

Kőolaj és földgáztermelés a XXI. században

Crude oil and natural gas production in XXI-st century

PÁPAY József¹

(2 ábra, 2 táblázat)

Tárgyszavak: készlet; vagyon; várható készlet; konvencionális kőolaj/földgáz; igazolt, valószínű, lehetséges készlet; elsődleges, másodlagos, harmadlagos termelés; olajhomok; olajpala (márga); gáz-hidrát; cseppfolyósított földgáz, föld alatti gáztárolás; energiapolitika; geopolitika

Keywords: reserve; resource; expected reserve; conventional petroleum; proved, probable, possible reserve; primary, secondary, tertiary production; oil shale/sand; gas hydrate; liquid natural gas (LNG); gas to liquid (GTL); underground gas storage; energy policy; geopolitics

Abstract

The study brings into the focus the determinable and the accessibility dynamics of world crude oil and natural gas reserves, which guarantee 60% of energy demand of humanity on the basis of author's four and half decades industrial experience.

Nevertheless some questions of geo- and energy politics are analysed and explained also which are based on the technical point of view.

The article deals with conventional (cheap or easily producible) crude oil and natural gas reserve calculation methods according to reserve categories. The role of the unconventional reserves (oil sand, oil shale, low permeability rocks, stranded gas, natural gas hydrates) in the fulfilment of the energy demand also analysed.

After that the world crude oil and natural gas production rates are shown including the geographical locations of these reserves with production capacities of the most important countries. Based on this the energy strategy of USA, OPEC, Russia, China, EU and Hungary are explained.

This material was presented on the Conference "Mining: History and Future" at 11th, May 2005 organized by Hungarian Academy of Sciences (HAS) and Central Mining Museum and at 31st, January 2006 on the meeting of Geosciences Department of HAS.

Összefoglalás

A tanulmány az emberiség jelenlegi energiafelhasználásának 60%-át biztosító kőolaj- és földgáz-készletek meghatározhatóságára és a készletek hozzáférhetőségének dinamikájára fókuszál a szerző a szénhidrogén kitermelő iparban eltöltött csaknem négy és fél évtizedes szakmai tapasztalata alapján. Mindamellett a szakterület látószögéből magyarázza és elemzi a geo- és energiapolitika néhány kérdését.

A tanulmány foglalkozik a konvencionális (könnyen kitermelhető, olcsó) kőolaj- és földgáz-készletek mennyiségének meghatározhatóságával készletkategóriánként. Elemzi a nem konvencionális készletek (olajhomok, olajpala, kis átteresztőképességű kőzetek, elfekvő gázkészletek, gázhidrátok stb.) várható szerepét az energiaellátásban. Ezt követően előrejelzi az egész világra vonatkozó kőolaj- és földgáz-kitermelés várható ütemét, majd bemutatja a kőolaj- és földgáz-készletek eloszlását az igazolt készletek alapján, és ennek figyelembe vételével magyarázza különböző országok energiastatégiáját: USA, OPEC, Oroszország, Kína, EU és végül Magyarország.

Bevezetés

Minden változáshoz, tevékenységhez és az élet fenntartásához energiára van szükség. Az adott társadalom működőképességét és fejlődését alapvetően a rendelkezésre álló energia mennyisége határozza meg. Az átalakított energia: hő, fény, mechanikai

¹Mol Rt. Kutatás-Termelési Divízió 1117 Budapest, Budafoki út 49.

munka biztosítja a társadalom fennmaradását és fejlődését. Így az is kijelenthető, hogy az egyes társadalmak, társadalmi csoportok által felhasznált energia mennyisége jellemző azoknak a világban elfoglalt szerepére vagy akár hatalmi helyzetére.

Míndezekből az következik, hogy olcsó primer energiaforrások biztosítása alapvető. Mivel kijelenthető az, hogy a primer energiaforrások nagysága véges, ezért az energiaforrások különböző módon való hozzáférhetőségének biztosítása alapvető eleme a világpolitikának.

A primer energiaforrások mennyiségének felmérésével, a felmerülő energiaszükséglet nagyságának realitásával és a felhasználás optimális szerkezetének meghatározásával különböző tanácsadó irodák, kutatóintézetek, állami intézmények stb. foglalkoznak. A kérdés fontosságát alapvetően igazolja az, hogy a szinte valamennyi országban közvetlenül, vagy közvetve az energiapolitika a kormányok politikájának szerves részét képezi.

A XXI. század társadalmának energiaellátása csak tudományos-műszaki fejlesztések és pénzügyi-politikai kompromisszumok segítségével és figyelembevételével lehetséges.

A XXI. század vélhetőleg egy átmeneti korszak lesz, amikor is a fosszilis energia-hordozók (elsősorban a szénhidrogének) szerepe még meghatározó és közben kidolgozásra és bevetésre kerülnek a versenyképes helyettesítő energiaforrások.

A probléma összetettsége miatt a megoldást csak körvonalazni lehet és szabad.

A továbbiakban csupán a felmerülő energiaigényekhez tartozó kőolaj- és földgáz-kitermelés lehetőségeivel foglalkozom elsősorban műszaki megfontolások alapján érintve e szakterület látószögéből néhány, napjainkat is érintő geo- és energiapolitikai kérdést is.

Megjegyzem azt, hogy ezt a témakört részben vagy érintőlegesen több magyar könyv és publikáció is tárgyalja (BÁRDOSSY & LELKESNÉ FELVÁRI 2006, VAJDA 2001, 2004, 2005) Itt hangsúlyozni kell azt, hogy nagyon fontos a szakterületi terminológia korrekt használata és a szakterületek specifikumának ismerete. Enélkül az anyagok megértése igen nehézkes, ill. téves konklúziók levonása is reális a lehetőség.

A világ hosszú távú energiaigényeinek várható alakulása

A világ energiaigényeinek várható alakulását az elmúlt időszak energiaigényének növekedési üteme és a várható gazdasági növekedés figyelembevételével határozzák meg. Többféle előrejelzés van, különböző (pl. 0, 1, 2, 3%) gazdasági, ill. kőolaj felhasználás növekedésének figyelembevételével.

Exxon Mobil előrejelzése alapján megállapítható, hogy várhatóan az elkövetkező 25 évben:

- Az energiaigények több mint 1,5 szeresére növekednek, legnagyobb a növekedési ütem Ázsiában (Kína, India).

- A növekvő energiaigények kielégítésében továbbra is jelentősek a fosszilis eredetű energiaforrások, elsősorban a szénhidrogének (63%), a földgázfelhasználás növekedési üteme csaknem kétszerese a kőolajénak.

- A fluidumok halmazállapotában lévő különbség miatt a kőolajat elsősorban belsőégésű motorban, míg a földgázt villamos erőművekben hasznosítják az ipari és lakossági fogyasztás mellett.

– A megújuló energiaforrások és az atomenergia részvételi aránya az összes energiaigény kielégítésében már nem elhanyagolható.

Exxon Mobil előrejelzése szerint 2030-ban az egyes energiaforrások aránya a következő: kőolaj (37%), földgáz (26%), szén (21%), nukleáris (5%), hidro (3%), biomassza (6%), nap-szél (2%) (Oil and Gas Journal).

A világ kőolaj- és földgázkészleteinek, ill. a kitermelési ütemeknek a meghatározhatósága

A felmerülő energiaigények kielégíthetősége érdekében fel kell mérni a rendelkezésre álló készleteket. Ez csak közelítésként, becslés szintjén lehetséges, amit a következőkben indokolunk. Készlet (reserve) alatt a jelenlegi technológiai színvonal mellett gazdaságosan még kitermelhető kőolaj és földgáz mennyiségét értjük. Ettől meg kell különböztetni a telepben, kezdetben lévő összes mennyiséget (magyar fluidumbányászati terminológia: „vagyon”; angol terminológia: resource).

Jól ismert a szakemberek körében az a tény, hogy egy geológiailag jól megkutatott terület esetén a mező termelésbe állítása időpontjában a „vagyon” felmérése csak $\pm 20\text{--}30\%$ -os pontossággal lehetséges. A termelés során, amikor a készlet 50% -át kitermelték a meghatározás pontossága $\pm 5\text{--}10\%$, a kitermelés végén $\pm 0\%$. Az is előfordult már a gyakorlatban, hogy a készlet kitermelése után is csak hozzávetőlegesen sikerült a „vagyon” nagyságát becsülni. A két mennyiség hányadosa a kihozatali tényező (PÁPAY 2003). A továbbiakban csak a készletekkel foglalkozunk.

A világ szénhidrogén készleteinek felmérése ilyen pontossággal távolról sem lehetséges. Ennek több oka van:

- a világ jelenlegi és jövőbeni kőolaj- és földgázmezőire vonatkoztatva csak tájékoztató adatbázissal rendelkezünk (DOE, EIA, IAE, ASPO),
- a világon különbözőképpen minősítik a készleteket (pl. SEC, SPE, WPC, AAPG, ill. a volt keleti blokk országai által használt kategóriák stb.),
- a bejelentett készletek nagyságát esetleges tévedések mellett gazdasági, politikai megfontolások is befolyásolhatják (gondoljunk az OPEC kvóta meghatározására, egyes esetekben készletek eltitkolására, vagy akár készlet-felülvizsgálat miatti korrekciókra – Shell vagy Repsol stb. felülvizsgálata során a készleteket kénytelenek voltak csökkenteni).

Az energiaigények biztosításához ismerni kell a kiépített termelő kapacitásokat is. A művelés előrehaladásával, a még kitermelhető készletek csökkenésével egyre nagyobb ráfordításokkal lehet csak a csökkenő ütemű termelést fenntartani. A kitermelő kapacitások nagyságát sok esetben csak a tulajdonos ismeri.

A készletek hozzáférhetőségének dinamikáját (a pillanatnyi termelési ütemet) a kiépített kapacitások mellett politikai, ill. gazdaságpolitikai szempontok is befolyásolják. Ezért kijelenthető, hogy az adott volumenű készlethez tartozó termelési ütem meghatározása csak becslés szintű pontossággal lehetséges.

A kitermelés dinamikájának becslésére többféle közelítő módszert alkalmaznak, amit a következőképpen lehet csoportosítani:

K. HUBBERT módszere (1956): feltételezi, hogy a termelés lefutása hasonló függvény szerint alakul, mint a készletek felkutatása, de időbeli eltolódással. A módszer lényegében egy tájékoztató becslés.

Logikai vagy fenomenológiai függvények: a már ismert, termelés kezdetéhez tartozó kapacitásadatokra logikai függvényeket illesztnek, melynek segítségével az időkonstans meghatározható és így a termelés további alakulása megbecsülhető, vagy pedig analógia alapján alkalmazzák az összefüggéseket. Ez a eljárás is nagy bizonytalansággal terhelt közelítés.

Valószínűség számítás (az Egyesült Államok Geológiai Szolgálatának módszere – USGS): lényegében Monte Carlo analízist alkalmaznak a készletek felmérésére, és ehhez határozzák meg az éves termeléseket az adott feltételekhez, algoritmusok alapján. Pontosságát tekintve tájékoztató eljárás.

Klasszikus rezervoármérnöki (és geológiai) elemzés-tervezés: ez a legpontosabb módszer, mivel az adott ismertségű medencében elhelyezkedő telepek paramétereit, fluidum tulajdonságokat, termelési lehetőségeket felmérve, különböző leművelési technológiák alapján történik a kitermelhető mennyiségek meghatározása gazdasági szempontok figyelembevételével. Ennek a módszernek az alkalmazására a világ összes telepére vonatkoztatva nincs egységes adatbázis, az adatok hiánya és a nagy munkaigény miatt gyakorlatilag nincs is rá lehetőség. Ha vannak is értékelések ezek általában nem publikusak, a tulajdonos általában nem hozza az eredményeket nyilvánosságra. Ezért az egész Földre vonatkozó pontos előrejelzés kivihetetlen.

Fentiek alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a készletek nagyságának megállapítása, a készletekhez való hozzáférés ütemének meghatározása csak tájékoztatóan lehetséges, de ugyanez mondható az igények felmérhetőségének pontosságáról is. Ebből eredően, az energiaigény kielégíthetőségével, ill. az energiahordozók részvételi arányával kapcsolatosan a vita óriási, amely sokszor a gyűlöletig fajul. A reális kép kialakítása miatt mind a pesszimista, mind a optimista érveket meg kell hallgatni és elemezni kell.

A kőolaj- és földgázigényeket és a termelési lehetőségeket, annak ellenére, hogy a kőolaj és földgáz azonos eredetű (ikertestvérek) külön kell tárgyalni, mivel mindkettőnek más és más a szerepe a primer energiaforrások között.

A kőolaj („fekete arany”) és földgáz („kék arany”) tulajdonságaiban alapvetően különbözik, ami meghatározza mind a kitermelés módját, hatékonyságát, szállíthatóságát, felhasználását, a felhasználás során a környezetterhelést és végül a két energiahordozó jövőbeni szerepét is.

A kőolaj és földgáz főbb tulajdonságait az alábbi táblázat foglalja össze:

Tulajdonságok	Kőolaj	Földgáz	Megjegyzés
1 Formula	$C_n H_{2n+2}$	CH_4	$n \gg 5$
2 Kompresszibilitás (1/bar)	10^{-3} –0,01	10^{-3} –1	–
3 Viskozitás (cP)	0,5–105	0,01–0,03	–
4 1 bar nyomáson és 15 °C-on 1 m ³ -ben lévő anyag mennyisége (kg)	650–800	0,65–0,8	–

A fenti táblázathoz meg kell jegyezni, azt hogy az egyszerűség miatt a szénhidrogéneket a paraffin sor jellemzi. A földgázt C1-nek, a kőolajat pedig pentánnál nehezebb komponensnek ($n > 5$) tekintettük. Ez az egyszerűsítés az általánosítást nem befolyásolja.

Az 1. tulajdonság meghatározza az összes tulajdonság mellett a környezetterhelés mértékét (kőolaj esetén nagyobb a C-atomszám aránya a hidrogénhez, mint földgáz esetén: 1:2 ill. 1:4).

A 2. és 3. tulajdonság meghatározza a kitermelés módját és hatékonyságát.

A 3. és 4. tulajdonság meghatározza a szállítás módját.

A 4. tulajdonság a jelenlegi technológiai színvonalon, pedig a felhasználás lehetőségét.

Földünk kőolajkészletei és a termelés várható alakulása

Konvencionális készletek

Konvencionális készleteknek a könnyen, relatíve „olcsón” kitermelhető készleteket nevezzük

A véges készletek problematikája nem mai keletű. Már az 1980-as években felismerték, hogy a kitermelt mennyiség meghaladja a feltárt készletek volumenét, ami nem kis riadalmat okozott (Római klub figyelmeztetése).

Amint az előző pontban megjegyeztük, nincs egységes módszer a végső kitermelhető mennyiségeket illetően, a forrástól eredendően más és más, széles intervallumban szóródó mennyiségeket becsülnek meg.

Mivel a mennyiségek alapvetően meghatározzák a kőolajjal való ellátás lehetőségét, ezért az eltérő mennyiségek miatt a konklúziók is lényegesen különböznek egymástól.

Az alábbiakban három módszer segítségével történt becslés szerinti készleteket, ill. olajtermelés lehetőségét vázoljuk megjegyezve azt, hogy a földgáztermelés esetén is alkalmazzák ezeket a módszereket:

C. CAMPBELL előrejelzése – K. HUBBERT módszerével

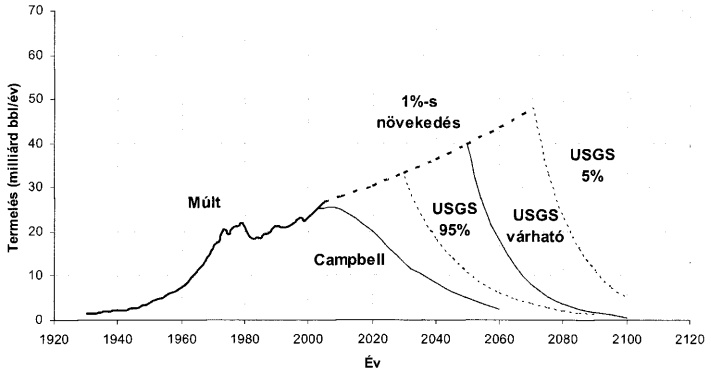
C. CAMPBELL a jövőben feltárandó készletek mennyiségét az előző időszak eredményességéből becsüli 2050-ig úgy, hogy exponenciális csökkenést feltételez az eredményességben. Ezt a feltárási ütemet elfogadva, a kitermelés dinamikáját K. HUBBERT módszerével határozza meg, amit az 1. ábrán szemléltetünk. C. CAMPBELL szerint a kőolajtermelés maximuma 2004, amit végül is már túlhaladtunk.

USGS (Egyesült Államok Geológiai Szolgálat) módszere

Földtani (művelési-termelési) viszonyok, és lehetőségek alapján készletkategóriánként becsüli adott gazdasági növekedés, ill. kőolajfogyasztás (0, 1, 2, 3 %) figyelembevételével valószínűség-számítással.

A készletek mennyiségéhez a következő készletkategóriák tartoznak:

- minimális készlet (P): 95% valószínűség; igazolt készletek,
- közepes készlet (PP): 50% valószínűség; igazolt + valószínű készlet,
- maximális készlet (PPP): 5% valószínűség; igazolt + valószínű + lehetséges készlet,
- várható készlet: valószínűséggel súlyozott készletek összege.



1. ábra. A világ kőolajtermelése

Fig. 1. World oil production

Meg kell jegyezni azt, hogy a New York-i Tőzsde (SEC) csak a igazolt készleteket ismeri el és tiltja a különböző valószínűségű készletek összeadását. Ezért az igazolt készleteken alapuló előrejelzések túl óvatosak, ill. pesszimisták, mivel nem fogadják el a jövőbeni, földtani kutatás, műszaki-tudományos fejlesztések eredményeiként bekövetkező készletek növekedésének lehetőségét.

Ha elfogadjuk a műszaki-tudományos fejlesztés eredményeként a készletnövekedést és az a várható készlet, akkor a készlet/pillanatnyi termelés hányadosa, amit (helytelenül) a hazai terminológiának megfelelően „készlet-ellátottsági mutatónak” nevezzünk, több mint másfélszeresére nő.

Készlet-ellátottsági mutató igazolt készletek esetén 50 év, várható készlet esetén 80 év. Ez azt jelenti, hogy a jelenlegi kőolajfelhasználás feltételezésével az igazolt készletek 50 évig elegendők, míg a várható kutatások eredményeként akár (legfeljebb) 80 évig is.

Az USGS módszere alapján meghatározott minimális készlet is lényegesen meghaladja CAMPBELL által feltételezett kitermelhető mennyiségeket.

Legnagyobb gazdasági növekedésnél (legnagyobb kőolajfelhasználás esetén), minimális készlet esetén az olajkitermelés maximuma 2020-ban várható, a CAMPBELL által meghatározott 2004. évvel szemben.

Az 1. ábrán szemléltetjük C. CAMPBELL és USGS által várható olajkitermelés alakulását összehasonlítás céljából. Az ábrán az USGS esetén az 1%-os olajtermelés növekedéshez tartozó termelésalakulást tüntettük fel. Ebben az esetben a kőolajkitermelés maximuma 2032-ben esedékes.

EIA (Energy Information Administration, USA) módszere

Elfogadjuk az Oil and Gas Journal által közölt igazolt készletek nagyságát, ehhez becsüli a technológiai fejlesztések és az új felfedezések többleteredményét USGS és World Petroleum Assessment adatai alapján.

A három forrás szerint a készletek nagysága a következő:

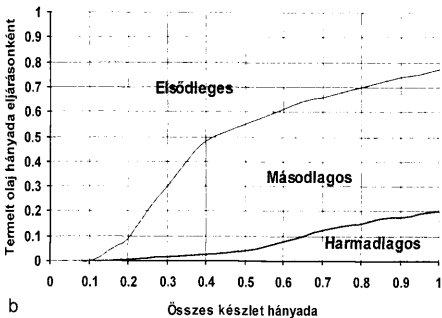
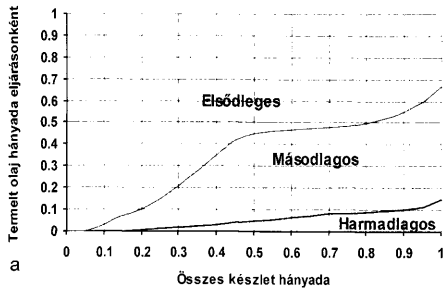
Forrás	Összes készlet (10 ⁹ bbl)	Kitermelt készlet (10 ⁹ bbl)	Jelenleg rendelkezésre áll (10 ⁹ bbl)
C. Campbell	1750	950	800
USGS 95%	2248	950	1298
USGS várható	3003	950	2053
USGS 5%	3896	950	2946
EIA igazolt			1227
EIA 2025-ig tech. fejlesztés			730
EIA új felfedezés			939
EIA összes			2896

A kitermelési módszerek hatékonyság-növelésének a készletellátottságban óriási szerepe van, hiszen 1% hatékonyságnövelés kb. 3×10^9 m³ vagyonú olajmező megtalálásával egyenértékű. Kezdetben a telepeket természetes energiával művelték (elsődleges), majd 1940–50-es évektől, ahol szükséges vizet vagy gázt sajtoltak be (másodlagos), mintegy 1,5–2

szeresére növelve a gazdaságosan kitermelhető mennyiséget. 1960–70-es évektől kidolgozták az ún. harmadlagos eljárásokat, amikor bonyolult energiahordozók besajtolásával (elegyedő gázok, termikus energia, kémiai anyagok stb.), bizonyos esetekben a vízelárasztáshoz képest 10–12% többteredményt lehet elérni. Minél bonyolultabb hatásmechanizmusú eljárást alkalmaznak a kitermelésre annál drágább, ill. költségesebb a termelés. A jelenleg felkutatott mennyiségek 35%-át tudjuk csak átlagosan kitermelni. Ez az érték 2050-ig várhatóan 45–(50)%-ra nő, mint maximális lehetőség.

2. ábra. A világ (a) és az USA (b) kőolajtermelése hatásmechanizmusonként

Fig. 2 Driving mechanism of oil production of the World (a) and of the USA (b)



A világ országai attól függően, hogy a fogyasztásukhoz képest mekkora készletekkel rendelkeznek, a gazdálkodásuk gondossága más és más, amit a 2. ábra szemléltet a szerző feldolgozása alapján. Míg USA mindent megtesz a készletek növelésére, addig az exportáló országok jelenleg az olcsóbb kőolaj kitermelésére fektetik a hangsúlyt.

A kőolaj-hozzáférés fontosságát mutatja az, hogy USA 400 ezer olyan kúttal rendelkezik, amelyek átlagos napi termelése kb. 0,3 m³. Ezek az ún. stripper olajkutak.

Általában elmondható mind a konvencionális, mind a nem konvencionális kőolaj esetén, hogy amennyiben megváltozik a gazdasági környezet, a régi technológiák helyett új módszereket vezetnek be (értelmezés, mérés, hardware stb.), akkor jelentős készletnövekedés lehetséges. Ez történt pl. a volt Szovjetunió esetén is. A nyugati technológia bevezetésével, ill. szakmai gondolkodás alkalmazásával a kőolajkitermelés visszaesését megállították, jelentősen emelve a kitermelhető mennyiségeket. Ez a lehetőség a világ több országában adott.

Kutatás alatt álló termelési eljárások (nem konvencionális kőolajkészletek)

A nem konvencionális készleteknek a nehezen hozzáférhető, ill. drágán kitermelhető készleteket nevezzük. A műszaki-tudományos fejlesztés ezen a területen is rendkívül fontos.

A technológiai kutatás fontosságát mutatja az, hogy Kanada kb. 20–30 éves kutatás eredményeként jó hatásfokkal megoldotta az olajhomok (oil sand), vagy bitumen kitermelését, ezzel készletek vonatkozásában második helyre került Szaúd-Arábia után. E telepek művelése 35 USD/bbl olajárnál már rentábilis.

A bitumen lényegében nagy viszkozitású kőolaj, amit szilárdásvány bányászati módszerek esetén a homokkal együtt kitermelnek és azt a homoktól oldószerrel, elválasztanak, és tovább finomítják (krakkolás). Ezzel a módszerrel csak korlátozott mennyiséget tudnak feldolgozni.

Ezen típusú készletek növelésében alapvető szerepe lett az olajbányászati módszereknek: termikus energiával teszik mozgóképessé a rétegviszonyok között alig áramlóképes olajat, amikor is horizontális kutakat alkalmaznak: felül elhelyezett horizontális kúton sajtolják be a gőzt, alatta 5–7 m távolságra elhelyezett kúton történik a kitermelés (gőzzel segített gravitációs technológia – SAGD). Az eredményesség feltétele a kőzet jó átteresztőképessége, amit a homok biztosít. Jelentős olajhomok mennyiség található Venezuelában is. A gazdaságosan kitermelhető olajhomok bitumentartalma kb. 25 gal/tonna vagy nagyobb.

Az olajpalák (oil shale – olajmárga) gazdaságos kitermelése még nem megoldott. A nem vagy igen kis átteresztőképességű márga, ill. kőzet jelentős mennyiségű szerves anyagot (kerogén) tartalmaz, amit ez idáig csak szilárdásvány-bányászati eszközökkel tudtak termelni és a felszínen a kerogént pirolízissel olajjá alakítani. Az Egyesült Államokban található a világ olajpala mennyiségének 60%-a. Kitermelés szempontjából a kerogén-olaj tartalomnak nagyobbak kell lenni, mint 25–30 gal/tonna. Mivel a kitermelésnél a kőzet átteresztőképessége miatt olajbányászati eljárások nem, ill. csak igen drágán alkalmazhatóak, ezért a széleskörű gazdaságos eljárás elterjedése korlátozott.

A jelenlegi technológiai problémák ellenére az USA az olajmárgát stratégiai tartaléknak tekinti. Meg kell jegyezni azt, hogy az olajpalát a magas szervesanyag tartalma miatt el lehet égetni (pl. Észtország, Kína stb.), de rendkívül környezet-szennyező.

Amennyiben a kanadai és venezuelai olajhomokot és az USA olajpaláit gazdaságosan termelésbe tudják állítani, akkor Észak-Amerika olajkészletekkel való ellátása akár 100 évre is megoldott. Ezért a gazdaságos technológia kidolgozására óriási pénzüsszegeket fordítanak.

Földünk földgázkészletei és a termelés várható alakulása

Konvencionális földgázkészletek

A földgáz kedvező áramlási tulajdonságai miatt kb. 80%-os hatásfokkal termelhető ki a kőzetekből.

A földgázkészletek meghatározásának megbízhatóságáról ugyanaz mondható el, mint az ismertetett kőolajkészletekről.

EIA adatai alapján a világ földgázkészletei, ha 2025 ig vesszük figyelembe a kutatási eredmények készletnövelésének várható eredményeit is az alábbiak:

Készlettípus	Mennyiség (10^{12} cuft)
Igazolt készlet	6040
2025-ig felfedezésre váró	4301
2025-ig elfekvő gázok termelésbe állítása	2347
Összes	12688

Míg a jelenleg az igazolt készletekhez és jelenlegi termeléshez tartozó élettartam („készletellátottság”) 63 év, addig a várható készletekre vonatkoztatva 132 év.

Az olajkészletek csökkenése, valamint környezetbarát hasznosítási lehetősége magyarázza azt, hogy az elmúlt 20–25 év alatt a földgáz mindinkább előtérbe került, mint primer energiahordozó és a jövőben a szerepe egyre nagyobb lesz.

Ezt az tette lehetővé, hogy a csővezetékes szállítás mellett megoldották az óriási volumenekben történő földalatti gáztárolást és a cseppfolyós formában (LNG: liquid natural gas) történő gázszállítást. Ez azt eredményezi, hogy óriási tároló- és szállítórendszerek épültek/épülnek és fognak épülni.

A tárolók a rendszer akkumulátorai, amelyek feladata a nyári és téli gázfogyasztásbeli eltérés kompenzálása a kitermelés, szállítás hatékonyságnövelése érdekében. Általában az évi fogyasztás 20%-a kerül tárolásra, esetlegesen havária-, (csúcs- és biztonsági) tárolók figyelembevételével. A tárolók kiépítésének dinamizmusát a következő számsorok jellemzik (Kőolaj és földgáz):

Év	Tárolók száma	Aktív gáz (10^9 m ³)
1996	554	243
2001	571	
2003	634	340
(2020)		340+170
(2030)		340+170+220

Látható, hogy a tárolókapacitás több mint kétszeresére növekszik a következő 25 év alatt.

A cseppfolyósított földgáz (LNG) részaránya a nemzetközi gázkereskedelemben a következő:

Év	Részarány (%)
2001	23
2010	25–31
2020	31–37

Látható, hogy az LNG szerepe egyre inkább meghatározó. Gyakorlatilag ezzel a megoldással világméretű gázszállító rendszerek épültek és épülnek ki, a kőolajhoz hasonlóan.

Itt jegyezzük meg, hogy 1 m^3 cseppfolyós gáz 600 m^3 normál térfogatú gáznak felel meg. A cseppfolyósítás $-160 \text{ }^\circ\text{C}$ -on történik. A szállítóhajók térfogata $150\text{--}180 \times 10^3 \text{ m}^3$, a közeljövőben $250 \times 10^3 \text{ m}^3$ kapacitású hajókat és azokból álló hajóflottákat építenek. A hajók lényegében úszó üzemek, vannak akik „úszó atombombáknak” tekintik ezeket. Itt meg kell jegyezni azt, hogy baleset esetén távolról sem olyan környezetszennyezők, mint a 10^6 m^3 szállítókapacitású tartályhajókkal fuvarozott kőolaj vagy a rossz példaként említett atombomba.

A rendszer tehát a következőkből áll: cseppfolyósító technológia a berakodó kikötő közelében – szállítóhajó, mint úszó üzem – elpárologtató rendszer a fogadó kikötő közelében.

A 3. ábrán szemléltetjük – a szerző által kidolgozott algoritmusok alapján – a földgáz termelés várható alakulását, ha a gáz fogyasztása évenként 2%-kal nő és a készletek nagysága az igazolt, ill. a várható értékek felel meg.

A 1. és 3. ábra eredményei összeadhatók, ha a kitermeléseket pl. olaj egyenértékben számítjuk.

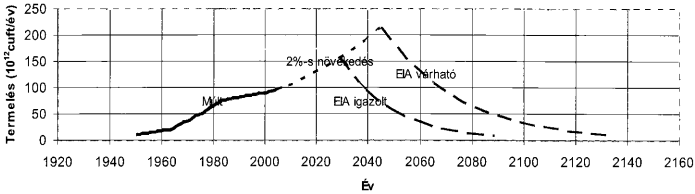
Kutatás alatt álló kitermelési eljárások (nem konvencionális készletek)

Ebbe a kategóriába tartoznak:

- a kis áteresztőképességű tárolókban lévő gázok,
- földgázhidrátok,
- elfekvő készletek hasznosítása.

Kis áteresztőképességű tárolókban lévő gázok ($<0,1 \text{ mD}$) termelési lehetősége nem elhanyagolható egyes országok gázellátása szempontjából. Ide tartoznak a kis áteresztőképességű homokkőekben, márgákban és szén-telepekben felhalmozódott gáznemű szénhidrogének.

Az USA ezen típusú gázvagyonának 70%-a homokkőekben, 20%-a széntelepekben, 10%-a márgákban helyezkedik el. A kutak termelése rétegreprezítés után sem több mint $5000 \text{ m}^3/\text{nap}$, ami ma már gazdaságos. USA 260 ezer db ilyen kapacitású kúttal rendelkezik. E típusú „gázkészleteket” az USA hosszútávon figyelembe veszi a földgázigénye biztosításához. Elsősorban a Sziklás-hegység földtani medencéiben a kis áteresztőképességű homokkőek termeltetése dominál.



3. ábra. A világ földgáztermelésének várható alakulása

Fig. 3 Prospective production of world gas

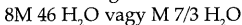
A kis áteresztőképességű homokkövekben, márgákban a gázfelhalmozódás geológiai története még pontosan nem ismert, így az sem, hogy a kőzettérfogóban a gáz folyamatos hidrodinamikai egységben, vagy nem folytonosan helyezkedik el. Ennek ismerete a mennyiség megbecslésében lenne fontos. A víztelítettség nagy és a kihozatali tényező is várhatóan kicsi (10–30%). E területekről származik jelenleg az USA gáztermelésének 18%-a, ami várhatóan 2025-re 39%-ra növekszik.

Ezen telepek kitermelése nagy beruházásigényű, ezért a gázt a vagyonhoz képest viszonylag kis ütemmel termeltetik. Ezek a gázok egyes országokban relatíve jelentősek, azonban az egész világra vonatkoztatva a mennyiségük nem számottevő.

Összehasonlításként megemlítjük azt, hogy konvencionális (jó áteresztőképességű) földgáztelepek kút kapacitásai a fenti értékek többszörösei: pl. hazánkban a kutak kapacitásai 100–500 ezer m³/nap, de a világban igen gyakoriak az 1–2 millió m³/nap kapacitású kutak.

Gázhidrátok: a jelenlegi becslések szerint a gázhidrátokban lévő gáz (alapvetően C₁H₄) mennyisége többszöröse a jelenleg ismert szerves eredetű energiaforrásoknak. A földgázhidrátok kristályos anyagok, amelyek a szénhidrogén – és vízmolekulák asszociációja útján képződnek. A gázhidrátok a gázok szilárd oldatainak tekinthetők. Külső formájukban a tömör hóra emlékeztetnek. Gazdaságos kitermelésük nem megoldott. Néhány típusú gáz – C₁H₄, C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀, CO₂, N₂, H₂S – a vízzel pozitív hőmérsékleten (0–25 °C között) és a hőmérséklettől függően 30–500 bár nyomás felett szilárd fázisú, de metastabilis rendszert alkot. A hidrát szerkezet megbontható a hőmérséklet növelésével és/vagy a nyomás csökkenésével és/vagy vegyszerek alkalmazásával.

A szénhidrogénnel alkotott hidrátok képlete:



Ez azt jelenti, hogy szénhidrogén-hidrát felbontása esetén 1 m³ vízhez 220–160 m³ gáz tartozik, amely kitermelési szempontokat tekintve igen kis mennyiség. Egyes esetekben elképzelhető a gazdaságos termelés, de összességében csak a távoli jövő lehetősége. Várhatóan a gázhidrát mezők termelésbe állítása sokáig még a tudományos kutatások tárgya lesz.

Összehasonlításként megemlítjük azt, hogy egy hidrátmező termelése olyan konvencionális típusú olajtelep termeléséhez hasonlítható, amikor is 98%-os vízzel termeljük az olajat EOR módszerrel (pl. gőzbesajtolás), ami jelenleg gazdaságilag elfogadhatatlan.

Elfekvő gázkészletek hasznosítása: néhány szót kell szólni azokról a technológiákról is, amelyek a felhasználás helyétől távol lévő gázforrások felhasználását teszik lehetővé úgy, hogy a földgázt különböző formában folyadékká alakítják át a szállíthatóság érdekében. A technológia gyakorlatilag megoldottnak tekinthető, amikor is a földgázt különböző vegyipari technológiákkal diesel olajjává, benzinné, PB-vé, metanollá, dimetiléterrre stb. alakítják a szállítás miatt. Ezeket a technológiákat egységesen GTL (gas to liquid) eljárásoknak nevezik.

Jelentős mennyiségek esetén e típusú gázok LNG formájában is eljuttathatók a felhasználás helyére. Kisebb mennyiségek esetén a nagynyomású gázszállítás megoldását is vizsgálják speciális tartályok segítségével.

A geo- és energiapolitika kapcsolata

A geopolitika a világ valamennyi országának, társadalmának az életét és életmódját befolyásolja.

A geopolitika megértéséhez tisztában kell lenni a fogyasztási helyek, az olaj és gázkészletek földrajzi eloszlásával, a kőolaj és földgáz várható árával, valamint napjaink történéseinek hátterével (Petroleum Economist, World Oil).

Olaj- és gázkészletek, valamint a termelőkapacitások földrajzi eloszlása

A geopolitika és energiapolitika kapcsolatának elemzéséhez át kell tekinteni a világ különböző helyein felkutatott készletek, és a kiépített kapacitások nagyságát mind kőolajra, mind pedig földgázra vonatkozóan.

Az 1. táblázatban foglaltuk össze az igazolt olajkészletekre vonatkoztatva az Oil and Gas Journal adatai alapján a szerző feldolgozása szerint. Kanadai készlet tartalmazza az olajhomokból kitermelhető mennyiségeket is. Opec a világ igazolt kőolajkészleteinek 69%-ával rendelkezik és az OPEC országok készleteinek a készletekhez viszonyított megcsapolási üteme nagyságrenddel kisebb a többi országénál. Pl. az USA készletellátottsága ~11 év, míg Oroszorszáigé a közölt adatok alapján ~18 év.

A „készletellátottsági mutató” a pillanatnyi készlet és a pillanatnyi éves termelés hányadosa. Tehát nem azt fejezi ki, hogy az adott ország hány évig van készletekkel ellátva, mivel az export, ill. import mennyiségek ezt a számot módosítanák.

Az 1. táblázatban, tájékoztatás céljából feltüntetjük az átlagkútra vonatkozó kútkapacitásokat, amellyel a kitermelés költségei is arányosak. Megállapítható, hogy ez széles intervallumban változik. Általában elmondható, hogy a kitermelési költségek tekintetében az OPEC országok vannak kedvező helyzetben.

A 2. táblázat foglalja össze az igazolt földgázkészleteket, ami ugyancsak azt bizonyítja, hogy az OPEC országok + Oroszország (a volt Szovjetunió) igen szerencsés helyzetben van, míg a nagy energiafogyasztók Észak-Amerika, Nyugat-Közép-Európa földgáz készletei viszonylag nem számottevőek. A világ földgázkészleteinek 51%-val az OPEC, 28%-val Oroszország rendelkezik.

Az egyes kitermelő terület egységek készlet ellátottsági mutatói az Oil and Gas Journal adatai alapján a következők: Észak-Amerika 8 év, Latin-Amerika 48 év,

1. táblázat. A világ igazolt kőolaj készletei 2006. január 1. állapot, Az első 20 ország adatai
 Table 1 World proved oil reserves at 1st January 2006, Data of first 20 countries

Ország	Készlet (milliárd bbl)	Részarány (%)	Készlet- Ellátottság (év)	Kapacitás (millió bbl/nap)	Átlagkút termelés (bbl/nap)
Szaudarábia	259,4	20,07	81	8,75	5609
Kanada	178,8	13,83	202	2,42	48
Irán	125,8	9,73	88	3,9	3482
Irak	115	8,90	158	2	1187
Abu-Dabi	99,2	7,67	136	2	1666
Kuvait	99	7,66	135	2,01	2544
Venezuela	77,2	5,97	96	2,21	1040
Oroszország	60	4,64	18	8,9	233
Libia	39	3,02	69	1,55	1053
Nigéria	35,3	2,73	41	2,34	984
USA	21,9	1,69	11	5,42	11
Kína	18,3	1,42	14	3,49	48
Katar	15,2	1,18	53	0,78	1853
Mexikó	14,6	1,13	12	3,38	1107
Algéria	11,8	0,91	27	1,2	934
Brazília	10,6	0,82	20	1,48	123
Kazahsztán	9	0,70	25	0,97	1376
Norvégia	8,5	0,66	8	3	3745
Azerbajdzsán	7	0,54	64	0,3	2308
Oman	5,5	0,43	20	0,77	335
Összes	1211,1	93,69		56,87	
Világ többi országa	81,5	6,31		14,92	
Világ összes	1292,6	100,00		71,79	
OPEC	885,2	68,49			

Nyugat-Európa 26 év, a volt Szovjetunió 76 év, Afrika 67 év, Közel-Kelet 234 év és Ázsia-Óceánia 52 év.

USA esetén földgázra vonatkoztatva is meglehetősen kiélezett a helyzet. Importra szorul, elsősorban Kanadából, (részben Mexikóból) gázvezeték-rendszeren keresztül, másrészt LNG formájában, mindamellet rá van kényszerítve a Sziklás-hegység területén elhelyezkedő rossz áteresztőképességű mezők termeltetésére is.

Nyugat-Európa helyzete sem rózsás. Az Északi-tenger területén elhelyezkedő mezők termelése az igényekhez képest csökken. Az olajmezők már elérték a csúcskapacitásukat, a gázmezők pedig Norvégia esetén várhatóan 2008-ban termelnek maximális ütemmel. Ugyanez a tendencia mutatható ki Nagy-Britannia felségvizeihez tartozó mezők esetében is.

Megállapítható, hogy a kőolajellátásban alapvető szerepe van az OPEC-hez tartozó országoknak.

Hasonlóan lehetne jellemezni a földgázellátottság helyzetét is, azzal a kiegészítéssel, hogy a volt Szovjetunió országai (elsősorban Oroszország) termelési lehetőségei kiemelkedően jók. Így Oroszország a világ egyik legnagyobb gázexportőre lett úgy, hogy az energia felhasználásának több mint 50%-a földgázbázisú.

2. táblázat. A világ igazolt földgázkészletei-2006 január 1. állapot, Az első 20 ország adatai
 Table 2 World proved gas reserves at 1st January 2006, Data of first 20 countries

Ország	Készlet (ezer milliárd cuft)	Részarány (%)
Oroszország	1680	27,81
Irán	940	15,56
Katar	910	15,06
Szaúd-Arábia	235	3,89
Abu Dabi	196	3,25
USA	189	3,13
Nigéria	176	2,91
Algéria	161	2,66
Venezuela	151	2,50
Indonézia	90	1,49
Malézia	75	1,24
Norvégia	74	1,22
Türkmenisztán	71	1,18
Üzbegisztán	66	1,10
Kazahsztán	65	1,08
Hollandia	62	1,03
Egyiptom	59	0,97
Kanada	57	0,94
Kína	53	0,88
Líbia	52	0,86
Összes	5361	88,73
Világ többi országa	681	11,27
Világ összes	6042	100,00
OPEC	3092	51,17

Az energiaellátás lehetőségét tovább bonyolítja, hogy a gazdaság fejlődésével új országok is fogyasztóként lépnek fel: Kína és India. Ezek az országok elsősorban a Közel-Keletről, a volt Szovjetunió tagállamaitól kívánják az energiaigényeiket biztosítani, de valójában megjelennek kutatási területek megszerzése, mezők felvásárlása céljából, ill. különböző olaj- és gázipari aktivitással a világ minden területén.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a világ energiaellátásának biztosításában kőolaj és földgáz vonatkozásában alapvető szerepe van az OPEC és a volt Szovjetunió országainak.

Az energiafelhasználás nagysága sok tényezőnek a függvénye, az optimális energiafelhasználás szerkezetének kialakítása nem egyszerű feladat. Rendkívül nagy az energiapazarlás, a legnagyobb energia-felhasználók talán a legnagyobb energiapazarlók. Gondoljunk USA motorizációjának fokára, vagy akár a volt Szovjetunió tagországai nem hatékony hasznosítás miatti gáziparálására, vagy akár közvetlen környezetünk sokszor ésszerűtlen energiafogyasztására stb. A emberiségnek a saját érdekében fel kell készülnie az energiatakarékos technológiákra, ill. életmódra.

A kőolaj és földgáz árának várható alakulása

Talán ez a legnehezebb kérdés, de nem kerülhető ki, hiszen a hosszú távú kőolaj- és földgáztermelés időbeni alakulása ettől nem független. TÓTH Miklós (és FALLER Gusztáv) aki a magyar bányagazdálkodás kiemelkedő képviselője és az egyik megalapítója, az 1990-es évek elején úgy nyilatkozott, hogy csak egy biztos: a kőolaj árának előrejelzése lehetetlen. Ezzel egyet kell érteni. Ennek ellenére kísérletet teszünk a tendencia megbecslésére.

Mivel a világ kőolaj- és földgázkészlete véges, azok és a kitermelő kapacitások dominálón állami tulajdonban vannak, a nyersanyaglelőhelyekkel rendelkező országok saját érdekükben hosszú távú stratégiában gondolkodnak, mindemellett a szállító és feldolgozó technológiákat és rendszereket monopolhelyzetű multinacionális cégek birtokolják az energia- (birtokló és) szállító cégek fúziója napirenden van, ezért olcsó kőolaj- (és földgáz-) árra nem lehet számítani, annál is inkább, mert a szabadverseny megvalósítása az energiahordozók tekintetében illuzórikus. Mindezekhez hozzájárul még, hogy ez a globális, egész földet átfogó kőolaj- és földgáz-igényeket biztosító logisztikai rendszer egyensúlya igen kielezett és bármely váratlan esemény: pl. hideg tél, hurrikán, tájfun, helyi háborúk, terrortámadás stb., mint a napjaink eseményei is igazolják, felborul és az árak növekedését, eredményezi. Mindezekből következik az, hogy a forrásokkal nem rendelkező országok előbb vagy utóbb rákényszerülnek a takarékosagra.

Kétségtelen, hogy a magas ár a helyettesítő energiák kutatását és alkalmazását segíti elő, de a készletek és említett logisztikai rendszerek tulajdonosai e kutatásokban is részt vesznek és így nem biztos, hogy a helyettesítő energiák elterjesztésében pillanatnyilag érdekeltek.

Geo- és energiapolitika a kitermelési lehetőségek figyelembevételével

A politika az érdekek érvényesítésének tudománya és gyakorlata. Az érdekérvényesítés során a konfliktusok elkerülhetetlenek lásd pl. az első, a második világháborút, a hidegháború időszakát (harmadik világháború?) vagy akár a napjainkban zajló globalizáció folyamatát (negyedik világháború?). Mindezekben egy közös vonás van: az energiaforrások birtoklásáért és az energiaszállítási útvonalak ellenőrzéséért folyó küzdelem. Ezt akár „permanens” világháborúnak is nevezhetjük.

Az érdekérvényesítés formái különbözőek: gyarmatosítás, világrészekre vagy akár egész világra kiterjedő fegyveres konfliktus, helyi háborúk, szabotázs, terrorizmus, technológiai erőfölénnyel való visszaélés, vagy akár – többek szerint – a redszert váltó országok esetén, mint rafinált eszköz a „privatizáció” stb.

Mindezeket figyelembe véve az országok kormányai nem mentesülnek a felelősség alól, hogy a társadalom érdekében reális energiapolitikával rendelkezzenek. Ha a fenti okfejtést elfogadjuk, akkor érthető a jelenlegi világpolitikai helyzet és a megoldás lehetősége is körvonalazódik.

A jelenlegi helyzet megértéséhez szükséges a kőolaj és földgáz kitermelésével kapcsolatos rövid történeti áttekintés is, majd ezt követően bemutatjuk egyes országok kőolaj- és földgáztermeléssel kapcsolatos lehetőségét és stratégiai irányvonalát.

Történeti áttekintés

A természetes szénhidrogének felkutatása és kitermelése, mint szaktudomány egy évszázados múlttal rendelkezik. Ez a tevékenység már megszületésének pillanatában is nemzetközi volt. Ez az integrációs folyamat 1917-ben a Szovjetunió létrejöttével, majd 1945-ben a keleti blokk megszületésével megszakadt. A szakmai fejlődés motorja a nyugati blokk esetén az USA, míg a keleti blokk esetén a Szovjetunió volt. Kétségtelen az, hogy USA technológiai fölényre tett szert és jelentős készleteket kutatót fel, de alapvetően nem a saját területén. A Szovjetunió kedvező geológiai adottságok miatt saját területén tárt fel és állított termelésbe jelentős szénhidrogénmezőket, gyakorlatilag a „nyugati technológiától” függetlenül.

A rendkívül magas technikai színvonalat birtokló USA helyzetét tovább bonyolította az, hogy az ébredező „nemzeti” öntudat miatt a jelentős készletekkel rendelkező államok (OPEC) államosították a kőolaj- és földgázkészleteiket és kitermelő rendszereiket. Kezdeti sikertelenség után az OPEC országai a világpiac szabályozói lettek, amikor is 1973-ban bevetették az energiafegyvert (első olajválság). Mindezekhez hozzá kell tenni, hogy ezek az országok elsajátították a kitermelés „know how”-ját és a „hardware”-hez is hozzájutnak még embargó esetén is, amire számtalan példát láttunk. Mivel OPEC és Oroszország készletei államilag ellenőrzöttek, ami a világ készleteinek zömét (több, mint 2/3-át) jelenti, ezért a kőolaj és földgáz esetén a piac szabályzó szerepe korlátozott. Bizonyosak lehetünk, hogy erről a monopolhelyzetről önként egyetlen ország sem hajlandó lemondani a „szabad” piac kedvéért.

USA

A világ egyetlen szuperhatalma, a szakterület fejlesztésének motorja. Határozott és kiforrott energiapolitikával, amely talán így foglalható össze: olcsó szénhidrogénforrások biztosítása az importforrások allokációjával. Tisztában van a készletellátottságának korlátaival, amely 8–11 év. A világ legnagyobb kőolaj-importálója. Ezért mindent megtesz a gazdaságához szükséges szénhidrogénforrások biztosítására és a világpolitikáját is ennek rendeli alá. Az általa alkalmazott eszközök sokszor nem népszerűek. Közép-Keleten és Dél-Amerikában kiéleződött az amerikaellenesség. A volt Szovjetunió iszlám tagköztársaságaiban a „színes” forradalmak időszakában komoly politikai sikereket ért el, de mostanára, mintha ez megkopna. Ezeket az érdekellentéteket Kína (és India) nagyszerűen kihasználja az energiaéhségének csillapításához szükséges források megszerzésére az egész világon. Kijelenthető, hogy USA nincs könnyű helyzetben a konvencionális kőolaj- és földgázforrások biztosításában.

OPEC

A kőolajat exportáló országok készletellátottsága 80–90 év és meghatározó szerepet játszanak a világ kőolaj- (és földgáz-) igényeinek biztosításában. Úgy vélem, hogy az országaiak érdekében hosszú távú stratégiában gondolkodnak: olyan kőolajárat igyekeznek kialakítani a kitermelés szabályozásával, amely hosszú ideig biztosítja az exportbevételeiket, de még nem segítik az új energiahordozók meg-

jelenését. Megtanulták az olaj- (és gáz-) fegyver alkalmazásának fortélyait és nem tűnik úgy, hogy ezt az egységet meg lehessen bontani, annál is inkább, mert Oroszország OPEC külső tagjaként viselkedik.

Oroszország

Egyetlen nagyhatalom, amely „energiafegyverrel” is rendelkezik. Ezzel tisztában van. A kőolaj- és földgázkészletei kőolaj-egyenértékben meghaladják Szaúd-Arábia készleteit. A kőolaj és földgáz szállítása szempontjából, földrajzi tekintetben kedvező helyzetben van, hiszen a fő fogyasztási helyekre, szárazföldön vezetékrendszerekben a szénhidrogének eljuttathatóak. Korábban (és jelenleg) nyugat volt a szállítás iránya, és Oroszország rákényszerült a keményvalutájának biztosítása céljából ezekre a felvevő piacokra. Ma már, ill. a közeljövőben déli irányban megindult a földgáz törökországi szállítása és sor kerül a kínai, sőt távol-keleti (Japán) szállításra, sőt az észak-szibériai gázok cseppfolyósításával az USA is export szempontjából célországá vált. Ezek a lehetőségek Oroszország export-diverzifikációja tekintetében kiválóak. Az oroszországi „visszaállamosító” energia politika megszi- lárdította az állami kontrollt a szénhidrogének felett és nem valószínű, hogy a közeljövőben, ebben engedményt tesznek. Az „orosz” energiafegyver kezelője a Gazprom, amely a világ legnagyobb szénhidrogén készleteivel rendelkezik és nyíltan hirdetik „ami jó a Gazprom-nak az jó Oroszországnak is”. Oroszország 2006 januárjában mutatta meg a világnak, pontosabban Közép- és Nyugat-Európának a „gázfegyver” bevetésével, hogy világhatalom az energiaellátás területén és erről a nagyhatalmi lehetőségéről nem fog lemondani. Az energiaeloszlás geopolitikai sakkjátszmáját mutatja a vezetékháború, amely műszaki ésszerűség tekintetében tragikomikus. Ennek a rövid bemutatása a következő:

– A Balti-tengeren keresztül építendő gázvezeték (Viborg–Oroszország és Greifwald–Németország között) célja az orosz gázt Németországba eljuttatni a volt szovjet tagköztársaságok kikerülése céljából. 2010 körül tervezik termelésbe állítani 30 milliárd m³/év-es kapacitással. Vannak, akik a vezeték szükségességét is megkérdőjelelik.

– A kazahsztáni, bakui olaj eljuttatása a török földközi-tengeri kikötőbe, Ceyhanba. A vezeték megépítése 5 milliárd USD-be került, kapacitása 160 ezer m³/nap. Világ legdrágább vezetéke, mivel 3000 m magas hegyeken halad keresztül Oroszország kikerülése miatt. A szállítási feltételekre jellemző, hogy a környezet minimális hőmérséklete télen eléri a –40 °C-ot. A vezeték átmérője több mint 1 m, hossza pedig 1700 km. Falvakat telepítettek ki a nyomvonal miatt és egész hadsereg védi a terroristáktól.

– Orosz gáz térhódítását mutatja – a volt tagköztársaságok kikerülése miatt – a Fekete-tengeren keresztül megépült gáz-vezeték (Blue Stream), amikor is a gázt Törökországba juttatják, és várhatóan eljut Görögországba is. Tervezik az olajszállító vezeték megépítését is hasonló nyomvonalon. Felvethető az a gondolat is, hogy a cél nemcsak a felvevő piac meghódítása, hanem az óriási közép-keleti gázforrások és a déli volt szovjet tagköztársaságok gázforrásainak blokkolása (Nabucco-vezeték kiváltása) Európa felé.

– Oroszország részéről céltudatos pókerjátssza folytatódik a kelet-szibériai földgázforrásokkal is, amikor is fogyasztóként jelentkezik Kína és Japán is. Oroszország

bizonyára a monopol helyzetéből politikai tőkét igyekszik realizálni, a gazdasági előnyöket nem is említve, kihasználva Kína és Japán energiaéhségét.

– Említeni lehetne a legutóbbi, Fehéroroszország okozta olajellátási problémákat is.

– Ne feledkezzünk meg az orosz–ukrán gázvitáról sem, amikor is a gáz árát az oroszok megduplázták azzal az indokkal, hogy közelíteni kell világpiaci árhoz. A nyugatra szállított gázt (az oroszok szerint), az ukránok rendszerint megcsapolták (megcsapolják), amely éves mennyisége csaknem megegyezik Magyarország éves gázfelhasználásával. Ez igazolja 2006. januári gázkrízis is, amikor is, az ukrán kormány utasítására 10%-kal csapolták meg a nyugat felé szállított (és szerződött) gázmennyiséget. Ez, amint tudjuk Magyarországot is érintette.

Közép- és Nyugat-Európa energiaellátásának biztosításához Oroszország kőolaj- és földgázkészleteinek nagysága és a földrajzi elhelyezkedése miatt Oroszország megkerülhetetlen és ezt tudomásul kell venni.

Kína (és India)

Kína a világ legrégebbi birodalma és a mai, egész Földet érintő, csendes (de mégis agresszív) politikája rendkívül céltudatos. Gondoljunk a kínai éttermekre (ez a kínai Mc-Donalds vagy kínai Coca Cola), a világ sok országának textiliparát tönkretevő kínai dömpingárura, high-tech felvásárlásaira (márkás termékek „másolására”), Unocal megszerzési kísérletére, a kazah szénhidrogénforrások feletti ellenőrzés elnyerésére stb. Kína több, mint 4 milliárd USD-t megvásárolta Petro-Kazahsztánt. Indiával együtt felvásárolni szándékoznak egy szíriai olajmezőt, ill. vállalatot stb. Gyakorlatilag Indiával együtt minden földrészen ott van. A céljai eléréséhez a nyugati értelemben vett gazdaságosság nem érdekli, hiszen az élmunkája a világon a legolcsóbb. Ennek eredményeként az elmúlt évben 100 milliárd USD aktívumot termelt, azaz egy főre eső aktívum 70 USD, míg ez a szám Magyarországra vetítve 500 USD/fő adósság. A kétszámjegyű nyereség % követelményű szénhidrogéniparhoz képest a kínaiak akár 3–5%-os profittal is megelégszenek, csak hogy a forrásokhoz hozzájussanak.

A Föld lakosságának 1/3-át kitevő Kína és India energiaéhsége csillapíthatatlan. A gazdaságuk növekedése a világon a legnagyobb (8–10%). Ehhez a hazai forrásaik távolról sem elegendőek.

Mesterien kihasználják az Amerika-ellenességet. Minden világrészen ott vannak, ahol kőolaj- és földgáztermelés folyik és a legzavarosabb politikai viszonyok között is jelen vannak beruházóként, munkavállalóként, igyekezve kiszorítani a biztonságra és nagy nyereségre törekedő versenytársakat: lásd Közép-Kelet, Afrika, Dél- Amerika vagy akár a Fekete- és Kaszpi-tenger környezetében elhelyezkedő és jelentős szénhidrogénvagyonnal rendelkező volt szovjet tagköztársaságok. Kína az orosz kelet-szibériai mezőkre is beruházóként, felvásárlóként jelenik meg. Ezzel eléri azt, hogy az energiaszállítás iránya nemcsak nyugati, hanem keleti irányú is lesz. Kijelenthető, hogy kőolaj- és földgázpiac tekintetében Kína (és India) USA (és Közép-, ill. Nyugat-Európa) legnagyobb versenytársa.

Európai Unió

Az Európai Uniónak jelenleg nincs, a tagországoknak van energia politikája. Az Európai Unió közös energia-stratégiájának megalkotása és ennek realizálása az Unió integrációjának próbaköve.

A régi tagországok energiapolitikáját kétféle vonással jellemezhetjük. Az egyik vonás az, hogy a régi tagországok egységesek voltak az új és a közeljövő tagországi energiapiacának, ill. forrásainak megszerzésében, amihez meglehetősen rafinált módon a privatizációt, mint eszközt alkalmazták. Vagy nyugat-európai állami vállalatok vagy óriási tőkeerős vállalatok privatizáltak. Ezek az állami segédlettel támogatott monopolhelyzetű társaságok voltak hivatottak arra, hogy hozzájuk képest „törpe magyar monopol vállalatok” monopolhelyzetét felszámolják, kihasználva az időszak zavaros tulajdonviszonyait. Kijelenthető, hogy ehhez a rendszerváltó országok kormányai is asszisztáltak, nem véve észre azt, hogy az energiaiparban óriási a tőkekoncentráció! Napjainkban országhatárokon át zajlik az óriási EU energiaszolgáltató vállalatok fúziója, amely minden bizonnyal az energiaárak további növekedését eredményezi.

Az energiapolitikájuk másik vonása, pedig az, hogy a földrajzi helyzetüktől, saját energiaforrásaik nagyságától függően egyénileg biztosítják az energiaszükségleteik kielégítését. Ezt érdemes áttekinteni országonként, esetünkben a kőolaj és földgáz beszerzése, ill. ellátása vonatkozásában. Míg a latin országok elsősorban az észak-afrikai forrásokra, addig Németország, Anglia, Norvégia, és a Benelux államok az Északi-tenger valamint Oroszország forrásaira támaszkodik. A Balti-tengeren építendő gázvezeték hosszútávon megoldja Németország gázellátási problémáit. Azt is meg kell említeni, hogy Németország és Franciaország (valamint Oroszország) az iraki háború előtt hatalmas értékű szerződéseket kötött Irakkal és jelenleg Iránnal is. Tehát a Közel-Kelet különböző érdekek ütközésének csomópontja.

Az új tagállamok, elsősorban a keleti blokk korábbi energiaellátása Szovjetunióhoz, mint forráshoz kötődött a politikai kapcsolatokkal megerősítve. Erre az időszakra elmondható, hogy az ellátás biztonsága garantált volt, mint egy köldökzsinorra rákötve a felhasználás forrásait. A keleti blokk szétesése után a viszonyok megváltoztak és az érintett országok keresik a megoldás módját.

Vélhetőleg Oroszország 2006. januári energiafegyverének bevetése pozitív folyamatokat indít be az Unió integrációja szempontjából. Ha ez így lesz, akkor ezt meg kell köszönni Oroszországnak. Csak a közös energiaellátási stratégia vezethet célhoz, viszonylag független energiapolitika megvalósításában.

Földrajzilag, az energiaforrások elérése tekintetében az Európai Unió kedvezőbb helyzetben van, mint az Egyesült Államok, tekintettel arra, hogy a „szabad” kőolaj- és földgázforrások nagy része szárazföldi logisztikai rendszerekkel is elérhető. Már üzemelnie kellene a Nabucco-vezetéknek, amely már lehetővé tehetné a közel-keleti gázforrások bekapcsolását. Kijelenthető, hogy energiaellátás szempontjából (is) felértékelődött Törökország helyzete. Ennek ellenére az Unióhoz való csatlakozásának hasznossága sokak szerint még talány. Az Európai Unió közös energia-stratégiájának kialakítása, ill. realizálása több országnak, nagyhatalomnak, ill. az óriási tőkeerős energiavállalatoknak nyilvánvalóan nem érdeke. Ezen érdemes

elgondolkodni és azon is, hogy kinek az érdeke a közel-keleti térségben a feszültség fenntartása az energiaellátás szempontjából.

Magyarország

Az előzőek figyelembevételével lehet csak a magyar energiapolitika irányvonalát kijelölni pontosabban körvonalazni. Azt tudomásul kell vennünk, hogy Magyarország nem energia nagyhatalom. Sem a világ kőolaj- sem pedig földgáztermelését nem befolyásolja, és így az olajra sincs befolyással. Saját erőből energiaellátását az ország nem tudja megoldani, energiaimport függősége nyilvánvaló (70%). Ez a továbbiakban csak romolhat. Meg kell becsülni amivel rendelkezünk, ezt korrekten fel kell mérni, és csak diverzifikált megoldásokban szabad gondolkodni legyen ez forrásoldal vagy akár felhasznált energiatípus. Az energiapolitikánk mindig ad hoc jellegű volt. Volt vegyes korszak: fa-venyige-rőzse-kukoricaszár-napraforgószár-torzsik-szén korszak, volt kizárólagos szénkorszak, ezt felváltotta az olajkályha majd PB-palack korszaka és végül a vezetékes gáz korszak. Mivel minden korszakváltáskor az előzőt maradéktalanul kidobtuk, nem tartva meg az előző esetleges hasznos elemeit, odáig jutottunk, hogy Magyarország az óriási forrásokkal rendelkező Hollandia mellett a leginkább a gázra, mint energiahordozóra támaszkodik, amely kétségtelenül kényelmes és kulturált, de pl. a lakossági gázellátás rendkívül drága, mivel a kiépített vezetékek csak a fűtési idényben kihasználtak.

Kritikával kell jellemezni a napjaink energiapolitikáját is, amit tűzoltó jellegűnek kell minősíteni. A politikusok kapkodnak a megoldás keresésében, amikor is – nem ismerve az előzményeket – a szakemberek által több mint egy évtizede javasolt megoldásokat előrángatják a közvélemény megnyugtatása érdekében.

Ilyen, pl. a havária és/vagy csúc (és biztonsági) gáztároló, amely szükségessé- gének igénye már a klasszikus tárolóink létesítésével egyidőben felmerült. A 2006. februári gázellátási problémák mindenképpen szerepet játszottak abban, hogy az Országgyűlés törvényt hozott a „csúcstároló” létesítésére. A Nabucco-vezeték létesítésének szükségességéről már másfél évtizede tárgyalnak. Elképzelhető az, hogy ezt a javasolt orosz déli vezeték kiváltja. A cseppfolyósított földgáz adriai kikötőbe való szállítása és elpárologtatása utáni szállítása már egy évtizedes tárgyalási múlttal rendelkezik. Mindezekről még ma is csak beszélünk. Kétségtelen az, hogy az utóbbi két megoldás megvalósítása meghaladja országunk teherbíró képességét, csak a környező, hasonló energiaellátási problémákkal szembekerülő országok bevonásával lehetséges a megoldás.

A mindenkori kormányoknak fel kell vállalni a politikamentes, az ország érdekeit védő energiapolitikát, mert a (multinacionális) óriásvállalatok jobb esetben csak a saját érdekeiket védik, amelyek nem biztos, hogy megegyeznek az ország érdekeivel.

Következtetés

– Az energiaigények, kőolaj- és földgázkészletek felmérése csak közelítően lehetséges.

– A XXI. században a primer energiaforrások biztosításában még mindig jelentős a természetes eredetű szénhidrogének szerepe.

– Míg a XX. századot a szénhidrogének korszakának tekinthetjük, addig a XXI. századot energiaforrások tekintetében átmeneti időszaknak.

– A szénhidrogének biztosítják az áthidalást a jelenlegi és az új energiaforrások között a XXI. században.

– A jelenlegi ismereteink szerint a konvencionális szénhidrogénkészletek termelésének maximuma USGS, ill. EIA készlet adatai szerint 1%-os kőolaj és 2%-os földgáztermelés növekedés esetén 2030–2050 években várható.

– Földgázszállításnál egyre nagyobb részarányú az LNG, fogyasztási igények kielégítésénél pedig a föld alatti gáztárolás szerepe.

– Nem konvencionális kőolajvagyonok termeltetése esetén az olajhomokok termeltetése megoldott, olajpalák termeltetési technológiája a kutatás stádiumában van.

– Nem konvencionális földgázvagyonok termeltetése, elsősorban kis áteresztőképességű kőzetek (homokkő, márga, résztelepek gáza) és a jelenlegi földgázár esetén megoldottnak tekinthető, míg a földgázhidrátok gázvagyonának hozzáférhetősége a távoli jövő lehetősége.

– Készletellátottság tekintetében az OPEC és Oroszország – a volt szovjet-köztársaságokat is beleértve – van meghatározó helyzetben.

– A kőolaj és földgáz árának előrejelzése csak nagy bizonytalansággal lehetséges, de kijelenthető az, hogy olcsó kőolaj és földgázra számítani felelőtlenység.

– Fel kell készülni az energiatakarékosságra és az energiatakarékos technológiák alkalmazására.

– A kis (és energiaszegény) országok szerepe a világ energiapolitikájában elhanyagolható, ennek ellenére nem lehet teljesen kiszolgáltatva az óriási nemzetközi vállalatok sokszor önző energiapolitikájának, ezért ki kell dolgozni a Európai Unió energiastratégiáját.

– Az Európai Unió stratégiáját figyelembe véve Magyarországon meg kell teremteni a politikamentes, az ország érdekeit védő, lobbymentes energiapolitikát.

Megjegyzés: 1bbl=0, 159m³

1 cuft=0,02832 m³ gáz térfogat olajgyenértékké való átszámítása: 1bbl olaj=6000 cuft gáz.

Felhasznált irodalom – References

BÁRDOSSY Gy. & LELKESNÉ FELVÁRI Gy. 2006: Gondolatok és kételyek a földünk szénhidrogén készleteivel kapcsolatban. – *Magyar Tudomány* 2006/1, 62–71.

PÁPAY J. 2003: Development of Petroleum Reservoirs. – Akadémiai Kiadó, 940 p.

VAJDA Gy. 2001: Energiapolitika. – MTA, Budapest, 395 p.

VAJDA Gy. 2004: Energiaellátás ma és holnap. – MTA, Budapest, 385 p.

VAJDA Gy. 2005: Energiaellátás és globalizáció. – *Energiagazdálkodás* 46/2, 3–8.

Internetes anyagok: DOE; EIA; IEA; ASPO.

Kézirat beérkezett: 2006. 03. 13.