

# A SZÉN-DIOXID VISSZASAJTOLÁSÁNAK TAPASZTALATAI AZ OLAJIPAR TERÜLETÉN

Pápay József

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár, tanácsadó,  
MOL Rt.  
jpapay@mol.hu

## Bevezetés

A globális felmelegedés kérdése napjaink egyik legfontosabb problémája. A felmelegedés okairól megoszlanak a vélemények. Jelentős szervezetek, kutatóintézetek stb. foglalkoznak az okok felderítésével és a megoldások keresésével. Az a meggyőződés kezd kialakulni, hogy a felmelegedés egyik oka az emberi tevékenység: a fosszilis tüzelőanyagok elégetése során keletkező szén-dioxid mint üvegházhatású gáz jelentősen hozzájárul az éghajlatváltozáshoz. Több megoldás egyidejű alkalmazását javasolják a légkör CO<sub>2</sub>-tartalmának csökkentésére (IPCC, 2005, 2009). Ezek közül az egyik az ún. CCS- (*carbon capture and sequestration*, azaz a szén-dioxid, pontosabban a szén összegyűjtése és elhelyezése, ill. elzárása) technológia (Jarell et al., 2002). Ez azt jelenti, hogy a fosszilis tüzelőanyagok (szén, kőolaj, földgáz) erőműi eltüzelése során keletkezett, illetve koncentrált kibocsátású helyeken a CO<sub>2</sub>-t össze kell gyűjteni, le kell választani, szállításra előkészíteni (befogás), szállítani és például földtani szerkezetekbe beszajtolni, s hosszú ideig (évszázadokig, évezredekig, vagy azon túl is) ott biztonságosan megőrizni (*i. ábra*). Ezt a megoldást kb. a 21. század közepéig kellene alkalmazni, amikor is az új

típusú energiaforrások megjelenésével a fosszilis tüzelőanyagok domináló szerepe a készletek csökkenése miatt várhatóan kisebb lesz.

## Igényfelmérés az elzárásra

Az IEA WEO (2009) két változatot dolgozott ki:

- a világ energiafogyasztása korlátozás nélkül – alapváltozat;
- a világ energiafogyasztása korlátozással – 450 ppm változat.

Az alapváltozat esetén a légkör CO<sub>2</sub>-koncentrációja 2030-ig a jelenlegi 360 ppm értékről 1000 ppm-re növekedne, az átlagos hőmérséklet pedig +6 °C-kal emelkedne, amikor is a globális felmelegedés folyamata, illetve annak következményei már megfordíthatatlanok. A 450 ppm változat esetén 2030-ig a hőmérséklet növekedése +2 °C, és a becslések szerint a globális felmelegedés folyamata megfordítható.

A két változat közötti különbség, azaz a CO<sub>2</sub>-emisszió csökkentése az ipari és energiaszektor területén, az IEA (2009) ütemezése szerint: 2010-re 0 Gt, 2020-ra 3,6 Gt, 2030-ra 13,8 Gt. Ha mindezt a volument geológiai szerkezetekben tárolni akarnánk, akkor 2030-ig függetlenül a rendelkezésre álló geológiai szerkezetek tároló térfogatától, nagyobb CO<sub>2</sub>-

besajtoló rendszert kellene kiépíteni, mint amekkora 2030-ban a kőolaj- és földgázkitermelő rendszerre összesen rendelkezésre áll majd, ez pedig kivitelezhetetlen.

Ezért több megoldás egyidejű alkalmazását javasolják a 450 ppm (erőművi és ipari kibocsátás) változat megvalósítására: az energiafelhasználás hatásfokának javítása, erőművek korszerűsítése, gázfelhasználás növelése (például a szénfelhasználás rovására), szénben szegény energiaforrások előtérbe kerülése (megújuló energiák), bio-tüzelőanyagok alkalmazása, atomenergia, energiatakarékosság, CCS stb.

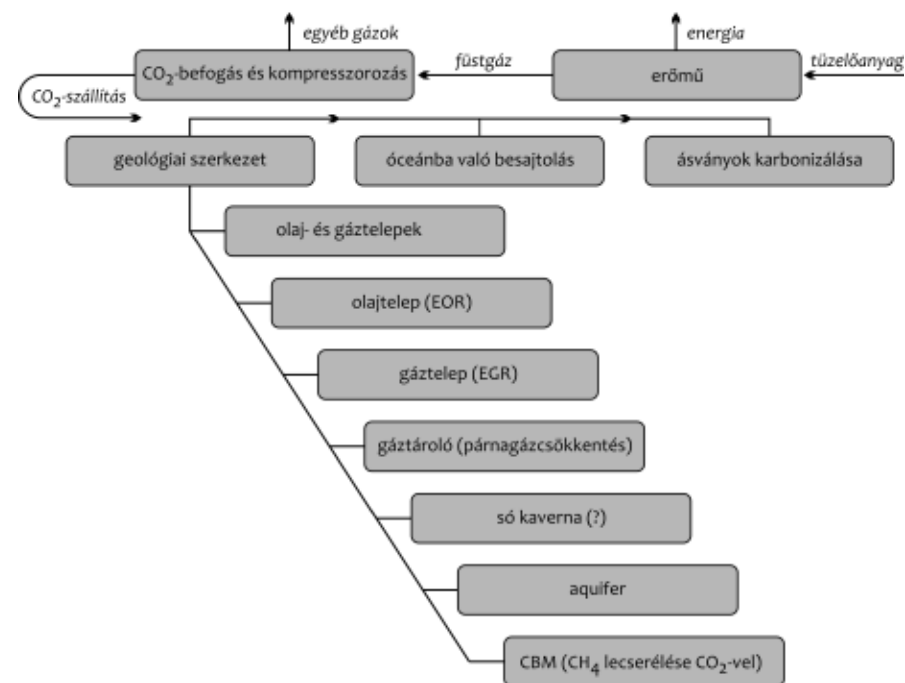
Az IEA javaslata szerint a 450 ppm változat megvalósítása esetén 2030-ra kiépítendő CCS-kapacitás kb. 1,4 Gt, ez az ipari és energiaszektor szén-dioxid-kibocsátásának kb. 10%-a. Az IPCC szerint a rendelkezésre álló,

becsült tároló térfogatok a CO<sub>2</sub> deponálására (Gt-ban): kitermelte olaj- és gázmezők: 675–900; EOR: 35; EGR: 80; só-kaverna: 0(?); CBM: 20–200; aquifer: 1000–10 000. Ez azt jelenti, hogy a szén-dioxid elzárására potenciálisan óriási térfogatok állnak rendelkezésünkre.

## Elhelyezés és a műveletek biztonsága

A szerkezettel szembeni követelmények: fedőkőzet át nem eresztő képessége és integritása, a földtani szerkezet zárása, a kőzet porozitása és a tároló kőzet átteresztőképessége a beszajtolhatóság miatt.

*Földtani szerkezetek zárási biztonságának igazolása* • Több százezer fluidum (kőolaj- és földgáztelep) szerkezetet (csapda) ismerünk, amelyek évmilliók alatt megőrizték az ott csapdázódott fluidumot, és most azokat ter-



1. ábra • A CO<sub>2</sub>-befogás és elzárás folyamata

meljük. Ezek között vannak CO<sub>2</sub>-telepek is (például az USA-ban 2000–3000 milliárd m<sup>3</sup> nagyságrendben). Emellett kimutatták azt is, hogy a szén-dioxid természetes alkotója szénhidrogén-rendszereknek. A megfelelően kiválasztott szerkezetek alkalmasak a CO<sub>2</sub> megőrzésére.

*Elhelyezés és a műveletek biztonságos végrehajtása* • A hatékony kőolaj- és földgázbányászat (beleértve a föld alatti gáztárolást is) alapelve: önálló hidrodinamikai egységek (telep) termeltetése és esetleges kúthibák felismerése és felszámolása, tehát a hermetikuság biztosítása. Ezen a területen óriási tapasztalat halmozódott fel. Ennek igazolására néhány adat:

- ez idáig a világon kitermelt mennyiségek: 175×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> kőolaj, 67×10<sup>12</sup> m<sup>3</sup> földgáz;
- a termeléshez több milliós nagyságrendű kutat mélyítettek;
- nagyszámú (500) föld alatti gáztárolót létesítettek. A tároló térfogat (aktív gáz) 2030-ban várhatóan 750 milliárd m<sup>3</sup>/év lesz; a technológia hasonló a CCS-hez. Ennek a tárolt gáznak 15–20%-át eredetileg vizet tartalmazó kőzetekben (aquifer) tárolják;
- az USA-ban, illetve Kanadában a leválasztott szennyező gázokat (pl. kénhidrogént) földtani szerkezetekben helyezik el stb.

#### *A nemzetközi szénhidrogén-bányászat gyakorlata*

A szén-dioxiddal kapcsolatos olajipari tevékenység alapvető indítékai: CO<sub>2</sub>-tartalmú gázokból e komponens leválasztása a fűtőérték biztosítása miatt általában aminos technológiával, illetve többlet olajtermelés biztosítása kőolajtelepekbe való szén-dioxid-besajtolással (CO<sub>2</sub> – EOR). Ezen a területen az USA a meghatározó. Erről néhány jellemző adat az USA-ra vonatkoztatva a következő:

- első üzemi alkalmazás: 1954;
- 2008 végéig összes ipari alkalmazás: 112;
- CO<sub>2</sub>-hálózat hossza több mint 5600 km;
- összes kút: 15373;
- eddig a többlet olajtermelés: 220×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

A fentiekből látható, hogy az USA a CO<sub>2</sub> kezelésében és alkalmazásában óriási tudásbázissal rendelkezik (Sweetman *et al.* 2009; Moritis 2009; Mohan *et al.* 2009).

#### *A hazai szénhidrogén-bányászat gyakorlata*

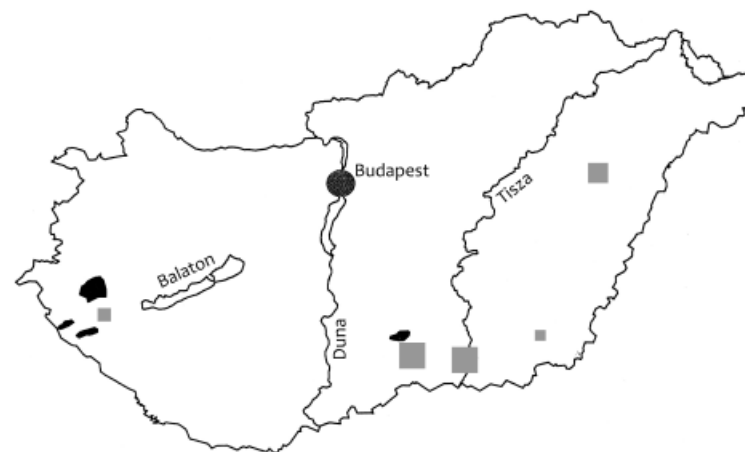
Ki kell emelni azt, hogy csaknem az USA-val egyidejűleg Magyarországon is megkezdődtek a CO<sub>2</sub> alkalmazásával kapcsolatos kutatások az olajipar területén. Magyarország területén az összesen kitermelt szénhidrogén mennyisége 300 millió t kőolaj-egyenérték, ennek egyharmada kőolaj és kétharmada földgáz; kb. 10 000 kutat mélyítettek; a maximális termelés évente 2 millió m<sup>3</sup> kőolaj; 7,5 milliárd m<sup>3</sup> földgáz; emellett természetes előfordulású, nagy CO<sub>2</sub>-tartalmú gázvagyonnal is rendelkezünk (kb. 40×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>).

*EOR CO<sub>2</sub>-besajtolással* • Magyarországon a szén-dioxid alkalmazását elsősorban a felkutatott természetes CO<sub>2</sub>-telepek (81 mol% CO<sub>2</sub>-tartalom) gázának alkalmazása tette lehetővé. Ennek eredményeként 4,6×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> többletolajat tudtak termelni (2. ábra). A szanki mező esetében a földgázból leválasztott szén-dioxidot injektálják a teleprészekbe.

*Föld alatti gáztárolás* • Ez gyakorlatilag a CCS-hez hasonló technológia, mely területen jelentős tapasztalataink vannak (2. ábra). Néhány adat az igazolásra (Pápay, 1999a):

- összesen tárolt gáz/év: 6×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>;
- ezideig összesen tárolt gáz: kb. 120×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>;
- összes kapacitás: 80×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/nap;
- összes kút: 250.

*EGR (Enhance Gas Recovery) – CO<sub>2</sub>-besajtolással* • Magyarországon vetődött fel először,



2. ábra

hogy a CO<sub>2</sub> felhasználható a földgáztelepek és a föld alatti gáztárolók hatékonyságának növelésére is. Így született meg a világon az első szabadalom is (1982) (EGR–CO<sub>2</sub> – Ferenczy *et al.*, 1982). Ennek alapján megvalósítottuk az első üzemi kísérletet (Budafa, szintfeletti XVI üzemi kísérlet 1986–1994 között [Pápay 1999b]). Összességében kijelenthető, hogy a magyar szakemberek, kutatók felkészültek az ilyen feladatok megoldására.

#### *Ipari méretű CCS-projektek*

A fentiekből egyértelműen következik, hogy a CCS-technológia olajipari tudásbázison alapszik. Ez azzal is igazolható, hogy valamennyi jelentősebb jelenlegi megvalósítást

olajipari cégek kezdeményezték. Néhány ezek közül (IPCC 2005; Letcher 2008). 1. táblázat

Az olajipari technológiáktól a CCS az időtényezőben különbözik, ezért a megvalósítás előtt kockázatelemzést javasolnak. A hosszú idő az előkészítés és a megvalósítás gondosságát követeli meg, megjegyezve, hogy a CO<sub>2</sub>-csapadózódás feltételei (kémiai megkötés, diszperzió, oldódás stb.) az idő függvényében javulnak (IPCC 2005; Cooper 2009).

#### *A szén-dioxid-elhelyezés várható költségei*

Nagyszámú elemzés áll rendelkezésre. Az IPCC (2005) elemzése szerint a költségek nagyságrendje 1t CO<sub>2</sub>-re vonatkoztatva a következő (USD) (2. táblázat):

CCS projekt	ország	év	évi kapacitás Mt CO <sub>2</sub>	összes Mt CO <sub>2</sub>	megjegyzés
Sleipner	Norvégia	1996	1	20	aquifer
Snohvit	Norvégia	2008	0,7	23	aquifer
In-Szalah (In Salah)	Algéria	2004	1,2	17	aquifer
Weyburn	Kanada	2000	1,9	20	EOE
K12-B	Hollandia	2004	0,48	8	EGR

1. táblázat

kölség hely	fajlagos kölség
szén-dioxid-befogás	
szén- és gáztüzelésű erőmű	15–75
hidrogén-, ammóniatermelés, gázkezelés	5–55
egyéb	25–115
szállítás	1–8
megőrzés	0,5–8
megfigyelés	0,1–0,3
óceánban való tárolás (még nem kidolgozott)	5–30
ásványok karbonizációja	50–100

## 2. táblázat

Amennyiben a CO<sub>2</sub>-elhelyezés többlet olaj- és gáztermeléssel összekötött (EOR, EGR), akkor a fajlagos kölségek akár 50%-kal csökkenthetőek (IPCC, 2005).

Kovács Ferenc (2009) a széntüzelésű erőművek és CO<sub>2</sub> leválasztása okozta (áram) kölségnövekedésről ad átfogó elemzést. Eszerint a befogás áramkölség-növelő hatása 25–75%. A 450 ppm változat megvalósítása esetén CCS-ek létesítésére 2030-ig 300–400 milliárd USD-t kellene fordítani. Az összes kölség (2030-ig), amely az 1000 ppm változat helyett a 450 ppm megvalósítását jelentené, 1000–1100 milliárd USD.

## Következtetések

- A kőolaj- és földgázbányászat a fluidum (gáz, víz) földtani szerkezetekbe való visszasajtolása területén több mint száz-, míg speciálisan a CO<sub>2</sub> esetén csaknem hatvanéves tudományos és műszaki tapasztalattal rendelkezik.

- Kijelenthető, hogy a CCS integrált technológia gyakorlatilag kidolgozott (elfogadva a tudományos-műszaki kutatás szükségességét). A megfelelően kiválasztott földtani szerkezet és monitoringrendszer garantálja a CO<sub>2</sub> hermetikus megőrzését.
- A CO<sub>2</sub> befogása, előkészítése, szállítása, visszasajtolása és megőrzése nagy kölségű műszaki tevékenység, amelynek pénzügyi fedezetét meg kell teremteni (politikai és gazdasági döntés szükséges).
- A CCS-technológia környezetvédelmi, jogi stb. háttérét hazánkra is meg kell alapozni, ki kell dolgozni, illetve alkalmazni kell.
- Hazánk rendelkezik minden geo-műszaki tapasztalattal a lehetőségek korrekt felmérésére, és a CO<sub>2</sub> földtani szerkezetekben történő, az adottságainknak megfelelően kölséghatékony és biztonságos elzárására.

Kulcsszavak: *aquifer, CCS, EGR, EOR, földtani csapda, szén-dioxid-visszasajtolás*

## IRODALOM:

Cooper, Cal (2009): A Technical Basis for Carbon Dioxide Storage. Conoco Philips • <http://www.scribd.com/doc/35693204/A-Technical-Basis-for-Carbon-Dioxide-Storage>  
Ferenczy I. – Pápay J. – Bán A. – Peti L. (1982): *Eljárás*

*földgáztelepek és föld alatti gáztárolók művelésére.* Magyar szabadalom. N.187718

IEA (International Energy Agency) (2009): *World Energy Outlook (WEO)* • <http://www.worldenergyoutlook.org/>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (Metz, Bert – Davidson, O. – de Coninck, H. – Loos, M. – Meyer, L. [eds.]): (2005): *Carbon Dioxide Capture and Storage*. Cambridge University Press.  
IPCC (2009) • [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)  
Jarrell, Perry M. – Fox, Ch. E. – Stein, M. H. – Webb, S. L. (2002): *Practical Aspect of CO<sub>2</sub> Flooding*. SPE Monograph Series Vol. 22. Society of Petroleum Engineers, Richardson, Texas. USA  
Kovács Ferenc (2009): Az erőművi füstgázokból történő CO<sub>2</sub>-leválasztás műszaki-gazdasági jellemzői. *Bányászati és Kohászati Lapok*. 142, 2–3. 11–19.  
Letcher, Trevor M. (2008): *Future Energy*. Elsevier. Amsterdam (Chapter 18. by Tondeur, D. – Teng, F.) <http://books.google.hu/>

Mohan, Hitesh – Biglarbigi, K. – Carolus, M. (2009): Study Places CO<sub>2</sub> Capture Cost between 34–64 USD/ton. *Oil and Gas Journal*. 12 October, 56–65.  
Moritis, Guntis (2009): More CO<sub>2</sub> – EOR Projects Likely as New CO<sub>2</sub> Supply Sources Become Available. *Oil and Gas Journal*. 7 December, 41–47.  
Pápay József (1999a): *Föld alatti gáztárolás porózus közetekben*. MTA levelező tagi székfoglaló. 1–39.  
Pápay József (1999b): Improved Recovery of Conventional Natural Gas. *Erdöl, Ergas, Kohle*. June, 302–308., July–August, 353–355.  
Sweatman, Ronald E. – Parker, M. E. – Crookshank, S. L. (2009): *Industry Experience with CO<sub>2</sub> Enhanced Oil Recovery Technology*. SPE 126446. International Conference on CO<sub>2</sub> Capture, Storage and Utilization. San Diego. California USA, November 2–4.

