

2023. III. SZÁM
156. ÉVFOLYAM

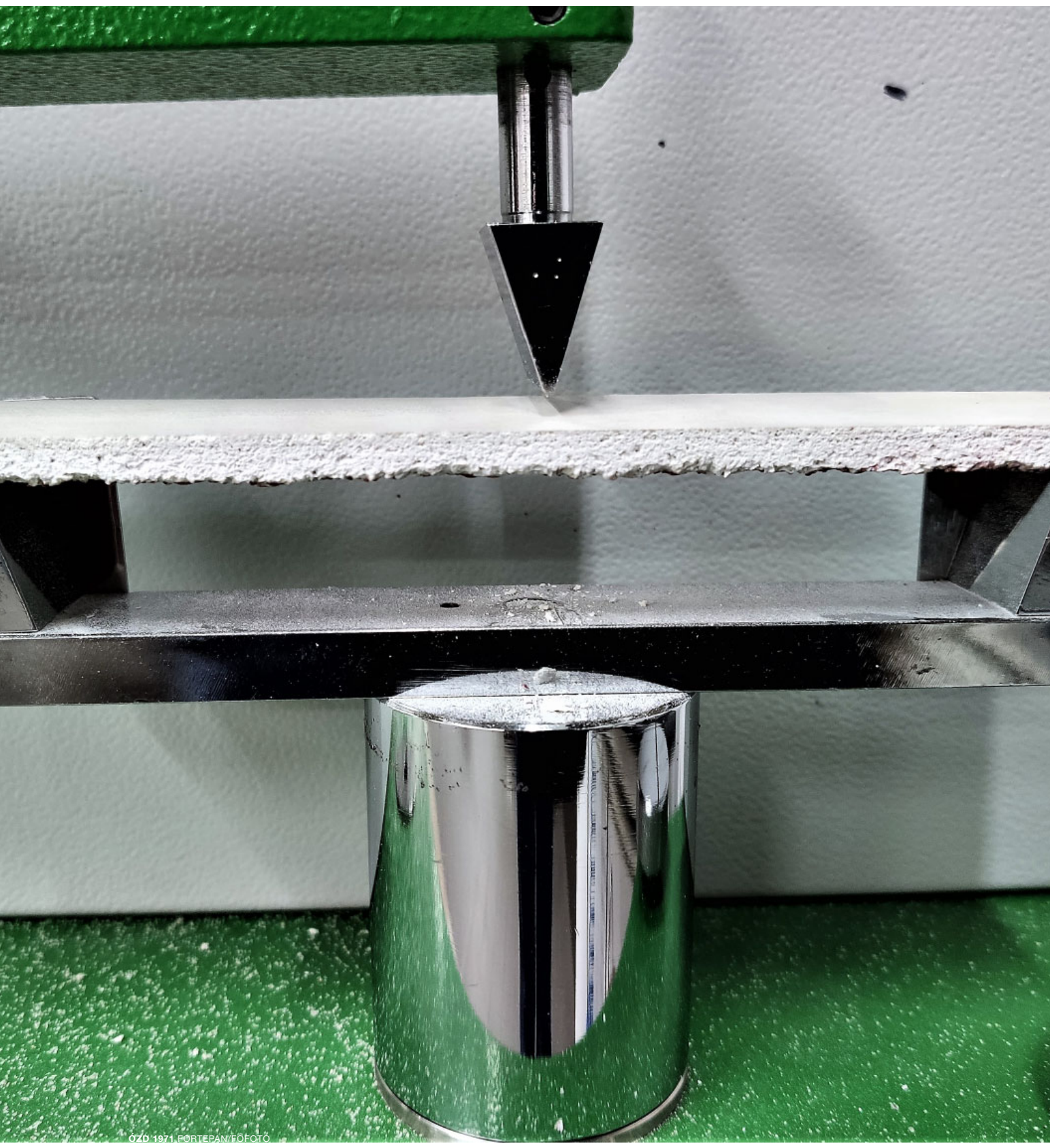
BKL

JÓ SZERENCSEÁT!



BÁNYÁSZATI és KOHÁSZATI

LAPOK AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI
EGYESÜLET LAPJA ALAPÍTOTTA PÉCH ANTAL 1868-BAN



FROM THE CONTENTS

LÁSZLÓ CSABA SZARKA: Distorting and exploiting climate science 2

ISTVÁN HAVASI, MARCELL SZILVÁSI: Mining test measurements with an imaging GNSS geodetic surveying instrument 12

LÁSZLÓ HÁRI: Possibilities and characteristics of steel slag recycling in ironmaking 19

DÁNEL KISS: Effect of sintering temperature and time on the properties of ceramic shell molds used in investment casting 28

GYŐZŐ BOGDÁN: Mineral water wells in the Káli Basin ... 36

ISTVÁN SZÉKELY, TAMÁS MADARÁSZ, ANDREA KOLENCSEKÉ TÓTH: Development of lignite-based PRB and its semi-operational experiment in the treatment of acid mine water 47

* * *

3B Hungária Ltd. 52

27th Hungarian Foundry Days Conference and Exhibition 54

Felelős szerkesztő:

Hajnal József

E-mail:
hirfor2000@gmail.com

A Szerkesztőbizottság tagjai:

Bariczáné Szabó Szilvia, Bíró Nóra,
Dr. Dovrtel Gusztáv, Fisch Iván,
Dr. Földessy János,
Dr. Harcsik Béla, Dr. Kóródi István,
Dr. Ladányi Gábor, Livó László,
Lois László, Molnár József,
Molnár Zsolt, Pali Sándor,
Schudich Anna, Dr. Szabó Tibor,
Székács Annamária,
Dr. Szunyogh István, Dr. Tardy Pál,
Dr. Török Tamás, Dr. Vojuczki Péter

Kiadja:

Országos Magyar Bányászati és
Kohászati Egyesület (OMBKE),
1107 Budapest, Hizláló tér 1.
Telefon/Fax: 1-201-7337
www.ombke.hu

A kiadásért felel:

Dr. Hatala Pál

Belső tájékoztatásra,
kereskedelmi forgalomba nem kerül.
A közölt cikkek fordítása, utánnomása,
sokszorosítása és adatrendszerekben való
tárolása kizárólag a kiadó engedélyével
történhet.

A BKL lapszámait az OMBKE
honlapján – www.ombke.hu –
érhetők el.

HU ISSN 2498-9322

TARTALOM

SZARKA LÁSZLÓ CSABA:

A klímatudomány eltorzítása és kihasználása 2

HAVASI ISTVÁN, SZILVÁSI MARCELL:

Bányabeli tesztmérések egy képalkotó GNSS geodéziai
mérőműszerrel 12

HÁRI LÁSZLÓ:

Az acélgyártási salak hasznosítási lehetőségei és sajátosságai
a nyersvasgyártásban 19

KISS DÁNIEL:

A szinterelési hőmérséklet és idő hatása a precíziós öntészetben
alkalmazott kerámiahéj-formák tulajdonságaira 28

BOGDÁN GYŐZŐ:

Ásványvízkutak a Káli-medencében 36

SZÉKELY ISTVÁN, MADARÁSZ TAMÁS, KOLENCSEKNÉ TÓTH ANDREA:

Lignitalapú PRB fejlesztése és félüzemi kísérlete savas bányavíz
kezelésénél 47

(for English titles see B2 page)

Inzert: Bányaterv Mérnökiroda Zrt.
WEIR Minerals Sand Wash Plant

3B Hungária Kft. 52
27. Magyar Öntőnapok Konferencia és Kiállítás 54

Címlapon: A szinterelési hőmérséklet és idő hatása a precíziós öntészetben alkalmazott kerámiahéj-formák tulajdonságaira
(Publikáció a 28. oldalon)

Borító: SPINTO Hungária Kft.
FÉMALK Zrt.

A kiadvány a FÉMALK és a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával jelenik meg.

A klímatudomány eltorzítása és kihasználása

Distorting and exploiting climate science

SZARKA LÁSZLÓ CSABA
nyugdíjas geofizikus
Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet
E-mail: szarka@ggki.hu



Mérnöki és természettudományi eszközökkel – teljesen függetlenül attól, hogy milyen értékrendet vallunk, és mit gondolunk a zöldátállás alapindokának tekintett ún. éghajlati fenyegetettség megalapozottságáról – egyértelműen kimutatható, hogy az erőltetett zöldátállás a) kivitelezhetetlen, b) fokozottan környezetpusztító, c) az emberek és a nemzetek számára káros. A zöldátállást sürgetők első számú „tudományos indokként” az éghajlati fenyegetettséget nevezik meg, ami ugyancsak vizsgálható tisztán természettudományos eszközökkel. Empirikus, objektív és racionális módon közelítve a klímaváltozás kérdéseihez, bárki beláthatja, hogy a jelenkori éghajlatváltozás nem példátlan, és hogy abban az embertől független természeti erők a meghatározó tényezők. Ebben a tanulmányban a klímaváltozás kérdéskörébe pillantunk bele.

Kulcsszavak: klímaváltozás, definíció, narratíva

No matter what kind of value system we hold and what we think about the justification of the so-called climate emergency considered the basis of the green transition: by means of engineering and natural sciences it is clear that the forced green transition a) is impracticable, b) environmentally is highly destructive, c) is harmful to people and nations. The number one “scientific reason” for the green transition is the so-called climate emergency, which can also be investigated by purely scientific means. By approaching climate change in an empirical, objective and rational way, anyone can see that contemporary climate change is not unprecedented, and that natural forces independent of man are the determining factors. In this study, we looked into the issue of climate change.

Keywords: climate change, definition, narrative

Bevezető

Az igazságkereső tudományt a történelem során mindenféle értékrend és érdek nevében, sokszor és sokféleképpen igyekeztek befolyásolni. Hosszú távon (legtöbbször egy új generáció eljövételével) a megismerési folyamat azonban mindig helyreállt. A mérnöki és természettudományok terén a 20. század második felében – minden politikai szembeállítás ellenére is – észszerűség (a fizikai törvényeknek megfelelő normalitás) uralkodott. Az 1990-es években felbukkant ún. posztmodern irányzat azonban megkérdőjelezte az objektív valóság létezését. Hirdetik még a gravitáció fogalmát is nem létező konstrukciónak (fizikusok ármányának) tekintették. Mígnem egy neves kutató (Alan Sokal) fondorlatos tervet eszelt ki a zagyvaságot hirdető vezérfolyóirat ellen. Színleg elfogadta a *Social Text* felkérését, és benyújtott oda egy kéziratot.

Sokal „A határok áttörése: Arccal a kvantumgravitáció transzformatív hermeneutikája felé” című cikkében mindenféle sejtelmes szakszavakat tudatosan, véletlenszerűen kevert össze. Borítékolta, hogy ha megjelenik a tanulmány, az a posztmodern tudomány teljes és tökéletes leleplezését jelenti. A cikket 1996-ban leközölték, a *Social Text* lebukott. Kitért az ún. tudományháború. Hiába csendesett le, a normalitás azóta sem állt helyre. A világ tudományos intézményeit (de legalábbis a Nyugatét) azóta még rafináltabb trendek, divatok kezdték ki. Mindegyikük a tudományon kívülről érkezett. Az igazságkereső tudomány helyzete mára összességében jóval nehezebbé vált, különösen a klímaváltozás terén. A klímatudomány és a klímapolitika viszonyát egyáltalán nem „science-driven policy” (tudományvezérelt politika) jellemzi, hanem teljes mértékben „policy-driven science” (politikavezérelt tudomány).

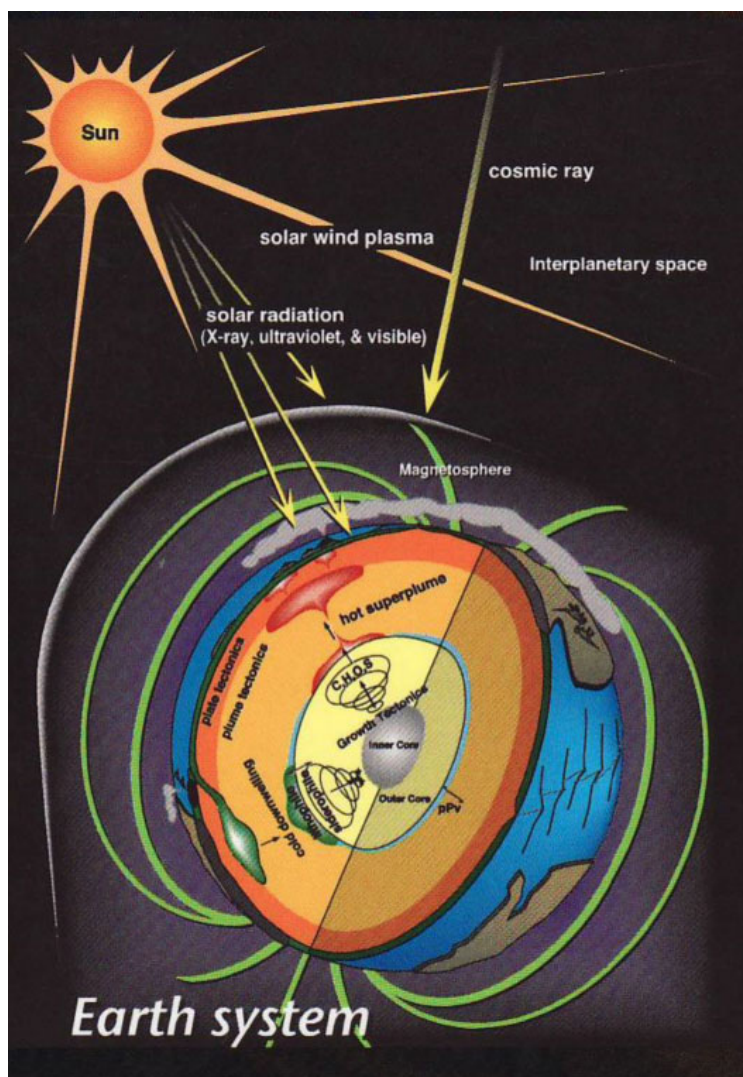
Hogyan működik a klíma?

A klímaváltozáshoz egy nagyobb (az 1. ábrán mutatott, Yuen et al. 2007) összefüggérendszerből érdemes közelíteni. Az ábra a külső és a belső természetformáló erők egy jelentékeny részét vázolja fel. Anélkül, hogy a részletekbe belemennénk, könnyen belátható, hogy a földrendszerben minden és mindennél rendkívül bonyolult módon változik: mindenféle léptékű tér- és időtartománybeli lüktetések vannak benne. Nehezen hihető, hogy az ezen az ábrán almahéj-vastagságú légkörben az általánostól eltérő lenne a helyzet. Az éghajlatváltozással több összefoglaló tanulmányban és publicisztikákban (többek között Conolly et al. 2021, Szarka 2021a, 2021b, 2022a, 2022b, 2023a, 2023b, 2023c, 2023d, 2023e) foglalkoztam.

Az ember meghatározó szerepét sugalmazó klímamodellekkel ellentétben a valóság leírásához elsőként azt kell(ene) alapul venni, hogy a Nap a Földet

egyenlőtlenül süti, és a Föld forog (2. ábra). Majd a sorban a felszín borító H₂O (víz, jég, pára, felhőzet), a földfelszín változatossága, a légkört viszonylag rendszeresen és teljesen rendszertelenül érő külső és belső hatások sora következik, illetve mindezek mindefféle kölcsönhatása. A lényeg az, hogy a klíma az ember nélkül is örökké és drámaian változik, térben és időben egyaránt, mindenféle „hullámhosszon”. Régebben köztudott volt, hogy „Éghajlatingadozások tehát vannak, sőt néha oly mértékűek és tartalmúak, hogy akinek nincs módjában 50–100 évet áttekinteni, egyenirányú változásnak gondolhatja azokat...” (Berkes 1940).

Az éghajlatot (a klímát) a nemzetközi tudományos közösség az időjárás hosszú időn át történő megfigyelésre alapozott átlagaként definiálja, a Meteorológiai Világszervezet (WMO) 30 éves átlagként. Ebben az értelmezésben a klímaváltozás a 30 éves átlag eltolódását jelenti.

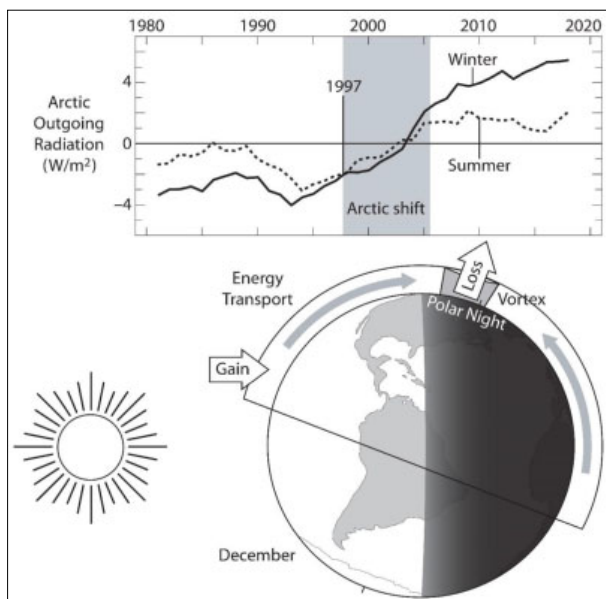


1. ábra. Egyszerű földrendszer. (Külső erők: a Napból eredő látható fény, ultraibolya és röntgensugárzás, napszélplazma; kozmikus sugárzás. Hatásaik a magnetoszférán át jutnak a Földre. Belső erők: forró superfeláramlások és hideg – lithofil és sziderofil – leáramlások). Forrás: Yuen et al. (2007)

Érdemes megnézni az éghajlattal kapcsolatos legrégebbi kvantitatív adatbázist: a Nílus vízszintváltozási idősorát. (E mérés szolgáltatta annak idején az adóztatás alapját.) Amint a 3. ábra egy 846 év hosszúságú idősoról azt mutatja, az éves minimális vízszint évről-évre jelentősen ingadozik, a 30 éves átlagban (ami éppen megfelel a WMO éghajlati definíciójának) pedig makacs, több évtizeden át tartó (ún. perzisztens) változások figyelhetők meg.

Hasonló perzisztencia mutatkozik a Közép-Angliára 1659-től rendelkezésre álló havi hőmérséklet-adatok 10 éves (narancs) és 30 éves (fekete) mozgó átlagaiban is (4. ábra).

Paleoéghajlati kutatásokból közismert, hogy a legutóbbi legnagyobb (a mintegy 20 ezer évvel ezelőtti ún. glaciális) eljegesedést gyors felmelegedés, néhány száz éven át tartó visszaesés, majd újbóli melegedés követte. Innen számítjuk a holocén kort (benne a Grönlandi, Northgrippi és a Meghálajai korszakot, közöttük emberi társadalmakat erősen befolyásoló korszakváltásokat). Az ún. holocén klímooptimum során (8000–6000 évvel ezelőtt) minden valószínűség szerint melegebb volt, mint ma. Aztán viszonylag mintegy kétezer évvel ezelőtt (a római korban) és mintegy ezer évvel ezelőtt (középkorban) is volt egy-egy meleg időszak. A középkori meleg

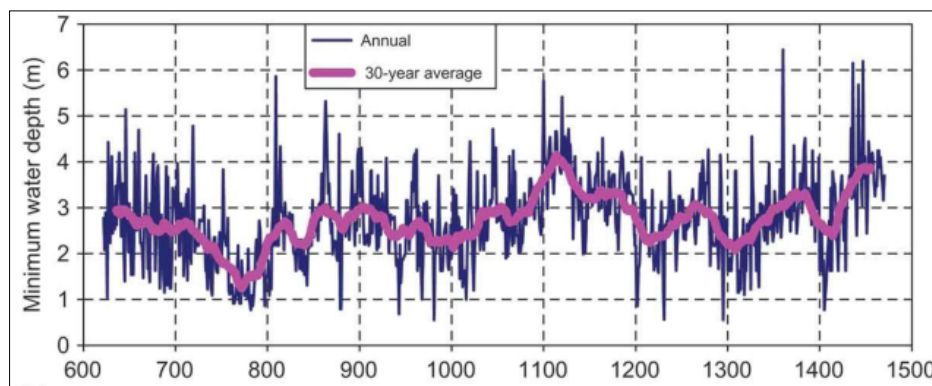


2. ábra. Egy lényegre törő klímamodell (Vinós, May 2023). A Nappal átellenes földfelszín éjszakáknént, a sarkvidékeket telente nem éri napsütés. Az egyenlítő menti hőenergia az éjszakai oldalról, valamint a téli sarkvidékről (félénként felváltva hol északról, hol délről) távozik az űrbe. A déli és északi irányú energiáttranszport időként trendet vált. Az ábra az 1997–1998 körüli trendváltásra hívja fel a figyelmet

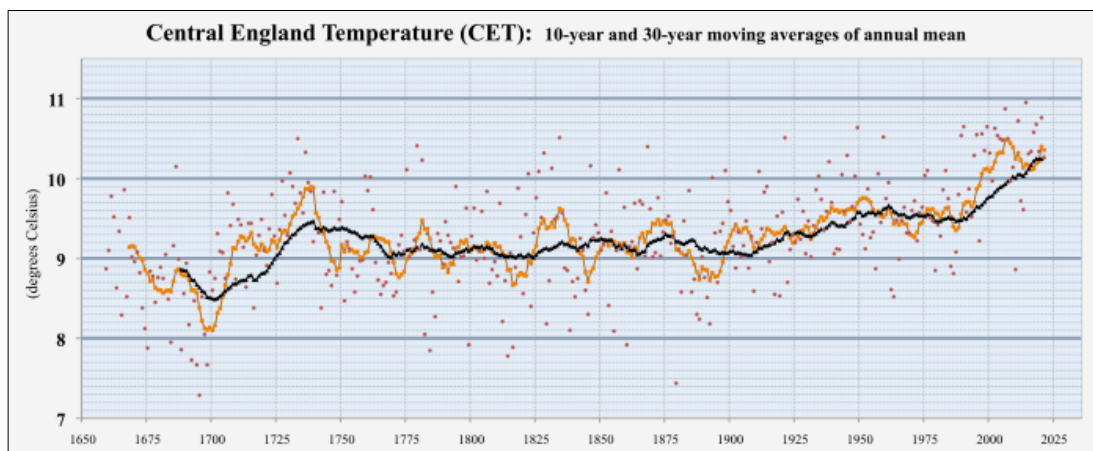
időszakot (Medieval Warm Period, MWP-t) követő kis jégkorszak (Little Ice Age, LIA) az egész holocén egyik leghűvösebb időszaka lehetett. Két példa: 1) a napjainkban visszahúzódó dél-alaszkai Mendelhall gleccser alól egy-két ezer éves, földben gyökerező fatönkők kerültek elő (Szarka 2021b). Különös, hogy az eredeti *Juneau Empire*-cikk már nem elérhető, csak a róla szóló beszámolók (pl. Poppick 2013); 2) Grönlandi jégfúrásokból származó hőmérsékleti idő-sorbecslések (ld. 5. ábra) szerint a mai felmelegedés 1876 óta tart. Grönlandon nagy valószínűséggel 1876 volt a legutóbbi 8 ezer év leghidegebb éve.

A legkülönbélebb periódusú időbeli változások mellett a térbeli mintázatok hullámzására is mutatunk példát (6a,b. ábra). Dél-Amerika nyugati partjainál az óceánvíz hőmérséklete 2023 nyarán a szokásosnál magasabb, ami egy El Niño-időszak előjele lehet. A 2023. júniusi és júliusi hőmérséklet-eloszlásban egyébként nincs semmi rendkívüli.

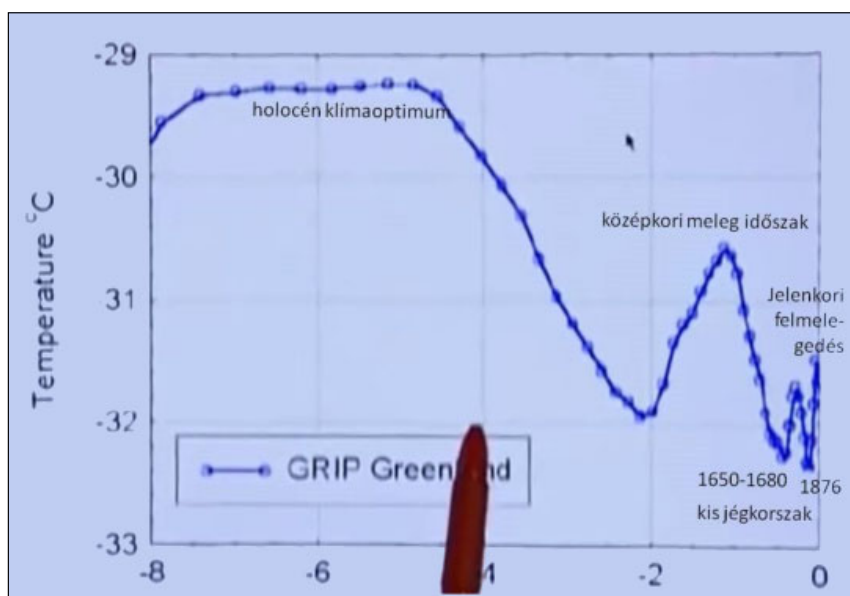
Az ENSZ Környezeti Programja (UNEP) és a WMO által 1988-ban alapított IPCC (Kormányközi Éghajlatváltozási Testület) az első jelentésében (1990-ben) helyesen állapította meg, hogy a klíma „sokszorosán csatolt nemlineáris, kaotikus rendszer, amelynek a viselkedése megjósolhatatlan”.



3. ábra. A Nílus Kairó mellett 622 és 1458 között megfigyelt éves minimális vízszintje több évtizedre kiható perzsisztens változásokat mutat. Kék: éves adatok, lila: 30 éves mozgó átlag. Forrás: Koutsoyiannis (2013)



4. ábra. Közép-Anglia 1659-től rendelkezésre álló éves hőmérsékleti átlagértékek, azok 10 éves (narancs) és 30 éves (fekete) mozgó átlaga. Eszerint a melegedési trend a XVII. század vége (a kis jégkorszak közepe) óta tart. Forrás: Wikipedia, Met Office U.K. (31 July 2019)

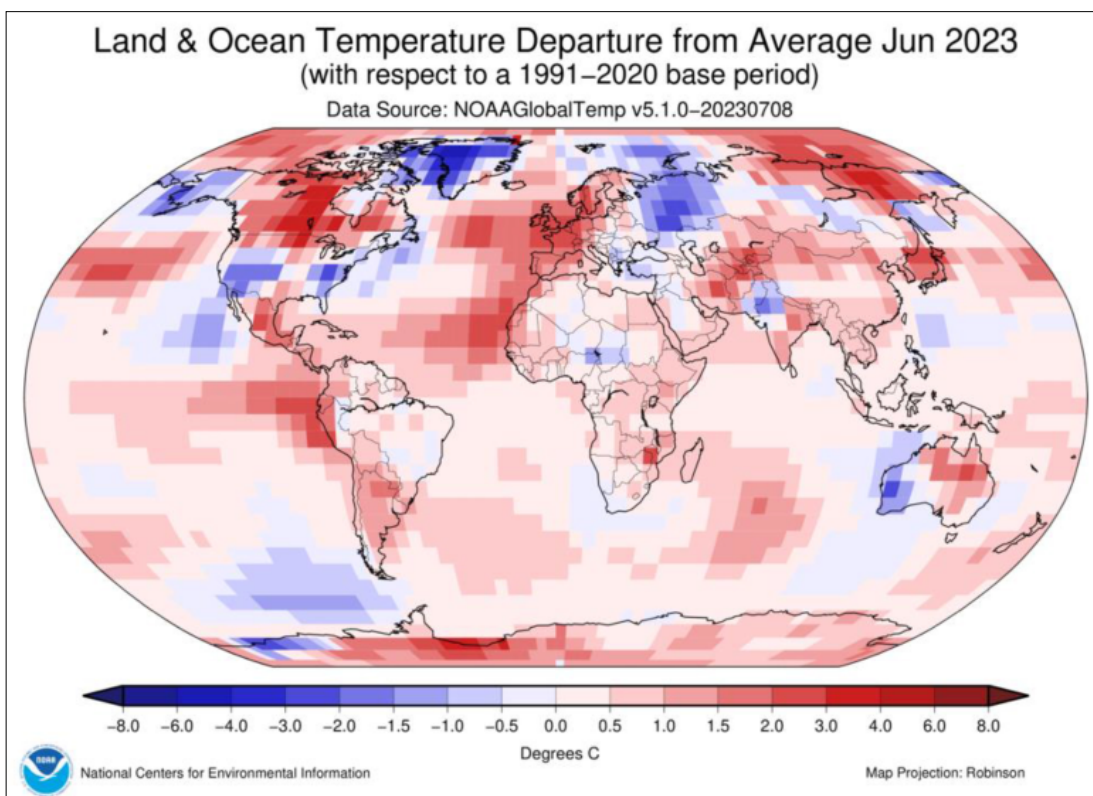


5. ábra. A grönlandi GRIP terület proxy hőmérséklete jégfuratok oxigénizotóp-adatai szerint a legutóbbi 8 ezer év folyamán. Az éves felbontású adatok valóságosságában bár joggal vehetők fel kételegyek, a hőmérsékleti idősorban egyértelműen megjelenik a holocén klímaoptimum, a középkori melegidőszak, a kis jégkorszak, továbbá a jelenkori felmelegedés is. 1876 volt Grönlandon az elmúlt 8 ezer év leghidegebb éve, ehhez képest ma melegebb van. Forrás: Steffensen (2023)

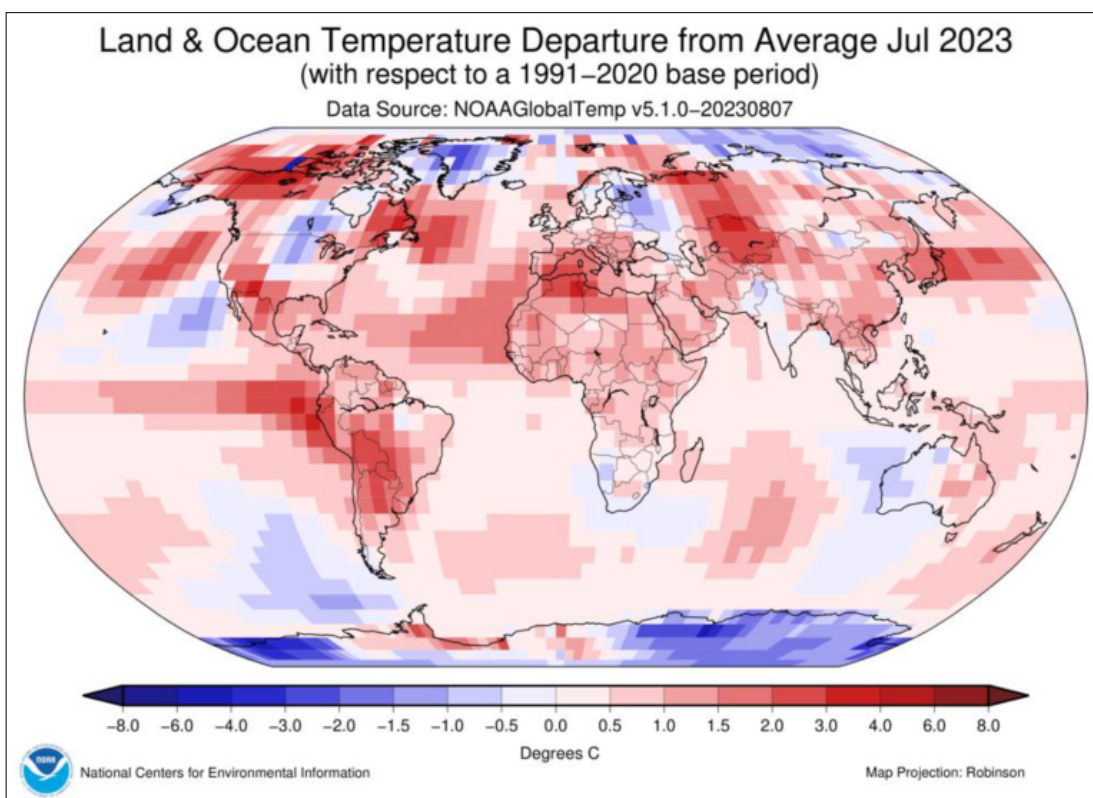
A „klímaváltozás” tehát egy rendkívül bonyolult rendszer természetes állapota. Ezernyi – egymással versengő – hipotézis kínálkozik magyarázatként. Azaz lenne, ha a vitát ráhagynák a kutatókra.

A klímatudomány kisiklása

Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményben (Rio de Janeiro-ban, 1992-ben) azonban kisiklatták



6a. ábra. A 2023. júniusi hőmérsékleti adatok eltérése az 1991-2020 közötti átlagértéktől, °C-ban mérve (NCEI, NOAA, 2023) térbeli mintázatot mutat. A pirossal jelölt területeken melegebb, a kézzel jelölt területeken az átlagértéknél hidegebb volt. Adatforrás: NOAA GlobalTemp v5.1.0-20230608



6b. ábra. A 2023. júliusi hőmérsékleti adatok eltérése az 1991–2020 közötti átlagértéktől, °C-ban mérve (NCEI, NOAA, 2023) térbeli mintázatot mutat. A pirossal jelölt területeken melegebb, a kézzel jelölt területeken az átlagértéknél hidegebb volt. Adatforrás: NOAA GlobalTemp v5.1.0-20230608

Article 1

DEFINITIONS*

For the purposes of this Convention:

1. “Adverse effects of climate change” means changes in the physical environment or biota resulting from climate change which have significant deleterious effects on the composition, resilience or productivity of natural and managed ecosystems or on the operation of socio-economic systems or on human health and welfare.
2. “Climate change” means a change of climate which is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and which is in addition to natural climate variability observed over comparable time periods.
3. “Climate system” means the totality of the atmosphere, hydrosphere, biosphere and geosphere and their interactions.
4. “Emissions” means the release of greenhouse gases and/or their precursors into the atmosphere over a specified area and period of time.
5. “Greenhouse gases” means those gaseous constituents of the atmosphere, both natural and anthropogenic, that absorb and re-emit infrared radiation.

7. ábra. Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény (UNFCCC, 1992) fogalom meghatározásai (2. éghajlatváltozás, 3. éghajlati rendszer). Magyarországon az 1995. évi LXXXII. törvény az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény kihirdetéséről emelte törvényi erőre. A döntéshozók azóta joggal hihetik, hogy a klímaváltozás eredendően antropogén, és hogy a klímarendszernek a Nap nem része

a klímatudományt. E dokumentumban (amelyet a világ országai ratifikáltak, Magyarország 1995-ben) az éghajlatváltozás fogalmát eleve csak az ember légkörröszetétel-változtató hatásaként definiálták. „Éghajlatváltozás jelenti az éghajlat megváltozását, ami közvetlenül vagy közvetve a globális légkör összetételét módosító emberi tevékenységnek tudható be, és ami az összehasonlítható időtartamokon belül megfigyelt természetes éghajlati változékonyságon túli járulékos változásként jelentkezik.” (1995. évi LXXXII. törvény az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény kihirdetéséről)

A természeti eredetű változások az ENSZ-meghatározás szerint nem tartoznak az éghajlatváltozás fogalmába! A klímarendszerekből pedig kivették az olyan külső tényezőket, mint például a Nap. A 8. ábrán összefoglalt zavaros definícióknak lett a következménye az, hogy a politikai döntéshozók és a média túlnyomó többsége mindenféle „klímaváltozást” (amelynek a végső okát valójában nem tudjuk), sőt bármiféle időjárási történést eleve egyetlen tényezőnek (az antropogén szén-dioxid-kibocsátásnak) tulajdonítanak.

Az IPCC kutatási jelentései közül egyedül az 1. munkacsoporté számít természettudományi jellegűnek. Képzeljük magunkat az IPCC számára jelentéseket készítő kutatók helyébe! Miközben a kutatók a WMO-definíciót, a politikusok az ENSZ-definíciót ismerik és használják, önekik a kettőt össze kellene egyeztetniük, ami lehetetlen. Bármennyire is igyekeznek az IPCC küldetésének megfelelni („understanding the scientific basis of risk of human-induced climate change”, azaz az antropogén eredetű éghajlatváltozás tudományos alapjainak megértése), a közvéleményhez csak egy erősen megszürt „konszenzusos” üzenet jut el.

A több ezer oldalas jelentéseik maguk sem tökéletesek (eleve kihagyják például a fősodorral nyíltan szembe menő publikációkat), de a közvéleményhez és a döntéshozókhoz eljutó vezetői összefoglalók bizonyítottan súlyosan torzítottak. Az IPCC 6. (2021–2023-as) jelentéseinek fő üzenete a vezetői összefoglalók (az IPCC AR6 SPM) szerint az, hogy „a

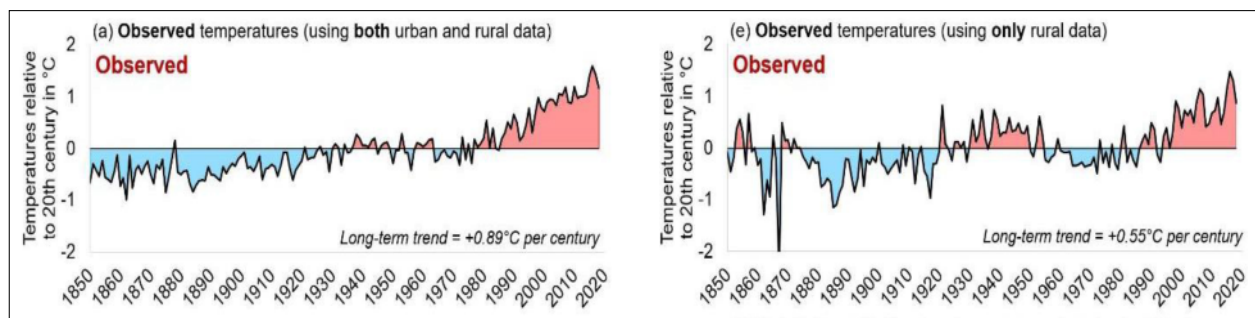
jelenkori éghajlatváltozás példátlan, és azt az ember okozza”, továbbá, hogy a „klímavészhelyzet” miatt azonnal cselekedni kell.

Torzítások

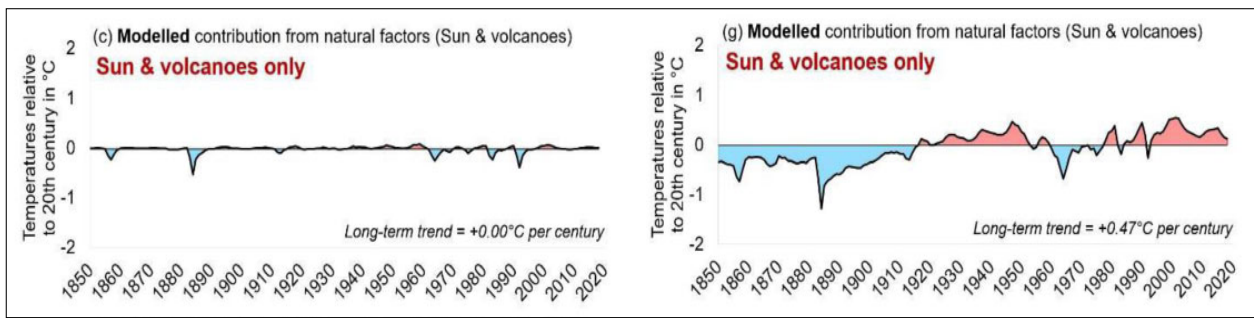
Hogy az árnyalt, sokoldalú valóságot miként egyszerűsítik propagandává, jól illusztrálja az IPCC WG3 magyar alelnöke (ma már a teljes IPCC egyik alelnöke), aki a 47. Meteorológiai Tudományos Napon tartott előadásában elismerte, hogy a több ezer oldalas jelentések vezetői összefoglalójának megírása politikai döntéshozók bevonásával történik, és „emiatt nem ugyanaz az IPCC-jelentés eredménye, mint ami a tudományos műhelyekből kikerül”. A torzítók tehát a tudományról kívülről érkeznek, a torzítás mibenléte pedig röviden úgy foglalható össze, hogy a múltbeli változásokat igyekeznek eljellegetleníteni, a maiakat pedig felnagyítani. Továbbá bármit tesz a természet, mindent az embernek tulajdonítanak.

Ma az 1850 óta alig 1 °C-nyi globális felmelegedés folytatódásával fenyegetnek, ami nem tartozik az érdemi természeti veszélyforrások közé. Hiszen a történelem során a melegebb időszakokban mindig jobban éltek az emberek. Egy 1-2 fokos felmelegedés csak akkor tűnhet ijesztőnek, ha túlzottan felnagyított hőmérsékleti skálán nézzük. Az 1850-től végbement mintegy 1 foknyi felmelegedés egy közönséges hőmérőn szinte láthatatlan. Azt a gyakori állítást pedig, miszerint az időjárás egyre „szélsőségesebbé” válását a természeti katasztrófákról szóló mobiltelefon-videók önmagukban igazolják, vessük össze a mobil- és okostelefonok számának időbeni alakulásával. Objektív adatok szerint a szélsőséges időjárási események száma és gyakorisága az elmúlt évtizedekben globálisan nem nőtt. (Talán még 2023 nyarán sem.)

Egy 2021-es tanulmányban (Connolly et al. 2021) kimutattuk, hogy míg az északi félteke összes meteorológiai állomását figyelembe vevő hőmérsékleti idősor 1850-től kb. 1 °C emelkedést mutat, a vidéki jellegűnek megmaradt állomásokból mindössze 0,58 °C adódik, és a görbe hullámzóbb lesz (8a. ábra). Együt-



8a. ábra. Az északi féltekére vonatkozó lehetséges hőmérsékleti idősorok az 1850–2020 évekre. Balra az összes meteorológiai állomást figyelembe véve (IPCC), jobbra az elvárosiasodott meteorológiai állomásokat kihagyva (Connolly et al. 2021)



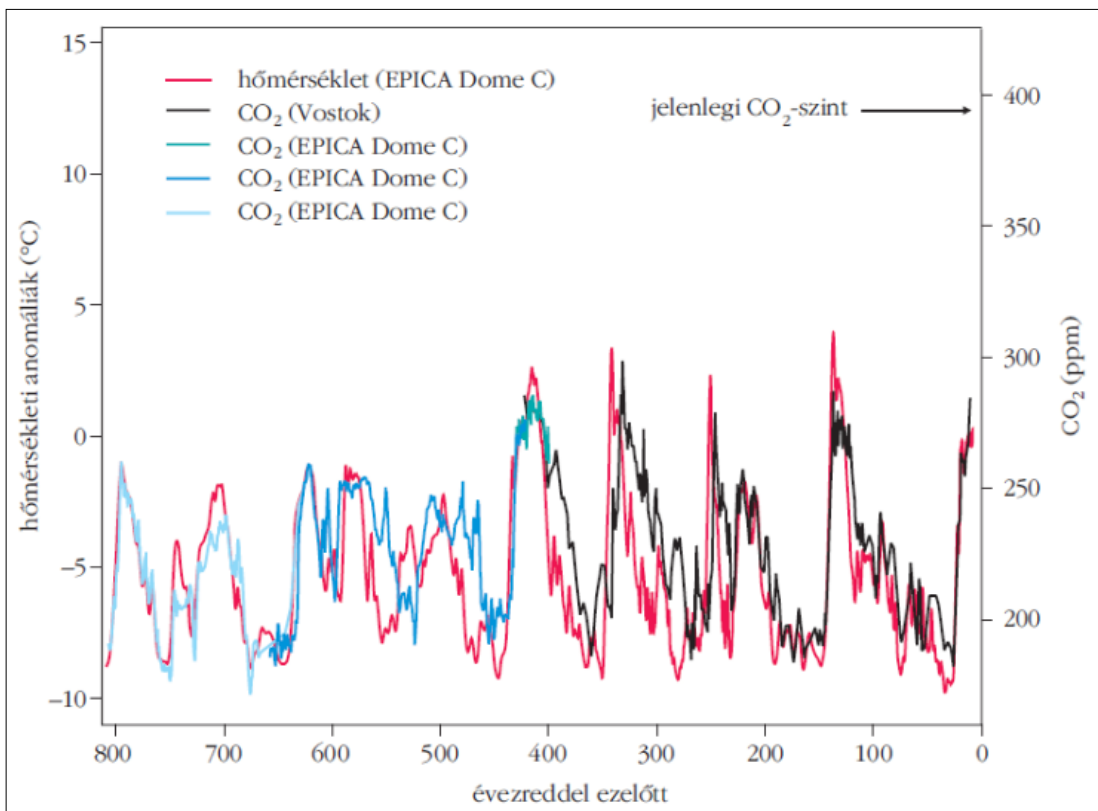
8b. ábra. Az északi féltekére vonatkozó lehetséges TSI (Total Solar Irradiance, teljes napbesugárzás) hőmérsékletre átszámított idősorok az 1850–2020 évekre. Balra az IPCC feltételezése, jobbra a Connolly et al. (2021) által elképzelhetőnek tartott változat, amely részleges magyarázatot képes adni a csak vidéki meteorológiai állomásból adódó hőmérsékleti görbére

tal rámutattunk arra, hogy a műholdas TSI (Total Solar Irradiance, teljes napbesugárzás) mérésekből sokféle, egymásnak ellentmondó idősorkompozit állítható elő. Ha a nagy változékonyságú TSI-idősorok egyikét fogadnánk el – szemben az IPCC által egyedül lehetségesnek tartott kis változékonyságú TSI-idősorral – (8b. ábra), valamint ha az északi félteke hőmérsékleti adataiból kivennénk az elvárosiasodott meteorológiai állomások adatait, akkor a jelenkori globális felmelegedés nagyobbik része megmagyarázható lenne a

napsugárzás-változás által. A Nap jelenkori éghajlatot változtató szerepére levonható következtetés tehát attól függ, hogy az egyformán lehetséges (az ún. ACRIM és az ún. PMOD) adatsorokból ki melyiket fogadjuk el irányadóként. A vita lehetőségét azonban lényegében elzárták.

Két további – geofizikusnak szemet szűrő ellentmondást – is említék.

Megengedhetetlen egyetlen görbévé összerajzolni az antarktisi 800 ezer év jégmennyiségét átható fűr-



9. ábra. Antarktisi jégfúrások vizsgálataiból a legutóbbi 800 ezer év szén-dioxid- és hőmérséklet-változásaira levonható becslések, a jelenkori (2015-ös) légköri CO₂-koncentráció feltüntetésével. A leesett hó kb. háromszáz éven keresztül rendszeresen megolvadt, majd újra megfagyott, közben a légbuborékok molekuláris összetétele folyamatosan változott, mielőtt végleg eltemetődött volna. Következésképpen az egykori légköri CO₂-koncentráció bármikor lehetett akkora (sőt magasabb), mint a feltüntetett jelenlegi szint. Ez az ábra korrekt, de mindazok a változatok, amelyek a proxy és az obszervatóriumi adatokat – Al Gore nyomán – egyetlen idősorként tüntetik fel, félrevezetők (Szarka 2022b)

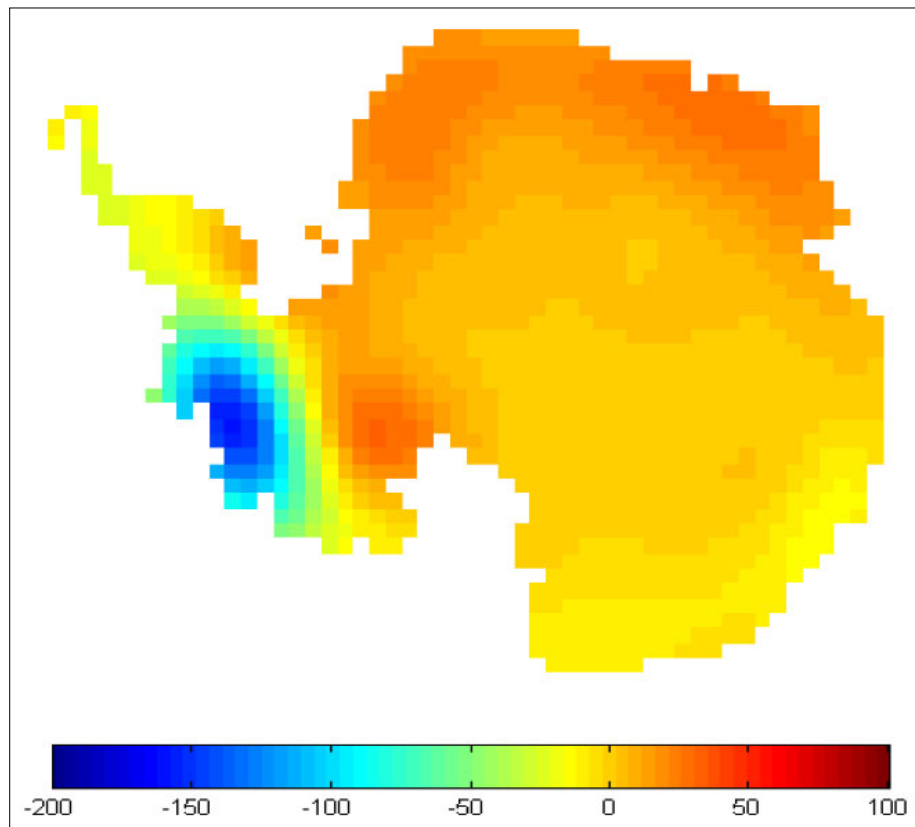
sok légbuborékaiban talált szén-dioxid-koncentrációmenetét a légkörben ma mérhető szén-dioxid-koncentráció értékével. A jégfuratok légbuborékaiban ma meglévő CO₂-koncentráció ugyanis csak nyomaiban emlékeztet a valamikori a légköri CO₂-koncentrációra, hiszen a havas felszín (amelyre a hópelyhekkel együtt CO₂-molekulák is érkeztek) sokszor megfagyott és megolvadt (firnesedett), mígnem több száz év múlva jéggé tömörödve véglegesen elzáródott. Az almát (jégfuratok légbuborékainak CO₂-koncentrációját) a körtével (a légkörben 1958 óta mért CO₂-koncentrációval) tilos összevetni (9. ábra).

A Nyugat-Antarktiszon a legutóbbi évtized során tapasztalható olvadás hatalmas médiavisszhangja mellett arról sokkal kevesebb szó esik, hogy az antarktisi jégmennyiség a kontinens többi részén nő. Ezt a gravitációs térváltozásokat mérő GRACE műholdak mutatják (10. ábra). Kézenfekvő a magyarázat is: Nyugat-Antarktiszon a jeget a földi hő (szárazföldi és tengeri magmatizmus-vulkanizmus) alulról melegíti. (A grönlandi jégtakaróról pedig érdemes tudni, hogy ciklikusan változik: amikor éppen egy néhány éves csökkenés érvényesül, a sajtó tele van a grönlandi jég eltűnéséről szóló pánikhírekkel.)

A példák sora szinte a végtelenségig folytatható, hiszen a természet fantáziája sokkal nagyobb, mint az emberé. Még azt sem tudjuk biztosan, hogy a hőmér-

séklet- és a légköri CO₂-koncentrációváltozás közül melyik az ok és melyik az okozat...

Steve Koonin amerikai fizikus az IPCC WG1 jelentések minden egyes tényszerű állítását elfogadva jutott arra a következtetésre, hogy a közvéleménybe sulykolt állítások teljesen megalapozatlanok (Koonin 2021). A nemzetközi Klímaintelligencia Alapítvány (Climate Intelligence, Clintel) az IPCC 6. jelentésének (az AR6-nak) 180 oldalas kritikát szentelt, erről sajtóközleményt adott ki, és az IPCC elnökének nyílt levelet írt (Clintel 2023a, 2023b). Az ún. klímavész-helyzet koncepciójáról a 2022. évi fizikai Nobel-díjjal kitüntetett John F. Clausernek lesújtó véleménye van: „A klímaváltozásról terjesztett narratíva a tudomány veszélyes korrupcióját jelzi, ami a világgazdaságot és emberek milliárdjainak jólétét egyaránt fenyegeti. A kisiklatott klímatudomány sokkoló-zsurnaliszta áltudománnyá fajult. Az áltudomány – amit hasonlóan félrevezetett üzleti marketingügynökök, politikusok, újságírók, kormányzati szervek és környezetisták terjesztettek és tovább dagasztottak – számos más, egymástól független kórt okozott. Véleményem szerint nincs klímaválság. Létezik azonban egy nagyon valós probléma: megfelelő életszínvonal biztosítása a világ népessége számára, és van egy ehhez kapcsolódó energiaválság is. Ez utóbbit az inkorrekt klímatudo-



10. ábra. Az antarktisi jégtömeg változásai a GRACE gravitációs műholdmérés alapján (Kiss, Földváry 2016 szerint). A skálaértékek a -200 mm/év-től (a sötétkéktől), a +100 mm/év-ig (a pirosig) terjednek

38. Underlines that the increase in climate change denialism can be linked to a wider embrace of conspiracy theories in the public discourse that is based on the deliberate creation of a counter reality and the rejection of science, and which includes false ideas about everything from Russia's war of aggression against Ukraine to COVID-19 vaccines; emphasises the role of foreign actors in disseminating disinformation about climate change and EU climate policy, which is undermining public support and is also being used in the narratives of domestic actors who exploit climate disinformation for their own political ends;
39. Supports the call made by leading climate experts at the 27th Conference of the Parties of the UN Framework Convention on Climate Change (COP 27) for tech companies to tackle the growing problem of disinformation, and in particular to accept a universal definition of climate mis- and disinformation that encompasses the misrepresentation of scientific evidence and the promotion of false solutions, to commit to the goal of not publishing any advertising that includes climate mis- and disinformation and greenwashing, and to share internal research on the spread of climate mis- and disinformation and greenwashing on their platforms;
40. Calls on platforms to take measures to enhance transparency and prevent and ban the placement of advertising promoting climate change denial and apply them to conspiracy theories and disinformation; recognises that there is an urgent need to demonetise the spread of the disinformation economy around climate change;
41. Notes with concern that many of the most high-traction amplifiers of climate change denial and attacks on climate action have 'verified' status on various social media platforms, including Twitter, allowing them to spread mis- and disinformation under this privileged status to millions of followers and that such amplifiers are often based outside of the European Union; calls on Twitter to implement stricter checks when selling its 'blue check' marks;

11. ábra. Az EP 2023. június 1-ei határozatainak klímaváltozással foglalkozó (38–41.) pontjai

mány véleményem szerint szükségtelenül súlyosbítja.” (Soon, et al. 2023) Lehullni látszik a lepel.

Klímaváltozás mint hivatkozási alap

A klímápanikkeltés és a kritikusok elhallgattatása nem csupán merő félreértésből fakad. Amint a Professzorok Batthyány Köre energia-munkacsoportjának tanulmánya is utal rá (Szarka et al. 2023), a klímaváltozás a lehető legértelmetlenebb szakpolitikák (konkrét helyett ideológiai környezetvédelem, „dekarbonizáció”, irreális és pusztító energia- és agrárpolitika, sőt egy általános értékrend-felforgatás) hivatkozási alapja lett. Vegyük észre, hogy a domináns nézetre hivatkozva elkezdődött a világ (de legalábbis a Nyugat) teljes átalakítása.

Az európai tudományos intézményrendszer legutóbbi megnyilvánulásai (pl. Európai Klímakonferencia 2023, EASAC 2023) időben összehangoltak, meglehetősen egyoldalúak és dogmakövetők. Az Európai Parlament június 1-ei állásfoglalása (EP 2023, ld. *11. ábra*) pedig egyenesen orwelli és abszurd (*9. ábra*). Az Európai Parlament mindazt, amit a 2.1-ben ismertettem, külső (EU-n kívüli) dezinformáció-

nak tartja (38. pont); az eltérő nézeteket be akarja tiltani (39. pont); a „tévtanokat” hirdetőket pénzügyileg is el akarja lehetetleníteni (40. pont); cenzúrázásra szólítja fel a közösségimédia-platformokat (41. pont). 2023. július 27-én az ENSZ alá tartozó Nemzetközi Tudományos Tanács (ISC) szerint a tudománynak ezentúl „küldetésvezéreltnek” kell lennie (azaz nem igazságkeresőnek, ISC 2023)...

Összefoglalás

A klíma mindig változott, amihez az embernek alkalmazkodni kellett. Azonban csakugyan „vészhelyzet” van: „antropogén” önpusztítás, amelyet rossz akarátú emberek és kritikátlan kiszolgálóik – egykori kifejezéssel élve: „hasznos idioták” – erőltetnének ránk. Vannak persze környezeti problémák, de azok a mérsekletesség elvének megsértéséből adódtak. Azaz éppen azok vétke, akik a globális fogyasztói társadalmat szorgalmazták, és akik most – tetszetős jelszavakat hirdetve – megmentőként tetszelegnek. Nem szabad, hogy megtévessenek. Ne felejtjük: „a pokolba vezető út is jó szándékkal van kiköveztve”.

Dudith András (1533–1589) humanista polihisztor (Dudich Endre geológus felmenője) szavait hívom segítségül, aki egykori pécsi püspökként, majd a tridenti zsinat magyarországi képviselőjeként felismerte az akkori tudományos (azaz az akkori egyházi) intézményrendszer deformációját, és lett reformátor: „A lelket és az elmét mintegy Isten ajándékaént megkaptad te is, akárcsak a többi ember... Saját szemeiddel, ne másokéval, szemléld a természetet, használd érzékeidet. Amit mások állítanak, hallgasd ugyan meg, de csak akkor adj nekik hitelt, ha megegyezik az ésszel és a természettel. Az ezektől eltérő állításokat viszont vedd el, ugyanolyan szabadon és könnyedén, mint ahogy előadatnak. Ami pedig nincs eléggé kifejtve, azt teljes odaadással és buzgalommal igyekezz megvilágítani.”

IRODALOM

- Berkes Z. (1940): Éghajlatváltozás vagy éghajlatingadozás? *Az Időjárás*, 44(7–8), 149–154.
- Clintel (2023a): A Clintel sajtóközleménye az IPCC AR6-ról írt jelentésről, https://clintel.org/wp-content/uploads/2023/05/Press-release-Clintel-The-Frozen-Climate-Views-of-the-IPCC_HUNGARIAN.pdf
- Clintel (2023b): A CLINTEL nyílt levele az ENSZ főtítkáranak, https://gondola.hu/cikkek/150771-A_klimahiszteriat_az_ENSZ_is_fokozza.html
- Connolly R., et al. (2021): How much has the Sun influenced Northern Hemisphere temperature trends? An ongoing debate. *Astron & Astroph.*, 21, 6, 13.
- Európai Klímakonferencia (2023): Warsaw Communiqué on Climate Change in Europe, 2023. május 16. <https://www.leopoldina.org/en/publications/detailview/publication/warsaw-communicue-on-climate-change-in-europe-2023/>
- EASAC (2023): The Future of Gas, 2023. május 24., https://easac.eu/fileadmin/user_upload/EASAC_Future_of_Gas_Web.pdf
- EP (2023): Az Európai Parlament 2023. június 1-jei állásfoglalása az Európai Unió valamennyi demokratikus folyamatába történő külföldi beavatkozásról, többek között a dezinformációról, 2022/2075(INI), 2023. június 1. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0219_HU.html
- ISC (2023): Flipping the science model: a roadmap to science missions for sustainability, Paris, France
- Kiss A., Földváry L. (2017): Uncertainty of GRACE-borne long periodic and secular ice mass variations in Antarctica. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 52(4), 497–510.
- Koonin S. (2021): *Unsettled: hat Climate Science Tells Us, What It Doesn't, and Why It Matters*. BenBella Books
- Koutsoyiannis D. (2013): Hydrology and change. *Hydrological Sciences Journal*, 58(6), 1177–1197.
- Poppick L. (2013): Ancient Forest Thaws From Melting Glacial Tomb. *Live Science*, <https://www.livescience.com/39819-ancient-forest-thaws.html>
- Soon W., Connolly R., Connolly M. (2023): The inaccuracy of global temperature estimates and implications for the attribution of global warming. *Climate Change Advisory Group Meeting*, Heritage Foundation: July 25, 2023
- Steffensen J. P. (2023): We live in cold times, <https://www.youtube.com/watch?v=WE0zHZPQJzA>
- Szarka L. (2021a): Föld és ember. *Magyar Belorvosi Archivum*, 74(1) 8–27.
- Szarka L. (2021b): Klímatudomány és földfizika. *Magyar Geofizika*, 62(1), 7–26.
- Szarka L. (2022a): Az ún. fenntarthatóság természeti előfeltételeiről. In: *Készségek, képességek fejlesztése a fenntarthatóságért az oktatás különböző szintjein. Fenntarthatóság – gyakorlatorientált képzés jövője* (szerk: Bodáné Dr. Kendrovics Rita), Óbudai Egyetem, p. 13–18.
- Szarka L. (2022b): Klímaváltozás és energiapolitika, a geofizikus szemüvegén át. *Fizikai Szemle*, 72(8), 244–247.
- Szarka L. (2023a): Éghajlatváltozás. *Magyar Űrkutatási Fórum*, Sopron, 2023. május 3.
- Szarka L. (2023b): Zöldátállás: a pokolba vezető út. Az 55. Bányagépészeti és Bányavillamossági Konferencián elhangzó előadás (Balatongyörök, 2023. szeptember 29.) kézirat
- Szarka L. (2023c): Nyomasztó klímakérdés. *Magyar Hírlap*, 2023. július 27.
- Szarka L. (2023d): „...ha megegyezik az ésszel és a természettel”. In: *Hazai és külföldi modellek az oktatásban. A tudomány és az oktatás felelőssége* (szerk. Bodáné Kendrovics Rita). Tanulmánykötet, Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könyv- és Környezetmérnöki Kar, p. 22–36.
- Szarka L. (2023e): Feljegyzés. A szférák harmóniájáról, geofizikusoknak. *Magyar Geofizika*, 64(1), 58–60.
- Szarka L., et al. (2023): Mennyi? Mi mennyi? *PBK Fórum*, 2022. február 21., http://pbk.info.hu/archiv/pbkforum/PBK_ENERGIA_2023_02_21.pdf
- UN FCCC (1992): United Nations Framework Convention on Climate Change. *FCCC/INFORMAL/84, GE.05-62220 (E)*, 200705
- Vinós J., May A. (2023): A téli kapuőr hipotézis. *Magyar Demokrata*, 14, 44–45.
- Yuen D. A., et al. (2007): Superplume: Beyond Plate Tectonics. *Springer*

Bányabeli tesztmérések egy képalkotó GNSS geodéziai mérőműszerrel

Mining test measurements with an imaging GNSS geodetic surveying instrument

DR. HAVASI ISTVÁN

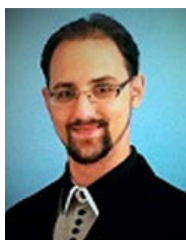
intézeti tanszékvezető egyetemi docens

SZILVÁSI MARCELL

egyetemi tanársegéd

Miskolci Egyetem Földrajz–Geoinformatika Intézet (FGI)

Geodéziai és Bányamérési Intézeti Tanszék (GBIT)



A tanulmányban először a kutatómunka előzményeivel foglalkozunk. Ezt követően bemutatunk több a bányamérési gyakorlatban már használt, illetve bevezetési fázisban lévő korszerű mérési technikát, azok alkalmazásának előnyeit és hátrányait. A folytatásban a LEICA GS18 I mérőeszköz jellemzőit, a felhasználásához társítható előnyöket, esetleges hátrányokat, valamint annak műszaki paramétereit ismertetjük. Ezután térünk rá a tanulmányunk érdemi részére, a képalkotó GNSS mérőműszerrel végzett bányabeli tesztmérésekre, azok eredményeire, majd pedig értékeljük a kutatási feladatokból leszűrt tapasztalatokat.

Kulcsszavak: bányabeli tesztmérések, képalkotó GNSS geodéziai mérőműszer

In our study, first we briefly deal with the antecedents of the research work related to coal mining in Borsod region. Then we will describe several modern surveying techniques already used in mine measurement practice or in the introduction phase, together with the advantages and disadvantages of their application. The kinds of terrestrial laser scanning are as follows: UAV (drone) based aerial photogrammetry and aerial laser scanning as well as ultrasonic (sonar) geodetic data acquisition procedures.

In the following, the characteristics of the LEICA GS18 I imaging GNSS measuring device, the advantages and disadvantages associated with its use, as well as its technical parameters are discussed. We will also examine the process of carrying out the survey and give a brief overview of the difficulties associated with geodetic data capture when we exceed the survey distance zone recommended by the device manufacturer.

Afterwards, we will turn to the most important part of our study, the mining test measurements executed with the imaging GNSS surveying instrument on January the 27th, 2023 in the Miskolc-Mexikóvölgy limestone mine, and their results. We will also present other test measurements carried out in a home mine and at another location. Finally, we evaluate the experience obtained from the research task.

On the basis of what mentioned above, we can state that this geodetic measuring device – considering its uniqueness due to its complexity – is nothing short of remarkable. We have pointed out all the advantages which can put its application in foreground in mine surveying in the future.

The initial results of our research work also highlighted that for the regular use of the Leica GS18 I imaging GNSS RTK rover in mines, further test measurements will be necessary, if we have the opportunity to buy it, considering the deeper understanding of the individual possibilities inherent in the surveying, and the accuracy questions. Among the additional advantages that can be associated with the use of the measuring device, we must emphasize that compared to other measuring methods (e.g. the discussed drone procedures), it does not require any special training or official authorization (e.g. the existence of a flight license, a UAV device and its operator registration, requesting a flight permit, remote sensing notification obligation, securing an aircraft, environmental protection permit, etc.). We must note as well that the price of this special imaging RTK measuring device is also quite high, but it is still more favorable than that of laser scanners.

Keywords: mine surveying, modern surveying methods, imaging GNSS geodetic surveying instrument, mining test surveys

A kutatómunka előzményeiről röviden

A LEICA GS18 I képkalkító GNSS geodéziai mérőeszköz egy, a jövőben várhatóan megvalósuló két, Miskolci Egyetemi (ME) kar közreműködését is igénylő K+F+I program kapcsán keltette fel a kutatási érdeklődésünket. Erről a következőket röviden érdemes megemlíteni.

Az orosz–ukrán háború okozta energiaellátási gondok következményeként létrejött hazai lakossági fűtési problémák kezelésének lehetséges megoldására az Országos Katasztrófavédelmi Főfelügyelőség Barnaköszén Munkacsoportjának vezetése megkereste a Miskolci Egyetem szakmai területen kompetens karait (Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar [MFK], Anyag- és Vegyészmérnöki Kar) a barnaköszén tüzelőanyag program tudományos támogatása érdekében. E program a Borsodi medencében található bányatelkeken (Felsőnyárad III, Izsófalva IV, Sajókaza IV) korszerű tudományos kutatási, fejlesztési és innovatív módszerek bevezetésével a barnaköszén-kitermelés jelentős növelését; a késztermék-, illetve a szénporfeldolgozás optimalizálását, továbbá a kazán- és a tüzeléstechnika témaköröket foglalja magába. A három javasolt MFK kutatási tématerület pedig: a nyersanyagkutatás, a barnaköszén-kitermelés kapacitásának bővítése, a felhasználható barnaköszén-készletek telephelyi optimalizálása és a barnaköszén finomfrakciójának hasznosítása. A tanulmány tárgyát képező mérőeszköz esetleges alkalmazása a második kutatási tématerület részeként vetődött fel. Konkrétabban megfogalmazva, a végrehajtandó mérési feladat a következő: bányabeli 3D felmérés (felület és térfogat meghatározása) korszerű földi vizuális (fotogrammetriai) helymeghatározással a vonatkozó tématerülethez kötődő hites bányamérői munka támogatására.

Napjaink korszerű bányamérési technikáinak áttekintése

Az elmúlt időszakban a bányamérés területén jelentős változás, komoly fejlődés volt tapasztalható, figyelembe véve azt, hogy egyes új mérési eljárások/mérőműszerek alkalmazása (pl. drónos felmérés) a bányákban rendszeressé kezd válni, más modern mérőeszközök kísérleti alkalmazására (pl. szonárok) pedig egyre többször kerül sor.

Szakmai körökben közismert az is, hogy a hazai bányüzemekben dolgozó hites bányamérő szakemberek mind a nyersanyagok kitermelése, mind pedig a bányászati tervezés kapcsán a legkülönbözőbb bányamérői munkákat hajtják végre, amelyek során valamilyen mérési módszerrel igen gyakran végeznek térbeli adatgyűjtést. Legfontosabb feladataik között a következők említhetők meg: bányanyitást megelőző

kutatás mérési támogatása, kitermelt területek pontos felmérése, különféle nyersanyagok mennyiségének (készletek) pontos meghatározása, különböző bányatérképeken a felszíni, ill. föld alatti térbeli helyzet, valamint a bányászati tevékenység szempontjából fontos egyéb jellemzők ábrázolása.

Visszatérve a már említett korszerű új mérési módszerekre, röviden vizsgáljuk meg a földi lézerszkennelés, az UAV (drón) alapú légi fotogrammetria és légi lézerszkennelés, valamint az ultrahangos (szonáros) geodéziai adatnyerési eljárások főbb jellemzőit, alkalmazásuk előnyeit, esetleges hátrányait [1].

A földi lézerszkennelés (angol mozaikszóval TLS) a mérőműszer és a mérendő/visszaverő felület közötti lézerrel mért távolságok rögzítésén alapul. A szkennert helyébe képest, annak környezetéről automatizált módon nagy mennyiségű térbeli információ (sűrű 3D pontfelhő) mérésére használható. A mérési eljárás alkalmas topográfiai felmérésre, a bányászati tevékenység időbeli előrehaladását jellemző térbeli változások meghatározására, ezáltal köbtartalom-számításra, újabban lejtőmonitoringra, továbbá a bekövetkezett sajnálatos balesetek dokumentálására is. A mérési technika néhány fontos további jellemzője: kalibrálás referenciapontokkal, lényeges a műszer-távolság helyes megválasztása, cm-es pontosság és a viszonylag könnyű mérőeszközök. Az esetleges alkalmazási korlátok közül két tényezőt érdemes e helyen is megemlíteni. Az egyik a mérési környezet, amelybe beleértendők a mért felület/falazat jellemzői, a légköri körülmények/por és a megvilágítottság. A másik a TLS műszereinek magas beruházási ára, amely ugyan csökken folyamatosan, de még mindig jelentős. Mint-hogy használatuk a bányamérőtől nem igényel semmiféle különleges képzettséget vagy hatósági engedélyeztetést, kísérleti bányabeli alkalmazásuk manapság egyre inkább kezd terjedni.

Ami pedig az UAV (drón) alapú légi fotogrammetriát illeti, annak használata ma már a bányamérői gyakorlatban rendszeresen előfordul. Egyes bányüzemekben azonban ez a mérési eljárás valamilyen korlátozó (pl. környezetvédelmi) oknál fogva ideiglenesen vagy egyáltalán nem vehető számításba. Ott viszont, ahol ez a mérési technika alkalmazható, a korszerű digitális fényképezőgépekkel nagy felbontású légi felvételek készíthetők, amelyek feldolgozása után többféle értékes felmérési termék (pl. ortofotó-térkép, pontfelhők, 3D modell stb.) állítható elő. Ez a mérési módszer is olyan bányászati és bányamérési feladatok elvégzését könnyítheti meg, mint például a feltárás, a készletek felmérése, bányatérképezés vagy az időben változó folyamatok követése. A távérzékelés e fotogrammetriai módszerének előnyei között a következők adhatók meg: a tömeges és homogén pontosságú adatok, a gyors és hatékony terepi munkavégzés, az

imént említett értékes felmérési termékek, a kedvezőbb ár és az elfogadható feldolgozási idő. A használathoz kötődő hátrányok/korlátozások között először is a légi távérzékelés és a drónos repülést szabályozó szigorú jogi környezetet kell megemlíteni [2]. Az utóbbiba pedig beleértendő az UAV hivatalos regisztrálása, a repülő eszköz üzemeltetői nyilvántartásba vétele és az arra vonatkozó megkötött biztosítás, továbbá az adott drón reptetéséhez megszerzendő előírt jogosítvány is. A további hátrányok közé sorolhatók még az időjárás- (szél, eső, hó, köd) függőség és a különféle takartsági (pl. fák okozta) problémák. Itt jegyezzük meg azt is, hogy az említett bányamérési technikák többségének illesztőpont igénye is van.

Az UAV LIDAR-ral való kombinálása szintén többféle bányabeli monitoring (pl. környezetvédelmi, kitermelési stb.) tevékenység végrehajtását teszi lehetővé. A mérési módszer széles körű elterjedése a bányászatban ma még egyáltalán nem jelenthető ki. Ennek legfőbb oka minden bizonnyal a LIDAR eszközök viszonylag magas ára. Ami pedig a légi járműhöz (drónhoz) kapcsolódó további alkalmazási hátrányokat/korlátozásokat illeti, ezekre mindazok vonatkoznak, amelyeket az UAV alapú légi fotogrammetria bemutatásakor a reptetés és a repülőjármű kapcsán az előbb már ismertettünk.

A bányászatban a szonár mérőeszközöknek a víznívó alatti kitermelés bányamérési támogatásában van igen fontos szerepük. A folyamatos mélységmérés ugyanis egyrészt lehetővé teszi a meder térképezését, másrészt pedig hozzájárulhat az adott nyersanyag szakszerű kitermelésének mindenkori ellenőrzéséhez is.

A bányatavak mederdomborzatának 3D felmérésekor az ultrahangos (szonáros) felmérő rendszereknek két típusa is számításba vehető [3]. Ezek az egysugaras (egy jel egy időben) és a multisugaras (egyidejűleg nagyszámú jel) mérőeszközök. Ma még gyakoribb az egysugaras szonárok alkalmazása, ugyanakkor a jövőben biztosan a multisugaras mélységmérők használata – tekintetbe véve azok fejlettebb mérési képességeit és pontosságát – válik majd meghatározóvá. Az utóbbi mérőeszközök az RTK pozicionálás mellett még inerciális egység támogatással is bírnak. Előnyük a gyors és pontos felmérés, hátrányuk pedig az, hogy drágák. Használhatnak még teljesen automatizált szonáros rendszereket is, amelyeknél a mérőrendszert hordozó vízi jármű távirányítással működtethető. Ezek angol neve: Unmanned Survey Vessels (USVs).

A LEICA GS18 I képközpontú GNSS RTK Rover bemutatása, főbb jellemzői

Ez a különleges GNSS RTK Rover (1. ábra) magában foglalja a GNSS, az IMU (Inertial Measurement Unit,

dőlésmérő egység) és egy kamera műszaki sajátosságait. E szenzorok egy mérőeszközbe illesztésének eredménye az a vizuális helymeghatározó technológia, amely nagy hatékonyságú, pontos és könnyen végrehajtható méréseket tesz lehetővé [4]. Az egyedi mérőműszer a „látott” felmérendő területek/felületek 3D modellezésére/térképezésére alkalmas.



1. ábra. Képek a LEICA GS18 I GNSS RTK Roveréről (<https://leica-geosystems.com/>)

A hagyományos, alacsony termelékenységű pontonkénti RTK felmérés, az IMU-val és az innovatív képfeldolgozó szenzorral kiegészítve (fotogrammetriai bővítés), egy magas (akár több száz részletpont is) rögzített pontszámot produkáló geodéziai adatnyerésre cserélhető. A hagyományos GNSS technológia számára problémát jelentő, takart (az égboltra gátolt kilátású) területek (fák alatt, bányafalak közelében stb.) jellemző pontjainak, valamint a bányatelen belüli fizikailag nem hozzáférhető vagy csak veszélyesen megközelíthető helyek, bányafalperemek bemérése is gyorsan és könnyedén hajtható végre ezzel a mérőeszközzel. A GS18 I alkalmazásával tehát a tradicionális RTK mérési korlátai viszonylag könnyedén leküzdhetők. A terepen eltöltendő mérési idő pedig jelentősen rövidíthető, továbbá ha a felmérendő területről a képi adatnyerés már befejeződött, akkor annak minden részlete bármikor kiértékelhetővé válik, akár még a mérési helyszínen automatikusan, akár az irodában manuálisan, és az esetleges pótmérések is elkerülhetők.

A GS18 I képközpontú GNSS RTK Roverrel történő mérés menetét illetően a következők mondhatók el [4]. A felmérést végző személy, jelen esetben a bányamérő a függőlegesítendő mérőrudon rögzített műszert a kezében tartva, a számára érdekes bemérendő felületre ráirányított kamerával, attól egy, a gyártó által előre meghatározott távolságon ($d = 2-10$ m) belül a felmérendő felületről d távolság mentén mozogva végzi az adatgyűjtést. Ennek során a mérőeszköz végig ellenőrzi azt, hogy a helymeghatározás (pozíció) és a dőlés pontossága megfelelnek-e az elvárásoknak. Amennyiben ez nem teljesül, a mérés automatikusan leáll, ez azonban nem befolyásolja a korábbi képek

feldolgozását. A d távolság tökéletes állandósága azonban nem garantálható, de nem is szükséges, sőt a feldolgozás során jobb eredmény érhető el, ha ugyanazon felületről különböző távolságból kapott felvételek is rendelkezésre állnak. Az IMU egység kalibrálás nélkül azonnal használható, és a mágneses zavaroknak is ellenáll. Az egyes méréseknél a mérőrúd dőlése mérhető és korrigálható, így annak függőleges tartása nem feltétlenül szükséges, bár érdemes odafigyelni arra. A jó dőléskompenzálást nem egy dőlésmérő, hanem gyorsulásmérők, giroszkópok és szoftveres támogatás teszi lehetővé. Topográfiai pontosságú felméréskor a mérés közben tartott mérőkamerával is végrehajtható. Nehezen bemérhető felületrészeknél a mérőrúdon rögzített mérőkamerával, akár a rúddal lefelé fordított kamerapozícióval is dőléskompenzációval dolgozhatunk.

A GS18 I GNSS RTK berendezés kamerája 2 Hz-es frekvenciával folyamatosan és automatikusan készíti a fényképeket. Ezek minősége függ a kamera és a mért objektum távolságától. Az optimális képátfedés biztosítása fontos. A Leica Captivate szoftverrel a fényképek már valós időben is automatikusan feldolgozhatók, beleértve ebbe az egymást követő képek közötti geometriai kapcsolat meghatározását is. Ezt követően azok pontmérésre akár azonnal is használhatók lesznek. A felmérő számára érdekes mérési pontok koordinátái egyetlen klikkeléssel lekérdezhetők. A feldolgozószoftver futtatásához BASIC kontrollert vagy CS30 (35) tablet is számításba vehető. A CS30 táblagépen 64 bites Windows 10-es operációs rendszer fut, ami lehetővé teszi a mérőeszköz által rögzített terepi adatok azonnali, első körös feldolgozását, továbbá a mért objektumokon néhány egyszerűbb feladat elvégzését. Ilyen lehet például a koordináták meghatározása a képfelületeken, a távolságmérés vagy még a vonalas szerkezetek kijelölése. A már említett és a napi gyakorlatban széleskörűen használt operációs rendszernek köszönhetően akár más hasznos terepi munkát segítő alkalmazás is telepíthető a terepi táblagépre, ha az amúgy is bőséges funkciókat kínáló Leica szoftver nem lenne elegendő a számunkra.

A 7 inches 1280×800 pixel felbontású kijelző mögött egy kétmagos 2,4 GHz-es processzor végzi a számításokat. Az előzetes fotogrammetriai feldolgozást



2. ábra. Különböző távolságból és szögből rögzített képcsoport

egy 4 GB-os RAM és egy 64 GB-os háttértár segíti. Ez a tárolási kapacitás első hallásra nem tűnik ugyan nagyknak, a mérőeszköz azonban csupán 1,2 megapixeles felbontású képcsoportokat rögzít. A GS18 I GNSS RTK Rover egy felvétel során maximum egy percig képes a felmérendő objektum felületének rögzítésére, amely kb. 50 MB-nyi adatmennyiséget jelent. Nagyobb a valószínűsége annak, hogy az akkumulátor hamarabb lemerül (ennek üzemideje kb. nyolc óra), vagy hogy a nap előbb lemegy, minthogy a teljes háttértár betelne. A nap végén azonban a felvett adatokat az irodai PC-re/laptopra mindenképp érdemes átmásolni azért, hogy a következő napon a méréseket újra teljes kapacitással végezhessük. A képek felbontása nem túl nagy ugyan, de ahhoz éppen elegendő, hogy megfelelő pontosságot biztosítson az adatok kiértékeléséhez. A GS18 I mérőműszer termékismertetőjében 2–10 m mérési távolságra a gyártó átlagosan 2–4 cm-es hibát ad meg képi pontmérésre (2D), amelyet a mérőeszköz az elvégzett terepi tesztmérésünk során teljesített is (legalábbis a saját hibaszámításai alapján ezt írta ki). Ugyanakkor néhányszor előfordult az is, hogy ennél kicsit pontosabb eredményeket produkált.

A hamarosan bemutatásra kerülő tesztmérésünk során azt is kipróbáltuk, hogy milyen pontossági jellemzőt kapunk, ha túllépjük a 10 méteres ajánlott felmérési távolságot. Az előzőekben megadott pontmérési hibaérték-tartomány természetesen már jócskán megnőtt, de alapvetően ezt a mérőeszközt nem is a felmérendő objektumtól 10 m-nél messzebb lévő műszeres adatgyűjtésre tervezték. Pozitívumaként említhető meg viszont, hogy a GS18 I GNSS RTK Rover nagyobb távolságokból is képes a képfelületeket létrehozni. Ez pedig akkor lehet jó, ha valamely tereptárgy nem megközelíthető, 10 m-nél távolabb van, továbbá a megrendelő részéről még a termékismertetőben garantált 2–4 cm-es pontossági jellemző sem elvárás.

A fotogrammetriai feldolgozáshoz szükséges képrögzítés lényege, hogy a műszer a mérendő objektumot megfelelő átfedésekkel több kameraszögből is rögzítse. A mérőeszközbe integrált GNSS RTK egységnek köszönhetően a kamera pontos pozíciója mindvégig ismert, a beépített érzékelőknek köszönhetően pedig annak orientációja is folyamatosan ki-

számításra kerül. A VIS technológia [4] a videofelvétel közben a különböző szögekből felvett képeken automatikusan és folyamatosan keresi az illesztőpontokat, és a közös kiértékeléshez ezek alapján kapcsolja össze azokat. E képfeldolgozási techniká-

ból az is érthető, hogy egy teljesen homogén felületen (pl. egy havas tájon) a VIS technológia nem talál illesztőpontokat, és ezért a feldolgozás leáll. Ilyenkor, hogy segítsük a szoftveres kiértékelést, a nagyobb pontosság eléréséhez a terepen saját mesterséges illesztőpontokat kell elhelyeznünk. A pontosság fokozása érdekében sokat tehetünk, ha a különböző szögből felvett felvételeket több távolságról is elkészítjük (2. ábra).

A tíz méternél távolabbi objektumok felmérése azért is nehézkes, mert hiába készítjük el a felvételeket horizontális irányban, a több méter távolságra eső pontokból, a rögzítés látószögében ennek ellenére nem lesz túl nagy különbség, így pedig a pontos felület is nehezen lesz előállítható. Természetesen, ha a felvétel készítése során el tudunk jutni több olyan helyszíni pontba, ahonnan a távoli bemérendő tereptárgy nagyban különböző látószögben kerül rögzítésre, akkor az előbb említett probléma hatása csökkenni fog. Ugyanakkor a felvett képek nem túl nagy felbontása miatt a távoli objektumok már csak nagyon pixelesen körvonalazódnak, így a pontos illesztés is meglehetősen nehézkes. Ez azonban nem tekinthető a mérőeszköz hibájának, mivel azt nem ilyen mérési távolságokra tervezték. Az imént inkább csak a műszer funkcióhatárainak a kitolását vizsgáltuk.

A technológia nemcsak felmérésre, hanem rendelkezésre álló lokális információk megjelenítésére is alkalmas. A korábbi rögzített adatokat vagy a tervet lehetőségek van ugyanis a tablet memóriájába betáplálni, és az pedig azokat rávetíti a már felvett környezeti modellre, megkönnyítve így a tájékozódást. Ennek megfelelően nemcsak egyedi pontok, hanem vonalas szerkezetek implementálása is végrehajtható.

A többutas terjedési és interferenciacsökkentési adatfeldolgozási opció nehéz körülmények között is segíti a minőségi GNSS jelkötést. Nemcsak az

előbb említett pontmérés, hanem a 3D vizualizáció, a mért objektum pontfelhőjének létrehozása is megoldható a műszerrel. Eszerint az ismételt mérések után az időben változó folyamatok követése, pl. egy meddőhányó térfogata is meghatározhatóvá válik. Összegezve a GS18 I képkötő RTK Rover a bányamérőnek maximális terepi rugalmasságot nyújthat, igen hatékony és megfelelő pontosságú integrált adatgyűjtési módszert biztosít, sőt a méréshez még segédmunkaerőre (figuránsra) sincs szükség.

Néhány tényezőről a műszaki paraméterek kapcsán is szólnunk kell [4]. Kezdjük ezt a fejlett multikonstellációs GNSS technológiával! Menet közbeni műholdválasztás, több műholdas alap- és kiegészítő rendszert (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, QZSS, NavIC, WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, TerraStar) is magában foglaló jelkötés, 555 csatorna, a hibás műholdjelek detektálása és kizárása. Az IMU egység jellemzésére már korábban kitértünk. A mérésre és annak pontosságára pedig a következők adhatók meg: négy sec. jellemző inicializálási idő, RTK mérési pontosság: Hz 8 mm + 1 ppm, V 15 mm + 1 ppm (egy alapvonal), Hz 8 mm + 0,5 ppm, V 15 mm + 0,5 ppm (hálózati), dőléskompenzált RTK mérési pontosság (nem statikus kontrol, hanem topográfiai pontokra), az előzőek hibajellemzők növelése max. Hz 8 mm + 0,4 mm értékekkel (30°-os dőlésszögig). További pontossági mérőszámok: statikus fázismérés hosszú észlelési idővel (utófeldolgozás): Hz 3 mm + 0,1 ppm, V 3,5 mm + 0,1 ppm, statikus és gyorsstatikus fázismérés (utófeldolgozás): Hz 3 mm + 0,5 ppm, V 5 mm + 0,5 ppm; differenciális kód mérés: Hz 25 cm és V 50 cm, képi pontmérés: jellemzően 2–4 cm (2D) a mért objektumtól 2–10 m műsbertávolságig. A belső memória mintegy 4 GB; a mérőrudra helyezett mérőeszköz súlya: kb. 4 kg, és a mérésre fordítható idő belső akkumulátorral kb. 8 óra.



3. ábra. Szinképhelyes pontfelhő a rögzített képek térbeli helyzetével

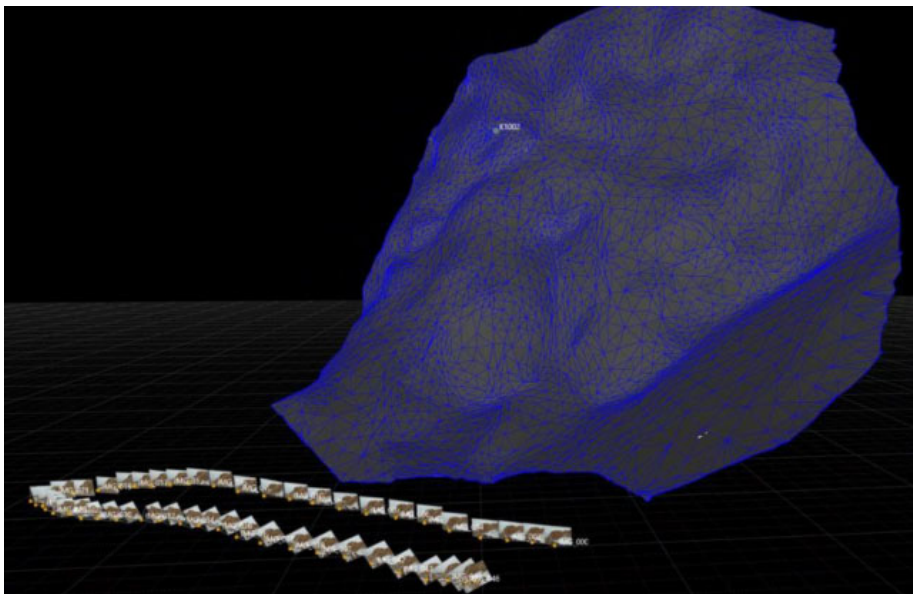
Tesztmérések a vizsgált mérőműszerrel, bányászati környezetben

A Leica Geosystems Hungary Kft. jóvoltából – Bogár Ádám közreműködésével – lehetőségünk volt a GS18 I képkötő GNSS RTK Rover bányabeli környezetben való kipróbálására. A tesztelésre a Miskolc-Mexikóvölgyi mészkőbányában 2023. január 27-én került sor. Itt egy bányafalat és annak környezetét mértük

meg, majd pedig a rögzített adatok feldolgozását is elvégeztük. A több különböző szögből és távolságból felvett képcsoportokból a feldolgozószoftver egy szinképhezelyes pontfelhőt generált, amelyet a 3. ábra szemléltet.

Az irodai számítógépen a 3. ábrabeli pontfelhőből a Leica Infinity szoftver környezetben már elkészíthető volt a domborzat poligonok által határolt felülete (4. ábra). Ennek a felbontása, pontsűrűsége már csupán csak beállítás kérdése. Ebből pedig már térfogat is számítható, ha a program számára valamilyen alapsíkot vagy egy előző időpillanatban felvett korábbi állapotban lévő felületet megadunk.

A GS18 I képkalkoló GNSS RTK műszerrel más magyarországi bányákban is végeztek tesztméréseket.



4. ábra. A domborzat poligonok által határolt felülete a rögzített képek térbeli helyzetével



5. ábra. Bányafal fényképe

Ezek néhány eredményét az alábbi ábrákon mutatjuk be. Az 5. ábrán egy bányafalról készített fotó, míg a 6. ábrán ugyanazon felmérésből generált térbeli modell látható.

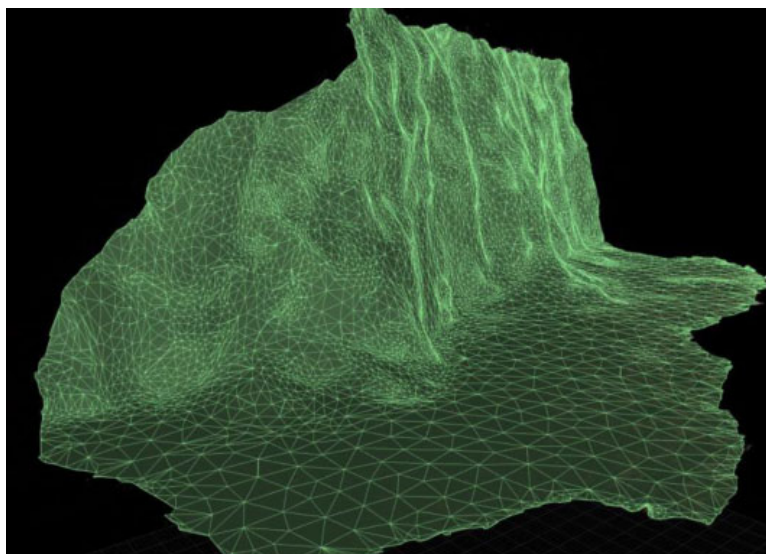
Ha a felméréndő terepi objektum teljesen körbe mérhető, akkor a kapott eredmény is minden bizonynyal jobb lesz. Ebben az esetben a feldolgozó szoftver már 360°-os rögzített adatokkal működtethető, szemben azzal, amikor a mérőműszer egy bányafalat nem túl nagy szöghelyséből tud csak bemérni. A most ismertettek példát a 7. ábrán szemléltetjük.

Összefoglalás

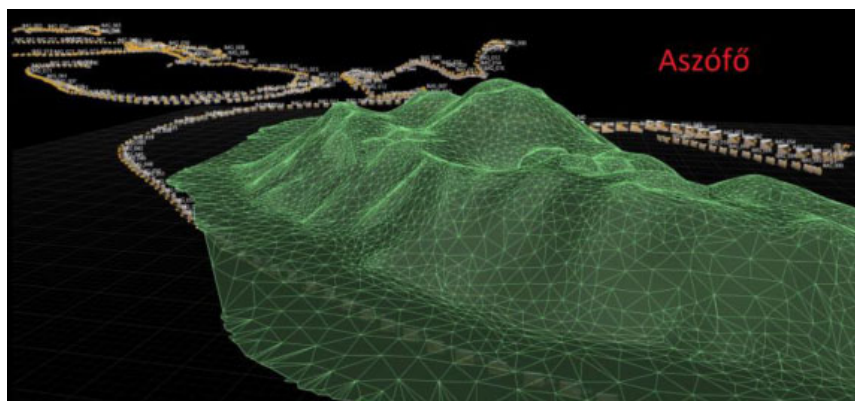
Tanulmányunk megírását az motiválta, hogy a már tárgyalt előzményeket röviden figyelembe véve, a

BKL olvasóinak a bányabeli tesztmérések kapcsán, bemutassuk a Leica GS18 I képkalkoló GNSS RTK Rovert, és megvizsgáljuk annak bányabeli alkalmazhatóságát. Szakcikkünk ábráin (3–7. ábra) pedig szemléltetjük a saját és más bányabeli tesztmérések eredményeit. Megállapíthatjuk, hogy ez a mérőműszer – komplexitása miatti egyediségét tekintve – igencsak figyelemreméltó. Rámutatunk mindazon előnyeire, amelyek annak bányamérési alkalmazását a jövőben előtérbe helyezhetik.

A kutatómunkánk kezdeti eredményei arra is rávilágítottak, hogy a Leica GS18 I képkalkoló GNSS RTK Rover rendszeres bányabeli felhasználásához, ha lesz majd lehetőségünk annak beszerzésére – tekintettel a mérőműszerben rejlő egyes lehetőségek mélyebb megismerése és a kapcsolódó pontosság kérdéskörére – még újabb vizsgálatok, tesztmérések lesznek szükségesek. A mérőeszköz alkalmazásához társítható



6. ábra. Bányafal felméréséből kapott térmodell



7. ábra. Körbe felvett közethalom térmodellje

további előnyök között hangsúlyoznunk kell, hogy az a bányamérőtől, más mérési módszerrel összevetve (pl. a tárgyalt drónos eljárások) nem igényel semmiféle speciális képzettséget vagy hatósági engedélyeztetést (pl. reptetési jogosítvány megléte, egy UAV eszköz és üzemtartójának regisztrálása, a reptetési engedély megkérése, távérzékelési bejelentési kötelezettség, repülőjármű biztosítása, környezetvédelmi engedély stb.). Azt is meg kell azonban jegyeznünk, hogy ennek a különleges képalkotó RTK mérőeszköznek az ára is meglehetősen magas, de a lézerszkennerekénél még mindig kedvezőbb.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők e tanulmány elkészítése érdekében nyújtott szakmai támogatásért (az eszközzel történt bányabeli tesztmérési anyagok egyes dokumentumainak rendelkezésünkre bocsátásáért) köszönetüket fejezik ki a Leica Geosystems Hungary Kft. munkatársainak. Közülük is külön köszönet illeti Bogár Ádámot, aki

kérésünkre a tanulmányban ismertetett és általunk megszervezett miskolci Mexikóvölgyi Mészköbányában a GS18 I GNSS RTK tesztmérést elvégezte, és a kapott mérési eredményeket részünkre átadta.

IRODALOM

- [1] Havasi I. (2019): Korszerű bányamérési eljárások meddőhányók mozgásvizsgálatára. In: „Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban” c. konferencia. Konferenciakötet, pp. 129–132., (Szerk: dr. Bodzás Sándor, dr. habil. Antal Tamás), Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen, 2019. 05. 29. ISBN: 978-963-7064-38-8
- [2] Marcis L. (2022): Bányamérés drónnal a gyakorlati tapasztalatok tükrében. In: „Múltunk és a modern jövő, LX. Bányamérő Továbbképző és Tapasztalatcsere”. Konferenciakiadvány, pp. 32–41, (Szerk.: Weber 2000 Kft.), Balatongyörök, 2022. 05. 25–27.
- [3] Eke Z., Havasi I. (2021): Multisugaras szonár alkalmazása a bányamérésben. Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, Kőolaj és Földgáz, 154(III), 25–30. ISSN: 2498-8332
- [4] <https://leica-geosystems.com/hu-hu/products>

Az acélgéártási salak hasznosítási lehetőségei és sajátosságai a nyersvasgéártásban

Possibilities and characteristics of steel slag recycling in ironmaking

DR. HÁRI LÁSZLÓ, PHD
okl. kohómérnök



A nyersvasgéártás a vaskohászati vertikum leginkább anyag- és költségintenzív fázisa. Általában a felhasznált nyersanyagok és a költségek csökkenthetők a belső eredetű és a vásárolt hulladékok felhasználásával. A hulladékok felhasználásának határt szabhat azok szennyezőtartalma vagy kohósításuk energiaigénye. Az acélgéártási salak olyan belső eredetű hulladék, melynek több hasznos eleme, kevés szennyezője van, környezetvédelmi vagy béléstartósági szempontból káros anyagokat pedig nem tartalmaz. Célszerű tehát áttekinteni az acélgéártási salakok direkt felhasználhatóságát.

Kulcsszavak: acélgéártási salak, reciklálás, Fe, Mn, CaO

The ironmaking technology is the most material and cost intensive step in the iron and steelmaking complex. Generally, the cost can be lowered by the recycling of waste of internal and external origin. The rate of recycling is limited by the pollutant content of waste, the energy demand of melting and the impact on the durability of the furnace lining. The steel production slag is waste of internal origin with several useful elements, few impurities, and does not contain environmentally or liner harmful substances.

The properties of the slags allow their use in blast furnaces as a first test, but their use in road construction also requires the control of a number of physical and rock properties such as fraction sizes, drum strength, frost resistance, chemical composition, heavy metal leaching, or the associated groundwater.

Another advantage of using blast furnaces is that the chemical composition of the slags has long been well known, and if deposited separately, a deposit of approximately the same homogeneity as the ores can be obtained.

One of the main questions will be whether the pure oxide fraction, which contains practically no metallic iron, can be used economically in the blast furnace.

The composition of the steel slag studied by the author was FeO = 17.5%, MnO = 6.5%, CaO = 52% and SiO₂ = 17.6%. The slag value was investigated by the author using 3 methods. According to the trivial level of substitutability, 1 kg of slag can substitute 0.21 kg of Brazilian iron ore, 0.15 kg of Ukrainian Mn ore and 0.62 kg of common limestone.

Looking at the Fe content of the slag, the effective Fe content in the slag increases significantly when the excess CaO and Mn content is taken into account. The resulting self-fluxing steel slag has an effective Fe content of more than a Brazilian ore.

Of the methods examined, the most complete picture is provided by the total burden calculation, from which they can determine the effect of a given amount of steelmaking slag on all burden components, including coke consumption.

The amount that can be used in practice depends not only on the P content of the steel slag, but also on the P content of the iron ores used and the steel to be produced. It is also possible to modify the amount used to improve the phosphorus removal conditions in steel production.

Summarising the tests, it can be concluded that the value of slag is equivalent to 50% of the cost price of an average aggro-ore, 40% of a concentrate and 30% of a pellet. By eliminating the effect of high P content, local slags can be used to replace 50–60% of Mn ore and 60–70% of limestone, reducing the cost of the burden by about 0.6%.

Keywords: steel slag, recycling

1. Bevezetés

Még a 2000-es évek előtt a Dunaferri Zrt.-ben felvetődött annak gondolata, hogy a beszerzési költségek csökkentésére és a haszon növelésére felhasználják a vállalatnál képződő bizonyos hulladékokat. A szóba jöhető belső hulladékok között azóta is kiemelt helyet foglal el a reve és az acélgártási salak. A salakok művön kívüli hasznosítására számos példa létezik. Itt megemlíthetjük a talajok műtrágyázását, a vízparti mólók, gátak és egyéb műtárgyak építését, az útalapban való felhasználást, vagy a CO₂ megkötését [1, 2]. A nagyolvasztóban való belső felhasználás – kézenfekvő szerepe ellenére – világszerte ritka, aminek okait kutatni kell.

A salakok felhasználása a régi salakhányók feldolgozásával vette kezdetét, melynek során a vegyes eredetű salakhalmai hulladékokból a legnagyobb Fe-tartalmú, azaz a kohósítás szempontjából legértékesebb alkotókat kiválogatják, és azok reciklálásra kerülnek. Ennek lényege az volt, hogy a halmai salakokat aprítják, és dúsítás során a kisebb mennyiségben képződő, de nagy vastartalmú mágnesez frakciókat a nagyolvasztóban hasznosítják, míg a kisebb vastartalmú rész, külföldi példák nyomán, az útalapba kerül. Ez az elképzelés a Dunaferriben is megvalósult, amikor a zömmel martinsalakat és egyéb anyagokat is tartalmazó régi salakhalmat feldolgozták.

Időközben a folyamatosan termelődő LD-salakok deponálása kapcsán is hasonló gondolatok merülnek fel, de még szélesebb értékelési körben: érdemes-e az aprított anyagot mágnesezsen szeparálni, vagy esetleg az egész salakmennyiség is felhasználható, egyszerű aprítás és osztályozás után.

A kérdést már elvi oldalról is érdemes megvizsgálni az egész felhasználás előnyeivel és hátrányaival, hiszen a döntést segítő gazdasági számítások egyszerűek. A salakok tulajdonságai első vizsgálati körben lehetővé teszik a nagyolvasztói felhasználást, ugyanakkor az útépitésben való felhasználás számos olyan fizikai és kőzettani mutató ellenőrzését is megkívánja, mint pl. a frakcióméret, a dobszilárdság, a fagyállóság, vegyi összetétel, nehézfémek kioldódása vagy a vele összefüggő talajvizek vizsgálata.

A nagyolvasztói felhasználás mellett szól az is, hogy a salakok vegyi összetétele már régóta jól ismert, külön deponálás esetén egy kb. az ércékével azonos homogenitású betétanyaggal lehet dolgozni. A vizsgálatok egyik hangsúlyos része az lesz, hogy a gyakorlatilag fémvasat nem tartalmazó, tisztán oxidos rész gazdaságosan felhasználható-e a nagyolvasztóban.

2. Az LD-salak mint betétanyag jellemzése

A Dunaferriben képződő fajlagos acélgártási salak mennyisége a 2010-es évek körül mintegy 11–12% volt, azaz évi 1,6 millió t acél gyártása esetén 176–192 kt fúvatáskor képződő salak belső vagy külső reciklálásáról, illetve deponálásáról kellett gondoskodni. Az üstmetallurgiai eredetű acélgártási salakok jóval kisebb mennyiségben képződnek. Ezek útépitési felhasználását a fizikai és kőzettani tulajdonságai korlátozzák, a nyersvasgyártásban való felhasználhatóságuknak pedig a kémiai összetételük szab határt. Fentiek miatt a továbbiakban csak a fúvatási salakkal foglalkozunk.

Az LD-salak felhasználhatóságáról fizikai és kémiai tulajdonságai adnak képet. Az acélgártási technológia ismeretében megállapíthatjuk, hogy a salakgödörbe öntött salakot fel kell szedni, melyet aztán törni és osztályozni kell. Az utóbbi technológiában keletkező 20–80 mm-es frakció célszerű felhasználási helye közvetlenül a nagyolvasztó, míg a 0–10 vagy 0–20 mm-es frakciót a zsugorítószalagra adagoljuk.

A salak felhasználhatósága, annak gazdaságossága a kémiai összetétel ismeretében ítélni lehet. Az 1. táblázat a 2016-os év 7500 darabszámú mintájából származó olyan kb. 3100 elemszámú részmintából származik, melyekre a jellemző nyersvas Mn-tartalom 0,71–0,90% közötti, a bázikusság pedig átlagosan 3,1.

A nyersvas Mn-tartalom szerinti válogatása indokolt, mert az acélgártási salakok reciklálásának gazdaságosságát jelentősen befolyásolja többek között a felhasznált nyersvas Mn-tartalma. Ennek szemléltetésére felidézzük, hogy a 0,31–0,50% nyersvas Mn-tartalom intervallumba eső nyersvasak felhasználásával nyert LD-salak MnO-tartalma átlagosan 4,46%, ugyanez 0,51–0,70% Mn-tartalom esetén 5,70%, 0,71–0,90% közé eső nyersvas Mn-tartalom esetén pedig átlagosan 6,46%.

Mint ismeretes, a salak öt legfontosabb alkotója a Fe, a Mn, a CaO, a SiO₂ és a P. Míg az előbbi három hasznos, a SiO₂ feleslegesen növeli a salak mennyiségét, és így energetikailag káros, addig a P szennyezőnek minősül. Meg kell jegyezni, hogy a Mn-tartalom nem szabványosan előírt alkotója a nyersvasnak, hanem a nyersvas további feldolgozását végző acélmű igénye miatt kerül a konverter betétjébe. Az acélgártói gyakorlat szerint a nyersvas Mn-tartalmának növelése a szokásos 0,2–1,0%-os intervallumban védi a falazatot a SiO₂ kémiai erodáló hatásaitól, egyúttal segíti a salakképződést is a korai jól folyó bázikus salak kialakításával, és ezzel párhuzamosan javítja

1. táblázat. A 0,71–0,90% Mn-tartalmú nyersvasak felhasználásával kapott LD-salakok vegyi összetétele (m/m%) [3]

Alkotók	FeO	MnO	P ₂ O ₅	S	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃
Fúvatási salak	17,5	6,5	1,0	0,07	52,0	17,6	1,7	2,8

a mész oldódásának feltételeit. Az utóbbi időkben végzett kísérleti kampányok fényében megállapították, hogy a nyersvas Mn-tartalmát érdemes kb. 0,65–0,75% értékre növelni, mert a Mn-érc beszerzésére fordított többletköltség még megtérül a konverterezés veszteségeinek csökkentése révén.

3. Az acélglyártási salak értékelése

3.1. A salak triviális értékelése

Az acélműi salak metallurgiailag – a triviális üzemi értékelés szerint – szinte teljesen értéktelen betétanyag, minőségét tekintve messze az utolsók között van. Felhasználása legfeljebb arra való, hogy fő komponensei révén némileg csökkentse az anyagihiány esetén a drága vasérc és mészkő felhasználását. Ez a vélemény feltehetően a salaknak a vasércnél jóval kisebb vastartalmán alapul. A salakképzőként történő megítélését pedig a mészkőhöz képest kisebb CaO-tartalma és annál jóval nagyobb SiO₂-tartalma rontotta. A minőség megítélését betetőzi a magas P-tartalma, mely a nagyobb mértékű acélműi felhasználás akadályát képezné.

A fentiek alapján az acélglyártási salakok nagyolvasztói felhasználását, annak valós metallurgiai értékét mélyebben nem vizsgálták, és még az esetleges kismértékű felhasználásától is hosszú ideig eltekintettek. A továbbiakban bizonyítjuk, hogy az acélglyártási salak – a közmegítéléssel ellentétben – értékes másodnyersanyag.

3.2. A salak értékelése az elegyhelyettesítő képesség alapján

Az acélglyártási salak hasznos komponenseinek (Fe, Mn, CaO) áttekintése után egyértelmű, hogy alkalmas

a vasérc, mangánérc és a mészkő helyettesítésére. A helyettesíthetőség mértékét még a továbbiakban részletesen vizsgálni fogjuk, ezért itt most egy egyszerű módszert választunk az alábbiak szerint:

1. Vasérc-helyettesítő képesség: a vastartalom azonossága alapján végezhető.
2. Mangánérc-helyettesítő képesség: a mangántartalom azonossága alapján.
3. Mészkő-helyettesítő képesség: a szabad CaO-tartalom azonossága alapján.

A számítások elvégzéséhez szükséges vegyi összetételeket az 2. és a 3. táblázat tartalmazza.

A 3. táblázat a további számításokra alkalmas adatokat mutatja, ahol a CaO*-gal jelölt adatokat (a szabad CaO-ot) a

$$\text{CaO}^* = \text{CaO} - B \cdot \text{SiO}_2 \quad (1)$$

képletből számítjuk, melyben a *B* a nagyolvasztói salak 1,1-re felvett bázikusságát jelenti. Az Mn* mutató az elegyalkotó szabad Mn-tartalmát jelenti, melyet az

$$\text{Mn}^* = \text{Mn} - m \cdot \text{Fe} \quad (2)$$

képlettel határozzuk meg, ahol *m* a nyersvas összetételéből számított Mn/Fe hányados.

Az acélglyártási salak különböző betétanyagokra vonatkozó helyettesítő képességét az alábbiakban határozzuk meg. A helyettesítő képességen azt a tulajdonságot értjük, mely megadja, hogy egy kg acélglyártási salak – kémiai összetétele alapján – hány kg vasércet, mangánércet és mészkövet tud helyettesíteni. A 4. táblázat megadja a különböző anyagokra vonatkozó helyettesítő képességet a felvett *B* és a később részletezett *m* értéke alapján.

2. táblázat. Az LD-salak és a szokásos betétanyagok vegyi összetétele (m/m%) [4]

Alkotók	Fe	Mn	P ₂ O ₅	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃
Acélglyártási salak	13,5	5,0	1,0	51,5	17,0	2,3	1,6
Brazil érc (IOCI)	64,0	0,3	0,14	0,1	2,2	0,1	1,0
Mn-érc (ukrán)	2,6	33,2	0,338	2,1	18,7	1,3	1,4
Mészkő	–	–	–	54,0	1,2	0,8	0,5

3. táblázat. Az LD-salak és a betétanyagok vegyi összetétele (m/m%) és ára (Ft/kg) [4]

Alkotók	P	CaO*	Mn*	Ár**
Acélglyártási salak	0,437	32,8	4,84	3***
Brazil érc (IOCI)	0,061	–2,32	–0,47	26
Mn-érc (ukrán)	0,338	–18,5	33,18	24
Mészkő	–	52,7	0	5

** bekerülési árak; *** becslés a belső kezelési költségek alapján

4. táblázat. Az 1 kg LD-salakkal elérhető helyettesítő képességi értékek (kg/kg) és a helyettesített anyagok értéke (Ft/kg)

Elegy megnevezése	Helyettesítő képesség kg/kg salak	Érték Ft/kg salak
Brazil vasérc	$13,5/64 = 0,21$	$0,21 \cdot 25 = 5,25$
Ukrán mangánérc	$5,0/33,2 = 0,15$	$0,15 \cdot 26 = 3,9$
Hazai mészkő	$32,8/52,7 = 0,62$	$0,62 \cdot 6 = 3,10$
Összesen		12,25

A bemutatott módszer *előnye*, hogy röviden meghatározható vele az acélglyártási salak forintban kifejezett értéke is. Az érték tudvalevően nem azonos az árral, hanem az anyagnak a funkcióbeli hasznos tulajdonságát mutatja az adott műszaki környezetben, mindamelllett az érték forintban is kifejezhető a funkcióbeli tulajdonságok hasonlósága alapján. A módszer *hátránya*, hogy nem tartalmazza az energetikai hatásokat, azaz a salak felhasználásával járó zsugorítói kocszpor- és a nagyolvasztói kohókoksztalozásokat.

A számítások szerint az acélglyártási salak jelentősége gazdaságilag elsősorban Fe-hordozó, másodsorban Mn-hordozó és harmadsorban mészkő-helyettesítő.

A vizsgálat szerint az acélglyártási salak értéke egy jó vastartalmú agglóérc értékének a felével azonos. Természetesen, ha a nagyolvasztóüzem nem a salak birtokosa, akkor a haszon lecsapódásának a helyét jelentősen befolyásolják a tulajdonviszonyok.

3.3. A salak értékelése az elegy effektív Fe-tartalma alapján

Az acélglyártási salak metallurgiai értékét ebben a fejezetben a meddőalkotókat, azaz nemfémes oxidokat tartalmazó salak (tulajdonképpen elegy), effektív (valós) Fe-tartalma alapján határozzuk meg. Az alábbiakban az acélglyártási salakot – ugyanolyan értékelési mód szerint – egy jelenleg élvonalbeli, jó minőségű vasércel hasonlítjuk össze. A számításokhoz felvesszük a nyersvasglyártásban mindennaposan alkalmazott Mn-érc és mészkő vegyi összetételét. Az összehasonlításhoz használatos anyagok vegyi összetétele a 2. és 3. táblázatban található.

Az acélműi salak értékelése során azt vizsgáljuk, miként alakul a salak és a brazil vasérc egymáshoz képesti Fe-tartalma egy olyan elvi 100–100 kg-os elegyben, mely csak ferrumból, a salak 1,1-es bázisúságának biztosításához szükséges mészkőből, valamint a nyersvas Mn-tartalmának biztosításához szükséges Mn-érből áll. E feltételek biztosításával a két betétalkotó Fe-tartalma összehasonlíthatóvá válik. A korábbi időkben az összehasonlítást a természetes összetétel alapján végezték, aminél fogva a salakban

levő CaO- és Mn-felesleg torzító hatását nem vették figyelembe.

Az alábbi rövid számítás a valamely *i*-edik vizsgált elegyalkotóhoz tartozó mészkőhozag mennyiségének a meghatározására szolgál

$$M_i = -100 \cdot [\text{CaO}_i^*/\text{CaO}_M^*] \quad (3)$$

képletel. A brazil ércre a várakozásnak megfelelő

$$M_B = -100 \cdot (-2,32/52,7) = 4,40 \text{ kg} \quad (4)$$

értéket kapjuk, míg az acélglyártási salakra a számítás annak figyelembevételével folytatjuk, hogy a salakban (a 2. táblázat adatai szerint) csak $17,0 \cdot 1,1 = 18,7\%$ CaO-ra van szükség. A CaO-felesleg tehát $52,7 - 18,7 = 34,0\%$, mely 60,7 kg mészkővel ekvivalens.

A vasérc Mn-érc szükségletének meghatározásánál hasonlóan járunk el, mint a brazil érchez szükséges mészkőhozag meghatározásánál. A konkrét számításokhoz vegyünk fel egy olyan biztosítandó $m = \text{Mn}/(r_{\text{Mn}}\text{Fe})$ arányt, mely megfelel a nyersvas összetételének és a Mn redukciós fokának (r_{Mn}). Amennyiben 0,8% Mn-tartalmú nyersvasat szeretnénk előállítani, akkor $r = 0,7$ -es redukciós foknál $m = 0,012$ -es értéket kell beállítani az átlagos elegyben. A Mn-hiányt megadó számítás 100 kg vasércre:

$$\dot{E}_{\text{Mn}i} = 0,30 - 0,012 \cdot 64 = -0,468 \text{ kg.}$$

A brazil érc negatív előjelű szabad Mn-tartalma arra utal, hogy az ércnek Mn-hiánya van. A megfelelő hiány pótlásához szükséges ukrán Mn-érc tömege:

$$\dot{E}_{\text{Mn}B} = -100 \cdot (-0,47/33,18) = 1,99 \text{ kg.}$$

Ugyanez a számítás az acélglyártási salakra

$$\dot{E}_{\text{Mn}i} = 5,0 - 0,012 \cdot 13,5 = 4,84 \text{ kg.}$$

A pozitív érték arra utal, hogy az acélglyártási salakban Mn-felesleg van, mely úgy tűnik el, hogy az acélműi salakból, vasércből kiveszünk a felesleggel ekvivalens

$$\dot{E}_{\text{Mn}A} = -100 \cdot (4,84/33,18) = -14,60 \text{ kg}$$

mangánércet.

Az utolsó lépésben még vegyük figyelembe azt is, hogy a savas meddőjű Mn-ércnek M'_{Mn} mészkő-szükséglete van. Ennek értéke az ércre és a salakra:

$$M'_{Mn} = 1,99 \cdot (33,18/52,7) = 1,25 \text{ kg,}$$

$$M'_A = -14,60 \cdot (33,18/52,7) = -9,18 \text{ kg.}$$

A különböző hozagokkal való előjelhelyes kiegészítés az 5. táblázatban feltüntetett módon hat a két összehasonlítandó elegyalkotó Fe-tartalmára. Az összehasonlításnak ez a módja az acélgéártási salak olyan megjavult értékét mutatja, mely az egyszerű naturális összehasonlítás alapján nem érhető el. Az összehasonlítás olyan elegyviszonyok között érvényes, melyben ércből és mészkőből álló komponensekhez adjuk az acélműi salakot. Ebben az esetben természetesen, hogy salakban való mészfelesleg mészkő-megtakarítás formájában jelentkezik.

Ennek a módszernek az alkalmazása – az 5. táblázat soraiból is kivehetően – hatékonyan csökkenti a nevezőt, ennek megfelelően jelentősen megnő az acélműi salak effektív Fe-tartalma. Ezzel a számítási módszerrel az acélmű salak felhasználásával járó előnyt a salak vastartalmának növekedésével illusztráltuk. Az eredmény azt mutatja, hogy a megfelelő korrekciókkal a naturálisan 13,5% Fe-tartalmú acélműi salak virtuálisan nagyobb Fe-tartalmúnak minősül, mint a 64%-os Fe-tartalmú brazil vasérc.

5. táblázat. Az acélgéártási salak és a brazil vasérc effektív Fe-tartalmának alakulása az egymást követő adalékolások hatására egy vasércből, mangánércből, mészkőből és acélgéártási alakból álló elegyben. Jelmagyarázat: 1) eredeti értékek; 2) mészhiány (felesleg) hatása; 3) mészhiány és Mn-hiány (felesleg) együttes hatása; 4) mészhiány, Mn-hiány és a pót-mészkő együttes hatása

	Brazil vasérc	Acélgéártási salak
1	64,0%	13,5%
2	$Fe'_B = \frac{64 \cdot 100}{100 + 4,40} = 61,30\%$	$Fe'_A = \frac{13,5 \cdot 100}{100 - 60,7} = 34,35\%$
3	$Fe''_B = \frac{64 \cdot 100}{100 + 4,40 + 1,99} = 60,16\%$	$Fe''_A = \frac{13,5 \cdot 100}{100 - 60,70 - 14,60} = 54,65\%$
4	$Fe'''_B = \frac{64 \cdot 100}{100 + 4,40 + 1,99 + 1,25} = 59,46\%$	$Fe'''_A = \frac{13,5 \cdot 100}{100 - 60,70 - 14,6 - 9,18} = 86,98\%$

6. táblázat. A brazil vasérc effektív Fe-tartalmának alakulása a hagyományos adalékolás, valamint az acélgéártási salakkal történő adagolás hatására

Hagyományos adalékok	Acélgéártási salak, mint adalék
$Fe'''_B = \frac{(64 + 1,99 \cdot 0,026) \cdot 100}{100 + 4,40 + 1,99 + 1,25}$	$Fe'''_A = \frac{(64 + 7,52 \cdot 0,135 + 1,06 \cdot 0,026) \cdot 100}{100 + 7,52 + 1,06}$
$Fe'''_B = 59,50\%$	$Fe'''_A = 60,04\%$

A különböző adalékolások hatását tükröző effektív Fe-tartalom alakulását az 5. táblázat mutatja.

Az 5. táblázat jobb oldala az acélgéártási salakban levő CaO- és Mn-felesleg látszólagos Fe-növelő közvetlen és közvetett hatását mutatja azon oknál fogva, hogy az egész ércből le kell vonni az ún. feleslegeket. A módszer jelképesnek fogható fel annál is inkább, mert a mészfelesleggel kapcsolatos levonandó értéket nem mész, hanem mészkő formában érvényesíti.

A módszer mindenesetre alkalmas arra, hogy az acélműi salakban levő értékes alkotók, „feleslegben” levő értékéből következő megtakarítások elegyjavító hatását kimutató logikai összefüggéseket bemutassa.

3.4. A vasérc értékelése a hagyományos adalékokkal és acélgéártási salakkal

Az itt sorra kerülő vizsgálattal egyrészt megismételjük a hagyományos mészkő, Mn-érc adalékok hatásait, másrészt felhívjuk a figyelmet az acélgéártási salakkal történő adagolás hatásaira. A részletszámítások elkerülésével a 6. táblázat a végeredményt mutatja.

A táblázat jobboldali részén található 7,52 és 1,06-os értékek a 100 kg vasérc meddőtartalmának elsalakisításához szükséges acélgéártási salak és Mn-érc mennyiségét mutatja, melyből az előbbi érték már tartalmazza a Mn-érc mészkőszükségletét is. A képletek számlálójában a vasérc eredeti Fe-tartalmát kiegészítettük a salak és a Mn-érc Fe-tartalmával.

7. táblázat. Az acélgyártási salak hatása a nagyolvasztó éves elegy- és kokszzükségletére, valamint azok értékére (kt/év és Mrd Ft/év)

Salak	IOCP-érc	K-érc	Pellet	Mn-érc	Mészke	Dolomit	Kokszpor	Koksz	Érték*
0	945	0	892	31,1	171	110	53,2	583,5	108,2
85	900	0	918	18,7	109	114	49,8	587,9	107,6
148	4	847	884	14,7	59	82	43,8	582,4	110,6

* Mrd Ft/év

Az összehasonlító számítások szerint érdemes az acélgyártási salakot bázispótló adaléknak használni, mert növeli az önjáróra beállított elegy Fe-tartalmát. Ebbéli szerepében a salak teljes mértékben pótolni tudja a vasérc és Mn-érc mészigényét és hozzávetőleg a Mn-szükséglet felét. A módszer hiányosságának fogható fel, hogy nem tartalmaz kalorikus jellemzőket, és nem tudja előre jelezni az acélgyártási salak hatásait az olyan jelentős költségtételekre, mint a zsugorítóműi kokszporfelhasználás és a nagyolvasztói kokszfogyasztás.

A fentiekben ismertetett két elegyértékelő módszer elsősorban szemléletessége miatt érdemel figyelmet. Lényege, hogy a vizsgálatokat 100 kg vasércre vonatkoztatva, azokat önjáró állapotra való hozással végzi. Erénye, hogy felhívja a figyelmet az acélgyártási salak rejtett értékeire.

Természetesen van olyan értékelési mód is, mely az acélműi salak pozitív hatásait a fajlagos elegyalkotók változásával szemlélteti. A továbbiakban ez a módszer kerül ismertetésre.

3.5. Az acélgyártási salak értékelése egyszerűszerkezetben

Az acélműi salak értékét ebben a fejezetben egy olyan modellel prezentáljuk, mely egy összehasonlító elegyszámítás-sorozat eredményeit mutatja, fajlagos értékekben kifejezve.

Már a fentiekben ismertetett ércbázisú összehasonlítás is figyelemre méltó eredményeket hozott a triviális – vagyis a legegyszerűbb összetétel-összehasonlításon alapuló – módszerhez képest, az egyszerűszerkezetben való értékelés azonban képes lesz egy egységnyi nyersvastermékre jutó vasérc, mangánérc, mészke, valamint zsugorítói kokszpor- és kokszzükséglet meghatározására is, acélműi salak nélkül és azal kiegészítve.

A modellel a már ismert összetételű vasérc mellett egy kiegészítő vasércből és egy pelletből, acélműi salakból, Mn-érből, mészkeből, kokszporból és kohókokszból állítjuk össze. A Dunaferr igényeire szabott modellemben évi 1,1 millió tonna zsugorítvány előállítását, 1,25 millió tonna 0,8% Mn-tartalmú nyersvas legyártását írjuk elő 1,1 bázikusságú és 9% MgO-tartalmú salak előállításával. A zsugorítás energia-

szükségletét a szerző a szakirodalom figyelembevételével megalapozott összefüggésekre [5] építette, a nagyolvasztói kokszfogyasztás becslésére egy szakirodalmi hivatkozásból vett képletet [6] használt, melynek alakja

$$k = 470 + 0,164E + 0,249M - 1,006Zs - 1,142Pe - 0,093T \text{ kg/t.} \quad (5)$$

A képletben szereplő E , M a fajlagos elegyet jelentik. A Zs és a Pe az elegyben a zsugorítvány és a pellet %-os aránya, T a fúvósél hőmérséklete [5]. A matematikai módszer alapja az anyag- és hőmérégek alkalmazása [7]. A felállított egyenletrendszer egy minimális betétköltség biztosításával adja a kt/év mértékegységű megoldást.

7. táblázat: Az acélgyártási salak hatása a nagyolvasztó éves elegy- és kokszzükségletére, valamint azok értékére (kt/év és Mrd Ft/év)

Látható, hogy az új módszer az előbbiekhöz képest teljes áttekintést ad a helyettesítő képességet illetően. Ezek az értékek a következők:

A vasércekre vonatkozó helyettesítő képesség (3 érc átlagára):

$$h_{V\text{érc}} = \frac{900 + 0 + 918 - (945 - 0 - 892)}{85} = \frac{-19}{85} = -0,223 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

A mangánércre vonatkozó helyettesítő képesség:

$$h_{Mn\text{érc}} = \frac{14,7 - (31,1)}{85} = \frac{-16,4}{85} = -0,193 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

A mészke és a dolomitra vonatkozó helyettesítő képesség:

$$h_{MD} = \frac{109 + 114 - (171 + 110)}{85} = \frac{-58}{85} = -0,682 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

A kokszporra vonatkozó helyettesítő képesség:

$$h_{K\text{por}} = \frac{49,8 - 53,8}{85} = \frac{-4}{85} = -0,047 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

A kohókoksza vonatkozó helyettesítő képesség:

8. táblázat. Az LD-salakkal elérhető helyettesítő képességi értékek két közelítés szerint

Elegyalkotó megnevezése	Helyettesítő-képesség kg/kg salak		Helyettesített anyagok értéke Ft/kg salak	
	4. táblázat szerint	utóbbi számítás szerint	4. táblázat szerint	utóbbi számítás szerint
Brazil vasérc/Érccek	0,21	0,223	5,61	3,11
Ukrán mangánérc	0,15	0,193	6,45	8,30
Mészke	0,62	0,682	3,41	3,75
Dolomit	–		–	
Kokszpor	–	0,047	–	2,82
Kohókoksza	–	–0,055	–	–4,95
Összesen			15,47	13,03

$$h_k = \frac{587,9 - 583,5}{85} = \frac{4,4}{85} = +0,052 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

Látható, hogy az acélgártási salak felhasználásával az összes elegyalkotó és kokszpor mennyisége csökken, kohókoksza valamelyest nő.

A 8. táblázat 2. oszlopa a fentiekben számolt 1 kg acélműi salakra vonatkozó érc-, mészke- és kokszmegtakarításokat mutatja, melyet célszerű összehasonlítani a más elven nyert és a 4. táblázatban szereplő értékekkel.

Az anyagmérlegeken alapuló módszer sajátossága, hogy önmagában teljességre törekszik, és olyan részleteket is kimutat, melyeket a triviális módszerrel nem érhetünk el. Az amúgy kis Fe-tartalmú acélgártási salak zsugorítói elegybe történő egyre nagyobb mennyiségben való adagolásának egyik következménye az lesz, hogy a ferrumban elszegényedő zsugoritmány Fe-tartalmát pótolni kell vagy a zsugorítószalagra, vagy közvetlenül a nagyolvasztóba adagolandó egyéb vashordozókkal. Ezért van szükség a vashordozók számának növelésére. A folyamatosan növekvő CaO- és Mn-tartalmú elegyben megjelenő többlet-CaO és -Mn az elegyből mészke és a drágább Mn-érc formájában kerül eltávolításra. A csökkenő mennyiségű nyers érc kristályvíz- és karbonáttartalma kevesebb zsugorítói kokszport igényel. Mindezek a hatások ér-

vényesülnek a 7. táblázat éves anyagszükségletének meghatározásában.

Az újabb módszerrel kapott adatokat összehasonlítva a 4. táblázat első oszlopával, ahhoz nagyon hasonló helyettesítési értékeket kapunk, ami korábbi fejtegetéseink helyességét is mutatja. Ha az utóbb kapott 13 Ft megtakarításból levonjuk az acélgártási salak kb. 3 Ft kezelési, szállítási költségét, akkor a kapott 10 Ft költségmegtakarítás maga az acélműi salak értéke, mely egy átlagos agglóérc bekerülési árának az 50%-át, egy koncentrátumnak a 40%-át és egy pelletnek a 30%-át teszi ki a 2010-es évtized végének érc-árai szerint.

4. Az acélműi salak felhasználhatóságának korlátai

Miután meggyőződünk az acélműi salaknak a nagyolvasztói lehetséges reciklálását lehetővé tevő kémiai alkalmasságáról és gazdaságosságáról, célszerű megvizsgálni a felhasználható fajlagos vagy éves mennyiségeket is. A felhasználhatósági korlát a salak P-tartalmából adódik, mivel acélgártási szempontokból a nyersvas P-tartalmát korlátozni kell. A salakban jelen levő SiO₂ is a salak káros alkotója, ez azonban nem jelen korlátot, legfeljebb rontja a gazdaságosságot.

9. táblázat. A különböző acélgártási salakreciklási stratégiákkal elérhető eredmények

Jelölés	Felhasznált salakmennyiség	Maradék Mn-érc	Maradék mészke	Nyersvas P-tartalma	Nyersvas Mn-tartalma
M.e.	kt/év	kt/év	kt/év	%	%
0	0	31,1	171	0,064	0,80
1	60	22,3	127	0,086	0,80
2	85	18,7	109	0,100	0,80
3	150	14,6	59	0,100	0,80

Az acélgártási salak felhasználásának három célja hozzávetőleg megegyezik a felhasználás három korlátjával. A CaO-, a Mn- és a Fe-tartalom azonban nem korlát, mivel a nyersvasban levő vastartalom végtelen nagy a gyakorlatban felhasználható salakban levő vashoz képest. Ehelyett a nyersvas P-tartalmát tekinthetjük korlátnak. A különböző felhasználási stratégiákkal elérhető eredményeket a 9. táblázat mutatja.

A számítások szerint az acélgártási salak felhasználása nélkül gyártott nyersvas P-tartalma 0,064%. Ez az alacsony érték a felhasznált kis P-tartalmú vasércnek és az itt figyelembe nem vett nagy P-tartalmú hulladékok betétből történő kihagyásának köszönhető. Ez az alacsony érték képezi az egyik alapját az acélgártási salak felhasználásának. Az LD-salaknak a 9. táblázatban közölt 31,1 kt/év értékű felhasználása 18,7 kt/évre, azaz 40%-kal csökken, míg a mészkeő csökkenése 36%-os, kismértékű dolomitfelhasználás mellett. Amennyiben az acélműben képződő 150 kt/év mennyiségű salakot teljes mennyiségben fel szeretnénk használni, akkor a Mn-érc felhasználás 53%-át és a mészkeőfogyasztás 6%-át sikerül kiváltani gyakorlatilag változatlan nyersvas Mn- és P-tartalom mellett.

Amikor a salakfelhasználás eléri a 85 kt/év értéket, a P-mérlegből következőleg a nyersvas P-tartalma eléri a kritikus 0,10%-ot. Hogy ez az érték ne növekedjen tovább, az alapnak választott IOCP-ércet fokozatosan kisebb P-tartalmú és (a nagyobb Fe-tartalom miatt) drágább Ingulecki K-ércekre kell cserélni. Ennek következtében az elegyköltség 85 kt/év salakfelhasználáson túl már növekszik. Ezzel meghatároztuk az acélgártási salak gazdaságilag optimális mértékét.

A fentiekben közölt értékeket a felhasznált érc P- és SiO₂-tartalma nagyban befolyásolja. A felhasználás kulcskérdése a nyersvas megengedett P-tartalma mely viszont az LD-konverter foszfortalanítási viszonyaitól függ.

A fentiekben vázolt viszonyokat szemlélteti az 1. és a 2. ábra.

Az acélgártási salak nagyolvasztóban történő felhasználásával járó h haszon a kritikus pontig, a 7. táblázat számolt adatai szerint

$$h = 108,2 - 107,6 = 0,6 \text{ Mrd Ft/év.}$$

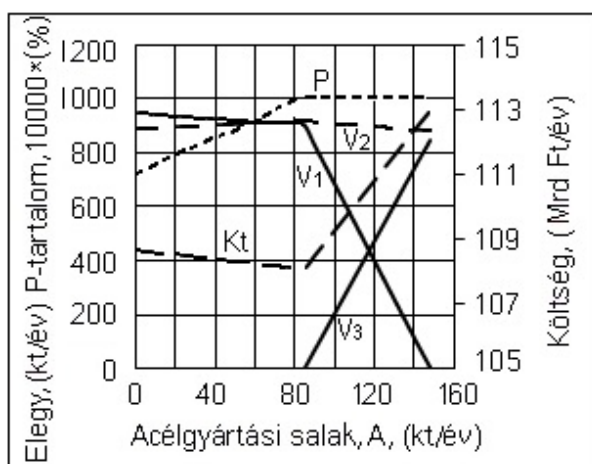
Amennyiben a felhasználás meghaladja a kritikus mértéket, a salakfelhasználás akár veszteséges is lehet.

Összefoglalva az acélműi salakfelhasználás korlátait a következő befolyásoló tényezőkre kell figyelni: a vas- és mangánérc, valamint az acélgártási salak SiO₂-tartalma, P-tartalma és ára, a nyersvas megengedett P-tartalma.

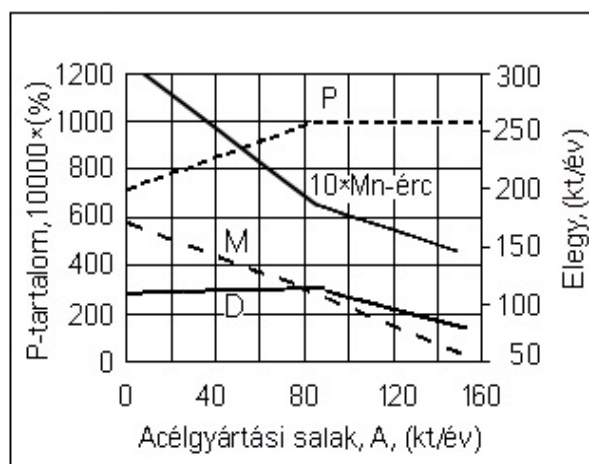
5. A nyersvas kritikus P-tartalmának becslése

Térjünk vissza ahhoz a megállapításunkhoz, hogy a nyersvas lehetséges maximális P-tartalmát a konverter foszfortalanítási viszonyai határozzák meg! Nézzük meg, mennyiben volt célszerű a nyersvas P-tartalmát 0,10%-ra felvenni!

A kérdést a Dunaferr 2016-os év II. félévének elemzési adataira támaszkodva próbáljuk megoldani. Az adatokból kideríthetők a foszfortalanítás üzemi feltételei és a számszerű statisztikai adatok. A vizsgálat során az adatbázisban szereplő adatokat növekvő $L_P = (P)/[P]$ szerint rendeztük sorba majd meghatároztuk az 1. és a 10. decilishez tartozó azon paramétereket, amelyek fontos szerepet töltenek be a foszfortalanítási folyamatban. Az adatokat a 10. táblázat mutatja.



1. ábra. Az acélműi salak növekvő adagolásával beálló fontosabb összetételi és költségváltozások alakulása. Jelmagyarázat: P – nyersvas P-tartalma, V1, V2, V3 – a felhasznált IOCP, vasércpellet és Ingulecki K-érc évi mennyisége, Kt – a betét költsége



2. ábra. Az acélműi salak növekvő adagolásával beálló fontosabb betét- és költségváltozások. Jelmagyarázat: P – nyersvas P-tartalma, 10·Mn-érc – az évi Mn-érc felhasználás 10-szerese, M és D – az évente felhasznált mészkeő és dolomit mennyisége

10. táblázat. Az acélműi adatbázis foszfortalanítási szempontból fontosabb paraméterei

		FeO, %	MnO, %	CaO/SiO ₂	Pellet, t	L _P
1. decilis	átlag	15,5	7,20	3,00	0,39	35,8
10. decilis	átlag	16,3	6,76	3,29	1,08	91,4
1. decilis	szórás	2,03	0,75	0,22	0,52	4,4
10. decilis	szórás	2,18	0,60	0,21	0,68	6,5

A sorba rendezéssel kapott adatbázisból a legegyszerűbb módon meghatározhatók a foszfortalanítás üzemi feltételei melyek a következők: a FeO-tartalom növelése, a CaO/SiO₂ érték növelése, a pellet mennyiségének növelése. Az egyébként fontos hőmérséklet nem szerepel az adatbázisban, de ez egyébként sem operatív paraméter.

A 10. decilisben megadott paraméterek minden további nélkül beállíthatók a konverteres gyártás során, ezért a betétviszonyokat és a betétköltségeket lényegesen megváltoztató intézkedésekre nincs szükség. A módosított technológiánál az intézkedéseknek köszönhetően 91,4-re becsült átlagos L_P várható, melynek szórása 6,5.

A betét átlagos P⁰ foszfortartalmát a 10%-ra becsült salakmennyiség és a közeljövőben várható 0,01% P-tartalmú acélelőírás alapján a

$$[P] = P^0 / (1 + m L) \quad (6)$$

képlettel becsülhetjük, melynek középértéke

$$P^0 = 0,01 \cdot (1 + 0,1 \cdot 91,4) = 0,101\%$$

Mivel átlaggal számoltunk, a gyakorlatban várható P⁰ érték fele ennél több lesz, másik fele ennél kevesebb. Figyelembe véve 95%-os statisztikai biztonságot, célszerű a megoszlási tényezőt 2σ-val kisebbre venni. Ebben az esetben a 0,01% acél P-tartalom biztosításához a P⁰ szükséges értéke 0,0884%. A fenti értékből a nyersvas átlagos P-tartalma a fajlagos betétkötők mennyisége és azok P-tartalma ismeretében a súlyozott átlagszámítás alapján 0,10%-nak adódik. Ezek szerint, módosított salakviszonyok mellett a kellő biztonsággal számított 91,4–2σ értékű P-megoszlás mellett a 0,010% P-tartalmú acél gyártáshoz a 0,10% P-tartalmú nyersvas felhasználása megengedhető lesz.

Napjaink és a közeljövő acélminőségi követelményei mellett a 0,010% P-tartalmú acél gyártása elfogadható, ami az acélgyártási salak felhasználását nem korlátozza.

6. Összefoglalás

A kohóbetétbe felhasználható acélműi salak mennyiségének kulcskérdése tehát a nyersvas, végső soron az acél P-tartalma. A kérdés kedvező megoldásához rendelkezésre álló eszközök az alábbiak lehetnek:

- Kisebb P-tartalmú ércet beszerzése a kohóbetétbe.
- Nagyobb hatásfokú foszfortalanítás az acélgyártásnál.

- A nyersvas P-tartalmának csökkentése, annak előkezelésével.

A fenti lehetőségek közül az első igen gazdaságos, de esetleges, mivel történetileg a legkisebb, hosszabb időszakokra megvalósított nyersvas P-tartalom 0,060% körüli volt.

Az acélgyártás foszfortalanítási feltételeit tovább kell kutatni. Ennek során ki kell alakítani egy kompromisszumot a foszfortalanítás által megkívánt reakcióképesség és a falazat védelmét szolgáló sűrű konzisztencia között.

A nyersvas előkezelése hosszabb távon ígéretesnek látszik. Az előzetes deszilicizálással és foszfortalanítással elérhető P-tartalom a szakirodalom szerint 0,01%-nál is kisebb lehet. Ebben az esetben már teljes biztonsággal megvalósulhat a 100%-os acélgyártási salakreciklálás.

7. Következtetések

A vaskohászati vertikumban keletkező acélműi salak másodnyersanyagként való felhasználása jelentős tartalékot jelent a nagyolvasztó számára. Értékét a mangán-, a vas- és a mésztartalom adja, mely közel egyenrangúvá teszi az agglóérccekkal. A magas P-tartalomtól fakadó felhasználási korlátok elhárításával, a helyi salakokkal megoldható a Mn-érc 50–60%-os és a mészkő 60–70%-ának kiváltása, mellyel a betétköltség kb. 0,6%-kal csökkenthető.

IRODALOM

- [1] Lucy V. et al. (2019): The recycling and reuse of steel-making slags. Resources, Conservation & Recycling Journal, 146, 244–255.
- [2] Branca T. A., et al. (2020): Reuse and recycling of by-products in the steel sector: Recent achievements paving the way to circular economy and industrial symbiosis in Europe. Metals, 10, 345; DOI: 10.3390/met10030345.
- [3] ISD Dunaferr Zrt. Termelési adatok. Acélműgyár, 2016
- [4] ISD Dunaferr Zrt. Termelési adatok. Nagyolvasztógyár, 2018
- [5] Vegman E. F.: Domenoje proizvodstvo. Moszkva, Metallurgija kiadó, p. 177.
- [6] Farkas O. (1989): Nyersvasmetallurgia. Tankönyvkiadó, Budapest, p. 388.
- [7] Hári L. (2021): Nyersvasgyártás példatár. II. Magánkiadás, Dunaújváros, p. 98.

A szinterelési hőmérséklet és idő hatása a precíziós öntészetben alkalmazott kerámiahéj-formák tulajdonságaira

Effect of sintering temperature and time on the properties of ceramic shell molds used in investment casting

KISS DÁNIEL

junior mérnök

Magyarmet Finomöntöde Kft.

d.kiss@magyarmet.hu



A precíziós öntészetben a kerámia öntőforma döntő szerepet játszik a termék minőségének meghatározásában. A mintákat és a közös beömlő köré kerámia öntőformát képeznek, ezt követően a viaszt eltávolítják. A technológia során a formát szinterelik, mindezt a formában maradó viasz, valamint nedvesség és illékony tartalom eltávolítása miatt, továbbá, hogy a szinterelési folyamat révén, a kerámia részecskék összeolvadásával a kerámiaforma szilárdsága növekedjen. Az öntés során az elégtelen héjszilárdság a héj megrepedését és az olvadék elfolyását eredményezheti, míg a túl nagy szilárdság megnehezítheti a héj eltávolítását, vagy forrón repedéseket okozhat az öntvényekben. Ez utóbbi azt jelenti, hogy az öntvényen törés keletkezik, mivel az öntvény zsugorodását a héj akadályozza a megszilárdulás során.

A kerámia öntőforma szilárdsága hárompontos hajlítóvizsgálattal minősíthető. A szinterelés állapotának felméréséhez további segítséget nyújt a hajlítószilárdsági próbatestek töretfelületének elemzése sztereomikroszkóppal, és a minták porozitásának a vizsgálata higanyporozimetriás méréssel.

Kulcsszavak: precíziós öntészet, kerámia öntőforma, hajlítószilárdság

In the case of investment casting, ceramic shell plays a crucial role in determining the quality of the product. During the shell making process a ceramic shell builds up around the patterns and the sprue. After the shell layers are formed, the wax is removed. In order to eliminate the residual wax and to remove the moisture and volatile contents, ceramic shells must be sintered. The sintering process makes the shell stronger due to the fusion of ceramic particles.

Insufficient shell strength may result in shell rupture during casting, while too high strength can make the shell removal difficult, or it can cause hot cracks in the castings. This latter means that the casting breaks since casting shrinkage is hindered by the shell during solidification.

I made rectangular cross-sectioned samples from the ceramic shell and had them sintered at different temperatures and for different periods of time to study the effect of sintering parameters. The flexural strength of the ceramic shell was determined by 3-point flexural testing. Investigation with mercury porosimetry was held to examine the porosity of samples. I studied the samples with stereo microscopy to analyze their microstructure and the fracture surface.

The results of my experiment were the following:

- 1) The temperature has a decisive effect during the sintering process. At elevated temperatures (1150 °C and above) the increase of flexural strength was very significant. The duration of sintering has a small effect on the flexural strength in the studied time intervals.*
- 2) The porosity and the pore size of samples increased with the progress of sintering. The reason of this phenomenon is the formation of „necks” between the refractory particles and the fusion of binder particles from the slurry around the particles from the stucco.*
- 3) The micrographs of fracture surfaces show that the microscopic failure mechanism of the samples is affected by the sintering temperature. The debonding of particles was dominant under 1250 °C, while at elevated temperatures failure occurs through the fracture of the refractory particles from the stucco.*
- 4) A simple model was created and applied to describe quantitatively the effect of the sintering time and temperature on the strength and porosity the ceramic shell.*

Keywords: investment casting, ceramic shell, bending strength

1. A kerámia öntőforma szilárdsága és mérési módszerei

A precíziós öntészetben a kerámiahéjnak elnevezett öntőformának magas hőmérsékleten kell ellenállnia a fémolvadék öntéséből adódó erőteljes lökésnek és nyomásnak. Ebből kifolyólag a forma szilárdságának felmérése és vizsgálata létfontosságú a kerámiahéj repedésének, törésének, illetve a fémolvadék elfolyásának megelőzésére. A kerámiahéj szilárdságának meghatározásához jellemzően három-, illetve négy-pontos hajlítóvizsgálatot végeznek. A vizsgálat előre meghatározott méretű viaszpróbatestek héjképzésével végezhető el, amelyekből a héjképzést követően eltávolítják a viaszt, és szükség szerint megfelelő méretűre darabolják.

A kerámiahéj szilárdsági értékei eltérőek a technológiai folyamat során. Ezek alapján megkülönböztetünk nyers szilárdságot (a viaszkiolvasztást megelőzően), magas hőmérsékleten mért szilárdságot (az öntésnél jelentkező hőviszonyok szimulálásával), valamint kiégetett szilárdságot, amely az öntést követően szobahőmérsékleten az öntvénybokrok tisztításánál, azaz a héjeltávolításnál játszik jelentős szerepet [1]. A hárompontos törővizsgálat képlete téglalap keresztmetszetű próbatétel esetében az alábbi egyenletként írható le:

$$\sigma_{MAX} = \frac{3P_{MAX}L}{2WH^2}, \quad (1)$$

ahol σ_{MAX} a hajlítószilárdság [MPa], P_{MAX} a törés be-következésekor alkalmazott törőerő [N], L az alátámasztás távolsága [mm], W a minta szélessége [mm], H pedig a minta magassága [mm].

A beállított törési terhelés (*AFL*: Adjusted Fracture Load) szintén fontos paramétere a héj szilárdságának mivel figyelembe veszi a próbatétel vastagságának hatását a törési szilárdságra. Az f_B paraméter konstans, értékét szabvány határozza meg [2]. A beállított törési terhelést a (2) egyenlet írja le:

$$AFL_B = f_B \sigma_{MAX} H^2. \quad (2)$$

2. Szinterelés hatása a kerámia öntőforma tulajdonságaira

Az öntőforma tulajdonságaira jelentős hatást gyakorol a szinterelés folyamata. Szinterelésnek nevezzük azt a hőkezelési folyamatot, amely során a kerámiaszemcsék közt kötések jönnek létre magas hőmérsékleten, és egy koherens, többségében szilárd állapotú szerkezetet hoznak létre. Az összekapcsolódás atomi méret-tartományban, diffúzió segítségével valósul meg [3].

Egy korábbi kutatás [4] során, amely a szinterelés hőmérsékletét és időtartamának hatását vizsgálta, arra a megállapításra jutottak a kutatók, hogy a szemcse-

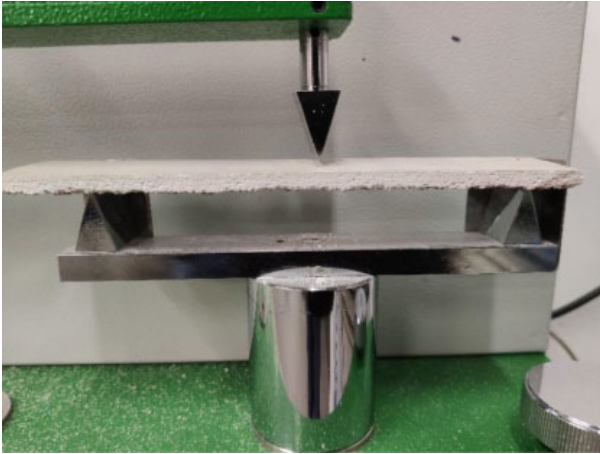
durvulás még nem volt jelentős alacsony hőmérsékletű (kevesebb, mint 600 °C) és rövid idejű (1 óra) szinterelés során, ennek következtében a kerámiahéj szilárdságát sem befolyásolták jelentősen. A hőmérséklet növeledésével a szemcsedurvulás egyre jelentősebb volt, ami által a kerámiaforma szilárdsága is növekedett; azonban, ha a hőmérséklet a kerámiát alkotó ásványoknak az amorf–kristályos átmenetét meghaladta (ez a kutatás szerint 1000–1200 °C), a héj szilárdsága csökkenni kezdett. Ezt SiO₂ alapú héjak esetében, az amorf fázis α -kristobalittá alakulása okozza, amely során 7% térfogatváltozás játszódik le, repedést és porozitást okozva a héjban. A kutatás során végzett röntgendiffrakciós vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy 1000 °C felett az amorf szilikaüveg kezdett átalakulni α -kristobalittá, továbbá az égetési idő növelésével a kristályos fázis aránya egyre növekedett.

A szinterelésnek a szilárdságra és a porozitásra irányuló kapcsolatát vizsgáló kutatás [5] arra a következtetésre jutott, hogy a szinterelés előrehaladtával, a szemcsék közötti pórusok egyre inkább beszűkültek, illetve bezáródtak, ezáltal a minták sűrűsége növekedett, valamint a porozitásuk csökkent. A pórusok beszűkülése a szinterelés első két órájában volt a legjelentősebb mindegyik égetési hőmérsékleten. A legnagyobb sűrűsége és legkisebb porozitása a legmagasabb, 1500 °C-on kiégetett próbatesteknek volt, ezzel együtt pedig a hárompontos hajlítóvizsgálat eredményei alapján, itt mérték a legnagyobb szilárdságot. Az 1500 °C-os szinterelésnél az 1350 °C-os hőmérséklet-hez képest több mint kétszeresére emelkedett a próbatétel szilárdság értéke. A minták szteromikroszkópikus felvételeinek tanulmányozása megmutatta, hogy 1200 °C-on a tűzálló szemcsék változatlan maradtak, míg 1500 °C-on a szemcsék kissé deformálódtak. Ez arra utal, hogy 1500 °C-on a kerámiaszemcsék már kissé meglágyulnak, ezáltal erősebb kötések tudnak kialakulni közöttük.

3. A kísérlet leírása

Az elvégzett kísérletek/mérések során a korábbi kutatások és szakirodalmi ismeretek alapján kutattam a technológia optimalizálásának a lehetőségét a szinterelési paraméterek megváltoztatása révén, tehát a vastagság változtatása nélkül elérhetjük, hogy a kerámiahéjnak megfelelő teherbírása legyen.

A hárompontos hajlítóvizsgálathoz kerámia próbatesteket készítettem és szintereltem különböző hőmérsékleteken és időtartamokon, referenciaként a Magyarmet Finomöntőde Kft.-nél alkalmazott szinterelési (felfűtési és hűtési) programot alkalmaztam, továbbá végeztem hajlítóvizsgálatot szinterelés nélküli (ún. nyers) próbatesteken is. Az 1. ábrán látható egy próbatétel vizsgálatra előkészítve. Az 1050



1. ábra. Kerámia próbatest hajlítógépen előkészítve

°C-os 1 órás hőntartású szinterelés elvi diagramja látható a 2. ábrán.

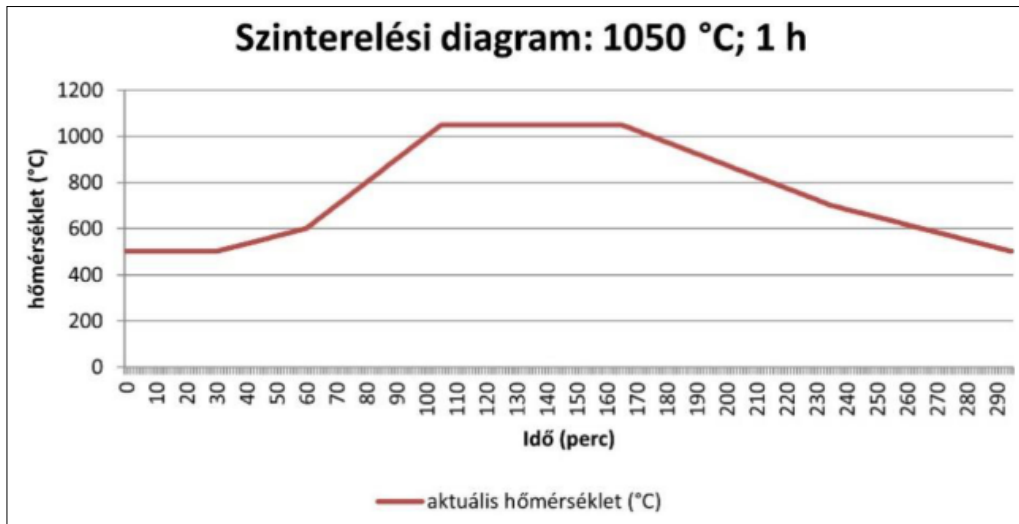
A próbatesteket 500 °C-ra előmelegített kemencébe helyeztem el, majd 30 perc hőntartást követően egy előre meghatározott program szerint fokozatosan növeltem a hőmérsékletet az 1. táblázatban megadott értékig

A minták porozitását úgynevezett higanyporozimetriával határoztam meg, míg a tönkremeneteli folyamatokat sztereomikroszkóppal tanulmányoztam. A szinterelés hatásának mennyiségi vizsgálatára egy egyszerű modellt állítottam fel, amelyben vizsgáltam a szinterelés hatását a porozitásra és a héjszilárdságra. Az alkalmazott szinterelési paramétereket és a beállított paramétereknél vizsgált próbatestek adatait az 1. táblázatban foglaltam össze.

A higanyporozimetriás vizsgálat során a mérőberendezés (3. ábra) lépésenként növekvő nyomásértékek mellett higanyt injektál a mintába, miközben a higany fogyásából meghatározza a pórusok térfogatát, valamint a minta porozitását. Adott nyomáson a pórusok méretének megbecsléséhez a

$$D = -4\gamma \cos \theta / P \quad (3)$$

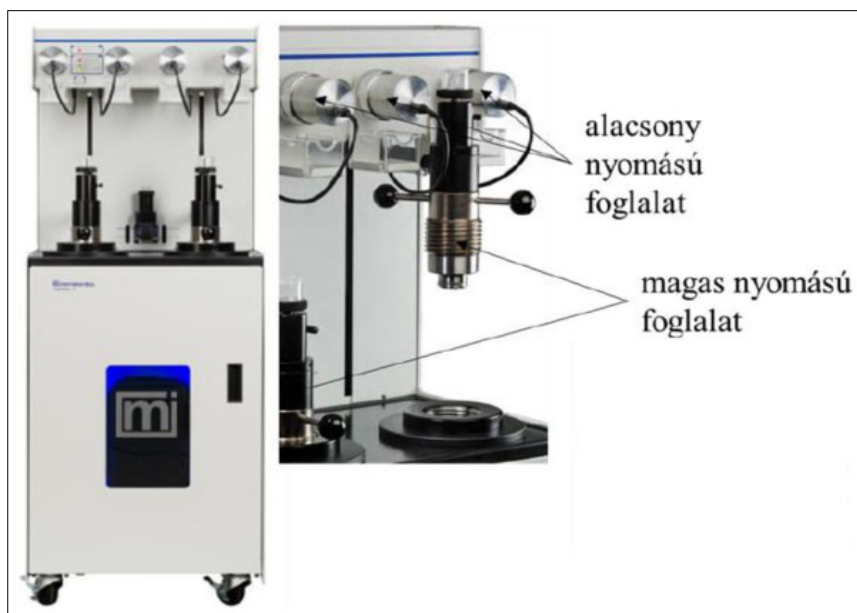
Washburn-egyenlet (3) használható fel [6], ahol γ a felületi feszültség, θ a peremszög, P a nyomás, D pedig a pórusátmérő [6]. A Washburn-egyenlet hengeres pórusokat feltételez, azonban a pórusok valódi alakja ettől eltér.



2. ábra. 1050 °C-os hőntartású program szinterelési diagramja

1. táblázat. Kísérleti paraméterek (hőmérséklet és idő) mátrixa: Jelölések: (P) porozimetria párhuzamos méréseinek száma; (H): hajlítóvizsgálat párhuzamos méréseinek száma; (X): nem vizsgált kísérleti beállítás

Nyers: P1; H5		Szinterelési (hőntartási) időtartam (óra)					
		0,5	1	1,5	2	3	4
Szinterelési (hőntartási) hőmérséklet (°C)	850	P1; H4	P0; H4	X	P1; H5	P0; H5	P1; H5
	1050	P1; H6	P1; H6	P0; H6	P3; H6	P0; H6	P2; H6
	1150	P1; H5	P1; H5	X	X	X	P1; H5
	1250	P1; H5	P1; H5	X	P1; H5	X	P1; H5
	1450	P1; H5	P0; H6	X	X	X	P1; H6



3. ábra. A higanyporoziméter mérőkészülék

Egy tetszőleges keresztmetszetű pórust az egyenértékű átmérő számításával válthatunk át körkeresztmetszetű pórusra. Ennek a képlete a következő:

$$D_e = 4A/K, \quad (4)$$

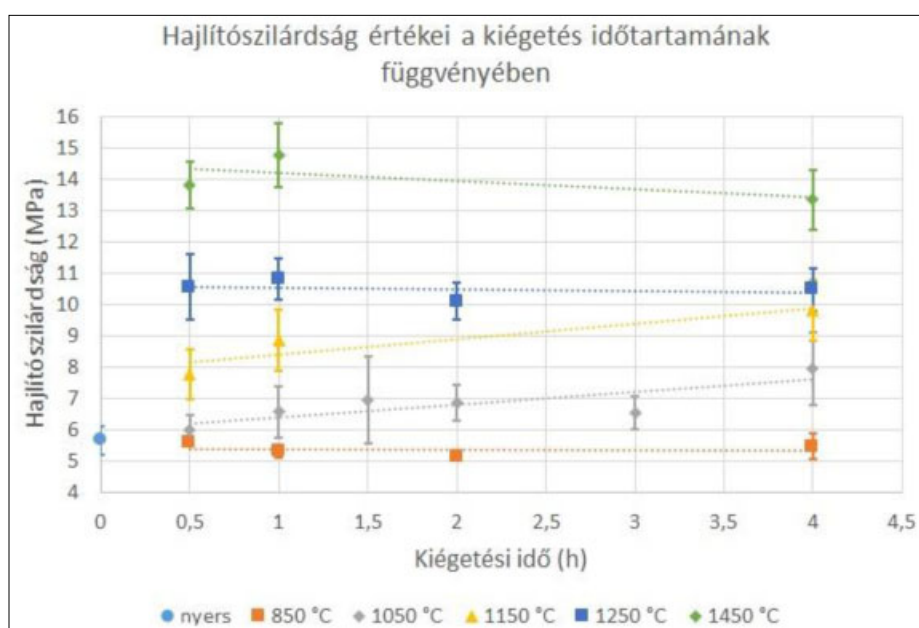
ahol D_e az egyenértékű pórusátmérő, A a pórus keresztmetszete, K pedig a pórus kerülete. Az egyenlet alapján megállapítható, hogy az egyenértékű átmérőt a keresztmetszet növekedése, valamint a kerület csökkenése, azaz a pórusok lekerekedése növeli.

4. Kísérleti eredmények és értelmezésük

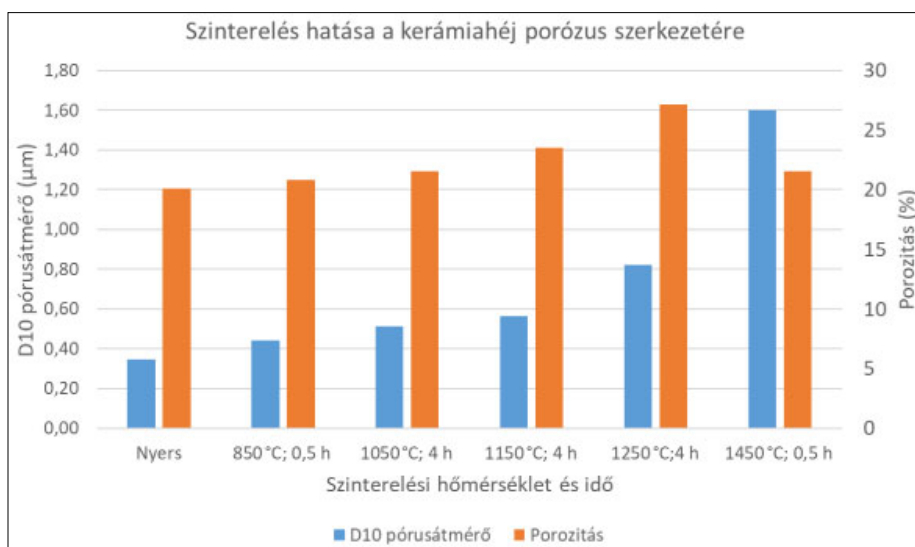
Az elvégzett hajlítószilárdsági vizsgálatok eredményei a 4. ábrán láthatók.

A hajlítószilárdsági diagram alapján megállapítható, hogy a szinterelési hőmérséklet növelésével a minták szilárdsága növekszik 1050–1450 °C hőmérséklet-tartományban. A vizsgálati adatok alapján a 850 °C-on végzett hőkezelésnek nincs döntő hatása a minták hajlítószilárdságára, tehát a szinterelési folyamat megindulásához 850 °C-nál magasabb hőmérsékletre van szükség. Az 1450 °C-on 4 óráig szinterelt héjak szilárdsága valamelyest kisebb, mint az ugyanezen hőmérsékleten 0,5–1 óráig kiégetett mintáké. Az eredményekre trendvonalat illetve láthatóvá válik, hogy a szilárdsági értékeket döntően

a szinterelési hőmérséklet határozta meg, 1050 °C-on és 1150 °C-on azonban magasabb szilárdsági értékek is elérhetővé váltak a szinterelési időtartam növelésével. Különösen a hőmérséklet növelésének hatására a vizsgált kerámiahéjak egyenértékű pórusátmérőjei növekednek, azaz a folyadékfázisú szinterelés során a pórusok egyre inkább lekerekednek a szemcsék közötti nyakképződés következtében, valamint a keresztmetszetük is valamelyest növekedhet. Ez a jelenség elsősorban a D_{10} pórusátmérő adatokra figyelhető meg, amit az 5. ábrán mutatok be. A higanyporozimetriával meghatározott D_{10} érték azt az egyenértékű pórusátmérőt adja meg, amelynél a kisebb egyenér-



4. ábra. A különböző hőmérsékleten szinterelt próbatestek hajlítószilárdsága a szinterelési idő függvényében



5. ábra. A különböző hőmérsékleten és ideig szinterelt próbatetek D10 pórusátmérője és porozitása

tékü átmérőjű pórusok az összes pórustérfogat 10%-át adják. Ebbe a halmazba főként a kötőanyag és a bevonómáz szemcséi által befoglalt kisméretű pórusok tartoznak. A kisméretű pórusok jelentős átalakulásának oka egyrészt, hogy a kötőanyagot alkotó szilícium-dioxid gél alacsonyabb hőmérsékleten lágyul, mint a beszórásra alkalmazott kalcinált kaolinszemcsék, tehát a szilícium-dioxidban lejátszódó diffúziós folyamatok gyorsabbak. A másik lehetséges ok, hogy a kisebb szemcsék felületi energiája nagyobb, ezáltal a nyakképződés hajtóereje is jelentősebb.

A 3. ábrán látható, hogy a kerámiahéj porozitása egészen 1250 °C-ig növekszik, ami jelzi a pórusok keresztmetszetének növekedését. Ezen hőmérséklet felett a porozitás csökkenni kezd, ami arra utal, hogy a lekerekedett pórusok zsugorodni kezdenek. A zsugorodást kiválthatja, hogy a szinterelés során a folyadékfázis aránya elér egy olyan értéket, amelynél a határfelületi kapilláris erők már közelebb tudják hozni egymáshoz a kerámiaszemcséket.

A próbatetek törési mechanizmusának tanulmányozása céljából sztereomikroszkóppal megvizsgáltam a minták töretfelületeit. Jones, Yuan és Blackburn [7] a tanulmányukban a kerámiahéj törésének három típusát különböztette meg:

- 1) Tűzálló szemcsén keresztül áthaladó törés.
- 2) Beszóró szemcse és a mázszemcsék határfelülete közt áthaladó törés.
- 3) Mázszemcséken végig haladó törés.

Az 1-es típusú törés esetében a szilárdságot döntően a beszórószemcsék befolyásolták, a 2-es típusú törés esetén a beszóró szemcsék és a máz közötti adhéziós kötések befolyásolják a héj szilárdságát, a 3-as típusú törésben pedig a mázrézecskek közti gyenge kötések játszanak szerepet a tönkremenetelben.

A 6. ábrán látható egy viaszkiolvasztott hajlítópróbatest töretfelületének sztereomikroszkópos felvétele. Ezen megfigyelhető, hogy a beszórószemcse felületén kevés mázszemcse található. A mikroszkópos felvétel alapján ez egy 2-es típusú törés, azaz feltételezhető,



6. ábra. Viaszkiolvasztott hajlítópróbatest sztereomikroszkópos felvétele (2-es típusú törés)

hogy a szinterelés hiányában a beszórószemcse és a mázszemcsék közt elégtelen volt az adhéziós kötés mértéke.

A 7. ábrán látható a 850 °C-on 30 percig kiegészített minta sztereomikroszkópos felvétele. Az ábrán jól ki-vehető a beszórószemcse felületén lévő mázszemcsék csoportja, amely azt mutatja, hogy a szemcse törése a 3-as típus szerint ment végbe, ami gyenge kötéseket jelez a mázszemcsék közt. Ez összefüggésben áll az-za, hogy ezen a vizsgált hőmérsékleten a szinterelés hatása még elenyésző, a szemcsék közti kötések még gyengék.

Ezzel szemben az 1050 °C-on, 4 órán keresztül szinterelt próbatestek töretfelületein a 2-es és 3-as típusú törések mellett megjelentek a beszórószemcséket érintő 1-es típusú törések is, amint az a 8. ábrán is látható.

A hajlítószilárdsági értékek ismeretében ezt értelmezhetjük úgy is, hogy 8 MPa körüli hajlítószilárdságnál már kialakulhat olyan mértékű adhézió a kötőanyagszemcsék, valamint a beszóróhomok-szemcsék között, ami ez utóbbi töréséhez vezet.



7. ábra. 850 °C-on 30 percig szinterelt hajlítópróbatest sztereomikroszkópos felvétele (3-as típusú törés)



8. ábra. 1050 °C-on 4 órán át szinterelt hajlítópróbatest sztereomikroszkópos felvétele (1-es típusú törés)

Az 1150 °C-on négy órán át szinterelt próbatest törési felületén szintén találtam eltört beszóróhomok-szemcséket. Ennek a kerámiahéjnak a szilárdsága 9,8 MPa volt. A 9. ábrán pirossal jelöltem két előforduló szemcsetörést (1-es típusú törés).

A folyadékfázisú szinterelés során lejátszódó diffúziós folyamatok a kerámia szerkezetének változásához vezetnek. A szemcsék közötti nyakképződés során a pórusok egyre inkább lekerekednek, továbbá a keresztmetszetük is valamelyest növekedhet. A kísérleti próbatesteknél ez a jelenség leginkább a kötőanyag és a bevonómáz szemcséi által befoglalt kisméretű pórusokra volt megfigyelhető. Ez jól látható különbségeket hozott létre a különböző hőmérsékleten szinterelt próbatestek porozimetriás eredményeiben.

Mindezek alapján a szinterelés előrehaladását a kisméretű pórusok méretének változásával jellemeztem. A szinterelés kvantitatív leírása során feltételezem, hogy a D10 pórusátmérő növekedési sebessége egy hőmérséklettől függő paraméterrel arányos, azaz:

$$dD10/dt = k(T), \quad (5)$$

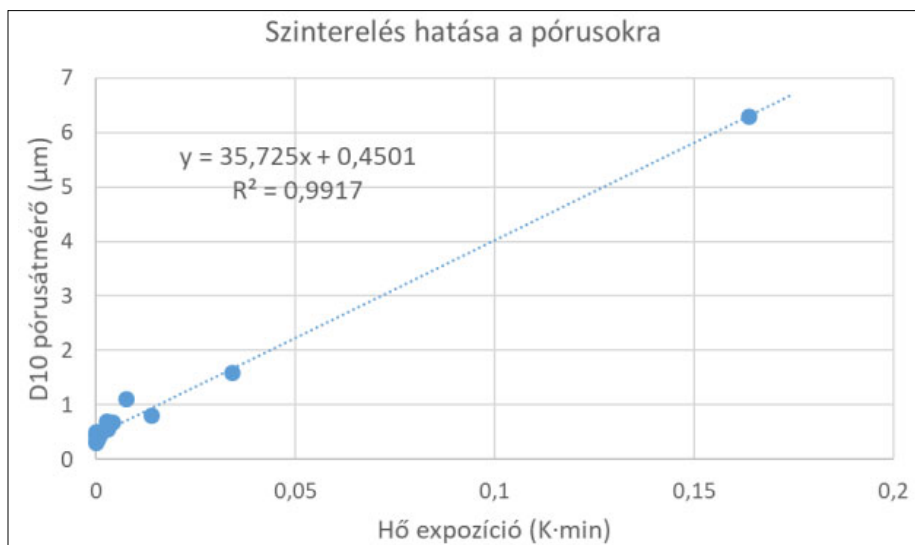
ahol t az idő, $k(T)$ pedig az abszolút hőmérséklettől függő paraméter. A diffúziós folyamatok hőmérséklet-függésének leírására az egyik legegyszerűbb megközelítés az Arrhenius-egyenlet alkalmazása. Mivel az Arrhenius-egyenlet viszonylag szűk hőmérséklet-tartományban érvényes, számos esetben valamelyik módosított változatát használják. Az általam használt formula (6) a következő:

$$k(T) = A T \exp(-H/RT), \quad (6)$$

ahol A mint preexponenciális tényező, R az univerzális gázállandó, H pedig a diffúziós folyamatok látszólagos aktiválási energiája. A modellezés levezetéséhez az előző két egyenletet egyesítettem az alábbiak szerint:



9. ábra. 1150 °C-on 4 órán át szinterelt hajlítópróbatest sztereomikroszkópos felvétele (1-es típusú törés)



10. ábra. A hőexpozíció és a D10 pórusátmérő kapcsolata

$$dD10/dt = A T \exp(-H/RT). \quad (7)$$

A (7) egyenlet mindkét oldalát beszorozzuk dt -vel:

$$D10 = A T \exp(-H/RT) dt. \quad (8)$$

Ezt követően integráljuk a (8) egyenlet két oldalát:

$$\int D10 = \int A T \exp(-H/RT) dt. \quad (9)$$

A hőmérséklet a hőkezelési programban megadott módon függ az időtől, azonban ez egy túlságosan bonyolult függvénykapcsolat ahhoz, hogy az egyenlet jobb oldalán szereplő kifejezéshez megpróbáljunk analitikus megoldást találni. Ehelyett csak a (10) egyenlet bal oldalát integráljuk, míg a jobb oldalát numerikusan oldjuk meg. Az általános megoldás:

$$D10 = A \sum T \exp(-H/RT) \Delta t + C, \quad (10)$$

ahol C az integrálási konstans, Δt pedig a hőkezelési görbe leolvasásának felbontása, amit 1 percnél vá-

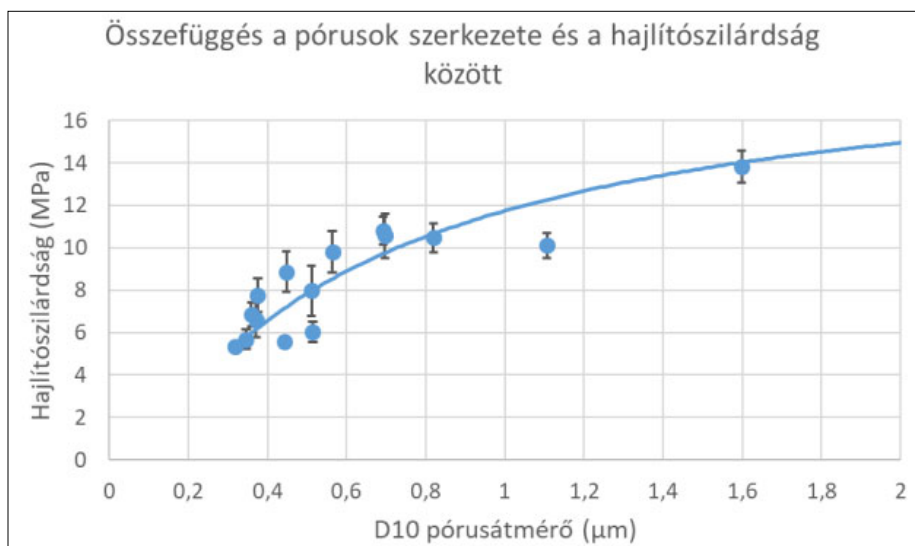
lasztottunk. Az integrálási konstans a kezdeti értékek ismeretében számíthatjuk ki. Jelen esetben azt feltételezzük, hogy a szinterelés kezdetén ($t = 0$) a D10 kiindulási értéke B . Ez esetben a

$$B = A \cdot 0 + C = C \quad (11)$$

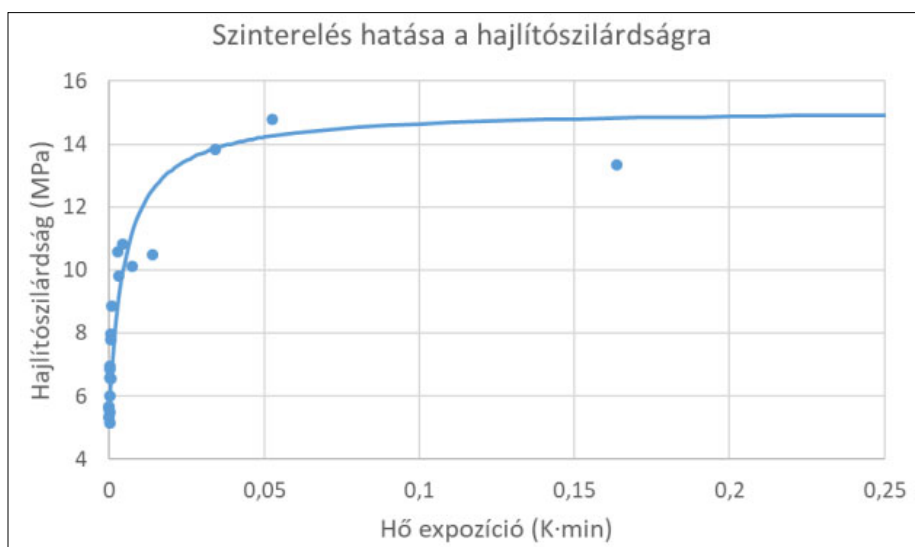
(11) egyenletben tehát az integrálási konstans megegyezik a kiindulási D10 pórusátmérővel. Eszerint a keresett partikuláris megoldást a

$$D10 = B + A \sum T \exp(-H/RT) \Delta t \quad (12)$$

egyenlet adja meg. A (12) egyenlet jobb oldalán szereplő szumma azt fejezi ki, hogy a szinterelés során mekkora hőhatásnak tesszük ki a kerámia próbatestet, ezért a továbbiakban hőexpozíciónak (x) nevezzük, így az alábbi lineáris összefüggés adódik a D10 pórusátmérő és a hőkezelés hatása között:



11. ábra. A D10 pórusátmérő és a hajlítószilárdság közötti összefüggés



12. ábra. A hajlítószilárdság és a hőexpozíció kapcsolata

$$D10 = B + Ax. \quad (13)$$

A hőexpozíciós adatok meghatározásához ismerni kell a látszólagos aktiválási energia értékét. Ezt a kapott adatokból meghatározhatjuk oly módon, hogy a H értéket iteráljuk, miközben minden egyes H értéknél megvizsgáljuk a $D10-x$ függvénykapcsolat helyességét. A látszólagos aktiválási energiának azt az értéket tekintjük, amelynél a négyzetes eltérések összege a legkisebb a $D10$ pórusátmérő és a hőexpozíció közötti lineáris egyenletre. Ez alapján a H érték 182 kJ/mol-nak adódott. A hőexpozíciós modell érvényességét igazolja a 10. ábra, amelyen a $D10$ és a hőexpozíció közötti szoros összefüggést láthatjuk.

A szinterelés során lejátszódó diffúzió jelentősen befolyásolja a próbatestek szilárdságát is. A nyakképződés növeli magának a kötőanyagból álló mátrixnak a szilárdságát, valamint egyre erősebb adhéziós kötést eredményez a mátrix és a tűzálló szemcsék között. Ebből következik, hogy a próbatestek $D10$ értéke és a hajlítószilárdsága között egy látszólagos kapcsolat állhat fenn és leginkább egy telítési görbével lehet jellemezni. Ezt igazolja a 11. ábra, amelyen a $D10$ pórusátmérő függvényében láthatjuk a hajlítószilárdság adatait. Az összefüggésre leginkább egy telítési görbét lehet illeszteni.

A 12. ábrán látható a hajlítószilárdság és a hőexpozíció kapcsolata, az ilyen jellegű, telítési görbék azt jelzik, hogy a vizsgált hőmérséklet- és időtartományban egy olyan tényező jelenik meg, amely gátat vet a szilárdság növekedésének. Egy lehetséges korlátozó tényező a tűzálló szemcsék törése, ami arra vezethető vissza, hogy a hőexpozíció növelésével a mátrix és az erősítő szemcsék közötti adhézió olyan mértékben növekszik, hogy már nem a közöttük húzódo határfelületek elválása, hanem az erősítő szemcsék törése váltja ki a kerámia kompozit tönkremenetelét. Esze-

rint a telítési görbe határértéke jó közelítéssel megadja a tűzálló szemcsék átlagos belső szilárdságát.

Az adatok alapján látható, hogy magasabb szinterelési hőmérsékleteken a mért hajlítószilárdság csökken, ezt azzal magyarázhatjuk, hogy a magas hőmérsékleten, hosszú ideig tartó hőkezelés során mikrorepedések jönnek létre a mintában, amelyek gyengítik az anyagot.

IRODALOM

- [1] Bansode S. N., Phalle V. M., Mantha S. S. (2020): Influence of slurry composition on mould properties and shrinkage of investment casting. Transactions of the Indian Institute of Metals, 73(3), 763–773. DOI: 10.1007/s12666-020-01872-5
- [2] Jones S., Yuan C. (2003): Investigation of fibre modified ceramic moulds for investment casting. Journal of the European Ceramic Society, 23(3), 399–407.
- [3] Van Nguyen C., Sistla S. K., Van Kempen S., Giang N. A., Bezold A., Broeckmann C., Lange F. (2016): A comparative study of different sintering models for Al_2O_3 . Journal of the Ceramic Society of Japan, 124(4), 301–312. DOI: 10.2109/jcersj2.15257
- [4] Minghi Xu, Jingjing Qing (2019): Effect of firing temperature and duration on fused silica investment shell strength at room temperature. International Journal of Metalcasting, 13(2–3). DOI: 10.1007/s40962-019-00312-5
- [5] Lino F. J., Pereira Duarte T. (2003): Ceramic components for foundry industry. Journal of Materials Processing Technology, 142, 628–633.
- [6] German R. M. (2014): Sintering from Empirical Observations to Scientific Principles. (First ed.) Butterworth-Heinemann. ISBN: 978-0-12-401682-8
- [7] Jones S., Yuan C., Blackburn S. (2007): Fundamental study on microstructure and physical properties of fluidised bed and rainfall sanding ceramic shells. Materials Science and Technology, 23(6), 706–714.

Ásványvízkutak a Káli-medencében

Mineral water wells in the Káli Basin

BOGDÁN GYÖZŐ

okl. bányamérnök, menedzser szakmérnök



A Káli-medencében az ásványvíz a római kortól ismert, de palackozása, kereskedelmi forgalmazása csak 1907-ben kezdődött meg az Anna-forrásból. Napjainkig folyamatosan bővült a medencében termelt víz mennyisége és a vízminőség- (ásványianyag-tartalom-) kínálata. Az ásványvíz-palackozó üzemet az 1990-es években felújították, bővítették. Ezután a Káli-medencében lévő ásványvízkutakat is korszerűsítették, és új kutakat létesítettek. A Káli-medencében jelenleg három területen található kutakból termelnek és palackoznak ásványvizet: Kékkút település határában három „Theodora” nevű kútból „Theodora Kékkúti” néven, Mindszentkállya határában lévő Kereki majorban mélyített kútból „Theodora Kereki” néven, míg Köveskál és Kővágóörs közötti területen létesített kútból „Nestlé Aquarel” néven. A Káli-medencében lévő ásványvízkutak korszerűsítését, új kutak kivitelezését felelős műszaki vezetőként irányítottam. E cikkben a kutak felújítása, létesítése során szerzett információkat foglaltam össze.

Kulcsszavak: ásványvíz a Káli-medencéből, minőségi és mennyiségi összefüggések

Hungary is one of the countries rich in mineral water deposits in Europe, and today the water of about fifty wells is bottled. In the majority of bottled waters the content of all dissolved minerals is between 500–600 mg/l, however, in several cases it reaches 1500–2000 mg/l. Many of the Hungarian mineral waters were already known and favoured by the Romans, for example the mineral water of Balf (1869 mg/l), Csillaghegy (728 mg/l) or ‘Anna spring’ (1870 mg/l) of Kékkút.

This article deals with mineral water wells deepened in the surroundings of Kékkút ‘Anna spring’ in the Káli Basin. Mineral water is currently produced and bottled from wells located in three areas of the Káli Basin. Mineral water bottling began from ‘Anna spring’ on the border of the settlement Kékkút in 1907. Anna spring water was awarded a gold medal and a certificate of distinction in Paris in 1912.

In the same area, mineral water is currently bottled from three ‘Theodora’ wells under the name ‘Theodora Kékkúti’. In addition, mineral water is also bottled from the well in Kereki manor near Mindszentkállya under the name ‘Theodora Kereki’, while the mineral water bottled from the well between Köveskál and Kővágóörs wears the name ‘Nestlé Aquarel’.

Theodora Kékkúti wells. *In 1921, in the area of the bottling plant approximately 20 m from the Anna spring, a 17.75 m deep well was dug. At a water level of +0.6 m, the well produced 19.4 l/min of excellent quality mineral water. A larche casing was installed in the well without a screen pipe. The water could only enter at the bottom of the well. According to legend, this water was one of the favourites of the Byzantine empress Theodora, so the bottled water was named Theodora, and the well became ‘Theodora-1’. According to the chemical analysis, the mineral water belongs to the calcium-magnesium-hydrogen-carbonate group, and it was classified as mineral and medicinal water in 1924. The well was repaired several times, and it was completely renovated in 1999. The larche casing was removed, the well was deepened up to 25.0 m, and an acid-resistant screen pipe with a diameter of 200 mm was installed up to 21.92 m. The total dissolved mineral content of the water was 1758 mg/l. Even today this well gives the highest water yield and the best quality of Theodora Kékkúti mineral water.*

In 1987, approximately 50.0 m south of well No. 1, the 31.0 m deep ‘Theodora-2’ well was completed. In accordance with the practice of the time, the well was equipped with a KM PVC screen pipe. This well was also modernized at the end of 2000, the casing was replaced with a 200 mm diameter acid-resistant screen pipe. The water yield of the renovated well at an operational water level of –19.09 m was 100.0 l/min, the content of all dissolved minerals was 1564 mg/l.

At the beginning of 2000, the 34.0 m deep ‘Theodora-3’ well was completed about 150 m east of well No. 1. It was equipped with a 200 mm diameter acid-resistant screen pipe. The water yield of the well at an operating water level of –12.6 m was 80 l/min, the content of all dissolved minerals was 1765 mg/l.

The Theodora Kékkúti mineral water is currently produced and bottled from these three wells.

Mineral water well of Theodora Kereki. *By the end of the 1990s, the three Theodora wells mentioned above could no longer provide mineral water of sufficient quality and quantity to meet market demands. A new well was completed in the area of Kereki manor near Kékkút, with a depth of 98.0 m, equipped with an acid-resistant screen string. The produced water has a lower content of total dissolved minerals (904.0 mg/l) but its character is similar to Theodora mineral water. The produced mineral water is bottled under the name Theodora Kereki.*

Nestlé Aquarel mineral water well. *In 1998, a well with a depth of 256.5 m and equipped with an acid-resistant screen string was built between Köveskál and Kővágóörs to ensure the technological water needs of the bottling plant. The water yield of the well was 870 l/min, and the total dissolved mineral content was 614 mg/l. Based on the water quality data, it was decided to bottle and market it as water with low mineral content under the name 'Nestlé Aquarel'.*

The three mineral waters of different qualities bottled in the Káli Basin are still popular today and occupy a significant position in the Hungarian mineral water market.

Keywords: mineral water from Káli Basin, quality and quantity relationships

Az ásványvíz a föld mélyéről származó olyan *ivóvíz*, amelyben az oldott ásványi anyagok mennyisége meghaladja az 500 mg/litert, vagy egy-egy elemet (ionos formában) az átlagosnál nagyobb mennyiségben tartalmaz, így az sajátos ízt és gyakran gyógyhatást kölcsönöz annak [3].

Magyarország Európa ásványvíz-lelőhelyekben gazdag országai közé tartozik, a Kárpát-medence földrajzi és földtani adottságainak köszönhetően jelentős vízkészlettel rendelkezik. Napjainkban mintegy 250 forrás és kút szolgáltat „elismert” ásványvizet az ország területén. A kutak területi eloszlását tekintve a legtöbb ásványvízkút Pest megyében található, ezt követi Bács-Kiskun, Veszprém, Fejér megye, míg a legkevesebb Nógrád megyében van. Ezek talpmélysége néhány métertől akár több mint 1000 m-ig változhat.

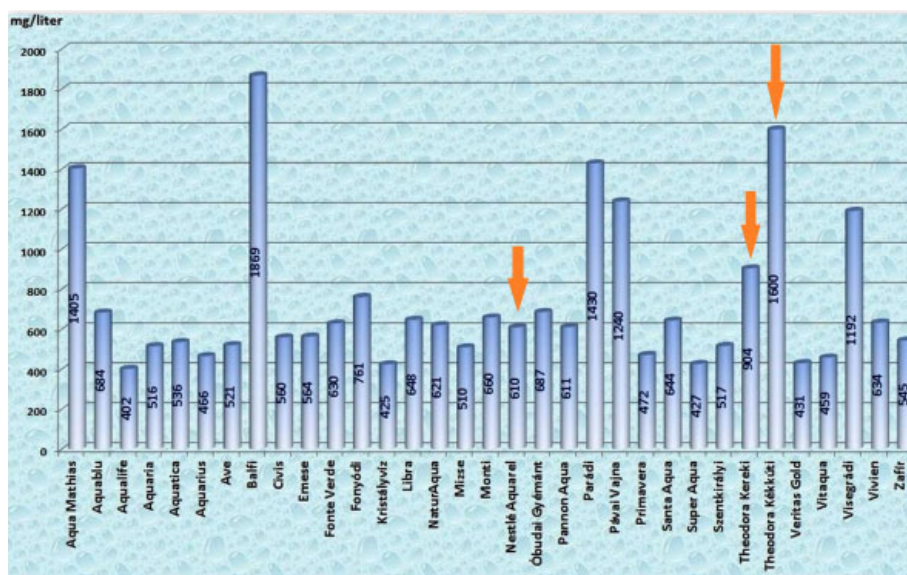
Hazánkban az ásványvizek egyre népszerűbbek, az ásványvízfogyasztás az utóbbi évtizedekben jelentősen nőtt, 1979-ben ez még csak 2 l/fő volt évente, míg 2019-ben elérte 130 l/fő értéket évenként. A hazai ásványvízfogyasztás emelkedésének egyik oka az, hogy az emberek egyre inkább felismerik az egészséges táplálkozás fontosságát, értékelik az ásványvíz kedvező táplálkozási-fiziológiai tulajdonságait. Az ásványvíz elvesztette korábbi luxus jellegét, és mindennapi fogyasztási cikk lett. A hazai lakosság egészen 2016-ig a szén-dioxiddal dúsított vizeket kedvelte jobban, ám 2016-ban megfordult az arány, és 2019-ben már az összes fogyasztott ásványvíz 57%-a volt a szénsavmentes ásványvíz [2].

1. Szemelvények a magyarországi ásványvizek történetéből

A magyar ásványvizek írásos nyomai egészen a római korig nyúlnak vissza, történeti adatok bizonyítják, hogy hazánk területén több ásvány- és gyógyvizet már a rómaiak is ismertek és kedveltek [2].

- ❑ A balfi ásványvizet már Marcus Aurelius korában, Kr. u. 180 körül is itták a rómaiak. A honfoglalás után első ízben egy 1199-ben írott oklevél említi Balfot. Később Mária Terézia korában vegyelemzések is bizonyították a balfi forrás savanyúvizének gyógyító hatását (összes oldott ásványianyag-tartalma: 1869 mg/l), ami Monarchia szerte híressé tette az ásványvizet, s az erre épült fürdőt. Török József, a debreceni református főiskola professzora 1859-ben így ír a balfi ásványvízről: „Az ivóforrásban a víz buborékokat hányva törtet ki, egészen tiszta, átlátszó, színtelen, élénk kőkénszagú, kissé savanyú ízű, s pohárba merítve gyöngyöző”.
- ❑ A csillaghegyi ásványvizet régi írások és mondák tanúsága szerint, valószínűleg már az ősember is kedvelte. A rómaiak pedig a forrás vizét (728 mg/l) bevezették a mai Óbuda területére.
- ❑ A kékkúti *Anna-forrás* első írásos nyomát a kétezer évvel ezelőttről származó, a Nymphák tiszteletére állított oltárköveken találjuk. A település környezetében számos római kori épület maradványait fedezték fel, köztük egy fürdő romjait is. A fürdő a forrás (1870 mg/l) közelében volt, így joggal feltételezzük, hogy annak hasznosítására épült, tulajdonosa az Anna-forrás vizét használta.
- ❑ A honfoglalás után is találunk olyan írásos dokumentumokat, amelyek ma is ismert ásványvizeket említenek. *Mohai* település határjeleként 1374-ben egy jelentés az „Áldou kuth”-at jelöli meg. Ez bizonyíték arra, hogy volt itt egy kút, amely vegyelemi tartalmánál, jótékony hatásánál fogva áldásosnak neveztezt. A ma palackozott *Mohai 1374* – korábban *Mohai Ágnes* – ásványvizet (1993 mg/l) adó kutat 1879-ben nevezte el az akkori tulajdonos, Kempelen Imre *Ágnes-forrás*nak, édesanyja iránti tiszteletből.

- A törökök is használták a magyar ásványvízforrásokat, fürdőket. *Evlia Cselebi* török utazó leírása szerint Székesfehérvárnak a török időkben „tizenny csorgókútja” volt, és ezek között a híresebbek: *Karakas pasa csorgója*, *Dizdár aga csorgója*, *Hadsi pasa csorgója*. A tizenegy kút közül három ma is ismert. Egyik a *Janicsárkút*, amelynek a neve is a török időkre utal, a másik a *Királykút*, a harmadik pedig a Megyeház téren álló *Rózsáskerti kút*. Székesfehérváron napjainkban palackozott *Aqua Mathias* ásványvíz (1405 mg/l) Mátyás királyról kapta a nevét, mivel a város ásványvizait Mátyás király kódexei is említik.
- Útleírások ismertették a török időkben a budai források vizét. Egy angol orvos 1668-ban leírta, hogy egy török ivott a Tányér-fürdő (*Király fürdő*) forrásából, és ezüst pénze a víztől „arannyá” változott (a víz kénhidrogén-tartalmának következményeként). A számos budai forrás közül a *Margitszigeti forrás* vizét, *Margitszigeti Kristályvíz* (1350 mg/l) néven palackozták. A Juventus-forrás vize pedig a Rudas gyógyfürdőben ivókútból fogyasztható.
- A parádi Csevice-források vize a XVIII. században vált ismertté. Napjainkban Parádi ásványvíz (1440 mg/l) és Parádi gyógyvíz (4445 mg/l) néven forgalmazzák, illetve megkóstolhatók több Parád környéki forrásból (pl.: Szent István-forrás, Clarissa-forrás). Mint az a gyógyvizekkel gyakran megesik, a parádi vizet is előbb találták meg az állatok, mint az emberek. Később maguk a pásztorok is megkóstolták ezt a vizet, és lassanként elterjedt a csevice híre.
- Mária Terézia – felismerve a magyarországi ásványvizek gazdasági jelentőségét – 1763-ban kötelezte a megyei és városi orvosokat a működési területükön lévő ásványvizek összeírására, kémiai elemzésére.
- Később II. József is igyekezett rábírni az orvosokat, hogy nagyobb gondot fordítsanak az ásványvizek megismerésére. 1812-ben a kancellária elrendelte az ásványvizek adatainak összegyűjtését. Ezekből az adatokból írta meg Kitaibel Pál *Magyarország hidrográfáját*, amely 1829-ben jelent meg.
- A Tudományos Akadémia is felismerte a hazai ásványvizek értékét, és 1845-ben pályázatot írt ki abból a célból, hogy „határozottassanak meg vegybontások s gyógygyakorlati adatok nyomán a nevezetesebb honi ásványvizek gyógyjavalatai; miként lehetne azokat netalán létező hiányaikra nézve orvos-rendőrségi tekintetbe használhatóbbakká tenni; továbbá adassék elő, melyekkel lehetne azok közül a külföld legnevezetesebb ásványvizait pótolni; végül említésesék meg, mik történnek irodalmi tekintetben e tárgyra nézve”. A pályázatot Török József *A két magyar haza elsőrangú gyógyvizei és fürdőintézetei* című munkája nyerte meg, amely először 1848-ban jelent meg.
- A XIX. század végére egyre szélesebb körben vált ismertté a magyar ásványvizek összetétele, kedvező élettani tulajdonsága. Palackozásukat ipari méretekben is megkezdték. Hamarosan egész Európában, sőt még a tengeren túl is megkedvelték és fogyasztották. Kiváló minőségüket több nemzetközi díjjal is jutalmazták.
- Az újonnan feltárt és palackozott vizek összetétele, összes ásványianyag-tartalma, íze na-



1. ábra. Magyarországon forgalmazott ásványvizek összes oldott ásványianyag-tartalma

gyon tág határok között változik. Napjainkban egyre jobban kedveltek az alacsonyabb, 500 mg/liter körüli összes ásványianyag-tartalmú ásványvizek. Ilyenek pl.:

- a Nyárlőrincen palackozott Apenta Optima (583 mg/l),
- a somogyvári Fonte Verde (630 mg/l),
- a Lillafüredi (550 mg/l),
- a Natur Aqua (Zalaszentgrót, 621 mg/l),
- az Óbudai Gyémánt (már a rómaiak által is ismert és kedvelt aquincumi vizek közül az egyik legfiatalabb, 1995-ben fűrt kútból származik, 687 mg/l),
- a lajosmizsei Mizse (501 mg/l) és a Primavera (472 mg/l),
- a Szentkirályi (517 mg/l).

Magyarországon jelenleg mintegy 50 kút vizét palackozzák és forgalmazzák. Hazánkban az ásványvízgyártók mintegy 95%-át a Magyar Ásványvíz, Gyümölcslé és Üdítőital Szövetség képviseli, a szövetség tagjai által forgalmazott ásványvizek összes oldott ásványianyag-tartalmát az 1. ábra mutatja. A palackozott vizek többségénél ez az érték 500–600 mg/l között van, de több esetében 1500–2000 mg/l-t is eléri (e cikk az ábrán nyílal megjelölt ásványvizek kútjaival foglalkozik).

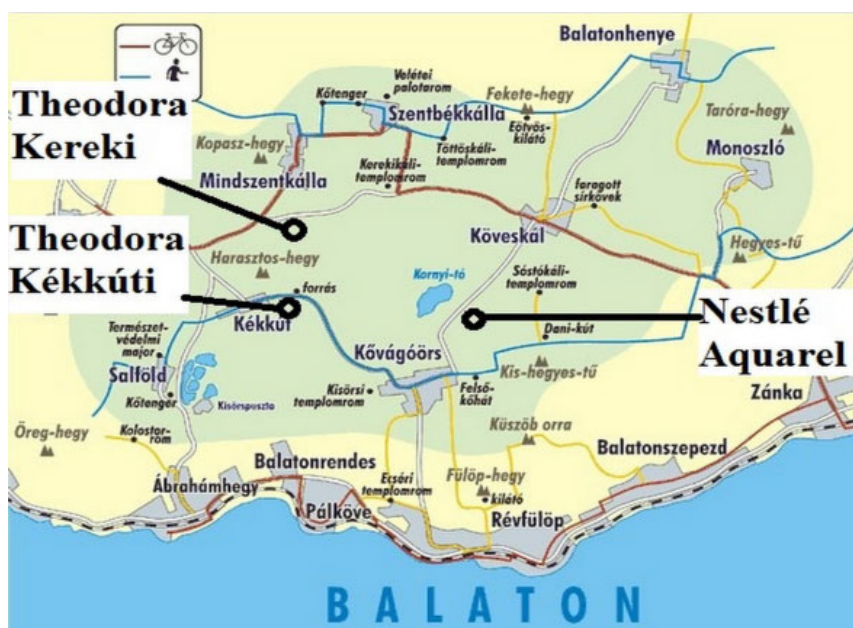
2. A Káli-medence ásványvízkútjai

A Káli-medence a védett Balaton-felvidéki Nemzeti Park területén található. A környezet festői. A medencét a Balatontól elválasztó hegyvonulat homokkőve mintegy 250 millió éves. A medencét körülölelő vul-

kánok tevékenysége, hegyek kiemelkedése, a jégkori klímaváltozások és a karsztvizek munkája alakította a mai képére ezt a területet. A mélyben évezredekkel korábban kialakult, kiváló minőségű ásványvizek jelennek. A medencében található természetes ásványvizek a tisztaságukat és az emberi szervezet számára előnyös összetételüket a terület hidrogeológiai adottságain túl a környezet érintetlenségének is köszönhetik.

A Káli-medence területén nincs számottevő ipari tevékenység. A mezőgazdaságban pedig egyre nagyobb teret kap a hagyományos rét- és legelőgazdálkodás, valamint a biotermelés. A felszíni eredetű szennyezések kockázatának csökkentése érdekében az ásványvíztermelő kutak környezetében létrehoztak egy hidrogeológiai védőterületet. Ez biztosítja, hogy a felszín alatti ásványvízkincs minősége és mennyisége hosszú ideig fennmaradjon, és azt külső eredetű szennyezés ne veszélyeztesse [5].

A Káli-medencében jelenleg három területen található kutakból termelnek és palackoznak ásványvizet. Kékkút település határában van az *Anna-forrás* (amelyet már a rómaiak is ismertek), amelyből az ásványvíz-palackozást 1907-ben kezdték meg. Jelenleg ugyanezen a területen létesített 3 „Theodora” nevű (Theodora–1, –2, –3) kútból *Theodora Kékkúti* néven, Mindszentkállya határában lévő Kereki majorban mélyített kútból *Theodora Kereki* néven, míg Köveskál és Kővágóórs közötti területen létesített kútból *Nestlé Aquarel* néven palackoznak ásványvizet. A kutak helyét a 2. ábra mutatja. A cikk további részében e három területen található kutakat mutatom be részletesebben a teljesség igénye nélkül.



2. ábra. A Káli-medence kútjainak elhelyezkedése

2.1. Anna-forrás

Az ásványvíz hasznosításának legmaradandóbb emlékeit a római kor sírkövei, oltárkövei és egyéb építményeinek maradványai tanúsítják. A Káli-medencében Kékkút község területén is több római kori sírkő, oszlop és oszlopfő került elő. A kékkúti források első írásos nyomát a kétezer évvel ezelőttről származó, a Nymphák tiszteletére állított oltárköveken találjuk. Az ezeken olvasható szövegek a források gyógyító hatását dicsérik. A rómaiak a község területén három forrást ismertek és használták is vizeiket. A források közül egyik később az *Anna-forrás* nevet kapta Tiberius római császár feleségére, Eugeniára utalva, aki a legenda szerint fogyasztotta a kékkúti ásványvizet [1]. Ez a legenda mindaddig tartotta magát, amíg egy jeles helytörténész (1997), majd egy tudománytörténész (1999) igen részletes kutatással fel nem tárta, hogy erre nincs semmi bizonyíték, ez csak a képzelet-szülte történet. Annyi azonban biztos, hogy a rómaiak használták a község területén található három forrást, köztük az *Anna-forrás* vizét is. A forrást később egyes iratokban „Szent Anna Forrás” néven is említik.

A római birodalom felbomlása után a XVIII. századig feledésbe merül ez a savanyúvíz. Azt valószínűleg, majdnem kizárólag a helyi lakosság fogyasztotta. Az erdélyi „borvizes” gyakorlathoz hasonlóan, minden bizonnyal itt is előfordult, hogy vizes pokróccal letakart hordókban, szekéren szállították a környék településeire, ahol ilyen jellegű ásványvízhez a lakosság egyébként nem jutott volna hozzá.

Bél Mátyás (1684–1749) pozsonyi evangélikus lelkész és tanár, polihistor 1735-ben így ír Zala megyéről: „Két szénsavas forrása van a vármegyének ... ezek közül a jobbik Füred, a másik, a Kékkút mellett fakadó gyengébb ennél, kékes színű és a helységnek ez adta a nevét. Noha jóízű víz bugyog fel a forrásból, nem tudom miféle vízerek, szivároghattak bele, melyet elrontottak, de mindamellert azok, akik megszokták, elég jólesően fogyasztják” [1].

Az Anna-forrás jelentőségére, hasznosíthatóságára először egy pápai cég, *Lang Mayer és Fia* gondolt, aki bérbe véve a forrást, palackozót épített és 1907-től Kékkúti *Anna-forrásvíz* néven megkezdte a forgalmazást. Erre a belügyminiszeri engedélyt is megkapta, szeptemberig mintegy 60 000 üveget palackoztak (1 és 0,5 l). Végül a szigorodó közegészségügyi előírások miatt a tevékenységet befejezték.

1909-től már új tulajdonosa volt a cégnek, *Tolnay Lajos* személyében (tapolcai bádogos), aki az Anna-forrásvíz nevet meghagyja, de új címkét terveztet. Újsághirdetést és plakátot is készített az üzlet fellendítése érdekében. Ettől kezdve egyre inkább elterjedt és kedvelté vált a kékkúti ásványvíz. A tulajdonos 1912-ben a párizsi nemzetközi kereskedelmi és gazdasági kiállításra is kivitte az ásványvizet. Az

Anna-forrásvíz aranyérmet és díszoklevelet kapott. Ennek ellenére a palackozó új kezekbe kerülhetett, mivel *Marton Rezső*, majd *Frenreisz*, később *Tokaji József* bérlő szerepelt az egykori iratokban. 1921-ben *Tokaji József*, a palackozó akkori tulajdonosa *Pálffy Móric* kir. bányatanácsost kérte fel a forrás minőségének vizsgálatára, és mennyiségének növelésére. Erről így ír *Pálffy Móric*: „Leutazásom alkalmával ott egy betonba foglalt kb. 3,5 m mély kutat találtam, amelyben szénsav csak igen gyéren gyöngyözött fel”... „a vízvezető csatornát igen erősen vörösre festette, jeléül annak, hogy nagy mennyiségű vashidrokarbonátot tartalmaz”. A kút feltételezhetően a római korból ismert Anna-forrás későbbi időben történt forrásfoglalása volt. Ennek felülvizsgálatát a Mecseki Ércbányászati Vállalat Kutató-Mélyfúró Üzeme (MÉV) is elvégezte 1987-ben, s az alábbi adatokat rögzítette:

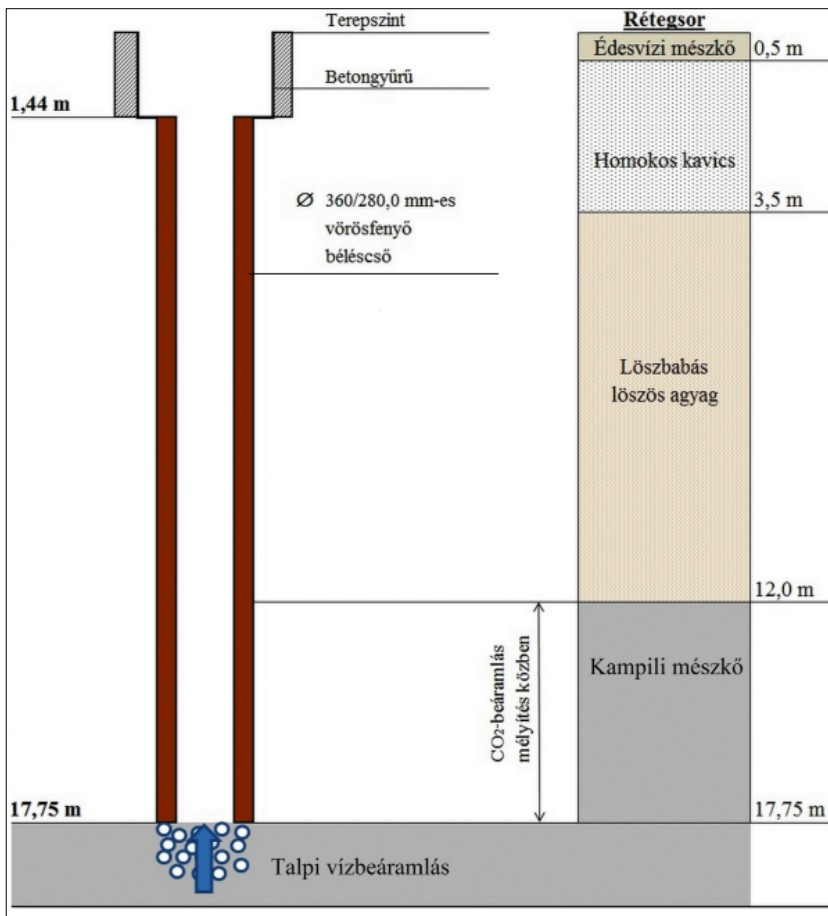
- A forrás egy kb. 0,8 m mély vízelvezető árokban van, talpig beton kútgyűrűvel bélelve. A kútnak két kifolyója van, az egyik terepszint alatt 1,0 m-re, de ez be van temetve, a másik 0,2 m-rel feljebb, a víz ezen folyik ki.
- A kút talpmélysége 3,0 m. A próbaszivattyúzás adatai az alábbiak voltak:
 - nyugalmi vízszint: –0,6 m,
 - üzemi vízszint: –1,93 m,
 - üzemi vízhozam: 45,0 l/p.

Pálffy Móric a forrásvízmennyiség növelésének vizsgálatára egy 3,5 m mély aknát ásattott. 3,5 m-ben szürke agyagos, homokos képződményből jelentős mennyiségű víz szivárgott, alatta pedig kampili mészkő anyagú, igen jó víztároló kavicsot talált. Minden bizonnyal ebből kapta vizét az Anna-forrás. Feltételezése szerint, minél nagyobb mélységre fúrnak, annál nagyobb vízmennyiséget és annál több szénsavgázt lehet feltárni. Ez alapján egy új, nagyobb talpmélységű kút létesítését javasolta [1].

2.2. Theodora–1 számú kút

Pálffy Móric javaslatára 1921-ben a palackozóüzem területén, az Anna-forrástól kb. 20,0 m-re 17,75 m mély kutat mélyítették. A kút +0,6 m-es víznívónál 19,4 l/p, kitűnő minőségű ásványvizet termelt, a nyugalmi vízszint +0,8 m volt. A kútba *Zsigmondy Vilmos* által mélyített Városligeti 1. sz. kúthoz hasonlóan *vörösfenyő béléscsővet* (a béléscső vörösfenyő fadon-gákból készült, amelyet fém abroncsokkal rögzítettek egymáshoz) építettek be szűrőcső rakat nélkül. A víz csak a kút talpán tudott belépni. A kút műszaki szelvényét és a rétegsort a 3. ábra mutatja.

Az ásványvíz vegyelemzését *Emszt Kálmán* főgeológus-vegyész végezte el. Ő volt az, aki először *Theodora* néven illette az ásványvizet (legenda szerint a víz egyik kedvence volt a bizánci Theodora császár-



3. ábra. A Theodora-1 kút műszaki szelvénye és a rétegsor (1921)

nének), a név jelentése Istennő, Isten ajándéka. Ettől kezdve palackozzák a kékkúti ásványvizet *Theodora* néven, a kút pedig a *Theodora-1* nevet kapta. A szabad szénsav ekkor 3336,2 mg/l volt. A kútból kivett vízmennyiség naponta elérte a 27696 litert. Négy év alatt az ásványvíz összetételében változást nem lehetett kimutatni. A vegyelemzés szerint az ásványvíz a kalcium-magnézium-hidrogén-karbonátos csoportba tartozik.

1923-ban több jeles személy közreműködésével megalakult a *Kékkúti Gyógy- és Ásványvíz Rt.* A népjóléti és munkaügyi miniszter 1924. 72099/1. B/924. sz. alatti határozata rögzíti: a „Kékkúti Gyógy- és Ásványvíz Rt. tulajdonát képező kékkúti szénsavas vizet ásvány-, illetve gyógyvízzé, a forrást pedig gyógyforrássá minősítem, s a szóban forgó víznek forgalomba hozatalát engedélyezem”. Ez alapján tovább lehetett folytatni a palackozást és a forgalmazást, amit *Réczey Miklós* által tervezett új emblémával ellátott címkével meg is kezdték. A címkén *dr. Dalmady Zoltán* orvos egyetemi m. tanár alábbi véleménye olvasható: „A Kékkúti Természetes Szénsavas Savanyúvíz jó hatása a legkülönbözőbb hurutos megbetegedésekben (légzőszervek, emésztőszervek, húgyutak); a csontképződés elősegítésére (angolkór, terhesség stb.); a kősvényes állapot leküzdésére s mindenütt,

ahol a szervezet átöblítése és fokozott calcium bevitel indokolt.” Napjainkban is *Réczey Miklós* által tervezett embléma látható a kékkúti ásványvizeken [1].

A kékkúti ásványvíz palackozását ezt követően többszöri tulajdonos és cégnévvaltozással folytatták. A cégnevek napjainkig az alábbiak voltak:

- ❑ 1923-ban *Kékkúti Gyógy- és Ásványvíz Rt.*,
- ❑ 1929-ben *Kékkúti Gyógy- és Ásványvíz Vállalat* (2-3 l/p a palackozó mellett, szabadon hozzáférhető helyen kialakított kifolyóhoz vezetve), 1942-ig működött,
- ❑ 1949-ben *Gyógyvíztermelő Nemzeti Vállalat*,
- ❑ 1963-ban *Gyógyáruértékesítő Vállalat*,
- ❑ 1970-ben *Veszprém megyei Szikvíz és Üdítőipari Vállalat*,
- ❑ 1976-ban *Badacsonyvidéki Pincegazdaság* (20–25 ezer palack/nap),
- ❑ 1990-ben *Kékkúti Ásványvíz-töltő Kft.*,
- ❑ 1993-ban *Kékkúti Ásványvíz Rt.*, tulajdonosa az angol *Lucienne Investments, Ltd.*,
- ❑ 2000 januárjában a *Nestlé Waters* (korábban *Perrier-Vittel S.A.*) részvényeket vásárol,
- ❑ 2003 februárjában a *Kékkúti Ásványvíz Zrt.* 100%-ban a *Nestlé Waters* tulajdona,
- ❑ 2015 márciusában a *Kékkúti Ásványvíz Zrt.* a *Közép-Európai Ásványvíz Holding* része lett,
- ❑ jelenleg *Szentkirályi-Kékkúti Ásványvíz Kft.* a Holding részeként üzemel.

1960–1963 között észlelték, hogy a *Theodora-1* kút vízhozama csökken, a víz zavarosodik, a kút „homokol”, a CO_2 -tartalom csökken. Talpi beáramlású kiképzés miatt a kúttalpal eliszaposodására gondoltak, ezért ennek lekötésére a kútba 1963 vagy 1964-ben két láda durva szűrőkavicsot öntöttek. E beavatkozás után a víz lassan letisztult, a kútban kialakult egy egyensúly, a termelést folytatni tudták. 1985-ben a vízhozam és a víz minőségének folyamatos romlása miatt a *Vízgazdálkodási Kutató Intézet (VITUKI)* elvégezte a kút hidrodinamikai vizsgálatát. A kútban 13,1 m-ig feliszapolódást tapasztaltak. A reométeres vizsgálat szerint a kút talpán beáramlás nincs, vízbelépést 7-8 m között tapasztaltak. A *VITUKI* felülvizsgálata so-

rán tapasztaltak alapján, 1987-ben, a MÉV (Mecseki Ércbányászati Vállalat) megbízást kapott a kút műszaki állapotának felülvizsgálatára és a szükséges javítások elvégzésére.

A felülvizsgálat megállapításai a következők voltak:

- a kút 13,1 m-ig fel van telve homokkal,
- nyugalmi vízszint: +0,22 m,
- üzemi vízhozam: 250 l/p,
- üzemi víznívó: -4,4 m,
- a vízben gázbuborék feláramlás alig észlelhető,
- kompresszorozással a homokülepedést csak 13,7 m-ig sikerült eltávolítani.

A kútban tv- kamerás vizsgálatot végeztek, ami azt mutatta, hogy

- 7–11 m között egy kisebb és egy nagyobb repedés van a fadongákon,
- 9–11-m között egy 3–4 cm széles donga hiányzik,
- két régebben beesett csódarab is látszik 11,4 m és 11,9 m-es tetővel.

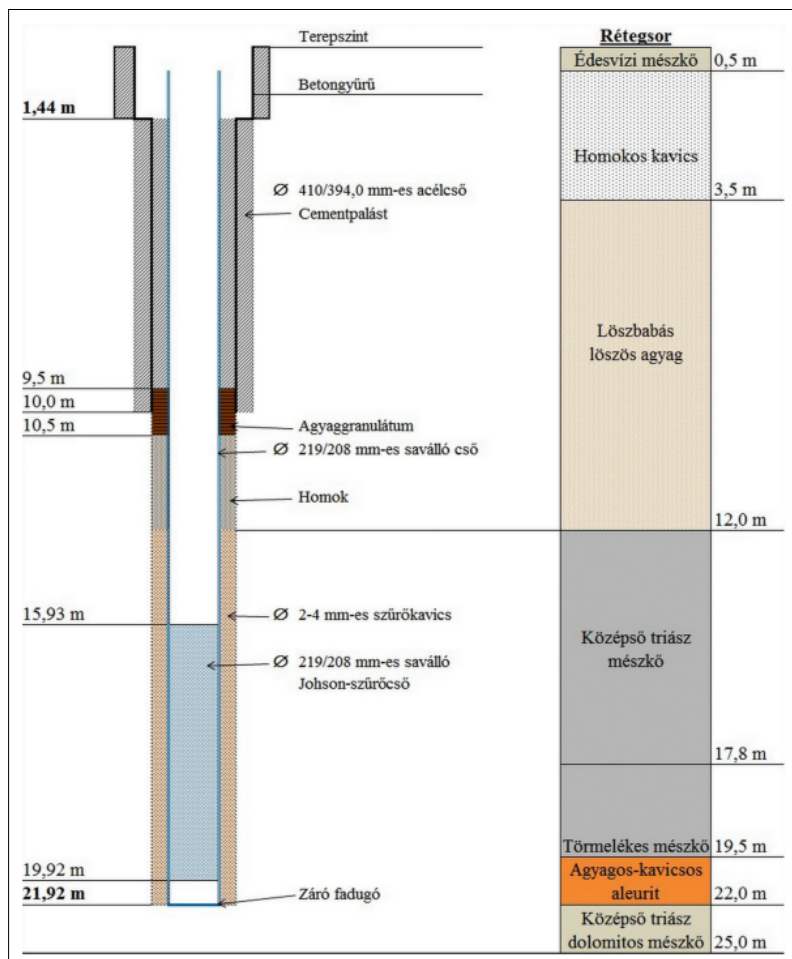
A kutat iszapolóval 16,75 m-ig sikerült kitisztítani.

A felülvizsgálat adatait értékelve a MÉV a kút betétszűrős felújítása mellett döntött. A vörösfenyő bélésűbe NA 200,0 mm-es KM PVC betétszűrőt építettek be az aknától 16,25 m-es mélyséig. A KM PVC bélésűszűrőt 6,25 m-től 13,25 m-ig műanyag szítaszövet borítással szűrőcsővé alakították ki. A talpi beáramlás lehetővé tételére a bélésűszűrő alsó végét is szítaszövettel zárták le. Az elvégzett javítás sikerült, a javítás előtt -4,4 m-es üzemi víznívónál mért 250 l/p-es vízhozam a javítás után -2,2 m-es üzemi víznívóval volt szivattyúzható, s a nyugalmi vízszint is +0,4 m-re emelkedett [4].

A javítás után az ásványvíz palackozását folytatni lehetett, de az esemény, mindenképpen felhívta a figyelmet arra, hogy a palackozó biztonságos működtetéséhez tartalék kút, vagy kutak létesítése, későbbi időpontban a Theodora-1 kút teljes körű felújítása is szükséges. Az ásványvíz-palackozó üzem 1994-ben felújításra került. A jogszabályi változások, valamint az ásványvíz-palackozás hosszú távú biztonsága érdekében, ezt követően 1999-ben

került sor a Theodora-1 kútszerkezetének korszerűsítésére [6]. A korszerűsítési munkák elvégzésére a batatonalmádi székhelyű Geoprosper Kft. kapott megbízást. Az elvégzett munkák az alábbiak voltak:

- Kútfejszerelvény lebontása
- 1987-ben beépített KM PVC betétszűrő kiépítése
- Vörösfenyő bélésűszűrő elfűrésa. Ez volt a felújítás legnehezebb szakasza, mert a vörösfenyő dongák elfűrés közben bedőltek, darabokra estek, azokat egyenként kiszedve lehetett csak előrehaladni.
- Előfűrés 25,0 m-ig
- 10,0 m-ig palástcementegetett fedőkizáró technikai bélésűszűrő rakat beépítése
- NA 200 mm-es saválló bélésűszűrő beépítése, a geofizikai mérések alapján, meghatározott helyen, szűrőcsővé kialakítva (kútszerkezet: 4. ábra). A kiképzett kút talpmélysége 21,92 m lett, a rossz vízvezető képességgel rendelkező dolomitos mészkő a fűrés alsó szakaszán eltömedékelésre került.
- Gyűrűstér lezárása
- Előírt vízhozam és vízminőség vizsgálatok elvégzése



4. ábra. A Theodora-1 műszaki szelvénye 1999-ből

A felújított kút nyugalmi víznívója $-0,9$ m, míg vízhozama $-9,27$ m üzemi víznívó mellett 220 l/p, összes oldott ásványi anyag 1758 mg/l volt. Ez a kút napjainkban is a Theodora Kékkúti ásványvíz legnagyobb vízhozamú és legjobb vízminőségű kútja (4. ábra) [7].

2.3. Theodora–2 számú kút

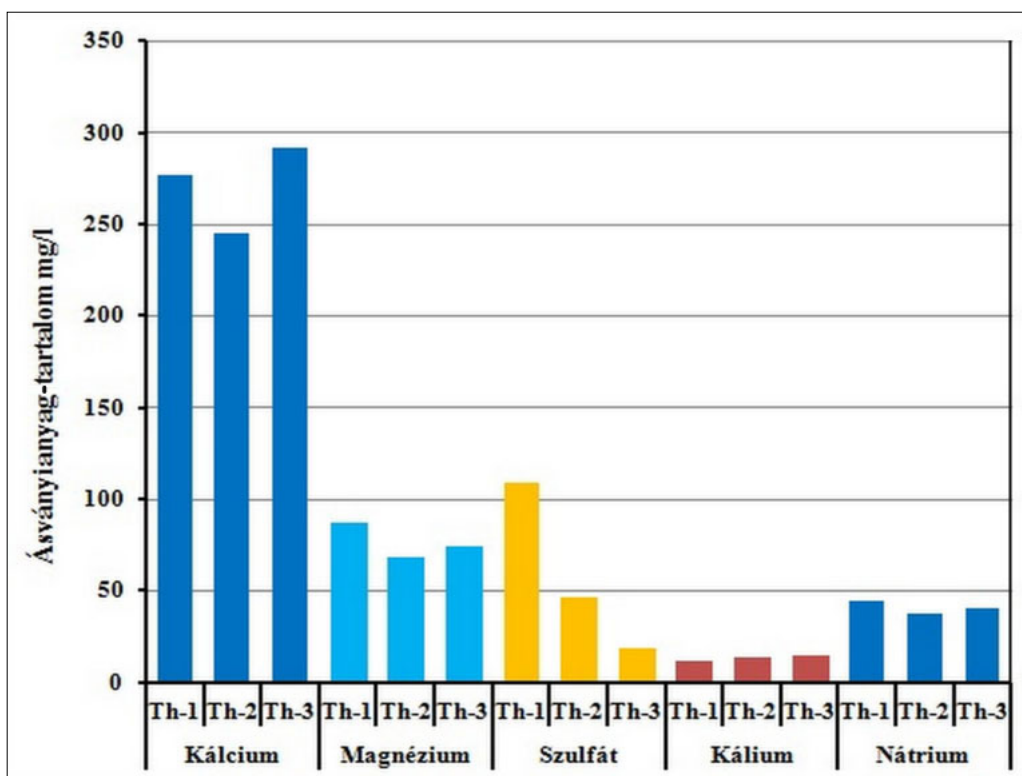
A következőkben tárgyalt kutak „történelme” a technika korszerűsödése és az eltelt időszak rövidege miatt kevesebb eseményt tartalmaz. A Theodora–1 kút 1987. évi felülvizsgálatának tapasztalatai alapján, azt követően a palackozó területén, az 1-es kúttól délre, kb. 50 m-re elkészült a Theodora–2 számú kút $31,0$ m-es talpmélységgel. Az akkori gyakorlatnak megfelelően KM PVC szűrőcsövet építettek be. A vízadó kőzet agyagos mészkő volt, gyengébb vízadó képességgel, mint ahogy azt az 1-es kútnál tapasztalták. Így az üzem már rendelkezett egy tartalékkúttal arra az esetre, ha a Theodora–1 kutat javítás, felújítás miatt le kell állítani, vagy a palackozott víz mennyiségét növelni kell. A Theodora–1-es kút korszerűsítése után, 2000 végén megtörtént ennek a kútnak is a korszerűsítése. A KM PVC bélésű csövet NA 200 mm-es saválló szűrőcsőre cserélte ki a Geoprosper Kft. az 1-es kúthoz hasonló kútszerkezettel. A felújított kút nyugalmi víznívója $-4,98$ m, míg vízhozama $-19,09$ m üzemi víznívó mellett $100,0$ l/p, összes oldott ásványi anyag-tartalma 1564 mg/l volt [7].

2.4. Theodora–3 számú kút

A palackozóüzem kapacitásbővülése miatt szükségessé vált egy harmadik kút lemélyítése is az üzem területén. A Theodora–3 számú kút kivitelezését 2000 elején az Aquaprofit Kft. (Nagykanizsa) tervei alapján szintén a Geoprosper Kft. végezte el. A kút az 1-es kúttól keletre, kb. 150 m-re létesült, talpmélysége $34,0$ m lett. A rétegsor agyagos mészkő, homokos agyag $16,0$ m-ig, majd agyagos dolomit, mészmárga $34,0$ m-ig. Szűrőzésre $13,5$ m és $29,5$ m közötti szakasz került. A kutat az 1-es kúthoz hasonló kútszerkezettel, NA 200 mm-es saválló szűrőcsővel képezték ki. A kút nyugalmi víznívója $-2,38$ m, míg vízhozama $-12,6$ m üzemi víznívó mellett $80,0$ l/p, összes oldott ásványianyag-tartalma 1765 mg/l volt [7].

A Theodora Kékkúti ásványvizet jelenleg ebből a három kútból termelik és palackozzák. Az látható, hogy a kutak az üzem területén belül találhatóak, egymástól nem nagy távolságra, de mind a rétegsorban, mind a vízadó képességben jelentős eltérések vannak. A termelt víz kémiai összetétele hasonló, de kisebb eltérések tapasztalhatók. A három Theodora-kút főbb oldott ásványianyag-tartalmát az 5. ábra mutatja.

A három kútból jelenleg palackozott Theodora Kékkúti ásványvíz a meghatározás szerint fluorid-tartalmú, kalciumot, magnéziumot tartalmazó, hidrogén-karbonátos természetes ásványvíz. Főbb oldott ásványi összetevői: kalcium: 280 mg/l, kálium: $12,9$ mg/l, nátrium: 37 mg/l, magnézium: 57 mg/l, fluorid:



5. ábra. A Theodora-kutak főbb oldott ásványianyag-tartalma

1,02 mg/l, hidrogén-karbonát: 1110 mg/l, összes oldott ásványianyag-tartalom: 1600 mg/l.

A Theodora Kékkúti ásványvizet különböző formájú és méretű üveg és PET-palackokban forgalmazzák és forgalmazzák. Napjainkban általánosan elterjedt a PET-palackban történő forgalmazás.

2.5. A Theodora Kereki ásványvíz kútja

Az 1990-es évek végére a kékkúti ásványvíz egyre kedveltebb lett. A felújított palackozóüzem kapacitásának, a piaci igényeknek megfelelő mennyiségű ásványvizet a három Theodora-kút már nem tudta biztosítani. A Kékkúti Ásványvíz Rt. 2001-ben megbízta az Aquaprofit Rt.-t (Nagykanizsa), hogy a környéken vizsgálja meg olyan kút létesítésének lehetőségét, amelyből az eddig palackozott Theodora ásványvízhez hasonló karakterű, megfelelő mennyiségű víz termelhető. Az Aquaprofit Rt. a környékbeli lehetőségeket áttekintve egy karsztvízszint-megfigyelő kút és egy meddőnek minősülő uránkutató fúrásból kiképzett kút adatait vizsgálta meg, a Kékkúthoz közeli Mindszentkállya melletti Kereki major területén. A földtani helyzetnek megfelelően, a települési viszonyok kedvezőek a Kereki major alatti térség felé irányuló beszivárgásoknak. Ugyanakkor ezen a területen a víztermelés a szerkezeti viszonyok miatt nem befolyásolhatja hátrányosan a Theodora-kutak környezetének vízutánpótlását. A két kút közül ásványvíztermelésre az uránkutató fúrásból kiképzett kút látszott alkalmasabbnak. A vizsgálatokat a továbbiakban ezzel a kúttal folytatták. A kutatófúrás talpmélysége 455,0 m volt, amely 165,0 m-ig alsó triász rétegeket harántolt. A kutatófúrást a befejezés után vízkúttá képezték ki. A kiképzett kútról vízföldtani napló nem készült, pontos kútszerkezete nem ismert. A kúton hozamvizsgálatot, geofizikai és vízkémiai vizsgálatot végeztek. A nyugalmi víznívó $-2,52$ m, míg az üzemi víznívó 250 l/perces vízhozam mellett $-3,99$ m volt. A termelt víz vízkémiai adatai ásványvíz-palackozásra megfelelőnek bizonyultak, az összes oldott ásványianyag-tartalom 1018 mg/l volt. A geofizikai vizsgálat négy helyen mutatott vízbeáramlást, de látható volt az is, hogy a kútszerkezet sérült.

A fentiek alapján a hely alkalmasnak látszott vízbeszerzésre. A pontos földtani, vízföldtani adatok, kútszerkezet nem ismertek, ezért első lépcsőben a kút mellett egy 135,0 m talpmélységű kutatófúrás lemélyítését javasolták. A kutatófúrásban két mélységközben, 65,0–93,0 m között (lyukacsos, üreges dolomit), 93,0–135,0 m között (középszemű szürke dolomit) szelektív rétegvizsgálattal kellett meggyőződni a vízadó képességről [8]. A kivitelezésre szintén a Geoprosper Kft. kapott megbízást. A kutatófúrás lemélyítése és az előírt rétegvizsgálatok elvégzése után bebizonyosodott, hogy a felső (65,0–93,0 m) ré-

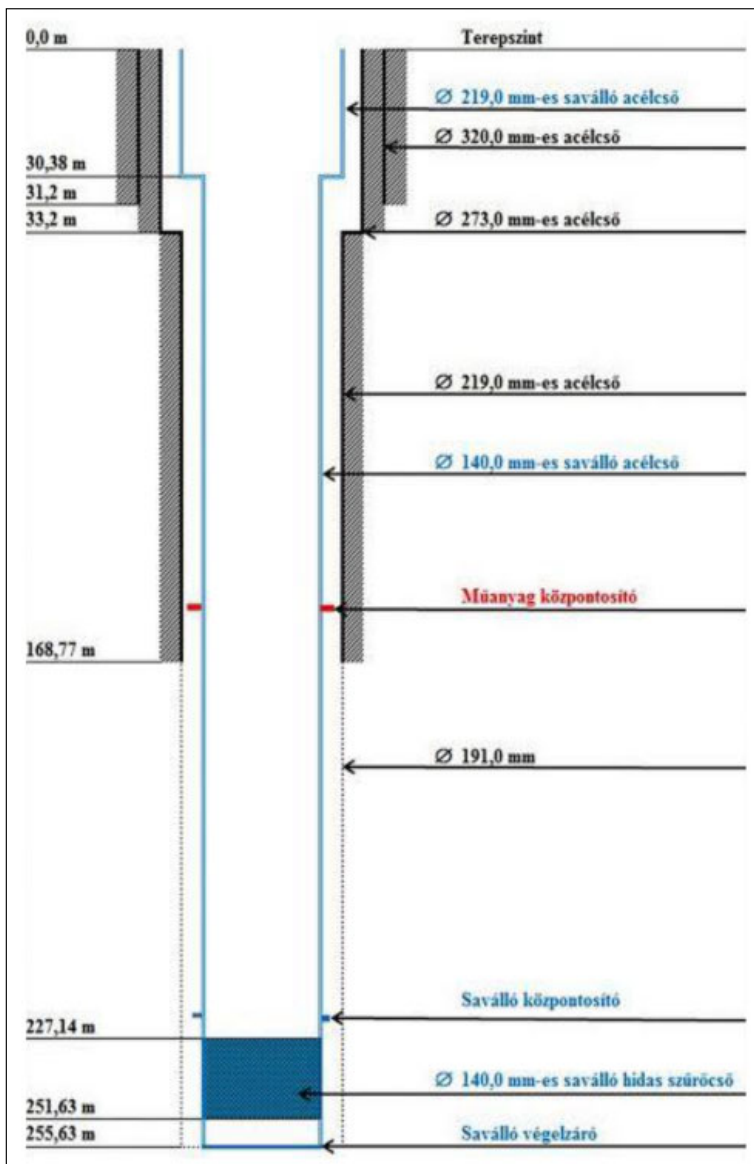
teg vízhozama lényegesen jobb (a nyugalmi víznívó $-3,39$ m, üzemi víznívó 370,0 l/perces vízhozamnál $-6,78$ m) [9]. Ennek ismeretében a kutatófúrás alsó szakaszának eltömedékelése után egy 98,0 m talpmélységű kút került kiképzésre a Theodora-kutakhoz hasonlóan saválló szűrőcső rakattal. A termelt víz a Theodora-kutakból termelt víznél alacsonyabb összes oldott ásványianyag-tartalmú, de karakterében hasonló ásványvíz. Főbb vízkémiai adatok a Theodora Kékkúti kutakkal összehasonlítva az alábbiak:

- kalcium: 144,0 mg/l (280,0 mg/l Theodora Kékkúti),
- magnézium: 34,4 mg/l (57,0 mg/l),
- szulfát: 144,0 mg/l (109,0 mg/l),
- kálium: 10,0 mg/l (12,9 mg/l),
- fluorid: 1,4 mg/l (1,02 mg/l),
- nátrium 32,0 mg/l (37,0 mg/l),
- hidrogén-karbonát: 487,0 mg/l (1110,0 mg/l),
- összes oldott ásványianyag-tartalom: 904,0 mg/l (1600,0 mg/l).

A kútból termelt ásványvizet *Theodora Kereki* néven palackozni kezdték, bővítve ezzel a kékkúti ásványvizek termékcsaládját. Izotópos vizsgálatok alapján a Theodora Kereki ásványvíz a mainál jóval hidegebb (akár a jégkorszaki) éghajlati körülmények közötti csapadékból származik.

2.6. A Nestlé Aquarel ásványvíz kútja

A Kékkúti Ásványvíz Rt. 1997-ben a palackozóüzem technológiai vízigényének biztosítására vízbeszerzési lehetőséget keresett. A felméréssel, a szükséges tervek elkészítésével, az engedélyek beszerzésével az Aquifer Bt.-t bízta meg. A palackozó területén belül a földtani viszonyok és a három Theodora-kút védelme miatt nem volt célszerű a technológiai vízbeszerzést megoldani. Ezért az Aquifer Bt. a palackozó környékén keresett a kút létesítésére alkalmas helyet. A lehetőségek vizsgálata során merült fel, hogy Kővágóórs és Köveskál között, a palackozótól elérhető távolságra, 1967-ben uránkutató céljából mélyült egy 520 m talpmélységű, meddőnek minősülő kutatófúrás, amely 260 m-ig (triász–perm határ) jó vízadó képességgel rendelkező rétegeket harántolt (triász dolomit). A kutatófúrás alsó szakaszának (uránkutató céljából vizsgált permi homokkő) elzárása után, ezt a felső szakaszt 146,0 mm-es béléscsővel, két helyen szűrőzve, 1967-ben közkúttá képezték ki. A kút létesítésekor a nyugalmi vízszint $+0,8$ m volt, $+0,2$ m-es üzemi vízszint mellett 120 l/perc vizet termelt [10]. Ezt a kút a környékbeliek, mivel szabad kifolyású volt, rendszeresen használták. Innen hordtak vizet permetezni, sokan itt mostak autót, itt itattak állatokat, s a turisták is megálltak itt szomjukat oltani. A kút a köznyelv a kutatófúrás eredeti céljára (uránkutató) utalva csak



6. ábra. A Nestlé Aquarel ásványvíz kútjának műszaki szelvénye

Urán-kútként emlegette, a turistatérképeken is ez a megnevezés volt látható. A kút nyugalmi vízszintje 1997-ben +1,78 m volt. Az Aquifer Bt. a kutatófúrás adatainak megismerése után ennek a közkútnak a felújítását javasolta 260,0 m-es talpmélységgel. Az erre vonatkozó terveket elkészítette, a kútban lévő acélső kihúzása után szűrőzésre KM PVC csövet javasolt, a vízjogi létesítési engedélyt beszerezte [11]. A kút kivitelezésével a Kékkúti Ásványvíz Rt. a Geoprosper Kft.-t bízta meg azzal a módosítással, hogy a szűrőcső rakat rozsdamentes acélső legyen. A kivitelezés 1998 februárjában meg is kezdődött. Első lépésben kísérletet tettek a közkútba beépített acélső visszahúzására, de ez a bélésűcső erős korróziója miatt nem volt eredményes. A megrendelővel egyeztetve a közkút eltömedékelése és melléfúrásos felújítás mellett döntöttek a közkúttól kb. 12 m távolságra. A kőzetviszonyok miatt a kút mélyítése a felszínközeli laza szakasz (33,0 m-ig) kivételével levegő-hab öblítéssel, lyuk-

talpi fúrókalapáccsal történt. A vízáadó réteg feletti szakaszt palástcemetezett acélsővel zárták ki. A befejező bélésűcső rakat 140 mm-es saválló cső, a szűrőcső pedig ugyanezen anyagból készült hidas szűrő lett. A kiképzett kút műszaki szelvényét a 6. ábra mutatja.

Az már a kút mélyítése közben is látszott, hogy nagyon jó vízáadó képességgel rendelkező réteget harántolnak. Az alkalmazott fúrási technológiának köszönhetően a víztermelés fúrás közben beindult, a tervezett talpmélységhez közeledve a becsült víztermelés már 2000–3000 l/perc volt. 256,5 m-ben, a tervezett talpmélység (260,0 m) elérése előtt a fúrást le is kellett állítani. A rendelkezésre álló kompresszorkapacitás (18,0 bar, 13,0 m³/p) ilyen nagy víztermelés mellett már nem tudott elegendő energiát biztosítani a lyuktalpi fúrókalapács működtetésére. A megfelelő vízhozam, a minimális talpi eltérés miatt a kompresszor cseréje, a fúrás folytatása nem volt indokolt.

A kútvizsgálatok elvégzése után a nyugalmi vízszint +4,92 m, az üzemi vízhozam –14,05 m-es üzemi víznívó mellett 870 l/perc volt. A főbb vízkémiai adatok: kalcium 76,0 mg/l, magnézium 46,4 mg/l, szulfát 10,0 mg/l, hidrogén-karbonát 464,0 mg/l, összes oldott ásványianyag-tartalom 614,0 mg/l [12]. A fenti vízkémiai és vízhozam adatokból látszott, hogy a termelt víz alacsony ásványianyag-tartalmú, kiváló minőségű ásványvíz, amelynek a palackozóüzemhez történő bevezetése rozsdamentes

csővezetékekkel megoldható. A Kékkúti Ásványvíz Rt., amely akkor 100%-ban a Nestlé Waters tulajdona volt, a kapott adatok alapján úgy döntött, hogy az ásványvíz kínálatát bővíti, egy alacsony ásványianyag-tartalmú víz forgalmazásával. A cég az ebből a kútból termelt vizet saját európai gyakorlatának megfelelően Nestlé Aquarel forrásvíz néven 2004-ben forgalmazni kezdte. A vízbeszerzés helyét Cédus-forrásnak nevezték a palack címkéjén. A Nestlé Aquarel forrásvíz és a Cédus-forrás megnevezés félreértésekre adott okot, sokan egy természetes forrásból származó víznek gondolták. Ez a tévhit a vízbeszerzési hely előzményével együtt néhány érdekes „szakvéleményt” eredményezett az interneten [13]. A kedvezőtlen reakciók miatt 2011-ben a jogszabályi lehetőségekkel élve a cég a kútból termelt vizet átnevezte, Nestlé Aquarel természetes ásványvíz néven palackozta tovább.

A palackokon ezt követően a természetes ásványvíz megnevezés jelenik meg, a kút neve pedig Cédrus-forrás. Ezt a kedvelt, alacsony ásványianyag-tartalmú ásványvizet a Theodora Kékkúti és Theodora Kereki ásványvízhez hasonlóan szénsavmentes, enyhe és szénsavas változatban palackozzák.

3. Az Ásványvizek jótékony hatásai

Az ásványvizek számtalan jótékony hatással bírnak az emberi szervezetre, itt ezek közül a teljesség igénye nélkül csak néhányat említek meg [14, 15].

- ❑ Szervezetünk életkortól függően nagy százalékban (70–60–50%) vízből épül fel, amelyből folyamatosan veszítünk, ennek pótlása rendszeresen szükséges. Az ásványvizek fogyasztása pótolja a szervezet vízigényét. Erre a célra elsősorban alacsony nátrium és összes oldott ásványianyag-tartalmú vizeket fogyasszunk (pl.: Óbudai Gyémánt, NaturAqua, Nestlé Aquarel).
- ❑ Egyes ásványvizek csökkentik a gyomorsav-túltengést, az epepanaszokat. Ilyen panaszok esetén Na-, K-hidrogén-karbonátos vizeket fogyasszunk (pl.: Balfi, Parádi csevice vizek).
- ❑ Csontritkulás esetén ajánlott a Ca-, Mg- K-hidrogén-karbonátos vizek fogyasztása (pl.: Balatonfüredi savanyúvíz, Theodora Kékkúti, Mohai Ágnes).
- ❑ Vashiány pótlására magas vastartalmú vizeket fogyasszunk (pl.: Parádhutai Clarissa forrásvíz, Balatonfüredi savanyúvíz).
- ❑ Székrekedés megelőzésére igyunk szulfátió, Na-glaubersós, Mg-tartalmú vizeket (pl.: Balfi, Mira, Hunyadi János, Ferenc József ásványvíz).
- ❑ Gyomorsavtúltengés, gyomorfekély esetén szénsavas ásványvizek fogyasztása nem ajánlott, ez esetben csak szénsavmentes ásványvizet fogyasszunk.

Összefoglalás

Európa az ásványvízforrások hazája. A földön nincs még egy ilyen gazdag régió, és sehol máshol nem használják fel ilyen intenzíven ezt a természet adta kincset. Hazánk Európa egyik leggazdagabb ásványvíz-lelőhellyel rendelkező országa, nagy föld alatti vízkészlettel rendelkezik, rendkívül gazdag ásvány- és gyógyvizekben. A Kárpát-medence területe alatt kiváló minőségű, szennyeződéstől mentes ásványvíz-készletek találhatóak, amelyek hazánk kedvező geológiai, hidrogeológiai adottságainak köszönhetően gyakorlatilag kimeríthetetlenek. Magyarországon több mint 500 olyan mélyfúrású kút ismeretes, amely vegyi alkotását tekintve természetes ásványvizet szolgáltathat.

Ásványvizeink egy része már a római korban is ismert volt, ezek közé tartozik a káli-medencei ásványvíz is. A medencében található természetes ásványvizek a tisztaságukat és az emberi szervezet számára előnyös összetételüket a terület hidrogeológiai adottságain túl a környezet érintetlenségének is köszönhetik, megfelelő hidrogeológiai védőterülettel rendelkeznek. A Káli-medencében jelenleg három féle néven és minőséggel termelnek és palackoznak ásványvizet, így a *Theodora Kékkúti* (magas ásványianyag-tartalom), a *Theodora Kereki* (közepes ásványianyag-tartalom), a *Nestlé Aquarel* (alacsony ásványianyag-tartalom). Mindhárom ásványvíz kútja korszerű, az élelmiszeripari szabványoknak megfelelően saválló szűrőcsővel van kiképezve. A Káli-medencében palackozott három eltérő minőségű ásványvíz napjainkban is közkedvelt, megfelelő választékot biztosít az ásványvízfogyasztók számára, s jelentős helyet foglal el a hazai ásványvízpiacon.

IRODALOM

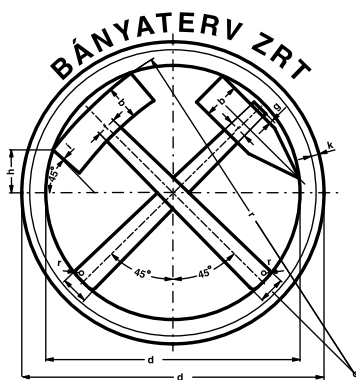
- [1] Dobos I.: Kétezer év a Kékkúti ásványvíz életében.
- [2] Magyar Ásványvíz, Gyümölcslé és Üdítőital Szövetség: Ásványvizeink, egy kis történelem. [http:// www.asvanyvizek.hu](http://www.asvanyvizek.hu)
- [3] Ásványvíz. <https://hu.wikipedia.org/wiki/>
- [4] Mecseki Ércbányászati Vállalat Kutató-Mélyfúró Üzeme (1987): Jelentés a Kékkúti ásványvíztöltő telep kútjainak hidrogeológiai vizsgálatáról.
- [5] A források és az üzem története, Káli-medence. [http:// www.theodora.hu](http://www.theodora.hu)
- [6] Theodora kutak felújítása, Engedélyezési tervdokumentáció (1999): Aquaprofit Kft., Nagykanizsa.
- [7] Bogdán Gy. (1999–2000): Theodora kutak kivitelezésének, felújításának dokumentációi. Geoprosper Kft.
- [8] Horváth Sz. (2001): Mindszentkállya, Kereki major M–1 jelű kút melléfúrásos felújításának műszaki leírása. Aquaprofit Kft., Nagykanizsa.
- [9] Bogdán Gy. (2002): Kereki majori ásványvízkutatás dokumentációi. Geoprosper Kft.
- [10] OVF Központi Vízkészlet-gazdálkodási Felügyelő-ség, Vízföldtani Felügyelet (1968): Kővágóörs VI. számú kút vízföldtani naplója.
- [11] Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (1997): Vízügyi Létesítési Engedély a Kö–6 számú kút felújítására.
- [12] Bogdán Gy. (1998): Kö–6/a jelű kút kivitelezésének dokumentációi. Geoprosper Kft.
- [13] Uránkútból jön a Nestlé-„forrásvíz”? (2006). [https:// homar.blog.hu](https://homar.blog.hu)
- [14] Jótékony ásványvizeink (2011): Magyar Dietetikusok Országos Szövetségének áprilisi Táplálkozási Akadémia hírlevele.
- [15] Melyik betegségre milyen ásványvizet válasszunk? (2011): Origo.



BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Az Országos Magyar Bányászati és
Kohászati Egyesület lapja
ALAPÍTOTTA PÉCH ANTAL 1868-BAN

„Lektorált lap” – MTA Magyar Tudományos Művek Tára
Indexeli az EBSCO Publishing, Inc.



Bányaterv Mérnökiroda Zrt.

- Bányászati tervezés
- Földtani szakértői,
hites bányamérői,
felelős műszaki
vezetői szolgáltatás

Cím: 1054 Budapest,
Honvéd utca 8. I. em. 2.
Telefon: +36-20-4897781
E-mail: drvigh@banyaterv.hu

HIVATALOS MAGYARORSZÁGI  **metso** KÉPVISELET



3B Hungária Kft.

H-8900 Zalaegerszeg, Wlassics Gyula u. 13. • Tel.: +36 92/549-033
info@3bh.hu • www.3bh.hu

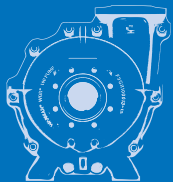


WEIR Minerals Sand Wash Plant

A global market leader providing trusted technology and services
which make your operations more productive and profitable



Hat vezető iparági termék.



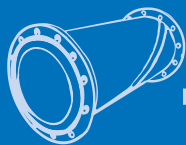
Warman®
zagszivattyúk

+



Cavex®
hidrociklonok

+



Linatex®
tömlők

+



Enduron®
rosták

+



Linatex®
gumi

+



Isogate®
szelepek

=



Egy Megbízható Forrás.

A Weir nagy szakértelemmel megtervezett homokmosó berendezései kis helyigényűek és a Weir saját világszínvonalú gépegységeiből épülnek fel melyek igen magas kopásállóságú anyagokból készülnek ezért hosszú élettartam mellett maximális kinyert hasznos homok mennyiséget garantálnak.

Mindez kiegészül a Weir elkötelezett terméktámogatás csapatával, projekt mérnökeivel, szervízálózatával, egyszerű kopóalkatrész hozzáféréssel nem csak Magyarországon, de a világ 170 pontján...

A döntés az Ön kezében van.

Tudjon meg többet weboldalunkon: sandwashplant.weir

Copyright © 2020, Weir Minerals Australia Limited. All rights reserved. 202003/AU1114

WEIR
Minerals

Lignitalapú PRB fejlesztése és félüzemi kísérlete savas bányavíz kezelésénél

Development of lignite-based PRB and its semi-operational experiment in the treatment of acid mine water

SZÉKELY ISTVÁN

okl. hidrogeológus mérnök, PhD, tudományos segédmunkatárs

MADARÁSZ TAMÁS

okl. geológusmérnök, PhD, intézetigazgató egyetemi docens

KOLENCSIKNÉ TÓTH ANDREA

okl. környezetmérnök, PhD, egyetemi docens

Miskolci Egyetem, Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar, Víz és Környezetgazdálkodási Intézet



A szennyezett vizek kezelése és tisztítása magas költségekkel jár, mivel a tisztítási technológia kialakítása, működtetése jelentős anyagi és emberi erőforrásokat igényel. Ennek következményeként egyre nagyobb igény merül fel olyan innovatív, passzív vízkezelő rendszerek iránt, amelyek alacsony kivitelezési és üzemelési költségek és minimális felügyelet mellett működtethetőek.

Jelen tanulmányban egy olyan passzív vízkezelő rendszer tervezésének, kivitelezésének és monitoring eredményeinek a bemutatására kerül sor, amely egy felhagyott bányászati területen, már lezárt bányában összegyűlt és kivezetésre került savas bányavíz kezelését tűzte ki célul. A technológia egyben félüzemi kísérlete is annak a korábbi projektnek, amely egy új fejlesztésű reaktív gát töltetanyagának fejlesztésével és méretezési protokolljának kidolgozásával foglalkozott.

A passzív vízkezelő rendszer tervezése során számos laboratóriumi vizsgálatra került sor, amelyek a töltet hidraulikai környezetbe illeszthetőségét modellezték. A laboratóriumi vizsgálatokat követően, a kiépítés során a kísérleti árokban is számos változtatást kellett eszközölni, a töltet betölthetősége és a vízkormányzás érdekében.

A kísérleti árokban elhelyezett, többfunkciós kombinált töltetanyag tesztfázisát, folyamatos vízmintavételekkel, illetve passzív vízmintavevők kihelyezésével követtük figyelemmel, ezek eredményei igazolták a technológia létjogosultságát, illetve rávilágítottak azokra a problémákra, amelyek további fejlesztéseket igényelnek a technológia optimalizálása érdekében.

Kulcsszavak: passzív vízkezelés, reaktív gát, savas bányavíz, lignit, méretezési protokoll

The treatment and purification of contaminated water is an expensive business, as the design and operation of the treatment technologies usually require high up-front investment and continuous operational and human resources. As a consequence, there is a growing demand for innovative passive water treatment systems that can be operated with low construction and operating costs and minimal supervision.

The present study presents the design, construction and monitoring results of a pilot passive water treatment system for the treatment of acid mine drainage water collected and discharged from a closed mine in an abandoned mining area.

During the design of the passive water treatment system, a number of laboratory tests were carried out to model the suitability of the reactive material in the real hydraulic environment. Following the laboratory tests, a number of modifications were made to the pilot trench during construction to improve the reactive material's condition and hydraulic behavior.

The cascade-like pilot trench was monitored by continuous water sampling and the deployment of passive water samplers, the results of which demonstrated the viability of the technology and highlighted issues that require further improvements to optimize the technology.

Keywords: passive water treatment, permeable reactive barrier, acid mine drainage, lignite, design protocol

Bevezetés

A felszín alatti vízszennyezések kárelhárítása napjainkban egyre fontosabb feladattá vált az ivóvízkészleteink védelme érdekében. A hatékony kárelhárításhoz egyre több és újabb technológiát dolgoznak ki a jobb hatásfok és gazdaságosság eléréshez.

Az ipari beruházások miatt az ivóvízbázisok védelme mellett egyre nagyobb szerepet kap a szennyezett területek revitalizációja. Ez a kérdéskör komplexitásából adódóan környezeti, gazdasági és ingatlanfejlesztési, munkahelyteremtési, valamint egyéb társadalmi és műszaki kihívásokat is jelent.

A Miskolci Egyetem Műszaki Föld- és Környezet-tudományi Karán több évtizede indult az első reaktív gát tervezési projektje, amelyet több hasonló követett. Ennek eredményeként a reaktív gátak tervezési lépéseit határoztuk meg, valamint új típusú, lignitbázisú töltetanyag alkalmazásának a lehetőségét vizsgáltuk és teszteltük terepi körülmények között.

Az új fejlesztésű reaktív gát

Az új fejlesztésű reaktív gát a műszaki beavatkozásnak egy olyan módja, amely lényegesen alacsonyabb költségszinten és rövidebb idő alatt biztosíthatja a korábban elszennyezett területek használatbavételét, és megfelelő méretezés esetén, költséghatékony üzemelés mellett egyszerre teljesíti a humán hatásviselő, az ökológiai rendszerek és a környezeti elemek megfelelő védelmét [1].

A hagyományos PRB (*Passive Reactive Barrier*) alkalmazásoknál elterjedten használnak a töltet anyagként aktív szenet, amelynek köztudottan jó a szennyezőanyag-megkötő képessége, és a legtöbb esetben jól regenerálható, viszont beszerzése és regenerálása nagyon költséges lehet [2].

A kutatás során alkalmazni kívánt természetes anyagú töltetek (lignit vagy tőzeg) bekerülési költsége legalább egy nagyságrenddel kisebb az aktív szén töltetétől. Szennyezés-visszatartó képessége (CRC) laboratóriumi kísérletek által igazolva, körülbelül 30%-át éri el az aktív szeneknek [3]. Ezek az anyagok megfelelő előkészítés és adalékok hozzáadása után – reaktív permeábilis gátként – felhasználhatók. Előzetes becslések alapján a kármentesítést végző számára ez a technológia 40–50%-kal olcsóbb, mint a gyakran alkalmazott „pump-and-treat” eljárás. A költségeket tovább csökkenti, hogy az aktív szén esetében alkalmazott „köl” regenerálás helyett a töltetanyag energetikai célra vagy más technológiában (pl. cementipar) újrafelhasználható. Ezen előnyök birtokában az új típusú reaktív gát jól alkalmazható eljárás barnamezős rehabilitációs projekteken, ahol például a talajvízbe került nehézfémek eltávolítása válik szükségessé [4].

A PRB méretezési protokollja

A töltet fejlesztésén túl célunk volt egy méretezési protokoll kidolgozása, amely a gáttervezés négy részből felépülő munkafázisait mutatja be. Az egyes részek időrendi sorrendben haladva veszik figyelembe a gát tervezéséhez szükséges és rendelkezésre álló adatokat, valamint ezek egymásra hatását. A területi korlátok miatt nincs lehetőség a teljes protokoll bemutatására, csak a nagyobb munkafázisok feladatait említjük meg.

A gáttervezés folyamatának első két fázisa egy előzetes ellenőrző lista alapján az alkalmazhatóság gyors értékelése és egy anyagmérleg-alapú ellenőrzés. Ennek keretében a gát elvi megvalósíthatóságát vizsgáljuk, míg a méretezés következő két szakasza a méretezés és a félüzemi kísérlet a gát tervezéséhez szükséges paraméterek meghatározását írja elő (pl. töltet szemcsemérete, a gát vastagsága, szivárgási tényezője stb.).

A reaktív gát tervezése összetett munkafolyamat, nem lehet felállítani egy általános standard eljárást, amely bármilyen helyzetben alkalmazható, a helyi körülmények és adottságok, valamint az alkalmazandó reaktív anyagok tulajdonságainak ismeretében kell kialakítani egyedi megoldásokat. Célszerű tehát iterációs folyamatként tekinteni a gáttervezésre.

A méretezési protokoll segítségével ezek az iterációs folyamatok jól nyomon követhetők, és a tervező biztos lehet abban, hogy a tervezői munka során minden, a gáttest működését befolyásoló tényezőt figyelembe vett.

A félüzemi kísérlet bemutatása

A laboratóriumi vizsgálatok mellett lehetőség adódott a „félüzemi” kísérlet megvalósítására, melynek során terepi körülmények között is tesztelhetjük az új fejlesztésű reaktív gát töltetanyagát, illetve a méretezési protokoll alkalmazhatóságát.

A felhagyott ércbányában összegyűlő savas bányavizet egy cső vezeti ki a bányából a környezetbe. A kifolyó víz legjellegzetesebb tulajdonsága az alacsony (2-3) pH és a magas fémtartalom, melyek közül több is meghaladja a szennyezettségi határértéket, ami indokoltá teszi a vízkezelést. Legmagasabb koncentrációban a vas(II) fordul elő (589–914 mg/l), de a többi fém, illetve ezek szulfátjai is magas koncentrációban vannak jelen (pl. Cu 111–975 µg/l). A kifolyó bányavíz hozama nem számottevő (1,5–2,5 m³/nap), de a magas oldottanyag-tartalom miatt mégis jelentős és folyamatos környezeti terhelést jelent a reaktív töltet tesztelésére kifejezetten alkalmas terület. A kis hozam és a terület adottságai miatt egy aktív vízkezelő rendszer kiépítése magas költségekkel járna, ezért célszerűnek látszik a passzív vízkezelő rendszer kiépítése.



1. ábra. A kísérleti árok kialakítása

Annak érdekében, hogy a passzív vízkezelő rendszer töltetanyagaként tervezett lignit megfelelő hatékonysággal működjön, első lépésként egy pufferhatást biztosító töltetet is alkalmazni kellett a semleges pH beállítására, melynek anyaga mészkőzúzalék volt.

Az előzetes laboratóriumi vizsgálatokat követően – melyeknek a hidraulikai és kémiai kompatibilitás meghatározása volt a célja – egy 56 m hosszúságú kísérleti árkot alakítottunk ki (1. ábra).

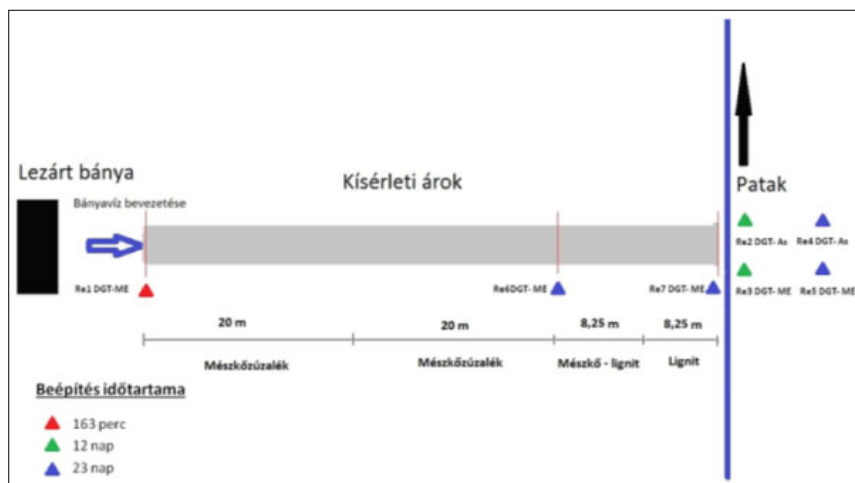
A kiépítés során a kísérleti csatornát három részre osztottuk. Az első 40 méteres szakaszba 11/22 mm szemcseátmérőjű mészkőzúzalék, a második 8 méteres szakaszába mészkő–lignit 1:1 arányú keveréke, míg az utolsó szakaszába ugyancsak 11/22 mm szemcsefrakciójú lignit került fél méter vastagságban. Annak érdekében, hogy a töltetanyag hatékonyságát és kimerülését nyomon tudjuk követni, folyamatos monitoringra volt szükség. Ezt folyamatos vízmintavéte-

lekkel, valamint passzív mintavevők kihelyezésével (2. ábra) valósítottuk meg.

A vett vízmintákat számos komponensre vizsgáltuk (Al, Fe, Cu, Ca, Mg, Zn, Ni, Pb, As, Cd), de a továbbiakban csak azoknak az elemeknek (Fe(II), Cu) a koncentrációváltozását mutatja be az 1. táblázat, amelyek legnagyobb mennyiségben voltak jelen.

A kapott eredmények mindkét mintavételi időpontban a tesztcsatorna hossz-szelvénye mentén a vizsgált komponensek csökkenő tendenciáját mutatják. Az viszont jól elkülöníthető, hogy a Fe(II) koncentrációja (3. ábra) mindkét alkalommal már a kísérleti mészkőzúzalékkal töltött szakaszon csökkenni kezd (0+000 – 0+048) a kiindulási értékhez képest, és ez a folyamat egészen az árok végéig tart.

A réz koncentrációja (4. ábra) ezzel szemben csak az utolsó, lignittel töltött (0+048 – 0+056,5) szakaszon változik. Ennek magyarázata, hogy a mészkőzúzalék hatására az erősen savas bányavíz pH-ja semleges



2. ábra. A passzív mintavevők elhelyezésének helyszínrajza

1. táblázat. A mintavételek eredményei

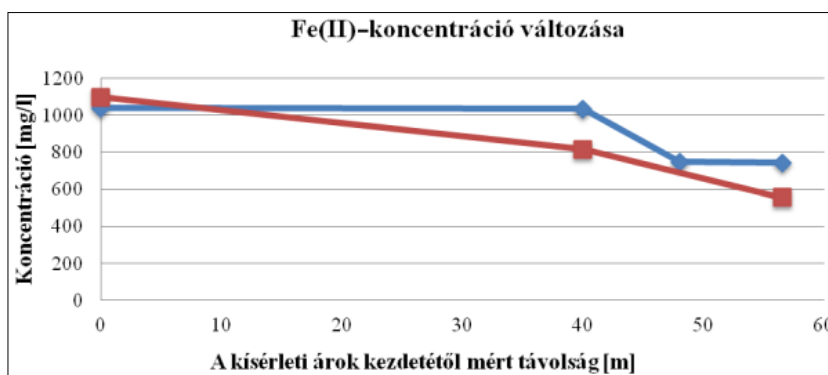
Mintavétel szelvénye [m]	Mintavétel időpontja			
	$t = 0$		$t = 1$ hó	
	Cu-koncentráció [mg/l]	Fe(II)-koncentráció [mg/l]	Cu-koncentráció [mg/l]	Fe(II)-koncentráció [mg/l]
0+000	21,65	1098,5	20,65	1039,5
0+040	20,55	816,5	21,50	1033,5
0+048	-	-	17,55	748,5
0+056,5	3,65	555,5	18,60	742,5

irányba tolódik el, ezért a Fe(II) egy része Fe(III)-má alakul, és már az utolsó töltetegy előtt kiválik, ahol a lignit felületén történő adszorpció tovább csökkenti a komponensek koncentrációját. A réz esetében a mészkőzúzalékkal elért mértékű pH-növekedés nem indította el a kiválásának folyamatát, azonban a lignit jelentős mennyiségét képes volt megkötni.

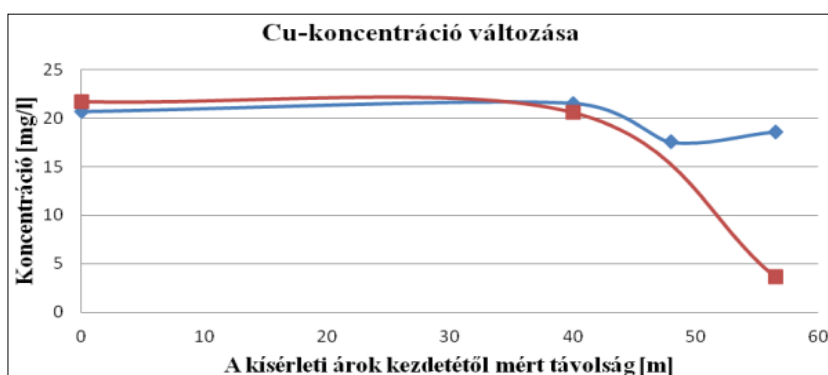
A mintavételek időpontja közötti koncentrációváltozás a töltetanyag kimerülésének tudható be. A töltetanyag kimerülését és aktivitását egyszerre több tényező is befolyásolja. A vas(III)-kiválások, továbbá a magas szulfáttartalom miatti gipszkiválások hatásá-

ra a mészkőzúzalék felülete passzíválódik, így akadályozva a további pufferhatást. Ennek következtében a lignitágy adszorpció kapacitása is csökken, mivel korábbi laboratóriumi mérések bizonyították, hogy az semlegeshez közeli pH esetén működik optimálisan.

A fentebb említett töltetanyagot történő kiválások nemcsak a semlegesítési és adszorpció folyamatokat befolyásolják negatívan, hanem problémát okoznak a passzív vízkezelő rendszer hidraulikailag megfelelő működésében is, mivel azok csökkentik a töltetanyag áteresztőképességét.



3. ábra. A kísérleti árokban vett vízminták Fe(II)-koncentráció-változása a technológiai árok mentén a kísérlet indításakor (kék) és egy hónappal a kísérlet indítása után (piros)



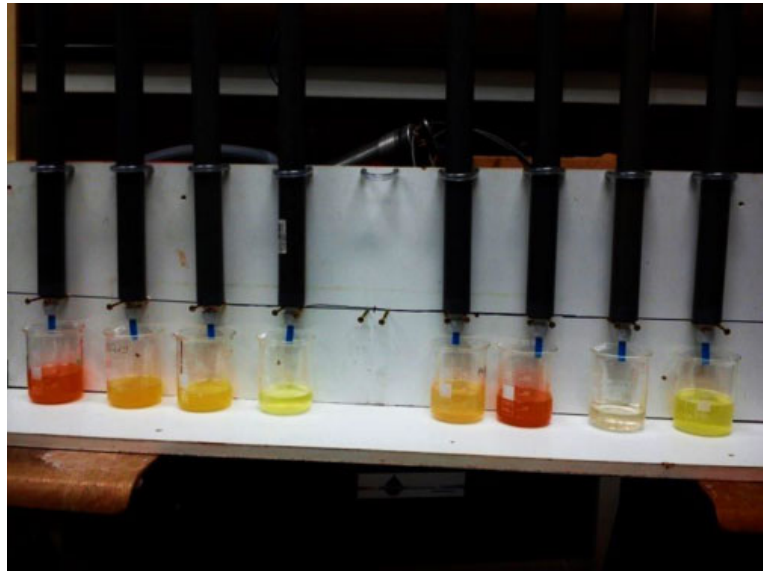
4. ábra. A kísérleti árokban vett vízminták Cu-koncentráció-változása a technológiai árok mentén a kísérlet indításakor (kék) és egy hónappal a kísérlet indítása után (piros)

A töltetfejlesztés laboratóriumi vizsgálatainak eredményei

A laboratóriumi vizsgálatok során négy darab 36 mm belső átmérőjű és 63 cm hosszúságú plexicsövet töltöttünk meg a különböző keverési arányú töltetanyaggal 55 cm hosszúságban, majd ezekre egy perisztaltikus pumpa segítségével adtuk fel a területen vett savas bányavízminztát (5. ábra). A pumpát 10 RPM-en működtettük, így az oszlopokra 3,3 ml/perc hozammal történt feladásra a bányavíz.

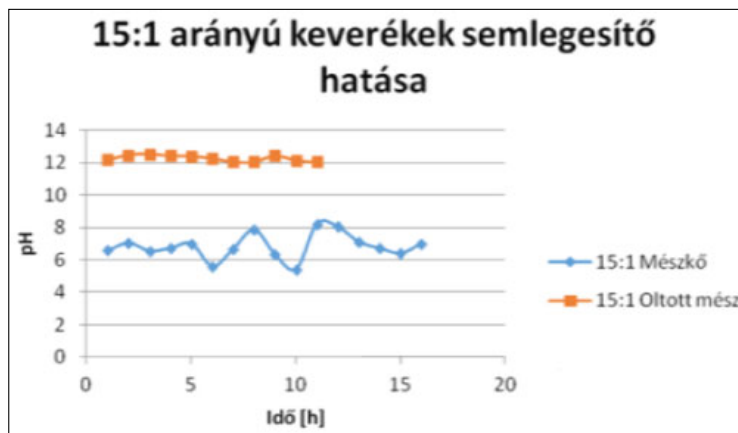
Az oszlopok végén kifolyt vízből meghatározott időnként mintát vettünk, amelyben mértük a pH-t (6. ábra), hőmérsékletet, vezetőképességet, és atomadszorpciós spektrométer segítségével meghatároztuk az oldott komponensek koncentrációját is (7. ábra).

A fentebb említett „félüzemi” kísérlet során a legnagyobb problémát a töltetanyag felületének passzi-

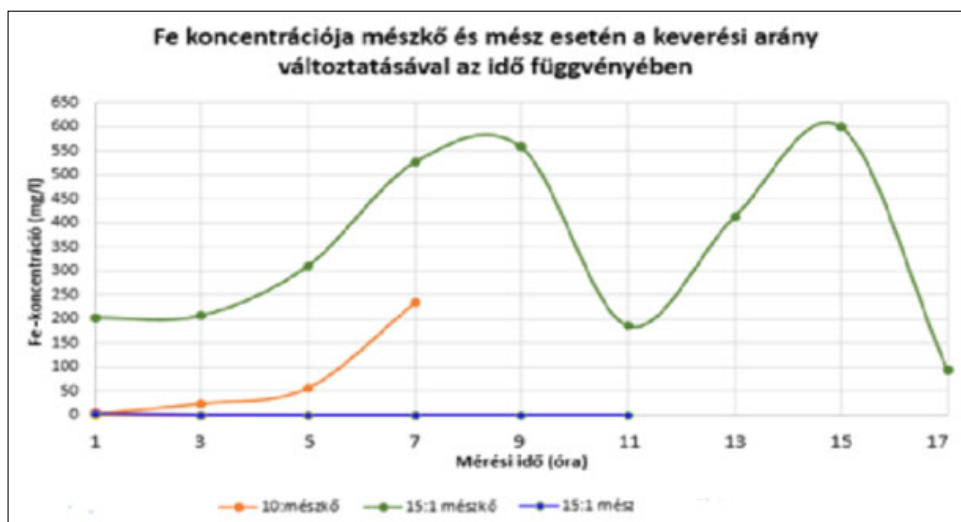


5. ábra. A mérési elrendezés

válódása és az átteresztőképességének csökkenése okozta. Annak érdekében, hogy ezt a problémát kiküszöböljük, igyekeztünk minél nagyobb porozitású



6. ábra. A különböző töltetanyagok semlegesítő hatása az idő függvényében



7. ábra. A Fe(II)-koncentráció változása a különböző töltetanyagokon

töltetanyagot előállítani, amit faforgács hozzákeverésével oldottuk meg. A porozitás növelésével párhuzamosan szeretnénk volna a töltet hatékonyságát is javítani, ezért a töltetanyag fajlagos felületét is növeltük a szemcseméret csökkentésével ($d < 0,25$ mm). Ezáltal olyan töltetkeveréket alakítottunk ki, amely nagy fajlagos felülettel, emellett megfelelő porozitással is rendelkezik.

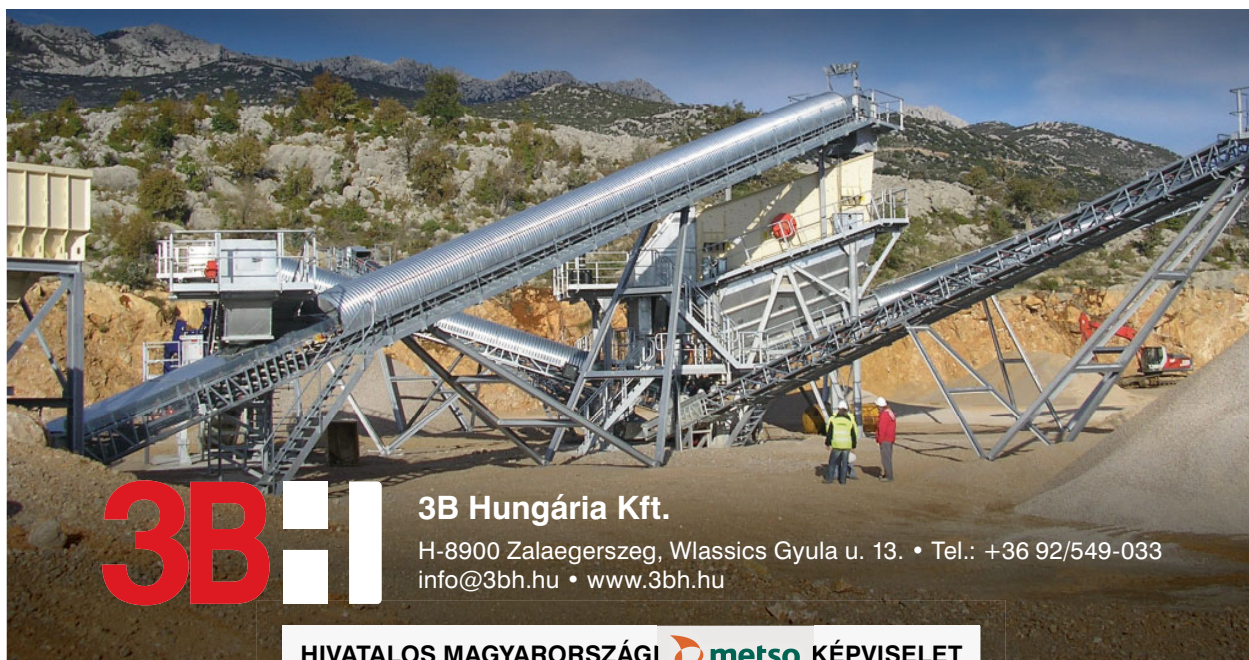
A laboratóriumi mérések és a terepi kísérleti árokban történt savas bányavíz passzív kezelésére irányuló vizsgálatok értékei csak részben szolgáltattak új eredményeket számunkra. Bizonyos jelenségek előre ismertek voltak, mégis vizsgálataink bizonyították, hogy van létjogosultsága a technológiának, és alacsony bekerülési költség mellett is jó hatásfokú végkifejlet érhető el. A megfelelően előkészített lignit reaktív töltékként való alkalmazása egyszerűbb, kisebb volumenű adszorpciós feladatokra, fémek csapdázására alkalmasnak bizonyult.

A laboratóriumban végzett töltetfejlesztési vizsgálatok jól mutatták, hogy az *in situ* tesztfázis során felmerülő negatív tényezők hatása megfelelő szemcsefrakció választása esetén nagymértékben csökkenthető. Amennyiben a megfelelő áteresztőképesség így is elérhető, a technológia bevezethető.

Az alacsony beruházási és üzemelési költségek miatt a töltetanyag kimerülése esetén a töltet cseréje nem jelent jelentős költséget. A csapdázott nehézfém-tartalommal számolva bizonyos égetési technológiák az ártalmatlanítás eszközeként jöhetnek szóba.

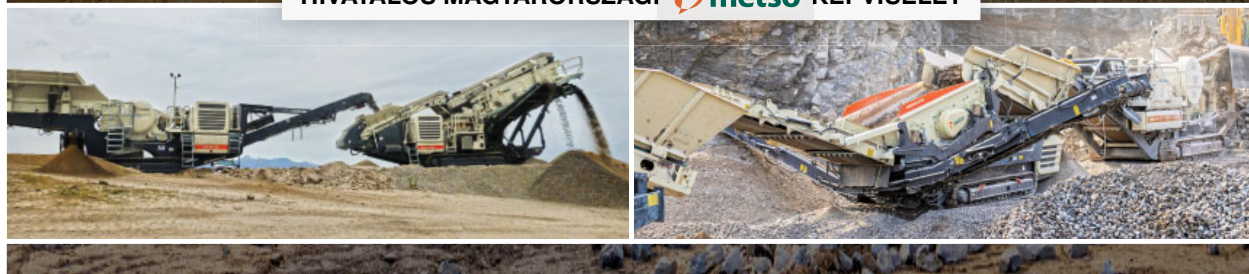
IRODALOM

- [1] Filep Gy., Kovács B., Lakatos J., Madarász T., Szabó I. (2002): Szennyezett területek kármentesítése. Miskolci Egyetemi Kiadó.
- [2] Tóth R. (2008): Újszerű reaktív falak alkalmazása és komplex vizsgálata szennyezett talajvizek kármentesítésében. TDK-dolgozat.
- [3] Madarász T., Szűcs P., Lakatos J., Gombkötő I., Szántó J., Radeczky J., Trauer N., Zákányi B., Székely I. (2012): Újszerű reaktív gátak tervezése. Elektronikus Műszaki Füzetek, 9, 1–10. Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága. ISBN 978-963-7064-25-8
- [4] Bóhm J., Debreczeni Á., Gombkötő I. (2003): PEREBAR – Innovative groundwater remediation – in the management of the water–soil system at river basin scale: Pollution and point sources. Bureau de Recherches Géologiques et Mines, 437–455. In: Water Cycle and Soil-related Aspects EU-Workshop, Orleans, France, ISBN: 3-937750-00-2



3B | **3B Hungária Kft.**
 H-8900 Zalaegerszeg, Wlassics Gyula u. 13. • Tel.: +36 92/549-033
 info@3bh.hu • www.3bh.hu

HIVATALOS MAGYARORSZÁGI **metso** KÉPVISELET



Szerzői életrajzok

BOGDÁN GYŐZŐ aranyokleveles bányamérnök, 1973-ban szerzett bányamérnöki oklevelet Miskolcon, a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karának olajbányászati szakán, majd 1993-ban menedzser szakmérnöki oklevelet a Veszprémi Egyetemen. 1973-tól 1979-ig a Kőolajkutató Vállalatnál dolgozott, kezdetben Orosházán fűrómérnökként, majd a Komádiban üzemi főmérnökként. 1979-től nyugdíjazásáig a balatonalmádi székhelyű Bauxitkutató Vállalat, ill. jogutódcégeinél a kutatófűrési, vízkútúrési tevékenységet irányította. 1971-től az OMBKE tagja, 1983-tól 2007-ig az OMBKE szilárdásvány-kutatási helyi szervezetének titkára.

HÁRI LÁSZLÓ 1974-ben metallurgus üzemmérnöki, 1979-ben okl. kohómérnöki oklevelet szerzett, PhD tudományos fokozatát 1989-ben védte meg. Munkahelye 33 évig a Dunaújvárosi Főiskola és 11 évig a Dunaferri volt. Előbbi munkahelyén fizikai kémia, nyersvasgyártás és acélgégyártás tárgyakat oktatott, a Dunaferriben műszaki fejlesztéssel és környezetvédelemmel foglalkozott. Jelenleg nyugdíjas. Kutatási területe a fizikai kémia kohászati alkalmazásai, elegy- és betétszámítások, hulladékok felhasználási területeinek vizsgálata.

HAVASI ISTVÁN a Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett bányamérnöki oklevelet 1985-ben. 1986 óta az egyetem Geodéziai és Bányamérési Tanszékén dolgozik, tanársegéd, adjunktus, majd 1997-től, PhD-fokozata megszerzésétől docensi kinevezést kapott. 2000-től tanszékvezető. Az OMBKE Egyetemi Osztály elnöke, az OMBKE alelnöke 2010 óta.

KISS DÁNIEL a Miskolci Egyetemen 2019-ben szerzett anyagmérnöki diplomát és 2021-ben okleveles kohómérnöki diplomát. 2019-től a Magyarmet Finomöntőde Kft. junior mérnöke. Szakmai területe a precíziós öntészetben alkalmazott viaszokhoz és kerámiahéj-formákhoz kapcsolódó fejlesztések és az üzemszerek technológiai gyártástámogatása.

KOLENCSIKNÉ DR. TÓTH ANDREA a Miskolci Egyetemen szerzett környezetmérnöki diplomát 2003-ban. Ezt követően környezetvédelmi és hidrogeológiai témájú nemzetközi kutatásokban vett részt, részben külföldön. 2007-től egy mérnökirodában dolgozott, majd 2012-től a Miskolci Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodás Intézetében oktat, jelenleg egyetemi docensként. A vízkészletgazdálkodás, vízkutatás, környezetvédelmi geotechnika és adatfeldolgozás tárgyak oktatását végzi magyarul és angolul. PhD-oklevelet 2007-ben szerzett, kutatási irányait a szennyezett területek hidrogeológiája fémjelzik.

MADARÁSZ TAMÁS 1995-ben végzett okleveles geológusmérnökként, PhD-értekezését kockázatalapú kármentesítés kritikai értékelése címmel védte meg 2005-ben. A Víz- és Környezetgazdálkodás Intézet egyetemi docense, jelenleg igazgatója. Kutatási tevékenysége leginkább a szennyezett területek kármentesítése, kockázatbecslés és geotermikus rendszerek kockázatelemzése területét érinti. Az elmúlt 15 évben kiemelkedő eredményeket ért el az intézet hazai és nemzetközi kutatási pályázati aktivitásának élénkítése és lebonyolítása terén.

SZARKA LÁSZLÓ CSABA geofizikus-mérnök, az MTA rendes tagja. Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet kutatója (Sopron, 1977–2010), az MTA Titkárság Kutatóintézeti Főosztályának vezetője (2010–2015), az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont főigazgatója (2016–2018), soproni egyetemi tanár (2000–2018), 2019-től nyugdíjas. 2019-ben elnöke volt az Eötvös Loránd Emlékév (Eötvös 100) koordinációs testületének, 2020-tól tanácsaival az ELKH-t és az ELKH Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézetet segíti. Elektromágneses geofizikával és környezeti kérdésekkel foglalkozik. Tagja a Professzorok Batthyány Körének.

SZÉKELY ISTVÁN hidrogeológus, mérnöki diplomáját 2013-ban szerezte a Miskolci Egyetemen, jelenleg a Miskolci Egyetem Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar Víz- és Környezetgazdálkodás Intézetének tudományos segédmunkatársa. Kutatási területe a szennyezett területek kármentesítése, szennyezőanyagok terjedése. Jelenleg az aktív a diffúziómérő berendezések fejlesztése, azokkal történő mérések lebonyolítása és értékelése, valamint 3D-nyomtatott rendszerek vizsgálata.

SZILVÁSI MARCELL 2015-ben végzett a Miskolci Egyetem műszaki földtudományi mérnök mesterszakán geofizika specializáción, majd a Mikoviny Sámuel Doktori Iskola képzésén megszerezte az abszolutóriumot, levelező képzésben geoelektromos geofizika szakterületen. Ezzel párhuzamosan a Geodéziai és Bányamérési Tanszéken lett tanársegéd, amely azóta is főállása. Főbb oktatott tárgyai közé sorolhatók a geodézia, térinformatika, térképészeti ismeretek és a digitális térképezés. A doktori kutatása és tanszéki munka során terepi geofizikai mérések és azok feldolgozása mellett terepi ipari geodéziai és bányamérési gyakorlatot is szerzett.



64 éves a Magyar Öntőnapok rendezvény!

A Magyar Öntészeti Szövetség

és az

Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület

Öntészeti Szakosztálya

meghívja az érdeklődő szakembereket a

**27. Magyar Öntőnapok
Konferencia és Kiállítás rendezvényre**

*** **

The Hungarian Foundry Days event is 64 years old!

The Hungarian Foundry Association

and the

Foundry Section of the Hungarian
Mining and Metallurgical Association

invite all interested professionals to the

**27th Hungarian Foundry Days
Conference and Exhibition**

**Program és regisztráció/
Registration:**

**www.foundry.hu, illetve/or
foundry@foundry.hu**

**A rendezvény ideje/
Date of the event:**

2023. október 13–15.

**A rendezvény helye/
Place of the event:**

Hotel Abacus** – www.abacus.hu
2053 Herceghalom, Hungary**

HÍRLEVÉL

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) azzal a céllal indította el a *Hírlevélét*, hogy gyorsan és frissen reagáljon a tagságát érintő eseményekre. Adjon hírt, hétről hétre a bányász-kohász társadalom életét érintő történésekről. Prezentálja a jövő eseményeinek meghívóját, felhívja a figyelmet olyan műszaki, tudományos fejleményekre, esetekre, megoldásokra, amelyek feltehetően érdeklik a két szakma képviselőit. Számoljon be a tagsághoz közel álló cégek, vállalatok különleges, közérdeklődésre számot tartó fejlesztéseiről, az ott zajló, tagsággal összefüggő rendezvényekről.

A *Hírlevél* pontosan értesít az OMBKE szervezeti életéről. Tudósít a szakosztályok életéről, rendezvényeiről, kezdeményezéseiről. Hírt ad az Elnökség, illetve a Küldöttgyűlés munkájáról, a megválasztott bizottságok döntéseiről az Egyesületünk gazdálkodásáról, évenkénti céljairól, azok megvalósításának módjáról.

Fontos funkciója a *Hírlevélnek*, hogy népszerűsítse az OMBKE eseményeit. Egyrészt invitáljon azokra, másrészt beszámoljon a lezajlott konferenciákról, találkozókról, megemlékezésekről.

A *Hírlevél* további feladata, hogy éltesse az OMBKE hagyományait. Felhívja a figyelmet a nagy elődök életére, munkásságára, s helyt adjon azoknak a búcsúszavaknak, amelyek a tagságunk köréből, földi létükből eltávozottakról szólnak. Feladata, hogy beszámoljon az ifjú tagjaink kezdeményezéseiről, a selmeci diák-hagyományok éltetéséről, s vigye tovább azt az örökséget, amelyet Péch Antal és az Egyesület valamikori tagjai másfél évszázaddal ezelőtt ránk hagyományoztak.

Mit nyújt Önnek hétről hétre a *Hírlevél*?

- Tájékoztat
- Emlékeztet
- Meghívót nyújt át
- Hagyományt őriz

* * * * *

NEWSLETTER

The Hungarian National Mining and Metallurgical Association (OMBKE) has launched its *Newsletter* with the aim of reacting quickly and freshly to events that affect its members. It informs week by week about the events affecting the life of the Mining and Metallurgical Society. It presents the invitation to future events, draws attention to technical and scientific developments, cases and solutions that are likely to be of interest to the representatives of the two professions. It reports on the special developments of companies close to the members and of public interest, as well as on the member-related events held there.

The *Newsletter* provides accurate information about the organizational life of OMBKE. It reports on the life, events and initiatives of the departments. It informs about the work of the Board of Directors and the Assembly of Delegates, about the decisions of the elected committees for the management of our association, about its annual goals and how to achieve them.

An important function of the *Newsletter* is to promote OMBKE events. On the one hand, to invite you to them, and on the other hand, to report on the conferences, meetings, and commemorations that have taken place.

Another task of the *Newsletter* is to keep the traditions of OMBKE alive. It draws attention to the lives and work of our great predecessors and honors the words of farewell spoken by those who have taken leave of our membership and their earthly existence. His task is to report on the initiatives of our young members, on the life of the student traditions in Selmec and on the continuation of the legacy that Antal Péch and former members of the Association left us a century and a half ago.

What does the *Newsletter* offer you week by week?

- Informs
- Remembers
- Invites
- Keeps the tradition alive

Útmutató a *Bányászati és Kohászati Lapok* szerzői számára

– az együttműködés jegyében –

A folyóirat célja. A *Bányászati és Kohászati Lapok* az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) hivatalos tudományos szakfolyóirata. Célja eredeti tudományos munkák, áttekintő szemlék, rövid közlemények, vitairatok megjelentetése a bányászat és kohászat területéről, magyar és/vagy angol nyelven.

A folyóirat egyben lehetőséget biztosít az Egyesület társadalmi és szakmai eseményeivel foglalkozó hírek közlésére, rendezvényeinek, konferenciáinak, valamint szakmai iránymutatásainak, ill szakkönyvek ismertetésére. A folyóirat a társszakmák képviselőinek is biztosít publikálási lehetőséget. Alkalmat ad arra érdemes (PhD, MSc) disszertációk, továbbá (szakmai, akadémiai stb.) előadások közlésére.

A kéziratok elbírálásának és elfogadásának joga a Szerkesztőséget illeti meg. A dolgozatok elbírálása szakmai lektorálás után történik. A közlemények végső elfogadásának feltétele, hogy azok formailag megfeleljenek a jelen Útmutatóban foglalt ajánlásoknak.

A kéziratok beküldése. A közleményeket az OMBKE, 1107 Budapest Hízaló tér 1. címen vagy *Hajnal József* felelős szerkesztő részére, e-mail: hirfor2000@gmail.com keresztül lehet benyújtani.

A kézirat készüljön közismert szövegszerkesztő(v/kk)el (Word, (La)TeX stb.) vagy egyértelműen strukturált, egyszerű szövegfájlként, különleges formátumok mellőzésével. A kéziratból készült PDF-formátumú másolatot elsősorban a lektorálás megkönnyítése céljából kérjük mellékelni.

A kéziratok szerkezete. A kéziratokkal kapcsolatos általános követelményként az alábbiak szem előtt tartását kérjük a Szerzőktől. A kézirat benyújtásának feltétele, hogy

1. a dolgozatot korábban még nem publikálták (kivéve előadás-kivonat vagy PhD-tézis formájában),
2. a kéziratot valamennyi szerző jóváhagyta,
3. a dolgozat nem sérti a Helsink Deklaráció (1975, revízió 2008) előírásait.

A kéziratnak a következőket kell tartalmaznia: 1. címloldal; 2. magyar összefoglalás, kulcsszavak; 3. angol összefoglalás (angol címmel), keywords; 4. szöveg; 5. irodalomjegyzék; 6. táblázatok; 7. ábrajegyzék; 8. ábrák. Az oldalszámozást a címloldaltól kezdve folyamatosan kell megadni.

1. A **címloldalon** sorrendben a következők szerepeljenek:
 - a kézirat címe magyar és angol nyelven, amely rövidítést nem tartalmazhat;
 - a szerzők neve (fénycéppel, titulussal együtt), valamint a szerzők munkahelyének pontos, hivatalos megnevezése, a helységnevével együtt (és ha van ORCID azonosítója);
 - a levelező szerző megjelölésével együtt a postai és e-mail címe.

2–3. Az **összefoglalások és kulcsszavak** megadása:

- *magyar nyelvű* cikk esetén rövid magyar nyelvű tartalmi kivonat (összefoglalás) és a témát jellemző kulcsszavak, ehhez csatlakozó hosszabb, egy oldalt lehetőleg nem meghaladó terjedelmű, részletes angol nyelvű tartalmi kivonat („abstract”) és kulcsszavak („keywords”);
- *angol nyelvű* cikk esetén rövid angol nyelvű tartalmi kivonat és a témát jellemző kulcsszavak, valamint ezt követő hosszabb magyar nyelvű kivonat és kulcsszavak;

4. A kézirat világos szerkesztése különösen fontos az olvasó számára.

Bevezetés, előzmények: A munkához kapcsolódó azon legfontosabb korábbi szakirodalmi kutatási eredmények összefoglalása, melyekhez szorosan kapcsolódik a tanulmány egyértelműen megfogalmazott célja.

Anyag és módszerek (opcionális): A vizsgált anyag, esetleg korábbról származó adatok, azok forrása, az alkalmazott mérési, kiértékelési eszközök és módszerek ismertetése, a kapcsolódó hivatkozásokkal együtt. Standard eljárások esetén csak a hivatkozott módszertől való eltérést kell megfogalmazni.

Eredmények: A téma kifejtése, az új adatok és elért kutatási eredmények ismertetése, dokumentációja jól áttekinthető ábrákkal és táblázatokkal, ha szükséges megfelelő alcímekkel tagoltan.

Diskusszió: A kapott eredményeknek a saját korábbi eredményekkel és a szakirodalmi ismeretekkel való összevetése, értékelése, beágyazása a tágabb tudományos környezetbe, az új eredmények kiemelésé. Indokolt esetben az eredményekkel összevonható.

Következtetések: A tanulmány következtetéseinek tézisszerű, rövid ismertetése az eredmények és a diskusszió ismétlése nélkül.

A szerzői **Köszönetnyilvánítást** a kézirat végén kérjük feltüntetni. A köszönetnyilvánítás opcionális.

5. Hivatkozott irodalom:

A hivatkozásokat a szövegbeli megjelenés sorrendjében kell megadni. A hivatkozás történhet számozott (pl. [1, 2], ..., [12]) megjelöléssel vagy szerzői névre való hivatkozás (pl. (Andersen 1988); (Frank N., et al. 2017); stb.) formájában.

Számozott hivatkozások esetén pl.:

[1] Kleiber M., Havasi I., Konkoly Á. (2015): Bányamérési munkák a Mátrai Erőmű Zrt. Bükksábrányi Bányászati és Kohászati Lapok, 148/2, 7–14.

[2] Hári L. (2021): Nyersvasgyártás példatár. Magánkiadás. Dunaújváros, p. 26.

Szerzői névre történő hivatkozások esetén pl.:

Andersen T. (1988): Evolution of peralkaline calcite carbonate magma in the Fen complex, southeast Norway. Lithos, 22, 99–112.

Frank N., et al. (2017): Sulphur removal in ironmaking and oxygen steelmaking. Ironmaking & Steelmaking, 44/5, 333–343. DOI: 10.1080/03019233.2017.1303914.

6. A **táblázatokat** word dokumentumként kell beküldeni, címmel kell ellátni. A címben és a táblázatban szereplő esetleges rövidítések magyarázata a táblázattal együtt szerepeljen.

7. **Ábrajegyzék:** Valamennyi ábra címét és a hozzájuk tartozó esetleges rövidítések magyarázatát egy közös lapon kérjük megadni.

8. Az **ábrák** mérete lehetőleg 8,5 vagy 17,5 cm széles legyen. Korábban már közölt ábra csak a szerzője és a kiadója engedélyével közölhető. A beküldött képfájlok grafikai minősége: szöveges ábrákat Power Point/Excel stb., egyéb ábrákat min. 300 dpi felbontású jpg, tif, külön fájlban, tömörítve (*.zip) és nem a kézirat szövegbe másolva kérjük mellékelni.



Kontúrkövető hűtésinnováció az alumínium nyomásos öntőszerszámokban

Az elektromos autók bevezetésének köszönhetően a következő évtizedben várhatóan emelkedni fog az autógyártásban használt, nyomásos öntészeti technológiával előállított alkatrészek iránti igény. Ami ennél is fontosabb, hogy a funkció-összevonások és a gépjárművek súlycsökkentése miatt az öntvények mérete és komplexitása folyamatosan növekedni fog, melyek előállítására alkalmas bonyolult szerszámok hibamentes gyártása gyakran csak kontúrkövető hűtés alkalmazásával biztosítható. Ilyen típusú szerszámbetétek csak additív technológiával (3D fémnyomtatással) állíthatók elő. Ezen új típusú termékek előállításában a hazai öntődék is jelentős részt vállalnak. Az elkövetkező időkben ez a hazai piacon még csak kis mértékben elterjedt kompetencia a következő években egyre nagyobb teret nyer, egyre inkább versenyképességi tényezővé válik.

A kontúrkövető hűtés egy olyan technológiai újítás, amely által jelentősen javítható az alumínium nyomásos öntőszerszámok hőelvonási képessége, tehát az így készült szerszámok a termelési erőforrások tekintetében jelentős megterhelést jelentenek két szempontból is:

1. Alacsonyabb ciklusidő: egységnyi gépidőre jutó több termék. Százazres darabszámok esetén akár néhány másodperc ciklusidő-csökkentés is óriási kapacitásnövekedést és versenyképesség-növekedést eredményezhet.
2. Hosszabb szerszámélettartam: alacsonyabb szerszámköltség a termék önköltségében.

A Spinto Hungária Kft. sikeresen pályázott a Pénzügyminisztérium által meghirdetett GINOP Plusz-2.1.1-21 felhívásra „Komplett tervezési és gyártási technológia kidolgozása és tesztelése öntészeti szerszámokra” című projektjével. A fejlesztésben partnerünk a Csaba Metál Zrt. békéscsabai üzeme és a Miskolci Egyetem Öntészeti Intézete. A pályázatban vállaltuk, hogy valós termelési körülmények között igazoljuk a kontúrkövető hűtés technológiai és gazdasági előnyeit az öntődék számára. Fő projektcélunk, hogy az ehhez szükséges tervezői és gyártói kompetencia bevezetésre kerüljön a Spinto Hungária Kft.-nél, ezáltal megteremtve a hazai tudásbázist.

A projekt indulását követően kiválasztásra került egy megfelelő, nagy szériában futó öntvény: egy komplex nagy motor olajteknője. Az öntéstechnológiai szempontból legtöbb kihívást jelentő öntvényrész hűtésére két szerszámbetét is elkészült: egy hagyományos és egy kontúrkövető hűtőcsatornát használó, mindkettő független hűtőkörön. Szeptember utolsó napjaiban a kész szerszámkészlet átadásra került a Csaba Metál öntöde részére. A következő hónapokban a termelési adatok gyűjtése és kiértékelése következik. Emellett az Öntészeti Intézet az additív betét gyártására felhasznált és egyéb lehetséges szerszámacél 3D fémnyomtató por alapanyagok hőtechnikai és mechanikai vizsgálatait végzi a legalkalmasabb nyomtatástechnikai paraméterek meghatározása érdekében.

Terveink szerint az eredményeket a *BKL Kohászat* hasábjain és a 2023-as 27. Magyar Öntőnapokon mutatjuk be.

*** **

Contour-following cooling innovation in aluminium die casting tools

With the rise of electric cars, the demand for parts produced with HPDC technology used in the automotive industry is expected to grow in the next decade. What is even more important is that the size and complexity of castings will continue to increase due to the combination of functions and the weight reduction of vehicles. The defect-free production of such parts can often only be ensured by the use of complex tools with near-contour cooling. Tool inserts of this type can only be produced using additive technology (3D metal printing). Hungarian foundries also take a significant part in the production of these new types of products. In the years come this competency – which is still only slightly widespread in the domestic market – will gain more and more importance becoming a factor of competitiveness.

Near contour cooling is a technological innovation that can significantly improve the heat removal ability of aluminium die-casting tools. Tools designed with this method imply significant savings in terms of production resources in two respects:

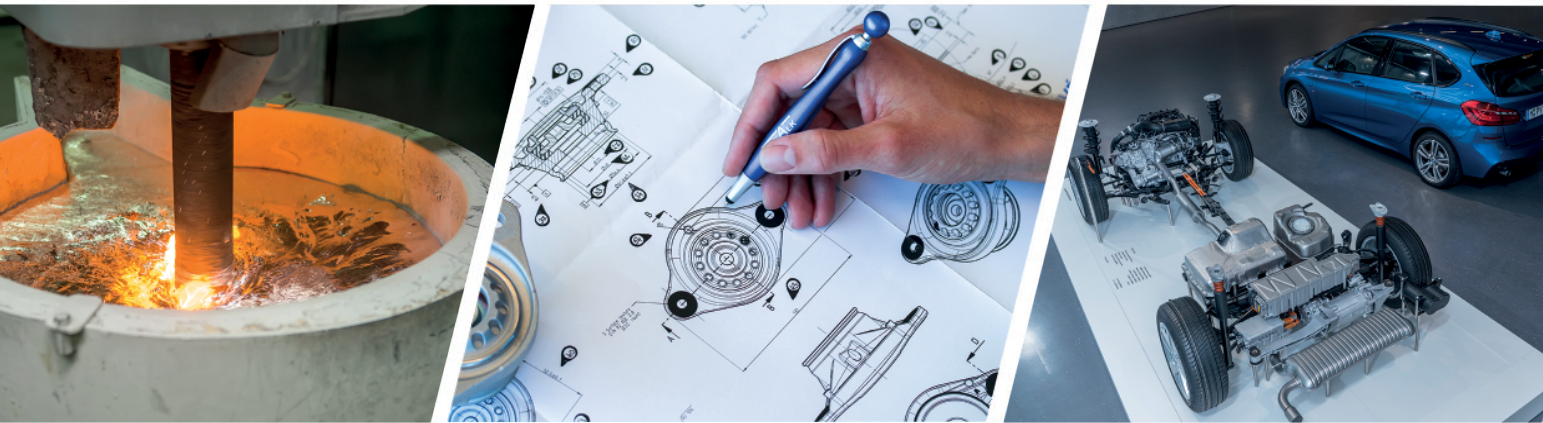
1. Faster cycle time: more products per machine working hours. In case of hundreds of thousands of pieces, a cycle time reduction of even a few seconds can result in a huge increase in capacity and competitiveness.
2. Longer tool life: lower tool costs in the cost of the product.

Spinto Hungária Ltd. successfully applied for the GINOP Plusz-2.1.1-21 tender announced by the Ministry of Finance with the project “Development and testing of complete design and production technology for casting tools”. Our partners in the development are the plant of Csaba Metál Zrt. in Békéscsaba and the Institute of Foundry at the University of Miskolc. In the tender, we undertook to prove the technological and economic advantages of near contour cooling for foundries in between real production conditions. Our main project goal is to introduce the essential design and manufacturing competence at Spinto Hungária Ltd. thus creating a domestic knowledge base.

After the start of the project, a suitable large series casting was selected: the oil pan of a complex large size engine. To temper the most challenging zone of the casting two tool inserts have been made: a traditional one and one using near contour cooling channel, both on independent cooling circuits. In the last days of September, the finished tool set was delivered to the Csaba Metál foundry. In the following months, production data will be collected and evaluated. In addition, the Institute of Foundry conducts thermal and mechanical tests of the metal printing powder used for the production of the additive insert and other possible materials in order to determine the most suitable printing parameters.

According to our plans, the results can be presented in the *BKL Metallurgy* and at the 27th Hungarian Foundry Days in 2023.

FÉMALK



A FÉMALK ZRT. MÁR
TÖBB MINT HARMINC ÉVE
MEGHATÁROZÓ SZEREPLŐJE
AZ AUTÓIPARNAK.

**CSATLAKOZZ
CSAPATUNKHOZ!**

WWW.FEMALK.HU/KARRIER