

HOLODA ATTILA

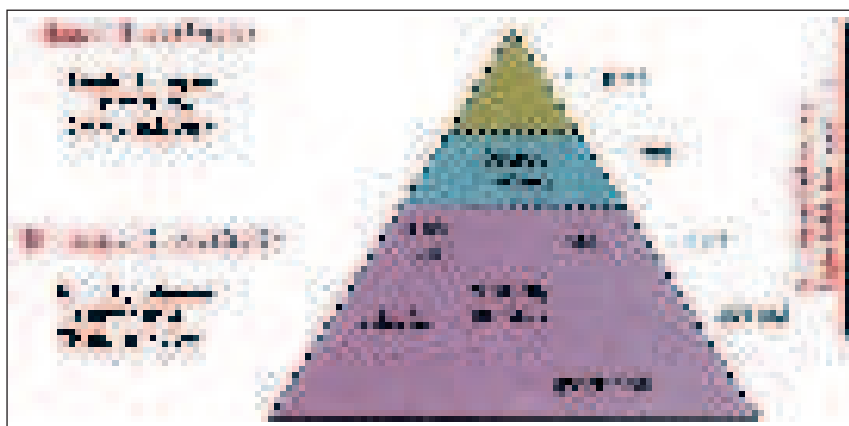
A palagáz a világ és Európa gázellátásában

Amikor egy változást forradalminak neveznek, abban benne van annak a felismerése, hogy a minősített változás nem csupán egy új termék, vagy eljárás bevezetését jelenti a termék-, vagy szolgáltatáspalagázra. Egyúttal olyan hatása is van az addigi rendszerben szereplő elemek egészére és egyenként is, mely alapján kimondható, hogy az addig működő rendszer minden elemét érinti a változás, s hogy már soha többé nem lesz olyan a korábbi rendszer, mint volt. Ilyen változást jelentett a palagáz-forradalom is a világ gázellátásának addigi megszokott rendszerében, ami egyszerűen kizárta, hogy vissza lehessen térni a korábbi működési mechanizmusokhoz. Új szereplők, új termékkel „rondítottak bele” az addig jól kiszámítható termelő–szállító–kereskedő triumvirátus rendszerébe, megváltoztatva az erőviszonyokat és a lehetőségeket is egyaránt. S miközben ilyen változások jelentek meg a világ gázkereskedelmi rendszerében, Európa, követve addigi „öreg hölgy”-mentalitását, kissé csodálkozva bámult rá az újonnan megjelenő erőforrásokra, anélkül, hogy komolyan megfordult volna a fejében: az új potenciálban rejlő lehetőséggel megváltoztassa a korábban kialakult gázellátási status quo-t, s egyúttal lehetőséget teremtsen az európai gáztermelők megjelenésére az európai gazdaságok GDP-jének megerősítőjeként. Európa – mint oly sokszor a történelemben – tétlenül nézi, ahogy a lehetőségek elhúznak mellette, és leragad az eddig jól bevált közösségi piac-szabályozási mechanizmusok megerősítésének gyakorlatánál. Eközben Európán kívüli szereplők veszik át a gázellátás feletti irányítás komoly anyagi haszonnal kecsegtető karmester pálcáját, unikális lehetőséget teremtve a palagáz térhódításának.

Mielőtt a részletekbe vágnánk, szükséges, hogy néhány sztereotípiaként, hamisan rögzített tényt helyre tegyünk, ha már a palagázról értekezünk. Először is: a palagáz nem valami új termék, és nem rosszabb/drágább/szenyesebb a hagyományos földgáznál, hanem pontosan ugyanaz.

A helytelenül palagázzá egyszerűsített nem-hagyományos földgázok egyik előfordulási formája a köznyelven palagázként nevezett, valójában – előfordulását tekintve a záró márgarétegben, a klaszszikus csapdázódás nélkül a márgában megszorult – márgagáz, csupán egyike az ilyen gyűjtőnéven közkeletű nem-hagyományos szénhidrogéneknek. Ám közelről sem fedi le valamennyi, sőt! Ha a klaszszikus ábrázolásban földgáz-piramisként jelzett rajzot vizsgáljuk, belátható, hogy a „palagáz” még csak nem is a legnagyobb természetben előforduló nem-hagyományos szénhidrogén. Hiszen nagy készletek találhatóak a kőszénbe ágyazott metángáz-előfordulásokból, az erősen összetömődött kőzetekbe szorult ún. „tight gas”-ból és a legnagyobb potenciált a mélytengerek alján felhalmozódott gázhidrát- előfordulások jelentik.

Ugyancsak tévedés azt gondolni, hogy a palagáz-kitermeléshez alkalmazott technológiák, új, még nem használt eljárások lennének. Hiszen a rétegkezelések, a hidraulikus rétegrepszítés több mint száz éve alkalmazott módszerek, a hagyományos kőolaj-, és földgáz- előfordulások kihazatalának javítása, vagy éppen intenzifikálása érdekében. Az olajbányá-

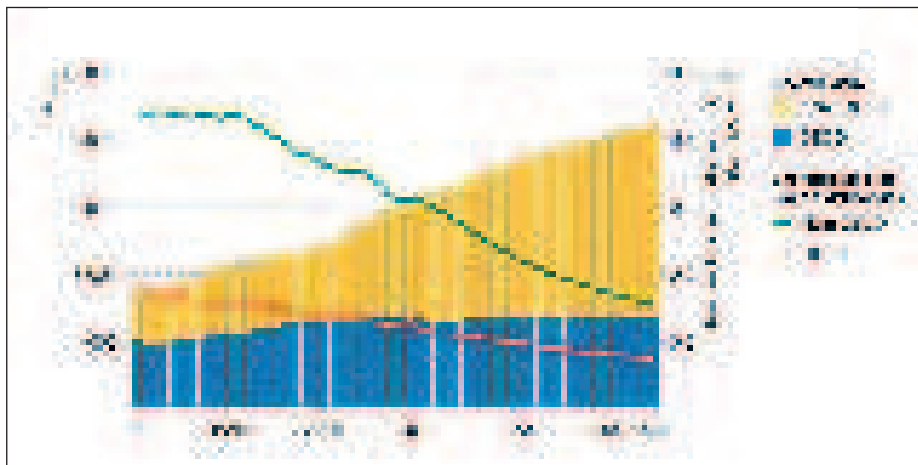


A szénhidrogén-piramis jellemzői

szok már sokkal korábban rájöttek, hogy a kőzetek átteresztőképességének drasztikus javulása érhető el, tisztító vegyszerek, például savas készítmények alkalmazásával, illetve a mesterségesen létrehozott és fenntartott repedéshálózat kialakításával egyaránt. Az első, szakirodalomban is rögzített hidraulikus rétegrepszítést 1947-ben, Kansas államban, a Hugoton földgázmezőben alkalmazták a gázbeáramlás javítására. Elmondható az is, hogy a hazai olajipar sem maradt el sokkal ennek a technológiának a sikeres alkalmazásától, hiszen 1957-ben, Nagylengyel mezőben szintén beáramlás javítására már eredményesen alkalmazták a hidraulikus rétegrepszítést.

Megállapíthatjuk tehát, hogy minden, a palagáz megkutatásában és kitermelésében alkalmazott technika és technológia a hagyományos kőolaj-, és földgázkiter-

melésben alkalmazott technológiát jelent és nem valami újonnan bevezetett, „veszélyes” műveletet takar. És végezetül, a sztereotípiák között, a „hatalmas” gázkészletekről is ejtsünk szót. A hagyományos szénhidrogén-kutatásban megszokott mértékegységekhez képest nagyságrendileg nagyobb értékekkel szembesülhetünk, amikor a nem-hagyományos előfordulásokban lévő potenciálok méreteit próbáljuk megbecsülni. Ezek a nagyságrendi ugrások olykor felfoghatatlanok azok számára, akik a hagyományos készletek számához szoktak, de fogadjuk el, hogy a „nem-hagyományos” jelző nem csupán a keletkezés körülményeire, a megkutatás nehézségeire, vagy éppen a kitermelési technológiákra kell, hogy vonatkozzon. Igaz mindarra, amit ezt megelőzően a kőolaj-, és földgáztermelésről gondoltunk,

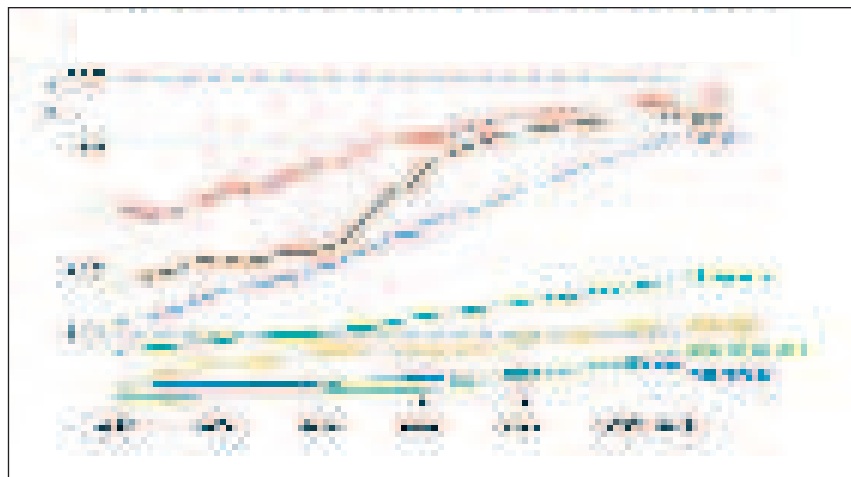


Az energiaigény és az energiaintenzitás alakulása (Forrás: IEA)

beleértve az elérhető potenciálok méretét is. Ugyanakkor azt is látni kell, hogy a hagyományos előfordulásokhoz hasonlóan, a kitermelhető mennyiségnek nem a technikai megvalósíthatóság, hanem kizárólag annak gazdaságossága vet gátat. A palagáz-kitermelés kitartó ellenzői valójában ellenezik a fosszilis energiahordozókra épülő energiahasznosítás minden formáját. Szilárdan hisznek abban, és hársányan ki is állnak amellett, hogy nincs szükség ennyi energiára, hogy a fosszilis energiahordozók egyik napról a másikra kiválthatók a világ energiafelhasználásának rendszeréből, majd beülnek a benzinüzemű autókba, kihajtanak a szépen kivilágított, alapvetően szénalapú erőművekből „táplálkozó” repülőterekre, és felülnek – a kőolajból, vagy földgázból előállított – kerozin hajtotta repülőgépekre, hogy ezt az okosságot hintsék el a világ minden részében. Ám a valóság némileg árnyaltabb képet mutat.

A rendszeresen felmérésre kerülő energiafelhasználási előrejelzések igyekeznek figyelembe venni a világ kormányai által jelenleg alkalmazott, illetve egy későbbi intézkedéscsomaggal tervbe vett energiapolitikai intézkedések mellett azokat a környezetvédelmi szempontú intézkedéseket tartalmazó energiapolitikai elképzeléseket is, melyek a megcélzott, a földi légkör CO₂-tartalmának 450 ppm alatt tartására irányulnak. Megállapítható, hogy nem létezik jelenleg olyan, reálisan figyelembe vehető energiafelhasználási forgatókönyv, mely ne azzal számolna, hogy az elkövetkező 20–25 évben nőni fog a világ primer energiafelhasználása. Természetesen a felhasználás növekedésének előrejelzése alapján az egyes országok felhasználása eltérő mértékben változik, így a domináns növekedést az úgynevezett fejlődő gazdaságok fogják produkálni, amelyek nem tagjai az OECD-országoknak; leginkább Kína, India, Brazília, illetve a Közel-Kelet országai. S habár korábban ezt a drasztí-

kus növekedést mindig elintézték az előrejelzők azzal, hogy ennek oka a gazdasági teljesítmény növekedése mellett leginkább az, hogy ezek az országok sokkal nagyobb energiaintenzitással jellemezhetőek. Azaz egységnyi GDP-növekedésre jóval több energiát használnak fel, mint az OECD tagállamok, azaz energiapazarlóbbak, mint a fejlett országok.



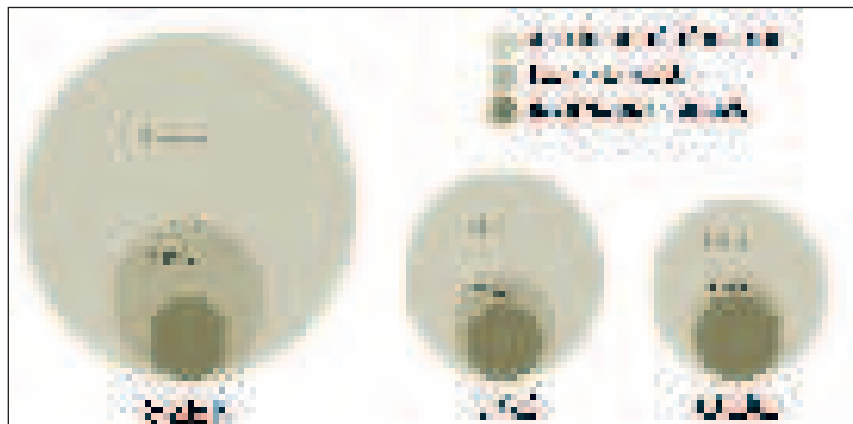
Az energiaigény alakulása az energiamix szerint (Forrás: IEA)

Ám ez a kép is sokat fog változni az előrejelzések alapján. Az energiafelhasználás növekedése mellett egyre jobbak lesznek az energiaintenzitási mutatók is ezekben fejlődő országokban, azaz, abszolút értékben a fejlődésükhöz felhasznált primer energia felhasználásának aránya javul, de ez nem töri meg az egyenletes felhasználás növekedésének mértékét sem. Ez alapján könnyen belátható, hogy az világ energiafelhasználásának képe sokkal eltérőbb képet fog mutatni, mint akár csak 5 évvel ezelőtt is. India energiafelhasználása 2040-re eléri, sőt meg is haladja az EU jelenlegi energiafogyasztását, míg Kínáé az európai 2,5-szeresére növekszik majd. Miközben

ezekre a most ismert és előre jelezhető fejlődő országokra nézünk, ne feledkezzünk el az elmaradott afrikai országok gazdaságairól, ahol a társadalmi viszonyok előbb-utóbb elkerülhetetlen normalizálódását követően, az eddigieknél elképzelt növekedési ütemek még inkább felgyorsulhatnak, és energiafelhasználásuk megsokszorozódhat az elkövetkező negyedszázadban.

Az energiafelhasználás előrejelzéseinek vizsgálata során külön érdemes elemezni a különféle energiahordozók energiamixen belüli változásának előrejelzését is. A jelenlegi tendenciák alapján látható, hogy a fosszilis energiahordozók dominanciája még hosszú időn át megmarad. A szén felhasználásának új reneszánsza (mely leginkább a kínai energiaigény szignifikáns növekedésének kielégítését szolgálja) és a megújuló energia részarányának megállíthatatlan erősödése mellett a földgázfelhasználás erőteljes növekedése a szembetűnő. Valóban igazolódni látszik az az IEA (Nemzetközi Energia Ügynökség) által hangoztatott tétel, hogy a földgáz aranykora kezdődött a földön. S miközben

korábban rendszeresen azzal riogatták a közvéleményt a fosszilis energia ádáz ellenfelei, hogy azért kell más energiahordozó után néznünk, mert a fosszilis készletek kifogyóban vannak, és évenként belül elfognak a Föld készletei, a jelenleg ismert készletbecslések alapján ez a veszély nem valós, a fosszilis készletek a jelenlegi és becsülten növekvő felhasználási ütem mellett is több száz évre elegendőek. De, ahogy mondani szokták, a „kőkorszaknak sem az vetett véget, hogy elfogyott a kő”, így nagy valószínűséggel a fosszilis energiahordozók dominanciájának megszűnését sem azok készleteinek kimerülése fogja eredményezni. Sokkal inkább a ma még



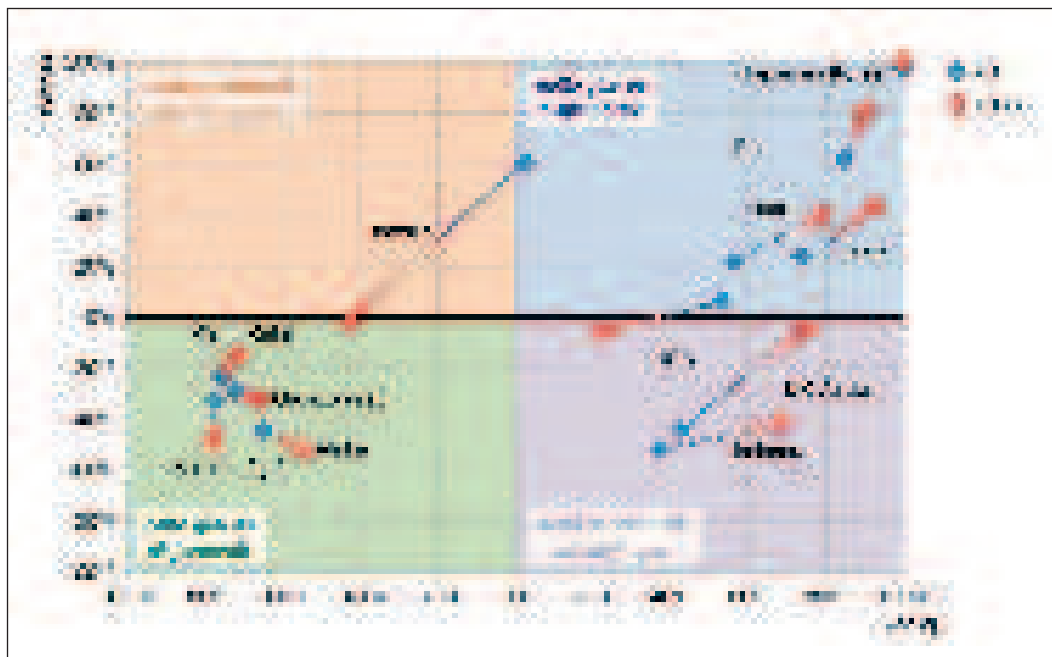
A fosszilis energiahordozók készleteinek előrejelzése (Forrás: IEA)

nem is ismert energiatermelési technológiák fejlődése, a környezeti hatások erőteljes csökkentésére irányuló korszerű energia-termelő megoldások térnyerése és az emberiség bővebb belátása arra vonatkozóan, hogy az egyre növekvő népesség energiahiányának kielégítése nem okozhatja, az ember földi életterének teljes ellehetlenítését, azaz az ipari, technológiai és környezettudatos fejlődés egész egyszerűen meg fogja haladni, napjaink megkerülhetetlen energiahordozóinak alkalmazását.

Ez jelenleg még elég távoli jövőnek tűnik, így a fosszilis energiahordozók birtoklása, és elosztási-kereskedelmi potenciáljának képessége továbbra is világhatalmi tényező, az országok egymáshoz való viszonyának fontos indikátora, a gazdasági fejlődés irányait alapjaiban befolyásoló, adekvát eszköz a politikai erők kezében. A birtokolt potenciál egyenlőtlen elosztásának eredményeképpen, az USA-n kívüli OECD-tagországok, valamint Kína és India energia kitétsége egyre nagyobb, miközben a klasszikus termelő országok és régiók (Közél-Kelet, Oroszország, Kaszpi-térség és Észak-Afrika) pozíciója érdemben nem változik. Talán csak Brazília megjelenése okoz némi átrendeződést a termelő országok csoportjában.

Az USA kitétségi pozíciójának javulása egyértelműen a palagáz-forradalomnak köszönhető. Ma már egyértelműen kedvező helyzete a nem-hagyományos szénhidrogének tömeges kitermeléséből származó,

viszonylagos gázbőség nem csupán korábban kiszolgáltatott kereskedelmi helyzetének megváltoztatását eredményezte, de lehetővé vált az USA-beli olcsó energiaforrások megjelenésével a helyi gazdaság megerősödése, és a versenyelőny készpénzre váltása is akár a távol-keleti gazdaságok, akár az európai gazdasággal szemben. S miközben a globális földgázigény egyértelműen és folyamatosan növekszik,



Nettó olaj- és gázimport/exportmátrix (Forrás: IEA)

Európa újonnan felfedezett, saját források hiányában vergődik, kitétsége egyértelműen erősödik. Szemmel láthatóan Európa belenyugodott abba, hogy tartósan nem lesz képes saját igényeinek ellátásában termelőként is részt venni. Az EU bürokratái kizárólag a piaci és kereskedelmi körülmények kidolgozásában és kontrolljában képesek gondolkodni!

Holott távolról sem igaz, hogy ilyen jelentős nem-hagyományos készletei csak Észak-Amerikának vannak. A jelenleg ismert geológiai becslések alapján megállapítható, hogy komoly ásványvagyron-előfordulások találhatóak Dél-Amerika egyes országaiban (Argentína, Brazília), az afrikai kontinens mindkét pólusán (Algéria, Dél-Afrikai Köztársaság), de igencsak méretes palagáz-előfordulásokat jeleznek a kínai becslések, sőt Oroszországban is jelentős szénbe ágyazott metán (CBM) előfordulásokkal számolhatunk. És nem marad ki ebből a sorból az „öreg hölgy”, azaz Európa sem, hiszen kontinensünkön a jelenleg ismert, és természetesen kockázatokkal terhelt becslések alapján 21 billió (!) köbméter nem-hagyományos előfordulás becsülhető. Ez a világ jelenleg ismert ilyen típusú előfordulásának (~331 billió m³) csupán alig 6%-a, ám az európai gázellátás jelenlegi 400–450 milliárdos éves felhasználásában még így is jelentős forrásbevonás lehetne, ha nem néznénk tétlenül, hogy kizárólag mások hasznosítsák a nem-hagyományos készletek kiaknázásában rejlő lehetőségeket.

A kitermelés és a felhasználás előrejel-

zése alapján, az Egyesült Államok 2035-re már teljes gáztermelésének több mint 80%-át nem-hagyományos készletekből fogja kitermelni, és földgázhoz hasonlóan a kőolajtermelésben is egyre nagyobb teret hódít az USA palaolaj (ez nem azonos az olajjal, ami jellemzően Kánadában fordul elő) termelése is. Ugyanez az érték a mostani szándékok és a szabá-

lyozás alapján 2035-ben Európában még az 5%-ot sem fogja elérni, holott, ahogyan említettem, az előfordulások mérete és mennyisége lehetővé tenné ennél nagyobb mértékű bevonását is az európai palagáz-készleteknek, a földrész ellátás biztonságának növelésére. Európa földgázellátásának diverzifikálásában, a hazai és import földgázforrások közötti egészségesebb egyensúly megteremtésében egyre növekvő szerepe kellene legyen a nem-hagyományos készletekből származó termelésnek, hogy a saját forrásokból származó termelés fedezhesse az egyre jobban növekvő földgáz iránti kereslet akár több, mint 60 százalékát, 2040-re.

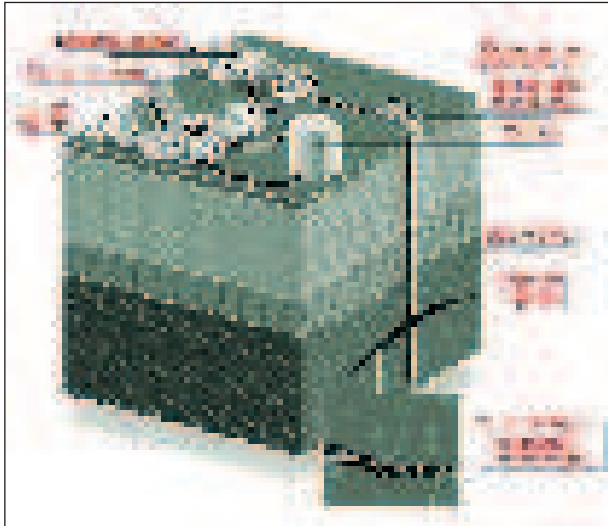
Természetesen tisztában vagyunk azal, hogy az Európára jellemző bonyolultabb földtani viszonyok (sokkal nagyobb mélység, magas hőmérséklet és hatalmas rétegnyomás) egyértelműen drágítják az európai palagáz-kitermelést, és több más infrastrukturális megoldandó probléma is felmerül az európai kutatás-termelés kapcsán. Hiszen komoly kihívást jelent az európai palagáz-termelőknek a lakott területek sűrűsége, illetve a földtulajdonhoz való viszony

különbözősége is az USA-val való összehasonlásban. Nem is beszélve arról, hogy az európai bányászati szabályozás és a bányászathoz való hozzáállás is sokkal komolyabb annál, mintsem földművelők (amerikai farmerok) sportot űzhessenek abból, hogy ki tud hamarabb kőolaj-, vagy gázkészletet találni a földjén, csak azért, mert

re joggal hivatkozhatott a palagáztermelés, vagy legalább is a hidraulikus rétegrepszítés betiltását követelő környezetvédő szervezetek.

Néhány szó essék most a sokat kárhozottat mumusról, a hidraulikus rétegrepszítésről is. A nem-hagyományos szénhidrogének kitermelésének, környezetvédelmi és alkalmi „vádli” rendszeresen emlegetik a rétegrepszítést, mint mumust, ami minden bajok okozója!

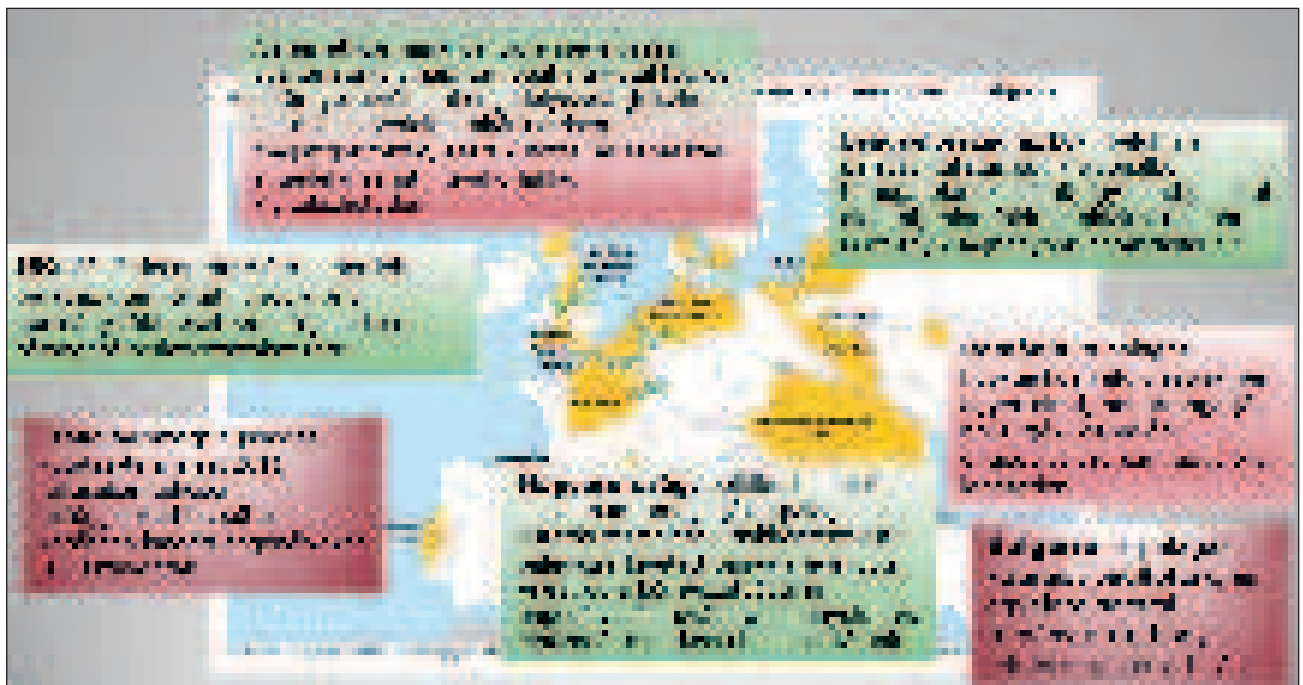
Ahogy már említettem, a rétegrepszítést mint beáramlást stimuláló eszköz már igen régen (több évtizede!) alkalmazzák a kőolaj-, és földgázbányászatban, tehát egyáltalán nem újdonságról, valamilyen különösen veszélyes tevékenységről van szó. A repesztés során lehetővé tesszük, hogy a rossz átteresztőképességű kőzetek porusai között jobb, hatékonyabb legyen az áramlás, azaz mesterséges csatornákat hozunk létre a kút és a szénhidrogént tartalmazó rétegek között. Ehhez vízbázisú, úgynevezett repesztő folyadék benyomásával megrepesztjük a több kilométer mélységben lévő réteget (és csak azt!), majd a korábban szivattyúkkal benyomott folyadék visszanyerését követően, egy szintén mesterségesen készített műhomokkal (proppant) töltjük ki a repedést, nehogy összezáródjanak ezek a kis csatornácskák! Itt persze nem méteres kiterjedésű repedésekről van szó, hanem egészen kis átmérőjű, néhány centiméteres/milliméteres repedésrendszerekről, amelyek átteresztő képessége természetesen sokkal jobb az áramlás szempontjából, mint a kőzet eredeti átteresztőképessége.



A hidraulikus rétegrepszítés sémája

akárki belevághat egy fűrótorony működtetésébe a saját területén. Ez természetesen együtt is járt azzal, hogy a sok kóklerekedés közepette rendszeresen előfordultak olyan balesetek, rétegek közötti átfertőzések, kitérőések, a felszín alatti vízbázisokat elszennyező és elgázosító műveletek, ami-

A hidraulikus repesztés jellemző tagállami engedélyezése



sége. Fontos tudni: a repesztésre szolgáló folyadékot (víz és repesztőanyag) teljes egészében visszaterméljük a kútból, mely tisztítás után ismét ugyanolyan víz lesz, mint korábban volt. Azaz nem helytálló az a környezetvédelmi aggodalom sem, hogy iszonyatos mennyiségű vizet poscsékolnak el a repesztések során, ezzel is környezetvédelmi kárt okozva! Való igaz, egy ilyen művelethez igen sok, olykor több tízezer köbméter vízre is szükség lehet. Ám jól látható, hogy az csak eszközként lesz felhasználva, majd ismét hasznosítható, akár egy újabb repesztéshez is. A mai technikai színvonal lehetővé teszi, hogy a repesztés során alkalmazott folyadékrendszerek teljesen zárt technológiában működjenek, így a repesztő folyadék sem a kútból lévő egyéb vízadó rétegeket, sem pedig a felszíni környezetet nem szennyezi. A kút mélyítése során átfűrt, vizet tartalmazó rétegek védelmét szolgálja a kutak kialakítása során alkalmazott cementezési technológia is. Vagyis szó sincs róla, hogy az átfűrt vízartó rétegek a művelet során károsodnának. A nem-hagyományos szénhidrogének esetén a közet átteresztőképessége igen rossz, gyakorlatilag nulla, így repesztés nélkül a kőolaj, vagy földgáz képtelen eljutni a kútba, illetve azon keresztül a felszínre, mert a saját pórusai (amelyekben ott a bezáródott kőolaj, vagy földgáz) között semmilyen, vagy nagyon erősen korlátozott kommunikáció létezik. Mivel a rétegrepesztésekkel ezekben az igen kemény és nagy szilárdságú közetekben nagyon nehéz repedésrendszereket létrehozni, így egy repesztés hossza jó esetben is csupán 100–150 méter lehet. Ez viszont azzal jár, hogy ilyen kutakból sokkal többet kell fúrni ahhoz, hogy a rétegekben lévő szénhidrogént a lehető legnagyobb mértékben kitermelhessük. Tehát a leglátványosabb különbség a hagyományos és nem-hagyományos szénhidrogén termelésbe állítása között, hogy nagyságrendekkel több kútra van szükség, mint normál esetben.

Az európai engedélyezés rendszere egyáltalán nem harmonizált, országonként különbözik, de az egységes értelmezést célzó, 2014-ben kiadott EU-direktíva, a korábbi merev elutasítással szemben ma már inkább támogatónak, mintsem elengedhetetlennek mondható. A kiadott direktíva egyértelműen a felhasznált víz mennyisége alapján tesz különbséget a hidraulikus rétegrepesztő technológiák között, így megkülönbözteti a masszív rétegrepesztést (10 000 m³-nél nagyobb mennyiségű víz felhasználás) és a sima rétegrepesztést egymástól. Az EU környezetvédelmi biztosának kezdeményezésére nemrégiben elindult egy olyan referencia dokumentum (BREF) kidolgozását célzó közös ipari és környezetvédelmi egyez-

tetés, mely az elérhető legbiztonságosabb és leghatékonyabb kitermelő technológia alkalmazását szorgalmazza a tagállami tiltások helyett. Ennek egyértelmű indítéka az, hogy az Európai Bizottság is megállapította, a palagáz és más nem-hagyományos gázforrások potenciálisan fontos új ellátási forrásokká válhatnak Európaszerte. Mindez valóban és ténylegesen csökkentheti az EU gázimport-függőségét, lehetővé teszi az európai palagáz-potenciálban rejlő gazdasági növekedési potenciál Európában tartása mellett, a piaci-kereskedelmi kitettség és alkupozíció eddigi kiszolgáltatottságának mérséklését is. Ugyanakkor a mai napig jelentős különbség tapasztalható a tagállami szabályozások között, a teljes és kíméletlen tiltás (Franciaország, Bulgária, Románia) épp úgy jellemző, mint a teljes állami, kormányzati és politikai megfontolásokon alapuló támogatás (Anglia, Lengyelország és Magyarország), de van példa a megengedve tiltó gyakorlatra is (Németország). S habár a tiltások és engedélyezések szinte kivétel nélkül a környezetvédelmi aggályok és a technológia veszélytelenségét bizonygató műszaki-geológiai érvelések mentén kerülnek felszínre, azért könnyen belátható, hogy az ellenzők és támogatók között is komoly érdeksérlemeket elkerülni szándékozó, nem egyszer Európán kívüli gazdasági szereplők, piacbefolyásoló lobbitevékenysége érhető tetten, akármelyik oldalról hoznánk is példát.

Egy biztos: a nem-konvencionális földgáz és a részben ezen a forráson alapuló, egyre nagyobb jelentőségű LNG-termelés már mostanra is jelentős világkereskedelmi átrendeződést hozott a földgázpiacon. Megállapítható, hogy szinte mindenki (Oroszország, Közel-Kelet, USA, Afrika, Dél-Amerika, Ausztrália, Délkelet-Ázsia) exportál, míg az EU, Kína, Dél-Korea és Japán is egyre többet importál.

A jelenlegi állás szerint, tényszerűen megállapíthatjuk, hogy napjainkban egyértelműen Európa a legnagyobb vesztese a piaci átrendeződésnek, mert „csupán” fogyasztóként profitálhat az egyre olcsóbb gázforrások megjelenéséből, de a nem-hagyományos készletek kitermeléséből elérhető gazdasági növekedésből már nem részesedik.

Irodalom

1. Energy Outlook 2012, 2013, 2014 – Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA)
2. Holoda Attila: Palagázról közérthetően – nem csak környezetvédőknek. http://osztommagam.blog.hu/2013/02/15/palagazrol_kozerthetoen. Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat 2013/4. szám (2013.09.16)

Amikor majd ötven éve elkezdtem az ELTE matematika szakát, az igazán izgalmas órák az ún. „speciál előadások” vagy „speckollok” és a szemináriumok voltak, így például *T. Sós Vera* kombinatorika szemináriuma és speckollja. Máig emlékszem arra, amikor először hallottam ott előadni *Erdős Pált*. Rögtön az elején kuncogást váltott ki azzal, hogy „legyen *kis* a-egy, *kis* a-kettő stb.”, mondta, s közben rendületlenül írta a táblára a nagy A-kat. De a kuncogás hamar abbamaradt, amint sorolta a kérdéseit. Ő volt a kombinatorika és számelmélet folytonos kérdezője. És hírből sem ismerte a féltékenységet (ha másnál mégis találkozott vele, szinte gyermeki értetlenséggel csodálkozott rajta). Soha nem tartotta meg magának a kérdéseket, sokkal jobban izgatták annál a kérdések is, az eredmények is, mintsem hogy ne mondja el mindenkinek, akit csak érdekelhet, és aki esetleg választ találhat rá. Ez a természetes közlékenysége a környezetében is hatott, márpedig ő világhíressé vált: alighanem ez volt az egyik láthatatlan oka a kombinatorika akkori, az egész világra kiterjedő produktívitasának. Másik megrendítő emlékem *Rényi Alfréd* – mint később kiderült: utolsó – speckollja, amit már a felesége, a szintén kitűnő matematikus *Rényi Kató* korai halála után tartott. Ha jól emlékszem, *A fák nem nőnek az égig* volt a címe – a félvéleményesen egyik kedves témájáról: a gráfelméleti fák átlagos magasságáról szolt.

A kombinatorika Kelet-Európában a múlt század közepén

Az ilyen órákon folyt az igazi matematikai élet: itt a „már meglévő” elmélettel együtt hallgattuk az élő kutatás épp aktuális eredményeit. A kutatásra nézve nem jó jel, hogy a speckollok mai utódai, az ún. szabad kredites órák az egyetemeken visszaszorulóban vannak. Természetesen nem csak a kombinatorika tárgy szemináriumok és speckollok voltak ilyen izgalmasak. Most mégis ezeket emelem ki, hogy ezzel is érzékeltessem: a magyar kombinatorika- és gráfelmélet-iskola akkor már világhírű volt. A már említettek mellett gondoljunk *König Dénesre*, *Turán Pálra*, *Gallai Tiborra*, és utánuk ott sorakoztak a fiatalabbak is. A Magyarországon tartott kombinatorika témájú konferenciákra a világ minden tájáról érkeztek a legnevesebb kutatók, mert érdemesnek tartották eljönni. Az egyetemről kikerülő fiatalok jó része ilyen témákban ért el jelentős eredményeket. Ezért aztán kétszeresen neveléses volt, hogy a hivatalos tananyagban a mi egyetemi éveink alatt még nem szerepelt sem kombinatorika, sem gráfelmélet.

Mindezt a Typotex kiadó *Nem elemi feladatok elemi tárgyalásban* című könyve juttatta az eszembe. A szerzők (a két *Jaglom*,