

- az optimális tároló kiválasztás szakmai szempontjainak kidolgozása a fentiekben elvégzett vizsgálatokra is alapozva;
- a hosszú távú földtani stabilitás vizsgálata, veszélyforrás-előrejelzés, értékelés (földrengés-veszélyeztetettség, a rezervoár hosszú távú stabilitása stb.);
- a tároló stabilitásának biztonsági elemzését elősegítő módszertan kidolgozása a hatások teljes körű elemzése érdekében.

A CCS-technológia alkalmazásának egyik kritikus része – vagyis a leválasztott CO<sub>2</sub> földalatti tárolása – tekintetében Magyarországnak előnyös adottságai vannak. Az elmúlt

kilenc évben a hazai és európai kutatási projektek keretében végzett előzetes áttekintő vizsgálatok kedvező eredményei mellett, a Magyarországon több mint egy évszázada folyó földtudományi kutatásnak és ezen belül a szénhidrogén-kutatásnak és -termelésnek köszönhetően kivételes földtani tapasztalattal és tudásanyaggal rendelkezünk, amely meg alapozza a CO<sub>2</sub>-elhelyezés hosszú távon is biztonságos megvalósításának lehetőségét.

**Kulcsszavak:** *szén-dioxid-elhelyezés, leművelt szénhidrogén-tárolók, sósvizes rezervoárok, klíma- és energiacsomag, tárolási potenciál*

#### IRODALOM

- Chadwick, Andy – Arts, R. – Bernstone, C. et al. (eds.) (2007): *Best Practice for the Storage of CO<sub>2</sub> in Saline Aquifers: Observations and Guidelines from the SACS and CO<sub>2</sub>STORE Projects*. • <http://www.bgs.ac.uk/downloads/directDownload.cfm?id=1520&noexcl=true&t=Best%20opractice%20of%20the%20stor-age%20of%20CO2%20in%20Saline%20Aqu>
- Juhász Györgyi (1992): A pannóniai s. l. formációk térképezése az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezet. (Pannonian S.L. Lithostratigraphic Units in The Hungarian Plain: Distribution, Facies And Sedimentary Environments). *Földtani Közlemény/Acta Geologica Hungarica*. 122, 2–4, 133–165.
- Juhász Györgyi (1998): A magyarországi neogén mélymedencék pannóniai képződményeinek litosztrati-gráfája. In: Bérczi István – Jámbor Áron (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. Magyar Olajipari Részvénytársaság–Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 469–484.
- Meinshausen, Malte (2006): What Does a 2°C Target Mean for Greenhouse Gas Concentrations? A Brief Analysis Based on Multi-Gas Emission Pathways and Several Climate Sensitivity Uncertainty Estimates. In: Schellnhuber, Hand Joachim – Cramer,

- W. et al. (eds.): *Avoiding Dangerous Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 265–280.
- Murphy, James M. – Sexton, D. M. H. – Barnett, D. N. et al. (2004): Quantification of Modelling Uncertainties in a Large Ensemble of Climate Change Simulations. *Nature*. 430, 768–772.
- Petit, Jean Robert – Basile, I. – Leruyet, A. et al. 1997. Four Climate Cycles in Vostok Ice Core. *Nature*. 387, 359–360.
- Petit, Jean Robert – Jouzel, J. – Raynaud, D. – Barkov, N. I. et al. (1999): Climate and Atmospheric History of the Past 420,000 Years from the Vostok Ice Core, Antarctica. *Nature*. 399, 429–436.
- Vangkilde-Pedersen, Thomas – Neele, F. – Wójcicki, A. et al. (2008): Storage Capacity Standards. EU Geo-Capacity deliverable D24 (2008) 22.
- Wigley, Tom M. L. – Raper, Sarah C. B. (2001): Interpretation of High Projections for Global-Mean Warming. *Science*. 293, 451–454. (amely cikk a Houghton, J. T. – Ding, Y. – Griggs, D. J. et al. (eds.): *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) alapján készült)

## A CCS-PROJEKT REALITÁSA A HAZAI OLAJIPAR SZEMPONTJÁBÓL

Kubus Péter

tanácsadó,  
MOL Nyrt. Kutatás-Termelés Divízió  
pkubus@mol.hu

A Földön az elmúlt évszázadban történt CO<sub>2</sub>-kibocsátás hatására jelentősen nőtt az atmoszférában az üvegházhatást keltő CO<sub>2</sub>-gáz koncentrációja. A légkör CO<sub>2</sub>-koncentrációja 1960-ban 315 ppm volt, manapság pedig több mint 370 ppm, és folyamatosan növekszik. Ez a cikk megpróbálja bemutatni a klímaváltozás hátterét és egy lehetséges módját annak, hogy miként lehetne a CO<sub>2</sub>-emissziót csökkenteni egy újfajta technológia, a CCS, azaz a szén-dioxid-leválasztás és -tárolás megvalósításával. A MOL számára a meglévő geológiai formációk, rezervoárok lehetőséget adhatnak a saját vagy más részére történő szén-dioxid elhelyezésére.

#### A klímaváltozás háttere – Vosztok-projekt

Az Antarktisz jége alatt 140 édesvízű, nagy kiterjedésű tó közül az egyik az Ontario-tóval közel azonos méretű Vosztok-tó. 1998-ban egy orosz–amerikai–francia projekt az orosz Vosztok-állomásról 3623 m mélységű jégmagot fúrt. A jégbe befagyott légbuborékok a mélységgel arányosan mutatják az akkori földtörténeti időszakban lévő atmoszféra összetételét.

A Vosztok-projekt kutatási eredményei (Barnola et al.) szerint az elmúlt 400 ezer évben erős összefüggés mutatkozott az Ant-

arktisz hőmérséklete és az atmoszféra CO<sub>2</sub>-koncentrációja között (1. ábra). Az antarktiszi légkör CO<sub>2</sub>-koncentrációja 180 és 300 ppm között ingadozott kb. 100 ezer éves intervallumokban, és sosem volt olyan magas a CO<sub>2</sub>-koncentráció, mint manapság.

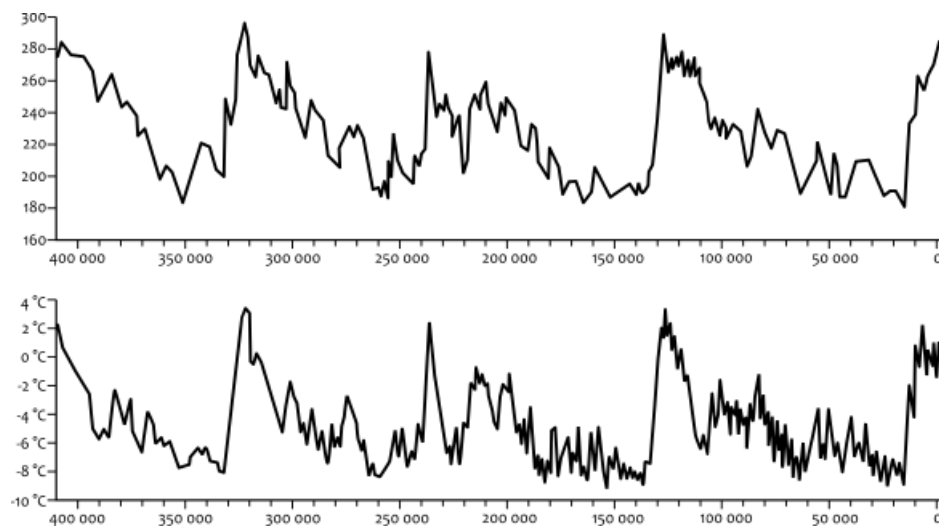
A 2. ábrán látható, hogy az atmoszféra szén-dioxid-koncentrációja a Mauna Loa Observatórium mérései szerint 50 év alatt 315-ről 390 ppm-re nőtt, s ez a jelenlegi energiafogyasztási trend mellett évi 2 ppm-mel növekszik!

Több egymást kiegészítő módszer is létezik, melyekkel a klíma CO<sub>2</sub>-terhelését együttesen csökkenthetjük, s ezek egyike a CCS (Carbon Capture and Storage) eljárás.

#### CCS, szén-dioxid-leválasztás és -tárolás

A CCS-technológia gyakorlatilag három egymáshoz kapcsolódó projektből áll:

**CO<sub>2</sub>-leválasztás:** Egy vegyipari technológiával leválasztják a legnagyobb emissziós tevékenységű erőművek füstgázának szén-dioxid-tartalmát, vízmentesítik, és sűrítik a szállításnak megfelelő nyomásszintre. Attól függően, hogy a CO<sub>2</sub> befogása az adott erőművi folyamat előtt vagy után történik, megkülönböztetjük a *pre-combustion* és a *post-combustion* technológiát, illetve az *oxifuel*



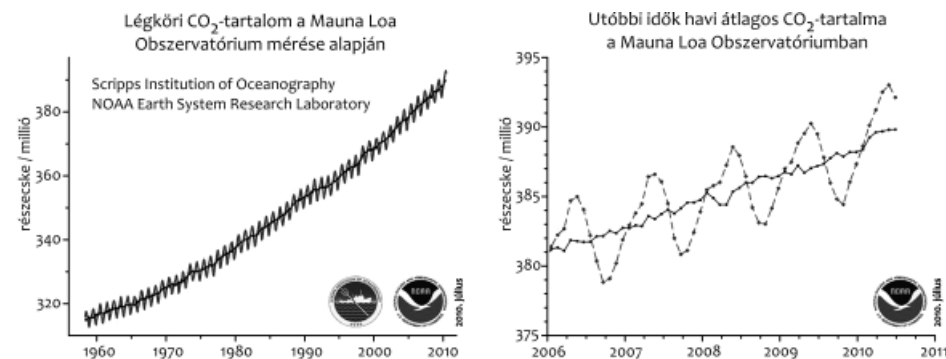
1. ábra • A CO<sub>2</sub>-koncentráció (fent, a térfogat milliommód részében megadva) és a hőmérséklet ingadozása (lent) az elmúlt 400 ezer évben az antarktisi jégmagminta alapján

megoldást, amelynél tiszta oxigénben történik az erőműben a tüzelőanyag elégetése.

**Szállítás:** A sűrített CO<sub>2</sub>-t a tárolópontra szállítják. Ez történhet tengelyes szállítással, hajóval és csővezetékkel, vagy akár ezek kombinációjával. A szállításhoz biztosítani kell a teljesen vízmentes CO<sub>2</sub>-t, amihez a Capture-technológián egy glikolos szárítón kell átvezetni a CO<sub>2</sub>-áramot, s biztosítani kell a veze-

tékes szállításhoz, hogy a CO<sub>2</sub> a lehető legkisebb fajlagos térfogatú legyen, azaz cseppfolyós halmazállapotúnak kell lennie. Ez a gáz sűrítésével érhető el. Hogy a tárolói fogadóponton is megmaradjon a cseppfolyós állapot, az indítási pontnál 100 bar körüli nyomáson kell feladni a csővezetékbe a CO<sub>2</sub>-t.

**CO<sub>2</sub>-tárolás:** A föld alatti gáztároláshoz hasonló módon egy alkalmas föld alatti rezervo-



2. ábra • A légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció változása az elmúlt ötven évben a Mauna Loa Obszervatórium (Hawaii) felett

voárba történik a CO<sub>2</sub> besajtolása több mint 1000 m mélységben, s ott biztonságos és tartós a tárolása.

#### A CO<sub>2</sub> geológiai tárolása

A szén-dioxid föld alatti geológiai formációkban a világban számos helyen megtalálható természetes módon, például a magyarországi Budafán is. A CO<sub>2</sub> a kőolaj- és földgáztelepekhez hasonló módon üledékes kőzetekben csapdázódik.

Geológiai, föld alatti tárolás szempontjából az alkalmazható CO<sub>2</sub>-tárolási alternatívák: a sós víztestek, a szénhidrogénmezők és a széntelepek.

**Mély, sós vizekben történő tárolás** • A tárolásra alkalmas víztestek tipikusan 800 m-nél mélyebben fekszenek, és nem édesvizet tárolnak. A sósvízü rezervoárok nem eléggé ismertek számunkra, a magyarországi tárolási potenciál meghatározására csak nagyon durva becsléssel lehet élni. A tárolási potenciál magas kutatási költségekkel határozható meg egzakt módon, 3-dimenziós szeizmikus mérések és kutatófúrásokból vett magminták elemzése alapján készített rezervoárméchanikai tanulmányokkal. A költségek és a módszerek hasonlóak azokhoz, amelyeket a szénhidrogén-kutatásnál alkalmazunk. A sós víztestben történő tárolás potenciálja Magyarországon egy nagyságrenddel nagyobb lehet, mint a szénhidrogéntelepekben.

A mély, sós vizes tárolókat figyelembe véve. CO<sub>2</sub>-tárolásra leginkább alkalmasnak tűnő geológiai képződmény az ún. Szolnoki Formáció (lásd a 2. ábrát Falus György és munkatársai e cikkgyűjteményben közölt tanulmányában), melynek a becsült tárolási potenciálja 2500 Mt (viszonyítás végett: a legnagyobb hazai kibocsátó évi kb. 5 Mt szén-dioxidot enged a levegőbe). A tárolókapacitás becslé-

sekor csak a 800 méternél mélyebb és megfelelő fedőkőzettel borított területet vettük figyelembe. A potenciális CO<sub>2</sub>-forrás a Mátrai Erőmű lehet.

**Leművelésre alkalmatlan széntelepekben történő tárolás** • A besajtolt CO<sub>2</sub>-gáz a szénporusainak felületén adszorbeálódva kötődik, illetve a repedésekben található meg. Magyarországon számos le nem művelhető széntelep található. A felső miocén lignitformációk potenciális CO<sub>2</sub>-tárolóknak néznek ki, mivel nagy kiterjedésűek és tektonikailag nyugodtak, de az adszorpciós képességük nem elég jó, mivel a CO<sub>2</sub> megkötése csak a mezo- és makropórusokban történhet. Ezért ezt a tárolási módot nem tartjuk megfelelőnek.

**Tárolás leművelt olaj- és földgáztelepekben** • Ezek a geológiai formációk évmilliókon keresztül bizonyították, hogy képesek olajat és földgázt tárolni, ezért a CO<sub>2</sub> tárolására történő felhasználásuk komoly potenciált jelent.

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet és a MOL közös kutatási programja alapján (Kubus, évszám nélkül) megtörtént a meglévő olaj- és gázmezők pórus-térfogatának és lehetséges tárolókapacitásának geológiai szempontú felmérése, viszont a tárolás műszaki megvalósíthatóságát csak néhány mező esetében vizsgáltuk részletesen. 180 olaj- és gázmező volt bevonva a volumetrikus tárolási potenciál számításába. A CO<sub>2</sub>-tárolási potenciál számításához nem megfelelőek azok a tárolók,

- amelyeket manapság földgáztárolás céljából vizsgálunk,
- amelyek kevesebb mint 1 Mt CO<sub>2</sub> tárolására alkalmasak,
- amelyek sűrűn lakott területek alatt helyezkednek el.

A fentiek alapján csak huszonhat rezervoár maradt, amelyek geológiailag alkalmasak

lehetnek a CO<sub>2</sub> tárolására, ezek maximális tárolási kapacitása 430 Mt, viszont az elkövetkező tíz évben csak kb. 155 Mt elhelyezésére alkalmas tárolótér lesz elérhető, mivel a többi rezervoárból még tovább folyik a szénhidrogén termelése.

További műszaki megvalósíthatósági vizsgálatoktól függően a valós teljes tárolási potenciál sokkal kevesebb is lehet, mivel a leművelt tárolókban lévő kutak műszaki állapota nem mindig olyan, hogy a geológiailag megfelelő tárolót alkalmassá lehetne tenni a CO<sub>2</sub> biztonságos tárolására.

Alapvetően igaz, hogy a hazai leművelt gázmezők külön-külön átlagosan 10 Mt tárolási volumennél többet nem tudnak befogadni, ezért ezek a mezők csak kisebb leválasztott mennyiségek tárolására alkalmasak. Gyakorlatilag évi 1 Mt alatti CO<sub>2</sub>-leválasztás esetén lehetnek célmezők a tárolásra. Ennél nagyobb éves leválasztás esetén a mély, sósvízes tárolótérek alkalmasak a hosszabb besajtolási időszakú betárolás megvalósítására.

#### *A CO<sub>2</sub>-tárolás veszélyei*

A CO<sub>2</sub> föld alatti tárolásának veszélyei:

- CO<sub>2</sub>-szivárgás a felső rétegek felé, illetve az atmoszférába;
- kisebb szeizmikus aktivitás, nyomásváltozás és a tárolóbeli feszültségváltozások kisebb földrengéseket, vetőket és a repedések újraaktiválódását hozhatják létre;
- földmozgás, süllyedés vagy feltolódás a rezervoárbeli nyomásváltozás hatására;
- formációvíz átáramlása egy nyitott rezervoárból egy másik formációba, esetleg édesvíztároló rétegre.

#### *A CO<sub>2</sub>-szivárgás a legfontosabb rizikófaktor*

Jó csapdázódási mechanizmus és vastag fedőközet a CO<sub>2</sub>-tárolás szempontjából ma-

gasabb biztonságot jelenthet. CO<sub>2</sub>-szivárgás létrejöhet a fedőközet alkalmatlansága miatt, amelynek meg kellene védenie a felsőbb rétegeket a CO<sub>2</sub> felfelé migrálásától, illetve az öreg kutakon keresztül, ha nincsenek megfelelő módon ledugózva vagy felszámolva.

#### *Kockázatok csökkentése*

*Mezőkiválasztás* • A jó rezervoárparaméterek már fél sikert jelentenek a kockázat csökkentésében. A legfontosabb feltétel, hogy a rezervoár megfelelő (jól záró és jó geológiai és hidrodinamikai stabilitású) fedőközettel legyen borítva. Természetesen nagy mennyiségű CO<sub>2</sub> tárolásához fontos a nagy rezervoártér fogat, a nagy permeabilitás, a relatíve kis hőmérséklet és a nagy nyomás.

A CO<sub>2</sub> szuperkritikus vagy cseppfolyós állapotban a legkisebb térfogatot veszi fel, így ezen feltételek mellett érdemes betárolni. Ehhez legalább 80 bar nyomást kell fenntartani és minél kisebb hőmérsékletet, mivel a folyadékállapot csak 36 °C alatt alakítható ki. Persze előltti hőmérsékleten, szuperkritikus állapotban is jól tárolható, amihez nagyobb nyomás szükséges.

*Kútállapotok* • Tökéletes kútképzéssel erősen csökkenteni tudjuk a tárolóból történő szivárgás veszélyeit. A CO<sub>2</sub>-t besajtoló kutak kialakításához új kutakat kell fúrni, és CO<sub>2</sub>-rezisztens cementezést kell alkalmazni.

Tudjuk, hogy a szén-dioxid a hagyományos olajipari cementet degradálja, vizes közegben a szénacél bélésű csövek és termelőcsövek súlyvesztéses korrózióját okozza, a meglévő kutak szénacélcsövei pedig hagyományos olajipari cementtel készültek. Ennek megfelelően ezeket a kutakat úgy kell biztonságba helyezni, hogy sem az eredeti kútlétesítéskor használt csövek, sem pedig az azok cementezésére használt hagyományos portlandcement

ne kerüljön kapcsolatba a betárolt szén-dioxiddal. Ezért a szénhidrogénmezők esetén az öreg kutakat a tároló kialakításának elején fel kell számolni, ill. biztonságba kell helyezni.

Az öreg kutak biztonságba helyezésénél a bélésű csövön szekciómárást kell végezni úgy, hogy a kimart szakasz teteje a céltelep fedőjében, alja a céltelep fekéjében legyen. A céltelep fedőközete fölötti első számottevő záróközetben történjen új szekciómárás és bővítés az érintetlen kőzetig, majd cementdugózás.

A monitoringrendszer részét képező megfigyelőkutak esetében is újak létesítése ajánlott, bár lehet köztük esetleg már meglévő kút is, feltéve, hogy a kút műszaki állapota tökéletes. Abból a tényből kiindulva, hogy a magyarországi meglévő kútállomány jó része öreg és csak rendkívül kis részük CO<sub>2</sub>-álló cementezésű, ráadásul egyikben sincs CO<sub>2</sub>-rezisztens bélésű, kényszerűen a besajtoló és a megfigyelőkutaknak egyaránt újaknak kell lenniük. A tároló üzemeltetése végén, amikor az feltelt, az összes besajtoló kutat is ajánlott felszámolni.

#### *CO<sub>2</sub>-tároló rezervoár monitoringrendszere*

A tárolóhelyen történő monitoringrendszer kialakítása a kockázatkezelés rendkívül fontos része. A monitoring kialakításának elsődleges célja az emberi élet biztonsága. A monitoringrendszer által hitelesíteni lehet a betárolt CO<sub>2</sub> mennyiségét és a csapdázódási mechanizmust, továbbá a rendszer a tároló sérülése esetén biztosíthatja a korai riasztást.

Az egzakt rezervoár monitoring végrehajtása céljából erősen ajánlott a 4D szeizmikán alapuló modell kialakítása. Ez gyakorlatilag a 3D szeizmikus mérés megfelelő időközönkénti ismétlése és összevetése az előző mérésekkel. A mai, modern űrtechnika korában a műholdas helymeghatározás úgyszintén

tökéletes és költséghatékony módja annak, hogy nyomon lehessen követni a besajtolt CO<sub>2</sub>-test mélybeli elhelyezkedését a felszín kismértékű morfológiaváltozásából. Ezeket a monitoring módszereket alkalmazzák az algériai in-szalahi (In Salah) gázmezőből leválasztott és besajtolt CO<sub>2</sub>-test megfigyelésére (*Monitoring CO<sub>2</sub>...*, évszám nélkül).

#### *Összefoglalás*

Az eddigi vizsgálataink alapján Magyarországon az 1 Mt/év leválasztásnál kisebb volumen esetén vannak olyan leművelt szénhidrogénmezők, melyekben alkalmasint ki lehet alakítani a CO<sub>2</sub>-tárolást, viszont az efeletti mennyiségek esetén mindenképpen a mély, sósvízes tárolótérek jöhetnek csak szóba.

Az ilyen aquiferben történő tárolásnál a projekt kivitelezése előtt a céltároló rétegnél meg kell valósítani egy (3D szeizmikán és kutatófúrásokon alapuló) geológiai kutatási programot, mellyel el lehet dönteni, hogy az adott aquifer alkalmas-e a CO<sub>2</sub> hosszú távú biztonságos tárolására vagy sem. Ehhez természetesen megfelelő anyagi háttér kell, amely kockázati tőke, hiszen a kutatási eredmények szélső esetben azt a választ is adhatják, hogy a mélybeni szerkezet nem megfelelő a tárolásra. Az anyagiakon kívül szükség van még állami elhivatottságra és olyan törvényi háttérre is, amely egyértelműen szabályozza a föld alatti CO<sub>2</sub>-tárolás körülményeit és a tárolás befejezése utáni időszakra vonatkozó felelősséget.

Gazdaságossági vizsgálataink alapján 100 EUR körül mozog 1 tonna CO<sub>2</sub> leválasztásának és elhelyezésének költsége. A CO<sub>2</sub>-kvóta jelenlegi (20 EUR körüli) árát tekintve egy ilyen CCS-projektet külső támogatások nélkül nem lehet veszteség nélkül megvalósítani. Az Európai Unió 2010-ben kiírt egy

pályázatot tizenkét európai demonstrációs CCS-projekt támogatására, aminek a klímára gyakorolt hatása kismértékű, de forradalmi és iránymutató lehet.

Kulcsszavak: *CO<sub>2</sub>-leválasztás, CO<sub>2</sub>-tárolás, olajipar, klímaváltozás, aquifer, mély, sósvizes tároló, leművelt szénhidrogénmező, monitoring, CO<sub>2</sub>-kvóta*

#### IRODALOM

Barnola, J.-M. – Raynaud, D. – Lorius, C. – Barkov N. I.: *Historical Carbon Dioxide Record from the Vostok Ice Core*. • <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/vostok.html>

Kubus Péter: *CO<sub>2</sub> Storage Possibilities in Hungary*. • <http://www.mol.hu/repository/522201.pdf>

*Monitoring CO<sub>2</sub> Underground in In Salah* • <http://www.insalahCO2.com>

Tans, Pieter: *Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory* • <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>



## TECHNOLÓGIAI MÓDSZEREK A SZÉN-DIOXID FÖLDTANI SZERKEZETEKBE TÖRTÉNŐ VISSZASAJTOLÁSÁRA

Deák Gyula

Bartha László

egyetemi docens, a kémiai tudomány kandidátusa

egyetemi tanár, a kémiai tudomány kandidátusa  
[bartha@almos.uni-pannon.hu](mailto:bartha@almos.uni-pannon.hu)

Pannon Egyetem Vegyészmérnöki és Folyamatmérnöki Intézet  
Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék

A szén-dioxid-kibocsátás egyik csökkentési lehetősége a fosszilis energiahordozók égetése során keletkező CO<sub>2</sub> befogása és föld alatti tárolása (CCS).

A CO<sub>2</sub> befogására alkalmas módszerek három csoportba sorolhatók: az égetés utáni, égetés előtti és oxigénnel égető eljárások. Az égetés utáni befogás valamilyen oldószert alkalmaz az erőművi füstgázok CO<sub>2</sub>-tartalmának megkötésére. Az égetés előtti módszerekben a fűtőanyagot levegővel vagy oxigénnel reagáltatják, majd a keletkező gázokat vízgőzzel alakítják CO<sub>2</sub> és hidrogén elegyvé. Ebből a CO<sub>2</sub>-t eltávolítják, és a hidrogént fűtőanyagként használják. Az oxigénnel történő égetés során olyan füstgáz keletkezik, amely főleg szén-dioxidból áll, és potenciálisan alkalmas tárolásra. A befogott CO<sub>2</sub> tárolására a megfelelő földtani szerkezetekbe történő besajtolást alkalmazzák.

#### CO<sub>2</sub>-források

A globális CO<sub>2</sub>-emisszió mintegy 60%-át az erőművek és ipari létesítmények bocsátják ki

(IPCC, 2005). Kazánokban és kemencékben égetnek fosszilis fűtőanyagokat, és a füstgázokat jellemzően kéményeken keresztül bocsátják ki. Ezek nagy, telephelyhez kötött (rögzített) források, és alkalmasak arra, hogy azokat kiegészítsék CO<sub>2</sub>-befogó egységekkel, amelyekben olyan nagy tisztaságú CO<sub>2</sub>-áramot tudnak előállítani, amely alkalmas későbbi tárolásra. Néhány vegyipari eljárásban is keletkeznek olyan gázáramok, amelyek jelentős CO<sub>2</sub>-források. Nagy forrásoknak az évi legalább 100 000 tonna szén-dioxidot kibocsátó forrásokat tekintik. Az ezeknél kisebb mennyiségeket kibocsátó telephelyeken lévő források az összes telephelyi forrásból származó CO<sub>2</sub>-kibocsátásnak csak 1%-át adják. Az 1. táblázatban összefoglaltuk azoknak a gázáramoknak a jellemzőit, amelyek CO<sub>2</sub> befogásához számításba vehetők.

A táblázat adatai szerint a füstgázokban, különösen a földgázból nyert füstgázokban, kicsi a CO<sub>2</sub> parciális nyomása, ami megnehezíti a CO<sub>2</sub> elkülönítését. Ezzel szemben az ipari gázokban és bizonyos földgázokban a