

„HATÁRTALAN KÉMIA...”



Szalay Luca

Égő jég

Fantasztikus videó tekinthető meg az általában csak „az egyik legnagyobb fájlmegosztó”-ként aposztrofált YouTube-on az „égő jégről” [1]. Ha csak motivációra szeretnénk használni ezt az angol nyelvű kisfilmet, akkor a legjobb, ha az utolsó fél percet nézzük meg először. Ebben a részben az látható, hogy egy közönséges gyufa lángra lobbant egy kis halom jeget, amely aztán szép, kékes lánggal folyamatosan ég, s közben lassan olvadozni kezd... Jó kis találós kérdés lehet a metán vagy a fosszilis energiahordozók tanításakor, hogy vajon mi lehet ez a fura viselkedésű anyag. A válaszokból persze nem a diákok kémiatudásáról, hanem inkább csak a tájékozottságukról lehet képet alkotni. Ugyanis 2013. március közepén jelentek meg arra vonatkozó cikkek egyes hírportálokon [2; 3], hogy a japánok először termeltek ki „gyúlékony jeget”. A gondosabb olvasáskor azonban kiderül: az igazi újdonság csak az, hogy e művelet során sikerült először földgázt kinyerni a tenger alatti metán-hidrát rétegekből. Az „égő jég” ugyanis főként metán-hidrát, amelynek szárazföldi kitermelésére már jó ideje folynak kísérletek az Egyesült Államok, Kanada, Norvégia és Kína örök fagy borította területein. Az első sikeres tenger alatti fúrást végző japán állami cég például korábban Kanadában termelt gázt a fagyott talajból. „Japán 2001 óta több száz millió dollárt ölt a technológia kifejlesztésébe” – szólnak a hírek. A fent említett YouTube videót készítő U.S. Geological Survey (USGS) is hatalmas összegeket kap az Amerikai Egyesült Államok kormányától a gáz-hidrátok kutatására [4]. De mi is tulajdonképpen a metán-hidrát, hogyan képződik, hogyan lehet hozzájutni, mire lehet használni és melyek a felhasználásának

potenciális környezeti veszélyei? Mindezen kérdésekre a körültekintő módon megfogalmazott válaszok kiderítése már egy kicsit kiterjedtebb irodalmazást és alaposabb utánajarást igényel.

Kezdjük a kémiával! Első hallásra roppant furcsa, sőt megdöbbenő, hogy a metán (amelyről ugye azt tanuljuk/tanítjuk, hogy apoláris molekula) hajlandó beépülni a poláris vízmolekulák közé, amelyek jéggé fagyva ilyen formában csapdába ejthetik a metánt. Az így létrejövő anyag a metán-hidrát vagy más néven metán-klatrát (ami „ketrecbe zárt” metánt jelent). Ezért problémafelvető kérdésként elhangozhat (pl. a molekulapolaritásról szóló kémiaórán) a következő: Ha ez a metán-hidrát létezik, akkor nem is igaz az, a még általános iskolából jól ismert tétel, hogy „a hasonló a hasonlóban oldódik” (vagy azt „szereti”, azzal „elegyedik”)? A helyes válasz az, hogy éppen ellenkezőleg! Az apoláris metánból és a poláris vízből ugyanis csak extrém körülmények között alakul ki a metán-hidrát, amely közönséges hőmérsékleten és nyomáson nagyon gyorsan elbomlik. Ez az instabilitás is annak a bizonyítéka, hogy a metán- és a vízmolekulák nem kíváncsoznak egymás közelébe, és standard körülmények között a metán vízoldhatósága szinte elhanyagolható mértékű (kb. 0,02 g CH₄ / kg víz). A megoldáshoz segítségképp célszerű bemutatni legalább egy olyan diagramot, amelyen a metán-hidrát képződésének körülményei láthatók [5]. Ezekről leolvasható, hogy ez az anyag alacsony hőmérsékleten is csak borzasztóan nagy nyomáson keletkezik. 10 °C-on a légköri nyomás mintegy 200-szorosán kell találkoznia a földgáz fő komponenseként szereplő metánnak és a víznek (ilyen nyomás kb. a tengerszint alatt 600-700 méter mélyen van). A kaliforniai USGS munkatársai pedig folyékony nitrogént alkalmaznak az alacsony hőmérséklet fenntartására és magas nyomású gáztartályokat használnak a különféle gáz-hidrátok létrehozásához. Ugyanis a metánon kívül más kis molekulájú szénhidrogénekből, szén-dioxidból, ammóniából stb. is készítenek gáz-hidrátokat kísérleti célokra. Érdekeseek az így keletkező anyagokról készült pásztázó elektron-mikroszkópos felvételek is, amelyekből egy kis részletet a videón is bemutatnak (ezt felhasználhatjuk például a kristályrácsok tanításakor is). A film 2. percének vége felé pedig az látható, hogy a metán-hidrát apró darabjai szobahőmérsékleten és légköri nyomáson az asztalra kitéve (a bomlásukkor keletkező metángáztól hajtva) szétpattognak. Ennek egyik (szerencsésebb) következménye az, hogy a metán-

hidrátból, illetve földgáz-hidrátból az értékes gáz a nyomás csökkentésével felszabadítható. Ugyanakkor az is igaz, hogy a kitermeléskor nagyon kell vigyázni arra, hogy a felszabadított gáz nehegy megszökjön. Nemcsak azért, mert ez a drágán megszerzett, értékes földgáz egy részének elvesztéséhez vezetne, hanem azért is, mert a metán a szén-dioxidnál is jóval (kb. 25-30-szor) effektívebb üvegházhatású gáz. Vannak olyan aggodalmak, hogy éppen az örök fagy határának eltolódása, és ezáltal a metán-hidrátból nagy mennyiségű metán fölszabadulása következtében a Föld felmelegedése öngyorsító folyamattá válhat. További problémákat okozhat az, hogy a metán fölszabadítása után a megolvadt víz egyszerűen elfolyik máshová, ami egyes félelmek szerint hatalmas katasztrófákhoz (földcsuszamlásokhoz vagy akár cunamikhoz) vezethet. Az ideális megoldás az lenne, hogy a fosszilis tüzelőanyagok égetésekor nagy mennyiségben keletkező szén-dioxidot injektálnák nagy nyomáson a metán-hidrátbá. Az így felszabaduló metánt aztán csöveken juttatnák el a már létező földgázvezetékünkbe. Meglepő módon a hidrátot alkotó jég ugyanis mindvégig szilárd marad, miközben a benne lévő metán szén-dioxiddra cserélődik ki. Így az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja sem növekedne veszélyes mértékben, miközben biztosítanák, hogy a tengerfenék sem omlik be a metán ilyen módon való kitermelésének következtében.

Nyilvánvaló, hogy a fentiek érdekes adalékul szolgálhatnak a fosszilis energiahordozókról, valamint a megújuló és nem megújuló energiaforrásokról szóló kiselőadásokhoz, vitákhoz is. Nem véletlen, hogy az energiahordozókban oly szegény, a lakosságának száma és életszínvonala, valamint az ipari termelés intenzitása miatt energiára éhes Japán kutatja legintenzívebben a földgáz metán-hidrátból való kitermelésének lehetőségeit. Már a KÖKÉL 2010/5. számának Határtalan kémia rovatában írtam egy japán vendégprofesszorral közösen folytatott munkánkról, amely az energiagazdálkodás és a környezetvédelem összefüggéseinek kémiaoktatásban való megjelenítéséhez adott ötleteket [6]. Tanaka professzort is főként hazájának óriási mértékű energiainportja késztette arra, hogy ezzel a témával foglalkozzon. Ez a probléma pedig csak súlyosbodott a 2011 márciusában a fukusimai atomerőműben bekövetkezett baleset után. Azóta ugyanis Japánban a leállított atomerőművek miatt kiesett energiát is pótolni kell. (Főként folyékony állapotú földgázzal,

amelynek Japán a világon a legnagyobb importőre, és amelyből most az energiaszükségleteinek több mint 90%-át fedezi.) A jelenlegi elképzelések szerint az egyik (a becslések alapján 10 vagy akár 100 évre is megoldást jelentő) energiaforrás lehetne a Japán partjai közelében a tengerfenék alatt elhelyezkedő hatalmas metán-hidrát lelőhelyek kiaknázása.

Becslések szerint a metán-hidrát formájában kötött földgázkészlet többszöröse lehet a Földön bármilyen más formában előforduló fosszilis energiahordozóknak. Az is nagyon csábítóan hangzik, hogy 1 m³ metán-hidrát annyi értékes földgázt tart fogva, ami standard nyomáson és 25 °C-on kb. 160 m³ térfogatot tölt be. Érdekes számolási feladatokat lehet ezekre az adatokra alapozva szerkeszteni. Például a legegyszerűbb esetben megkérdezhető, hogy átlagosan hány napra lenne elegendő egy 1 m³-es metán-hidrát tömbből felszabadított metángáz egy olyan háztartásban, amely egy 6 hónapos fűtésszezonban 3000 m³ földgázt használ el, és mekkora hó szabadul fel az elégetése során.

Azonban nem hagyható figyelmen kívül, hogy a kitermelés technológiai nehézségei is óriásiak. Nem csoda, hogy a japán szakértők nyilatkozata szerint még mintegy 5 évnyi fejlesztő és kutató munkára van szükség ahhoz, hogy az ipari léptékű kitermelés megindulhasson.

Mint a már többször említett videó is mutatja, az USA-ban is folynak ilyen irányú kutatások (sőt Indiában és más országokban is). Ám ezek az Amerikai Egyesült Államokban az utóbbi években ott felfutó palagáz-kitermelés [7] miatt jóval kevésbé intenzívek, mint Japánban. Azonban a palagázt fölfelületre hozó technológia (az ún. hidraulikus repesztés) is nagyon bonyolult, és alkalmazása súlyos környezeti kérdéseket vet föl. Ennek során ugyanis homokkal és vegyi anyagokkal kevert vizet sajtolnak nagy nyomáson a kőzetbe, hogy ezáltal megrepesztve azt kiszabadítsák az annak kis pórusaiba, réseibe zárt gázt. Ez az oka annak, hogy a magyarországi Makó környékén, a föld felszíne alatt kb. 6000-7000 méterrel elhelyezkedő hatalmas palagázvagyon kitermelése máig nem megoldott. A technológia alkalmazása ellen pedig gyakran tiltakoznak a környezetvédők, mint például 2013 decemberében az északkelet-romániai Pungesti térségében is [8].

A nem hagyományos (vagy más kifejezéssel nem konvencionális) szénhidrogének csoportjába tartozik még az olajpala és az olajhomok, amelyekből az USA és Kanada szintén óriási készletekkel rendelkezik [9]. Az olajpala (az egyszerűsített meghatározás szerint) olyan kőzet, amelyből melegítéssel olaj és földgáz nyerhető. (A HVG ez évi első számában olvasható cikk szerint az USA-ban egy év alatt negyedével nőtt a palaolaj-felhozatal [10]. Ugyanitt közlik azt az adatot is, hogy a palagáztermelés viszont 13 százalékkal emelkedik, és immár több mint felét adja a napi 2 milliárd köbméteres teljes gázfelhozatalnak. Ha ez a tendencia folytatódik, akkor a várakozások szerint az USA 2030-ra önellátóvá válhat az energiaellátásban.) Az olajhomok pedig olyan, nehézolajat tartalmazó kőzet, amely főként lipidekből alakult ki. Mint sejthető, ezek kitermelése is bonyolultabb és sokkal költségesebb, mint a konvencionális szénhidrogéneké. A hagyományos kőolaj és földgáz ugyanis a földtörténet során hatalmas, föld alatti zárórétegek alatt lévő medencékben gyűlt össze, s többnyire elég lefűrni néhány száz méterre ahhoz, hogy kényelmesen a földfelszínre hozhatók legyenek. Egyébként érdekes, hogy a vizes földgáz távvezetési szállításakor is (viszonylag nagy nyomáson és alacsony hőmérsékleten) metán-hidrát dugók keletkezhetnek a csővezetékben. Ez veszélyes lehet, hiszen elzárhatja a gáz útját. Keletkezését ezért a földgáz víztelenítésével, illetve a hidrátképződést gátló inhibitorokkal (pl. metanol, glikolok) igyekeznek megakadályozni.

A metán-hidrátról sokan az után hallottak először, amikor a 2010. április 20-án a Mexikói-öbölben, egy hatalmas robbanás következtében a Deepwater Horizon mélytengeri fúrótorony a tenger mélyére süllyedt. Ennek következtében bekövetkezett a világ mindezedáig legnagyobb olajkatasztrófája, amely során mintegy 600-700 millió liter olaj ömlött a tengerbe. Az olaj kitörésének meggátolására tett kísérletek közül az egyik éppen azért nem sikerült, mert egy hatalmas bűvárharangot (keszon) próbáltak ráhelyezni a törött vezetékre, de annak belsejében hidrát képződött. Ennek következtében a keszon lebegni kezdett, és nem lehetett rögzíteni, így a kísérlet meghiúsult [11].

A fenti információk releváns részét (mint a legutóbbi évek fejleményeit) tehát javasolt beépíteni az energiagazdálkodással és a szénhidrogénekkel kapcsolatos kémia tananyagba. A végső konklúzió

itt is (mint mindig) az lehet, hogy a világ energiaellátására ideális megoldás nincs, csak az adott feltételek mellett optimálisnak tekinthető. Ennek megtalálása pedig elképzelhetetlen a természet-tudományok és a technológia legújabb eredményeit ismerő és alkalmazni tudó kutatók és mérnökök nélkül.

Irodalomjegyzék:

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=U46XOoU0DrM>
- [2] http://hvg.hu/gazdasag/20130312_Japanok_foldgazt_nyertek_ki_tengeralatti
- [3] <http://www.origo.hu/idojaras/20130313-eloszor-termelteki-gyulekony-jeget-metanhidrat-japan-foldgaz-energiafuggoseg-kornyezetvedelem.html>
- [4] <http://www.usgs.gov/aboutusgs/>
- [5] <http://www.inspirationgreen.com/methane-clathrates.html>
- [6] http://www.kokel.mke.org.hu/images/stories/docs/2010_5/Hatkem10-5.pdf
- [7] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Palag%C3%A1z>
- [8] http://hvg.hu/vilag/20131207_A_palagaz_ellen_tuntettek_Roman_iaban
- [9] <http://www.physics.ttk.pte.hu/pages/munkatarsak/nemetb/IT-3-Energiahordozok-nem-hagyomanyos-banyaszata-NB.pdf>
- [10] Keresztes Imre: Repesve várják (Palagáz a szénhidrogén-termelésben), *Heti Világgazdaság*, 2014. január 4. 60-61. old.
- [11] http://www.grotius.hu/doc/pub/GFUXQA/2010_177_p%C3%A9czeli_anna_egy_v%C3%A1ls%C3%A1g_anat%C3%B3mi%C3%A1ja.pdf

(A honlapok utolsó megtekintésének időpontja 2014. jan. 13.)