.

¹⁸ Stoll AM, Chianta MA, Piergallini JR. Prediction of threshold pain skin temperature from thermal properties of materials in contact. *Aviat Space Environ Med.* 1982; 53:1220–1223.

¹⁹ Sampson JB, Kobrick JL, Johnson RF. Measurement of subjective reactions to extreme environments: The Environmental Symptoms Questionnaire. *Milit Psychol.* 1994;6(4):215–233.



az egyének és csoportok közötti súrlódásokat, és konfliktushelyzeteket (Baron, 1977)²⁰ (Bell és mtsai, 1976, 1978, 1982).^{21 22 23}

Egyéb katonai sajátosságok:

1. A katona biztonságát szolgáló vegyvédelmi védőruha olyan mikrokörnyezetet képez, mely gátolja a viselet során termelődő hő és pára távozását. Ezt a fokozott hőterhelést figyelembe kell venni a speciális feladatok végrehajtása során.
2. A hőségben viselt vegyvédelmi ruha hatására várhatóan és szinte azonnal közepes mértékben csökken a katona teljesítménye (Kobrick és Sleeper, 1986)⁷. További 6 órán keresztül azonban nincs további szignifikáns csökkenés.

A hideg klímájú környezetben szerzett vizsgálati tapasztalatok és jelentőségük a katonai gyakorlatban

1. A hypothermia bekövetkezésére utaló jelenségek, tünetek felismerésének van elsődleges gyakorlati jelentősége a hideg klíma élettani hatásai közül (Pozos és Danzl, 2001)²⁴ (Collins, 1983).²⁵ Élettani szempontból a maghőmérséklet mérése a leginformatívabb (Moran és mtsai, 2002)²⁶, mert a hőszabályozási rendszerünk központi tényezője. Pszichikai oldalról a viselkedéses megnyilvánulások mutatnak rá a hőszabályozás folyamatait kísérő állapotra, ilyen például a beszéd és a pszichés tempó csökkenése (Cholesaw és mtsai, 1983).²⁷
2. A lehülésnek a pszichofiziológiai mechanizmusokra gyakorolt hatásai közül a reakcióidő és az alvásminőség romlása emelhető ki. A különböző környezeti ingerekre, jelzésekre adott reakciók sebességének és pontosságának

²⁰ Baron RA. Human Aggression. New York, NY: Plenum; 1977.

²¹ Bell PA, Baron RA. (1976): Aggression and heat: The mediating role of negative affect. J Appl Psychol.;6:18–30.

²² Bell, PA (1978): Effects on noise and heat stress on primary and subsidiary task performance. Hum Factors. 20:749–752.

²³ Bell PA, Loomis RJ, Cervone JC. (1982): Effects of heat, social facilitation, sex differences, and task difficulty on reaction time. Hum Factors.;24:19–24.

²⁴ Pozos RS, Danzl DF. "Human Physiological Responses to Cold Stress and Hypothermia." In: R. Zajitchuk and R. F. Bellamy (Ed.), Textbook of Military Medicine. Washington, D.C.: Department of the Army, Office of the Surgeon General and Borden Institute, 2001. (pp. 351-382).

²⁵ Collins KJ. Hypothermia: The Facts. New York, NY: Oxford University Press; 1983.

²⁶ Moran DS, Mendal L. Core temperature measurement: methods and current insights. Sports Med. 2002;32(14):879-85.

²⁷ Coleshaw SRK, Van Someren RNM, Wolff AH, Davis HM, Keatinge WR. Impaired memory registration and speed of reasoning caused by low body temperature. J Appl Physiol. 1983;Jul 55(1 Pt 1):27–31.



- csökkenése közvetlen hatással van egyes katonai tevékenységek (pl.: katonai kommunikációs jelzésekre való reagálás késése, vagy azok hibás értelmezése jelentős veszélyforrás lehet) eredményes végrehajtására (Ellis, 1982)²⁸. A tartósabban dezorganizált alvás (több napi alvásmegvonás) a globális fizikai, pszichikai állapotot áthatja alá (Angus és mtsai, 1979).²⁹
3. A hideg környezeti hőmérséklet a motoros aktivitással összefüggő funkciókra (Clark és mtsai, 1962)³⁰ (Finom manipulációs mechanizmusok: eszközök, berendezések, fegyverek kezelése, irányítása.), működésekre hat a legerősebben. Kiemelt jelentőséggel bír, mert a katonai tevékenységek eredményes végrehajtásának élettani, fizikai biztosítója. Már fagypont feletti hőmérsékleti tartományban (12°C alatt) is megfigyelhető negatív változás a finom, koordinált mozgások kivitelezésében (pl.: a hibázási arány a háromszorosára nő) (Enander, 1986). A mozgásgyorsaság a környezeti hőmérséklet esésével 13-20%-l is csökkenhet. A nedves környezet (pl.: átnedvesedett ruházat) az intenzívebb hővezetés miatt további funkcióromlást okozhat (Clarke és mtsai, 1958).³¹
 4. A lehűlés csökkenti az éberségi szintet (Mackworth, 1950)¹, a kognitív mechanizmusok (matematikai műveletek, észlelések értelmezése, elemzése, döntéshozatal, stb.) sebességét, hatékonyságát és a memóriefunkciókat (Pilcher és mtsai, 2002).³² A memóriefunkciók romlása miatt ajánlott a rövid, lényegre törő utasítások alkalmazása, illetve a közvetlen online kommunikáció használata (Davis, Baddeley és Hancock, 1975).³³ A csökkenő éberségi szint miatt javasolt a gyakoribb váltás a szolgálatok szervezésében.
 5. Az extrémén hideg környezetben megfontolandó a bonyolult feladatok részfeladatokra bontása.

²⁸ Ellis HD. (1982): The effects of cold on the performance of serial choice reaction time and various discrete tasks. *Hum Factors*. 24(5):589–598.

²⁹ Angus R.G., Pearce D.G., Buguet G.C., Olsen L. (1979): Vigilance performance of men sleeping under arctic conditions. *Aviat Space Environ Med.*;50(7):692–696.

³⁰ Clark RE, Jones CE. (1962): Manual performance during cold exposure as a function of practice level and the thermal conditions of training. *J Appl Physiol*. 46(4):276–280.

³¹ Clarke RSJ, Hellon RF, Lind AR. The duration of sustained contractions of the human forearm at different muscle temperatures. *J Physiol*. 1958;143:454–473.

³² Pilcher JJ.; Nadler E.; Busch C. (2002): Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics*, Volume 45, Number 10, 25 August pp. 682-698(17)

³³ Davis FM, Baddeley AD, Hancock TR. Diver performance: The effect of cold. *Undersea Biomed Res*. 1975 ;2(3):195–213.



6. A műveleti terület viszonyainak megfelelő ruházatnak meghatározó jelentősége lehet a hideg klímájú területeken. A jó hőszigetelés, levegőzés és nedvszívó képesség alapvető követelmények (pl. a kezek elégtelen védelme a lehűlés ellen, vagy éppen a beizzadása növeli a fagyási sérülések lehetőségét, egyúttal rontja a finom mozgások kivitelezését). A kezek zavartalan használatát és védelmét (különösen a lehűlés és a nedvesség együttes hatásával szemben) minden lehetséges módon biztosítani kell. A kéz bőrfelülete esetében 16°C-ig még nem mérhető szignifikáns funkciókárosodás, de 12°C alatt már kimutatható (Clark és Kohen, 1960)³⁴. A finom kézmozgások beszűkülése, elnehezülése, erősödő funkciózavara a hypotermia által okozott diszkomfortot progresszíven fokozhatja. A diszkomfort és a motoros funkciók beszűkülésének, hanyatlásának megélése a pszichikai teljesítményt is fékezi.
7. Különleges figyelmet kíván a hideg, nedves, vizes környezet. A víz jó hővezető képessége miatt, az átnedvesedett ruházatban már fagypont felett is kialakulhat hypotermia, sőt akár fagyási sérülés. A hideg vízben történő tartósabb tevékenység végzése speciális védőfelszerelés és kiképzés nélkül megvalósíthatatlan, az előbbieket megléte esetén is rendkívül nagy gondosságot, felkészültséget igényel. Számos vizsgálat igazolta, hogy már 10°C-nál alacsonyabb hőmérsékletű vízben a speciális ruházatban is rohamosan csökken a mozgási sebesség, a kognitív teljesítmény, /pl.: az információk 50-70 %-a elveszik/ (Colesaw és mtsai, 1983).²⁷
8. A gondosan megtervezett fizikai és pszichikai felkészítés (mely az akklimatizációt is tartalmazza) a szubjektív hőérzetet kedvezően befolyásolja, növeli a toleranciát.

Összegzés és ajánlások

1. Az extrém szélsőségektől eltekintve, a környezeti klíma meghatározó tényezői nem közvetlenül fejtik ki fizikai hatásukat, hanem az idegrendszeri és élettani szabályozó rendszereink közvetítésével befolyásolják pszichikai működéseinket. A károsító, teljesítménycsökkentő hatások mértékét döntően az expozíció időtartama, erőssége, adott esetben több tényező egymást erősítő együttes hatása határozza meg. A magasszintű fizikai és pszichikai felkészítés

³⁴ Clark RE, Cohen A. (1960): Manual performance as a function of rate of change in hand temperature. J Appl Physiol. 15:496–498.



(akklimatizáció, készségszintű begyakorlása a célterület klímájának megfelelő körülmények között) jelentősen növelheti a terhelhetőséget, ezért a biztosan károsító hőmérsékleti sávokat nehéz definiálni. Támpontot nyújthat egy meta-analízis (Hancock és mtsai, 2007)³⁵, mely szerint a teljesítményromlás magas hőmérsékleti töréspontja (ET) > 29.4°C, míg az alacsony hőmérsékletnél ez a határpont (ET) < 11.1°C. Fontos tanulság a nemzetközi vizsgálatok alapján, hogy a hőszabályzó élettani rendszereink által kiváltott „hétköznapi” testi tünetek, jelenségek felismerésének elmulasztása vagy alábecslése, váratlan és jelentős teljesítményromláshoz vezethet. Ezért a hőségben vagy a kemény hidegben tapasztalható jelenségek, tünetek ismerete nem csupán az egészségügyi szolgálat feladata.

2. A forró klímában a kifogástalan vizuális képességeket, a finom motoros koordinációt és a figyelem tartósságát igénylő katonai feladatoknál lép fel gyors teljesítménycsökkenés. Ennek mértéke mindenkor függ a hőexpozíció erősségétől, időtartamától, a társuló klimatikus tényezőktől, az egyéni felkészültségtől, az aktuális fizikai, pszichikai állapottól, a viselt ruházati felszerelésnek az adott klímájú környezethez viszonyított minőségi és mikrokönyezetképző tulajdonságaitól.
3. A hideg klímájú környezetben végzett tartós (3 óránál hosszabb) tevékenység során legkorábban az egyszerűbb és összetettebb (finom koordinációs és/vagy szimultán) motoros mozgások zavara jelentkezik. Kiemelt figyelmet kell fordítani a nedves, vizes környezet progresszív teljesítménycsökkentő hatásaira.
4. Mindkét hőmérsékleti szélsőség markánsan hat a kognitív funkciók, a stresszkezelő és a viselkedéses reakciókat szabályzó mechanizmusok egyes elemeire. Az előzőek alapján mindkét hőmérsékleti pólusnál elsődlegesen az éberség, a reakcióidő, a figyelem fókuszálásának tartóssága, a pszichomotoros működések, a kognitív műveletek sebessége és hatékonysága, a memóriefunkciók fognak zavart szenvedni.
5. A legkiválóbb harci szellemű és motiváltságú katonai egységekben is számolni kell a tartósan forró klímában gyakoribbá váló és erősödő irritabilitással, agresszív viselkedésmintákkal, egyéni és csoportkonfliktusokkal. A hideg klíma

³⁵ Hancock PA., Ross JM, Szalma JL. (2007): Meta-Analysis of Performance Response Under Thermal Stressors, Human Factors, 49 (5), 851-877



hatása jellemzően inkább a pszichés tempó csökkenésében, a hangulat nivellálódásában, apátiában nyilvánul meg.

6. Kitüntetett szerepe van a gyakorló és a speciális védőruházat, az eszközök és berendezések minőségi és funkcionális paramétereinek. Bár hatásuk közvetett módon, az élettani rendszerek közvetítésével érvényesül, figyelembe vételük megkerülhetetlen a katonai missziók előkészítése, valamint a műveleti területen való sikeres végrehajtása során.

Ajánlások a katonai vezetők, és szakszolgálatok részére

- A katonai vezetőknek ismerniük kell a szélsőséges klímájú környezet hatásaival összefüggő (a katonai teljesítményt befolyásoló) alapvető élettani és pszichológiai jelenségeket a missziós küldetések műveleti tervezéséhez, valamint a kiválasztott személyi állomány felkészítéséhez.
- A katonai vezetőknek meg kell ragadni minden lehetőséget, a műveletek végrehajtására tervezett személyi állomány, szélsőséges (elsődlegesen a forró) klímájú környezetben történő fizikai és pszichikai felkészítésére a teljesítményt romboló hatások minimalizálása érdekében.
- A missziós területeken tevékenykedő parancsnokok számára biztosítani kell a helyi környezeti klímára, valamint várható élettani és pszichikai hatásaira vonatkozó releváns adatokat az egyes küldetések, és a rendszeres szolgálati tevékenységek tervezéséhez.
- A 3-6 órát meghaladó, szélsőséges hőmérsékletben végrehajtandó küldetések során figyelembe kell venni a pszichikai teljesítmény várható csökkenését, ami az összetett feladatok szétbontásával, a kommunikáció egyszerűsítésével mérsékelhető.
- A bevetéseket irányító parancsnokoknak fokozott figyelmet kell fordítaniuk a szélsőséges hőmérsékletű, vizes környezetben, illetve vízben végrehajtandó feladatok során a személyi állományra, mert huzamosabb terhelés mellett gyorsabb és jelentősebb teljesítményromlás következhet be.
- Ajánlható, hogy a missziós küldetések parancsnokai az adott klímájú műveleti területeken, a tervezett gyakorlásokba építsenek be a pszichikai teljesítmény aktuális állapotáról tájékoztató elemeket (különös tekintettel a speciális védőruházat és felszerelések viselésére) is.



- Kísérjék figyelemmel azt, hogy a ruházat, a védőfelszerelések, eszközök és berendezések megfelelnek-e az adott környezeti klíma és a végrehajtandó feladatok követelményeinek, az állomány egészségi állapotának védelme, megőrzése érdekében.
- A katonai ruházat és védőruházat tervezése és kivitelezése során figyelembe kell venni a szélsőséges klimatikus tényezőket, valamint a nemzetközi vizsgálatok során nyert tudományos és gyakorlati tapasztalatokat (a missziókban szolgált katonák gyakorlati tapasztalataival együtt), különös tekintettel a viselés közben a test és a ruha között kialakuló mikrokörnyezet tulajdonágaira és szerepére a hőregulációban.
- Javasolt olyan védőruházatok alkalmazása, melyek képesek az izzadtság és pára kedvezőtlen hatásait csökkenteni, és megfelelő hőszigetelést biztosítanak.
- Az egészségügyi szolgálatnak felkészültnek kell lennie mind a hőstressz, mind a hypotermia tüneteinek és jelenségeinek felismerésére és kezelésére. A missziós területeken folyamatosan szinten kell tartaniuk a katonák ez irányú alapvető ismereteit az önszegély és bajtársi segély keretében.
- A szélsőséges környezeti hőmérsékletben a megragadási és megtartási manuális készség romlik, nehezített az egyes eszközök, berendezések manuális irányítása, a kezelő szervek túlmelegedése vagy éppen extrém lehűlése. Ez indokoltá teheti egyes katonai eszközök, berendezések áttervezését az adott környezeti klíma specialitásainak megfelelően, és az ergonómiai szempontokat is figyelembe véve.

Irodalomjegyzék

- Angus R.G., Pearce D.G., Buguet G.C., Olsen L. (1979): Vigilance performance of men sleeping under arctic conditions. *Aviat Space Environ Med.*;50(7):692–696.
- Atkinson RL, Atkinson RC, Smith EE. (2001): *Pszichológia*. Osiris Kiadó, Budapest,
- Bell, PA (1978): Effects on noise and heat stress on primary and subsidiary task performance. *Hum Factors*. 20:749–752.
- Bell PA, Baron RA. (1976): Agression and heat: The mediating role of negative affect. *J Appl Psychol.*;6:18–30.
- Bell PA, Loomis RJ, Cervone JC. (1982): Effects of heat, social facilitation, sex differences, and task difficulty on reaction time. *Hum Factors.*;24:19–24.



- Bell PA, Greene TC. (1982): Thermal stress: Physiological, comfort, performance and social effects of hot and cold environments. In: Evans G, ed. Environmental Stress. Cambridge, England: Cambridge University Press; 75–104.
- Clark RE. (1961): The limiting hand skin temperatures for unaffected manual performance in the cold. *J Appl Physiol.* 45:193–194.
- Clark RE, Jones CE. (1962): Manual performance during cold exposure as a function of practice level and the thermal conditions of training. *J Appl Physiol.* 46(4):276–280.
- Clark RE, Cohen A. (1960): Manual performance as a function of rate of change in hand temperature. *J Appl Physiol.* 15:496–498.
- Clarke RSJ, Hellon RF, Lind AR. The duration of sustained contractions of the human forearm at different muscle temperatures. *J Physiol.* 1958;143:454–473.
- Coleshaw SRK, Van Someren RNM, Wolff AH, Davis HM, Keatinge WR. Impaired memory registration and speed of reasoning caused by low body temperature. *J Appl Physiol.* 1983;Jul 55(1 Pt 1):27–31.
- Enander A. (1986): Sensory Reactions and Performance in Moderate Cold. Research Units of Psychophysiology and Climate Physiology, National Board of Occupational Safety and Health; and Department of Psychology, University of Uppsala. Uppsala, Sweden: University of Uppsala; Dissertation.
- Enander AE, Hygge S. (1990): Thermal stress and human performance. *Scand J Work Environ Health.* 16(1):44–50.
- Enander A. (1987): Effects of moderate cold on performance of psychomotor and cognitive tasks. *Ergonomics.* 30(10):1431–1445.
- Ellis HD. (1982): The effects of cold on the performance of serial choice reaction time and various discrete tasks. *Hum Factors.* 24(5):589–598.
- Ellis HD, Wilcock SE, Zaman SA. (1985): Cold and performance: The effects of information load, analgesics, and the rate of cooling. *Aviat Space Environ Med.* 56(1):233–237.
- Hancock PA., Ross JM, Szalma JL. (2007): Meta-Analysis of Performance Response Under Thermal Stressors, *Human Factors*, 49 (5), 851-877.
- Hancock PA, Vasmatazidis I.. (2003): Effects of heat stress on cognitive performance: The current state of knowledge. *International Journal of Hyperthermia*, 19(3), 355-372.
- Hancock PA. (1986): Sustained attention under thermal stress. *Psychol Bull.* 99: 263–281.
- Hancock PA. (1982): Task categorization and the limits of human performance in extreme heat. *Aviat Space Environ Med.* 53:778–784.
- Hancock PA. (1981): Heat stress impairment of mental performance: A revision of tolerance limits. *Aviat Space Environ Med.* March:177–180.



- Johnson RF, Kobrick LJ, (2002): Psychological aspects of military performance in hot environments. In: The Textbook of Military Medicine, Medical Aspects of Harsh Environments, Volume 1, Section I: Hot Environments, Ch. 4., Natick, Massachusetts
- Kobrick JL, Fine BJ. (1983): Climate and human performance. In: Osborne DJ, Gruneberg MM, eds. The Physical Environment at Work. New York, NY: John Wiley & Sons Ltd; 69–107.
- Kobrick JL, Johnson RF, McMenemy DJ. (1990): Subjective reactions to atropine/2-PAM chloride and heat while in battle dress uniform and in chemical protective clothing. *Milit Psychol.* 2(2):95–111.
- Kobrick JL, Sleeper LA. (1986): Effect of wearing chemical protective clothing in the heat on signal detection over the visual field. *Aviat Space Environ Med.* 57:144–148.
- Kohut László-Koller József-Lévay Gábor-Padányi József: Az éghajlatváltozás hatása a biztonságra és a katonai erő alkalmazására. *SVKI Védelmi Tanulmányok* 63. 2010 Budapest.
- Mackworth NH. (1950): *Researches on the Measurement of Human Performance.* London, England: Medical Research Council; Report Series 268.
- Mackworth NH. (1953): Finger numbness in very cold winds. *J Appl Physiol.* 5:533–543.
- Mackworth NH. (1997): *Effects of Heat and High Humidity on Prolonged Visual Search as Measured by the Clock Test.* London, England: Medical Research Council, RNPC Habitability Subcommittee; Technical Report RNP 46/278, H.S. 124.
- Pepler RD. (1959): Warmth and lack of sleep: Accuracy or activity reduced. *J Comp Physiol Psychol.* 52:446–450.
- Pepler RD, Warner RE. (1968): Temperature and learning: An experimental study. *American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers Transactions.* 74: 211–219.
- Pepler RD. (1959): Extreme warmth and sensorimotor coordination. *J Appl Physiol.* 14:383–386.
- Pilcher JJ.; Nadler E.; Busch C. (2002): Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics*, Volume 45, Number 10, 25 August pp. 682-698(17)



A klímaváltozás jelentette kihívások az ABV védelemben

Földi László

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest

Tartalmi kivonat

A cikk szerzője elemzi a klímaváltozás lehetséges ABV (atom, biológiai és vegyi) védelmet érintő következményeit, és bemutatja a szennyezés elkerülésének, az egyéni és kollektív ABV védelemnek, az ABV felderítésnek és mentesítésének azokat a problémáit, melyeknek a hatások erősödésével egyre sürgetőbbé válik a megoldása. Bemutatásra kerülnek mindazon negatív hatások, amelyeket a megváltozóban lévő klíma okoz(hat) a harcfeleladatok végrehajtása során, különösen, ha azokat egyéni, vagy kollektív ABV védelmi védőeszközök használatával kell elvégezni.

Kulcsszavak: *globális klímaváltozás, katonai erő, ABV védelem, egyéni és kollektív védelem, ABV felderítés, mentesítés*

Abstract

The author of this paper describes the possible consequences of climate change concerning CBRN defense in details and the main problems of contamination avoidance, individual and collective CBRN protection, CBRN reconnaissance and decontamination, which need urgent solutions. All the negative effects will be introduced that changing climate can cause during military missions, especially when missions are carried out in individual or collective CBRN protective equipment.

Keywords: *global climate change, military force, CBRN defense, individual and collective protection, CBRN reconnaissance, decontamination*



Bevezetés

A globális klímaváltozás tényét a tudóstársadalom ma már világszerte elfogadja. Természetesen mindig léteznek „ellen-teóriák”, számos kutató igyekszik cáfolni a jelenség létét, inkább kevesebb, mint több sikerrel. Nem kívánva egyik féllel sem vitába szállni, hadd említsek meg pusztán néhány adatot, ami mérhető értékeken alapszik.

A hőmérsékleti feljegyzések azt jelzik, hogy a Föld hőmérséklete világátlagban 0,7 °C-ot melegedett a múlt század kezdetétől. A tíz legmelegebb év – az 1861-es feljegyzések óta – 1990 után következett be. A valaha mért legmelegebb év 1998 volt, de 2005 is majdnem rekordot döntött.

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) 2007. év folyamán közzétett negyedik értékelő jelentése szerint a Föld északi féltekéjének hóval fedett területe 10 százalékkal csökkent az 1960-as évek óta, és a világ nagy részén a gleccserek jelentősen visszahúzódtak. Az arktikus tengeri jég 40%-kal vékonyodott a késő nyári időszakban az elmúlt évtizedekben, és 1950 óta késő nyáron 15%-kal csökkent a kiterjedése. A legutóbbi becslések szerint csak az elmúlt évtizedben 8%-kal csökkent a tengeri jég területe. A tengeri jég olvadása nem emeli ugyan a tengerszintet, de a jégpáncél eltűnése megkönnyíti a kontinentális jég óceánba való áramlását, ami viszont hozzájárul a tengerszint emelkedéséhez, valamint módosítja a földfelszín sugárzás-visszaverő képességét is. Amíg a jégfelszín a ráeső sugárzás körülbelül 90%-át visszaveri, addig az óceán vize a ráeső sugárzás alig több mint 10%-át.

A XX. században a tengerszint évente 1-2 millimétert emelkedett, főképp az óceánok hőtágulása és a gleccserek olvadása következtében. Egy sor növény- és állatfaj húzódott északabbra, a pólusok felé az elmúlt évtizedekben. A növények virágzása, a vándormadarak megérkezése, néhány madár költési időszakának kezdete és a rovarok felbukkanása korábbra tevődött a megfigyelések szerint az északi félteke közepes és magas szélességi köreinek nagy részén. Sok helyen a rovarok és kártevők már sokkal könnyebben áttelelnek.



Európa-szerte is jónéhány drámai áradásról lehetett hallani az elmúlt évtizedben. Valószínűleg az évezred legmelegebb nyara volt 2003, amely több mint 35 ezer ember halálát okozta Európában.

Arról szintén megoszlanak a vélemények, hogy a jelenségnek mik a kiváltó okai, a tudósok többsége mégis egyetért azzal, hogy az ember által a légkörbe kibocsátott ún. üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése az elsődleges ok. Csak felsorolásszerűen megemlítem a leggyakoribb érveket az elmélet mellett és ellene:

1. A tudósok többsége állítja, hogy a légkörben az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése, mint legfőbb ok, egyértelműen összekapcsolható az emberi tevékenységekkel, és a gázok koncentrációjának változása egyértelműen összekapcsolható a klíma változásával.¹
2. A „klíma szkeptikusok” szerint ez az elmélet nem helytálló, mert a Föld történetében korábban is voltak már hasonló melegedési periódusok, amikor az ember még meg sem jelent, illetve voltak időszakok, amikor a CO₂ koncentrációja igazolhatóan jóval magasabb volt a légkörben, mint manapság anélkül, hogy annak a globális klímára bármiféle számottevő hatása lett volna.²
3. Újabban egyre gyakrabban megjelenő teória, hogy a szén-dioxid mellett/helyett a légkörben az emberi tevékenységek okán megjelenő többlet vízgőz-mennyiség a fő oka a melegedésnek.³
4. Mindemellett számos tudós azt állítja, hogy az üvegház-hatásnak korlátai vannak, tehát nem fog egy bizonyos értéknél erősebben „beleszólni” a klíma alakulásába, ráadásul mindez független az érintett gázok koncentrációjától.⁴

A klímaváltozás hatásai a biztonságra

A jelenség globális voltának egy érdekes következménye, hogy mivel a jelentkező hatások területenként eltérőek, vannak olyan régiók, mint például Észak-Európa, Oroszország, Észak-Amerika és különösen az Északi-sark vidéke, ahol a klímaváltozás, legalábbis rövidtávon, többségében előnyös változásokat hozott (pl. az időjárás enyhülésének következtében javultak a mezőgazdaság termelési

¹ IPCC Interim Working Group Report 1, April 2007; IPCC Synthesis Report, November 2007.

² Reményi Károly: Magyar Tudomány, 171, 44-48. (2010). (in Hungarian) <http://www.matud.iif.hu/2010/01/09.htm> Letöltve: 2013. március 28.

³ Muzsnay Csaba: Műszaki Szemle (EMT) (2010) Y 49, 29-35 Cs. Muzsnay, a) Stud. Univ. Babeş-Bolyai, Ser. Chem. (1984) 29, 49. b) Magy. Kém. Foly. (1987) 93(2) 54 (in Hungarian)

⁴ F. M. Miskolczi, a) Időjárás (2007) 111, I, 1-40. b) Energy & Environment (2010) 4, 243-262. c



mutatói). Mindemellett az előrejelzések azt prognosztizálják, hogy a hosszabb távú hatások globális eredője inkább negatív lesz (pl. nagy területek elsivatagosodása miatt). Ebben a tekintetben Afrika és Ázsia egyes területei a legsebezhetőbbek, figyelembe véve, hogy esetleges áradások, szárazság vagy élelmiszerhiány esetén a terület országainak kormányzati eszközei a megfelelő válaszlépések megtételére meglehetősen korlátozottak.

A klímaváltozás bizonyos következményei közvetve vagy közvetlenül jelentős mértékben veszélyeztethetik egy ország vagy akár egy egész régió biztonságát. Ennek a felismerésnek a nyomán számos gazdaságilag fejlett ország indított olyan nemzeti programokat, amelyekről eredményként a biztonság javulását és a sérülékenység csökkenését várják az ilyen hatásokkal szemben.

2006-ban az Amerikai Egyesült Államok Biztonsági Stratégiájában (NSS) megjelent, hogy a Védelmi Minisztérium feladatul kapta a „*tömegpusztító fegyverekéhez hasonlítható hatású halálos pandémiák és egyéb természeti katasztrófák*” elleni védelem kidolgozását. A dokumentum azt is tartalmazza, hogy „*a súlyos környezeti katasztrófák hatásai, legyenek bár emberi eredetűek vagy kataklizmikus természeti jelenségek következményei, mint óriási áradások, hurrikánok, földrengések vagy tsunamik....meghaladhatják a helyi hatóságok és akár a nemzeti hadsereg mentési képességeit is, és esetenként nemzetközi segítség igénybevételét teszik szükségessé*”. A fegyveres támadásokhoz hasonlóan, a klímaváltozást kísérő szélsőséges jelenségek is képesek rövid idő alatt nagylétszámú lakosságot veszélyeztetni, vagy akár megölni, olyan mértékű krízishelyzetet idézve elő, amelyet a helyi kárelhárító, egészségügyi és rendfenntartó erők már nem képesek hatékonyan kezelni.⁵

A klímaváltozás elsődleges következménye, hogy változnak a korábban „megszokott” **hőmérsékleti értékek**, és ami talán még ennél is fontosabb, növekszik a szélsőségesen meleg és hideg időszakok gyakorisága és erőssége. A lakosság számos rétege különösen érzékeny a nagy melegre, így a gyermekek, az idősek, a kismamák és a szív- és érrendszeri problémákkal küzdő betegek. Mivel a hőség ellen alapvetően nehezebb a védekezés, mint a hideg ellen, a hőhullámok nagyszámú

⁵ COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Accompanying document to the WHITE PAPER Adapting to climate change: Towards a European framework for action Brussels, 1.4.2009 SEC(2009) 416



áldozattal járhatnak különösen azokon a kevésbé fejlett területeken, ahol nem terjedt el a légkondicionáló berendezések használata.

A meteorológiai extrémítások gyakoribbá válása azt is eredményezi, hogy nemcsak hőhullámok, hanem extrém hideg időszakok is frekvenciájukban jelentkehetnek. Jól példázza ezt hazánk esetében a 2013. márciusi „visszatérő tél”, ahol az erős lehűlés több együttesen jelentkező szélsőséges jelenséggel (sűrű havazás és viharos szél) együtt katasztrofális közlekedési helyzeteket idézett elő országszerte. A szélsőségesen alacsony hőmérsékletek önmagukban is súlyos veszélyt hordoznak, és tömegesen veszélyeztetik a lakosságot, elsősorban a hajléktalanokat és a szegényeket, akiknek a száma még Európában is nőtt az elmúlt években a gazdasági válság következtében.

A klímaváltozás másik következménye a **csapadékviszonyok megváltozása**, ahol a hőmérsékleteknél már tárgyaltakhoz nagyon hasonló módon, főként a szélsőségek erősödése jelenti a gondot. Így egyaránt megvan a veszélye a nagy tömegben lehulló, intenzív esőzési periódusoknak éppúgy, mint a hosszú, száraz és aszályos időszakoknak. A hirtelen lehulló, nagymennyiségű csapadék közvetlenül összekapcsolható számos, vízből eredő megbetegedés megjelenésével, a patogének mobilizálódása és a túlterhelt csatornarendszerek kiömlése okán. Emellett a nyári szárazság növelheti a lehetséges vegyi és bakteriális szennyezések mértékét. A magasabb víz hőmérséklet ugyanakkor kedvez a veszélyes algafajok szaporodásának is.

A klímaváltozásnak számos olyan egészségügyi következménye látszik körvonalazódni Európában, amelyre nézve még átfogó, kontinens méretű értékelés és kockázatbecslés nem készült. Miközben a klasszikus légszennyező anyagok koncentrációja az elmúlt évtizedekben kontinens-szerte csökkent, a légszennyezettség által jelentkező egészségügyi kockázat még mindig jelentős, elsősorban a por és az ózon okán. A levegőminőség javítása és párhuzamosan a klímaváltozás elleni mitigációs lépések meghatározóak lehetnek a jövőben a légúti megbetegedések előfordulása és súlyossága kérdéseiben. A két problémakör leginkább az ózon-koncentráció visszaszorításának kérdésében találkozik, ami jelenleg is kontinens-szerte az egyik meghatározó légszennyező. Emellett természetesen számos szezonális megbetegedés is számottevő fontossággal bír, mint a különféle allergiák, valamint a szénanátha és az asztma. A veszélyeztetett



lakosság körébe tartoznak az idősek, a gyermekek illetve a krónikus légúti megbetegedésben szenvedők.

A klímaváltozás kihívása a hadseregek számára

A klímaváltozás hatásai egyaránt jelentkezni fognak a politikai, gazdasági és a katonai szektorokban. Minden társadalomnak számolnia kell súlyos emberi, gazdasági és környezeti terhelésekkel, amelyek legsúlyosabban ott fognak hatni, ahol a korábbi krízisek már instabilitást és sérülékenységet eredményeztek.

A katonai erő tekintetében a klímaváltozás hatása egyrészt a mindennapi életet fogja befolyásolni, másrészt szükségszerűen kikényszeríti a hadseregek feladatrendszerének kiterjesztését.

A hadsereggel szemben a mindennapi életben jelentkező igények:

- A műveletek gazdaságosabb tervezése és végrehajtása (üzemanyag, elektromos áram, stb.).
- A károsanyag kibocsátások csökkentése.
- A katonák fizikai és pszichológiai tréningjének átalakítása.
- A katonai felszerelés technológiai követelményeinek módosítása.
- A katonai létesítmények, és azok működésének átfogó felülvizsgálata.

A hadsereg tevékenységének kiszélesítésének irányai:

- Intenzívebb részvétel a katasztrófavédelemben.
- Fokozottabb részvétel a konfliktus-kezelésben.

Mindezek elérése érdekében elsősorban a gazdaságosság megvalósítása kerül előtérbe, melyhez elengedhetetlenül fontos:

- Az energiafogyasztás csökkentése.
- Az energia-hatékonyság növelése.
- A megújuló energiák használatának növelése.
- Az erőforrásokhoz történő szabad hozzáférés biztosítása.
- A környezetterhelés csökkentése.

A klímaváltozás hatásai egyszerre érintik a személyi állományt, a létesítményeket, a felszerelést, a kiképzést, valamint a stratégiai és taktikai tervezési és végrehajtási szinteket. A hőmérséklet és a páratartalom nagyban befolyásolja, hogyan leszünk



képesek végrehajtani számos feladatot. A szélsőséges hőmérsékletek csökkentik a csapatok teljesítőképességét. Ezért az emberi tényező alaposabb vizsgálata segíthet megérteni, hogy a megváltozó időjárási körülmények milyen új követelményeket támasztanak, például a katonák ruházatával szemben. A legfontosabb jelentkező problémák:

- A fertőző betegségek megváltozó elterjedési területei (mivel az éghajlati övek eltolódnak, így teret nyernek pl. a trópusi betegségek) miatt felül kell vizsgálni a műveletek egészségügyi biztosításának rendszerét, a megelőzéstől a kezelések eljárásrendjéig.
- A rovarok és egyéb betegségterjesztő vektorok megváltozó viselkedése befolyásolhatja egyes műveletek megvalósíthatóságát.
- Az extrém hőmérsékleti körülmények hatására jelentkező egyedi fiziológiai válaszok miatt fontos annak ismerete, hogy a személyi állományból kik érzékenyek erre fokozottan, különösen a gyorsreagálású műveletek megkezdése előtt.
- A kiképzést úgy kell módosítani, hogy a katonák jobban fel legyenek készítve a környezeti szélsőségekre.
- A éghajlati körülmények befolyással lehetnek arra is, hogy az egyes katonákra hogyan hatnak esetleges vegyi vagy biológiai fegyverek.

A védelmi szektor ugyanakkor nem csak elszenvedője a klímaváltozásnak, hanem nagymérvű energia felhasználása miatt gyakorlatilag egyik okozója is annak. A katonai létesítmények és egyéb energia-fogyasztók tekintetében meg kell találni a módját az energia hatékonyabb felhasználásának. Ennek megvalósítása során az alábbiakra kell figyelmet fordítani:

- Bizonyos szerkezeti anyagok lecsökkenő élettartama és teherbírása növeli a felszerelés és a létesítmények karbantartási költségeit.
- A tengerszint emelkedése és a hevesebbé váló viharok veszélyeztetik a kikötőket és a part menti bázisokat.
- A magasabb hőmérséklet megnöveli a légkondicionálás és a hűtés/fagyasztás energiaigényét, ami jelentős lehet az elhelyezés területén, valamint az élelmiszer és a speciális muníció tárolása esetén.



- A megváltozó időjárási feltételeknek megfelelően módosítani kell a ruházat és a felszerelés egyes elemeit.
- Az aszfaltozott utak, különösen a repülőtéri kifutópályák a magas hőmérséklet miatt meglágyulhatnak csakúgy, mint egyes épületszerkezeti elemek, így ezek rendszeres felülvizsgálata válik szükségessé.
- Fel kell mérni, hogy mely épületek lehetnek veszélyben a gyakoribbá és hevesebbé váló viharok esetén, amik az erős szélrohamokat esetleg nem bírják elviselni.
- Azok az érzékelők, amelyekkel jelenleg mérik a hőmérsékletet és a páratartalmat, esetleg nem lesznek megfelelőek (mérési tartomány korlátja miatt).
- A magasabb hőmérséklet csökkenti a levegő felhajtó erejét, így közvetlenül befolyásolja a légi műveleteket. A repülőeszközök szállító-, emelő-képessége csökken, ahogy a hőmérséklet emelkedik, ezt a műveletek tervezésénél figyelembe kell venni. Amennyiben a klímaváltozás következtében jelentősen nő a tartósan meleg időszakok hossza, a csapatok ellátásához szükséges repülőeszközök számának növelése válik szükségessé.

A védelmi képességeket döntő mértékben határozza meg a logisztika. Az emberek, anyagok és felszerelés szállításának képessége kulcskérdés, és amennyiben a jövőben valóban megnövekszik a műveletek száma, ez már önmagában is meghatározó igényt támaszt a terület fejlesztésére. Emellett a megváltozó klimatikus viszonyok az ellátási igények további növekedését fogják eredményezni, ennek legegyszerűbb példája, hogy melegebb időben a csapatok vízigénye nagyobb. Szintén a logisztikának kell megoldania a magasabb hőmérsékletek miatt jelentkező nagyobb hűtési igényt a létesítményekben, az élelmiszerek és más melege érzékeny felszerelés megfelelő tárolása tekintetében.

A klímaváltozás és az ABV védelem

A klímaváltozás hatásai az ABV védelmet talán még intenzívebben érintik, mint más szolgálatok feladatait. A természeti eredetű katasztrófák némelyike az ún. „dominó-effektus”⁶ eredményeképpen növelhetik az ABV védelmi feladatok számát.

⁶ Dominó - effektus – Egy súlyos katasztrófa további katasztrófák láncolatának kialakulását eredményezheti pl. Fukushimaiban az atomerőmű katasztrófáját egy tenger alatti földrengés és az általa kiváltott tsunami okozta.



Ezen kívül az ABV védelmi feladatok jelentős részében az érintett állomány védőeszközt visel, ami magasabb hőmérsékleten nagyobb fiziológiai terhelést okoz. A klímaváltozás hatása az ABV védelem összes fontos területén jelentkezik, így kihat a legfontosabb alapelvek szerinti bármely tevékenységre. Ezek az alábbiak:

- Az ABV eredetű **szennyeződések elkerülése**.
- Az **egyének, aegységek és a felszerelés védelme** az ABV ágensekkel szemben.
- A műveleti képességek helyreállítása érdekében történő **ABV mentesítés**.

Ezen alapelvek használata segít minimalizálni a sérülékenységet, védeni csapatainkat és fenntartani a műveleti tempót a kitűzött célok elérésének érdekében.

Az egyéni védelem

A feladatorientált védelmi rendszabályok (MOPP= Mission-Oriented Protective Postures) szintjei a védőruházat, a védőálarc, a kesztyűk, kalucsni és a köpeny viselésének különféle kombinációit írják elő az ABV veszélyeztetettség szintjeihez kötődően.⁷ Ez a viselőnek egyaránt okoz mind fiziológiai, mint pszichikai stresszt és befolyásolja az egyén és a kötelék teljesítményét.



1. ábra: Nehéz, szigetelő német ABV védőruházat⁸

⁷ Berek Tamás mk. őrnagy: A túlélést biztosító ABV rendszabályok, valamint a felkészítés kapcsolatrendszere és követelményei, doktori (PhD) érkezés, ZMNE 2007. http://portal.zmne.hu/download/konyvtar/digitgy/phd/2007/berek_tamas.pdf Letöltve: 2013. március 28.

⁸ forrás: <http://www.geocities.ws/gasmasknl/germabc.html>, letöltés: 2013. március 28.



A test hőmérsékletének egy meglehetősen szűk értéktartományban kell lennie a maximális fizikai és mentális teljesítőképesség érdekében. A test természetesen több hőt termel munkavégzés közben, mint pihenés során. Normális körülmények között a test a többlet hőt az izzadság elpárologtatása útján vezeti el. A MOPP-felszerelés viselése gátolja ezt a mechanizmust, mert elszigeteli a viselője testét a környezettől és gátolja a vízgőz átjutását is. Az egyéni védőeszközben történő munkavégzés emellett egyébként is több hőt termel, mert a védőfelszerelésnek jelentős a többlettömege és némiképpen akadályozza a szabad mozgást is. Ezek következtében a test hőmérséklete rövid idő alatt jelentősen növekszik. Az egyén hőtűrő képességét számos paraméter befolyásolja:

- Az egyéni érzékenység.
- A pillanatnyi fizikai aktivitás.
- A hidratáció foka (a gyors vízvesztéssel hamar leromlik).
- A viselt ruházat.
- A hordozott plusz súly (teher).
- Az akklimatizáció mértéke.
- A fizikai kondíció.
- A fáradtság.
- A környezeti (időjárási) körülmények.

Ezek alapján több dolog is világosan megfogalmazható. Talán a legfontosabb a megfelelő kiképzés szerepe, amely növeli az állóképességet és egyúttal hozzászoktat az extrém körülményekhez (akklimatizáció). A másik megemlítendő észrevétel, hogy az ABV feladatok közül ezek alapján az a legmegterhelőbb, ahol a feladatot végrehajtó állomány nehéz, szigetelő védőöltözetet visel, relatíve hosszú ideig (pl. mentesítő alegységek).

A korábban már említett általános megoldásoknak megfelelően az egyéni ABV védőruházat felülvizsgálata is szükséges annak érdekében, hogy alkalmas fejlesztésekkel a viselők hőterhelése csökkenhessen. Ennek egy másik, speciális módja az ún. hűtőmellények rendszeresítése, amelyek ABV védőruházat, de egyéb védőfelszerelések, pl. repeszálló mellények alatt is alkalmazható. Feladata a test hőmérsékletének csökkentése, amelyet a légkondicionáló berendezések működésétől eltérően nem úgy érnek el, hogy a teljes környezet légterét hűtik,



hanem csak a test közvetlen felületének hőmérsékletét csökkenti, ezáltal hűtést és javuló komfortérzetet biztosítva. A hűtőmellény speciális járataiban hideg levegőt vagy folyadékot áramoltatnak, esetleg jeget vagy szárazjeget használnak a hő elvezetésére. A jelenleg rendszeresített egyéni ABV védőeszközökbe ez a kiegészítő nincs beépítve, külön eszközként a védőruházat alatt lehet csak alkalmazni, de a jövőben várhatólag megjelennek majd a beépített hűtő funkcióval is rendelkező védőruhák. Ez természetesen még jelentős fejlesztéseket igényel, nem is beszélve a jövőbeni beszerzések többlet-költség igényéről.

A kollektív védelem

A kollektív védelem lényege, hogy zárt terekben (óvóhelyek, védett létesítmények, harcjárművek) tiszta, szűrt levegőt biztosít annak érdekében, hogy az ott tartózkodók külső ABV szennyezettség esetén is szabadon tevékenykedhessenek, egyéni védőfelszerelés nélkül. Ezt általában egy speciális ABV szűrőberendezéssel ellátott pozitív nyomást (enyhe túlnyomást) biztosító levegő-ellátó rendszer üzemeltetésével biztosítják. A globális klímaváltozás által jelentkező magasabb hőmérsékletek joggal vetik fel az ilyen szűrőrendszerek összekapcsolását a hűtést biztosító légkondicionálókkal.

A védett létesítmények esetén a légkondicionálás beépítése nem okoz különösebb nehézséget. A harcjárművek esetében már gondot jelenthet, hogy a két rendszernek együttesen túl nagy a helyigénye, és a kollektív védelemmel már felszerelt járművek esetében a légkondicionálás beépítése meglehetősen bonyolult és költséges feladat. Kétféle hűtőrendszer használatos, az egyikben a küzdőteret, a másikban a személyi állomány védőruházatát hűtik. Ez utóbbira akkor kerülhet sor, amikor a kezelőszemélyzet védőruházatot visel. A legmodernebb harcjárművek ma már ún. környezetellenőrző rendszerrel vannak felszerelve, ami együtt működteti a kollektív ABV védelmi berendezést és a légkondicionálást.



2. ábra: Védett objektum ABV szűrőberendezése⁹

A hűtés csökkenti a küzdőtérben kialakuló hő okozta zavaró körülményeket. A harci bevetéseket végrehajtó katonának sokszor szélsőségesen meleg vagy/és nedves környezetben kell a tevékenységét végrehajtania. A kezelők felszerelése jelentősen növeli a testhőmérsékletet, ami indokoltá teszi a hűtőrendszer használatát. A küzdőtéri hűtés javított minőségű, hűtött/fűtött levegőt szolgáltat a küzdőtérbe. Az egyéni hűtés a kezelők ruházatát hűti. A hűtőrendszer kiválasztása függ a jármű fajtájától és az elsődleges feladatától. A legmodernebb harckocsik tartalmazzák az egyéni és a küzdőtéri hűtőrendszereket is.

Az ilyen berendezések tág hőmérsékleti tartományban biztosítják az üzemelést: -45 °C -tól $+55\text{ °C}$ -ig.



3. ábra: Integrált környezetellenőrző rendszerrel felszerelt harcjármű¹⁰

⁹ forrás: <http://www.bioquell.com/products/rigid-shelter-cbrn-filtration>, letöltés: 2013. március 28.



Az ABV felderítés

A felderítést végző személyi állomány egyéni védőfelszerelést visel, ennek problémakörét a korábbiakban már áttekintettem. Az ABV felderítés rendszerében viszont az emberi tényezőkön kívül megtalálható még számos eszköz és berendezés is: a riasztás eszközei, vegyi és biológiai harcanyag detektorok, sugárzásmérő berendezések és mintavevő felszerelések, amelyek mind meghatározott hőmérsékleti és páratartalom érték-tartományba lettek működésre tervezve.

Amennyiben a klímaváltozás következtében előálló hőmérsékleti (és/vagy páratartalom) értékek kívül esnek a berendezések tervezett üzemi tartományán, a mért értékek nem lesznek valóságok, mert a műszerek érzékenysége és válaszüzeje megváltozhat. Egyes kihelyezett érzékelők esetében bizonyos légszennyezők is befolyásolhatják a mérés eredményét, így például a lézeres távérzékelőket zavarja a porszennyezés.¹¹

A terepi körülmények között dolgozó ABV-védelmi mobil laboratóriumok működését szintén jelentősen befolyásolják a környezeti időjárási paraméterek. A korszerű elveknek megfelelően a működőképességet fenn kell tudni tartani -30 °C -tól $+50\text{ °C}$ -ig, maximum 90%-os relatív páratartalom mellett ($+30\text{ °C}$ -on). A légkondicionáló berendezéseknek folyamatosan biztosítaniuk kell, hogy a belső tér hőmérséklete 18 °C és 23 °C között maradjon.

Ezen követelmények egyrészt a jövőben felülvizsgálatra kell, hogy kerüljenek, másrészt szintén meg kell vizsgálni azt, hogy a korábban műszakilag helyesen méretezett elemek (légkondicionáló kapacitása, maximális energia-fogyasztás) továbbra is megfelelnek-e a klímaváltozás következtében előállt megváltozott körülmények között.

Az ABV mentesítés

Az ABV mentesítés alapfeladata a vegyi, biológiai és radiológiai jellegű szennyezések eltávolítása, lehetőség szerinti ártalmatlanítása a szennyezett

¹⁰ forrás: <http://www.bioquell.com/applications/vehicle-environmental-control>, letöltés: 2013. március 28.

¹¹ L. Halász.: The role of remote sensing equipment in air monitoring systems. NATO Series of Disarmament technologies Vol. 13. Kluivert, Dodrecht, 1997 (p.241-253)

L. Halász, P. Richter, L. Gazdag: Remote sensing of hazardous materials. Int Symp. Env. Problems in Centre and Eastern Europe, Budapest 12 -16 Oct. 1992. p. 236.

L. Halász: Remote sensing of CWA clouds. IV. Int Symp. On protection against of chemical warfare agents. Stockholm, 8 -11 June, 1992.



személyi állomány ruházatáról, fegyverzetéről, felszereléséről, járműveiről, valamint szükség esetén a terepről és a tereptárgyakról. Ez általában nagyméretű logisztikai támogatást igénylő, és meglehetősen időigényes feladat.



4. ábra: A Kärcher DECOCONTAIN 3000 GDS mentesítő jármű¹²

Az ABV mentesítést általában speciális hozzáadott vegyszerekkel végzik el. Mivel a kémiai reakciók sebessége hőmérséklet-függő, általánosan elmondható, hogy alacsony hőmérsékleten (téli körülmények között) a mentesítés hatékonysága csökken. 0 °C, a víz jéggé fagyása ugyancsak nehezíti a műveletet, ugyanis a rendszeresített mentesítési eljárások mind használnak vizet.

Extrém meleg körülmények között a legsúlyosabb probléma általában a vízhiány.¹³ Megfelelő körülmények esetén az édesvíz elméletileg pótolható tengervízzel, de utólag az első adandó alkalommal meg kell ismételni a mentesítést édesvíz alkalmazásával, mert a tengervíz sótartalma erősen korrozív hatású. A sótartalom már problémákat is okozhat, pl. melegítő rendszerekben, csővezetékben kiválás esetén eltömítheti a berendezések egyes elemeit.

A klímaváltozásra adható válaszok tehát: a logisztikai elemek erősítése, elsősorban vízz szállító és víztisztító kapacitás tekintetében, továbbá kutatás-fejlesztés a vízkihasználás hatékonyságának javítása érdekében. Emellett a vízszegény vagy vízmentes közegű mentesítési eljárások is fontosak lehetnek.

¹² forrás: http://www.hadmernok.hu/2012_4_szabo_foldi_berek.pdf, letöltés: 2013. március 28.

¹³ Padányi J.-Kohut L.-Koller J.-Lévay G.: Az éghajlatváltozás hatása a biztonságra és a katonai erő alkalmazására, Védelmi tanulmányok No. 63., ZMNE SVKI, Budapest, 2010. 26. oldal.



Következtetések

A klímaváltozás ténye ma már mért adatokkal alátámasztott, és hatásának jelentősége a katonai műveletekre tagadhatatlan. A hatás két területre koncentrálódik, egyrészt a mindennapok feladatait befolyásolja, másrészt igényt támaszt a katonai műveletek kiterjesztésére pl. katasztrófavédelmi feladatok terén. A klímaváltozás hat az emberekre, az építményekre, a járművekre és a felszerelésre egyaránt. Az ABV védelmet még erőteljesebben érinti, mint más szakterületeket, a jelentkező feladatok jellege és a végrehajtásuk körülményei okán.

A várhatóan mind gyakrabban jelentkező extrém meteorológiai helyzetek, a meteorológiai és hidrológiai eredetű természeti katasztrófák, főként a dominó-effektus okán, várhatólag megnövelik az ABV-védelmi feladatok számát.

Az ABV felszerelések használatát és további fejlesztésüket felül kell vizsgálni, hogy a klímaváltozás hatására jelentkező megváltozott követelményeknek az eszközök a jövőben is megfeleljenek. Várhatólag további jelentős kutatás-fejlesztéseket fog igényelni a katonák ellátása megfelelő felszereléssel, így például korszerűbb egyéni ABV-védelmi ruházattal, szélesebb környezeti hőmérséklet-tartományban is megbízhatóan üzemelő fegyverzettechnikai és elektronikus eszközökkel, valamint a megváltozó, szélsőséges körülmények között is hatékony mentesítő technológiákkal, technikákkal. Ez párhuzamosan felveti az ABV-védelmi szakkiképzések rendszerének szükséges mértékű átalakítását is.

Irodalomjegyzék

- IPCC Interim Working Group Report 1, April 2007; IPCC Synthesis Report, November 2007.
- Reményi Károly: Magyar Tudomány, 171, 44-48. (2010). (in Hungarian)
<http://www.matud.iif.hu/2010/01/09.htm> Letöltve: 2013. március 28.
- Muzsnay Csaba: Műszaki Szemle (EMT) (2010) Y 49, 29-35 Cs. Muzsnay, a) Stud. Univ. Babeş-Bolyai, Ser. Chem. (1984) 29, 49. b) Magy. Kém. Foly. (1987) 93(2) 54 (in Hungarian)
- F. M. Miskolczi, a) Időjárás (2007) 111, I, 1-40. b) Energy & Environment (2010) 4, 243-262.
- c
- COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Accompanying document to the WHITE PAPER Adapting to climate change: Towards a European framework for action
Brussels, 1.4.2009 SEC(2009) 416
- Berek Tamás mk. őrnagy: A túlélést biztosító ABV rendszabályok, valamint a felkészítés kapcsolatrendszere és követelményei, doktori (PhD) érkezés, ZMNE 2007.



http://portal.zmne.hu/download/konyvtar/digitgy/phd/2007/berek_tamas.pdf, Letöltve: 2013. március 28.

L. Halász.: The role of remote sensing equipment in air monitoring systems. NATO Series of Disarmament technologies Vol. 13. Kluivert, Dodrecht, 1997 (p.241-253)

L. Halász, P. Richter, L. Gazdag: Remote sensing of hazardous materials. Int Symp. Env. Problems in Centre and Eastern Europe, Budapest 12 -16 Oct. 1992. p. 236.

L. Halász: Remote sensing of CWA clouds. IV. Int Symp. On protection agains of chemical warfare agents. Stockholm, 8 -11 June, 1992.

Padányi J.-Kohut L-Koller J-Lévay G.: Az éghajlatváltozás hatása a biztonságra és a katonai erő alkalmazására, Védelmi tanulmányok No. 63., ZMNE SVKI, Budapest, 2010. ISBN:978-963-7060-97-7



A szélsőséges környezeti hőmérséklet katonai ruházatra gyakorolt hatása, a ruházat kiválasztásának és fejlesztésének irányai

Benkicsné Czagány Tünde

Honvédelmi Minisztérium Fegyverzeti és Hadbiztosi Hivatal, Haditechnikai Intézet

Tartalmi kivonat

Tanulmányom készítése során megvizsgáltam a klímaváltozás katonai ruházatra gyakorolt hatását és a környezet hatását a textilanyagokra. A nemzetközi hadi ruházati trendek tanulmányozása végeredményeként, a kapott adatok megfelelő képet nyújthatnak egy újszerű katonai ruházat kialakításához és a Lövész 2020 projekt ruházati fejlesztési szakasz megvalósításához.

Kulcsszavak: *klímaváltozás, környezet, katona, ruha, textil, fejlesztés, vizsgálat, trend*

Abstract

In preparing my study I examined the impact of climate change on military clothing and the environment effects on textile materials. As a results of my study the international military clothing trends, the obtained data may provide a correct picture for the implementation of novel design of military clothing and development phase in the project of Infantryman 2020.

Keywords: *climate change, military clothes, trend, military research*

Bevezetés

Napjainkban a globális felmelegedés és klímaváltozás hatással van ránk és a környezetünkre. Évtizedek óta számtalan tanulmány és értekezés nyújt átfogó képet a Földünket sújtó különböző éghajlat- és időjárás változásról. Ám ezzel kapcsolatban kevés tanulmány áll rendelkezésünkre, amely a ruházat azon területét vizsgálja, amely az emberi test megfelelő védelmével foglalkozik. Mivel a Magyar Honvédség katonái hazánk NATO- tagságából és nemzetközi kötelezettségvállalásából missziós



szolgálatot látnak el a világ különböző pontjain extrém időjárásnak kitéve, ezért a szélsőséges környezeti hőmérséklet katonai ruházatra gyakorolt hatásának vizsgálata kiemelt jelentőséggel bír.

A katonai ruházat jelentős változásokon ment keresztül a 20. században, és ebben kiemelt jelentősége van a katonai műveletek során nyert tapasztalatoknak. A ruházat funkciója és szerepe a katonák komfortérzetének kialakításában, biztosításában alapvető. Az öltözetnek határozott funkciója van, és a viselési körülmények alapvetően meghatározzák, mikor milyen ruházat viselése optimális. Azon kívül, hogy szépnek, praktikusnak, kényelmesnek, egészségesnek, jól és könnyen tisztán tarthatónak kell lennie, a ruházatnak fontos élettani szerepe is van, és az ebből eredő követelményeknek is eleget kell tennie.

A ruházat viselésének élettani hatásai bonyolult fizikai folyamatokra vezethetők vissza, ezekkel a folyamatokkal foglalkozik a ruházatfiziológia.

A ruházat fiziológiai hiányossága említhető a 2. magyar hadsereg doni tevékenysége esetében. A rosszul felszerelt, az orosz télre fel nem készült magyar katonák hatalmas túlerővel álltak szemben. Sokezer ember halt meg az ellenséges tűzben, és az ennél is veszélyesebb orosz télben. A 2. Magyar Hadsereg doni katasztrófája során nyert tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a szélsőséges, gyakran változékony környezetben végzett katonai szolgálat során a megfelelő védőruházat viselése elengedhetetlen.

Az afganisztáni misszió is a donihoz hasonló szélsőséges időjárási körülmények között teljesít szolgálatot, melyből következik, hogy a missziós szolgálatra küldendő katonákat a várható időjárási körülményeknek megfelelően kell felkészíteni. A hideg, illetve forró környezetben végzett szolgálat általában nehezebben viselhető el, mint a semleges környezetben végzett feladat.

Cikkemben átfogó képet szeretnék nyújtani az extrém környezeti hőmérséklet katonai ruházatra gyakorolt hatásairól, a megfelelő ruha kiválasztásáról és az előremutató fejlesztési irányzatokról hazai és nemzetközi viszonylatban.

A doni katasztrófa ruházatfiziológiai hatása a magyar katonai ruházatra

A XVIII. századtól napjainkig a katonai egyenruhák számos változáson mentek keresztül, de kutatási témámhoz leginkább kapcsolódó történelmi jelentőséggel bír a sokáig elhallgatott, több tízezer magyar katona halálával járó doni tragédia bír.



1. ábra: Menetelő magyar katonák a Don-kanyarban

(<http://www.bumm.sk/15214/don-kanyar-65-eve-semmisult-meg-a-2-magyar-hadsereg.html>
2013.02.22)

A magyar hadsereg felszereltsége még ma is vita tárgya, az azonban biztos, hogy jelentősen elmaradt a szövetséges német és az ellenséges szovjet csapatokhoz képest. Nem elég, hogy hadifelszerelésben hiányt szenvedett a magyar hadsereg, de az extrém hideghez sem tudott megfelelően alkalmazkodni. A hivatalos adatok szerint január 16-án és 18-án volt a leghidegebb, -19 Celsius-fok, ami ugyanakkor jelentősen elmarad a túlélők beszámolóiban olvasható -40 -tól.

A magyar hadsereg ruházata a következőképpen nézett ki: 2 darab alsó-felső fehérnemű, 4 pár kapca, egy-egy kimenő és gyakorló ruházat, posztósapka, zubbony, nadrág, köpeny, egy pár lábbeli és egy rend zsavolyruházat (len-pamutvászon ruhával). Téltre gyapjúkaptát, meleg alsó-felső fehérneműt és téli kesztyűt adtak ki. Azonban az utánpótlás jelentősen akadozott, a felszerelés pedig a szolgálat során elhasználódott, szétfoslott. Ráadásul a mosási lehetőségek is korlátozottak voltak.¹

A magyar hadiruházat

A magyar hadiruházat az utóbbi évtizedekben jelentős változásokon ment keresztül, és ebben kiemelt jelentősége van a háborúk idején nyert tapasztalatoknak is. A XX. század elején a színes ruházatot már khaki színűre cserélték, majd pedig a világháborúk során a foltmintás ún. terepszínű ruházat használata került előtérbe. A ruházat fejlődése során a zubbony helyét a kevlárból készült védőmellény,

¹ <http://www.workmed.hu/donkanyar.html> Letöltve: 2012.11.12



kerámiával kiegészítve vette át. A korábban a zubbonyon jól használható zsebek méretének és elhelyezésének megváltozása és a fokozott izzadás csökkentette a katonák komfortérzetét. A komfortfokozat növelése céljából a védőmellény alatt viselhető, az izzadást csökkentő „pulóver-zubbony” bevezetése nagy segítséget jelenthet az iraki és afganisztáni katonai missziók során. A többretegű ruházat lehetővé teszi, hogy a katonák alkalmazkodhassanak a változó hőmérséklethez és az időjárási viszonyokhoz.

A Magyar Honvédség katonái az érvényes katonai ruházati szabályzat szerint öltözködnek, amely tartalmazza a ruházatok megfelelő évszakhoz, alkalomhoz illő változatait.

A katonai egyenruházat a hadviselésre vonatkozó nemzetközi egyezményekben meghatározott követelményeknek megfelelően kifejezi a Magyar Honvédséghez való tartozást, továbbá háborúban és békében megfelel a haderőnemi, fegyvernemi sajátosságoknak és a fokozott igénybevételi kívánalmaknak.

A gyakorló ruházat alapanyagának a vonatkozó műszaki leírásban foglalt követelményeknek kell megfelelniük. Fontos és a katonára kiható tulajdonság a területi sűrűség, fonalsűrűség, légáteresztés, színtartóság. Mindennapi munkám során ezeknek a műszaki és kémiai vizsgálatoknak teszem ki az alapanyagokat. Az alapanyagokat befolyásolja a megfelelő szövés, festés és előkészítés, amely a viselési kényelmet is befolyásolja.

Magyar Honvédség általános hadi gyakorló öltözete

A Magyar Honvédség általános hadi gyakorló öltözete a 93M gyakorló zubbony és nadrág, télen sávoly kötésű, nyáron megerősített vászon kötésű. A téli időszakokban a 90M gyakorló zubbony és nadrág (vatelines béléssel) hordható. A 2000M gyakorló zubbony és nadrág megerősített vászon alapanyagból kifejezetten a nyári viselet része. A 90M és 2000M általános hadi- (gyakorló-) öltözetet viseli (az ejtőernyős – mélységi és csapatfelderítő –, a tűzszerész és hadihajós, a repülőszerelő és a szakfeladatot végrehajtó repülőhajózó állomány kivételével) a Honvédség tényleges állománya. A 90M és 2000M általános hadi-(gyakorló-) öltözetet viseli az állomány béketámogató, és a Honvédség feladatát képező egyéb műveletek – katasztrófaelhárítás, humanitárius segítségnyújtás, terrorelhárítás stb. – során, harcászati gyakorlalon, terepen végrehajtott foglalkozások alkalmával, alaki



szemlén, készenlét fokozásakor, katonai rendezvényeken, továbbá ha a sorakozás (felvonulás) fegyverrel vagy haditechnikával történik.²



2. ábra: balról jobbra: Általános hadi gyakorló öltözet
(A Magyar Honvédség Öltözködési Szabályzata, Magyar Honvédség Kiadványa, 2006)

A 2003M sivatagi hadi- (gyakorló-) öltözetet a Magyar Honvédség kijelölt hivatásos és szerződéses állománya, ENSZ, NATO, illetőleg EU műveletekben való részvétel során, extrém sivatagi időjárási körülmények közötti szakfeladat végrehajtásakor viseli.

2003-ban a Magyar Honvédség az iraki sivatagban kellett, hogy helyt álljon. Korábban a Sínai-félszigeten már teljesítettek szolgálatot a katonáink, de az nem sokban hasonlított az iraki területen végzendő feladatokhoz. Az új terep új felszerelést is igényelt, ugyanis békefenntartás és üzemeltetés helyett, szállító feladatokat kellett végrehajtani. Ennek során rövid idő alatt új egyenruhát szereztek be, és huzatokat készítettek a sisak és mellény számára. Később rendszerbe került új polár pulóver, polár sapka, gore tex esővédő és az egész haderőben lecserélték a régi bakancsot az új Haix P3-asokra. Az új sivatagi egyenruha a 2003M nevet kapta.

A rendszerben lévő magyar gyakorló ruházat megfelel a kor színvonalának. A missziós feladatok ellátása során nem gátolják a katonát a feladatvégzésben, ám

² A Magyar Honvédség Öltözködési Szabályzata, Magyar Honvédség Kiadványa, 2006



ruházatfiziológiai szempontból a katona komfortérzete nem megfelelő. Missziós szolgálatokról hazatérő magyar katonák külföldi katonák tapasztalatcseréjével gazdagon, átfogó képet nyújtanak a megfelelő nemzetközi ruházatról. Így megállapítható hogy a nemzetközi trendek túlmutatnak a magyar katonai ruházaton.



3. ábra: 2003 M gyakorló öltözet



4. ábra: 2003 M gyakorló öltözet téli változata

(A Magyar Honvédség Öltözködési Szabályzata, Magyar Honvédség Kiadványa, 2006)

III. generációs védelmi rendszer az amerikai hadseregben

Az ECWCS, vagyis Extended Cold Weather Clothing System – hideg időjárási ruhakészlet, a katona teljes téli ruházatát magába foglalja, ami körülbelül 40 ruhadarabot jelent. Az összes téli ruházat a réteges öltözködés elvére épül, tehát minél több réteget veszünk magunkra, annál jobban vagyunk védve a hidegtől. Az ECWCS-be teljesen beöltözve 7 réteg véd minket. Az első réteg a polipropilén alsónemű és alsó ruházat, míg az ötödik a két részes, téli álcázó színű nadrág és kabát. Tehát a rendszerbe tartozik minden, kezdve a zoknitól a több réteg kesztyűn át a sapkáig és a több rétegű téli bakancsig. A harcoló amerikai hadsereg szintén szélsőséges környezeti feltételeknek van kitéve, meleg, száraz, nedves időjárás plusz 60° vagy magasabb hőmérséklet, vagy az extrém hideget meghaladó akár mínusz 40°C-on kell szolgálatot teljesítenie.



A GEN III ECWCS az áttervezése az előző generációs ECWCS–nek az amerikai hadseregnél. Az extra hideg ellen védő ruházati rendszer fokozza a katona túlélési esélyeit minden éghajlaton.³

Rétegek	Felsőrész	Nadrág
1. réteg: Technikai trikó és nadrág aláöltözet		
2. réteg: középső réteg trikó és nadrág aláöltözet		
3. réteg: Polár kabát		-
4. réteg: Szél kabát		-
5. réteg: Külső hideg elleni védő kabát és nadrág		
6. réteg: Extrém hideg időben védelmet nyújtó esővédő kabát és nadrág		

³ <http://www.adsinc.com/company/solutions/clothing-programs/gen-iii-ecwcs/> Letöltve: 2013.01.20.



1. táblázat: GEN III ECWCS - Amerikai Hadsereg hideg időjárás ruha készlete

(<http://www.adsinc.com/company/solutions/clothing-programs/gen-iii-ecwcs/> 2013.01.20.)

Összehasonlítva a két haderő gyakorló, valamint harci ruházatát, arra a következtetésre jutottam, hogy a réteges öltözködés a szélsőséges éghajlati viszonyok között elengedhetetlen a túlélési esély növelése szempontjából.

Réteges öltözködéssel lehet fenntartani az optimális testhőmérsékletet különböző éghajlati viszonyok között. Nemcsak a testen lévő ruhadaraboknak kell megfelelő réteget alkotniuk, hanem az alapanyagoknak is. Így kiemelném a membrános bevonattal ellátott anyagokat vagy a thermo béléssel készült kabátokat, valamint a vatta töltetű melegbélést.

A Magyar Honvédség általános hadi gyakorló öltözetének újragondolását javaslom a megfelelő ruházati rétegek felhasználásával.

A hadi gyakorló öltözet kialakításának szempontjai

Az ember optimális „működése” csak bizonyos hőmérsékleti határok között lehetséges. Az emberi test fiziológiai működésében változás figyelhető meg, ha környezetének hőmérséklete egy bizonyos határt meghalad, emelkedik vagy csökken. A változást a szervezet csak részben tudja kompenzálni a testhőmérsékletet szinten tartó mechanizmusaival. További hőmérséklet emelkedés vagy csökkenés – a megfelelő védekezés nélkül – a szervezet fizikai károsodását idézi elő, amely szélsőséges esetben halálhoz is vezethet.

Megfelelő ruházatban az átlagos bőrhőmérséklet kb. 33 Celsius fok. Az ember kellemes, meleg érzetéhez 30-35 Celsius fokos bőrhőmérséklet szükséges. Az ember testhőmérséklete a nap folyamán többször változik, ingadozik.

Testhőmérsékletünk állandóságát számos tényező veszélyeztetheti, befolyásolhatja, ezek közül a környezeti tényezők behatása a legerősebb. Emelkedő környezeti hőmérséklet hatására, vagy az izommunkának köszönhető hőtermelés mellett, a testhőmérséklet csak a működésbe lépő regulációs mechanizmusok révén maradhat állandó.



A ruházat fiziológiailag fontos tulajdonságai, a ruházattal szembeni elvárások:

- tegye lehetővé, hogy a bőrfelület még igen nagy fizikai igénybevétel (erős izzadás) után is gyorsan megszáradjon a nedvességszállítás révén;
- megfelelő szellőzést biztosítson a testnek, légáteresztő legyen;
- hidegben és nagy melegben biztosítsa az emberi test és környezet közötti hőszigetelést;
- ne akadályozza a légzést, vérkeringést, a szabad mozgást, emésztést és más testi funkciókat;
- legyen kis tömegű, vastagságú, és elasztikus, hogy ne növelje feleslegesen a mozgás energiaszükségletét;
- védje a testet a mechanikai, fizikai, vegyi ártalmakkal szemben;
- jól tisztítható legyen.

Az említett követelményeket egy rétegből álló ruhadarab nem elégíthet ki, csak a réteges ruházat.

A ruházat fiziológia, a katonák részére kiemelt jelentőségű, mivel a ruházat jelenti a legszűkebb környezetet, amelyben él. A cél a katonák jó közérzetének biztosítása. A jó közérzet és a teljesítőképesség a környezet klímafeltételeitől és a ruházat által biztosított mikroklimától függ. A ruházat egészének legfontosabb élettani funkciója az, hogy segítsen az emberi test hőmérsékletét viszonylag állandó értéken tartani, és a cél az, hogy a napi hőmérsékletingadozás ne haladja meg a 0, 7-1, 5 °C-ot.⁴

A viselési kényelemmel összefüggő vizsgálatok

Tapadás: Vizsgálható a ruhadarabnak az izzadt (nedves) testre tapadása, illetve annak mértéke. Ennél egy porózus, szinterezett (elektrosztatikus porszórással érdesített) üveglap helyettesíti a bőrt, amelyet állandóan nedvesítenek (mintha „izzadna”) és egy készülék segítségével mozgatják rajta a vizsgálandó textilanyagot. Az ehhez szükséges erő kifejtést mérik, ami tehát utal arra, mennyire tapad a kelme az „izzadt bőrfelülethez”. A mért értékhez egy mérőszámot, ún. tapadási indexet rendelnek.

A ruhadarab és a test érintkezési pontjai: Megfelelő érzékelőkkel és egy képfeldolgozó rendszer segítségével a próbababán megszámlálják, hány helyen érintkezik a ruhadarab a bőrfelülettel. Ez összefüggésben van azzal is, hogy a kelme

⁴ Dr. Révai Tamás: A védőruházat jelentősége a hidegkörnyezetben végzett katonai szolgálat során Hadtudományi Szemle Budapest, 2010. 3. évfolyam 1. szám



belső felülete mennyire bolyhos. Az érintkezési pontok számát az ún. felületérintkezési indexszel adják meg.

A kelme hajlékonysága: Ez a textiliparban már régóta rendszeresen vizsgált tulajdonság – amelynek mérésére nemzetközileg szabványosított módszerek állnak rendelkezésre – választ ad arra, hogy viselés közben mennyire érződik merevnek, keménynek a ruhadarab, mennyire kell arra számítani, hogy ez kellemetlen viselési érzetet kelt. Természetesen az a jó, ha a kelme minél lágyabb, minél hajlékonyabb.

Nedvszívó és nedvességtovábbító képesség: A közvetlenül a bőrön viselt ruházat igen fontos tulajdonsága a nedvszívó képessége, illetve az, hogy mennyire és milyen gyorsan képes a nedvességet felszívni a bőrről és a külső rétegek felé továbbítani. A nedvességtovábbítás sebességét mérik és ebből egy mérőszámot, az ún. nedvességszállítási indexet alkotnak.⁵

A Magyar Honvédség legújabb fejlesztése a 2008M esővédő ruházat

Magyarországon a hivatásos tiszti, tiszthelyettesi, továbbá a szerződéses légénységi állomány igénye alapján a rendszerben lévő esővédő ruházat, a gyakorló kabát és az alsóruházat leváltása, illetve helyettesítése vált szükségessé. A megjelenő új alapanyagok egyre nagyobb védelmet biztosítanak viselőjüknek a különböző időjárási viszonyok között végrehajtott feladatok során.

Az időjárási körülmények figyelembe vételével, a téliesíthető, esővédő gyakorló kabát és esővédő gyakorló nadrág, illetve alsóruházat alapanyagával azonos, vagy azzal összhangban lévő, azt kiegészítő termékkel történt az ellátás.

Az ilyen speciális anyagból készült ruházatok használata növeli a tevékenységek hatékonyságát. A meleg bélés réteget, 285-325 g/m² súlyú, szintetikus, magas hőszigetelő képességű, melegtartó anyagból készült. A bőr felületét nem irritálja. A speciális szálból készülő, réteget anyag biztosítja a megfelelő komfortérzetet, tartja a test hőmérsékletét.

A hivatásos tiszti, tiszthelyettesi, továbbá a szerződéses légénységi állomány igénye alapján a rendszerben lévő esővédő ruházat, a gyakorló kabát és az alsóruházat leváltása, illetve helyettesítése vált szükségessé. A megjelenő új alapanyagok egyre nagyobb védelmet biztosítanak viselőjüknek a különböző időjárási viszonyok között végrehajtott feladatok során.

⁵ <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ruh%C3%A1zatfiziol%C3%B3gia> Letöltve: 2012.12.11.



5. ábra: balról jobbra 2008 M esővédő ruházat kapucnival, előről, hátulról
(Kiss Gergelyné: Jöhet az eső, a szél, a hideg ... Haditechnika, 2011. évi 1. szám)

Az új, háromrétegű esővédő anyag tereptarka szövetből, membránból és fonákoldali védőrétegből áll. Ennél az anyagnál a membrán hatékonyabb védelmet nyújt esővel, széllel, valamint hideggel szemben. Tartósan víz- és szélzáró, 50 mosás után (60 °C-os mosás/szárítás szabadon) a rétegek nem válhatnak szét, nem képződhetnek hólyagok. Mivel a membrán lélegző képes, csaknem akadálytalanul engedi a testnedvességet, izzadtságot vízgőz formájában a környezetbe távozni azért, hogy viselője megfelelő komfortérzettel rendelkezzen. A jó tulajdonságok megtartása érdekében az ilyen anyagból készült termékeknél a varratokat az esővédő anyaggal azonos minőségű hegesztőszalaggal zárják le. A fizikai erőfeszítést igénylő tevékenységnél nem kell tartani túlzott kimelegedéstől, de a tevékenység szüneteiben sem fázik használója.⁶

Összefoglalás

A klímaváltozás hatásai folyamatosan befolyásolják a világot, nem kis tragédiákat okozva a Földön. A változó időjárás, a szélsőséges évszakok eltolódása nem csak a természetet és környezetünket, hanem az emberi életet is veszélyeztetik.

⁶ Kiss Gergelyné: Jöhet az eső, a szél, a hideg ... Haditechnika, 2011. évi 1. szám



Az egyetlen lehetőség az éghajlatváltozás megakadályozására a közös nemzetközi összefogás. A Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia integrációs elvének megfelelően a Magyar Honvédség sem vonhatja ki magát ebből a feladatból, annál is inkább, mert veszélyeztető és veszélyeztetett egyszerre.⁷ Hazánk katonái szélsőséges hőérzetnek vannak kitéve. (Ciprus, Nyugat-Szahara, Afganisztán). A harctéri kitétségnél a katona élete a legfontosabb. Így a megfelelő ruházat tervezésénél fontos, hogy feleljen meg a hőmérsékleti és a szélsőséges időjárási körülményeknek, a hőmérséklet, a csapadék és a szél behatásainak, valamint a fizikai igénybevétel szintjének és tartamának. A jó közérzet és teljesítőképesség a környezet klímafeltételeitől és a ruházat által biztosított mikroklímától függ.

A textilipar olyan védőruházattal kíván a klímaváltozásnak kitett katonák ruházati ellátására választ adni, amelyek védelmet nyújtanak a környezet káros hatásai ellen. A megjelenő új alapanyagok egyre nagyobb védelmet biztosítanak viselőjüknek a különböző időjárási viszonyok között végrehajtott feladatok során.

A Magyar Honvédség ruházati fejlesztése új szakaszához érkezett. 2008-ban egy új, többrétegű esővédő ruházatot fejlesztettek ki. Ez a ruházati rendszer megfelel a műszaki követelményeknek, mely csapatpróba után rendszeresítésre került. Megvizsgáltam a rendszerben lévő 2008M esővédő ruházatot, melynek továbbfejlesztését javaslom. Magas költségei ellenére (missziós feladat során) jelentős komfortnövekedést okozhat.

Összehasonlítottam az amerikai és hazánk általános hadi gyakorló ruházatát, annak képességeit. Arra a következtetésre jutottam, hogy a réteges öltözködéssel lehet fenntartani az optimális testhőmérsékletet különböző éghajlati viszonyok között. Nemcsak a testen lévő ruhadaraboknak kell megfelelő réteget alkotniuk, hanem az alapanyagoknak is.

A jövőben olyan ruházat tervezését kell lehetővé tenni, amely a katona mindenkorai tevékenységének legmegfelelőbb mikroklímát tudja biztosítani, és ezzel a tevékenységhez optimális viselési körülményeket teremt. A védőruhán át a katonákat érő hőáramlásnak olyannak kell lennie, hogy a viselés időtartama alatt összegyűlt hideghatás a védendő testrész bármely pontján - beleértve a kéz és láb ujjvégeit is -, egyetlen esetben se érje el a fájdalomküszöböt, sem pedig azt a szintet, amely bármilyen ártalmat jelentene az egészségre. A körülményekhez és a védőruházathoz

⁷ Padányi J.-Kohut L.-Koller J.-Lévay G.: Az éghajlatváltozás hatása a biztonságra és a katonai erő alkalmazására, Védelmi tanulmányok No. 63., ZMNE SVKI, Budapest, 2010. 89. oldal.



igazodóan megfelelő hőszigeteléssel ellátott védőlábbalit valamint védőkesztyűt is biztosítani kell a hidegstressz kockázatának csökkentése céljából. A ruhához csatlakozó más egyéni védőeszközöknek védelmi képességben azonosnak kell lenniük a ruházattal. Figyelembe kell venni, hogy a test teljes felületén egymáshoz illeszkedő, kifogástalan védelmet biztosító védőeszközökkel lássuk el a hideg környezetben szolgálatot teljesítő katonákat. Fontosnak tartom a megfelelő alapanyag kiválasztását a komfortérzet miatt, mely lehetőleg jó hőszigetelő, adott esetben légáteresztő és nedvességfelszívó vagy elvezető legyen. Napjainkban a megjelenő új alapanyagok egyre nagyobb védelmet biztosítanak a különböző időjárási viszonyok ellen. Az új alapanyagok a nedvességet és a testpárát nem felszívják, hanem elvezetik a bőr közvetlen felületéről, ezzel növelik a komfortérzetet. A melegtartást, szigetelő képességet az üreges szerkezetű szálak, a hővisszaverést fokozó alupigmentált anyagok segítik.

Javasolom a 2008M esővédő ruházat továbbfejlesztését követve, a jelen kor modern alapanyagait, intelligens textíliákat alkalmazva, valamint a nanotechnológiát felhasználva ezzel is a „Lövész 2020” projekt fejlesztési stádiumát támogatva.

Irodalomjegyzék

<http://www.workmed.hu/donkanyar.html> 2012.11.12

A Magyar Honvédség Öltözködési Szabályzata, Magyar Honvédség Kiadványa, 2006

<http://www.adsinc.com/company/solutions/clothing-programs/gen-iii-ecwcs/> 2013.01.20.

Dr. Révai Tamás: A védőruházat jelentősége a hidegkörnyezetben végzett katonai szolgálat során, Hadtudományi Szemle Budapest, 2010. 3. évfolyam 1. szám

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Ruh%C3%A1zafiziol%C3%B3gia> 2012.12.11.

Kiss Gergelyné: Jöhet az eső, a szél, a hideg ... Haditechnika, 2011. évi 1. szám

Padányi J.-Kohut L.-Koller J.-Lévay G.: Az éghajlatváltozás hatása a biztonságra és a katonai erő alkalmazására, Védelmi tanulmányok No. 63., ZMNE SVKI, Budapest, 2010.



A természetes háttér – éghajlatváltozás okozta – változásának hatása a harctéri álcázásra

Nagy István

Honvédelmi Minisztérium Fegyverzeti és Hadbiztosi Hivatal, Haditechnikai Intézet

Tartalmi kivonat

A katonák harcképességének fenntartása és fokozása érdekében megvizsgáltam, a globális felmelegedés hatását a természetes növénytakaróra. Digitális képfeldolgozás segítségével az idősor alapú ortofotókon változásdetektáláson alapuló statisztikus szín- és morfológiai elemzést végeztem.

Kulcsszavak: *álcázás, változásdetektálás, légifelvétel elemzés*

Abstract

To maintain and enhance the fighting ability of soldiers I examined the effects of global warming on the natural vegetation. With the help of digital image processing I used the change detection based statistical color and morphological analysis on the time series aerial photos.

Keywords: *camouflage, air-photo analysis, changing rectification*

Bevezetés

A harctéri álcázás rendszeres megújulásának igényét törvényszerűnek tekinthetjük. Ez egyrészt származhat a felderítő eszközök érzékelőiben, illetve komplexitásában tapasztalható, az utóbbi évtizedben bekövetkezett ugrásszerű fejlődésből. Másrészt a különféle hadszínterekhez (missziós feladatok) történő gyors adaptálódási kényszerből is. Az előzőeken kívül az álcázás területén napjainkra kialakult intenzív kutatásoknak egyéb kiváltó oka is lehet. Feltevésem szerint az egyik mozgatórugó, a globális felmelegedés okozta éghajlatváltozás, amely komoly kihatással van az álcázási környezetre. Ha a természetes növénytakaróban szignifikáns változás érzékelhető, akkor törvényszerű, hogy a harci technika és a



katonák túlélőképességének érdekében ezt a harctéri álcázásban is érvényre kell juttatni.

E cikk célja, hogy a látható fény (0,38-0,76 μ m) tartományban, egy korszerű módszerrel, vagyis az utóbbi évtizedekben Magyarországról készült digitális légi felvételek elemzésével kimutassa, hogy hogyan és milyen mértékben változott az álcázás szempontjából kulcsfontosságú természetes növénytakaró, és ezt milyen módon kell érvényre juttatni az álcázás során. Feltételezésem szerint a globális felmelegedés hatására az álcázó színek árnyalatai eltolódnak a világosabb irányba, illetve az álcázó foltméretek csökkentésével is számolni kell.

A cikkben Magyarország területéről a harci tevékenységhez mind domborzatilag, mind növénytakaró szempontjából legjobban illeszkedő terepszakaszokról az elmúlt két évtizedben készült digitális ortofotókon végeztem változásdetektálást. A vizsgálat jellemzően a növénytakaróban bekövetkezett változást hivatott kimutatni. A kitűzött célt a számítógépes képfeldolgozás eszközzel (szín és intenzitás alapú szegmentálás, képi információregisztrálás) kívántam elérni, az álcázás hatékonyságát befolyásoló paraméterekben bekövetkezett változások bemutatásával, kinyerésével. Ezek az adatok a matematikai statisztikai módszerekkel (szórás analízis, átlagszórás) elemzést végeztem, és igyekeztem az eredményeket különböző típusú diagramokkal minél szemléletesebbé tenni. A kiindulási információként szolgáló ortofotó képek kiértékelését a FÖMI (Földmérési és Távérzékelési Intézet) által szolgáltatott digitális ortofotó felvételeken, Matlab fejlesztői környezetben készített alkalmazással végeztem.

A természetes környezet változásának mérése idősor alapú ortofotókon

Hazánkra, tehát a mérsékelt éghajlati övezetre, ezen belül a száraz kontinentális éghajlatra terepfedezet szempontjából legjellemzőbb természetes háttér a füves rét, bokros terület, a lombos, illetve fenyves erdő, sziklás táj, homokos, vagy vizes, mocsaras terület. Ez növényzetileg és színösszeállításában rendkívül változatos és jellege az évszaktól, napszaktól jelentős mértékben függ. Bizonyos közös jellegzetességek azonban terepfedezet típusonként mégis fellelhetőek, és ezek felismerése, tudatos alkalmazása a hatékony álcázás alapfeltétele. Tavasszal, nyáron és koraősszel, az uralkodó szín a lombzöld, a fűzöld és a keki. Későősszel a növénytakaró szempontjából domináns az okkersárga (sárga levélzet és elszáradt fű)



majd lombhullás után a kéregbarna (a fák csupasz ágai), amit végül télen a szürke és fehér valamint a sötétbarna kontrasztja vált fel. Azonban felmerül a kérdés, mennyiben változik a globális felmelegedés hatására a növénytakaróra jellemző uralkodó szín?

A hazánkat érintő klímaváltozással kapcsolatban több tanulmány is kitér a növénytakaróban bekövetkezett változásokra. Ezt a legszemléletesebben a 2010 és 2012 között a Szegedi Tudományegyetemen készített, s a klímaváltozással kapcsolatos tanulmány foglalja össze: „Az elmúlt két évtizedben mérhető változások történtek a vegetációfoltok méretében, alakjában és fajtakészletében. Mivel a vegetációfoltok is változnak, a köztük lévő határok és határzónák helye és szélessége is változik”.¹ A katonák a harcérintkezés során nagymértékben támaszkodnak a vegetáció nyújtotta álcázási lehetőségekre.

A vegetációs mintázat változásának vizsgálata megkívánja az újabb módszerek alkalmazását. Egy ilyen viszonylag új, de nem kellően kihasznált módszer a légi felmérés, vagyis a légi fényképezés.² A módszer lényege a távérzékelésen alapul, mely lehetővé teszi nagy területek átfogó vizsgálatát. Azonos területekről több éven keresztül készített, úgynevezett idősor alapú légi felvételeken jól nyomon lehet követni a természetes növénytakaró változását.

Az American Photogrammetric Association meghatározása alapján a távérzékelés az a tudományág, amely a tárgyra vagy a jelenségekre jellemző információk beszerzésével és mérésével foglalkozik, és olyan rögzítő berendezéseket alkalmaz, amelyek nincsenek közvetlen (fizikai) kapcsolatban a vizsgált tárggyal vagy jelenséggel. Vagyis a távérzékelés a gyakorlatban az elektromágneses hullámok rögzítését és az így nyert információrendszer feldolgozását jelenti. A vizsgálat tárgya általában a föld- és a vízfelszín, a növénytakaró és a talaj felső rétegei. Az érzékelő műszer nincs közvetlen kapcsolatban a vizsgálat tárgyával, azaz általában repülőgépen vagy műholdon elhelyezett szenzor alkotja. Alapvetően kétfajta érzékelési módot lehet megkülönböztetni. Passzív rendszer esetén a sugárzás forrása a Nap (reflektív sugárzás) vagy maga a vizsgált objektum (emisszív sugárzás), ahol a mért hullámhossz-tartomány az optikai tartomány egy része. A passzív távérzékelésben

¹ János Rakonczai, Zsuzsanna Ladányi: Review of climate change research program at the University of Szeged (2010–2012) (tanulmány).- Szeged: Institute of Geography and Geology, 2012.

² Mike Zsuzsa: Légifénykép-interpretálás és a természeti erőforrások feltárása, Akadémia Kiadó, Budapest, 1976.



használt hullámhossz-tartomány jellemzően a 0.3 - 15 μ m közötti, úgynevezett optikai tartomány. A passzív távérzékelés hátrányaként meg kell említenem, hogy időjárásfüggő módszer, a felszínről kiértékelhető felvétel csak nappal és tiszta időben készíthető, továbbá figyelembe kell venni az optikai tartomány légköri vízelnyelési sávjait, vagyis azon hullámhossztartományokat, ahol a légkörben lévő víz a sugárzást elnyeli. A szenzorok ezen intervallumokban nem felvételeznek, csak úgynevezett spektrális „ablakokban” lehet hatékony mérést végezni.³ Fontos fizikai tényezők továbbá a Nap állása, és a légköri szórás, melyek befolyásolják a felvétel készítését.

A másíkjajta távérzékelés módnál, vagyis az aktív letapogatás során a távérzékelő eszköz a saját hullámforrása által kibocsátott és a felszínről visszaverődött jeleket rögzíti, mint egy radarberendezés. Ezek előnye a látható tartománnyal szemben, hogy olyan hullámhosszúságú jellel történik a mérés, amelyet a felhőzet kevésbé nyel el, és emellett független a felszín megvilágítottságától, azaz a felvételek minőségét nem befolyásolja az időjárás és a napszak. Az így nyert adatok általában képszerű, többsávós felvétel formájában kerülnek feldolgozásra. A földfelszínről visszaverődő energia erősségét befolyásolják a felszín geometriai és elektromos tulajdonságai, a talaj, víz, növényzet és a jég jelenléte.

A távérzékelte felvétel kiértékelése a felvételezett objektumok, folyamatok paramétereinek matematikai alapon történő meghatározását jelenti, a kiértékelés eredménye általában a kiértékelési szempontok szerinti kategóriákat tartalmazó tematikus térkép. A távérzékelésen alapuló elemzés átfogó mivolta, és a terepfüggetlensége mellett további előnye a gyorsasága, és a képi jellegű adatok feldolgozhatósága, valamint relatív olcsósága. Ugyanakkor megemlítendő nehézséget jelent a felvételek kiértékelésének rendszer-, és szakemberigénye, illetve a kiértékelés pontosságának kérdése.

A kitűzött kutatási cél érdekében a továbbiakban az optikai hullámhossztartományban végzett passzív távérzékeléssel foglalkozom, hiszen az ökológiai rendszerek, mint vegetációs foltok változásának egyik legkorszerűbb vizsgálati módszere közé tartozik a konvertált, georeferált légi fényképek, úgynevezett ortofotók analízise. Egy adott területről különböző években készült légi

³ Dr. Domokos Györgyné: Távérzékelés a műszaki gyakorlatban, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.



felvételeken, jól megfigyelhető a természetes háttér változása. A légi felvételekkel kapcsolatban azonban meg kell jegyezni, hogy a domborzatot és növénytakarót, mint térbeli tárgyat egyetlen felvétellel nem lehet valósághűen rekonstruálni. Erre a problémára nyújt megoldást az ortofotó, amely a centrális vetítéssel készült fotografiai felvételtől ortogonális vetítéssel geometriailag helyes fényképet állít elő.⁴ Az így készült légi fénykép térkép sokkal szemléletesebb képet ad, különösen a természetes földfelszínről. A természetes vegetáció ortofotó térképen történő vizsgálatánál nagy előnyt jelent, hogy az egyes növényfajták közvetlenül érzékelhetőek. Vizsgálható a vegetáció formája, térbeli elrendeződése, egyedi vagy csoportos előfordulása. Interpretációja azonban igen nagymértékben függ a méretaránytól, a szenzor típusától, érzékenységtől, az esetlegesen alkalmazott színszűrőtől, a felvétel időpontjától és különösen az évszakok hatásától. A vizsgálat szempontjából szóba jöhető terepi felbontások a következők lehetnek:

- 1–10 m/pixel: a lombos és örökzöld állományok általában elkülöníthetők.
- 0,5 – 1 m/pixel: a faji összetétel csak az elterjedési területek ismeretében közelíthető.

Ebből a listából harcászati szempontból történő vegetációs értékelésnél a 1m/pixel felbontású ortofotó már megfelelő vizsgálati alapot nyújt, mert 1m² minimális objektumméretet feltételezve is releváns információt ad. Egy ilyen területen jellemző céltárgy például a BTR-80 harcjármű, melynek méretei: hossz: 7,65 m; szélesség: 2,95 m; magasság: 2,1 m. Ebből könnyen számítható a jármű felülete felülnézetben: 22,5675 m², amely meglepő módon nagyobb, és a légi felvétel szempontjából fontosabb, mint az oldalnézetben mutatott felület, amely csak: 16,065 m².

A felderítési információ értelmezésénél elterjedt kvázi szabványnak tekinthető a Johnson kritérium, mely terepi kísérletek statisztikai elemzésén alapul. Az alábbi táblázat szemlélteti a különböző katonai célok detektálásához, irányultságához, felismeréséhez, azonosításához szükséges minimális felbontást lp/mm-ben (vonalpár/mm)⁵. A látható fénytartományban végzett felderítés folyamatában a detektálás, a szenzoron megjelenő, a célról és a környezetéről leképzett valamilyen jelsorozatot értem. Gyakorlatban azt jelenti, hogy valami megragadta a

⁴ Karl Kraus: Fotogrammetria, Tetra Kiadó, Budapest, 1998.

⁵ Johnson kritérium: Analysis of Image Forming Systems

<http://www.tckopke.com/blogish/pastlife/johnsonscriteria.html> Letöltve: 2013. január 9.



figyelmünket, azonban nem tudjuk, hogy mi az. Az irányultság a detektálásnál annyival ad több információt, hogy el lehet dönteni, hogy oldalról vagy szemből illetve hátulról látjuk az adott objektumot, ez már a felismerés kezdeti fokának is tekinthető. A felismerés alatt azt értjük, hogy a kiemelt objektumot egy általános leíró osztályhoz, (pl. harckocsik) hozzá tudjuk rendelni. Feltétele, hogy a képosztályozás során megjelenő tulajdonságok alapján egyfajta különbségképzést, specifikálást lehessen végezni. Az azonosítás: komoly adatfúziós eljárást követel a felderítőtől, amikor az egyéb azonosító jelekből, - pl: különleges felépítmény -, az egyedi harceszközt képes megkülönböztetni.

A rendelkezésre álló ortofotó felbontása 72dpi (dot per inch). Ha egy ilyen képen egy BTR80 legnagyobb kiterjedését, vagyis hosszát vesszük alapul, ami 7,65 m, valamint tudjuk a felvétel szélességét és hosszúságát, ami 352,78 mm, akkor a BTR80 hossza leképezve az ortofotóra 2,69 mm. Továbbá elfogadjuk, hogy 1lp/mm~100dpi ⁶, akkor a BTR80 egy ilyen ortofotón 1,9 lp/mm alatt látszik. A Johnson kritérium alapján, a harcjármű irányultsága már kivehető, de a felismeréshez szükséges információ még nem nyerhető ki. Tehát a rendelkezésre álló ortofotón a BTR80-at átlagos méretű harci objektumnak feltételezve jó vizsgálati alapot teremtenek.

A vizsgálatok tervezésénél, az erdők, és félig természetes területekről készült ortofotókat tanulmányoztam. Végül a napjainkban is katonai gyakorlótérként funkcionáló területekről, Táborfalva és Hajmáskér körzetéből választottam 1 km² nagyságú mintaterületeket. A kiválasztás során figyelembe kellett venni, hogy a két terület ugyanabban az évben fényképezzék, hogy az elemzéseknél ne csak az adott terület vonatkozásában, úgynevezett makró elemzést lehessen végezni, hanem Magyarország területére is lehessen következtetéseket levonni.

Idősor alapú interpretált légi fényképek összehasonlítása

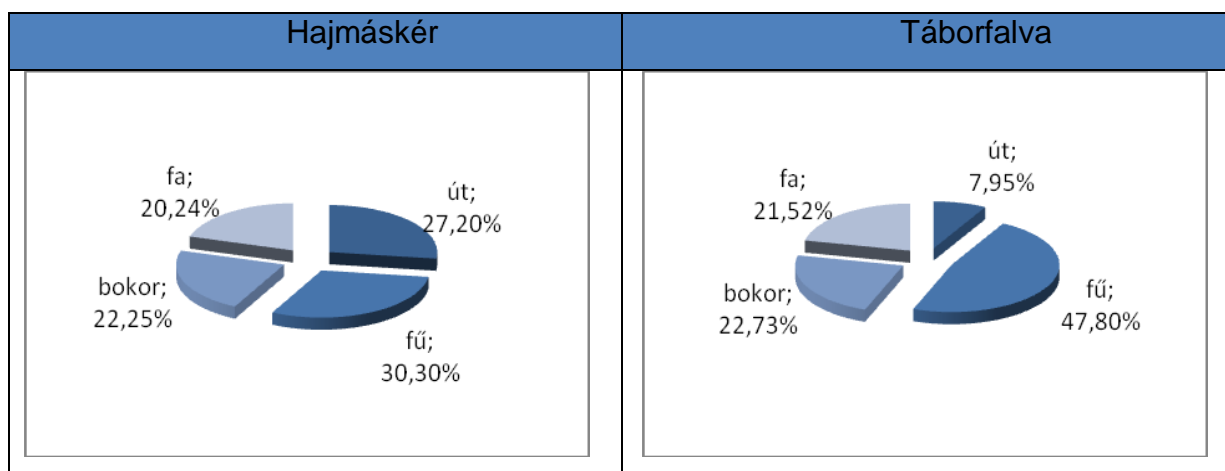
Az egyes légi fényképek interpretált változatán statisztikai analízis alapján összehasonlítást végeztem, hogy megállapíthassam, hogy az egyes tereptárgyak milyen gyakorisággal fordulnak elő a különböző években készült ortofotókon. A képek a készítés dátuma alapján kerültek összehasonlításra adott területenként. A képeken az álcázás szempontjából releváns terepi objektumok, mint földút, füves

⁶ Konverzió lp/mm-dpi: <http://leica-users.org/v17/msg11544.html> Letöltve: 2013. március 21.



terület, bokros cserjés zóna, fás ligetek és erdők találhatóak. Ez a csoportosítás az egyes tereptárgyak magasságát is tükrözi. Figyelembe kell venni, hogy sem a földút, sem a füves puszta nem ad kellő fedezetet a harci technika természetes álcázására.

Az egyes területekre olyan tematikus térképet állítottam elő, amelyen négyféle objektumtípus különböztethető meg. Az egyes objektumtípusok előfordulási gyakoriságát pixelben adtam meg. A kapott értékek kördiagramon történő ábrázolásával szemléletesebb módon tudom megjeleníteni az egyes tereptárgyaknak a teljes képhez viszonyított mennyiségét.



1. táblázat: Az egyes tereptárgyak kördiagramon történő ábrázolása (saját szerkesztés)

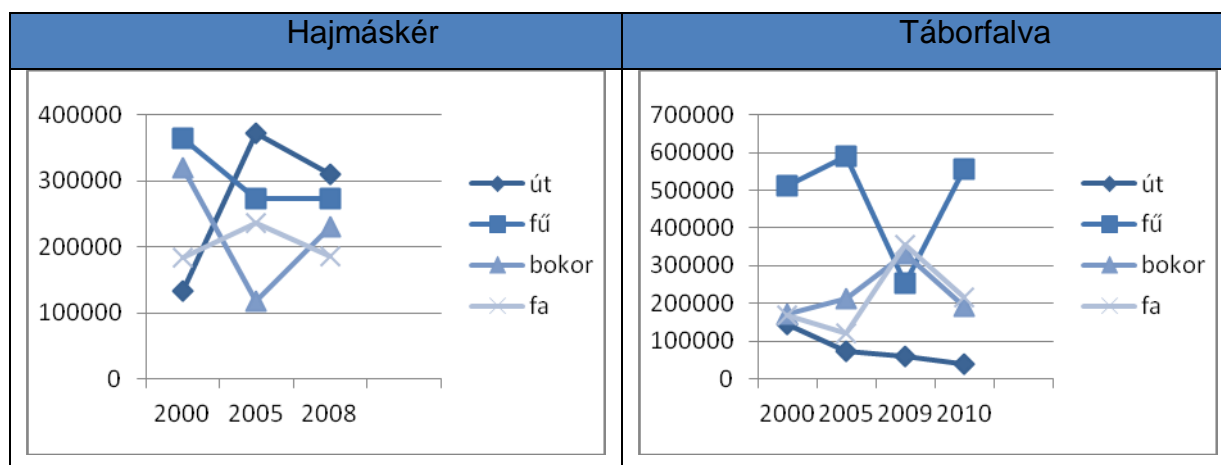
A diagramokon jól kivehető, hogy a fás bokros területek nagyságrendileg hasonló méretűek mindkét gyakorlótér viszonylatában. Ezen kívül az is megállapítható, hogy Táborfalván kiegyenlítettebb a földút-fű arány, feltehetően az alacsonyabb harcjármű forgalom miatt. Ezen adatokat figyelembe vételével a táborfalvai és hajmáskéri gyakorlótér mintaterületeit figyelembe véve a 4 színre épülő álcázásnál ajánlott az alábbi összetétellel számolni:

Tájelem	Előfordulás (%)
földút színe	17,58%
fű, legelő színe	39,05%
bokor, cserjés bozót színe	22,49%
fás liget, erdő lombkoronájának színe	20,88%

2. táblázat: Az egyes tereptárgyak átlagos előfordulása a mintaképek alapján (saját szerkesztés)



Az álcázó mintázatnál a teljes felületre számolva domináns a fű, legelő színe, tehát érdemes mind az objektum festésénél, mind az álcahálónál alapszínnek venni. Ezen az alapszínen a bokros cserjés bozót, illetve a ligetes és fás lomboszat színeivel kell az álcázó foltokat kialakítani. A mintaképekről az is kivehető, hogy a fás területeket jellemzően földutak övezik, tehát jellemző a képekre a nagy színtávolság, hiszen a fás lombkorona a legsötétebb, míg a földút a legvilágosabb tereptárgy. A földutak mintázata alapvetően keskeny csíkszerű, akár a teljes álcázandó objektumon átfutó sávként is szerepelhet. A fás területek foltjai nagyobb, a bozotos területeké kisebb foltszerű konvex alakzatot alkotnak. A bokros területek szétszórtabban szerepelnek, és a foltméretben az erdő foltjának méretéhez képest negyedakkorák. A globális felmelegedésből, illetve a területgazdálkodásból adódó változásokra is végeztem számításokat. Az eredmények az alábbi diagramon láthatóak:



3. táblázat: A tereptárgyak mennyiségének évenkénti megoszlása (saját szerkesztés)

Sajnos a kisszámú vizsgált kép miatt nem lehet, a mért értékekből a tereptárgyakban történő változásra tendenciát felállítani. Valószínű, hogy a globális felmelegedés hatásainak kimutatásához 10 évnél hosszabb időszakot, és területenként legalább 10-10 képet kellene megvizsgálni. Azt is meg kell jegyezni, hogy a mintaképek sem ugyanabban a hónapban készültek, így az egyes tereptárgyak színe és maga a színekhez tartozó színárnyalatok előfordulása is változó, mivel a csapadék mennyisége nagymértékben befolyásolja azt. Csapadékhiányosabb hónapokban, például júniusban, júliusban nagyobb a füves



területek aránya, hiszen a fás bokros terület lombozata kisebb, mint pl. áprilisban és májusban.

Az egyes színek területének meghatározása után szükséges az egyes vegetációs típusok színeinek a megadása is. A jobb értékelhetőség miatt, a színeket sorba kell rendezni (Colour Scaling). A színsorba rakás az a művelet, amikor a színmintákat, azok egy tulajdonsága szerint - például színezet, telítettség vagy világosság -, egy egydimenziós skálán besoroljuk, közöttük sorrendet állapítunk meg.⁷ A vizsgálatban szereplő ortofotókon a jellemző 4 tereptárgy évenkénti leggyakoribb színe 4. táblázatban látható.

Fa		Fű		Földút		Bokor	
38,4187	h2008	157,804	h2008	218,774	h2000	145,427	h2000
80,3306	t2005	176,977	h2000	209,695	h2008	103,74	h2008
97,3447	t2000	180,413	t2009	216,28	h2005	142,962	t2000
109,791	t2009	182,016	h2005	296,179	t2005	145,21	t2005
112,379	h2000	205,937	t2010	297,715	t2009	155,962	t2010
118,288	t2010	211,104	t2005	310,205	t2000	158,322	h2005
127,173	h2005	218,323	t2000	324,692	t2010	213,624	t2009

4. táblázat: Az egyes tereptárgyak színsorrendje (saját szerkesztés)

Ez alapján, a sorrend alapján az alábbi következtetések hozhatóak. Hajmáskér viszonylatában a legvilágosabb színárnyalat mind a négy tereptárgy esetén, a 2005-ös felvételen van. Táborfalván a két legnagyobb kontrasztot biztosító szín, a fa és földút esetén, a 2010-ben készült felvétel a legvilágosabb. Az tereptárgyak viszonylatában a legnagyobb szórást a földút értékeiben lehetett tapasztalni: 50,28.

Mivel az ortofotók készítési ideje nagy szórást mutat, így a képeken látható színek is csak a növénytakaró adott állapotát tükrözik, ebből levont következtetések nem adnak valós képet. Ahhoz, hogy objektív képet kaphassunk az egyes években készült ortofotók növénytakarójának változásáról, szükség van a négyféle tereptárgy színtávolságának a meghatározására. Színtávolságon két szín valamely

⁷ Lukács Gyula: Színmérés, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1982.



színrendszerben történő értékein vett Euklideszi távolságát értem:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta R^2 + \Delta G^2 + \Delta B^2} \quad \text{QUOTE, -, x - 2., x - 2. \Delta, L - 2. + \Delta, a - 2. +, \Delta b - 2..} \quad \text{A}$$

A vizsgálatnál az egyes vegetációtípusok egymáshoz viszonyított Euklideszi távolságát számoltam, melynek eredménye az alábbi táblázatban látható.

	Hajmáskér		Táborfalva	
	átlag	átlag eltérés	átlag	átlag eltérés
földút-fa	125.42	30.96	214.59	9.40
földút-fű	44.59	6.07	104.72	15.20
földút-bokor	82.64	16.71	147.27	31.32

5. táblázat: Euklideszi távolság területtípusok között évenkénti összesítő táblázata (saját szerkesztés)

Mint várható volt a bokros területhez viszonyított szintávolság a füves területhez képest volt a legkisebb, ez relatív értékben ~40 mind a Hajmáskér, mind Táborfalva viszonylatában. Azonban a fás és bokros területek között relatív szintávolság nagyobb szórást mutat (44,68), ezért átlagos értékkel érdemes számolni: 56.

Harctéri álcázás az optika felderítési tartományban

A XX. század végére növekszik az álcázás szerepe, ennek egyik oka egyrészt a korszerű és széles körben elterjedt szenzorok, szenzor rendszerek nyújtotta felderítő- és megfigyelőképesség javulása. Másrészt a költségvetési megszorítások miatt az „olcsóbb” álcázás előtérbe került, a harci technika túlélőképességének fokozására. A hatékony álcázás célja napjainkban így fogalmazható meg: a korszerű felderítő rendszerek hatástalanítása, ezáltal a nagy találati pontosságú és nagy pusztító erejű fegyverrendszerek hatásának csökkentése.⁸ A felderítés folyamatára leképezve a fenti megfogalmazást: az álcázási módszer, rendszabály alkalmazása megváltoztatja az objektumról és a háttéréről a felderítő eszközhöz érkező információ jellegét, minőségét és tartalmát, ezzel megakadályozva, illetve csökkentve a felderítés hatékonyságát.⁹

⁸ Farkas-Koltai-Németh-Sebők: Álcázás, Tisztek könyvtára. – Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó, 1984.

⁹ NATO AAP-6(2008) (<http://www.everyspec.com> Letöltve: 2012. 03. 08.)



A fentieket figyelembe véve az alábbi megállapítás tehető az álcázó festéssel, mint eljárással kapcsolatban. Az álcázó festést a természetes háttér, és az azon, illetve előtte elhelyezett objektumok, álcák közötti kontraszt megváltoztatására kiegészítő álcázási eljárásként használják. Ez elsősorban az optikai és az infravörös álcázás elterjedt módszere. Az álcázó festékek egyszerre két követelményt kell kielégítenie: hatásának a látható, (380-760nm) és a közeli infravörös (760-1500nm) tartományban egyaránt érvényesülnie kell. A festés célja a felület fényességének, reflexiós tulajdonságainak és színének megváltoztatásával az objektum kontrasztjának megváltoztatása. Ez az álcázási eljárások egyik legegyszerűbb és legelterjedtebb módja. Az objektumok álcázó festésének alapvető módjai:

- a védőfestés, mely az álcázó alapszín adja,
- az imitáló, terepet utánzó festés, mely időszakos jellegű,
- alakmásító festés.

Az imitáló, utánzó festést elsősorban állandó jellegű vagy mozgó, de hosszabb ideig egy helyben maradó objektumok álcázásánál alkalmazzák. Célja a környezet tereptarkaságának, rajzolatának utánzása, imitálása. A foltokat aszimmetrikusan célszerű elhelyezni, hogy az objektum körvonalait torzítsa, illetve jellemző vonásait takarja el. Az alakmásító festés célja az objektumok viszonylagos szabályos geometriai alakú körvonalának különböző színű festékfoltokkal történő eltorzítása. A határvonal mind az imitáló, utánzó festés, mind az alakmásító festés között manapság elmosódott és akár álcahalóval kombinálva is megjelenhetnek, jól szemléltetve az álcázás komplexitását.

Összefoglalás

A téma történelmi léptékben végzett vizsgálata alapján megállapítható, hogy a gyakorlóöltözetek, álcaruhák, álcahalók, harcjárművek védőfestésének színei, színösszhatásukban mind jobban a természetes terepelemekhez igazodnak. Ennek tekintetében a világháborúk időszaka ugrásszerű fejlődést hozott, és ez a folyamat napjainkban sem állt le, mivel az optikai tartományban működő felderítő rendszerek folyamatosan fejlődnek. Így az álcázás szükségszerűsége a korszerű hadszíntereken nem csökkent, azonban hazánkban – anyagi erőforrások hiányában – a fejlesztési üteme lelassult.

Jelen cikk alap gondolatát a globális felmelegedéssel foglalkozó civil és katonai kutatások szolgáltatták. A Szegedi Tudományegyetem által készített klímaváltozással



kapcsolatos tanulmány egyik alapgondolatából indultam ki, miszerint „Az elmúlt két évtizedben mérhető változások történtek a vegetációfoltok méretében, alakjában és fajtakészletében”.¹⁰ A katonák a harcérintkezés során nagymértékben támaszkodnak a vegetáció nyújtotta álcázási lehetőségekre. Felmerült a kérdés, hogy az elmúlt 10-20 évben hogyan és milyen mértékben változott a harctéri álcázás szempontjából fontos, viszonylag nyíltabb ligetes, bokros, füves területek növénytakarója?

Erre a kérdésre kerestem a választ egy korszerű, a vegetáció változásának nyomon követésére alkalmas módszerrel, az idősor alapú georeferált légifelvételek, úgynevezett ortofotók elemzésével. A felvételek kiválasztása során rendező elv volt számomra, hogy a terület a valós harcászati igényeknek is megfeleljen és a helyszínek legalább két különálló tájegységről származzanak. Így esett a választás – a Magyar Honvédség által jelenleg is gyakorlótérként üzemelő – Hajmáskér és Táborfalva körzetéből kétszer 1 km² terepszakasz kiválasztására. Az ortofotók terepi felbontásának az 1m/pixelt választottam, a Johnson kritérium figyelembevételével, azért hogy a detektálási küszöböt meghaladó érzékelési lehetőség biztosított legyen. Az ellenőrző számításokat a BTR80 harcjárműre, mint tipikus célobjektumra végeztem el. A vizsgálat szempontjából, az ortofotók alkalmazása mellett szólt, hogy ezek a georeferált légi felvételek valós színben ábrázolják a tereptárgyakat, tehát a vegetáció állapotát híven tükrözik, így felhasználásukkal komplex elemzés készíthető. Mivel a képeket nem azonos időpontokban készítették, ezért nagy kontraszteltérések tapasztalhatóak. Így a feldolgozás előtt a frekvencia-tartományban azonos szintre kellett alakítanom őket.

A képi tulajdonságok analízisének a szürke tónusok és színárnyalatok elemzését végeztem el. Célként fogalmaztam meg az egyes tereptárgyak előfordulási gyakoriságának meghatározását az interpretált ortofotókon. Megállapítottam, hogy a fás, bokros területek nagyságrendileg azonos méretűek, valamint Táborfalván kiegyenlítettebb az földút-fű arány, valószínűleg a kisebb harcjármű forgalom miatt. A kisszámú vizsgált kép miatt nem lehetett, a mért értékekből az éghajlatváltozással kapcsolatban egyértelmű tendenciát felállítani. Az egyes színek területének meghatározása után a domináns színeket határoztam meg területenként éves bontásban. Majd a színeket területtípusonként színsorrendbe állítottam. Megállapítottam, hogy Hajmáskér viszonylatában a 2005. évről készült

¹⁰ János Rakonczai, Zsuzsanna Ladányi: Review of climate change research program at the University of Szeged (2010–2012) (tanulmány).- Szeged: Institute of Geography and Geology, 2012.



felvétel adta a legvilágosabb színárnyalatokat. Azonban ez nem bizonyítja egyértelműen, hogy az álcázásra használható színeknek a világosabb árnyalatát kellene használni. Majd a színekre vonatkozóan megadtam a földúthoz, mint legvilágosabb objektumhoz viszonyítva az egyéb tereptárgyak átlagos euklideszi távolságát és az ettől való átlagos eltérést. Ez alapján már meg lehet tervezni egy tipikus álcahalót vagy ideiglenes álcázófestést.

A mért értékek gyakorlatban történő alkalmazhatósága érdekében ismertettem az álcázó festés gyakorlati megvalósításánál figyelembe veendő alakzatcsoportosítási szabályokat. Összefoglaltam az optikai felderítési tartományban a harci technikán alkalmazható álcázó festések alapvető módjait, rámutatva a köztük levő különbségekre.

Következtetések, javaslatok:

- Az idősor alapú ortofotók elemzése segítségével objektíven nyomon lehet követni a vegetációban történő változást.
- A digitális képanalízis segítségével statisztikus összehasonlító elemzést lehet végezni ugyanarról a területről készült ortofotók segítségével.
- A statisztikus elemzések eredményei nem mutattak szignifikáns különbséget a tipikus harctéri vegetációban a 2000 és 2012 közötti időszak viszonylatában. A vizsgálatokat ki kellene terjeszteni több évtizedre visszamenően, hogy valós tendenciát lehessen felállítani.
- A korszerű harctéri álcázás során ki kell használni a védőfestés és az álcahaló nyújtotta lehetőségeket.
- A cikkben ismertett eredmények alapján prognosztizálható, hogy a globális felmelegedés környezetre gyakorolt hatása a jövőben is számottevő lesz. Ezért érdekes lenne egy szimulációs modellt készíteni a jövőben hatékonyan használható álcázó színekre és mintázatokra. Ezen vizsgálat preventíven szolgálná a Magyar Honvédség úgynevezett „Jövő katonája 2020” projekt keretében kialakításra kerülő egyéni védőfelszerelés készlet tervezését.
- A környezeti változás diagnosztizálására perspektivikusnak tartom kihasználni a Magyar Honvédség által üzemeltetett UAV (Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli repülőgép) képi felderítő képességeit. Az UAV-ok üzemeltetése nagyságrendekkel olcsóbbak, mint a légi fényképezést végző speciális kialakítású repülőgépeké.



Irodalomjegyzék

(a dolgozat jelöletlen ábrái, diagrammjai, táblázatai saját szerkesztések)

János Rakonczi, Zsuzsanna Ladányi: Review of climate change research program at the, University of Szeged (2010–2012) (tanulmány).- Szeged: Institute of Geography and Geology, 2012.

Mike Zsuzsa: Légifénykép-interpretálás és a természeti erőforrások feltárása, Akadémia Kiadó, Budapest, 1976.

Dr. Domokos Györgyné: Távérzékelés a műszaki gyakorlatban, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.

Karl Kraus: Fotogrammetria, Tetra Kiadó, Budapest, 1998.

Johnson kritérium: Analysis of Image Forming Systems
<http://www.tckopke.com/blogish/pastlife/johnsonscriteria.html>

Konverzió lp/mm-dpi: <http://leica-users.org/v17/msg11544.html>

Lukács Gyula: Színmérés, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1982.

Farkas-Koltai-Németh-Sebők: Álcázás, Tisztek könyvtára. – Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó, 1984.

Dr. Kazimierz Wieczorek: Mysl Wojskova, Korszerű álcázó eszközök, 1990/5-6. sz.

NATO AAP-6 (2008) (<http://www.everyspec.com>)



Az éghajlatváltozás biztonsági kihívásai az Északi-régióban

Márton Andrea

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, Budapest

Tartalmi kivonat

Az Északi-sark régiójának felértékelődése részben a globális felmelegedés okozta éghajlatváltozásnak, részben az ennek hatására felfedezett ásványkincsek kiaknázási lehetőségeinek köszönhetőek. A térség helyzetét bonyolítja, hogy nemcsak a régióban található államok szövetségi és bilaterális kapcsolatai befolyásolják a régió geopolitikai helyzetét, hanem az Egyesült Nemzetek Szervezetének egyezményei és határozatai, valamint az Európai Unió politikája, és a feltörekvő országok – gondolok itt elsősorban Kínára – politikája is. Folytatva megkezdett kutatásaimat ebben a témában, új szemszögből szeretném bemutatni a skandináv országok – kiemelten Norvégia és Dánia –, valamint Oroszország hozzáállását a kérdéshez.

A skandináv országok partnerként tekintenek Oroszországra a törékeny természeti környezet megóvásában, azonban néhány biztonsági kérdésben jelentősen eltérő álláspontot képviselnek. Mindezek a partneri viszonyok és biztonsági szembenállások adják a téma időszerűségét és mutatják be az egyes országok hozzáállását az Északi-sarkkörrel kapcsolatos problémákhoz és kihívásokhoz. Ebben a tanulmányban kiemelt témaként kezelem Norvégia és Dánia esetét, mert stratégiai helyzetüknél fogva, kiemelt szerepet játszanak a térség tengeri hajózásának biztosításában.

Kulcsszavak: Északi-sarkvidék, Oroszország, Norvégia, biztonság-, és védelempolitika, hajózás

Abstract

The Arctic region become more interesting area recently because on the one hand climate changes caused by the global warming and the other hand discovered mineral resources first of all carbohydrates. The geopolitical situation of the area is



complicated not only by the bilateral and allied relationship of countries in the region but by the UN's resolutions and conventions and policy of the EU and the policy of the emerging countries first of all China. I want to continue my research concerning this topic from point of view of the new perspective of the nordic countries mainly Norway, Denmark and the Russian Federation.

The Scandinavian countries have close partnership with the Russian Federation on the protection of the fragile environment but they have few different standpoints of security question. All these relations and confrontations on the security fields mean the topic is timely and signal the attitude of each countries to the Arctic's problems and challenges. In this article I presents cases of Norway and Denmark because they play important role in the maintainance of shipping of the Arctic region because of its geostrategic situation.

Keywords: *Arctic, Russian Federation, Norway, security and defence policy, shipping*

Bevezetés

Az Északi-sark térsége az 1990-es évek geopolitikai változásai, valamint a globális felmelegedés okozta klímaváltozás hatásainak következtében jelentős változáson ment keresztül. Az 1990-es években bekövetkezett geopolitikai változások miatt a térség egyre több kihívással néz szembe. Ennek elsődleges oka a Szovjetunió megszűnése és Oroszország megszületése, valamint az orosz érdekek érvényesítésének igénye a régióban.¹ Másodsorban, ahogy Átland írja egyik tanulmányában:² amellett, hogy az éghajlatváltozás közvetlen hatást gyakorol a fizikai környezetre az Északi-sarkvidéken, közvetett módon is befolyásolja az államok és a nem állami szereplők közötti kapcsolatokat. Még középtávon – mondjuk 2030-ig – a kormányok és a nemzetközi, valamint a regionális szervezetek szembesülnek és kezelik a hagyományos és nem hagyományos biztonsági kihívásokat, addig sok kialakulóban levő biztonsági kihíváshoz kapcsolódó tevékenység dinamikáját – mint

¹ Koller József-Lévay Gábor-Kohut László - Padányi József: Az éghajlatváltozás hatása a biztonságra és a katonai erő alkalmazásának egyes kérdéseire. Védelmi tanulmányok 63. ZMNE Stratégiai Védelmi Kutatóközpont, Budapest 2010. 22. oldal

² Átland K: Security Implications of Climate Change in the Arctic
<http://rapporteur.ffi.no/rapporteur/2010/01097.pdf> Letöltve: 2011. 10. 2.



például az olaj- és gázkitermelés, a halászat, a tengeri szállítás – növelte az éghajlatváltozást.

Itt kell megjegyezni, hogy míg a hidegháború ideje alatt a hagyományos szövetségi rendszerek szembenállásán alakultak ki a törésvonalak, addig a XXI. században az Északi-sarkkal kapcsolatos konfliktusvonalak nem feltétlenül követik a hagyományos szövetségi rendszert. A régióban jól láthatóak az államon belüli és az államok közötti viták egyidejű előfordulása. Minden ilyen természetű konfliktus súlyossága, intenzitása és időtartamának hossza megköveteli a régióban található államoktól a katonai képességeik jelenlétét és folyamatos fejlesztését, a folyamatosan fejlődő és hatékonyan működő regionális nemzetközi intézményi rendszert. Az északi régióban azonban gyakran előfordul, hogy a nem hagyományos törésvonalak mentén szembenálló csoportok szövetségre lépnek egymással egy-egy projekt érdekében. Ezért is fordulhat elő, ahogy Osherenko és Young írják könyvükben³ az Arktiszon a mai ellenfelem a holnapi szövetségese. Arktiszon a jövőben létrejövő konfliktusok a különböző állami és nem állami szereplők között nem feltétlenül jelentik azt, hogy a régió politikai stabilitása veszélybe kerül az egyes országok vagy akár a régió egésze számára. Lesznek konfliktusok, melyeket helyi szinten kell kezelni és olyanok is, melyek kormányzati beavatkozást igényelnek. Ennek ellenére úgy gondolom, hogy az északi államok a már megjelent Arktisszal kapcsolatos stratégiáikban megfogalmazták az általuk prioritásnak tekintett gazdasági, környezeti és katonai célokat. Minden stratégia változik, mégis a megjelenített nemzeti prioritások egy része, főként az őslakos csoportokkal kapcsolatos és a környezetvédelmi kérdésekben jelentős együttműködés alakult ki a régió államai között. Ennek tükrében, és a számos hatékonyan működő regionális nemzetközi intézmény tevékenységének köszönhetően a régió országai között hatékony információcsere alakult, melyben számos vitás kérdést sikerült rendezni.

Biztonsági kihívások az orosz északi-sarkvidéki területeken

Az északi régióban az Orosz Föderáció az egyik legjelentősebb szereplő. Az ország jelentőségét egyrészt rendkívüli szárazföldi területe, másrészt jelentős fejlődési potenciálja és a régióval kapcsolatos ambíciója adja. Korábbi

³ Osherenko G & Young O.R: The Age of the Arctic: Hot Conflicts and Cold realities. Cambridge: Cambridge University Press 2005 68.



tanulmányomban⁴ már írtam azokról a környezetbiztonsági kihívásokról, melyek a globális felmelegedés okozta klímaváltozás hatására jöttek létre az Orosz Föderáció arktiszi területein. A környezeti biztonsági kihívásokról Thomas F. Homer-Dixon egyik tanulmányában⁵ azt írja, hogy az erőforrások csökkenése a szegényebb államokban az állam legitimitásának gyengüléséhez vezet. Ugyanakkor kutatásaiban ok-okozati összefüggést talált arra vonatkozóan, hogy az erőforrások csökkenése más gazdasági és szociális tényezőkkel összekapcsolva konfliktusokhoz vezet. Bár az Orosz Föderáció nem tartozik a szegényebb államok közé, mégis a fenti megállapítás az orosz arktiszi területeken élő mintegy 1,9 millió őslakosra fokozottan igaz, hiszen néhány népcsoport fennmaradását is veszélyezteti a felmelegedés. Ugyanakkor a gazdaság húzóágazatának számító energiaipar számára rendkívüli veszélyeket és hatalmas lehetőségeket is kínál a klímaváltozás.⁶ Elég csak arra gondolni, hogy a környezet degradációja és az évszakok változása milyen negatív jelenségeket és hozzákapcsolódó károkat okoz a szárazföldön, ugyanakkor az ország tengeri területein milyen hatalmas lehetőségeket kínál.

Ugyanakkor nem szabad megfeledkeznünk arról sem, hogy katonasztratégiai szempontból rendkívül fontos az Arktisz térsége. A hidegháború időszaka alatt számos haditengerészeti bázis létesült a régióban. Ezek közül a legnagyobb, amely ma is teljes kapacitással működik, az Északi Flotta bázisa a Kóla-félszigeten. A flotta jelenlegi erőcsoportosítása nagyobb, mint a régió összes országának a térségben állomásoztatott erőcsoportosítása. Az Északi Flotta alárendeltségébe tartozik Oroszország legnagyobb stratégiai tengeralattjáró egysége.⁷ A flotta tengeralattjárói változatos feladatokat hajtottak és hajtanak végre ma is az Arktisz jégsapkája alatt.

A térség geopolitikai és geostratégiai felértékelődése után, 2004-ben egy új tengeri doktrínát⁸ fogadott el az ország. A tengeri doktrína megállapítja, hogy a harmadik évezredben a civilizáció fejlődésének legfontosabb iránya a világ

⁴ Márton Andrea: Russia in the Arctic Hadtudományi Szemle online V évfolyam 3-4.szám http://uni-nke.hu/downloads/kutatas/folyoiratok/hadtudomanyi_szemle/szamok/2012/2012_2/2012_2_rv_marton_andrea_166_175.pdf Letöltve: 2013. 4. 7.

⁵ Thomas F. Homer-Dixon: Environmental scarcities and violent conflict http://graduateinstitute.ch/webdav/site/iheid/shared/summer/IA2009_readings/MD1.pdf Letöltve: 2013. 4. 7.

⁶ 1) veszélyek: permafroszt olvadás, emelkedő tengerszint, parti erózió, amelyek veszélyeztetik a kiépített infrastruktúrákat, lakóvezeteket; 2) lehetőségek: a tengeri áramlatok energiájának kiaknázása, szénhidrogén nyersanyagokhoz hozzájutás stb.

⁷ Kálló László.-Deák Anita.: Az Északi – Sark – A versenyfutás kezdete, Felderítő Szemle, X. évfolyam 1-2. szám 43-64. oldal

⁸ Russian Federation Maritime Doctrine <http://www.scrf.gov.ru/documents/34.html> Letöltve 2012. 7. 12.



vízterületének és erőforrásainak a meghódítása lesz, amelyet a vezető tengeri hatalmak önállóan, vagy együttműködve, illetve egymással versengve folytatnak majd. Oroszország területi és geofizikai jellegzetességeit, valamint az átfogó és regionális nemzetközi kapcsolatokban betöltött helyét és szerepét figyelembe véve vezető tengeri nagyhatalomnak számít. Továbbá, hogy Oroszország számára a tengeri szállítás kiemelt szerepet tölt be, különösen olyan régiókban, ahol a tengeri hajózás az egyetlen (alternatíva nélküli) közlekedési ágazat, valamint a külkereskedelmi tevékenység egyetlen lehetséges módja. A távol-keleti és a legészakibb területek életfenntartásához továbbra is elengedhetetlenül szükséges a tengeri szállítás.

Az Orosz Föderáció Arktisz stratégiáját⁹ 2008-ban fogadta el Medvegyev elnök. A stratégia angol nyelvű változatát, valamint a főbb prioritásait 2009-ben jelentették meg a kormány-közeli Rosiskaja Gazetában. A dokumentum meghatározza az orosz állam általános céljait és fő prioritásait a régióban, valamint megjelöli a stratégia végrehajtásának ütemezését és módszereit.

A stratégiában először jelenik meg az Arktisz, mint stratégiai erőforrás bázis, amely lehetőséget kínál a gazdasági és társadalmi problémák megoldására. A dokumentumban Orosz Föderáció megjeleníti azt az elvet is, hogy korlátozza az ország északi régiójának geológiai feltérképezését Norvégia, USA, Kanada és Dánia számára. Ugyanakkor azonosítja a megoldandó feladatokat is. A területi korlátok miatt, élve a szubjektív kiemelés lehetőségével két a stratégiában megjelölt megoldandó feladatot emelek ki: az egyik az Orosz Föderáció arktiszi határainak megerősítése kétoldalú szerződésekkel és az új hajózási útvonalak biztosítása nemzetközi szerződésekkel és egyezményekkel. A két feladatot azért emeltem ki, mert mindez érinti a két nyugati skandináv országot is. A területi korlátok nem teszik lehetővé a két kérdés mindhárom ország prioritásait bemutató elemzését, így a nemzetközi kapcsolatokra koncentrálva, röviden vázolom a két kérdéskör főbb pontjait.

Az Orosz Föderáció arktiszi határainak biztosítása

Az Arktisz szempontjából fontos, hogy a Déli-sarkról nincs kötelező érvényű megállapodás. Az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) egy hosszú egyeztetési

⁹ Russia's Arctic Strategy: http://www.scrf.gov.ru/documents/98.html#** Letöltve: 2012. 7. 4.



folyamat során hozta létre a Tengerjogi Konvenciót, melyet a térségben érdekelt Amerikai Egyesült Államok nem ratifikált. 1958-ban határozták meg a tengeri talapzat fogalmát is. Erre a hidegháború időszaka alatt a bipoláris szembenállás miatt volt szükség, jelenleg pedig ez a cikk az irányadó a tengeri határvonalak és a különböző övezetek kialakításánál. A tengerfenék kutatása és feltárása, valamint a használata szempontjából létrejött egy 21 tagú tudományos testület, a Kontinentális Talapzat Bizottsága. A bizottság dönt a Tengerjogi Konvenció szabályairól, és a bemutatott bizonyítékok alapján a vitatott tenger alatti területek hovatartozásáról. A bizottság munkája az elmúlt évtizedben egyre fontosabbá vált, hiszen döntöttek Norvégia és Oroszország között fennálló 235 000 km² tenger alatti terület hovatartozásáról is.¹⁰

Az Orosz Föderáció számára a tengeri határok kérdése azért is meghatározó jelentőségű, mert számos olyan stratégiaileg értékes terület található a régióban, amely a hidegháborús időszakban a fennhatósága alá tartozott, vagy részleges megállapodást kötött róla. Ilyen terület volt a Barents-tengeren meghúzott orosz-norvég határszakasz, amely 40 éven keresztül csak a megállapodásról kapta a nevét: szürke zóna. A megegyezés szerint a 176 000 négyzetkilométeres területen nagyjából fele-fele arányban osztozik a két ország.¹¹

Mint ebből a rövid vázlatból is kitűnik, az Orosz Föderáció számára a tengeri határok biztosítása stratégiai kérdés, hiszen a tengeri erőforrások, valamint a régióban található szénhidrogén, és egyéb nyersanyagokért megindult versenyfutásban szüksége van az állam tengeri határainak pontos kijelölésére. Természetesen a kontinentális talapzat felosztása iránti orosz igény újabb versenyfutást fog indítani a régió államai között.

Az új hajózási útvonalak biztosítása

Az Északi-sark régióban az egyik legfontosabb kérdés a megnyíló hajózási útvonalak használatának szabályozása. A megnyílt Északnyugati átjáró, valamint az Északi-tenger fő útvonal használatához olyan ellentétek kapcsolódnak, mint a külső határok védelme, a belvizek, a szorosok használata és a parti vizeken a békés áthaladás joga. Oroszország számára az Észak-keleti útvonal kérdése, valamint a

¹⁰ Norvég területhódítás Oroszországtól: http://nol.hu/kulfold/norveg_terulethoditas_oroszorszagtol
Letöltve: 2009. 4. 18.

¹¹ Kincsek a mélyben-lezárult egy fejezet
<http://www.nepszava.hu/articles/article.php?id=290690&usg=AFQjCNFb0uql9Sobjmeg9jKW9jq2B1StpQ#null> Letöltve: 2012. 7. 15.



Bering- szoroson átvezető szakasz a legfontosabb kérdés. Norvégia tengeri területei miatt elsősorban a Barents-tengeren megélénkülő hajózás a legfontosabb. A 1. ábrán a jelenlegi hajózási útvonalak láthatóak.



1. ábra: Az arktiszi hajózási útvonalak¹²

Történelmi távlatból nézve az orosz északi-sarki hajózási útvonal felfedezése és használatának kezdete öt évszázaddal ezelőtt kezdődött, azonban kereskedelmi útvonallá csak a XXI. század elején vált. A korai felfedezők számára a küldetés az volt, hogy találjanak egy új útvonalat, az Atlanti-óceán északi részén keresztül India és Kína felé. A XV. században angol, holland és orosz hajósok kutatták Oroszország északi partjai mentén a lehetséges vízi utat. Nagy Péter cár ideje alatt már hajóztak a régióban, azonban a zord körülmények miatt a teljes víziút használatának lehetősége feledésbe merült. A XVII. században azonban orosz telepések már használták a Jenyiszej deltájától Arkhangelskig vezető szakaszt. Később pedig Fedor Aleksejev és Szemjon Dezsnev hajózott a Kolyma deltától a Csendes-óceánig, ezzel bizonyítva,

¹² Forrás: http://www.arcticdata.is/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=106:sipping-routes&Itemid=166 Letöltve: 2012. 1. 3.



hogy nincs szárazföldi kapcsolat Ázsia és Észak-Amerika között. Az Észak-keleti vízi út használatának fejlődését a XX. században négy szakaszra lehet bontani:

- 1) 1917-1932 között a felfedezés és a regionális források kiaknázása,
- 2) 1932-1950 a navigáció fejlődésével megnyílik a lehetőség, a kikötők és a flotta fejlesztésére,
- 3) 1950-1970 között a sarkvidéki nyári-őszi időszak szállítási lehetőségeinek kiaknázása,
- 4) 1970-től napjainkig az egész évben folyamatos hajózás lehetővé tétele.¹³

Történelmi ismereteinkből tudjuk, hogy a hidegháború időszaka alatt az Észak-keleti hajózási útvonalon nem volt nemzetközi tranzit forgalom. A változás részben geopolitikai okokra, részben a pedig a globális felmelegedés okozta klímaváltozás hatásaira vezethető vissza. Az Északi - Sark Tanács által kiadott a dokumentum,¹⁴ amely a régió hajózási szokásainak változását mutatja be, részletesen beszámol az Arktiszi-óceánon megnövekedett kereskedelmi forgalomról. A forgalom nagy része a halász flottáknak, a kereskedelmi hajóknak és a kompoknak köszönhető. A jelentés azt is kimutatta, hogy a tengeri jég csökkenése ellenére még mindig alacsony az itteni tengeri hajóforgalom más, jobb éghajlatú hajózási útvonalakhoz képest.

Az Orosz Föderációnak a hajózással kapcsolatos terveit jelentősen befolyásolja, hogy az ország térségben található kikötői és a hozzájuk kapcsolódó infrastruktúrák jelentős fejlesztésre szorulnak. Általánosságban elmondható, hogy a legjelentősebb kikötőket még a XX. század elején építették ki és a szovjet korszak óta modernizálásukra, valamint a kapcsolódó infrastruktúrákra, mint a hajóépítő gyárak, tankolási lehetőségek és egyéb, a tranzit kereskedelmet megkönnyítő fejlesztésekre nem költöttek. A további problémákat természetesen a fizikai környezet jelenti, az éghajlatváltozás hatására a part menti viharok egyre hevesebbé válnak, és a tél még mindig gondot okoz a hiányos navigációs lehetőségekkel rendelkező térségben. A mentési rendszerek és a korai előrejelző rendszerek hiánya a tengeri közlekedésben szintén visszaveti az orosz útvonal használatát.

Ebben a cikkben a készülő kutatásom általam választott résztémájának egy szeletét mutattam be. Az Orosz Föderáció Arktisszal kapcsolatos hozzáállása jól

¹³ Északi – Sark Tanács: Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report, http://pame.arcticportal.org/images/stories/PDF_Files/AMSA_2009_Report_2nd_print.pdf Letöltve: 2011. 10. 2.

¹⁴ Északi – Sark Tanács: Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report, http://pame.arcticportal.org/images/stories/PDF_Files/AMSA_2009_Report_2nd_print.pdf Letöltve: 2011.10. 2.



mutatja a jelenlegi középhatalom nagyhatalmi ambícióit. Úgy gondolom, hogy az elkövetkező években még jelentős változások fognak bekövetkezni az ország hajózással és a vitatott tengeri területekkel kapcsolatos felfogásában.

Irodalomjegyzék

Åtland K: Security Implications of Climate Change in the Arctic

<http://rapporter.ffi.no/rapporter/2010/01097.pdf>

Padányi J.-Kohut L.-Koller J.-Lévay G.: Az éghajlatváltozás hatása a biztonságra és a katonai erő alkalmazásának egyes kérdéseire, Védelmi tanulmányok No. 63., ZMNE SVKI, Budapest, 2010. ISBN:978-963-7060-97-7

Északi – Sark Tanács: Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report,

http://pame.arcticportal.org/images/stories/PDF_Files/AMSA_2009_Report_2nd_print.pdf

Osherenko G & Young O.R: The Age of the Arctic: Hot Conflicts and Cold realities.

Cambridge: Cambridge University Press 2005

Kálló László.-Deák Anita.: Az Északi – Sark – A versenyfutás kezdete, Felderítő Szemle, X. évfolyam 1-2. szám 43-64.oldal

Kincsek a mélyben-lezárult egy fejezet

<http://www.nepszava.hu/articles/article.php?id=290690&usg=AFQjCNFb0uqI9Sobjmeg9jKW9jq2B1StpQ#null>

Norvég területhódítás Oroszországtól:

http://nol.hu/kulfold/norveg_terulethoditas_orszorszagtol

Márton Andrea: Russia int he Arctic, Hadtudományi Szemle online V. évfolyam 3-4.szám

http://uni-nke.hu/downloads/kutatas/folyoiratok/hadtudomanyi_szemle/szamok/2012/2012_2/2012_2_rv_marton_andrea_166_175.pdf

Russian Federation Maritime Doktrine <http://www.scrf.gov.ru/documents/34.html>

Russia's Arctic Strategy: http://www.scrf.gov.ru/documents/98.html#**

Thomas F. Homer-Dixon: Environmental scarcities and violent conflict

http://graduateinstitute.ch/webdav/site/iheid/shared/summer/IA2009_readings/MD1.pdf



A globális klímaváltozás egészségügyi hatásai Magyarországon

Kohut László

HM EK Balatonfüredi Kardiológiai Rehabilitációs Intézet

Tartalmi kivonat

A globális éghajlatváltozás az egészség és a jólét alapját jelentő létfenntartó rendszereket is felbomlással fenyegeti. Az éghajlatváltozás közvetett és közvetlen következményekkel jár az emberi egészségre nézve. Az egészségügyi hatások nagyságrendje attól függ, hogy az egészségügyi rendszerek mennyire képesek alkalmazkodni a helyzethez, és milyen lépéseket tesznek meg ennek érdekében.

Kulcsszavak: *globális éghajlatváltozás, klímaváltozás közvetlen és közvetett hatásai, fertőző betegségek*

Abstract

Through its effects on natural and human environments, climate change will likely impact economy and human health and well-being. Climate change is a global phenomenon which have direct and indirect effects on human health, causing damages

We need more scientific research in order to understand human adaptation.

Keywords: *global climate change, direct and indirect health impact, infectious disease*

Bevezetés

A globális éghajlatváltozásnak számos fontos hatása van közvetlenül az emberi egészségre, valamint közvetve, a jólét alapját jelentő létfontosságú rendszerek felbomlásán keresztül. A Meteorológiai Világszervezet és az ENSZ Környezeti Programja (UNRP) 1998-ban hozta létre az Éghajlat-változási Kormányközi Testületet (IPCC) azzal a céllal, hogy többszáz szakértő munkáját összesítse, és az éghajlatváltozással kapcsolatos eredményeket közzétegye. Az



IPCC munkacsoportjai elemzik az éghajlatváltozással összefüggő megfigyelési adatokat és foglalkoznak a várható változások becslésével. A Negyedik Értékelő Jelentésben 2007-ben a következő megállapítások szerepeltek:

- a levegő földközeli átlaghőmérséklete 1905 és 2005 között $0,74 \pm 0,18$ °C-kal nőtt meg,
- a szén-dioxid, ami a fosszilis tüzelőanyagok elégetésével kerül a légkörbe, a legfontosabb üvegházhatást keltő gáz, amely hozzájárul az „éghajlatváltozás antropogén elősegítéséhez”,
- a mezőgazdasági és ipari eljárások következtében kibocsátott gázok és vegyületek, mint például a metán, a nitrogén-oxid, a kén-hexafluorid, a fluorozott szénhidrogének és a perfluorozott szénhidrogének is fokozzák az üvegházhatást.¹

Az északi féltekén végzett mérések alapján az átlagos felületi hőmérséklet többet emelkedett a huszadik század folyamán, mint az elmúlt ezer év bármelyik más századában.

Bolygónk globális hőmérsékletének emelkedése követte az üvegházhatást keltő gázok koncentrációjának és kibocsátásának rekord értékét. Az elmúlt 150 év alatt a légköri szén-dioxid - koncentráció 31%-kal emelkedett (ebből 15%-kal az elmúlt 50 évben), a metáné 151%-kal nőtt, aminek közel a háromnegyede a fosszilis energiahordozók elégetésének tulajdonítható, a maradék pedig az erdőirtásnak és a földhasználat más változásainak. 2000-ben a globális széndioxid kibocsátást 7 000 millió tonnára becsülték. E bizonyíték alapján az IPCC arra a következtetésre jutott, hogy míg a természetes tényezők kismértékben járultak hozzá az elmúlt évszázad felmelegedéséhez, addig „új és erősebb bizonyíték van rá, hogy a legutóbbi 50 év során tapasztalt felmelegedés legnagyobb része az emberi tevékenység következménye”.²

2005-ben a Katasztrófák Előfordulását Kutató Központ (CRED) világszerte 430 természeti katasztrófát jegyzett fel, amely 89 713 ember halálát okozta, és ezen kívül 162 millió embert érintett. Összehasonlításképpen: a CRED az 1980-as években átlagosan évente 173 katasztrófáról számolt be. Az elmúlt 25 év alatt a természeti katasztrófák által érintett emberek 98%-a abban a 112 országban élt,

¹ Smith JB.: Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) “reasons for concern”. PNAS, 2009. 11: 4133-4137

² Ziska L, Epstein PR.: Rising CO₂, Climate Change, and Public Health: Biology Environ Health Perspect, 2009. 117(2): 155–158



amelyet a Világbank kis vagy kis-közepes jövedelműnek minősített. Ezekben az országokban él a világ népességének a 75%-a, és a világ városi lakosságának a 62%-a.

A globális felmelegedésben többféle konfliktus kialakulásának veszélye rejlik: egyrészt a természeti erőforrások birtoklása miatt alakulhatnak ki lokális összetűzések (ivóvíz, termőföld, lakható területek), másrészt a természeti erőforrások hiánya miatt menekültáradat (ún. ökológiai és gazdasági menekültek) jelenhet meg, mely politikai, illetve gazdasági problémákat jelent a célország számára. Ezen helyzetek kezelésére mind lokálisan, mind globálisan komoly erőforrásokat szükséges biztosítani. A politikai, diplomáciai és gazdasági eszközök mellett szóba jöhet a katonai jelenlét szükségessége is, akár békefenntartóként, akár harcászati tevékenység formájában. Amikor regionális vagy távoli feladatok elvégzésére kerül sor, figyelembe kell venni a környezeti körülmények megváltozását, mely a katonák igénybevételét jelentősen megnöveli.

A globális éghajlatváltozás egészségkárosító hatásai többféleképpen következnek be: az időjárási szélsőségek fizikai hatásán keresztül, a növekvő vízhiány okozta elsivatagosodás miatt, a tengerszint emelkedése okozta áradások következtében, valamint az olvadó gleccserek csökkenő folyóvízhozama miatt, a csökkenő biodiverzitás az állat- és növényfajok csökkenésén keresztül, a járványok terjedése, gazdasági károk, anyagi források csökkenése révén, valamint a környezeti menekültek tömeges megjelenése együttes kockázatnövelő hatással rendelkeznek.³

A kérdés aktualitását az adja, hogy Magyarország átlaghőmérséklete az elmúlt évszázadban a globális mértéket meghaladóan, becslések alapján, 0,7 C° fokot emelkedett, az éves csapadékmennyiség jelentősen csökkent, mely következtében éghajlatunk egyre melegebb és szárazabb.

A klímaváltozás humánegészségügyi hatásai

A globális éghajlatváltozás egészségkárosító hatása mind közvetlen, mind közvetett úton valósul meg. A közvetlen, azonnali hatások olyan direkt hatások, melyeket a szélsőséges időjárási események fizikai tényezője okoz. A közvetett, azaz indirekt hatások közvetetten betegítenek meg. Kialakulásukra vagy középtávon, vagy hosszútávon kell számítani. Az éghajlatváltozás következtében jelentkező

³Costello A.: Managing the health effects of climate change. The Lancet, 2009. Vol 373: 1693 - 1733



környezeti változások hatására növekszik a légszennyeződés, terjednek a fertőző kórokozók, emelkedik az allergének koncentrációja, növekszik az UV sugárzás, súlyosbodik az élelmiszerhiány, fokozódik a vízhiány, a negatív gazdasági hatások miatt működési zavar alakulhat ki az egészségügyi ellátó rendszerben.

A klímaváltozás közvetlen hatásai

Hőmérsékletváltozás. A közvetlen hatások egyik legjellemzőbb példája a hőhullám okozta egészségkárosodás. A Svájci Meteorológiai és Klimatológiai Szövetségi Hivatal szerint 1880 óta Nyugat-Európában a hőhullámok időtartama a kétszeresére nőtt, a szokatlanul forró napok száma pedig a háromszorosára. Az elmúlt tizenkét évből (1995-2006) tizenegy a legmelegebb 12 év közé tartozik az 1850 óta működő globális felszínhőmérséklet műszeres megfigyelése alapján. Az ENSZ Környezetvédelmi Programjának becslése szerint az Európát 2003-ban sújtó hőhullám miatt, a klímaváltozás költségei, csak abban az évben, 60 milliárd dollárjába kerültek a világnak – 10%-kal többre, mint az előző évben – és csak Franciaországban 15 ezer fő halálozási többletet okozott. A hőséggel összefüggő morbiditás és mortalitás változása elsősorban a krónikus szív-érrendszeri, valamint légzőszervi betegségekben szenvedőket érinti. A fokozott izzadás, elégtelen folyadék-, és ionpótlás miatt bekövetkezett hemoreológiai változások fokozzák a thrombozishajlamot, mind a koszorúerekben, mind az agy ereiben. Több vizsgálat igazolta az elhízottak, a vesebetegek, valamint az anyagcsere-betegségben szenvedők nagyobb mortalitását hőhullám esetén.

Az idősek, valamint a gyerekek testhőmérséklet-szabályozó rendszere gyengébb, és emiatt fokozottan érzékenyek a hőmérséklet emelkedésére. A halálozási arány jóval drasztikusabb növekedése várható azokon a területeken, ahol a hőmérséklet emelkedése magasabb lesz, valamint nagyobb a lakosság sűrűsége, elsősorban a nagyvárosok, metropoliszok szegénynegyedeiben.

A napi átlagos 18 °C az ideális hőmérséklet, ennél az átlaghőmérsékletnél halnak meg legkevesebben. E fölött jelentősen nő a halálozás kockázata. A napi átlaghőmérséklet 5 °C-os növekedése szignifikánsan, 6%-kal növeli az összes halálozás kockázatát, a legnagyobb mértékben, mintegy 10%-kal növekszik a szív-érrendszeri betegségek miatti halálozás kockázata. Hasonlóan jelentős a hőmérséklet változékonyságának a hatása is, mintegy 6%-kal növeli az összhalálozás és a szív- és érrendszeri halálozás kockázatát. Magyarországon Páldy



és Bobvos vizsgálták a hőmérséklet és a napi sürgősségi mentőhívások közötti összefüggést, és megállapították, hogy a mentőhívások esetszámai a hőmérséklettel közel lineáris kapcsolatot mutattak.⁴

Kutatások igazolták, hogy Magyarországon mind a különböző fokozatú hőségriadós napok számában, mind a hőségriadók éven belüli időszakának meghosszabbodásában az elkövetkező évtizedekben növekedő tendenciára számíthatunk.

A hőmérsékletváltozás másik direkt egészségkárosító tényezője az alacsony hőmérséklet. Vizsgálatok összefüggést találtak a morbiditás, a hospitalizáció száma, a mortalitás, valamint az alacsony hőmérséklet, a lakhatási körülmények és a társadalmi- gazdasági helyzet között.

Ibolyántúli sugárzás. A sztratoszféra ózonrétegének az elvékonyodása miatt jelentősen emelkedik a felszíni UV-sugárzás. Az UV-sugárzás és a bőrrák között igen szoros és egyértelmű a kapcsolat. Az UNEP (*Egyesült Nemzetek Fejlődési Környezeti Programja*) becslése szerint több mint kétmillió nem-melanoma bőrrák és megközelítően 200 000 rosszindulatú melanoma jelentkezik a Földön minden évben. Egy hosszantartó 10%-os sztratoszférikus ózon csökkenés esetén, további 300 000 nem-melanoma és 4 500 melanoma bőrrák várható világszerte.

A nagymennyiségű UV-sugárzás hosszabbtávú hatásai látás romlásához vezetnek: retinagyulladás, rosszindulatú elváltozások, katarakták és kúszóhályog alakulhat ki. Kb. 20 millió ember vak jelenleg világszerte katarakta miatt. Ezeknek, a WHO (*Egészségügyi Világszervezet*) becslések szerint, 20 %-a lehet az UV expozíció miatt. Az UV-sugárzás képes megváltoztatni az immunválaszt, az ezek kiváltásáért felelős sejtek aktivitásának és eloszlásának megváltoztatásával. Számos tanulmány kimutatta, hogy a környezeti szintű UV expozíció elnyomja az immunválaszt, ami a szervezetben bujkáló vírusok aktivizálódásához vezet.⁵ Magyarországon évről-évre folyamatosan nő az erős UV sugárzás miatt kialakuló megbetegedések és halálozások száma.

⁴ Páldy A., Bobvos J.: Impact of heat waves on excess mortality in 2011 and 2012 in Hungary Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2012. 18(1-4): 15-26

⁵ Norval M.: The effects on human health from stratospheric ozone depletion and its interactions with climate change. 2007. 3: 232-251



A klímaváltozás közvetett hatásai

Az infekciók. A globális klímaváltozás közvetett egészségügyi hatásának fő képviselője a fertőző betegségek elterjedése. Külön kell szólni az élelmiszerek útján terjedő betegségekről, a vízzel kapcsolatos problémáról, valamint a vektorok által terjesztett betegségek megjelenéséről és elterjedéséről. A Nemzetközi Vadvédelmi Szervezet közzétett új jelentésében tizenkét olyan kórokozót jelölt meg, amelyek a klímaváltozás hatására a jövőben újabb területeket hódíthatnak meg, egyaránt veszélyeztetve ezzel az emberi egészséget és a vadvilág állapotát. A "halálos tizenkettőnek" nevezett kórokozók közül a globális átlaghőmérséklet-emelkedés és a csapadékeloszlás változásai miatt többféle, állatokat és embereket egyaránt fenyegető kórokozó terjedése indulhat meg újabb területeken. Ezek közé tartozik a madárinfluenza, a kullancsok által terjesztett babeziózis és Lyme-kór, a kolera, az ebola, a különféle külső és belső élősködők, a pestis, az algavirágzás által okozott úgynevezett "vörös áradat", a szúnyogok által is terjesztett Rift-völgyi láz, a cecelégly által továbbadott álomkór, a tuberkulózis, valamint a sárgaláz.⁶

A hőmérséklet-változás érzékenyen hat az élelmiszer útján terjedő fertőzésekre, úgymint Salmonella, Campylobacter, Listeria, stb. Kutatások azt igazolták, hogy az átlaghőmérséklet egy fokos emelkedése 4,5%-kal megnöveli a Salmonella fertőzések számát. A gabonafélék aflatoxin B₁ szennyezettségének lehetséges növekedését eredményezheti a klímaváltozás az Európai Unió területén. A penészgombák által termelt karcinogén mikotoxin megtalálható egyes gabonaféléken, így a kukoricán, búzán, rizsen, különösen a forró és párás éghajlaton. Az élelmiszer által terjedő fertőzések jelentős megnövekedésére számítanak az Európai Unióban az elkövetkező évtizedekben, amely számottevő terhet fog róni a társadalomra. Becslések szerint a 2030-as években akár 20 ezerrel, a 2080-as években akár 30-40 ezerrel növekedhet a megbetegedések száma.

A következő nagy csoportot a vektorok által terjesztett fertőző betegségek képezik. Az éghajlatváltozás nagy valószínűséggel módosítja a vektorok terjesztette betegségek területi eloszlását, mivel megváltozik a vektorok földrajzi elhelyezkedése,

⁶ Biello D.: Deadly by the Dozen: 12 Diseases Climate Change May Worsen. Scientific American, 2008. 8: 12-18



aktív időszaka és a populáció nagysága. 2000-ben Mozambikban a hathetes heves esőzések következtében a malária incidenciája ötszörösére emelkedett. Európában a klímaváltozás hatására a malária kockázatát nem zárják ki, de előfordulása minimális a fejlett és megfelelő közegészségügyi rendszerek, és a hatékony szúnyog elleni védelem miatt. Behurcolt esetekkel számolnak, főként a megnövekedett lakossági migráció következtében. Angliában 30 esetben regisztráltak ún. „reptéri maláriát”, melyet zömmel Kelet - Afrikából érkező utasoknál állapítottak meg.

A globális felmelegedés kedvez a kullancsok elterjedésének is. Az egyre nagyobb területen megjelenő kullancsok révén nő az általuk terjesztett kórokozók miatti fertőzések kockázata. Szúrásukon át agyvelő- és agyhártyagyulladás, Lyme borreliosis, tularemia, Q-láz, ehrlichiosis, babesiosis, mediterrán foltos láz, tibola (tick-borne lymphadenopathy - kullancs szállította nyirokcsomó-bántalom) kórokozóit tartalmazó nyálat fecskendezhetnek be.

2007. július-augusztusában Olaszországban, szúnyogok által terjesztett chikungunya-láz járvány alakult ki. A vírus szúnyogok közvetítésével terjed. Irodalmi adatok szerint az *Aedes albopictus* ma már Európa 12 országában van jelen (Spanyolország, Franciaország, Belgium, Hollandia, Svájc, Olaszország, Szlovénia, Horvátország, Bosznia-Hercegovina, Montenegró, Albánia, Görögország.). Várható, hogy a globális felmelegedéssel Európa más országában, valamint hazánkban is (Lyme-kór, Dengue-láz, chikungunya-láz, leishmaniázis, hantavírus, malária, kullancsencephalitis, nyugat-nílusi láz) megjelenik, vagy jelentősen nő a megbetegedések száma.⁷

A csapadék egyenetlen eloszlása miatt számíthatunk nagy esőzésekre, melyek áradásokhoz vezetnek és a vízzel terjedő járványok kitörését eredményezhetik. A szennyvízcsatornák kiömlése nagy területekre kiterjedő vízfertőzést okoz. A vízzel terjedő fertőző betegségek között lehetnek bakteriális kórokozók: Shigellák, Salmonellák, enterovirusok, *E. coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas*, nem-cholera vibriók, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium difficile*, illetve *perfringens*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus cereus*, *Serratia*; paraziták: *Giardia*, *Cryptosporidium*,

⁷ Lafferty, Kevin D.: The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology*, 2009. 90: 888–900



Entamoeba histolytica, Trichinella spiralis, bélférgék; valamint vírusok: Rotavírus, Norwalk, astro-, calici-, corona-, enteralis adenovírusok stb.⁸

A bakteriális és vírusos fertőzésekre jellemző a hasmenés kialakulása, mely egyes esetekben súlyos dehidratációhoz és életet veszélyeztető állapothoz vezet. A főként szennyezett ivóvíz és élelmiszer fogyasztása következtében kialakuló hasmenés az ENSZ becslései szerint körülbelül 1,5 millió öt éven aluli gyermek halálát okozza, így összességében 2,6 millió ember hal meg hasmenés következtében évente.

Áradásokkal kapcsolatos egészségügyi problémák. A tengerszint emelkedése miatt erősen veszélyeztetettnek számítanak a partvidéki területek, a folyók torkolatánál élőket pedig az egyre gyakoribb heves esőzések miatt kialakuló áradások is sújtják.

A megnövekedett csapadék és a tengerszint emelkedése következtében széles körben fokozódik a kockázata annak, hogy több milliárd ember esik áradások áldozatául. A tengerek fenyegetik az iparilag-, és mezőgazdaságilag legfejlettebb és legsűrűbben lakott területeket Amerikában, Európában, Ázsiában, Afrikában és Ausztráliában is (Dakka, Jakarta, Manila, Ho Si Minh város, Bangkok, Kalkutta, Sanghaj, Kuala Lumpur, London, New York, Tokió, Hong-Kong), ami az antroposzféra (épített környezet, emberi települések, földrendezés) súlyos károsodását eredményezi. A partvidékek lakosait a tengerszint emelkedéséből eredő partvidék-erózió is érzékenyen fogja érinteni. A fejlődő országok gyorsan urbanizálódó lakossága olyan szélsőséges időjárási eseményekre hajlamos partvidékeken és folyók árterületein él, amelyek gazdasága szorosan összekapcsolódik az éghajlatra érzékeny erőforrásokkal.

Levegőminőség és aeroallergének. A levegőszennyezés: a közlekedésből származó kipufogó gázok, a por, a termelésből adódó füst, valamint a földközeli ózon, jelentős veszélyt jelentenek az emberi egészségre. A légszennyezést fokozó hatások közé tartoznak a szárazság miatt kialakuló erdőtüzek, a homokviharak, a porfelhők, és a tartós hőségre és szélcsendes időszakokra jellemző szmog. Ez elsősorban a városokban élő embereket veszélyezteti. Az ózonnal legterheltebb területen élő emberek 25-30%-kal nagyobb eséllyel halnak meg tüdőbetegségekben, mint a legtisztább levegőjű területeken élők. A tüdőbetegségek közül a krónikus

⁸ Cullen E.: Climate change and water related illness. *Ir Med J*, 2008. 8: 234-236



obstruktív légúti betegség, a tüdőrák és a tüdő asthma egyaránt növekedő tendenciát mutat. A magasabb átlaghőmérséklet következtében és a légkondicionáló készülékek használatának az elterjedésével emelkedhet a Legionella betegség előfordulása.

Az allergén növényfajok virágzásának időtartama meghosszabbodik, emiatt fokozódik az emberek pollenterhelése. Az USA-ban több mint 40 millió ember szenved rhinitis allergica-tól. Az asthma bronchiale prevalenciája a felnőtt lakosság körében eléri a 16 milliót, a gyerekeknél a 9 milliót, ami az összlakosság 7,5%-nak az érintettségét jelenti⁹. A hazai klíma fokozatos melegedése hatására a pollenszezon időszaka hosszabbá válik, az allergiás megbetegedések száma növekedni fog, az asztmás rohamok száma emelkedik.

Élelmiszerhiány. A csapadékeloszlás változása miatt, a heves esőzések, valamint az elhúzódó szárazság következtében károkkal kell számolni mind a terményekben, mind az állatállományban. A talajerózió, és az elsivatagosodás, elsősorban az amúgy is gyengébb gazdasági potenciállal rendelkező területeket sújtja. A fejlett országokban a gyakoribb szélsőséges időjárási események következtében nemcsak a termés fizikai megsemmisülése, hanem a mezőgazdaságra fordítható költségek csökkenése miatt is adódhatnak problémák. A FAO (*Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezet*) adatai szerint a termőföld fokozódó romlása és az aszályok miatt csökken a gabona terméshozama, ami 1,5 milliárd ember élelmének biztonságát veszélyezteti. Naponta kb. 24 000 ember hal éhen vagy az éhezés következtében kialakult betegségbe hal bele. Az áldozatok háromnegyede öt éven aluli gyerek. Az éhen haltaknak csak 10%-a lakott háborús övezetben. Az éhhalálók többségének krónikus alultápláltság az oka. Becslések szerint világszerte mintegy 800 millió ember szenved éhezéstől és alultápláltságtól; ez körülbelül százszorosa az aktuális évi elhalálozás számának.

A környezeti menekültek kérdésköre. A globális klímaváltozás indukálta tömeges elvándorlás több okra vezethető vissza. Részben a természeti csapások okozta infrastrukturális károsodás miatt, részben az éghajlatváltozás következtében kialakuló éhínség, vízhiány, betegségek miatt, részben a szűkösebb erőforrásokért kirobbanó konfliktusok miatt. Minden esetben számolni kell egyidejű és nagyszámú tömeges elvándorlással. Az erőforrásokért folyó verseny akkor indul meg, amikor a

⁹ Epstein PR.: Climate change and human health. *N Engl J Med*, 2005. 14: 1433-6



helyi és a betelepült népességnek meg kell osztania a fennmaradáshoz szükséges forrásokat, ami tovább erősítheti a már fennálló etnikai és társadalmi feszültségeket.

A heves viharok, áradások, szárazság, vagy éppen a járványok terjedése által kiváltott népvándorlások nem csak humanitárius támogatáshoz, hanem akár katonai beavatkozásokhoz is vezethetnek.¹⁰

Minden esetben az egészségügyi rendszerben ellátási gondok jelentkeznek: vagy az extrém időjárási tényezők következtében, mely az infrastruktúrában bekövetkezett károk miatt alakul ki, vagy a szolgáltatással szemben megnövekedett kereslet miatt. Külön említést érdemel a kialakult közegészségügyi és járványügyi helyzet. A meglévő egészségügyi rendszerek nem igazán vannak berendezkedve a hasonló szituációk megoldására.

Összefoglalás

A globális klímaváltozás egészségügyi hatásai nyilvánvalóak. A jelenleg rendelkezésre álló adatok ismeretében a különböző szélsőséges időjárási események különböző mértékben fogják súlytani az egyes területeket. A szegényebb közösségek különösen sebezhetőek korlátozottabb alkalmazkodóképességük miatt. Ahol a szélsőséges időjárási események intenzívebbé és gyakoribbá válnak, ott a gazdasági és társadalmi költségek nőni fognak, és ezek a növekedések a közvetlenül érintett szektorokból áttérjednek más területekre, kiterjedt és bonyolult kapcsolatokat érintve. A globális klímaváltozás egészségügyi következményei a jelenleginél sokkal nagyobb anyagi terheket rónak az államháztartásra és az egészségügyi ellátó rendszerekre.

A világ számos országában olyan terveket és projekteket készítenek elő, melyek segítségével pontosabban modellezhetőek a várható környezeti katasztrófák feltételezett hatásai. Az ENSZ, a WHO, a FAO, az OIE (*Állategészségügyi Világszervezet*), és a Nemzetközi Meteorológiai Világszolgálat együttműködve kísérik figyelemmel a globális klímaváltozás okozta hatásokat, és a kapott eredmények birtokában prognosztikus számításokat végeznek. Magyarországon a Magyar Tudományos Akadémia *Változás-hatás-válaszadás projekt* (VAHAVA) programja foglalkozik a kérdéssel.

¹⁰ Broder JM.: Climate Change Seen as Threat to U.S. Security. The New York Times, 2009. 8: 34-56



Az Európai Unió egészségügyi programja keretében számos olyan projekt működik, mely a szélsőséges időjárás következményeit kutatja. Komoly összegeket fordítanak az éghajlatváltozás közegészségügyi hatásainak a vizsgálataira.

Az EUROHEIS (*Európai Egészségügyi és Környezetvédelmi Információs Rendszer a Kockázatértékelésre és a Betegségek feltérképezésére*) információs rendszer foglalkozik a környezet egészségre gyakorolt hatásai tekintetében kockázatértékeléssel, és betegségek térképes ábrázolásával. Az EUROSUN (*A Napsugárzás Egészségre Gyakorolt Hatását Vizsgáló Rendszer*) számszerűsíti a napsugárzásnak való kitettséget és annak egészségre gyakorolt hatásait. Az EuroHEAT (*Európai Korai Figyelmeztető és Megfigyelési Rendszer*) projekt keretében kidolgozásra került a felkészültség fokozása, és korai figyelmeztető és megfigyelési rendszer összehangolása. A CEHAPIS (*Éghajlati, Környezeti és Egészségügyi Cselekvési Terv és Információs Rendszer*) projekt az éghajlatra, a környezetre és az egészségre vonatkozó cselekvési terv és információs rendszer kiépítésére szolgál. A HIALINA (*A Levegőben Terjedő Allergének Egészségre Gyakorolt Hatását Vizsgáló Rendszer*) információs hálózat foglalkozik, a levegő által terjesztet allergének egészségre gyakorolt hatásaival. A CLIMATE-TRAP (*Program az Éghajlatváltozásra való felkészüléshez*) projekt keretében az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás képességét és hatásvizsgálatát elemzik.

A globális éghajlatváltozás egészségre gyakorolt hatásainak a következményeként szükséges az egészségügyi és a szociális rendszerek ellátó képességének a növelése. A klímaváltozás okozta megfelelő epidemiológiai adatgyűjtés, az adaptációs mechanizmusok kidolgozása, az összehangolt cselekvési tervek kifejlesztése és összehangolása összességében arra irányulnak, hogy mérsékeljék az éghajlatváltozás egészségkárosító hatásait. Külön figyelmet kell szentelni arra, hogy megfelelően becsüljük meg, az éghajlatváltozás milyen hatással jár a veszélyeztetett csoportokra. Tovább kell fejleszteni és erősíteni a hatékony egészségügyi intézkedések és a megfelelő egészségügyi válaszlépések azonosítása érdekében a sürgősségi egészségügyi szolgáltatásokat, a korai figyelmeztetést, és a veszélyeztetett társadalmi csoportok tájékoztatását.

A kormányok, civil szervezetek, nemzetközi egyesületek és mozgalmak egységes, összehangolt nemzetközi együttműködésével és összefogással lehet megfelelően felkészülni a ránk váró globális éghajlatváltozás következményeire.



Irodalomjegyzék

- Biello D.: Deadly by the Dozen: 12 Diseases Climate Change May Worsen. Scientific American, 2008. 8: 12-18
- Broder JM.: Climate Change Seen as Threat to U.S. Security. The New York Times, 2009. 8: 34-56
- Costello A.: Managing the health effects of climate change. The Lancet, 2009. Vol 373: 1693 - 1733
- Cullen E.: Climate change and water related illness. Ir Med J, 2008. 8: 234-236
- Epstein PR.: Climate change and human health. N Engl J Med, 2005. 14: 1433-6
- Lafferty, Kevin D.: The ecology of climate change and infectious diseases. Ecology, 2009. 90: 888–900
- Norval M.: The effects on human health from stratospheric ozone depletion and its interactions with climate change. , 2007. 3: 232-251
- Páldy A., Bobvos J.: Impact of heat waves on excess mortality in 2011 and 2012 in Hungary Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2012. 18(1-4): 15-26
- Smith JB.: Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) “reasons for concern”. PNAS, 2009. 11: 4133-4137
- Ziska L, Epstein PR.: Rising CO₂, Climate Change, and Public Health: Biology Environ Health Perspect, 2009. 117(2): 155–158



A fosszilis energiacsökkentés biztonsági és környezetvédelmi kérdése

Solymosi Ferenc

Magyar Honvédség Összhaderőnemi Parancsnokság

Tartalmi kivonat

A fosszilis energiától való függőség a katonai erők manőverezési képességét jelentősen korlátozza. Különösen kényes kérdés ez azon hadseregek számára, amelyek a hazai bázisoktól távol hajtják végre a feladataikat. A megfelelő mennyiségű üzemanyag biztonságos eljuttatása a felhasználóhoz minidig is magas kockázatot, jelentős anyagi és emberi erőforrást igényelt, a NATO iraki, valamint afganisztáni műveletei során ezek a problémák pedig meghatározódtak. A megújuló energiára való áttérés a hadseregben nem csupán biztonsági kérdés, a globális felmelegedés csökkentéséhez, a levegő tisztaságának megóvásához, mint állami szervezetnek jelentős mértékben hozzá kell járulnia. A környezetvédelem és a biztonság együtt valósulhat meg.

Kulcsszavak: *megújuló energia, hadsereg, biztonság*

Abstract

Dependence on fossil energy significantly limits the maneuver capabilities of the military forces. This issue is a particularly delicate matter in the armed forces, which are carrying out their tasks far away from home base. Making the appropriate amount of fuel available to the user always requires a high risk, and significant financial and human resources. During the NATO operations in Iraq and Afghanistan, these problems are magnified. Transition to renewable energy in the army is not only a security issue, but as a public organization, the army needs to contribute significantly to global warming reduction, and preservation of air purity. Preservation of the environment and provisions of security can take place together.

Keywords: *renewable energy, armed forces, security*



Biztonság szemszögéből

Az utóbbi időszakban az energiaellátás a fegyveres erők kritikus tényezőjévé vált. Ennek oka a fosszilis energia, azon belül is az olajtól való függőség kezelése. 2009-ben az amerikai védelmi tárca energiafelhasználása 932 billió BTU¹ (≈ 3.180 TW) volt, mely 13,3 milliárd dollárjába került az adófizetőknek. A tárca energiaszükséglete pedig 73 millió tonna CO₂ kibocsátással párosult.²

Az amerikai védelmi tárca energiafelhasználása az Egyesült Államok összes fogyasztásának 1,5-2%-át, míg a kormányzati irányítás alá tartozó szervezetek energiafogyasztásának pedig 93%-át teszi ki. Statisztikák szerint ez a fogyasztás megegyezik a 140 millió lakosú Nigéria energiafelhasználásával.

Az energiaszükséglet $\frac{3}{4}$ része a hadsereg gépjárművei, hajói, repülői, aggregátorai üzemeltetéséhez, míg $\frac{1}{4}$ része az épületek, építmények működtetéséhez szükséges.

Ami még nagyobb aggodalomra ad okot az, hogy az energiafelhasználás 80%-a olajból, 11%-a villamos energiából, a maradék gázból és szénből származik.

Az olajtól való függőség az energiához való jutás szabadságát, ezáltal a haderő mozgékonyságának, a műveletek végrehajtásának kockázatát rejtik magukba, ezért a védelmi tárca óriási erőfeszítéseket tesz a hagyományos energiától való függőség csökkentésére, az alternatív és megújuló energiaforrásokra történő áttérésre. Jelenleg a Pentagon energiaszükségletének kevesebb, mint 4%-a származik megújuló energiaforrásból.

Az amerikai hadseregnek a működéséhez napi 360 ezer hordó olajra van szüksége, ezzel az USA legnagyobb olajfogyasztója. A hadsereg energiabiztonsága így kulcskérdéssé lépett elő. A védelmi minisztérium költségvetése évről évre rohamosan emelkedik, melynek legjelentősebb tétele a dráguló üzemanyagár.

Az amerikai hadsereg az olajszükségletének kevesebb, mint felét fogyasztja el az Egyesült Államok területén. Sharon E. Burke a Pentagon Műveleti Energiatervező

¹ 1BTU/hr = 0.29307107W

² How Much Energy Does the U.S. Military Consume <http://www.dailyenergyreport.com/how-much-energy-does-the-u-s-military-consume/> Letöltve: 2013. március 4.



Iroda igazgatója szerint a Védelmi Logisztikai Ügynökség napi 170 000 hordó³ olajat szállít műveleti területekre, melynek költsége éves szinten eléri a 9,6 milliárd dollárt.

Bár a Pentagon költségvetésének csupán 2%-át teszik ki az üzemanyagárak ezekhez jelentős közvetett költségek párosulnak, úgymint szállítás, tárolás, szétosztás, végfelhasználókhoz juttatás.

Az afganisztáni műveletek üzemanyagköltségei már az egekbe szöktek. A The Hill szerint az afganisztáni hadszíntéren üzemelő repülőgépek, harcjárművek által elfogyasztott minden egyes gallon⁴ üzemanyag tankolása átlagosan 400 dollárjába kerül az amerikai adófizetőknek. Egyes szakértői becslések szerint ez az összeg akár az 1 000 dollárt is elérheti, amennyiben beleszámítják az üzemanyag műveleti területen történő védelmével kapcsolatos kiadásokat is.

A cikk megemlíti, hogy egyedül 2008 júniusában Bagram légi bázis üzemanyag-ellátása során 44 db. üzemanyag-szállító gépjármű és vele együtt 220 000 gallon üzemanyag veszett oda az üzemanyag-utánpótlást ért támadások és egyéb cselekmények által. Szélsőséges klimatikus helyzetben, fagyos teleken és forró nyári napokon az Afganisztánban szolgáló amerikai csapatok üzemanyag-fogyasztása elérheti a napi 800 000 gallont. Az afganisztáni hadszíntéren az elsődleges fenyegetést az út szélén elhelyezett robbanószerkezetek jelentették, melyek hatása ellen kifejlesztett és mind nagyobb számban alkalmazott MRAP (mine resistant ambush-protected) harcjárművek magas fogyasztása újabb kihívás elé állította Afganisztánban az üzemanyag-utánpótlást.⁵

Mindezen okokból kifolyólag megújuló energetikai célokat állított a Fehér Ház az amerikai hadsereg elé. Az Obama vezetés döntése értelmében az amerikai hadseregnek 2025-ig 25%-os megújuló energiafelhasználást kell elérnie, ehhez mintegy 7,1 milliárd dolláros állami beruházáshoz lesz szükség az elkövetkezendő időszakban.

Az alternatív energia előállítás nem titkolt célja, a biztonságos stabil energiaellátás, mellyel a hadsereg függetleníteni tudja magát a közüzemi hálózatoktól. Új-Mexikó államban, Fort Bliss bázison – mely Amerika egyik legnagyobb katonai bázisa, – 5 500 napelem-panelt telepítettek már le, míg

³ 1 Barrel - hordó = 159,11315986982 liter

⁴ 1 US gallon = 3.78541178 liter

⁵ \$400 per gallon gas to drive debate over cost of war in Afghanistan <http://thehill.com/homenews/administration/63407-400gallon-gas-another-cost-of-war-in-afghanistan>- Letöltve: 2013.március 4.



Kaliforniában, Los Angeles melletti Edwards Air Force Base területén telepített panelek kapacitása eléri a 3,4 Megawatt teljesítményt.

A haditengerészet földi berendezéseinek napenergiával történő ellátása, valamint a kifutópályák, helikopter leszállók infravörös megvilágításának napenergiával történő összekapcsolásával kísérletezik a Lockheed Martin, mely rendszer legalább 50%-os vagy nagyobb üzemanyag-csökkentést eredményezhet.

2013. január 16-án átadták az eddigi legnagyobb, 4 465 megawatt teljesítményű napelemenergia-rendszert az Új-Mexikói White Sands rakéta lőtérén.⁶



1. kép: Napelem telep az Új-Mexikói White Sands Rakéta Lőtér bázison

Az Energia Hivatal terve között szerepel mintegy 160 000 fotovillamos (photovoltaic) egység kiépítése 33 államban. A célok között szerepel, hogy a napenergiát előállító rendszerek kapacitását túlméretezve, a megtermelt felesleges energiát értékesítik a helyi közüzemi szolgáltatók részére.

Missziók energiabiztonsága

Felismerve az üzemanyag-utánpótlás sérülékenységét, már 2006-ban az iraki háborúban felmerült az igény megújuló energiaforrások használatára, hogy lecsökkentsék az üzemanyagot szállító konvojok számát, úton töltött idejét. A Nyugati Erők Parancsnoka Richard Zilmer vezérőrnagy Pentagonnak írott levelében felhívta a figyelmet a fosszilis energia csökkentésére, a megújuló energiaforrások növelésére,

⁶ Corps of Engineers completes Army's largest solar array installation http://www.army.mil/article/94468/Corps_of_Engineers_completes_Army_s_largest_solar_array_installation/ Letöltve: 2013.március 4.



a logisztikai utánpótlás és az abban részt vevő katonák veszteségeinek csökkentése érdekében.

A missziók, műveletek végrehajtásának alapvető feltétele a biztonságos energiaellátás. Az összetett rendszerek – önvédelmi fegyverrendszer, radarok, stb. – működtetése még nem megoldott pusztán mobil, megújuló energiaforrásokra épülő technológiákkal, a személyi elektronikus eszközök esetében jelentős lehet a mobilizálható szolárpanelek alkalmazása. Az amerikai hadsereg már teszteli a napenergiával működő computereket és kommunikációs berendezéseket, dobozba csukható, hordozható szolárpaneleket, energiatakarékos lámpákat és napenergiát generáló sátorhuzatokat. Ez óriási stratégiai előnyt biztosít a saját erőktől elzárt különleges egységek számára.

Afganisztánban az amerikai különleges erők már alkalmazzák a napenergiát, mellyel radikálisan csökkentették az üzemanyag-felhasználást, az üzemanyag-ellátással kapcsolatos kockázatokat. Különösen fontos ez azon alegységeknél, ahol az üzemanyag-kiszállítás légi hídon (helikopterrel) történik, hiszen a leszállóhely biztosítása, az üzemanyag átvétele, kirakása komoly biztosítási erőket köt le és jelentős kockázati tényező.



2. kép: telepíthető napenergiaellátó-rendszer⁷

Az Afganisztánban telepített energiaellátó-rendszer 30 fő ellátására elegendő, körülbelül 700 megawatt óra teljesítmény előállítására képes, ami 460 000 gallon üzemanyagmegtakarítást eredményez évente. Ezzel a rendszerrel 185 db. nehéz

⁷ Soldiers using sunlight to improve combat capability
http://www.army.mil/article/91018/Soldiers_using_sunlight_to_improve_combat_capability/
Letöltve: 2013. március 4.



üzemanyag-szállító kerül ki a konvojokból évente, mely egyúttal az üzemeltetésben 2,5 hónapnyi üzemanyag-megtakarítást is jelent.

A kevesebb üzemanyag-felhasználás azt is jelenti, hogy a katonák kevesebb időt töltenek üzemanyag-átvétellel, az üzemanyag-kirakó helyek biztosításával, ami szintén jelentős biztonsági előrelépés. További megtakarítást jelent, hogy az üzemanyag-ellátáshoz kevesebb eszköz kell, így azok a műveleti területen más egységek rendelkezésére állhatnak. A szolárrendszerek tervezésénél figyelembe vették, hogy a rendszer minden egyes egysége 1 db szabványos 20'-os konténerbe beleférjen, tehát szállításuk, telepítésük gyors, nem igényel speciális felszerelést. Előnyként lehet még számításba venni, hogy a rendszer a hagyományos aggregátortelepekkel szemben nem igényel karbantartást, ezzel járó fenntartási-, karbantartási-, anyag- és emberierőforrás-szükségletet, nem igényel olajcserét sem. A napenergia teljesítményének leadása precízebben stabilizálható, így a feszültségingadozásra érzékenyebb eszközök használata is kedvezőbb.⁸



3. kép: Szolár árnyékoló⁹

A hordozható, rugalmas sátoztető-kialakítású könnyű szolár árnyékoló, kifejezetten az expedíciós alegységek részére került kifejlesztésre, mely alkalmas rádiók telefonok, éjjellátók, laptopok és kisebb elektromos felszerelések akkumulátorainak töltésére. A felszerelés megtalálható az afganisztáni hadszíntéren.

⁸ Uo.

⁹ Army evaluating transportable solar-powered tents <http://www.army.mil/article/49138/> Letöltve: 2013. március 4.



A 16x20 lb. területű sáttető alkalmas 800 watt elektromos teljesítmény előállítására.¹⁰

Az Afrikában állomásozó Combined Joint Task Force - Horn of Africa által használt szolár árnyékolók az Energiaügyi és Vízügyi Menedzsment éves jelentése szerint évi 230 000 dollárt takarítanak meg az üzemanyag-fogyasztás csökkentése által. Az árnyékoló amellet, hogy energiát termel, a nap sugárzásának 70-80%-át kiszűri, ezáltal a légkondicionáló berendezésekhez is kevesebb energia szükséges.¹¹

A szolár takarók alkalmazásának kifejezett célja, a katonák által viselt egyéni felszerelések súlyának csökkentése azáltal, hogy az optikai, híradó és helymeghatározó eszközök tartalék akkumulátoraira nincs szükség, azok a takaró által termelt energiával tölthetők.

A korszerű hadviselésben a katonák számos akkumulátorral, vagy elemmel működő haditechnikai eszközt hordanak felszerelésük részeként. A megújuló energiaforrások részeként kifejlesztett könnyű akkumulátorok is csökkentik a katonák fáradtságát, növelik mozgékonyágukat. Az integrált energiaellátó rendszer legényegesebb tulajdonsága, hogy harci cselekmények között is újratölthető.

US Army Research, Development, and Engineering Command's (RDECOM's) Elektronikai Kutató, Fejlesztő és Mérnöki Központ két mikrogrid rendszeren dolgozik, ami függetlenséget ad a katonák részére a helyi villamosenergia-ellátástól. Az egyik a RENEWS (Reusing Existing Natural Energy from Wind and Solar) nevű fejlesztés, amely a napenergia és a szélenergia együttes alkalmazásával biztosítja az elektronikus eszközök működéséhez szükséges energiát. A rendszer jelenleg három laptop folyamatos üzemeltetését teszi lehetővé. A jelenlegi legnagyobb probléma, hogy az energiaellátó rendszer megközelítően 50 kilogramm, ráadásul 2 egységben tárolva.

A másik projekt a REDUCE (Renewable Energy for Distributed Undersupplied Command Environments) nevet kapta, valamelyest komplexebb, mint a RENEWS rendszer, melyet a felderítő menedzsment teszlet. Szakértők szerint még három év szükséges ahhoz, hogy gépjárműre szerelve különböző elektromos rendszerek ellátását biztosítsa, az úgynevezett plug-and-play formában. A REDUCE rendszer

¹⁰ Uo.

¹¹ Experimental solar shade in Djibouti provides constant power
http://www.army.mil/article/58781/Experimental_solar_shade_in_Djibouti_provides_constant_power/
Letöltve: 2013. március 4.



kombináltan használja a megújuló energiaforrásokat, ezzel is csökkentve a fosszilis üzemanyagokat felhasználó aggregátortelepek felhasználását.¹²

Környezetvédelem szemszögéből a globális felmelegedés hatása Magyarországra

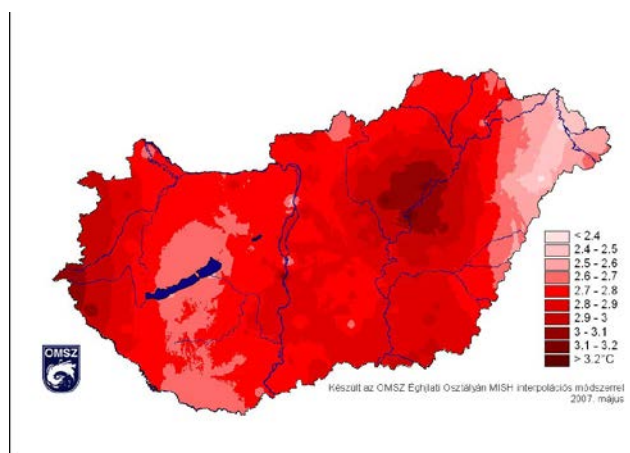
Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület legújabb jelentése hangsúlyozza, hogy a 20. század második felében végbement mintegy félfokos melegedés nagy valószínűséggel az emberi tevékenység következménye, és gyakorlatilag kizárható, hogy természeti eredetű ingadozásról volna szó.

Az Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) által meghatározott különböző kibocsátási forgatókönyvek mindegyike szerint, a globális átlaghőmérséklet emelkedése várható a 21. században. A legnagyobb változást előrejelző forgatókönyv szerint a földi átlaghőmérséklet 2100-ban akár 6,4°C-kal is magasabb lehet az 1980–1999 közötti időszak átlaghőmérsékleténél.

Magyarországot különösen érzékenyen érinti a globális felmelegedés hatása. Ha világátlagban egy fokot emelkedik a hőmérséklet, nálunk ez a medence-jelleg miatt 1,5-2 fokos emelkedést jelenthet. Ennek következtében az éves csapadék átlagos mennyiségének csökkenése és a csapadékeloszlás átrendeződése (több csapadék télen, kevesebb nyáron), továbbá a szélsőséges időjárási események gyakoriságának és intenzitásának növekedése várható.

Hazánkban az utóbbi három évtized során a napi maximum-hőmérséklet drámai mértékben, 2-3 fokkal emelkedett. A vizsgálati eredményekből az éves csapadékmennyiség csökkenő tendenciája is egyértelmű. A klímamodellek szerint a jövőben minden évszakra egyértelmű melegedés várható, aminek mértéke nyáron a legnagyobb, tavasszal a legkisebb.

¹² Renewable Energy Grids Power Soldiers
http://www.designnews.com/document.asp?doc_id=243984&dfpPPParams=ind_184,industry_gov,aid_243984&dfpLayout=article Letöltve: 2013. március 5.



1. ábra: A nyári maximumhőmérséklet változása Magyarországon 1975-2004

Forrás: OMSZ

A légszennyezettség Magyarországon

A légszennyezettség főleg a világ nagyvárosaiban, Magyarországon elsősorban Budapesten jelent az egészségre komoly problémát.

PM₁₀ egészségügyi határérték túllépések napok száma a 2011-es esztendőben az alábbiak szerint alakult:

Mérőállomás helye	1999/30/EK irányelve szerint engedélyezve (nap)	Tényleges túllépések száma (nap)	Túllépés %-ban
Pesthidegkút	35	49*	140
Budatétény	35	48*	137
Csepel	35	69*	197
Széna tér	35	80*	229
Honvéd telep	35	57*	163
Erzsébet tér	35	91*	260
Kosztolányi tér	35	41*	171
Teleki tér	35	82*	234
Kőrakáspark	35	61*	174
Gergely utca	35	40*	142
Gilice tér	35	48*	137
Káposztásmegyér	35	33*	-6 (évközben telepítve)

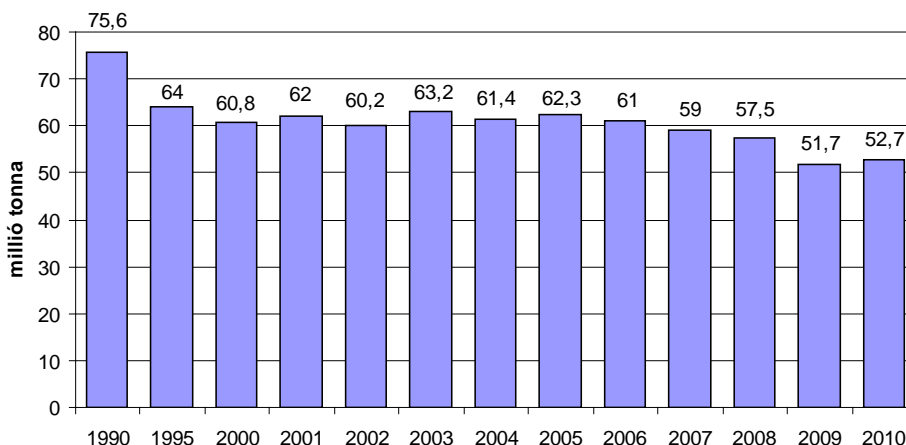
1. számú táblázat: PM₁₀ egészségügyi határérték túllépések napok száma BP 2011

* Forrás: <http://www.szmog.info>

Ebből az éves átlag PM₁₀ túllépéseket az alábbiak szerint számolhatjuk ki:

$$T_{\text{á}} = \sum T_t / M_{\text{sz}}$$

Azaz 58 nap/év, ami a megengedett 35 naphoz képest jelentős túllépésnek számít.



1. számú diagram: Légszennyezőanyag-kibocsátás alakulása Magyarországon

Forrás KSH 5.3.1. saját diagram

Valamennyi hazai és nemzetközi tanulmányból egyöntetűen kiderül, hogy az energiaszektor (melynek szerves része a gépjárművek által előállított energia) a teljes kibocsátás 75%-áért felelős. A fosszilis tüzelőanyagokból keletkező szén-dioxid a legnagyobb tétel az üvegházhatású gázkibocsátások között, a szektor kibocsátásában 94%-ot képvisel, ezt követi a metán 4%-kal, majd a dinitrogén-oxid 2%-kal. A tüzelőanyagok közül az elégetett gáz okozza a legnagyobb kibocsátást (45%), majd a folyékony és a szilárd tüzelőanyagok következnek, s ez utóbbiaknak már csak 23% a részesedésük. A 90-es években lezajlott tüzelőanyag-szerkezetváltásnak köszönhetően a 80-as években még elsődlegesnek számító forrást, a szilárd tüzelőanyagot mindinkább kiszorítja a fajlagosan kisebb kibocsátású földgáz, ezáltal is csökken a teljes kibocsátás

A Magyar Honvédség környezetterhelése¹³

Addig, amíg az Egyesült Államokban a hadsereg üzemanyag-felhasználása az összes felhasználásnak 1,5-2%-át teszi ki, addig a Magyar Honvédség az ország összes üzemanyag-felhasználásának mintegy 0,2%-át. Ebből látszik, hogy a Magyar Honvédségen belüli károsanyag-kibocsátás csökkentésére irányuló intézkedések elsősorban a gazdálkodás racionalizálásából erednek, továbbá a közszférán belüli

¹³ A Magyar Honvédségre vonatkozó adatok alapja az MH ÖHP haditechnikai főnökség által rendelkezésre bocsátott éves összesített üzemeltetési jelentések, illetve az MH ÖHP hadtápfőnökség által megadott éves hajtóanyag fogyasztási keretek.



példamutatásnak számítanak, mintsem az országos kibocsátási adatok meghatározó tényezőjének.

Az alábbi táblázatok mutatják a Magyar Honvédség üzemanyag-felhasználási tendenciáit, illetve azok összehasonlítását az országos fogyasztással.

Év	2009	2010	2011
Magyarország összes felhasználása (millió tonna)	1571,4	1370,5	1293
Ebből a MH felhasználása (millió tonna)	1,5	1,2	0,9
MH felhasználása %-ban	0,095	0,087	0,07

2. számú táblázat Az MH benzin felhasználása az országos felhasználáshoz viszonyítva¹⁴

Év	2009	2010	2011
Magyarország összes felhasználása (millió tonna)	1696,3	1589,4	1587,2
Ebből a MH felhasználása (millió tonna)	7,8	5,1	2,1
MH felhasználása %-ban	0,46	0,32	0,13

3. számú táblázat: Az MH gázolaj felhasználása az országos felhasználáshoz viszonyítva¹⁵

A CO₂ kibocsátás egyszerűsített számítása

Benzin

1 liter benzin tömege 750 g, 87%-a szén, azaz 652 g szénatomot tartalmaz literenként. Ahhoz, hogy ez a mennyiség elégjen, azaz széndioxiddá (CO₂) alakuljon, 1740 g oxigénre van szükség. Tehát 652+1740= 2392 g CO₂ keletkezik 1 liter benzin elégetésekor.

Diesel

1 liter gázolaj súlya 835 g, 86,2%-a szén, azaz 720 g szénatomot tartalmaz literenként. Ahhoz, hogy ez a mennyiség elégjen, azaz széndioxiddá (CO₂) alakuljon, 1920 g oxigénre van szükség. Tehát 720+1920= 2640 g CO₂/ keletkezik 1 liter gázolaj elégetésekor.

¹⁴ Forrás: Magyar Ásványolaj Szövetség 2011. évi beszámoló (<http://www.petroleum.hu/masz2011.pdf>), valamint MH ÖHP HTPF-ség.

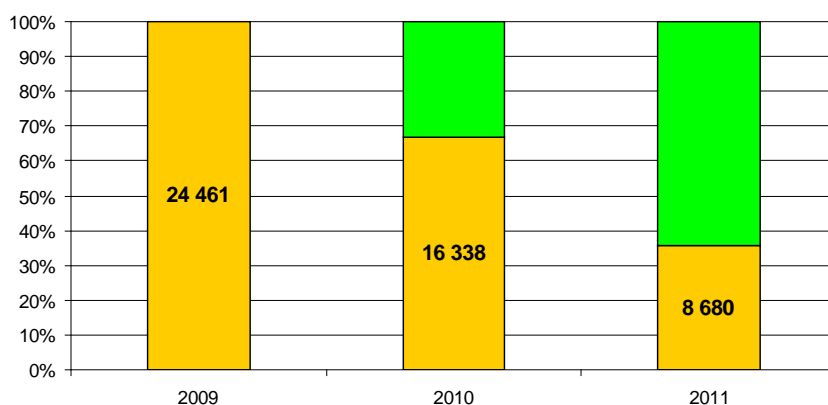
¹⁵ Forrás: Magyar Ásványolaj Szövetség 2011. évi beszámoló (<http://www.petroleum.hu/masz2011.pdf>), valamint MH ÖHP HTPF-ség.



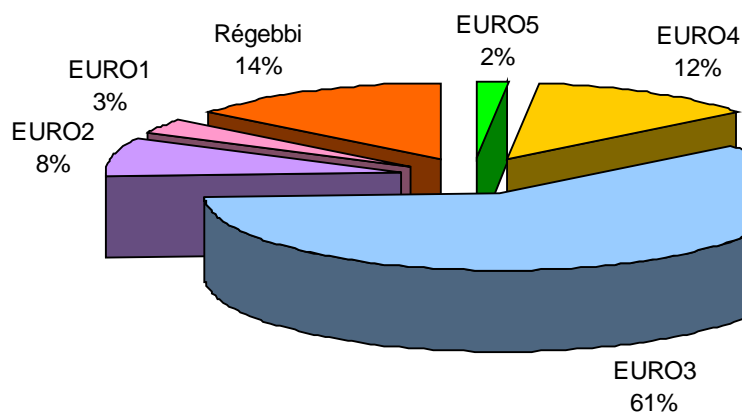
év	2009	2010	2011
Benzin felhasználás (l)	1472068	1167601	940284
tényleges CO ₂ kibocsátás benzinből (t)	3385	2685	2163
Gázolaj felhasználás (l)	7806200	5056832	2413922
tényleges CO ₂ kibocsátás gázolajból (t)	21076	13653	6517

4. számú táblázat. A Magyar Honvédség CO₂ kibocsátásának alakulása 2009-2011 között (saját számítás)

A gazdálkodást racionalizáló, valamint kiadást csökkentő intézkedések hatására a Magyar Honvédség gépjármű-üzemeltetéséből származó összes CO₂ kibocsátásának százalékos csökkenését az alábbi diagram mutatja:



2. számú diagram: A Magyar Honvédség által üzemeltetett gépjármű-technikai eszközök CO₂ kibocsátása csökkenésének aránya a 2009. évhez képest százalékban (saját diagramm)



3. számú diagram: A Magyar Honvédség által üzemeltetett gépjármű-technikai eszközök 2011. évi futásteljesítésének százalékos összetétele EURO fokozatonként (saját diagramm)



Mint az a diagramból is látható a kiadáscsökkentő intézkedések előtérbe helyezték a fiatalabb, kevesebbet fogyasztó, ugyanakkor környezetkímélőbb eszközök használatát.

Azzal, hogy a legalább EURO 3-as normájú motorral felszerelt gépjárművek az összes igénybevétel $\frac{3}{4}$ részét képezték, igazolják, hogy a Magyar Honvédség csekély mértékben járul hozzá a környezet terheléséhez.

A károsanyag-kibocsátás csökkentésének elméleti lehetőségei a Magyar Honvédségben

A Nemzeti Éghajlati Stratégia 4. pontja részletezi a kormányzati és társadalmi feladatokat, melyek alapján a Magyar Honvédségnek, mint állami szervezetnek az alábbi feladatokat kell végrehajtania:

- megfelelő jogi-gazdasági szabályozó rendszer kialakítása;
- támogatási rendszerek felülvizsgálata, átalakítása;
- a társadalom szemléletformálásának erősítése, előtérbe helyezése, példamutatás.

A megfelelő jogi-gazdasági szabályozó rendszer kialakítása nem újdonság a Magyar Honvédség számára, az elmúlt években számos gazdálkodást racionalizáló és kiadáscsökkentő intézkedést vezetett be. Ezek elsősorban a költségvetési kiadások csökkentésére irányultak és csak áttételesen függtek össze a károsanyag-kibocsátással.

A Magyar Honvédségben az Európai Unió hosszú távú (megújuló energiaforrások felhasználásának növelése) stratégiájának megfelelő károsanyag kibocsátás-csökkentés a gépjármű-technikai eszközök üzemeltetésében nem aktuális kérdés. Arra vonatkozó elképzelés, hogy Magyarországon a 2020-ra a megújuló energiaforrások arányának a jelenlegi 4,5%-ról 13%-ra történő növelésében milyen szerepe van a Magyar Honvédségnek, azon belül a gépjármű-technikai ágazatnak, jelenleg nem ismert.

A megújuló energiaforrások bevezetése nagymértékben függ a NATO tagállamok hosszútávú stratégiájától, hiszen a fejlesztéseket abba az irányba kell elmozdítani, hogy a szövetséges ellátási rendszerbe illeszkedjen.

A meglévő gépjármű-technikai eszközpark károsanyag-kibocsátásának csökkentése az Európai Unió rövid távú stratégiájának megfelelően a Magyar



Honvédségben is elkezdődhet, elsősorban azokon az eszközökön, melyek nem vesznek részt külföldi műveletekben, a napi élet fenntartásához szükségesek, illetve a szövetséges tagállamok területén, nem műveleti feladatokhoz köthetően fenntartásuk biztosított.

Rövidtávú lehetőségek

1.) Benzin üzemű személygépkocsik átalakítása LPG üzemű gépjárművé

1 liter LPG súlya 550 g, 82,5%-a szén, azaz 454 g szénatomot tartalmaz literenként. Ahhoz, hogy ez a mennyiség elégjen, azaz széndioxidá (CO₂) alakuljon, 1211 g oxigénre van szükség. Tehát 454+1211= 1665 g CO₂ keletkezik 1 liter LPG elégetésekor.

Ebben az esetben a CO₂ kibocsátás 43%-ra csökkenne ugyanazon típusú benzinüzemű gépjárművek kibocsátásához képest, úgyis, hogy a fogyasztás 10-12% növekedését is figyelembe vesszük.

Ebben az esetben a CO₂ kibocsátás az alábbiak szerint alakult volna:

év	2009	2010	2011
Benzin felhasználás (l)	147206 8	116760 1	940284
tényleges CO ₂ kibocsátás benzinből ¹ (t)	3385	2685	2163
Gázolaj felhasználás (l)	780620 0	505683 2	241392 2
tényleges CO ₂ kibocsátás gázolajból ² (t)	21076	13653	6517
tényleges összes CO₂ kibocsátás³ (t)	24461	16338	8680
Számított CO ₂ kibocsátás LPG üzem esetén ⁴ (t)	1912	1540	1220
tényleges CO ₂ kibocsátás benzinből ⁵ (t)	1079	826	691
Összes CO₂ kibocsátás⁶ (t)	24067	16019	8428
LPG és benzinkibocsátás aránya a csak benzinkibocsátáshoz képest ⁷ (%)	12	11	12
Viszonyított éves CO ₂ kibocsátás csökkenés ⁸ %-ban	2	2	3

5. számú táblázat: Az MH CO₂ kibocsátása 2009-2011 (saját számítás)

¹ 2392 g CO₂/ literrel számolva;

² 2640 g CO₂/literrel számolva;

³ tényleges benzin és gázolaj kibocsátás összege;

⁴ 1665 g CO₂/literrel számolva csak az LPG közúti személygépkocsik kibocsátása;

⁵ 2392 g CO₂/ literrel számolva a nem átalakított benzines eszközök kibocsátása;



⁶ A tényleges gázolaj, a számított LPG, valamint a nem átalakított benzines gépjárművek kibocsátásának összege;

⁷ Az LPG és benzinkibocsátás összegének aránya ugyanazon körülmények között üzemelő csak benzines eszközökhöz képest;

⁸ A kibocsátott összes CO₂ százalékos aránya az LPG használatával, és anélküli éves kibocsátáshoz képest.

A táblázatból jól látható, hogy a benzinüzemű személygépkocsik átalakítása mindösszesen 2-3%-al csökkentené az MH összes gépjárműveiből származó CO₂ kibocsátását. Itt kell azonban megjegyezni, hogy a korábbi évek szignifikáns benzin és LPG árak közötti különbsége az üzemeltetésben az alábbi megtakarítást eredményezte volna:

Költség	2009	2010	2011
ESZ 95 árával számolva ¹ (mFt,-)	288,88	273,26	247,35
LPG árával számolva ² (mFt,-)	187,47	171,00	142,32
Megtakarítás (mFt,-)	101,41	102,26	105,03
Megtakarítás aránya (%)	36	37	42

6. számú táblázat: Benzin és LPG átlag árának összehasonlítása, valamint az üzemeltetési adatok alapján kalkulált megtakarítás az MH-ban 2009-2011 (saját számítás)

Az LPG gáz 2013. évi 100%-os jövedéki adó emelése a megtakarításokat csökkenti, azonban még így is kedvezőbb gazdasági hatása lenne.

2.) Biodízel 20%-os bekeverése a dízelüzemű gépjárművekbe

A biodízel előállításával kapcsolatban Magyarországon a jövedéki adóról és a jövedéki termékek forgalmazásának különös szabályairól szóló 2003. évi CXXVII. törvény (továbbiakban: jogszabály) rendelkezéseit kell figyelembe venni.

A jogszabály 1. § (2) bek. a) pontja alapján a jövedéki terméket csak adóraktárban – fizikailag elkülönített, egy technológiai egységet képező üzem – vagy vámfelügyelet mellett lehet előállítani. Adóraktári engedélyt adóhatóság adhat ki.

Amennyiben a Magyar Honvédséget kivételként beemelnék a jogszabályba (például az alábbi normaszöveggel: „jövedéki terméket rendszeresen, vagy esetileg csak bejegyzett képviselő, illetve a Magyar Honvédség fogadhat”), lényegileg lehetőség lenne a Magyar Honvédség keretein belül biodízel bekeverésére, hiszen a



többi feltétel adott. A Magyar Honvédségnek megvannak azon képességei (tárolókapacitás, kettős könyvelés) amelyek – megfelelő jogszabályi háttér esetén – lehetőséget adnak a biodízel bekeverésére.

Kibocsátás megnevezése	2011
Gázolaj felhasználás (l)	2413922
tényleges CO₂ kibocsátás gázolajból² (t)	6517
Számított CO ₂ kibocsátás repceolajjal (t)	4218
Számított CO ₂ kibocsátás napraforgó olajjal (t)	5541
Számított összes CO₂ kibocsátás (R20) (t)	6129
Számított összes CO₂ kibocsátás (N20) (t)	7452

7. számú táblázat: Az MH dízel eszközeinek CO₂ kibocsátásának számított értékei csak gázolajjal, 20% repceolaj, illetve 20% napraforgóolaj esetleges bekeverése esetén 2011. évi üzemeltetési adatok alapján (saját számítás)

3.) A PM kibocsátás csökkentésének a lehetősége

Magyarországon a PM kibocsátás csökkentéséről a kisméretű szálló por (PM₁₀) csökkentés ágazatközi intézkedési programjáról szóló 1330/2011. (X. 12.) Korm. határozat rendelkezik.

A Magyar Honvédség dízelüzemű gépjárműállományának összetételét (életkor, cserélődési ütem, emissziós kategóriák szerinti megoszlás) figyelembe véve – külföldi buszvállalatok tapasztalataira támaszkodva – a részecske-emisszió csökkentésének igen hatékony eszközét jelentheti a részecskeszűrők utólagos beépítése. Az utólagos beépítésre a hazai és nemzetközi piacon jelenleg elérhető egyes részecskeszűrő megoldások mind műszakilag (konstrukció: részáramú; teljesáramú; szűrőanyag: kerámia, szilikonkarbid, szinterfém), mind hatékonyság, karbantartási igény, megbízhatóság, valamint gazdasági szempontból (beruházási és üzemviteli költség, ellenőrzések gyakorisága, élettartam) jelentősen eltérnek egymástól.

Részecskeszűrők beépítésének hatástanulmányát elsősorban olyan dízelüzemű eszközök esetében érdemes megvizsgálni, melyek rendeltetésüknél fogva a nagyvárosok forgalmában vesznek részt, és a szállópor-koncentrációt – még ha az összes kibocsátáshoz képest elenyésző mértékben is – befolyásolják. Ezek az eszközök az MH esetében az autóbuszok, mikrobuszok és személygépkocsik.



A részecskeszűrők jelenlegi 90%-os szűrési hatásfokával a Magyar Honvédség autóbusz-állományának és 2011. évi üzemeltetési adatainak figyelembevételével a PM kibocsátás DPF szűrők felszerelésével az alábbiak szerint alakulna:

Megnevezés	Régebbi	EURO-1	EURO-2	EURO-3	EURO-4	EURO-5
Buszok száma	102	6	9	37	18	8
Kibocsátás a határ 80%-a	≈0,8	0,28	0,12	0,08	0,016	0,016
Évi átlag futásteljesítmény (km/busz)	20.304	22.978	11.009	21.964	21.061	7.308
Évi PM emisszió (kg/év/busz)	56,6	16,0	3,3	4,3	0,842	0,3
Összes PM emisszió (kg/év/flotta)	5.773	96	29,7	159,1	15,15	2,4
Kiszűrhető évi PM (kg/év/flotta)	5.192	86,4	26,7	140,6	13,7	2,16
Kiszűrhető PM (kg/élet/flotta)	25.960	432	267	2.109	205,5	43,2

8. számú táblázat: Az MH autóbuszainak számított PM kibocsátási értékei részecskeszűrő alkalmazása nélkül, illetve PDF szűrő feltételezett alkalmazása esetén (saját számítás)

A Magyar Honvédség üzemanyag-felhasználása mindössze 0,2%-a az országos felhasználásnak, ami megegyezik a felhasznált üzemanyagból származó károsanyag-kibocsátás arányával is.

Az EURO3 gépjárművek használata kiemelkedően magas az összes gépjármű-igénybevételhez képest, így a honvédségi gépjárművek okozta környezeti terhelés értéke az országos átlaggal megegyező vagy az alatti. A meglévő eszközök károsanyag-kibocsátásának drasztikus csökkentése inkább szimbolikus jelentőségű, mintsem – legalább is országos viszonylatban – mérhető eredménnyel bírna. A jelenlegi üzemeltetési struktúrában már az előregedett hordozójárművek üzemeltetésből történő fokozatos leépítése is elegendő a kibocsátási értékek országos átlag alatti eléréséhez.



Irodalomjegyzék

How Much Energy Does the U.S. Military Consume

<http://www.dailyenergyreport.com/how-much-energy-does-the-u-s-military-consume/>

\$400 per gallon gas to drive debate over cost of war in Afghanistan

<http://thehill.com/homenews/administration/63407-400gallon-gas-another-cost-of-war-in-afghanistan->

Corps of Engineers completes Army's largest solar array installation

http://www.army.mil/article/94468/Corps_of_Engineers_completes_Army_s_largest_solar_array_installation/

Soldiers using sunlight to improve combat capability

http://www.army.mil/article/91018/Soldiers_using_sunlight_to_improve_combat_capability/

Army evaluating transportable solar-powered tents

<http://www.army.mil/article/49138/>

Experimental solar shade in Djibouti provides constant power

http://www.army.mil/article/58781/Experimental_solar_shade_in_Djibouti_provides_constant_power/

Renewable Energy Grids Power Soldiers

http://www.designnews.com/document.asp?doc_id=243984&dfpPParams=ind_184,industry_gov,aid_243984&dfpLayout=article



II. SEKCIÓ: ADAPTÁCIÓ

Élelmiszerlánc-biztonsági Stratégia Magyarországon – Tapasztalatok és javaslatok

Kasza Gyula, Zsoldos László, Bódi Barbara

*Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Élelmiszeripari Gazdaságtan
Tanszék*

Tartalmi kivonat

Magyarország számára az élelmiszergazdaság természeti és gazdasági adottságaink, illetve hagyományaink miatt egyaránt stratégiai ágazatnak minősül. Szabályozása tehát nem képzelhető el hosszabb időtávot átölelő tervezés nélkül. A cikkben összefoglalja azokat az alapvető szempontokat, amelyek az előkészítés alatt álló Élelmiszerlánc-biztonsági Stratégia kidolgozásánál figyelembe kell vennünk. A tanulmány ezen kívül összefoglaló jelleggel említi az egyes kockázati tényezőket, illetve a legfontosabb beavatkozási területeket is.

Kulcsszavak: *élelmiszerbiztonság, fenntartható élelmiszerlánc, kockázatelemzés, kockázatkezelés, kockázateészlelés, kockázatbecslés, stratégia, fogyasztói kutatás*

Abstract

Food sector is of strategic importance to Hungary, representing a significant share of the national economy that could be competitively developed based on the outstanding natural resources of the country. Thus, regulation and governmental actions should be clearly defined for a longer period. The paper summarizes the key aspects that must be considered during the preparation of the Food Chain Safety Strategy of the Ministry of Rural Development. The article also aims to highlight certain risk factors, as well as priorities for the interventions.

Keywords: *food safety, sustainable food chain, risk analysis, risk management, risk perception, risk assessment, strategy, consumer study*



Bevezetés

Magyarország számára az élelmiszergazdaság természeti és gazdasági adottságaink, illetve hagyományaink miatt egyaránt stratégiai ágazatnak minősül. Szabályozása tehát nem képzelhető el hosszabb időtávot átölelő tervezés nélkül. E cikkben összefoglaljuk azokat az alapvető szempontokat, amelyek az előkészítés alatt álló Élelmiszerlánc-biztonsági Stratégia kidolgozásánál figyelembe kell vennünk. A terjedelmi korlátok miatt tanulmányunk csak összefoglaló jelleggel említi az egyes kockázati tényezőket, illetve a legfontosabb beavatkozási területeket. Ezek bővebb kifejtését a stratégia társadalmi vitára bocsátásával egyidejűleg, egy különálló háttéranyag formájában tesszük meg.

A hazai élelmiszerek a rendszerváltozást követő jelentős ágazati szerkezetátalakulás és megnyíló piacok, majd az európai uniós csatlakozás utáni változások mellett is megőrizték kedvező megítélésüket. Látnunk kell azonban, hogy a technológiai és szemléletbeli fejlődésnek köszönhetően hazánk legtöbb versenytársa ma már ugyancsak képes megfelelni a legszigorúbb elvárásoknak is, méretgazdaságossági, tőke-ellátottsági és innovációs szempontból pedig nem tartozunk a világ legversenyképesebb államai közé. Az élelmiszerek biztonságát illetően nyújtott kiemelkedő teljesítményünk kapcsán kiemelendő, hogy a legkritikusabb területek általában nem elsősorban az állam számára transzparens vállalkozások tevékenységét jelentik. Bár e területen is folyamatosan keresnünk kell a fejlődés lehetőségeit, ugyanakkor ma egyre inkább felértékelődik, hogy az egyes nemzeti, illetve nemzetközi élelmiszerlánc-felügyeleti rendszerek mennyire felkészültek a váratlan, illetve az újszerű kockázatokkal szemben. Ugyancsak növekvő jelentőségű szempont, hogy milyen hatékonysággal szűrik ki e rendszerek a szándékos károkozást (termékhamisítás, illegális termék előállítás és -kereskedelem, szabotázs, élelmiszerterrorizmus^{1,2}). Mindehhez hozzátartozik, hogy hiba lenne az élelmiszerlánc-biztonságot egyedül az egészségügyi kockázatok oldaláról megközelíteni. Az élelmiszerlánc-események kártétele ugyanis gyakran nem az

¹ Laczay P. (2012): Élelmiszer-bioterrorizmus: Irodalmi áttekintés. Magyar állatorvosok lapja. (134. évf.) 5. sz. 280-288. old.

² Lakner Z. - Kasza Gy. - Ózsvári L. (2012): A bioterrorizmus története és jelentősége. Magyar állatorvosok lapja. (134. évf.) 7. sz. 433-441. old.



elsődleges kockázatok miatt számottevő: a másodlagos hatások – mint például a termékvisszahívásból eredő károk, vagy a fogyasztói bizalom visszaesése – gyakran egész ágazatokat lehetetlenítenek el.

Az élelmiszerbiztonság és az élelmezésbiztonság – vagyis a megfelelő minőségű, biztonságos és elegendő mennyiségű élelmiszerrel való ellátás biztosítása – országunk gazdasági és politikai szuverenitásának záloga, így e területeket Magyarország a kritikus infrastruktúrák védelmével összefüggésben kezeli, és ennek megfelelően a nemzet biztonságát közvetlenül érintő feladatok között tartja számon.³

Az elmúlt évtizedekben az élelmiszerlánc sok szempontból többet változott, mint előtte évezredek alatt.⁴ Bővült az élelmiszer-előállításához felhasznált alapanyagok és adalékanyagok köre; ezek az anyagok sokszor új, korábban nem vizsgált szennyeződések hordozói is lehetnek.⁵ Folyamatosan fejlődnek az élelmiszer-előállítási módszereink, amelyek kockázatainak beazonosítása szintén kihívást jelent a tudomány számára. Ki kell emelnünk, hogy fokozódó problémát jelent a környezetszennyezésből származó káros anyagok jelenléte is. Ugyancsak fokozódik az intenzív termelési módszerek szerepe, amelyek egyes vegyi anyagok alkalmazását elkerülhetetlenné teszik, így ezek jelenlétét szintén figyelemmel kell kísérenünk.⁶ A globalizálódó élelmiszerellátási láncok pedig önmagukban is újszerű kockázatokat hordoznak, hiszen egy szennyezett termékösszetevő ma nem ritkán egyidejűleg megjelenik akár több kontinens piacain is, így egyetlen gyártó akár több tízezer ember egészségét veszélyeztetheti egyetlen hiba elkövetésével. Mindez azt eredményezi, hogy a nemzeti élelmiszerlánc-felügyeleti rendszerek megbízhatósága a világ minden országában kulcskérdéssé vált, miközben e rendszereknek nem csak a nemzetgazdaság vállalkozásainak felügyeletét kell ellátniuk, hanem fel kell készülniük a globális problémák és az újszerű kockázatok kezelésére is.^{7,8} E

³ Csáki Cs. (szerk.) (2010): Magyar Tudományos Akadémia Köztudományi Programok. "Élelmezésbiztonság – A magyar élelmiszer-gazdaság, a vidékfejlesztés és az élelmiszerbiztonság stratégiai alapjai"

⁴ Szeitzné Szabó M., Farkas J. (szerk.): Magyarország élelmiszer-biztonsági helyzete az ezredfordulón. Élelmiszerbiztonsági Tanácsadó Testület, Budapest, 2000

⁵ Józwiak Ákos (2013): A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Stratégia koncepciói (kézirat)

⁶ Szeitzné Szabó M. (szerk.): Élelmiszer-biztonsági helyzetelemzés és kockázatelemzés. Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal, 2008

⁷ WHO: Global Strategy for Food Safety: Safer Food for Better Health. World Health Organization, 2002.

⁸ WHO: European Action Plan for Food and Nutrition Policy 2007-2012. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2008.



kihívások feltétlenül szükségessé teszik az élelmiszerlánc-felügyeleti szolgálat folyamatos fejlesztését, illetve megkövetelik az együttműködést a nemzetközi szervezetekkel, illetve a hazai élelmiszerlánc-szereplőkkel, vagyis a vállalkozásokkal, szakmai-, tudományos- és társadalmi szervezetekkel, a társhatóságokkal és természetesen a fogyasztókkal.^{9,10}

Az élelmiszerlánc-biztonság helyzetét befolyásoló tényezők

A környezet szennyeződése, globális környezeti és éghajlati változások

A környezetszennyezés hatásaként az élelmiszerekben is szennyezőanyagok jelennek meg. Ezek mérése több szempontból is nehézséget jelent, hiszen ezen anyagok eloszlása gyakran meglehetősen heterogén, s számos közülük az újszerű kockázatok közé tartozik, amelyek élettani hatásait jelenleg is vizsgálják.¹¹ Az élelmiszer-előállítási folyamat ugyancsak hozzájárul a környezet szennyeződéséhez. A tengervizek és édesvizek szennyeződése közvetett és közvetlen módon is kockázatokat jelent az élelmiszerláncban. Az ehető vízi élőlények szervezetében akumulálódhatnak olyan anyagok, amelyek semlegesítése nem megoldható az élelmiszer-feldolgozási folyamatok révén. A vizek szennyeződése közvetlenül kihat az ivóvíz-készletünk biztonságosságára, illetve az öntözővizek tisztaságára is, amely például a friss-fogyasztású kertészeti termékek esetében jelenthet problémát. A globális környezeti és klimatikus változások szintén érintik az élelmiszerláncot. A globális felmelegedés növeli az egyes élelmiszer-eredetű megbetegedések kockázatát, valamint elősegíti bizonyos állat- és növénybetegségek új földrajzi területeken való elterjedését.¹² A környezeti stresszre a kórokozók genetikai változékonyságuk és gyors szaporodási ciklusuk következtében gyorsan reagálnak, alkalmazkodnak a megváltozott körülményekhez, ellenálló, stressz-toleráns, megváltozott virulenciájú vagy teljesen új típusú változatot kialakítva.¹³

⁹ Szeitzné Szabó M - Farkas J.: Nemzeti Élelmiszerbiztonsági Program és a hozzá vezető út. Élelmészeti ipar, 1998. (52. évf.) 11. sz. 330-332. old.

¹⁰ Szeitzné Szabó M. (szerk.): Magyarország Nemzeti Élelmiszer-biztonsági Programja, Élelmiszerbiztonsági Tanácsadó Testület, Budapest, 2004

¹¹ Bela Gy., Pataki Gy., Valené K. Á. (2003): Társadalmi részvétel a környezetpolitikai döntéshozatalban (döntéstámogató eszközök és értékelési eljárások alkalmazása). A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Környezettudományi Intézetének tanulmányai, 20. szám 9 p

¹² Farkas J. - Salgó A. (2010): Az élelmiszerbiztonság analitikai kérdései, különös tekintettel a klímaváltozásra. Élelmiszervizsgálati közlemények. (56. évf.) 2. füz. 73-81. old.

¹³ Józwiak Ákos (2013): A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Stratégia koncepciói (kézirat)



A mezőgazdasági és élelmiszer-előállítási technológiák változása

A gyors ütemben növekvő népesség élelmiszerellátása konvencionális mezőgazdasági termeléssel egyre nehezebben oldható meg. Az állattenyésztés és a növénytermesztés ma már elsősorban az intenzív technológiákra támaszkodik, amelyek során a kémiai növényvédelem, hozamfokozók és állatgyógyszerek alkalmazása elkerülhetetlen, és ez együtt járhat a környezet és az élelmiszer-alapanyagok szennyezettségével. Az innovatív technológiák széles körben történő elterjedése sok esetben a gazdasági hatékonyság fokozásának illetve a folyamatosan változó fogyasztói igényeknek köszönhető, s betudható a technikai és tudományos fejlődés természetes velejárójaként is. Az újszerű technológia számos területen pozitív változást idézhet elő, azonban sok esetben élelmiszerbiztonsági hatása nehezen előre jelezhető. Az új eljárások hasznosságának vizsgálatokor elsőszámú szempontként kell kezelni a fogyasztók és az ökológiai egység megóvását, miközben egyre fontosabb hangsúly helyeződik a növekvő népesség élelmiszer-ellátására is.

Az élelmiszerkereskedelem kiterjedése

A kereskedelem globalizálódása következtében az élelmiszerlánc egyre kevésbé nyomon követhető rendszert alkot. Bár a termékek útja nehezen monitorozható, az egyes élelmiszerek – a korszerű logisztikai hálózatok és a nemzetközi kereskedelem liberalizációja révén – egyre gyorsabban jutnak el a fogyasztó asztaláig. A világméretű kereskedelmi gyakorlat eredményeképpen az egyes kórokozók illetve szennyezőanyagok jelenléte nem csak az adott ország lakosságára jelentenek veszélyt, hanem az élelmiszerlánc további szereplőire is. Ez egy releváns problémakör, mivel az élelmiszerek szándékos szennyezése (hamisítása) – a termék látszólagos minőségének javítása érdekében – az egészséget jelentősen veszélyezteti és ezzel az élelmiszerlánc-felügyeleti hatóság sem képes minden esetben hatékonyan fellépni.¹⁴

14 Shogren J.F. (2003): Food-safety economics: consumer health and welfare, in Velthuis et al.(eds.) New Approaches to Food-Safety Economics, Wageningen UR Frontis Series



A 21. században az áruk és személyek áramlása minden eddiginél engedékenyebb feltételrendszerhez kötött,¹⁵ amelynek élelmiszerbiztonságra gyakorolt hosszú távú hatása mérlegelendő tényezőként szolgálhat a következő évtizedekben. Leginkább magas kockázattal rendelkező élelmiszereknek tekinthetjük a fejlődő országokból érkező importárúkat, hiszen az ott jelenleg is fennálló rossz higiénés körülmények okozta veszélyekre nem vagyunk felkészülve.¹⁶

A lakosság egészségi állapotának változása

Növekvő tendenciát mutat a megváltozott immunállapotú személyek lakossághoz viszonyított számaránya. E csoportok ellenálló-képessége az egyes fertőzésekkel szemben nagymértékű csökkenést mutat. A becslések szerint hasonló mértékben okoznak problémát a környezetben kis mennyiségben fellelhető vegyületek, mint például a penészgombák által termelt mikotoxinok vagy a klórozott szénhidrogének égése során keletkező dioxinok is. Ezek az idegen anyagok nem csak az immunrendszer romlását idézhetik elő, hanem fokozott aktivitását is.¹⁷ Mindezek mellett nagy figyelmet kell fordítani a speciális étrendet igénylő fogyasztói rétegekre is (pl. cukorbetegség, lisztérzékenység).

Az életmód változása

A fogyasztói társadalomban egyre nagyobb igény mutatkozik a szezonalitástól függetlenül elérhető friss, kevésbé feldolgozott termékek iránt.¹⁸ Bár számos jótékony hatása ismert – a ma már egyre népszerűbb – a nyers növényi részek fogyasztásának (csírák, magvak, levelek), ezek a „természetes” élelmiszerek ugyanakkor kiváló közeget teremtenek egyes mikrobák szaporodásához, illetve fokozott anyagcseretermék-képződésükhöz. Az ökológiai gazdálkodásból származó termékek térhódítása szintén felerősíti a mikotoxin-szennyezés kockázatát, továbbá a termékek frissességét megőrző, úgynevezett „minimal processing” élelmiszerfeldolgozási technológia is kockázatokat jelenthet a nem megfelelő árukezelés miatt.

¹⁵ Csaba, Zágon: Border traffic risk assessment. In. Academic and Applied Research in Military Science Vol. 11, Issue (2) pp. 273-285. (2012) ISSN 1788-0017

¹⁶ Horváth A. (2009): Az élelmiszerellátási lánc kritikus infrastruktúrái, terrorfenyegetettségének jellemzői. Hadmérnök, IV. Évfolyam 2. szám, p. 437-449

¹⁷ Szeitzné Szabó M. (szerk.): Élelmiszerbiztonság: tények, tendenciák, teendők: a Magyar Tudományos Akadémia és a Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal tanulmánya az Új nemzeti élelmiszerbiztonsági program megvalósításához, Agroinform, Budapest, 2011

¹⁸ Bánáti D, Lakner Z.: The food safety issue and the consumer behavior in a transition economy: A case study of Hungary. Acta Alimentaria 30:(1) pp. 21-36. (2002)



A turizmus megerősödésével nő a fejlődő országokból behozható fertőzések valószínűsége.¹⁹ A felgyorsult életmód következtében ma már kevésbé mindennapos az otthoni ételkészítés gyakorlata s így a felnövekvő generációnak kevesebb lehetősége adódik a készségszintű ételkészítési és ezzel együtt élelmiszerbiztonsági ismeretek elsajátítására.²⁰

Az élelmiszerlánc szereplői és együttműködésük

Az élelmiszerlánc komplexitásának oldása, egyszerűsítése

Az élelmiszerlánc a legtöbb kereskedelemben kapható termék esetén jelentősen átalakult és jellemzően meghosszabbodott. Mindinkább jellemző, hogy a felhasznált nyersanyagok több száz vagy akár több ezer kilométert is megtehetnek az szántóföldtől az asztalig tartó útjuk során. Az említett tényezők határozottan megnehezítik a nyersanyagok, félkész termékek, illetve a kész termékek nyomon követését, illetve a termékfelelősség érvényesítését.²¹

A helyzetelemzés alapján az alábbi területek fejlesztése vált indokolttá:

- A kockázatelemzés struktúrájának megerősítése
- Kutatási projektek indítása élelmiszerhálózatokkal kapcsolatban
- Nyomon követési rendszereink fejlesztése határon belül és túl egyaránt
- Átlátható jogszabályi háttér megteremtése
- A helyi élelmiszer-előállítás elősegítése
- Fogyasztói kutatások az élelmiszerbiztonsági kockázatelemzéssel és kockázatelkerüléssel, illetve a vonatkozó ismeretekkel kapcsolatban

Felelős, felkészült, tisztességes vállalkozások

Az élelmiszer-előállítás és -forgalmazás jogi, gazdasági, társadalmi és technológiai kondíciói jelentősen átalakultak az utóbbi években. A kereskedelmet fokozódó verseny és a termékek szabad áramlása jellemzi. Az előző pontokban kifejtett, élelmiszeripart érintő változások az élelmiszerlánc sérülékenységét idézték elő, amely egyre több, a hatósági felügyelet számára is mérhető és észlelhető

²⁰ Farkas J. - Szeitzné Szabó M. - Bánáti D. (2011): A nemzeti élelmiszer-biztonsági politika és program alapvonalai. Magyar tudomány. (172. évf.) 1. sz. 54-63. old.

²¹ Ercsey-Ravasz M., Toroczka Z., Lakner Z., Baranyi J. (2012): Complexity of the International Agro-Food Trade Network and Its Impact on Food Safety. PLoS ONE 7(5): e37810. doi:10.1371/journal.pone.0037810



élelmiszerbiztonsági kockázattal jár együtt. Hazánk élelmiszervállalkozásainak élelmiszerbiztonsággal kapcsolatos elsődleges felelősségét – hasonlóan a többi EU tagorszáéhoz – a közösségi jogszabályok fogalmazzák meg. Ennek értelmében az élelmiszerjog általános elveiről szóló 178/2002/EK rendeletnek, illetve az élelmiszerhigiéniáról szóló 852/2004/EK és 853/2004/EK rendeleteknek kell elsődlegesen megfelelnünk. Az élelmiszerlánc-felügyelet részletes szabályozását pedig az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről szóló 2008. évi XLVI. törvény írja elő. Ezek az uniós és nemzeti jogszabályok számos egyéb követelmény mellett kötelezik az élelmiszer-előállítással foglalkozó vállalkozásokat a HACCP-re épülő belső élelmiszerbiztonsági rendszerek kialakítására is. Hazánk élelmiszeripari termékekre vonatkozó feltételrendszerét a Magyar Élelmiszerkönyv foglalja össze, amelyről a 152/2009. FVM rendelet rendelkezik. A Codex Alimentarius Hungaricus egyrészt kötelező előírásokat fogalmaz meg, amelyek többsége az uniós jogszabályok átvételéből származik, ugyanakkor tartalmaz önkéntes alapon gyakorlatba ültethető irányelveket is, illetve a mintavételi és vizsgálati módszerek is megtalálhatók benne. Élelmiszerbiztonsági szempontból legnagyobb jelentősége a kötelező előírásoknak van, az engedélyezett anyagok tisztasági követelményei illetve az alkalmazható adalékanyagok tekintetében. Az egyes Jó Higiéniái Gyakorlatok (Good Hygienic Practice – GHP) és egyéb segédletek, útmutatók elsősorban a kis és közepes vállalkozásoknak kívánnak gyakorlati segítséget nyújtani, bár az ismertetett eljárások többsége a nagyobb vállalatok esetében is alkalmazható. Az útmutatók lépésről-lépésre mutatják be a vállalkozóknak, hogy melyek az érvényben lévő jogszabályok az általuk képviselt területen, s melyek azok a gyakorlatban is jól bevált eszközök, amelyek segítségével kielégíthetik ezek követelményrendszerét.²²

Az említett jogszabályi keret lényeges mértékű változása nem várható a közeljövőben, a tervezett stratégia tehát ezekkel, mint alapfeltételekkel számol.

Az állam legfontosabb feladatai közé tartozik a területet illetően a vállalati szereplők tájékoztatása az aktualitásokról a jogszabályok helyes betartása érdekében. Mindeközben fontos tudatosítani, hogy az információ hiánya nem jogosíthatja fel a vállalkozókat tisztességtelen és a szabályrendszerrel eltérő tevékenységek szándékos gyakorlására.

²² Gyaraky Z. (2009): A Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium magyar élelmiszeriparra vonatkozó középtávú stratégiai elképzelései. FVM – Élelmiszerlánc-ellenőrzési Főosztály (munkaanyag)



Hatékony, egységes, gyorsan reagáló élelmiszerlánc-felügyeleti hatóság

Hazánkban a teljes élelmiszerlánc hatósági felügyelete egy szervezetnél összpontosul, vagyis megvalósult a „termőföldtől az asztalig” elv a gyakorlatban is az elmúlt évek jogalkotási és igazgatásszervezési tevékenységeinek következményeként: 2012. március 15-én létrejött Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (rövidítve Nébih, amelynek jogelődje a 2007. január 1-én megalakult, az egységes élelmiszerlánc-felügyelet alapjait lefektető Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal, valamint az elsődlegesen tudományos és kommunikációs szerepet betöltő, 2003-ban létrehozott MÉBiH volt). A Nébih – számszerűsített nemzetközi mutatókkal is alátámaszthatóan – képes hatékonyan ellátni az egész élelmiszerlánc felügyeletét. A jövőben meg kell erősíteni ugyanakkor a hatóság információ-szolgáltatási - „tudás-központ” – szerepét, illetve még nagyobb hangsúlyt kell fektetni a kockázatelemzés-alapú felügyeleti rendszer fejlesztésére. Ugyancsak figyelemmel kell lenni azokra a „gyenge jelekre”, amelyek a gazdaságból, illetve a társadalomból jönnek, s rendszerint valamilyen jelentősebb problémát jeleznek előre.

A hatóságot nyitottabbá kell tenni mind a vállalkozások, mind pedig a lakossággal való kapcsolattartás tekintetében. Ennek alapelve, hogy a szervezet partnerségi viszony kiépítését célozza meg a tisztességes vállalkozások és fogyasztók felé, amely elsődleges okát az a felismerés jelenti, hogy az élelmiszerlánc-biztonság fenntartása feltétlenül szükségessé teszi a nevezett szereplők korábbinál szorosabb és tudatosabb együttműködését.

Összehangolt küzdelem a hamisítások, csalások ellen

A hamisítások elleni fellépés legfőbb célja, hogy a fogyasztók kizárólag legális körülmények közt, ellenőrzött alapanyagokból, szakértelemmel előállított, megbízható élelmiszerekhez juthassanak. Ezen alapvető feladatot meghaladva további célként nevezhető meg a csalásokból eredő gazdasági károk csökkentése is.²³ Az ilyen jellegű események nem csak a helyi élelmiszerlánc-szereplők hibája következményeképpen okozhatnak egészségügyi és gazdasági károkat; az élelmiszerláncba bekerülő ellenőrizetlen anyagokkal – amint azt mind több tapasztalat alátámasztja – globális mértékben is számolni kell. Hasonlóan súlyos

²³ Podruzsik Sz., Kasza Gy. (2008): Alapelvek az élelmiszerbiztonsági kockázatok gazdasági értékeléséhez. Élelmezési Ipar LXII. évf. 2. szám, pp.41-44., HU ISSN 0013 5909



visszaélések történnek a takarmányok növényvédő szerek, állatgyógyászati készítmények nemzetközi piacain.

Oktatás, kutatás, ismeretterjesztés az élelmiszerlánc biztonságának érdekében

Hazánkban a bejelentett élelmiszer-eredetű megbetegedések száma minden évben tízezres-nagyságrendre tehető.²⁴²⁵ A szakértői becslések szerint ez csupán a jéghegy csúcsa, hiszen a be nem jelentett betegségek becsült száma sokszorosán meghaladja ezt az értéket. Fontos kiemelni, hogy a betegségek hátterében leggyakrabban (~80%) a háztartások hiányos élelmiszerhigiéniai ismeretei állnak, s ez a fogyasztói tájékozottság növelésével elkerülhető lenne. A fogyasztói tudatosság kialakítása már gyermekkorban lényeges feladat, hiszen a korai életszakaszban megszerzett ismeretek meghatározóak a felnőttkorban tanúsított kockázatelkerülési magatartás tekintetében is. E törekvés első eredményeként megemlíthetjük, hogy az élelmiszerlánc-biztonsági ismeretek oktatása bekerült a Nemzeti alaptantervbe is.

A célok között meg kell fogalmazni továbbá az élelmiszerekkel hivatásszerűen kapcsolatba kerülők élelmiszerbiztonsági ismeretanyagának bővítését, illetve felfrissítését is. A kötelezően előírt szakképesítést igénylő foglalkozások esetében szakirányú közép- vagy felsőfokú végzettség megléte szükséges. A szakképzetlen munkavállalók élelmiszerbiztonsággal kapcsolatos képzéséről a munkaadónak kell gondoskodni, de az ezzel kapcsolatos tapasztalatok alapján a jelenlegitől eltérő szabályozás megteremtése válhat indokolttá.

A tudományos kutatás támogatása, eredményeinek hasznosítása

Az élelmiszerlánc-biztonság fenntartása minden évben nagyszámú tudományos problémát vet fel, amelyek szakszerű megválaszolása elengedhetetlen a fogyasztói bizalom fenntartása, illetve az ágazat versenyképessége szempontjából. A hatósági munka alapját képező kockázatelemzés egyik legfontosabb szempontja ugyancsak a kockázatok tudományos szintű vizsgálata. Magyarországon a kutatóhelyek és a kutatáshoz szükséges anyagi erőforrások megteremtése kritikus pontnak számít. Az ágazati kutatóintézetek jelentős része megszűnt. A nemzetközi

²⁴ Kasza Gy. - Szeitzné Szabó M. - Mészáros L. - Oravecz M. - Zoltai A. - Vásárhelyi A. - Cseh J. - Hidi E. - Horváth Zs. - Süth M. - Laczay P. (2011): Élelmiszer eredetű megbetegedések Magyarországon, EU-tagságunk tükrében. Magyar állatorvosok lapja. (133. évf.) 6. sz. 368-375. old.

²⁵ Fehér Á. (2007): A mikrobiológiai élelmiszerbiztonság tükröződése a hazai élelmiszereredetű megbetegedések alakulásában. Mikrobiológiai Élelmiszerbiztonsági Fórum, MÉBIH, 2007. június 14.



vállalatok az élelmiszerágazatban kevés K+F tevékenységet végeznek hazánkban. A nagyobb részben magyar tulajdonossal rendelkező kis- és közepes vállalkozások sok esetben pedig kevés tőke birtokában vannak ahhoz, hogy ilyen tevékenységeket önerőből finanszírozni tudjanak. Az állami egyetemek saját bevételeikből szintén nem tudnak elegendő mennyiségű pénzüsszeget átcsoportosítani kutatási célokra. Összességében tehát megállapíthatjuk, hogy az élelmiszerlánc-biztonságot, mint közjóságot szolgáló K+F feladatok megvalósításához indokolható a korábbinál hangsúlyosabb állami szerepvállalás.

Az élelmiszerlánc-biztonsághoz szorosan kapcsolódó problémák feltárása s az eredmények hatósági felügyeleti, illetve vállalati gyakorlatba történő átültetése elengedhetetlen hazánk élelmiszer-gazdaságának fejlesztése és az élelmiszereink biztonságának javítása érdekében.²⁶

Irodalomjegyzék

- Bánáti D, Lakner Z.: The food safety issue and the consumer behavior in a transition economy: A case study of Hungary. *Acta Alimentaria* 30:(1) pp. 21-36. (2002)
- Bela Gy., Pataki Gy., Valené K. Á. (2003): Társadalmi részvétel a környezetpolitikai döntéshozatalban (döntéstámogató eszközök és értékelési eljárások alkalmazása). A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Környezettudományi Intézetének tanulmányai, 20. szám 9 p
- Csáki Cs. (szerk.) (2010): Magyar Tudományos Akadémia Köztestületi Stratégiai Programok. "Élelmiszerbiztonság – A magyar élelmiszer-gazdaság, a vidékfejlesztés és az élelmiszerbiztonság stratégiai alapjai"
- Ercsey-Ravasz M., Toroczka Z., Lakner Z., Baranyi J. (2012): Complexity of the International Agro-Food Trade Network and Its Impact on Food Safety. *PLoS ONE* 7(5): e37810. doi:10.1371/journal.pone.0037810
- Farkas J. - Salgó A. (2010): Az élelmiszerbiztonság analitikai kérdései, különös tekintettel a klímaváltozásra. *Élelmiszervizsgálati közlemények*. (56. évf.) 2. füz. 73-81. old.
- Farkas J. - Szeitzné Szabó M. - Bánáti D. (2011): A nemzeti élelmiszer-biztonsági politika és program alapvonalai. *Magyar tudomány*. (172. évf.) 1. sz. 54-63. old.

²⁶ Szeitzné Szabó M. (szerk.): Élelmiszerbiztonság: tények, tendenciák, teendők: a Magyar Tudományos Akadémia és a Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal tanulmánya az Új nemzeti élelmiszerbiztonsági program megvalósításához, Agroinform, Budapest, 2011



- Fehér Á. (2007): A mikrobiológiai élelmiszerbiztonság tükröződése a hazai élelmiszereredetű megbetegedések alakulásában. Mikrobiológiai Élelmiszerbiztonsági Fórum, MÉBiH, 2007. június 14.
- Gyaraky Z. (2009): A Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium magyar élelmiszeriparra vonatkozó középtávú stratégiai elképzelései. FVM – Élelmiszerlánc-ellenőrzési Főosztály (munkaanyag)
- Horváth A. (2009): az élelmiszerellátási lánc kritikus infrastruktúrái, terrorfenyegetettségének jellemzői. Hadmérnök, IV. Évfolyam 2. szám, p. 437-449
- Józwiak Ákos (2013): A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Stratégia koncepciói (kézirat)
- Kasza Gy. - Szeitzné Szabó M. - Mészáros L. - Oravecz M. - Zoltai A. - Vásárhelyi A. - Cseh J. - Hidi E. - Horváth Zs. - Süth M. - Laczay P. (2011): Élelmiszer eredetű megbetegedések Magyarországon, EU-tagságunk tükrében. Magyar állatorvosok lapja. (133. évf.) 6. sz. 368-375. old.
- Laczay P. (2012): Élelmiszer-bioterrorizmus: Irodalmi áttekintés. Magyar állatorvosok lapja. (134. évf.) 5. sz. 280-288. old.
- Lakner Z. - Kasza Gy. - Ózsvári L. (2012): A bioterrorizmus története és jelentősége. Magyar állatorvosok lapja. (134. évf.) 7. sz. 433-441. old.
- Podruzsik Sz., Kasza Gy. (2008): Alapelvek az élelmiszerbiztonsági kockázatok gazdasági értékeléséhez. Élelmiszeripar LXII. évf. 2. szám, pp.41-44., HU ISSN 0013 5909
- Shogren J. F. (2003): Food-safety economics: consumer health and welfare, in Velthuis et al.(eds.) New Approaches to Food-Safety Economics, Wageningen UR Frontis Series
- Szeitzné Szabó M - Farkas J.: Nemzeti Élelmiszerbiztonsági Program és a hozzá vezető út. Élelmiszeripar, 1998. (52. évf.) 11. sz. 330-332. old.
- Szeitzné Szabó M. (szerk.): Élelmiszerbiztonság: tények, tendenciák, teendők: a Magyar Tudományos Akadémia és a Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal tanulmánya az Új nemzeti élelmiszerbiztonsági program megvalósításához, Agroinform, Budapest, 2011
- Szeitzné Szabó M. (szerk.): Élelmiszer-biztonsági helyzetelemzés és kockázatértékelés. Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal, 2008
- Szeitzné Szabó M., Farkas J. (szerk.): Magyarország élelmiszer-biztonsági helyzete az ezredfordulón. Élelmiszerbiztonsági Tanácsadó Testület, Budapest, 2000
- Szeitzné Szabó M. (szerk.): Magyarország Nemzeti Élelmiszer-biztonsági Programja, Élelmiszerbiztonsági Tanácsadó Testület, Budapest, 2004
- WHO: European Action Plan for Food and Nutrition Policy 2007-2012. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2008.
- WHO: Global Strategy for Food Safety: Safer Food for Better Health. World Health Organization, 2002.



A klímaváltozás biztonságpolitikai és ellátás-biztonsági kihívása

Király László¹, Lakner Zoltán²

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, ² Budapesti Corvinus Egyetem

Tartalmi kivonat

A klímaváltozás mélyreható következményekkel jár a fejlődő országok gazdaságára. Különösen igaz ez a helyzet az afrikai kontinens államaira, mert ezen országok egyidejűleg szembesülnek a természeti feltételek, valamint a gazdasági környezet átalakulásával. A helyzet javítása az eddigi segélyezési gyakorlat gyökeres átalakítását követeli meg.

Kulcsszavak: klímaváltozás; fejlődő országok; afrikai kontinens; segélyezés

Abstract

The climate-change causes deep-rooted problems for the developing world. This is especially true for countries of the African continent, because these states face with new natural and economic challenges. Re-thinking of the current aid policy is a necessary precondition of the improvement of current situation.

Keywords: climate-change; developing world; African continent; aid policy

Az ellátási láncok és a globális ellátásbiztonság

Korábbi közleményünkben (Baranyai et al., 2012) részletesen igazoltuk, hogy a világ élelmiszer-gazdasági ellátó rendszerei centralizált/sokpólusú hálózatoknak tekinthetők. - Az 1. táblázat a nemzetközi búza-kereskedelem legfőbb szereplőinek példáján mutatja be, hogy a mezőgazdasági termékek nemzetközi kereskedelme döntően a fejlett országok közötti kereskedelmet jelenti. Az egyes ellátóközpontok esetleges kiesése nagymértékben fokozza a rendszerek sérülékenységét.

A hosszú és bonyolult ellátási láncokra épülő stratégia, jelentős költségnövekedést okoz, ebből adódóan látványos dolog lenne azt mondani, hogy a világ fejlett országaiban megtermelt, ott „jobb híján” megsemmisített mezőgazdasági



termékeket juttassuk el a fejlődő világba, de ez távlatilag semmiképp sem jelenthet megoldást.

Exportőr	Ezer t	Importőr	Ezer t
US	27629	Eg	10594
Fr	21082	It	7455
Ca	18394	Jp	5378
Au	15888	Id	5114
Ru	11848	Dz	5057
De	8915	Nl	4885
Uk	4303	Es	4617
Ar	4039	Kr	4369
Uk	3335	Br	4365
Ro	2480	Na	3972
Bga	2293	De	3765
Hu	2111	Be	3559

1. táblázat: A gabonafélék főbb nemzetközi kereskedelmének meghatározó szereplői
Forrás: Fao. <http://faostat.fao.org/site/537/default.aspx> (utoljára elérve: 2013.04.05)

Afrika és a klímaváltozás

A fejlődő világ legnagyobb kihívása hogy egyszerre szembesül olyan kedvezőtlen természeti – társadalmi - gazdasági folyamatokkal, melyek megoldására belső erőforrásokból képtelen, a fejlett országok pedig vagy tehetetlenkednek, vagy partikuláris érdekeik mentén próbálnak cselekedni, és ezzel tovább rontják a helyzetet.

A legégetőbb problémákat - az afrikai kontinens példáján - hét kérdéskörbe csoportosíthatjuk:

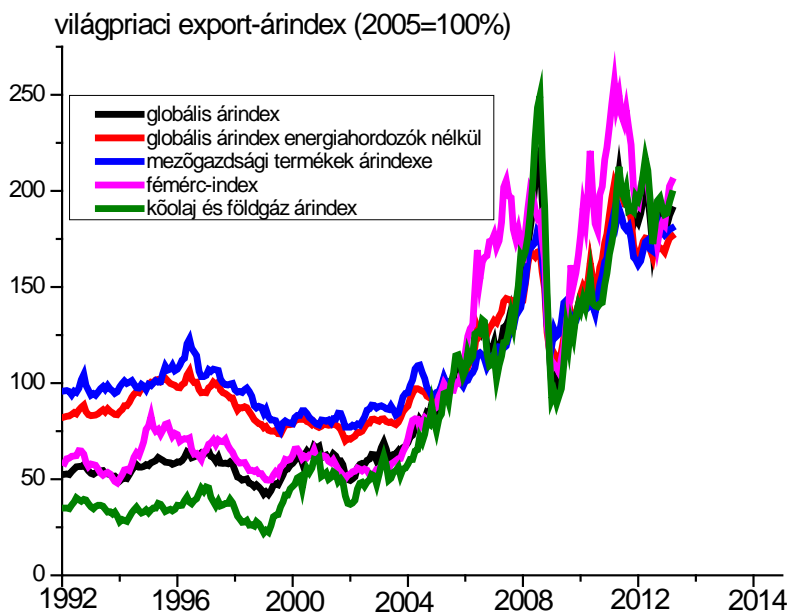
- Egyre nagyobb mértékben érvényesülnek a globális klímaváltozás hatásai. Ezek mindenekelőtt az időjárási szélsőségek növekvő arányú megjelenésében, a globális agrártermelő-kapacitások csökkenésében érzékeltetik a hatásukat. A folyamat talán legjobban a Száhel-övezetben követhető nyomon: mind jelentősebb az elsivatagosodás, az egykor élelmiszer-bőséget biztosító Csád-tó (Lake Chad, lac Tchad) a korábbinak töredékére zsugorodott. A tó területe a megelőző évtizedekben is jelentős mértékben ingadozott a vízjárás



függvényében: 10 és 20 ezer km² között változott, napjainkra azonban alig éri el az 1500 km²-t. A klímaváltozás egyik leglátványosabban érintett területe Afrika. Az éghajlatváltozást leíró modellek realitását jól igazolja az a tény, hogy a kontinens legnagyobb országában, Nigériában évente mintegy 320-360 ezer hektárral csökken a potenciálisan felhasználható mezőgazdasági földterület az elsivatagosodás következtében. A helyzetet jelentős mértékben rontja, hogy a Száhel-övezet még Afrikán belül is az egyik legszegényebb területnek tekinthető. Ennek döntően az az oka, hogy a mezőgazdasági termelés lehetőségei itt hagyományosan korlátozottabbak voltak, mint a kedvezőbb éghajlati adottságokkal rendelkező, az Egyenlítőhöz közelebb fekvő térségekben.

- Fokozódik a rurális térségekből a városokba irányuló migráció-, ennek összes kedvezőtlen hatásával. Napjainkban a világ szegényeinek háromnegyede rurális térségekben él. A fejlődő világban kilátástalan életű, vidéken élő emberek tömegei kísérelnek meg eljutni a valamelyes (inkább vélt, mint valós) lehetőséggel kecsegtető nagyvárosokba. Kairó és agglomerációja 15,2 milliós, Lagos – az agglomerációjával együtt - 11,8 millió fős, Kinshasa 8,9 milliós, Johannesburgban 7,5 millióan, Khartoum – Umm - Durbanban 4,9 millióan élnek. Napjainkra 55 afrikai város lélekszáma haladja meg az egymillió főt (Brinkhoff, 2012¹) A migráció hatására az újonnan létrejövő megapoliszok egyre kevésbé képesek elérhető keretet biztosítani, ehelyett a bűnözés, a deviancia és az illegális nemzetközi migráció, toborzóközpontjaivá válnak. A fejlett világ országai mind nagyobb mértékben kénytelenek felismerni, hogy a vidéki munkahelyteremtés és a rurális térségekben élők életminőségének javítása elemi feltétele a társadalmi-gazdasági stabilitásnak, a migrációs nyomás csökkentésének.
- Hosszútávon folyamatosan emelkedő globális élelmiszer-keresletre kell számítanunk. Ez együtt jár a világpiaci nyers-és alapanyagárak növekedésének növekvő trendjével (1. ábra)

¹ Brinkhoff T. (2012) City population //www.citypopulation.de



1. ábra: A nyers-és alapanyagárak világpriaci árindexének változása (1992-2013)

Forrás: IMF adatbázis, <http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx>

- Ennek legfőbb oka a táplálkozási kultúra megváltozása, az állati fehérjék előtérbe-kerülése a számos, gyorsan fejlődő gazdaságú országban, mindenekelőtt Indiában és Kínában. Ebből az következik, hogy a mezőgazdasági és élelmiszeripari termékek árszínvonala tovább emelkedik majd. Ennek hatására mindinkább felértékelődnek az afrikai kontinens agrár-termelésében rejlő lehetőségek. Már napjainkban is mindinkább látható a „land-grabbing” jelensége: ennek lényege, hogy azon országok, melyet ezt megtehetik, mindenekelőtt Kína, Japán, Dél-Korea, Szaud-Arábia igyekeznek termőföldet szerezni Európában, Afrikában, valamint Közép- és Dél-Amerikában. Ezen stratégiai játszma legfontosabb szereplőjévé Kína lépett elő: hosszútávú hiteleket, segélyeket, oktatást, nemzetközi diplomáciai támogatást kínál az afrikai kontinens államainak. Politikájában még annyira sem ügyel a látszatra, mint ahogy ezt a nyugat-európai kormányok teszik. Így képes elérni, hogy a kontinens mind jelentősebb területei de facto Kínai tulajdonba kerüljenek, ezzel szolgálva Kína lakosságának ellátását mezőgazdasági és élelmiszeripari termékekből. Kína afrikai jelenlétének



intenzitását és erősödő jellegét jól mutatja, hogy Park (2009)² számításai szerint a 2001-ben még mindössze 130 ezer fős afrikai kínai közösség száma az évtized végére legalább 583 ezerre nőtt, azaz még a legóvatosabb becslés szerint is egy évtized alatt több mint négy és félszeresére emelkedett. Freemantle és Stevens (2008) számításai szerint, az afrikai és kínai árukereskedelem értéke 1995 és 2008 között 3 milliárd dollárról 109 milliárd dollárra emelkedett. Ezzel Kína vált az afrikai kontinens első számú kereskedelmi partnerévé.

- A 20. század második felében egyre nagyobb jelentőséget kapott számos ország esetében az ásványkincsek kitermelése. Ez három következménnyel járt: (1) az érintett országok kormányai sok esetben úgy vélték, hogy ez lesz az az eszköz, mely lehetőséget teremt a gyors fejlődésre, és így az agrár-fejlesztések jelentősége rohamosan csökkent. Ennek jellemző példáját adja Nigéria vagy Angola: mindkét ország part menti vidékein világméretben is számottevő kőolaj- és földgáz-készleteket fedeztek fel, és elindult ezen ásványkincsek kitermelése. Az erőteljes export-orientáció, a látványos kivitelbővülés azonban elterelte a figyelmet az mezőgazdasági és élelmiszeripari termelés fejlesztésének problémáiról. Ennek az lett a következménye, hogy:
 1. míg a kőolaj- és földgáz-kitermelés révén ezen államok külkereskedelmi egyenlege látványosan javult, addig a mezőgazdasági és élelmiszeripari termékek esetén mindinkább behozatalra kellett berendezkedniük;
 2. a kőolaj- és földgáz-kitermelésből képződő extraprofit elvben kedvező lehetőségeket kínált volna a gazdaság egyéb területeinek bővítésére, fejlesztésére, e helyett azonban az így képződött tőkét kivonták az országokból;
 3. a gyorsan fejlődő régiók túlnépesedéssel és fokozódó bűnözéssel küzdenek, így ahelyett, hogy a gazdasági fejlődés mintaértékű centrumai lennének, biztonsági problémák sokaságát generálják. A jelenség tipikus példáját kínálja a Niger-delta vidéke: ez a térség meghatározó szerepet játszik a kőolaj-kitermelésben és a szervezett bűnözésben, egyaránt.

² Park Y.J. (2009) Chinese migration in Africa. Occasional Papers, China in Africa Project. SAIIA, Braamfontein



- Az energiaárak növekedése törvényszerűen hatást gyakorol majd a távolsági kereskedelem lehetőségeire is. Az elmúlt évtizedekben gyakori jelenség volt, hogy a donor-ügynökségek egy része arra biztatta a fejlődő országokat, hogy azok a hozzájuk érkezett segélyeket döntő mértékben az export-orientált fejlesztések érdekében használják fel, mert így - a viszonylag olcsó erőforrásaikból adódó komparatív előnyök révén - agrártermékeket voltak képesek exportálni, és ezzel lehetővé vált a korszerű technológia beszerzése. A helyzet azonban gyökeresen megváltozhat, ha az energiaárak drágulnak. A mezőgazdasági termékek exportköltségei közül az energiaköltségek teszik ki az összes költségnek mintegy felét. Ebből adódóan a költségek növekedése az exporthatékonyságot jelentős mértékben ronthatja.
- Az előrejelzések döntő hányada megegyezik abban, hogy a következő években nő majd a kőolaj ára, és ezért a kőolaj-helyettesítők iránti kereslet is növekszik majd. A növekvő kereslet, emelkedő árakat generál. Ennek az a következménye, hogy a korlátosan rendelkezésre álló termőföldterület még nagyobb hányadán kezdenek el majd az egyes államok energianövényeket termelni.
- Az egyes kormányok hibái, a korrupció, a tőkekimenekítés, az uralkodó elitek nemtörődömsége, a nepotizmus, az etnikai, törzsi és vallási ellentétek mesterséges szítása együttesen vezetnek el az kontinens biztonsági helyzetének romlásához, az afrikai terrorizmus erősödéséhez. Ennek látványos példáját adják Szomália kalózái, vagy a Nyugat-Afrikában mind aktívabb Boko Haram terrorszervezet. Maga a szervezet is kifejező: ez a szókapcsolat hausza nyelven a nyugati oktatást, kultúrát, tiltja és annak bűnös jellegét fejezi ki.

Afrika és az Európai Unió biztonsága

A bemutatott helyzetben az afrikai kontinensen kialakult, s a klímaváltozás hatásaival súlyosbított helyzet számos érzékeny biztonságpolitikai kérdést vet fel. Ezek közül a legfontosabbak:

- Folyamatosan erősödő, az Európai Unió tagállamaiba (is) irányuló migrációs nyomás. Az Európai Unióra nehezedő migrációs nyomás mértékét jól érzékeltetni, hogy az Unió több mint 50 ezer kilométer hosszú „scehngeni” határszakaszán a 2007-2010 közötti időszakban az EU határőrizeti ügynöksége (Frontex) 2011 jelentése szerint éves átlagban közel 120 ezer illegális határátlépési kísérlet történt.



- Afrika egyes területei a nemzetközi terrorizmus melegágyává válhatnak. Ennek három fő hajtóereje a Davis (2013)³ szerint (a) a konzervatív, militáns iszlám irányzatok térnyerése a 800 millió iszlám hívőt számláló kontinensen. Figyelemre méltó, hogy az iszlám szélsőségesek éppen a klímaváltozástól is leginkább szenvedő, száhel-övezeti országokban szereztek erős pozíciókat:
 - (a) Csádban, Mauritániában, a Közép-Afrikai Köztársaságban, Maliban, Nigerben és Szudánban;
 - (b) a terrorista szervezetek állami támogatása, vagy legalábbis eltűrése (Szudán, Szomália és Mauritánia); politikai terrorizmus előtérbe kerülése;
 - (c) a hagyományos államszervezetek felbomlása, a „bukott államok” tömeges megjelenése (Kongó, Sierra Leone, Libéria) a kontinensen.
- Az afrikai kontinens ásványkincsei, nyersanyagbázisa alapvető fontosságúak a világ gazdaság egészének működéséhez, az európai gazdaságok zavartalan fejlődéséhez. Az előző pontban bemutatott folyamatok erősödése azonban számos ásványkincs folyamatos beszerzését kérdéssé, vagy lehetetlenné teheti.
- A nyomor és a kilátástalanság jelentős mértékben erősítheti fel a szervezett bűnözés intenzitását (Horváth, 2007⁴). A mindjobban megerősödő bűnözés a bukott országokban mindinkább új hatalmi ágként jelenik meg, tovább rontva a tisztánlátás és a demokratikus alapokra épülő államépítés esélyeit (James, 2012⁵).

Segélyezés-tapasztalatok és tanulságok

A fejlett országok hosszú idő óta próbálnak segélyakciókkal részt venni a kontinens gondjainak enyhítésében, ezek eredményessége azonban erősen vitatott. Az Európai Unió fejlesztéspolitikájának hathatósabbá tételéről szóló vizsgálati jelentés (SEC (2011 1173 végleges: Brüsszel, 2011.10.13.) megállapítja: a segélyek legitimitásáról folyó viták és kutatások egyöntetű következtetése, hogy a 2005-ös

³ Davis J. (2013) Africa's Road to the war on Terror. In: Davis J. (ed) Africa and the war on terrorism. Ashgate, Washington, pp 1-17.

⁴ Horváth A. (2007): Relationships of Sustainability, Climate Change, and Security Policy. Review of the Air Force Academy. The Scientific Informative Review. Brasov, Romanis. 2. pp.65-68

⁵ James M. (2012) The Other Civil Society: Organised Crime in Fragile and Failing States. 12 2 (218-256)



Párizsi Nyilatkozat óta romlott a globális segélyallokációs gyakorlat. A hatásvizsgálat szempontjai a következők voltak: (1) a status quo fenntartásának lehetősége; (2) a komparatív előnyökkel rendelkező ágazatokra kiemelt fejlesztése, (3) a földrajzi koncentráció lehetősége, vagy a differenciált megközelítés alkalmazása, (4) az ágazati és a földrajzi koncentráció egyidejű alkalmazása a fejlesztési segélyek allokációjában. Ezeket a szempontokat elemezve megállapítható, hogy a komplex megközelítés elvéből adódóan az ágazati és a földrajzi koncentráció egyidejű alkalmazása látszik a lehetséges eredményes iránynak. Természetesen ennek alkalmazása során fel kell használni a biztonságpolitikai tanulmányok mindazon eredményeit (kultúrantropológiai és infrastrukturális elemzések) amelyek az adott térségről rendelkezésünkre állnak.

A nem hatékony segélyek hosszú távú költségeinek hatásai mind a donor, mind a kedvezményezett országokban negatív felhangokkal járnak ezért indokolt, hogy az EU (és benne hazánk is) felülvizsgálja a fejlesztési politikájának gyakorlatát. Nyitott kérdés, hogy ez mennyiben segíti elő az a legfontosabb célkitűzést a szegénység csökkentését és a fenntartható fejlődés támogatását.

A magyar részvétel esélyei és lehetőségei Afrika fejlesztésében

A bemutatott összefüggésekből az következik, hogy a magyar gazdaság egésze szempontjából kézenfekvő lehetőség az afrikai fejlesztésekben történő részvétel. Ennek főbb lehetséges területei az élelmiszer-gazdaság egészére kiterjedhetnek.

1. Biológiai alapanyagok exportja. Ezen a területen részben a magyar erdészeti, szántóföldi és kertészeti növénytermesztés számottevő hagyományaira és eredményeire (pl. szárazságtűrő fajták kialakítása), részben pedig a magyar állattenyésztés tapasztalataira építhetünk. Az állati szaporítóanyag-exportban részben a kedvező magyar referenciákra (pl. a magyar édesvízi haltenyésztés, kacsatenyésztés sikerei Dél-Amerikában, a Közel- és Távols-Keleten), részben a ridegtartás követelményeinek kiemelkedően jól megfelelő magyar állat-genetikai állományra építhetünk. A magyar halbiológiai és haltenyésztési tapasztalatok adaptálása már ma is példaértékűnek tekinthető.
2. A magyar tudás és technológia kombinációjának sajátos ötvözetét jelentheti a napjainkban induló biotermsztés fejlesztését szolgáló programokban történő részvétel. Számos államban ezt teheti lehetővé a még érintetlen természeti

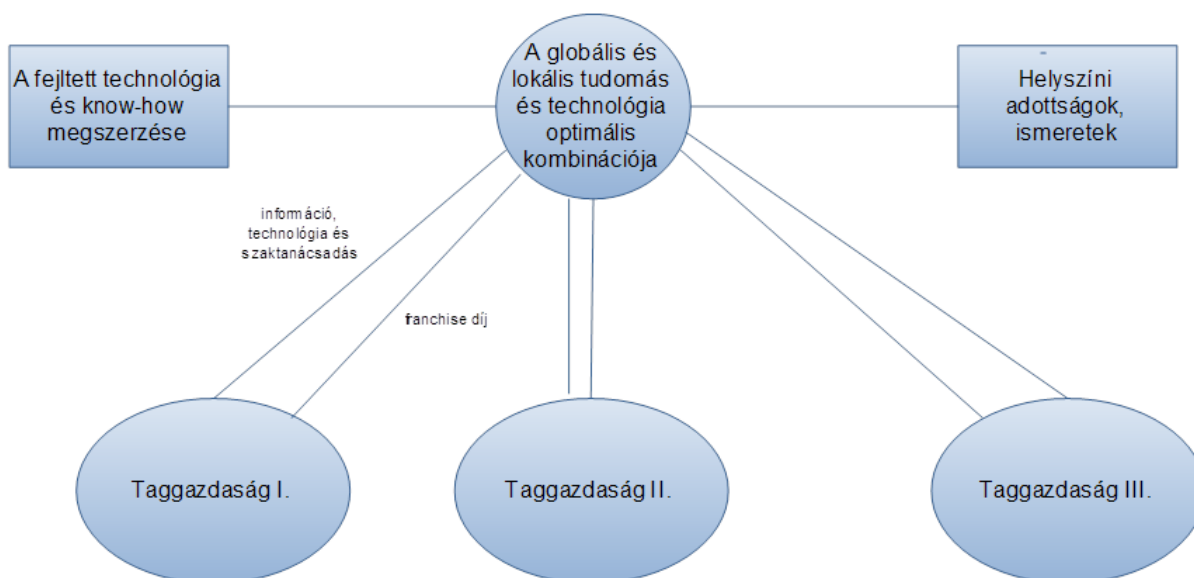


környezet és az exportba történő bekapcsolódás. Itt kiemelkedő szerepe lehet a minőségirányítási rendszerek adaptálásának. Ehhez azonban nyelvtudással, multikulturális együttműködési készséggel, kommunikációs ismeretekkel rendelkező szakemberek kellenének. Ilyenek azonban alig vannak.

3. Komplex rendszerek exportja. A magyar mezőgazdaság – sajátos történeti fejlődéséből adódóan - jelentős eredményeket ért el a kis- és nagyüzemi gazdálkodás szimbiózisára alapuló, gyors innovációt biztosító mezőgazdasági termelési és értékesítési rendszerek fejlesztési révén (2. ábra). Ezeket a tapasztalatokat modernizálva, akár agro-franchise rendszerben lehetne értékesíteni. A rendszer felépítésének elvi vázlatát a hivatkozott ábrán mutatjuk be. Ugyancsak kiemelkedő fontosságú lehetőség volna a több mint százéves magyar szövetkezeti mozgalomban felgyülemlett tapasztalatok hasznosítása. Valamennyi Európán kívüli piac fontos sajátossága a vizuális kommunikáció meghatározó jelentősége („meg kell tudnunk mutatni”). Ebből adódóan, a helyi intézményekkel, esetleg a helyi tőkével együttműködve bemutató gazdaságokat, demonstrációs farmokat, élelmiszeripari üzemeket kellene létrehozunk. Ez utóbbiak szerepe azért is különösen jelentős, mert például az afrikai mezőgazdaság termékeinek 25-35%-a megy tönkre a nem megfelelő tárolás és szállítás következtében. Ez is bizonyítja a segélyezés zsákutcáját, az élelmiszersegély-projektek hibás koncepcióját. A tapasztalatok alapján azonban ezek kizárólag akkor életképesek, ha helyi, közvetlen vagyoni érdekelttség is kapcsolódik működtetésükhöz.



4.



2. ábra: A termelési rendszerek szerkezete

5. Az agrobusiness fejlesztéséhez kapcsolódó ipari megoldások, eszközök, készülékek, berendezések, technológiák, szolgáltatások kivitele. Ezen a területen jelentős versenyelőnyünk a nyugat-európai és izraeli szállítókhoz képest az, hogy viszonylag alacsonyabb szintű a technológia automatizáltsága, és ezért berendezéseink kevésbé vannak kitéve a meghibásodásnak (pl. kisvágóhidak működtetéséhez alkalmas gépek, berendezések). Konkrét példák igazolják (pl. szárasztésztagyártás), hogy a hazai termelők megközelítően azonos műszaki tartalmú gépeket képesek előállítani a versenytársak áránál lényegesen alacsonyabb (20%) árszinten. Jelenleg több mint száz kis- és középvállalat működik az élelmiszer- és vegyipari gépgyártás területén. Számunkra kiemelkedő jelentőségű lehet a részvétel az EU-n kívüli piacok élelmiszer- és vízigényének kielégítésében.
6. Magyar szakemberek részvétele az oktatási-tanácsadási rendszer fejlesztésében. Számos tényező együttes hatására a közép- és felsőfokú agrárszakember képzésben a képzési kínálat és kapacitás már napjainkban is messze meghaladja a hazai munkaerőpiaci igényeket. Számos jól felszerelt középfokú szakképző intézmény alapvető beiskolázási gondokkal küzd, sokszor egy-egy kis-létszámú osztály elindítása is lehetetlen. Már rövidtávon sem tartható fenn az a helyzet, hogy 19 agrár-karon 139 különféle agrár-felsőoktatási képzést kínáljunk. A



jelenlegi fizikai kapacitásokat célszerűen lehetne azonban az európai piacokon kívüli igények kielégítésére fordítanunk, ehhez azonban az oktatói állomány erőteljes fejlesztésére, sok esetben minőségi cseréjére (és az ezt lehetővé tevő bérrendszerre) lenne szükség.

7. Célpiaacaink mindegyikére jellemző, hogy a tiszta ivóvíz ellátás és a vízkormányzás–vízgazdálkodás szerepe folyamatosan nő. Hazánk szakemberállománya és a magyar kivitelezők felkészültsége mindkét területen kiemelkedő, bizonyos technológiák (pl. membránszűrés) területén a magyar kutatók és „engineering” cégek kiemelkedő sikereket érnek el. Számos, nemzetközi tapasztalattal és referenciákkal rendelkező cég és technológia van ezen a területen.
8. Potenciális piacaink jelentős része jelentős környezetvédelmi problémákkal küzd. Ezek felszámolásában lehet esély a magyar szakemberek és vállalkozások számára. Itt azokat a speciális technológiákat kell kiválasztanunk, melyekben érdemi versenyelőnyünk van. A megújuló energia felhasználására irányuló törekvések során régióként és országonként nagyon eltérő a helyzet. A jelentős fosszilis energiatartalékokkal rendelkező államokban nagyon korlátozottak az esélyek (itt sem lehetetlen), más területeken viszont a szoláris és a szélenergia felhasználásának lehetnek lehetőségei.

Hogyan készülhetünk az aktívabb afrikai jelenlétre?

Alapvető paradigmaváltás látszik szükségesnek a külgazdasági stratégiában: ez összefügg az EU idézett jelentésének megállapításaival, mely szerint a fejlesztési projektek hatékonysága azért is alacsony, mert azok csak a jól kiválasztott ágazati és földrajzi koncentrációval növelhetőek. Az általunk felkínált termékpalettából kellene kiválasztani tudományos elemzéssel azt a néhányat, melyek hosszú távon is sikert kínálnak.

- A közép- és felsőfokú oktatási intézményhálózat átszervezésénél, végig kellene gondolni, milyen átalakítások lennének szükségesek ahhoz, hogy versenyképesen jelenjünk meg a nemzetközi oktatási piacon.
- A magyar lakosság és a szakmai közvélemény egészét nyitottabbá kell tenni az euro-atlanti térségen kívüli világ, és az ottani munka-és vállalkozási lehetőségek iránt. Súlyos hiba, ha bizonyos térségekről, országokról (pl. Afrika=éhezés,



bűnözés, nyomor, katasztrófák) csak a negatív jelenségek jutnak el a közvélemény egészéhez.

- Meg kell szervezni a legfőbb célszágok nyelveinek (közvetítő nyelveinek) tanítását az agrár-felsőoktatásban tanulók számára is (francia, arab, esetleg: szuahéli, haussza).
- Fel kell készülnünk az Afrikában megvalósítandó békefenntartó műveletekben történő sikeres részvételre (Kasza, 2009⁶).

Irodalomjegyzék

Bringhoff T. (2012) City population, <http://www.citypopulation.de>

Davis J. (2013) Africa"s Road to the war on Terror. In: Davis J. (ed) Africa and the war on terrorism. Ashgate, Washington, pp 1-17.

Horváth A. (2007): Relationships of Sustainability, Climate Change, and Security Policy. Review of the Air Force Academy. The Scientific Informative Review. Brasov, Romanis. 2. pp. 65-68

James M. (2012) The Other Civil Society: Organised Crime in Fragile and Failing States. 12 2 (218-256)

Kasza Gy: Az élelmiszerlánc-biztonság aktuális kérdései és szerepe a katonai missziókban. Hadmérnök, 2009 4. 3. pp

Park Y.J. (2009) Chinese migratin in Africa. Occasional Papers, China in Africa Project. SAIIA, Braamfontrein

⁶ Kasza Gy: Az élelmiszerlánc-biztonság aktuális kérdései és szerepe a katonai missziókban. Hadmérnök, 2009 4. 3. pp



Klimatikus termésbiztonsági modellek a szőlőtermesztésben

Ladányi Márta¹, Bisztray György Dénes²

¹ Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Matematika és Informatika
Tanszék

² Budapesti Corvinus Egyetem, Szőlészeti és Borászati Intézet, Szőlészeti Tanszék

Tartalmi kivonat

A szőlő fenológiai szakaszai közül a rügyfakadás, a virágnylás és az érés időjárástól függő modellezése a sikeres növényvédelem szempontjából kiemelt fontosságú. Az érés utolsó fázisában megjelenő szürkerothadás olyan megbetegedése a szőlőnek, mely párás, hűvös viszonyok között alakul ki, és bár bizonyos körülmények között nemesrothadást eredményezhet, a legtöbb esetben a termés nagy részét elpusztítja. Dolgozatunkban először bemutatunk egy modellt, mellyel a szőlő fenológiai fázisainak kezdőpontjait becsülhetjük meg. Ezután olyan könnyen használható módszert ismertetünk, melynek segítségével a jövőbeli szürkerothadási károk mértéke jól közelíthető. Fenológiai és regionális klímamodellekkel összekapcsolva prognosztizálhatjuk ezt a módszert, a szürkerothadás kockázatának jövőbeli eloszlását, illetve annak változását, a historikus adatokból becsült eloszláshoz képest.

Kulcsszavak: szőlő, fenológia, szürkerothadás, modellezés, klímaváltozás

Abstract

*Weather dependent modelling of budbreak, full bloom and ripening schedule of grapevine (*Vitis vinifera*) is of great importance in plant protection. *Botrytis cinerea* is a fungus that infects grapevine during ripening when the weather is cool with high relative humidity. Though in case the infection is followed by long dry period, it can turn to noble rot, *Botrytis cinerea* causes often considerable damage.*

*First a phenology model is introduced to predict the start points of phenophases of *Vitis vinifera*. Then we give a simple method that can be used to estimate the risk of *Botrytis* infection. Connecting this method to the phenology model and to regional*



climate models, we can predict the distribution of future risk of Botrytis and estimate its changes compared to the risk distribution based on observations.

Key words: *Vitis vinifera, phenology, Botrytis cinerea, modelling, climate change*

Bevezetés

Az egész Földre kiterjedő éghajlatváltozás hatásai nagyban befolyásolják a világ szőlőtermesztését. Az elmúlt 50 év melegedése ugyan kedvező hatással volt a termés és a borok minőségére, azonban számításba kell venni, hogy a szőlőtermesztés földrajzi határai áthelyeződnek, a fenológiai események időpontjai megváltoznak, és az extrém időjárási jelenségek egyre gyakoribbá és súlyosabbá válnak. A világ legjelentősebb borvidékein az elmúlt 50 évben a tenyészidőszak átlaghőmérséklete 1,3 °C-kal emelkedett, Európában pedig már átlagosan 1,7 °C-os emelkedést mértek a tenyészidőszakban. Az ELTE Meteorológiai Tanszékén leskálázott RegCM 3.1 regionális klímamodell (Bartholy, et. al. 2009¹, Torma et. al. 2008²) a 21. század utolsó harmadára futtatva Magyarországon több mint 2,5-3 °C-os középhőmérséklet-emelkedést prognosztizál minden évszakban és régióban (Bartholy et al., 2004)³.

A szürkerothadás (*Botrytis cinerea*) olyan gombás megbetegedése a szőlőnek, mely csapadékos, párás, hűvös viszonyok között alakul ki, és barnulást, illetve a szövetek elhalását okozza. Bár a fertőzés maga bizonyos körülmények között nemesrothadást, aszúsodást eredményezhet, a legtöbb esetben a termés nagy részét elpusztítja. Ilyen volt a 2010-es esztendő is, amikor a csapadékos ősszel kialakuló szürkerothadás a termesztők számára súlyos károkat hozott.

A szürkerothadás kialakulásának körülményeit hozzávetőlegesen jól ismerik a szakemberek, bár azzal is tisztában vannak, hogy a fertőzés megjelenése, illetve annak súlyossága az időjárási körülmények igen sokrétű összetevőitől függ. Egy járványos szürkepenészes betegség kifejlődését mindössze 15-20 nap határozza meg. A betegség veszélye párás, csapadékos meleg időben a legnagyobb. Számolni

¹ Bartholy, J., Pongrácz, R., Torma, Cs., Pieczka, I., Kardos, P., Hunyady, A. (2009): Analysis of regional climate change modelling experiments for the Carpathian basin. *International Journal of Global Warming* 1, 238-252.

² Torma, Cs., Bartholy, J., Pongrácz, R., Barcza, Z., Coppola, E., Giorgi, F. (2008): Adaptation and validation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. – *Időjárás*, 112(3-4.): 233-247

³ Bartholy, J., Pongrácz, R., Matyasovszky, I., Schlanger, V. (2004): A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére, In: AGRO-21 Füzetek, 2004/33: 1-18



kell fertőzéssel a nyári tartós szárazságot követő augusztus végi, szeptember eleji csapadékos időszak fellépése esetén is. Ismeretes az is, hogy az egyes fajták igen eltérő módon érzékenyek a szürkerothadásra, a fertőzés pontos körülményeiről mégis hiányosak az ismereteink. Fontos és időszerű tehát, hogy tüzetesebben megvizsgáljuk, hogyan hatnak az egyes időjárási körülmények az egyes fajták esetében a szürkerothadás okozta károk mértékére.

Az éghajlatváltozás a mezőgazdaságot rövid és hosszú távon egyaránt érinti. A megváltozott hőmérséklet- és csapadékeloszlás minden élő rendszert alkalmazkodásra kényszerít az érzékenységük és rugalmasságuk mértékében. Ám nemcsak közvetlen hatásokkal kell számolnunk. Az éghajlatváltozás a már ismert kórokozók hatásmechanizmusának változásával járhat. Az egyes időszakokban jelentkező melegebb és párásabb feltételek fokozzák a baktériumok és penészgombák növekedését. Feltehetően részben az éghajlatváltozás hatására az utóbbi évtizedben egyre többször fordult elő, hogy hirtelen nagy mennyiségű csapadék hullott le rövid időn belül, és ennek hatására a szürkerothadás is többször okozott károkat a szőlőültetvényekben. A klímaváltozás hatására tehát várhatóan a szürkerothadás okozta kár kockázata a továbbiakban is módosulni fog. A múltban felhalmozott adatok alapján, megfelelően kidolgozott módszerek alkalmazásával a hosszú idősorokban rejlő információ kibontható, s ennek birtokában a jövőbeli kockázati tényezők karakterére is következtethetünk.

A szőlőnek a környezeti feltételekhez történő alkalmazkodása erősen függ a fejlődés ütemezésétől az éghajlat szezonális változásai során. Ezért az éghajlat egyik fő, az adaptív kapacitást nagymértékben befolyásoló vonása, hogy a fenológián keresztül meghatározza az egyes populációk éves produkciós sikerét, ezáltal a fajok alkalmazkodóképességét. A növények fenológiai fázisainak kezdőpontját előrejelző modelleket széles körben alkalmazták, hogy feltárják a globális felmelegedésnek a növényi válaszára vonatkozó hatását. A fenológiai modellekre szükség van a termésbiztonsági kockázatok becsléséhez, előrejelzéséhez és a szükséges stratégiák kidolgozásához is (Kramer et al., 1996)⁴.

Magyarországon a klímaváltozás hatására bekövetkező melegedés a hűvösebb klímájú országrészekben kedvező hatással lehet a szőlőtermesztésre,

⁴ Kramer, K., Friend, A., Leinonen, I. (1996): Modelling comparison to evaluate the importance of phenology and spring frost damage for the effects of climate change on growth of mixed temperate-zone deciduous forests. *Climate Research* 7: 31±41



azonban a melegebb-szárazabb területeken, elsősorban az Alföldön, tovább súlyosbodhat a termés kiesés és minőségcsökkenés problémája. Mindez az extrém időjárási eseményekkel, valamint a fenológiai fázisok eltolódásával együtt a szőlőtermesztés több területének (fajtaválasztás, ültetvényszerkezet, művelésmód, termesztéstechnológia, növényvédelem, szüret, termékorientáció stb.) szerkezetét átalakíthatja, ami megfelelő válaszadásra kényszeríti a különböző szintű döntéshozókat.

Modellezési módszerek

Fenológiai modellezés

A fenológiai modellek azon az általánosan elfogadott feltevésen alapulnak, hogy kezdetben a szőlő fenológiai fázisainak kezdőpontját a nyugalomban ért hideghatást követően elsősorban a növényt ért hatásos hőmennyiség határozza meg (Carbonneau et al., 1992⁵, Jones, 2003⁶). Szinte minden modellben közös, hogy egy adott időponttól kezdődően egy adott bázishőmérséklet feletti hőösszeget akkumulálnak egy kritikus érték eléréséig (Moncur et al., 1989⁷). A folyamatalapú modellek már a kényszernyugalmi időszak során is leírják a növényben lezajló folyamatokat, és összekapcsolják azokat később, a mélynyugalmi állapot megtörését követően, a hőmérséklet hatására történő fejlődési folyamatokkal. Chuine és Cour (1999)⁸ eredményei ugyanis azt mutatják, hogy a mélynyugalom során akkumulálódott hideg hőösszegek gyorsítják az életfolyamatok beindulását, ha egyszer a mélynyugalmi állapot megtört. Más szóval általában a mélynyugalom alatti nagyobb mennyiségű hidegösszeg akkumulálódását követően a kényszernyugalomban kevesebb hőösszeg is elegendő a rügyfakadáshoz. Ez az egyik oka annak, hogy a hideghatást is figyelembe vevő hőösszegmodellek általában olyan területeken alkalmazhatóak nagy sikerrel, ahol minden évben számíthatunk

⁵ Carbonneau, A., Riou, C., Guyon, D., Riou, J., Schneider, C. (1992): Agrométéorologie de la vigne en France. EUR-OP, Luxembourg, p 168. Bonhomme R (2000) Bases and limits to using "degree-day" units. Eur. J. Agron. (13):1–10, doi:10.1016/S1161-0301(00)00058-7.

⁶ Jones, G.V. (2003): Winegrape phenology. In: Schwartz MD (ed) Phenology: an integrative environmental science. Kluwer, Milwaukee, pp. 523–540.

⁷ Moncur, M. W., Rattigan, K., Mackenzie, D. H., McIntyre, G. N. (1989): Base temperatures for budbreak and leaf appearance of grapevines. Am J Enol Vitic 40(1):21–26.

⁸ Chuine, I., Cour, P. (1999): Climatic determinants of budburst seasonality in four temperate-zone tree species. New Phytologist, 143:339-349



megfelelő hideghatásra, és ez a hideghatás nem túlságosan nagy, illetve nem túlságosan elhúzódó. Tipikusan ilyen például a Kárpát-medence vidéke.

Klimatikus indikátorok

A szakirodalomban számos szerző foglalkozik a növények különböző kockázati eseményinek klimatikus aspektusaival. A klímaváltozással ez a kutatási terület kiemelt szerepet kapott az elmúlt évtizedekben. A klimatikus kockázatok elemzésének egyik legelterjedtebb és leghasznosabb módszere az indikátoranalízis. Ennek során az egyes időjárási paraméterek függvényeiként olyan mesterséges időjárási paramétereket definiálunk, melyeknek a vizsgált kockázati eseményekkel számos összefüggését lehet kimutatni. A klimatikus indikátorok alkalmazásának legfőbb előnye, hogy azok közvetlenül kapcsolhatóak a kockázati eseményekhez. Az indikátorok értékeinek részletes időbeni és térbeli eloszlásának elemzésével az indikátorok által magyarázott kockázati események lényegesen pontosabban írhatók le. A klimatikus indikátorok analízise ezen felül a klímaváltozás hatásvizsgálatának módszertanában is jelentős szerepet tölt be. Ha ugyanis megfelelő, a klímaváltozás által leginkább érintett (specifikus) indikátorokból álló halmazt állítjuk elő, akkor ezek további megfigyelésével az éghajlat változásának az adott területen fellépő tünetei nyomon követhetőek. Ha pedig a jövőre vonatkozó cirkulációs klímamodellek regionális leskálázásából nyert adatokból is előállítjuk ezeket az indikátorokat, akkor nélkülözhetetlen információhoz jutunk a jövőben várható változásokról (Carter et al., 2007⁹). Az ilyen jellegű információkból a jövőbeni természetességi feltételekre, illetve a várható kockázati tényezőkre következtethetünk.

Főkomponens regresszió

A regresszióanalízis feladata, hogy valamely függvényszerű kapcsolatot keresünk egy függő változó, és egy vagy több magyarázó változó között. Ha sérül a regresszióanalízis egyik fontos feltétele, mégpedig az, hogy a magyarázó változók nem függetlenek egymástól, azaz kollinearitás lép fel, akkor felmerül az igény, hogy a regresszióanalízist megelőzően a magyarázó változókat úgy tömörítsük, hogy azok a regresszióanalízisre alkalmassá váljanak. Erre alkalmas módszer a főkomponens-analízis.

⁹ Carter, T. R., Parry, M. L., Porter, J. H. (2007): Climatic change and future agroclimatic potential in Europe. *International Journal of Climatology*, 11. 3, P. 251- 269



A főkomponens-analízis lényege, hogy az eredeti változóknak súlyokat adva, azokból lineáris kombinációval olyan új változókat hoz létre, amelyek egymással már nem állnak korrelációban, valamint az eredeti változók varianciájának a lehető legnagyobb hányadát magyarázni képesek. Ezzel lényegében a sok változóból kevesebb változót tudunk létrehozni úgy, hogy a sok változó által hordozott információnak a lehető legkisebb hányadát veszítsük el. A mi esetünkben legalább ennyire fontos az is, hogy az új változók korrelálatlanok lesznek, hiszen ezeket az új változókat fogjuk a regresszióanalízisben alkalmazni, ahol is feltétel a változók korrelálatlansága.

Természetesen minél erősebb - de nem túl erős - a korreláció a változók között, annál látványosabb a főkomponens-analízis eredménye. Az eredmények minél jobb áttekinthetősége érdekében a végén a változókat olyan térbeli forgatásnak vetjük alá, amelyben a komponensek súlyai vagy nagyok (abszolút értékeik egyhez közeli), vagy kicsik (nullához közeli). Mi az ún. varimax forgatást alkalmaztuk, mely biztosítja, hogy a kapott komponensek korrelálatlanok maradjanak.

A főkomponens-analízis módszerével összekapcsolt regresszióanalízist röviden főkomponens-regressziónak nevezzük.

Diszkriminancia-analízis

A módszert akkor alkalmazzuk, ha sok változónk adott, melyekhez egy osztályozó változót is hozzá tudunk rendelni. A diszkriminancia-analízis célja egy vagy több olyan, az eredeti változók lineáris kombinációjaként előállított függvény létrehozása, melyek a lehető legélesebb vágással képesek elválasztani az eredetileg osztályba sorolt objektumokat. A módszer lényege, hogy ha ezek az ún. diszkrimináló függvények jól elválasztják az objektumokat, akkor a továbbiakban az eredeti változók értékei alapján az osztályba sorolás előre jóslhatóvá válik. A diszkrimináló függvény tehát úgy vetíti le a csoportokat egy alacsonyabb dimenziós térben, hogy azok eloszlásai a legkisebb mértékben fedjék át egymást. A diszkrimináló függvények alkalmasak annak meghatározására, mely változók magyarázzák a legjobban a csoportok közötti különbségeket.

Az alábbiakban a szőlő (*Vitis vinifera* L.) fenológiai válaszadásának modellezését mutatjuk be a Kunsági borvidékre vonatkoztatva, hosszú távú fenológiai felvételezések, időjárási megfigyelések és regionális klímamodell alapján. Ezután olyan módszert ismertetünk, amellyel egzakt módon igazolhatjuk, hogy



bizonyos klimatikus hatások fokozzák a szürkerothadás megjelenésének kockázatát, a fertőzés okozta károk súlyosságát, illetve azt, hogy ezek a hatások a különböző fajtáknál érzékenységüknek megfelelően más-más módon jelentkeznek. Az egyes hatótényezők fajtaspecifikus meghatározására három eltérő érzékenységű fajtát választottunk (Kékfrankos, Hárslevelű, Furmint).

A modellezéshez felhasznált fenológiai adatok Kecskemétről (1977-2003) származnak. A meteorológiai adatok az Országos Meteorológiai Szolgálat Kecskeméttől 15 km-re lévő K-puszta mérőállomásáról (48° 58' N, 19° 33' E, 126 m) származnak. A szürkerothadásra vonatkozó adataink a Szőlészeti Tanszék jogelődjén vezetett kutatási jelentésekből származnak (1968-1989).

Eredmények

Fenológiai modellezés

A fenológiai becslésekhez egy hideghatást is figyelembe vevő hőösszeg modellt alkalmaztunk. Ez a modell a (hideg) hőösszegek akkumulációját szeptember elsejétől kezdi. A mélynyugalom megtörése mellett a hideg hőösszegeknek van egy rügynövekedést gyorsító hatása is. Ha több hideghatás éri a növényt, kevesebb hőösszeg szükséges a rügyfakadás bekövetkezéséig (Nelson és Lavender, 1979¹⁰; Cannell és Smith, 1983¹¹; Murray et al., 1989¹²; Kramer, 1994b¹³; Chuine et al., 1999¹⁴). Megkülönböztettünk tehát mélynyugalmi (*chilling effect* – *CH*) és kényszernyugalmi (*forcing effect* – *F*) hatásokat, majd ezeket dimenzió nélkül definiáltuk:

$$CH_j = \sum_{Sept.1.}^{t_j} \frac{1}{1 + \exp\left(a(T_{\text{átlag_i,j}} - T_{\text{bázis,HiH}})^2 + b(T_{\text{átlag_i,j}} - T_{\text{bázis,HiH}})\right)}$$
$$F_j = \sum_{t_j}^{\text{rügyfakadás}} \frac{1}{1 + \exp\left(c(T_{\text{átlag_i,j}} - T_{\text{bázis,HöH}})\right)}$$

¹⁰ Nelson, E., A., Lavender, D.,P. (1979): The chilling requirement of western hemlock seedlings. *Forest Science* 25, 485–490

¹¹ Cannell, M. G. R., Smith, R. I. (1983): Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*. *J. Appl. Ecol.* (20): 951-963

¹² Murray, M. B., Cannell, M. G. R., Smith, R. I. (1989): Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming. *Journal of Applied Ecology* 26: 693-700

¹³ Kramer, K. (1994) Selecting a model to predict the onset of growth of *Fagus sylvatica*. *Journal of Applied Ecology* 31, 172–181

¹⁴ Chuine, I., Cour, P., Rousseau, D. D. (1999): Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: implications for tree phenology modelling. *Plant, Cell Environ.* (22): 1-13



ahol a , b pozitív, c negatív tapasztalati paraméterek, $T_{\text{átlag}_i,j}$ jelenti a napi átlagos hőmérsékletet minden évben j és napon i , a $T_{\text{bázis,HiH}}$ és $T_{\text{bázis,HöH}}$ a bázishőmérsékletek mélynyugalmi és kényszernyugalmi paraméterei, t_j az az időpont, amikor a kívánt kritikus mélynyugalmi hideghatás (CH_{krit}) bekövetkezik egy adott évben j . Ennél a pontnál a modell jelzi a mélynyugalom végét és a hőösszeg akkumuláció F_j elindul. A rügyfakadást akkor jelzi a modell, amikor a szükséges hatásos hőösszeg GDD_{u_krit} összegyűlik.

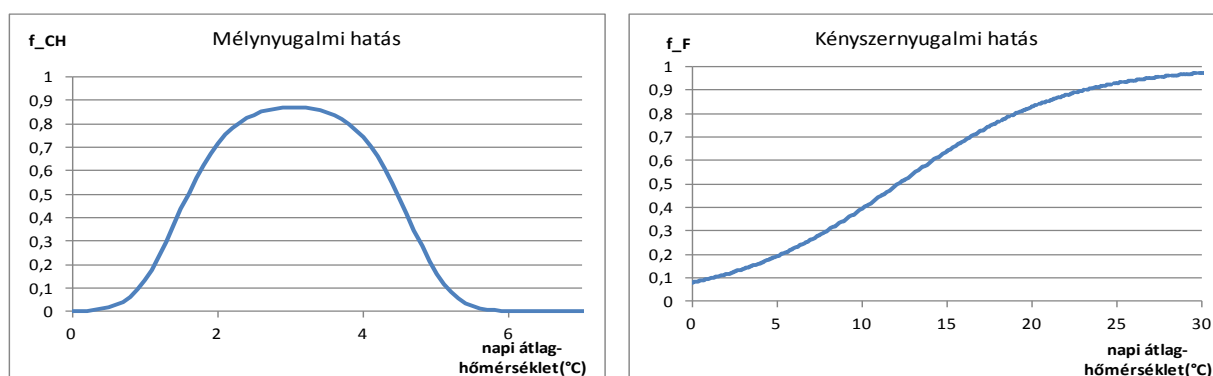
A hideghatás és a kényszernyugalmi függvények segédfüggvényeit

$$f_{CH}(x) = \frac{1}{1 + \exp\left(a(x - T_{\text{bázis,HiH}})^2 + b(x - T_{\text{bázis,HiH}})\right)}, \text{ illetve } f_F(x) = \frac{1}{1 + \exp\left(c(x - T_{\text{bázis,HöH}})\right)}$$

alakban írjuk fel (x a napi átlaghőmérsékletet jelöli).

A hideghatás f_{CH} segédfüggvényének alakja egy olyan egypúpú görbe, amelynek maximuma az $x = \frac{-b}{2a} + T_{\text{bázis,HiH}}$ °C-ban mért értékében van, a függvény pozitív és negatív végtelenben vett határértéke pedig zérus.

A kényszernyugalmi f_F segédfüggvény alakja egy szigmoid típusú görbe, monoton növekedő, a plusz végtelenben 1, a mínusz végtelenben zérus határértékkel, melynek az $x = T_{\text{bázis,HöH}}$ pontban inflexió pontja van (1. ábra).

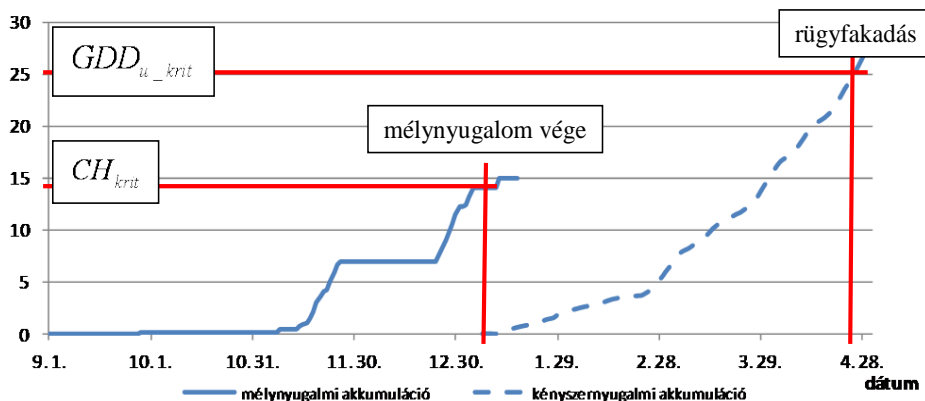


4. ábra: A mélynyugalmi és a kényszernyugalmi időszak hőhatásait leíró f_{CH} és f_F függvények jelleggörbéi

A mélynyugalmi és kényszernyugalmi hőösszegek akkumulációja látható a 2. ábrán, egy véletlenszerűen kiválasztott év adataival. A vízszintes vonalak jelölik a



mélynyugalmi hideghatás akkumulációs kritikus hőösszeget (CH_{krit}), valamint a kényszernyugalom alatt tovább akkumulálódott hatásos kritikus hőösszeget ($GDD_{u_{krit}}$). A függőleges vonalak a mélynyugalmi időszak végének és a rügyfakadásnak a modell által jelzett időpontjait jelzik.



5. ábra: Az f_{CH} -val és f_F -fel jelölt mélynyugalmi és kényszernyugalmi hatások CH-val és F-fel jelölt akkumulációja egy véletlenszerűen kiválasztott évben

Lényegében ugyanezt a hőösszeg modellt alkalmazhatjuk a teljes virágzás, valamint az érés időpontjának meghatározásához is, természetesen a fenofázisoknak megfelelő más-más alsó és felső bázishőmérsékletekkel, illetve kritikus hőösszeg-értékekkel.

A rendelkezésre álló adatsort véletlenszerűen két egyenlő részre osztottuk. Az egyik csoportba tartozó éveket kalibráláshoz használtuk, míg a maradékokat validáláshoz.

Az RMSE hibát az innovatív genetikai algoritmussal minimalizáltuk, a paraméterek együttes optimalizálásával. E módszer nagy előnye, hogy a sztochasztikus minimumkeresést úgy végezhetjük, hogy a klasszikus optimalizációs eljárásokkal ellentétben nem rekedünk meg egy lokális minimumhelyen, e helyett a teljes értelmezési tartományon keresve több ezer iterációval a globális minimumhelyre találunk rá (Weise, 2009¹⁵). Kalibrálást és validálást követően a modellt futtattuk a RegCM 3.1 éghajlati modell adatsorára, hogy becsléseket kapjunk a rügyfakadás lehetséges idejéről az 1961-1990-es, a 2021-2050-es és 2071-2100-

¹⁵ Weise, T. (2009): Global Optimization Algorithms – Theory and Application – <http://www.it-weise.de/projects/book.pdf>.



as időszakokban. A kapott eredményekre egytényezős ANOVA modellekkel végeztünk összehasonlításokat.

Példaként a hideghatást is figyelembe vevő fenológiai modell rügyfakadásra vonatkozó eredményeit ismertetjük röviden. A modell hibáit az 1. táblázat tartalmazza. A RegCM3.1 klímamodell alapján a fenológiai modell Kékfrankos esetében 14,5 nappal, a Szürkebarát esetében 13,5 nappal, a Hárslevelű esetében 15,5 nappal korábban jelzi átlagosan a rügyfakadást a század utolsó 30 évére a megfigyelt időszakhoz képest.

	Hiba (RMSE, [nap])		Átlagos abszolút hiba [nap]		Maximális abszolút hiba [nap]		R ²	
	kalibrált	validált	kalibrált	kalibrált	kalibrált	validált	kalibrált	validált
Kékfrankos	2,40	4,96	2,00	3,83	4	10	0,94***	0,74***
Hárslevelű	4,56	5,56	4,00	4,00	8	9	0,75*	0,61**
Szürkebarát	3,91	4,81	3,30	4,10	7	9	0,88***	0,69***

*** p<0,001 **p<0,01 * p<0,05

1. Táblázat: A hiba és az átlagos abszolút hiba kalibrált és validált értékei a három fajta esetében

A különböző idősorok eloszlásait összehasonlítva elmondható, hogy a század végére a rügyfakadás időpontok szórása megnő, az évek között sokkal nagyobb ingadozás várható. Nő a valószínűsége a nagyon korai és a nagyon kései rügyfakadásnak is. A korai rügyfakadás oka a rövid, de megfelelő hideghatású tél, míg a kései rügyfakadás a nagyon enyhe tél eredménye, amikor a szőlő számára csak nagyon lassan gyűlik össze a mélynyugalom megtöréséhez szükséges hidegösszeg.

A rügyfakadási időpontok korábbra tolódása mellett a rügyfakadás idejének terjedelme is várhatóan szélesedik az időben. Ez azt jelenti, hogy a várható extrémális időjárási események következményeként akár extrém korai és extrém kései időpontok előfordulására is számíthatunk.

Indikátoranalízis

A szürkerothadás okkeresésének céljából 21 indikátort vezettünk be. Az indikátorokhoz az Országos Meteorológiai adatbázis napi adatait, a középhőmérséklet (°C), a csapadékmennyiség (mm) és a relatív páratartalom (%)



értékeit használtuk fel. Mivel a szüret előtti három hét időjárásának van a legdöntőbb hatása a szürkerothadásra, ezért minden vizsgált évben fajtánként kiszámoltuk a szüretet megelőző egy, kettő, illetve három hét csapadékos napjainak számát (cs01, cs02, cs03; nap), az 5 mm-t meghaladó napi csapadékmennyiségű napjainak számát (cs51, cs52, cs53; nap), egymást követő csapadékos napjainak maximális hosszát (csh1, csh2, csh3; nap), csapadékmennyiségének összegét (csm1, csm2, csm3; mm), napi relatív páratartalmainak átlagát (para1, para2, para3; %), napi relatív páratartalmaink maximumát (parm1, parm2, parm3; %), valamint napi középhőmérsékleteinek átlagát (kh1, kh2, kh3; °C).

Főkomponens-regresszió

A főkomponens-analízisbe a csupán a szürkerothadási értékkel szignifikáns korrelációt mutató változókat vontuk be (2. táblázat).

Indikátorok		csm2	cs53	csm3	cs03	csm1	cs52	parm2	para3	para2	para1
Komponensek	1	0,897	0,897	0,839	0,836	0,821	0,804	0,546	0,155	0,236	0,428
	2	0,391	0,341	0,436	0,485	-0,073	0,461	0,494	0,962	0,949	0,808

Indikátorok		para1	para3	parm1
Komponens	1	0,978	0,958	0,943

Indikátorok		csh2	cs01	csh1	cs03	cs02	csm1	csm3	csm2	para2	para3	para1	parm1
Komponensek	1	0,932	0,924	0,921	0,887	0,881	0,861	0,821	0,821	0,152	0,172	0,26	0,292
	2	0,221	0,07	0,099	0,242	0,367	0,217	0,365	0,431	0,969	0,937	0,905	0,779

2. táblázat: A Szürkebarátra, a Kékfrankosra, illetve a Furmintra vonatkozó főkomponens-analízis főkomponenseinek a klimatikus indikátorokkal vett korrelációs együtthatói. A faktorokban szereplő magas súlyokat megjelöltük.

A Szürkebarát és a Furmint esetén a két főkomponens a variancia 85,3%-át, illetve 85,8%-át magyarázza. Az első komponensben mindkét fajtánál a csapadékkal kapcsolatos indikátorok szerepelnek nagy súllyal, a másodikban pedig a páratartalom indikátorai. A regresszióanalízis során a stepwise módszerrel mindkét komponens bekerült a modellbe, ami azt jelenti – figyelembe véve, hogy a szürkerothadás számtalan egyéb dologtól is függhet –, hogy végső soron ez a két komponens együtt már jól magyarázza a fertőzés súlyosságát ($R^2=0,60$, illetve $R^2=0,64$). A lineáris modellre vonatkozó varianciaanalízis a modellválasztás helyességét ($F=9,015$, $p<0,01$; $F=9,91$, $p<0,01$), az együtthatókra vonatkozó t-próbák az együtthatók becslésének szignifikanciáját erősítik meg ($p<0,05$).



A Kékfrankos esetén egyetlen főkomponens a variancia 92,1%-át magyarázza. Mindhárom, a főkomponensbe bevont változó magas súllyal szerepel. A regresszióanalízis során nem az egyetlen főfaktort, hanem magát a három indikátort neveztük meg magyarázó változóként, melyekből a stepwise módszer csupán egyet, a szüret előtti utolsó hét átlagos páratartalmát (para1) vonta be a modellbe ($R^2=0,58$). A lineáris modellre vonatkozó varianciaanalízis a modellválasztás helyességét ($F=15,24$, $p<0,01$) erősítette meg. A lineáris modell konstans tagjára vonatkozó t-próba szignifikancia szintje alapján a konstans tagot elhagytuk. Az egyetlen változó (para1) együtthatójára vonatkozó t-próba az együttható becslésének helyességét igazolta ($p<0,05$).

A Kékfrankos fajtánál jóval szerényebb számú tényező közrejátszása a B. cinerea fertőzésének kialakulásában egyértelműen a fajta Vitis vinifera fajon belüli jobb ellenállóságát bizonyítja. A páratartalom növekedésével azonban a Kékfrankos fajtánál a B. cinerea javuló életfeltételeket lel, így nagyon fontos szerepe van a fitotechnikai műveletek időbeni, és helyesen, okszerűen történő elvégzésnek a szürkerothadás elkerülésében.

A bevont változók számai a fajták rothadásérzékenységére is utalnak, hisz a kapott eredmények a Furmint ténylegesen nagyfokú megfigyelt érzékenységét igazolják, szemben például a Kékfrankoséval.

Diszkriminancia-analízis

A fenti eredményeket diszkriminancia-analízissel erősítettük meg, méghozzá úgy, hogy a főkomponens-regresszióanalízisnél használt fajtaspecifikus indikátorok segítségével két vagy három (szignifikáns) diszkrimináns függvény segítségével mindhárom fajta esetében, az előzőleg 4 súlyossági kategóriába sorolt eseményeket 100%-ban el tudtuk választani egymástól.

A Kékfrankos fajtára a diszkriminancia-analízis segítségével azt is megmutattuk, hogy adataink alapján valószínűsíthető, hogy az egyébként kevésbé érzékeny fajta esetében a szürkerothadás nemcsak klimatikus paraméterektől, hanem az előző évi szürkerothadás mértékétől is függ, mégpedig oly módon, hogy egy erős fertőzöttségű évet követően kevésbé kedvezőtlen időjárás is viszonylag nagy károkat okozó szürkerothadást eredményezhet.



Összefoglalás és kitekintés

A 21. századra történő fajspecifikus előrejelzések néhány alapvető és alkalmazott tudományos kérdés tekintetében sarkalatos tényezőkké váltak. Az egyre megbízhatóbb fenológiai előrejelzések mind jobban növelik a jövőbeli éghajlatra való visszacsatolt hatások predikcióit, segítenek a termesztőknek kiválasztani azokat a fajtákat, illetve a fajtákhoz illő termesztéstechnológiai módszereket, amelyekkel fokozottabban alkalmazkodóképessé válnak az új éghajlati feltételekhez.

Az itt bemutatott kutatás legfőbb eredménye, hogy néhány könnyen hozzáférhető meteorológiai indikátor segítségével a szürkerothadás kárának súlyossága megbecsülhető. Kutatásunk további részében előállítjuk az ELTE Meteorológiai Tanszékén regionálisan leskálázott RegCM3.1 klímamodellnek a 2021-2050-ig, illetve a 2070-2100-ig tartó időszerelekre vonatkozó napi adataiból a fent használt indikátorokat. Ezután megtudjuk becsülni, hogy az adott időszak 30 évére vonatkoztatva a szürkerothadás különböző súlyossági kategóriái milyen gyakorisággal várhatóak. A historikus adatokból kiszámolt gyakorisági eloszlásokkal összehasonlítva, a szürkerothadás kockázatának a klímaváltozás hatására, várható eloszlás-módosulására előrejelzést adunk. A dolgozatban vázolt indikátoranalízisen alapuló módszert az itt ismertetett fenológiai modellezéssel összekapcsolva a prognózisokat tovább pontosíthatjuk.

(A dolgozatban az ábrák, diagrammok, táblázatok saját szerkesztésűek.)

Irodalomjegyzék

- Bartholy, J., Pongrácz, R., Matyasovszky, I., Schlanger, V. (2004): A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére, In: AGRO-21 Füzetek, 2004/33: 1-18.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Torma, Cs., Pieczka, I., Kardos, P., Hunyady, A. (2009): Analysis of regional climate change modelling experiments for the Carpathian basin. International Journal of Global Warming 1, 238-252.
- Cannell, M. G. R., Smith, R. I. (1983): Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*. J. Appl. Ecol. (20): 951-963.
- Carbonneau, A., Riou, C., Guyon, D., Riou, J., Schneider, C. (1992): Agrométéorologie de la vigne en France. EUR-OP, Luxembourg, p 168. Bonhomme R (2000) Bases and limits to using "degree-day" units. Eur. J. Agron. (13):1–10, doi:10.1016/S1161-0301(00)00058-7.



- Carter, T. R., Parry, M. L., Porter, J. H. (2007): Climatic change and future agroclimatic potential in Europe. *International Journal of Climatology*, 11. 3, P. 251- 269.
- Chuine, I., Cour, P. (1999): Climatic determinants of budburst seasonality in four temperate-zone tree species. *New Phytologist*, 143:339-349.
- Chuine, I., Cour, P., Rousseau, D. D. (1999): Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: implications for tree phenology modelling. *Plant, Cell Environ.* (22): 1-13.
- Jones, G.V. (2003): Winegrape phenology. In: Schwartz MD (ed) *Phenology: an integrative environmental science*. Kluwer, Milwaukee, pp. 523–540.
- Kramer, K. (1994) Selecting a model to predict the onset of growth of *Fagus sylvatica*. *Journal of Applied Ecology* 31, 172–181.
- Kramer, K., Friend, A., Leinonen, I. (1996): Modelling comparison to evaluate the importance of phenology and spring frost damage for the effects of climate change on growth of mixed temperate-zone deciduous forests. *Climate Research* 7: 31±41.
- Moncur, M. W., Rattigan, K., Mackenzie, D. H., McIntyre, G. N. (1989): Base temperatures for budbreak and leaf appearance of grapevines. *Am J Enol Vitic* 40(1):21–26.
- Nelson, E., A., Lavender, D.,P. (1979): The chilling requirement of western hemlock seedlings. *Forest Science* 25, 485–490.
- Murray, M. B., Cannell, M. G. R., Smith, R. I. (1989): Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming. *Journal of Applied Ecology* 26: 693±700.
- Torma, Cs., Bartholy, J., Pongrácz, R., Barcza, Z., Coppola, E., Giorgi, F. (2008): Adaptation and validation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. – *Időjárás*, 112(3-4.): 233-247.
- Weise, T. (2009): *Global Optimization Algorithms – Theory and Application* – <http://www.it-weise.de/projects/book.pdf>.



A helyi szintű cselekvés és az ökotudatos társadalmi normák kialakulásának lehetőségei

Antal Z. László

MTA Társadalomtudományi Kutatóközpont Szociológiai Intézet

Tartalmi kivonat

Az éghajlatváltozás jelensége túlmutat a természet és a társadalom közötti harmonikus kapcsolat kialakításáért folytatott erőfeszítéseken. Az értékrend megváltozásával a jelenleginél harmonikusabb emberi és társadalmi kapcsolatok alakulhatnak ki, amelyek a természeti törvények betartását is lehetővé tehetik.

Kulcsszavak: *értékrend változása, helyi szintű klímastratégiák, klímabarát települések*

Abstract

The phenomenon of climate change is beyond the effort to establish harmonious relation between nature and society. More harmonious human and social relations can be evolved with the changing values of society what may enable to observe the natural laws.

Keywords: *Changes in values, local climate strategy, climate friendly cities*

Az éghajlatváltozás egyik következménye a rendkívüli időjárási jelenségek számának gyakoribbá válása. Ezek közé tartoznak azok a márciusi havazások és hóviharak, amelyek ebben az évben Európa több országában a társadalmi élet megszokott rendjében zavarokat idéztek elő. A rendkívüli időjárási jelenségek közé tartozik a 2006. augusztus 20-án bekövetkezett szélvihar is, amely éppen a tűzijáték idején érte el a fővárost, és a 2013. március 15-i hideg, szeles és havas idő, amely az aznapi szabadtéri ünnepségek megtartását akadályozta meg. Ez a két időpont Magyarországon különösen emlékezetessé teszi ezeket az eseményeket. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület 2011-ben kiadott „A szélsőséges éghajlati



események kockázatáról és kezeléséről” című jelentése¹ arra hívja fel a figyelmet, hogy az éghajlatváltozás már nem csak egy elméleti kérdés, hanem egy olyan változás, amely már minden országot és minden helyi közösséget - különböző mértékben és különböző módon – érintett, és a jövőben is érinteni fog. „A változó éghajlat a szélsőséges időjárási és éghajlati események gyakoriságának, intenzitásának, területi kiterjedésének, időtartamának és lehetséges bekövetkezési idejének megváltozásához vezet, és példátlan időjárási és éghajlati szélsőségeket eredményezhet.”² A természet ilyen jellegű változásainak a következtében a nagy ellátórendszerek (élelmiszer- és vízellátás, egészségügyi ellátás, áramellátás...) sérülékenysége megnövekedett, és az emiatt kialakuló ellátási zavarok a közbiztonság romlását is előidézhetik.³ Mindezek alapján elmondhatjuk, hogy a rendkívüli időjárási jelenségek miatt az éghajlatváltozás és a biztonság egyre szorosabban összetartozó fogalmakká váltak, ezért is fontos a kettő közötti kapcsolat minél alaposabb vizsgálata.

A természet elmúlt évtizedekben történt változásai és a további várható változásai miatt, és a változások megelőzése, valamint a változásokhoz való alkalmazkodás érdekében készített stratégiák kudarcai miatt merül fel az a kérdés, hogy a mai társadalmak képesek-e a külső környezethez való alkalmazkodásra. Az elmúlt közel negyven évben ezt a kérdést már sokan és sokféleképpen megfogalmazták és különböző elméleti keretek és különböző kutatási módszerek felhasználásával különböző válaszokat adtak erre a kérdésre. A leglényegesebb különbség ezek között a válaszok között az, hogy a kérdést vizsgáló szerzők a fogyasztói társadalom értékrendje és a jelenlegi társadalmi, gazdasági és politikai feltételek között elképzelhetőnek tartják-e az alkalmazkodást, vagy pedig nem. Ennek a kérdésnek a minél részletesebb és pontosabb megválaszolása érdekében indítottuk el a „Klímaparát települések” című kutatást 2005-ben az MTA Szociológiai Kutatóintézetében, amely az éghajlat változása miatt szükségessé vált helyi szintű cselekvés lehetőségét vizsgálta meg néhány Magyarországon található településen. A kutatásunkban a kultúra egészére vonatkozó kérdést némileg szűkítettük, amely így az empirikus kutatást lehetővé tette. Kutatásunk kérdése ilyen megfontolások

¹ Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX) IPCC, 2011

² Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX) IPCC, 2011.8.

³ Láng István (2005): Klímaváltozás és várható hatásai, „AGRO-21” Füzetek 41. szám 3-6. p.



alapján a következő volt: a fogyasztói társadalom értékrendje és a jelenlegi társadalmi és gazdasági feltételek mennyiben segítik elő illetve akadályozzák meg azt, hogy egy település lakói a természet változásaihoz alkalmazkodni tudjanak.

Helyi szintű klímaprogramok - nemzetközi kitekintés

Az éghajlatváltozással kapcsolatos tudományos eredmények és az egyre gyakoribbá váló extrém időjárási jelenségek hatására néhány város már a 90-es évek elején elhatározta, hogy kidolgozza a saját éghajlatváltozási stratégiáját. Az 1992-ben Rio de Janeioban tartott Föld Csúcson elfogadott Local Agenda 21 elnevezésű program hatására, amely a helyi programok elindítását szorgalmazta, egyre több város dolgozott ki helyi éghajlatváltozási stratégiát. E programok kidolgozását ösztönözte az International Council for Local Environmental Initiatives nemzetközi szervezet is, amely 1992-ben megindította a Cities for Climate Protection (Városok a klíma védelméért) elnevezésű programot. E programhoz ma már több mint 1000 város csatlakozott, amelyek elhatározták, hogy az üvegházhatású gázkibocsátást csökkenteni fogják.

Az Európában működő Climate Alliance nevű hálózathoz mintegy 1600 klímabarát település csatlakozott eddig. Ausztriában például szinte minden város tagja ennek a szövetségnek, amelyet a város határában kitett táblák is jeleznek. Kevésbé ismert, hogy annak ellenére, hogy az Egyesült Államok kormánya nem írta alá a Kiotói Jegyzőkönyvet, az itt élő önkormányzati vezetők egy részét is élenként foglalkoztatja az éghajlatváltozás. Ennek egyik jele az, hogy ma már közel 200 város deklarálta: mindent megtesznek a Jegyzőkönyvben vállalt célok megvalósításáért. Számos más, a helyi szintű klímastratégiákat segítő nemzetközi, országos és helyi kezdeményezés indult el különböző országokban az elmúlt húsz évben.⁴

A fejlett ipari országokban a kilencvenes években elindított helyi szintű stratégiákban kezdetben a „megelőzés” kategóriájába tartozó programokat dolgoztak ki és valósítottak meg, abban a reményben, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésével az éghajlat további változásai elkerülhetőek. A koppenhágai klímakonferencia után – amelyet 2009-ben az ENSZ égisze alatt tartottak meg, és ahol a Kiotói Jegyzőkönyv érvényességének megszűnése utáni

⁴ Betsill, M.M. and Bulkeley, H. (2004): Cities and the Multilevel Governance of Global Climate Change. *Global Governance*, 12: 141–159.

Bulkeley, H. and Kern, K. (2006): Local Government and the Government of Climate Change in Germany and the UK. *Urban Studies*, 43: 2237–2259. p.



időszakra egy új kibocsátás-csökkentő megállapodás aláírása volt a cél – egyértelművé vált, hogy az egyes országok és országcsoportok közötti érdekellentétek megakadályozzák egy ilyen tartalmú megállapodás aláírását. A koppenhágai kudarc után a klímaváltozással foglalkozó szakemberek véleménye szerint a jövőben a rendkívüli időjárási jelenségek számának növekedésére számíthatunk. Miután a „megelőzés” esélyei csökkentek a helyi szintű programokban is, nagyobb hangsúlyt kapott az „alkalmazkodás”, mint korábban.

Az egyes településeken indított klímaprogramok célkitűzései, és az elért eredmények a városok és falvak honlapjain hozzáférhetőek és megismerhetőek. Ezek segítségével, és a városi programokat elemző tudományos munkák eredményei alapján elmondhatjuk, hogy folyamatosan nő azoknak a településeknek száma, amelyek nem (vagy nem csak) a nemzetközi szervezetektől vagy a kormányoktól várják, hogy megoldást kínáljanak az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére, és megvédjék őket a klímaváltozás várható veszélyeitől, hanem megfogalmazzák saját céljaikat, és elkezdik ezek megvalósítását. A 2012-ben Rio de Janeiroban tartott Rio+20 világkonferenciára készített elemzések arra mutattak rá, hogy az elmúlt 20 évben éppen a helyi szintű kezdeményezések érték el a legtöbb eredményt. Az Egyesült Királyságban elindított önkormányzati programokat 2004 óta folyamatosan figyelemmel kísérjük. Kutatásunk eredményei alapján, ezeken a településeken már megfogalmazódnak a Föld ökológiai állapotára és a természet törvényeinek a betartására is figyelő ökotudatos társadalmi normák, de ezek érvényesülésére a jelenlegi társadalmi és gazdasági feltételek között csak mérsékelten van lehetőség.⁵

Helyi szintű klímaprogramok Magyarországon és a „Klímabarát települések”

Magyarországon 2005 után indultak el az első helyi szintű klímaprogramok. Az Energiahatékony Önkormányzatok Szövetsége, az Éghajlatvédelmi Szövetség és a Klímabarát Települések Szövetsége fogja össze azokat az önkormányzatokat, amelyek már tudatosan foglalkoznak az éghajlatváltozás kérdésével. Néhány város csatlakozott különböző nemzetközi programokhoz, és három város – Almásfüzitő, Gyöngyös és Tata – önállóan dolgozta ki saját stratégiáját. (Lehetséges, hogy más

⁵ Antal Z. László (2008): Éghajlatváltozás és a tudományos forradalom szükségessége – Klímabarát települések és közlekedés az Egyesült Királyságban. *Klímabarát települések. Elmélet és gyakorlat.* Budapest, Pallas Kiadó. In: 36-80. p.



magyarországi településeken is készült klímastratégia, amelyekről nem tudunk.) Több településen az Integrált Városfejlesztési Stratégiának részei az éghajlatváltozással kapcsolatos programok, és számos város és falu ökológiai és energetikai tervében szerepelnek olyan javaslatok, amelyek a klímastratégiákhoz is szervesen hozzátartoznak. Az ökofalvak célkitűzései – ha más megközelítésben fogalmazzák meg azokat - sok tekintetben hasonlítanak a klímastratégiák céljaihoz. Így becslésünk szerint ma már közel 70-80 olyan település lehet Magyarországon, ahol a természet változásaihoz való alkalmazkodás lehetőségeivel az önkormányzat és/vagy egy helyi közösség tudatosan foglalkozik. Az éghajlatváltozással kapcsolatos helyi szintű cselekvés lehetőségeit a „Klímabarát települések” program eredményei és kudarcai alapján mutatjuk be részletesebben.

Ebben a programban az alkalmazott módszer az akciókutatás volt, amelynek keretében a település vezetői és lakói, az MTA Szociológiai Kutatóintézet munkatársai és más külső szakértők közösen dolgozták ki a helyi stratégiákat, és kezdték el a megfogalmazott célok megvalósítását. Ez a közös munka lehetőséget ad arra is, hogy a célok megvalósítását segítő, illetve akadályozó feltételeket Magyarországon is részletesen megismerjük.

A program kidolgozásának szempontjai

- a. Mivel a rendkívüli időjárási jelenségek Magyarországon minden hazai települést érinthetnek, ezért egy olyan stratégia kidolgozásának lehetőségeit kívántuk megvizsgálni, amely minél több település számára használható modell lehet. (Az éghajlatváltozás miatt Magyarországon is megfigyelhető a belső migráció – átmenetileg vagy véglegesen a városokból a falvakba költözés. Mivel azonban ez nem egy reális választási lehetőség a lakosság nagyobbik részének, és különböző mértékben, de minden település számára van lehetőség a változásokhoz való alkalmazkodásra, ezért ez a program minden település számára nyitott.)
- b. Nemzetközi és kormányzati támogatás megszerzésére 2005-ben nem láttunk lehetőséget. Önkormányzatok és helyi lakosok akkor még nem kezdeményeztek ilyen programokat, így nem is volt más lehetőségünk, mint az, hogy a „Klímabarát” program elvi kereteit a MTA Szociológiai Intézetben dolgozzuk ki, és ennek megvalósításához kerestünk olyan önkormányzatokat, akik ezeket az elvi keretekkel egyetértenek és nyitottak az együttműködésre. 2007-ban a programban részt vevő öt település – Albertirsa, Hosszúhetény, Pilis, Pomáz és Tatabánya - vezetői és az



Intézet munkatársai egy szándéknyilatkozatot írtak alá arról, hogy megalakítják a Klímabarát Települések Szövetségét. A Szövetségnek jelenleg 19 település a tagja és 3 civil szervezet a pártoló tagja.

- c. Az egész program fontos célja volt, hogy az egyes „akciók” kidolgozásában és azok megvalósításában kapcsolódjanak be a városok és falvak lakói is. A klímakörök az ő részvételükkel alakultak meg hét településen. Egy-egy konkrét program megvalósításának csak az egyik, de nem elégséges feltétele a polgármesterek és az önkormányzatok támogatása. Mindez csak akkor vezethet eredményre, ha a célok megvalósításában az önkormányzat mellett a városokban és a falvakban lakó emberek is részt vesznek. Az akciókutatásnak, mint kutatási módszernek, ez az egyik alapfeltétele. A klímastratégiákat – amely az első közös „akció” volt – azért tudtuk kidolgozni, mert mind az öt alapító településesen rövid időn belül megalakultak a klímakörök. (A később csatlakozott települések közül Szekszárdon és a Főváros XII. kerületében, a Hegyvidéken alakultak még klímakörök.)

Az első helyi stratégiák elvi alapjait, annak témaköreit és szerkezeti felépítését az Intézetben dolgoztuk ki. Az önkormányzatok támogatása lehetőséget adott a munka elkezdésére, a stratégia részleteit pedig a klímakörök tagjai és az Intézet munkatársai közösen dolgozták ki.

A stratégiák - az elfogadásuk után - lehetőséget adtak egy helyi civil szervezetnek arra, hogy az ebben megfogalmazott célok elérése érdekében az önkormányzat támogatásával konkrét programokat indítsanak el.

Az „akciók” sikeréhez hozzájárult az is, hogy az alapító településeken a természet védelme iránt elkötelezett emberek vállalták el a körök vezetését. A körök vezetői az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdésekben is tájékozottak lettek, és a közösen végzett munka tapasztalatairól konferenciákon, a helyi és az országos sajtó nyilvánossága előtt is beszámoltak. Az akciókutatás sikeres elvégzésének feltétele az is, hogy a kutatásban részt vevők között partneri kapcsolat alakuljon ki. Ezt minden településen sikerült elérni. A körök vezetőinek köszönhető, hogy a klímakörök az elmúlt években működőképesek maradtak, és az is, hogy az elmúlt években több közös akció valósult meg a klímabarát településeken.



A klímabarát településeken elért eredmények

A klímabarát településeken 2007 óta számos közös „akció” valósult meg. Ezek közül a legfontosabbnak azt tartjuk, hogy már hat klímabarát településnek – Albertirsának, Hosszúheténynek, Pomáznak, Szekszárdnak, Tatabányának és a Főváros XII. kerületének – van a helyi adottságok és lehetőségek figyelembevételével elkészített klímastratégiája. A kivétel ezen a téren Pilis, ahol szintén kidolgoztak már egy részletes klímaprogramot s a klímakör is ennek megfelelően dolgozik, de ezek az elképzelések még nem kerültek a képviselőtestület elé. Az eddig elért eredmények között most azokat az „akciókat” mutatjuk be, amelyek az „alkalmazkodás” területéhez kapcsolódnak. (A más területeken elért eredmények a Klímabarát Hírlevél eddig megjelent 37 számában ismerhetők meg, amelyek a www.klimabaratar.hu oldalon érhetők el.)

A természet változásaihoz való alkalmazkodást segítő programok:

- Hőség- és UV-riadó terv (Tatabánya)
- „Éghajlatváltozás és a víz” stratégia (Pomáz)
- Iskolai „napozás” tanfolyam indítása (Pomáz)
- Hőségriadó terv (Pomáz)
- Iskolai tankert elindítása (Hosszúhetény)
- Helyi piac megszervezése (Hosszúhetény)
- Gyümölcsaszaló program (Szekszárd)
- Felkészülés a tartós áramszünetre (Szekszárd)

A felsorolás után három „akciót” röviden bemutatunk.

A hőség- és UV-riadó terv – Tatabánya

A Tatabányai Hőség- és UV-Riadó Terv első helyezést ért el az Európai Unió „Klímaváltozás és az Egészségvédelem” elnevezésű – települések közötti – verseny „alkalmazkodás” kategóriájában. Az uniós szakmai szervezetek vezetői szerint a tatabányai cselekvési terv jó példa minden európai város számára. Ez volt az első, a gyakorlatban is alkalmazott program a klímabarát településeken, amely 2008 óta működik a városban, és amely a veszélyes nyári napokban a város minden lakójának, és a városba látogató embereknek is segítséget nyújt a kockázatok csökkentésében. Az elmúlt öt évben már többször is rendelték el riadót, és erről



minden érintett szervezet és a sajtó is értesítést kapott. A terv alkalmazását azonban megnehezíti, hogy az OMSZ nagyobb területekre vonatkozó előrejelzései alapján nem mindig lehet egyértelműen eldönteni, hogy mikor kell kiadni a riasztást Tatabányán. (A város közelében nincs mérőállomás.) Így ez a terv nem érte el maradéktalanul a célját, de – más klímaprogramokkal együtt – hozzájárul ahhoz, hogy a város lakói a természet változásairól és ezek kockázatairól folyamatosan tájékoztatást kapjanak. Ez a tájékoztatás egy idő után a klímatudatosság olyan szintű megerősödését eredményezheti, amely további érdemi változásokhoz vezethet a városban.

A „vizes stratégia” elkészítése – Pomáz

Pomázon 2009-ben készült el az „Éghajlatváltozás és a víz” elnevezésű stratégia, amely az első olyan stratégia az országban, amely részletesen áttekinti, hogy egy városban milyen vízzel kapcsolatos kockázatok merülhetnek fel az éghajlatváltozás miatt, és ezekre hogyan lehet felkészülni. Ez a stratégia részletesen áttekinti azt is, hogy hogyan érintheti a várost egy árvíz vagy egy vízhiányos időszak, és ezekre a rendkívüli helyzetekre hogyan készülhetnek fel az önkormányzat vezetői, munkatársai és a város lakói. A „vizes” stratégia 2009 végére elkészült, így az akciónak ez a része sikeresnek mondható. A stratégiában megfogalmazott célok megvalósítására – a város költségvetési hiánya miatt – azonban eddig nem került sor. A klímakör más civil szervezetekkel együttműködve részt vett a városon keresztül folyó Dera patak partjának rendbetételében, ami a stratégia céljai között is szerepelt, de a kidolgozott javaslatok többsége még megvalósításra vár. A klímakör ezen kívül számos olyan programot valósított meg, amelynek köszönhetően az egész városban ismert szervezetté vált.

Iskolai fűszerkert kialakítása – Hosszúhetény

A Hosszúhetényben megvalósult programok közül a fűszerkert kialakítását mutatjuk be. (Ezen kívül a helyi piac újbóli megnyitása is egy jelentős helyi program volt 2009-ben. Idén pedig a Zengő Pengő elnevezésű közvetlen kereskedelmet segítő programot indította el a klímakör.) Az étel-miszer-önellátáshoz szükséges tudás átadása a falvakban is megszakadt. Ezért javasoljuk minden iskola számára, hogy ezeknek az ismereteknek az átadása – egy kert művelésével együtt – legyen



része az oktatásnak. Ezt elsőként – egy elnyert pályázat támogatásával - Hosszúhetényben valósították meg. Az iskolában egy fűszerkertet alakítottak ki, amelyet egy pedagógus vezetésével a tanulók művelnek. A kert művelése mellett a tanulók meglátogattak néhány idős embert a faluban, akik fűszerekkel foglalkoznak, és akik fűszerek feldolgozásáról és szárításról szerzett tapasztalataikat átadták a gyerekeknek. Ez egy olyan sikeres akció, amelynek átvételét minden klímabarát településnek javasoljuk.

A helyi szintű tapasztalatok összegzése

Szociológiai szempontból a „Klímabarát települések” kutatás egyik fontos eredménye az, hogy a gyakorlatban is megismertük azokat a feltételeket, amelyek a klímastratégiákban megfogalmazott célok megvalósítását segítik, illetve megakadályozzák.

A kutatás legfontosabb eredményei a következők:

- Magyarországon 2013 márciusáig az éghajlatváltozás kevés település és kevés ember számára jelentett olyan kockázatot, amely új, közösségformáló erővé válhatna, és amely a helyi szinten történő alkalmazkodás elkezdéséhez egy település számára kellő motivációt jelentene. Az éghajlatváltozás várható hatásait a hazai települések vezetői és lakói még nem tartják olyan veszélynek, amelyre a meglévő ellentéteket félretéve – mint az árvizek és más természeti katasztrófák idején ezt már többször is megtörtént – közösen keressék a megoldás lehetőségeit. Feltételezhető, hogy a természet további változásai egyre több települést ösztönöznek majd arra, hogy klímastratégiákat dolgozzanak ki, és hogy megalakítsák saját klímaköreiket. Ezekben a településeken jól hasznosíthatóak lesznek a klímabarát települések eddigi eredményei.
- Azokon a településeken, ahol a polgármesterek már fontosnak tartották ezt a munkát, a helyi lakosoknak csak egy töredéke érdeklődött az éghajlatváltozást érintő kérdések iránt. Az első előadáson és filmvetítésen résztvevő emberek (40 - 120 fő) közül 10-20 ember kapcsolódott be az érdemi, közös munkába. Közülük is többen az évek alatt elhagyták a kört, de folyamatosan jöttek új tagok is.
- Ezekben a körökben évek óta formálódik a fogyasztói társadalom értékrendjétől eltérő új, ökotudatos értékrend, amely hozzájárulhat a természet változásaihoz alkalmazkodni tudó új társadalmi normák kialakításához. Az új értékrend fontos



része a természet tisztelete, a természetes környezet védelme, és az emberi életnek a biológiai létnél mélyebb értelmét megtaláló, és azért lemondást is vállaló ember. Az erre az emberképre és értékrendre alapozott társadalom és gazdaság reményt adhat arra, hogy a természet és a társadalom között újból harmonikus viszony alakuljon ki.⁶

- Az akciókutatás alkalmazását megnehezítette, hogy a kutatás ideje alatt az önkormányzatok olyan lépéseket is tettek, amelyek egyértelműen ellentétesek voltak a klímabarát célokkal. A klímakör néhány tagja nehezen fogadta el, hogy a hosszú távú célok érdekében a kör és az önkormányzat közötti együttműködés kialakítására törekszünk. (Akik ezt az álláspontot nem fogadták el, elhagyták a köröket.)
- A célok megvalósítását akadályozták és akadályozzák folyamatosan a fogyasztói társadalom értékrendje és normái, amelyek a természeti értékeket és korlátokat nem veszik figyelembe. Ezek az értékek és normák ellentétesek az ökotudatos értékekkel és normákkal. Ma még a fogyasztói társadalom értékei erősebben érvényesülnek az iparilag fejlett országokban, és egy önkormányzat is csak részben tud függetlenné válni ettől a hatástól. De az éghajlatváltozás – különösen azért mert más környezetvédelmi kérdéseknél nagyobb társadalmi érdeklődést váltott ki - hozzájárul ahhoz, hogy az értékrendszerben egy átalakulás folyamata figyelhető meg nemzetközi, országos és helyi szinten egyaránt.
- A klímastratégia céljainak már a meghatározását is korlátozta az, hogy a fogyasztói társadalom természetet pusztító szokásainak betartását néhány területen a törvény írja elő. (pl.: építészet, közvilágítás)
- A 2008-ban bekövetkezett gazdasági válság a környezetvédelmi szempontok és a klímaszempontok érvényesítését önkormányzati szinten is megnehezítette.
- Az akciókutatás – módszeréből adódóan – beavatkozik a település életébe. Ez a beavatkozás a helyi erőviszonyokat megváltoztathatja (erőforrások elosztása és felhasználása, egy új civil szervezet megjelenése, a sajtónyilvánosság stb.), amely szintén megnehezítette a komolyabb eredmények elérését.

⁶ Kasser, Tim (2009): Az értékrend megváltoztatásával válaszoljunk az éghajlatváltozásra! *In: A világ helyzete. Föld Napja Alapítvány, Budapest.* 154- 157. p.

Lányi András (2010): "Az ember fáj a földnek" (Utak az ökofilozófiához) L'Harmattan, Budapest

Zsolnai László (2008): *Frugality: Rebalancing Material and Spiritual Values in Economic Life.* Peter Lang Academic Publishers, Oxford.



- Az akciókutatás további fontos eredménye az is, hogy a közös munka során több önkormányzat vezetője megfogalmazta azt a véleményét, hogy a jelenlegi körülmények között nem lát lehetőséget az éghajlatváltozás várható hatásainak elkerülésére, és azoknak a lépéseknek a megtételére, amelyeket pedig a természet változásai miatt szükségesnek tart.
- Az öt év alatt elért eredmények alapján arra következtetésre jutottunk, hogy a jelenlegi társadalmi, gazdasági és politikai feltételek szűkre szabják a természet változásai miatt szükségesnek tartott helyi szintű cselekvés lehetőségeit, és ezek a klímaprogramok megvalósításának igazi korlátai.

A jövőbeli változások lehetőségei

Az Egyesült Királyságban és Magyarországon végzett kutatásaink eredményei alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a természet változásai miatt a társadalom működőképességének megőrzése érdekében szükségesnek tartott lépések és ezek megvalósíthatósága között, az Egyesült Királyságban és Magyarországon a jelenlegi társadalmi és gazdasági feltételek közt, feloldhatatlan ellentmondások feszülnek. Ezek az ellentmondások megakadályozzák azt, hogy az ökotudatos társadalmi normák érvényesülni tudjanak. A fogyasztói társadalom keretei között az Egyesült Királyságban és Magyarországon - és számos más, ilyen részletességgel nem vizsgált országban - „az alkalmazkodás előnytelen mintái” alakultak ki. A természet további várható változásaihoz való alkalmazkodásra akkor van lehetőség, ha kialakulnak és megerősödnek azok az új társadalmi normák, és az ezeken a normákon alapuló új társadalmi és új gazdasági feltételek, amelyek között az eddig feloldhatatlan ellentmondások feloldhatóvá válnak.

Kutatásaink alapján több, a jövő szempontjából fontos kérdésre nem tudjuk megadni a választ. Nem tudjuk meg, hogy

- a társadalmi normák közötti küzdelem milyen társadalmi konfliktusokat vált ki, és hogy ennek a küzdelemnek mi lesz az eredménye;
- a társadalmi normák közötti küzdelemben milyen szerepet töltenek be a természet további változásai és a rendkívüli időjárási jelenségek;
- a rendkívüli időjárási jelenségek számának növekedése milyen zavarokat okoz a társadalom életében, és ezek hogyan változtatják meg a társadalmak biztonságát;



- mennyi időt hagy a természet számunkra, hogy a társadalmi normákat a természet törvényeinek figyelembe vételével alakítsuk ki;
- az ökotudatos társadalmi normák esetleges széleskörű elfogadása esetén milyen új társadalmi, gazdasági és politikai feltételek alakulnak ki.

Több éves kutatásaink alapján azt a hipotézist fogalmazzuk meg, hogy a társadalmak hosszútávú megmaradást lehetővé tevő új társadalmi normák helyi szinten, a helyi közösségek részvételével alakulhatnak ki. Ezek a normák akkor erősödhetnek meg, ha nemcsak a természettel való kapcsolatra adnak új, és az eddigieknél jobb választ, hanem az emberi élet alapvető kérdéseire is. "A normák... gyenge lábakon állnak, ha nem támasztja őket alá az a meggyőződés, hogy ezek a normák valamilyen értékekből következnek. Az értékek támaszai pedig az emberi élet végső vagy egzisztenciális kérdéseire adott válaszok. A vallások ezekre a végső vagy egzisztenciális kérdésekre kínálnak válaszokat. Ezért ahhoz, hogy az ember az őt körülvevő világban tájékozódni tudjon, valamilyen vallási jellegű elképzelésekre, világképre van szüksége."⁷

Az éghajlatváltozás jelensége így túlmutat a természet és a társadalom közötti harmonikus kapcsolat kialakításáért folytatott erőfeszítéseken, mert egy olyan új értékrend kialakulását eredményezheti, amelyre alapozva olyan új társadalmi, gazdasági és politikai feltételek alakulhatnak ki, amelyek folytán a jelenleginél harmonikusabb emberi és társadalmi kapcsolatok kialakítása is lehetővé válhat.

Irodalomjegyzék

- Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX) IPCC, 2011
- Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX) IPCC, 2011.8.
- Láng István (2005): Klímaváltozás és várható hatásai „AGRO-21” Füzetek 41. szám 3-6. p.
- Betsill, M.M. and Bulkeley, H. (2004): Cities and the Multilevel Governance of Global Climate Change. *Global Governance*, 12: 141–159.
- Bulkeley, H. and Kern, K. (2006): Local Government and the Government of Climate Change in Germany and the UK. *Urban Studies*, 43: 2237–2259. p.
- Antal Z. László (2008): Éghajlatváltozás és a tudományos forradalom szükségessége – Klímabarát települések és közlekedés az Egyesült Királyságban. Klímabarát települések.

⁷ Andorka Rudolf (2001): Bevezetés a szociológiába, 551.o., Budapest, Osiris Kiadó



Elmélet és gyakorlat. Budapest, Pallas Kiadó. In: 36-80. p.

Kasser, Tim (2009): Az értékrend megváltoztatásával válaszoljunk az éghajlatváltozásra! In: A világ helyzete. Föld Napja Alapítvány, Budapest. 154- 157. p.

Lányi András (2010): "Az ember fáj a földnek" (Utak az ökofilozófiához) L'Harmattan, Budapest

Zsolnai László (2008): Frugality: Rebalancing Material and Spiritual Values in Economic Life. Peter Lang Academic Publishers, Oxford.

Andorka Rudolf (2001): Bevezetés a szociológiába, 551.o., Budapest, Osiris Kiadó



Negative impact of climate change on the distribution of some conifers

Ákos Bede-Fazekas

Corvinus University of Budapest, Faculty of Landscape Architecture, Department of Garden and Open Space Design

Abstract

A climate envelope model was run on the distribution of four coniferous species (European silver fir, European larch, Norway spruce, and Swiss pine). The model was supported by EUFORGEN area database, ArcGIS 10 and PAST software, and REMO climate model. Prediction periods were 2011-40 and 2041-70.

Keywords: *climate envelope model, future distribution, climate change, European silver fir, European larch, Norway spruce, Swiss pine*

Tartalmi kivonat

Éghajlatburkológörbe-modellt futtattunk négy fenyőfaj (közönséges jegenyefenyő, európai vörösfenyő, közönséges luc és havasi cirbolya) elterjedési területére ArcGIS 10 és PAST szoftverek segítségével, EUFORGEN area-adatbázis és REMO klímamodell felhasználásával a 2011-40 és 2041-70-es időszakokra.

Kulcsszavak: *klímamodellezés, jövőbeli eloszlás, éghajlatváltozás, európai vörösfenyő, lucfenyő, svájci fenyő*

Introduction

Regional climate models have good temporal and horizontal resolution and are reliable enough for creating climate envelope model (CEM; also known as niche-based model or correlative model) based on the current distribution of tree species. This method is about predicting responses of species to climate change by drawing an envelope around the domain of climatic variables where the given species has been recently found and then identifying areas predicted to fall within that domain



under future scenarios^{1,2}. We aimed to create multi-layered distribution maps with GIS³ software to display the predicted retraction and shift of the potential distribution of four coniferous European species live in highlands. These maps can have importance not only in botany, forestry, and landscape architecture, but in visualization of the effects of climate change also for non-professionals⁴. The studied species were European silver fir (*Abies alba* Mill.), European larch (*Larix decidua* Mill.), Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.), and Swiss pine (*Pinus cembra* L.).

Materials and methods

Climatic data

The climatic data were obtained from the REMO regional climate model (RCM); which has a grid had with 25 km horizontal resolution. The model REMO is based on the ECHAM5 global climate model and the IPCC SRES A1B scenario. This scenario assumes a future world with a very rapid economic growth, a global population that peaks in the mid-century and quick introduction of efficient technologies⁵. The reference period was 1961-90, the two future periods of modeling were 2011-40 and 2041-70. Although entire Europe is within the domain of REMO, only a part of the grid (25724 of the 32300 points; *Fig. 1*) was used in this research. 36 climatic variables were gained from the climate model: monthly mean temperatures (T, °C), monthly minimum temperatures (M, °C), and monthly precipitation sums (P, mm). All the climatic data were averaged in the three periods.

Opinions differ if climatic variables are by themselves sufficient or even the most important factors for explaining the real distribution of species⁶. In case of determining the potential distribution of plant species edaphic characteristics found

¹ Ibáñez, I., Clark, J.S., Dietze, M.C., Feeley, K., Hersh, M., Ladeau, S., McBride, A., Welch, N.E., Wolosin, M.S., 2006: Predicting Biodiversity Change: Outside the Climate Envelope, beyond the Species-Area Curve. *Ecology*. 87(8), 1896-1906.

² Hijmans, R.J., Graham, C.H., 2006: The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global Change Biology*. 12, 2272-2281.

³ Geographic Information System

⁴ Czinkóczy, A., Bede-Fazekas, Á., 2012: Visualization of the climate change with the shift of the so called Moesz-line. In: Buhmann, E., Ervin, S., Pietsch, M. (eds.): Peer Reviewed Proceedings of Digital Landscape Architecture 2012 at Anhalt University of Applied Sciences. Herbert Wichmann Verlag, Berlin, Germany.

⁵ Nakicenovic, N., Swart, R. (eds.), 2000: Emissions Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

⁶ Dormann, C.F., 2007: Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and Applied Ecology* 8, 387-397.



within their current distribution area seem to be the only parameters that may be as important as climatic factors are.

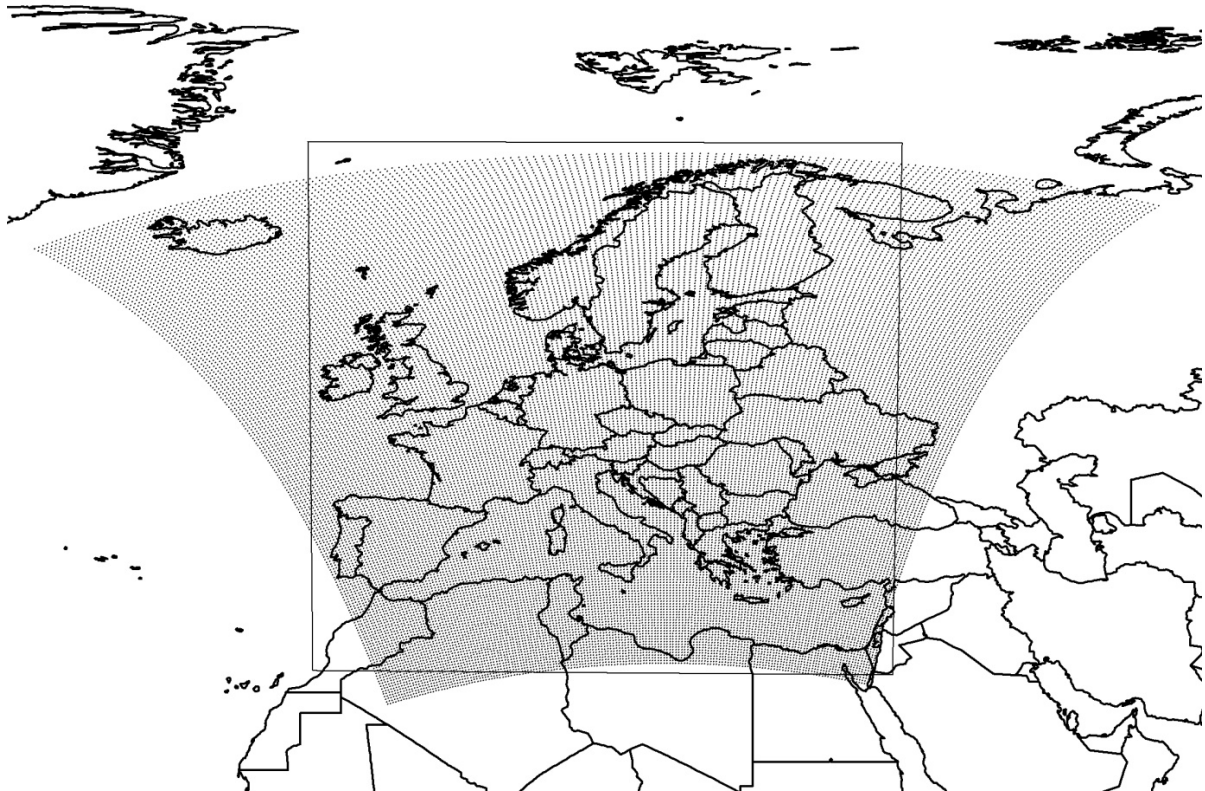


Figure 1.: The domain of climate model REMO and its part used in the study. The map was created with ESRI ArcGIS 10 by the author.

Distribution maps

The current continuous distribution map of the species was derived from the EUFORGEN digital distribution database⁷, while the discrete (fragmented) observations were ignored. The distributions from 2008 were bound to the reference period. This difference may not cause any problem since the studied conifers have long life cycle and can slowly adapt to the changing climate.

Modeling method

ESRI ArcGIS 10 software was used for preparing climatic data, running the model, and displaying the model results. Climatic data were managed and the expressions for modeling were prepared with the assistance of Microsoft Excel 2010

⁷ EUFORGEN, 2008: Distribution maps. Bioversity International, Rome, Italy. Online: www.euforgen.org/distribution_maps.html. Last accessed: 2013.01.01.



program. The model calibration was assisted by PAST statistic analyzer software⁸ by creating the cumulative distribution function of the climatic parameters, and getting the percentile values of the parameters.

The calibration of the model was achieved by iterative error evaluation. The model was run iteratively to determine the optimal amount of percentiles to be left from the climatic values. Cumulative distribution functions were calculated by PAST for all climatic parameters. Then 0 to 14 percentiles has been left from the lower values of a certain type of climate parameters (e.g. 12 monthly minimum temperatures), while the maximum values were fixed and also the other 24 climatic parameters were fixed at the extreme values. In case of a certain species 90 error evaluations were done. Two types of error values were calculated: false negative and false positive errors. Then they were summarized. The increasing accumulated error function determined the appropriate number of percentiles to be left: the greatest number of percentiles was chosen that produces no more than 100% summarized error. This selected limit is subjective and means that the area of the model result is the double of the observed distribution in case of no false negative error.

After the model calibration all the climatic data were refined by Inverse Distance Weighted interpolation method. Then the modeling steps, in case of a certain species, were as follows:

1. the grid points within the distribution were queried (a few hundred × 36 data; ArcGIS);
2. the percentile points of the 36 climatic parameters (101×36 data, PAST) were calculated;
3. the appropriate percentiles of the climatic parameters determined by the calibration were selected (2×36 data, Excel);
4. modeling phrases (3 strings, Excel) were created by string functions for the three modeling periods;
5. those territories were selected where all the climatic values of the certain period were between the extremes selected in step 3. (ArcGIS – Raster Calculator function);
6. the positive raster results were transformed to ESRI shapefile format (polygons).

⁸ Hammer, Ř., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001: PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1), 9.



The order of the four layers (one observed and three modeled distributions) determines whether the result maps are able to display the northward expansion, or the retreat from the current distribution (trailing edge). The latter was studied in this research.

Results and discussion

Model calibration

Based on the iterative modeling the optimal number of percentiles to be left was determined in case of the four species, and two extremes of the three types of climate variables (*Table 1*).

Species	min(T)	max(T)	min(M)	max(M)	min(P)	max(P)
<i>Abies alba</i>	6	4	7	5	3	5
<i>Larix decidua</i>	7	4	8	5	3	5
<i>Picea abies</i>	3	4	4	4	3	5
<i>Pinus cembra</i>	7	5	5	5	4	5

Table 1.: The result of model calibration: the number of percentiles to be left over in case of certain extrema (min: minimum, max: maximum) of a certain climatic parameter set (T: mean temperatures, M: minimum temperatures, P: precipitation sums)

Abies alba

The observed distribution (*Fig. 2*) of *A. alba* is focused on the Alps, the Carpathians, the Pyrenees, and in the Balkan Peninsula. Southern Germany and Southern Poland, and some discrete distribution segments in the Apennines are also included. The modeled potential distribution for the reference period is much larger. The climate of Southern Sweden, Southern Germany, Poland, and western part of Ukraine, Belorussia, Lithuania and Latvia seems to be suitable for the species. Distribution segments in Italy, Switzerland and Austria were, however, not displayed by the model. Retraction of the potential distribution is predicted to occur in Germany, Bohemia, and Poland, while the Pyrenees, the Eastern Alps, and the Carpathians seem to remain suitable in climatic terms.

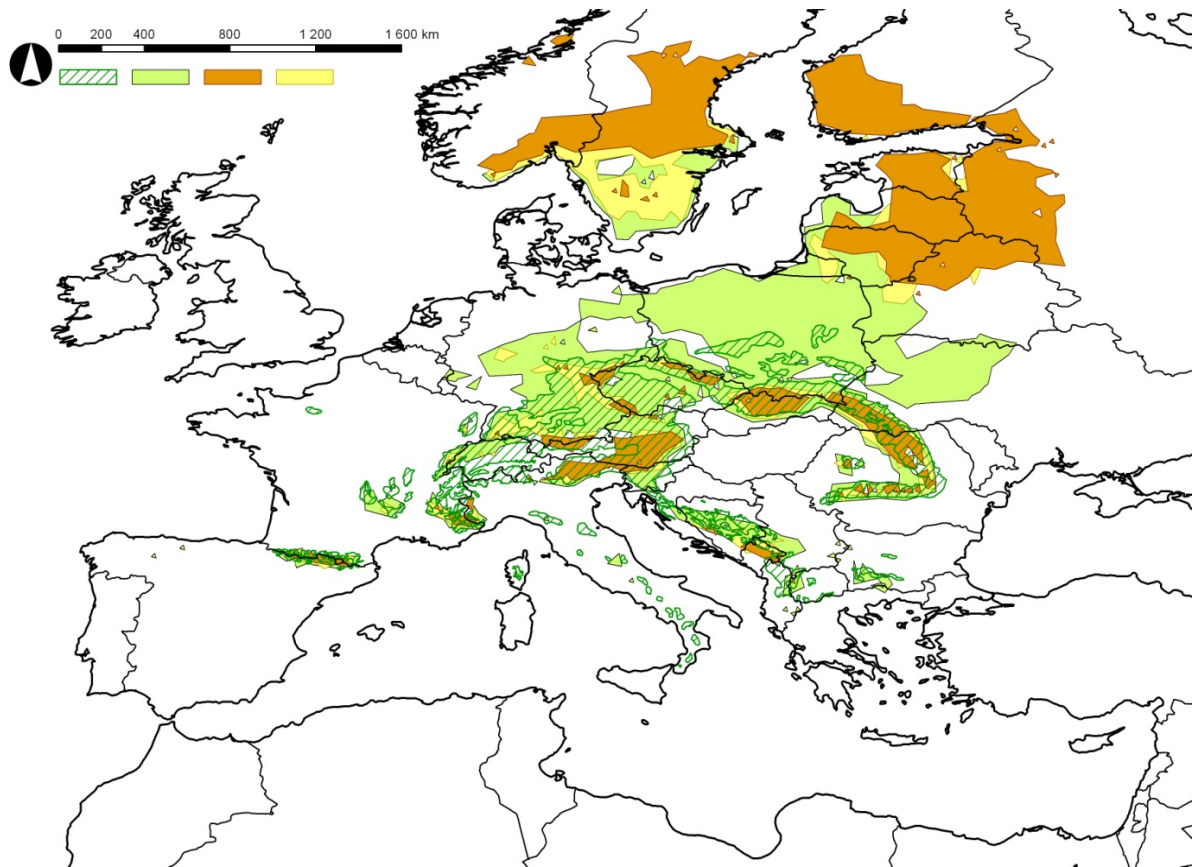


Figure 2.: Current distribution (dark green hatch), modeled potential distribution in the reference period (light green), and modeled potential distribution in the period of 2011-2040 (orange) and 2041-2070 (yellow) of European silver fir (*Abies alba*). The map was created with ESRI ArcGIS 10 by the author.

Larix decidua

The observed distribution (*Fig. 3*) of European larch is focused on the Alps and the Carpathians. Almost the entire distribution was proved by the model excluding some Romanian and French distribution segments. The model suggests that the climate of the Pyrenees and some territories in France, Germany, Bohemia, Poland and Sweden is suitable for the studied species. Remarkable retraction is predicted in the Northern Alps and also in the Carpathians. In the Northern Carpathians the modeled retraction shows similarities to the shift of the phytogeographical line of the region (Moesz-line)⁹.

⁹ Bede-Fazekas, Á., 2012b: Methods of modeling the future shift of the so called Moesz-line. Applied Ecology and Environmental Research 10(2), 141-156.

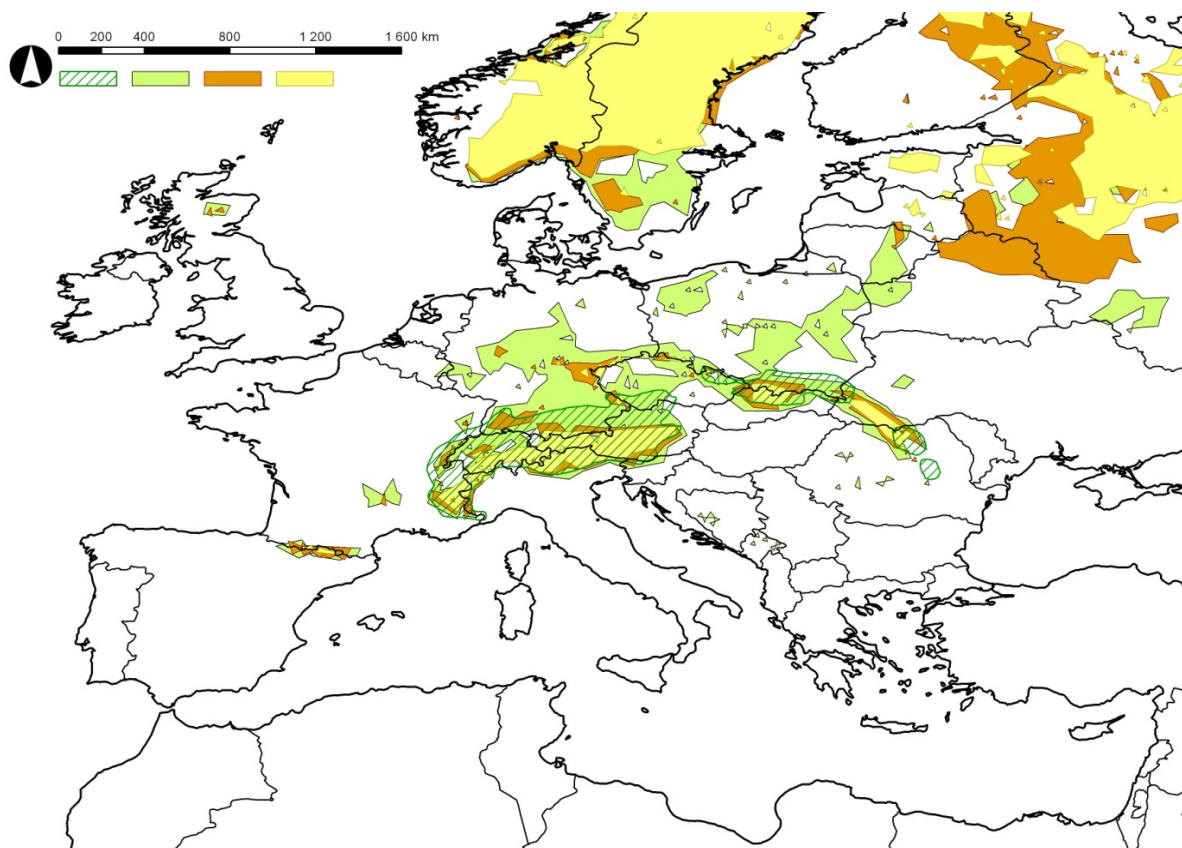


Figure 3.: Current distribution (dark green hatch), modeled potential distribution in the reference period (light green), and modeled potential distribution in the period of 2011-2040 (orange) and 2041-2070 (yellow) of European larch (*Larix decidua*). The map was created with ESRI ArcGIS 10 by the author.

Picea abies

In contrary to the other three studied species Norway spruce has a large observed distribution that includes both highlands and lowlands. Since the model was calibrated to learn the climatic values bound to the entire distribution, the results are not reliable enough to use them as prediction of the future retraction from the highland distribution segments. Therefore detailed review of the model results (Fig. 4) is to be omitted.

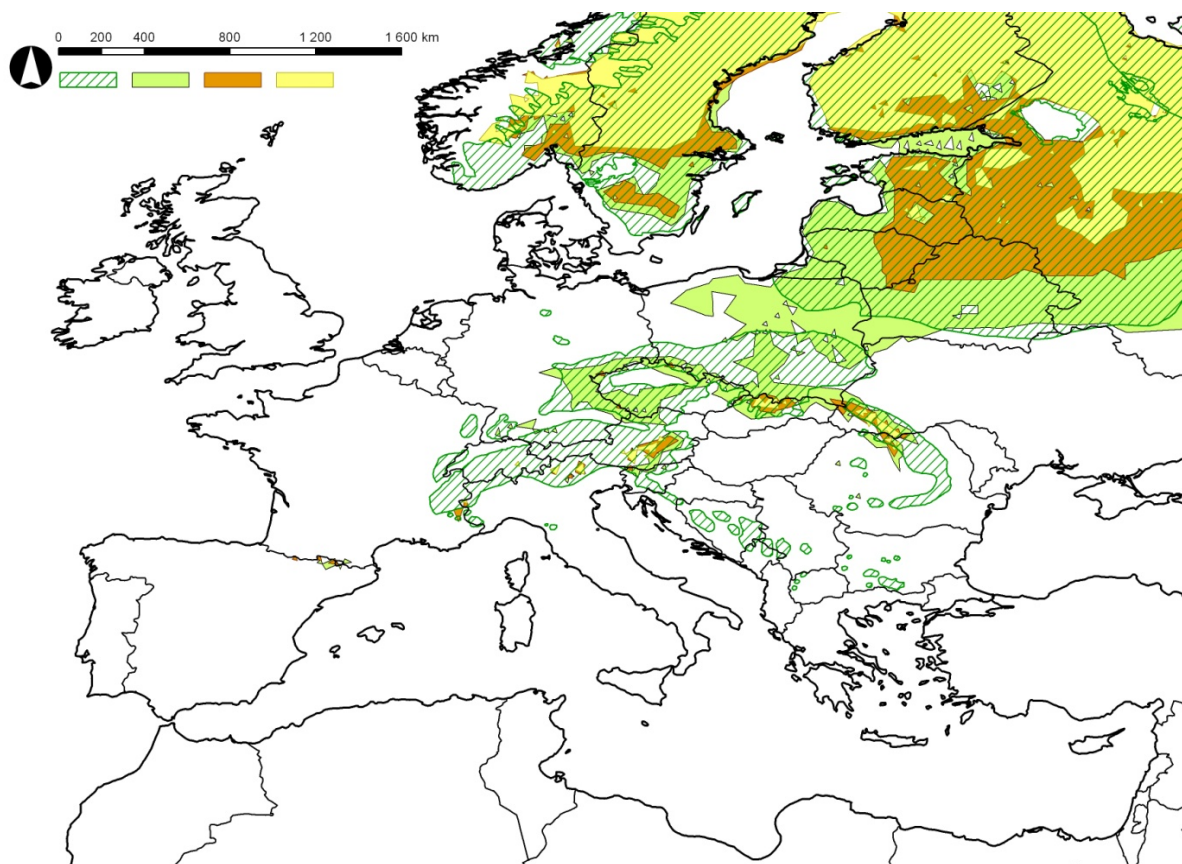


Figure 4.: Current distribution (dark green hatch), modeled potential distribution in the reference period (light green), and modeled potential distribution in the period of 2011-2040 (orange) and 2041-2070 (yellow) of Norway spruce (*Picea abies*). The map was created with ESRI ArcGIS 10 by the author.

Pinus cembra

The distribution (*Fig. 5*) of Swiss pine is focused on the Alps, and the Eastern and Southern Carpathians. One distribution fragment can be found in the Northern Carpathians. The modeled potential distribution for the reference period is similar to the observed one. Remarkable difference can be seen in the Northern Carpathians and in France. Scandinavian territories were also modeled to be suitable for the species in climatic terms. Retraction is predicted to occur in the Southern Carpathians. We should mention that the impact of climate change on the distribution of Swiss pine can be studied not only for the future but also for the past^{10,11}.

¹⁰ Höhn, M., Gugerli, F., Abran, P., Bisztray, G., Buonamici, A., Cseke, K., Hufnagel, L., Quintela-Sabaris, C., Sebastiani, F., Vendramin, G.G., 2009: Variation in the chloroplast DNA of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) reflects contrasting post-glacial history of populations from the Carpathians and the Alps. *Journal of Biogeography* 36(9), 1798-1806.

¹¹ Höhn, M., Hufnagel, L., Cseke, K., Vendramin, G.G., 2010: Current range characteristics of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) along the Carpathians revealed by chloroplast SSR markers. *Acta Biologica Hungarica* 61(Suppl. 7), 61-67.

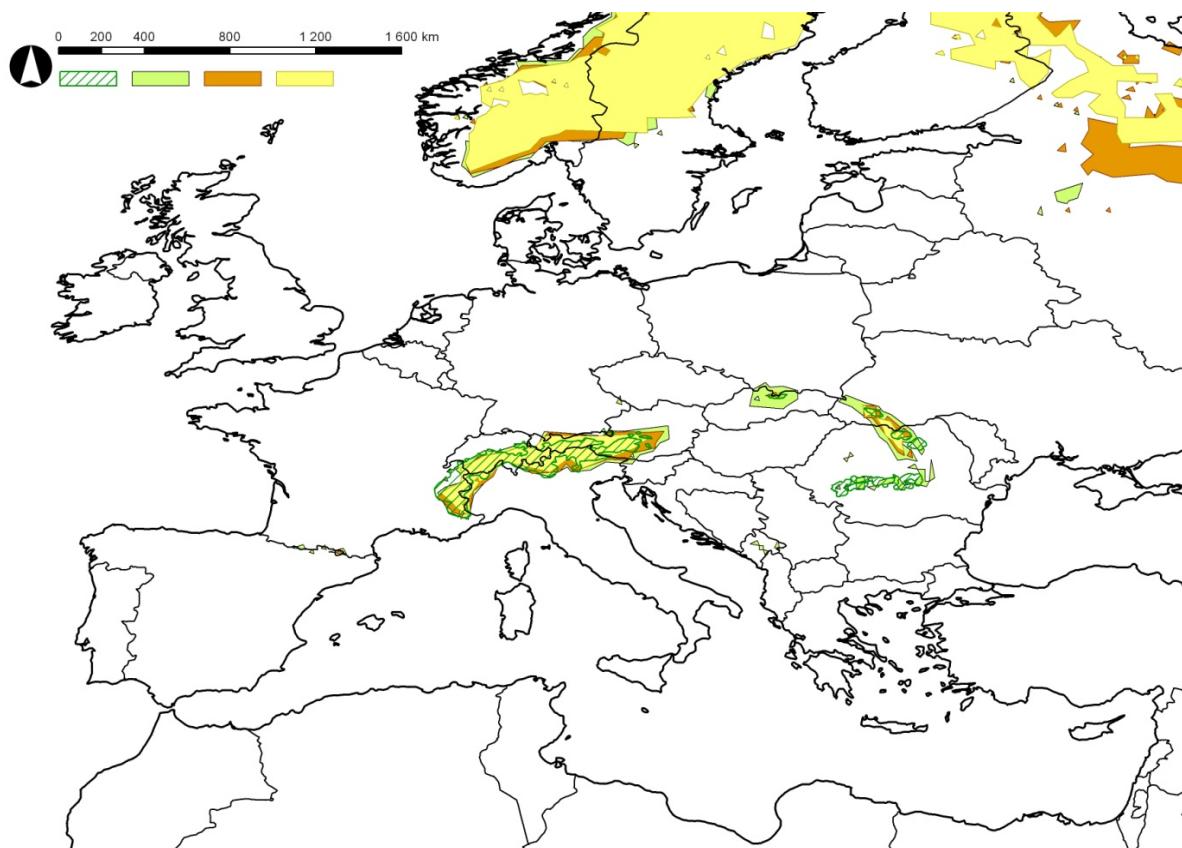


Figure 5.: Current distribution (dark green hatch), modeled potential distribution in the reference period (light green), and modeled potential distribution in the period of 2011-2040 (orange) and 2041-2070 (yellow) of Swiss pine (*Pinus cembra*). The map was created with ESRI ArcGIS 10 by the author.

Conclusion

For the far future period the model results show that the Carpathian distribution segment of *Abies alba* may remain suitable. Also the Pyrenees may provide suitable climatic environment. In the Western Alps significant retraction is, however, predicted. In case of *Larix decidua* the northern part of the current distribution is predicted to retreat. The model of *Picea abies* is not evaluated since the input data were misleading. *Pinus cembra* is predicted to remain in the Alps but the distribution segments in the Southern Carpathians seems to become abandoned.

Acknowledgement

Special thanks to Levente Hufnagel and Levente Horváth (Corvinus University of Budapest, Department of Mathematics and Informatics) for their assistance. The research was supported by Project TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005. The



ENSEMBLES data used in this work was funded by the EU FP6 Integrated Project ENSEMBLES (Contract number 505539) whose support is gratefully acknowledged.

References

- Bede-Fazekas, Á., 2012b: Methods of modeling the future shift of the so called Moesz-line. *Applied Ecology and Environmental Research* 10(2), 141-156.
- Czinkóczy, A., Bede-Fazekas, Á., 2012: Visualization of the climate change with the shift of the so called Moesz-line. In: Buhmann, E., Ervin, S., Pietsch, M. (eds.): *Peer Reviewed Proceedings of Digital Landscape Architecture 2012 at Anhalt University of Applied Sciences*. Herbert Wichmann Verlag, Berlin, Germany.
- Dormann, C.F., 2007: Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and Applied Ecology* 8, 387-397.
- EUFORGEN, 2008: Distribution maps. Bioersivity International, Rome, Italy. Online: www.euforgen.org/distribution_maps.html. Last accessed: 2013.01.01.
- Hammer, Ř., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001: PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1), 9.
- Hijmans, R.J., Graham, C.H., 2006: The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global Change Biology*. 12, 2272-2281.
- Höhn, M., Gugerli, F., Abran, P., Bisztray, G., Buonamici, A., Cseke, K., Hufnagel, L., Quintela-Sabaris, C., Sebastiani, F., Vendramin, G.G., 2009: Variation in the chloroplast DNA of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) reflects contrasting post-glacial history of populations from the Carpathians and the Alps. *Journal of Biogeography* 36(9), 1798-1806.
- Höhn, M., Hufnagel, L., Cseke, K., Vendramin, G.G., 2010: Current range characteristics of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) along the Carpathians revealed by chloroplast SSR markers. *Acta Biologica Hungarica* 61(Suppl. 7), 61-67.
- Ibáñez, I., Clark, J.S., Dietze, M.C., Feeley, K., Hersh, M., Ladeau, S., McBride, A., Welch, N.E., Wolosin, M.S., 2006: Predicting Biodiversity Change: Outside the Climate Envelope, beyond the Species-Area Curve. *Ecology*. 87(8), 1896-1906.
- Nakicenovic, N., Swart, R. (eds.), 2000: *Emissions Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.



The role of the green architecture in the adaptation to the climate change

Olah, Andras Bela

Corvinus University of Budapest

Abstract

The global climate change became such a great problem that only mitigation is not a possible way to handle it, adaptation is unavoidable.

It is well-known that the buildings have a leading role, besides the transportation, in greenhouse gas emission and on this way in the global climate change. Furthermore buildings are the primarily environment of people, so that negative climatic changes and effects can be basically modified and reduced by this medium.

The key word in this case is energy. Buildings need energy to be able to provide ideal environmental circumstances for the inhabitants. So, if there is possible to provide this ideal environment inside buildings with momentonously (in many orders of magnitude) smaller energy, then on the one hand the global pollution can be decreased significantly, on the other hand the negative climate effects can be reduced with radically smaller energy demand.

The purpose of this study is collecting those building tools and methods, which provide this energy demand lowering, furthermore reviewing those energy sources, which can be considered sustainable and can be a viable solution for supporting the lowered energy demands in case of these buildings.

It is very important to note that these building tools and methods have further advantages, basically they providing additional green surfaces and on this way they can increase biological activity and diversity among artificial circumstances (in settlements). Moreover additional green surfaces requires and provides at the same time advanced water retaining ability on the surface (facades and roofs) on the buildings. The momentous water contain remarkably reduce the climatic extremities due to the momentously increased heat capatitance.

Keywords: *climate change, buildings, energy, green surfaces*



Tartalmi kivonat

A globális klímaváltozás napjainkra már oly nagy problémát jelent, hogy a csökkentés mellett az alkalmazkodás is elkerülhetetlenné vált.

Köztudott, hogy a közlekedés mellett az épületek a felelősök jórészt az üvegházhatású gázok kibocsátásáért és ily módon a globális klímaváltozásért. Továbbá az épületek az emberek elsődleges környezetét jelentik, vagyis a negatív klimatikus hatások elsősorban ezen a közvetlen környezeten keresztül hatnak.

A kulcskérdés az energia. Az épületeknek energiára van szükségük, hogy ideális környezetet biztosíthassanak a lakóknak. Amennyiben lehetséges ezt az ideális környezetet a jelenleginél nagyságrendekkel kevesebb energiával biztosítani, úgy egyrészt a globális szennyezés csökkenthető jelentősen, másrészt a negatív környezeti hatások is jóval kevesebb energiával lesznek kiküszöbölhetőek.

Ennek a tanulmánynak a célja összegyűjteni azon építési módszereket és eszközöket, melyek lehetővé teszik az ilyen energiacsökkentést, továbbá áttekinteni azon energiaforrásokat, melyek fenntarthatónak tekinthetők és ténylegesen képesek az ilyen épületek jelentősen csökkentett energiaigényét ellátni.

Fontos megjegyezni, hogy ezen építészeti eszközöknek és eljárásoknak másik előnye, hogy további zöldfelületeket biztosítanak és így növelik a biológiai aktivitást és a biodiverzitást a mesterségesen kialakított területeken (településeken). Továbbá ezen zöldfelületek megkínávják és biztosítják is egyúttal a megnövelt csapadékvíz visszatartást az épületek felszínén. A jelentős víztartalom számottevően képes csökkenteni az időjárási szélsőségeket a jelentősen megnövekedett hőkapacitásnak köszönhetően.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, épületek, energia, zöld felületek

Introduction

Nowadays there exist many scenarios for the Global Climate Change.¹ There can be found among them both best (the smallest change) and worst cases and the probability of their occurrence is mainly determined by the polluting and greenhouse gas emission by the human population of the Earth in the following decades.

¹ Péczely, György (1979): *Éghajlattan*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 1979



Nevertheless, there are a few common elements of these scenarios. These are those factors, which must be taken into account in every case, and which can already be recognized in the last decade in Hungary and on the whole planet. The most important such a common factor is the increasing of the occurrence of the intensity and the length of the temperature extremities. This means especially the more frequent occurrence of summer heat waves. The other such factor is the changing of the rate, intensity and distribution of precipitation. According to different scenarios the rate in Hungary will be lower, excepting the worst case, the greatest average temperature rising, when a little growth can be detected according to the simulations.² It can be surely declared that the extremities in the distribution and the intensity of the precipitation will be more frequent. The increasing of the global average temperature will be only a few °C, which can not be changed by architecture, and from the point of view of human comfort feeling not this must be handled, but its resultates, the meteorological extremities. They can be quite good controlled and their effects can be quite good reduced in architectural spaces by architectural tools.

To be able to use the good and appropriate architectural tools and methods it is unavoidable to traverse the energy balance of buildings to be able to make those proposals, which can really provide the architectural solutions for effective decreasing of energy usage and reducing climatic and meteorological extremities. Another challenge besides the effective reduce of energy consumption of buildings is the providing the energy demands from renewable energy sources. This challenge is simplified by the reducing of the specific energy consumption, furthermore the fact that the buildings are unmoving, well localized further simplifies the problem; there must not be solved such a problems, which occur by vehicles.

The energy balance of buildings, the traditional tools and methods for reducing the energy consumption

It is worth to separate the energy consumption of buildings into two groups. One of them is the energy, which is necessary for the conditioning of the architectural

² IPCC-SREX, 2012: Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.



space. These are typically the energy consumption of heating and cooling devices. Those energy consumers belongs to the other group, which provides the other function of a habitat, typically lighting, water heating, kitchen tools and everyday other tools.

In this second case the reducing of the energy consumption is much simpler, because in this case those small energy consumers can be mentioned (from the water heating devices, through the wash machines to the phone chargers) which can be very simply changed and their lifetime is usually in many orders of magnitude shorter than the building itself. Thus, in this case the reducing of the energy consumption is determined only by the innovation of the manufacturers of these tools and devices. In some certain cases this energy consumption can be absolutely eliminated, which means that some tools absolutely do not need energy from the energy providing (electric) network (i.e. notebooks and calculators with solar panels, Gravia lamp³ etc.)

The energy consumption of cooling and heating devices and the energy consumption of elevators and escalators by greater buildings can be reduced only through remarkable reconstruction of the given building. Naturally, in case of a new building, these tools and methods can be simply used by the building process, it is the decision and responsibility of the constructors. In case of elevators and escalators the energy consumption can be momentarily reduced by the usage of energy regaining systems, which works similarly to the electromagnetic brakes of electric cars, which product electric energy during the braking. In this case during the downcome of the escalators and elevators can be regained the greater part of the energy with the help of an effective electric energy storage system (ultracapacitors⁴).⁵

Thus, the real great challenge is the momentous reducing of the energy consumption of cooling and heating devices. The traditional and recently world-wide used method of decreasing this kind of energy consumption is the increasing of the heat insulation ability of the building surfaces (increasing heat insulation ability in this case means the decreasing of the heat conduction ability). This is very effective,

³ <http://inhabitat.com/gravia-gravity-based-kinetic-energy-lamp/>

⁴ Olah A. B. (2011): Radically decreasing energy consumption of buildings by using the potential attribute of the gravity field. 5th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU). National University of Singapore, Szingapúr, Feb. 24-26. 2011.

⁵ B. E. Conway (1999) (in German), *Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications*, Berlin: Springer, pp. 1–8, [ISBN 0306457369](https://doi.org/10.1007/978-3-642-57369-9)



especially in case of passive houses,⁶ where the walls can contain an extremely thick (even 30 cm) additional heat insulation layer, the doors and windows are multilayered and air-proof and the airing happens through heat exchangers. These tools together can reduce the heating and cooling energy consumption even with about 80-90 %.

Only decreasing heat conduction ability is not adequate, although it is a very effective solution, but can not play such a role in the reducing the effects of climatic and meteorological extremities, like the increasing of the heat capacity as it will be detailed in the following.

Energy consumption decreasing with green surfaces

Besides the traditional method of increasing heat insulation there appeared in the last decades the covering of the outer surfaces of buildings with vegetation. This eventuated in many cases the unexplainable decreasing of the energy consumption especially in summer.

The original reason of equipping building surfaces with vegetation was not the increasing of the heat insulation ability, but the increasing of the urban green surfaces, moreover creating aestetical and recreational green areas on bulidings. The antecedent and tradition of this can be traced back for many thousand years (hanging gardens of Semiramis). Despite this, till the second half of the XX. Century the water insulation technology of flat-roofed buildings did not provide the usage of rooftop gardens. In the Ancient Age the insulation of the so called Semiramis hanging gardens was solved by usage of bitumen, which was gained from a few natural bitumen resources. Furthermore, according to the archeologic researches by these hanging gardens was used the arch in the very first time. Later the usage of it was spred from here towards the western people (romans).

From the second half of the XX. Century the usage of green roofs rapidly started to spread, especially in extremely urbanized areas, mostly on the North-Atlantic coasts, later in Central-Europe and in East-Asia. In these areas there can be found many types of green roofs, the differences between them can be mainly featured by the thickness of the soil layer and the quality of the vegetation. In case of thick soil layer, there can even be planted trees on the green roof and it can be used as a real garden, only the wind protection must be additionally solved. In case of thin

⁶ Gröndahl, Mika & Gates, Guilbert (2010): [The Secrets of a Passive House](#), [The New York Times](#) website, September 25, 2010. Retrieved September 27, 2010.



soil layer, there can be planted only herbaceous vegetation, or occasionally subshrubs. The usage of these are strictly limited, they can only increase the rate of the urban green surface, and provide an aesthetic view for those, who can take a look onto the given roof.

Central-Europe has the most arid climate among the previously mentioned regions. In the North-Atlantic and East-Asian coastal regions the rate of the precipitation is much higher and its distribution is much square (oceanic). The only exception is Portugese (where the mediterranean hot arid summer is typical). Because of this specific feature the standardization of green roofs in Central-Europe is different. Here the green roofs are separated into two groups, the extensive and intensive green roofs. The main difference between them that the intensive green roofs are irrigated, while the extensive ones are not watered. In Central-Europe the continous vegetation can be provided in the extensive case only with succulents, which can bear even the absolutely arid circumstances.

In case of all kind of green roofs there exist such an additional benefit, which became one of the most important features of the extensive green roof and this is its the positive effect on the heat balance of the given building. This means not simply increased hat insulation ability, although the soil layer and the air layer provided by the dörken membrane under it have serious heat isolation ability. Unfortunately this additional heat isolation ability can not be given quantitatively, because their changing water content. As it can be seen in the following, this can have advantages among certain climate circumstances on the heat balance and the conditioning energy consumption of the given building.

The connection between the usage of green surfaces, the water retaining and the reducing of the meteorological extremities

The greater is the water content of the soil layer of a green roof, the worse is its heat insulation ability. At the same time, the greater is this water content, the greater is the heat capacity of the same green roof, thanks to the especially high specific heat of the water.

Nowadays there used to be considered only the increasing of the heat insulation ability as a viable way of improving the heat balance of the buildings. The reasons of this are mainly historical, the discipline of the building physics was mainly developed in the northern, western and central part of Europe. In these countries the



summer heat was never problem till the recent years, furthermore the winters were cold for a long period (months/half a year) continuously. This made necessary the continuous heating of the buildings. Among such circumstances the primary consideration is the increasing of heat insulation ability to be able to minimize the heat loss and on this way the energy consumption of heating. This is the same case especially in Northern-Europe and in the Arctic zones, because here the winter period is much longer and the summer heat is not a problem at all.

Paradoxically, in the tropical equatorial zones, where the temperature is always higher (even at night), than the desirable room temperature, the increasing of the heat insulation ability is the good solution again, but in this case it effects the reducing of the cooling energy consumption. Here must be noted that before the invention of the air conditioner devices there was not other possibility for cooling, but the moving of the air and the usage of the cooling effect of the air flow. This can be happened with blowing-machines (run by electric or human power) or such special buiding constructions, which used the air flow between different temperature surfaces (the inner yards of the Alhambra), or the usage of the natural air flow (the wind tower of Yazd) or the chimney effect (chinese pagodas).

Between the tropical equatorial zone and the temperate climate regions, from the Mediterranean to the savannas, there are those climate zones where the heat capacitance of the buildings plays at least as big role as the heat insulation ability. Mostly by the Tropic of the Cancer and the Capricorn in the desert zones the yearly temperature fluctuation is negligible, but the daily fluctuation is extremely great and this must be reduced. In this case, if the heat capacity of the given building is big enough, then the heat insulation ability is irrelevant, because of the great heat capacity the building has not enough time to cool down at night and has not enough time to warm up by day. Furthermore, if the airing happens in that interval, when the outer temperature is exactly the desirable room temperature, then there is absolutely no need practically for heating or cooling.

This all can seems to be negligible in our case, because Hungary is in the temperate zone, but even in our case the increased heat capacity can make practically unnecessary the cooling in 7-8 months per year. Furthermore, only in the winter period is necessary the continuous heating, and even in this season the increased heat capacity can reduce the extreme cold waves if they last only a few days or weeks. In the transition (spring, autumn) and in the summer periods there is



absolutely no need for cooling, because here can also be used the previously mentioned method, airing in those daily intervals, when the outer air temperature is exactly equals with the desired room temperature. This works even during the greatest summer heat waves, because even in this periods the daily minimum temperatures (at night) are not higher than 25 °C, so the airing in this night time effect that the inner temperature remain around this value during the whole day, because the building can not be warmed up significantly in one day.

Thus, in case of green roofs the great water contain results great heat capacity besides the increasing of the heat insulation ability. The increased heat capacity effects the total elimination of the daily temperature fluctuance, furthermore in case of hot summer days the evapotranspiration eventuates a momentous additional cooling effect, which makes the air conditioning absolutely negligible even during these hot summer periods. The water retaining ability of these green roofs makes possible the retaining of a great rate of precipitation, which rate can be even 100 % in case of thick soil layers.

These all result the maximizing of the heat capacity and the biological activity at the same time, besides the elimination of the effects of the meteorological extremities. An other important advantage that the latent heat of water is also extremely high, which means that the building structure under the green roof can be kept freezeless during the whole year among hungarian climatic circumstances. This effects the remarkable increasing of the lifetime of the given building.

Sustainable energy sources in the building energetics

As it was previously mentioned both the energy demand of the cooling and heating and the other kind of energy consumption can be decreased in a very high rate, but they can not be totally eliminated. To be able to make sustainable and carbon neutral buildings there must be traversed those energy sources, which can be considered sustainable, renewable and provide viable solution for energy maintenace for buildings.

It is worth to separate these energy source types into two groups. In the first group are those energy sources, which do not need energy network/public utility. The solar panels and solar collectors on buildings belong to this group, furthermore those geothermal power plants, which are integrated in single buildings. In Hungary this last type can provide the total energy demand of a building, thanks to the advantegous



geothermal situation. Nevertheless the usage of this in a dense network (every single house has its own power plant) is very problematic. On the one hand such a dense network would seriously damage the subterranean water storages and on the other hand, the efficiency would be much lower and the price would be much higher of such a solution than that, where one settlement has only one geothermal power plant and the energy is provided through a local (electric) energy network. The usage of the solar panels and the solar collectors on buildings is absolutely unbound. Because of the power of them is absolutely determined by cloudiness, furthermore because of the cloud covering is usually greater in winter in Hungary, when unluckily the energy consumption is greater, the solar devices can be only collateral solutions.

The other group of energy sources are those, which provides energy through a public utility/energy network as it is customary nowadays and only the source of the energy will be renewable. The great advantage of this is that these public utilities (high voltage electric networks, natural gas networks) already built in Hungary and in a great part of the Earth. In case of wind and solar farms it is evident that they are connected to high voltage electric network and on the absolute usual way provide the renewable energy to the consumers (to the buildings).

The utilization of biomass is that renewable energy source which can be really viable next to the geothermal energy in case of Hungary. In this case there must be mentioned the utilization of the biomass energy. The simplest way of this utilization is the traditional burning. In this case there is no need any public utility, the biomass itself must be delivered to every single building. The remarkable disadvantages of this is the low efficiency and the great rate of pollution (smoke and carbon deposit). An improved solution is the usage of wood gasification furnaces. Even in this case the public utilities are unnecessary, only the built in such a furnace, which efficiency is much higher. The biomass gasification in a central power plant can achieve great importance. The end product of this processing is a gas (which main component is hydrogen), which can be simply provided to the buildings through existing natural gas networks and the final usage of it can happen similarly to that of natural gas. Furthermore, there exist already such fuel cells, which can use up this gas to produce electric energy with a very high efficacy. This can happen in a central fuel cell power plant, or the fuel cells can be integrated at the buildings and receive gas from the gas network.



It can be awaited in the near future that the challenge of the intercontinental transportation of renewable energy will appear especially in case of North-Africa and Europe. There is a huge opportunity for creating solar energy utilization farms in North-Africa and the primary consumer of that energy would be Europe. In case of transportation it will be worth to using gas network instead of high voltage electric network because of the smaller energy loss. The gas can be hydrogen, which is absolutely clean and it can be produced from seawater through electrolysis.⁷

Summary

On the whole, the future of building construction can be imagined by the radical increase of their heat insulating ability and improving their heat balance, which means the radical increasing of their heat capacity. An other important item is the wide usage of energy regaining systems in case of building engineering devices. Moreover, it is indispensable the usage of clear, renewable energy sources for sake of carbon neutrality. Besides all of these, the great rated vegetation covering of buildings is also important. This would remarkably increase the lifetime of the buildings, the biological activity, furthermore increases the rate of water retaining and even it can maximize it, finally it reduces the impacts of climatic and meteorological extremities in the architectural spaces.

References

- B. E. Conway (1999) (in German): Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications, Berlin: Springer, pp. 1–8, [ISBN 0306457369](#)
- Gröndahl, Mika & Gates, Guilbert (2010): [The Secrets of a Passive House](#), [The New York Times](#) website, September 25, 2010. Retrieved September 27, 2010.
- IPCC, 2012: Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.

⁷ Olah A. B. (2011): Turning disadvantages into advantages. 5th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU). National University of Singapore, Szingapúr, Feb. 24-26. 2011.



Olah A. B. (2011): Radically decreasing energy consumption of buildings by using the potential attribute of the gravity field. 5th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU). National University of Singapore, Szingapúr, Feb. 24-26. 2011.

Olah A. B. (2011): Turning disadvantages into advantages. 5th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU). National University of Singapore, Szingapúr, Feb. 24-26. 2011.

Péczely, György (1979): Éghajlattan. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

Internet references

<http://inhabitat.com/gravia-gravity-based-kinetic-energy-lamp/>



Új vektoriális betegségek megjelenésének lehetősége, és a már őshonos betegségek jelentőségének növekedése a klímaváltozás következtében. A XXI. század egészségügyi és hadászati biztonságát fenyegető hazardok

Trájer Attila János¹, Bede-Fazekas Ákos², Bobvos János³, Páldy Anna³

¹ *Semmelweis Egyetem; Országos Környezetegészségügyi Intézet*

² *Budapesti CorvinusEgyetem, Tájépítészeti Kar*

³ *Országos Környezetegészségügyi Intézet*

Tartalmi kivonat

Az ízeltlábúak által terjesztett fertőző betegségek egyre emelkedő mértékben jelentenek majd veszélyt Európa mérsékelt övi lakosságának egészségi állapotára nézve. A klímaváltozás következtében meghosszabbodó vegetációs időszak, és az emelkedő átlaghőmérséklet a már jelen lévő betegség (Pl. Lyme), és számos, a lakosság számára új, meleg égövi betegség megtelepedését, vagy újra megjelenését okozhatja, mint amilyen például a leishmaniasis vagy a malária. A jövőben nem csak a civil lakosság egészségi állapotát, de a hadsereg személyi állományának egészségét és a hadműveletek biztonságát is veszélyeztethetik a vektoriális megbetegedések.

Kulcsszavak: *klímaváltozás, vektoriális megbetegedések, Lyme betegség, leishmaniasis, Nyugat-Níluszi láz*

Abstract

Emerging vectorial diseases threaten the population of the temperate areas of Europe. Due to climate change the increasing seasonal mean temperatures and the prolongation of the potential activity period of arthropod vectorial organisms will enhance the importance of the tick-borne diseases (eg. Lyme disease) and will facilitate the expansion of new or re-emerging vectorial diseases, such as



leishmaniasis or malaria. These serious vectorial diseases can cause notable hazard not only for citizens but for the personnels and may endanger the safety of the operations, too.

Keywords: *climate change, vectorial diseases, Lyme disease, leishmaniasis, West-Nile fever*

Zoonózisról beszélünk, ha közvetlenül a rezervoár (a fertőző ágenst fenntartó, magában hordozó) szervezet adja át a betegséget (Pl. Hanta-betegség, amit egy negatív szálú ssRNS-vírus okoz), vagy vektoriális betegségről, ha két élőlény között egy harmadik (többnyire ízeltlábú) viszi át a betegséget (pl. kiütéses tífusz, okozója: *Rickettsia prowazeki* nevű, Gram szerint nem festődő baktérium). A korábbi évszázadok során számos esetben több áldozatot szedtek az állatok közvetítette fertőző betegségek, mint maguk a harcászati műveletek. 1489-ben a katolikus spanyol seregek a mórok (arabok) által védett Granada városát ostromolták. Az ostrom alatt megjelent az ostromlók körében a ruhatetű (*Pediculus humanus*) által terjesztett kiütéses tífusz, ami 17 ezer emberükkel végzett, miközben a harcokban 3 ezer ember vesztette életét.¹

Szintén nevezetes példa a sárgaláz (okozója egy pozitív szálú ssRNS-vírus) esete a francia gyarmatosítókkal. A könnyen halálos tüdőbetegséget okozó vírust moszkítók terjesztik a meleg égövön. Eredetileg Afrikából hurcolták be a gyarmatosítók a rabszolgának bevitt fekete őslakosság révén Közép- és Dél-Amerikába. A vírus új hazára lelt a kontinensen. Az 1700-as évek vége felé a Karib-szigetek közé tartozó Hispaniola nyugati fele francia gyarmat volt, ahol fekete rabszolgákat dolgoztattak a jól jövedelmező cukornádültetvényeken. Az őslakosság a fekete kontinensen több ezer éven át élt együtt a betegséggel, emiatt kevésbé volt fogékony a betegségre, mint az európaiak.

¹ Blanco, J. R., & Oteo, J. A. (2006). Rickettsiosis in Europe. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1078(1), 26-33.



1.ábra: Francia expedíciós csapatok harca a fellázadt rabszolgák ellen Haitin, 1791-1804.

Forrás: <http://www.therightperspective.org/wp-content/uploads/2009/06/haitian-history.gif>. Letöltés: 2013-03-18.

1791-1804 között lázadás tört ki a szigeten. Mivel a kiváló hadvezér és államférfi *Bonaparte Napóleon* (Ajaccio, Korzika, 1769. augusztus 15. – Szent Ilona, 1821. május 5.) felismerte, hogy Franciaország számára nagy gazdasági potenciállal bír a távoli birtok, expedíciós hadsereget küldött 1801-ben a szigetre sógora, *Charles Leclerc* (Pontoise, 1772. március 17. – Saint-Domingue/Haiti, 1802. november 2.) tábornok vezetésével a lázadás leverésére. A jelentős haderő és a francia seregek technikai fölénye ellenére a felkelés győzött, és az egykori rabszolgák 1804. január 1-jén kikiáltották a terület függetlenségét Haiti néven (1. ábra). A szigeten addigra endémiássá vált sárgaláz a 35-45 ezer fős hadsereg mintegy 2/3-át terítette le, és maga a tábornok is sárgalázban halt meg.² 1804-ben Haiti kikiáltotta függetlenségét. Megjegyzendő, hogy szintén a franciákkal esett meg, hogy a Panama-csatorna létesítésének első (1880-1885) kísérletét is a sárgaláz akadályozta meg, 6 év alatt mintegy 20 ezer ember halt meg, főként trópusi betegségekben, különösen sárgalázban.

Az 1951-53-as koreai háború alatt az ENSZ hadseregében vérzésekkel járó járvány ütötte fel a fejét. Több mint háromezer katona fertőződött meg³ egy nagyon veszélyes fertőző betegséggel, melynek tüneti spektruma az influenzaszerű

² Marr, J. S., & Cathey, J. T. (2013). The 1802 Saint-Domingue Yellow Fever Epidemic and the Louisiana Purchase. *Journal of Public Health Management and Practice*, 19(1), 77-82.

³ Bugert, J. J., Welzel, T. M., Zeier, M., & Darai, G. (1999). Hantavirus infection—haemorrhagic fever in the Balkans—potential nephrological hazards in the Kosovo war. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 14(8), 1843-1844.



tünetektől kezdve a veseelégtelenségig és a fatális tüdőödémához vezethet. Ez a betegség a hanta vírus által okozott fertőzés volt, amit rágcsálók terjesztenek vizeletükkel.

A történelemből vett példákat még hosszan folytathatnánk.

A modern kori reguláris hadseregek egyik legfontosabb előnye az irreguláris haderőkkel szemben, hogy szervezettségüknek megfelelően kiépített surveillance rendszerrel (ami a betegség előfordulásainak, kockázati tényezőinek azonosítását, megfigyelését jelenti, beleértve a beavatkozást és annak hatásának megfigyelését is, lehetővé téve az esetleg szükséges korrekciókat) rendelkeznek, kivédendő a fertőző betegségekből eredő személyi veszteségeket s ezek harcászati potenciált csökkentő, valamint demoralizáló hatását. Az Egyesült Államok Hadserege például kiemelten foglalkozik vektorális-betegségekről szóló jelentéseiben a nyugat-nílusi lázzal, a Lyme borreliosisal (LB), a kullancs encephalitissal (TBE), a sziklás hegységi foltos lázzal.⁴ Ezek a betegségek az Óvilágban is fontosak (a sziklás hegységi lázat más rickettsiosisok helyettesítik Euráziában). A megfertőződés veszélyét különösen növeli, hogy a hadgyakorlatok és a kiképzés gyakori terepe a természeti környezet, vagyis gyakran bozotos-füves vagy vizes élőhelyeken (árterek stb.) történik a hadmozdulatok szimulációja (2. ábra). Amíg a dús növényzetű, jó rejtékhelyet kínáló fás-füves vegetáció számos rágcsálónak és kullancs fajnak, addig a nedves élőhelyek a szúnyogoknak nyújtanak kiváló élőhelyet. A legkitettebb a szárazföldi haderőnem, ezen belül fegyvernemek szerint pl. a lövészek, a tüzérek, a légi deszantosok, a műszakiak, a felderítők stb. A külföldi szerepvállalások során a katonáink olyan természeti környezetben találhatják magukat, melynek biológiai veszélyeiről és elkerülésének technikáiról esetleg nem rendelkeznek személyes tapasztalatokkal. Megelőző védőoltás képében prevencióra több esetben is van mód; a Magyar Honvédség minden alakulata és katonai szervezete számára biztosítja a térítésmentes védőoltást TBE ellen⁵ és hasonlóképpen lehetséges a védekezés pl. a sárgaláz vírusa ellen is, ha a hadműveletek trópusi környezetben folynak.

⁴ Army Vector-borne Disease Report.

http://phc.amedd.army.mil/Periodical%20Library/ArmyWeeklyVector-borneDiseaseReport_9Oct12.pdf.

Utoljára megtekintve: 2013-03-18.

⁵ <http://www.honvedelem.hu/nyomtat/10352>. Utoljára megtekintve: 2013-03-18.



2.ábra: Sajnos nem csak a katonának nyújt kiváló rejtékhelyet a sűrű növényzet

Forrás: www.motherjones.com. Letöltés: 2013. március 18.

A klímaváltozás hatása a vektoriális fertőző betegségekre

A klímaváltozás legvalószínűbb következménye a földi és regionális átlaghőmérsékletek növekedése. A különböző növény- és állatfajok elterjedésének talán legfontosabb limitje a téli minimum hőmérséklet. Az állandó testhőmérsékletű élőlények tűrése a hőmérséklet ingadozásaival szemben nagyobb, mint a hidegvérű szervezetek, ugyanakkor a legtöbb, fertőző betegséget terjesztő állat, más néven vektor szervezet, hidegvérű, ízeltlábú faj. Az ízeltlábúak aktivitása - kevés kivételtől eltekintve (pl. egyes ugróvillás őszrovarok-gleccserbolha; *Desoria glacialis*) - 0°C alatt nullára csökken, alvó fázisba (diapauza) kerülnek. A fagy közvetlen életveszélyt jelent az ízeltlábú szervezetek többsége számára.

Az ízeltlábúak aktivitása erősen függ a külső hőmérséklettől, ami összetett életről minden elemére nagy hatással van, mint amilyen a vedlés, a peterakás, a táplálékkeresés. Számos meleg égövi rovar által terjesztett fertőző betegség (pl. leishmaniasis) ezért a 0°C-os januári izotermához kötött. A Kárpát-medence délnyugati területeit (Baranya, Tolna, Zala) érinti ez a határ, és ennek következtében ma már ismert, hogy pl. a tipikus mediterrán faunaelemeknek tartott *Phlebotomus perfiliewi* és *P. neglectus* lepkeszúnyogok megtalálhatók ezekben a megyékben.

Azonban a vektorfaj megtelepedése még nem jelenti egy vektoriális betegség következményes megjelenését is. A vektoriális lánc kialakulása a társadalom szocioökonómiai (társadalmi-gazdasági) státuszától, az egészségügyi ellátórendszer fejlettségétől, a befogadó ökológiai rendszer egyéb jellegzetességeitől (vegetáció, talaj stb.), a potenciális gazdaállatok és rezervoárok jelenlététől és magától a



paraziták jelenlététől és környezeti igényeitől is függenek. Ebben a rendszerben bármely elem jelentheti a sor „gyenge láncszemét”, amit jól illusztrálhatunk a malária (okozói *Plasmodium* nemzetségbe tartozó eukarióta egysejtűek) hazai esetén: habár jelenleg megtalálható a maláriaszúnyog (nálunk főként az *Anopheles maculipennis*) Magyarországon, nincsenek autochton (helyi, nem behurcolt) emberi megbetegedések. A jelen klíma mellett a kisszámú, más szúnyogokhoz mérten rövid életidejű maláriaszúnyog, nem ismert okból kevésbé kedveli az emberi vért hazánkban, mint máshol, továbbá nincs jelen a parazita sem, így nem alakul ki a jellegzetes betegségláncolat.



3.ábra: Nőstény kullancs táplálkozás után, háti és hasi nézetből.

Forrás: Dr. Trájer Attila János felvétele

Az egzotikusnak tűnő, meleg égövi területekről kiáramló vektoriális betegségek mellett vannak olyanok, melyek már évezredek óta megkeserítik az emberek és háziállataink életét a mérsékelt övön. Ide kell sorolnunk a kullancsok (3. ábra) által erjesztett megbetegedéseket, mint amilyen a LB, a TBE, a humán erlichiosis, a babesiosis, a Q-láz, a tularaemia, és a foltos lázzal járó betegségek.

A klimatikus változások migrációs folyamatokat indíthatnak el. Az ezen változásokat kísérő migrációs folyamatok elvben arra hivatottak, hogy újraoptimalizálják egy életközösség fajösszetételét. Sajnos a több évezredek emberi hatás felszabdalta, mozaikossá tette az élőhelyeket, ami akadályozhatja a természetes megújulást, újrakonfigurálódást, ami az invazív (agresszíven terjedő, sokszor idegen) fajoknak kedvezhet, vagyis ún. inváziós ablak jöhet létre. A fragmentáció növeli a szegélyek méretét, arányát.⁶ A fragmentáció nem kis részben

⁶ Davies, K. F., & Margules, C. R. (2002). Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence. *Journal of Animal Ecology*, 67(3), 460-471.



a klímaváltozás hatására gyorsul fel, mivel a magasabb átlaghőmérséklet, kevesebb nyári csapadék a többé-kevésbé összefüggő erdőterületek sztyeppesedését és a gyertyános-bükkös vagy tiszta bükkös montán társulások degradációját okozhatja (és okozza is, már megfigyelhető módon az elmúlt 2-3 évtizedben). Ismert, hogy a kullancsok szempontjából a legideálisabb feltételeket a határterületek, ökológiai szempontból átmeneti zónák nyújtják. Mindez azzal magyarázható, hogy különböző fejlődési állapotban lévő formáik más és más fajokon parazitálnak. A gazdaállatok közül kiemelkednek az őz és az egerek. Ezen fajok egyszerre igénylik a refúgiumokat, ahol védelemben részesítve felnevelhetik kicsinyeiket, és keresik az agrárterületeket, ahol szezonálisan jól kiaknázható táplálékbázisra találnak. Éppen ezért, főként az *Ixodes*, *Dermacentor* és *Hyaloma* fajok számára az agrártáj-természetközeli társulások mozaikja nyújtja a legjobb élőhelyet. A fragmentáció pozitív hatást gyakorol a kullancsfajok populációjának méretére.

Lyme borreliosis, mint modell egy már autochton vektoriális megbetegedésre

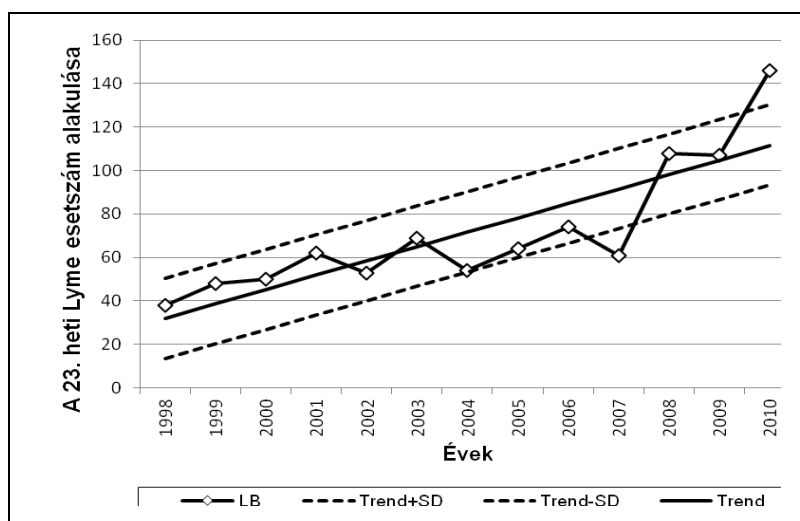
A LB az egyik legfontosabb vektoriális fertőző betegség Európában. Az ember megfertőződése súlyos, akár maradandó ízületi, idegrendszeri és szívproblémákkal járhat Közép-Európában. A betegségnek, a klímaváltozásnak köszönhető északi irányú terjedését tapasztalják az 1990-es évek óta Skandináviában, emellett a fő terjesztő *Ixodes* kullancsok egyre magasabb tengerszint feletti zónákban jelennek meg (Csehország, Szlovákia). Ezzel egyidejűleg Észtországtól Szlovéniáig nőtt az LB incidencia (incidencia=éves esetszám/érintett népesség) és számos országban a TBE esetszám is. Sajnálatos módon a hazai bejelentési rendszer nem teszi lehetővé, hogy a megbetegedés trendjét valósan megítéljük, ezért a LB vizsgálatára kellett szorítkoznunk. Tanulmányunk célja az volt, hogy egyrészt azonosítsuk a klímaváltozás esetleges, már eddig is megnyilvánuló hatásait, a különböző területeken élő kullancspopulációk okozta LB fertőzések szezonálisbeli különbségeit, és a kutatási sor legvégén ezeket az eredményeket összegezve majd egy olyan modellt készítsünk, amely a hőmérséklet éves menetének a klímaváltozás hatására történő megváltozása mellett képes megjósolni az LB szezonális változását a XXI. század végéig.



A Magyarországon megfigyelt kullancsfajok száma több mint 30-ra tehető, ezek közül a legfontosabb, legelterjedtebb és legellenállóbb fajokat tömörítő nemzetség az *Ixodes* fajoké. Az *Ixodes ricinus* Európa-szerte elterjedt faj, többek között a LB legfontosabb terjesztője. A LB szezonális, abszolút esetszámának klímfüggése jó modellt szolgáltat, a klímaváltozásnak a vektoriális betegségekre gyakorolt hatásának megismerése céljából.

A klímaváltozás hatása a LB incidenciájának emelkedésére feltételezhető, ugyanakkor ilyen irányú részletes vizsgálatot még nem végeztek hazánkban. A klímaprojekciók és -jelentések nagy száma ellenére aránylag kevés kísérlet történt kvantifikálható eredmények nyeresére, vektoriális betegségek várható alakulásával kapcsolatban. Mindennek oka a vektoriális betegségek komplexitásában és nehéz modellezhetőségében keresendő. Három megközelítés áll rendelkezésünkre Magyarországon: 1) Az elmúlt évek klímájának változása és az LB incidencia éves mintázatának és trendjeinek összevetése. 2) Magyarország területén belül létező klimatikus különbségek hatása a LB szezonálisra.

1. Az LB esetek éves eloszlása a kullancsok éves aktivitásának és a hőmérséklet alakulásának a függvénye. A heti LB esetszámok, és a megbetegedések regionális szintű bejelentési helyeivel kapcsolatos adatok az Epidemiológiai Felügyeleti Rendszerből származtak, a heti hőmérsékleti adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat bocsátotta rendelkezésünkre. Leíró statisztikát és lineáris regressziót alkalmaztunk.



4.ábra: A 23. heti LB esetszám alakulása 1998-2010 között

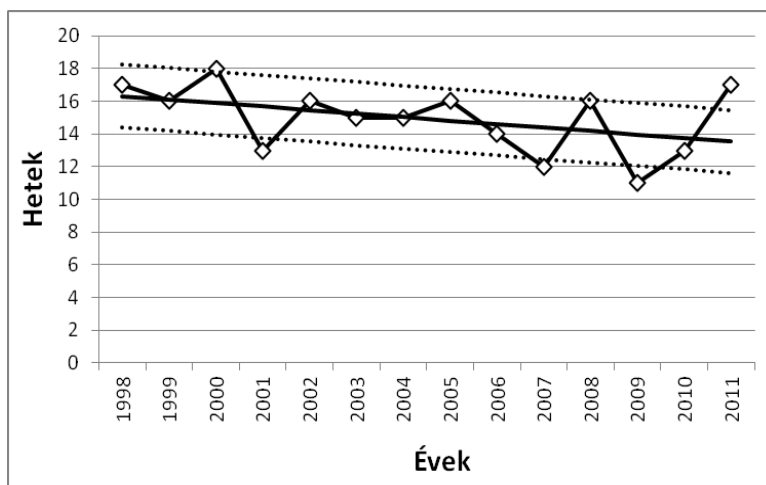


100.000 főre vetítve az incidencia 11.597 volt 1998-2003 közötti időszakban, és 15.268 a 2004-2010-es periódusban. A tavaszi átlaghőmérsékletek változása $0,052^{\circ}\text{C}/\text{év}$ emelkedést mutatott az 1998-2010-es időszakban. Az LB incidencia egyenletesebb emelkedést mutatott tavasszal, mint nyáron. A tavasz kezdetének azt az első 10°C -os átlaghőmérsékletű napot tekintettük, melyet 8°C -nál alacsonyabb hőmérsékletű nap már nem követett a hátralévő tavaszi hetek során. Ezen meghatározás alapján a tavasz 1,5-2 héttel korábban kezdődik, mint 12 évvel ezelőtt (5. ábra). Hasonló, 2-3 hetes változás volt megfigyelhető a 10 LB eset/hét vizsgálatakor is, mely szerint a kezdeti 16. hétről korábbra, a 13-14. hétre helyeződött ez az időpont. Az incidencia, esetszám-növekedés 80%-a a 18-28. hetek alatt következett be, és a 23-24. hetekben mutatkozott a növekedés maximuma (4. ábra). Az LB szezon melegebb átlaghőmérsékletű években 1-2 héttel hosszabbnak mutatkozott.

2. A klíma regionális különbségeinek az LB incidenciájára és szezonálisára gyakorolt hatását mostanáig nem vizsgálták Magyarországon. Baranya, Somogy és Zala megyék klimatikus jellemzőit és az LB adatait hasonlítottuk össze Nógrád és Borsod-Abaúj-Zemplén megyék hasonló észleléseivel. Célunk a két, hazai viszonyokhoz mérten lehető legnagyobb mértékben eltérő klímájú terület kiválasztásakor a kontrasztképzés volt, a kontinentális klímájú északkeleti és a szubmediterrán délnyugati régió között meglévő eltérések tükröződését vártuk a LB adatokban. A három délnyugati megye esetében a téli heti átlaghőmérsékletek 0°C közelében vagy felette maradnak, ezzel ellentétben a két északkeleti megyében a heti átlaghőmérsékletek a téli szezonban fagyponthoz alattiak voltak. A legnagyobb heti átlaghőmérsékleti különbségek télen és kora tavasszal mutatkoztak, és elérték az $1-1,5^{\circ}\text{C}$ -ot esetenként. A fagyponthoz feletti átlaghőmérsékletű hetek a délnyugati megyékben átlagosan 2 héttel korábban kezdődtek. A tavaszkezdetnek azt a hetet tekintettük, melynek átlaghőmérséklete elérte a 10°C -ot, és ezt nem követte már 7°C -nál hidegebb átlaghőmérsékletű hét. Az északkeleti megyékben ez az indikátorhét szignifikáns trend szerint mintegy 2,5 héttel korábbra helyeződött a tavasz során, amit követett az LB szezon korábbra helyeződése is. Az átlagos heti LB incidenciák összevetése során kiderült, hogy az LB szezon csúcsa a délnyugati megyékben egy héttel korábban mutatkozott. A fentebbiek alapján lehetséges, hogy a klímaváltozás nagyobb mértékben érintette a hűvösebb klímájú megyéket, ami főképpen a tavaszkezdet és az LB szezon korábbi hetekre tolódásában jelentkezett,



továbbá a meglévő klimatikus különbségek megmutatkoztak a két terület 13 évi átlagolt heti incidenciáiban meglévő különbségekben is.



5.ábra: Az LB szezonkezdet alakulása 1998-2011 között

3. Az első két pont alapján kijelenthető, hogy a regionális klímák közt észlelt különbségek, az évek között tapasztalt tavaszi átlaghőmérséklet-különbségek, és a tavasz kezdetének alakulása hatást gyakorolnak a LB szezon kezdetére, a csúcsidezőszak idejére és a csökkenő szakasz kezdetének idejére, valamint lefolyására. A tavaszi 7-8°C-os átlaghőmérséklet Magyarországon jó egyezést mutat az LB szezon kezdetével. Mivel az irodalom alapján ismert, hogy a felnőtt és nimfa *Ixodes ricinus* kullancsok aktivitása 5°C alatt nem lehetséges, feltehető, hogy a 7-8°C-os és az 5°C-os átlaghőmérsékletű időszak között fennálló 1-2 hetes különbség a kullancscsípés és az LB esetek bejelentése közötti idő különbségnek tudható be. Mindezt megerősíti megfigyelésünk, miszerint az olyan években, amikor a kora tavaszi időszak egy hét alatt 5-6°C átlaghőmérséklet-különbséget produkál, a homológ lefutású hőmérsékleti és incidencia görbe identikus pontjait vizsgálva, megállapítható mintegy két hetes különbség a hőmérséklet menete, és az incidencia változása között. Mindez összhangban áll az irodalomban leírt, a csípéstől az erythema migrans (lat., vándorló bőrpír, EM), vagyis az első, látható tünetek megjelenéséig eltelő, átlagosan 7 napnyi latenciával (3-30 nap késéssel a csípéstől számítva), ha figyelembe vesszük az orvoshoz fordulásból eredő késedelmet, a kullancsok biológiai válaszájának időigényét az aktuális hőmérsékletre, valamint a bejelentési rendszer által szolgáltatott heti felbontásból következő sajátosságokat. Szintén látszólagos latenciát (késést) okozhat az általában egy hétnél rövidebb időt



igénybe vevő szerológiai diagnosztika is. A kullancsaktivitás és az átlaghőmérséklet, a nyári meleg és szárazság, továbbá az emberi aktivitás járulékos hatása képezik modellünk alapját.

Leishmaniasis, mint modell egy jelenleg terjeszkedő vektoriális betegségre, meleg égövi vektorral

A leishmaniasis a trópusi és meleg mérsékelt öv mintegy 98 országát érintő parazitás betegség, mely jelenleg terjedőben van. Súlyos belső szervi és leprára emlékeztető, roncsoló elváltozásokkal járó betegség. Terjesztői a Phlebotominae alcsaládba tartozó lepkeszúnyogok (*Phlebotomusok*) az Ófajok, illetve *Lutzomya* fajok az Újvilágban. A leishmaniasis és vektorainak északi elterjedési határát térségünkben Magyarország jelenti, délnyugati megyéinkben kutyákban már igazolták a fertőzés jelenlétét^{7,8}. A leishmaniasist terjesztő ízeltlábú lepkeszúnyogvektorok rendkívül érzékenyek a környezeti feltételekre, fennmaradásuk és szaporodásuk nedves, enyhe klímájú környezetben biztosított. Természetes viszonyok között az avar és az odvas fák jelentik az élőhelyet, emberi környezetben azonban az épülethibák (repedések, nedves zugok), személtelhelyezésre szolgáló tárgyak és vizes blokkok nyújtják a legjobb életfeltételeket. A klímaváltozás hatására várhatóan északi irányba fog tágulni a lepkeszúnyog fajok elterjedési területe, köszönhetően a jövőben várható enyhébb teleknek és a hosszabb és melegebb vegetációs periódusnak. A klímaváltozás hatására a leishmaniasis endémiássá válhat a Kárpát-medencében, ami komoly kihívást jelenthet mind a humán, mind az állategészségügy számára. Hasonló kedvezőtlen tendenciák várhatók Európa más, mérsékelt övi területein is.

Kutatásunk célja az volt, hogy jelen geográfiai elterjedésük alapján megismerjük a *Leishmania infantum* parazitát terjesztő 5 legfontosabb *Phlebotomus* faj (*Phlebotomus ariasi*, *P. neglectus*, *P. perfiliewi*, *P. perniciosus* és *P. tobbi*) és maga, a *Leishmania infantum* klímaigényeit, és ennek használatával megbecsüljük a fajok jövőben várható potenciális elterjedési területét a REMO klímamodell szerint.

⁷ Tánccos, B., N. Balogh, L. Király, I. Biksi, L. Szeredi, M. Gyurkovsky, A. Scalone, E. Fiorentino, M. Gramiccia, R. Farkas (2012) First record of autochthonous canine leishmaniasis in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.*12: 588-594

⁸ Farkas, R., B. Tánccos, G. Bongiorno, M. Maroli, J. Dereure, P.D. Ready (2011) First surveys to investigate the presence of canine leishmaniasis and its phlebotomine vectors in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.*11: 823-34.

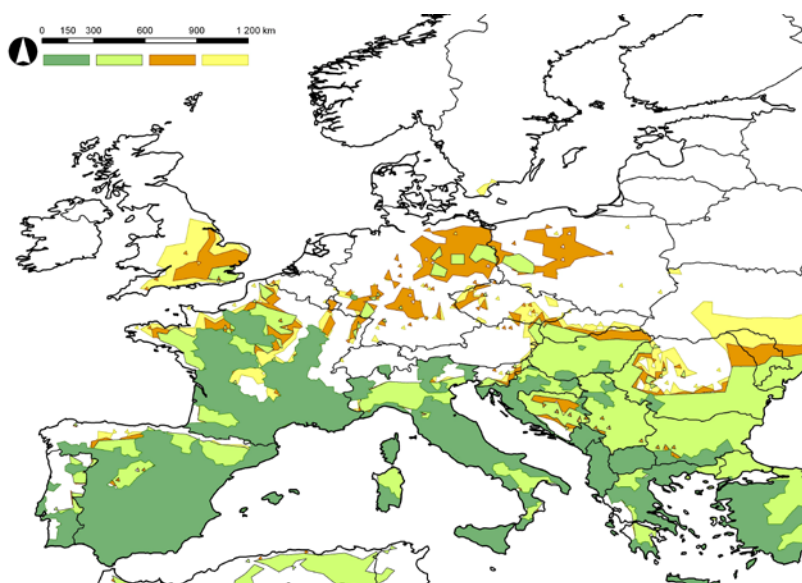


1961-1990 képezte klimatikus szempontból a referencia időszakot, projekcióinkat a 2011-2040-ig, valamint a 2041-2070-ig tartó időszakokra végeztük el. A potenciális elterjedési területeknek a kirajzolása céljából climate envelope modelt (niche-alapú modellezés, korrelatív modellezést) használtunk. Az éghajlati adatokat a REMO regionális klímamodell szolgáltatotta, mely az ECHAM5 globális modell és az IPCC SRES A1B klímaszcenárió alapján készült, és Európát 25 kilométeres felbontású rácshálóval fedi. A következő 36 klímparamétert használtuk a modellezés során: a 12 hónapnak megfelelően a havi középhőmérsékleteket (T_{mean} , °C), havi minimum-hőmérsékleteket (T_{min} , °C) és havi csapadékösszegeket (P , mm). A vizsgált klímparaméterek mindegyikét a harmincéves időszakokra átlagoltuk, azaz a referencia időszak (1961-1990) és a jövőben modellált 2 időszak is harminc éves periódust tett ki (2011-2040 és 2041-2070). Közvetett módon az évszakos periodicitás, a hőösszeg és a vegetáció is a modell részét képezik. Eredményeink azt mutatják, hogy az 5 vizsgált lepkeszúnyog faj jelenlegi és jövőbeli potenciális elterjedési területeiben jelentős különbségek várhatók, mivel egyes fajok majdnem az egész mérsékelt övi Európában otthonra lelhetnek (*P. ariasi* és *P. perniciosus*), míg mások esetében nem várható a jelen elterjedési terület szignifikáns változása (*P. similis* és *P. sergenti*), a referencia időszakra (1960-1990) modellezett potenciális területet egyik faj sem tölti ki teljes mértékben.

A jelenleg kifejezetten a nyugati vagy a keleti mediterrán medencére korlátozódó fajok klimatikus igényei nem indokolják geográfiai szegregációjukat, ennek hátterében paleoklimatikus-domborzati tényezők állhatnak. Miközben Nyugat-Európa számára 2 lepkeszúnyog faj (*P. ariasi* és *P. perniciosus*) jelent fenyegetést, addig Magyarország szempontjából mind az 5 faj kolonizációja valószínű. Összességében a 8, vizsgált Phlebotomus faj várható elterjedése Európa mediterrán és mérsékelt övi területeinek nagy részét érinti (6. ábra). A *Leishmania infantum* parazita prediktált elterjedési területe mindenhol elmarad a potenciális vektorok északi elterjedésének méretétől, így hazánkban is, ugyanakkor ezt az eredményt kritikusan kell szemlélni. A *P. ariasi* potenciálisan az észak-magyarországi megyék kivételével az egész országban megjelenhet a 2041-2070-ig tartó időszakra, addig a *P. perfiliewi* és *P. tobbi* esetében az óceáni hatást kapó, kissé hűvösebb nyarú északnyugati területet nem jelzi alkalmasnak a modell. Amíg a *P. perniciosus* potenciális elterjedési területe a délnyugat-északkeleti irányba mutató vektor szerint



bővíülhet, addig a *P. neglectus* esetében a déli megyék tűnnek elsősorban alkalmasnak a megtelepedésre.



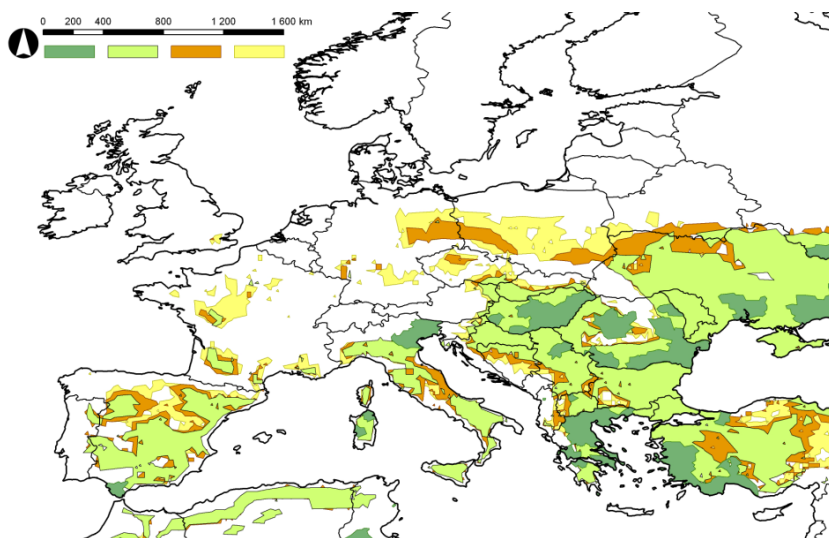
6.ábra: 8, potenciálisan leishmaniasist terjesztő, Európában honos Phlebotomus faj jelenlegi (2012-es adatok alapján; sötétzöld), a referencia időszakra számított (1961-1990; világoszöld), a 2011-2040 (narancssárga) és a 2041-2070-es (citromsárga) jövőbeli 30 éves periódusokra készített potenciális előfordulási térképeinek uniója

Az aktivitási periódus hosszának megváltozása is várható, vagyis a *P. neglectus* és a *P. perniciosus* esetében a 2041-2070-ig tartó periódusig 1 hónap prolongáció (meghosszabbodás) várható a potenciális aktivitási időszakot illetően Pécs térségében. Eredményeink megerősítik azt a feltevést, hogy hazánk speciális fekvésének, a Balkán-félsziget felé nyitott jellegének és a három domináns éghajlati alakító hatásnak (óceáni, mediterrán és kontinentális alacsony légnyomású légtömegek) köszönhetően fokozottan érzékeny a klímaváltozás okozta hatások szempontjából. Európa északnyugati területei felé elsősorban Franciaország jelenti a kaput. Magyarország szerepe ebből a szempontból kevésbé tűnik jelentősnek, mivel a domborzat (Kárpátok, Cseh-masszívum) és az Európa keletebbi felére jellemző kontinentális klíma megnehezítik a vektorok északra történő terjedését. Modelleredményeink megerősítik, hogy a délnyugati magyar megyékben leírt autochton, canine (kutya-) leishmaniasis esetek mögött a vektor lepkeszúnyog fajok jelenléte áll. Várhatóan a XXI. századra hazánk klímája a vizsgált öt lepkeszúnyog faj mindegyike, valamint a legdélebbi megyékben a parazita számára is megfelelővé válhat.



Nyugat-nílusi láz, mint modell, egy jelenleg terjeszkedő vektoriális betegségre, mérsékelt égövi vektorral

A nyugat-nílusi láz (West Nile fever) (flavi)vírusának terjesztői a mérsékelt övön *Culex*(csípő)-szúnyogok (Pl. *Culex pipiens*). Influenzaszerű, olykor súlyos idegrendszeri szövődményekkel (agyhártya-agyvelő gyulladás), akár halálos kimenetellel járó betegség. A betegséget először Ugandában észlelték, de 1937 óta az északi mérsékelt öv számos országban megfigyelték jelenlétét, így 1996-ban már a szomszédos Romániában is. Európában ismertté váltak esetei ezen kívül Görögországból, Olaszországból, Macedóniából, Szerbiából, Spanyolországból és hazánkból is.



7.ábra: A nyugat-nílusi láz vírusának jelenlegi (2012-es adatok alapján; sötétzöld), a referencia időszakra számított (1961-1990; világoszöld), a 2011-2040 (narancssárga) és a 2041-2070-es (citromsárga) jövőbeli 30 éves periódusokra készített potenciális előfordulási térképe a referencia időszak alapján

A nyugat-nílusi láz eredetileg afrikai eredetű, jelenleg terjedési fázisban van. Minden jel szerint a madarak, különösen a verébalkatúak a betegség fő gazdái, rezervoárjai, de a varjúfélék szerepe sem elhanyagolható. A *Phlebotomus* fajok és a *Leishmania infantum* parazita kapcsán említett módszerek szerint megvizsgáltuk a betegség potenciális elterjedését a referencia időszakban, valamint a 2011-2040-ig és 2040-2071-ig tartó periódusra nézve. A jelen elterjedési terület alapján modellezett kép szerint az óceáni klímájú területek kevésbé tűnnek alkalmasnak a



betegség számára (7. ábra). Tekintve, hogy a betegség még nem érte el elterjedésének végleges nagyságát, és nem tölti ki a történetileg számára elvben alkalmas areát (szemben az LB vagy a leishmaniasissal), óvatosan kell eljárunk az így kapott eredményekkel. Annyi állítható, hogy a vírus elterjedési potenciálja nagy, és elvben akár akkora is lehet, mint maguk a *Culex* fajoké. A nyugat-nílusi láz jó példa arra, milyen körültekintően kell eljárunk a modelleredmények értékelése kapcsán.

Konklúzió

A vektoriális betegségek és zoonózisok jelentősége emelkedni fog a klímaváltozás hatására. Könnyen terjedő, és nehezen kontrollálható, esetenként szokatlan, súlyos megbetegedéseket okozni képes fertőző betegségek megjelenése várható. A hosszabb vegetációs időszak, a magasabb téli átlaghőmérséklet, és a klímaváltozás következtében az ízeltlábúak természetes ellenségeinek csökkenő száma, a degradáció, és a természeti környezet fragmentációja mind a vektoriális betegségek terjedésének kedvez. Mind civil részről, mind a hadsereg szempontjából növekvő kockázatot jelentenek a zoonózisok, és a jelenlegi klíma előrejelzések szerint nem látni a folyamat végét. A külföldre vezényelt katonák olyan fertőző betegségekkel térhetnek haza melyek megtelepedésre találhatnak az új hazában, ezzel veszélyeztetve a polgári lakosság egészségét is, azonban a civilek külföldre irányuló turizmusa hasonló és vélhetően nagyságrendjét tekintve nagyobb kockázatot rejt magában. A jövőben még nagyobb figyelmet kell fordítani a harcoló alakulatok ilyen irányú kiképzésére (elkerülési technikák, felvilágosítás, prevenció), és az egészségmonitorozásra (surveillance). A kullancsok által terjesztett betegségek növekvő, a lepkeszúnyogok által terjesztett leishmaniasis formák és a nyugat-Nílusi láz pedig új kockázati tényezőket jelentenek.

Irodalomjegyzék

- Blanco, J. R., & Oteo, J. A. (2006). Rickettsiosis in Europe. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1078(1), 26-33.
- Marr, J. S., & Cathey, J. T. (2013). The 1802 Saint-Domingue Yellow Fever Epidemic and the Louisiana Purchase. *Journal of Public Health Management and Practice*, 19(1), 77-82.
- Bugert, J. J., Welzel, T. M., Zeier, M., & Darai, G. (1999). Hantavirus infection—haemorrhagic fever in the Balkans—potential nephrological hazards in the Kosovo war.



Nephrology Dialysis Transplantation, 14(8), 1843-1844.

Army Vector-borne Disease Report.

http://phc.amedd.army.mil/Periodical%20Library/ArmyWeeklyVector-borneDiseaseReport_9Oct12.pdf. Utoljára megtekintve: 2013-03-18.

<http://www.honvedelem.hu/nyomtat/10352>. Utoljára megtekintve: 2013-03-18.

Davies, K. F., & Margules, C. R. (2002). Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence. *Journal of Animal Ecology*, 67(3), 460-471.

Tánczos, B., N. Balogh, L. Király, I. Biksi, L. Szeredi, M. Gyurkovsky, A. Scalone, E. Fiorentino, M. Gramiccia, R. Farkas (2012) First record of autochthonous canine leishmaniasis in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.*12: 588-594

Farkas, R., B. Tánczos, G. Bongiorno, M. Maroli, J. Dereure, P.D. Ready (2011) First surveys to investigate the presence of canine leishmaniasis and its phlebotomine vectors in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.*11: 823-34.

III. SZEKCIÓ: MITIGÁCIÓ

Biomassza Magyarországon¹

Barótfi István

*SZIE, Gépészmérnöki Kar, Környezetipari Rendszerek Intézet, Épületgépészet,
Létesítmény és Környezettechnika Tanszék, Gödöllő*

Tartalmi kivonat

A biomassza Magyarország legjelentősebb megújuló energiaforrása. Alkalmazása hozzájárulhat az éghajlatváltozás mérsékléséhez, és a hazai energiaellátás biztonságának növeléséhez. Használatának mértékét azonban nem lehet az élelmiszerellátás biztonságának rovására korlátlanul növelni.

Kulcsszavak: *biomassza, élelmiszerellátás biztonsága, energetikai hasznosítás, input/output viszony*

Abstract

Biomass is Hungary's most important renewable energy source. It's use may contribute to the mitigation of the climate-change and to the increase of the security of local energy supply. The level of use can not be increased indefinitely at the expense of the security of the food supply.

Keywords: *biomass, use of energetics, security of the food supply, I/O*

Az éghajlatváltozás, a biztonság és a biomassza sok szállal kötődnek egymáshoz, a szoros összefüggés számos kérdését ismerjük, másokat tendenciájában meg tudjuk fogalmazni, de ezek az ismeretek mind ez ideig nem

1



voltak elegendőek a problémák megoldásához, hatékony stratégia kidolgozásához, és annak végrehajtásához.

Az éghajlat folyamatosan változik, de mértéke az utóbbi években aggodalomra ad okot. Világviszonylatban lassú felmelegedés zajlik, amelynek hatására eltolódnak az időjárási zónák határai. A Kárpát-medencét ez úgy érinti, hogy fokozatosan felhúzódik felé a mediterrán éghajlat. Magyarország számára a legnagyobb kárt a csapadék okozza: vagy sok van, vagy semmi, és mindkettő rossz. Ezt követi a hőmérséklet ingadozása, különösen a hőhullámok. A nagy meleg a vízhiányt is tovább fokozza. A légmozgás ugyanakkor nem jelent akkora problémát, annak ellenére, hogy nagy szélviharok gyakran előfordulnak. Összességében azzal kell számolni, hogy a szélsőséges időjárási jelenségek intenzitása és gyakorisága is növekedni fog a következő évtizedekben.

Az éghajlatváltozás hatása a biomassza mennyiségére és szerkezetére

A biomassza a napenergia hatására biológiai úton létrejött szervesanyag-tömeg. A mező- és erdőgazdasági termelés tulajdonképpen a napenergia transzformációja: a Föld felszínére érkező napenergiát a növényi klorofil kémiai energiává alakítja át, amely táplálék, élelem, nyersanyag, energiaforrás stb. Magyarország földrajzi és éghajlati adottságai kedvező feltételeket biztosítanak a biomassza keletkezéséhez. A biomassza magyarországi helyzetének megítélésében reális képet kapunk, ha a hazai adottságokat az európai helyzethez hasonlítjuk. Magyarország területének legnagyobb része sík, és az éghajlati viszonyai kedvező feltételeket teremtenek a mezőgazdálkodásra. Magyarország összes földterülete 9 303 000 ha, amelyből 6 179 300 ha mezőgazdasági művelés alatt álló terület, és ez egészül még ki az erdő művelési ághoz tartozó 1 762 900 ha-os területtel. Az ország lakossága közel 10 millió, és ez kb. 2,8 százaléka az EU népességének, az összes földterületünk pedig 2,9 százalékát teszi ki az Unió egész földterületének. Az EU-ban és Magyarországon az egy főre jutó földterület így csaknem azonos: 0,9 hektár. A mezőgazdasági terület tekintetében viszont hazánk helyzete az előnyösebb, nálunk 0,6 hektár, míg az EU-ban csak 0,4 hektár az egy lakosra vetített mezőgazdasági terület. Magyarország természeti adottságai kedvezőbbek mezőgazdasági termelésre az EU egészében tapasztaltaknál: összterületünk 66,5 %-a alkalmas mezőgazdálkodásra, az EU 45%-os arányával szemben. A mezőgazdasági területen belül nálunk a szántóterület jóval nagyobb arányt (77%) képvisel, mint az EU-ban



(53%). Az EU átlagában lényegesen magasabb viszont a gyümölcsös, a szőlő és gyepterület aránya. Számottevő a különbség az erdőterületet tekintve: hazánkban az erdősültség csak 19%, míg az EU- ban 35%.

A keletkező biomassza természetesen elsősorban élelmiszer, takarmány, és ipari alapanyag, de az energiaválságot követően igényként és lehetőségként fogalmazódott meg, hogy jelentős energiaforrásként is használható.

Az éghajlatváltozás jelentős hatást gyakorolhat a keletkező biomassza mennyiségére, de ennek negatív hatása a hazai körülmények között megfelelő felkészültséggel eliminálható. Itt is számolni kell a kockázatok növekedésével. Ezek közül a legfontosabb a vízkérdés, hiszen a felmelegedéssel a vízdeficit is jobban előtérbe kerül. Azt lehet mondani, hogy a Dunától nyugatra sokkal kedvezőbbek a természetes csapadékviszonyok, mint keleten. Ezen kívül az ország keleti részében a talajok is rosszabbak, sok a könnyen kiszáradó, szikes talaj. Az aszályok gyakorisága várhatóan növekedni fog, és ezzel párhuzamosan sajnos belvizek is kialakulhatnak: az ország keleti részében ugyanazon a helyen tavasszal lehet belvíz, nyáron súlyos aszály. Mégis, összességében az a helyzet, hogy van elég víz az országban. A két nagy folyó nagyon sok vizet tud adni. A felszín alatti vizeket nem szabad túlságosan kiaknázni, ez látszik többek között a Duna-Tisza közti homokhátságon is, amelynek egyik gondja éppen az, hogy túl sok vizet vettek ki a talajból. Nagy lehetőség a természetes csapadék jobb hasznosítása. Ebben jelentős gazdasági tartalékok rejlenek, hiszen az éves átlagos csapadékmennyiség eléri a két nagy folyó teljes évi vízhozamának felét. Az öntözés szerepét mindenképpen növelni kell, részaránya a jelenlegi háromról akár tíz százalék körüli szintre is emelkedhet. Ezzel párhuzamosan folytatni kell a szárazságtűrő növényfajták nemesítését. A magyar agrárium nagy tudósai már az előző század elejétől kezdve foglalkoznak ezzel. Ugyanakkor látni kell, hogy ennek is van határa, valamennyi vízre mindenképpen szükség van.

Más a helyzet, ha az éghajlatváltozás és biomassza összefüggését globális kérdésként vizsgáljuk. Globális méretekben azzal kell számolni, hogy miközben a keletkező biomassza (élelmiszerként és takarmányként) mennyisége jelentős mértékben nem növelhető, és a lakosság száma az elkövetkező évtizedekben megduplázódik, az élelmiszerek iránti igény drámaian növekedni fog. Ez azt jelenti, hogy bár a hazai biomassza-termelés megfelelő felkészültséggel az éghajlatváltozástól függetleníthető, és mennyisége nem fog csökkenni, a termelt



biomassza iránti igény élelmiszerként fog jelentkezni, mely elsősorban nem a hazai kereslet növekedéséből adódik, hanem a világban való értékesíthetőségéből. Így a biomassza energetikai hasznosításában a korábban jelentősnek mondott lehetőségek korlátozódni fognak.

A biomassza, mint energiaforrás

A megújuló energiaforrások alkalmazásának szükségessége mindenekelőtt az éghajlatváltozás szempontjából fontos. A hagyományos energiaforrásaink használatához kiépült ipari háttér és környezethasználatának ingyenessége miatt a megújuló energiaforrásaink használata ma költségesebb, és sok esetben nem is mondható kényelmesnek. A megújuló energiaforrások alkalmazásánál tehát fontos szempont a környezetvédelmi hatása, mely elsősorban a használattal összefüggő emissziós kérdés, de más vonatkozásban is meghatározó követelményekkel jár. Sajátos helyzetben van a biomassza, melynél az emissziós kérdések nem kézenfekvők, hiszen a használatuknál ugyan úgy megjelenik a környezetterhelés, mint a hagyományos energiahordozóknál.

A biomassza energetikai hasznosítása szempontjából mértékadó felmérés a nyolcvanas években volt, mely szerint hazánkban az évenkénti keletkező elsődleges biomassza: 54 millió tonna (száranyagban számítva), amelyből a mezőgazdasági termelés 46 millió tonna, az erdészeti termelés pedig 8 millió tonna. Ez az adat a 90-es évek közepén (közelítő becslés szerint) 50 millió tonnára csökkent, az arány 40 - 10 millió tonnára változott.

A szakemberek úgy becsülték, hogy energiacélú hasznosításra évenként kb. 477 PJ energiatartalmú anyag áll rendelkezésre a következő megosztás szerint:

- primer biomasszából (mezőgazdasági melléktermékből) 251 PJ
- secunder biomasszából (állattenyésztési hulladék) 91 PJ
- terciér biomasszából (feldolgozás hulladékai) 105 PJ

A számítások szerint elméletileg a művelt földterületeken évente átlagosan 25 GJ/ha elsődleges energiahordozó keletkezésével lehetséges számolni; - a szélső értékek 10-100 GJ/ha, termelési kultúrától, művelési módtól függően. Ez az energiaforrás, mint melléktermék, hulladék, illetve energianövény jelenik meg. Magyarországon – eltérően a nyugat-európai országoktól - az energetikai célra rendelkezésre álló biomassza elsősorban mezőgazdasági melléktermék és hulladék.



A növényi eredetű biomassza tömegében meghatározó szerepük van a gabonaféléknek. Az összes főterméknek közel 60%-át, a melléktermékeknek lényegében 90%-át a gabonafélék termékei teszik ki. A fő és melléktermékeket együttesen véve figyelembe, a mezőgazdaság növényi termékeinek közel háromnegyedét adják.

A földeken maradó 63,3% nagy részét képezi az a 3,6 millió tonna (48-55 %) "elpazarolt" szalmatömeg, amely 55 512 millió MJ fűtőértéket képvisel. Ebből persze le kell még vonnunk a begyűjtésnek, a szállításnak, a feldolgozásnak az energiaszükségleteit, amely szilárd biomassza energiaforrásoknál mindössze 7 kgOE/t, ami ugyanezen energiahordozók hőenergia-egyenértékéhez viszonyítva - 180-220 kgOE - kedvezően magas energia input/output hányadost (13/31) eredményez.

Az energetikai biomassza-potenciál meghatározásakor nagyon fontos kérdés, hogy milyen termőterületeken, milyen típusú növényekre számítjuk ki az adott területen maximálisan elérhető, energetikai célra alkalmas biomassza produkciót.

Az eddigi vizsgálódások a témakörben főként arra vonatkoztak, hogy a főtermékek mellett keletkező, energetikai célra is használható melléktermékek mennyiségét feltérképezzék.

Nem végeztünk eddig olyan számításokat, amely főtermékként is magába foglalja az energetikai biomassza-potenciált. Olyan növények agro-energetikai termesztésére gondolhatunk, mint az intenzív nyár és fűz, vagy csak alkohol előállításra termelt burgonya és rozs, illetve a növényi olajok kizárólag energiahordozóként való termelése és felhasználása tüzelőanyag, ill. üzemanyag céljára. Az utóbbi évtizedek változásaiban megjelenő tendencia az energianövények termesztése. Ezek között az energiafű, az energiaerdő, és az elmúlt évben a repce üzemanyagként való hasznosítása bír jelentőséggel.

A mezőgazdasági eredetű megújuló energiahordozó-termelés hazai eredményeit és nemzetközi fejlesztési trendjeit, agro-technikai lehetőségeit és műszaki-gazdasági feltételeit átfogóan értékelve, a biomassza energetikai hasznosításával kapcsolatban összefoglalva, az alábbi előnyök fogalmazhatók meg:

- Magyarország természeti adottságait, a potenciális készleteket és gyakorlati hasznosíthatóságukat értékelve hazánkban a biomassza tekinthető a legjelentősebb megújuló energiaforrásnak.



- Az ország évi biomassza termelésének összes szárazanyag tömege jelenleg mintegy 55-58 millió t, amelyből a mező- és erdőgazdasági melléktermékek kb. 25-28 millió tonnát tesznek ki.
- Az ország tűzifa termelése 0.32 MtOE, amely érték az erdészeti és faipari melléktermékek energetikai hasznosításával 0.7 MtOE-re, energetikai erdők telepítésével 1.5 MtOE-re növelhető.
- Jelenleg mintegy 0.1 MtOE mezőgazdasági mellékterméket hasznosítunk hőenergetikai célra, amely érték a megfelelő energotechnológiák révén távlatilag 1.0-1.5 MtOE-re növelhető.
- Az állati hígrágya és egyéb hulladékok anaerob erjesztésével előállítható megújuló energiaforrás potenciális készlete jelentős (0.3-0.5 MtOE), a környezetvédelmi és energiatermelési célokat szolgáló komplex technológiák azonban még jelentős fejlesztésre szorulnak.
- Az agrártermelés távlati potenciális energiatermelő képessége, a talajviszonyokra és az élelmiszerellátásra gyakorolt minden káros hatás nélkül összesen 3.0-4.0 MtOE-re tehető.
- A mező- és erdőgazdasági melléktermékek vázolt mértékű (10-15%-os) energetikai hasznosítása nem veszélyezteti a termőtalajok szervesanyag-tartalmát és szerkezetét.
- A biomassza energetikai hasznosítása, az energetikai erdők, ill. az energetikai növénytermelés meghonosítása jelentősen javíthatják a mikro- és makrorégiók környezeti jellemzőit.

A biomassza energetikai hasznosításának területei

A biomassza legegyszerűbb felhasználási lehetősége a közvetlen eltüzelés. Jelenleg a tüzelési célra felhasznált fafélésegek döntő többsége a tűzifa. Ez éves szinten 1.980 et, ami elsősorban lakossági felhasználást jelent. Másik jelentős felhasználási kör az erdőgazdaságok és faipari üzemek. Ezek éves felhasználása mintegy 420 et/év. A mezőgazdasági és feldolgozóipari hulladék-felhasználás (napraforgóhéj, szalma stb.) összesen kb. 150 et/év.

A 1-150 kW teljesítményű berendezések a lakossági tűzifa tüzelésére alkalmas berendezések, többségében kályhák, kis központi fűtési kazánok, illetve a kisebb faipari üzemek és bútörüzemek, illetve asztalosműhelyek saját hulladékát



eltüzelő kazánok, de jelentősen növekedett a távfűtés, és ezzel összefüggésben a kapcsolt energetikai rendszerek alkalmazása is.

A biomassza energetikai hasznosításának az előzőekben bemutatott területétől eltérő hasznosítási lehetősége, a folyékony energiahordozók előállítása biomasszából. Az eltérés nemcsak az alapanyagokra, hanem az előállítás módjára és a felhasználás körére is vonatkozik. A folyékony biológiai eredetű energiahordozók legnagyobb előnye a többi bio-energiahordozóhoz képest a lényegesen nagyobb energiasűrűség. Ez a felhasználást lényegesen kedvezőbbé, és sokoldalúbbá teszi. A biológiai eredetű, folyékony energiahordozóként használt növények általában nem melléktermékek, az alkalmazás pedig a közvetlen hőtermelésen kívül hajtó- és üzemanyagként hagyományos energiahordozók helyett, ill. azokkal keverve is lehetséges.

A felhasználás szempontjából meghatározó két csoport: az alkoholok és az olajok. A hazánkban megtermelhető fontosabb ipari alkohol előállításánál alapanyagként felhasználható növényekből előállítható alkohol mennyisége: pl. cukorrépa 3248 l/ha, csicsóka 4230 l/ha, cukorcirok 3200 l/ha, kukorica 2115 l/ha, burgonya 1861 l/ha, búza 1767 l/ha. Az alkohol előállítása a cukortartalmú anyagoknál, a belőlük készült oldatok fermentációs átalakítása, ma már jól ismert és megalapozott technológia. Különbséget kell tenni az élelmiszeripari célú szeszgyártás és az ipari célú szeszgyártás között. Az üzemanyagcélú alkoholgyártásnál kevésbé kell a tisztítást és a finomítást számításba venni, és emiatt a gyártási folyamat kevésbé költségigényes. Az már egyértelmű, hogy célszerű az élelmiszeripari és ipari szeszgyártásra külön gyárat felépíteni. Az élelmezésre előállított cukrot már nem gazdaságos motorhajtóanyagnak átalakítani és felhasználni. Az ipari célú etanol-előállítás világszerte legnagyobbbrészt a növényi, keményítőalapú anyagokból történik, főként kukoricából és buzogányos cirokból állítják elő. 1 liter alkohol előállításához átlagosan 2,7 kg kukorica szükséges.

A növényi eredetű olajok energiahordozóként való felhasználása nem új keletű, de az utóbbi években az élelmiszer-túltermelési válságot levezető és foglalkoztatottságot segítő termelés bevezetése céljából kerül alkalmazásra. A növényi olaj 97 %-át triglicerid alkotja, de ezen kívül foszfatidokat, lecitint, vitaminokat és más nyálkaképző anyagokat tartalmaz. Az olajokat általában sajtolással és oldószeres extrakcióval nyerik ki. Ha a növényi olajokat a kőolajtermékekkel összehasonlítjuk, pl. a gázolajjal, akkor feltételezhetjük, hogy bizonyos adottságok



mellett a növényi olajok helyettesíthetik a kőolajtermékeket. A közvetlen helyettesíthetőségének azonban igen jelentős műszaki korlátai vannak.

A Magyarországon termelt növények közül igen sokféle mag tartalmaz olajat, így pl. napraforgó, repce, szója, csipkebogyó, kendermag, mogyoró, málnamag, bodzamag, ribizlimag, tökmag, lenmag, kukoricacsíra, mandula, dinnyemag, mák, paprikamag, ricinusmag, szőlőmag, dió stb.

Észterezett növényi olajok (pl. RME) használata jelenleg a legáltalánosabban bevezetett és kikutatott anyag, egyes országokban a használata évtizedes múltra tekint vissza, és ezek szabványosítása már előrehaladott állapotban van.

Adalékolt növényi olajok használatánál általában valamilyen szabadalmi oltalommal védett receptúra és eljárás szerinti anyagokat hidegen kevernek a növényi olajhoz, mellyel a gázolajhoz hasonló tulajdonságokat érnek el. Repceből elérhető a 3 t/ha értéket megközelítő átlagtermés (ma hazánkban 2 t/ha alatt van), amiből kinyerhető kerekítve 1 t/ha RME. Így 1 hektár repceből kinyerhető hajtóanyaggal 6,25 hektár művelhető meg, ha a repcetermesztés önfogyasztását levonjuk, akkor kb. 5 t/ha. Ez azt jelenti, hogy átlagosan a termőterület 16-20%-án kellene biológiai eredetű hajtóanyagot termelni, hogy a mezőgazdaság önellátó legyen. Magyarország szántóterületét tekintve ez nagyjából 1 millió hektárnyi föld, ami soknak tűnik ahhoz képest, hogy napjainkban csak 40-60 ezer hektáron termelnek repcét (az összes olajos növény sem éri el a félmillió hektárt), de kevés, ha ahhoz hasonlítjuk, hogy az igaerőre alapozott mezőgazdaságban a terület 25%-a körül szükséges az állatok takarmányának megtermeléséhez, és a kettő között jelentős technikai színvonalbeli különbség is van.

Az összehasonlítás termékoldalról is megtehető. 1 tonna repcemaggal 11 tonna, illetve 1 tonna repceolajjal 32 tonna gabona termelhető meg.

A biomassza energetikai hasznosításának talán legegységesebb megoldása a biogáz. Olyan anyagból lehet energiát előállítani, mely élelmiszerként már nem jöhet számításba, és az energia előállítása nem veszélyezteti a tápanyag utánpótlást, mert a keletkező biotrágya még előnyösebb, mint az eredeti alapanyag. Mindezek ellenére a biogáz-termelés, illetve hasznosítás ökonómiailag nem tartozik a kedvező lehetőségek közzé, még akkor sem, ha a beruházási költségeket, illetve a megtérülési időt nem csak energetikai szempontból értékeljük. Így a biogáz-üzemeket költséges, csak hosszú idő alatt megtérülő energiatermelésként tartják számon.



A biogáz megítéléséhez pedig a környezetvédelmi előnyöket, és a biotrágya értékesítéséből származó bevételt is számításba kell venni. Egy természetes ökoszisztémára jellemző a szerves anyag felhalmozódásának és lebomlásának dinamikus egyensúlya. A biogáz-termelés során energiatermelés és a talajerő-fenntartás szervesanyag-szükséglete egyaránt biztosítható.

A biomassa energetikai hasznosításának következményei

A biomassa energetikai hasznosításának kedvező feltételei vannak Magyarországon, az egyes lehetőségek azonban jelentős mértékben eltérnek az éghajlatváltozás szempontjából. Sajátos helyzetben van a biomassa, melynél az emissziós kérdések nem kézenfekvők, hiszen a használatuknál ugyan úgy megjelenik a környezetterhelés, mint a hagyományos energiahordozóknál. A biomassa energetikai hasznosításának környezetvédelmi vonatkozásai sokszínűen jelennek meg. Vannak olyan kérdések, melyek a felhasznált biomassa formájától, eredetétől (növényektől, állattartási, illetve növénytermesztési technológiától) függetlenek, és vannak olyanok, melyek az energiahordozóként megjelenő anyag anyagi tulajdonságaival, vagy a felhasználással összefüggésben merülnek fel.

A biomassa energetikai hasznosításának környezetvédelmi kérdései között legalapvetőbb az, hogy szabad-e, és milyen mértékben biomasszát energetikai célra felhasználni. Szabad-e olyan értékes anyagot, mely mindennapi életfeltételünként, táplálékként szolgál, amely összetételében számos értékes anyagot tartalmaz, egyszerűen energiává átalakítani, és kényelmünk szolgálatába állítani akkor, amikor a földön még vannak olyan régiók, ahol az emberek nem jutnak elegendő táplálékhoz.

A másik általános környezetvédelmi vonatkozás a biomassa energetikai hasznosítása során az energia hasznosulásának foka, melyet a felhasználásig halmozottan kell figyelembe venni. A halmozott energiafelhasználás alatt azt kell érteni, hogy a biomassa energiahordozóként való megjelenéséig a mező- vagy erdőgazdasági termelésben mennyi külső energiát használnak fel. Nyilvánvaló, hogy az egész folyamatnak energia-nyereségesnek kell lennie. Nem használhatunk energiaforrásként olyan anyagot, melyre a termelés folyamán több energiát fordítottunk, mint amennyit a folyamat végén hasznosítani tudunk, még akkor sem, ha ez adott esetben közvetlen gazdasági előnyt jelent. Ez a kérdés természetesen



másként merül fel, ha melléktermék vagy hulladék hasznosításáról van szó, de fontos a kifejezetten energetikai célra ültetett növények esetén.

A biomassza eredetű energiahordozók általában olcsó, decentralizált energiaforrások, amelyek a közvetlen eltüzelésen kívül számos, már jelenleg is rendelkezésre álló energiaátalakítási technológia révén alkalmasak értékeesebb másodlagos energiahordozók előállítására, mint pl. a bio-brikett, a folyékony és gáznemű bio-hajtóanyagok (bio-etilén, bio-dízel stb.), illetve lokális villamosenergia-termelésre is. A teljesen száraz biomassza fűtőértéke (17-18 MJ/kg vagy 0,41-0,43 kgOE/kg) közel áll a közepes minőségű barnaszén fűtőértékéhez, de még a 10-20% nedvességtartalmú légszáraz biomassza fűtőértéke is 0,2-0,3 kgOE/kg.

Az elmúlt évtizedek folyamán több száz bioenergetikai termesztési, termelési és átalakítási technológiai eljárást fejlesztettek ki és vizsgáltak meg termelő üzemi viszonyok között, elsősorban a nyugat- és észak-európai országokban, ahol a mezőgazdasági termelés támogatási rendszere jelentős terheket ró a nemzetgazdaságokra.

Az alacsony nedvességtartalmú biomassza-termelés területegységre vetített *energiasűrűsége*: bruttó, ill. nettó *hőenergia hozama* a mezőgazdasági és erdészeti melléktermékek esetében mintegy 0,3-1,3 tOE/ha között, míg az e célra létesített energia-erdők esetében 1,7-2,6 tOE/ha között változik. A korábban is említett folyékony bio-hajtóanyagok nettó energiahozama 0,8-2,3 tOE/ha, míg pl. a biogáz termelési technológiáé 2,0-2,7 tOE/ha között változik. A kérdés ezeknek az adatoknak ismeretében, hogy egy adott területen érdemes-e energetikai célú biomassza hasznosításban gondolkodni.

A biomassza eredetű energiaforrások racionális hasznosításának legfontosabb elemének az *energiaoutput* (a biomassza energiaforrások energetikai célra hasznosítható energiatartalmának) és az *energiainput* (a biomassza energiahordozó előállítására felhasznált energiaráfordítás), vagyis az *energia O/I viszonyok* alakulásának az értékei meghatározóak a döntésben. Csak olyan energetikai hasznosítás engedhető meg, ahol az O/I értéke jelentősen egy fölött van, éppen a biomassza-használat éghajlatváltozásra gyakorolt hatása miatt.

A biomassza energetikai hasznosítása során persze további környezetvédelmi kérdések is felvetődnek, mint pl. a technológia valamely részében milyen környezeti terheléssel kell számolni a talajnál, a levegőnél vagy az élővizeknél. Ez a



környezetvédelmi összefüggés nyilván az alkalmazott anyag és technológia függvénye, és nem tárgyalható általánosságban.

Összefoglalva tehát alapvető kompromisszumot abban kell kötni, hogy a rendelkezésre álló biomasszát milyen arányban használják élelmezésre, takarmányozásra és ipari célra. Ha a biomassa energetikai célú felhasználásának lehetőségéről beszélünk, akkor ez csak azokban az országokban bír realitással, ahol a rendelkezésre álló biomassa elegendő a lakosság élelmezésére, ugyanakkor az ilyen módon előállítható energiára szükség is van. Az energiaigény persze nem abszolút fogalom, szorosan kapcsolódik az ország technikai fejlettségéhez. Ezért a biomassa energetikai hasznosításának lehetőségeit, feltételeit nem lehet földrajzi elhelyezkedés, társadalmi berendezkedés, nemzeti gazdagság, lakosságszám alapján egyértelműsíteni. *A biomassa energetikai hasznosításának kérdése a lehetőségek oldaláról egy-egy ország saját elhatározásán múló soktényezős kompromisszum.* A kompromisszumot azonban nemcsak el kell határozni, hanem a különböző tényezők és érdekek alapján érvényesíteni is kell. A biomassa hasznosításában meghatározó földterület-művelési struktúra Magyarországon az utóbbi években inkább az érdekek, mint a szándékok szerint alakult. Az egyes művelési ágakban az utóbbi időben jelentős változások történtek, növekedett az erdő- és mezőgazdasági művelésből kivett terület, ami az energetikai célú biomassa-hasznosítás szempontjából kedvező tendenciának tekinthető. A biomassa energetikai hasznosításánál csak olyan megoldásoknak van hosszútávú realitása, melyek a pillanatnyi ökonómiai értékelésektől függetlenül valóságos emisszió-csökkenést eredményeznek, hozzájárulva a fenntartható fejlődéshez és az éghajlatváltozás mértékének mérsékléséhez.

Irodalomjegyzék

Barótfi I.: A környezettechnika globális összefüggései. In: Környezettechnika.

Szerk.: Barótfi I. Budapest: Mezőgazda Kiadó, (2000). p. 21-95.

<http://www.greenfo.hu/hirek/2011/07/27/felkeszulni-es-turni-lang-istvan-a-klimavaltozas-hazai-hatasairol>

Szabó M, Barótfi I: Biomass potential in the European Union Agricultural Engineering 32: p. 73. (2008)



Energiaültetvények életciklus-elemzésének eredményei

Gyuricza Csaba, Bakti Beatrix, Kovács Gergő, Balla István, Kohlheb
Norbort

Szent István Egyetem, Gödöllő

Tartalmi kivonat

A megújuló energiaforrások felhasználásának növekedésével hazánkban is egyre nagyobb szükség lesz a biomasszára, mint energiahordozóra. Fontos, hogy a tűzifa mellett egyre inkább a kevésbé értékes szántóföldi területeken is termelhessünk energetikai alapanyagot fás szárú ültetvényekkel. Ez egyrészt előmozdíthatja a mezőgazdasági termelők több lábón állását, jövedelemforrásaik diverzifikációját, másrészt a fás szárú energiaültetvényeknek fontos környezetvédelmi aspektusai is vannak, mint például a talajvédelem, vagy a széndioxid megkötése. E környezetvédelmi hatások számszerűsítésére vállalkoztunk ebben a tanulmányunkban, amelyet a GaBi4 életciklus elemző szoftver Ecoinvent 2.2 adatbázissal végeztünk el. A számítások alapjául a Szent István Egyetem energiafűz kísérleteinek eredményei szolgáltak, amelyek szerint az ültetvény kétéves vágásforduló esetén 40 t/ha 49,5%-s nedvességtartalmú hozamot produkál 50 kg/ha/ N műtrágyázás és 12 éves élettartam mellett.

A területhasználat összehasonlíthatósága érdekében eredményeinket egy hektárra vonatkoztattuk. A kukorica és búza termesztésekor hektáronként évente 7101 kg, illetve 4697 kg CO₂ nyelődik el, míg a kétéves vágásfordulójú fűz esetében ugyanez az érték 17093 kg CO₂. Az egy hektárra vetített savasodási potenciál a kukorica esetében 48,43 kg SO₂ egyenérték, a búzánál 27,73 kg SO₂ egyenérték, a fűz esetében pedig mindössze 11 kg SO₂ egyenérték kibocsátást jelent. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a fűz energiaültetvény mérhetően kedvezőbb környezeti hatásokkal bír, mint a hagyományos szántóföldi növények közül a vizsgálat tárgyát képező búza és a kukorica.

Kulcsszavak: energiafűz, biomassza, szén-dioxid, életciklus-elemzés



Abstract

Due to the continuously increasing utilization of renewable energy sources, the need for biomass as an energy source is to increase in Hungary in the future. It is important that besides firewood production raw material for energetic purposes should be produced on agricultural lands of lower fertility through the use of woody biomass plantations. On the one hand, it can enhance the financial stability of farmers through the diversification of income sources, while woody energy plantations have significant environmental protection effects, such as the protection of the soil or CO₂ assimilation on the other. This study aims to quantify these environmental protection effects with the help of the GaBi4 life cycle assessment software and the Ecoinvent 2.2 life cycle inventory database. Calculations are based on the results of the short rotation coppice (SRC) willow energy plantation experiments of the Szent István University, which revealed that in the case of 2 year long harvest cycles 40 t/ha biomass with a moisture content of 49.5% can be produced by using a nitrogen dose of 50 kg/ha/harvest cycle during the 12 year long lifespan of the plantation.

In order to make it possible to compare different land use patterns, all the results refer to 1 hectare. During the production of maize and wheat 7101 kg CO₂ and 4697 kg CO₂ is absorbed per hectare every year, while in the case of the SRC willow energy plantation having 2 year long harvest cycles this value is 17093 kg CO₂/ha/year. The acidification potential reaches 48.43 kg SO₂ equivalent/ha in the case of maize production, it is 27.73 kg SO₂ equivalent/ha during wheat production, while in the case of SRC willow energy plantations it is only 11 kg SO₂ equivalent/ha. According to the results, it can be stated that SRC willow energy plantations have much favourable environmental effects in the case of the analysed indices than the production of the two most important conventional arable crops (wheat and maize).

Keywords: *energy willow, biomass, carbon-dioxide, life cycle analysis*

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Magyarország területének mintegy felén, kb. 4,5 millió hektáron folyik szántóföldi növénytermesztés. Több százezer hektárra tehető azon szántóterületek



nagysága, ahol a jelenlegi támogatási rendszer mellett is nehezen garantálható a jövedelmezőség hagyományos növényekkel (Barczy et al. 2006). Ezek a gyakran vízjárta, belvíz kialakulására hajlamos területek, továbbá a kis termőhelyi értékszámú, szélsőséges víz- és tápanyag-gazdálkodású, többnyire homok vagy homokos vályog fizikai féleségű talajok. Mivel ezek a termőhelyek általában a társadalmilag és gazdaságilag egyaránt elmaradottabb térségekben találhatóak, ezért a jövőben is alapvető szerepe lesz a mezőgazdaságnak, és a termelésből való kivonás, vagy művelési ág váltás (pl. szántóról gyepre, vagy erdőre) sem jelenthet megoldást (Dobó et al. 2006).

A fás szárú energetikai ültetvények létesítése a vidék népességének megőrzése és a lakosság számára jövedelmező mezőgazdasági ág lehet a jövőben. Általánosságban érvényes a megállapítás, hogy hazánkban valamennyi mezőgazdasági művelésre használt talaj megfelelő valamely gyorsnövésű fafaj termesztésére (Gyuricza 2007). Mivel e fafajok (pl. *Populus* sp., *Salix* sp.) többnyire a kedvezőtlen termőhelyi adottságokat is elviselik, ezért olyan belvizes, illetve ártéri területeken is telepíthetők, ahol más mezőgazdasági növények már nem élnek meg. Egyes növények (pl. *Robinia* sp.) pedig kifejezetten száraz, aszályra hajló körülmények között is biztonsággal termesztethetők. Magyarország szántóterületének mintegy 60 %-a erózióra vagy deflációra hajlamos, ezeken a területeken rövid vágásfordulójú ültetvények telepítésével kiváló a talajvédő hatás, mivel csaknem egész éves talajfedettség érhető el (Farkas et al. 2005). Több szerző felhívja azonban arra a figyelmet, hogy a biomasza szántóföldi előállításának csak akkor lehet létjogosultsága, ha olyan technológiákat alkalmazunk, amelyek környezeti és fenntarthatósági szempontból egyaránt megfelelnek az elvárásoknak.

A környezeti hatás elemzésére az életciklus-elemzés (LCA) lehet alkalmas, amely valamennyi biomasza-előállítási és -felhasználási módszerre vonatkozóan pontos becslést ad a károsanyag-kibocsátásra, valamint az energiamérlegre vonatkozóan (Heller et al. 2003).

Tanulmányunkban a fás szárú fűz energiaültetvények egy bizonyos termesztéstechnológiájának környezeti hatásait kívánjuk bemutatni összehasonlítva más hagyományos szántóföldi kultúrák környezeti hatásaival. Írásunk első részében a termelési kísérlet körülményeit és eredményeit a második részben pedig az életciklus-elemzés módszertanát és eredményeit mutatjuk be.



A termesztés körülményeinek és eredményeinek ismertetése

Termesztéstechnológiai kísérlet

A vizsgálatok alapját képező kísérletet a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában állítottuk be 2007-ben. A kísérleti tábla talaja a magyarországi genetikus talajosztályozás szerint főként homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj. A harmadkori homok és márga alapkőzetén kialakult rozsdabarna erdőtalaj altípus a Ramann-féle barna erdőtalaj talajtípusba tartozik. A degradációs folyamatok következtében közepes termőrétegű, gyengén humuszos változat alakult ki. A terület erózióveszélyeztetett és a művelés szempontjából fontos, hogy tömörödéssre érzékeny.

A kísérlet kéttényezős véletlenblokk elrendezésű három ismétlésben. A kísérletben öt különböző fűz fajtát, illetve klónt (*Sven, Inger, Tordis, Tora, Csala*) alkalmaztunk. Valamennyi fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági szintet állítottunk be: 1; felszintakarás komposzttal (50 t/ha), 2; nitrogén műtrágya tavasszal (50 kg/ha), 3; tápanyag nélküli kontrollkezelés, azonban elemzésünkben csak a nitrogén műtrágyával kezelt állomány eredményeit vesszük figyelembe. A komposzt és a műtrágya kijuttatása május elején a sorokba történt. Az alkalmazott technológia ikersoros, a sortávolság 70 cm, az ikersorok között 2,5 m távolságot hagytunk, ami a gépi munkákat könnyíti meg. A sorokon belül a dugványokat 40 cm töltávolságra telepítettük. Dugványozás céljára 25 cm hosszúságú, egyéves, gyökér nélküli hajtásrészeket használtunk fel. A telepítés kézzel történt április közepén. A vegetációs időszak során kémiai gyomszabályozást végeztünk a sorokban, a sorközökben talajmaróval két alkalommal történt mechanikai gyomszabályozás. A kártevők és kórokozók elleni kémiai védekezésre nem volt szükség.

A vegetációs időszak folyamán a kísérletben fenológiai méréseket (növénymagasság, oldalelágazódások száma, hajtásvastagság, biomasszatömeg), valamint talajállapot vizsgálatokat (talajellenállás, talajnedvesség, tápanyag- és nehézfém-tartalom) végeztünk. Statisztikai értékelésre egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk (*Baráthné et al.* 1996).



Fenológiai eredmények

Az 1. táblázat az energiafűz fajták fenológiai eredményeit mutatja közvetlenül az első betakarítás előtt mindhárom tápanyag-ellátottsági szinten. A betakarítás során a kétéves növekményt vágtuk le. Ez azt jelenti, hogy az első betakarításra a kísérlet beállítását követő harmadik évben került sor, ugyanis a telepítés évében a bokornövekedésű fűzek jellemzően kis növekedési erélyűek, a várható biomassa tömeg 2-3 t/ha (Mola-Yudego és Aronsson 2008).

Fajta	Hajtásszám (db/növény)			Hajtásátmérő (mm)			Növénymagasság (cm)		
	Ø	M	K	Ø	M	K	Ø	M	K
Csala	15, 6	15,7	9	16,6	17,1	16,6	316	333	335
Tora	6,8	8,2	7,2	24,5	26,4	26,3	489	509	499
Tordis	6,0	6,8	6,8	26,1	26,6	24,7	515	540	513
Inger	6,8	7,6	7,0	26,5	28,0	26,2	547	555	492
Sven	15, 6	7,0	7,0	24,7	24,0	23,9	470	501	456
SzD5% fajta	0,63			2,85			40,05		
SzD5%tápa anyag	Nsz			nsz			Nsz		
Kölcsönhat ás	Nsz			nsz			Nsz		

Jelmagyarázat: Ø=kontroll; M= nitrogén műtrágya, 50 kg/ha hatóanyag; K=komposzt, 40 t/ha

1. táblázat: Fenológiai paraméterek alakulása különböző fűz fajtáknál eltérő növénytáplálási módok esetén két év fejlődés után (Gödöllő, 2010. február 25.)

Az első vegetációs időszak utáni visszavágás a második évtől intenzív sarjképzésre készíti a növényeket, a kísérletben alkalmazott svéd klónok esetében 10-18 db hajtás képződik, amelyekből a második évre 6-8 db erőteljes növekedésű hajtás marad, míg a többi vessző visszafejlődik, esetenként elhal (Begley et al. 2008). A Csala fajta esetében eltérő a fejlődés üteme: statisztikailag igazolhatóan több hajtást (15-16 db) fejleszt a növény, azonban ezek 40-52 %-kal vékonyabbak és



rövidebbek, mint a svéd fajták. Valamennyi fajta és növénytáplálási kezelés esetében a növény magassági növekedése volt jelentős, a második évre elért végleges magasság 80-85 %-a az első évben alakult ki. A második évben kevésbé a növények magassági növekedése volt megfigyelhető, sokkal inkább jellemző a hajtások megvastagodása.

Az első betakarítás során mért frisstömeget és száraztömeget a 2. táblázat mutatja. Az adatok értékelése során tekintettel kell lenni arra, hogy a tőszám a Csala esetében 60.000 db növény/ha, ugyanakkor a többi fajtánál 12.000 db/ha. A telepített tőszám közötti jelentős különbséget a fajták eltérő növekedési erélye magyarázza. A szárazanyagban kifejezett biomassa mennyisége az Inger fajtánál a műtrágyázott és a komposztkezelésben volt a legnagyobb, a többi fajta és növénytáplálási kezelés eredménye szignifikánsan kisebb biomassa mennyiséget eredményezett. A betakarított biomassa nedvességtartalma 46,7-54,7 % között volt, ebben a tekintetben sokkal inkább a fajtának, mint a növénytáplálásnak van jelentősége. A legnagyobb nedvességtartalmat a Csala aprítékában mértünk a betakarítás után. A sok és vékony hajtás esetében a kéreg aránya nagyobb, mint a többi fajtánál, ennek következtében a nedvességtartalom valamennyi növénytáplálási szinten nagyobb volt.

Fajta	Frisstömeg (t/ha)			Szárazanyag (t/ha)			Nedvességtartalom (%)		
	Ø	M	K	Ø	M	K	Ø	M	K
Csala	39,1	46,6	44,0	17,7	21,9	20,5	54,7	52,9	53,4
Tora	42,0	54,4	42,9	19,9	28,0	20,9	52,7	48,5	51,5
Tordis	34,4	53,1	31,4	18,3	27,8	15,6	46,7	47,7	50,3
Inger	40,4	54,5	49,7	20,9	28,3	25,2	48,1	48,1	49,3
Sven	37,0	45,6	35,1	18,9	22,8	17,5	48,7	50,0	50,0
SzD5% fajta	5,71			2,84			1,73		
SzD5%tápanyag	7,94			4,61			Nsz		
Kölcsönhatás	nsz			Nsz			Nsz		

Jelmagyarázat: Ø=kontroll; M= nitrogén műtrágya, 50 kg/ha hatóanyag; K=komposzt, 40 t/ha

2. táblázat: A biomassa tömeg és a nedvességtartalom alakulása különböző fűz fajtáknál eltérő növénytáplálási módok esetén – első betakarítás két éves vágásfordulóval (Gödöllő, 2010. február 25.)



Az LCA kalkulációkban a kétéves vágásfordulójú technológiát vizsgáltuk 40 t/ha kétévenkénti átlagos hozammal 49,5%-os betakarításkori nedvességtartalom mellett.

Az életciklus-elemzés módszerének és eredményeinek ismertetése¹

Egy technológiai folyamat vagy termék környezeti hatásainak feltérképezésére széles körben elfogadott módszertan az életciklus-elemzés. Ennek lényege, hogy a vizsgált termék vagy szolgáltatás teljes életciklusának – vagyis az előállításának, a felhasználásának és a megsemmisítésének – az összes környezeti hatását figyelembe veszi. Ezt nevezik a bölcsőtől a sírig vagy „cradle to grave” szemléletnek. Az életciklus általában az alapanyagok megszerzésével kezdődik és a termék megsemmisítésével, hulladékká válásával, illetve a szolgáltatás felszámolásával végződik. Az elemzés a környezeti hatásokat többféle szempont szerint aggregálva könnyen érthetővé és összehasonlíthatóvá teszi más alternatív hasznosításokkal. Ilyen módon megkönnyíthető a környezeti szempontok figyelembevétele a döntéshozatalban.

Megállapíthatjuk azonban az általunk vizsgált rendszer határait úgy is, hogy például csak a termelésig vizsgáljuk az adott termék környezeti hatásait, és a felhasználásból, hulladékká válásból adódó hatásokat figyelmen kívül hagyjuk. Az ilyen jellegű vizsgálatokat bölcsőtől a kapuig (cradle to gate) terjedő elemzésnek hívjuk, és elsősorban olyan termékek, szolgáltatások egymással való összehasonlítására alkalmasak, amelyek a termelés után eltérő módon kerülnek felhasználásra.

A nemzetközi standard (ISO 14044) szerint az életciklus-elemzés lépései a következők:

1. a vizsgálat céljának és fókuszának meghatározása,
2. az anyag- és energiaáram leltár kialakítása (LCI),
3. hatáselemzés (LCA),
4. értelmezés (Frischknecht, Jungbluth 2007; Sára 2010).

A vizsgálat céljának és fókuszának, illetve tárgyának meghatározásakor pontosan kell definiálni a vizsgálat elvégzésének okát és a vizsgálat pontos tárgyát.

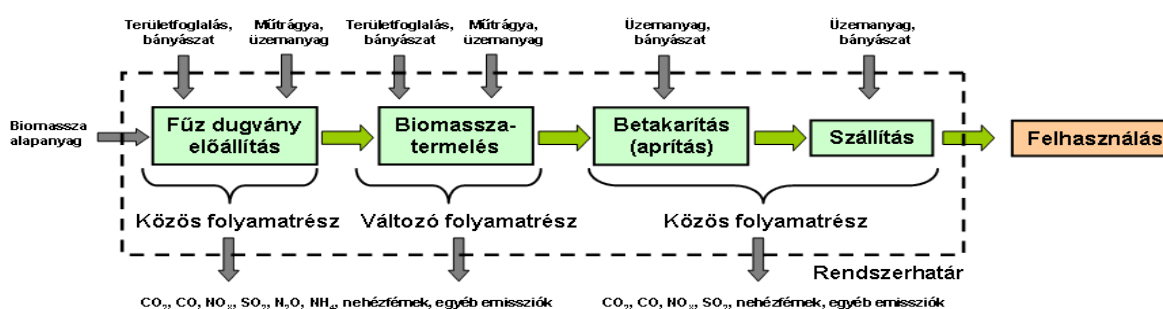
¹ Az életcikluselemzés kalkulációi a Coach BioEnergy Central Europe kutatás keretében valósultak meg.



E meghatározásokra épülnek azután a további vizsgálati lépések. Jelen tanulmányunkban a vizsgálat célja a fűz apríték-előállítás környezeti hatásainak meghatározása, amelybe az előállított alapanyag a felhasználás helyére történő elszállítását is bele értjük. Eredményeinket pedig összehasonlítjuk más hagyományos szántóföldi terményekkel. Vagyis arra a kérdésre kerestük a választ, hogy jobb-e környezeti szempontból a fűz energiaültetvény, mint a búza vagy a kukoricatermesztés? És ha igen, akkor a főbb mutatók mennyiben térnek el egymástól a hazai termesztéstechnológiákat figyelembe véve?

A célmeghatározás után a következő lépés az anyag- és energiaáram leltár kialakítása. Az anyag- és energiaáramok meghatározásakor két típussal kell foglalkoznunk. Egyrészt a bemenő áramok listáját kell összeállítanunk, másrészt pedig a rendszert elhagyó vagy kimenő áramokét. Mindazon áramok, amelyek átlépik az általunk elemzett rendszer határait, kifejezetten fontosak az életciklus-elemzés szempontjából, ugyanis ezen áramok járnak valójában környezeti hatással. Ezeket alapvető áramoknak (elementary flow) nevezzük. A rendszeren belül megjelenő energia- és anyagáramok (tracked flow) ennek alapján a környezet szempontból közvetlenül nem is fontosak.

A pontos vizsgálat érdekében körül kell határolnunk a vizsgált rendszert és annak funkcionális egységét. A vizsgált rendszer csak az alapanyag-előállításra vonatkozik, így a bölcsőtől a kapuig szemlélet alapján került kialakításra. Ennek értelmében a faapríték felhasználásával kapcsolatos környezeti hatások a vizsgált rendszerhatáron kívül esnek (1. ábra).



6. ábra: A fűz apríték előállítás életciklusának határai és fontosabb anyagáramai

Az 1. ábrán a szürke nyilak jelentik az alapvető áramokat, amelyek környezeti szempontból közvetlen hatásokkal járnak, a zöld nyilak pedig a rendszeren belül maradó áramokat szimbolizálják. Ez alól kivételt jelent a felhasználás irányába



mutató zöld nyíl, amely valójában nem alapvető, hanem a folyamat következő részébe vezető rendszeren belüli (tracked) anyagáramot jelenti.

Vizsgálatunk funkcionális egysége a rövid vágásfordulójú fűz ültetvényeken átlagosan egy év alatt termelt faanyagból a betakarítás során készült faapríték, amelyet meghatározott távolságú (50, 100, illetve 150 km-es) szállítással juttatnak el a felhasználás helyére. A szállítási távolság meghatározásakor a hazai lehetséges átlagos távolságokból indultunk ki és jelezni kívántuk, hogy milyen szerepet játszik a környezetet-terhelésben a szállítás. Az életciklus-elemzés eredményei a rendszer ezen egységére vonatkoznak majd. A hatáselemzés elvégzéséhez meg kell határoznunk azt a referenciaáramot is, amely a vizsgált termék vagy szolgáltatás szempontjából legjobban értelmezhető anyagáram, vagyis az a termék, amely leginkább funkcionális egységnek tekinthető (Sára 2010). Esetünkben a referenciaáramot 1 t frissen betakarított (49,5%-os nedvességtartalmú) faapríték képezi, amelyre aztán az összes környezeti hatást vonatkoztattuk. A megtermelt alapanyag energiatartalma (égéshője) száraz állapotban és kétéves korban 18,1 MJ/kg, amelynek értelmében a friss betakarítású faapríték fűtőértéke mindössze 7,9 MJ/kg lesz.

Esetünkben a vizsgálat tárgyát képező kétéves vágásfordulóval művelt ültetvény élettartama 12 év, amelybe 0. évként beletartozik a telepítés éve is. A természetstechnológia leírását és a fontosabb környezeti hatásokat a 3. táblázat tartalmazza. Az életciklus-elemzés módszertana szerint a közvetlen anyag- és energiaáramokon túl a területfoglalásból és a terület-átalakításból származó környezeti hatásokat is meg kívánjuk jeleníteni. Ezen tényezők feladata a biológiai sokféleségben és az ökoszisztéma szolgáltatásokban okozott károk számszerűsítése. Míg a területfoglalás csak időszakos és a természetes szukcesszió előrehaladását gátolja, addig a terület-átalakítás végleges változásokat okoz, és azt feltételezi, hogy az adott infrastruktúra következtében a korábbi természetes élőhelyet végérvényesen felszámolják (Frischknecht, Jungbluth 2007, 28-30).

A betakarítás járvaszecskázóval történik. A keletkező faapríték szállításából eredő környezetterhelés mértékét 50, 100, illetve 150 km-es szállítási távolság esetén 16-32 tonna szállítási kapacitású, Euro 4-es kibocsátási értékekkel rendelkező teherautók környezetterhelése jelenti. Ezzel ellentétben a természetstechnológia során felmerülő szállítási feladatok környezeti hatásait 3,5-7,5



tonna szállítási kapacitású, Euro 4-es kibocsátási értékekkel rendelkező teherautók, illetve traktorok adják.

Felhasznált folyamatok	Mennyiség	Mértékegység
Növényvédelmi permetezés	1538,5	m ²
Műtrágyaszórás	5000	m ²
Ültetés	769,2	m ²
Talajművelés, mélylazítás	769,2	m ²
Talajművelés, szántás	769,2	m ²
Talajművelés rotációs kultivátorral	15 000	m ²
Szállítás traktorral és pótkocsival	1,34	tkm
Acetamid-anillid keverék (régiós raktárban)	0,3	kg
Ammónium-nitrát N-ként (régiós raktárban)	64	kg
Glifozát (régiós raktárban)	0,2	kg
Fémmegmunkálás, öntött vas darabok (kapákhoz)	1,5	kg
Kálium-klorid (régiós raktárban)	37,5	kg
Superfoszfát (régiós raktárban)	107	kg
Szállítás teherautóval (3,5-7,5 t, EURO4-es kibocsátás)	13,4	tkm
Fűz dugvány	39,1	kg
Szén-dioxid	18516,7	kg
Energia, szerves anyag energiatartalma	158584,7	MJ
Területfoglalás folyamatos növényborítású területtel (intenzív gyümölcsös)	10000	m ² x év
Területátalakítás szántóról	769,2	m ²
Területátalakítás folyamatos növényborítású területté (intenzív gyümölcsös)	769,2	m ²

3. táblázat: Fűz termesztéstechnológia kétéves vágásfordulóval és műtrágya felhasználással 1 ha-ra vonatkoztatva



A funkcionális egység tehát, amelyre az életciklus-elemzés eredményei vonatkoznak, a 12 éves élettartam egy átlagos évére eső faapríték, melyet 50 km, 100 km, illetve 150 km-es szállítással a felhasználás helyére juttatnak. A referenciaáram 1000 kg. Ennek megfelelően a természetstechnológia műveleteit is a 12 éves élettartam egy átlagos évére viszonyítottuk.

Az életciklus-elemzés következő lépése a hatáselemzés, amelynek során az alapvető anyag- és energiaáramok környezeti hatását számszerűsítjük különböző aggregációs eljárások segítségével. Ehhez ki kell választanunk a számunkra fontos hatáskategóriákat. Ilyenek lehetnek például az üvegházhatás (ÜHG) potenciál, az eutrofizációs potenciál, illetve a humán toxicitás. Az általunk használt GaBi4 szoftver² mindezeket a hatáskategóriákat tartalmazza. Az egyes hatáskategóriák normalizálási, illetve súlyozási módszerekkel egymással összehasonlíthatóvá, illetve összevonhatóvá is tehetőek (Sára 2010).

A kétéves vágásfordulójú természetstechnológia esetében mind a terméshozam és az energiatartalom, mind a természetstechnológia műveleteivel kapcsolatos adatok (pl. az egyes műveletek gyakorisága, a felhasznált alapanyagok mennyisége, stb.) mért adatok.

Az egyes természetstechnológiák életciklus-elemzését a GaBi4 professional for Life Cycle Engineering (PE International GmbH and LBP University of Stuttgart, 2007) szoftver, valamint az Ecoinvent database v2.2 (2007) (Swiss Centre for Life Cycle Inventories) adatbázis felhasználásával készítettük el.

Az életciklus-elemzés eredményei

Az általunk vizsgált fűz energiaültetvény esetében a kétéves természetstechnológia alapján az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának potenciálját, a savasodási potenciált és az energiahatékonyságot határoztuk meg a hatáselemzés során (4. táblázat).

² A GaBi4 (a rövidítés jelentése „ganzheitliche Bilanzierung”) életciklus elemző szoftver egy az életciklus elemzésben elfogadott mérnöki program, amely igen precíz és az aktuális feladathoz szabható beállítási lehetőségeket tartalmaz. A szoftver működéséhez rendelkezésre álló, az EcoInvent svájci központ által készített, adatbázis pedig a biomasszával kapcsolatos adatok tekintetében bír részletes adatokkal.



Szállítási távolság	Mutatók	Fűz, 2 éves vágásforduló	
		termény figyelembe vételével	termény figyelembe vétele nélkül
50 km	kg CO ₂ eq/t	-854,64	73,9
	kg SO ₂ eq/t	0,55	
	Energia input, GJ/t	1,00	
	Termény energiatartalma, GJ/t	7,93	
	Energia O/I hányados	7,91	
	kg CO ₂ eq/t	-847,04	81,53
100 km	kg SO ₂ eq/t	0,58	
	Energia input, GJ/t	1,13	
	Termény energiatartalma, GJ/t	7,93	
	Energia O/I hányados	7,01	
	kg CO ₂ eq/t	-839,44	89,15
	kg SO ₂ eq/t	0,62	
150 km	Energia input, GJ/t	1,26	
	Termény energiatartalma, GJ/t	7,93	
	Energia O/I hányados	6,29	

5. táblázat: Életciklus-elemzés eredményei kétéves vágásfordulójú energiafűznél 1 t friss hozamra vonatkoztatva

Mivel a módszertan szigorú értelmezése szerint a növény által megkötött CO₂ mennyiségét is figyelembe kell vennünk, az ÜHG-potenciál esetében a más szerzők számításaival való összehasonlíthatóság érdekében két adatot adunk meg. Egyrészt a fűz által megkötött CO₂-t is figyelembe vevő ÜHG-potenciált („termény figyelembevételével”), illetve az ezt figyelmen kívül hagyó kalkulációt („termény



figyelembevétel nélkül”), ahol – mivel a növény elégetésre kerül – CO₂ neutrálisnak vesszük a biomassza széndioxid megkötését.

Az ÜHG-potenciál a kétéves vágásfordulójú technológia esetében -854,64 és -839,44 kg CO₂ ekvivalens/t biomassza érték között mozog, ha a növény CO₂ megkötését is figyelembe vesszük. Ha ezt nem vesszük figyelembe az értékek 73,9 és 89,15 kg CO₂ ekvivalens/t biomassza érték között alakulnak, vagyis a növény elégetése esetében a termelés, a betakarítás és a hasznosító üzemhez való szállítás ennyi plusz széndioxid kibocsátást jelent. Ebből 50 tkm szállítás mintegy 7,6 kg CO₂ ekvivalens/t értékkel növeli az ÜHG kibocsátást. Ez a teljes kibocsátás 8-10%-át teszi ki.

A savasodási potenciál tekintetében már nincs jelentősége a biomassza által megkötött CO₂ külön történő figyelembevételének, így itt csak egy értéket kalkuláltunk. A savasodási potenciál értéke 50 km szállítási távolság esetében 0,55 kg SO₂ ekvivalens/t biomassza, amely 0,04 SO₂ ekvivalens/t értékkel (azaz mintegy 7%-al) nő, ha a megtermelt biomasszát további 50 km-re szállítjuk.

Az energiahatékonyság számításakor mind a biomassza előállításához, betakarításához és szállításához szükséges energiát, mind pedig a biomassza által megkötött energiát figyelembe véve számoltunk energiahatékonyságot O/I hányados segítségével kifejezve azt. Eredményeink szerint egy GJ energiaráfordítással, amely már tartalmazza a biomassza betakarítását és az 50 km-re lévő hasznosító üzemhez való elszállítását is 7,9 GJ biomasszában között energia állítható elő. Ez az érték természetesen kedvezőtlenebb, ha messzebbre szállítjuk a biomasszát: 150 km esetében csupán 6,29 GJ, vagyis további 50 km szállítási távolság tonnánként 0,13 GJ-lal növeli meg az energiaigényt.

A következőkben hasonlítsuk össze a fent ismertetett kétéves vágásfordulójú fűz energiaültetvény adatait két hagyományos szántóföldi növény, a búza és a kukorica ugyanolyan szállítási távolságokat feltételező környezeti hatásaival (5. táblázat). A kalkulációt itt is az EcoInvent 2.2 adatbázis felhasználásával készítettük, felhasználva az adatbázisban meglévő adatsorokat. A számítás funkcionális egysége az egy év alatt megtermelt kukorica vagy búza, a referenciaáram pedig 1000 kg.



Szállítási távolság	Mutatók	Kukorica		Búza	
		termény y figyele mbe- vételév el	termén y figyele mbe- vétele nélkül	termén y figyele mbe- vételév el	termény figyele mbe- vétele nélkül
50 km	kg CO ₂ eq/t	-	616,48	-	601,58
		765,32		731,02	
	kg SO ₂ eq/t	5,22		4,32	
	Energia input, GJ/t	4,06		3,57	
	Termény energiatartalma, GJ/t	15,75		15,74	
	Energia hányados	O/I 3,88		4,41	
	kg CO ₂ eq/t	-	624,08	-	609,18
100 km		757,72		723,42	
	kg SO ₂ eq/t	5,25		4,35	
	Energia input, GJ/t	4,19		3,70	
	Termény energiatartalma, GJ/t	15,75		15,74	
	Energia hányados	O/I 3,76		4,26	
	kg CO ₂ eq/t	-		-	
		750,12	631,68	715,82	616,78
150 km	kg SO ₂ eq/t	5,29		4,39	
	Energia input, GJ/t	4,32		3,83	



Termény		
energiatartalma,		
GJ/t	15,75	15,74
Energia	O/I	
hányados	3,65	4,11

6. táblázat: Főbb életciklus-elemzési eredmények kukorica és búza esetében

Kukorica esetében 14%-os nedvességtartalommal és 9279 kg/ha hozammal, míg búza esetében 15%-os nedvességtartalommal és 6425 t/ha hozammal számoltunk. A két növény esetében alkalmazott termesztéstechnológia integrált, tehát a konvencionálisnál kevesebb műtrágyát és növényvédő szeret alkalmaz, továbbá az általános európai növénytermesztési gyakorlatot tükrözi. Fontos itt megjegyeznünk, hogy bár az eredményeket a termény mennyiségére vonatkoztatjuk, a számítás a teljes növényre vonatkozó anyagáramokat veszi figyelembe, tehát mind a kukoricaszár, mint a búzaszalma mennyisége és az abban megkötött anyagáramok a kalkuláció részét képezik.

A CO₂ kibocsátás a kukorica és búza esetében lényegesen magasabb, mint a fűz energiaültetvény eredményei: a kukorica esetében 616,48 CO₂ ekvivalens/t biomassa, míg a búzatermesztés esetén 601,58 CO₂ ekvivalens/t biomassa 50 km-es szállítási távolság esetén. Amennyiben a biomasszában megkötött CO₂-t is figyelembe vesszük a különbség jóval kisebb: kukorica esetében -765,32, búza esetében pedig -731 CO₂ ekvivalens/t biomassa, ami lényegesen közelebb áll a fűz értékéhez (-854,64 CO₂ ekvivalens/t biomassa). A különbség oka az, hogy bár a gabonák esetében nagyobb az egy tonnában megkötött CO₂ mennyisége a jóval alacsonyabb nedvességtartalom miatt (búza termesztésekor -1332,6 CO₂ ekvivalens/t biomassa, kukorica termesztésekor -1381,8 CO₂ ekvivalens/t biomassa), azonban az intenzívebb termesztés következtében – több műtrágya, növényvédő szer és munkaművelet – a kibocsátási oldal is jóval magasabb.

Sokkal kedvezőtlenebb azonban a kép a savasodási potenciál eredményeit illetően. Ebben az esetben a gabonák mintegy tízszeres értéket (4,3-5,2 SO₂ ekvivalens/t biomassa) mutatnak a fűzhöz (0,55 SO₂ ekvivalens/t biomassa) képest. Ez a magasabb műtrágya, növényvédő szer és üzemanyag-használat miatti ammónia és a nitrogén oxidok légköri emissziójával magyarázható. Az



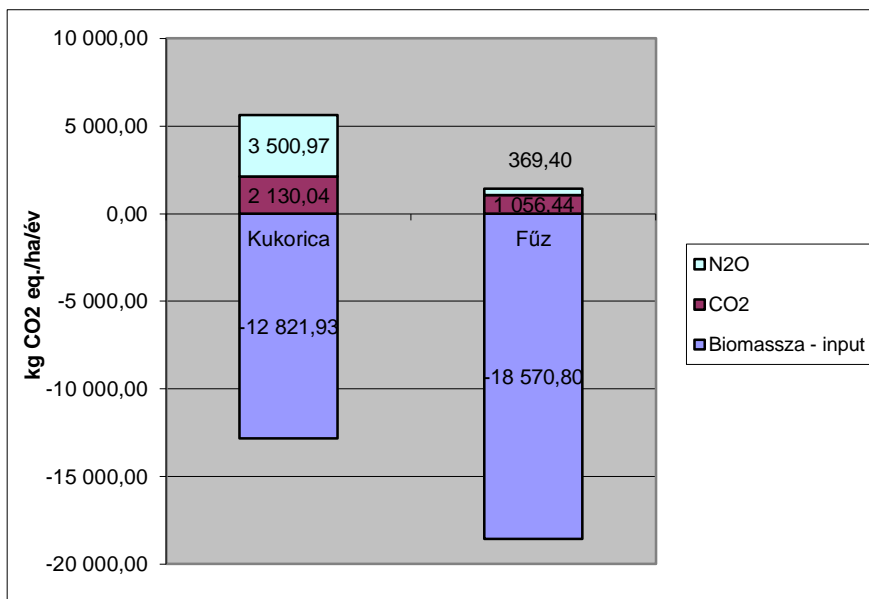
energiahatékonyság tekintetében közel kétszer hatékonyabbnak tekinthető a fűz a gabonáknál: búza és kukorica esetében 3,88-4,4 O/l hányadost kapunk, míg a fűz esetében 7,9 ugyanez az érték.

A területhasználat összehasonlíthatósága érdekében szemléletesebb adatokat kapunk, ha azokat egy hektárra vonatkoztatjuk. Ebben az esetben kukorica és búza termesztésekor hektáronként évente 7101 kg, illetve 4697 kg CO₂ nyelődik el - amelyben értelemszerűen a kukoricaszár és szalma szént tartalma is benne foglaltatik - míg a kétéves vágásfordulójú fűz esetében 17.093 kg. Az egy hektárra vetített savasodási potenciál a kukorica esetében 48,43 SO₂ egyenérték, a búzánál 27,73 SO₂ egyenérték, a fűz esetében pedig mindössze 11 kg SO₂ egyenérték kibocsátást jelent.

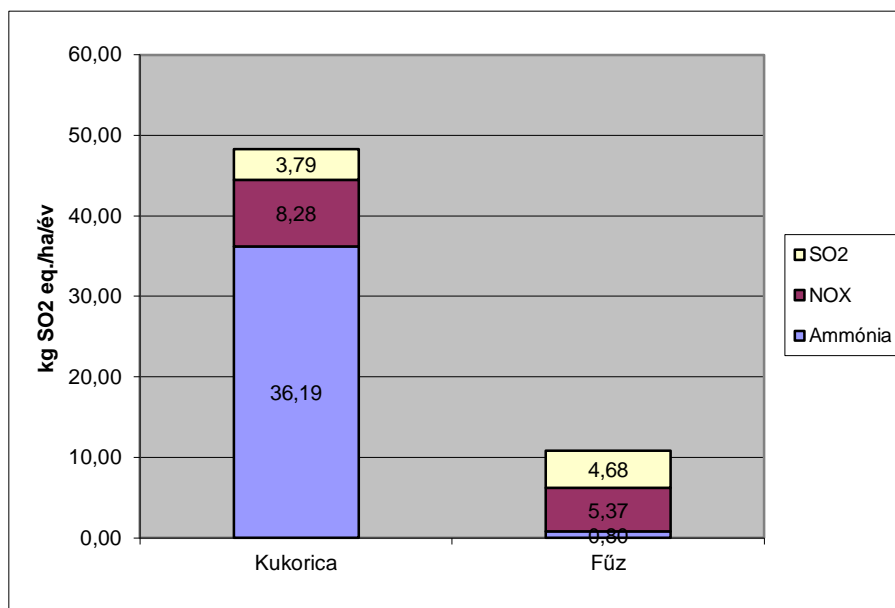
A kukorica és a kétéves vágásfordulójú fűz esetében a legfontosabb kibocsátási tényezőket mutatja a következő két ábra az ÜHG-potenciál (2. ábra) és a savasodási potenciál (3. ábra) esetén.

Az ÜHG-potenciál vizsgálatokor egyrészt a nyelés oldalán a CO₂ megkötés jelentett kiemelkedő értékeket, másrészt a kibocsátási oldalon a műveléskor felszabaduló fosszilis eredetű CO₂, illetve N₂O. Az adatok alapján szembetűnő a különbség mindkét mutatónál. A fűz kibocsátás oldali ÜHG-potenciálja töredéke a kukoricáénak, azonban egy hektárra vonatkoztatott széndioxid nyelése jelentősen meghaladja a kukoricáét, ahol elsősorban a műtrágyázásból adódó N₂O kibocsátás jelentős.

A savasodási potenciál kialakulásában elsősorban az ammónia-emisszió, valamint a fosszilis eredetű nitrogén-oxidok és a kéndioxid játszik fontos szerepet. A kukoricatermelés során nagyságrendileg magasabb a savasodási potenciál, amely főképpen a műtrágyázásból származó ammóniának és NO_x-nek tulajdonítható.



7. ábra: ÜHG-potenciál a kukorica és a kétéves vágásfordulóú fűz esetében 50 km-es szállítási távolság mellett



8. ábra: Savasodási potenciál a kukorica és a kétéves vágásfordulóú fűz esetében 50 km-es szállítási távolság mellett

Következtetések

A környezeti hatások túlnyomó hányada az intenzív művelésből - műtrágyázás, vegyszeres növényvédelem és gépüzem – adódik. A növény biomassza hozama, talajtakaró hatása pedig tompíthatja e környezetterheléseket.



Eredményeink egyértelműen mutatják, hogy az intenzívebb művelés jelentősen rontja a növénytermesztés környezeti mutatóit és terheli a környezetet. Ennek következtében a hagyományos szántóföldi gabonafélék mind energiahatékonyság, mind környezetterhelésük szempontjából sokkal kedvezőtlenebbek, mint a fás szárú energiaültetvények. Az energiahatékonyság tekintetében mintegy kétszeres, az ÜHG-potenciált illetően több mint nyolcszoros, a savasodási potenciál esetében pedig több mint tízszeres a különbség a szántóföldi gabonák és a fűz energiaültetvény kibocsátásai között 1 t terményre vonatkoztatva. Ha az eredményeket 1 ha területre vetítjük, az energiafűz előnye mérséklődik: az ÜHG-potenciál esetében mintegy két-háromszoros, a savasodási potenciált illetően több mint 2-4-szeres.

További fontos vizsgálati terület lenne az energiaültetvények összehasonlítása hasonló alapanyagot előállító földhasználatokkal, mint például a hagyományos erdőgazdálkodás során történő tűzifatermelés, illetve más technológiával megvalósuló fás vagy lágyszárú energianövény-termesztés.

A dolgozatban felhasznált ábrák, táblázatok saját készítésűek.

Irodalomjegyzék

- Barczi, A. – Joó, K. – Pető, Á. – Bucsi, T.: 2006. Survey of the buried paleosoil under the Lyukas-mound in Hungary. *Eurasian Soil Science*, 39, Suppl. 1., 133-140.
- Baráth E. - Ittész A. - Ugrósd Gy.: 1996. *Biometria*. Mezőgazda Kiadó. Budapest
- Begley, D., McCracken, A.R., Dawson, W.M., Watson, S.: 2008. Interaction in Short Rotation Coppice willow, *Salix viminalis* genotype mixtures. *Biomass and Bioenergy*,
- Dobó, E. – Fekete-Farkas, M. – Kumar Singh, M. – Szűcs I.: 2006. Ecological-economic analysis of climate change on food system and agricultural vulnerability: a brief overview. *Cereal Research Communications*, 34:1. 777-781.
- Farkas, C. - Randriamampianina, R. – Majercka, J.: 2005. Modelling impacts of different climate change scenarios on soil water regime of a mollisol. *Cereal Research Communication*, 34: 1. 185-188.
- Frisknecht R. Jungbluth N. (ed.): 2007. Overview and Methodology. *Ecoinvent Report No. 1*. Ecoinvent Centre, Dübendorf, 77.
- Gyuricza, Cs.: 2007. Cultivating woody energy crops for energetic purposes. *Biowaste*, 2:4. 25-32.
- Heller, M.C., Keoleian, G.A., Volk, T.A.: 2003. Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass and Bioenergy* 25: 147-165.



Mola-Yudego, B., Aronsson, P.: 2008. Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. Biomass and Bioenergy 32: 829-837.

Sára B.: 2010. Az életciklus felmérés lépései. FEBE ECOLOGIC, 10.



Szántóföldi klímakárcsökkentés talajműveléssel

Birkás Márta, Dezsény Zoltán

Szent István Egyetem, MKK, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

Tartalmi kivonat

A szélsőséges időjárási helyzetek szakmai elbírálást igényelnek, fel kell, és fel is lehet rájuk készülni, és szakmai választ kell rájuk adni. A növekvő gyakoriságú szélsőséges időjárási és vízforgalmi helyzetekre való felkészülés kulcskérdései lehet a talajminőség javítás, benne a nedvesség és szervesanyag kímélésen keresztül a talajok klíma érzékenységének enyhítése. A klímakár-csökkentés több évre előre látó programként kezelendő.

Kulcsszavak: talajművelés, klímakár, nedvesség kímélés, szervesanyag-óvás

Abstract

Climate damage mitigation in arable fields. The extreme weather conditions afflicted the agricultural activity requires professional competence and specialists are to elaborate the concrete and adaptable mitigation techniques. While the number of the extreme climatic and water transport conditions show upward tendency, the key issues of the mitigation cover both soil quality improvement and conservation of the water and organic material content in soils and alleviation of the soils sensitivity to the climate extremes. The mitigation of the climate extremes can be realised in a frame of the long-term national (regional) program.

Keywords: soil tillage, climate damage, moisture conservation, organic matter preserving



Javaslatok

A klímakárcsökkentéshez több évre előrelátó program szükséges. Ennek fontos elemei a következők: 1. A talajkondíció függetlenítése a klímától csak jó szervesanyag mérleg esetén várható, és ezt 10-15 év következetes munkával el lehet érni. 2. Szervesanyag- és vízkímélő művelés alkalmazása a talaj nedvességfelvételének és -megtartásának javítása érdekében. 3. A talajminőség javítás és klímakárcsökkentés nemzeti programmá emelése, az érdekeltek megtanítása a szükséges fogásokra.

A minden évre szóló feladatok a következők: 1. Szervesanyagkímélő művelés alkalmazása idénytől függetlenül. 2. A talaj nedvességbefogadását gátló hibák felismerése, és kiküszöbölése a lazult-réteg mélységének növelésével. 3. A bolygatott talajok takarása a nyári hő- és eső-stressz megelőzése érdekében. 4. A talaj vízvesztését mérséklő felszín alakítása az idény – nyár, tavasz, ősz-tél – szerint. 5. A legkisebb kárt okozó művelés alkalmazása szélsőséges – száraz, csapadékos – idényekben. 6. A talajnak ártó, és a nedvességvesztést fokozó művelések helyett talajgyógyító eljárások alkalmazása. 7. A talaj vízkészletét fogyasztó gyomok, és árvakelés élettevékenységének jól időzített megszüntetése; az elölt növényi maradványok védőanyagként, majd szervesanyag-utánpótlásként való hasznosítása.

Kulcsszavak: talajművelés, klímakár, nedvességkímélés, szervesanyag-óvás.

Bevezetés

A talajművelés sajátos helyet foglal el a klímahatásokat befolyásoló gazdálkodási tényezők között. A kedvezőtlen közgazdasági körülményekre a művelési gyakorlat rövid időn belül reagál, a klímaváltozásra – kivételektől eltekintve – sajnálatosan lassabban. A szántóföldeken az utóbbi két évtizedben tapasztalt termésingadozást a termelők, és a témakör elemzői jórészt a klimatikus szélsőségeknek tulajdonítják. Számos példát találunk arra, hogy a növénytermesztés – évszázadok alatt kifejlesztett – módszerei kevésbé alkalmasak az időjárási szélsőségek kivédésére. Olyan károkról van szó, amelyek nagyságát csak mérsékelni lehet. A kutató azzal tud többet, hogy ismeri a talajt veszélyeztető károsító, és kárenyhítő tényezőket, ezáltal megoldást is tud adni. Kutatásaink



eredményeként¹ a talajművelés eszköztárában ma már több módszer van, amellyel a nedvességnek a talajban való visszatartása javítható, és a vízveszteség is csökkenthető. A vízkímélő módszerek következetes alkalmazása a száraz idény túlélésére, hatásos nedvesség visszatartásra ad esélyt.

Anyag és módszer

A klímahatásvizsgálatokat a Józsefmajori Tanüzemben (É47.6890, K19.6058) Calcic Chernic Chernozem (WRB) talajon 2002 óta folyó *talajminőség klíma* tartamkísérletben, annak 10 kilométeres körzetében végeztük. Az előbbi esetben megkímélt talajról, az utóbbi esetben leromlott talajról beszélhetünk. A talaj humusztartalma a 0-40 cm rétegben 3,00 (2009), agyagtartalma 34-36 %, tápanyagellátottsága jó. A talaj szabadföldi vízkapacitása a felső 15-20 cm rétegben 0,36-0,38 m³m⁻³, a 45-50 cm rétegben 0,34-0,35 m³m⁻³. Az éves csapadékösszeg átlaga 580 mm (tenyészidőben 323 mm). Az évek minősítése a csapadék szerint: átlagos (2002, 2006), száraz (2003: -138 mm, 2004: -101 mm, 2011: - 283 mm, 2012: -286 mm), és csapadékos (2005: + 125 mm, 2008: +152 mm, 2010 +371 mm:). A 2007. és 2009. év a tenyészidőben volt száraz. A kísérlet egytényezős, sávos véletlen elrendezésű, négyismétléses, amelyben hat művelési kezelést alkalmazunk, ezek: direktvetés (DV), sekély tárcsás (15 cm, T), sekély és középmély kultivátoros (15 cm SK, 22 cm K) művelés, szántás felszín elmunkálással (32-33 cm, Sz), és lazítás (40 cm, L). A növényi sorrend a talaj szervesanyag tartalmának növelésére van alárendelve. 2007 előtt kalászos gabonákat, a tarlójukban zöldtrágya növényeket termesztettünk, majd kukoricát (2007, 2010), napraforgót (2008), illetve őszi búzát (2009, 2012), és zabot (2011).

Jelen dolgozatban a csapadékos és a száraz évekre jellemző talajminőség romlást takaratlan és takart felszín esetén, és a kárcsökkentés tényezőit tárgyaljuk.

Eredmények

A csapadékstressz

A csapadékstressz talajokra gyakorolt hatásának vizsgálatakor 250 mérési ponton 7 jellemző tényezőt állapítottunk meg, ezek a következők: 1. Felszíni eliszapolódás (%). 2. Felszíni kérgesedés (%). 3. Morzsa csökkenés (%). 4. Por

¹ Klímakár csökkentő talajművelési kutatásainkat 2009-2012 között a OM-00379v381/2008projekt, 2012-13 években a TÁMOP-4.2.A-11/1/KONV támogatta.



leomosódás (%). 5. Tömör réteg kiterjedése (mm). 6. Ülepedés (mm). 7. Földigiliszta tevékenység visszaesése. E tényezőket csekély, súlyos, és igen súlyos kategóriába soroltuk.

A csapadékstressznek a leromlott és takaratlan talaj nem volt képes ellenállni, ezért rajta súlyos károk keletkeztek (1. táblázat), ugyanakkor felszintakarás mérsékelte a kár kiterjedését.

Kárjelenség	Takaratlan talaj		Takart talaj (55%)	
	Leromlott	Megkímélt	Leromlott	Megkímélt
Felszíni eliszapolódás (%)	73,9 ± 8,4	50,1 ± 11,6	43,1 ± 9,6	5,7 ± 1,8
Felszíni kérgesedés (%)	75,0 ± 10,0	48,5 ± 11,5	42,0 ± 10,0	5,0 ± 1,5
Kéregvastagság (mm)	37,5 ± 5,5	21,0 ± 4,0	14,5 ± 2,5	9,0 ± 2,0
Morzsacsökkenés (%)	48,0 ± 6,0	26,0 ± 5,0	28,0 ± 6,0	7,0 ± 2,0
Por a tárcsázott rétegben (%) idény elején	21,9 ± 5,7	8,1 ± 2,3	16,3 ± 4,3	3,7 ± 1,5
Por 12,5 cm alatt (%) idény elején	3,45 ± 0,75	2,0 ± 0,6	2,65 ± 0,55	1,75 ± 0,35
Por 12,5 cm alatt (%) idény végén	24,35 ± 7,15	13,75 ± 2,45	10,9 ± 4,6	7,1 ± 2,1
Por a szántott rétegben (%) idény elején	24,8 ± 4,4	14,75 ± 1,85	12,75 ± 1,45	8,6 ± 1,9
Por 30,5 cm alatt (%) idény elején	10,75 ± 1,55	3,05 ± 0,65	2,25 ± 0,35	0,85 ± 0,25
Por 30,5 cm alatt (%) idény végén	34,7 ± 8,1	8,5 ± 1,1	15,3 ± 0,9	13,65 ± 1,85
Tömör réteg kiterjedése (mm) tárcsázott talajban	29,0 ± 3,0	18,5 ± 3,5	21,0 ± 3,0	13,0 ± 3,0
Tömör réteg kiterjedése (mm) szántott talajban	40,0 ± 8,0	17,0 ± 2,0	25,0 ± 3,0	15,0 ± 3,0
Ülepedés (mm) szántott talajban	65,0 ± 7,0	48,0 ± 6,0	40,0 ± 2,0	34,0 ± 2,0



Ülepedés (mm) lazított talajban	41,0 ± 5,0	23,5 ± 6,5	28,0 ± 2,0	24,0 ± 2,0
Földgiliszta db m ⁻² (0-20 cm)	1 – 5	10 – 15	12 – 15	15 – 20

1. táblázat: A csapadék-stressz hatása közép-kötött talajokon (Hatvan, 2010)

Valamennyi kárjelenség figyelmet kíván. Az *eliszapolódás* a morzsák hiányára, sok por jelenlétére utal, emellett a nedvesség talajba szivárgását gátló talajállapotra. A *felszínkérgesedés* leromlott talajokon tipikus, és az eliszapolódott felszín száradását követi. A *kéreg vastagsága*, porhanyíthatósága utal a talaj leromlás fokára. A kímélő művelés hiánya esetén rögök és *porképződés* kísér minden művelési beavatkozást. Átlagos idényben csekély a porleomosódás a művelt rétegből a művelés aljáig (vagy az első tömör rétegig), ellenben intenzív esős periódusok alatt a korábban, és a csapadék hatására képződött por is mélyebbre mozdul el. Esetünkben idény végén a tárcsázott és a szántott talajban is megfigyeltük ezt a jelenséget. Az intenzív esők mechanikai hatása, a morzsacsökkenés miatt a műveléssel kialakított lazult-réteg mélység is csökken, a *talaj ülepedik*. Erőteljesebben ülepedik a szántott talaj, mint a lazított. A földgiliszta szám objektív talajállapot indikátor. Hiányuk vagy kevés számuk rossz élőhelyre utal.

A tényezők vizsgálata azt igazolta, hogy a felszíni eliszapolódás és kérgesedés, a por lemosódás, ülepedés, a meglévő tömör réteg vastagodása káros mértékben a leromlott minőségű és takaratlan talajokon lép fel. A por lemosódás – amely 2010-ben szeptember végéig folyamatos volt – a talajban korábban meglévő tömörödés fokozódása, a *tömör réteg kiterjedése* miatt kárnövelő tényező (1. táblázat). A tömörödés fokozódása és a tömör réteg kiterjedése a növények életfeltételeinek lerontása révén gazdasági kárhoz, termés-csökkenéshez vezet. A kísérletben az idény végére a szántott talaj 16 %-kal, a lazított 9 %-kal, a kultivátorral művelt talajok 8 és 178 %-kal, a tárcsázott 37 %-kal ülepedett, a direktvetéses talaj pedig 9 %-kal. Úgy láttuk, a lazult réteg jelentősebben a tenyészidő elején hullott csapadék hatására ülepedett.

A vizsgálatok a károk felmérése mellett a tartósan kímélő művelés jótékonyágát is igazolták. A gondozott talajokon valamennyi, eső stressz által



befolyásolt kár a tűréshatárnál kisebb mértékben alakult ki. Ezen felül a több éve megkímélt talajon a felszín takarása tovább növelte a talaj tűrőképességét. A takaratlan felszín mindkét talajminőségváltozatnál súlyosabb kárt szenvedett, mint a takart. Ez a tapasztalat tovább növeli a tarlómaradványok – mint lehetséges takaróanyag – értékét.

A szárazságstressz

A vízhiány a talajban legalább olyan súlyos klímajelenség, mint a víztöbblet. Összesen 260 mérési ponton a talajt ért fizikai változásokat tanulmányozva 7 jelenséget tanulmányoztunk; ezek: 1. Felszíni kérgesedés. 2. Repedések kialakulása (nedvesség kiáramlás, mélyebb rétegek felmelegedése). 3. Morzsacsökkenés. 4. Indukált vízvesztés. 5. Talajellenállás növekedés (ezzel párhuzamosan a művelhetőség romlása). 6. A rögzösödési hajlam növekedése. 7. A földigiliszta tevékenység visszaesése. E felsorolt tényezőket csekély, súlyos, és igen súlyos kategóriába soroltuk (2. táblázat).

Kárjelenség	Takaratlan talaj		Takart talaj (55 %)	
	Leromlott	Megkímélt	Leromlott	Megkímélt
Felszíni kérgesedés (%)	xxx	xx	Xx	X
Repedés (> 10 cm, db/m ²)	xxx	xxx	Xx	X
Morzsacsökkenés (%)	xxx	xx	Xx	Xx
Vízvesztés az idényben	xxx	xx	Xxx	Xx
Talajellenállás növekedés (%)	xxx	xx	Xx	X
Rögzösödési hajlam növekedése	xxx	xx	Xx	X
Földigiliszta tevékenység db m ⁻² (0-20 cm)	Nincs (0)	Gyenge (3 – 5)	Közepes (5 – 10)	Jó (> 15)

*n= 250; x: csekély, xx: közepes, xxx: súlyos

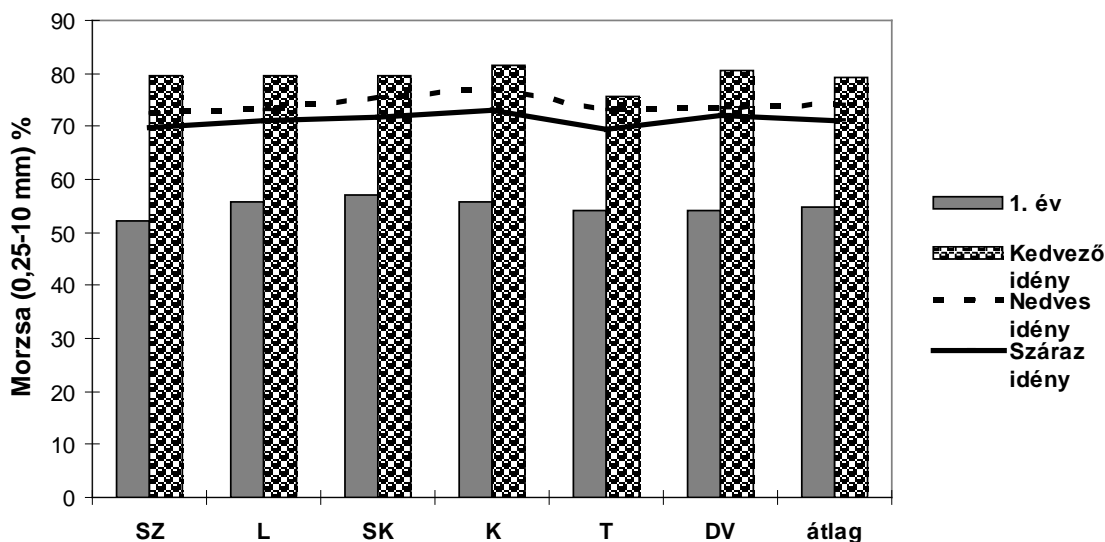
2. táblázat: A szárazság-stressz hatása a talajok állapotára

A szárazságstresszre jellemző károk nagyobb mértékben sújtották a leromlott és takaratlan talajokat. A tarlómaradványokkal takart felszín valamennyi felsorolt



kárjelenség hatását enyhítette, jóllehet a leromlott talajon a jótékony védelem kisebb mértékben érvényesült.

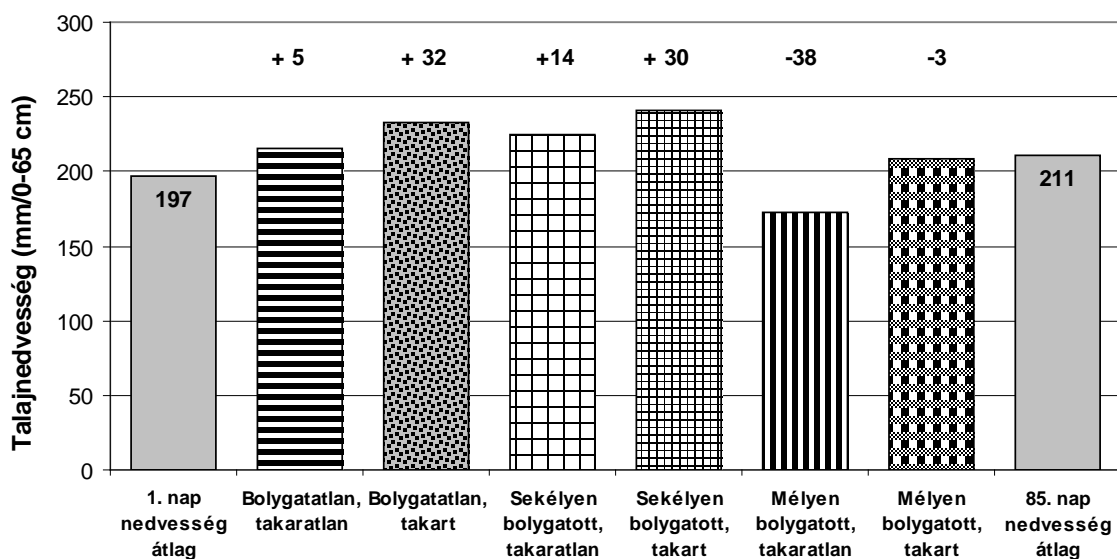
A továbbiakban néhány példával támasztjuk alá az előbb írottakat. Tartamkísérletünk 1. évében a 0,25-10 mm (morzsa) frakció átlagosan 55 % volt, és a kezelések között, értelemszerűen csekély különbség adódott (1. ábra).



1. ábra: A morzsatrend különböző művelések esetén, a kísérlet kezdetén, valamint kedvező, száraz és nedves években (Hatvan, 2002-2012)

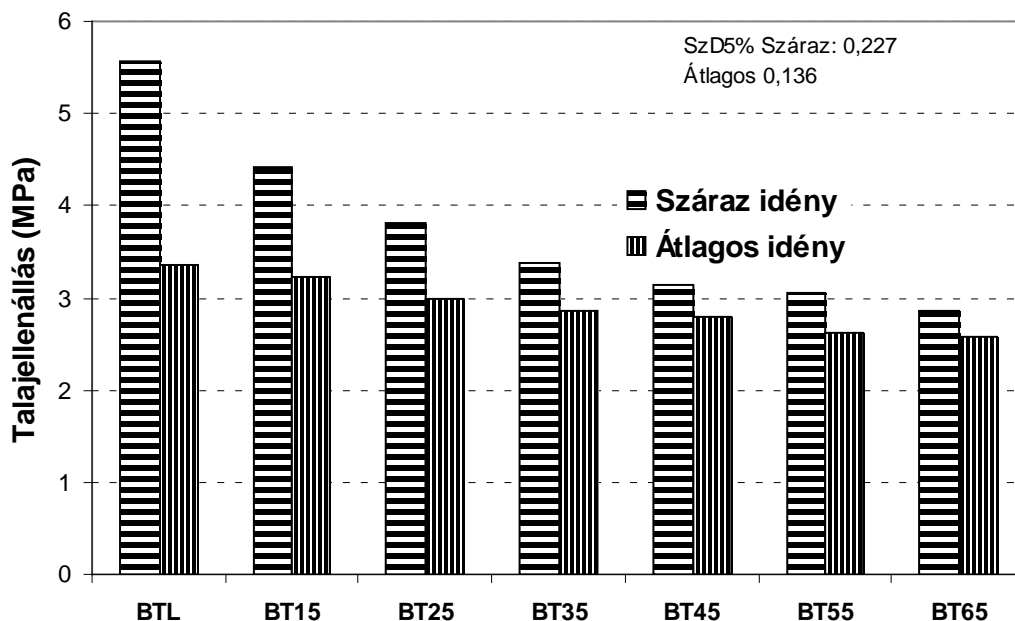
Kedvező évben a kezelések átlaga 79 %-ot tett ki, és a művelések között kisebb különbségek adódtak. A morzsásodás a nedves és a száraz idényekben is visszaesett, legkevésbé a takart (DV, SK, K, L), s nagyobb mértékben a szántott (SZ) és tárcsázott talajokban. E tapasztalat a csapadékviszonyokhoz adaptált talajművelés fontosságát igazolja.

A 2. ábra 0-65 cm talajréteg 85 napra vonatkozó nedvességforgalmát mutatja a 2012. száraz és tartósan meleg idényben. Adott talaj nedvesség-optimuma az adott rétegben 340 mm. Látható, hogy ettől az optimumtól jelentősen elmarad a nedvességtartalom, a vizsgálat kezdetén 143, a végén pedig 129 mm-rel. Csapadék a vizsgálat előtt (jún. 1-júl.15 között): 55 mm hullott, majd július végéig 38 mm. Augusztus csapadék-mentes volt. Szept. 9. és okt. 9. között 59 mm eső hullott. A vizsgálat kezdetén a kérdés az volt, mely művelés, illetve talajállapot alkalmasabb aratás után a talajban maradt nedvesség megtartására. A kísérlet során újabb kérdés merült fel, mely művelési változat, ill. talajállapot alkalmasabb a beállítás és a befejezés között hullott, összesen 97 mm csapadékvíz visszatartására.



2. ábra: Különbözően bolygatott, takart és nem takart talaj 0-65 cm rétegének nedvességforgalma (mm) a 85. napon, száraz és meleg időnyben (Hatvan, 2012. júl. 16-okt. 9). A takarás aránya 55 %.

A nedvességmérleg szerint a bolygatatlan és takart, valamint a sekélyen bolygatott és takart változatok bizonyultak adott szélsőséges időnyben nedvességkímélőknek. A mélyebb bolygatás esetén több volt nedvességvesztés, és különösen akkor, ha a felszín is takaratlan maradt. Ez az adatok a nyári mélyebb művelések kockázattól nem mentes alkalmazására intenek. A borítás fontos szerepet játszik a vízmozgást akadályozó tömör rétegtől mentes talaj mélyebb rétegeiből a felszín felé mozgó nedvesség visszatartásában. A mérsékelt veszteség a nedvességmegtartás lehetőségét kínálja hasonlóan szélsőséges időnyben. Az optimumtól eltérő nedvességtartalom a kísérlet körzetében minden talajon jelentkezett. A hiány csak a téli, és a 2013. márciusi csapadékok nyomán egyenlítődt ki.

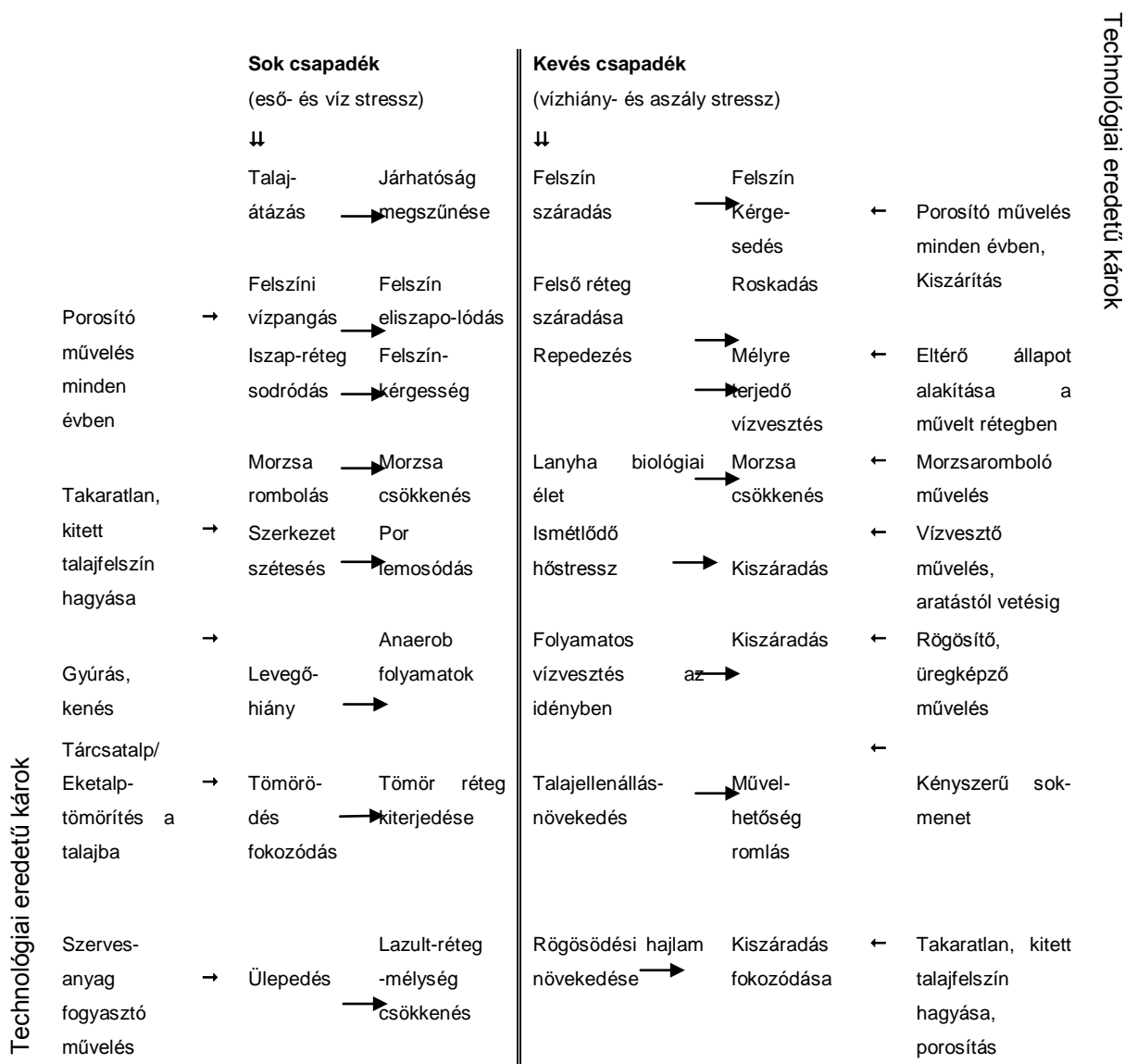


3. ábra: Jellemző talajellenállás átlag értékek bolygatatlan, tömör rétegtől mentes talajon átlagos és száraz idényben (Hatvan, 2009, 2010 júl.-aug.)

BTL: bolygatatlan, takaratlan, BT: bolygatatlan, takart 15, 25, 35, 45, 55, 65 %-ban

A klasszikus tarlógondozás az eredményesség a talaj művelhetőségének javulásával mérhető le. E szubjektív megközelítés helyett a talajellenállás értékeket találtak a minősítésre alkalmasnak (3. ábra). A száraz időszak éve 2012. Az átlagos idény 2009-re vonatkozik, amikor a június csapadékos (115 mm) volt, július szárazabb (22 mm), és az augusztus átlagos (78 mm). Különbséget találtunk mind az évek, mind a felszínborítások hatása között. Ez utóbbiak között szignifikáns az eltérés ($P < 0.05$), amely újra igazolja a nedvességvédelem fontosságát. Átlagos idényben az ellenállásértékek kisebbek, és az egyes kezelések közti eltérések is. Az átlagos idényben, kedvezőbb nedvesség esetén mért ellenállások a kezelések sorrendjében 40, 27, 21, 15, 11, 14, 10 %-kal kisebbek, amely egyrészt a nedvesség talajellenállást módosító hatását, másrészt a takarás nedvességkímélő, ezáltal művelhetőséget javító hatását igazolják.

A 4. ábrán: a klimatikus- és gazdálkodási károk talajállapotra gyakorolt hatásait foglaljuk össze.



4. ábra: A klimatikus- és gazdálkodási károk befolyása a talajállapotra

A 4. ábrán összefoglalt lehetséges károk ellenszerét az alábbiakban soroljuk fel.

Művelési teendők a talajokat sújtó klímakárok csökkentéséhez

1. Rendszeres talajállapot ellenőrzés szükséges annak megállapítására, van-e a talajban nedvességforgalmat gátló tömörödés, vagyis termesztési kockázat.
2. Vízáró rétegtől mentes állapotot kell fenntartani legalább 25-28 (jobb 35-45) cm mélyséig. Az alpművelés mélységét a talaj állapotától tegyék függővé: ha nincs



felszínhez közeli talpréteg, a sekélyművelés kockázata kicsi, ahol van, mélyebb alpművelés (lazításos, szántásos) ajánlott.

3. A talaj vízforgalmát gátló tömörödést mielőbb enyhíteni kell. A talajlazítás értékét a klímakár – aszály, belvíz – csökkentés esélye növeli. A lazítás után nem maradhat vízvesztő felszín; elmunkálásra a lazultságot kímélő eszközt használjanak.

4. Kis vízvesztő felületet szabad hagyni tarlóművelés és alpművelés után. Nyáron a bolygatott felszínt le kell zárni.

5. A tavaszi vetésű növények alá, őszi alpművelés után az egyenetlés, porhanyítás a jobb, így a vízbefogadás lehetősége megmarad, a vízvesztés veszélye jelentősen csökken.

6. Gondozni kell a tarlókat. A tarlógondozás jó esély a vízkímélésre és a gyomirtásra.

7. A tarlókészítéssel a gyomkezeléshez készítünk jó magágyat. A kikelt gyomokat – a vízvesztés megelőzése érdekében – irtani kell.

8. A jó szalmazúzás és terítés jóminőségű hántásra ad esélyt.

9. A talajnedvesség megóvására sekély hántás és felszínzárás, s felszínzárás esetén van esély. Az okszerű hántás mulcshagyó, talaj- és vízvédő.

10. A felszínzárás különösen a kritikus nyári hónapokban fontos. A takart talajt enyhébb hő- és zápor-stressz éri. Jó védelmet 35-45% takarás ad.

11. A jól zúzott talajba egyenletesen kevert 55-65 % hányad fokozatosan táródik fel. A talajba kevert szalma feltáródását a megkímélt talajban fellepszdült biológiai tevékenység segíti.

12. Kímélni kell a talaj szervesanyagát, és mellőzni a szénvesztő művelést. A tarlómaradványokat, a felszínvédelmi feladat betöltését követően a talajba kell juttatni.

13. Kímélni kell a talaj szerkezetét bármely művelésnél és idényben.

14. Az alpművelések jobb időzítése szükséges az elmunkálhatóság, és a nedvesség visszatartás érdekében (alpművelési módszerváltás).

15. Az elmunkálást és magágykészítést a nedvességkímélés szolgálatába kell állítani. Előnyben kell részesíteni a magágykészítés és vetés egymenetes módját. A külön menetes módot a talaj nedvességéhez kell jól időzíteni. Minél kevesebb idő teljen el a magágykészítés és a vetés között.

16. Művelési technológiai változtatás szükséges. A legfontosabb a talajminőség kímélése, a nedvességgel és a biomasszával való okszerű gazdálkodás.



17. Az öntözéssel járó óhatatlan károk megelőzése, mérséklése. A növények fenofázis szerinti vízigényének kielégítése hasznos (ekkor az öntözővíz hasznosul), a megkésett öntözés többnyire eredménytelen.

18. Rendszeres öntözés esetén gondoskodni kell a talaj szerkezetének, szervesanyagának védelméről, vízbefogadó- és tároló képességének fenntartásáról. Az öntözés befejezése után tilos a vízpazarló művelés.

19. A trágyázást a talaj tápanyag-ellátottsági szintjével és növényi sorrenddel kell összhangba hozni.

20. A növényvédelem segítse a növénytermesztést, a talajművelés segítse a növényvédelmet.

A szélsőséges időjárási helyzetek szakértő elbírálást igényelnek, fel kell, és fel is lehet rájuk készülni, és szakmai választ kell rájuk adni. A növekvő gyakoriságú szélsőséges időjárási és vízforgalmi helyzetekre való felkészülés kulcskérdése lehet a talajminőségjavítás, benne a nedvesség-, és szervesanyagkímélésen keresztül a talajok klímaérzékenységének enyhítése.

A dolgozatban az ábrák, diagrammok, táblázatok saját szerkesztésűek.

Irodalomjegyzék

Birkás M. – Szemők A. (2002): Termőhelyi-, talaj- és biológiai tényezők. In: Birkás M. (Szerk.): Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés 86-122. p.

Birkás M. (Szerk.) (2002): Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft.

Birkás M. – Jolánkai M. – Kisić I. – Stipesević B. (2008): Soil tillage needs a radical change for sustainability. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 73. 3. 131-136 pp.

Birkás M. (2001): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. 121-161. p. In: Birkás M. (Szerk.): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 292 p.

Birkás M. (2001b): Talajművelés és talajvédelem. 33-89. p. In: Gyuricza CS. (Szerk.): A szántóföldi talajhasználat alapjai. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 197 p.

FVM (2010): Hungarian agriculture and food industry in figures. Ministry of Agriculture and Rural Development. www.fvm.hu

Jolánkai M. – Birkás M. (2009): Climate change and water availability in the agro-ecosystems of Hungary. *Columbia University Seminars*. 38-39. 171-180 pp.



Jolánkai M. – Kren J. – Smutny V. – Birkás M. (2011): Land use system analysis approach. Proceedings. 46th Croatian – 6th International Symposium on Agriculture. Opatija. 102-106 pp.

Várallyay, G. (2006): Soil degradation processes and extreme soil moisture regime as environmental problems in the Carpathian Basin. Agrokémia és Talajtan. 55. (1-2) 9-18 pp.



Napenergia és energiabiztonság

Kocsány Ivett, Seres István, Farkas István

Szent István Egyetem, Környezetipari Rendszerek Intézet, Fizika és
Folyamatirányítási Tanszék, Gödöllő

Tartalmi kivonat

Jelen a dolgozat a napenergia-hasznosítás hazai helyzetével és lehetőségeivel foglalkozik, beleértve az energiabiztonsági és környezetvédelmi kérdéseket is. Részletesen ismertetjük az ún. aktív hasznosítást, amely alapvetően fototermikus vagy fotovillamos (PV) módon mehet végbe napkollektorok vagy napelemek segítségével.

Kulcsszavak: környezetvédelem, napenergia-hasznosítás, hatásfok, naperőmű

Abstract

This paper deals with the national status and the opportunities of the solar energy utilization including also the energy security and environmental protection issues. Detailed description on active utilization was expounded, which is basically carried out by photothermal or photovoltaic (PV) way by collectors or PV modules.

Keywords: environmental protection, solar energy utilization, efficiency, solar power

Bevezetés

Az Európai Unió és a tagországok energiapolitikájában megfogalmazódott elvek és érvényesített intézkedések, támogatások, kedvezményes hitelek stb. hatásaként az elsődleges energiaszükségletének egyre növekvő részét fedezik megújuló energiaforrásokból. Amennyiben a hagyományos energiaárban érvényesítik a környezeti ártalmak társadalmi költség kihatásait (externális költségek), akkor ez az arány még tovább növekedhet. Az ENSZ becslése szerint 2050-re ez akár a 60%-ot is elérheti. A legnagyobb növekedési ütemet a jelenleg kis



részarányt képviselő napenergia felhasználására prognosztizálnak. Ez köszönhető a rendelkezésre álló magas potenciálnak is.

A napenergia-hasznosítás hazai potenciáljának ismerete szükséges ahhoz, hogy a mind jobban előtérbe kerülő alternatív energiaforrások alkalmazási lehetőségeit és az ezekhez szükséges feltételeket reálisan ítélhessük meg, ugyanakkor az EU előírásainak hazai szinten megfeleljünk. Ennek megfelelően készült el a Magyar Tudományos Akadémia Megújuló Energia Albizottság felmérése az egyes megújuló energiaforrások részterületeire vonatkozóan (MTA MEA, 2006). Az elvégzett felmérésre alapozva megállapításokat tehetünk a magyarországi napenergia-potenciálról, illetve a felhasználás jelenlegi mértékéről (Farkas, 2010).

A napkollektorok segítségével történő aktív napenergia-hasznosításra alkalmas felület a következő évtizedben 32,25 millió m². Magyarország teljes aktív szoláris termikus potenciálja: 48,815 PJ/év.

A fotovillamos rendszerek szabad területeken telepítve erőművi alkalmazásokat szolgálnak, épületek tetőfelületére szerelve vagy épületek homlokzatába integrálva helyi energiaellátásra alkalmazhatóak (autonóm vagy hálózatra kapcsolt üzemmódban). Hazánkban a technikailag kedvezően beépíthető felület: 4051,48 km² (beleértve a vasutak és autópályák mentén való létesítésre felhasználható területeket is). Figyelembe véve a felületek dőlésszögmegoszlását, valamint a napelemek hatásfokát, a teljes fotovillamos energetikai potenciál: 1749 PJ/év.

A passzív szoláris termikus potenciál elsősorban az építészeti hő hasznosítására felhasználható energiát jelenti. Döntően a meglévő épületállomány rekonstrukciójára alapozva, hazánk teljes passzív szoláris termikus potenciálja: 37,8 PJ/év.

A jelenlegi helyzetet figyelembe véve a napenergia-hasznosítás energetikai és környezeti hatásainak értékeléséhez mintegy 300 ezer m² napkollektorral és 1,5 MWp teljesítményű telepített napelemmel számolhatunk. Ezek a számok a napkollektoros rendszerek esetén 450 TJ/év hőenergia-hozamot, illetve 36 ezer tonna olajegyenértéknek megfelelő légszennyeződéscsökkenést jelent. A napelemes rendszerek esetén – átlagos adatokkal számolva – az előállított villamos energia nagysága 7,6875 GJ/év, ami évente 1755 t CO₂-kibocsátás megtakarításával egyenértékű.



Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy Magyarország adottságai a napenergia-hasznosítás szempontjából kedvezőek, az évi napsütéses órák száma 1900-2200, a beeső napsugárzás éves összege átlagosan 1300 kWh/m².

Az érkező napsugárzás szempontjából legjobb helyzetű az Alföld középső és déli része. Az ország földrajzi helyzetéből adódóan azonban jelentős különbség van a téli és a nyári napsugárzási adatok között, ezért a Nap energiája a téli idényben csak korlátozottan használható fel, és a berendezéseknek fagy esetén is működőképeseknek kell lenniük.

Napenergiás rendszerek

A megújuló energiaforrások – ezen belül is a napenergia – közvetlen felhasználása számos terület fejlődésében játszik fontos szerepet, köztük a mezőgazdaságban alkalmazott szárításban, a háztartásokban, illetve a hétköznapi életben történő, a villamos energiának és a technológiai melegvízkészítésnek a felhasználásában, valamint a hőközlésben.

A Szent István Egyetem Fizika és Folyamatirányítási Tanszékén egy integrált szoláris rendszer került kiépítésre. A rendszer 1994 óta folyamatos fejlesztés alatt áll. Az eszközparkot az alternatív energiatermelés lehetőségeinek kutatása, oktatása és demonstrációja érdekében alakították ki.

A rendszer fotovillamos alapelemei amorf, illetve kristályos napelemekből állnak, a fototermikus alapelemek pedig sík-, vákuumcsöves és PVT hibrid kollektorokat tartalmaznak. A megépített fontosabb eszközök a következők: napenergiás szárító, transzparensszigetelésű fal, napenergiával fűtött növényház, kombinált szoláris uszodai fűtés, fotovillamos naperőmű.

A kísérletezési és demonstrációs céllal kiépített rendszer folyamatos ellenőrzés alatt áll. A fototermikus rendszer monitorozását egy, erre a célra kifejlesztett szoftver segíti. A mért adatokat 1 perces időközönként rögzíti a központi számítógép. A végzett kísérleteknél a vizsgálati paraméterek a következők: napkollektor be-, illetve kimenetén a szolár folyadék hőmérséklete, térfogatárama, valamint a napsugárzás intenzitása. A fotovillamos rendszer működésének ellenőrzéséhez pedig egy számítógéppel támogatott mérőrendszer került megtervezésre. Az adatgyűjtő rendszer által mért legfontosabb paraméterek a következők: környezeti hőmérséklet, besugárzás (horizontális és a modulok síkjában mérve), levegő-nedvességtartalom,



PV mező feszültség, áram, teljesítmény (egyen- és váltófeszültségi oldal egyaránt), PV modul hőmérséklet, megtermelt energia.

A továbbiakban a napenergia hasznosítás két fő területén alkalmazott eszközökről, nevezetesen a fotovillamos (napelemes) és a fototermikus (kollektoros) rendszerekről lesz szó.

Fototermikus rendszer

A fototermikus rendszer elemei egy SKV típusú síkkollektor (1,65 m² abszorber felülettel), egy vákuumcsöves kollektor (15db csővel, összesen 1,216 m² abszorber felülettel), valamint egy Volther Powervolt Hibrid kollektor (1,20 m² abszorber illetve napelem felülettel). A kollektorok szintén tartószerkezeten vannak rögzítve, 45°-os dőlésszöget zárnak be a vízszintessel (ez a szög további 5°-ként változtatható), illetőleg déli tájolásúak. A három kollektor esetében három különböző, az abszorber felületen alkalmazott bevonatról beszélhetünk. Síkkollektor esetében szelektív bevonattal kezelték a rézből álló hőelnyelő felületet. A vákuumcsöves kollektor belső üvegcsővének külső oldalára Alumínium alapréteget, majd egy sötét színű AL/N anyagú vékony réteget vittek fel, egy DC reakciós porlasztásos folyamattal. A hibrid kollektor a napelem továbbfejlesztésével került a köztudatba, ahol a napelem, amely a napenergiát alakítja át villamos energiává, és a kollektor, mely hőenergiává konvertálja azt, integráltan működnek egy eszközként (Tripanagnostopoulos, 2007)¹. A hibrid PV/T kollektor esetében a napelem alatt helyezkedik el a kollektoroknál használatos abszorber lemez - mely rézből van, és egy speciális szelektív bevonattal látják el -, és a hűtőfolyadékkal feltöltött réz csővezeték, mely a beérkező sugárzásból eredő hőt a rendszerbe iktatott tároló tartályba juttatja, így csökkentve a napelem hőmérsékletét.

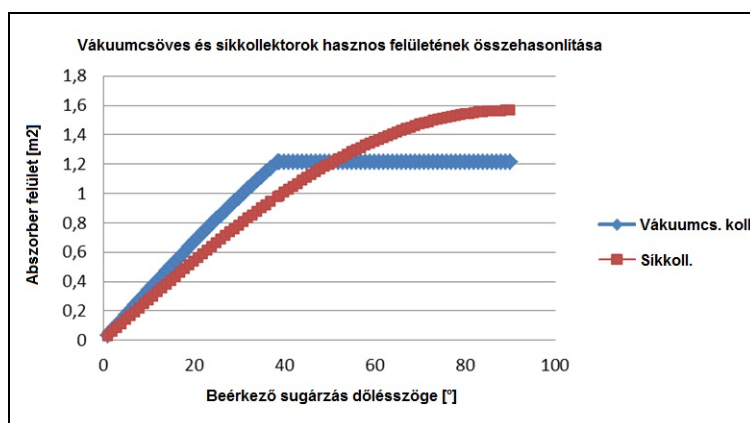
A tapasztalatok azt mutatják, hogy a különböző napszakokban, illetve eltérő fényviszonyok esetén az energiahasznosítás mértéke eltérő a különböző technológiák szerint. Az alacsony sugárzási szint mellett a vákuumcsöves kollektor kialakításának geometriai különbözősége és kis konvektív hővesztesége miatt jobb a hatásfoka, mint a síkkollektoros, illetve hibrid társának. A geometriai különbségekből adódóan, a két kollektor azonos intenzitású sugárzási értéknél, valamint megegyező nagyságú beesési szög alatt (a felületre érkező

¹ Tripanagnostopoulos Y. (2007): Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems. Solar Energy, vol. 81 (9), pp. 1117–31



sugárzás és a felület normál vektora által bezárt szöget jelenti) különböző teljesítményt, hasznos felület nagyságot mutat, és a visszaverődő sugárzás mértéke sem egyenlő.

Az eredmények típusonként számos esetben eltérnek, melynek oka többek között a kivitelezésükből (hasznos felület méretei és geometriája), a hőveszteségeikből és az elnyelő felületek érzékenységeiből adódik. Az abszorber felület kialakítása a vákuumcsöves kollektor esetében és a síkkollektor esetében is változhat, ami azt jelenti, hogy a nap spektrumának különböző részeit jobban hasznosítják. Közismerten a lemenő és a felkelő nap spektrumában az infravörös sugárzás mértéke különböző a napközbeni értéktől, az eltérő vastagságú levegőrétegen való áthaladás (illetve a levegő szóró hatása) miatt. Ezen különbségeket az általunk készített geometriai modell eredményei szemléltetik igazán. Számításaink szerint ugyanannál a beérkező napsugárzásnál a vákuumcsöves kollektor már eléri a hasznos felületének teljes nagyságát, ellentétben a síkkollektorral, amely ennél a szögnél még növekvő tendenciát mutat (Kocsány és Seres, 2011). A két kollektortípus összehasonlítása az alábbi (1. ábra) diagramon egyértelműen látszik.



1. ábra: Sík- és vákuumcsöves kollektorok aktív abszorber felületének összehasonlítása

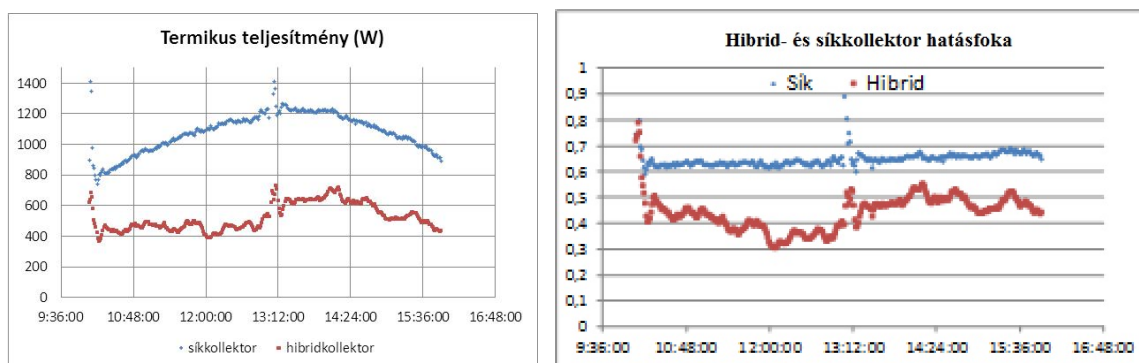
A két kollektortípus, a vákuumcsöves és a síkkollektorok működésének összehasonlítását azonos körülmények között, azonos intenzitásnál és külső hőmérsékletnél, azonos dőlésszöggel és áramlási sebességű hűtőfolyadékkal végeztük. További méréseket és számításokat végeztünk a síkkollektorok és hibrid kollektorok termikus teljesítményének meghatározásához.



A mért adatok: be- és kilépő folyadék hőmérséklet ($dT = T_k - T_{be}$), és térfogatáram $\left(\frac{dV}{dt}\right)$ volt, ahol a nevezőben a két mérés között eltelt időtartam szerepel. A szolár folyadék fajhőjét és sűrűségét irodalmi adatokból vettük, a fenti adatokból a termikus teljesítmény az alábbi összefüggéssel határozható meg:

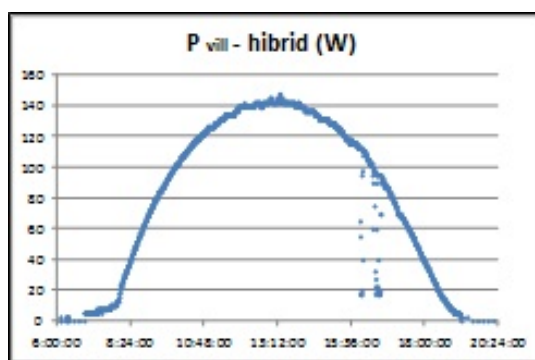
$$P_{\text{termikus}} = c m \frac{dT}{dt} = c \rho \frac{dV}{dt} dT.$$

Az így meghatározott termikus teljesítményt a beeső sugárzás teljesítményével összevetve egy hatásfok jellegű jellemzőt kapunk (2. ábra). Ez ugyan változik a működtetési paraméterek változásával, azonban jellemzi az eszköz működését.



2. ábra: Sík- és hibridkollektor termikus teljesítménye és hatásfoka (2012. április 30.)

A hibrid kollektor mért villamos teljesítményét összevetettük egy polikristályos, 240 Wp (4x60 Wp) teljesítményű blokk villamos teljesítményével. Az villamos teljesítmény napi eloszlása a 3. ábrán látható.



3. ábra: Hibrid kollektor villamos teljesítményének napi változása



A két eszköz napi energiatermelésének összehasonlításából az látszik (1. táblázat), hogy a hibrid kollektor pár százalékkal több villamos energiát termelt, mint a 240 W-os telep.

Hibrid PV	Polikristályos PV
3895205 J	3627442 J J
1,082 kWh	1,008 kWh

7. táblázat: PVT kollektor és polikristályos napelem napi energiatermelése

A bemutatott vizsgálatok alapján mérésekkel is megerősítettük azt a tényt, hogy a hibrid kollektor villamos teljesítménye – a HMV termeléssel járó alacsonyabb üzemi hőmérséklet miatt – magasabb a hűtetlen napelemek teljesítményénél, esetünkben néhány százalékkal felülmúlta a nála 20%-kal nagyobb névleges teljesítményű napelemblokk teljesítményét.

Fotovillamos rendszer

A Szent István Egyetem gödöllői kampuszán, a Fizika és Folyamatirányítási Tanszék gondozásában 2005 októberében került sor egy 10 kW teljesítményű fotovillamos rendszer – az országban akkor a legnagyobb ilyen jellegű rendszer – üzembe helyezésére, az Európai Unió PV Enlargement projektjének támogatásával. A rendszer az energiatermelési feladatok mellett oktatási, kutatási és demonstrációs célokat szolgál. A működési eredmények számos TDK és diplomadolgozat alapjául szolgáltak. Az eltelt mintegy hét éves működés során a rendszer teljesen megbízhatóan működött, a működési paraméterek folyamatosan rögzítésre kerültek, ezen adatok adják a rendszerrel kapcsolatos kutatómunka hátterét.

A fotovillamos rendszer három különböző technológiát alkalmazó mezőből (alrendszerből) épül fel (4. ábra). Az egyik alrendszer 32 db ASE-100 típusú (RWE Solar GmbH gyártmányú) 105 Wp teljesítményű modult, a másik két alrendszer pedig egyenként 77 db DS40 típusú (Dunasolar Kft gyártmányú), 40 Wp teljesítményű modult tartalmaz. A napelemek által megtermelt kb. 400 V feszültségű egyenáramú hálózat energiáját részrendszerenként egy-egy inverter (Sunpower SP3100/600 és SP2800/550 inverterek) alakítja át 230 V-os váltakozó feszültséggé, és táplálja be a



kollégium villamos hálózatába. A rendszer összteljesítménye 9,6 kW, a napelemek összes felülete 150 m².



4. ábra: Szent István Egyetem 10 kW névleges teljesítményű naperőműve

A rendszermodellezéssel becsült és a ténylegesen megtermelt energia értékeit a 2. táblázatban mutatjuk be.

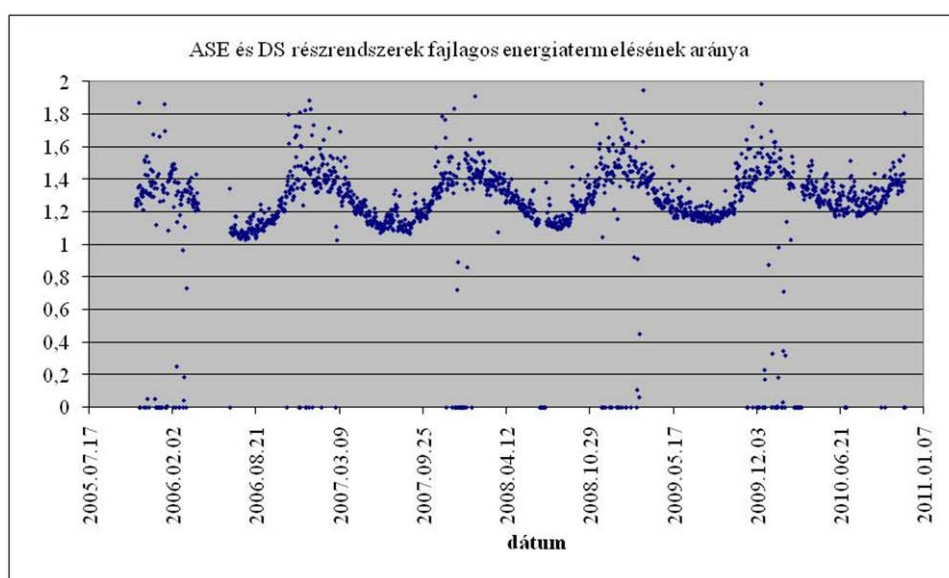
Időtartam	modell, kWh	mért, kWh
2005 okt-dec	1 216	1 383
2006 jan-dec	10 260	10 053
2007 jan-dec	10 260	10 325
2008 jan-dec	10 260	9 522
2009 jan-dec	10 260	9 601
2010 jan-dec	10 260	8 892
2011 jan-dec	10 260	9 331
2012 jan-dec	10 260	10 008
2005.10.08 –2012.12. 31	73 036	69 115

2. táblázat: A PV mező becsült és mért energiatermelése

Ahogy az a táblázat adataiból is látható, a rendszer az időjárási eltérésekből adódó fluktuációktól eltekintve pár százalékkal a tervezett energiaszint alatt működik. Először a két, elvileg azonos névleges teljesítményű, amorf szilícium (DS40) napelemes részrendszerek energiatermelését vizsgáltuk (Farkas és Seres, 2010).



Megfigyelhető volt, hogy a részrendszerek valóban szinte azonos mennyiségű energiát tápláltak a hálózatba (energiatermelésük aránya kb. 1), de a kis eltérést vizsgálva, feltűnik egy évszakos jelleget mutató, néhány százalék mértékű ingadozás. Azt gondoljuk, ennek az lehet az oka, hogy a téli, alacsony napállású időszakban a reggeli és délutáni időszakban, amikor már/még van energiatermelés a rendszerben, az első sor kivételével a többi sor részben árnyékolásra kerül. Lényegesen nagyobb, évszakos jellegű ingadozás figyelhető meg, ha a polikristályos (ASE100) modulokból felépített részrendszer energiatermelését hasonlítjuk a DS40-es részrendszerek átlagos energiatermeléséhez, ahogyan az 5. ábrán látható is.

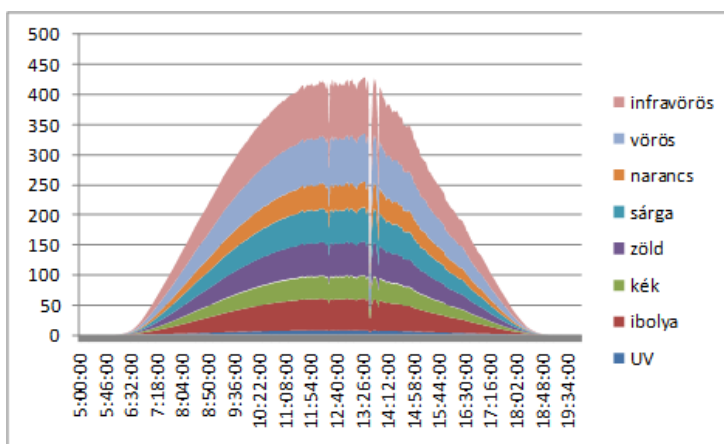


5. ábra: Az ASE100 és DS40 részrendszerek fajlagos energiatermelésének aránya

Mivel a különböző technológiájú részrendszereknél eltérést okoz az, hogy eltérő a névleges teljesítményük, ez utóbbi grafikon készítésekor, és a további vizsgálatok során a fajlagos energiatermelést, vagyis az 1 kW névleges teljesítményre vetített energiatermelést vettük alapul. Ezt tehát úgy kaptuk meg, hogy az adott részrendszer energiatermelését elosztottuk a névleges teljesítményével. A grafikonon megfigyelhető évszakos ingadozás abból adódik, hogy az eltérő meteorológiai viszonyok között (elsősorban az eltérő spektrális és hőmérsékleti körülmények között) máshogy változik az eltérő technológiájú napelemek hatásfoka. Megvizsgáltuk továbbá, hogy a fajlagos energiatermelési adatok aránya (ami a hatásfokok arányára utal) miként függ a beeső energia arányától.



Az eredményekből megállapítható volt, hogy jó sugárzási körülmények között, nagy energia-behozatal esetén a fajlagos energiatermelés arány mintegy 10 százalékkal alacsonyabb, mint alacsony energiatermelés, tehát rossz sugárzási viszonyok között. A megfigyelt kapcsolat részletesebb vizsgálatára az energiatermelési mérésekkel párhuzamosan spektrális méréseket is végeztünk. Az eszköz soros porton keresztül egy laptop-hoz kapcsolódott, amelyen keresztül programozni lehetett a mérések gyakoriságát, és a számítógép szolgált egyúttal a mérési adatok tárolására is. Mivel a spektrométer egy pillanatnyi állapotot mért, percenkénti gyakorisággal rögzítettük a spektrumot, amit később 10 perces átlagokká alakítottunk, és mentettünk – ugyancsak 10 perc az energiaértékek átlagának mentési periódusa is. A mért hullámhossztartományt az irodalomban elfogadott értékek alapján hullámhossztartományokra bontottuk (UV, ibolya, kék, zöld, sárga, narancs, vörös, infravörös), és napi bontásban meghatároztuk a beeső energiának az egyes hullámhossz tartományba eső részarányát. Egy adott nap (2009. szeptember 21.) spektrális mérési eredményeit a 6. ábrán mutatjuk be.

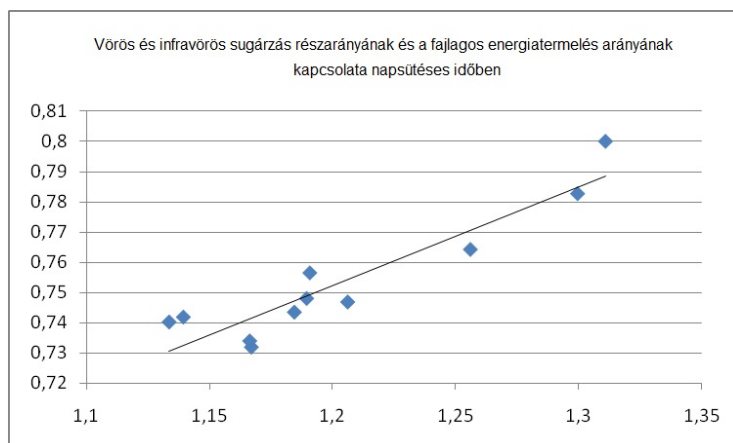


6. ábra: Mért spektrális eloszlás tartományokra bontással

Az analízis során először azt néztük, hogy egyes napelemek számára fontos hullámhossztartományok (pl. vörös vagy vörös és infravörös együtt) esetén a beeső energia mekkora hányada esik a kérdéses tartományba, illetve ez az arány hogyan változik a nap folyamán. Az eredményekből látható, hogy a reggeli és délutáni időszakban, amikor a napsugaraknak vastagabb légrétegen kell áthaladniuk, több kék foton szóródik a légkörbe a napsugárzásból, azaz a vörös/infravörös tartomány részaránya megnő. A 7. ábrán a vörös/infravörös sugárzás részarányának és a



fajlagos energiatermelés arányának kapcsolatát ábrázoltuk napsütéses napok átlagértékei alapján.



7. ábra: A sugárzási és a fajlagos energiarezs-arány különböző napok esetén

Következtetések

Magyarország a napenergia-hasznosítás területén jelentős potenciállal rendelkezik. A napenergia-hasznosító eszközök teljesítménynövelésében, a visszaverődő sugárzás mértékének csökkentése, a különböző kivitelezésű kollektorok adhatnak megoldást. A kapott eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a sík- és vákuumcsöves kollektorok ugyanazon szög alatt érkező sugárzásnál eltérő aktív felülettel dolgoznak, ebből következően a teljesítményük is eltérő.

Az eltérő technológiájú napelemekből álló rendszerek működésében évszakos periodicitást mutató változás figyelhető meg. Az energiatermelési adatok alapján meghatározott fajlagos energiaarány lineáris kapcsolatban van a rendszer napi energiatermelésével, ami a hatásfokok spektrális függésére enged következtetni. A spektrális mérési adatok kiértékelése alapján megállapításra került, hogy a fajlagos energiatermelés aránya a vörös/infravörös sugárzásban érkező energia arányával mutat korrelációt.

Köszönetnyilvánítás

A jelen dolgozat az OTKA K 84150 projekt támogatásával készült.

A dolgozatban felhasznált ábrák, diagrammok, táblázatok saját szerkesztések.



Irodalomjegyzék

MTA (2006). Magyarország megújuló energetikai potenciálja, szerk. Imre L. és Bohoczky F., Budapest

Farkas I.: A napenergia hasznosításának hazai lehetőségei, Magyar Tudomány, Vol. 8., 2010, 937-946. o.

Farkas I., Seres I.: 10 kWp teljesítményű fotovillamos rendszer a Szent István Egyetemen, Magyar Energetika, XVII. évf., 3. sz., 2010. május-június, 26-29. o.

Kocsány, I., Seres, I.: Sík- és vákuumcsöves kollektorok hasznos felületének geometriai modellje, GÉP, LXII évf., 2011, 6. sz., 12-16. o.



A szélenergia szerepe az energiabiztonságban

Tóth László, Schrempf Norbert

Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gödöllő

Tartalmi kivonat

A szélenergia az egész világon igen nagy népszerűségnek örvend, nagy becsben tartják, ezt igazolják a hatalmas fejlesztések és a számos elképzelés az erőművek minél jobb kihasználására. Hazánkban a szélerőműfejlődés 2010-ben megtorpant, miközben jelentős beruházási kedv figyelhető meg. A jelenlegi szélerőmű kapacitás 330 MW, s ezek 625 GWh/év villamos energiát termelnek, ami ~200 millió m³ földgáz kiváltását eredményezi, miközben ~400 000 tonna CO₂ kibocsátást is elkerülünk (~14 Milliárd Ft/év import gáz, és 1,0-1,8 Milliárd Ft/év értékű CO₂). A kihasználási tényező 21-23%.

A szélerőművek által előállított univerzális és közkedvelt villamos energia az élet minden területén - környezeti emisszió nélkül - egyre inkább költségtakarékosan szolgálja mindennapi életünket. A szélenergia hasznosítása pénzügyi szempontból is a társadalom egyik leginkább perspektivikus beruházása lehet.

Magyarország az igen ambiciózus megújuló energia felhasználásra irányuló tervét (2020. évre) a szélenergia jelenleginél jelentősebb felhasználása nélkül nem valószínű, hogy teljesíteni tudja.

Kulcsszavak: *szélenergia kapacitás Magyarországon, szélenergia támogatási rendszere, szélerőművek kihasználási tényezője*

Abstract

Wind energy is very popular all around the world. Huge investments and the new ideas for increasing the efficiency of power plants prove this. Wind energy development stopped in 2010 even though there is big investment demand for it. Currently the used wind energy capacity is 330MW in Hungary, which produces 720GWH/year of electric energy. This amount of energy can take the place of



200.000.000 m³ natural gas whilst we can avoid 400.000 tons of CO₂ emission (~14 billion HUF/year import natural gas, and 1.0-1.8 billion HUF/year mount of CO₂). The efficiency factor is 21-23%.

The electricity produced by the wind power plants can be used in every way of life in a more and more time saving way, without emission. In financial aspects wind energy utilization can be an advantageous investment of the society.

In fact, Hungary cannot manage to hit its' target for alternative energy utilization for 2020 without the usage of wind energy.

Keywords: *Wind energy capacity in Hungary, financial aspects of wind energy, efficiency factor of wind power plants*

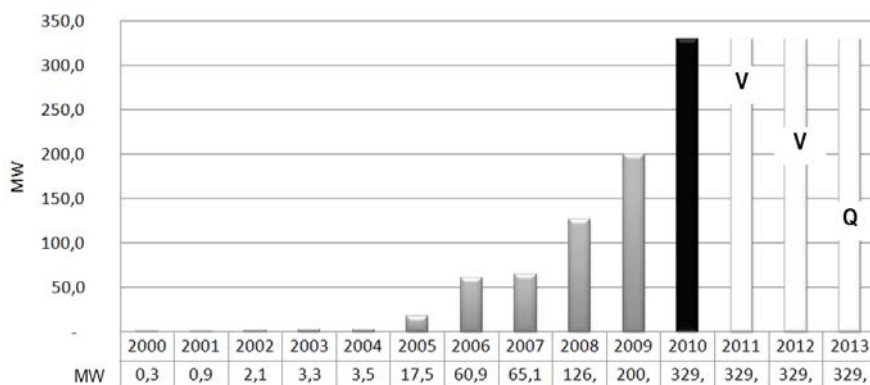
A szélenergia hazai fejlesztéseinek áttekintése

Az 1980-90-es években a mérőoszlopokon végzett mérések azt bizonyították, nagyobb magasságban (100-120m) Magyarország megkülönböztetett területein megfelelő, a szél erőművek működtetéséhez alkalmas szélviszonyok uralkodtak. Az első, kifejezetten szél erőmű telepítésre vonatkozó mérést (1998-'99), a Kisalföld térségében a SZIE munkatársai. Az első, villamoshálózatra kapcsolt 600 kW teljesítményű, Enercon gyártmányú 65 m oszlopmagasságú szél erőmű az E-ON RT közreműködésével és hazai forrásokból 2002-ben létesült. Az erőmű kedvező vizsgálatainak eredményei alapján lezárult azon vita, hogy Magyarország területe gazdaságosan alkalmas-e szélenergia hasznosítására.

Az első széchenyi terv hatásai

A VILLAMOSENERGIA-TÖRVÉNY (2005) úgy rendelkezett, hogy a termelt villamos energiát az állam támogatja, az ún. KÁT támogatás keretén belül. E támogatás lehetővé tette, hogy a szélenergia hasznosítása a vállalkozók részére gazdaságos legyen, mivel a beruházások 9-12 év alatt megtérülnek. Ezt követően a kormányzat ún. széltendert írt ki 330 MW teljesítményre.

A túljelentkezés és az elbírálások körüli bonyodalmak ellenére a nyertesek a ~330 MW kapacitást korszerű berendezések felépítésével megvalósították (1. ábra). A gépek 90%-ánál a gondolmagasság a hazai szélviszonyokat követve 90-120 m. Az építés ütemét a 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: Magyarország szélerőmű kapacitásának alakulása
(V = változatlan, Q = Tender kiírás?)

A termelés a tervezettnek megfelelő 610-640 GWh/év. Az ebből számítható országos átlagos kapacitáskihasználási tényező ~21,5 % (ebbe bele kell érteni a leállásokat is). Egyes parkoknál 23-25%-os értéket is kimutattak, tehát a megelőző mérések és a széltérkép becslése megfelelő.

A jelenlegi szélerőmű kapacitás évente ~200 millió m³ földgáz kiváltását eredményezi, miközben ~400 000 tonna CO₂ kibocsátást is elkerülünk (közelítőleg 14 Milliárd Ft/év import gáz).

Fejlődés a világban

A műszaki fejlődés irányai

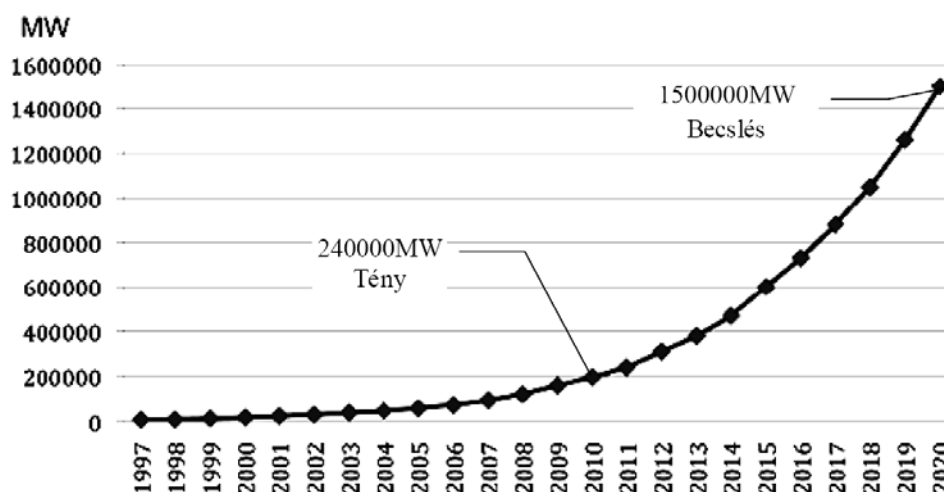
Szárazföldi körülmények között az nagy energiatartalmú szelek 80-200 m magasságban vannak, ezért az oszlopok magassága folyamatosan növekszik. Ezzel párhuzamos a lapátkerékátmérő növelése (D=120-130m), hiszen a teljesítmény a szélesebb mértéke mellett a lapátkerék által súrolt felület nagyságától függ. A tengeri erőműveknél a méretnövekedés mellett az alapozási, ill. lehorgonyzási fejlesztések a leginkább jelentősek, de a szerkezetek időjárás és mechanikai igénybevételének megoldása is folyamatosan napirenden van. Éppen ezen okok miatt a beruházási költségek magasak, amelyeket ma még a nagyobb hatékonyság sem képes teljesen kompenzálni. A kiforrott gyártmányoknál a fejlesztések a hatékonyság javítására és a megbízhatóságra, tartósságra irányulnak.



A kapacitásfejlődés iránya

Szélerőmű létesítések a világban

A szélerőműgyártás ma a világon a legdinamikusabban fejlődő iparág. Ezt szemlélteti a világ szélerőenergia kapacitásának hatalmas ütemű növekedése (2. ábra). Az évente épített kapacitásokat szemlélteti a 3. ábra a legnagyobb beruházókra vonatkoztatva. 2007-ig a három másikkal szemben Európa első volt, 2008-ban az USA megelőzte, s 2009-ben már Kína is. Jelenleg Kína egymaga annyit épít, mint Európa és az USA együttesen. Ha elfogadjuk a 2. ábra szerinti WWEA becslést akkor 2020-ban (egy év alatt) ugyanannyi kapacitást kell létrehozni, mint amennyi az elmúlt 10 év alatt épült. Ez 240 milliárd dollár/év beruházást igényel! Összesen 1000-1200 milliárd dollár beruházást igényel 2020 végéig a feltételezett igény.¹ Ez hatalmas gyártó és fejlesztő bázist igényel. Ebben és egyéb megújuló energia iparban (gyártásban, munkahelyteremtésben – szellemi és fizikai egyaránt) csak akkor lehetünk szereplők, ha magunk is felhasználók vagyunk és felhasználjuk korporatív előnyeinket a térségünkön belül.



2. ábra: A világ szélerőenergia kapacitásának fejlődése 2020-ig.

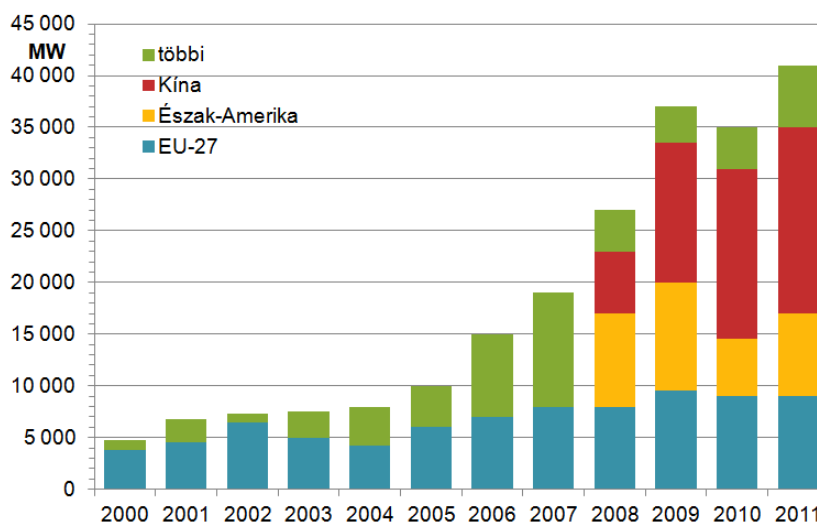
(Forrás: WWEA-2011)

Az utóbbi években a legnagyobb fejlesztéseket Kína hajtotta végre (3. ábra). Európának 2006-ig volt vezető szerepe globálisan, 2008-ban az USA, majd 2009-

¹ A szerző megjegyzése: Ez ideig a WWEA minden hosszabbtávú becslése alulértékeltnek bizonyult.

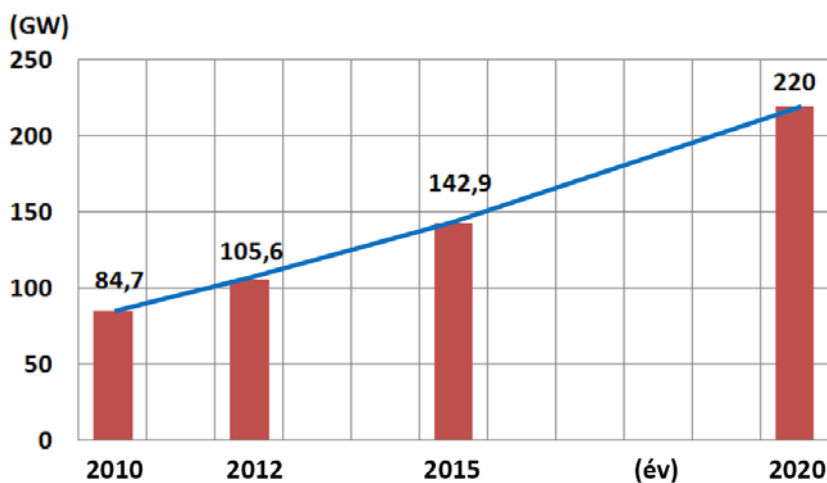


ben Kína is megelőzte Európát és 2011-ben Kína egymaga többet investált, mint Európa és USA együttesen.



3. ábra: A fejlődési trend napjainkig a világban (2008-tól a többi-t 3 részben jellemezve)
Adatforrás: Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

Az EU 27-ek nemzeti cselekvési tervei alapján 2020-ra a 2010. évi kapacitás megháromszorozódik. Az eddigi trend ennek megvalósíthatóságát igazolja (4. ábra).



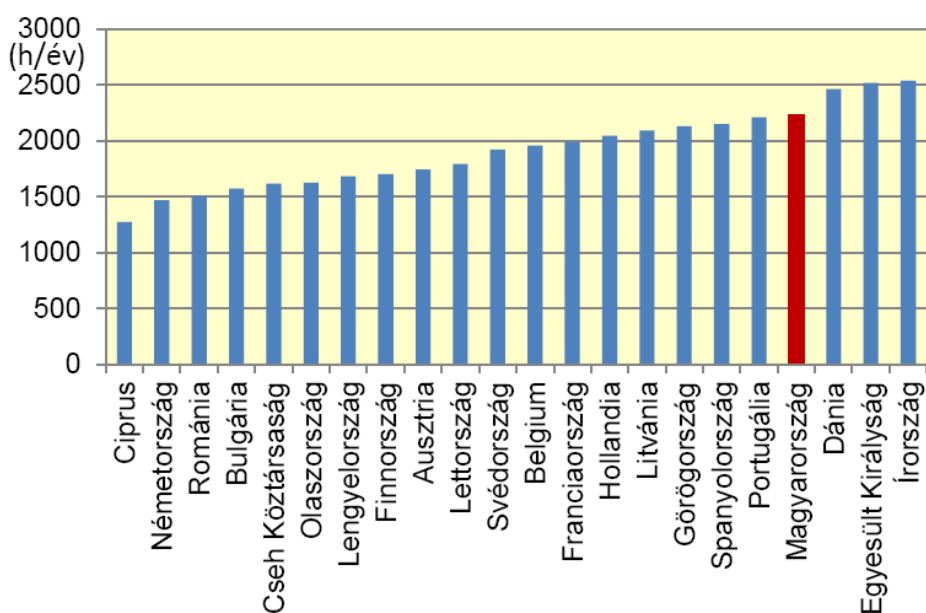
4. ábra: Az EU 27 országainak cselekvési tervei alapján a a szélenergia kapacitás változása
Adatforrás: Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.



Az erőművek kihasználása

A szélerőművek termelési egységköltségét évi 2000 óra kihasználás mellett szokás megadni.

A hazai erőműpark korszerű, a hazai szélviszonyokhoz igazított. Ezért is vagyunk előkelő helyen az erőmű kihasználásban az országok sorrendjében (5. ábra). Sajnos az egy főre vetített szélenergiatermeléssel az EU 27-ben hátulról a negyedik vagyunk.

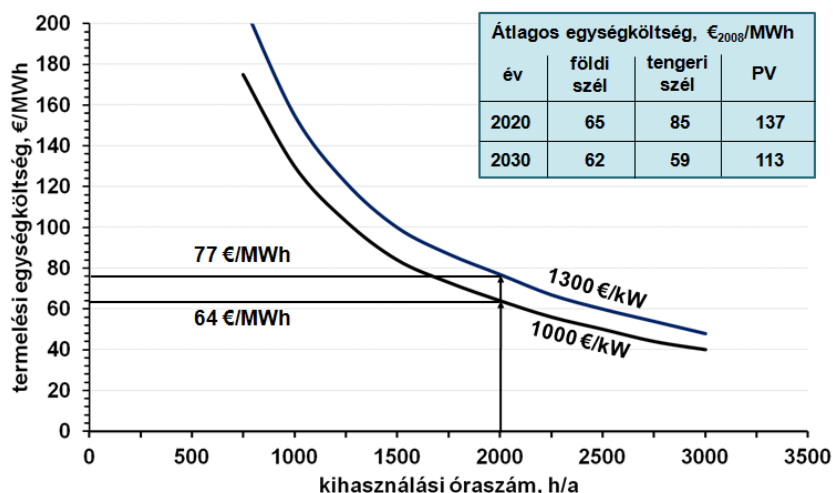


5. ábra: A szélerőművek kihasználtsága az EU 27 országokban (sorrendben a 4. helyen vagyunk)

Adatforrás: Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

Termelési költségek

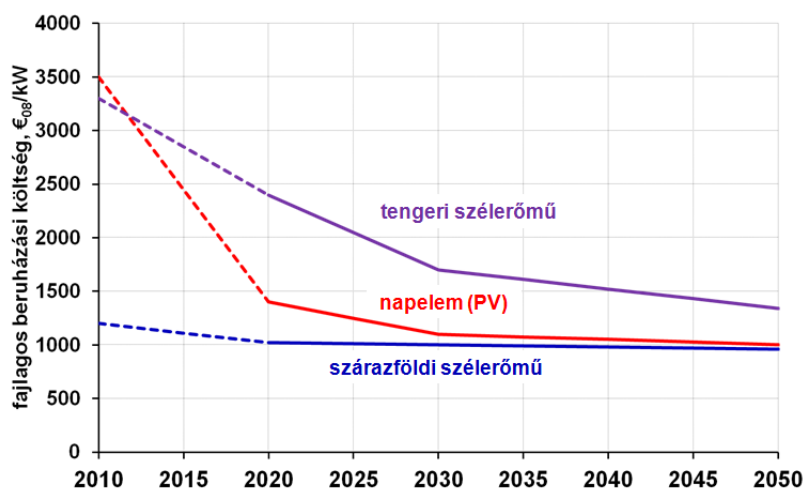
A 6. ábrán a tengeri (felső görbe) és a szárazföldi gépek termelési költsége látható az éves kihasználási óraszám függvényében (2008. évi árakon). Azonos gépeknél alapvető és meghatározó az éves kihasználási lehetőség, ami leginkább az adott területen uralkodó szélviszonyoktól függ (ha nincsen visszatérhelés). Kivételben ezért is térnek el a tengeri és a szárazföldi gépek. A szárazföldi típusokat a magas oszlopok és nagyátmérőjű rotorok jellemzik, de a lapátszög-változtatás (pitch-control) gyorsabban megy végbe, hogy a változó sebességeket nagyobb hatékonysággal hasznosítsák.



6. ábra: A szélerőművek termelési egységköltsége a kihasználási óraszám függvényében és a fejlesztések révén a csökkenés a 2020-as és 2030-as évekre (felső görbe a nagyobb beruházást igénylő tengeri rendszer)

Adatforrás: Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

Ahogy a 6. ábra diagramjaiból is látható jelenleg a tengeri szélből előállított villamos energia drágább. A fejlesztések révén a jövőben a fajlagos beruházási költségeik közötti eltérés mérséklődik (lásd 7. ábrát). Mind a tengeri szélerőműveknél, mind a napelemeknél a 2020-as évekig igen jelentős fajlagos költségcsökkenéssel lehet számolni.



7. ábra: A szélerőművek fajlagos beruházási költségeinek változása

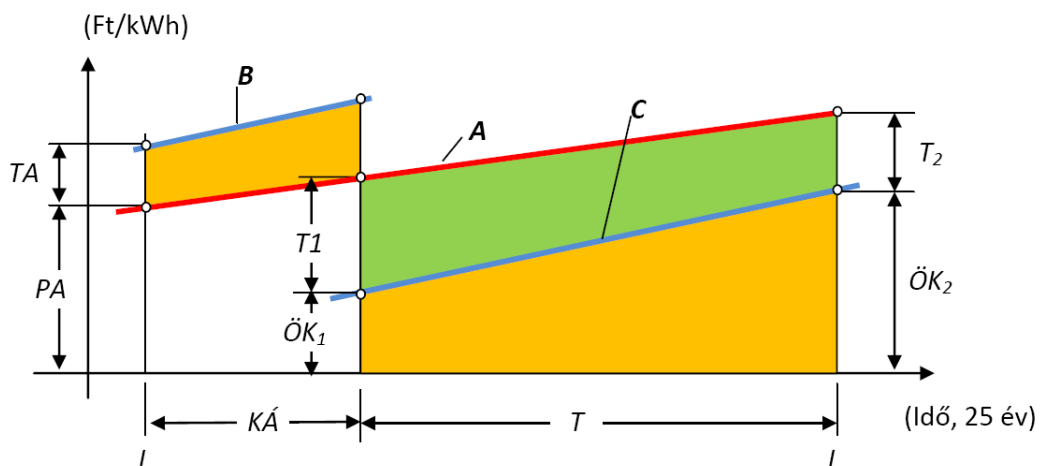
Adatforrás: Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

Az energiaárak változása kihívás elé állítja a villamos energia ellátás biztonságát, hiszen az időszakos olcsó nagy többletek a hálózaton az alacsonyabb



kínálati árak miatt kiegyenlítési kényszereket indukálnak, boríthatják a tőzsdei árakat. A megújulóknál, ahol a beruházások már megtérültek (nincs kamat és törlesztő részlet), a termelést csak az alacsony externális költségek terhelik, s nincs üzemanyagköltség, ami a hagyományos erőműveknél az egyik legjelentősebb tétel, tehát igen versenyképes piaci árakat érnek el.

Példaként vizsgáljuk meg a szélenergia költségének hosszabb távú, élettartam alatti alakulását. Egy ilyen – igen leegyszerűsített - folyamatot szemléltet a 8. ábra. Az üzembeállítást követően az energia árában a tőke-visszatérítés és a kamatköltség a meghatározó (KÁ időtartam), a karbantartás, biztosítás és járulékos költségek (adók, jutalékok stb.) nem érik el az összes költség 25-30%-át. Viszont az még jelenleg is 15-20%-kal magasabb, mint a villamos energia piaci ára (PA). Ezért a szélenergia a megtérülési időszakában (min.8-10 év) támogatásban részesül (TA=KÁT). Tehát TA+PA árat realizál az átvevőtől, s ezzel eleget tud tenni fizetési kötelezettségeinek. Az említett két fő kötelezettség kiegyenlítését követően az előállítás költsége a töredékére, 25-30%-ára esik vissza (ÖK₁), s ez a költség csupán az élettartama miatti javítási (felújítási) költségek miatt növekszik (ÖK₂-re). Ebben az időszakban (T) a villamos energia átlagára és a szélenergia költsége közötti különbség jóval nagyobb, mint a korábban kapott támogatás, tehát a társadalomnak így a beruházás kifejezetten gazdaságos. Ezért is várható, hogy pl. Németországban a szélenergia egységára 2015-2016. években már a piaci átlagár alatt várható, hiszen a 2006. évek előtt épült szélenergia-erőművek már megtérülnek. Az egyszerűség miatt nem számoltunk kibocsátási externáliák elkerülésének hozadékaival.



8. ábra: A szélenergiából termelt villany költségének alakulása a szélenergia-erőmű élettartama alatt.



Az ábra jelölései:

- PA = villamos energia jelenlegi piaci ára
- TA = állami támogatás (KÁT, v. METÁR)
- A = villamos energia árának növekedési trendje
- B = a támogatás növekedési trendje
- $I-L$ = a berendezés élettartama = $KÁ + T$
- $KÁ$ = a támogatás fizetésének időtartama
- T = a támogatás és a hitel visszafizetése utáni élettartam
- $ÖK_1$ = a szélenergia előállításának önköltsége (működési, javítási, fenntartási költségek) a KÁT megszűnése után
- T_1 = a villamos energia piaci árának és a szélenergia előállítási költségének különbsége (a KÁT végén)
- C = a szélből villamos energia előállításának trendje (növekvő javítási és karbantartás miatt)
- $ÖK_2$ = a villamos energia piaci árának és a szélenergia előállítási költségének átlaga
- T_2 = a villamos energia piaci árának és a szélenergia előállítási költségének különbsége a lebontás idején
- $T_1 \times T_2 \times T$ = a társadalom által elért „nyereség” a szélenergia használata révén (A KÁT befektetés értékének min a 3-4 szerese)

A hazai helyzet

Az NSCT szerint 2020-ig a 14,65 %-os megújuló program keretében a tervezett ~ 1530 MW megújuló villamosenergia-forrásból 750 MW a szélenergia, tehát a jelenlegi 330 MW-hoz (Lásd 1. ábra) további 410 MW szélerőmű kapacitást kell létesíteni.

2009. évben a 410 MW kapacításra tendert írtak ki, amelyre mintegy ~1100 MW-ra pályáztak hazai- és hazai bejegyzésű külföldi cégek. A kiírás ellentmondásai miatt a kvótát nem osztottak ki.² Sikeres pályáztatás esetén is legfeljebb (a gépszállítási határidőkre figyelemmel) 2014. második félévében létesülnek újabb kapacitások.

Figyelemmel más megújuló energiahordozókkal kapcsolatos trendekre, a várható támogatási feltételekre a hazai vállalat csak a szélerőművek jelentősen nagyobb mértékű építésével valósítható meg (Az indoklást lásd részletesebben a [2]. cikkben).

² Különböző forrásokból származó információk szerint 2013. év első félévének végére újabb kvóta tenderre kerül sor.



A szélenergia beruházásai eddig sem kaptak állami támogatást. A beruházási, vállalkozói kedv nagy, már három évvel ezelőtt is mintegy 1000-1200 MW kapacitást jelentő beruházási-terv kivitelezésre alkalmas stádiumban volt. Ha a kitűzött NCST cél szerinti villamos kapacitást 2020-ra el szeretnénk érni, akkor 900-1000 MW megépítésére lenne szükség. Ezzel 2020 év végére ~1300 MW kapacitás működne. Természetesen a beruházni szándékozók csak akkor investálnak, ha tőkéjük megtérülését biztosítottak látják.

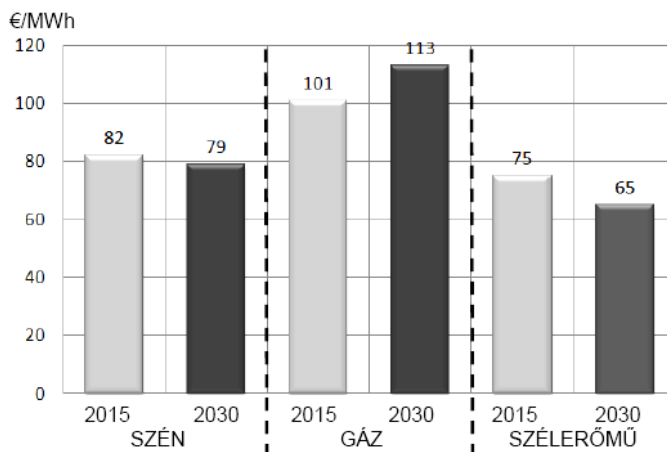
Ez alapvetően két tényezőtől függ:

- a) A termelt villamos energia államilag garantált átvétele, minimálisan a berendezés megtérülési időszakára.
- b) Az átvett energia támogatása - az európai átlaghoz és a környező országok gyakorlatához hasonló arányú legyen - olyan mértékűen, hogy a megtérülésük 8-10 évre adódjon, amelyet a hitelező bankok elfogadnak.

Valójában az állam közvetlen tőkét nem investál, csak a szükséges mértékű KÁT támogatást ad, mint minden megújulóra. Az állam által megelőlegezett KÁT megjelenik az áram eladási árában tehát viszonylag rövidtávon visszatérül, miközben (a korábban bemutatottnak megfelelően, arányosan) csökken az ország fosszilis energia függősége és a CO₂ eladásból bevétele is származik.

A szélenergia versenyképessége

A korszerű szélenergia beruházások bizonyított és garantált élettartama 20 év, de a szakszerű szervizeléssel és állagmegóvással - a tapasztalatok szerint - 25 évnél nagyobb a várható tényleges élettartam. A jövőben tehát a becslések szerint fajlagosan olcsóbb lesz a szélenergia termelt áram, mint a szén- vagy gázenergia termelt áram, a teljes termelési költséget figyelembe véve (tőkeköltséggel együtt, 9. ábra). Ennek háttérében elsősorban a technológiai fejlődés és a növekvő tüzelőanyag-költségek állnak.



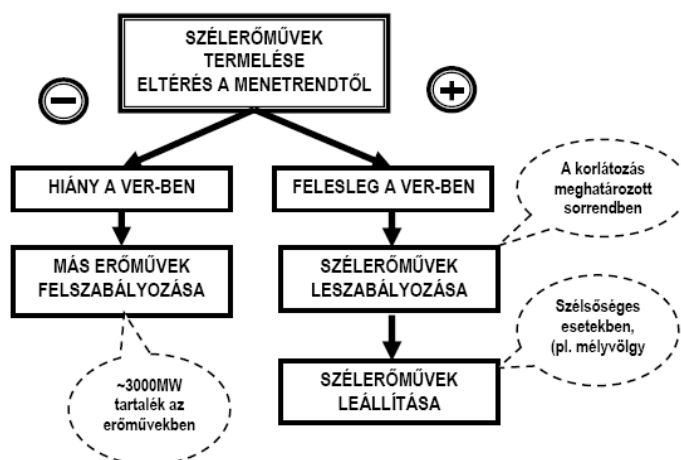
9. ábra: Becsült termelési költségek az Európai Unióban, 2015. és 2030.

(Forrás: Pricewaterhouse Coopers, 2010)

A dán árampiacon a szélenergia már a 2006-2007. években közel 20%-os részesedéssel bírt (Forrás: EWEA), e szélerőművek jelenléte szabadpiacon gyakran csökkentette a villamos energia árát (a 8. ábrán látható tényezőkre vezethető vissza). Konkrétan, ha egy magyarországi korszerű szélerőmű befektetési költsége megtérül (mai támogatás mellett ez ~10 év) az előállított villamos energia költsége 6-8 Ft/kWh-ra mérséklődik. Ennél olcsóbb energia nincs, és ezt még legalább 10 évig produkálják (de nem kizárt a 20 év sem).

Kiegyenlítés a villamos hálózaton

A szélenergia, amint a többi természetfüggő megújuló, hálózati kiegyenlítést igényel. A szélerőműveket üzemeltetők nem zárkoznak el a kiszabályozási költségek átvállalásától, de szükség szerint a visszaterheléstől sem (10. ábra).



10. ábra: Szélerőművek a VER-ben

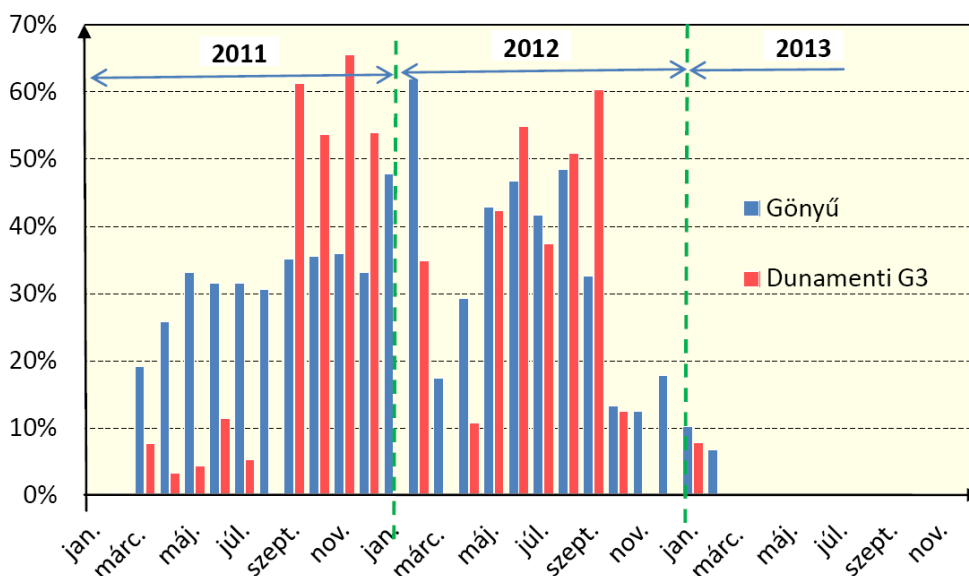


További javulást eredményezne:

- A MAVIR és az üzemeltetők együttes előrejelző rendszerének felállítása (modern matematikai modellek alkalmazása mellett).³
- Az időjárás előrejelzések, főként a szélenergiát jellemző adatok beszerzése több, egymástól független forrásból – akár távolabbi (külföldi) szélerőműtől is. Adott napon belüli gyakoribb menetrendadás (5-6 óra).
- Részvétel az országos központi rendszer-szabályozásban, ami negatív irányban, már kötelező is a MAVIR Üzemi Szabályzata szerint.

A fentiek figyelembevételével a jelzett nagyobb kapacitásoknál sem lehetetlen a hazai villamos rendszer kiszabályozása, mivel a tartalékkapacitás a villamosenergia- rendszerben ma is jelen van. Igen jelentős a maradó teljesítmény, amely az összes- és a rendszerirányítási tartalék különbsége. Az utóbbi években épült és kiszabályozásra alkalmas, igen kedvező hatásfokú CCGT erőművek kihasználtsága igen alacsony. Gönyűn, a hazai szélerőműveink közelében létesült 433 MW-os CCGT erőmű kihasználása csak egy hónap során érte el a 60%-ot (11. ábra). A hazánkban a meglévő erőmű kapacitás 10000 MW, a csúcsfogyasztás maximuma ~6500 MW, miközben naponta átlagosan 1000-1500 MW importot veszünk igénybe. Tehát nem fogadható el azon állítás, hogy a meglévő 330 MW szélerőmű kapacitás, vagy annak akár 3-4- szerese is megoldhatatlan szabályozási gondokat jelentene.

³ Ismereteink szerint a MAVIR a kérdéskörrel foglalkozik is.



11. ábra: A két nagyteljesítményű kiszabályozásra is alkalmas CCGT erőmű kihasználtsága
(forrás: Stróbl A. 2013, MAWIR)

A gazdaságosabb kiszabályozásra, és a meglévő energiarendszerünk kihasználására hatalmas lehetőséget jelentene, s minden villamosenergia-termelőnek közös érdeke lenne egy hazai méretekhez igazodó 500-600 MW-os kiegyenlítő SZET erőmű építése.

Irodalomjegyzék

Tóth G. – Schrempf N. – Tóth L. (2005): A szélenergia prognosztizálása, üzemi tapasztalatok, MTA AMB, K + F Tanácskozása Nr. 29 Gödöllő.

Tóth L.- Schrempf N.: (2012) Szélenergia helye, várható szerepe Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervében (MCST) ENERGIAGAZDÁLKODÁS 53. évf. 5. szám

Tóth L. – Horváth G. (2003): Alternatív energia, Szélmotorok, szélgenerátorok, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 93-124. p., 281-321. pp.

Wilkes J. Moccia J. Dragan M.: (2012) Wind in power, European statistics (EWEA) http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/statistics/Stats_2011.pdf

Stróbl A.: (2012) Tájékoztató adatok a magyarországi villamosenergia-rendszerről, A piacnyitás (2003) óta eltelt időszak fontosabb adataiból, MAVIR, 2012. április 15. kézirat, ábragyűjtemény



Stróbl A.: (2013) Energetikai tájékoztatások szakirodalomból (ábragyűjtemény)

www.eurobserv-er.org. Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

Tóth, G. – Tóth, L. – Horváth, G. – Berencsi B. (2007): A hazai energia célú széltérkép elkészítésének feltételei. = MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő, Gödöllői Agrártudományi Egyetem – FVM Műszaki Intézet, 2. kötet 148-153. p. HU ISSN 1419-2357, HU ISSN 1419-2365



Low-carbon optimisation modeling with Rubic Cube based interpretation (three-dimensional project development process)

Csaba Fogarassy, Katalin Balogh

Szent Istvan University, Climate Change Economics Research Centre,

<http://kutatocsoportok.szie.hu/node/37>, Gödöllő

Abstract

There are various software development models evolved in the industry over the years. Each model has its own advantages, limitations, and constraints. These models are often bound to some organization, which further develops, supports, and promotes the methodology. A specific development model might not be suitable for all projects. Technology, resources constraints, time to market, and rapidly changing customer needs are different factors that a Project Manager must consider to evaluate and adopt a development model for a given project cycle. The Rubik's Cube software development methodology (RCM) is a general-purpose methodology, which is extremely useful in today's software development life cycle analysis and project management applications.

Key words: *low-carbon economy, sustainable system, three dimensional modeling, Rubik Cube solutions, layer-by-layer method*

Tartalmi kivonat

Létezik néhány szoftverfejlesztési modell, amelyeket az ipari fejlesztések területén alkalmaznak, és mindegyiknek megvan a maga előnye, hátránya, korlátoltsága. A modellek általában kötődnek valamilyen szervezethez is, akik továbbfejlesztik, támogatják, promóválják ezeket a módszereket. Egy specifikus fejlesztési modell azonban soha nem lehet minden projektekre alkalmas projektfejlesztési módszer. A technológiák, a források korlátozottsága, a piacra jutás ideje, a gyorsan változó fogyasztói igények azok a speciális faktorok, amelyeket a projekt menedzsereknek figyelembe kell venniük, mikor egy fejlesztési modellt adoptálnak vagy



megvalósítanak a saját projekt ciklusaik esetében. A Rubik Kockás szoftverfejlesztési módszer (Rubik's Cube software development methodology - RCM) egy általános célrendszerű módszertan, amely rendkívül hasznos megoldást kínálhat minden területen, így például a szoftverek életciklusainak a modellezésére is. Az RCM modell különösen hasznos régi szoftverek felújításban, a kifutó szoftveralkalmazások új fogyasztói igényeknek történő megfeleltetésében. A Rubik kocka kirakásának legismertebb módszere a layer-by-layer módszer, mely módszer alapvetően a sorról sorra történő kirakást követi, és könnyen értelmezhető a szoftverek újraprogramozásának folyamatában. Kerestük a módszer alkalmazásának lehetőségét a low-carbon fejlesztési programokban, és a szakirodalom elemzése, előzetes módszertani értékelés alapján megfogalmazható volt az a hipotézis, mely szerint a Rubik kocka 'layer-by-layer' kirakási módszer alkalmas a low-carbon projektfejlesztés folyamatának többdimenziós modellezésére és a fenntarthatósági szempontok figyelembe vételére a projektfejlesztések során is.

Kulcsszavak: *low-carbon fejlesztés, fenntarthatóság modellezése, Rubik Kocka, alternatív energia*

Introduction

The « low-carbon optimisation » divides a project into multiple components, it is not always necessary for each component to interact with other four components. While communication across components is the key, it is not mandatory that each component talks to every other component directly. Sometimes the communication is achieved via an interface cable or interfacing component. Important attribution – when we are executing acceptance technical relevancies at the blue side it is not always required to view the market opportunity that generates the executable for the project. Another example could be the financial feature (liquidity), which can be used in different form and independent from the market demands (Anderson-Doig 2000). Very important system attribution is that - some components of the project development require more frequent interaction amongst then others. From this aspect is very clear why so important the three dimensional project development structure. Generally we are planning and working only with two-dimensional strategic systems. The three-dimensional interpretation of the Rubik's Cube model will show to us the practical benefits of the sustainable project concept. For the deeper



understanding the low-carbon project development protocol have to get acquainted with the meaning of the different sides.

The basis of the low-carbon economy concept

There is an urgent need to transition to a low carbon economy to address the global challenges of diminishing fossil fuel reserves, climate change, environmental management and finite natural resources serving an expanding world population.

The main priorities in a low-carbon economy:

- All waste should be minimized - reduce, reuse, recycle,
- Energy should be produced using low carbon energy sources & methods - renewable & alternative energy sources, fuels & sequestration,
- All resources (in particular energy) should be used efficiently - more efficient energy conversion devices, combined heat & power,
- Wherever practical local needs should be served by local production - food, materials, energy,
- There is high awareness and compliance with environmental and social responsibility initiatives - industry, commerce and individuals (LCE Ltd, 2011).

In the case of low-carbon economy it is very difficult to manage these types of requirements. We take into account the above mentioned priorities at the same time by using the Rubik's Cube protocol. This protocol is a good process to manage the sustainable development goals.

Material and methods

The project development basically is an optimisation process, which is based on different optimisation fields. In the case of « low-carbon optimisation » we have selected four different components: strategic fittings, market fittings, technical fittings, financial fittings.

The four sides (red, green, blue, orange) of this model are mapped to different project components, two sides (white and yellow) of the Cube are mapped to the input and output side of our project:

STRATEGIC FIT (RED SIDE)



MARKET OPPORTUNITIES (GREEN SIDE)

FEASIBILITY/TECHNICAL DETAILS (BLUE SIDE)

FINANCIAL EFFECTS (ORANGE SIDE)

INPUTS AND RESULTS (WHITE SIDE)

OUTPUTS AND RESULTS (YELLOW SIDE)

The « low-carbon optimisation » divides a project into multiple components, it is not always necessary for each component to interact with other four components. While communication across components is the key, it is not mandatory that each component talks to every other component directly. Sometimes the communication is achieved via an interface cable or interfacing component. Important attribution – when we are executing acceptance technical relevancies at the blue side it is not always required to view the market opportunity that generates the executable for the project. Another example could be the financial feature (liquidity), which can be used in different form and independent from the market demands (Anderson-Doig 2000). Very important system attribution is that - some components of the project development require more frequent interaction amongst then others. From this aspect is very clear why so important the three dimensional project development structure. Generally we are planning and working only with two-dimensional strategic systems. (Two-dimensional structure shows the Figure 1.)

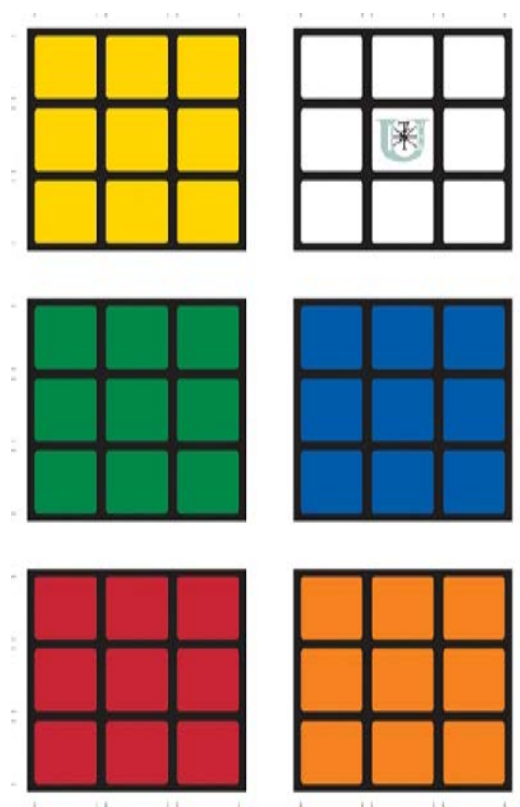


FIGURE 1: The two-dimensional parts of the Rubik's Cube by colours

The three-dimensional interpretation of the Rubik's Cube model will show to us the practical benefits of this project concept. For the deeper understanding the low-carbon project development protocol have to get acquainted with the meaning of the different sides.



Colours	Meanings
white	INPUTS AND RESULTS - Input requirements, market and governmental regulations to the products and services.
yellow	OUTPUTS AND RESULTS - Consumer's requirement, real value of the outputs (product and services).
red	STRATEGIC FIT - Relevant innovations to the profile, synergies and cooperation with other strategies (local /company/, sectoral, national, EU level).
green	MARKET OPPORTUNITIES - Market possibilities, position on the real and artificial market segments.
blue	FEASIBILITY - Harmony of the technological and market possibilities. Technical risks and opportunities.
orange	FINANCIAL EFFECTS - Type of finance, governmental tools, taxation, currency risk, liquidity.

Table 1.: Meaning of sides of the Rubic's Cube

Key solution: the Layer-by-layer method

How to solve a Rubik's Cube (standard cube (3x3x3)) is the recurrent question that we make ourselves when we see a scrambled cube for the first time. Having billions of combinations, it is nearly impossible to solve a Rubik's Cube by trial and error. There are several ways to solve a Rubik's Cube using the easiest methods for solving the cube for beginners. The simplest method of resolution for all the models, is to solve the cube by layers, beginning from the Bottom layer to the Top layer. The layer by layer method that is often used for the 3x3x3 cube is usually used on the Rubik's Revenge. One of the most common methods is to first group the centre pieces of common colours together, then to pair edges that show the same two colours. Once this is done, turning only the outer layers of the cube allows it to be solved like a 3x3x3 cube (Rubik's Revenge, 2011). In the case of layer-by-layer method we can find the analogy between the project development process and Rubik's Cube solving. On the next Figures 2., 3., 4., 5., 6., 7. you can follow the Rubic's Cube layer-by-layer solution process and the project development process in



parallel. From the explanation at the Figures we can see the coherences and synergies among the project development components.

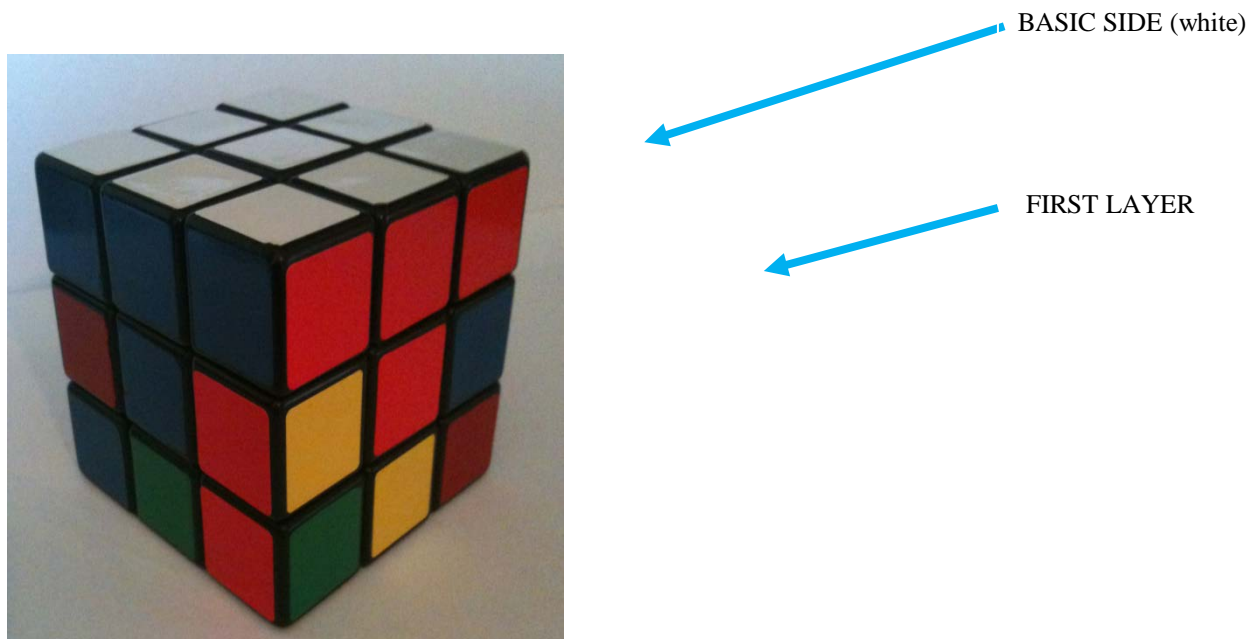


FIGURE 2: The first side (input side) and layer – the basis of the project development

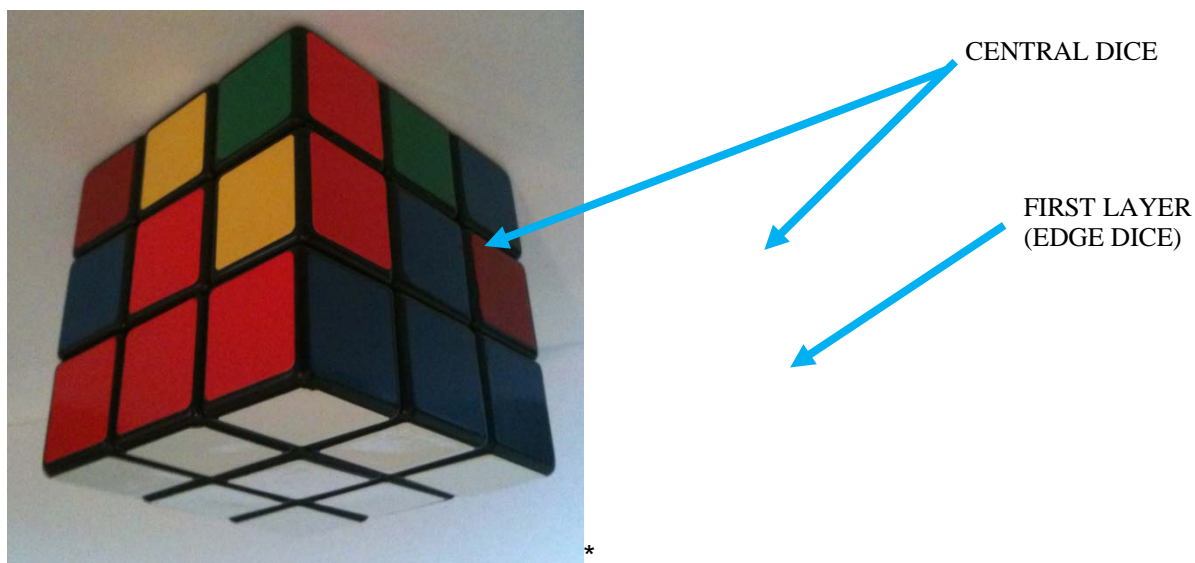
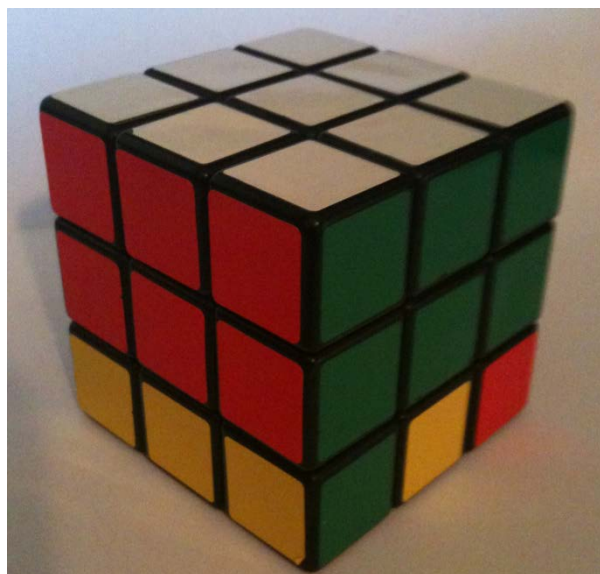


FIGURE 3: Central dice – it shows the coherences and structure of the project development process (the central dice is a fix point of the cube and fix character of the project component)

Each side and each dice of the Rubik's Cube harmonizes with the element of the project development. The central dices are the stabile components of the cube sides and project components. We can't move them from the original stand. The edge dices are mean coherent contact between two colours and two project attributions.



SECOND LAYER

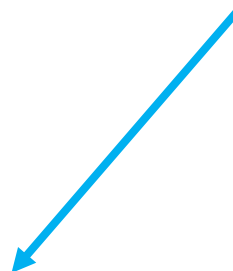
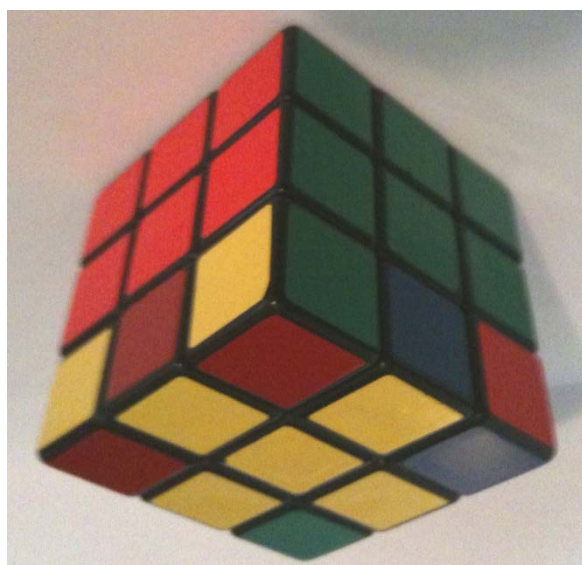


FIGURE 4: Above the first layer - second layer will shows the harmony among the colours and project development components



THE YELLOW
CROSS ON THE
UPPER SIDE

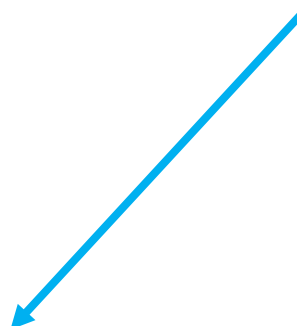


FIGURE 5: The mystical yellow cross

After the second layer the yellow cross on the upper side means – harmonization of the strategic targets and the consumer's requirements. In this step we have to find the final element of the final colour. The sixth colour will shows to us the right direction to the success. By this way we can find the relevant « consumer requirement » in the case of project development goals.

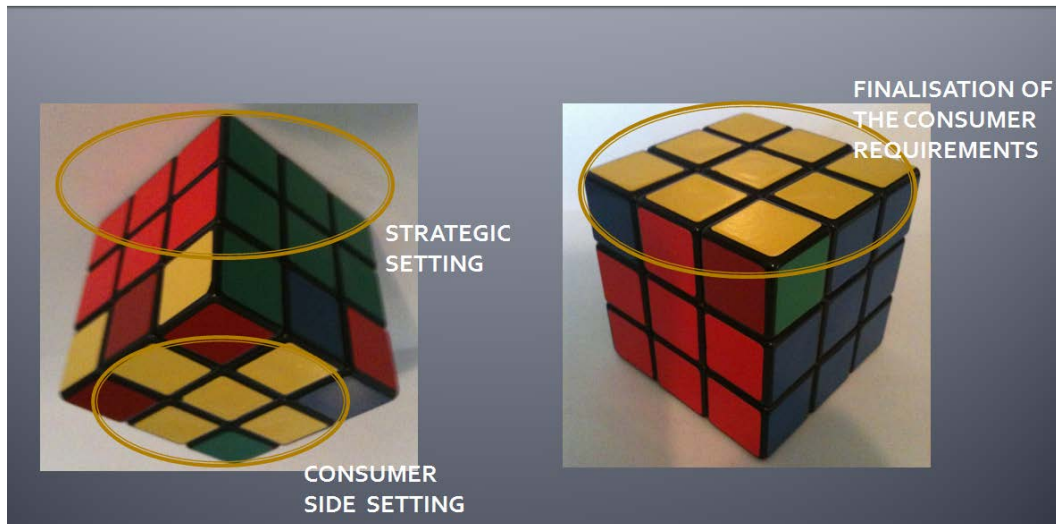


FIGURE 6: Strategic and consumer settings in the case of project development process

The „consumer” side fitting on the output side is the most important moment before the finalization of the Cube. Because of the sustainability the most important movement - input (white) side and output (yellow) side have to be in coherence before finalization.

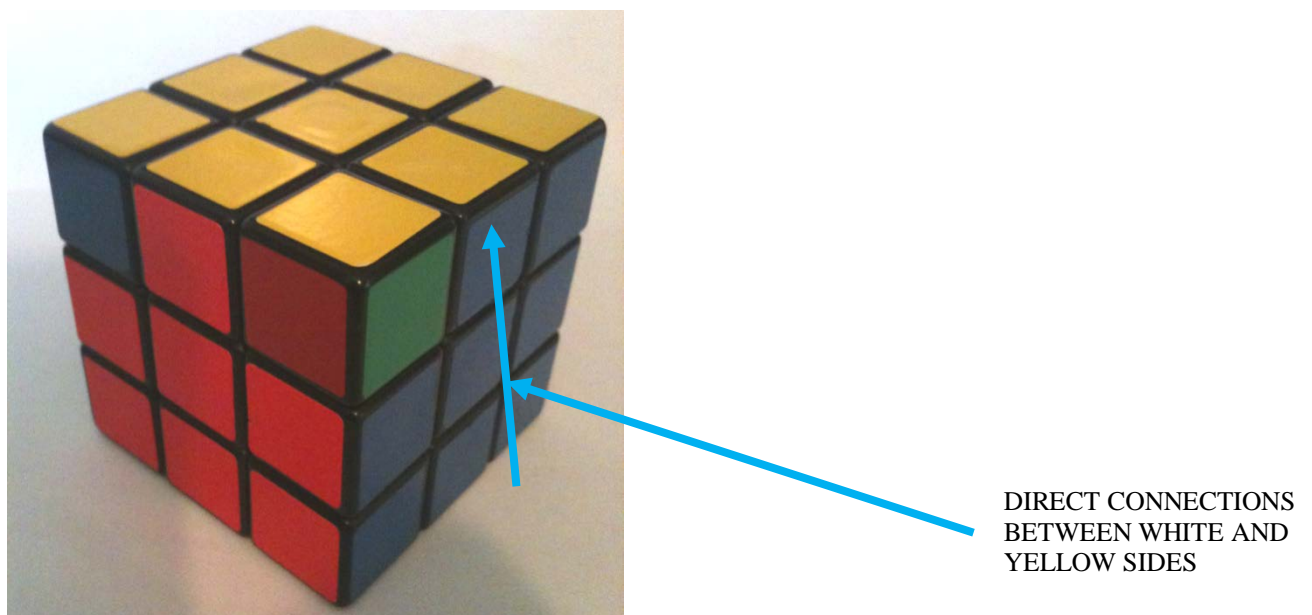


FIGURE 7: Creation stable contact between the input and output sides on four channels

After the harmonization between the input and output sides and requirements we have left only one engagement – to find the final element of the Cube.



Conclusions

The described “low-carbon project protocol” provides a helpful aspects of handling a sustainable project development by making an analogy to the way a Rubik’s cube layer-by-layer solution. This protocol covers features like parallel development of components, identifying logical groupings of components, segregating them based on their dependencies on each other. The Rubik’s Cube based low-carbon project protocol enables a project to deliver a working component even when rests of the components are not ready for a customer facing delivery.

Findings:

- Layer-by-layer solution is the model solution of the innovations – we can easy follow the innovation process step by step.
- Each side and each dice of the Rubik’s cube harmonizes with the element of the project development :
 - A. central dice (stable component of the cube side (relevant color) and project phase).
 - B. edge dice (coherent contact between two colours and two project attributions)
 - C. corner dice (very complex and complicate contact between three different colour and project phase)
- The low-carbon project development process is a parallel project protocol with layer-by-layer Rubik solution. This type of algorithm can define a special sustainable and low-carbon (minimal material and energy input) development.

References

- Ajay, Jain (2011) Rubik’s Cube Model of Software Engineering for Incremental and legacy projects.
- Anderson T, Doig A. (2000) Community planning and management of energy supplies - international experience. *Renewable Energy*. 2000;19: 325-331. p. <https://sites.google.com/site/journalofcomputing/> www.journalofcomputing.org, p. 99
- Goudey, Christophe (2003) All about the Rubik’s Cube. Cubeland. <http://www.cubeland.fr/st/>
- Fogarassy, Cs. (2011) Low-carbon economy and life style. Open University Program, Szent Istvan University, Godollo, Hungary, 2011. <http://klimatanacs.szie.hu/>



Fogarassy, Cs. (2012) Low-carbon economy. L'Harmattan Budapest, Budapest, 2012

LCE Ltd. (2011) About a Low-carbon Economy. <http://www.lowcarboneyconomy.com/LCE/AboutALowCarbonEconomy>, London, 2011

Wikipedia (2011) Rubik's Revenge: http://en.wikipedia.org/wiki/Rubik's_Revenge



Éghajlati adatbázisok szerepe a biztonságpolitikában

Szalai Sándor¹, Bihari Zita², Lakatos Mónika², Szentimrey Tamás²

¹Szent István Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Gödöllő

² Országos Meteorológiai Szolgálat

Tartalmi kivonat

A megbízható éghajlati adatok alapvető fontosságúak elsősorban a gyakorlati feladatok ellátásában, de a modellek felépítésében és javításában is. A megbízhatóság egyik nagy problémája az, hogy a régiókban, de különösen Magyarországon a természeti folyamatok túlnyomó része nemzetközi, azaz nemcsak hazai, hanem más, főként szomszédos országból származó információ is szükséges a vizsgálatához. Sajnos, még a nemzetközileg legjobban koordinált mérőhálózatok sem teljesen konzisztensek, gyakran már az adatok összehasonlíthatósága is problémát okoz. A mintegy félmillió négyzetkilométer nagyságú Nagy Kárpáti Régió területén tíz ország osztozik, ami a jól koordinált meteorológiai mérőhálózatok esetében is 10, többé-kevésbé konzisztens, de messze nem azonos hálózatot jelent. Ezért indult a CARPATCLIM projekt, hogy a Nagy Kárpát Régióra ellenőrzött, homogenizált és interpolált rácsponti adatbázist készítsen, és azt a felhasználók számára elérhetővé tegye. A feladat nehézségét nemcsak az eltérő mérési rendszerek harmonizálása, hanem az egyes országok adatpolitikája is jelentette.

*A projekt eredménye, az új adatbázis a lehető legtöbb létező adatra építve 10 km * 10 km-es térbeli, napi időbeli felbontásban a fő mért, és megfigyelt meteorológiai paramétereket tartalmazza az 1961-2010-es időintervallumra. Az adatbázis úgy jött létre, hogy a maximális adatfelhasználáshoz a minimális mennyiségű adatcserére volt szükség. Az országok belső konzisztenciája ugyanazon programok alkalmazásán nyugszik, míg a nemzetközi konzisztenciát a határmenti adatcserével oldottuk meg. A homogenizálásra és adatminőség-ellenőrzésre a Szentimrey-féle MASH módszert alkalmaztuk, míg az interpolációra a Szentimrey-Bihari által kifejlesztett MISH módszer került alkalmazásra. A konzorciumvezető intézménye, az*



Országos Meteorológiai Szolgálat biztosította a számítógépes programot valamennyi résztvevőnek. A napi adatbázison alapulva a régió éghajlati atlaszát is elkészítettük 37 meteorológiai elemre.

Az így előállított adatbázis jó alapul szolgál a jövőben a régió folyamatainak vizsgálatában, különösen a káros események esetében, a kockázatelemzéseknél, mivel a kapott meteorológiai mezők a határokon átívelők és homogének az egész régióban.

Kulcsszavak: Kárpát-régió, éghajlati adatbázis, MASH, MISH, kockázatkezelés

Abstract

Climatological data play important role both in the practice and in the modelling. Most of the natural processes have transboundary character, i.e. the investigation needs not only domestic, but international information as well. Unfortunately, even the best internationally coordinated observation networks aren't fully consistent, even the comparability of data could be problematic. Ten countries shear the area of the Greater Carpathian Region, which is about half-a-million km². It means 10 more or less consistent observational networks in the case of well managed meteorological observation networks. Therefore, the CARPATCLIM project was started to create a quality controlled, homogenized and interpolated, high resolution gridded database and make it freely available for the user community. Troubles were caused not only because of the different observational networks, but because of the different national data policies as well.

The project uses the most available data and creates a daily database for the most important measured meteorological elements in a 10 km spatial resolution for the period 1961-2010. At the creation of database the most data were used with minimum of data exchange. The internal consistency of individual countries was assured by the use of the same software, while the international consistency was created by near border data exchange on an equal basis. The homogenisation and data quality control was calculated by the MASH software of Szentimrey, and the MISH software of Szentimrey-Bihari was chosen for the common interpolation procedure. The leading institute of the project's consortium, the Hungarian Meteorological Service provided the software to all participants of the project. Based on the daily data, the climate atlas of the Greater Carpathian Region has been calculated for 37 different elements and indices.



This database will serve as a good basis in the research and assessments of the processes into his region, especially for the disasters and risk assessments, because the meteorological fields are homogenous and are not disturbed by the national specialities, borders, etc.

Keywords: *Carpathian region, climate database, MASH, MISH, risk assessment*

Bevezetés

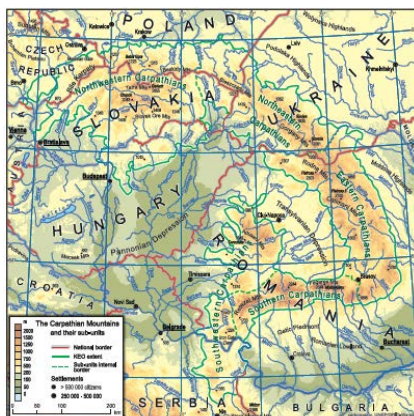
A természettudományos kutatásoknak az egyik legnagyobb problémája a jóminőségű és hosszú adatsorok hozzáférhetősége. Ennek részben az elmúlt időszak túlzottan modellorientált fejlesztései az okai, amiben szerepet játszott az is, hogy a mérések, mérőhálózatok fenntartása, - különösen hosszútávon -, jelentős anyagi befektetéseket igényel. Így a rövidtávú (és látókörű) megtakarítások egyik alapeleme a mérőhelyek bezárása volt. Mára kiderült, hogy ez a szemlélet nem megfelelő, bár optimalizációra lehetőség és szükség van, akárcsak a technológiai fejlődés folyamatos követésére, de a mérőhálózatok megkurtítása túlzott mértéket öltött. A GCOS (Global Climate Observing System) Megfigyelés és alkalmazkodás rendezvénye kiemelte, hogy az éghajlatváltozáshoz való magasabb szintű alkalmazkodáshoz nincsen elegendő információ, és a megfigyelések bővítése szükséges. További problémát jelent a már meglévő adatok ellenőrzése, archiválása és az elérhetőség kérdése. Kétségtől, egy adatbázis nagyon nagy érték, a tulajdonostól jelentős anyagi befektetést igényel mind a létrehozatala, mind a fenntartása. Ez a jelen körülmények között nagy feladatot jelent. Ezért egy támogatáshiányos környezetben az adatpolitika gyakran a szabad és ingyenes adat-hozzáférhetőséget csökkenti. Még a jól koordinált és szervezett mérések esetében is, a különböző nemzeti megfigyelési hálózatok között jelentős különbségek lehetnek, ami a nemzetközi szintű, egységes kezelést hátráltatja.

Eddig az EU a meteorológiai szolgálatok adatpolitikáját nemzeti ügyként kezelte, ami egyúttal azzal is járt, hogy semmilyen támogatást nem volt hajlandó erre a célra biztosítani. Ez a gondolkodásmód ott problémás, hogy attól függetlenül, hogy egy ország a saját adatait miként kezeli, bele kell, illeszkednie egy nemzetközi szintű adatkezelési rendszerbe, amit nemzeti támogatásokkal nem, vagy csak nehezen lehet fenntartani. Különösen igaz ez a kis területű országokra, a bonyolult domborzattal rendelkezőkre stb. Például, hazánk jelentős vízgyűjtői határon



átnyúlóak, azaz a szomszéd országokból származó információk nélkül ezen egységek kezelése nehezen, vagy egyáltalán nem oldható meg. A természeti katasztrófák kockázatának felmérése egy kis országban csak a nemzeti adatbázisra támaszkodva lehetetlen. Ezen problémák megoldására többféle javaslat született, közülük több már végrehajtás alatt áll, de nagyon lassan fejlődnek. Például a Meteorológiai Világszervezet (WMO) a regionális éghajlati központok (Regional Climate Centre, RCC) segítségével kísérli meg ezen feladatok megoldását. Így az Európában létrejött éghajlati adat RCC, éghajlati monitoring RCC feladata lenne (lehetne) a nemzetközi szintű információáramlás létrehozása és fenntartása. Bár ígéretes haladás van ezeken a területeken, azonban a fejlődés lassú. Ennél a gyakorlati élet sokkal gyorsabb megoldásokat követel.

Ezeket a szükségszerűségeket felismerve, az Európai Parlament támogatta azt a magyar kezdeményezést, hogy a Kárpát-medence éghajlatára egy nemzetközi tendert írjon ki. A javaslat 2008-ban született, a tender a Kárpát-régió éghajlata címmel 2010-ben jelent meg, és az Országos Meteorológiai Szolgálat által vezetett konzorcium 2010 végén kötötte meg a szerződést a Közös Kutató Központtal (Joint Research Centre, Ispra, JRC) a CARPATCLIM projektről, aminek a célja egy rácsponti adatbázis létrehozása a régióban.



1. ábra: A CARPATCLIM projekt területe, az 50°N és 44°N szélesség és a 17°E és 27°E hosszúság között¹

Az 1. ábra mutatja a projekt által érintett területet.

¹ JRC, <http://www.jrc.ec.europa.eu/callsfortender> (2010); forrás: JRC, <http://www.jrc.ec.europa.eu/callsfortender> (2010)



A rácsponti adatbázisok széles-körben használatosak manapság. Egyrészt a nemzeti szolgálatok adatpolitikáját nem sértik, mivel mért adatot közvetlenül nem közölnek, másrészt az átlagos felhasználó számára sokkal hasznosabbak, mint a nyers mért adat, mivel valószínűleg közelebb van az általa vizsgált területhez, mint a legközelebbi mérőállomás. Ha nincsen ott éppen mérés, ahol szükséges, akkor vagy úgyis interpolált adatot kérnek, vagy több állomás adataira van szükségük, hogy az interpolálást maguk elvégezhessék. Ebben az esetben is feltehető, hogy a projektben használt interpoláció megfelelőbb erre a célra, mint egy tetszőlegesen választott másik módszer. Így lényegében általánosságban, a rácsponti adatbázis nem korlátozza a felhasználói igényeket.

A projekt feladatai

A projekt három fő részre osztható:

1. modul: A Kárpát-régió éghajlati idősorai hozzáférhetőségének javítása homogén és térben reprezentatív éghajlati idősorokkal. Feladatai az adatok elektronikus feldolgozása, adatminőség-ellenőrzés és homogenizálás. Ebben a modulban jóminőségű megfigyelési adatsorok állnak elő a megfelelő metaadat katalógussal. Az adathiányokat kitöltik.
2. modul: A Kárpát-régió országai adatharmonizációjának biztosítása különös tekintettel az országok közötti harmonizációra, a rácsponti adatbázis előállítása. A modul során nemzeti rácsponti adatbázisok állnak elő az 1. modul eredményeként keletkező megfigyelési idősorokból. A határokon átnyúló harmonizáció a határ menti adatcserével valósul meg.
3. modul: Éghajlati atlasz kialakítása éghajlati áttekintés céljából, továbbá aszálymonitoring.

Részvevők:

(Hidro) meteorológiai intézetek és szolgálatok Csehországból, Szlovákiából, Ausztriából, Lengyelországból, Ukrajnából, Szerbiából, Horvátországból, Magyarországról, és a Román Nemzeti Környezetvédelmi Kutatásfejlesztési Intézet, valamint a Szent István Egyetem. Szlovénia is támogatja a projektet.



A projekt által kezelt meteorológiai elemek

Az 1961-2010-es intervallumra az alábbi paraméterek napi adatai lesznek elérhetőek: Hőmérséklet (átlag, min, max), csapadék, 2 és 10 m-es szélirány és szélesebesség, napfénytartam, felhőzet, globálisugárzás, relatív nedvesség, légnyomás, párányomás, hóvastagság.

Az éghajlati atlasz elemei

A napi elemeken kívül hóvíz egyenérték, fagyos, nyári és hőségnapok száma, PaDI, 3 havi SPI, aszályfelismerési index (RDI), PDSI, téli, forró és zord napok száma, vegetációs időszak hossza, csapadékos napok száma, a 20 mm/nap-nál nagyobb csapadékú napok száma, a legnagyobb napi és ötnapi csapadék, ariditási index, nedvesség index, Ellenberg index.

Az alkalmazott módszerek alapvető tulajdonságai:

MASHv3.02²

1. rész: Adatminőség ellenőrzés, hiányzó adatok pótlása és a havi idősorok homogenizálása:
 - Relatív homogenizálási folyamat.
 - Többlépcsős folyamat, a kiválasztott és a referencia sorok szerepe lépésről lépésre változik.
 - Additív (például hőmérséklet) vagy multiplikatív (például csapadék) modell használható az éghajlati változók függvényében.
 - Évszakos és éves idősorok homogenitását is biztosítja.
 - Metaadatok is használhatók automatikusan (lehetséges töréspontok).
 - A homogenizálás és az adatminőség-ellenőrzés (QC) eredményeit a folyamat során automatikusan generált táblázat alapján lehet értékelni.
2. rész: Napi sorozatok homogenizálása:
 - Homogenizálás a havi sorozatok detektált inhomogenitásain alapszik.
 - Automatikus DQ folyamat és a hiányzó adatok pótlása. A DQ értékelhető az automatikusan generált táblázat alapján lehet értékelni.

² Szentimrey, T. Manual of homogenization software MASHv3.02, Hungarian Meteorological Service, pp. 64. (2011)



MISHv1.02³

Az éghajlati változók statisztikai térbeli modellezése:

- Hosszú, homogénizált adatsorokon alapszik, determinisztikus kiegészítő modellváltozókkal együtt (például domborzat).
- Cross-validációs teszt a reprezentativitás vagy az interpolációs hiba meghatározására.
- A modellezést csak egyszer kell elvégezni az interpoláció alatt

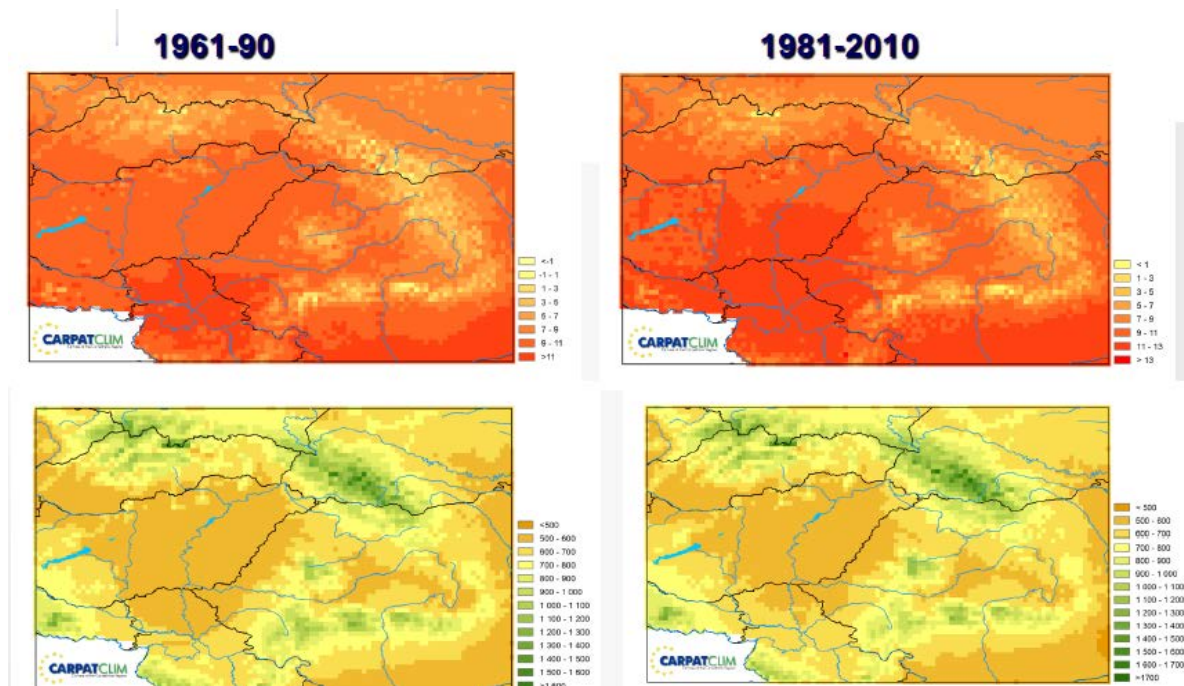
Interpolációs rendszer:

- Additív (azaz hőmérséklet) vagy multiplikatív (például csapadék) modell és interpolációs formula használható az éghajlati változók függvényében.
- Napi, havi és sokéves átlagok is interpolálhatók.
- Néhány prediktor is elegendő az interpolációhoz.
- Az interpolációs hiba vagy reprezentativitás is modellezhető.
- Lehetséges kiegészítő háttér-információ felhasználása (például műhold, radar, előrejelzés).
- Rácsponi adatokat állíthat elő.

Eredmények

Az eredmények részben alátámasztották az eddigi ismereteinket, részben azonban eltérnek azoktól. Amint a 2. ábrán látható, a két éghajlati térképet összehasonlítva, a hőmérséklet emelkedése jelentős, míg a csapadék változása inkább mozaikosnak mondható.

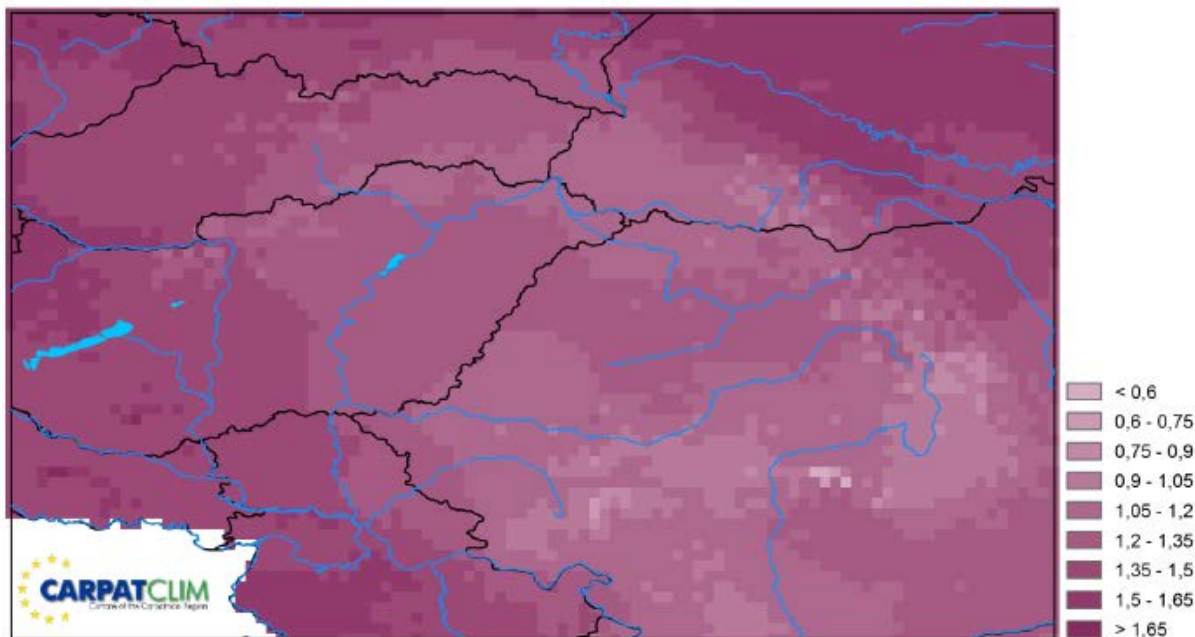
³ Szentimrey, T., Bihari, Z., Manual of interpolation software MISHv1.02, Hungarian Meteorological Service, p. 32 (2007)



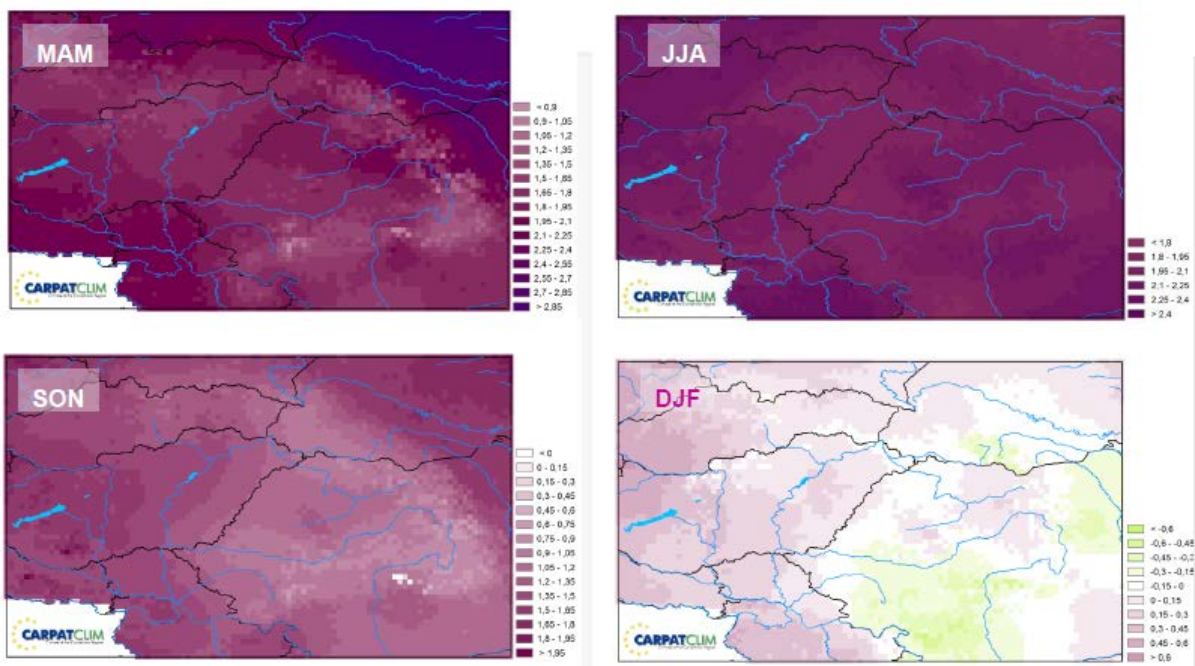
2. ábra: A Kárpát-régió hőmérsékleti és csapadéktérképei két vizsgált időszakra⁴

A hőmérséklet emelkedése általánosan tekinthető, míg a csapadék változása inkább helyfüggő, azaz a terület déli részén kissé csökken, az északin kissé növekszik. Ha a különbségtérképet vizsgáljuk (3. ábra), akkor egyrészt egy nyugat-keleti gradienst tapasztalunk, amin helyenként (elsősorban a Keleti- és a Déli-Kárpátokban) a hegység hatása észlelhető. Ha az évszakos bontást tekintjük, a hőmérséklet legjobban a nyári időszakban emelkedik, ami megfelel az általános

⁴ Lakatos et. al.: Extreme climate indices calculations on harmonized dataset covering the Carpathian region. ECAC Conference, Lodz (2012); forrás: CARPATCLIM Project



3. ábra: A hőmérséklet változása 1961 és 2010 között⁵



4. ábra: A hőmérséklet évszakos tendenciái, (bal felső tavasz, jobb felső nyár, bal alsó ősz, jobb alsó tél) 1961-2010⁶

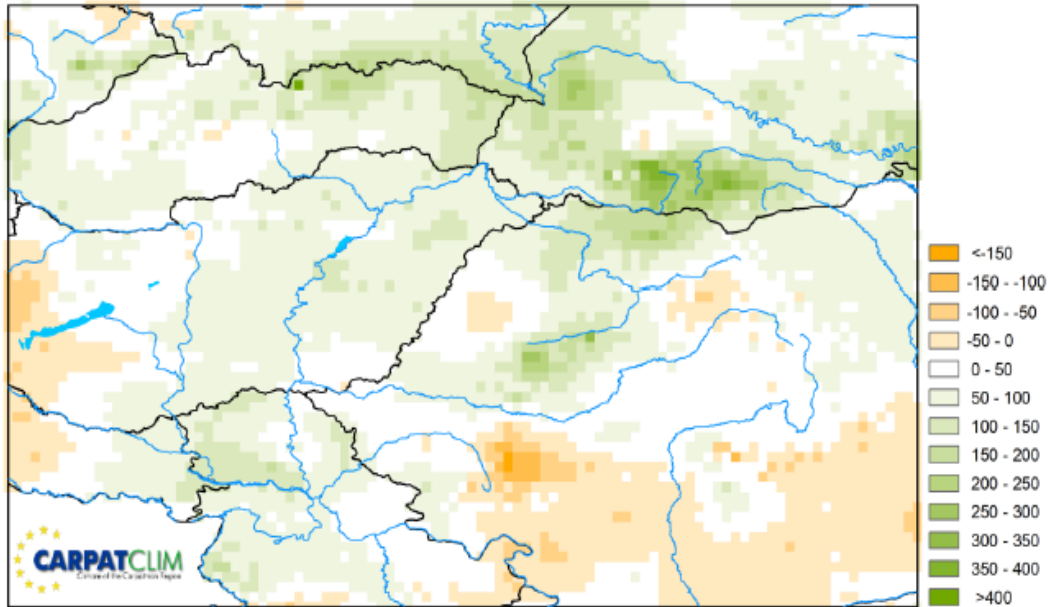
elképzeléseknek, míg legkevésbé télen (4. ábra). Sőt, a terület jelentős részén, a dél-erdélyi területeken, télen a hőmérséklet csökken. Mivel az elmúlt három tél eléggé hideg volt, ezért feltehetőleg ezek a tendenciák nem változtak meg. Magyarországon

⁵ forrás: CARPATCLIM Project

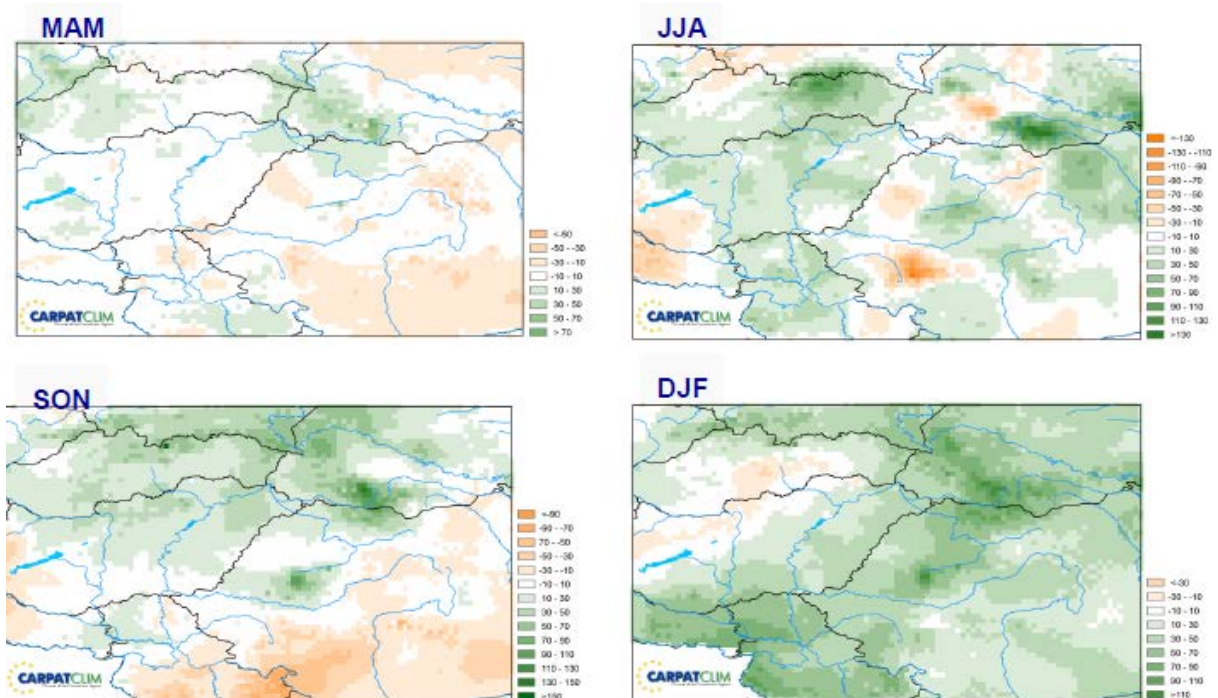
⁶ forrás: CARPATCLIM Project



elsősorban a NY-K-i gradiens érvényesül a tavasz kivételével. Míg a hőmérséklet eléggé egységes képet mutat, addig a csapadék változása jelentős térbeli változékonysággal bír (5. ábra).



5. ábra: A csapadék évi összegének változása, 1961-2010⁷



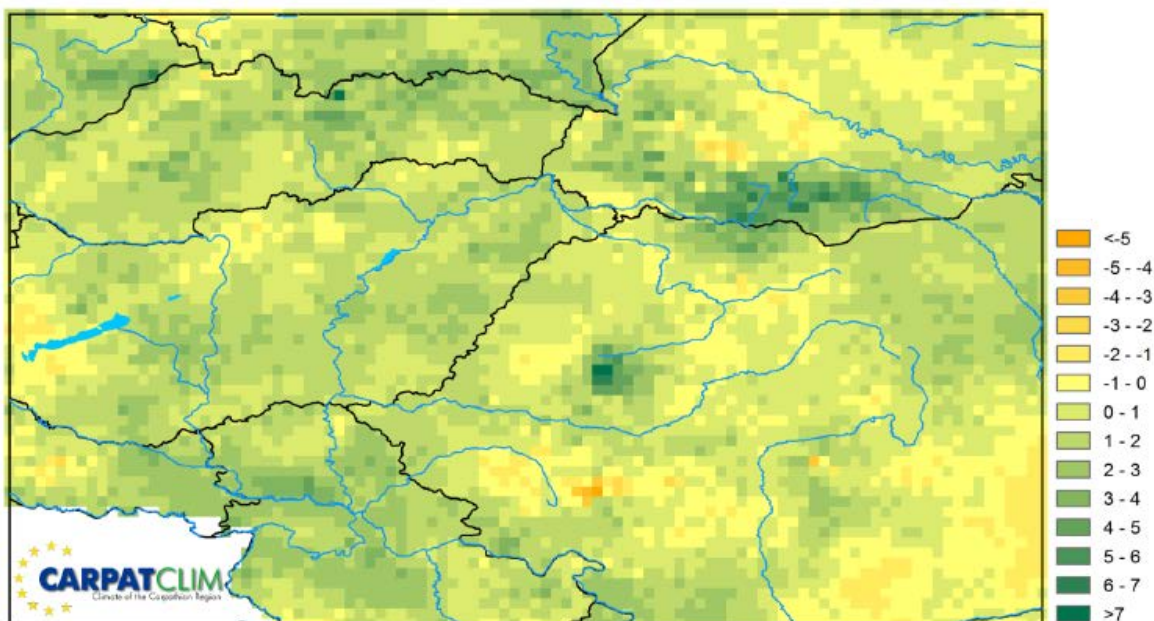
6. ábra: A csapadék évszakos tendenciái, (bal felső tavasz, jobb felső nyár, bal alsó ősz, jobb alsó tél) 1961-2010

⁷ Spinoni et al.: An overview of drought events in the Carpathian Region in 1961-2010. Advances in Science and Research (2013, in print)

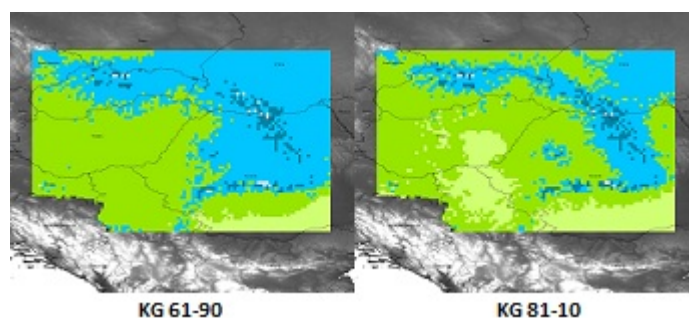


Egyfelől jól látható az északi területeken a csapadéknövekedés, másrészt a déli területeken a csapadékcsökkenés, ez azonban inkább Dél-Erdélyre és Magyarország nyugati területeire terjed ki, míg a Vajdaságban főként, de Szerbia egész területén a csapadék inkább növekszik. Ha az éghajlati modellek eredményei alapján nézzük az évszakos csapadékokat, akkor a nyári csapadéknak csökkennie, míg a télnek növekednie kellene. Ezt az eddigi mérések nem támasztják alá (6. ábra).

A nagy térbeli változékonyság mellett, a nyári és téli csapadék mennyisége inkább növekszik, míg a két átmeneti évszaké inkább csökken. Magyarországra már többször megállapítottuk a csapadék intenzitásának növekedését. Ez az egész régióra igaz (7. ábra).



7. ábra: A legalább 20 mm/nap intenzitású napok számának változása, 1961-2010



8. ábra: A Köppen-Geiger klímasztályozás a régióra a vizsgált időszak elején (1961-1990) és a végén (1981-2010)⁸

Az a térkép egységes, kevés kivétellel mindenütt az intenzív csapadékú napok növekedése látható, a csapadék mennyiségének a tendenciáitól csak kevésbé befolyásolva.

Ezen hatások összessége szerint a Köppen-Geiger-féle osztályozásban is jelentős változások következtek be (8. ábra).

Az ábrán jól látható, hogy a déli területeken (halványzöld) egyre erősebben jelentkezik a szubtrópusi (Cfa) zóna, míg az óceáni (sötétzöld, Cfb) és hemiboreális (kék, Dfb) területek jelentősen visszaszorultak.

Következtetések

A változások nagy térbeli változékonyságot mutatnak, ami mindenképpen a nagyfelbontású vizsgálatokat részesíti előnyben. Egy durva felbontású elemzés nem tudja visszaadni a terület változékonyságát, ezért téves eredményekhez vezethet, különösen a csapadékklimatológiában.

A jelen megfigyelések és a modelleredmények között jelentős eltérés van. A modellek egyes eredményeit a megfigyelések alátámasztják, míg másokat nem. Ennek a feloldása lehet az, hogy az éghajlat a jövőben konvergálni fog a modellek eredményeihez, vagy az, hogy a modellek pontosabb eredményeket szolgáltatnak, vagy mindkettő. Mivel nem tudjuk, hogy melyik eset következik be, ezért az alkalmazkodás vizsgálatoknál, különösen azoknál, amelyek a század első felére vonatkoznak, mindenképpen elkerülhetetlen a megfigyelési eredmények figyelembevétele is.

⁸ Spinoni et al.: An overview of drought events in the Carpathian Region in 1961-2010. Advances in Science and Research (2013, in print)



A nagy változékonyság előtérbe helyezi a kommunikációt, azt, hogy a megfelelő érdekcsoportok hogyan tudnak és lesznek képesek az adott helyzethez alkalmazkodni. Ehhez az oktatási és tréning tevékenység fokozása szükséges.

Az eredmények pontosítása, a gyakorlati igények kielégítése végett javítani kell a megfigyelőrendszereket és a korai veszélyjelző rendszereket is. Például, amíg a csapadék esetében általános mennyiségi változásról nem tudunk beszélni, addig a természeti katasztrófák során nagyon jelentős intenzitás egyértelmű képet mutat, és a helyzet romlása irányába tart. Ez egyrészt a hirtelen árhullámok gyakoriságának növekedését jelentheti, másrészt a városi csatornarendszerek növekvő terhelését, illetve a felszíni vízmérleg további romlását.

A kutatások koordináltságát növelni kell. A CARPATCLIM (vagy hozzá hasonló) projektek tevékenységét tovább kell fejleszteni, hogy elsősorban a határokon átnyúló, káros tevékenységek pontosabban és real-time követhetőek legyenek (például vízgyűjtők vizsgálata).

Az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatásokhoz, az alkalmazkódásvizsgálatokhoz is szükséges a megfigyelési tematikák és technikák, tér és időbeli felbontások további javítása.

Az alkalmazkodási kutatásokat fejleszteni kell, hiszen látható, hogy a változások és a változékonyság csak kellően részletes monitoring feltételekkel, a modell és megfigyelési információk kellő kombinációjával hajtható végre. Ehhez pedig további finansziális lehetőségekre, a nemzeti és a nemzetközi együttműködés további fejlesztésére van szükség.

Köszönetnyilvánítás

A projekt az European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, támogatásával készült (Italy Contract Notice OJEU 2010/S 110-166082, 2010. június 9-én).

Irodalomjegyzék

JRC, <http://www.jrc.ec.europa.eu/callsfortender> (2010)

Szentimrey, T. (2011): Manual of homogenization software MASHv3.02, Hungarian Meteorological Service, pp. 64.

Szentimrey, T., Bihari, Z., (2007): Manual of interpolation software MISHv1.02, Hungarian Meteorological Service, p. 32



Lakatos et. al.(2012): Extreme climate indices calculations on harmonized dataset covering the Carpathian region. ECAC Conference, Lodz

Spinoni et al. (2013, in print): An overview of drought events in the Carpathian Region in 1961-2010. Advances in Science and Research



Nukleáris hulladékok elhelyezése Magyarországon

Füst Antal

Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Informatika Tanszék, Gödöllő

Tartalmi kivonat:

Az atomerőművek működtetése nukleáris hulladékok keletkezésével jár, melyeket biztonságos tárolókban kell elhelyezni. A tanulmány ismerteti annak a folyamatnak a lépéseit, amelynek eredményeként Bábaapátiban, megépült a kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok felszín alatti tárolója. A szerző szól a nagy aktivitású hulladékok és kiégett fűtőelemek tárolásra vonatkozó magyarországi elképzelésekről is, továbbá összegzi az ezekkel kapcsolatos kutatómunka eddigi eredményeit.

Kulcsszavak: *nukleáris hulladék-tároló, kis és közepes aktivitású hulladék, nagy aktivitású hulladék, felezési idő, hőteljesítmény*

Abstract

The operation of nuclear power plants results in nuclear waste which has to be dealt with, has to be deposited in secured radioactive waste repositories. The study presents the steps of that certain process which lead to the construction of the underground low- and intermediate-level nuclear waste repository at Bábaapáti. Author elaborates on the possibilities of dealing with the high-level waste and the spent fuel rods in Hungary and finally summarizes the result of previous works on the topic.

Keywords: *Radioactive waste repository, low-, and intermediate-level nuclear waste, high-level waste half-time, heat output*



Magyarországon a villamos energia termelésében az atomenergia kulcs szerepet játszik. A villamos energia egyharmadát szénből, egy másik harmadát kőolajból és földgázból, harmadik harmadát pedig atomenergiából állítják elő. A megújuló energiaforrások részaránya csupán néhány százalék. A nukleáris energia jelenős szerepéből adódik, hogy Magyarországnak is megoldást kellett találni, az ezzel együtt járó hulladékok kezelésére és tárolására.

A nukleáris hulladék fajták és a tárolásra vonatkozó korlátok, feltételek

A Paksi Atomerőmű működése során, mint bármely más atomerőmű esetében, radioaktív hulladékok keletkeznek. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) ajánlása szerint, kis-, közepes- és nagy aktivitású hulladékokat szokás megkülönböztetni. Az osztályozás alapja a radioaktív hulladék hőteljesítménye. Általában a kis aktivitású és a közepes aktivitású hulladékokat tárolás szempontjából együtt kezelik. Az 1. táblázatban összefoglaltuk a hulladékfajták főbb jellemzőit.

Hulladék fajta	Hőteljesítmény (kW/m ³)	Felezési idő (év)	Megjegyzés
Nagy aktivitású	> 2	> 30	hűtést igényel
Kis- és közepes aktivitású	< 2	< 30	hűtést nem igényel

1. táblázat: A radioaktív hulladékok osztályozása

Az előbbieken túl, külön csoportba sorolják a kiégett fűtőelemeket, amelyek anyagának egy részét a reprocesszási folyamat révén újrahasznosítják.

A radioaktív hulladékok ellenőrzött tárolási ideje a magyar előírások szerint, a leghosszabb felezési idejű radioizotópok felezési idejének hússzorosa. Ez mintegy 600 év, tekintve, hogy a két legfontosabb radioizotóp a ¹³⁷Cs és a ⁹⁰Sr felezési ideje 30, illetve 29 év.

A tárolás biztonságára vonatkozóan két fontos feltételnek kell teljesülnie. Ezek:



Dóziskorlát, mely szerint a lakosság egyedeit a tárolás ideje alatt maximum 0,1 mSv/év többletsugárzás érheti ($1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$). Megjegyezzük, hogy Magyarországon a természetes háttérsugárzás 2,4 mSv/év.

Kockázati korlát, mely szerint a radioaktív sugárzás által a hulladéktároló térségében maximum 10-5/év többlet megbetegedés, genetikai károsodás, illetve elhalálozás érheti a lakosságot.

A nukleáris hulladékok tárolására szóba jöhető megoldás a felszínen, a felszín közelében és a mélységben történő tároló kialakítás. Nyilvánvaló, hogy a legbiztonságosabb megoldás a mélységi tárolás. A világon eddig megépült tárolókat a legkülönbözőbb kőzetfélésekben alakították ki. A befogadó kőzet leggyakrabban a gránit, ezt követi az agyag és a kősz, közel azonos arányban, majd az agyagkő és a vulkáni tufa. De épültek már tárolók gneiszben, bazaltban, agyagmárgában, márgában és üledékes vasérc környezetben is.

A nagy aktivitású hulladékok tárolóinak befogadó kőzete esetében a következő feltételrendszert szokás figyelembe venni:

- A tárolót befogadó földtani képződmény alapterülete legalább 1 km^2 , vastagsága minimum 100 m legyen.
- Az alkalmasságot meghatározó tulajdonságok vonatkozásában a tárolásra kiszemelt térrész minél homogénebb legyen.
- A tárolót befogadó képződmény a lehető legnagyobb izolációs képességgel (rossz vízvezető képesség, kedvező földalatti áramlási helyzet, minél jobb radioizotóp megkötő-képesség, a radioizotópok molekuláris diffúziója minél gyengébb legyen, a talajvíz pH-ja csökkentse a radioizotópok oldhatóságát) rendelkezzen.
- Minél kisebb legyen a befogadó képződmény tektonikai zavartsága.
- A tároló térsége minél kevésbé legyen földrengésveszélyes.
- A jelenkori tektonikus mozgások szerepe lehetőleg minimális legyen.
- A befogadó kőzetest minél kedvezőbb kőzetmechanikai és bányaműszaki tulajdonságokkal rendelkezzen.
- A kiépítendő tárolótérben a hőmérséklet a felszínivel azonos, vagy annál nem lényegesen nagyobb.
- A befogadó kőzet jó hőátadó képességgel rendelkezzen.



Az előbbi feltételrendszer kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok esetében is igaz, ott a feltételrendszer kevésbé szigorú. Kiemelten fontos szerepe van ugyanakkor a radioaktív izolációs képességnek.

A Paksi Atomerőmű üzemszerű működése során keletkező kis és közepes aktivitású hulladékok mellett szükséges gondoskodni az atomerőmű leállítását követően keletkező, szintén kis és közepes aktivitásúként kezelendő bontási anyagok elhelyezéséről is. Az előbbieket mellett évente mintegy 30 m³ szilárd és 0,5 m³ nem atomerőművi, kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék keletkezik az országban, amelynek elhelyezését szintén meg kell oldani.

A nukleáris hulladék mennyisége

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok lehetnek folyékony és szilárd állagúak. Az atomerőmű ellenőrzött zónájában keletkező radioaktív izotópokat tartalmazó vegyszeres hulladékvizek származhatnak, lehetnek ioncserélő gyantákból (5 m³/év), lehetnek bepárlási maradékok (250 m³/év) és dekontamináló oldatok (a 2. blokk üzemzavarának elhárítása során keletkezett 560 m³).

A szilárd halmazállapotú hulladékoknak mintegy fele műanyag, a többi textília, hőszigetelő anyag, fa, fém gumi, papír, és üveg. Ide számítjuk az areszolos szűrőket, valamint a szilárdított iszapokat is. A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat, belül speciális műanyag bevonatú 200 l-es acélhordókba helyezik.

Az RHK Kft. 10. közép- és hosszútávú terve (2010) alapján: a "Paksi Atomerőmű üzemeltetése során az erőmű adatszolgáltatása szerint, éves szinten viszonylag kis mennyiségben (nettó 5 m³ /év) keletkezik nagy aktivitású radioaktív hulladék, amelyet az erőmű területén ideiglenes jelleggel tárolnak az erre a célra kialakított csőkutakban."

A kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok tárolójának helykijelölése

A hulladéktároló helykijelölése egy országos vizsgálattal indult, amelynél első lépésben kizárták az országhatár menti 30 km széles sávot, a karsztos területeket, valamint az árvíz- és belvívveszélyes területeket.

Az 1990-es években kezdetét vette egy olyan vizsgálat, amelynek célja, a rendelkezésre álló földtani irodalom áttekintésével azoknak a potenciális helyeknek a kijelölése az országban, amelyek alkalmasak nukleáris hulladék-tároló felszíni és felszín alatti kialakítására.



A további vizsgálatok célja a lehetséges területek közül a legkedvezőbb térrész kiválasztása. Ez egy olyan közel téglalap alakú terület, amely a Duna jobbpartján helyezkedik el, megközelítőleg Székesfehérvár, Pusztaszabolcs, Szekszárd és Bonyhád sarokpontokkal. Továbbszűkítve a területet, adódott a Mórággyi rög nevű kőzettest, azon belül pedig Bátaapáti község külterülete. A legközelebbi nagyobb települések: Szekszárd, Bonyhád és Bátaszék. Ez utóbbi területszűkítésénél már közrejátszott a majdani tároló lakossági megítélése. Bátaapáti külterületén a legkedvezőbbnek a Nagymórággyi völgy környezete mutatkozott. Végül a tároló feltáró létesítményei itt készültek el.

A létesítmény környezetét először felszíni kutatási módszerekkel (mélyfúrás, árkolás, geofizika stb.) ismerték meg.

A felszíni kutatások eredményei alapján még tovább sikerült szűkíteni a kutatási területet, sőt a leginkább alkalmasnak ítélt térrészben három részterületet (az Északi, a Középső és a Déli Objektum) is elkülönítettek (1. ábra). A tároló potenciális helyét a legidősebb vizek térrészén jelölték ki. Ott, ahol a felszínről beszivárgó, esetlegesen radionuklidokat szállító vizek a leghosszabb idő múlva kerülnek újra a felszínre.

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok tárolójának felszín alatti kutatása

A Bátaapáti külterületén folyó, felszínről történő kutatások eredményei alapján döntés született arról, hogy a majdani tároló felszín alatti kutatása a nagymórággyi völgyből induló két lejtősaknával történjen meg. Elkészült a tárolóra vonatkozó biztonsági értékelés első változata is, amely ezt követően a további kutatások alapját képezte. A biztonsági értékelésbe folyamatosan épültek be az újabb kutatási eredmények, annak érdekében, hogy a felszín alatti kutatás valóban a biztonsági értékelés által vezérelt munka legyen.

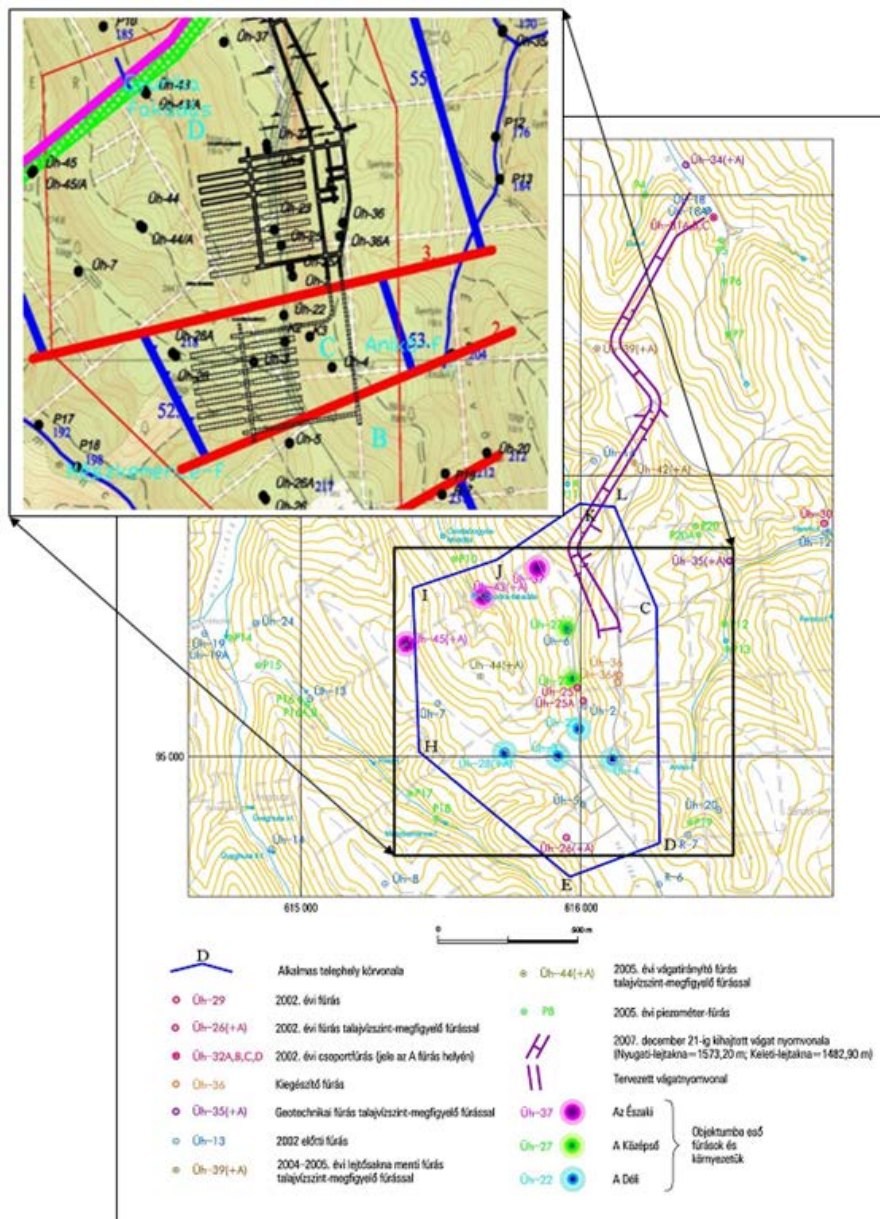
A biztonsági értékelés célja:

- a tároló hosszútávú környezet-biztonságának meghatározása;
- a teljes tárolórendszer működésének vizsgálata;
- a kutatási program vezérlése, a biztonság megalapozása, a bizonytalanságok csökkentése érdekében.

A biztonsági értékelés főbb jellemzői:



- A kutatási program minden eredményének összefoglalása, együttes értékelése.
- Összetett matematikai modellekkel történő számítás.
- A rendszer bizonytalanságának figyelembe vétele.



1. ábra: A lejtsáknak és a tárolókamrák tervezett helye, az Északi, a Középső és a Déli Objektumokba eső fúrások kiemelésével (Az ábrát Szűcs, I. 2011.: „A nukleáris ipar hulladékkezelési kihívásai” című munkájából vettük át. Megegyezik az ő 5.3 ábrájával)

A matematikai modellek esetében szükséges megemlíteni, hogy korábban determinisztikus és sztochasztikus modelleket, valamint ezek kombinációját alkalmazták. Elsőként Magyarországon vezették be Bárdossy György akadémikus és



Dr. Fodor János professzor javaslatára harmadikként a fuzzy modellt (Bárdossy, Gy. - Fodor, J. 2004) amelyet a NAÜ az előbbiekkal azon értékűnek ismert el. A biztonsági értékelés végrehajtását jogszabály írja elő.

A felszínről induló lejtősaknák és a tárolókamrák tervezett helyzetét az 1. ábra szemlélteti.

A Bátaapátiban megépült hulladéktároló működtetése

A tárolóval kapcsolatos felszín alatti kutatási és térképészeti munkálatok első fázisa 2012. december 5-én zárult, amikor ünnepélyes keretek között megnyílt, a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok tárolása céljából épített Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló.

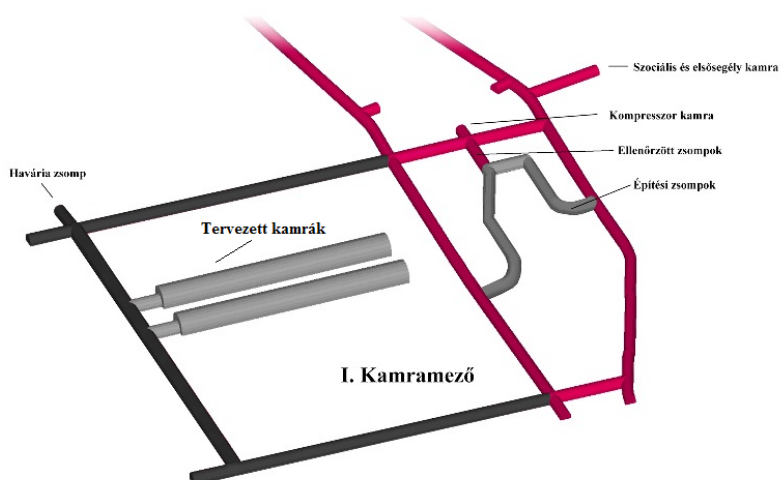
A tárolót kiszolgáló felszíni létesítmények a 2. ábrán láthatók.



2. ábra: Az NRHT-t kiszolgáló felszíni létesítmények (Az ábra alapját képező fényképet az RHK nagyfelbontású fotótárából vettük át.)



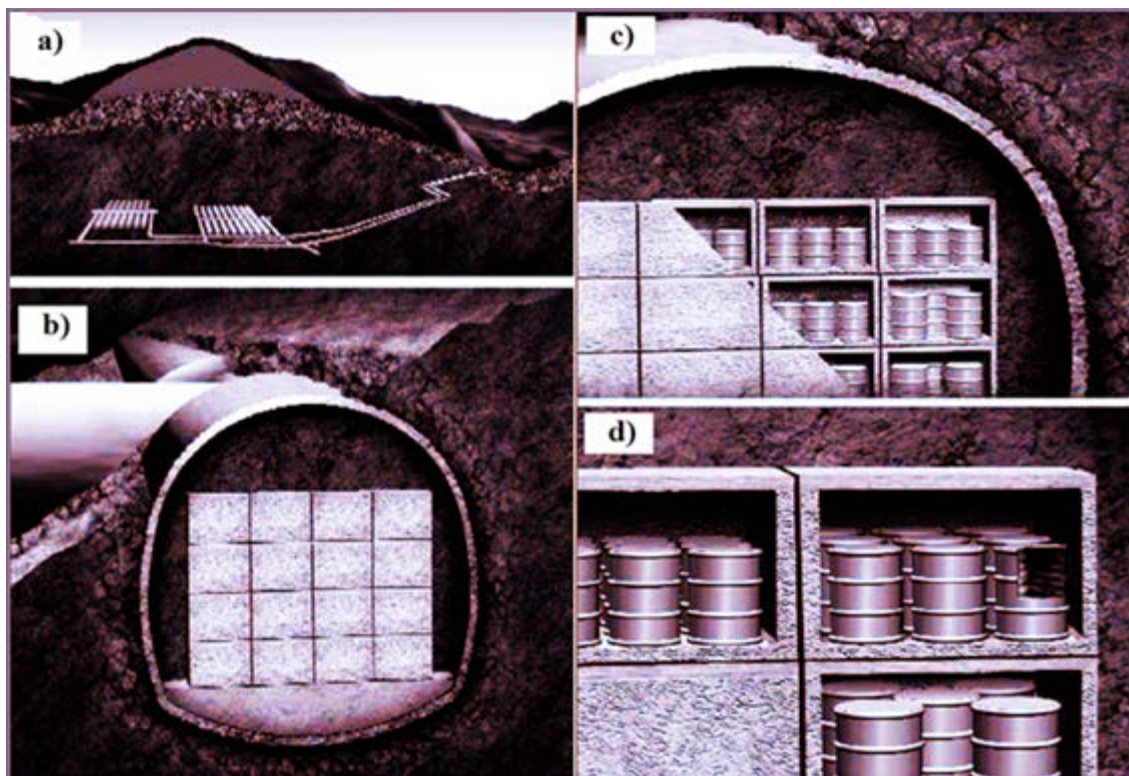
A tárolókamrák a felszín alatt 250 m mélységben épültek meg (3. ábra).



4. ábra: A tervezett két tárolókamra az I. Kamramezőben

Az I. Kamramezőben két kamra készült el. Ezek a tervek szerint egyformán 100 m hosszúak lettek volna, de az egyik kamránál a kedvezőtlen vízföldtani adottságok miatt a kamra hosszát le kellett rövidíteni.

A tárolókamrában a betonkonténerek elhelyezését és a konténerek tartalmát szemlélteti a 4. ábra.



4. ábra: A hulladékelhelyezési rendszer vázlatos felépítése, a hulladékcsomagok tárolókamrában való elhelyezésének sematikus rajza. a.) A telephely elvi keresztmetszete, a kamramezőkkel és a megközelítő vágatokkal. b.) Egy tárolókamra keresztmetszete, vasbeton konténerekkel. c.) és d.) A vasbeton konténerekben elhelyezett szénacél hordók.

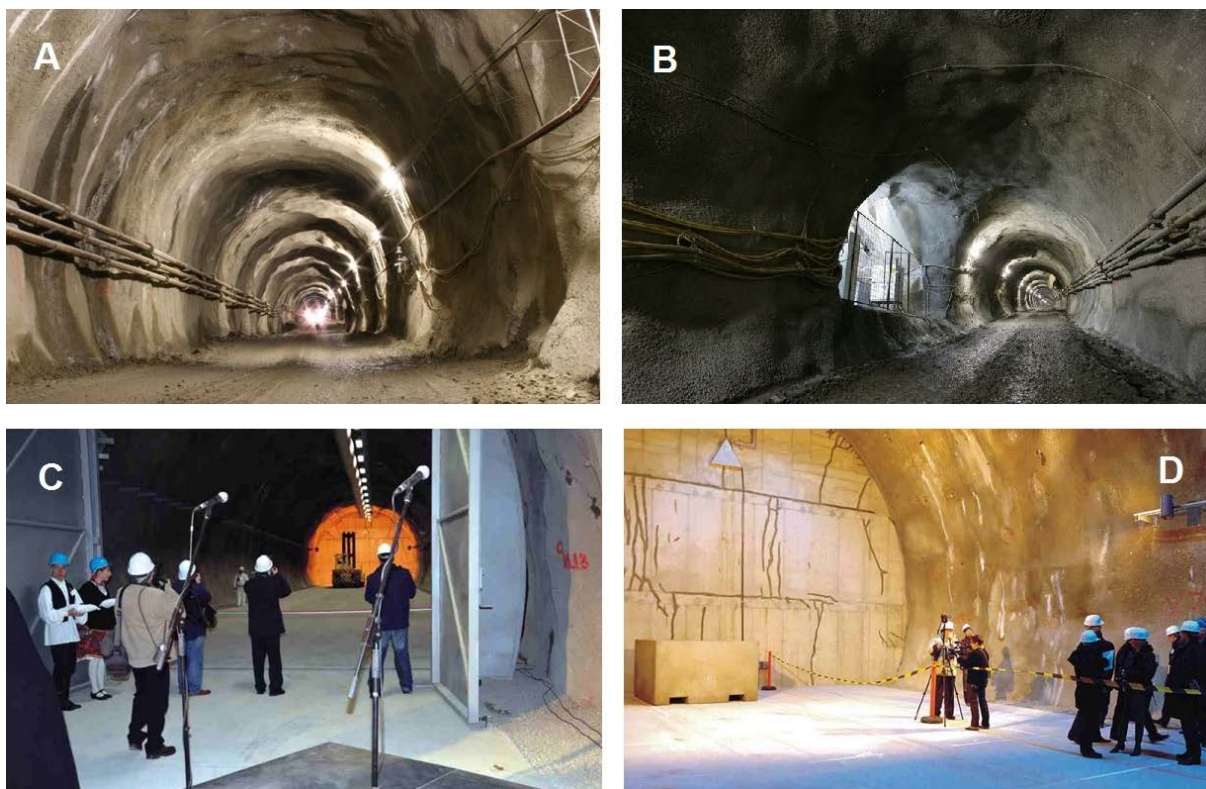
(Az ábrát Szűcs, I. 2011.: „A nukleáris ipar hulladékkezelési kihívásai” című munkájából vettük át. Megegyezik az ő 5.6 ábrájával)

A tárolót és a hozzá vezető folyosók méreteit jól mutatják az 5. ábra fotói.

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékot a Paksi Atomerőműben a gondos ellenőrzés, és a szigorú biztonsági előírások betartása mellett acélhordókba zárják. Minden hordó külön bizonylattal rendelkezik. Az acélhordókat acélkeretekbe helyezik (6. ábra), majd így szállítják Bataapátiba, az itt létesített fogadóépületbe. Itt a hordók újabb ellenőrzésen esnek át, majd az acélkereteket egy betonkonténerbe zárják.

Az így elkészült betonkonténert speciális járművekkel szállítják le a tároló kamrákba, és ott a 4. ábrán látható módon helyezik el őket.

A tervek szerint, biztonsági okokból még két tároló kamra kiépítésére kerül sor a közeljövőben.



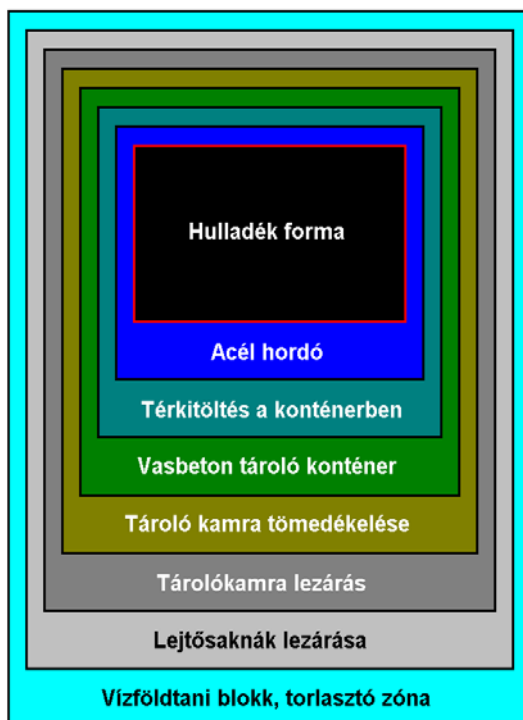
5. ábra: Fényképek a tároló felszín alatti folyosóiról (A lejtősakna; B Lejtősakna oldalkamrával; C Vendégek a tárolókamra átadási ünnepségén; D Az első nukleáris hulladékot tartalmazó betontömb a tároló végében.) (Fotó A és B NRHT nagyfelbontású fotótár. C és D RHK Hírlevél 2012. december)



6. ábra: Acélkeretekbe zárt, nukleáris hulladékot tartalmazó hordók, Bataapátiban (RHK nagyfelbontású fotótár)

A tervek szerint, biztonsági okokból még két tároló kamra kiépítésére kerül sor a közeljövőben.

Ha egy tároló kamra megtelik, azt betondugóval gondosan lezárják, az üresen maradt részeket pedig vízzáró tulajdonságú tömedékkal töltik ki. A teljes tároló bezárása a lejtősaknák mérnöki gáttal történő lezárásával valósul meg.

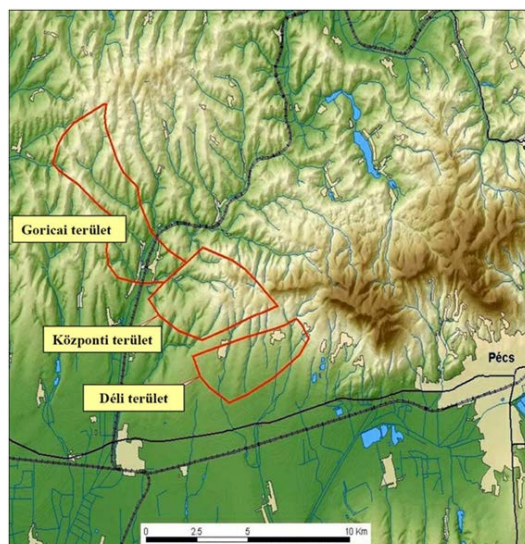


7. ábra: Biztonsági gátak a kis és közepes aktivitású radioaktív-hulladék tárolása során

A 7. ábra azt szemlélteti, hogy a tárolóban elhelyezett radioaktív-hulladék bioszférába való jutását milyen egymást követő gátrendszer hivatott meggátolni.

A nagyaktivitású radioaktív-hulladékok és kiégett fűtőelemek tárolója Magyarországon

A nagyaktivitású radioaktív-hulladékok tárolására szolgáló létesítmény helyének érdekében folyó kutatások eredményei alapján körvonalázódott az a térrész, amely egy ilyen tároló kiépítéséhez alkalmas lehet. Az a földtani formáció, amelyben a tároló kiépítése vélhetően megvalósítható, a bodai aleurolitnak nevezett, barna színű agyagkő, Pécs közelében. 2004-ben került sor a Felszíni I. kutatási fázis engedélyezési tervének összeállítására. A felszíni kutatási munka el is indult, de az anyagi keretek fokozatos beszűkülésével alig haladt előre. 2012-ben az addig elvégzett munkák eredményeinek értékelésével lehetőség nyílt arra, hogy a kutatások 2013-tól újra folytatódjanak. Az eddigi ismeretek alapján a térségben három, potenciálisnak vélt területet lehetett elkülöníteni. Ezeket látjuk a 8. ábrán.



8. ábra: A nagyaktivitású radioaktív hulladékok felszín alatti tárolójának kiépítésére szóba jöhető három terület a Mecsekben (Az ábrát Szűcs, I. 2011.: „A nukleáris ipar hulladékkezelési kihívásai” című munkájából vettük át. Megegyezik az ő 4.5 ábrájával)

A jelenlegi elképzelések szerint, a több évtizedre tervezett felszíni kutatás befejezését követően egy felszín alatti kutató laboratórium épülne meg először. A két függőleges aknával megközelíthető laboratórium helyét úgy kell megválasztani, hogy az idővel a tároló rendszerébe beilleszthető legyen.

Összegzés

Az atomerőművi és más forrásból származó radioaktív hulladékok elhelyezésének kérdése a kis és közepes aktivitású hulladékok esetében a Bábaapátiban megépült NEMZETI RADIOAKTÍVHULLADÉK-TÁROLÓ elkészültével megoldott. Ugyanez a tároló alkalmas az atomerőmű majdani lebontása során keletkezett kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék befogadására is. A nagyaktivitású radioaktív hulladékok esetében a szükséges kutatások késésben vannak, de amennyiben a szükséges anyagi források rendelkezésre állnak, a késés mérsékelhető.



Irodalomjegyzék

Bárdossy, Gy. - Fodor, J. 2004.: Evaluation of Uncertainties and Risks in Geology (Springer-Verlag, 2004, 226 pp. [ISBN 3-540-20622-1].

Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK) Nagyfelbontású fotótár

Szűcs, I. 2011.: A nukleáris ipar hulladékkezelési kihívásai Pannon Egyetem –
Környezetmérnöki Intézet.



A geotermális energia hasznosításának hazai lehetőségei és a hőszivattyúk alkalmazásának egyes kérdései

Naárné Tóth Zsuzsanna¹, Naár Tamás²

¹ Szent István Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Közgazdaságtani és Módszertani Intézet, Gödöllő

² GAK Oktató, Kutató és Innovációs Nonprofit Közhasznú Kft., Gödöllő

Tartalmi kivonat

A cikkben rövid áttekintést adunk a hazai geotermális energia hasznosításának sajátosságairól, a lehetséges alkalmazási területekről, a korábbi hazai tapasztalatokról, és a potenciális jövőbeli elterjedésről. Kitérünk a felhasználást korlátozó problémákra is, és rövid áttekintést adunk a kiaknázást hatékonyan lehetővé tevő hőszivattyús megoldásokra.

Kulcsszavak: *megújuló energiák, geotermális energia, hőszivattyúk, klímaváltozás, mitigáció*

Abstract

In this paper a short overview is given on some aspects of the domestic geothermal energy utilisation: specific characteristics, potential fields of application, previous experience, and potential future penetration. We also provide some insight on problems limiting utilisation of geothermal energy, and a short overview is given on heat pump solutions ensuring efficient exploitation.

Keywords: *renewable energy, geothermal energy, heatpump, climatechange, mitigation*



Bevezetés

Napjaink egyre nagyobb problémája a lokális és a globális környezet károsodása. Jelentős nemzetközi erőfeszítések történnek a károk enyhítése érdekében. A világ számos országa csatlakozott olyan nemzetközi egyezményekhez, amelyekben a résztvevők közös erőfeszítéssel igyekeznek megoldani ezeket a problémákat, ill. enyhíteni a különböző gazdasági tevékenységek okozta negatív hatásokat.

Az energiatermelés és felhasználás minden országban nagymértékben felelős a környezet károsodásáért. Ezért a hosszútávú energetikai tervezésben mind a gazdasági, mind a környezeti szempontokat figyelembe kell venni, azaz a döntéshozóknak a fenntartható fejlődés különböző scenárióit kell kidolgozniuk (Molnár, 1997).

Az energetikai koncepciók kidolgozásánál (a) összhangba kell hozni a lokális és a nemzetgazdasági szintű fejlesztéseket, (b) figyelembe kell venni az energetika és a többi gazdasági szektor (pl. ipar, szállítás, mező-, erdő- és vízgazdálkodás, stb.) kapcsolatát, (c) meg kell teremteni az igények és a lehetőségek összhangját, továbbá (d) mind az energetikai, mind a környezetvédelmi szempontokat figyelembe kell venni.

Napjainkban egyre nagyobb problémát jelent a fosszilis tüzelőanyag-források (kőolaj, földgáz, szén) fokozatos fogyása, elkerülhetetlen a kimerülése. Hazai elemzések (Csábrági et al, 2011b) megmutatták, hogy energiaigényünk fenntartható kielégítése nem lehetséges csak a fosszilis energiaforrásokra alapozódóan. Az ipari, közcélú és lakossági hő-, ill. villamosenergia-igény kielégítése, valamint a rohamosan bővülő közúti közlekedés világviszonylatban egyre aggasztóbb méreteket öltő környezetterhelést jelent bolygónk számára. Üvegházgáz-kibocsátásaink a klímaváltozás antropogén kiváltóiként napjaink megoldatlan problémájaként különös hangsúlyt kapnak, a klímaváltozással kapcsolatos mitigációs intézkedések egyik alapvető fontosságú területe az energia hatékony felhasználása (Molnár M. et al., 2012) Az energia átalakítását tehát a lehető legjobb hatásfokkal és a legkevesebb veszteséggel kell megoldani.

A működtető energia lehet: fosszilis eredetű (szén, földgáz, kőolaj), atomenergia és megújuló energia (nap-, szél-, geotermikus, bioenergia). A fosszilis



energiahordozók kimerülése miatt egyre jobban előtérbe kerülnek az alternatív energiaforrások. A megújuló energiaforrások alternatívát kínálnak az energiakészletek (fosszilis energiahordozók) elhasználásának mérséklésére, ezért a megújuló energiaforrásokat nevezik alternatív energiaforrásoknak is. A megújulók alapvető fontosságúak a klímavédelmi mitigációs intézkedések terén is (Molnár M. et al, 2011), hiszen korlátlan mennyiségben állnak rendelkezésre és definíció szerint nullaemissziós energiatermelést tesznek lehetővé.

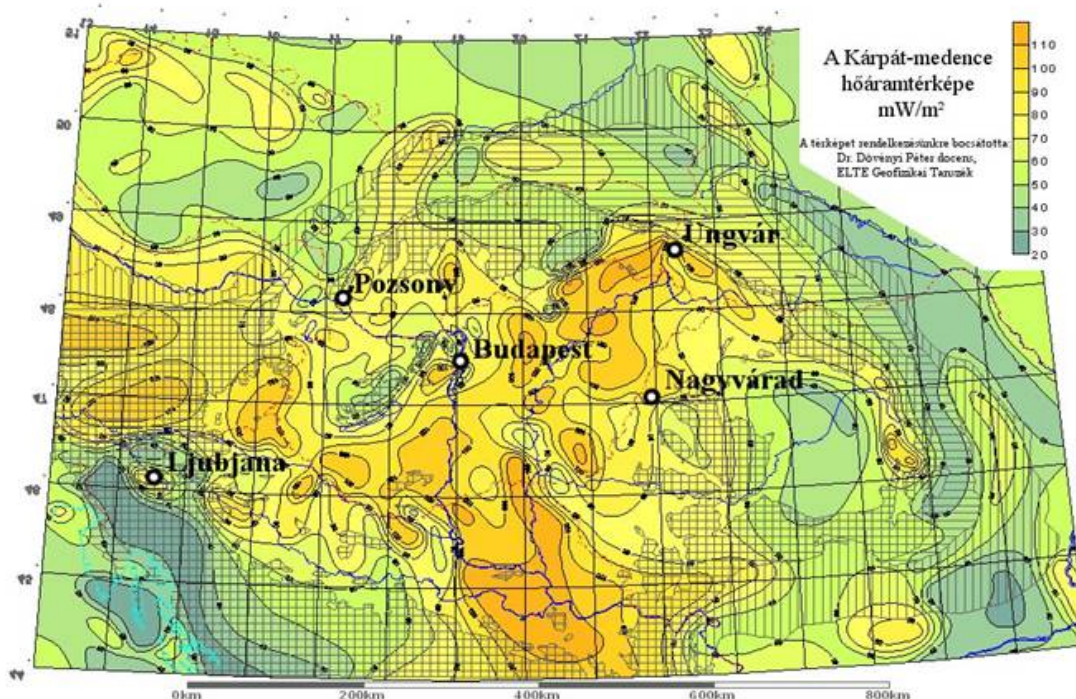
Az adottságainkat tekintve akár az „energiaszabadság” éllavasai is lehetnének, mivel abban a szerencsés helyzetben vagyunk, hogy hazánk területe nemcsak a biomassa előállítására kínál módot, s nem csupán napsütéses napokban és szinte állandóan fújó síksági szelekben bővelkedik, hanem a föld mélyén is megújuló energia lapul. Az energiaínséggel fenyegető jövőben a geotermikus energia felbecsülhetetlen kincsünké válhat, ha képesek vagyunk szakszerűen és biztonságosan azt hasznosítani.

A nap-, szél-, és a vízenergia hasznosításának lehetősége országunk egyes területein különböző mértékben lehetséges, a biomassa, a geotermikus energia és a kommunális hulladékok hasznosítása megfelelő közgazdasági feltételek kialakításával előnyösen befolyásolható az ott élő emberek javára.

A következőkben ismertetjük a geotermikus energia hasznosítását Magyarországon, illetve egy kapcsolódó, hatékony felhasználást lehetővé tevő technológiát, a hőszivattyút. Következtetéseket vonunk le, illetve javaslatokat teszünk a geotermikus energia felhasználására, továbbá bemutatjuk az egyes hőszivattyúk előnyeit és hátrányait.

A geotermikus energia

A Kárpát-medence, de különösen Magyarország területe alatt a földkéreg az átlagosnál vékonyabb, ezért hazánk geotermikus adottságai igen kedvezőek. A Föld belsejéből kifelé irányuló hőáram átlagos értéke 90-100 mW/m², ami mintegy kétszerese a kontinentális átlagnak (1. ábra).



1. ábra. A Kárpát-medence hőáramterképe

A Kárpát-medence alatt a földkéreg csak 24-26 km vastag ez kb. 20 km-rel vékonyabb a világ más területeihez képest. Az a távolság, amelyen belül lefelé haladva a hőmérsékletemelkedés 1°C, a világátlagban 33 m, a Kárpát-medencében csak 15-18 m. A földhőt a közetváz és a benne lévő rétegvizek hordozzák. A Kárpát-medencét 5-10 km vastagságban kitöltő üledékes kőzetekben igen jelentős mennyiségű rétegvíz-készletek találhatók

Forrás: www.ezerceg.hu

Az egységnyi mélység növekedéshez tartozó hőmérsékletemelkedést jelentő geotermikus grádiens átlagértéke a Földön általában 0,020-0,033 °C/m, nálunk pedig általában 0,042-0,066 °C/m. A fenti termikus adottságok miatt nálunk 1000 m mélységben a réteghőmérséklet eléri, sőt meg is haladja a 60 °C-t. A hőmérsékleti izotermák 2000 m mélységben már 100 °C feletti hőmérsékletű jelentős mezőket fednek fel (Stumphauer – Csiszár, 2004). Ennél kedvezőbb adottságokkal legföljebb csak az aktív vulkánjaikról híres területek – Japán, Izland, a Fülöp-szigetek vagy éppen Alaszka – dicsekedhetnek (Krupa, 2005).



A dinamikus termálenergia-készleteknek mindössze 4 százalékát használják ki, ezért jelentős potenciál rejlik ebben az energiafajtában. Az éves kitermelt termálvíz mennyisége 100 millió köbméter körül van, ennek egyharmada ivóvízként hasznosul, egyharmadát fürdőkben használják, a fennmaradó rész energetikai célokat szolgál.

A Föld hőjének energiáját kétféle módon hasznosítják. A legelterjedtebb alkalmazási forma az, amikor a hőenergiát fűtésre, illetve használati melegvíz előállítására használják. A másik, kevésbé elterjedt alkalmazási lehetőség a 100 Celsius-fok feletti víz, illetve gőz energiájának elektromos árammá alakítása.

A geotermikus erőmű által termelt villamosenergia 0,05-0,08 dollár/kilowattóra árával gazdaságos, és ez az ár a technikai fejlesztésekkel tovább csökkenthető. A geotermikus erőmű esetén, mindössze 400 négyzetméter területre van szükség 1 gigawattóra energia megtermeléséhez, 30 év alatt. Ez az érték összevethető az atom- és szénerőművek területfoglalásával, hozzáértve az összes bányát és nyíltszíni kitermelést is. Ráadásul, ezek az erőművek segítik függetlenedni a gazdaságot az olaj importjától, csökkentik a kereskedelmi deficitet, és új munkahelyeket teremtenek.

Magyarország közismerten gazdag hévizekben, különösen a Duna-Tisza közén és az Alföldön jelentős a készlet. Hévízkútjaink ugyan már több mint másfél évszázados múltra tekinthetnek vissza – bizonyos felhasználási területeken pedig a világelsőik közt tartanak számon bennünket –, ám a földhő hasznosítása éppúgy gyermekcipőben jár még, mint más alternatív energiaforrásoké. Probléma, hogy alig tudunk valamit kezdeni a hőenergia hasznosítása után visszamaradó, legtöbbször erősen sós vízzel, amelyet többnyire nem sajtolnak vissza a földbe, hanem inkább a közeli folyókba, patakokba csorgatják el. Ez a gyakorlat kétszeresen is környezetterhelő: kimeríti a föld alatti vízbázisokat és elszennyezi a felszínieket (Krupa, 2005). Hévízkészletünk legkevesebb 500 milliárd köbméterre tehető, amiből mintegy 50 milliárd köbméter ki is termelhető.

A geotermikus energiát ma Magyarországon alapvetően kétféle célra használják: a már említett hőhasznosításra, és balneológiai célokra (fürdők ellátása). A leggyakoribb hasznosítási mód a lakossági, kommunális, mezőgazdasági létesítmények fűtése (Csábrági et al., 2011). Egy közelmúltban elkészített szakértői vélemény szerint Magyarországon több mint kétmillió négyzetméter felületet (üvegház, fóliasátor) fűtenek termálvízzel. A geológiai felmérés főleg az észak-kelet-



magyarországi régióban itéli gazdaságosan létesíthetőnek a termálvizes fűtőrendszereket.

Fűtésre általában 100 Celsius-fok alatti hőmérsékletű geotermikus folyadékot használnak. Lehetőségeink nagyobb része még kiaknázatlan. A lakó- és középületek fűtési és használati melegvíz igényét a 80-90 Celsius-fokos hévizet szolgáltató kutakkal távhőszolgáltatásszerűen ki lehet elégíteni. Az új épületeknél célszerű úgynevezett közepes és kis hőmérsékletű fűtési rendszereket (padlófűtések, légfűtések) kialakítani, mivel ezeknél már a 60 Celsius-fok feletti hőmérséklet-tartományba tartozó hévizek is jól felhasználhatók. A teljes melegvíz-igény kielégíthető kizárólag a termálenergiára támaszkodva.

A margitszigeti hévízkút vizével bérházakat fűtöttek az 1920-as években Budapesten, a Szent István park környékén (Árpási–Bobok, 1998). A városligeti termálkút pedig, a Széchenyi-fürdő mellett, az Állatkert és a Szabolcs utcai kórház fűtését is ellátta. A két világháború között fűrt meddő szénhidrogén-kutató fúrások nagy számát alakították ki termálkúttá, ezeket elsősorban balneológiai célra hasznosították. A mezőgazdasági hasznosításban (üvegház, fóliasátor, állattartó telepek, szárítók stb.) világviszonylatban is előre kerültünk. Ezen kívül például lakásokat, kórházakat, gyógyfürdőket fűtünk termálvízzel.

A geotermikus energia hasznosításának jövője

A leggyakoribb hasznosítási mód a lakossági, kommunális, mezőgazdasági létesítmények fűtése, amelyet a komplett hasznosítás megfelelő hőmérsékleti szintjén célszerű igénybe venni. Egy közelmúltban elkészített szakértői vélemény szerint Magyarországon több mint, kétmillió m² felület (üvegház, fóliasátor) fűtött termálvízzel. A geológiai felmérés az észak – kelet - magyarországi régióban különösen Gyöngyösön és Poroszlón itéli gazdaságosan létesíthetőnek a termálvizes fűtőrendszereket (Stumphauer – Csiszár, 2004).

Mint már említettük a lakó- és középületek fűtési és használati melegvíz-igényét a 80-90 °C-os hévizet szolgáltató kutakkal távhőszolgáltatás-szerűen – illeszkedve a meglévő fűtési rendszerekhez – ki lehet elégíteni. Tekintve, hogy a földgáztüzelés egyre drágább hazánkban is, néhány helyen máris áttértek a geotermikus alap hőellátásra, és ilyen esetben csak az úgynevezett csúcskazan működik földgázzal, amely évente alig néhány száz órát üzemel a téli hideg időszakokban.



Az új épületeknél célszerű az úgynevezett közepes- és kishőmérsékletű fűtési rendszereket (padlófűtések, légfűtések) kialakítani, mivel ezeknél a 60 °C feletti hőmérséklet-tartományba tartozó hévizek is jól felhasználhatók. A teljes használati melegvíz-igény kizárólag a termálenergiára támaszkodva elégíthető ki.

A legtöbb hévizet ma a mezőgazdaság használja fel hazánkban. Elsősorban a növénytermesztő telepek fűtése gazdaságos. A növényházak fajlagos hőigénye meglehetősen nagy, eléri a 200-250 W/m² értéket is, szellőztetés esetén pedig még ennél is több. Az üvegházak légtér-fűtésére a 60-90 °C-os hévíz teljes mértékben megfelel, a talajfűtésre elegendő a 25-45 °C-os hévíz is. A fóliaházak esetében pedig – amelyek télen nem, hanem csak kora tavasszal és késő ősszel üzemelnek – megfelel az egészen alacsony hőmérsékletű (10-30 °C-os) hévíz is. A növényházak fajlagosan nagy hőigényűek, ezért belső fóliatakarással szokták legalább az éjszakai hőveszteséget csökkenteni. Növényház esetén a hévíz alkalmas a légtér fűtésére, vegetációs fűtésre és talajfűtésre is. Az elfolyó és még meleg víz energiáját célszerű hőszivattyúval magasabb hőmérsékletszintre emelni és a rendszerben felhasználni. Tipikus megoldás, hogy a növényházi hévizes fűtési rendszert kiegészítik hőszivattyúval és egy csúcskazánnal, így ugyanis gazdaságosan és biztonságosan lehet a hőigényeket kielégíteni. A kettős burkolatú fóliasátrak 20 °C-os, elfolyó hévízzel fűthetők, a hektáronként szükséges víz mennyisége 1500 liter percenként (Stumphauer – Csiszár, 2004).

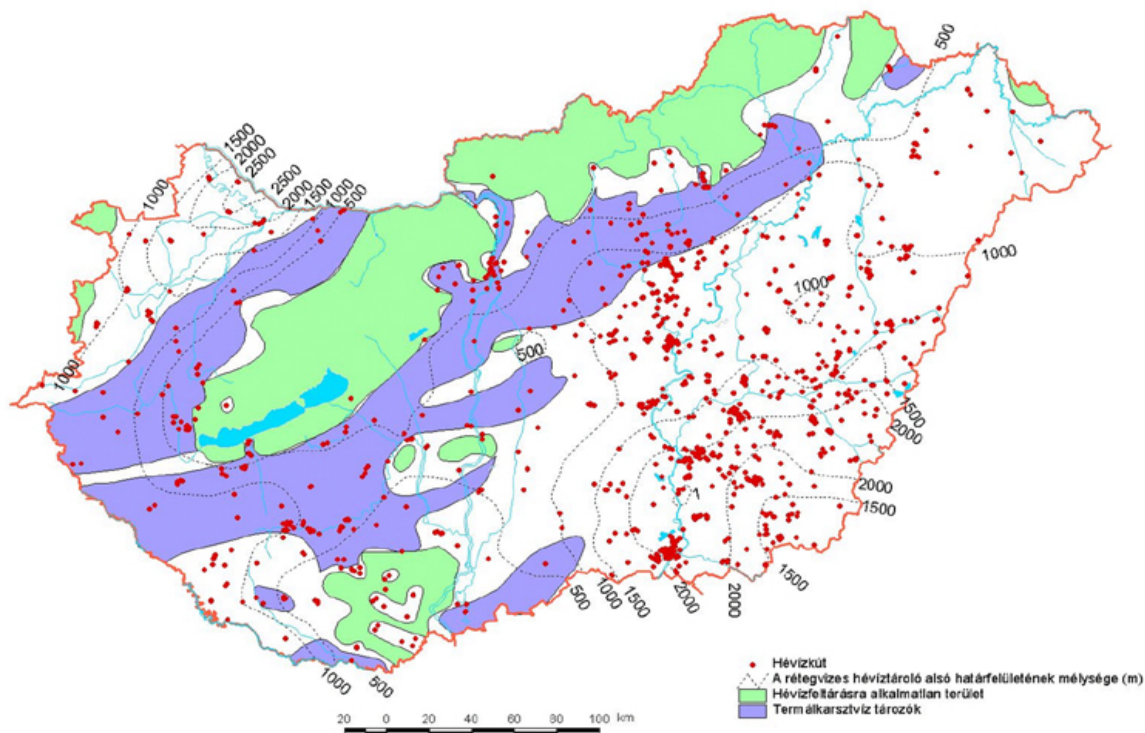
A jelenlegi gyakorlat azt mutatja, hogy az állattartó telepek szaporító épületei és a fiatal állatok tartására szolgáló épületek fűtési igényének kielégítésére 50 °C-nál magasabb hőmérsékletű hévízre van szükség. A szarvasmarha-ellető ólak 15-18 °C-ot igényelnek. A legalkalmasabb rendszer ezeknél az építményeknél a padlófűtés, illetve a sima csöves konvekciós fűtés.

A mezőgazdaság területén igen jelentős energiafogyasztók a szárítók. Mivel használatuk a fűtési idényen kívüli időszakban válik szükségessé, így elősegítik az éves hő- és vízfelhasználás egyenletessé tételét. A hévízzel azok az alacsony hőmérsékletű szárítók üzemeltethetők, amelyekkel a vetőmagok, szalmas takarmányok, gyógynövények és zöldségek felesleg víztartalmát lehet eltávolítani. Az alacsony hőmérsékletű szárítás során, ahol 60 °C-nál magasabb hőmérsékletű hévízre van szükség, a magvak megőrzik csírázóképeségüket.



Ez a szárítási módszer egyébként jól kombinálható a napenergia felhasználásával. A már említett alkalmazási területeken kívül a hévíz felhasználható az élelmiszeriparban is a különböző szárítási műveletekhez.

Jelenleg hazánkban több mint 200 hévízkutat használnak a fürdők, gyógyfürdők vízellátására. Hévízkútjaink eloszlását a 2. térkép szemlélteti.



2. ábra. Hazai hévízkutak területi eloszlása

Forrás: www.foldho.lap.hu

A hazai hévízkutak által felszínre hozott hőmennyiség mintegy 40% -át fürdők, strandok hasznosítják, és közel 30%-át pedig üvegházak fűtésére használják.

A hazai hévízkutak évente közel $6,5 \times 10^{15}$ J hőmennyiséget hoznak a felszínre (ez az ország energiamérlegében kevesebb, mint 1%).

Ipari, kommunális célra még alig van felhasználás, de már van egy-két jó példa: Szentesen a 79 °C -os vízzel első lépcsőben a kórházat, majd a második lépcsőben az üvegházakat fűtik, illetve a régi strandfürdőben hasznosítják a meleg vizet. Szegeden 3000 lakás fűtését oldották meg ezzel a módszerrel.



A geotermikus energia technológiai összefüggései

A geotermikus energia, illetve a földhő jól bevált, hatékony eljárásának az eszköze a **hőszivattyú**. Ha a gépészetben a XIX. század a gőzgép, a XX. század az elektromosság korszaka volt, akkor a XXI. század leginkább a hőszivattyú korszakává válik. A hőszivattyú elvi felépítése a hűtőberendezéssel azonos, ugyanazokból a részekből áll (két hőcserélő: elpárologtató és kondenzátor, kompresszor és expanziós szelep), a hűtőközeg (munkaközeg) körfolyamata is megegyezik, de itt alapvetően nem az elpárologtatóval elvont, hanem a kondenzátorban leadott hőmennyiséget hasznosítjuk. A hőszivattyú, mivel a hűtőgépből „származtatható”, a kivitelétől függően alkalmazható hűtésre is, ez korunkban szintén nagy előnyére vált. A fűtésre és hűtésre egyaránt alkalmas hőszivattyút „többcélú” berendezésnek nevezzük (Komlós, 2005). A hőszivattyú - nevével ellentétben - a hűtőgéphez hasonlóan működik, csak fordítva. A hűtőgép ugyanis a hűtőtérből vonja ki a hőt, amit hőcserélő segítségével a környezetbe sugároz. A hőszivattyú viszont a környezetet hűti le, és a magába gyűjtött hővel teszi lehetővé a fűtést.

Az új energiaforrás elterjedését mindaddig a gáz támogatott ára gátolta. Meg az, hogy sokakban kellő tájékozottság híján fel sem merül, hogy házukba hőszivattyút építtessenek. A rendszer kiépítése, illetve beépítése egy átlagos családi ház esetén 2-2,5 millió forintba kerül, ami nem olcsó, de a fűtési költségen megtakarított pénz idővel mégis gazdaságossá teszi

A hőszivattyú a környezet energiájának hasznosítására szolgáló berendezés, mellyel lehetséges fűteni, hűteni, melegvizet előállítani. A berendezés a működtetésére felhasznált energiát nem közvetlenül hővé alakítja, hanem a külső energia segítségével a hőt az alacsonyabb hőfokszintről egy magasabb hőfokszintre emeli, legtöbbször a föld, a levegő és a víz által eltárolt napenergiát hasznosítva. (Mert külső energia felhasználása nélkül, „magától” a hő csak melegebb helyről tud a hidegebb hely felé áramlani.) A hűtőgép is hasonlóan működik: a szekrény belsejéből szállítja el a hőt, tehát hűti, majd ezt a hőmennyiséget a hátulján levő csőkígyón adja le. A geotermikus hőszivattyú például a „föld” (talaj, talajvíz) és a ház belső terei között szállít hőt. A talaj mélyebb rétegeinek hőmérséklete télen-nyáron állandó (pl. 6 méter mélyen átlagosan +12 °C), télen melegebb, nyáron hidegebb, mint a levegő hőmérséklete. A szállítási irányon változtatva télen a talajtól hőt elvonva fűthetünk, nyáron a talajt melegítve hűthetjük a házat (illetve melegvizet



állíthatunk elő télen-nyáron). A hő szállításához folyamatosan elektromos energiát kell a rendszerbe táplálni. A rendszer hatékonyságát az ún. munkaszámmal (COP=Coefficient of performance) jellemezhetjük, ami azt mutatja meg, hogy a hőszivattyú által leadott hasznos hőteljesítmény hányszorosa a működtetéshez felhasznált hajtási teljesítménynek. A hőszivattyúk jósági tényezője levegős hőszivattyú esetében a COP értéke 3,5; talaj/víz hőszivattyúnál 4,5; míg víz/víz esetében 5,5. Mivel ez azonban az év folyamán változhat a hőforrás hőmérsékletének változásával, ezért az egy évre vonatkozó energiaszám (JAZ - Jahresarbeitszahl: éves munkaszám) pontosabb képet ad a hőszivattyú teljesítményéről. Ez elsősorban attól függ, hogy mekkora hőmérsékletkülönbséget kell áthidalni (a hőforrás és a fűtési előremenő hőmérséklet különbsége), általában három és öt közötti érték, tehát egy egység villamosenergiával három-öt egység hőenergiát állíthatunk elő (szemben az elektromos fűtéssel, ahol egy egység villamosenergiával egy egység hőenergiát kapunk.)

A földbe helyezett csöveket szokás földkollektoroknak is hívni. Ha vastagabb csövet fektetünk le, akkor abban levegő, még ha vékonyabbat, akkor folyadék kering, de a hőszivattyú mindkettőből hőt állít elő. A levegős és a folyadékos hőkollektor egyaránt hűti a földet.

A **talajkollektoros rendszer** esetében többszáz méter hosszú speciális kemény PVC köpennyel ellátott rézcsöveket, vagy polietilén csöveket fektetnek le 1-2 méter mélyen. Hátránya, hogy nagy felületen (a fűtött alapterület 1,5-3-szorosán) kell megbontani a telket a csövek lefektetésekor, ezért leginkább új építésű házak esetén jöhet szóba. Segítségével négyzetméterenként 20-30 Wattnyi energiát nyerhetünk. Ennek nagysága függ a talaj hővezetésétől, nedvességtartalmától, és az esetleges talajvíztől. A "földes" és "vizes" hőszivattyúk hatásfoka jobb, mint a levegősöké, a legkorszerűbbek már hat egységnyi fűtőenergiát képesek előállítani egységnyi villamos energiából.

A **talajszondás rendszer** esetén kb 15 cm átmérőjű, 50-200 méter hosszú lyukat fúrnak a földbe leginkább függőlegesen. Ebbe helyezik az U alakú szondát, amiben zárt rendszerben cirkulál a hűtőközeg. 200 méteres mélység esetén kb. 17 °C-os a Föld.

Lehet két- vagy háromkörös rendszer, attól függően, hogy a szondában közvetlenül a hűtőközeg áramlik, vagy fagyálló folyadék adja át közvetetten hőjét a hűtőközegnek. A szondák speciális esete az energiakaró: több szondát egymás



mellé helyezve nyáron eltárolják a hőenergiát a földben, amit télen hasznosítanak. Különösen nyári hűtési igény esetén, ill. ipari méretekben gazdaságos.

Nagyságrendekkel mélyebb szondák esetén (1000-2000 méter) már nem a talajrétegekben eltárolt napenergia kerül közvetetten hasznosításra, hanem elsősorban a geotermikus energia. A Föld középpontjában lejátszódó reakciók hője a felszín felé áramlik, ezért mennél mélyebb a fúrt kút, annál nagyobb a kúttalp körüli réteg hőmérséklete. Ez a hőmérséklet a geotermikus gradienstől függ (egy kilométerrel mélyebben mennyivel melegebb a földkéreg). Ez hazánkban 60°C/km körüli érték, szemben a 30°C/km-es európai átlaggal.

Föld alatti vagy föld feletti beton vagy téglafalban, betonlemezben műanyag csőkiágót helyeznek el. Külön e célra épített szoborszerű elemek, vagy támfalak, homlokzati betonfelületek is felhasználhatóak. A működés elve hasonló a talajkollektorokhoz: a beton jól vezeti a hőt, tömege alkalmas a hő tárolására. Segít a levegő, talaj, esővíz hőjének átvételében, a napsugárzást közvetlen is hasznosíthatja.

A **talajvíz-kútból** búvárszivattyúval nyert víz hőjének elvonása után a vizet vagy egy másik kútba, vagy felszíni vízbe (patak, tó, folyó) vezetik, vagy elszívárogtatják földbe fektetett dréncsöveken át. A talajvíz állandó hőmérséklete (7°C-12°C) és jó hővezető-képessége révén ideális hőforrás. További speciális alkalmazás, amikor hőforrásként egy tó szolgál. Ebbe helyezik el körkörös kollektorként szolgáló csöveket.

A **külső levegő** (ventillátorokkal kerül beszívásra, amit a hőszivattyú hűt le). Hátránya, hogy a levegő hőmérséklete nem állandó, így a rendszer hatékonysága is változó, illetve a ventillátorok által keltett zaj is problémát jelenthet. Felhasználásra kerülhet még a **ház pincéjének levegője** is. Központi szellőztetőrendszerrel ellátott, légmentesen szigetelt ház esetén a kifúvásra kerülő **elhasznált levegő** is használható hőforrásként, vagy a befúvásra kerülő levegőt melegítve, vagy a fűtési rendszerre rásegítve. (Ennél egyszerűbb megoldás a hőcserélők alkalmazása, ahol a kifúvott meleg és a beszívott hideg levegő egy nagy felületű berendezésen át adja át a hőt, anélkül, hogy keveredne.)

Számításba jöhet hőforrásként a szennyvíz, az elhasznált termásvíz (**hulladékhő**). Előbbire magyarországi példa a szekszárdi húskombinát, ahol a 22°C-os szennyvíz a hőforrás, míg utóbbira a harkányi gyógyfürdő, melynek 32-35 °C-os elfolyó vizét használják fel két egyenként 1100 kW-os hőszivattyúval.



A hőszivattyú felhasználási területei

- **Fűtés:** A hőforrásból elvont hőt a berendezés általában a zárt körben keringetett víz fűtőközeg felmelegítésére használja fel. Elsősorban az alacsony hőmérsékletű fűtési módok alkalmasak hőszivattyúval történő felhasználásra, mert akárcsak a napkollektoroknál, annál nagyobb a rendszer hatékonysága, minél kisebb a fűtési előremenő hőmérséklet. Padló-, fal- és mennyezetfűtés jöhet számításba, ahol a nagy hőleadó felület miatt már 35 °C is elegendő. Monovalens rendszer: a ház teljes fűtési energiaszükségletét biztosítja. Bivalens rendszer: a hőszivattyú mellé kiegészítő fűtés kell, ami lehet bármilyen kazán vagy napkollektoros rendszer is.
- **Melegvíz-készítés:** Használati melegvíz készítésére is felhasználható a hőszivattyú, de a kondenzátor oldali felső hőmérséklet határ kb. 55-60 °C, emiatt a melegvíz hőmérséklete 60 °C alatt marad.
- **Hűtés:** A folyamat megfordításával a fűtésnél hőforrásként használt közegnek adja át a helyiségekből elvont hőt.

A hőszivattyúkkal kapcsolatos előnyöket és hátrányokat az 1. táblázatban foglaljuk össze.

Hőszivattyú típus	ELŐNYE	HÁTRÁNYA
Víz-víz	<ul style="list-style-type: none">• legmagasabb COP: 5-7 (W10 - 10 °C fokos vízhőmérsékleten mérve)• állandó COP biztosítása• passzív hűtés kialakításának lehetősége• nem szükséges alternatív fűtési rendszer	<ul style="list-style-type: none">• nagy mennyiségű vizet igényel• jelentős munkálatok, hosszú előkészítést igényel• kút elapadása esetén nem működik
Föld-víz (szondás kivétel)	<ul style="list-style-type: none">• jó COP: 4.5-5 (B0 - 0 °C fokos talajhőmérsékleten mérve)• állandó COP-vel működik• passzív hűtés kialakításának lehetősége• a jövőbeni működés teljesen biztosított	<ul style="list-style-type: none">• drága telepítés fúrás• nagy földmunkát igényel



	<ul style="list-style-type: none">•szinte bárhova telepíthető•nem szükséges alternatív fűtési rendszer	
Föld-víz (földkollektoros kivitel)	<ul style="list-style-type: none">•jó COP: 4.5-5 (B0 - 0 °C fokos talajhőmérsékleten mérve)•állandó COP vel működik•passzív hűtés kialakításának lehetősége•a jövőbeni működés teljesen biztosított•nem szükséges alternatív fűtési rendszer	<ul style="list-style-type: none">•nagy földmunkát igényel•hűtheti a fák gyökerét (min 2m távolságot kell tartani)•nagy területet igényel (2-2.5 x a fűtött terület)
Levegő-víz	<ul style="list-style-type: none">•egyszerűen, olcsón telepíthető•nem igényel előkészítést•bárhova telepíthető•könnyen integrálható a meglévő fűtési rendszerbe•a föld és vizes hőszivattyúkhöz képest kisebb beruházást igényel•kül- és beltéri típusok	<ul style="list-style-type: none">•alacsony COP: 2.6-3.5 (A2 - 2 °C fokos levegőn mérve)•hőmérséklet függő COP•alternatív fűtési rendszert igényel•beltéri kivitel esetén zajhatás (54 dB) figyelembe vétele

Forrás: saját gyűjtés

1. táblázat. Az egyes hőszivattyú típusok előnyei és hátrányai

Következtetések, javaslatok

A kedvezőtlen környezeti, gazdasági, piaci hatások mérséklésére lényegében két út kínálkozik: egyrészt a fajlagos energiaigények, de különösen a **fosszilis energiahordozó felhasználás**, illetve növekedési ütemének fokozatos **csökkentése**, másrészt a **megújuló energiaforrások részarányának növelése**.

A megújuló energiaforrások *felhasználásának gazdaságossága* elsősorban a szembeállított energiahordozók aktuális *átvételi árától*, elterjeszthetősége viszont a meglévő direkt vagy indirekt *támogatási rendszertől* függ. Véleményünk szerint szükség van egy, a környezetvédelmi szempontokat is figyelembe vevő **támogatási rendszer kidolgozására**, amelynek segítségével az elterjesztés felgyorsítható.



Ennek hiánya és az energiaárak jelenlegi szintje nagyon lassítja a növekedési spirál beindulását.

A **lakások fűtési költségének radikális csökkentése** (tekintettel a tartós használatra) gazdaságilag kiemelten **előnyös a fogyasztók számára**. Ennek megoldásaként szolgál a hőszivattyús rendszer is, mellyel igény szerint télen fűteni, nyáron pedig hűteni lehet a lakást, továbbá a használati meleg víz az egész év során előállítható vele.

Kutatásaink alapján a hőszivattyúkról az alábbiakat állapítottuk meg:

A **hőszivattyúk előnye**, hogy

- Egész évben képes közvetett módon kiaknázni a nap energiáját, nem függ a pillanatnyi napsugárzás erősségétől, mivel a környezetben eltárolt energiát hasznosítja. Segítségével alacsony hőmérsékletű hőforrásokból is kinyerhető hő, illetve hulladékhőt hasznosíthatunk.
- A **hőszivattyúk** használata CO₂-kibocsátáscsökkenést jelent, így **alkalmazásával a környezetvédelemért** is tehetünk.
- Amennyiben a fűtést teljes egészében a hőszivattyú végzi (monovalens rendszer), nincs szükség kéményre, a helyszínen nincs károsanyag kibocsátás.

A **hőszivattyúval szemben** ugyanakkor egyelőre **idegenkedés** tapasztalható. Az egyik ellenvetés szerint a hőszivattyú nem megújuló energiaforrás, mert meghajtásához elektromos vagy más energia szükséges, többet veszünk a réven, mint nyerünk a vámon. A hőszivattyú pártján állók ezzel szemben azt hangoztatják, hogy kétszer, háromszor annyi hasznos energiát tud leadni, mint bármely más hőtermelő technika.

A hőszivattyúk alkalmazásakor a megfelelő döntés meghozatalához meg kell fontolnunk az alkalmazásukban rejlő lehetőségeket és nehézségeket. A hőszivattyús rendszereken túlmenően a fűtési költségek csökkentésére szolgálnak a *passzív házak* is, mellyel a töredékére lehet csökkenteni az éves fűtési költséget. Ez a technológia mégsem terjedt el Magyarországon, mert építésük 15-20%-kal többé kerül a hagyományos családi házakhoz képest.

Alapvető fontosságúnak tartjuk a geotermális energiával kapcsolatos kutatások támogatását, hiszen ez az energiaforrás, amely jelentősebb kockázat



nélkül, fajlagosan alacsony beruházási költséggel szolgáltatná energiát a jövőben, amennyiben sikerül a visszasajtolással kapcsolatos technológiai problémákat leküzdeni.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket nyilvánítják a TÁMOP 4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0003 számú „Az oktatás és kutatás színvonalának emelése a Szent István Egyetemen” c. projektje által nyújtott támogatásért.

Irodalomjegyzék

Árpási M. – Bobok E. (1998): Környezetkímélő termásvíz-hasznosítás az iparban és a mezőgazdaságban. Környezetvédelmi Füzetek. 1998/26 OMIKK 1-5 p.

Csábrági A., Molnár M., Molnár S. (2011a): Impact Assessment of Mitigation Strategies in the Hungarian Agriculture, Agrárinformatika / Agricultural Informatics 2:(1) pp. 10-17.

Csábrági A, Molnár S, Molnár M (2011b): Comprehensive assessment of future energy needs and the role of alternative energy source, Hungarian Agricultural Engineering, (23) pp. 117-119.

Fogarassy Cs.–Káposzta J.– Nagy H. (2007): Externality aggregation in the field of biomass production. Engineering for Rural Development, International Scientific Conference, Jelgava, Latvia, 2007. -402 p.

Komlós F. (2005): Környezetkímélő geotermikus energia és a hőszivattyús rendszerű energiatakarékos fűtés, hűtés.
(<http://www.zoldtech.hu/cikkek/20051110komlosf/dokumentumok/KomlosFerencGeotermikus.doc>) 1-5.pp.

Krupa M. (2005): Földhő. National Geographic. 3. évfolyam. 8. szám 50-53. p.

Molnár S. (1997): Assessment of Mitigation Measures and Programs In Hungary, Applied Energy 56:(3-4) pp. 325-332. (1997)

Molnár M., Molnár S. (2012): Comprehensive assessment of climate change policies and measures in Hungary: concerns and tasks in an underestimated challenge, Időjárás / Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service 116:(4) pp. 297-321.

Molnár M., Molnár S. (2011): Következtetések és teendők a hazai klímacsúcstalálkozóan megfogalmazott problémák kapcsán az energiaszektorban, Elektrotechnika, 02: pp. 32-33.

Stumphauer T. - Csiszár A. (2004): A geotermikus energia hasznosítása. REAK 04.04.



IV. SEKCIÓ: VÍZ

A víztározás szerepe a vízkészlet-gazdálkodásban

Dobi László

BM Országos Vízügyi Főigazgatóság

Tartalmi kivonat

Az elmúlt évtizedekben a víz, a vízkészletek rohamos felértékelődésének lehetünk tanúi. A jövőkutatók szerint, a víz értéke már a közeli jövőben elérheti az olajét. Egyes prognózisok ennél is merészebbek – elsősorban a vízszegény térségekben -, a víz értékét már egyenesen az arany értékéhez hasonlítják. A víz nagymértékű felértékelődését alapvetően két tulajdonságának köszönheti. Egyrésztől nélkülönözhetetlen (a földi élet alapja), másrésztől a hasznosítható vízkészletek folyamatosan csökkennek, egyre korlátozottabb mennyiségben állnak az emberiség rendelkezésére.

Kulcsszavak: víz, hasznosítható vízkészlet

Abstract

In the last decades, we are witnessing the rapid appreciation of water and water resources. According to researchers, in the near future the value of water will reach the value of oil. Some forecasts are more brave - especially in water-poor regions - the value of water compared directly to the value of gold. The high appreciation of water is basically lie on two attributes. On the one hand it is indispensable (base of life on Earth), the other hand that the water resources continue to decrease, less quantities are available to mankind.

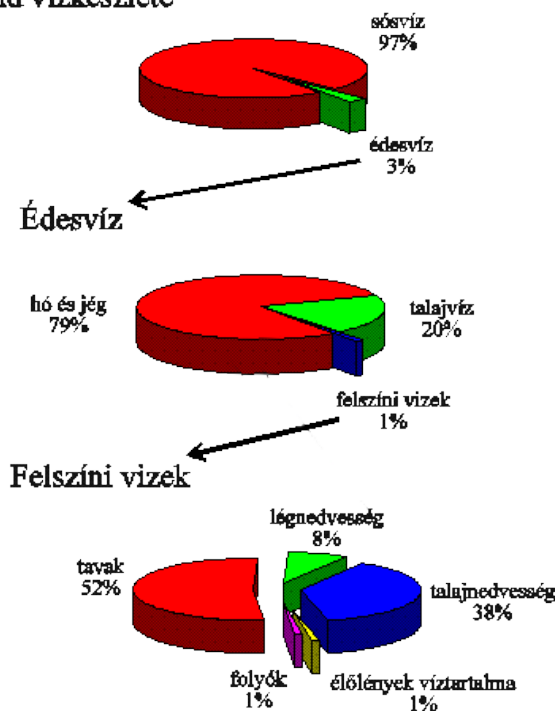
Keywords: water, water resources



Az elmúlt évtizedekben a víz, a vízkészletek rohamos felértékelődésének lehetünk tanúi. A jövőkutatók szerint, a víz értéke már a közeli jövőben elérheti az olajét. Egyes prognózisok ennél is merészebbek, – elsősorban a vízszegény térségekben - a víz értékét már egyenesen az arany értékéhez hasonlítják. A víz nagymértékű felértékelődését alapvetően két tulajdonságának köszönheti. Egyrésztől nélkülözhetetlen (a földi élet alapja), másrésztől a hasznosítható vízkészletek folyamatosan csökkennek, egyre korlátozottabb mennyiségben állnak az emberiség rendelkezésére.

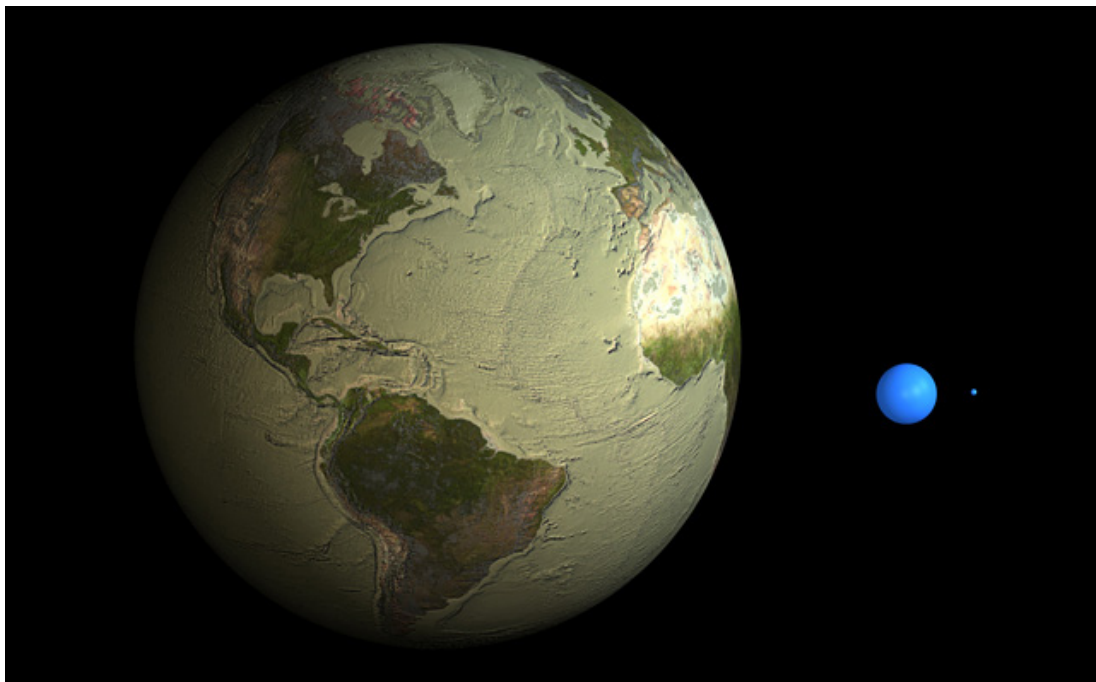
A víz bolygónkon a leggyakoribb anyag, azonban az ember számára könnyen hasznosítható formában csak kis része van jelen. A föld felszínének 71%-át borító víz 97 %-a sós víz, a fennmaradó 3% édesvíznek pedig csak a töredéke hasznosítható. Az édesvíz készletek 79%-a a sarkvidéken jég formájában található.

A Föld vízkészlete



Forrás: Kerekes Sándor: A környezetgazdaságtan alapjai

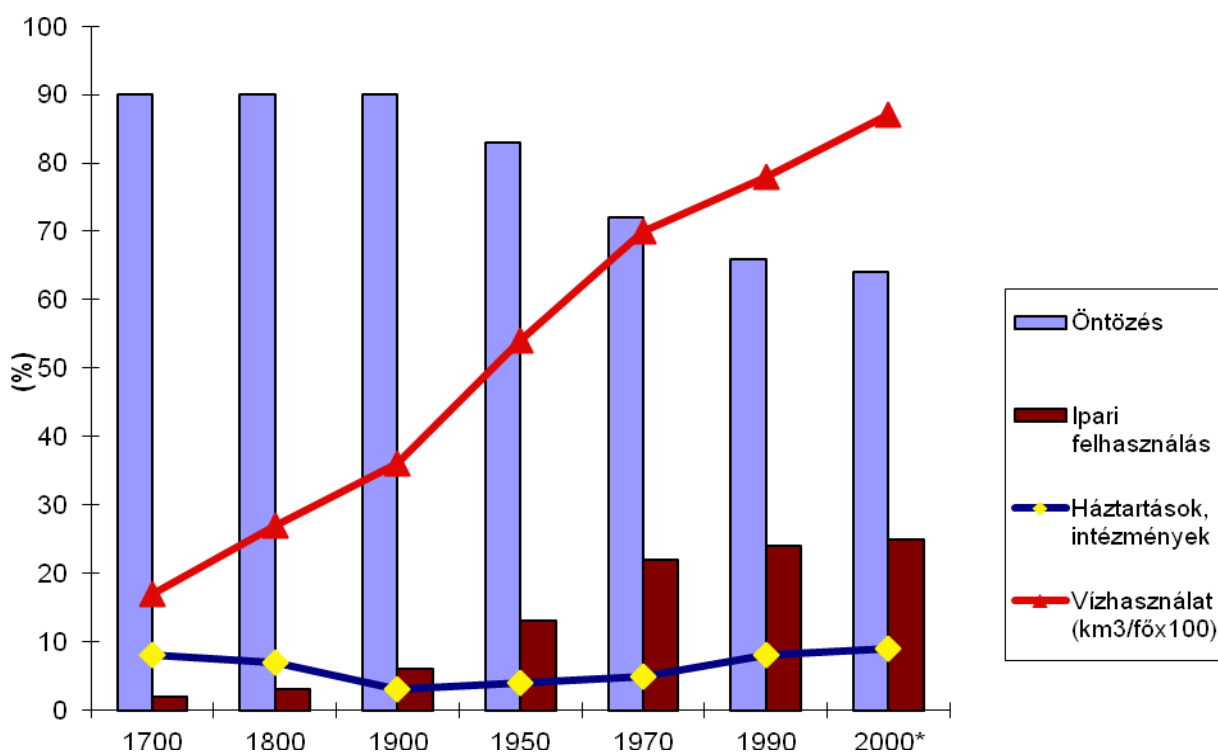
A viszonylag könnyen elérhető, kitermelhető és hasznosítható édesvíz készlet mindössze 0.3%-a földünket borító vízmennyiségnek.



A Woods Hole Oceanographic Institution számítógépes grafikája.

A számítógépes képen a nagyobb kék gömb a föld teljes vízkészletét mutatja gömb formájában, a parányi kék gömb, pedig a hasznosítható édesvízkészletet szemlélteti.

Annak ellenére, hogy a Föld vízkészlete állandó, a hasznosítható vízkészlet folyamatosan csökken. A hasznosítható édesvízkészletek csökkenésének okai szerteágazóak. Az egyik legfontosabb tényező a fogyasztás drasztikus növekedése. A fogyasztás növekedésében nem csak a népesség növekedése játszik szerepet. Amíg az elmúlt évszázadban a népesség megháromszorozódott, a vízfogyasztás a hatszorosára nőtt. A fogyasztás növekedésének egyik oka a sok területen tapasztalható pazarló felhasználás. A vízfogyasztás legjelentősebb szereplője a mezőgazdaság. A teljes vízfogyasztás majdnem 80%-a kiöntözésre kerül, ugyanakkor a hasznosulása - az ENSZ kutatásai szerint - mintegy 40%-osra tehető. A XX. században ezzel együtt ugrásszerűen nőtt az ipari vízfelhasználás is.



Mc Neil 2000 adatai nyomán

Hosszútávon kedvezőtlenül befolyásolják az elérhető vízkészleteket az éghajlatváltozás hatásai is. A csapadékeloszlás egyenlőtlenebbé válása, a felmelegedés hatására intenzívebbé váló párolgás csökkenti a talajba történő beszivárgást és ez végsősoron az ivóvízkészlet egyik legjelentősebb forrását, a talajvizek utánpótlását csökkentheti. A hasznosítható vízkészletek csökkenésében nagy szerepe van a folyamatos vízszennyezésnek. A szennyezések legnagyobb része az emberi tevékenységhez köthető. A mezőgazdasági kemikáliák túlzott használata, a háztartási szemétkibocsájtás, az olajszennyezések, a gyárak károsanyag kibocsájtásai egyaránt veszélyeztetik a felszíni és a felszín alatti vízkészleteket.

Az elérhető vízkészletek eloszlása térben meglehetősen egyenetlen: például Dél-Amerikában található az összes édesvízkészlet 26%-a, míg a világ népességének mindössze a 6%-a él itt. Ezzel szemben Európában az itt lévő 8% vízkészletre 13%-nyi népesség jut. (Nagy Károly, 2012)



Ország	Vízfelhasználás (millió m ³)	Elérhető víz- készlet (millió m ³)	Vízfelhasználás aránya (%)	Önellátás aránya (%)	Függőség
Brazília	46.865	6.950.000	0,7	100	0
Egyiptom	55.432	68.500	80,9	78,4	21,6
Franciaország	38.570	198.000	19,5	100	0
Hollandia	8.039	90.000	8,9	21,5	78,5
India	607.227	2.085.000	29,1	100	0
Izland	167	168.000	0,1	74,9	25,1
Izrael	2.277	2.200	103,5	53	47
Japán	91.945	547.000	16,8	62,4	37,6
Kína	504.315	2.800.000	18,0	92,3	7,7
Lengyelország	12.349	56.200	22,0	74,2	25,8
Magyarország	6.678	120.000	5,6	100	0
Németország	47.303	171.000	27,7	79,5	20,5
Oroszország	116.442	4.498.000	2,6	100	0
Spanyolország	30.968	111.300	27,8	64,1	35,9
USA	492.259	2.478.000	19,9	100	0

www.wateryear2003.org

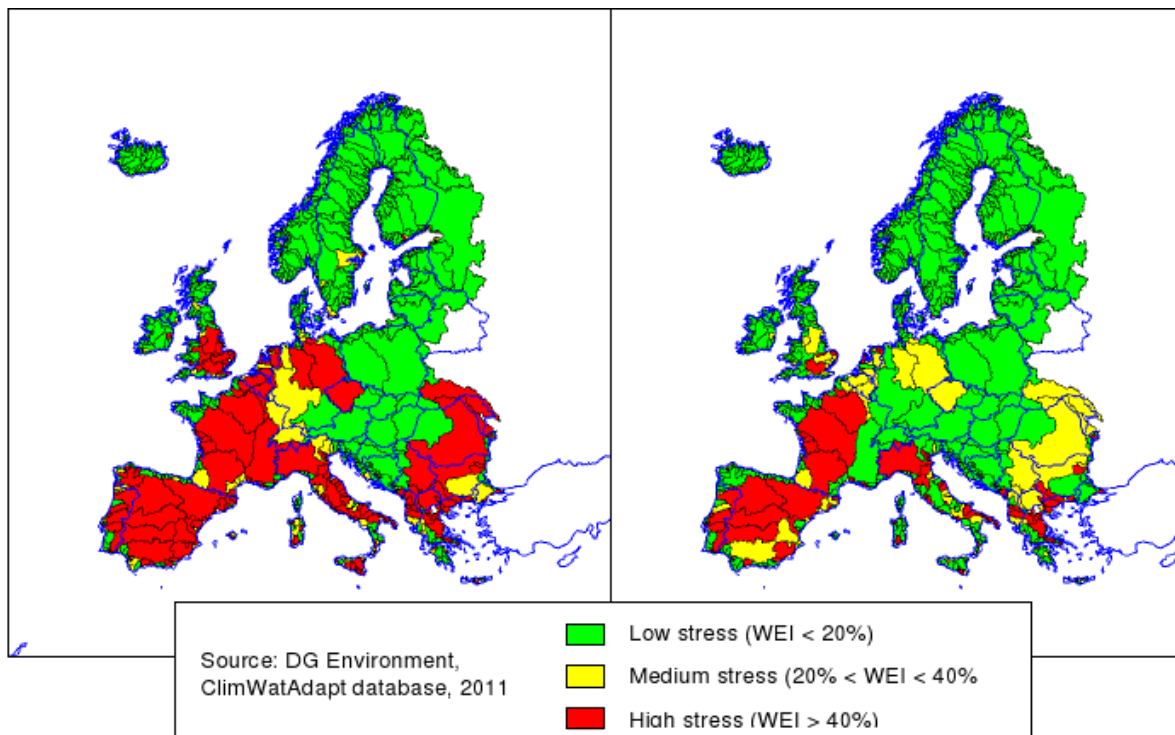
A jóminőségű víz az egyik legfontosabb nyersanyagforrás. Rövididejű hiánya már komoly zavarokat okoz a társadalom működésében. A hasznosítható édesvízkészletek korlátozott rendelkezésre állása és a folyamatosan bővülő, növekvő vízigények komoly társadalmi feszültségeket indukálhatnak. A következő évtizedek legfontosabb természeti erőforrása az ivóvíz lesz. Prognosztizálható, hogy a vízkészletek birtoklásáért folytatott küzdelem egyre élesebbé válik, az ún. vízkonfliktusok száma jelentősen nőni fog. Napjaink egyik közeli példája a 60 millió lakosú Egyiptom, ahol a lakosság 97%-a a Nílus folyó 20 km-es sávjában él. A minden más szempontot megelőző egyiptomi vízigény kielégítése azt eredményezte, hogy a Nílus vízhozamának 85%-át adó Etiópia - a korábbi status quo alapján - mindössze a vízhozam 1%-át hasznosíthatja. A vízbiztonság minden állam számára stratégiai tényező, a vízkészletek rendelkezésre állása állambiztonsági kérdés.

Vízhiány forgatókönyv Európára 2050-ben a ClimWatAdapt projekt modellezése szerint a vízszükséglet és a hozzáférhetőség közötti különbség összefüggésében, összekapcsolva az éghajlatváltozási és gazdasági forgatókönyvekkel:



Előtérben a gazdaság

Jövőbeli fenntarthatóság



Nyári vízkitermelési mutató (Water Exploitation Index – WEI), az erőművek hűtésére szolgáló vízkivételeket leszámítva

Alacsony igénybevétel (WEI <20%)

Közepes igénybevétel (20% <WEI <40%)

Magas igénybevétel (WEI > 40%)

Forrás: DG Environment, ClimWatAdapt database, 2011

A ClimWatAdapt projekt vizsgálata szerint is Magyarország kedvező helyzetben van a vízszükségleteinek kielégítése szempontjából, de a hazai helyzetet árnyalja, hogy a vízkészlet jelentős része külföldről érkezik és csak csekély része származik csapadékból. (Somlyódi László 2012)

A vízkészletek felszíni és felszínalatti készletekből állnak. A fajlagos felszíni vízkészletünk európai viszonylatban is kiemelkedően nagy, 11 ezer m³/fő/év, azonban hazánk területéről mindössze 600 m³/fő/év vízmennyiség származik. A felszíni vízkészletek több mint 95%-a a határon túlról érkezik.



Magyarország vízforgalma



forrás: Láng I. (2013)

A beérkező vízmennyiség és a felszíni vízkészletek területi eloszlása meglehetősen egyenlőtlen. A keleti országrész felszíni vízkészletének döntő hányadát szállító Tisza részesezése a lefolyásból kevesebb, mint 22%.

Magyarország vízháztartási mérlege alapvetően egyensúlyi állapotot mutat.



(km ³)	Sokéves átlag	2011	2010
Csapadék (C)	55,7	39,2	92,5
Párolgás (P)	48,2	41,2	65,1
C-P (felszínközeli lefolyás "L")	7,5	-2,0	27,4
Érkező vízmennyiség (É)	108,9	90,4	138,6
Távozó vízmennyiség (T)	115,6	100,3	153,7
Teljes megújuló vízkészlet (L+É)	116,4	88,4	166,0

Forrás: VITUKI 2011

A vízháztartási adatok szemléltetik, hogy hazánkban, az esetek döntő többségében a lehullott csapadék mennyisége nagyobb, mint a párolgás, de a 2011-es esztendőben a számított párolgás mennyisége meghaladta a csapadék mennyiségét. Ilyen vízháztartási szituációra 2011-et megelőzően csak 2000-ben volt példa. Az évi mérlegadatok nagyfokú eltérései jelzik, hogy a vízháztartási szélsőségek egyre jelentősebbekké, gyakoribbá válnak. Ugyancsak figyelemre méltó, hogy annak ellenére, hogy 2011-ben a számított párolgás nagyobb volt, mint a csapadék, az országból közel 10 km³-rel több vízmennyiség távozott, mint amennyi beérkezett. A látszólagos ellentmondásnak a magyarázatát a felszínközeli lefolyási viszonyok adják, azaz a hiányzó mennyiség a felszínközeli rétegekből pótlódott, csökkentve ezzel a felszínalatti vízkészletek mennyiségét a természetes utánpótlódását. Sokatmondó még a lefolyási tényező is, amely a lefolyásra kerülő vízmennyiség és a lehullott vízmennyiség hányadosaként ad tájékoztatást, a lefolyási viszonyokról. Magyarországon az átlagos lefolyási tényező rendkívül alacsony (0,14). Ez az érték kevesebb, mint fele a Duna-medencére jellemző átlagos értéknek (0,32). (Varga György 2013) Önmagában az alacsony lefolyási tényező nem minden esetben kedvezőtlen. Nem kedvezőtlen, ha a lefolyási tényező a csapadéknak a talajba történő beszívargása miatt alacsony. Más a helyzet azonban, ha a lefolyási viszonyok az erős párolgás miatt romlanak.

A felszíni vizekkel kapcsolatban, általánosságban megállapítható, hogy az ország vízigényének többszöröse érkezik be, azonban ezek a vizek elsősorban a folyómenti területek vízellátásába vonhatók. A nagyobb területi vízigények legtöbbször egybeesnek a kisvizes időszakokkal. A kisvizi időszakban jelentkező



vízigények kielégítése még a nagyobb vízfolyások esetén is gyakran okoz átmeneti vízhiányos állapotot. A kisvizes időszakok hasznosítható vízkészlete 1017 m³/s, amiből mindössze 125 m³ /s jut a Tisza vízgyűjtőjére. (Magyarország vízgazdálkodása 2011)

A nagy folyókból közvetlenül nem ellátható területek vonatkozásában nem beszélhetünk vízbőségről. A hazai vízgyűjtők kisvízfolyásai elsősorban a területre hullott csapadékból táplálkoznak és aszályos időszakban gyakran kiszáradnak. Az alföldi vízfolyások jelentős része belvízből táplálkozik, ezek rendszerint időszakosak, a nyári időszakban nincs vízszállításuk.

A felszín alatti vízkészletekhez soroljuk a parti szűrésű vizet, a talajvizet (első vízzáró réteg feletti vizek), a rétegvizet és a karsztvizet (a nem karsztos kőzetekben tárolt rétegvizekkel együtt). A parti szűrésű vizek eredte felszíni víz, ezért ezek kivételét a kisvizes időszakok erősen korlátozhatják. A felszín alatti vízkészletek tekintetében hazánk európai összehasonlításban is kiemelkedően jó helyzetben van. A visszapótlódó, tehát hasznosítható vízkészlet éves szinten 2,4 km³ (VKKI 2010). A területi egyenlőtlenség a felszínalatti készletek eloszlására is jellemző. A teljes felszín alatti hasznosítható vízkészletnek mindössze 22 %-a jut a klimatikus viszonyai miatt gyakran vízhiányos Alföldre.

Ez is magyarázza, hogy az Alföld egyes részein a felszín alatti készleteket 100%-ban, vagy e felett is hasznosítják. A visszapótlódást meghaladó vízhasználat hosszútávon az ökoszisztémák károsodásával járhat együtt.

Magyarországon a jelentkező vízigények kielégítése látszólag nem okoz gondot. Az ivóvízigényeket elsősorban a megfelelő mennyiségben rendelkezésre álló felszínalatti vizekből elégetik ki, ráadásul ezeknek az igényeknek a növekedésével hosszabb távon sem kell számolni. Az ipari vízigények várhatóan szintén nem fognak jelentősen változni a víztakarékos technológiák elterjedése miatt. A mezőgazdasági vízigények változást illetően nagyobb a bizonytalanság. A mezőgazdasági vízhasználatokban nehezen becsülhető növekedés várható. A vízigények előrevetítését az aszályos periódusok elfordulási valószínűségének növekedése is nehezíti, mert az aszályos időszakban a mezőgazdaság fajlagos vízigénye egyébként is nagyobb.

A változó vízigények kielégítésének a rendelkezésre álló, hasznosítható vízkészletek mennyisége szab határt. A társadalom vízigényeit az ökológiai és közgazdasági szempontok érvényesülése mellett kell a fenntartható vízkészlet-gazdálkodással kielégíteni.



A jogszabályi alapokat az **1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról** és az Európai Unió vízpolitikáját tartalmazó, a fenntartható vízgazdálkodást támogató **2000/60EK Víz Keretirányelv** adja.

A rendelkezésre álló felszíni vízkészletek egyenlőtlen területi és időbeli eloszlásának hatásait a vízgazdálkodás eszközrendszerén belül elsősorban vízáteremtéssel illetve vízvisszatartással, tározással lehet csökkenteni.

A vízvisszatartás elemei: a síkvidéki vízrendezés és a hozzákapcsolódó belvíztározás, a dombvidéki vízrendezés, a folyók és tározók valamint a holtágak.

A síkvidéki vízrendezés alapelemei a belvízrendszerek. Hazánk síkvidéki területén (44,5 ezer km²) 85 belvízrendszer található, amely 306 belvízöblözetre tagozódik. A belvízelvezető kapacitás a 10 évenként előforduló belvizek 15 nap alatti levezetésére épült ki.



Belvízérzékeny területek (OVF 2011)

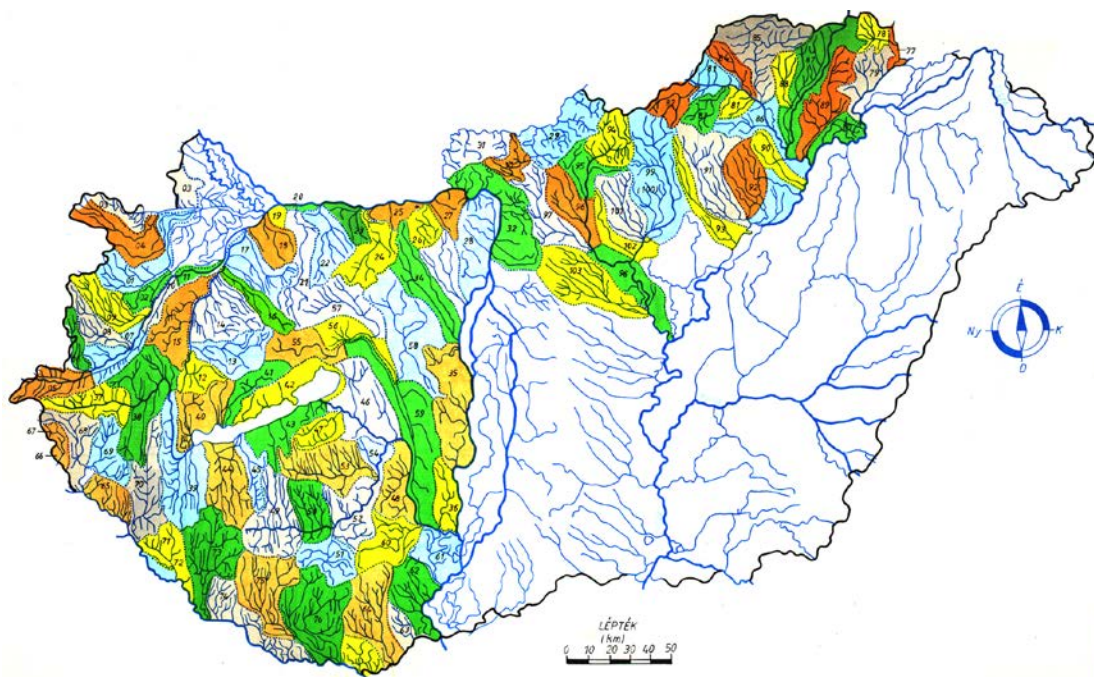


A síkvidéki területeken 236 tározó található mintegy 270 millió m³ tározókapacitással.

Kezelő	db	Térfogat (millió m ³)
VIZIG – állandó tározók	60	94
VIZIG – ideiglenes tározók	124	155
Társulat – állandó tározók	33	11
Önkormányzati – állandó tározók	9	5,6
Üzemi – állandó tározók	10	6,2
Összesen	236	271,8

forrás: OVF 2013

Az ország területének 55%-a (47,7ezer km²) dombvidék. A 107 dombvidéki vízgyűjtőt 52000km csatorna hálózza be.



A hegy- és dombvidéki kiszvízfolyások vízgyűjtői (Vízgyűjtő Gazdálkodási Terv)



A megépült csaknem 2000 db tározó mintegy 345 millió m³ víz tározását teszi lehetővé.

VIZIG	db	ha	Térfogat (ezer m ³)
Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Győr	134	4 827	22 769
Közép-Duna völgyi Vízügyi Igazgatóság, Budapest	205	1 918	33 705
Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Székesfehérvár	561	7 560	100 943
Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Pécs	663	6 722	93 131
Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Szombathely	165	2 201	31 419
Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság, Miskolc	229	2 130	63 157
Összesen	1957	25 360	345 127

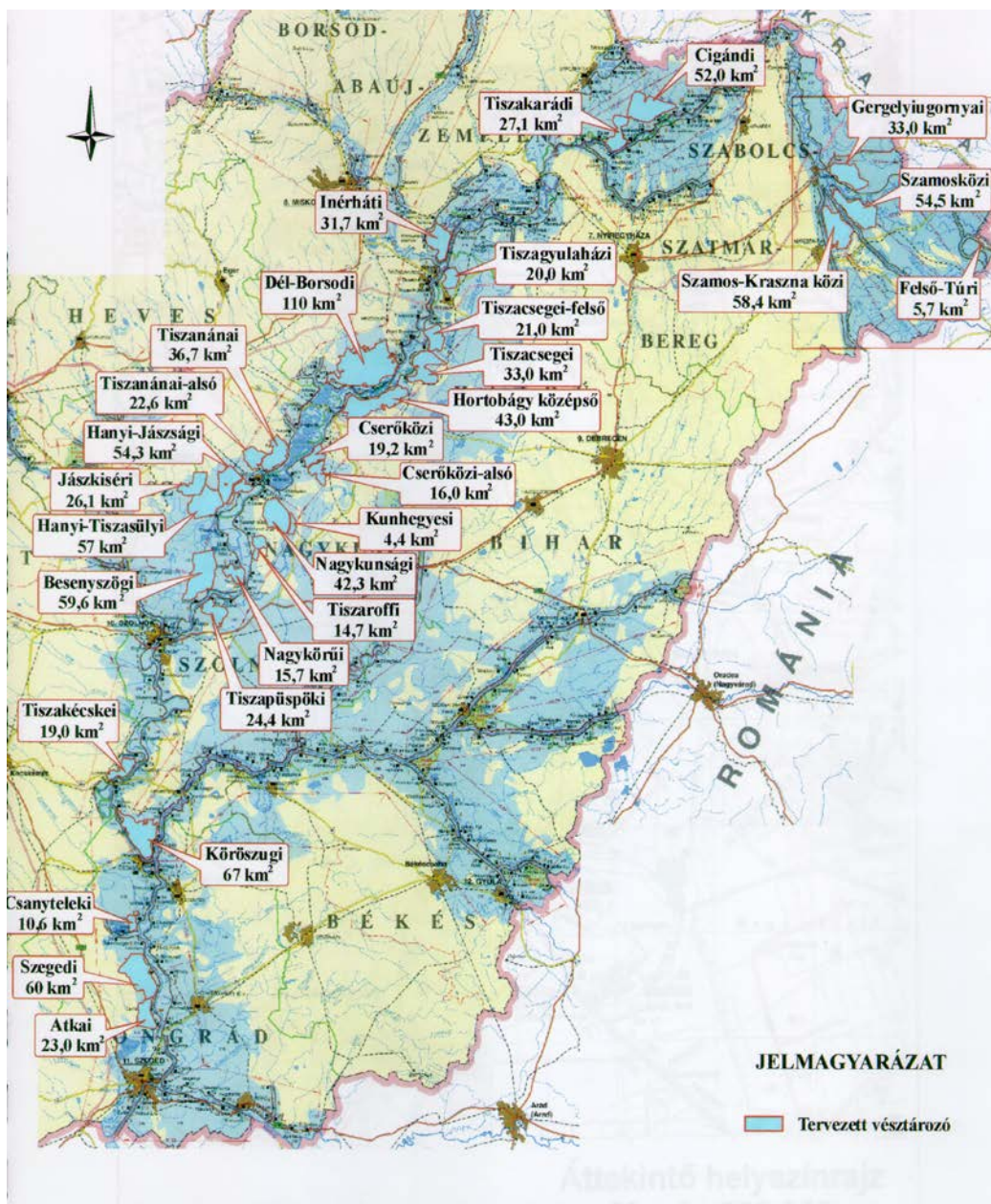
forrás: OVF 2013

A dombvidéki tározók jelentős kapacitásuk ellenére viszonylag kismértékben vesznek részt a kisvizes időszakok vízpótlásába. Ennek az az oka, hogy a javarészüben halászati és horgászati hasznosítású tározókat a kisvizes időszakokban sem engedik le.

A nagyobb folyók vízkészletére három jelentős vízsztosztó rendszer támaszkodik. Az ország Tiszától keletre eső területeinek vízpótlásában a tiszai nagytérségi vízsztosztó rendszer (TIKEVIR) játszik fontos szerepet, amelynek a teljes kapacitása 80 m³/s. A Duna-Tiszaköz részleges felszíni vízpótlását 30 m³/s vízhozammal a Duna-völgyi főcsatorna teszi lehetővé. A Kisalföldön a Rábából a Kis-Rábába történik vízátvétel 8 m³/s vízhozammal. (Simonffy 2011)



Jelentős szerepe lehet a tiszai térség vízpótlásában a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése program kapcsán megvalósuló árvízcsúcs csökkentő tározóknak. Az árvízvédelmi célú tározók tervezésekor 30 tározási hely került megvizsgálásra.

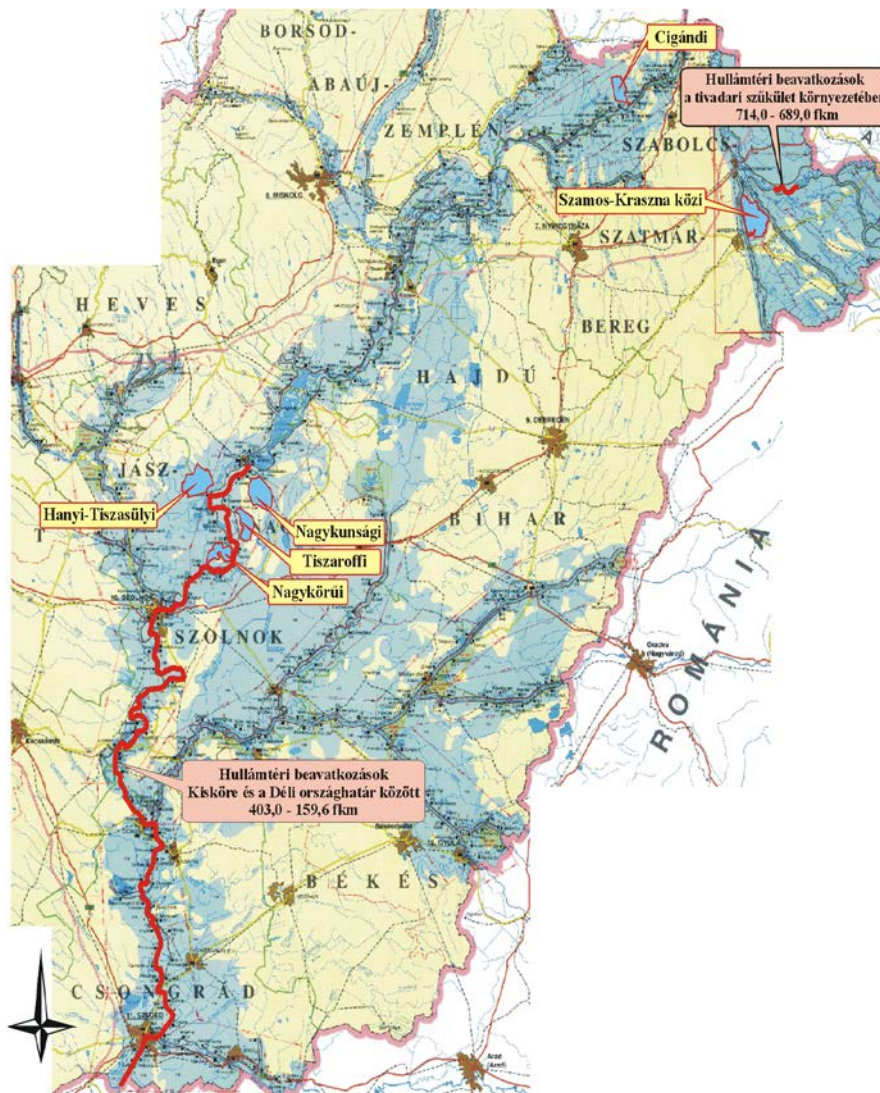


forrás: OVF 2013

A kiválasztásra került 11 tározó összes tározási térfogata 1,5 milliárd m³. A tervezés során vizsgálták a tározóknak a vízkészletek tározására, vízpótlásra történő igénybevételét is (száraz vagy nedves tározó). Elsősorban pénzügyi-gazdasági okokra vezethető vissza, hogy a tározók jelenleg csak az árvízi csúcsok csökkentésére szolgálnak. (A tározók uniós pénzből valósultak meg, és a



rendelkezésre álló források nem tették lehetővé a teljes, előntésre kerülő területek kisajátítással történő megvásárlását.) A tározók azonban úgy épültek, hogy bizonyos feltételek teljesülése esetén alkalmasak vízpótló funkciók ellátására is. Ebben az esetben természetesen az állandó vízborítás miatt kieső tározó kapacitást pótolni kell, azaz további árvízcsúcs csökkentő tározó kapacitás kiépítéséről kell gondoskodni.



forrás: OVF 2013

Az első ütemben tervezett tározókból eddig négy tározó készült el, amelyből a Tiszaroffit már egy alkalommal igénybe vették. Az igénybevétel miatt kifizetett kártalanítási összeg rámutatott, hogy gazdasági szempontból is megfontolandó a tározók területének végleges, kisajátítással történő megvásárlása. Amennyiben a



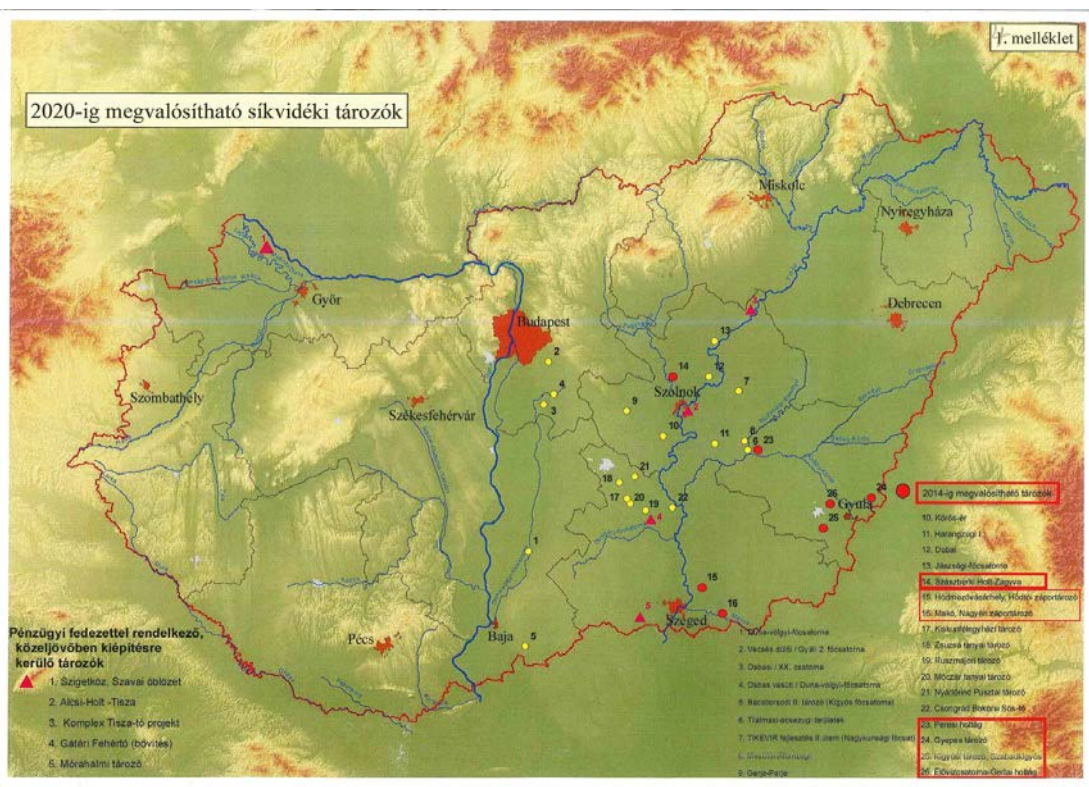
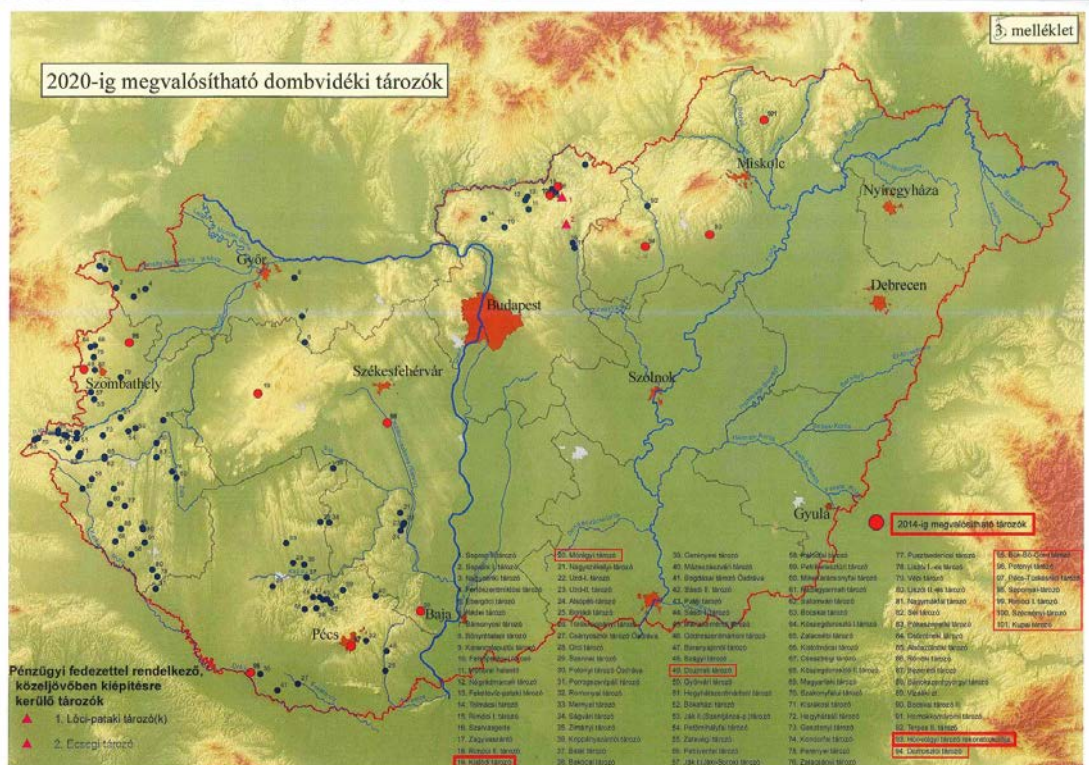
tározók teljes területét megvásárolják, akkor érdemes tovább vizsgálni a tározók víz visszatartásra történő felhasználásának feltételeit.

A 2012-es aszályos esztendő ráirányította a figyelmet a víz visszatartásra alkalmas tározók számának növelésére. A kialakuló aszály következtében a mezőgazdasági vízigények 30%-kal, egyes területeken, elsősorban a Közép-Tisza vidékén 50 %-kal megnövekedtek. A megemelkedett vízigényeket a Duna-völgyben mindenhol ki lehetett elégíteni, de a Tisza-völgyben több helyen vízkorlátozást kellett bevezetni.

Az aszályhelyzet enyhítése a területi tározókapacitás növelésével oldható meg, melynek segítségével a csapadék, illetve a rendelkezésre álló felszíni vízkészletek egy része betározható, és a kárérzékeny területeken megfelelő időben rendelkezésre áll. Országos szinten áttekintették a dombvidéki és síkvidéki területeken a 2012. évi állapotoknak megfelelő víztározási lehetőségek, célként megfogalmazva a megvalósíthatóságot. A tározók helyének kijelölése során a természeti tényezőkön belül a domborzat, hidrológiai, és geológiai adottságok, a vízfelhasználás helye, a birtokviszonyok (tározók fejlesztését gátló egyik probléma a területek tulajdon- és kezelői viszonyainak sokszínűsége) és a beépítettség került előtérbe.

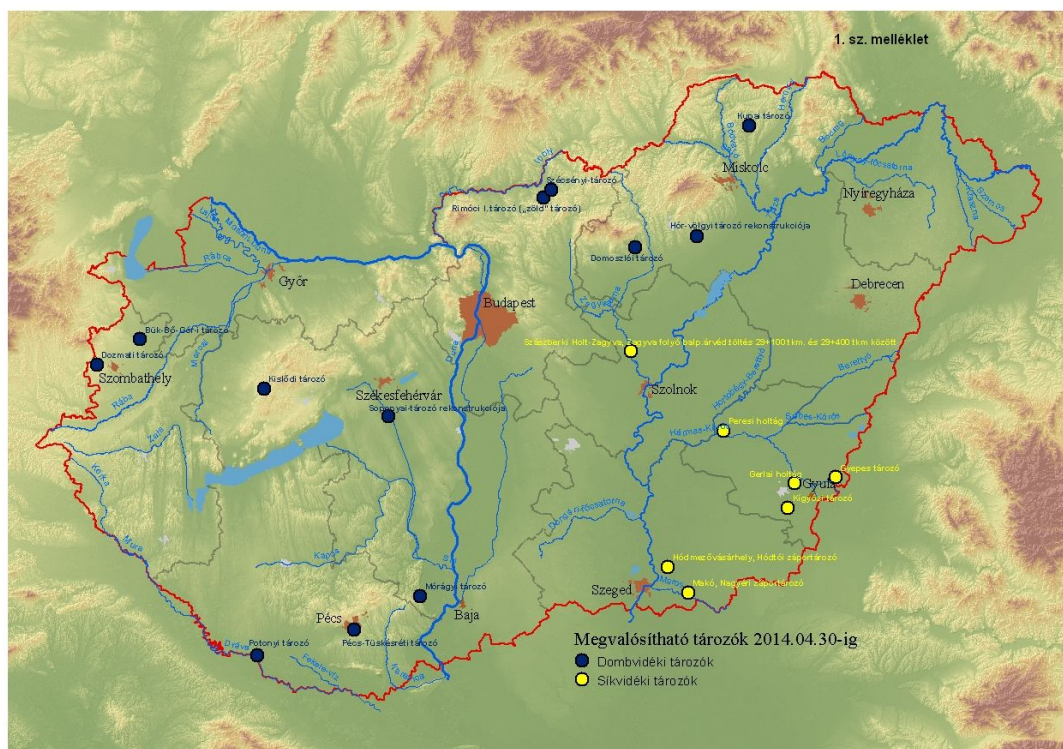
Tározó	Összes vizsgált		Rövidtávon megvalósítható			
	tározó [db]	térfogat [millió m ³]	tározó [db]	térfogat [millió m ³]	költség [Mrd Ft]	közfoglalkoztatás keretében elvégezhető [Mrd Ft]
Dombvidéki	121	132	95	106	32,57	3,26
Síkvidéki	134	291	24	35	12,97	1,29
Összesen	255	423	119	141	45,54	4,55

forrás: OVF 2013



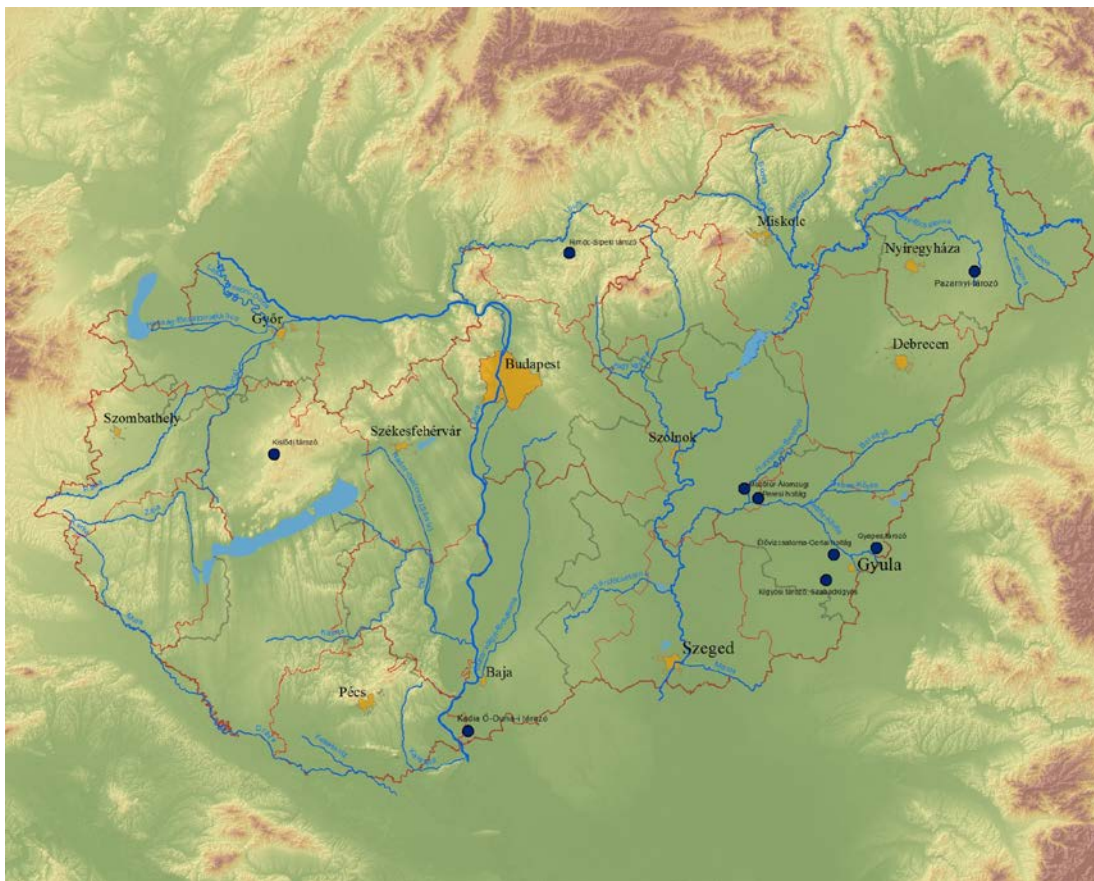
forrás: OVF 2013

Az elvégzett vizsgálat szerint rövidtávon, 119 tározó megvalósítása lehet reális cél 141 millió m³ tározó kapacitással. Az első javaslat szerint 19 öntözési célt szolgáló síkvidéki és dombvidéki tározó megvalósítása volt tervbe véve.



forrás: OVF 2013

A Kormány 2013. január 09-én rendeletben döntött 9 tározó, 2014. április 30-ig történő megvalósításáról. A tározók megépítése nemzetgazdasági szempontból kiemelt beruházásnak minősül.



forrás: OVF 2013

A tározók jelentősége nem csak a vízhiány pótlásában, hanem a vizek többletének, az árvizek kezelésének is hatékony eszköze. A prognosztizált éghajlatváltozásból leginkább a vízháztartásban egyre markánsabban megjelenő szélsőségek érezhetők. A vízhiányból jelentkező aszálykárok mellett (2012) a hegy- és dombvidéki területeken, településeken a hirtelen lezúduló rövid ideig tartó nagycsapadék (2010) jelentenek problémát. Síkvidéki területeinken a belvízként kárt okozó vízkészletek biztonságos elhelyezése okoz gondot (2010).

Az éghajlatváltozás hatásai közvetlenül és kedvezőtlenül érintik a vízkészleteket. A vízkészlet-gazdálkodás előtt álló feladatok megoldása egyre súlyosabb gondot okoz. A fenntartható vízhasználat biztosítása érdekében új szemléletre van szükség. Többek között át kell formálni a hazai jogszabályi háttért, erősíteni kell az ellenőrzési rendszert. A vízkészletek várható alakulásánál a NÉS és az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület prognózisait kell figyelembe venni. (Rónay István 2010) Modellezni kell a jövőbeli tendenciákat, a lehetséges változásokat fel kell térképezni.



Az éghajlatváltozás hatásai hosszabb távon érvényesülnek, azonban ez nem jelenti azt, hogy az alkalmazkodásra való felkészülést ne kezdjük meg már most.

Irodalomjegyzék

- Somlyódy L. (szerk.) Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok (2011)
- Nováky B. Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási hatásai. A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései (2000)
- Somlyódy L. (szerk.) A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései (2002)
- Kerekes S. A környezetgazdaságtan alapjai (1998)
- Glied V. (szerk.) Vízkonfliktusok - Küzdelem egy pohár vízért. (2009)
- Ijjas I.-Ijjas I. Zs. Az Európai Unió Víz Keretirányelve (2004)
- Ijjas I. Mezőgazdasági Vízgazdálkodás az Európai Unióban (2003)
- Láng I. Faragó T. Csete L. VAHAVA jelentés (2010)
- Pálfay I. Belvizek és aszályok Magyarországon (2004)
- Szlávik L. A Tisza árvízvédelmi rendszerének megújítása (2004)
- Simonffy Z. Vízigények és vízkészletek 2000



A vízenergia lehetőségei a változó világban

Szeredi István

Magyar Villamos Művek Zrt.

Tartalmi kivonat

Ellentmondásos helyzet alakult ki a klímavédelem és a megújuló energia hasznosítás eszközei, feltételrendszere terén. A gazdasági és környezet elbizonytalanodása fejlesztési visszafogottságot eredményezett. Beláthatatlan milyen irány vesznek az EU klímapolitikai és megújuló energia hasznosítási intézkedései. A villamos energia piac és a szabályozási integrációja növekvő stratégiai fenyegetést jelentenek az egyébként is gyors ütemben növekvő import megállíthatatlansága és ezzel a növekvő mértékű függőség szempontjából.

Kulcsszavak: klímaváltozás, megújuló energiák

Abstract

Controversial situation has emerged between climate protection and renewable energy. It is unknown which directions will the EU's climate policy and renewable energy be developed. The electricity market and its regulatory cause a growing strategic threat to the already rapidly growing imports and to the increasing of the dependence.

Keywords: Climate change, renewable energy

Ellentmondásos helyzet alakult ki a klímavédelem és a megújuló energiahasznosítás eszközei, feltételrendszere terén. A gazdaság és a környezet elbizonytalanodása fejlesztési visszafogottságot eredményezett. Beláthatatlan, milyen irányt vesznek az EU klímapolitikai és megújuló energiahasznosítási



intézkedései. A villamos energia piac és a szabályozási integrációja növekvő stratégiai fenyegetést jelent az egyébként is gyors ütemben növekvő import megállíthatatlanságának és ezzel a növekvő mértékű függőségnek a szempontjából.

A klímavédelmi törekvések felértékelték a vízenergia szerepét. A nemzetközi szervezetek álláspontja szerint a technológia és fejlesztése európai érdekű. A vízenergia Európa belső forrása, függőséget csökkent. Támogatással vagy jelentős támogatás nélkül is megvalósítható. A vízenergia-hasznosítás a legkisebb termelési költségű villamos energia, magas árstabilitást, alacsony árkockázatot eredményez, energiafüggetlenséget növel. A klímavédelmi célkitűzések eléréséhez ez jelentheti a fogyasztókra a legkisebb gazdasági terhet rakó megoldást.

A vízenergia szerepe a rendszer rugalmassága, szabályozása és biztonsága irányába tolódott. A villamos energiaszolgáltatás biztonságát támogató rendszerek súlyponti elemévé vált. A speciális lehetőségei rendkívül értékesekké váltak, különösen a szabályozáshoz, és a megújuló forrásból termelhető villamos energiarendszerbe integrálásához. A villamos energia piac liberalizálása és integrációja, a nagyblokkos erőműépítés, valamint a megújuló energiaforrás-hasznosítás tömegessé válásának hármasszorítása felértékelték a vízenergia egyik elemét, a flexibilis üzemű szivattyús energiatárolókat. A piac értékítélete alapján a szivattyús energiatárolók váltak a rendszerirányítás gyorsreagálású, flexibilis eszközeivé.

A vízenergia-készletek hasznosítása, és a vízenergia-rendszer biztonságát támogató lehetőségei számottevő energetikai tényezőt jelentenek. Nem racionális, hogy a magyar gyakorlat nemlétezőként kezeli. A hazai villamosenergia-fogyasztás 10–12%-át kitevő hazai vízenergia-készlet hasznosításához, valamint a rendszerszabályozási és -biztonsági igények regionális szinten versenyképes megoldásához fűződő gazdasági érdek olyan nagy, hogy az arról való lemondást csak megfelelően megalapozott vizsgálatok indokolhatnák.

A megújuló energiahasznosítás helyzete ellentmondásos

A megújuló energiahasznosítás feltételrendszerében komplex, ellentmondásos helyzet alakult ki. Sokasodnak a megújuló energiahasznosítás növelési terveinek megvalósíthatatlanságára utaló jelek.

- A villamos energiatermelő beruházások terén a gazdasági környezet elbizonytalanodása visszafogottságot eredményezett.



- A földgáz bázisú tervek befagytak, ezzel kiestek korábbi, fejlesztési tervek gerincét alkotó gázturbinás projektek. A hazai és európai termelők sorra állítják le a földgáztüzelésű berendezéseiket. Ezzel a rendszerszabályozási képesség rohamosan csökken.
- Az alacsony CO₂ árak miatt nem következett be áttörés a széntüzelés földgázzal való helyettesítésében. Bizonytalanság van a szén használata terén a CO₂ piac alakulásának beláthatatlansága miatt.
- A villamos energiafogyasztás és a csúcsterhelés is csökken. A régióban a villamos energia nagykereskedelmi árai csökkennek.
- A nagytömegű szélenergia tekintetében, különösen a naperőmű belépését követően, szükségessé vált a termelői struktúra átalakítása. Az új helyzetre nem született még válasz. A csúcsidőszak árai csökkennek, és szélsőségesen magas negatív árak jelentek meg. A csúcsidei és völgyidei energiaár különbsége folyamatosan csökken. Kétségessé teszi az energiatárolás kereskedelmi alapon való használatát - függetlenül annak megoldási módjától.
- Megingott az EU-nak az emisszió-kereskedelmi rendszere. Az EU által a CO₂-kereskedelem stabilizálására tett beavatkozások nem voltak eredményesek. Az Európai Parlament nem fogadta el az Európai Bizottság javaslatát a CO₂ piac megmentésére. A tagországok elutasították a 2020 előtti további megújuló energianövelés megvitatását. Hiányzik az összhang a nagyvonalú tervek és a válsággal terhelt országok lehetőségei között.
- A stabil CO₂ piac hiánya kérdésessé teszi a klímavédelmi célkitűzések megvalósíthatóságát, az alacsony CO₂ árak nem teremtenek alapot a magas támogatásokkal biztosítható fejlesztéséhez. Az Európán kívül tapasztalható gyors emissziónövekedés kétségbe vonhatóvá teszi a széndioxid-kibocsátás csökkentése érdekében felvállalt jelentős gazdasági áldozat gyakorlati értelmét. Az EU nem tudta elfogadtatni a klímapolitikai elképzeléseit, és a világkonferenciák nem hoztak áttörést ezen a téren.
- Az üvegházhatás okai terén kibontakozott és a klímaváltozási összefüggéseket megkérdőjelező tudományos viták sem erősítik a CO₂ politika végrehajthatóságát. Szkeptikus vélemények jelentek meg, pl. „az úgynevezett megújuló energiafajták erőszakos elterjesztésének célja nem más, mint a



kérdésben érdekelt lobbik törekvése a központi költségvetés megcsapolására.” (Vaclav Klaus).

- A gazdasági visszaesés és a jelentősen megnőtt munkanélküliség mellett, a terhek további növelése egy ingadozónak látszó energiapolitikai elképzelés megvalósítása érdekében, számottevő politikai kockázatot hordoz.
- Nem látszanak igazolódni a megújuló energiahasznosítás eszközeinek gyártása terén feltételezett foglalkoztatáspolitikai előnyök sem, mert Kína domináns szerepével a kezdeményezés fokozatosan kicsúszik az EU diszpozíciójából.
- Az erőfeszítések ellenére a CO₂-kibocsátás tovább nő és Európa versenyképessége romlik.
- Magyarországon nem fejeződött be a megújuló forrásból termelt villamos energia kötelező átvételét és az átvétel szabályait rögzítő METÁR rendszer kialakítása.
- A megújuló energiahasznosítás cselekvési tervében foglalt magyar megújuló energiahasznosítási elképzelések nem számoltak a támogatás nélkül is megvalósítható és tartósan támogatás nélkül is működőképes forrásokkal, illetve a tervek nem a támogatási igény minimumára épültek.

A külső és belső környezet változása szükségessé teszi a megújuló energiahasznosítás cselekvési tervének felülvizsgálatát. A felülvizsgálat kereteit a 1491/2012. (XI.13.) kormányhatározat megteremtette.

Indokolt lenne az állami kötelezettségvállalás bizonyos hányadának megfelelő volumenben olyan pályákat meghatározni, amelyen a legkisebb költség és a legkisebb támogatás mellett teljesíthetők a kötelezettségek.

A vízenergia szerepének átértékelődése

A klímavédelmi törekvések felértékelték a vízenergia szerepét. A vízenergia primer energiaforrásként történő hasznosításának gazdasági feltételei közül kiemelhető az, hogy az egyik legkisebb termelési költségű villamos energiatermelési mód, ami az energiaforrás mellett, a technológia egyszerűségének és a hosszú élettartamnak köszönhető.

A vízenergia-hasznosítás hosszú távú árstabilitást, alacsony árkockázatot és megbízható előretervezhetőséget eredményez. Kipróbált, alacsony kockázattal megvalósítható technológia. Építése és üzeme jellemzően helyi tudásra és a helyi



munkaerő használatra alapozható, és általánosságban a megvalósításához felhasznált helyi eszközök és munka aránya elérheti a 80%-ot. Helyi, belföldi forrást hasznosít, így növeli az energiafüggetlenséget. Kiemelhető, hogy magában hordozza a többcélú vízhasznosítás és az infrastruktúrafejlesztés feltételeinek megteremtését.

A vízenergia hasznosításának nemzetközi helyzetét átfogóan jellemzi az International Energy Agency által 2012 júliusában közzétett piaci jelentés. Az ebben foglaltak szerint jelenleg a nemzetközi gyakorlatban a víz a fő megújuló energiaforrás, és középtávon sem a súlya, sem a szerepe nem változik.

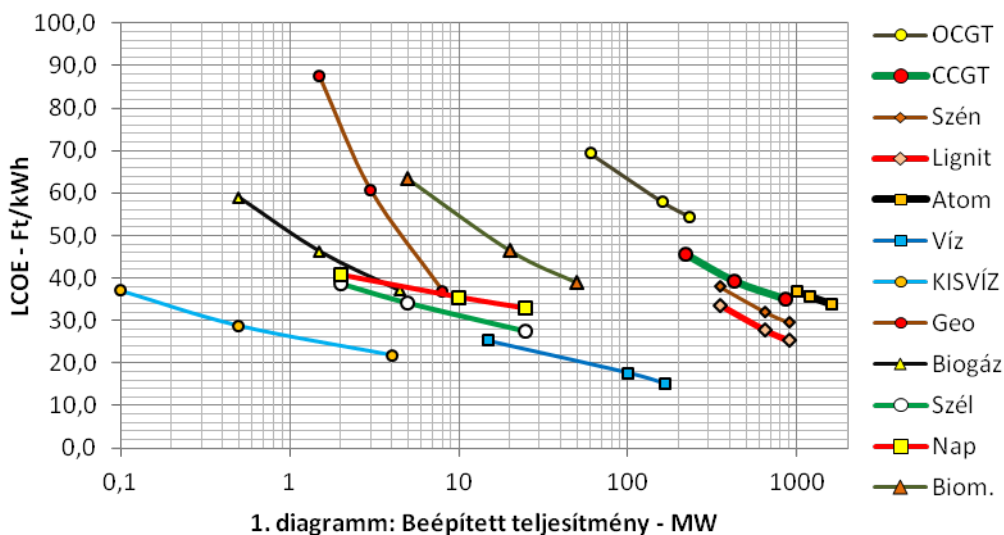
Az EURELECTRIC megállapítása szerint a vízenergia a legfontosabb megújuló energiatermelési technológia Európában is. Versenyképes, hatékony, klímabarát és részt vesz a rendszerstabilitás biztosításában. A villamos energiatermelési technológiák között a legmagasabb hatásfokú. A menetrendkövető képességének, rugalmasságának és költséghatékonyságának köszönhetően háttérrel biztosít a terhelésváltoztatáshoz és a rendszerszolgáltatások biztosításához. A vízenergia hasznosítása a régió energetikai fejlesztéseiben és az EU terveiben egyaránt egy számottevő energetikai tényező. Az EURELECTRIC felhívást tett közzé, amelyben rögzítésre került, hogy a vízenergia vonatkozásában a technológia és fejlesztése európai érdekű. A vízenergia Európa belső forrása. Hasznosítása diverzifikálja a forrásokat, csökkenti a függőséget.

A villamos energiatermelési adatok azt mutatják, hogy a régióinkban a vízenergia-hasznosítás súlya nem tér el számottevően a világszerte érvényesülő trendektől. A régióban termelt villamos energiából 2010-ben 52,72% a szén alapú termelésből származott. Az arányokban második a víz 18,20%-kal és harmadik az atom 14,14%-kal. A földgáz alapú termelés 10,58% volt.

Hasonló fejlődési trend tapasztalható Európán kívül is. Az Egyesült Államok kormánya nagy volumenű fejlesztési programot kezdeményezett. A programot támogató jogszabály tiltja a vízenergia-termelő létesítmények megszüntetését a Kongresszus engedélye nélkül. Tilt szövetségi forrásból olyan szervezeteket támogatni, melyek elkötelezték magukat a vízenergiával szemben. Kötelezővé teszi a környezetvédelmi előírásokból eredő többlet költségek havonkénti közzétételét a fogyasztók részére. Az indoklás szerint "a vízenergia egy fontos része az átfogó energetikai terveknek és a növelése a munkahelyek ezreit teremtheti, növeli a gazdaságot és védi a környezetet."

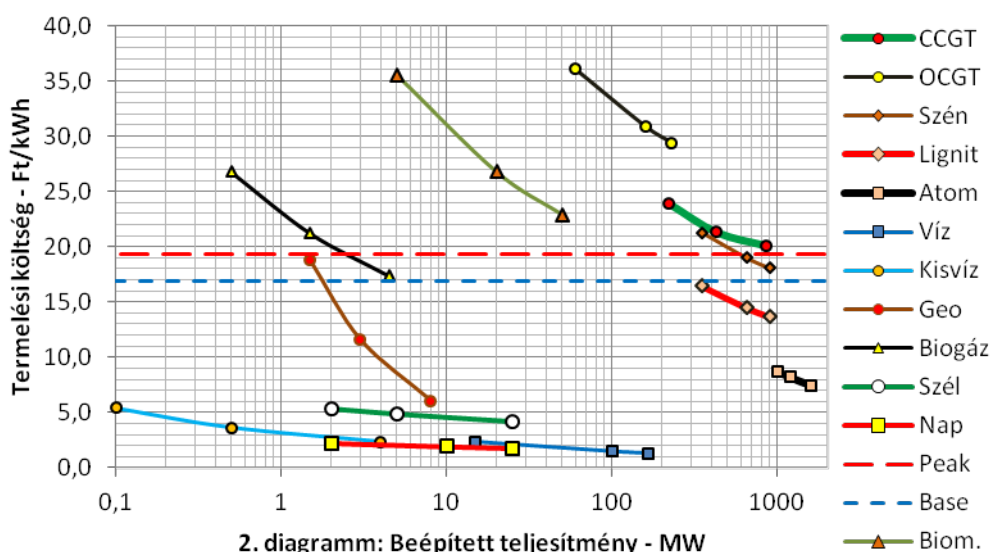


A villamos energiatermelő kapacitások, valamint a megújuló energiaforrások összehasonlítására a nemzetközi gyakorlatban (pl. IEA) szokásos módszerét alkalmaztuk – a kiegyenlített energia költség LCOE (Levelized Cost of Electricity) értékei közül a vízenergia LCOE értékei a legalacsonyabbak és közel vannak a prognosztizált villamos árakhoz. A jelenlegi gazdasági adottságok mellett a következő arányokat mutatják:



1. diagramm: Beépített teljesítmény - MW

A villamos energiatermelési költségek összehasonlító elemzése alapján látható, hogy a vízenergia termelési költsége alatta marad az évtized második felére - végére prognosztizált villamos energia áraknak:



2. diagramm: Beépített teljesítmény - MW



Az összehasonlított lehetőségek közül a víz emelhető ki, mert támogatással vagy jelentős támogatás nélkül is megvalósítható. A vízenergia hasznosítása terén indokoltnak ítélnélhető a jelenlegi magyar gyakorlat felülvizsgálata. A felülvizsgálat eredményeképp a magas árstabilitású vízenergia minden bizonnyal a megújuló energiahasznosítási kötelezettség teljesítésének legkisebb költségű eszközévé válhatna.

A vízenergia-hasznosítás szolgáltatásainak piaca

A vízenergia szerepe a villamos energiatermeléstől fokozatosan a rendszer rugalmassága, szabályozása és biztonsága irányába tolódott. Bekerült a villamosenergia-szolgáltatás biztonságát támogató rendszerekbe, a termelő kapacitás és a csúcsigények közötti folyamatosan változó különbség áthidalására. A vízenergia speciális lehetőségei rendkívül értékesekké váltak, különösen más megújuló forrásból termelhető villamos energia rendszerbe integrálásához.

A vízenergia szolgáltatásai több piaci szegmensben kerülnek értékesítésre. Versenypiac a villamos energia nagykereskedelmi és a szabályozási piaca. Szabályozott piac a megújuló energia támogatott piaca. A vízenergia a megújuló forrásból termelt villamos energia és a kis teljesítmények esetében, átlagosan 5 MW alatti, a szabályozott piaci átvétel hatálya alá tartozó, nem versenypiaci termék. A nagyobb teljesítmények termelése a villamos energia nagykereskedelmi piacán kerül értékesítésre, és csak az egyes országok megújuló energiahasznosítási vállalásainak teljesítésében van tárgya elszámolásnak.

A jelenleg folyamatban lévő integráció eredményeként az egységes villamos energia piacnak 2014-ben létre kell jönnie. Az integráció eredményeképpen várhatóan tovább növekszik az importnyomás.

A vízenergia piaci értékesíthetőségét az európai gyakorlatban alkalmazott ártámogatások jellemezhetik. Általában 2,0 MW fölötti teljesítményű vízerőművek villamos energiatermelési önköltsége illeszkedik a piac villamos energia áraihoz, és ártámogatás alkalmazására nincs szükség. Egyes esetekben, mint pl. a jelenlegi magyar gyakorlatban, az átvételi árakban alkalmazott ártámogatás 5,0 MW teljesítmény határig terjed. Általában a támogatott ár alkalmazása határozott időre szól, és az új kapacitások megvalósítását segíti elő. Ezzel szemben a magyar gyakorlat a több évtizede állami költségvetésből megvalósult létesítményeket is támogatja. Az európai gyakorlatban kiemelt támogatásban részesülnek az 50 -100



kW alatti törpe erőművek, ahol a támogatott ár elérheti a nagykereskedelmi villamos energia ár többszörösét. Az 1-2 MW beépített teljesítmény alatt a nagykereskedelmi villamos energiaár 1,5-2,5-szerese kerül alkalmazásra. Az esetek jelentős hányadában 5-6 MW fölött nem határoznak meg átvételi árat, és az értékesítés piaci feltételek mellett történik.

A szabályozási szolgáltatások biztosítása jelenleg árszabályozás hatálya alá nem tartozó, versenypiaci termék. A rendszerszabályozási szolgáltatások beszerzésére a szabályozási piacon verseny keretében kerül sor. A jelenlegi magyar gyakorlatban a kapacitás lekötése évi egyszeri-kétszeri tendereztetés alapján történt. Ezzel szemben a régiós gyakorlat lényegesen gyakoribb, heti és havi időszakokra vonatkozó tendereztetést alkalmaz. A szabályozási szolgáltatások beszerzése egyre rövidebb időszakokra korlátozódik, és folyamatosan tolódik a valós idő irányába.

A szabályozási piac struktúrája átalakulóban van, folyamatban van az integrációja is. Az eddig szabályozási szolgáltatást biztosító piaci szereplők (földgáztüzelésű egységek) kiszorultak a piacról. A szükséges kapacitás rendelkezésre állásának kereszt-finanszírozással való biztosítási gyakorlata nem tartható fenn, az integráció eredményeképpen létrejövő egységes európai versenypiac körülményei között.

Az integráció folytatásával és eredményével kapcsolatban több elképzelés létezik. Számottevő valószínűsége van a közös szabályozási szolgáltatásbiztosításnak. Az osztrák és a német rendszerek szabályozási szolgáltatásai lényegesen alacsonyabbak a jelenlegi magyar árszintnél, így az egységes piac kinyílása esetén a jelenlegi magyarországi rendszer szabályozási szolgáltatásai versenyképesség hiányában várhatóan kiszorulnak a piacról. Az energiafüggőség mérséklése ezen a téren várhatóan gyakorlati nehézségekbe ütközik.

A vízenergia-hasznosítás fejlesztése primer forrásként

A vízenergia teszi ki ma Európa megújuló energiaforrás használatának túlnyomó többségét, és háttérrel biztosít a villamos rendszerterhelés szabályozáshoz. A vízenergia nélkül az EU ambíciózus, megújuló célkitűzéseit várhatóan nem lehet teljesíteni. A vízenergia szerepe növekvő a jövőben. Jelentős európai belső készletek állnak rendelkezésre.



A villamos energiarendszer működéséhez kiegyenlítő kapacitás és az energia tárolása szükséges. Energiahatékonysági szempontból a szivattyús energiatárolók kiemelt előnye a kettős szabályozás (pozitív és a negatív) és a leszabályozáskor elvesző energia hasznosítása. Az EURELECTRIC állásfoglalása szerint a vízerőművek és a szivattyús energiatárolók létesítése létfontosságú Európának energiaátvitel szempontjából. Ki kell küszöbölni a fejlesztést akadályozó tényezőket. Meg kell szüntetni a diszkriminációt, helyre kell állítani a technológiák közötti versenyt. Az egymással összeütközésben álló klíma- és környezetvédelmi célok összhangba kell kerüljenek.

Az energiapolitikában sok helyen preferált kis és törpe vízerőművek megvalósíthatóságának előfeltétele a magas beruházási támogatás vagy ártámogatás. A német gyakorlat alapján a kisvízerőművek fajlagos költségei eléri, meghaladják az atomerőmű-létesítés fajlagos költségeit –, de a kihasználásuk sokkal alacsonyabb. Költségeik csökkentése döntő súlyú a megvalósíthatóságuk szempontjából. A műszaki fejlesztés súlypontja a szakterületen a kis esésű lehetőségek hasznosítása irányába tolódott el. Előtérbe kerültek az új, kisesésű megoldások, a merülő generátorok, a távműködtetés, a kis költségű és kis környezeti hatást kiváltó szerkezetek. A Nemzeti Energia Stratégiába is bekerült, duzzasztást nem igénylő turbinatípusok (a tengeri áramlások hasznosítására kidolgozott, kísérleti jellegű berendezések) alkalmazása a hazai vízfolyásokon nem látszik egyszerűen megoldható feladatnak. Középtávon ezzel a megoldással számottevő kapacitás megvalósulása nem várható.

A kisvízerőművek fejlesztését számtalan, a gyakorlati megvalósítás szintjéig el nem jutó ötlet teszi összetetté. Maga a létesítés kérdése is periodikusan, néhány évtizedes ciklusokban visszatér - többnyire eredménytelenül. Az általában drága és kis kapacitású nem élnek túl az ötlet színjén. A gyakorlatban összekeveredik a nosztalgia, a valós gazdasági és környezeti értékekkel. Egy meghatározható műszaki és gazdasági nagyság és támogatási szint alatt megvalósíthatóságuk nem lehetséges.

A közepes- és nagyteljesítményű vízerőművek esetében a technológia kiforrottnak mondható, műszaki kockázatai nem jelentősek, üzeme gazdasági szempontból stabil, független a tüzelőanyag-ármozgásoktól, megújuló, természeti erőforrást hasznosít, részt vesz az üvegházhatást okozó gáz kibocsátások



csökkentésében, megvalósítása helyi eszközöket igényel, és a helyi foglalkoztatottságot javítja, a használata az energia függőséget csökkenti.

A közepes- és nagyteljesítményű vízerőművek fejlesztésének mozgató erejét a hosszú távú előnyei jelentik. A fejlesztések elsősorban a hosszú távú előnyeinek a kiaknázása és a környezeti elvárások közötti egyensúly megteremtéséhez kapcsolódnak. Ezen a téren hosszú megfigyelési időszak tapasztalatai halmozódtak fel, és a különböző szakterületek művelői kutatják a hatásokat a folyók ökológiai feltételeire, valamint a legjobb védekezési módokat a jelentkező hatásokkal szemben. Az erőfeszítések eredményeként a hatások elkerülésére vagy mérséklésére széles tartományban eredményes stratégiák alakultak ki.

A vizsgálatok szerint kialakíthatók olyan vízerőmű projektek, melyek a rájuk terhelt infrastruktúra-fejlesztési igények mértékétől függően - beruházási támogatás vagy ártámogatási igény nélkül is - megvalósíthatók lehetnek. A klímavédelmi célkitűzések eléréséhez a vízenergia készletek hasznosítása jelentheti a legkisebb terhet.

A vízenergia-készletek hasznosítása számottevő energetikai tényező - nem racionális, hogy a magyar gyakorlat nemlétezőként kezeli. A készletek rendelkezésre állónak tekinthetők. A hasznosítása, megfelelő nagyság esetén - ellentétben más megújuló energiahasznosítási lehetőségekkel -, nem igényel gazdasági támogatást.

A vízenergia fejlesztése szabályozási eszközként

A villamos energiapiac liberalizálása, a nagyblokkos erőműépítés és a megújuló energiaforrás-hasznosítás tömegessé válásának hármas szorítása felértékelte a flexibilis üzemű szivattyús energiatárolókat. A piac értékítélete alapján a szivattyús energiatárolók váltak a rendszerirányítás gyorsreagálású, flexibilis eszközeivé.

A villamos energiatermelés és a fogyasztás közötti folyamatosan változó különbségek áthidalása, a folyamatos egyensúly biztosítása szükségessé teszi egy gyorsan mobilizálható, támogató rendszer kialakítását. A rendszerszabályozás és a megújuló kapacitások rendszerbe integrálása terén a rendszerirányítás eszközeinek radikális átalakítása vált szükségessé. A magyar villamos energiarendszerekből hiányzik a modern szabályozó kapacitás a megfelelő rugalmassággal és a szükséges terhelésváltási sebességekkel. Az éjszakai terhelési minimumok



gyakorlatilag kezelhetetlenek. A jelenleg rendelkezésre álló kapacitás működése nem látszik hosszabb távon fenntarthatónak.

A felszabályozásra igénybe vehető, földgáztüzelésű berendezések a leszabályozásra nem, vagy csak korlátozottan képesek, és nem biztosítanak kiegyenlítő kapacitást az éjszakai minimális rendszerterhelések problémáinak enyhítéséhez. A tárolóképesség hiányában ugyancsak nem jelentenek eszközt a megújuló energia rendszerbe integrálásához. A nagy tömegű megújuló energia rendszerbe integrálása is egyelőre várat magára. A változékonyság, tárolási és tartalék igény biztosítása a vízenergia, a szivattyús energiatároló alkalmazását teszi indokolttá.

A villamos energiarendszer üzemi igényeinek teljesítése legnagyobb komplexséggel és legnagyobb hatékonysággal, szivattyús energiatároló beléptetésével biztosítható. A rendszerszabályozás átalakítása csökkentheti a rendszerszintű szolgáltatások költségeit az árak stabilizálásával, és a rendszerszolgáltatási igény mérséklésével.

A csúcsidei és a völgyidei villamos energiaárak terén tapasztalható lassú, folyamatosan növekvő mértékű kiegyenlítődés eredményeként, a hagyományos napi-heti rendszerterhelés-kiegyenlítés – fontossága ellenére – piaci alapon, gazdasági szempontból gyenge szolgáltatássá vált. A rendszerszabályozási igények növekedése viszont erős szolgáltatási piacot teremt. Komplex megoldás szükséges, ami integrálja a műszaki szükségességet és a gazdasági erősségeket.

A ma körvonalazódó szabályozási, piaci integráció eredményeképpen a magyar rendszer szabályozási kapacitásainak várhatóan, jelentős részben a régió szivattyús energiatárolóival és vízerőműveivel kell versenyeznie a piacon. A megnövekedő import nyomás árversenyében is megfelelőnek kell bizonyulnia.

A szivattyús energiatároló belépése a rendszer egészének hatásfokát javítja, és a hatásfok-növekedés üzemanyagfelhasználás-csökkenést és emissziócsökkenést eredményez. Például a magyar rendszerben egy +/-600MW teljesítőképességű szivattyús energiatároló CO₂kibocsátás-csökkentő hatása közelítően megegyezik kb. 110-150 MW, újonnan belépő, szilárd biomassza-tüzelésű erőmű vagy kb. 370-400 MW, újonnan belépő szélerőmű CO₂kibocsátás-kiváltásával.

A szivattyús energiatárolók működésében a tárolóképesség és a gyors szabályozási képesség meghatározó súlyú. A lehetséges alternatívák szabályozási képességének összehasonlítása azt mutatja, hogy a szivattyús



energiatározók lehetőségei messze felülmúlják más megoldások lehetőségét. Az elmúlt két évtized műszaki fejlődésének felhasználásával a szivattyús energiatározók +100% és -100% terhelés közötti bármely közbenső üzemállapota tartósan megengedhető. A mobilizálása készenlétből, és felterhelése, a teljes terhelésig mindkét irányban kb. 10-15 sec, tehát több nagyságrenddel meghaladja az alternatív megoldások lehetőségeit. Ellentétben más megoldásokkal a szabályozó képességének rendelkezésre állásához sem folyamatos kényszer-termelés, sem járulékos költségek vállalása nem szükséges. Üzemben tartása keresztfinanszírozást nem igényel. Gazdasági szempontból versenyképes és hosszútávon fenntartható megoldás, ami független az energiahordozók piaci árainak bizonytalanságaitól

A rendszerirányítási problémák megoldására a kormány 2011. szeptember 30-án elfogadta a Nemzeti Tervet. Az közzétettek szerint támogatásban részesít egy magyarországi helyszínen megvalósítandó, +/-600 MW teljesítőképességű szivattyús energiatározó beruházást. Álláspontja szerint a szivattyús energiatározó megvalósítására a magyar villamos energiarendszer súlyos rendszerszintű problémáinak megoldása, és a megújuló energiatermelés költséghatékony módon történő elősegítése érdekében egyértelműen szükség van.

A Nemzeti Terv végrehajtása 2012. május végén a CO₂ piac megingása és kockázatai következtében nem folytatódott.

Összegzés

A magyar gyakorlat nemlétezőként kezeli a vízenergiát, annak ellenére, hogy az árstabilitást növelő és az import függőséget csökkentő, belföldi energiaforrás. Azonban a vízenergia-készletek hasznosítása, és a vízenergia-rendszer biztonságot támogató lehetőségei számottevő energetikai és ellátásbiztonsági tényezőt jelentenek. A klímavédelmi elképzelések megvalósíthatósága a vízenergia nélkül nem is valószínű.

Nem racionális, hogy a magyar gyakorlat nemlétezőként kezeli. A hazai villamosenergia-fogyasztás 10–12%-át kitevő hazai vízenergia-készlet hasznosításához, valamint rendszerszabályozási és biztonsági igények regionális szinten versenyképes megoldásához fűződő gazdasági érdek olyan nagy, hogy az arról való lemondást csak megfelelően megalapozott vizsgálatok indokolhatnák.

A vízenergia-hasznosítással kapcsolatos objektív véleményalkotás bázisa azonban hiányzik.



Irodalomjegyzék

(A dolgozat ábrái saját szerkesztésűek)

- Kerényi A. Ödön: Időszerű-e a szivattyús energiatározó? Energia és atomtechnika 1965.11. szám.
- Kerényi A. Ödön, Szeredi István: A vízenergia hasznosítás vizsgálata. MTA előadás 2011. november 09.
- Gerse, K. (2007): Miért kell tározós vízerőmű? MVM Közlemények 2007/1-2, 10-20.
- Haga, I. (1999): Coordinating Hydropower and Thermal Power. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- Giesecke, J. – Mosonyi, E. (2003): Wasserkraftanlagen, Planung, Bau und Betrieb. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Krivchenko G.I. (1975): Gidromechanicheskie perehodnie processy v gidroenergeticheskikh ustanovkakh. Energia, Moszkva
- Arsenevskij N.N, (1977): Obratimie gidromashini gidroakkumulirujushih elektrostancij. Energia, Moskva
- Vuorinen, A. (2007): Planning of optimal power systems. Ekoenergo Oy, Helsinki -Espoo.
- EURELECTRIC: Felhívás a vízenergia hasznosítás fejlesztésének gyorsítására. Hydro in Europe. Powering Renewables - konferencia, Brüsszel, 2011. szeptember 26.
- EURELECTRIC: Europe Needs Hydro Pumped Storage: 5 Recommendations. Brüsszel, 2012. május.
- Szeredi István, Csom Gyula, Alföldi László, Mészáros Csaba: A vízenergia-hasznosítás szerepe, helyzete, hatásai, Magyar Tudomány. 2010.8.



Globális kihívások a „Future Earth” (A Föld a jövőben) című ICSU program küszöbén

Szarka László

MTA Titkárság Kutatóintézeti Főosztály;

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont; Nyugat-magyarországi Egyetem

Tartalmi kivonat

A „Future Earth” („A Föld a jövőben”, <http://www.icsu.org/future-earth>) a Nemzetközi Tudományos Tanács (ICSU) 10 évre szóló új kezdeményezése, amelynek célja a globális környezeti változások következményeinek felmérése és a tennivalók kidolgozása. Újdonság benne a multi- és interdiszciplinaritás, illetve az a – explicite ki nem mondott, de egyértelműen érzékeltetett – felismerés, miszerint véges rendszerben (a Földön) végtelen növekedés nem lehetséges. E program keretében lehetőség nyílik a globális kihívások elfogultságmentes újragondolására. A szerző meggyőződése, hogy a „globális felmelegedés elleni küzdelem” immár lassan két évtizede uralkodó szemlélete tarthatatlan. Vegyük észre, hogy a környezet leromlásának jellege és mértéke sokkal világosabban megmutatkozik, ha eltekintünk a globális éghajlatváltozás éppen aktuális tendenciájától. A legfőbb fenyegetést az emberiség létfeltételeire az egyre növekvő globális fogyasztási igény jelenti, hiszen a Föld felhasználható energia-, víz-, talaj- és ásvány-nyersanyagkészletei végesek. Illúzió azt gondolni, hogy egyetlen kiragadott környezeti indikátor kordában tartásával megállítható a környezet leromlása, mint ahogyan az is, hogy az ún. „zöldgazdasággal” fenntartható a jelenlegi komfortszint. Úgy tűnik, hogy elkezdődött a végső harc a még meglévő természeti erőforrások birtoklásáért. E folyamatban a CO₂ szerepének egyoldalú hangsúlyozása, továbbá a zöldenergia-források lehetőségeinek túlértékelése legfeljebb figyelemelterelésre lehet jó. Figyelmünket – „a globális felmelegedés elleni küzdelem” hiábavalósága helyett – olyan tényezőkre kellene fordítani, amelyek eredményessége rajtunk múlik. Magyarország meglévő



természeti kincsei (víz, talaj, ásványi nyersanyagok) hihetetlenül felértékelődtek, de az energia terén rendkívül (csaknem 90%-os mértékben) kiszolgáltatottak vagyunk. Elsőrendű nemzetpolitikai érdek tehát természeti adottságainkat újraértékelni, és az energia-, víz-, élelem-, nyersanyag- és környezetbiztonság érdekében hatékonyan cselekedni.

Kulcsszavak: Future Earth, ICSU, zöld gazdaság, éghajlatváltozás

Abstract

The Future Earth (<http://www.icsu.org/future-earth>) is a new 10 years project launched by the International Council for Science (ICSU), in order to develop the knowledge for responding effectively to the risks and opportunities of global environmental change and for supporting transformation towards global sustainability in the coming decades. Its novelty is a declared multi- and interdisciplinary approach. In this new approach there is an implicit revelation that in a finite planet (the Earth) there is no infinite place for growth. In frames of this programme it is possible to rethink the global challenges in an unbiased way. The author thinks that the "fight against the global warming" (a 15-20 years old paradigm) has become untenable. It should be realized that the degradation of the environment is much more visible, if the actual tendency of global warming (or cooling) is simply ignored. It is the ever increasing consumerism, which makes the sustainability impossible, due to the simple fact that the energy, water-, soil and mineral resources of the Earth are finite. It is a delusion that picking out one single environmental indicator (namely, the CO₂ emission) would mean any realistic solution. The conception of "green economy" is misleading as well, since it provides less energy than would be needed to maintain the present living standard of the humanity. Over-emphasizing any of the two (CO₂ and green economy) implies that all other real problems remain in shadow. In the author's view, the ultimate fight for the still existing resources has already been started. In this situation our attention, instead of concentrating on pointless objectives, should be turned to questions, where the efficiency is exclusively up to us. It is high time to realize that the value of natural resources of Hungary (water, soil, mineral resources etc.) have been revised at a much higher level than before. Our primary political interest to appreciate it, and to act efficiently in order to assure long-term safety in the fields of energy-, water-, food-, and mineral resources.

Keywords: Future Earth, ICSU, green economy, climate change



Bevezetés

Amint már hazai hírekben is olvasható,¹ a Nemzetközi Tudományos Tanács (ICSU) 2014-től kezdődően új, tízéves időtartamú programot kezdeményezett „Future Earth” (A Föld a jövőben) címmel. A tíz évre tervezett, kiemelt projektben az ICSU szorgalmazza a nemzeti és nemzetközi tudományos szervezetek és műhelyek minél szorosabb együttműködését, és a korábbiaknál erőteljesebben vonja be a természet- és társadalomtudományokat a globalizáció által teremtett kihívások megoldásába. A program célja, hogy *„összegezze a globális környezeti változások mérhető következményeit, és hiteles információkkal szolgáljon a fenntarthatóság lehetőségeinek megértéséhez és a szükséges lépések kialakításához”*.²

A kezdeményezés jelentőségét az adja, hogy eltér a mindmáig uralkodó, sematikus, túlzó leegyszerűsítéseket és könnyű megoldásokat ígérő megközelítésektől. A szerző értelmezése – és reménye – szerint a Future Earth-projekt képes lesz túllépni a környezettudományt csaknem két évtizede uraló „széndioxid-kibocsátás – globális felmelegedés” paradigmán. E tanulmány nem titkolt célja – korábbi írásokkal [1,2,3,9] összhangban – meggyőzni az olvasót arról, hogy a környezet leromlásának jellege és mértéke sokkal világosabban megmutatkozik, és a valódi problémák is világosabban látszanak, ha eltekintünk a globális éghajlatváltozás éppen aktuális tendenciájától. Az éghajlatváltozás ugyanis csupán egyike a környezeti indikátoroknak, de korántsem a legfontosabbika. Ha továbbra is az éghajlatváltozás paradigmájában gondolkodunk, garantáltan nem fogjuk észrevenni, hogy a legfőbb fenyegetést az emberiség létfeltételeire az egyre növekvő globális fogyasztási igény jelenti, hiszen a Föld felhasználható energia-, víz-, talaj- és ásvány-nyersanyagkészletei végesek. Illúzió azt gondolni, hogy egyetlen kiragadott környezeti indikátor (pl. a CO₂-kibocsátás) kordában tartásával megállítható a környezet leromlása, mint ahogyan az is, hogy az ún. „zöldgazdasággal” fenntartható a jelenlegi komfortszint. A szerző véleménye szerint elkezdődött a végső harc a még meglévő természeti erőforrások birtoklásáért, és a CO₂ szerepének egyoldalú hangsúlyozása, továbbá a zöldenergia-források lehetőségeinek túlértékelése

¹ <http://mta.hu/tudomanydiplomacia/globalis-kihivasokra-keresik-a-valaszt-az-icsu-uj-strategiai-programjai-131520/> (Csépe Valéria, az MTA főtítkárhelyettese beszámolója az ICSU Stratégiai Tervezési és Kutatási Bizottsága 2013. márciusi üléséről)

² <http://www.icsu.org/future-earth>



legfeljebb figyelemelterelésre jó. Minderre a Föld Bolygó Nemzetközi Éve tanulságai, egy 2009-es Nature-cikk, valamint a globális népességnövekedést többszörösen meghaladó fogyasztásnövekedés együttes elemzése alapján mutatunk rá.

A földév tanulságai

A Föld Bolygó Nemzetközi Éve (2008) 10 témakörét összegező földtudományi körképből [1, 2] akaratlanul is az emberiség körképe rajzolódott ki.

A Föld energia- és nyersanyagkincse. Az évmilliárdok alatt elraktározott „napenergia-konzervek” (az ún. „fosszilis” energiák) könnyebben kitermelhető felét az emberiség lényegében két évszázad alatt felélte. A jövőben az emberiség a természeti folyamatok megcsapolt energiáiból (ún. „megújuló”, avagy „zöld” energiákból) szeretné ellátni magát, de az ismert alternatív energiafajták területi energiasűrűsége olyan kicsi, hogy nem lehet belőlük kielégíteni a maival összemérhető igényeket. Ha pedig valamilyen felfedezésnek köszönhetően mégis sikerülne megtermelni a mai energiafogyasztási szint fenntartásához szükséges energiát (például magfúzió révén), a természetátalakítás (azaz a természetpusztítás) intenzitása még tovább fokozódna, hiszen minden energia végső soron erre fordítódik: az energia (földfelszín-átalakításban megnyilvánuló) munkává és hővé alakul. Pazarlóan bánunk a földből származó nyersanyagokkal is. Előrejelzések szerint egyes ritkaföldfémekből már néhány éven belül nyomasztó hiány keletkezhet.

A felszín alatti vízkészlet. A legjelentősebb ivóvíztartalékokat a még tiszta felszín alatti vizek képezik, és ezt a vízkészletet az emberiség globálisan sokkal nagyobb ütemben fogyasztja, mint ahogyan az természetes úton pótlódik. A felszín alatti édesvízkészletnek több mint a fele már használatban van.

Talaj. A talaj, a szilárd Föld legkülső burka („bőre”), közvetlen kapcsolatban van az emberi élettel és meghatározója az életminőségnek is. Nélküle a Föld olyan kopár lenne, mint a többi bolygó. Az emberiség egyre inkább szűkében van a termőterületeknek, amihez hozzájárul az is, hogy a természeti és emberi hatásra bekövetkező környezeti változások sokszor talajpusztulással járnak. A Föld valószínűleg képes lesz ellátni a 2040-re várható kb. 9 milliárd embert élelemmel, de csak az ökoszisztémák és a biodiverzitás feláldozásával, ráadásul úgy, hogy nem (vagy alig) marad hely biomassza-termelés számára.

Föld és Élet. Az élet és a bioszféra fejlődése mintegy 4,2 milliárd éve kezdődött, de az élet mintegy 2,7 milliárd éve olyan tényezővé vált, amely



közvetlenül hat az atmoszférára, az óceánokra és a litoszférára. A Biodiverzitás Nemzetközi Éve (2010-ben tematikus ENSZ-év) szerint ötven faj pusztul ki naponta, míg egyetlen új faj születése évezredekben mérhető.

Az energia és a nyersanyag, a víz, a talaj és a bioszféra mellett „A Föld mélye” című Földév-témával kapcsolatosan megállapítást nyert, hogy az emberiség ma már egy nagyságrenddel több anyagot mozgat meg a Föld felszínén, mint a felszíni természeti folyamatok összessége! A kontinensek jéggel nem borított felszínének a felét már átalakította az ember. E fenti – összefoglalóan ún. „korlátos” – tényezők helyett azonban a közérdeklődés az éghajlatváltozás és a természeti katasztrófák felé fordul.

Éghajlatváltozások. A nemzetközi és a hazai sajtó, a politikai döntéshozók túlnyomó része, továbbá a kutatók többsége szerint az emberiség számára a pillanatnyi globális felmelegedés jelenti a legsúlyosabb környezeti problémát, amelynek hatását az üvegházhatás (konkrétan: a széndioxid-kibocsátás) visszafogásával kívánják mérsékelni. Ugyanakkor egyáltalán nem biztos, hogy az éghajlatváltozásért kizárólag az antropogén széndioxid-kibocsátás lenne a felelős. A múltban tapasztalt éghajlatváltozásokat több természeti tényező, így pl. a naptevékenység változása, a galaktikus kozmikus sugárzás, az óceáni áramlási rendszerek, a földfelszín és a hidrológiai rendszerek ember általi megváltoztatása, sőt további természeti és mesterséges tényezők, illetve mindezek kölcsönhatásai is okozhatták. A több tízezer éves léptékű, „fűrészfogszerű” éghajlatváltozást például a Föld pályaelemeinek különböző periodikus változásai idézik elő. A tudományos vita az éghajlatváltozás kutatásában elért érdemekért kiosztott Nobel-békedíjakkal egyáltalán nem ért véget [3]. Kétségtelen ugyanakkor, hogy az éghajlatváltozás a jövőben – amint az a múltban is történt – befolyásolni fogja az emberiség életkörülményeit.

A természeti katasztrófa az ember és a természet közötti sajátos kölcsönhatás emberközpontú elnevezése. A természeti (biológiai, hidrometeorológiai és geológiai-geofizikai) katasztrófák számbeli és méretbeli növekedésének oka azonban nem a természetben, hanem a terjeszkedő emberiségben keresendő: mindenekelőtt – a népességnövekedésnél sokkal gyorsabb ütemű – fogyasztásnövekedésben, az emberek és az anyagi javak egyre veszélyesebb helyekre koncentrálódásában.

Három további földtudományi problémakör környezettudományi vonatkozásai közül az *Óriásvárosok* témájával kapcsolatban megemlítendő, hogy ezeknek, az öt



milliónál nagyobb lélekszámú településeknek a száma és lakosságuk növekedése megállíthatatlannak látszik, ami a jövőben a természeti katasztrófák okozta károk növekedésének lehetőségét, illetve az óriásvárosok fenntarthatatlanságát vetíti előre. Az *Óceánok* témakör szerint az óceánok a felfedező kutatás, a környezeti kockázatok, valamint az energia- és nyersanyagkészletek szempontjából is számos meglepetést tartogatnak. Nincs például egy éve, hogy bizonyossá vált: a tengervízszint-emelkedéshez egyre növekvő mértékben (néhány tized mm/év értékben) a felszín alatti vízkészletek kitermelése járul hozzá. A *Föld és egészség* témakör mondanivalója „csak” annyi, hogy jobb orvos-geológus együttműködéssel hárommilliárd ember egészségén lehetne javítani.

A Földév során feltárt korlátos problémák jól párhuzamba állíthatók az emberiség létfeltételeinek Smalley-féle rendszerezésével [4]. Ennek alapján megállapítható, hogy az összes szóba jöhető társadalmi kérdés megnyugtató megoldásának előfeltétele az energia, a víz, a talaj, a környezet és bizonyos kulcsfontosságú nyersanyagok megléte.

A Földév-következtetések elvileg nem jelentettek újdonságot: Meadows és szerzőtársai [5] – lényegében a kétszáz évvel ezelőtt élt Malthushoz hasonlóan – ugyancsak a kimerülő erőforrások kérdését feszegették. Amikor a Római Klubhoz tartozó Meadowsék könyve 40 évvel ezelőtt megjelent, a globális hőmérséklet már három évtized óta csökkenőben volt, és a meteorológusok történetesen globális lehűléstől tartottak. Ismert ugyanakkor, hogy az antropogén eredetű CO₂-szint a légkörben már akkoriban is folyamatosan nőtt (1955 óta nem csupán egyedi mérések, hanem folyamatos megfigyelési eredmények is rendelkezésre állnak). Kijelenthető tehát, hogy a légköri CO₂-szint emelkedése és a globális felmelegedés közötti ok-okozati kapcsolat létezésének három évtizednyi (1940–1970 közötti) adatsor mond ellent.

Planetáris határkűszöb

A széndioxid-eredetű üvegházhatás elmélete más – itt nem részletezett – érvek alapján is túlzottan leegyszerűsítő. Az ökológiai lábnyom átfogóbb, realisabb fogalom. Rockström és szerzőtársai [6] összesen kilenc környezeti indikátort vettek szemügyre, és azt vizsgálták, hogy ezek az ún. planetáris határkűszöbök („planetary boundaries”) mennyire közelítik a Föld terhelhetőségét. Megállapításuk szerint a biodiverzitás-csökkenés és a nitrogénciklus súlyosabb problémát jelentenek, mint az



éghajlatváltozás. Ez a sokparaméteres megközelítés jelentős előrelépésnek értékelhető ugyan, de meg kell jegyezni, hogy (1) a szerzők az energia- és anyagutánpótlás kérdéseivel (pl. a ritkaföldfémkészletek fogyásával) egyáltalán nem foglalkoznak, (2) szakértők szerint alábecsülik az édesvízkészlet fogyását, a földhasználat növekedését, a foszforciklus hatását (magyarul: a foszforkészlet kimerülését) és az aeroszolok hatását is, (3) a kilenc tényező között van egy, amelyet nemcsak az ember, hanem – az embertől függetlenül – a természet is jelentősen befolyásol, és ez éppen az éghajlatváltozás. Szerencsétlen választás volt tehát a környezeti változások jellemzéséhez előtérbe állítani a globális átlaghőmérsékletet, hiszen a kilenc Rockström-féle indikátor közül több (legalább hat) olyan akad, amely – a globális hőmérséklettel ellentétben – egyértelműen az emberi tevékenység következményét méri.

Fogyasztásrobbanás

Néhány év óta a környezeti hatótényezők között az ún. „népességrobbanásról” is egyre gyakrabban lehet hallani. Tény, hogy 2012-ben a Föld lakossága elérte a 7 milliárd főt, és ez a szám négyszer nagyobb, mint 1912-ben volt. Az energiafelhasználás, a vízfogyasztás és a szemétermelés azonban nem arányosan nőtt a népességgel, hanem – azt jelentősen meghaladva – száz év alatt 10–12-szeresére nőtt, az árutermelés pedig 20-szorosára! Mindez azt jelenti, hogy az egy főre jutó energia- és vízigény, továbbá az egy főre jutó szemétermelés 1912 óta 2,5–3-szorosára, az egy főre jutó árumentyiség az száz évvel ezelőttinek az ötszörösére növekedett. A népességrobbanás helyett (vagy legalábbis: a mellett) indokoltabb lenne a fogyasztás robbanásáról beszélni.

A 7 milliárdnyi ember teljes tömege egyébként kisebb, mint 500 millió tonna. Az emberiség biomasszája térfogatában a Balatonhoz, tömegében a Badacsonyhoz mérhető. Még mindig vannak olyan állatfajok (antarktiszi krill és a termeszhangyák), amelyek biomassza-tömege nagyobb az emberiségénél. A globális környezetpusztítást tehát nem egyszerűen az emberiség lélekszáma („biomassza-tömege”), hanem túlzó energia- és anyagfogyasztása okozza. A felhasznált energia ugyanis hővé és (felszín-átalakító) munkává alakul. A kezdetben korlátlanak tűnő energiakészletek korlátlanak tetsző fogyasztásnövekedésre csábítottak. A valamikori Homo sapiens-ből „Mohó sapiens” lett.



Az emberiség egyre inkább elkényelmesedett életmódját egyre több és több energia- és anyagfelhasználással, valamint a környezet leromlása árán lehet csak kielégíteni. A közgazdászok néha mintha megfeledkeznének arról, hogy a globális gazdaságnak adott (a Föld bolygó által megszabott) határfeltételei vannak. A fosszilis energiakészletek fogyása az Olduvai elmélet beteljesedésének árnyát vetíti előre [7].

A CO₂-emissziócsökkentés, a zöldgazdaság ideája, továbbá a népességrobbanás hangsúlyozása eltereli a figyelmet arról, hogy a gazdag nyugati országokban az egy főre jutó fogyasztás tarthatatlanul magas. A Föld népességének leggazdagabb 20%-a a földi erőforrások fogyasztásából 76,6%-ban, a legszegényebb 20% pedig 1,5%-ban részesedik. Kiszámítható, hogy ha a Föld teljes lakossága a középső 60% átlagának megfelelően fogyasztana, akkor a fogyasztás (és vele együtt a környezetterhelés) a jelenlegi érték 36,5%-ára esne vissza. Ehelyett lépten-nyomon azt hallani, hogy a CO₂-kibocsátás csökkentésével, továbbá a „bőségesen” rendelkezésre álló „tisztá” és „olcsó” zöldenergiákra való áttéréssel a probléma megoldható. Ez a lehetőség azonban sajnos csak az ún. urbánus zöldideológusok [8] fantáziája szerint realitás. A helyes diagnózis felállítását a Rió+20 is elmulasztotta.

Összefoglalás

A Föld Bolygó Nemzetközi Évének körképe, valamint a Rockström-féle planetáris határküszöb-elmélet alapján rámutattunk arra, hogy az éghajlatváltozás nem egyértelmű környezetállapot-indikátor. Előtérbe állítása csak zavar a tisztánlátásban, ezért a leghelyesebb, ha figyelmünket a véges rendszerben végtelenül növekedni igyekező globális fogyasztói társadalom katasztrófaszerű összeomlásának egyre valószínűbb bekövetkezésére koncentráljuk. Kenneth Boulding közgazdászt idézve: „...aki véges rendszerben végtelen növekedést képzel el, az vagy örvült, vagy közgazdász”.³ Az ún. „world problématique” véleményem szerint mára leegyszerűsödött: elkezdődött a végső harc a még meglévő természeti erőforrások birtoklásáért, és a CO₂ szerepének egyoldalú hangsúlyozása, továbbá a zöld-energiaforrások lehetőségeinek túlértékelése legfeljebb figyelemelterelésre jó.

³ Boulding, K. E. (1986). Proceedings of the 7th Friends Association for Higher Education Conference, Malone College, 4-4, In: Debora Hammond (2003). The Science of Synthesis, Colorado: University of Colorado Press.



Nem lehet tudni, hogy az energia, az édesvíz, a talaj (élelmiszer) terén robban-e ki elsőként világválság, de e válság (vagy azok sorozata) bizonyosan jelentkezni fog.

Magyarország meglévő természeti kincsei (víz, talaj, ásványi nyersanyagok) hihetetlenül felértékelődtek, de az energia terén rendkívül (csaknem 90%-os mértékben) kiszolgáltatottak vagyunk. Elsőrendű nemzetpolitikai érdek tehát természeti adottságainkat az energiabiztonság szempontjából újraértékelni, és az élet minden területén takarékoskodni az energiával.

Epilógus

E dolgozat törzsét – „Környezeti kulcsproblémák” címmel – a „Környezeti problémák a Kárpát-medencében II.” című konferencia kötetébe (Pécs, 2012. november 30.) szántuk, de annak megjelenése egyre bizonytalanabb [9]. Ez a magyarázata annak, hogy három fejezet szövege lényegében változatlan formában jelenik itt is meg.

A pécsi konferencia óta – 2012 végén – megtörtént a 2013. októberi Budapesti Víz Világkonferencia hivatalos bejelentése, majd 2013 első három hónapja a szó szoros értelmében „A Víz Negyedéve” volt – mindhárom halmazállapotban. A rendkívüli időjárást sokan kapcsolatba hozták a globális klímaváltozással. Ennek a kapcsolatnak a realitása körülbelül annyi, mint az időjárásért a Kormányt okolni. Amikor az Országos Meteorológia honlapja alapján a média azt kürtöli világgá, hogy az első három hónap *„a legcsapadékosabb első negyedév több mint 110 év (1901) óta”*, akkor ez mindössze annyit jelent, hogy 1901 első negyedévében még több csapadék esett, mint az idén. A természet ugyanolyan „szeszélyes”, mint mindig is volt. Az emberiség területfoglalása és fogyasztása azonban az elmúlt 112 évben minden tekintetben több mint egy nagyságrenddel növekedett (noha lélekszáma „csak” alig több, mint négyszeresére nőtt). A legutóbbi hónapok csöndes, de jelentős környezettudományi eseménye volt Vida Gábor: *Honnan hová Homo? Az Antropocén korszak gondjai* című könyvének megjelenése [10], amelynek majdnem mindegyik megállapítása helytálló. Egyetlenegy kérdésben – a klímaváltozás általa szorgalmazott középpontba állításában – azonban egyáltalán nem értünk egyet. A nézetkülönbségre, sőt a környezeti kulcsproblémákra a legmeggyőzőbb erővel nem más, mint a Coca-Cola Company világít rá a budapesti villamosmegállóba 2013 elején kihelyezett reklámplakátjával, amelyen a következő szöveggel szólítja meg a fogyasztókat: *„Óvjuk együtt a sarkvidéket a klímaváltozástól”*. Magyarul: amíg mi a



jegesmedvéken könnyezünk, az ő üzletük továbbra is jól fog menni. Nagy kérdés, a Future Earth nevű kezdeményezés – a természettudományi és társadalomtudományi kutatók közös új kísérlete – nem válik-e áldozatává az üzleti mohóságnak.

Irodalomjegyzék

Szarka L. 2008: Globális kihívások „A Föld Bolygó Nemzetközi Éve” tükrében. In: Gömbös E. (szerk.): Globális kihívások, Millenniumi Fejlesztési Célok és Magyarország: ENSZ-Akadémia 2008. Budapest, Magyar ENSZ Társaság, 21–34.

Szarka L., Brezsnaynszky K. 2011: Globális környezeti alapkérdésekről. In: Fodor I. (szerk.): MTA KRTK, Pécs

Szarka L. 2010: Mozaikok az éghajlatkutatáshoz. Magyar Tudomány 2010. május, 609.

Smalley R. 2003: Top Ten Problems of Humanity for Next 50 Years, Professor R. E. Smalley, Energy & NanoTechnology Conference, Rice University, May 3, 2003.

Meadows D. H. et al. 1972: The Limits to Growth. Universe Books, New York, 23.

Rockström J., et al. 2009: A safe operating space for Humanity. Nature, 461, 472–475.

Duncan R. C. 1989: Evolution, technology, and the natural environment: A unified theory of human history. Proceedings of the Annual Meeting, American Society of Engineering Educators: Science, Technology, & Society, 14B1-11 to 14B1-20.

Lovelock J. 2010: Gaia halványuló arca. Utolsó figyelmeztetés (Eredeti cím: The vanishing face of Gaia. A final warning). Akadémiai Kiadó

Szarka L. 2013: Környezeti kulcskérdések. (Beküldve a „Környezeti problémák a Kárpát-medencében II.” c. konferencia kötetébe, Pécs, 2012. november 30.). Angol változata (Critical remarks addressed to climate fanatics and climate sceptics) megjelenőben a Periodica Oeconomica c. folyóiratban.

Vida G. 2012: Honnan hová Homo? Az Antropocén korszak gondjai <http://www.semmelweiskiado.hu/files/flippingbooks/000/091/liquid-green/index.html>



Döntéskényszer a hazai árvízvédelemben

Schweitzer Ferenc

Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet

Tartalmi kivonat

Magyarországon 700 településen 2,5 millió ember él az árvizekkel veszélyeztetett alacsony ártér mentesített részén. Az árvízveszélyt a folyók árvízhozamainak megfelelő síkvidéki, alacsony ártéri tározók építésével lehet csökkenteni. Mivel a vízgyűjtő politikailag felszabdalt, a nemzetközi kapcsolatok rendezése a magyar vízügyi politika kulcskérdése.

Kulcsszavak: geomorfológia, ártér, árvízveszély

Abstract

In Hungary, in 700 settlements, 2.5 million people are living at the low floodplains, endangered by flood hazards. The flood risk can be reduced by the detention reservoirs constructed at the low flood plain terrains. Since the drainage basin is politically divers, the acquaintance of foreign affairs is a key issue for the Hungarian water management policy.

Keywords: geomorphology, flood plains, flood hazards

Bevezetés

Magyarország 93.000 km² területéből 21.250 km² a folyók árvizeivel veszélyeztetett. A kiterjedt árterületet 4220 km árvízvédelmi töltés védi. Az országhatáron átlépő folyók kivétel nélkül jelentős medereséssel lépnek be az országba, ami súlyos árvízi kockázat forrása. Az árvízi veszélyeztetettség, az ártér arányát figyelembe véve Európában, Hollandia mellett hazánkban a legnagyobb.

Az alacsony ártér mentesített részén, közel 700 településen 2,5 millió ember van kitéve az árvízveszélynek. Ezen a domborzati felszínen húzódik a vasútvonalak



közel 32 %-a, a közutak 15 %-a, és több mint 2000 ipari üzem is itt található. Ezeket az objektumokat 19-20.000 km²-nyi értékes mezőgazdasági földterület foglalja magába.

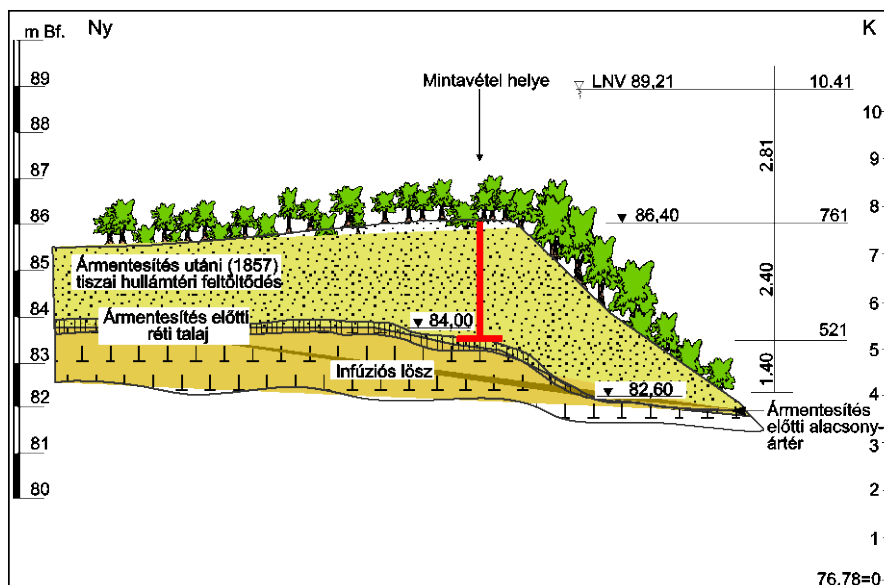
Az árvízi veszélyeztetés rendkívüli mértéke miatt a folyószabályozás, és az árvízvédelmi töltések kiépítése már 200 évvel ezelőtt megkezdődött. Fejlesztésük főként az árvízvédelmi tározók építésével a mai napig is tart. A magyar árvízvédelem történetében új fejezetet nyitottak a közép-tiszai, 1999. és 2000. évi árvizek, melyek katasztrófa előtti helyzetet teremtettek, és hatalmas emberi és anyagi ráfordítást igényeltek. Az 1999-es és a 2000-es években jelentkező vízszintemelkedés a Tisza eddigi ismert életében példátlan.

Az alacsonyártéri tározás, mint az árvízvédelmi biztonság egyik lehetősége

Az Tisza-völgyi Társulat 1846-os megalakulását követő nagy folyószabályozási munkák, a Duna, a Tisza és mellékfolyóik gátrendszerének kiépítése, mesterséges mederszakaszok megépítése, a meander kanyarulatok átvágása, a *mocsárvilág lecsapolása az akkori Európa legjelentősebb természetátalakító tevékenysége*, egyben hazánk eddigi legnagyobb területfejlesztési programja volt. A beavatkozások akkor megfeleltek a velük szemben támasztott társadalmi és gazdasági követelményeknek.

A Tisza és mellékfolyóinak hordalékszállító képessége mindig nagy volt. Még az ármentesítések előtti alacsony ártéri szintekből szigetszerűen kiemelkedő magas ártereken, a legősibb településeket is azért öntötte el olykor-olykor az árvíz, mert a környezetükben lévő alacsony árterek feliszapolódtak.

A vízgyűjtő területeken bekövetkezett robbanásszerű urbanizációs változások – pl. bányászati tevékenység, fakitermelés, népességnövekedés és településfejlődés – ezt a természetes hordalékszállítást valószínűleg megnövelték, az árvíz elleni védekezés 150 éve alatt bizonyos szakaszokon a hullámterek feliszapolódása jelentősen megnövekedett, a hullámtér felszínfejlődése, az övzátonyok, parti gátak kialakulása is felgyorsult. Az 1974-ben elkezdett, de abbahagyott tiszai újratérképezés előkészítése során az ún. V.O. kövek állapotfelmérése közben kiderült, hogy jelentős részük a feliszapolódás miatt betemetődött.



1. ábra: Hullámtéri feliszapolódott szelvény Szolnoktól délre (Szerk.: NAGY I.–SCHWEITZER F. 2000).

LNV = Legnagyobb víz

Az árvízvédelmi gátak közötti hullámtéri feltöltődés és azon belül az övzátonyképződés (parti gát) az ezredfordulóig nem került az érdeklődés előterébe, bár az övzátonyok iránti folyamatos figyelem nyomán követhető a szakirodalomban (NAGY I. – SCHWEITZER F. – ALFÖLDI L. 2001, 1. ábra). Ez annál is inkább meglepő, mert ez a VÁSÁRHELYI-féle koncepció tervitájának is egyik kulcskérdése volt. Számoltak ugyan azzal, hogy a tervezett szűk ártéren az árvizek magassága emelkedni fog, de a hordalék-lerakódás mértékét nem tartották jelentősnek. Meglepő, hogy a Kínai-alföldön kanyargó Sárga-folyó (Huang-Ho) hatalmas méretű gátját látva CHOLNOKY Jenőben nem merült fel az a gondolat, hogy ez a Tisza és jelentősebb síkvidéki területeken folyó vizek esetében is kialakulhat (CHOLNOKY J. 1907). A hullámtéri feltöltődés szerepe az árvizek kialakulása szempontjából pedig igen jelentős (SCHWEITZER F. 2000). Ez oda vezetett, hogy a gátakat időszakonként – feltehetően a feliszapolódás és az övzátonyok képződésének hatására – magasítani kellett, mégpedig 1850 óta 5–7 alkalommal, és ha minden így marad, továbbra is magasítani kell majd (1. táblázat, 2. ábra).



Árhullámok keletkezési éve	Tényleges max. vízszint Szolnoknál, cm	Várható vízszint	
		Az árhullám 30 év utáni megismétlődése esetén, cm	A mértékadó árvízszint (961 cm) felett, cm
1977	880	970	9
1979	904	974	13
1980	873	963	2
1981	885	975	14
1998	897	987	26
1999	974	1064	103
2000	1041	1131	170
2006	1013	1103	142

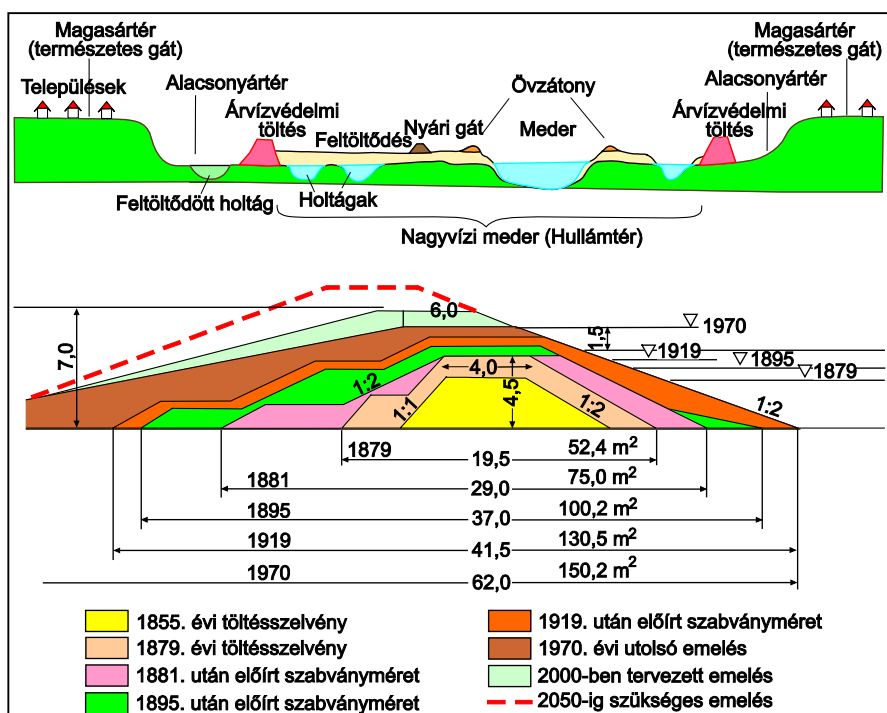
Forrás: A KÖTIVIZIG adatai alapján szerk. NAGY I. 2007.

1. táblázat: Jelentősebb árhullámok a Tiszán 1977 és 2006 között és a megismétlődésük esetén várható vízszint

Az ármentesítést követően a Tisza hullámtere Szolnok térségében egyes területeken 200–240 cm (1. kép), az Alsó-Tisza völgyben, a Körös hullámtere Békésszentandrás térségében az ármentesítést követően 140–160 cm vastagságban iszapolódt fel; jól felismerhetőek az utóbbi évek, évtizedek egy-egy árvizének 5–10–13 cm vastag üledékei (KIS É. 1984). A Tisza 1976 és 1983 közötti árvizei során Kisköre és Szeged között átlagosan 30 cm-rel magasította hullámterét (LACZAY I. 1982), annak ellenére, hogy a Kiskörei tároló igen jelentős mennyiségű hordalékanyagot ülepít le. A folyó a 2000. évi árvíz idején Szolnok felett egyes helyeken 14 cm vastag hordalékot rakott le (NAGY I. mérései, 2002 ex verbis). Ez a folyamat oda vezet, hogy a folyó a hullámtér állandó feliszapolódásának hatására magasabban fog folyni, mint az ármentesítés előtti alacsony árterének szintje, amely az árvizek során vízborítás alatt állott.



Így a Tisza medre tehát nem a legmélyebb térszínen, az alacsonyártéri szinten, hanem az általa feliszapolt, felmagasítódott hullámtéren fog folyni, és a víz már nem tud visszafolyni a magasabban lévő medrébe, illetve hullámterébe, s úgy tűnik, előbb-utóbb a Tisza és nagyobb mellékfolyói, amelyek az alföldi szakaszon folynak, a Huang-Ho vagy az olaszországi Pó folyó sorsára jutnak.



2. ábra: Az árvízvédelmi töltések magasságának növekedése Szolnoknál és a Közép-Tisza vidéken. A feliszapolódás miatt a 2000-re tervezett emelést 2050-ig további lehetséges emelésnek kell követnie.

(VÁGÁS I. 1982 alapján szerk.: SCHWEITZER F. 2001)



1. kép: A 2000. évi tiszai árvíz után a Szolnok melletti Alcsi-szigeten a hullámtéren a feliszapolódás mértékének vizsgálata céljából mélyített kutatóárok szelvénye. A hullámtéri átvágásban megfigyelhető a folyó ármentesítés előtti felszínére (1) települt, itt megjelenő 200–230 cm vastag feltöltődés anyaga (2). A feltárás legfelső 30–35 cm-es része (3) az 1986-os csernobili katasztrófa óta halmozódott fel.

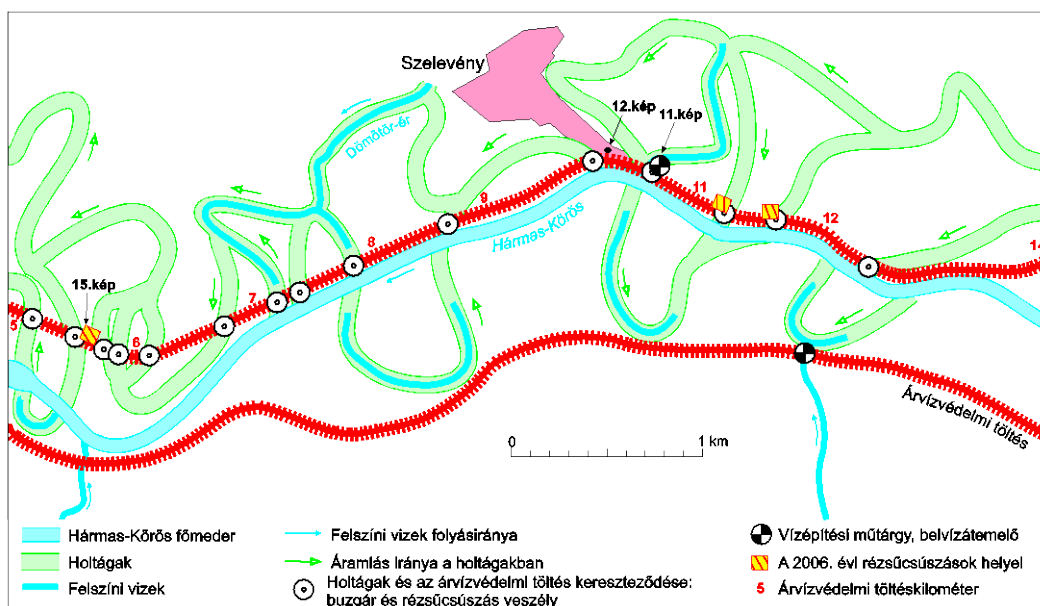
Fotó: SCHWEITZER F.

A Tisza-völgy árvízvédelme *nemzetbiztonsági kérdés* is, mert közel 2,5 millió ember létbiztonságát érinti. Az árvízszintek állandó emelkedésének ellensúlyozására az árvízvédelmi töltéseket erősíteni, annak magasságát időszakonként emelni kellett. Mint ahogy azt az 1999. és 2000. évi tiszai árvíz esetén láttuk, rendkívüli anyagi és emberi erőfeszítések árán javítgatjuk a több mint egy évszázados rendszert. A Tisza völgyében a védművek kiépítettségének aránya a jelenlegi előírásokhoz képest alig több mint 50%. Hangsúlyoznunk kell, hogy a jelenlegi előírások szerint kiépített árvízvédelmi létesítmények már ma sem nyújtanak megfelelő védelmet és védőképességük az árvízszintek emelkedése és egyéb okok miatt a jövőben tovább fog csökkenni. Ennek ellenére nem merjük feltenni a kérdést, hogy mindez megfelel-e a jövő évszázadok követelményeinek?

A gátépítésekkel kapcsolatos vízügyi beruházások évszázados hatásúak, kicserélésük rendkívül költséges és lassú. A Körösökön – mint ahogy arra ALFÖLDI L. (1999) is rámutatott – a 19. század végén igen keskeny, mintegy 50–70 m széles hullámteret építettek. Ehhez a szűk hullámtérhez az erdélyi oldalról 150–200 m széles hullámterek kapcsolódnak, emiatt ezeken a szakaszokon a tölcészerű szűkület miatt víztorlódás következik be. A Körösök mentén így szinte minden



jelentősebb árvíznél fenn áll a rézsúcsúszás, a gátszakadás és a buzgárveszély (3. ábra, 2. kép).



3. ábra: A szabályozások során levágott medrek és az árvédelmi töltések rézsúcsúszás- és buzgárveszélyes kereszteződései a Hármas-Körös mentén (Szelevény) a 11., 12. és 15. kép készítési helyszíneivel. (A KÖTIVIZIG adatai alapján szerk.: SCHWEITZER F. 2006)



2. kép: Rézsúcsúzás és buzgár elleni védekezés 2006-ban a Hármaskörös árvédelmi töltésén Szelevénynél, ahol a lakosságot kitelepítették, és a község csak "Isten kegyelmének" köszönhetően menekült meg az elöntéstől. Fotó: SCHWEITZER F.

Ennek a veszélynek az elhárítása a hullámtér magyarországi szakaszának a kiszélesítését, az alacsonyártéri víztározást, az árvízvédelmi gátak áthelyezését igényelné. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése alapján (VÁRADI J.–NAGY I. 2003) az árvízcsúcsok csökkentése érdekében, az árhullámok egy részének alacsony ártéren történő elhelyezése a kiépítésre javasolt tározókban valósulna meg.

Egy további lehetőség azonban a hullámterek már említett bővítése az alacsonyártereken, az egyes helyeken természetes gátakat képező magas ártéri szintekig (BALOGH J. – KIS É. – SCHWEITZER F. – VICZIÁN I. 2006). Ez a lehetőség szolgálná az árvízvédelem biztonságát. Egy-egy ilyen hullámtérbővítést nagyon gondos hatékonysági számításoknak, a helyi lakossággal való egyeztetéseknek és politikai döntéseknek kell megelőzniük, ha a mentett alacsonyártéri oldalon integrált hasznosítású, holt medreket is magába foglaló tározó rendszereket hoznak létre.



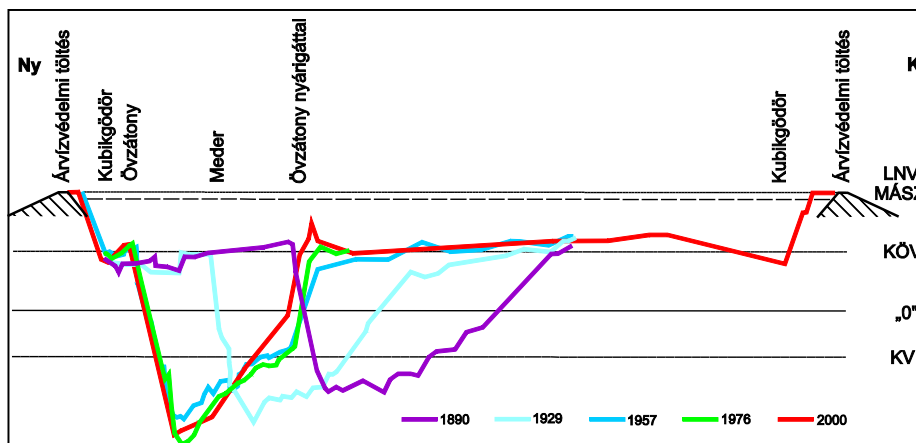
Ezek a környezetükbe szervesen illeszkedő tározók (pl. Bodrogzug, Köröszug, Ecsedi-láp) átvehetik a 19. század mocsarainak ökológiai szerepét. A tervek megvalósítása nagy felelősséget jelent a tudományos kutatásnak.

Ebben az esetben is több száz évre kell előre gondolkodni, hogy milyen elképzelés is valósuljon meg. 150 évvel ezelőtt VÁSÁRHELYI Pál és az őt követő mérnökök a kor tudományos színvonalán készítették el terveiket, de megvalósítani csak az akkori finanszírozók és döntéshozók által elfogadott megoldásokat tudták. Tudjuk, hogy örökségünk milyen sok megoldandó problémával terhelt. Az általuk kialakított rendszer még ma is működőképes lenne, ha az elmúlt fél évszázadban nem gyarapítjuk a problémák sokaságával örökségünket.

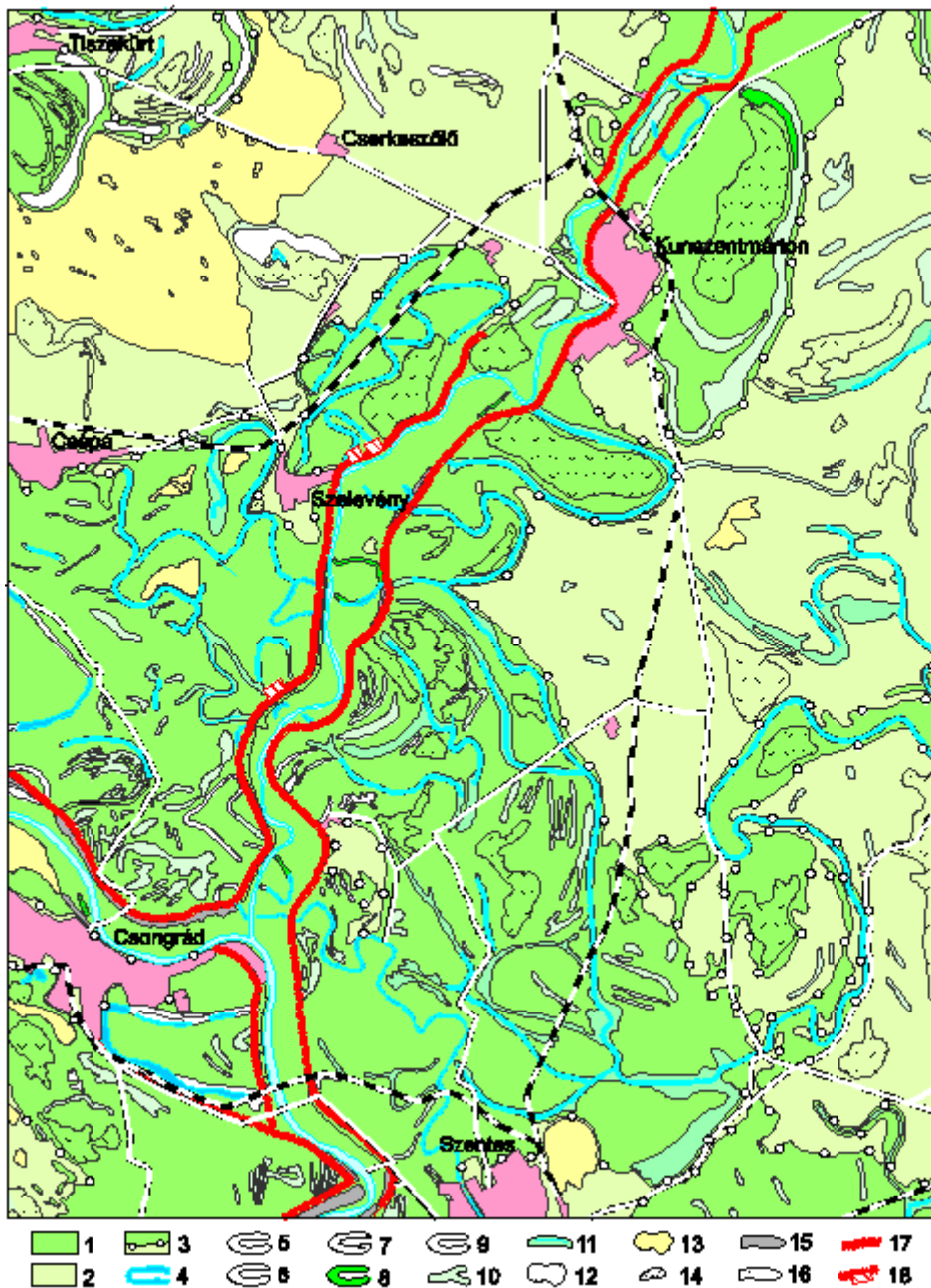
A Tisza vízgyűjtőjén az 1970-es évek után és az ezredforduló-közeli években 1998 és 2006 között sorozatban következtek be a rekord nagyságú árhullámok, amelyek kialakulását elősegítheti a *feltételezett klímaváltozás*, de az eseményeket főként az *antropogén beavatkozások határozzák meg. Emiatt a föld- és társtudományoknak a VVT koncepció mellett sok feladatot kell még elvégezniük, hogy hosszú távra oldják meg az árvízi biztonságot, stratégiát dolgozzanak ki, hogy elkerüljük a katasztrófát.* A sok feladat közül néhány fontosabb:

A Tisza árvízvédelmi töltésekkel védett árterei mintegy tízezer éves fejlődésének feltárása, benne az élő és eltemetett, feltöltődött medrek kereszteződéseinek feltérképezése, mert ezek a keresztezések buzgár-hajlamos térségek is.

A Tiszára ható, a folyót nyugatra toló ún. Coriolis-erő jelenlegi és annak jövőbeli hatásának vizsgálata a folyó jobb parti gátjainak biztonsága szempontjából, illetve a jobb parti hullámtér szűkülése miatt (4-5. ábra).



4. ábra: A Tisza árvízi medrének jellemzői és annak nyugat felé tolódása a Tiszafüred és Csongrád szelvényeiben, 1890–2000 között. (A KÖTIVIZIG adatai alapján szerk.: SCHWEITZER F.) LNV = Legnagyobb víz; MÁSZ = Mértékadó árvízszint; KÖV = Középvíz; KV = Kisvíz



5.ábra: A Körös torkolatvidéke és tágabb környezetének mérnökgeomorfológiai térképe. A térkép tartalma az alacsonyártéri víztározás – de nem a vésztározás! – lehetőségére kínál példát, amivel az árvízi veszélyt lehetne csökkenteni. (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 2001). – 1= Alacsony ártér; 2=Magas ártér; 3=Alacsony- és magas ártér pereme, az alacsonyártéri víztározás természetes határa; 4=Lefűzött hajdani meander, fattyúág, állandó vízborítással; 5=Lefűzött hajdani meander állandó vízzel, nád-sással borítva; 6=Lefűzött hajdani feltöltött meander időszakos vízborítással, nád-sás vegetációval; 7=Hajdani feltöltött meander időszakos vízborítással; 8=Hajdani feltöltött meander ártéri erdőben; 9=Hajdani feltöltött meander ártéri erdőben, időszakos vízborítással; 10=Hajdani feltöltött meander, szántóföldi művelésben; 11 = Hajdani feltöltött meander, csatornázva; 12 = Szikes-belvizes lapos; 13=Futóhomok felszín; 14=Futóhomok bucka; 15=Ásott kubikgödör-sorok a hullámtéren;



16=Ásott kubikgödör-sorok hullámtéri erdővel fedve; 17=Árvédelmi töltés; 18=2006-ban bekövetkezett rézsűcsúszások helyei

A hullámtér feliszapolódásának vizsgálata és mérése, különös tekintettel a szabályozások óta bekövetkezett változásokra; a vízgyűjtő területről a hullámtérre érkező és ott felhalmozódott szennyező anyagok felmérése. Részletesen vizsgálni kellene a hullámtér feltöltődésének mértékét, továbbá a gátak közötti távolság és a feltöltődés mértéke közötti kapcsolatot is.

A magas ártéri szint és a gátak futásának vizsgálata, ami magában foglalja az alacsonyártéri terület (hullámtéri rész) esetleges növelésének lehetőségét, azon gátak esetenkénti-helyenkénti megszüntetését, amelyeket a jövőben a magas ártér helyettesíthet. Fel kell tárni új, távolabbi gátak építésének lehetőségét, és el kell végezni a tervezett megnövelt ártéri (hullámtéri) területek várható tározóképességének vizsgálatát.

Geoökológiai-geomorfológiai kutatások az ártéren és a hullámtéren az árvizek gyors levezetése és az árvízi tározás szempontjai alapján.

Át kell tekinteni az övzátányok (parti gátak) kialakulásának és fejlődésének kérdéseit, fel kell deríteni kapcsolatukat a hullámtér feliszapolódásával.

A hullámtérben az elburjánzott vegetációból fakadó gondok ésszerű kezelése. A kialakult (kialakuló) sűrű bozóton az árvíz áramlása jelentősen lelassul, a hullámtér feltöltődése viszont felgyorsul. A hullámtérnek az árvízi vízhozamok, a hordalék, a jég hozamok biztonságos levezetését kell biztosítani a hullámtér teljes keresztmetszetében. Emiatt a hullámtér növényborítottsága, a feliszapolódás nagysága meghatározó módon befolyásolja az árvízlevezetés hatékonyságát.

Valamilyen okból a vízügyi kutatók nagy része nem tartotta reálisnak a magyarországi Tisza-szakaszon az alacsonyártéri tározás lehetőségeit, bár a Körösök mentén ez már eredményes gyakorlat volt. A Tisza és mellékfolyóinak vízgyűjtőjéről hatalmas mennyiségű iszap, iszapos finomhomok érkezik és halmozódik fel a hullámtérbe, amely az esetleges klímaváltozások hatására csak növekedhet. Ezért nem lehet csak az árvízvédelmi gátak további emelését számba venni, hanem más lehetőségeket is vizsgálni kell, hiszen 20–30 év után újra esedékes lenne, miután a hullámtér 20 év alatt (1986 Csernobil és 2000 között) 30–35 cm-t emelkedett.



Emiatt kiemelt szerepet kaphat a síkvidéki tározás, amelynek egyik lehetőségét az új Vásárhelyi Terv keretében dolgozták ki. Az elmúlt években a VTT keretében tervezett tározók közül kettő elkészült, kettő építése folyamatban van. A másik kiegészítő megoldás lehet az arra alkalmas területeken az alacsonyártéri víztározás, a meglévő árvízvédelmi töltések és a magas ártéri szintek, illetve a magas ártéren épített új töltések között. Mélyártéri víztározásra alkalmas például a Tisza és a Sajó találkozásánál lévő inerhádi terület.

Ezt és további, az árvizek tározására alkalmas területeket a területrendezési tervekben árvízi tározás céljára ki kellene jelölni, azonnal építési tilalom alá kellene vonni, és az ország *árvízvédelmi stratégiája érdekében a földvásárlást és a területek hasznosítását szabályozni kellene*. Erre intő példa az árvízvédelemmel és a nemzet érdekében szembeni közönyt mutató gondolkodás, mint pl. az Adonyi-öblözetet kettévágó M6-os autópálya nyomvonala is, amely jelentős árvízi víztározásra lett volna alkalmas.

Az árvízveszélyt az alacsonyártéri víztározással lehetne csökkenteni, mert Husztól Titelig a Tisza vízhozamaihoz mérhető nagyságú öblözetek még megvannak, és a tározást nemzetközi együttműködés keretében – a közeljövőben Szerbia is EU tag lehet – meg lehet valósítani. A trianoni békediktátum által kijelölt országhatárok miatt a Tisza vízgyűjtőterületének közel 70%-a országhatáron túlra került. 25–30%-a hazai területek dombsági és hegységi térszínei, de itt nincsenek jelentős vízfolyások, és innen nagyobb tömegű vízutánpótlás sem származik.

A magyar árvízvédelem jövőbeni célja – a meghozandó törvény által előírt – árvízvédelmi biztonság megteremtése kell, hogy legyen. A Tisza-völgy, valamint a többi folyó ártereinek megvédése nemzetstratégiai kérdés. Magyarországnak az 1830-as és 40-es évekhez hasonló feladatot kell felvállalnia. Száz-százötven évre szóló stratégiai döntést kell hozni folyóvölgyeink és védett ártereink népességének biztonsága érdekében.

Irodalomjegyzék

ALFÖLDI L. 1999. A vízgazdálkodás jelenének, jövőjének kérdőjelei. Ezredforduló (Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián) 1. 3-8.

BALOGH J. – KIS É. – SCHWEITZER F. – VICZIÁN I. 2006. Feltételezett klímaváltozások kapcsolata az árvizekkel és a belvizekkel a Tisza Jász-Nagykun-Szolnok megyei árterein

In: LÁNG I. – JOLÁNKAI M. – CSETE L. (szerk.) A globális klímaváltozás: Hazai hatások és



válaszok: VAHAVA zárókonferencia Akaprint, CD-ROM

BALOGH J.–SCHWEITZER F. 2001

CHOLNOKY J. 1907. A Tiszameder helyváltozásai. Földrajzi Közlemények 35. 9. pp. 381–405.

KIS É. 1984. Mindszent környékének geomorfológiai vázlata. Az Alföld gazdaságföldrajzi kutatásának eredményei és további feladatai. Természeti Környezet. A plenáris ülés előadásai. Békéscsaba. 1984. pp. 212–220.

LACZAY I. 1982. A folyószabályozás tervezésének morfológiai alapjai. Vízügyi Közlemények 64. 2. pp. 235-255

NAGY I. – SCHWEITZER F. – ALFÖLDI L. 2001. A hullámtéri hordalék-lerakódás (övezet). Vízügyi Közlemények 83. 4., pp 539-564.

SCHWEITZER F. 2000. A magyarországi folyószabályozások geomorfológiai vonatkozásai: folyóink hullámterének fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel. Földrajzi Értesítő 50. 1–4. pp. 9–31.

VÁGÁS I. 1982. A Tisza árvizei. VÍZDOK, Budapest, 283 p.

VÁRADI J.–NAGY I. 2003. A Tisza-völgy vízgazdálkodásának jövőképe. In: TEPLÁN I. (szerk.): A Tisza és vízrendszere. 1. kötet. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 117–132.



A klímaváltozás és ivóvizünk biztonsága

Farkas József¹, Beczner Judit²

¹Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar, Budapest

²Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutató Intézet, Budapest

Tartalmi kivonat

A klímaváltozás veszélyezteti vizeink mikrobiológiai és kémiai biztonságát is. Nő mikrobás szennyeződésük és az ismert vízkezelési technológiák elégtelenné válhatnak az új kórokozókkal szemben. A hagyományos kémiai szennyezők növekvő mennyisége mellett újak is megjelennek. A nanotechnológia, mint hatékony tisztítási ugyanakkor, mint nem kellően ismert hatású szennyező eljárás is, vizsgálatra és szabályozásra vár. A hatékony vízminőség-felügyelet és vízgazdálkodás előfeltétele a kockázatbecslés és –kezelés, amely csak megfelelő előrejelző modellezés esetén lesz kellő hatékonyságú.

Kulcsszavak: ivóvíz, klímaváltozás, mikrobiológiai biztonság, kémiai biztonság

Abstract

The climate change endanger the microbial and chemical safety of our (drinking) water, too. Their microbial contamination is increasing, and the existing water treatment technologie smight be insufficient against new pathogens. Next to the increasing quantity of traditional chemical contaminants, new compounds shall appear. The nanotechnology, both as effective cleaning, and also as possible contaminating method has to be studied and regulated. The precondition of effective water quality supervision and management is the risk assessment and management supported by a suitable forecasting indicator modelling.

Keywords: drinking water, climate change, microbiological safety, chemical safety



„Of all our natural resources water has become the most precious...”

Rachel Carson: Silent Spring

Bevezetés

A Föld vízkészletének csupán mintegy 2 %-a édesvíz, ami azonban meghatározó fontosságú az élet minden területén. Ez a háttere annak is, hogy Magyarország 2013 októberében az ENSZ tagállamai, intézményei s az érintett gazdasági és társadalmi szereplők részvételével „Víz-világtalálkozót” szervez Budapesten. Ezzel kíván Magyarország hozzájárulni a legfontosabb vízügyi kérdésekben a fenntartható és integrált vízgazdálkodás terén a nemzetközi együttműködés és a fejlesztéspolitika megalapozásához. Ennek a komplex és hatalmas problémakörnek egyik részterülete a korunk egyik döntő kihívása, a klímaváltozás és ivóvizünk biztonsága közötti kapcsolat.

Mértékadó szakmai-tudományos testületek, például az ENSZ Kormányközi Éghajlatváltozási Szakértő Testülete¹ s a Meteorológiai Világszervezet² megállapításai és következtetései szerint globális felmelegedés megy végbe és az ezzel feltehetően összefüggésben lévő extrém időjárási jelenségek (aszályok, vagy éppen szokatlan mértékű csapadék-képződés, belvizek, áradások, valamint szokatlan méretű és időtartamú hőhullámok) gyakoriságának növekedése észlelhető. A klímaváltozás előrejelző modellezésének eredményei azt mutatják, hogy évszázadunk végére Dél- és Délkelet-Európában (az utóbbihoz számítják Magyarországot is) az évi átlagos hőmérséklet a XX. század elejére jellemző értékhez képest mintegy 4 °C-kal megemelkedhet. Ez volt a kiindulása annak a tanulmánynak is, amit az Akadémia Környezettudományi Elnöki Bizottsága Élelmiszer-biztonsági Albizottsága publikált a közelmúltban a Magyar Tudomány című folyóiratban³ az éghajlatváltozásnak az élelmiszer-biztonságra gyakorolt hatásairól.

A klímaváltozás miatt nemcsak élelmi anyagaink, hanem vizeink is fokozódó

¹ IPCC (2007): Éghajlatváltozás 2007. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) negyedik értékelő jelentése. A munkacsoportok döntéshozói összefoglalói. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 85 oldal

²WMO (2010): A Meteorológiai Világszervezet állásfoglalása az éghajlat 2009. évi állapotáról. WMO No. 1055. World Meteorological Organization, Geneva

³Farkas J., Beczner J., Szeitzné-Szabó M., Kovács M., Varga J., Varga L. (2013): A Kárpát-medence éghajlatváltozásának kihatása élelmiszer-biztonságunkra. Magyar Tudomány, 174 (2), 147-158.



szennyeződésnek lehetnek kitéve.⁴ Az ivóvíz-biztonság (water safety) kérdésköréről már 2004-ben, az akkori Élelmiszer-biztonsági Tanácsadó Testület a „Magyarország Nemzeti Élelmiszer-biztonsági Programja” című tanulmányban⁵ alprogram javaslatot fogalmazott meg, és az ugyanakkor készült, „Környezetegészségügy és élelmiszerbiztonság” című, a Nemzeti Környezetvédelmi Program tematikus akcióprogramjának megvalósításához készült tanulmány⁶ is nagy figyelmet szentelt. Somlyódi László akadémikus és szerzőtársai 2010-ben egyik publikációjukban⁷ az éghajlati szélsőségeknek a vízgazdálkodásra gyakorolt lehetséges hatásait vizsgálták. Az MTA pedig, ugyancsak Somlyódi akadémikus szerkesztésében, 2011-ben megjelentetett egy kiadványt a Köztisztviselői Stratégiai Programok egyikeként, Magyarország komplex vízgazdálkodási helyzetéről és stratégiai feladatairól.⁸ Ennek a kiadványnak az egyik fejezetét Nováky Béla írta a klímaváltozásról, megállapítva, hogy az éghajlatváltozás mind a felszíni, mind a felszín alatti hasznosítható vízkészleteket csökkenti és a vízhozam csökkenése, a vízcseré lassulása, valamint a víz hőmérséklet emelkedése kedvezőtlen hatású a vízminőségre, illetőleg a szennyező anyagoknak a hirtelen árhullámok okozta bemosódása tovább rontja a vízminőséget. Ezért vizeink jó ökológiai állapotát romló éghajlati feltételek között kell biztosítani. Ezen előzmények figyelembe vételével – bár nem vízügyi szakemberként - szeretnénk rövid áttekintést adni az éghajlatváltozásnak a felszíni vizek minőségére gyakorolt hatásával és ennek következményeként az ivóvíz-biztonsággal foglalkozó, általunk megismert interdiszciplináris szakirodalomról.

A klímaváltozás hatása az édesvíz készletek minőségi jellemzőire

A klímaváltozással kapcsolatos kutatások az édesvíz készletek sérülékenységét mutatják (IPCC, 2007).¹ Ugyanakkor a klímaváltozásnak a felszíni vizek (folyókák, tavak) és a felszín közeli földrétegekben lévő víz minőségi jellemzőire gyakorolt hatása sok tényezőtől függ és nehezen jelezhető előre. A szárazodás

⁴ Harnos Zs., Gaál M., Hufnágel L. (2008): Klímaváltozásról mindenkinek. Budapesti Corvinus Egyetem matematika és Informatika Tanszéke, Budapest, pp. 199.

⁵ Szeitzné Szabó M. (szerk.): (2004): Magyarország Nemzeti Élelmiszer-biztonsági programja. Az Élelmiszer-biztonsági Tanácsadó Testület Tanulmánya. Budapest, pp. 183.

⁶ Páldy A., Szeitzné Szabó M. (2004): Környezetegészségügy és élelmiszerbiztonság. Kézirat. Budapest. pp. 101

⁷ Somlyódi L., Nováky B., Simonffy Z. (2010): Éghajlatváltozás, szélsőségek és vízgazdálkodás. "Klíma-21" Füzetek, 21, 15-32.

⁸ Somlyódi L. (szerk.) (2011): Magyarország vízgazdálkodási helyzetképe és stratégiai feladatok. Köztisztviselői Stratégiai Programok. MTA, Budapest, pp. 335.



fokozódásával nő a víz iránti igény, ami a víz újrahasznosításának, a szennyvizek öntözésre történő felhasználásának terjedésével jár, szennyezve a talajt és a növényeket.⁹

A klímaváltozással összefüggően a mennyiségi készlet- és hidrológiai kockázatok mellett a vízminőségi kockázatok tanulmányozása viszonylag megkésetten indult világszerte. A problémák kevésbé súlyosak a fejlettebb országok ivóvíz ellátásában, mint a fejlődő országokéban, de az előbbieken is a kevésbé kiépült infrastruktúrával rendelkező vidéki szegénység környezetében a tárgyalandó hatások növekvő kockázatot jelentenek.¹⁰

A vízforrások fő minőségi jellemzőinek a fiziko-kémiai tulajdonságokat, az ún. mikroszennyezőket és a biológiai paramétereket tekintik.¹¹ Az aszályok a felszíni vizekben lévő anyagok koncentrációját okozzák. A vízhőmérséklettől a fiziko-kémiai egyensúly és a legtöbb biológiai folyamat is érzékenyen függ. (A kémiai reakciók sebessége 10 °C hőmérséklet-növekedés hatására az Arrhenius függvény szerint mintegy megkétszereződik). A vízben oldott gázok koncentrációja a hőmérséklet növekedésével viszont csökken.

A szerves anyagok (pl. nehézfémek, nitrátok) és a szerves szennyezők (pesticid- és gyógyszermaradványok, stb.) koncentrációja azonban - különösen intenzív esőzéskor -, növekszik,^{12 9}, mert a környezetből a felszíni vízbázisokba mosódhatnak. Főként kozmetikai- és gyógyszeripari eredetű szennyeződésként már sokféle, az élőlények hormonrendszerét befolyásoló anyag (EDC – Endocrine Disrupting Compounds) előfordulhat különböző talaj- és felszíni vizekben is, aminek a jelentősége még nagyobb, mint a „hagyományos” szennyezőknek.¹³ Azt is figyelembe kell venni, hogy például a folyók „öntisztulása” is gyengébb, ha a melegebb vízben az oldott oxigén koncentrációja csökken. A szélsőséges mérvű esőzések és a vízzel közvetíthető patogén organizmusok terjedése között is van

⁹ Tirado, M.C., Clarke, R., Jaykus, L.A., Mc-Quatters-Gollop, A., Frank, J.M. (2010): Climate change and food safety: A review. Food Research International, 43, 1745-1765.

¹⁰ Hunter, P.R. (2008): Climate change and waterborne and vector-borne disease. J. Appl. Microbiol., 94, 37S-46S.

¹¹ Thyll, Sz. (2008): Vízkészlet-gazdálkodás és vízminőség védelem. in: Tamás J. (szerk.): Agrárium és környezetgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 149-175.

¹² Delpla, I., Jung, A.V., Baures, E., Clement, M., Thomas, O. (2009): Impact of climate change on surface-water quality in relation to drinking water production. Env. Int., 35, 1225-1233.

¹³ Zákányiné Mészáros R. (2012): Élőlények hormonrendszerét befolyásoló anyagok eltávolítása hagyományos vízkezelési eljárásokkal. Magyar Kémikusok Lapja, 67, 268-273.



nyilvánvalóan kapcsolat.^{14, 15} Egyes vizsgálatok szerint, valószínűleg az eutrofizálódással összefüggésben, számolni kell toxinképző trópusi cianobaktérium fajok megjelenésével egyes európai felszíni vizekben is.^{16, 17, 18}

Az előrejelzések szerint a mérsékelt égövi területeken a klímaváltozás az esős napok számának csökkenését, de az egyes esőzések átlagos csapadékmennyiségének a növekedését jelenti.^{19, 20} Ezeknek az általános problémáknak a súlyosbodásához hozzájárulhatnak olyan tipikusan XXI. századi technológiákkal kapcsolatos vízszennyeződési lehetőségek, mint az Amerika és Európa egyes területein megindult, a földgáz bizonyos kőzetek repesztésével (fracking) történő felszabadítása, az úgynevezett „palagáz kitermelés”, amelyhez hatalmas mennyiségű vizet használnak fel. A földgáznak a nagyarányú palagáz kitermelésnél elkerülhetetlenül megszökő része erős üvegház-hatású gázként az antropogén klímaváltozás további okozója.

A XXI. századi kihívások közé sorolható nanotechnológiák, nanoméretű részecskék legkülönbélebb, de még alig szabályozott alkalmazási technológiáinak a környezet-szennyezési következményei még kevéssé ismertek. A nanotechnológiát innovatív megoldásként vízkezelésre is ajánlják, de – különösen a fejlődő országokban – ez kockázatosá válhat, ahol nincs elegendő felkészültség a közegészségügyi és környezeti kedvezőtlen hatások megelőzésére. Ha a nanoanyagok bekerülnek a természetes vízkészletekbe, azok élővilágát befolyásolhatják, ha pedig a nanorészecskéket tartalmaz, szennyvizet öntözésre használják, az a természetett növényeket károsíthatja.

¹⁴ Curriero, F.C., Patz, J.A., Rose, J.B., Lele, S. (2001): The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *Amer. J. Publ. Health*, 91, 1191-1199.

¹⁵ Miraglia, M., Marvin, H.J.P., Kleter, G.A. et al. (2009): Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe. *Fd Chem. Toxicol.*, 47, 1009-1021.

¹⁶ Wiedner, C., Rücker, J., Brüggemann, R., Nixdorf, B. (2007): Climate change affects timing and size of population of an invasive cyanobacterium in temperate regions. *Oceanologia*, 152, 473-484.

¹⁷ Brient, L., Lengronne, M., Bormans, M., Fastner, J. (2008): Short communication: first occurrence of cylindrospermopsin in freshwater in France. *Environ. Toxicol.* 24, 415-420.

¹⁸ Jöhnk, K.D., Huisman, J., Sharples, J., Sommeijer, B., Visser, P.M., Stroom, J.M. (2008): Summer heatwaves promote bloom of harmful Cyanobacteria. *Glob.Chang. Biol.*, 14, 495-512.

¹⁹ Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T. (2001): Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in Northeastern Italy. *Int. J. Climatol.*, 21, 861-871.

²⁰ OMSZ (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. OMSZ, Budapest, pp.21.



Az egészségügyileg biztonságos ivóvíz problémaköre

Ivóvizünket nagyon pazaroljuk. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének becslése szerint Magyarországon egy meleg nyári napon mintegy kétmillió köbméter, csapból kiengedett ivóvíz fogy, bár túlnyomórészt nem vízivásra, hanem WC öblítésre, autómosásra, locsolásra, uszodák feltöltésére használjuk.

A népességnek egészségügyileg biztonságos ivóvízzel való ellátása a közegészségügy egyik alappillére. Ezért a víz mikrobiológiai, vagy kémiai szennyeződéseit igen fontos, növekvő problémának tekinthetjük az extrém időjárási eseményekkel összefüggésben. Érthető, hogy az Egészségügyi Világszervezet (WHO) nagy figyelmet fordít a tiszta és biztonságos vízzel való ellátásra.^{21, 22} A WHO Európai Regionális Irodája szerint még a világ olyan „fejlett” részein is, mint az Európai Régió, 120 millióra becsülhető az a népesség, amely nem jut biztonságos ivóvízhez. A mikrobiológiai szennyeződéseket tekintik elsődleges jelentőségű kockázatnak. A víz mikrobaközösségének faji összetétele nem specifikus, s pillanatnyi állapota a szennyező forrásoktól függ. A természetes vizek „eredeti” (autochton), csekély nitrogén-igényű mikrobiotájuk mellett számos allochton, „idegen” mikroszervezetet is közvetíthetnek a fogyasztóhoz. Ezek közé több kórokozó baktérium, vírus és parazita tartozik.²¹ A velük való szennyeződést az időjárási extrémítások segítik.¹⁵ A vízzel is közvetíthető patogének háromnegyed része zoonotikus (gerinces állatokról az emberre átvihető betegségeket okozó) faj.

Egyes vírusok és paraziták egyébként a dezinficiálásnak ellenállóbbak, mint a vegetatív baktériumok.²³ Ugyanakkor a vírusok és a protozoák megbetegedéseket előidéző „fertőző dózisaik” kisebbek, mint a baktériumok által előidézett fertőzéshez szükséges sejtszámok. Ezért a korábban a baktériumos szennyezés inaktiválására méretezett vízkezelési technológiák elégtelenné válhatnak például a protozoákkal szembeni védekezésre és a vízminőség hagyományos indikátoraként használt „coliform baktérium-teszt” negatív eredménye nem feltétlenül garancia arra, hogy a víz minden patogéntől mentes. Az enterális vírusokat gyakran nehéz kimutatni, így

²¹ WHO (2003): Emerging issues in water and infectious diseases.

http://www.who.int/water_sanitation_health/emergingissues/en/

²² WHO (2011): Guidelines for drinking water quality. 4th ed.

http://www.who.int/water_sanitation_health/.../2011/...index.html

²³ Leclerc, H., Schwartzbrod, L., Dei-Cas, E. (2002): Microbial agents associated with waterborne diseases. Crit. Rev. Microbiol., 28, (4), 371-409.



számos „ismeretlen” etiológiájú, víz-eredetű megbetegedés vírus által okozott lehet. Mindezek különösen fontosak korunkban annak figyelembe vételével, hogy növekszik a népesség gyenge immunitású tagjainak (pl. idősek és más, ún. „immuncompromised” egyének) a száma.

A kémiai szennyeződések, bár lokalizáltabb jellegűek, ugyancsak ártalmasak. Itt említhető ugyanis, hogy az ivóvíz fertőtlenítésére az utóbbi száz évben használt „klórozásnak” a mikrobiológiai biztonság szempontjából óriási jelentőségű közegészségügyi szerepének elismerése mellett az utóbbi évtizedekben a hátránya is ismeretessé vált, a dezinficiáláskor bizonyos feltételek között képződő melléktermékek kockázata miatt. Ugyanis a trihalometánokat (TMH-kat) potenciális karcinogéneknek tekintik.¹² A dezinficiálás melléktermékeinek képződése a vízben lévő szerves vegyületektől függ²⁴ és az éghajlat változásával összefüggésben a víz hőmérsékletének növekedésével ez a melléktermék-képződés erősödik.²⁵

Következtetések, javaslatok

A klímaváltozással is kapcsolatos időjárási extrémítások következményeként számolni kell a vízbázisaink jelentős mennyiségi és minőségi ingadozásaival, és mikroszervezetekkel valamint kémiai anyagokkal történő szennyeződésük növekvő tendenciája várható. A klímaváltozás tehát a vízzel közvetíthető megbetegedések irányába hat. Ezt az ivóvíz-kezelésre használt technológiáknál is figyelembe kell venni. Mindez a vízminőség felügyeletére és az a vízgazdálkodással kapcsolatos egészségügyi kockázatbecslésre/kockázatkezelésre is feladatokat ró. Nagy szükség van ezért a probléma tanulmányozásához/megelőzéséhez alkalmas előrejelző eszközökre, prediktív modellekre és megfelelő probléma-mérséklési és alkalmazkodási, adaptációs feladatok megfogalmazására és alkalmazására.¹⁵ Ezeket a teendőket hely-specifikusan és fenntartható jelleggel kell megválasztani és a klímaváltozás bizonytalanul megjósolható voltára tekintettel robosztus, az időjárás változékonyságára kevésbé érzékeny megoldásokat kell alkalmazni. Egyre inkább úgy látszik, hogy az alkalmazkodás szükségessége növekvő része lesz az

²⁴ Nikolaou, A.D., Golfopoulos, S.K., Lekkas, T.D. Arhonditis, C.B., Kolovoyannis, V., Lekkas, T.D. (2004): Modelling the formation of chlorination by-products in river waters with different quality. Chemosphere, 55, 409-420.

²⁵ Rodriguez, M.J., Serodes, J.B. (2001): Spatial and temporal evolution of trihalomethanes in three water distribution systems. Water Res. 35, 1572-1586.



„éghajlatváltozási politikának”.^{26, 4} Minél előbb cselekszünk, annál nagyobb lehet a kedvező hatás és annál kisebb a költségvetésigény.

Irodalomjegyzék

- IPCC (2007): Éghajlatváltozás 2007. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) negyedik értékelő jelentése. A munkacsoportok döntéshozói összefoglalói. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 85 oldal
- WMO (2010): A Meteorológiai Világszervezet állásfoglalása az éghajlat 2009. évi állapotáról. WMO No. 1055. World Meteorological Organization, Geneva
- Farkas J., Beczner J., Szeitzné-Szabó M., Kovács M., Varga J., Varga L. (2013): A Kárpát-medence éghajlatváltozásának kihatása élelmiszer-biztonságunkra. Magyar Tudomány, 174 (2), 147-158.
- Harnos Zs., Gaál M., Hufnágel L. (2008): Klímaváltozásról mindenkinek. Budapesti Corvinus Egyetem matematika és Informatika Tanszéke, Budapest, pp. 199.
- Szeitzné Szabó M. (szerk.): (2004): Magyarország Nemzeti Élelmiszer-biztonsági programja. Az Élelmiszer-biztonsági Tanácsadó Testület Tanulmánya. Budapest, pp. 183.
- Páldy A., Szeitzné Szabó M. (2004): Környezetegészségügy és élelmiszerbiztonság. Kézirat. Budapest. pp. 101
- Somlyódi L., Nováky B., Simonffy Z. (2010): Éghajlatváltozás, szélsőségek és vízgazdálkodás. "Klíma-21" Füzetek, 21, 15-32.
- Somlyódi L. (szerk.) (2011): Magyarország vízgazdálkodási helyzetképe és stratégiai feladatok. Köztisztviselői Stratégiai Programok. MTA, Budapest, pp. 335.
- Tirado, M.C., Clarke, R., Jaykus, L.A., Mc-Quatters-Gollop, A., Frank, J.M. (2010): Climate change and food safety: A review. Food Research International, 43, 1745-1765.
- Hunter, P.R. (2008): Climate change and waterborne and vector-borne disease. J. Appl. Microbiol., 94, 37S-46S.
- Thyll, Sz. (2008): Vízkészlet-gazdálkodás és vízminőség védelem. in: Tamás J. (szerk.): Agrárügy és környezetgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 149-175.
- Delpla, I., Jung, A.V., Baures, E., Clement, M., Thomas, O. (2009): Impact of climate change on surface-water quality in relation to drinking water production. Env. Int., 35, 1225-1233.
- Zákányiné Mészáros R. (2012): Élőlények hormonrendszerét befolyásoló anyagok eltávolítása hagyományos vízkezelési eljárásokkal. Magyar Kémikusok Lapja, 67, 268-273.

²⁶ WHO (2008): Protecting health in Europe from climate change. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. pp. 52.



- Curriero, F.C., Patz, J.A., Rose, J.B., Lele, S. (2001): The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *Amer. J. Publ. Health*, 91, 1191-1199.
- Miraglia, M., Marvin, H.J.P., Kleter, G.A. et al. (2009): Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe. *Fd Chem. Toxicol.*, 47, 1009-1021.
- Wiedner, C., Rücker, J., Brüggemann, R., Nixdorf, B. (2007): Climate change affects timing and size of population of an invasive cyanobacterium in temperate regions. *Oceanologia*, 152, 473-484.
- Brient, L., Lengronne, M., Bormans, M., Fastner, J. (2008): Short communication: first occurrence of cylindrospermopsin in freshwater in France. *Environ. Toxicol.* 24, 415-420.
- Jöhnk, K.D., Huisman, J., Sharples, J., Sommeijer, B., Visser, P.M., Stroom, J.M. (2008): Summer heatwaves promote bloom of harmful Cyanobacteria. *Glob.Chang. Biol.*, 14, 495-512.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T. (2001): Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in Northeastern Italy. *Int. J. Climatol.*, 21, 861-871.
- OMSZ (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. OMSZ, Budapest, pp.21.
- WHO (2003): Emerging issues in water and infectious diseases.
http://www.who.int/water_sanitation_health/emergingissues/en/
- WHO (2011): Guidelines for drinking water quality. 4th ed.
http://www.who.int/water_sanitation_health/.../2011/...index.html
- Leclerc, H., Schwartzbrod, L., Dei-Cas, E. (2002): Microbial agents associated with waterborne diseases. *Crit. Rev. Microbiol.*, 28, (4), 371-409.
- Nikolaou, A.D., Golfopoulos, S.K., Lekkas, T.D., Arhonditis, C.B., Kolovoyannis, V., Lekkas, T.D. (2004): Modelling the formation of chlorination by-products in river waters with different quality. *Chemosphere*, 55, 409-420.
- Rodriguez, M.J., Serodes, J.B. (2001): Spatial and temporal evolution of trihalomethanes in three water distribution systems. *Water Res.* 35, 1572-1586.
- WHO (2008): Protecting health in Europe from climate change. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. pp. 52.



Klíímaváltozás: a növénynevelés és a növénytermesztés feladatai

Veisz Ottó, Bencze Szilvia, Balla Krisztina, Varga Balázs, Vida Gyula,
Karsai Ildikó

*Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági
Intézet*

Tartalmi kivonat

A klíma változékonysága alapvetően befolyásolja a mezőgazdasági növénytermesztést. Az extrém időjárás okozta termésveszteségek mérséklésére két út kínálkozik: a biológiai alapok fejlesztése, olyan növényfajták nevelése, melyek jobban ellenállnak a klimatikus szélsőségekkel szemben; az okszerű termesztéstechnológia alkalmazása.

Kulcsszavak: *klímaváltozás, növénynevelés, abiotikus stresszrezisztencia*

Abstract

The variability of the climate has a fundamental influence on the agricultural crop production. There are two possible ways of reducing the yield losses caused by low or high temperatures, and rainfall deficiency or excess: the breeding of plant varieties with better resistance to climate extremes and the use of rational cultivation technologies.

Keywords: *climate change, plant breeding, abiotic stress resistance*

Összefoglaló

A klíma változékonysága alapvetően befolyásolja a mezőgazdasági növények termesztésének eredményességét. Az utóbbi évtizedek időjárása igazolta azt a korábbi előrejelzést, mely szerint a klimatikus szélsőségek előfordulásának gyakorisága nő. A növénytermesztés eredményességét leginkább befolyásoló szélsőségek az alacsony vagy magas hőmérséklet, a csapadék hiánya vagy bősége. Ezen anomáliák okozta termésveszteségek mérséklésére két út kínálkozik: a biológiai alapok fejlesztése, olyan növényfajták nevelése, melyek jobban



ellenállnak a klimatikus szélsőségekkel szemben; illetve az okszerű termesztéstechnológia alkalmazása.

Az MTA ATK Mezőgazdasági Intézet fitotronjának klímakamráiban a növényi élet számára fontos környezeti tényezők programozhatóan és reprodukálhatóan szabályozhatók, így az ötven vagy száz év múlva várható klimatikus viszonyok is létrehozhatóak, és vizsgálható azok hatása a növények fejlődésére. A térségünkre előre jelzett változások (a CO₂ növekvő légköri koncentrációja, az átlaghőmérséklet emelkedése, a szélsőségesen magas hőmérsékletű napok számának növekedése, és a csapadék mennyiségének csökkenése) következményeit először külön-külön, majd a környezeti tényezők együttes változásának hatásaként elemeztük.

Vizsgálatainkat a világ legnagyobb területén termesztett növénycsoporttal, a kalászos gabonával végeztük. A klímaváltozás lehetséges következményei: az emelkedő légköri CO₂-szint részben vagy teljes egészében mérsékelheti a hőstressz biomassza- és termésmennyiséget csökkentő hatásait; míg a hőstressz a növények korai kényszeréréséhez vezethet, melynek következtében csökkenhet a biomassza és a termés mennyisége, gyengülhet a termés minősége. A termés minőségét a fajta tulajdonságai nagyobb mértékben határozzák meg, mint a vizsgált környezeti feltételek, ezért a célirányos nemesítés jelentősége megnő.

A genotípusok között tapasztalt különbségek lehetőséget nyújtanak, a megváltozó környezeti feltételek mellett is jobb alkalmazkodóképességgel rendelkező génkombinációk hagyományos és molekuláris nemesítési módszerekkel történő létrehozására, és új fajták előállítására.

Bevezetés

A termesztett növények termésének mennyisége és minősége számos tényező együttes hatásának az eredménye. Ezek közül az egyik legfontosabb a fajta potenciális termőképessége, amely az eltérő klimatikus és termesztési körülmények között az alkalmazkodóképességétől függően realizálható. Egy adott fajta alkalmazkodóképessége részben a kedvezőtlen környezeti feltételekhez, másrészt pedig az eltérő földrajzi viszonyokhoz történő adaptálódó képességétől függ (Lawlor és Mitchell, 2000).

Számos kutató vizsgálta és modellezte a légkör CO₂ tartalmának növekedését, valamint a hőmérsékleti- és csapadékvizonyokban ennek hatására nagy valószínűséggel bekövetkező változásokat, és ezeknek a természetes



ökoszisztémákra és a szántóföldi növénytermesztésre gyakorolt hatásait (Balla és Veisz, 2007, Batts és mtsai 1997, Bowes 1993, Veisz és mtsai 2008, Weigel és mtsai 1994). A CO₂ hatását több termesztett növényfajon vizsgálták már (pl. bükkönyön, szóján, búzán, kalászosokon, fűfajokon stb.) A megnövelt CO₂-koncentráció a C₃-as növényeknél intenzívebb fotoszintézist, nagyobb mértékű asszimilátumfelhalmozódást és biomassza-növekedést eredményez. A C₄-es növények reakciója általában kisebb mértékű (Slafer és Rawson, 1997, Tuba és mtsai, 1994). Búzánál a magasabb légköri CO₂-on felnevelt növények jobb fagyállósággal rendelkeznek, nagyobb a növényenkénti kalászszaám és a szemtömeg, viszont csökken a harvest index (Veisz és mtsai, 2001). A magasabb légköri CO₂-koncentráció következtében felgyorsult növekedési ütem maga után vonja a tápanyagigény növekedését is (Bencze és mtsai 2007). Ez erős gyökérnövekedést, a talaj tápanyagainak mobilizációját indukálja. A növény azonban még így sem képes minden esetben biztosítani testében a tápelemek változatlan arányát, ezért többnyire bekövetkezik azok felhígulása. Bár a mennyiség összességében nő, a növényi részekben csökken a fehérje- és a makrotápelem-tartalom, gyengébb minőségű lesz az ilyen lisztből sült kenyér (Corbellini 1997).

A légköri CO₂-koncentráció emelkedésének közvetlen hatása, a gázcsere nyílások működésének befolyásolásán keresztül, csökkent evapotranszpirációban nyilvánul meg, ugyanakkor a szárazságtűrésük is javulhat a magasabb turgornyomás következtében. Figyelembe kell azonban venni a várható hőmérsékletváltozások esetenkénti kedvezőtlen hatásait is.

Számos kutatás foglalkozik a klímaváltozás lehetséges következményeként várhatóan fellépő hőmérsékleti változások hatásaival is. Azt tapasztalták, hogy 4°C-os hőmérsékleti emelkedés következtében csökkent a terméshozam, felgyorsult a növekedés és a fejlődés üteme, ami korábbi öregedéshez és elhaláshoz vezetett. Azt is leírták, hogy normál hőmérsékleten az emelt légköri CO₂-szint nagyobb szemszámot eredményezett, ezzel szemben a normál hőmérsékletet 4°C-al meghaladó körülmények között a CO₂ hatására a szemek mérete lett nagyobb (Balla és Veisz, 2007, Corbellini és mtsai, 1997).

A virágzás előtti időszakban fellépő, 31°C-ot meghaladó hőmérsékleti értékek csökkentik a gabonafélék szemszámát és a termést. Már az átlaghőmérséklet 1°C-os emelkedésének is lehetnek jelentős kihatásai, pl. évjárattól és fajtától függően akár 10-24%-kal is csökkenhet a biomassza mennyisége. Ha a virágzástól az



aratásig terjedő időszakban az átlaghőmérséklet 5-8°C-kal emelkedik, az a nagyobb mértékű sterilitás miatt jelentősen csökkenti a szemek kaláшонkénti mennyiségét (Batts és mtsai, 1997).

Az ezen a területen végzett kutatások kimutatták az egyes termesztési övezetekben várható klimatikus szélsőségeknek a termesztett növényekre gyakorolt negatív hatását. A feladat az, hogy a változó klímához leginkább alkalmazkodni tudó mezőgazdasági növényfajt, illetve ezen belül fajtát kiválasztva olyan termesztéstechnológiát alakítsunk ki (talajművelés, termesztéstechnológia, öntözési lehetőség, a tenyészidőszak hosszának optimális megválasztása), mellyel minimalizálni lehet a termés kieséseket.

Anyag és Módszer

Kísérleteinket az MTA ATK Mezőgazdasági Intézetének Fitotronjában végeztük, Conviron PGV-36 típusú klímakamrákban. A növényeket a jelenlegi légköri szintnek megfelelő 380 ppm CO₂ koncentráción, illetve kétszeresre emelt CO₂-szinten (750 ppm) neveltük, Tavasz 2 – Nyár 2 klímaprogramon (Tischner és mtsai, 1997). A 3000 cm³ (3:1:1, v:v:v) föld, homok és Vegasca keveréket tartalmazó cserepekbe 42 nap vernalizációt követően négy-négy növényt ültettünk. A növényeket naponta locsoltuk, és a kezelések kezdetéig hetente kétszer tápoldatoztuk.

A hőtűrés értékeléséhez széles genetikai bázisú fajtákat válogattunk ki a világ különböző gabonatermesztési övezeteiből: Plainsman V. (USA), Fatima 2 (H), Mv Mambó (H), Mv Mariska (H), Maris Huntsman (GB), Bánkúti 1201 (H), Bezosztaja 1 (RUS), Mv Magma (H), Mv 15 (H), GK Öthalom (H), Frankenkorn (D) tönköly búza, Mv Makaróni (H) durum búza.

A kísérlet 4 kezelésből állt: kontroll (K), hőstressz (H), szárazságstressz (SZ), szárazság- + hőstressz (SZ+H). A kezelések a kalászás után 12 nappal kezdődtek, és 15 napon át tartottak. Az ültetéstől a stressz kezdetéig eltelt napok száma 78 és 99 között változott.

A hőmérsékletet a kontrollnövények számára fenntartott kamrákban nappal 24 °C-ra, éjjel 20 °C-ra állítottuk be. A megemelt hőmérsékletű kamrák klímáját nappal 35 °C-ra (8 órán keresztül), éjjel 20 °C-ra programoztuk (Thischer és mtsai, 1997).

A talajnedvességet a természetes vízkapacitáshoz (NWC) – amit 100%-os víztelítettség állapotnak tekintünk – viszonyítva állítottuk be. A kontrollkörülmenyek



között nevelt növényeknél ez az érték 60-70%, a száraz körülmények között tartott növényeknél pedig 40-45% volt. Az öntözés súlyra történt.

Az extrém hőhatást és a szárazságot, valamint a kettő kombinációját a 12 búzafajta agronómiai és élettani paraméterein vizsgáltuk. Mértük a növények hajtásszámát, kalászkák számát, súlyát, a kalászkák számát, és a növénymagasságot. Meghatároztuk a föld feletti összes biomasszát, az összes szemszámot, az összes szemtömeget, kiszámítottuk a harvestindexet és az ezerszemtömeget.

Az átlaghőmérséklet-emelkedés és az emelt légköri CO₂-koncentráció hatását különböző gabonafajok és fajták biomassza-produkciójára és terméshozamára négy PGV-36 klímakamrában vizsgáltuk, melyekben először normál CO₂-szinten, normál hőmérsékleten; másodszer normál CO₂-szinten, az előző kontrollhoz képest +2 °C-kal megnövelt hőmérsékleten; harmadszor kétszeres CO₂-szinten és normál hőmérsékleten; valamint negyedszer kétszeres CO₂-szinten és +2 °C-kal megnövelt hőmérsékleten neveltük a növényeket.

A vízmegvonás és az emelt légköri CO₂-koncentráció hatásainak vizsgálatánál a kalászolási idő utáni 10. naptól hét napig alkalmaztunk vízmegvonást, mely időszak alatt az átlagosan 25 térfogatszázalékos víztartalom 6% körülire csökkent le. A kontroll vízellátottság 22,4% és 30,2% között változott. A talajnedvesség-tartalom meghatározását Em50 adatgyűjtővel és ECH2O típusú EC-5 szenzorokkal végeztük (Decagon Devices, USA).

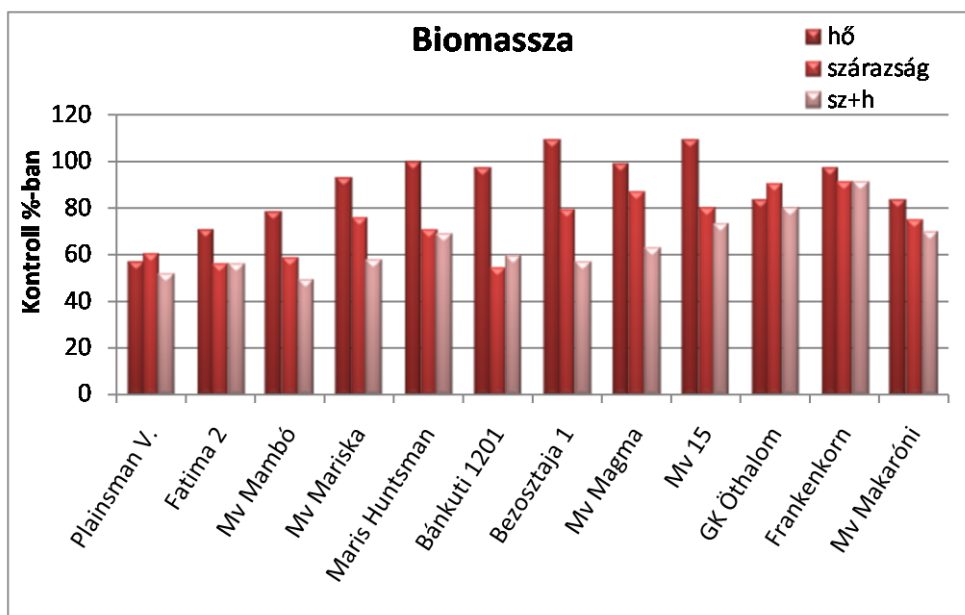
Eredmények

A hő- és szárazságstressz hatása a gabonák biomassza produkciójára és szemtermésére

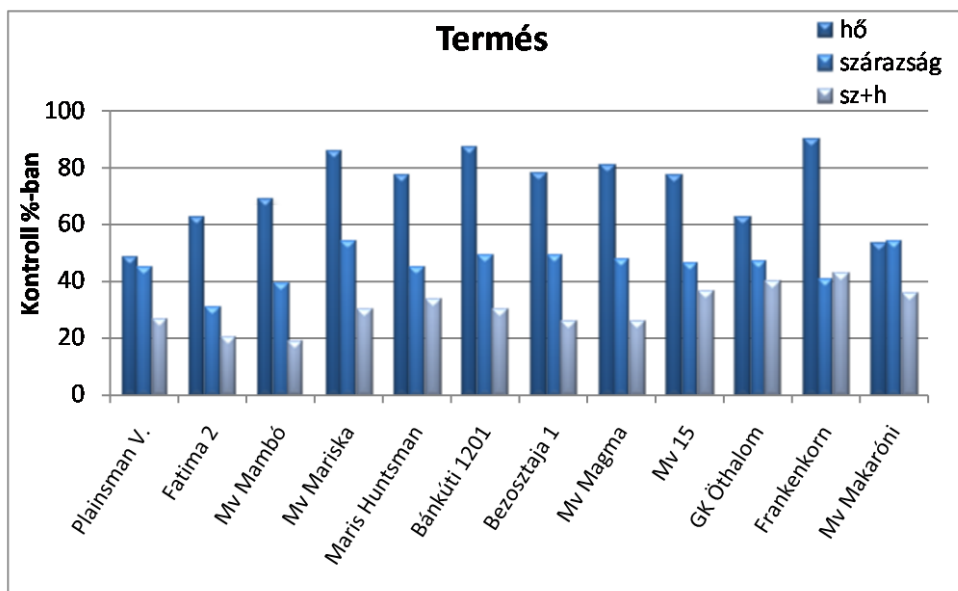
A vizsgált fajták biomassza-tömege jelentősen csökkent a stresszkezelések hatására. A kontrollnövényekhez képest mind a hőstressz, mind pedig a szárazságstressz hatására és a kettő kombinációjának hatására is számottevő biomassza-csökkenést állapítottunk meg a vizsgált fajták kb. 50%-ban, a többinél leginkább a szárazság és a kombinált hatások okoztak visszaesést a föld feletti biomassza-produkcióban. A legnagyobb változások szárazság és hőstressz együttes alkalmazásakor voltak megfigyelhetők. Az extrém hőhatást legjobban a Beosztaja 1, Mv Magma, Mv 15 és a Frankenkorn viselte el. Legérzékenyebbnek a Plainsman V.



bizonyult mindhárom kezelés tekintetében, legkisebb változást GK Öthalom és Frankenkorn mutatott (1. ábra).



1. ábra: Abiotikus stressztényezők hatása a biomassza változására a kontroll %-ában (sz + h = szárazság + hőstressz)



2. ábra: Abiotikus stressztényezők hatása a termés változására a kontroll %-ában (sz + h = szárazság + hőstressz)

A hőstressz hatására a növények szemtömege kisebb mértékben csökkent, mint a szárazságkezeléseknél és a szárazság- + hőkezeléseknél. Magas hőhatásra



az optimálisan öntözött búzanövények toleránsabbak voltak a szemtömeg vonatkozásában. Legnagyobb mértékű termésnövekedés a kombinált kezelés esetén volt megfigyelhető. Legkevésbé a Fatima 2 és az Mv Mambó tolerálta a szárazság- + hőstresszkezelést. Legnagyobb eltérést a termésben a Bánkúti 1201 mutatta az egyes kezelések között (2. ábra).

Az átlaghőmérséklet-emelkedés és az emelt légköri CO₂-koncentráció hatása a különböző gabonafajok és fajták biomassza-produkciójára, terméshozamára, a termés mennyiségi és minőségi paramétereire

A magas átlaghőmérséklet felgyorsította a növények fejlődését, hamarabb kalászórtak, valamint hamarabb következett be az érés is, általában mintegy 5-13 nappal. A lerövidült vegetációs periódus következménye az lett, hogy kisebb mértékű volt a biomassza-felhalmozás, és így lecsökkent a növényenkénti szemszám és a termés mennyisége is (1. táblázat).

vizsgált paraméter	normál CO₂-szint		emelt CO₂-szint		SzD_{5%}
	NH	EH	NH	EH	
Kalászórtási idő ¹	65,2	57,4	67,4	57,9	1,45
Érésési idő ¹	111,8	110,0	112,8	107,2	0,99
Biomassza (g)	7,4	5,5	7,8	6,7	1,03
Termés (g szem/növény)	2,8	2,2	2,9	3,0	0,54
Növényenkénti szemszám	95,7	71,5	106,6	76,7	15,80
Harvest index	37,6	39,7	36,8	44,4	3,44
Ezerszemtömeg	29,8	31,0	27,1	40,1	4,6
Fehérjetartalom (%)	14,8	15,5	17,2	14,5	1,40

1. táblázat: A magas CO₂-szint és a 2°C-kal megnövelt hőmérséklet hatása az őszi búza fejlődésére

¹= az ültetéstől eltelt napok számában kifejezve.

NH= normál hőmérséklet, EH= 2°C-kal emelt hőmérséklet

A harvestindex általában a megnövelt hőmérsékleten volt magasabb, de ez a kisebb biomassza-mennyiség következménye volt. A növényenként lecsökkent számú szem fehérjetartalma azonban a hőmérsékletemelkedés hatására relatíve magasabb volt.



Az emelt légköri CO₂-szint a kalászolást normál hőmérsékleten néhány nappal későbbivé tette, míg a megnövelt hőmérsékleten fejlődő növényeknél ezzel ellentétes hatású volt, ebben a kezelésben kalásztak a legkorábban a növények. Az érésnél ez a különbség kisebb mértékben vagy nem jelentkezett. A biomassza-felhalmozás és a termésmennyiségi paraméterek tekintetében általánosságban a CO₂-trágyázás pozitív hatását tapasztaltuk. Az emelt légköri CO₂-on nevelt növényeknél a szemek fehérjetartalma fajtától függően változott, vagy azonos maradt.

A vízmegvonás és az emelt légköri CO₂-koncentráció hatásai a különböző gabonafajok és fajták biomassza-produkciójára, terméshozamára, a termés mennyiségi és minőségi paramétereire

A kétszeres CO₂-szinten nevelt növények több szerves anyagot állítottak elő, magasabbak voltak, több kalászt hoztak, és termésük nagyobb volt (a kicsivel nagyobb növényenkénti szemszámnak, illetve a fajták átlagában nem szignifikáns mértékű szemméret-növekedésnek köszönhetően), mint a jelenlegi CO₂-koncentráción (2. táblázat).

Vizsgált paraméterek	K	Sz	EC	EC+Sz	SzD _{5%}	SzD _{1%}	SzD _{0,1%}
Növénymagasság (cm)	59,75 ^a	60,70 ^a	66,98 ^b	67,53 ^b	1,73	2,28	2,91
Hajtásszám (db)	5,49	5,49	5,63	5,80	0,42	0,55	0,71
Kalászsorszám (db)	2,59 ^a	2,60 ^a	2,81 ^{ab}	2,88 ^b	0,25	0,33	0,43
Produktivitás (%)	50,89	50,25	53,57	54,06	4,96	6,52	8,35
Biomassza (g)	7,7 ^a	6,7 ^b	8,9 ^c	7,9 ^a	0,69	0,91	1,17
Szemszám (db)	100,6 ^{ab}	91,1 ^a	105,5 ^b	102,5 ^b	10,74	14,13	18,08
Termés (g)	2,83 ^a	1,76 ^b	3,18 ^c	2,30 ^d	0,28	0,37	0,48
Ezerszemtömeg (g)	29,0 ^a	19,6 ^b	31,2 ^a	22,5 ^c	2,33	3,07	3,92
Harvestindex (%)	36,2 ^a	25,7 ^b	35,5 ^a	27,9 ^c	1,68	2,21	2,82
Fehérjetartalom (%)	17,04 ^a	21,63 ^b	16,23 ^c	19,70 ^d	0,16	0,21	0,28

2. táblázat: Az emelt légköri CO₂-szint és a szárazságstressz hatása a gabonafajtákra (a vizsgált fajták átlaga)

Kezelések: K= kontroll, Sz= szárazságstressz, EC= emelt légköri CO₂-szint, EC+Sz= emelt légköri CO₂-szint és szárazságstressz.

a, b, c, d = az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek a p=0,05 valószínűségi szinten.



Az érés korai szakaszában alkalmazott szárazságstressz gátolta a növények biomassza-felhalmozását és korai kényszerérést okozott, növelte a steril szemek számát ($p=10\%$), lecsökkent a szemek végső tömege is, melynek egyenes következménye a növényenkénti szemtermés mennyiségének 40%-os átlagos csökkenése és alacsonyabb harvestindex-értékek lettek. A kisebb tömegű szemekben relatíve magasabb volt a fehérjetartalom a keményítőfrakció rovására.

A kétszeresre emelt légköri CO_2 -szint már a kalászolás előtt megnövelte a biomassza-felhalmozást, míg a növényenkénti szemszám kisebb mértékben lett magasabb. Az intenzívebb szénhidrát beépülésnek köszönhetően nőtt a gabonaszemek átlagos tömege és a növényenkénti termés mennyisége is, míg a harvestindex nem különbözött szignifikánsan a kontrolltól, jelezve, hogy a növény által megkötött nagyobb CO_2 mennyiség átlagban arányosan jelent meg a szemtermésben is. A szemek fehérjetartalma a nagyobb mértékű keményítőbeépülés miatt ennél a kezelésnél volt a legalacsonyabb.

Az emelt légköri CO_2 -szint kedvező hatásának következtében általánosságban javult a gabonafélék szárazságstressztűrő képessége, a biomassza tömege, és a szemszám, a kétszeres CO_2 -koncentráción nevelt, szárazságstressz-kezelést kapott növényeknél, a kontroll értékekkel (normál CO_2 -szint és vízellátottság) volt azonos. A magas CO_2 -koncentráció a szárazságstressznek a termés mennyiségi paraméterekre gyakorolt negatív hatásait is jelentősen mérsékelni tudta. Bár a kontroll (normál vízellátottság) értékeket nem érte el, a termés nagyobb volt a normál CO_2 -szinten nevelt szárazságstressz-kezelésben részesített növényekhez képest, és nőtt az ezerszemtömeg és a harvestindex is. A szemek fehérjetartalma a magas CO_2 -szint és a szárazságstressz ellentétes hatása következtében közepes mértékben lett magasabb.

Bár fajtánként a kétszeres CO_2 -koncentráció pozitív hatása nem mindig érte el a szignifikanciaszintet a nagy szórásértékek miatt, a tendencia egyértelműen érvényesült. A genotípusok között azonban eltérések voltak. Kísérleti eredményeinkkel igazoltuk, hogy a magas CO_2 -koncentráció nagymértékben mérsékelni tudja a szárazságstressz káros hatásait a gabonafélék biomassza-produkciójára és termés hozamára.



Következtetések

A magyar növénytermesztés nemzetközileg is sajátos jellemzője, hogy az ország területének viszonylag igen jelentős százalékát foglalja el. A termőterületi arány a rendszerváltás óta sem változott lényegesen. Ez a nagy területi arány indokolja a többfunkciós növénytermesztés stratégiájának kialakítását, a regionális sajátosságok előtérbe helyezését, a klímaváltozás várható kedvezőtlen hatásainak figyelembe vételét.

A gabonafélék termesztése összességében nem változott jelentősen, de a tritikálé elterjedése jó példa arra, hogy a termelők elsősorban kisebb termelési költsége, a relatíve nagyobb termelési biztonsága miatt szívesen fogadták ezt az új fajt. Annak ellenére, hogy a takarmánynövények termesztése visszaesett, a tritikálé vetésterülete nulláról százezer hektár fölé növekedett.

A többfunkciós növénytermesztés kialakulásával szerkezeti változások várhatók, akár a művelési ágakban, akár a szántóföldi növénytermelés szerkezetében. Mindenképpen előnyös lenne a termesztett növénykultúrák számát növelnünk, ezzel mind a biológiai diverzitást, a termesztés sokoldalúságát, a kedvezőtlen időjárási tényezők termésveszteségének minimalizálását, mind az értékesítés biztonságát javítani lehetne. Ugyanakkor a versenyképes ágazatok méretét csak abban az esetben célszerű csökkenteni, amennyiben a kisebb volumen nem jár együtt piacvesztéssel. Ez a megállapítás elsősorban a gabonafélékre érvényes. Ebben az ágazatban a sikeres minőségi fejlesztés az exportképesség javulását eredményezheti, ami indokoltá teheti a jelenlegi termelési volumen megtartását, és ezáltal a potenciális élelmiszer-tartalékképzés lehetőségének hosszú távú fenntartását. Az összes élelmiszer-alapanyag közül ugyanis a gabona az, amely minimális minőségromlással a leghosszabb ideig, viszonylag kis költség ráfordítással tárolható, továbbá az ember számára szükséges tápelemek közül önmagában is biztosítja az igényeket.

Hazánk földrajzi elhelyezkedése sok vonatkozásban előnyös és hátrányos is. Előnyös, mivel kitűnőek a minőségi gabona előállításának agroökológiai feltételei, és a jelenlegi ismeretek alapján valószínűsíthető, hogy a térségünkre előre jelzett, várható klímaváltozás kedvezőtlen hatásaihoz leginkább alkalmazkodni tudó fajok az őszi gabonafélék lesznek, melyek rezisztens fajtái csak itt helyben állíthatók elő. Ehhez megvan a megfelelő, széles genetikai bázison alapuló biológiai háttér, a hazai nemesítési kapacitás, mind szellemi, mind infrastrukturális vonatkozásban. Az elmúlt



évtizedek sikerességét jelzi, hogy az ország búza-vetésterületének döntő hányadán hazánkban nemesített, a Kárpát-medence időjárásához legjobban adaptálódott fajtákat termesztik. Feltételeink mind a vetőmagiparban, mind a feldolgozóiparban, mind a logisztika területén kedvezőek. Földrajzi elhelyezkedésünk ugyanakkor hátrányt is jelent, a tengeri kikötők költséges elérése miatt, ez ugyanis megdrágítja a magyar gabona nemzetközi piacra jutását.

A potenciális előnyök kihasználásával, a hátrányok minimalizálásával egy exportra is termelő gabonaágazattal leginkább megoldhatónak látszik - szükség esetén - az élelmiszer-ellátás biztonsága is hazánkban.

A gabonatermelés biztonságának kiindulási pontja a fajta megválasztása és a vetőmag minősége. A termelés- és élelmiszerbiztonság szempontjából a termőterület nagysága, a biotikus és abiotikus tényezők száma, és az évjáratok közti eltérések mértéke befolyásolja a fajtaválasztást. A feldolgozóipari igények különböző típusú fajták termesztését követelték, és követelik meg a jövőben is. Hazánk éghajlatában nagyobb évjáratkülönbségek figyelhetők meg, mint Európa nyugati régióiban. Annak érdekében, hogy tudjuk garantálni a termelési biztonságot, eddig is indokolt és szükséges volt a különböző stresszhatásoknak ellenálló fajták nemesítése és termesztése.

A termésbiztonság első és meghatározó eleme a fajtakiválasztás. Természetesen nem lehet fajtát választani csak minőség, csak termőképesség vagy csak termésbiztonság alapján. Egy fajta akkor lehet sikeres, ha mindhárom tényező tekintetében meghaladja a szükséges küszöbértékeket. Mivel az évjáratok közötti nagy különbségek miatt nem mondható meg előre, hogy melyik fajta szerepel a legjobban egy adott évben, ezért többféle és eltérő előnyökkel rendelkező fajtákat érdemes párhuzamosan termesztetni. Ezzel jelentősen csökkenthető a termelés kockázata, és növelhető az ország biztonságos élelmiszerellátása.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat a TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0025, valamint a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projektek támogatták.



Irodalomjegyzék

- Balla, K., Veisz, O. (2007): A kalászosok minőségének változása hő- és szárazságstressz hatására. – *Acta Agronomica Óvariensis* 49: 451-455.
- Batts, G.R., Morrison, J.I.L., Ellis, R.H., Hadley, P and Wheeler. (1997): Effects of CO₂ and temperature on growth and yield of crops of winter wheat over several seasons. – *Eur J Agron* 7: 43-52.
- Bencze, Sz., Keresztényi, E., Veisz, O. (2007): Change in heat stress resistance in wheat due to soil nitrogen and atmospheric CO₂ levels. – *Cereal Research Communications* 35: 229-232.
- Bowes, G. (1993): Facing the inevitable - plants and increasing atmospheric CO₂. – *Ann Rev Plant Physiol Mol Biol* 44: 309-332.
- Corbellini, M., Canevar, M.G., Mazza, L., Ciaffi, M., Lafiandra, D. and Borghi, B. (1997): Effect of the duration and intensity of heat shock during grain filling on dry matter and protein accumulation, technological quality and protein composition in bread and durum wheat. – *Aust J Plant Physiol* 24: 245-260.
- Lawlor, D.W. and Mitchell, R.A.C. (2000): Crop Ecosystem Responses to Climatic Change: Wheat. – In: Reddy, K.R. and Hodges, H.F. (eds) *Climate Change and Global Crop Productivity* pp. 57-80.
- Slafer, G.A. and Rawson, H.M. (1997): CO₂ effects on phasic development, leaf number and rate of leaf appearance in wheat. – *Annals Bot* 79: 75-81.
- Tischner T., Kőszegi B., Veisz O. (1997): Climatic programmes used in the Martonvásár phytotron most frequently in recent years. – *Acta Agronomica Hungarica* 45: 85-104.
- Tuba, Z., Szente, K. and Koch, J. (1994): Response of photosynthesis, stomatal conductance, water use efficiency and production to long-term elevated CO₂ in winter wheat. – *J Plant Physiol* 144: 661-668.
- Veisz, O., Braun, H. J., Bedő, Z. (2001): Plant damage after freezing, and the frost resistance of varieties from the facultative and winter wheat observation nurseries. – *Euphytica* 119: 179-183.
- Veisz, O., Bencze, Sz., Balla, K., Vida, Gy., Bedő, Z. (2008): Change in water stress resistance of cereals due to atmospheric CO₂ enrichment. – *Cereal Research Communications* 36: 1095-1098.
- Weigel, H.J., Manderscheid, R., Jager, H.J. and Mejer, G.J. 1994. Effects of season-long CO₂ enrichment on cereals I. Growth performance and yield. – *Agric Ecosys Environ* 48, 231-240.



Aszály és öntözés: a mezőgazdaság lehetőségei és korlátai

Farkas Ildikó, Gyuricza Csaba, Tarnawa Ákos, Jolánkai Márton

Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

Tartalmi kivonat

Növényélettani szempontból az aszály olyan mértékű vízhiány, amely az élő szervezetek számára visszafordíthatatlan károsodást okoz. Tanulmányunkban az aszály fő tényezőit tekintettük át. Eredményeink szerint az öntözés a vízhiány és az aszály leghatékonyabb ellenszere, azonban számos korlátozó tényezővel kell számolni egy adott agro-ökológiai rendszerben.

Kulcsszavak: aszály, öntözés, mezőgazdaság, technológia

Abstract

Drought is a physiological water stress causing irreversible changes in live structures. An assessment study has been conducted to evaluate and identify the main factors of drought. The results obtained suggest, that irrigation is a most plausible way to fight drought and water scarcity, however that may have various limitations regarding conditions of an agro-ecological site.

Keywords: drought, irrigation, agriculture, technology

Összefoglalás

Növényélettani szempontból az aszály olyan mértékű vízhiány, amely a növényegyed, vagy egy adott populáció számára visszafordíthatatlan károsodást okoz. A növénytermesztés jövőbeni lehetőségeit nagy valószínűséggel a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás szintje fogja bővíteni, vagy korlátozni. Az alkalmazkodás elsősorban a vízzel való hatékonyabb gazdálkodásra kényszerít.

Magyarországon, lényegében az elmúlt közel negyedszázados időszakban az öntözés a szántóföldi növénytermesztés technológiai között jelentős mértékben



visszaesett. Az amúgy is szerény mértékű öntözésre berendezett terület (kb. 300-350.000 ha) töredékén végzünk öntözést, ennek mértéke ebben az időszakban 30.000-110.000 ha között ingadozott.

Megállapítható, hogy az aszályra való felkészülés számos problémával terhelt. Túlmenően a klimatikus tényezőknél, amelyre nincs ráhatásunk, sorozatos hibákat követünk el a földhasználat, a talajművelés, a termesztéstechnológia, a termesztett növényfaj és –fajta kiválasztása és a vízellátás területén. Természetesen nincsenek csodák. Egy súlyos aszály mindig és mindenhol veszteségek okozója, de nem mindegy milyen mértékben. Az elmúlt év tapasztalatai is azt igazolják, hogy a megfelelő szaktudás, a célirányos technológia még kritikus időjárási viszonyok között is képes a károk enyhítésére.

Kulcsszavak: *aszály, öntözés, mezőgazdaság, technológia*

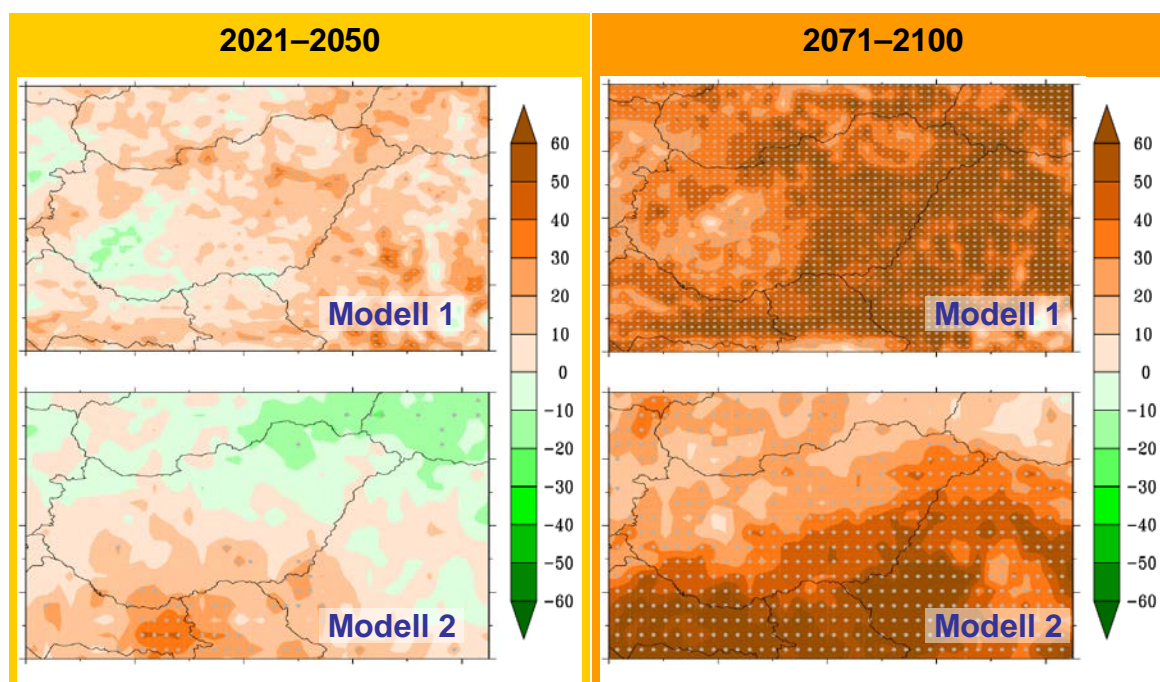
A társadalom számára szükséges kielégítő élelmiszerellátás és –biztonság alapja a mezőgazdasági termelés, ezen belül is a növénytermesztés produktuma. A termőhelyi viszonyok nagymértékben meghatározzák a növénytermesztési tevékenység feltételeit. A növénytermesztés jövőbeni lehetőségeit nagy valószínűséggel a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás szintje fogja bővíteni, vagy korlátozni. Az alkalmazkodás elsősorban a vízzel való hatékonyabb gazdálkodásra kényszerít. A talajhasználat tökéletlensége (hiányos művelés, trágyázás vagy növényvédelem) esetén a klimatikus tényezők kedvezőtlen hatása fokozottabb, és a veszteség nagyobb. Jelen dolgozat tárgya a növénytermesztés klímaváltozással kapcsolatos feladatainak áttekintése.

Földünk bármely földrajzi pontján az éghajlat erőforrásként is értelmezhető, mégpedig az egész emberiség legjelentősebb erőforrásaként, amelyet hasznosítani lehet, de egyúttal az éghajlat magába foglal olyan tényezőket is, amelyek többféle szempontból is kockázati elemet jelenthetnek. A globális klímaváltozás egy folyamat, amelynek részesei vagyunk. Lényegében az utolsó Würm glaciálistól, kb 30000 éve egy kisebb-nagyobb ingadozásokat mutató felmelegedés tapasztalható. Tudományos, politikai és laikus viták folynak arról, hogy a jelenség oka természeti, a bio-geo-kémiai ciklus része, avagy részben vagy egészében antropogén eredetű. Szakmai szempontból mindez közömbös. A növényi produkció, a mezőgazdasági termelés, valamint a társadalom életfeltételeinek biztosítása érdekében az



alkalmazkodás fenntartható élettani és műszaki-technikai kereteit szükséges meghatározni.

A különböző klímakutatási scenáriók Magyarországra vetített adatai szerint hazánkban 3-3,5 °C hőmérséklet-emelkedéssel, amely a Dunántúlon kisebb, az Alföldön nagyobb mértékű, illetve csaknem változatlan -5 - +5 %-os csapadék mennyiséggel lehet számolni. Összességében a hőmérséklet növekedése és a lényegében változatlan csapadék együttesen szárazodást jelent a mezőgazdasági termelés számára. Az OMSZ regionális klímamodelljei az elkövetkezendő időszakokra egyértelműen a nyári száraz időszakok növekedését valószínűsítik (1. ábra). A növénytermesztés jövőbeni lehetőségeit nagy valószínűséggel a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás szintje fogja bővíteni, vagy korlátozni. Az alkalmazkodás elsősorban a vízzel való hatékonyabb gazdálkodásra kényszerít.



1. ábra: A száraz időszakok maximális nyári időtartamának átlagos változása (%) 2021–2050-re és 2071–2100-ra az 1961–1990 időszakhoz viszonyítva az OMSZ-ban alkalmazott két regionális klímamodell eredményei alapján. Pontozás jelöli azokat a rácspontokat, ahol a változás szignifikáns.

(Forrás: Lakatos M.; TECH_08-A4/2-2008-0140 projekt)

A növénytermesztés lényegében a klímaváltozás és klímavédelem mindkét területének kulcsszereplője. Ami a megelőzést (mitigation) illeti, Magyarországon a radiáció évente átlagosan 1500 MJ fotoszintetikusán aktív energiát jelent



négyszétméterenként. A termőhelyi viszonyok nagymértékben meghatározzák a növénytermesztési tevékenység feltételeit. A számos befolyásoló tényező közül némileg pontatlan összefoglaló kifejezéssel a „talaj-klimatikus” viszonyokat tekinti a mezőgazdaság olyan tényezők összességének, amelyek hatását nem, vagy csak kis mértékben képes szabályozni, és amely hatások ugyanakkor alapvetően meghatározni képesek a termelés célját, a termesztendő növény fajtát, fajtáját, az alkalmazható agrotechnikai műveleteket és magát a tevékenység gazdaságosságát. Ez utóbbi pedig nem más, mint az alkalmazkodás (adaptation). A klímaváltozás számos negatív, de ugyanakkor pozitív hatással is lehet a növényi életfeltételek alakulására.

Növényélettani szempontból az aszály olyan mértékű vízhiány, amely a növényegyed, vagy egy adott populáció számára visszafordíthatatlan károsodást okoz. A növénytermesztés jövőbeni lehetőségeit nagy valószínűséggel a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás szintje fogja bővíteni, vagy korlátozni. Az alkalmazkodás elsősorban a vízzel való hatékonyabb gazdálkodásra kényszerít. A talajhasználat tökéletlensége (hiányos művelés, trágyázás vagy növényvédelem) esetén a klimatikus tényezők kedvezőtlen hatása fokozottabb, és a veszteség nagyobb. Az aszálykárok elsődleges oka a csapadékhiány, belvízkárok viszont akkor keletkeznek, ha a csapadék jelentősen több a szokásosnál. A kár mértékét a talaj nedvességtartalmán és nedvességforgalmán keresztül mindkét esetben befolyásolja a talaj használata. Az aszály-hatást befolyásoló legfontosabb talajhasználati elemek: a talajok fizikai és biológiai állapota; növény és állománysűrűség; növényi sorrend és vetésváltás; a talajok tápanyag-ellátottsága, a trágyázás; kémiai talajhibák, melioráció; gyomok, kártevők, kórokozók és a növényvédelem; eszközválaszték és használat. A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a tartós szárazság kára kimutathatóan súlyosabb a fizikai és biológiai állapotukban leromlott, tápanyagban elszegényedett talajokon. Kimutatható, hogy a talajok jó fizikai és biológiai kondíciója jó esélyt ad a termőhely aszálytűrő képességének növeléséhez. Növénytermesztési kutatási eredmények szerint a talajhasználati tényezők módosításával – talajszerkezet kímélés, alkalmazkodó talajművelés és növényi sorrend, okszerű trágyázás – a káros aszály-hatás megbízhatóan enyhíthető.

Alkalmazkodóképesség. A növénytermesztés sikere minden korban a termesztett növény alkalmazkodóképességétől függött. A termesztett növényfaj megválasztásán túlmenően legfontosabb a fajtaismeret. Nemesítő intézeteink,



fajtanemesítőink minden fajta esetében közzéteszik a növény habitusának, tenyészidejének, vízforgalmának, télállóságának, tápanyagigényének, betegségekkel szembeni rezisztenciájának adatait. A termeszítő felelőssége, hogy ezek közül melyet választ ki az adott termőhelyre, és hogyan képes kielégíteni annak igényeit. Történelmi példa, hogy a nagy termőképességű mediterrán búzafajták magyarországi elterjedésének két egymást követő kemény tél vetett véget, amikor is azok a hazaiaknál sokkal súlyosabb fagykárt szenvedtek.

A klímakutatások növénytermesztési vizsgálatainak legfontosabb konklúziója: a növénytermesztés szakmai szabályainak betartása. Valójában ezt fejezi ki a jó mezőgazdasági gyakorlat (good agricultural practice) EU irányelve is. Legfontosabb elemei: a termőhely kiválasztás, vízforgalmat és talajéletet fenntartó talajművelés, faj és fajta megválasztása, vetésidő, -mélység, sortáv, tőtáv alkalmazása, elő és utóvetemény szerepe, vetésváltás és vetésforgó, élettanilag helyes tápanyagellátás, okszerű növényápolás, megfelelő időben végzett betakarítás – hogy csak néhányat soroljunk fel, mind olyan tényezők, amelyek biztosíthatják a klímaváltozás káros hatásainak megelőzését, de legalábbis a kártétel mértékének enyhítését. Szükségképpen az aszály elleni védekezés, illetve annak ösztönzése nem a termesztéstechnológia egy-egy kiragadott elemére, hanem annak egészére kell, hogy irányuljon.

Időről-időre felmerül, nem csak a sajtóban, de szakmai körökben is az öntözés kérdése. Mennyit és mikor öntözzünk, pontosabban miért nem, vagy nem hatékony az ország öntözési gyakorlata. Az idei aszályos év kilátásainak és tapasztalatainak hatására a növénytermesztő szakma megfogalmazta és eljuttatta az agrárkormányzathoz a szántóföldi növények öntözésével kapcsolatos problémák áttekintését. Természetesen nem utólag, hanem még a tavasszal, áprilisban. Ez az alábbi megállapításokat és javaslatokat foglalta össze:

A szántóföldi növények öntözésének problémáiról

Magyarországon, lényegében az 1989-es rendszerváltozást követő közel negyedszázados időszakban az öntözés a szántóföldi növénytermesztés technológiai között jelentős mértékben visszaesett. Az amúgy is szerény mértékű öntözésre berendezett terület (kb. 300-350.000 ha) töredékén végzünk öntözést, ennek mértéke ebben az időszakban 30.000-110.000 ha között ingadozott.



Valószínűsíthető okok:

- Elsődlegesnek ítéhető a birtokviszonyok rendezetlen állapota. Ma Magyarországon a szakmai szempontból elfogadható méretű gazdaságok csaknem mindegyike vegyes birtokszerkezeti viszonyok között gazdálkodik. Stabil „land tenure” hiányában hosszútávú beruházást, infrastruktúra fenntartást a gazdálkodó nem végez.
- Az infrastruktúra hiánya. Az öntözési infrastruktúra gazdasági része jórészt ismeretlen állapotban van, hiányos, lepusztult, működésképtelen, vagy csak részben működőképes.
- A rurális bűnözés első számú célpontja a szántóföldi termelőberendezések, így az öntözőberendezések eltulajdonítása, tönkretétele. Ezt a kérdést eddig még minden kormányzat szőnyeg alá söpörte, holott ma az agrárium egyik legnagyobb problémája.
- Gondot jelent a szakképzett munkaerő. Lényegében még nagygazdaságok sem rendelkeznek, vagy csak kivételes esetben szakképzett munkaerővel. A mezőgazdaságnak ez általános problémája, de ez az öntözés területén csaknem kizárólagosan meghatározó. Leszámítva azt a néhány nagyüzemet, amelyeknek van reguláris öntözési ágazata, valamint a szántóföldi termesztést is végző kertészeteket, szakképzett öntöző gyalogmunkás, vagy betanított munkás ma nincs az agráriumban.
- Elégtelen az agrárium, öntözéssel kapcsolatos szabályzó-ösztönző rendszere. Lényegében nem a támogatás hiánya, hanem a koncepció hiánya okozza a legnagyobb gondot. Nincs középtávú stratégia, amelyre egy gazdálkodó építhetne. Sokszor a szabályzók még egy tenyészidőszakon belül is változnak.
- Nem megfelelő a vízügyi és vízgazdálkodási rendszerek kapcsolata a termelőkkel. Ez részben kommunikációs probléma, részben az előző - szabályozásokkal összefüggő probléma, valamint egyes esetekben a szolgáltatási és hatósági jogkörök tisztázatlansága.
- Nem kellőképpen tisztázták a kommunális rendszerek és a gazdálkodók öntözéssel és vízgazdálkodással összefüggő kapcsolatait. Sok esetben a gazdálkodó, az önkormányzat, a vízgazdálkodó szerv, a hatóság, sőt a legkülönbözőbb államigazgatási tényezők (belügy, katasztrófavédelem, egyéb



közmű üzemeltetők felügyelete stb.) együttműködését ellehetetleníti a bürokrácia.

- Végezetül talán az utolsó gátló tényező az ár. Ennek képzése, kialakítása, a végzett szolgáltatás pontos meghatározása egyaránt problémás.

A felsoroltakon túl szükséges még megemlíteni néhány olyan területet is, amely közvetlenül nincs kapcsolatban az öntözéssel, de közvetetten hatással lehet a gazdálkodók vízgazdálkodási problémáira. Címszavakban ezek a következők; termálvíz, visszasajtolási kötelezettség, szennyvízkezelés, vízkivételi problémák, belvív-, árvíz, tározás stb.

Összefoglalva megállapítható, hogy az aszályra való felkészülés számos problémával terhelt. Túlmenően a klimatikus tényezőkön, amelyre nincs ráhatásunk, sorozatos hibákat követünk el a földhasználat, a talajművelés, a természetéstechnológia, a termesztett növényfaj és –fajta kiválasztása és a vízellátás területén. Természetesen nincsenek csodák. Egy súlyos aszály mindig és mindenhol veszteségek okozója, de nem mindegy milyen mértékben. A 2012. év tapasztalatai is azt igazolják, hogy a megfelelő szaktudás, a célirányos technológia még kritikus időjárási viszonyok között is képes a károk enyhítésére.

Irodalomjegyzék

- Birkás M. – Jolánkai M. – Kisić I. – Stipesević B. (2008): Soil tillage needs a radical change for sustainability. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 73. 3. 131-136 pp.
- FVM (2010): Hungarian agriculture and food industry in figures. Ministry of Agriculture and Rural Development. www.fvm.hu
- Jolánkai M. – Birkás M. (2009): Climate change and water availability in the agro-ecosystems of Hungary. *Columbia University Seminars*. 38-39. 171-180 pp.
- Jolánkai M. – Kren J. – Smutny V. – Birkás M. (2011): Land use system analysis approach. *Proceedings*. 46th Croatian – 6th International Symposium on Agriculture. Opatija. 102-106 pp.
- OMSZ (2011): Some characteristics of the climate of Hungary 1901-2005. www.met.hu
- Pálfai I. (2010): A 2010. évi belvív hidrológiai értékelése. (*Evaluation of water logging of the 2010 year*). *KLÍMA-21 Füzetek*, 61. 43-51 pp.
- Várallyay, G. (2006): Soil degradation processes and extreme soil moisture regime as environmental problems in the Carpathian Basin. *Agrokémia és Talajtan*. 55. (1-2) 9-18 pp.
- Vermes L. /Ed./ (2011): Aszálystratégia (*Drought strategy*). Manuscript VM, Budapest. 43 p.