

ÓZON AZ IRODALOMBAN: TÉVEDÉSEK VÍGJÁTÉKA SHAKESPEARE NÉLKÜL

Lente Gábor

Debreceni Egyetem, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék
e-mail: lented@science.unideb.hu

Bevezetés

Szépirodalmi művek természettudományos információtartalmának feldolgozása az ismeret-terjesztés lényeges eszköze, s időnként egy-egy mű korbéli elhelyezését, a benne leírtak történeti hitelességét illetően is fontos adalékokat szolgáltat. A közelmúlt nemzetközi és magyar szakirodalmában több példát is találhatunk az ógörög irodalmi művek ilyen típusú elemzésére: az Odüsszeiában lévő csillagászati információk alapján meghatározták az eposzban leírt események pontos dátumát (Baikouzis és Magnasco, 2008; Lente, 2011c), Nesszosz vérének kálium-permanganát és tömény kénsav elegyének azonosították (Balog és Schiller, 2008; Schiller, 2008; Lente, 2011b), matematikai gondolatmenet alapján igazolták a görög istenek által trójai kilátóként használt hegy földrajzi helyét (Lente, 2011a), illetve az eposzi „borszínű tenger” kifejezés megfigyelési alapját is keresték (Schiller, 2011).

Ez a cikk az ózonnal kapcsolatos szépirodalmi hivatkozásokról számol be, illetve annak az okát keresi, miért él olyan sok tévhit a közvélekedésben erről az anyagról. A szöveg felhasználja a szerző néhány korábban már publikált gondolatmenetét, időnként szó szerint átvéve is (Kovács et al, 2011; Lente és Ósz, 2012).

Ózon álrühában

Homérosz Iliász című eposzában olvashatjuk a következő sorokat:

„Győzött volna a vész ekkor jóvátehetetlen,
s báránként beszorultak volna a trójai várba,
észre ha nem veszi ezt a halandók s istenek atyja:
rettentőt dördülve, fehér villámmal ütött le;
épp Diomédésznek paripái elé, be a földbe:
rettenetes lánggal lobogott fel nyomban a kénkő.”¹

Az Odüsszeiában két helyen is előfordul a következő szövegrészlet:

„Zeusz iszonyút dörgött s villámot ütött a hajóba:
megrendült a hajó, amikor Zeusz mennyköve érte,
megtelt kénfüsttel, kizuhantak a társak a vízbe.”²

Az első idézetben a lánggal fellobogó kénkő esetét még csak-csak be lehet tudni annak, hogy a paripák előtt lévő földben jelentős mennyiségű kén lehetett, de az Odüsszeusz hajóját betöltő kénfüst hallatán már feltétlenül gyanakodni illik, hiszen Homérosz sehol nem említi, hogy a derék Ithakaiak rakományában kén vagy bármilyen más kéntartalmú anyag is szerepelt volna. Ugyanakkor mindkét idézet megemlékezik Zeusz villámáról, mint a kénkőves és kénfüstös ügyek közvetlen előzményéről. Ez már csak azért is érdekes, mert

¹ Homérosz: Iliász, VIII. ének, 130–135, Devecseri Gábor fordítása

² Homérosz: Odüsszeia, XII. ének, 415–417, ismétlődik: XIV. ének 305–307, Devecseri Gábor fordítása

nyagon is jól ismert olyan kellemetlen szagú anyag, amely a levegőben villámlás hatására keletkezik: ez pedig nem más, mint az ózon.

Az ózon az oxigén kémiai elem ritkább, háromatomos molekulákat tartalmazó allotróp módosulata, amely mind a fizikai, mind a kémiai tulajdonságaiban nagyon eltér a levegőben is nagy mennyiségben előforduló, szokásos O₂-molekulákból álló oxigéngáztól. Az O₂ szobahőmérsékleten nem túlságosan hajlamos kémiai reakciókban részt venni, ezért is halmozódhatott fel a légkörben. Ezzel szemben az O₃ nagyon reakcióképes és könnyen bomlik. Az O₂-gáz nagy mennyiségben körülvesz bennünket, ezért nem lehet más, csak szagtalan. Az ózon kellemetlen szaga viszont olyan kis mennyiségben is érezhető és annyira jellemző, hogy még a nevét is erről kapta: Christian Friedrich Schönbein (1799–1868) svájci kémikus 1840-ben alkotta meg ezt a szót a görög 'ozó' (οζω), más alakban 'ozein' (οζειν), vagyis szaglik szóból. A görögöknek a kellemetlen szagok kifejezésére választékos szókészletük lehetett, mert a bróm elem is így kapta a nevét az eredetileg bakkecskeszagra utaló 'bromosz' (βρομος) szóból.

Az ózon a levegőben szikrák, más elektromos kisülések, így villámok hatására is keletkezik kétatomos oxigénmolekulákból. Ha valakinek nincs kedve szikrákat ütni kísérletezés gyanánt, működő fénymásolók közelében is szerezhet magának szagbenyomást arról, hogy igaza volt-e a névadónak vagy sem. Az ózon gyakorlatilag minden szerves anyagot roncsol, s ha nincs más lehetősége reakcióra, akkor viszonylag könnyen átalakul a stabilabb kétatomos változáttá. Általában nem állítják elő tiszta formában, felhasználásai tipikusan viszonylag kis mennyiségű ózont tartalmazó oxigéngáz vagy levegő formájában történik a kémiában, amit folyékony nitrogénbe (vagyis kb. –200 °C hőmérsékletre lehűtve) kékes színű kristályok formájában fagyott ózon nyerhető. Ez önmagában elég robbanásveszélyes anyag és súlyosan mérgező is, ugyanis az elemi oxigénnel csak nagyon lassan, szabályozottan folyó oxidációs folyamatok ózonnal nagyon gyorsan, molekulák szerinti válogatás nélkül lezajlanak. A szmog oxidáló, vagy Los Angeles típusú változatának éppen az ózon az egyik legkárosabb alkotóeleme, s a nagyvárosokban egyre többet használt levegőtisztasági jelentések is beszámolnak koncentrációjáról. Patkányokon meghatározott LC₅₀-értéke (vagyis a vizsgált populáció felének halálát okozó koncentráció a levegőben) 9,6 ppm, ami – talán sokak számára meglepetésként – azt is mutatja, hogy az ózon lényegesen toxikusabb, mint a méregként közismert ciángáz (azaz hidrogén-cianid), amelyre az LC₅₀-érték 40 ppm³. Az ózon éppen súlyos mérgező hatása és bomlékonysága miatt használható jól fertőtlenítőszerként; víztisztítóknak a helyszínen előállítva a kórokozókat gyorsan megöli, majd kis idő múlva akár magától is elbomlik.

A világirodalomban nem Homérosz volt az egyetlen, aki önkéntelenül megörökítette az ózon tulajdonságait. Thomas Mann *A varázshegy* című regényében is a következő részlet olvasható egy Brehrens nevű orvos és Hans Castorp közötti párbeszédben:

„... Milyen szag van itt tulajdonképpen?
– Oxigén – felelte Brehrens. – Az oxigént érzi a levegőben. A szobazivatar mellékterméke, tetszik tudni ...”⁴

A szobazivatar elég furcsa szó, minden bizonnyal a levegőben gyakran átütő szikrákra utal, mert a jelenet egy 1910-es években használt röntgenkészülék mellett zajlik (magát a röntgensugárzást Wilhelm Konrad Röntgen mindössze szűk két évtizeddel korábban, 1895-ban fedezte fel). A szikrák hatására létrejövő jellegzetes szag tényében a nagy német írónak teljesen igaza van, de az okot illetően téved: az oxigén, mint már volt róla szó, szag-

³ <http://web.stanford.edu/dept/EHS/prod/researchlab/lab/tgo/tgodata.html>

⁴ Thomas Mann: *A varázshegy – Istenem, látok!* című fejezetből, Szöllősy Klára fordítása

talán és folyamatosan nagy mennyiségben jelen van a levegőben. A kis mennyiségű ózon teszi itt kellemetlenné a körülményeket.

Ózon, az igaz védelmező és hamis megváltó

A magyar nyelv érdekes sajátja az 'ózdondús levegő' kifejezés, amely a közvélekedés szerint nagyon kellemes dolog. Minden bizonnyal ennek a reklámerőnek köszönhető, hogy hazánk hegyvidéki területein található Hotel Ózon nevű szálloda (Heves megye) és Ózon panzió is (Borsod-Abaúj-Zemplén megye). Nehéz elképzelni, hogy a tulajdonosok valaha számba vették volna a szálloda kémiai végzettségű vendégeinek számát vagy véleményét.

Az 1840-ben született ózon szó használatára a XIX. századi magyar irodalomban is van példa. Internetes források az 'ózdondús' szó megalkotását Jókai Mór nevéhez kötik. A nagy mesélő teljes életművében végzett elektronikus keresés nem teljesen támasztotta alá ezt a vélekedést: az 'ózdondús' szót a jelek szerint Jókai soha nem használta írásaiban, de a *Rákóczy fia* című regényben fellelhető egy igen hasonló kifejezés a következő sorban:

„Svájc regényes tájai, magnetikus jéghegyei, ózonteljes levegője...”⁵

Mikszáth Kálmán viszont valóban használta már az ózdondús szót ma is népszerű, *Két választás Magyarországon* című alkotásában:

„Ózdondús levegő, szép, tiszta lakások, árnyékos sétahelyek, remek koszt, nevetségesen olcsó árak, fölséges kiszolgálát, üdítő ásvány- és gyógyvizek, gyönyörű kiránduló helyek, lawn tennis, tombola stb.”⁶

Mit is nevezhet akkor a magyar köznyelv „ózdondús” levegőnek? A Magyar Értelmező Kéziszótár meghatározása lehet iránymutató, amely így definiálja az ózdondús címszót: Friss, tiszta, üdítő <levegő(jú terület)>. Tehát a szótárszerzők – helyesen – nem teremtettek kapcsolatot az ózon főnév és az ózdondús melléknév között. Néhányan azt állítják, ózdondús levegő helyett inkább oxigéndúsról kellene beszélni. A tények viszont ezt sem támasztják alá: a szokásosnál sokkal több oxigént tartalmazó levegő sem lenne egészséges az ember számára, erről Jules Verne még egy kisregényt is írt *Doktor Ox teóriája* címmel⁷. Így hát nem marad más, mint visszatérni a Magyar Értelmező Kéziszótár bölcsességéhez: az ózdondús szavunk egyszerűen tiszta (vagyis a városokban gyakori szennyező gázoktól és portól mentes) levegőt jelent, függetlenül az ózontól és oxigéntől.

Jókai Mór műveire viszont érdemes még egy kicsit visszatérni. Az 1938-ban és 1976-ban is megfilmesített *Fekete gyémántok* című regény történetében drámai fordulatot hozó bányatűz eloltásakor olvasható a következő részletet:

„Csak egy ember nem remegett: a mester.
Nyugodtan figyelt a percingára, a gép hévmérőjére, a légsúlymérő észrevehető változataira, az ózon, a villany mérlegeire, s jegyezgeté tárcájába észrevételeit.”⁸

Jókai Mór hőse, Berend Iván tehát az ózon szintjét méri a bányában. Itt az idő, hogy ezen fennakadjunk egy pillanatra. Vajon miért is teszi ezt? Az idézett részletben az oxigén szó kémiai szempontból sokkal logikusabb lenne. Az ózon külön mérésére nem nagyon lenne szükség, hiszen az emberi szaglás jelzi, s a remek tudósnek bemutatott Berend Iván minden bizonnyal ismerte az ózon sajátosságait. Az oxigén szintjét viszont érdemes lehetett

⁵ Jókai Mór: *Rákóczy fia* – *Nosztalgia* című fejezetből

⁶ Mikszáth Kálmán: *Két választás Magyarországon* – *Száz Napóleon* című fejezetből

⁷ Jules Verne: *Doktor Ox teóriája*, György Ferenc és Klumák István fordítása

⁸ Jókai Mór: *Fekete Gyémántok* – *Harc az alvilággal* című fejezetből

mérni, hiszen ez a bányában tartózkodók egészsége szempontjából lényeges információ. Ugyanebben a fejezetben néhány bekezdéssel később ezt olvashatjuk:

„Volt is kedve most valakinek vacsorálni! Hisz minden embernek olyan szűk volt a torka, hogy egy falatot be nem bírt rajta gyúrni. A gőzoszlop az aknakútból még egyre tódult fölfelé, s most már nagy felhő támadt körülötte, összevonta a légkör párázatait, s szakadt belőle a zápor egyre. És szikrázott benne a néma villám.”⁹

A néma villám említéséről aligha túlzás elektromos szikrára következtetni, vagyis az ózon lehetőségét mégsem zárhatjuk ki teljesen. Az eddigi információkból tehát nem dönthető el, hogy Jókai Mór számára világos volt-e az oxigén és az ózon közötti különbség. Tisztábbá teszi a képet, ha *A jövő század regényébe* is beleolvasunk egy kicsit:

„Ha azután az ózonmérő azt mutatja, hogy az éleny megfogyott a hajóban, akkor az első csövet egy csappal elzárják, az ellenkező csapját kinyitják, mire az azóttal terhelt tömörült lég hirtelen elillan a ritkább küllégbe, s azzal újra kezdik a hajó megtöltését friss ózontartalmú léggel. A hajó belsejében levő aneroidbarométer és hyperbolikus manométer tehát csak azt jelzik, hogy minő sűrűsége van a hajóban levő légnék; de nem azt, hogy minő légnyomás van az általa elért magaslaton.”¹⁰

Itt már az első mondatban feltűnhet, hogy az ózonmérő az éleny, tehát az oxigén szintjét mutatja. A nyelvújítás korában ugyanis a kémiai elemek nevének magyarosításával is megpróbálkoztak. Az 'éleny' szót a történelmi feljegyzések szerint Bugát Pál, Irinyi János és Mannó Alajos használták először 1842-ben, tehát jóval a *Fekete gyémántok* vagy *A jövő század regénye* születése előtt. 1842 előtt az 'élethevegő', 'savanyító', illetve 'savító' szavakat is használták oxigén helyett, de hosszú távon ezeknek sem lett nagyobb sikere, mint az élenynek. A „friss ózontartalmú lég” is minden bizonnyal arra utal, hogy a hajóban (léghajóról van szó) lévő elhasználdott, vagyis szén-dioxidban dúsult levegőt cserélték frissre. Újabb furcsaság viszont az 'azóttal terhelt tömörült lég' kifejezés. A dolgok logikai menete szerint az 'azót'-nak szén-dioxidot kell jelentenie itt, franciául viszont az 'azote' szót a nitrogén elemre használják. Visszatérve a *Fekete gyémántok* regényre: az azót szó itt is megtalálható hasonló logikai környezetben:

„Tudja azt minden ember, hogy a falevél a megfordított állati tüdő. A tüdő élennyel táplálkozik, s azótot lehel vissza, a falevél pedig az azótot szívja fel táplálékul, s éleny lehel ki.”¹¹

Ez már elég világos beszéd: az állatok élenyt lélegeznek be és azótot lehelnek ki, míg a növények azótból élenyt állítanak elő. Ha az oxigén és szén-dioxid szavakat helyettesítjük ebbe a mondatba, akkor a légzés és a fotoszintézis ma is pontosnak elismert lényegét fogalmazta meg itt Jókai.

Az ózonnal kapcsolatos mai tévhitek egyik fő forrása az lehet, hogy az ózonrétegről és annak károsodásáról az utóbbi két évtizedben bőséggel lehetett hallani és olvasni a napisajtóban és az természettudományos ismeretterjesztő irodalomban. (Az irodalmi idézetek esetében ez az érv anakronizmus lenne, hiszen az ózonréteg és szerepe a művek születése idején még csak ismert sem volt, nemhogy közismert.) A manapság nem szakértők körében is elterjedt ózonlyuk és ózonpajzs fogalmak igen szemléletes és könnyen megjegyezhető kifejezések, de sajnos szó szerinti értelmezésük könnyen tévedések forrása lehet.

⁹ Jókai Mór: *Fekete Gyémántok – Harc az alvilággal* című fejezetből

¹⁰ Jókai Mór: *A jövő század regénye – Nyolcadnap* című fejezetből

¹¹ Jókai Mór: *Fekete Gyémántok – Mielőtt ember lett volna a földön* című fejezetből

Az ózonpajzs vagy ózonréteg annak az ózonmennyiségnek a neve, amely nagyrészt a Föld sztratoszférájában, vagyis a légkörnek a felszíntől kb. 10 és 50 km közötti magasságban lévő részében fordul elő. Ilyen magasságban a levegő már nagyon ritka, az emberi lélegzéshez semmiképpen nem elegendő. Ennek az igen híg gáznak is csak csekély töredéke az ózon, de ez még mindig lényegesen nagyobb össz mennyiség, mint amennyi közvetlenül a Föld felszínének közelében (a troposzférában) elő szokott fordulni. Az ózonréteget tehát semmiképpen nem összefüggő pajzsként kell elképzelni, hanem inkább egy óriási lyukakkal átszótt, igen ritka, de nagyon vastag hálóként. Hogy még további félreértési lehetőség adódjon, a tudósok gyakran szoktak az ózonréteg vastagságáról is beszélni, amit Gordon Dobson, a XX. század első felében tevékenykedő oxfordi tudós tiszteletére Dobson-egységnek (Dobson unit, DU) neveznek. Egy DU az ózon mennyisége a légkörben akkor, ha a tengerszinten szokásos nyomáson és hőmérsékleten, minden más gázt eltávolítva mellőle 10 mikrométer, vagyis egy ezred centiméter vastag réteget alkotna a Föld felszínén. A szokásos ózonkoncentrációk 200 és 300 DU között mozognak, tehát a Föld felszínén összefüggő réteggként elképzelve az ózonréteg mindössze 2–3 milliméter vastag lenne, holott valójában nagyjából 40 kilométernyi légrétegben helyezkedik el más gázokban eloszolva. A légkörben lévő más gázok nemcsak a látható fényt, hanem az annál rövidebb hullámhosszú, vagyis nagyobb energiájú ultraibolya (UV) sugárzást is átengedik. Ez már káros lenne az élőlényekre, így az emberekre is. Az ózon viszont az ultraibolya sugárzás éppen legveszélyesebb részét nyeli el. Ironikus helyzet: súlyosan mérgező anyag, amely a légkör magasabb rétegeiben előfordulva megvédi az élővilágot a súlyosan káros sugárzástól.

Az 1970-es évektől kezdve egyre többször megfigyelték a légkörben lévő ózon mennyiségének csökkenését. Szemléletes, de összességében pontatlan kifejezéssel ezt nevezték az ózonréteg vékonyodásának. Valójában nem arról van szó ugyanis, hogy kisebb lenne az a kb. 40 km-es réteg, amelyben az ózon előfordul, hanem a változatlan méretű rétegen belül csökkent az ózon mennyisége. Ez a mennyiség egyébként az évszaktól is elég jelentősen függ, ezért igazából csak az éves átlagok változásáról van értelme beszélni. A csökkenés mértéke nagyjából évtizedenként 4% volt, és az utóbbi néhány évben a jelek szerint meg is állt ez a folyamat.

Az ózonlyuk egy kicsit mást jelent. A Föld légkörének érdekes sajátja, hogy benne az ózon mennyiségének csökkenése elsősorban a sarkok fölötti területen jelentkezik, és ott is nagyrészt tavasszal (az Északi Sark fölött ez március-április, a Déli sark fölött szeptember-október). A két pólus sem egyenértékű ilyen szempontból: az Északi Sark fölött az eddig megfigyelt legnagyobb csökkenés 30% körül volt, a Déli Sark fölött viszont már 70%-os is előfordult. Tehát az ózonlyukat sem egy pajzson lévő átjárható részként kell elképzelni, hanem a vastag hálóban lévő szövetanyag igen jelentős ritkulásaként.

A légköri ózon mennyiségcsökkenésének vizsgálatáért 1995-ben Paul J. Crutzen, Mario J. Molina és F. Sherwood Rowland kémiai Nobel-díjat kaptak. A jelenség fő okozói a freonszerű vegyületek (voltak). Ezek legfontosabb tulajdonsága éppen csekély reakcióképességük, ezért légkondicionálók és hűtőgépek töltésére, illetve flakonok hajtógázaként használták őket. A freonok nagyon sokáig a légkörben maradnak, s gyorsítják az ózon bomlását. Az ózon ugyan természetes körülmények között is folyamatosan keletkezik és bomlik a légkörben, de ha ebből egy anyag csak a bomlást gyorsítja fel, akkor a végeredmény kisebb teljes ózonmennyiség lesz. A globális problémák felismerése ellenintézkedéseket eredményezett: 1989-ben érvénybe lépett a Montreali Egyezmény, amely a freon típusú anyagok jelentős részének forgalomból való fokozatos kivonását írja elő. Persze ez nem ment tudományos viták nélkül, amelyek néha elég szélsőségesek is voltak: a freonokat is nagy mennyiségben gyártó amerikai DuPont cég szakemberi a későbbi Nobel-díjas Sherwood Rowland amerikai tudóst 1988-ig minden

előadókörútjára követték azért, hogy saját, nem utolsósorban üzleti érdekek által meghatározott ellenvéleményüknek hangot adjanak.

A Montreali Egyezményt 196 ország ratifikálta, s már húsz évnél is régebben érvényben van, így mára a legtöbb freont kivonták a forgalomból. Ennek hatása is volt: az Antarktisz fölötti kialakuló ózonlyuk 2006-ban volt a legnagyobb, de azóta az ózon légköri mennyiségének csökkenése megállt, és talán csekély mértékben vissza is fordult.

Magyarország 1989. április 20-án csatlakozott a Montreali Egyezményhez. A teljes légkört érintő ózonmennyiség-csökkenésnek súlyos következményei lettek volna, ha az 1980-as években tapasztalt ütemben folytatódik, de ezek hazánkban közvetlenül csak kevésbé, és nagy késéssel jelentkeztek volna. Magyarország fölött nincs ózonlyuk, soha nem is volt. Ha esetleg egy nyári napon a magyar hatóságok a közvetlen napsütés veszélyeire hívják fel a figyelmet, az nem az ózonmennyiség csökkenése vagy az ózonlyuk miatt van. Ezt egyszerűen a józan ész diktálja, függetlenül az ózonpajzs állapotától.

Hivatkozások

- Balog, J., Schiller, R., 2008: Nessus' blood: Chemistry in mythology. *Acta Antiqua*, 48, 3–4, 339–343.
- Baikouzis, C., Magnasco, M.O., 2008: Is an eclipse described in the Odyssey? Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 105, 26, 8823–8828.
- Kovács, L., Csupor, D., Lente, G., Gunda, T., 2011: Száz Kémiai Mítosz. Akadémiai Kiadó, Budapest, 9. és 80. fejezet.
- Lente, G., 2011a: Honnan nézte Zeusz Trója ostromát? Egy eposzi trigonometria feladat. *A matematika tanítása*, 19, 4, 16–18.
- Lente, G., 2011b: Mi lehetett Nessus vére? *A kémia tanítása*, 19, 4, 7–9.
- Lente, G., 2011c: Odüsszeusz a csillagok fényében. *InterPress Magazin*, 31, 2, 28–32.
- Lente, G., Ősz, K., 2012: Mennyire ismerte Jókai Mór a vegytant? *Középiskolai Kémiai Lapok*, 39, 2, 93–99.
- Schiller, R., 2008: Nesszosz vére. *Természet Világa*, 139, 10, 567.
- Schiller, R., 2011: Borszínű a tenger? *Természet Világa*, 142, II. különszám, 97–98.