

Óriás kőolaj- és földgázmezők és szerepük a világ energiaellátásában

BÁRDOSSY György¹, POGÁCSÁS György², LELKESNÉ FELVÁRI Gyöngyi³

¹Az MTA rendes tagja: bar4750@iif.hu

²ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék: gypogacsas@mail.datanet.hu

³zoldko@gmail.com

The role of giant crude oil and gas fields in the world's energy supply

Abstract

This paper presents the concept of classification and the main characters of giant crude oil and gas fields but the main focus is on conventional giant fields only. More detailed descriptions are given of such fields. The respective locations of the main fields are shown in figures, while their main characters are presented in tables. Details of plate-tectonic setting, basin type and the frequency of giant fields are summarized. Some of the most important fields are described in more detail. The depletion of giant fields and the quantitative indicators of their progression are also discussed. An overview of the role of giant fields in the future production of crude oil and natural gas follows this discussion. The most important conclusions are summarized.

Keywords: crude oil, gas, giant fields, reserves, depletion, future prospects

Összefoglalás

A szerzők ismertetik az óriásmező fogalmát és legfontosabb ismérveit. A tanulmány kizárólag a konvencionális óriásmezőkkel foglalkozik. Ezután az óriás kőolajmezők részletesebb ismertetése következik, majd az óriás gázmezőké. Ábrák mutatják be a legfontosabb mezők földrajzi helyzetét és táblázatok főbb ismérveit. A cikk külön foglalkozik az óriásmezők lemeztectonikai helyzetével és medencetípusaival, és ezek gyakoriságát is ismerteti. Néhány fontosabb kőolajmezőt részletesebben is bemutat. Értékeli az óriásmezők kimerülési folyamatát és azokat a mutatókat, amelyekkel a kimerülést mennyiségileg is értékelni lehet. Röviden áttekinti az óriásmezők szerepét a jövő kőolaj- és földgáztermelés alakulásában. A dolgozat a legfontosabb megállapítások összefoglalásával végződik.

Tárgyszavak: kőolaj, földgáz, óriásmezők, készletek, kimerülés, a jövő kilátásai

Bevezetés

A szakirodalomban *óriás kőolajmezőknek* nevezik azokat a mezőket, amelyek több mint 500 millió hordó (barrel), más szóval 0,5 gigabarrel ($\text{giga}=10^9$) teljes kitermelhető kőolajat (URR = ultimately recoverable reserves) tartalmaznak. *Óriás földgázmezőkről* van szó, ha teljes kitermelhető készletük több mint 500 millió hordó kőolaj-egyenértéknek felel meg. Ezek az óriásmezők mind a készletek, mind a termelés tekintetében meghatározó jelentőségűek. A hazai szakirodalom eddig viszonylag keveset foglalkozott velük, ezért időszerűnek tartjuk áttekintésüket. A jelen tanulmányban csak a konvencionális kőolaj- és földgázmezőket értékeljük.

Az óriás kőolaj- és földgázmezők általános ismertetése

Az óriás kőolaj- és földgázmezőkről az 1970-es évektől kezdődően az AAPG (American Association of Petroleum Geologists) kiadványsorozatát adott ki (HALBOUTY 1970, 1980, 1992, 2003; HARRIS & WEBER 2006). Az óriásmezőkről ROBELIUS (2007) készített részletes áttekintést, ezzel párhuzamosan egyéb összefoglalók (HORN 2007a, b; HÖÖK et al. 2009) is napvilágot láttak. A baj az, hogy a különböző szerzők által publikált áttekintő anyagok adatai gyakran egymásnak ellentmondóak, ami a felmérések bizonytalanságára utal. ROBELIUS (2007) szerint a világon 47 500 kőolajmezőt ismernek, amelyek közül csak 507 az

óriásmező. A Földön jelenleg 932 óriásmezőt tartanak számon, ebből 403 az óriás gázmező.

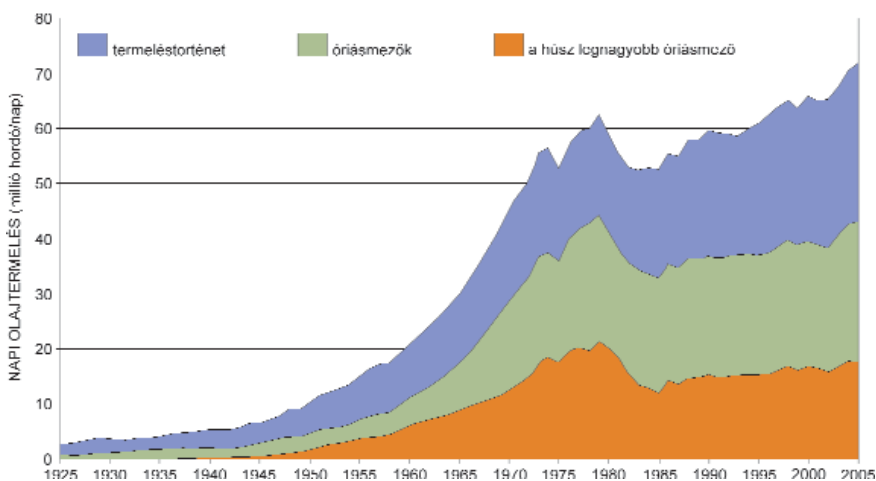
Óriás kőolajmezők

A világ teljes kitermelhető kőolaj készletéről (URR) számos becslés készült, amelyek ROBELIUS (2007) szerint 1750-től 2850 giga barrelig terjednek. A nagy különbség oka az, hogy a nyomtatásban megjelent készletadatok kb. 90%-a nem auditált, csak „bemondáson” alapul. Joggal feltehető, hogy az országok túlnyomó többségének kormányzervei, többé-kevésbé megbízható adatokkal rendelkeznek az adott évi szénhidrogén-termeléséről (ennek alapján szednek adókat és járadékokat). Emellett nyilván rendelkezésükre állnak az adott országban tevékenykedő olajvállalatok által készített kutatási jelentések, készlet-számítások, művelési tervek. Ezeket az érintett olajcégek és kormányzervek általában bizalmasan kezelik, és nem teszik a nyilvánosság számára hozzáférhetővé. A World Energy Council (WEC) felmérése szerint a világ URR

konvencionális kőolaj készlete 2009-ben 1247 giga barrel volt. ROBELIUS (2007) számításai szerint az óriás kőolajmezők teljes kitermelhető készlete (URR) 1150 és 1350 milliárd hordó között van, ami a világ teljes kitermelhető készletének 60–70%-át képviseli. Az óriásmezők részaránya a világ kőolaj termelésében kb. 60%. Az óriás kőolajmezők, valamint ezen belül a 20 legnagyobb mező termelésének aránya a világtermeléshez HÖÖK et al. (2009) nyomán az 1. ábrán látható.

Jelenlegi ismereteink szerint az óriás kőolajmezők körülbelül 65%-a található szárazföldi területen, 35%-a pedig a tenger alatt fekszik. Az óriás kőolajmezők földrajzi elterjedése igen változatos. Bár minden kontinensen találtak már óriás kőolajmezőket, legnagyobb koncentrációjuk a Perzsa-öböl térségében van, ahol 144 óriás kőolajmező található. Oroszország területén 70-et, az Egyesült Államok területén — Alaszkát is beleértve — 53-at találtak eddig.

Az óriás kőolajmezők URR készletének gyakorisági eloszlása a 2. ábrán látható ROBELIUS (2007). Ez az eloszlás erősen aszimmetrikus, az 500 millió barrelt alig

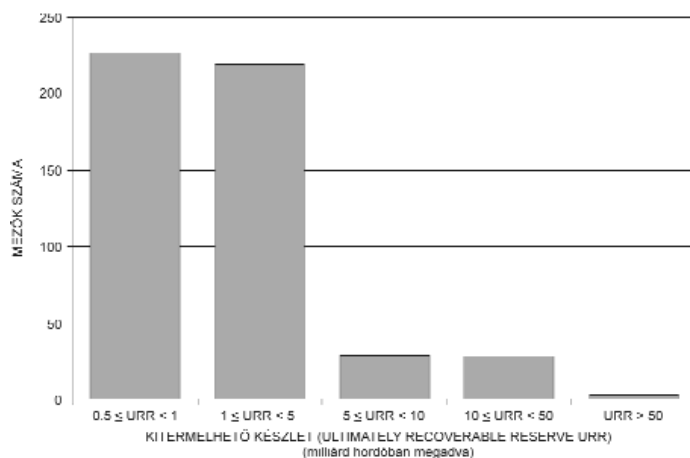


1. ábra. Az óriás kőolajmezők, ezen belül a húsz legnagyobb termelésének aránya a világtermeléshez HÖÖK et al. (2009) nyomán

Az óriásmezők dominanciája világosan látható

Figure 1. World oil production from 1925–2005 (after HÖÖK et al. 2009)

The dominance of giant fields can clearly be seen



2. ábra. Óriás kőolajmezők URR készletének gyakorisági eloszlása ROBELIUS (2007) nyomán

Figure 2. Size distribution of the giant oil fields (after ROBELIUS 2007)

meghaladó URR készletű óriásmezők vannak túlsúlyban. A 20 legnagyobb URR készletű olajmező fontosabb adatait HALBOUTY (1970, 1980, 1992, 2003; HALBOUTY et al. 1970a, 1970b; O’HEARN et al. 2003; ROBELIUS 2007), valamint az IEA „World Energy Outlook” (2010) adatai nyomán az I. táblázatban foglaltuk össze. Ennek során igyekeztünk a nyomtatásban megjelent adatok ellentmondásossága dacára a legvalószínűbb sorrendet megadni. Az eltérő becslésekből adódó bizonytalanságok miatt a táblázatban az URR készletekre től-ig értékek szerepelnek. A Perzsa-öböl országainak túlsúlya itt is egyértelmű, a 20 legnagyobb mező közül 10 ebben a térségben fordul elő.

Kimagaslóan legnagyobb készletei a Szaúd-Arábiában található Ghawar mezőnek vannak, amit a Kuvaitban található Nagy-Burgan mező követ. Ugyancsak Szaúd-Arábiához tartozik a harmadik legnagyobb óriásmező, Safaniya, amely egyben a világ eddig megismert legnagyobb tengeri olajmezője. Ugyancsak kiemelt jelentőségű az Irak területén található Rumalia mező. Irán területén is számos óriásmező van, közülük öt szerepel a Föld húsz legnagyobb olajmezője között.

I. táblázat. A világ 20 legnagyobb ismert kőolajmezője

Table I. The 20 largest oil fields in the world with respect to URR

	Mező neve	Ország	Elhelyezkedés	Felfedezés éve	Kitermelés kezdete	Csúcstermelés éve	Jelenlegi URR olajkészlet (Gtbl)	URR gáz (milliárd m ³)	URR olaj egyenértékben	2009. évi termelés (millió barrel/nap)
1	Ghawar	Szaud-Arábia	szárazföldi	1948	1951	2005	75-83	4540	97-121	5
2	Burgan	Kuvait	szárazföldi	1938	1946	2005	66-72	1140	73-79	1,7
3	Safaniya	Szaud-Arábia	szárazföldi/tengeri	1951	1957	1998	25-35	110	26-36	1,4
4	Cantarell	Mexikó	tengeri	1976	1981	2004	20-35	81	21-36	0,6
5	Bolivar	Venezuela	szárazföldi/tengeri	1917	1922		20-30			2,6
6	Esfandiár	Irán	szárazföldi				20-30			
7	Sugar Loaf	Brazília	tengeri	2007			25-40			
8	Azadagan	Irán	szárazföldi	2004 (1976,1999)			25-30			
9	Rumalia	Irak	szárazföldi	1953		1979	17-30			1,2
10	Samotlor	Oroszország	szárazföldi	1960 (1965)	1969	1980	14-26	140	24-36	0,8
11	Tengiz	Kazahsztán	szárazföldi	1979	1993	1993 (2010)	15-26	300	17-28	0,5
12	Ahwaz	Irán	szárazföldi	1958		1977	17-18	620	21-22	0,8
13	Shaybah	Szaud-Arábia	szárazföldi	1968		2003	15-20			0,5
14	Romashkino	Oroszország	szárazföldi	1948	1949		16-18	15	17-19	0,3
15	Kashagan	Kazahsztán	tengeri	2000			13			
16	Marlin	Brazília	tengeri	2010			10-14	100	16-20	
17	Marun	Irán	szárazföldi	1964 (1963)		1976		2025	23-30	0,5
18	Gachsaran	Irán	szárazföldi	1928		1974	15	837	15-21	0,5
19	Daqing	Kína	szárazföld	1959	1960		16			
20	Priobszkoje	Oroszország	szárazföldi	1982	2000		10-15			0,7

A Közel-Keleten kívül a legnagyobb óriás kőolajmező (Bolivar) Venezuela területén található a tengerpart közelében levő Maracaibo-tó térségében. Oroszországban Nyugat-Szibériában található két kiemelten nagy készletű óriásmező: Samotlor és Romashkino. A Mexikói-öbölben a tenger alatt talált Cantarell mező is a 20 legnagyobb közé tartozik. Az utóbbi években Brazília délkeleti partjai mentén, tengeri-mélyvízi helyzetben (1000–2000 méter vízmélység) több óriás olajmezőt találtak, melyek közül a Sugar Loaf és a Merlin elnevezésű tartozik készletei alapján az első óriásmező közé. Hasonló mélyvízi óriásmezőket találtak Angola és Nigéria atlanti partjai mentén is. Megkutatásuk jelenleg folyik. 2009-ben jelentős kőolajmezőket találtak a Mexikói-öböl nyugati részén (Keethley Canyon Block), valamint Ausztrália északnyugati partjai mentén (Browse Basin, Northern Carnarvon Basin).

Nyugat-Szibéria és a Prekaszpi-medence (Emba-só-medence) óriás szénhidrogénmezőinek elhelyezkedése a 3., illetve 4. ábrán látható. A Perzsa-öböl menti óriás szénhidrogénmezők elhelyezkedése az 5. ábrán látható.

Az I. táblázatból látható, hogy a legnagyobb óriás olajmezők többsége már túlhaladta a termelési csúcst és jelenleg lecsökkent állapotban van. A brazíliai tengerpart mélyvízi (deepwater) mezőinek termelése, akárcsak az iráni Azadagan mezőé viszont emelkedik.



3. ábra. Fontosabb óriás kőolaj- (zölddel) és gázmezők (pirossal) elhelyezkedése Nyugat-Szibériában

Figure 3. Location of supergiant oil (in green) and gas (in red) fields in Western Siberia



4. ábra. Fontosabb óriás kőolaj- és földgázmezők elhelyezkedése a Prekaszpi- (Emba-) és az Amu-Darja-medencében
 Figure 4. Location of supergiant oil and gas fields in the Pre-caspian Basin (Emba Salt Basin) and in the Amu Darya Basin



5. ábra. Fontosabb óriás kőolaj- és földgázmezők elhelyezkedése a Perzsa-öböl mentén
 Figure 5. Location of supergiant oil and gas fields in the Persian Gulf

Az óriás kőolajmezők lemeztektonikai helyzet és medencetípus szerinti megoszlása

A mezők tektonikai helyzetével többek közt MANN et al. (2001, 2004, 2006) HORN (2007c) foglalkozott. Az óriásmezők felhalmozódásának és megmaradásának fő előfeltétele a tektonikai stabilitás. A 910 értékelt óriásmező tektonikai elrendeződése a következő:

— Óceáni medencékkel határos passzív szárazföldi lemezperemeken van 304 óriásmező (35%). Ezek zömmel mélyvízi (deepwater) mezők. pl. Brazília, Angola, Mexikói-öböl.

— Kontinenseken kialakult rift medencékben, illetve a riftek felett süllyedékekben („sag” medencékben) jött létre 271 óriásmező (31%) pl. Perzsa-öböl térsége, Nyugat-Szibéria, Északi-tenger.

— Kontinensek ütközési zónáiban és orogén „előtéri” (foredeep) medencékben 173 óriásmező található (20%).

— Ütközéses lemezszegélyek mentén akkréciós ékhez, illetve szigetív ütközéshez és/vagy sekély szubdukcióhoz kapcsolódva 71 óriásmező került felfedezésre (8%).

— Oldaleltolódásos (strike slip) övekhez kapcsolódó medencékben 50 óriásmező ismert (5%).

— Olyan szubdukciós övekben, amelyekhez nem kapcsolódik sem szigetív, sem kontinens kollízió nyolc óriásmező került felfedezésre (1%).

Néhány óriás kőolajmező részletes ismertetése

A világ eddig megismert legnagyobb óriás kőolajmezője a *Ghawar mező* Szaud-Arábiában. A mező egy észak–déli irányú antiklinálison helyezkedik el. A fő tároló kőzet középső–felső-jura korú, porózus mészkő és márga, de az alatta levő perm és devon üledékek is tartalmaznak kőolajat. A kőolaj mellett igen jelentős a gázkészlete is, Szaud-Arábia 7,17 ezermilliárd köbméterre becsült gázkészletének mintegy egyharmada a Ghawar mezőhöz kötődik. 1948-ban fedezték fel és 1951-ben kezdődött el a kitermelése. A szakértők egy része szerint már 2005-ben elérte a termelési csúcst, amit a szaudi források cáfolnak. Sajnos erről nincsenek megbízható adatok. Annyit tudunk, hogy 2005-ig kerekén 60 milliárd hordó kőolajat termeltek ki belőle. A Wikipedia 2010. évi adatai szerint termelése jelenleg évi 8%-kal csökken.

A Kuvait területén található *Burgan óriásmezőt* 1938-ban fedezték fel, de termelés alá csak 1946-ban vonták. Ghawar után a Közel-kelet második legfontosabb kőolajmezője. A mező sugárirányú törésekkel szabdaltnak anti-klinális dómban helyezkedik el, négy fő kréta homokkő-horizontban, három altelepből tevődik össze. Mélyebb rezervoárjai alsó-kréta és jura homokkövekben találhatók. 1991-ben az első öbölháború során több száz termelő kutat felgújtottak. Az égő kutakból körülbelül 600 millió barrel kőolaj ömlött a felszínre, óriási környezetkárosodást okozva. Termelési csúcst 2005-ben érte el, 1 700 000 b/d (barrel/day: hordó/nap), azóta leszálló ágban van, több szakértő szerint 15–20 éven belül teljesen kimerül.

A Mexikói-öbölben található *Cantarell mező* a világ egyik legnagyobb tenger alatti kőolajmezője. A mexikói partoktól 80 km-re a Campeche-öbölben fedezték fel. Rezervoárja felső-kréta dolomitbreccsa (950 láb vastag), mely a híres Chicxulub meteorkráter keletkezéséhez köthető tenger alatti tömegfolyás során jött létre. A mező legalsó része alsó-kréta dolomitos mészkő. A mezőt négy fő telep alkotja, és az alatta lévő jura rétegek is tartalmaznak kőolajat. 1976-os felfedezése után öt évvel napi termelése 1,6 millió barrelt ért el. 2000-tól kezdődően nitrogén-injektálásos technológiával tartották fenn a rezervoárnyomást és így sikerült a napi termelést 2,11 millió barrelre növelni, ami a Ghawar mező után a legnagyobb termelésű mezővé tette. 2005-től a termelés csökkenni kezdett, 2006-ban 13%-kal, 2009-ben pedig 38%-kal. 2010 decemberében már csak 464 000 barrel volt a napi termelés. Ez a termelés-csökkenés a világ olajiparának egyik legnagyobb csökkenése, lényegesen rosszabb, mint amit az előrejelzések alapján vártak.

A *Prudhoe Bay* mező, Észak-Amerika legnagyobb kőolajfelhalmozódása, Észak-Alaszkában, a Beaufort-tenger partvidékén, az északi sarkkörtől 425 kilométerre, északra fekszik Három nagyvállalat: az Exxon-Mobil (40%), a Conoco-Phillips (40%) és a British Petrol (20%) osztozik a kitermelésén (Working Interest Owners). 1968 januárjában fedezték fel az ARCO-Humble vállalatok a Prudhoe Bay State 1 jelű fúrással (RICKWOOD 1970, MORGRIDGE & SMITH 1972, JAMISON et al. 1980). A Prudhoe Bay szénhidrogén-telepeit rejtő tároló szerkezet az enyhén dél felé dőlő monoklinálist formáló triász (Ivishak Formáció, Sadlerochit Formációcsoport) törmelékes (és az alattuk fekvő karbon karbonátos) rezervoárok legmagasabban fekvő részéhez kapcsolódik. Ezek tárolását északról nagy elvetési magasságú vetők, keletről a tároló rezervoárokba mélyen belemaró erózió, illetve az arra települő mélyvízi alsó-kréta képződmények, felülről pedig a magas szervesanyag-tartalmú triász Shubliki Pala biztosítja. A triász Shubliki Pala mellett fontos anyagot a kiemelt Prudhoe Bay szerkezet szárnyain kiékelődő jura Kingaki Pala MAGOON & CLAYPOOL (1980). A mező kezdeti földtani készletét 22 milliárd hordó olajra és 1,41 ezer milliárd köbméter földgázra becsülték CAZIER & HILLIARD (1992). A tároló kőzet eredeti vastagsága 130 méter volt. A permo-triász konglomerátum és homokkő rezervoár összlet mátrix permeabilitása eléri a 4 darcy-t. Nem véletlen, hogy a kezdeti kúthozamok meghaladták a 20 000 b/d értéket. Mivel az olajjal termelt gázt nem lehet helyben eladni, ezért azt a termelt vízzel együtt, tetemes költséggel vissza kell sajtolni a tárolóba. Az Ivishak rezervoár rétegsorának kezdőtagját törmelékes sekélytengeri és delta képződmények alkotják, amelyekre alluviális üledékek (meanderező és fonatos folyóvízi képződmények) települnek. A triász törmelékes rezervoárok alatt, 30–60 méterrel mélyebben fekszik a másik rezervoár, a karbon korú, karbonátos Lisburni Formációcsoport. Bár szintén nagymennyiségű szénhidrogént tárol, sokáig háttérben maradt, mert rossz áteresztő képessége miatt a benne lévő készlet gazdaságos kitermelése nehézségekbe ütközött

Óriás földgázmezők

Az óriás földgázmezők készleteiről jóval kevesebb adat jelent meg nyomtatásban vagy elektronikusan. Többek közt SIMMONS (2009) tanulmánya, a Wikipedia Enciklopédia „List of Natural Gas Fields” és a „World Largest Gas Fields”(2009) internetes közleménye. Sajnos sok bennük az egymásnak ellentmondó adat. A 20 legnagyobb óriás földgázmező főbb adatait a II. táblázat mutatja be. A British Petroleum „Statistical Review of World Energy 2010” kiadványa szerint Oroszország rendelkezik a legnagyobb ismert (fúrásokkal bizonyított) földgázkészletekkel. Ez a helyzet az óriásmezők esetében is, hiszen a 20 legnagyobb óriásmező közül 12 Oroszország területén van (3. ábra) és az orosz URR több, mint 95%-át képviselik. Ezek közül jó ideig három szuperóriás uralta a termelést (Urengoj, Jamburg és Medvezsje); 2005-ben az orosz termelés kb. 50%-át adták; jelenleg mindháromnak a termelése leszálló ágban van.

A legnagyobb óriás gázmező a Katar északi részén fekvő és a Perzsa-öböl alatt perzsa felségterületre is átnyúló *South Pars / Qatar North Field* (5. ábra). A II. táblázatból kitűnik, hogy ez a mező, valamint az oroszországi *Urengoy* mező URR készlete messze kiemelkedik a többi óriásmező közül. Eddig összesen 403 óriás földgázmezőt fedeztek fel. Az 507 óriás kőolajmezővel együtt ez 910 óriásmezőt jelent (HORN 2009).

Európa legnagyobb földgázmezőjét, a *Groningen gázmezőt* 1959-ben fedezte fel az N.V. Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) vállalat Hollandia északi részén, az Ems torkolatának déli oldalán. A NAM 1947-ben a Shell és a Standard Oil of New Jersey „joint venture” vállalatoként jött létre. E gigantikus, ~1740 milliárd köbméter kitermelhe-

II. táblázat. A világ húsz legnagyobb ismert gázmezője

Table II. The 20 largest gas fields of the world with respect to URR

Földgázmező	Ország	URR készlet 10 ⁹ m ³
South Pars	Katar és Irán	10 000 - 15 000
Urengoy	Oroszország	10 200
Iolatan	Türkmenisztán	7 000
Jamburg	Oroszország	5 240
Bovanenkovskoye	Oroszország	4 400
Leningradskoye	Oroszország	4 000
Rusanovskoye	Oroszország	4 000
Zapoljarnoye	Oroszország	3 500
Stokman	Oroszország	3 200
Point Tomson	Egyesült Államok	3 000
Manas	Albánia	3 000
Groningen	Hollandia	2 850
Arktikus mező	Oroszország	2 760
Asztrachanskoye	Oroszország	2 710
Anadarko	Egyesült Államok	2 650
Hassi R'mel	Algéria	2 550
Nyugat Kamcsatka	Oroszország	2 300
Medvezsje	Oroszország	2 200
Yurubcsen	Oroszország	2 100
Hugoton	Egyesült Államok	2 040

tő gázkészlet felfedezésével vált nyilvánvalóvá Hollandiában, hogy az akkor érvényben lévő (1810-ben kibocsátott) törvény nem biztosít megfelelő jogi háttérrel e hatalmas gázkincs részletes megkutatásához és kitermeléséhez. Ezért az országban fúrás moratóriumot léptettek életbe, amely 1967-ig, az új bányatörvény parlament által történő elfogadásáig volt érvényben.

A Groningen földgázkészletét tároló szerkezet későbbjára kiemelkedés során jött létre. A rétegtani viszonyok alapján feltételezhető, hogy már a karbontól viszonylag emelt helyzetben volt ez a terület STAUBLE & MILIUS (1970). A gázkészlet a 100–250 méter vastag, alsó-perm fluviális és eolikus fáciesű homokkő és konglomerátum rétegsorban (Slochteren és Ten Boer Tagozat, Rotligendes Formáció) halmozódott fel. A rezervoár-összlet diszkozidánsan települ a vetőkkel erősen szabdalta karbon kőszenes rétegsor, a gázgeneráló anyagokösszlet eróziósan lenyestett felszínére. Az alsó-perm tárolóösszletre települő 600–1500 méter vastag, főleg kősóból és alárendelten anhidritből, illetve dolomitból álló, felső-perm Zechstein Formáció biztosítja a földtani szerkezet hatékony zárását. WIJKE et al. (1980) rekonstrukciós modell számításai szerint Groningen térségében a karbon rétegsorban 200–160 millió év között zajlott a gázgenerálódás fő fázisa. LEE et al. (1985) az alsó-perm tározókőzet-minták diagenetikus illit anyagán végzett K-Ar mérések alapján arra a következtetésre jutott, hogy a gáz 150 millió évvel ezelőtt már kitöltötte a rezervoárt. Az eredeti gáz-víz határ mintegy 3000 méterben volt. A mező kitermelése a kezdetektől fogva rendkívül fegyelmezetten és célirányosan folyt. A termelő fúrásokat a vízkúposodás elkerülése céljából a szerkezet legmagasabb helyzetű déli részére koncentrálták, ahol a tároló homokkő és konglomerátum rétegsor teljes vastagságban gáztelített.

Az óriásmezők készleteinek kimerülése

Az óriásmezők termelésének lefutását vizsgálva a következő szakaszokat lehet megkülönböztetni:

— *Felmenő szakasz* (buildup phase). A termelés a mezőfejlesztés során fokozatosan nő, ami többnyire a termelési csúcs 80%-ig tart.

— *Plató szakasz* (plateau phase). A mező a termelési csúcs maximuma körül termel, $\pm 4\%$ fluktuációval. Ez a szakasz a kisebb mezőknél rövidebb, mint az óriásmezőknél.

— *Plató vége* (end of plateau). A termelés csökkenése meghaladja a $\pm 4\%$ -os fluktuációt.

— *Leszálló szakasz* (decline phase). A termelés fokozatosan csökken egészen a gazdaságos kitermelés határáig. A csökkenés ütemét a mező kitermelési rendszere és az alkalmazott (elsődleges, másodlagos, harmadlagos) művelési mód határozza meg.

A leszálló szakasz jellemzésére a következő mutatók szolgálnak:

— *éves termeléscsökkenés-arány* (average annual decline rate) százalékban kifejezve,

— *készletcsökkenési-arány* (depletion rate) az éves termelés és a maradék készlet aránya százalékban kifejezve,

— *készletkimerülési-arány* (reserve depletion) a kumulált kitermelt készlet alakulása a teljes kitermelhető készlet arányában.

A világ teljes konvencionális kőolajtermelésének csökkenésével kapcsolatban három munkát kell megemlíteni.

— A CERA (Cambridge Research Energy Associates) 2007-ben hozta nyilvánosságra az IHS Energy 811 termelő óriásmező (e mezők a világtermelés kétharmadát képviselik) adatbázisa alapján készített elemzését. Ezek közül 400 mező a világtermelés felét adja. Az ezen adatok alapján számított termeléscsökkenés éves mértéke 4,5% (JACKSON & EASTWOOD 2007).

— HÖÖK et al. (2009) a Robelius-féle óriásmező adatbázisból kiemelték a leszálló ágban lévő telepek termelési adatait és ennek alapján becsülték meg termelésük csökkenését. Az óriásmezőket csoportokra osztották. Legfontosabb megállapításaik a következők:

A termeléscsökkenés ütemét meghatározó fő tényezők: a földtani felépítés, a telepnagyság, a rezervoártípus, a kőolajtelep szárazföldi (onshore) vagy tengeri (offshore) volta, a termelési stratégia, és az OPEC kötelékbe tartozás. A legtöbb óriásmező esetében akkor kezdődik a leszálló ág, amikor mintegy 40%-át letermelték. Megállapították, hogy a kis telepek, és a mélytengeri telepek termeléscsökkenési-aránya meghaladja a nagyobb és szárazföldi telepekét. A mélytengeri telepek esetében sokszor nem érik el a tervezett hozamot és a termelési csúcs után a hozam nagyon gyorsan csökken. Az OPEC országokhoz tartozó telepek esetében lassúbb a termeléscsökkenés, de az URR alacsonyabb százalékánál kezdődik. Legfőbb megállapításuk, hogy az óriás-telepek átlagos termeléscsökkenése évi $-6,5\%$, ami az idő előrehaladtával nő.

— Az IEA WEO (2008) tanulmány a világ kb. 800 legnagyobb (a világ eddig felfedezett készletének háromnegyedét és a 2007-es termelés kétharmadát adó) telepét vizsgálva a már csúcstermelésükön túljutott mezőkre átlagosan a termeléssel arányos 6,7%-os kimerülési arányt, az összes mezőre 2030-ig átlagosan 4,1%-ot ad meg.

Jelenleg az óriásmezők nagy részének esetében a termelés már leszálló ágban van: a világ 65 legfontosabb telepéből 54 esetben csökken a termelés. 2030-ra előre láthatóan az óriásmezők kb. 80%-ának a termelése leszálló ágban lesz, ami nagymértékben befolyásolni fogja a teljes világtermelést. Az is fontos megállapítás, hogy a jelenlegi termelés változásai már a legmodernebb technológiák hatásait is tükrözik, melyeknek eredményeképpen a termelés időszakosan megnövekszik, de a készletcsökkenési arány is megnő, és általában nem változik a kitermelhető készlet mennyisége.

Az óriás földgázmezők termeléscsökkenési aránya a kőolajmezőknél jóval magasabb. Áttekintő adatok a texasi kutakról állnak rendelkezésre. SWINDELL összefoglalása szerint (1999, 2005), — melyet az 1970-es évektől fűrt

kutak harminc éves termeléstörténete alapján készítettek — a kimerülési profilok időben erősen változnak. Míg a hetvenes évek elején az első évben észlelt éves termelés-csökkenési-arány átlagosan 16% volt, öt év átlagát tekintve pedig évente 15%, addig a nyolcvanas évek végén ez hirtelen megemelkedett, 1994-re már ez az érték 28%-ra nőtt, és 1999-ben már 56%-ot ért el.

A jövő kilátásai

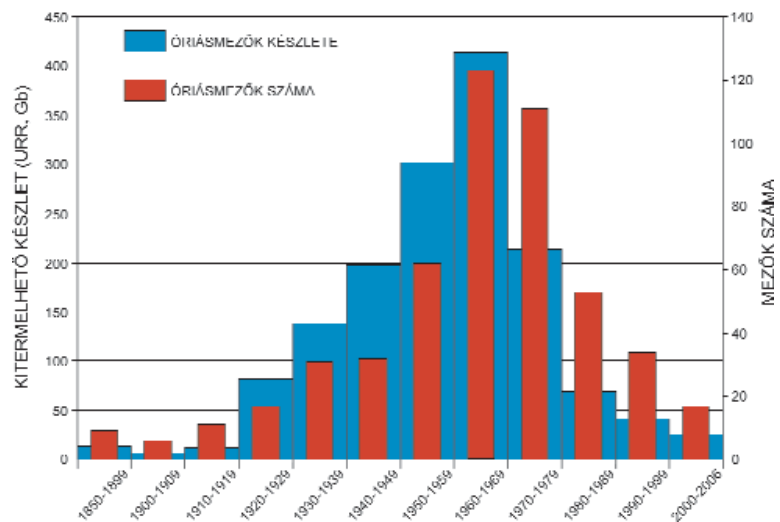
Gazdasági tekintetben sorsdöntő kérdés, hogy a jövőben még mennyi óriásmező felkutatására van remény? Az elmúlt évek tapasztalatai szerint az újonnan talált mezők száma és mérete időben egyre csökken 6. ábra, HÖÖK et al. (2009). Többen is megpróbálták matematikai modellezéssel közelíteni a jövőbeli trendeket. KAUFMAN (1964) szerint a fúrásokkal kimutatott mezők száma a méretük növekedésével lognormál modellt követve csökken. A tapasztalatok azt mutatták, hogy ez túl pesszimista közelítés. Véleményünk szerint ezek a tisztán matematikai modellek csak első közelítésnek tekinthetők, valósabb előrejelzést a tektonikai, szedimentológiai és rezervoár viszonyokra vonatkozó földtudományi tényezők egybevetése alapján lehet elérni. A US Geological Survey (USGS) részletes előrejelzése 2000-ben Monte Carlo szimulációs módszerrel becsléseket állított fel. Sajnos, ez az előrejelzés a Monte Carlo eljárás szigorú matematikai előfeltételeinek be nem tartása következtében túlságosan optimista volt.

AGUILERA et al. (2009) az érintett változók „sűrűségfüggvény”-eloszlása (variable shape distribution VSD) alapján készített előrejelzést az óriás olajmezőkre. KOPPELAAR (2009, Fig. 2.) részletesen elemezte ezt a módszert és azt találta, hogy nem egyeztethető össze az előző évtizedek tényleges kutatási eredményeivel, azaz túlságosan optimista. A korábbi eredmények szerves folytatását tartja jobb megoldásnak (7. ábra). A magunk részéről CAMPBELL & HEAPES (2009) részletes készlet-csökkenés értékelését tartjuk a legmegalapozottabbnak.

Összefoglalás

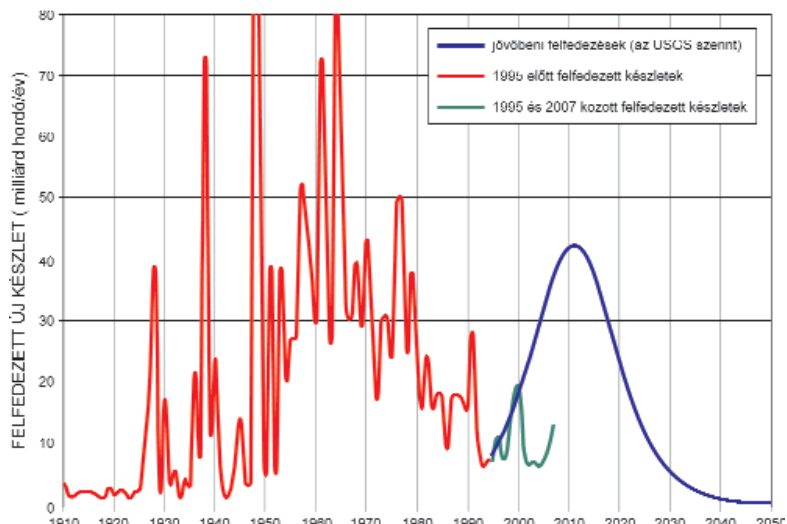
A világ konvencionális kőolajtermelése 2009-ben CAMPBELL & HEAPES (2009) és más szakértők szerint megközelítette a 30 milliárd barrelt és elérte a termelési csúcspontot (peak-oil). Feltevésük szerint néhány évig termelési plató szakasz következik, majd megkezdődik a leszálló ág. Számításaik szerint 2050-re a

termelés évi 12–13 milliárd barrelre csökken. Ezt a feltevést, sajnos, az óriásmezők termelésének fentiekben ismertetett alakulása megerősíteni látszik. ALEKLETT et al. (2009) szerint 2030-ig mintegy 125 milliárd barrel reménybeli kőolajkészlet felfedezésére van kilátás. Ennek zöme óriásmezőkben, ezen belül az óceánparti mélyvízi mezőkből származhat, pl. Brazília, Angola, Nigéria, Mexikói-öböl. 2010-es évtized második felében a mélyvízi eredetű kőolaj a világtermelés előreláthatólag 40%-át adja. Ezért a 2010 áprilisában a Mexikói-öbölben történt termelési balesettel kapcsolatos korlátozások és szabályozások lényeges hatással lehetnek a világtermelésre. Ez a baleset a Mississippi Canyon Block MC252-es számú fúrásánál történt („Macondo discovery well”). E kutat 1522 m vízmélység-



6. ábra. A felfedezett óriás kőolajmezők számának és méretének alakulása időben HÖÖK et al. (2009) nyomán

Figure 6. Discovery trends for giant oil fields in both number and annual discovered volume based on backdated URR values (after HÖÖK et al. 2009)



7. ábra. Kőolajkészletek felfedezésének időbeli alakulása az IHS Energy adatai alapján 1995-ig piros és 1996-2007-ig zöld színnel jelölve. Kékkel az USGS által becsült jövőbeli mennyiségek, Hubbert-görbe segítségével ábrázolva KOPPELAAR (2009) nyomán

Figure 7. Historic discovery data from IHS energy up to 1995 in red and from 1996 to 2007 in green. In blue expected discoveries of 939 billion barrels from USGS (2000) shown by means of a Hubbert curved discovery pattern (after KOPPELAAR 2009)

ben a tengerfenék kőzeteibe 4052 méterig fúrták le. A földgázkészletekre vonatkozóan kissé kedvezőbbek a kilátások. Új konvencionális földgázmezők felfedezésén túl elsősorban nem hagyományos, például pala gáz (shale gas), nem konvencionális gáz (tight sand gas), széntelepben lévő gáz (coal bed gas), BCGA típusú (Basin Centered Gas Accumulations) gázmezők felfedezésére van remény. Az

Egyesült Államokban e téren már komoly eredményeket értek el.

A fenntartható fejlődés érdekében a világgazdaságban a fokozott takarékoság mellett, egyre nagyobb mértékben kellene a megújuló energiaforrások alkalmazását szorgalmazni. Az atomenergia felhasználására szükség van a gazdaságosabb és környezetbarátabb technológiák elterjesztése érdekében.

Irodalom — References

- ALEKLETT, K., HÖÖK, M., JAKOBSSON K., LARDELLI M, S., SNOWDON B. & SÖDERBERGH 2009: The peak of oil age-analysing the world oil production Reference Scenario in World Energy Outlook 2008. — *Energy Policy* **37/11**, 4809–4818.
- AGUILERA, R. F., EGGERT R. G., LAGOS G. & TILTON J. E. 2009: Depletion and the future availability of petroleum resources. — *The Energy Journal* **30/1**, 141–174.
- CAMPBELL, C. & HEAPES, S. 2009: *An Atlas of Oil and Gas Depletion*. — Jeremy Mills Publishing, 396 p.
- CAZIER, E. C. & HILLIARD, D. M. 1992: Controls on Performance of Nonconventional Wells in the West End Area of Prudhoe Bay Field, Alaska. — In: SCHMOKER, W., COALSON, E. B., BROWN, C. A. (eds): *Geological Studies Relevant to Horizontal Drilling: Examples from Western North America*. Rocky Mountain Association of Geologists, 153–170.
- HALBOUTY M. T. (ed.) 1970: Geology of giant petroleum fields. — *AAPG Memoir* **14**, 575 p.
- HALBOUTY M. T. (ed.) 1980: Giant oil and gas fields of the decade 1968–1978: — *AAPG Memoir* **30**, 596 p.
- HALBOUTY M. T. (ed.) 1992: Giant oil and gas fields of the decade 1978–1988: — *AAPG Memoir* **54**, 526 p.
- HALBOUTY M. T. (ed.) 2003: Giant oil and gas fields of the decade 1990–1999: — *AAPG Memoir* **78**, 340 p.
- HALBOUTY M. T., MEYERHOFF A. A., KING R. E., DOTT R. H. & SHABAD T. 1970: World's Giant Oil and Gas Fields, Geologic Factors Affecting Their Formation, and Basin Classification, Part I. Oil and Gas Fields. — In: HALBOUTY, M. T. (ed.): *Geology of Giant Petroleum Fields*. — *AAPG Memoir* **14**, 502–528.
- HALBOUTY M.T., KING R.E., KLEMM H.D., DOTT R. H. & MEYERHOFF A. A. 1970: Factors Affecting Formation of Giant Oil and Gas Fields, and Basin Classification. Part II. — In: HALBOUTY, M. T. (ed.): *Geology of Giant Petroleum Fields*. — *AAPG Memoir* **14**, 528–555.
- HARRIS, P. M. & WEBER, L. J. 2006: Giant hydrocarbon reservoirs of the World: From rocks to reservoir characterization and modeling. — *AAPG Memoir* **88**, Special Publication 1–6.
- HORN, M. K. 2004: Selected Features of Giant Fields, Using Maps and Histograms. — <http://www.searchanddiscovery.com/documents/2004/horn/index.htm>
- HORN, M. K. 2007a: Giant field trends-2. — *Oil and Gas Journal* **105**, 13.
- HORN, M. K. 2007b: Relationship between giant field data and ultimate recoverable oil. — *Search and Discovery* 40236, 1–6.
- HORN, M. K. 2007c: Tectonic setting of the world's giant oil and gas fields. — The University of Texas at Austin, Institute for Geophysics. September, 1–2
- HÖÖK, M., HIRSCH, M. & ALEKLETT, K. 2009: Giant oil field decline rates and their influence on world oil production. — *Energy Policy* **37**, 2252–2272.
- IEA WEO 2010: — <http://www.worldenergyoutlook.org>
- JACKSON, P. & EASTWOOD, K. M. 2007: *Finding the Critical Numbers: What Are the Real Decline Rates for Global Oil Production?* — Cambridge Energy Research Associates, London.
- JAMISON, H. C., BROCKETT, L. D. & MCINTOSH, R. A. 1980: Prudhoe Bay — A 10 year perspective. — In: HALIBOUTY, M. T. (ed.): *Giant oil and gas fields of the decade 1968–1978*. — *AAPG Memoir* **30**, 289–314.
- KAUFMAN, G., M. 1964: *The Size Distribution of Oil and Gas Fields Working paper (Sloan School of Management)*. — M. I. T., 72 p.
- KOPPELAAR, R. 2009: Article review: Depletion and the future availability of petroleum resources: — <http://europe.theoil drum.com/node/5295>, 1–30.
- LEE, M., ARONSON, J. L. & SAVIN, S. M. 1985: K/Ar dating of time of gas emplacement in Rotliegendes sandstone, Netherlands. — *The AAPG Bulletin* **69/9**, 1381–1385.
- MAGOON L. B. & CLAYPOOL G. E. 1980: Two oil types on North Slope of Alaska: implications for future exploration. — *AAPG Bulletin* **64/5**, 644–652.
- MANN, P., GAHAGAN, L. & GORDON, M. B. 2001: Tectonic setting of the world's giant oil and gas fields. — *World Oil*, Sept. 42–50, Oct. 78–84, Nov. 56–60.
- MANN, P., GAHAGAN, I & GORDON, M. P. 2004: Tectonic setting of the world's giant oil and gas fields. — *AAPG. Memoir* **78**, 15–105.
- MANN, P., HORN, M. & CROSS, J. 2006: Tectonic setting of 31 giant oil fields discovered from 2000 to 2005. — AAPG Annual Meeting, Houston, Texas.
- MORGRIDGE, D. L. & SMITH, W. B. 1972: Geology and Discovery of Prudhoe Bay Field, Eastern Arctic Slope, Alaska. — In: KING, R. E. (ed.): *Stratigraphic Oil and Gas Fields-Classification, Exploration Methods, and Case Histories*. — *AAPG Memoir* **16**, 489–501.

- O'HEARN, T., ELLIOTT, S. & SAMSONOV, A. 2003: Karachaganak field, northern Pre-Caspian Basin, northwestern Kazakhstan. — In: HALBOUTY M. T. (ed.) 2003: Giant oil and gas fields of the decade 1990–1999: — *AAPG Memoir* **78**, 237–250.
- RICKWOOD, F. K. 1970: The Prudhoe Bay field. — *Proceedings of the geological seminar on the North Slope of Alaska: Pacific Section of American Association of Petroleum Geologists*, L-1–L-11.
- ROBELIUS, F. 2007: Giant oil fields — The highway to oil. — Uppsala University. Doctoral Thesis, 156 p.
- SIMMONS, M. R. 2009: The oil and gas system is sick. The Commercial Club of Boston, 11. febr. 2009 — <http://www.simmonsco-intl.com/research.aspx?Type=msspeeches>
- STAUBLE, A. J. & MILIUS, G. 1970: Geology of Groningen Gas Field, Netherlands. — In: HALBOUTY M. T. (ed.) 1970: Geology of giant petroleum fields. — *AAPG Memoir* **14**, 359–369.
- SWINDELL, G. 1999: Texas production data show rapid gas depletion. — *Oil and Gas Journal*, June, p. 61. <http://gswindell.com/tx-depl.htm>
- SWINDELL, G. 2005: <http://gswindell.com/tgstudy.htm> , <http://gswindell.com/spe70018.htm>
- USGS 2000: World petroleum assessment. — <http://pubs.usgs.gov/dds/dds-060/>
- VAN WIJKE, D. H. & LUTZ, M. J. & KAASSCHIETER, P. H. 1980: The Rotliegendes in the Netherlands and its gas accumulation. — *Geologie en Mijnbouw* **59**, 3–24.
- Kézirat beérkezett: 2011. 07. 04.