

Keglevich Kristóf

NENDTVICH KÁROLY ÉS MAGYAR NYELVŰ KÉMIAJA*

1. A magyar nyelvű kémia

A 19. század magyar kémiatörténetének fontos fejezete a „magyar műnyelv”, a kémiai szaknyelv magyarítására tett kísérlet. Ez a következőt jelentette: a magyar vegyészek minden, a kémiában előforduló német, latin és görög kifejezés helyett kerestek egy meglévő vagy alkottak egy új magyar szót, és mindent megtettek ezen kifejezések népszerűsítéséért. Így lett a lombikból üvegtök vagy göreb, a nátriumból szikeny, a szublimációból föllengítés. A kémia magyarítása tehát rokon a Kazinczy-féle nyelvújítással, hiszen a két törekvés célja azonos volt, mindkettő meg akart szabadulni az idegen szavaktól, egyszersmind korszerűsíteni is akart. A kémiai nyelvújítás (legintenzívebben az 1830-as és 1840-es években zajlott) azonban évtizedekkel későbbi az irodalmi nyelvújításnál, Petőfi és Arany költészetével egykorú. Azért érdekes ez, mert míg egy 19. századi, „magyar műnyelven” írt kémiai szöveg a mai olvasó számára rendkívül ódonnak, erőltetettnek és érthetetlennek tűnik, Arany versei ma is frissek és érthetőek.

A korabeli magyar kémiai nomenklatúrának (nevezéktannak) nincsen tudományos jelentősége, tudománytörténeti szempontból viszont figyelemreméltó. A reformkorban hazafias tetteknek számított a kémiát magyarul művelni, és a magyar műnyelv kezdetben még modernnek is számított. Azonban az 1870-es évekre, a kiegyezés után e két előny elsorvadt. Helyreállt ugyanis a magyar államiság, már nem kellett az osztrákok ellen tüntetni még a tudomány nyelvében is. Másrészt a kémia fél évszázad alatt akkorát fejlődött, hogy a „magyar műnyelv” már nem tudta követni az új eredményeket, és egyre inkább anakronisztikussá vált. (A magyar nomenklatúra Berzelius elektrokémiai elméletének talaján jött létre; a 19. század második felében Gerhardt gyökelméletére még képes volt átállni, de — egyéb fogyatékok mellett — a rohamosan növekvő számú szerves vegyületnek nem tudott nevet adni.) Ezen túl a magyar nyelvű fogalmak a nemzetközi irodalomtól is elzárták

* Jelen cikk az ELTE TTK-n 2006-ban készült szakdolgozatom kivonata. Köszönöm téma-vezetőm, Horváthné Otta Klára segítségét. Köszönettel tartozom továbbá Szalay Rolandnak, amiért felhívta figyelmemet a témára.

kémikusainkat. A magyar vegyészek kiegyezés utáni, többnyire német egyetemeken tanult új generációja föladta a magyar műnyelvet.

Az első ízig-vérig magyar nyelvű kémiakönyv egy erdélyi orvos, Nyulas Ferenc műve (1800), az erdélyi forrásvizek analíziséről („bontásáról”) szól. Nyulas programként is megfogalmazta a kémia magyarítását, magára Lavoisier-re hivatkozott, aki szintén új nevezéktant teremtett, még a víznek is új nevet adott. Számos tudós után Schuster János, a pesti egyetem professzora karolta fel a magyar kémia ügyét, kidolgozta a teljes szervetlen nevezéktant (1820-as évek). Diákjaival is használatba vettette a magyar műnyelvet. Tanítványai közül kerültek ki a magyar kémia legkiválóbb képviselői, Mannó Alajos, Bugát Pál, Nendtvich Károly és Irinyi János. (Ez utóbbi nem azonos a „márciusi ifjú” Irinyi Józseffel, a 12 pont megfogalmazójával.)

Nendtvich [nendtvics] Károly volt a magyar nyelvű kémiát író vegyészeink legkövetkezetesebb képviselője, aki 1844-től az 1870-es évekig, tehát hosszú időn át és viszonylag sokat publikált a „magyar kémiai műnyelven”. Személye ezért alkalmas arra, hogy rajta keresztül a 19. századi magyar nyelvű kémiát is bemutassuk. Életművének nagyságát elsősorban pedagógiai munkássága és a kémiát népszerűsítő, önálló tudományággá formáló tevékenysége adja, saját kutatásai kevésbé jelentősek.

Érzékeltetésképpen következzenek egy, a magyar műnyelven írt idézet Nendtvich 1844-ben megjelent „Az életműtlen [szervetlen] műipari vegytannak alapismeretei” c. könyvéből! „Ha föleresztett könlegegen, melly, mint alább megtudandjuk, légeny és könenyből áll, halvány vezetetik keresztül (mellyet később hasonlag megismerendünk), ez a könlegeg könenyével együl, s ennek másik alkatrésze, a légeny szabaddá lesz.” [Ha híg ammóniaoldaton, amely, mint alább tárgyaljuk, nitrogénből és hidrogénből áll, klórt vezetünk keresztül (amelyet később szintén megismerünk), ez az ammónia hidrogénjével egyesül, s az ammónia másik alkotója, a nitrogén fölszabadul.]

2. Nendtvich Károly (1811–1892)

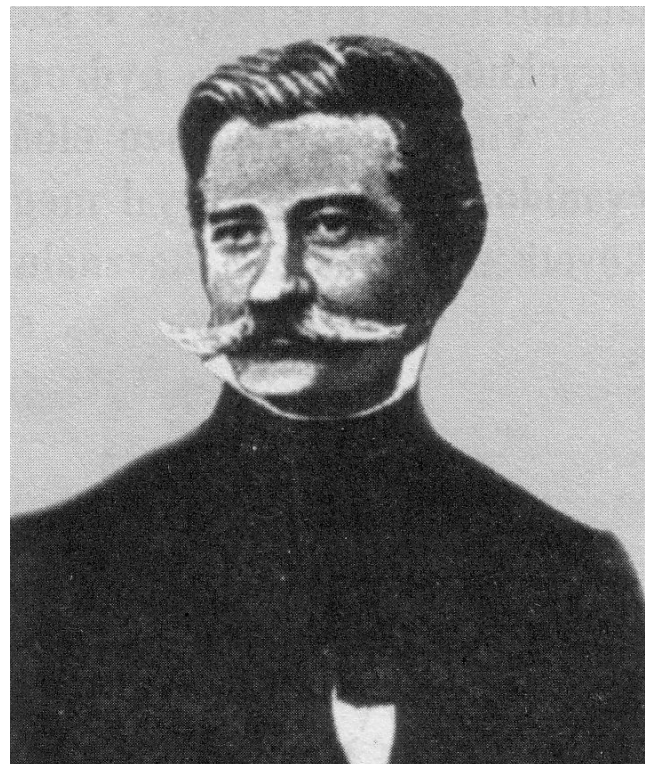
1811. december 31-én született Pécsen, egy gyógyszerész családban. Késmárkon, az evangélikus liceumban, majd a pesti egyetem orvostudományi karán tanult. 1836-ban szerzett orvosi oklevelet.

A pesti egyetemen (a mai ELTE jogelődje) lett a már említett Schuster János professzor tanársegédje. Schuster halála után

eredménytelenül pályázta meg a kémiai tanszék vezetését. A Természettudományi Társulat (1844) alapítói közé tartozott, az Iparegyletnek és 1845-től az Magyar Tudományos Akadémiának is tagja volt. A kémiai nyelvet magyarítani kívánó mozgalom egyik vezéregyéniségének számított. 1847-től a József Ipartanoda Kémiai Tanszékének első professzora. 1848. március 15-e után Nendtvich lett az egyetem kémiai tanszékének vezetője. Síkra szállt az anyanyelvű oktatás mellett, ő tartotta az első magyar kémia előadást 1848. április 4-én. A szabadságharc leverése után elmozdították az egyetemről, de ipartanodai állása megmaradt. Az Alfred Windisch-Grätz herceg által kinevezett igazolóbizottság a következőképpen véleményezte Nendtvichet: „Szóval és tettel nyíltan hirdette radikális demokrata forradalmi nézeteit. A politikai érzelmű hírhedt klubokban mint szónok kiváló szerepet játszott, s velük most is összeköttetést tart fenn. A bukott kormány menekülése után [A Batthyány-kormány Windisch-Grätz támadása miatt 1848. december 31-én elhatározta, hogy Debrecenbe költözik. K. K.] ő is eltűnt, s csak nemrég tért vissza utazásáról, amit állítólag Pécsen, apjánál töltött. Tehetséges és éppen azért annál veszedelmesebb egyén...” Kommentár: ha rosszak mondanak rosszat valaki másról, akkor az illető biztosan jó, és ha ráadásul még félnek is tőle, akkor kétszer olyan jó.

Nendtvich a szabadságharc bukása után, nyilvánvaló politikai okokból, nem használta magyar műnyelvét, a kiegyezés (1867) után visszatért hozzá. Az Ipartanodán annak Műegyetemmé alakulása (1871) után is ott maradt professzori állásában. 1873/74-ben Nendtvich volt a Műegyetem rektora. 1882-ben nyugdíjba vonult, utóda az Általános Kémiai Tanszéken Ilosvay Lajos, a Műegyetem későbbi rektora lett. Nendtvich Károly 1892. július 6-án halt meg, a Kerepesi temetőben temették el.

Elsősorban analitikai kémiával foglalkozott, legtöbb írása Magyarország kőszéntelepeit és ásványvizeit tárgyalja. Szakkönyvei mellett több népszerűsítő művet is írt, pl. 1844-es szervetlen kémiai összefoglalóját „mesteremberek, iparúzők, mindennemű vegyészek és tudománykedvelők számára”. 1854-es és 1872-es szintézisei egyetemi hallgatók számára készültek. Publikációi között meglepő témaválasztásúak is akadnak: állást foglalt bizonyos társadalmi kérdésekben is. (Pl. „A zsidókérdés Ausztria-Magyarországon.” Bp., 1844.; „A jezsuita nevelés következményei.” Bp., 1892.)



Nendtvich Károly [Balázs Lóránt: A kémia története I. Bp., 1996. 471. o.]

3. Szervetlen kémiai nevezéktan

A magyar nyelvű kémia alapját az elemek és a vegyületek nomenklatúrája alkotta, ezt egészítették ki a különböző magyarított fogalmak, valamint a folyamatok és a laboratóriumi tárgyak elnevezései. A magyar műszavak használatában a különböző szerzők kisebb-nagyobb mértékben eltértek egymástól, mi a továbbiakban Nendtvich szóhasználatát vizsgáljuk.

Az elemek közül néhánynak volt ősi magyar neve. Nendtvich ezeken nem változtatott, így a szén, a kén, továbbá a 7 ókori fém közül 6 (Arany, ezüst, réz, vas, ón, ólom; a kénesező (Hg) kivétel!) megtartotta régi nevét. A többi elem neve mind –any/–eny végződést kapott. Ez még Schuster János ötlete volt, akit a legtokéletesebb fém, az arany nevének

alakja csábított erre az elhatározásra. Schuster ezen kívül sajátos etimológiával az anya (any-a) szót vélte fölfedezni az arany szóban, és ezt olyan szépnek találta, hogy minden további elem nevére átörököltette. A gondolat nem is olyan ostoba, mint amilyennek tűnik, mert a nyelvújítás korában az „anyag” szó a latin „*materia*” szó tükörfordításaként keletkezett; a kifejezésbe ugyanis tévesen a *mater* (anya) szót látták bele. Mindenesetre a legtöbb reformkori szerzőnél az elemek neve –any/–enyre végződik.

Az újonnan képzett elemnevek némelyike a latin (görög) név fordítása. Például a foszfor lett a vilany, a króm a festeny, az ozmium a szagany. Más elemek maguk vagy valamely vegyületük jellemző tulajdonsága alapján kapták nevüket. Így a hidrogén neve könnyű volt (kis sűrűsége miatt), a nitrogén légeny (a levegő fontos komponense), az oxigén éleny (szükséges az élethez), a klór halvány (fakító hatással bír), a jódé iblany (gőzeinek ibolyáslila színéről). A stroncium neve pirany lett (bíborvörös lángfestéséről), a mangáné cseleny („cseles” elem, mert sokféle vegyértéke lehet), a kobalté pedig kékeny (vízmentes sói színéről). Ide tartozik a higany is. Az elemnevek harmadik csoportja jellemző vegyület okán született. Például: nátrium – szikeny (sziksó), kálium – hamany (hamuzsír), alumínium – timany (timsó). Az új nevek hármass rendszeréből csak a volfrám lóg ki, amelyet Nendtvich selenynek keresztelt a híres svéd vegyész, Scheele tiszteletére, akit a volfrám felfedezőjének hitt.

A vegyületek nevezéktana az igazán érdekes, de itt csak érintőlegesen mutathatjuk be. Ha valakit érdekel, egy reformkori kémiakönyvet a kezébe véve hamar gyakorlatot szerezhet e téren. A rendszer alapját az oxidok neve jelenti. Ezt a legegyszerűbb esetben a szóban forgó elem nevének tövéhez az éleg szót kapcsolva képezzük. A HgO neve: higéleg. Ha az adott elemnek több oxidációs állapota („élegülési foka”) van, aszerint, hogy az illető oxid a többihez képest kevesebb vagy több élenyt (oxigént) foglal-e magába, alélegnek, élecsnek, élegnek, felélegnek nevezzük. Ilyetén módon a MnO neve cselélecs, az Mn₂O₃-é cseléleg, a MnO₂-é cselföléleg. FeO: vasélecs; Fe₂O₃: vaséleg. A végződés az „öcs” és az „agg” szavakra utalnak a „testvéroxidok” esetében, az al- és fel- szócskák pedig a latin sub és a görög hyper előtagok fordításai (Schuster).

Az oxosavak neve Nendtvichnél is a mai vagy a maihoz hasonló, hiszen ezek triviális nevek. Például: kéneccsav (H₂SO₃), kénsav (H₂SO₄),

légsav (HNO₃), vilsav (H₃PO₄). A lúgok — Nendtvich terminológiájával élve: aljak (a bázis szó jelentése: alapzat, alj) — a megfelelő oxid nevéből képezve: szikélegvizegy (NaOH), mészfölélegvizegy (Ca(OH)₂). A bázisanhidrideket (aljak; pl. a CaO) és magukat a bázisokat (vizegyek; pl. Ca(OH)₂) a kor kémiaja nem különböztette meg konzekvensen. A sók elnevezésének elve hasonló a maihoz. Ma a sókat az őket fölépítő kation és anion segítségével nevezzük el. Nendtvich rendszerében e két szerep a savakra és a fémek élegeire (amik bázikusak) hárul. Így a NaNO₃ a légsavból és a szikélegből származtatható, ezért neve: légsavas szikéleg. KNO₃: légsavas haméleg; K₂CO₃: szénsavas haméleg; KClO₃: halvsavas haméleg.

A sósav nem oxosav, sóinak neve ezért inkább az oxidokéra hasonlít. AlCl₃ – timhalvag; FeCl₂ – vashalvac; FeCl₃ – vashalvag. Más biner vegyületek: NH₃ – könleleg; CS₂ – szénkéleg; FeS – vaskéleg; Fe₂S₃ – vaskéleg. Következzék egy-két bonyolultabb név! NaHCO₃ – kettedszénsavas szikéleg; ez egy aljas só. (Aljas, vagyis lúgosan hidrolizál. A savasan hidrolizáló sók a savas sók, mai szóhasználat: savanyúsók.) Cu(NH₃)₄SO₄ · 5H₂O – kénsavas réz-könleléleg. Fe₄[Fe(CN)₆]₃ – vaskéleges vaskélecs (berlini kék; egy másik komplex só).

4. A higany

A 19. századi magyar nomenklatúra kapcsán vizsgáljuk meg kicsit alaposabban az egyik elem, a higany nevének kialakulását! Vegyjele (Hg) nem magyar nevére vezethető vissza, mint azt optimistán hihetnők, hanem a görög *hydrargirum* (vízezüst) szóra. A higany latinul *mercurium*, vagyis Mercur isten féme. Mercur a hírnökök és a tolvajok oltalmazója volt; a kis viszkozitása miatt könnyen folyó, fürge higany hasonlított Mercur védenecire.

A higany eredeti magyar neve a kéneső volt, amely elnevezés a középkortól a 19. századig élt. Ez a kifejezés a keneszu (könösü) csuvas török jövevényszóból származik, ami pedig a rühatkát, atkát jelentő kene és a víz jelentésű szu összetételével született. Keneszu: ami lemossa az atkákat — a higany fertőtlenítő hatására utalhat. Az úgynevezett huszársírt, egy 3–5 tömeg% higanyt tartalmazó kenőcsöt, még az I. világháború idején is használták élősdie állatok (pl. lapostetű) irtására. Az eredeti névalak — keneszu — és ennek magyarázata az újkorra

elhalványult, a kéneső elnevezés népi etimológiája: a cinóber (HgS) pörkölésekor a higany cseppenként leül a környezetben.

Korszakunkban, a kémiai nyelvújítás korában Schuster János jóvoltából született meg a higany szó („híg anyag”). Schuster fölvetette a szerdany kifejezést is, hiszen a higany Mercur isten fême, a szerda pedig az ő napja (Pl. latinul *dies Mercurii*, franciául *mercredi*). A szerdany név azonban nem vált be, Nendtvichék a higanyt részesítették előnyben. A sors fintoraként a 19. századi magyar kémiai műszavakból pont az a higany maradt meg, aminek már korábban is eredeti magyar neve volt. Ilosvay Lajos, a Műegyetem ismert vegyésze 1888-ban a kéneső mellett a higany elnevezést még csak zárójelben közölte. A kifejezés azonban életképesnek bizonyult; valószínűleg azért, mert véletlenül szerencsésen egybecseng a Hg vegyjellel.

5. Reformkori kémia

Nendtvich Károly Az életműtlen műipari vegytannak alapismeretei c. műve (1844) leíró szervesetlen kémiai könyv. Tárgyalási sorrendje a maival lényegileg azonos, habár a korban mind a periódusos rendszer, mind pedig az atom- és anyagszerkezet teljesen ismeretlen volt. Az elemek száma, bizonyos elemek hasonlósága esetlegesnek tűnt. Az általános kémia csak csiráiban létezett; Nendtvich leginkább konkrét jelenségeket vizsgált konkrét vegyületek kapcsán. A vegyérték (vegyülési fok) az oxigénnél került elő, a kristályosodás (jégedzés) a víznél, a titrálás elve a kálium-karbonátnál. Így az általános kémia induktív jellegű volt, az „általánosság” hiányzott belőle.

A kémia alapját Dalton atomelmélete és Berzelius dualisztikus (elektrokémiai) elmélete jelentette. Nendtvich vegysúlyait Berzelius nyomán az oxigénre vonatkoztatta. Sztöchiometriája viszonylag pontos, eltekintve attól, hogy a víz képlete Daltonnál és Nendtvichnél HO. Ez a hiba számos más képletre is átöröklődött, így lett a hidrogén-peroxid HO₂, a kénsav pedig HO₂SO₃. A könyvben képletek szerepelnek, egyenletek nem. (Nendtvich Károly 1872-ben megjelent A vegytan alapelvei c. könyvében az általános kémia sokkal fontosabbá vált, megjelentek az egyenletek, a víz képlete H₂O lett.)

Nendtvich 1844-es könyve logikus felépítésű, korszerű. Az ezüstsók kapcsán említi a dagerrotípiát, amit Daguerre 1837 és 1839 között talált föl. Sokszor hivatkozik az elismert külföldi vegyészekre, ismerteti a kor vitatott elméleti kérdéseit. Ugyanakkor gyakorlatias,

praktikus tanácsokat is ad, például azt, hogy miként gyárthatunk salétromot (KNO₃): „anyagul szolgál a temetőhelyek, akasztófák, mészárszékeken, továbbá szegény emberek lakából, istállókból stb. szedett föld ... e föld lóganéjjal, hamuval, szalmával, régi vakolattal stb. összekevertetik ... fölé fedél építtetik ... olykor olykor ganéjjal meglocsolatik ... gyors légváltoztatban tartatik [szellőzik]. A salétrom oldalt kiütődik, s mihelyt a réteg eléggé megvastagodott levakartatik.” (A szerves anyagok nitrogéntartalma nitráttá oxidálódik.)

Kritikaként csupán kisebb következetlenségeket róhatunk fel a szerzőnek (és korának); például a savanhidrid és a sav fogalma keveredik egymással. A vilsav (foszforsav) szó jelenthet P₂O₅-ot, de H₃PO₄-at is. Nendtvich művében van népszerűsítő szándék; a reformkor legtudományosabb kémiakönyve az Irinyi János tollából való „A vegytan elemei” (1847).

6. Túlélő nevek

A több ezer magyar kémiai kifejezésből alig öt-hat maradt használatban, a többi a műnyelv 1867 utáni bukásakor a feledés homályába merült. E kevés között is csak egy mindenki által ismert akad: a higany. Ez „főállású” szó, nincsen szinonimája. A horganyt már cinkként ismerjük, csak a „horganyzott bádóg” kifejezés őrizte meg a reformkori elnevezést. A horganyzott bádóg cinkkel bevont vaslemez (aktív korrózióvédelem). Harmadikként a laboratóriumi oldószerként használatos szén-diszulfidot (CS₂) említhetjük, amely szénkéneg néven is fut. A hidrogén-fluorid (HF) vizes oldatát folyosavnak hívjuk, a fluorit (CaF₂) nevű ásványt pedig folypátnak. A folypát onnan kapta nevét, hogy a kohászatban ércek és a salak olvadáspontjának csökkentésére használták. (A fluor szó és magyar tükörfordítása, a folyany is innét származik.) Egy korabeli kifejezésre emlékeztet a jégcet szó is, ami a tömény ecetsav (CH₃COOH) neve. A tömény ecetsav olvadáspontja +17 °C, tehát könnyen kikristályosodik. A kristály szó görög eredetű (*krystallos=jég*), 19. századi magyar megfelelője a jegec volt. (Vö.: valakiben kifejeződik egy gondolat.) A jegcet neve ugyan közvetlenül a jégből származik, azonban a „jegec” szót is felidézi, ami szintén a „jég” származéka. Ezen a néhány fontos kifejezésen kívül néha fölbukkan egy-egy a kémiakönyvek lapjain, de ezek nem vertek gyökeret.

A magyar kémiai szaknyelv megszületésének korában, a 19. század első felében viszonylag sikeres volt. A mértékadó személyek

átvették, az új nyelven írtak. A nevezéktan a maga módján logikusra sikerült, keletkezésekor tökéletesen megfelelt a célnak. A kémia fejlődésével és a latin-német nyelvezet európai elterjedésével párhuzamosan azonban a magyar műnyelv a 19. század végére idejétmúlttá vált, emlékéit néhány kifejezés őrzi. Kidolgozóinak a magyar nyelv iránti tisztelete és szeretete ma is példaértékű.

7. (A legfontosabb) irodalom

- [1] Nendtvich Károly: Az életműtlen műipari vegytannak alapismeretei. Pest, 1844.
 [2] Nendtvich Károly: A vegytan elemei. Regnault Victor eredeti munkája nyomán. Pest, 1854.
 [3] Nendtvich Károly: A vegytan alapelvei. Pest, 1872.
 [4] Szabadváry Ferenc – Szőkefalvi-Nagy Zoltán: A kémia története Magyarországon. 170–185. o. Bp., 1972.
 [5] Balázs Lóránt: A kémia története I. 456–472. o. Bp., 1996.

Dr. Nemes Sándor

Milyen jövője lehet a „zöld” műanyagoknak?

Bevezető megjegyzések szakmáról, üzleti érdekekről és a médiáról

„Zöld” műanyagoknak az olyan biológiailag teljesen lebomló műanyagokat nevezzük, amelyek esetében a lebomlás egy éven belül, ártalmas bomlástermékek visszamaradása nélkül zajlik le. Egyes biológiailag lebomló műanyagok gyárthatók petrokémiai úton is, de a legtöbb „zöld” műanyag valamilyen növényi eredetű anyag felhasználásával készül. Ilyen a keményítő, a cukor, a cellulóz stb.

Lényeges összefüggések maradnának rejtve, ha a „zöld” műanyagok témáját kizárólag elvont szaktudományi alapon közelítenénk meg. A harsány és felületes médiában időnként a szakmaiságot a kóklerség szintjén képviselő hírek jelennek meg a témáról. A „zöld” műanyagok melletti hírveréskor csak ritkán esik szó arról, hogy az észak-amerikai és a nyugat-európai, államilag támogatott, túltermelési válsággal küszködő mezőgazdaság üzleti érdekei is a háttérben munkálnak.

Márpedig az üzleti érdekek természete az, hogy mindenféle álarcot felvehetnek. Például az emberiség jövőjéért aggóató jótevő álarcát is. Úgy tűnik, hogy a „zöld” műanyagok elterjesztése érdekében folytatott sajtókampányok lebonyolítóinak az a véleménye, hogy „az emberek keveset gondolkodnak, felületesen olvasnak, elhamarkodottan ítélnék, és úgy fogadják el a véleményeket, ahogy a pénzt elfogadják azért, mert az forgalomban van.” Ezért amit el akarnak fogadtatni, azt gyakran mondják, illetve mondatják! Az ilyen sajtókampányokból nemhogy az „igazat”, de igen sokszor a „valódit” sem ismerhetjük meg.

A műanyagok szerkezeti anyagok

A műanyagok a szerkezeti anyagok sorába tartoznak. Azon szilárd anyagok sorába tartoznak, amelyekből olyan műszaki rendeltetésű használati tárgyak, műtárgyak stb. készülnek, amelyek ekképpen gyakorlatilag az ember kialakított környezetét képezik. Szerkezeti anyagok a vas és acél, a nemvasfémek, nemesfémek, beton, habarcs, terméskő, üveg, porcelán, kerámiai anyagok, fa, papír, textíliák, bőr, gumi, műanyagok.

A szerkezeti anyagokat gyártók, illetve felhasználók pl.: a fa-, papír- és fémipar, mesterfogások, segéd- és adalékanyagok sokaságát használja fel, hogy a szerkezeti anyagok tartósak legyenek, hogy álljanak ellen a fénynek, oxidációnak, vegyszereknek, tűznek, biológiai hatásoknak és az öregedésnek.

A műanyaggyártó iparnak is folytonos törekvése a műanyagok hátrányos tulajdonságainak javítása. Példa nélküli, hogy a „zöld” műanyagok esetében a műanyaggyártóktól azt várják el, hogy karolják fel olyan anyagok gyártását, amelyeknek előnye a gyors lebomlás!

A világ műanyagtermelése a 2004. évben 224 millió tonna volt.¹ A 224 millió tonna túlnyomó többségét (88,5 %-át) hat műanyag tette ki. A gyártott összmenyiségből 2004-ben a polietilén (PE) 32,0 %-ot, a polipropilén (PP) 20,0 %-ot, a poli(vinil-klorid) (PVC) 16,5 %-ot, polisztirol/habosított polisztirol (PS/EPS) 8,0 %-ot, a poli(etilén-tereftalát) (PET) 6,5 %-ot és a poliuretán (PUR) 5,5 %-ot tett ki. A gyártott biológiailag lebomló műanyagok mennyisége az ilyen léptékű termékstatisztikai adatsorban jelentéktelen; kisebb, mint 0,1%.

Tévhitek a műanyagokról és műanyaghulladékokról

Miért kell foglalkoznunk a műanyagokkal és a műanyag-hulladékokkal kapcsolatos tévhitekkel? A „zöld” műanyagok bevezetésének szükségességét gyakran azzal indokolják, a műanyaghulladékok mennyisége nagy, és hogy a műanyaggyártás jelentősen hozzájárul az ásványi nyersanyagok készleteinek kimerüléséhez, másrészt a megújuló nyersanyagokból gyártott biológiailag lebomló „zöld” műanyagok jelentősen hozzájárulnak a fenntartható fejlődéshez, és a hulladéktermelés okozta problémák megoldásához. A bevezető megjegyzésekben említett okok: üzleti érdekek, a marketing eszköztárába sorolható sajtókampányok is szerepet játszhatnak abban, hogy tévhitek vannak a közvélekedésben.

A Föld ásványi (meg nem újuló) nyersanyagait nem a műanyaggyártóktól kell féltetni. A műanyaggyártás a meg nem újuló nyersanyagokból keveset használ, a műanyaggyártókat az ásványi nyersanyagok kimerülésével összefüggésbe hozni: aránytévesztés. 2005-ben a világ kőolajfogyasztása 3,84 milliárd tonna volt.² A világ egy évi kőolajtermeléséből kb. 4 %-ot használnak műanyaggyártásra, a vegyipar kb. ugyanennyiből egyéb petrokémiai terméket állít elő. Tehát a kőolajfogyasztásból a vegyipar „számlájára írható” kb. 8 %. Az energiaipar használja el a kőolaj kb. 42 %-át, a szállítmányozás és a közlekedés kb. 45 %-át. Ezen túl, 2005-ben a világ földgázfogyasztása 2750 milliárd m³, szénfelhasználása 5,82 milliárd tonna volt.² Ezeket a hatalmas mennyiségeket az energiaipar és a kohászat használja el.

Ha a kőolajkészletek fogyása miatt a kőolaj ára elviselhetetlenül magas lesz, az energiaszolgáltatás, a szállítmányozás és a közlekedés súlyos lépéskényszerbe kerül, és minden bizonnyal a megfelelő megoldások meg is születnek a kőolaj kiváltására. Az egyik legutóbbi, a bizonyított készletek és a jelenlegi kitermelési adatokon alapuló becslés szerint világviszonylatban a kőolaj kb. 40, a földgáz kb. 65, a szén kb. 155 évre elegendő.² (Természetesen ezen átlagértékek mögött, az egyes országokra vonatkozóan, nagy különbségek vannak. A jelentősebb készletekkel rendelkező országok a hiány miatt megdráguló energiahordozók eladásából óriási gazdagságra tesznek majd szert. Mellékesen megjegyezve: az említett forrás² szerint Magyarországon a bizonyított szénkészletek (jórészt lignit) nagysága 3,36 milliárd tonna,

amely a jelenlegi kitermelési ütemmel 350 évig elegendő.) Az energiaipar számára kiút lehet az atomenergia, vagy a visszatérés a szénhez, fához (növényi biomasszához). A szállítmányozás és a közlekedés esélye lehet a bioetanol, biodízel üzemanyag.

A műanyaggyártás által elhasznált kőolaj (és energia) „ellentételezéseként” a műanyagok alkalmazásával jelentős energiamegtakarítás érhető el. Egyrészt azért, hogy a járművek könnyebbé válásával kevesebb üzemanyag kell adott távolság megtételére, másrészt a műanyagok szigetelőanyagként való alkalmazása jelent energiamegtakarítást. Csomagolóanyagként az élelmiszerek hosszabb ideig történő eltartásához járulnak hozzá. A mezőgazdaságban a csövek és a takarófoliák használata a vízzel való takarékosabb gazdálkodást segíti. A műanyagok, életciklusuk végén, a műanyaghulladékok elégetésével ásványi energiahordozókat helyettesítenek. Vagyis: a műanyagok nélkül, ugyanolyan életszínvonalat, csak több energia felhasználásával lehetne biztosítani.

A másik tévhit: a műanyaghulladékok mindent elárasztó sokasága! Az emberi tevékenységek során keletkező hulladék összes mennyiségéhez mérten a műanyaghulladékok mennyisége csekély. A Magyarországon évente keletkező összes hulladék mennyiségéről igencsak eltérő adatok találhatók, azonban az adatok ilyen minősége ellenére is eljuthatunk ahhoz a következtetéshez, hogy Magyarországon a keletkező hulladék összes mennyiségéhez mérten a műanyaghulladékok mennyisége kb. 1 %. Ugyanez a helyzet az EU-15 tagállamaiban, Norvégiában és Svájcban is^{3,4}. 2001-ben, az EU-15 tagállamaiban, Norvégiában és Svájcban 2650 millió tonna összes hulladékban 23 millió tonna műanyaghulladék volt. Ugyanott 2002-ben, 2720 millió tonna összes hulladékban 24 millió tonna műanyaghulladék^{3,4}. *Ha tehát mindennemű, az emberi tevékenységek során keletkező hulladékot számításba veszünk, akkor az összes hulladéknak csak kb. 1 %-át teszik ki a műanyaghulladékok.*

Hogyan alakult ki az a tévhit, hogy a műanyaghulladékok mennyisége nagy?

A Föld legfejlettebb országaiban, a városiasodott régiókban, a lakosság hulladékának kezelése egy jövedelmező iparág. A hulladékkezelés globális piacát a világ legfejlettebb országainak települési hulladéktermelése élteti. Ennek a piacnak a folyamatos bővülése is biztosított, azáltal, hogy a fejlődő országok lakossága is, az életszínvonal

emelkedése nyomán jelentős hulladéktermelővé válik. A piaci szereplők ennek megfelelően terjeszkednek: ajánlják szolgáltatásaikat, a hulladékkezelés módszereit, berendezéseit. Jól dolgoznak tehát a hulladékkezelési üzlet marketingesei: a lakossági hulladéktermelés problémájának eltűlésével az embereket rábírják az általuk nyújtott szolgáltatások igénybevételére, a folyamatosan emelkedő szemétdíj zokszó nélküli fizetésére. Nagyon kevés szó esik arról a lényegesen nagyobb mennyiségű hulladékról, amely ipari, mezőgazdasági vagy más gazdasági tevékenységekből származik. (Ez a terület nem annyira „jó üzlet”, itt jelentős gazdasági erejű cégekkel kellene egyezkedni, és az ipari, valamint a mezőgazdasági lobbival.) *A lakosság mindennapi életéhez kapcsolódó szilárd települési hulladék csak kis része, 9-11 %-a, az összes hulladéknak. (A szilárd települési hulladékban a műanyagok aránya 9-13 %.)* A szilárd települési hulladékkal kapcsolatos problémák eltűlése a hulladékkezelők üzleti érdeke. Tehát a tévhit kialakulásának mechanizmusa: bizonyos tények elhallgatása miatt nagyobb jelentőséget kapnak kisebb jelentőségű dolgok és megfordítva: jelentéktlenebbek lesznek fontos dolgok. (Az elhallgatott tény: a mezőgazdasági, ipari és bányászati hulladékok hatalmas mennyisége. A minősített veszélyes hulladékok nagy része is a termelési hulladékban van; a szilárd települési hulladékban csak kb. 1 %-a.)

A szerkezeti anyagok piacának fejleményeit néhány évtizedre visszamenően ismerők között vannak olyanok, akiknek meggyőződése, hogy a műanyagok elleni lejárató kampányok mögött a műanyagok térnyerése folytán pozíciókat veszített iparok érdekei húzódnak meg: a fa-, papír-, üveg- és fémipari lobb érdekei.

Szerkezeti anyagok versengése az alkalmazási lehetőségeikért

Ugyanarra a célra sokszor többféle anyag alkalmas és bizonyos megfontolások alapján helyettesíthetik egymást. Talán a legjobb példa erre az italok csomagolása. Az üvegpalackok után megjelent a fémdobozos csomagolás, amely vagy alumíniumból, vagy acélból készült. Mostanság a legtöbb ital PET-palackba van töltve. Az üvegpalackok a borok és a tömény szeszes italok piacán tudták megőrizni piaci helyzetüket. Az alapanyagok, ez igaz a műanyagok körében is, tehát versenytárs alapanyagok. *Az alapanyagok versengése természetesen*

képletesen értendő, valójában gyártóik üzleti érdekeken alapuló piaci versenyről van szó!

A gyártók a gyártott alapanyagok piaci részesedése növelésének, más alapanyagok piacról való kiszorításának az elérésére a termékmarketing eszközeit alkalmazzák. (Akinek nincs elképzelése a termékmarketing eszköztáráról, az alkalmazók mentalitásáról, annak figyelmébe ajánlható az, hogy napjainkban a zajos választási kampányokat a versengő politikai pártok a termékmarketing tapasztalatai alapján folytatják.) Az üzleti érdekek érvényesítése során gyakran hallgatják el termékeik hiányosságait és túlozzák el a versenytárs anyagok hibáit. Az olyan alapanyagok, amelyeknek nem támad kiszorító versenytárs, helyettesítő alapanyaga, hosszú ideig használatban maradnak, és vannak a piacról kiszoruló alapanyagok, valamint olyan alapanyagok, amelyek a kifejlesztésükbe fektetett jelentős összegek ellenére sem tudnak teret nyerni a piacon, és feledésbe merülnek. Előfordul olyan is, hogy régen felfedezett, szűk piaci részesedéssel bíró alapanyagok egy új szakmai ötlet nyomán kiszorító alapanyaggá válnak. A PET hosszú ideig műszál, és filmek alapanyaga volt, mára jelentősen teret nyert a csomagolóanyagok piacán.

A hagyományos műanyaggyártók számára a megújuló nyersanyagokból készülő, biológiailag lebomló „zöld” műanyagok versenytárs anyagok.

A műanyagok jelenlegi választéka nagymértékben megfelel a felhasználók igényeinek. Mutatja ezt az is, hogy a világtermelés kb. 88,5 %-át hat műanyag teszi ki, közöttük, a gyártott mennyiség szerinti sorrend régóta állandó. A műanyagok teljes körében csak néhány „feltörekvő” van, a kis mennyiségben gyártott műanyagok között. A műanyagok mindennapi életünk elismerten hasznos anyagai. Ennek fényében nem érthető, hogy miféle durva lobbierdek mondatja egyesekkel, hogy a „köolajból készülő műanyag elfecsérli a Föld meg nem újítható nyersanyagát, környezetszennyező, biológiailag lebonthatatlan és összeférhetetlen az élet minden formájával, tehát így nincs helye a fenntartható fejlődésben”. A legfejlettebb országok szubvencionált, túltermelési válsággal küszködő mezőgazdaságai érdekeltek elsősorban abban, hogy a megújuló nyersanyagok kínálásával a nyersanyagok piacára belépjenek.

A „zöld” műanyagokról szóló híradásokban azt a tényt, hogy egyes projekteken, amelyek a biológiailag lebomló anyagokat

igyekeznek elterjeszteni, a konzorciumokban résztvesznek egyes ismert hagyományos műanyaggyártók is, úgy állítják be, mintha ez az ügy erőssége lenne. Valójában a gyengesége, mert az egyértelműen életképes üzleti projekteket a cégek maguk szokták lebonyolítani. (A konzorciumok a cégeknek olyan alkalmi jellegű társulásai, amelyek valamely nagy kockázatot jelentő vállalkozás közös lebonyolítására, a kockázat megosztására, céltámogatások megszerzésére alakulnak.) Vagyis az üzleti érdekek természete szerint, az ellenérdekeltség az ügyben való érdekeltség álarcát is magára öltheti. A projektben való részvétel lehetőséget nyújt a cég számára, hogy a versenytárs anyagokkal kapcsolatos fejleményekről pontos információi legyenek. Ha jó üzlet mutatkozik, beszállnak; ha várakozásaik nem teljesülnek, veszteségeiket leírva, kilépnek. Az üzletágban meglévő jelentős kockázatra utal, hogy az utóbbi tíz évben több cég is megvált „zöld” műanyagok gyártásával foglalkozó részlegétől. A gyártásra vonatkozó licencek gyakran cseréltek gazdát.

Az 1996. és 2001. közötti időszakban a biológiai lebomló műanyagok termelése éves átlagban 35 %-os mértékben nőtt. Mára a biológiai lebomló műanyagok termelésének éves növekedési üteme a 12 - 16 %-os tartományban van. A tömegműanyagok termelésének növekedése, jóval nagyobb bázison, évi 4,5 – 5,5 %.

Miért legyenek a műanyagok biológiailag lebomlók?

Az 1990-es évek elején az Egyesült Államokban kezdődtek a környezetvédők környezeti állapotokat kifogásoló tiltakozásai. A tiltakozók, a műanyagok térnyerése folytán pozíciókat veszített iparok (a fa-, papír-, üveg- és fémipari lobbik) érdekeivel összhangban, kárhoztatták a műanyagok használatát. A műanyagipar a műanyagok újrafeldolgozásának ígéretével válaszolt a tiltakozásokra, valamint a környezetvédők részéről felmerült a biológiailag lebomló műanyagok elterjesztésének szükségessége. Mivel a biológiailag lebomló műanyagok többségének alapanyaga mezőgazdasági termékből származik, az ötlet a mezőgazdasági lobbik buzgó helyeslésével találkozott.

Téves azt feltételezni, hogy a biológiailag lebomló műanyagok egyszerűen ezen tulajdonságuknál fogva a környezet számára kedvező hatásúak. A biológiailag lebomló műanyagok hulladékának áramát a biológiailag lebomló mezőgazdasági, ipari és háztartási hulladék

valamelyikével együtt kell kezelni. Vagyis ezt is szelektíven kell gyűjteni és a komposztálható hulladékokkal együtt komposztálni!

A biológiailag lebomló műanyagok elterjesztése nem jelent megoldást a szemetelés problémájára. A biológiailag lebomló műanyagokat sem lehet eldobni, azt gondolva, hogy azok majd lebomlanak. A biológiailag lebomló műanyagokat főleg használatba venni, ha hulladékként a szemétkukákba kerülnek. A biológiailag lebomló polimerek elterjesztése a szemét mennyisége csökkentésének nem hatékony módja. Nincs értelme a biológiailag lebomló műanyagokat használatba venni, ha azokat elégetik.

A biológiailag lebomló műanyagok alkalmazása nem járul hozzá a műanyag hulladékok mennyiségének csökkentéséhez, csupán a műanyag hulladékok egy részét áttéríti az amúgy is problémás és nagy mennyiségű biológiailag lebomló hulladékok áramába. A háztartások és más gazdasági ágazatok hatalmas mennyiségű biológiailag lebomló szerves anyagot termelnek hulladékként. Ide tartozik a növénytermesztési és állattartási hulladék, a feldolgozóipari hulladék, a háztartásokban és vendéglátóiparban keletkező konyhai hulladék, a kertekből és parkokból származó biológiailag lebomló hulladék. Európában jelentős erőfeszítéseket tesznek a szemétkukákra kerülő biológiailag lebomló hulladékok mennyiségének a csökkentésére. Az ajánlott megoldás a biológiai úton történő lebontás. Mivel a biológiai lebomlást (komposztálást) gázfejlődés kíséri, a biológiailag lebomló műanyag hulladékok a felszíni szennyezés problémáját részben levegőszennyezési problémává változtatják át.

Miért nem célszerű a biológiailag lebomló műanyagok használatbavétele, ha hulladékként a szemétkukákba kerülnek? A szemétkukákon, a tömörített és talajjal lefedett szemétkukákban, az oxigénhiány miatt anaerob bomlások folynak, és a mikroorganizmusok számának a lebontandó anyag mennyiségéhez mért csekély volta miatt a lebontás nagyon lassú. Bizonyos esetekben, a szemétkukákon folytatott ásatások tanúsága szerint, az eltemetett papír olvasható volt 25 év múlva is⁵. Tehát az amúgy biológiailag lebomló cellulóz is csak lassan bomlik le ilyen körülmények között. A rendezett szemétkukákban a nagyon lassú bomlást gázképződés (metán, szén-dioxid, kén-hidrogén, ammónia stb.) kíséri. A biológiailag lebomló hulladékok kukákban való elhelyezése elterjedt megoldás, de Európában jogszabályok rendelik el az odakerülő mennyiségnek az erőteljes lecsökkentését.

Milyenek azok a „zöld” műanyagok?

A műanyagok túlnyomó többségétől, úgy, mint a többi szerkezeti anyagtól is, azt várjuk, hogy minél tartósabbak legyenek. Az ilyen alkalmazásokban a tárgyak nem készülhetnek biológiailag lebomló polimerekből.

A műanyagok környezetben való degradációja különböző módokon történhet, amelyet néha együttesen, de hibásan neveznek biológiai lebomlásnak. A műanyagok környezetben való lebomlása összetett folyamat: a lebomlásban, annak gyorsításában szerepet játszhat az oxigén, a fény, mikro- és makroorganizmusok, és még más tényezők is: pl.: mechanikai hatások stb. Célszerű a *lebomló, biológiailag lebomló* és *komposztálható műanyag* megkülönböztetése. *A műanyag lehet lebomló, ugyanakkor nem biológiailag lebomló; lehet biológiailag lebomló, ugyanakkor nem komposztálható* (mert például lassan bomlik le ahhoz, hogy a komposztálható jelzöt megkapja, vagy, mert toxikus maradványokat hagy hátra a lebomlás során). Ha a kérdéses anyagról tudjuk, hogy melyik tényezőnek van fő szerepe a lebomlásban, akkor jelezni szükséges: pl.: oxigén hatására lebomló, fény hatására lebomló, vagy hidrolízis következtében lebomló.

A *biológiailag lebomló műanyag* olyan műanyag, amelynek lebomlásában a fő szerepet a természetben előforduló mikroorganizmusok (baktériumok, gombák, algák) játsszák. (A „biológiailag lebomló” jelzővel illetett műanyagoknak van egy különleges csoportja: az orvosi alkalmazásokban a biológiai lebomlás az élő test teremtette környezetben (*in vivo*) zajlik. Ezekkel itt nem foglalkozunk, ezeket nem is nevezik „zöld” műanyagoknak.). Teljes a biológiai lebomlás, ha az eredeti szerves anyag, ebben az esetben a polimer, szén-dioxid, vízzé, szerves anyagokká és biomasszává (a mikroorganizmusok testét felépítő anyaggá) alakul át. Az ember számára, környezetének védelme érdekében, csak az olyan teljes biológiai lebomlásnak van értelme, amely ésszerű időn belül történik (átlagosan 3-6 hónap alatt), amelyet kísérleti módszerekkel bizonyítani kell. A bizonyítás kísérleti módszerei ma már szabványosítottak.⁶ Ha a bomlástermékek sorsa tisztázatlan, a biológiailag lebomló műanyag alkalmazása nem érte el a célját. Csak a környezetre

nem ártalmas termékekre lebomló anyagok kifejlesztésével érdemes foglalkozni, amelyek megfelelnek a komposztálás feltételeinek.

A *komposztálható műanyag* a komposztálás ideje alatt biológiailag le kell bomlania a többi komposztálásra szánt anyaggal együtt; és át kell alakulnia szén-dioxiddá, vízzé, szerves anyagokká és biomasszává; és nem maradhatnak vissza ökotoxikus maradványok a műanyag adalékanyagaiból sem. A komposztálás eredménye a komposzt: értékes talajjavító anyag. A műanyagok komposztálására csak az ipari méretű komposztálók jöhetnek szóba, amelyek biztosítani tudják az ellenőrzött körülményeket, és ahol a komposztálás magasabb hőmérsékleten folyik, és végül, ahol a komposzt értékesítését jobban meg tudják oldani. A körülmények ellenőrzése azt jelenti, hogy a komposztálható anyagot időnként átkeverik és levegőztetik. A műanyagok komposztálására az otthoni komposztálás nem lehet megoldás.

A komposztálás a legfejlettebb országban is csak a szemét néhány %-ára terjed ki (a konyhai és a kerti hulladékokra). Mivel a komposztálás sebessége hőmérsékletfüggő, elsősorban a melegebb éghajlatú országok alkalmazzák. Az ipari méretű komposztálók száma Európában még messze van a szükségéstől.

A „zöld” műanyagok néhány lehetséges alkalmazási területe: reklámtáskák, eldobható tányér, pohár, étkezés; háztartási vagy kerti hulladék számára szemeteszsák, takarófólia a mezőgazdaságban, zöldség- és gyümölcshálók, zacskók zöldségek és gyümölcsök számára, áttetsző fólia virágoknak, halásháló. A biológiailag lebomló műanyagok hulladékát szelektíven kell gyűjteni, hogy a komposztálható anyagokhoz kerülhessen. A biológiailag lebomló műanyagokat nem lehet alkalmazni olyan helyeken, ahol kórokozók szennyeződhetnek. A komposztálás nem távolítja el a kórokozókat. (A kórokozók szennyeződött hulladékok ártalmatlanítási módja: az égetés.)

A „zöld” műanyagok piaci helyzete

A biológiailag lebomló műanyagoknak a piaci versenytársai a tömegműanyagok, amelyeknek ára 1-2 EUR/kg. A biológiailag lebomló műanyagok ára jelenleg a 2-12 EUR/kg tartományban szóródik.

Mint említettük, a biológiailag lebomló műanyagok gyárthatók petrokémiai alapon is, ilyenek a polikaprolakton, a polivinilalkohol, a poliglikolsav, stb.

A megújuló nyersanyagokból származtatott biológiailag lebomló „zöld” műanyagok kereskedelmileg legsikeresebb osztályai a keményítőalapú műanyagok, az alifás poliészterek közül a politejsav, és a mikroorganizmusokkal termeltethető alifás poliészterek, pl.: a 3-OH-alkánsavak homo- és kopolimerjei. Az **1. táblázatban** néhány ipari mennyiségben gyártott biológiailag lebomló műanyag szerepel, valamint az, hogy ki gyártja és milyen márkanéven van forgalomban. Évente néhány tízezer tonnányit gyártanak a keményítőtartalmú műanyagokból és a politejsavból, a többi esetében csak néhány ezer tonnányit gyártanak.

A lebomlónak nevezett műanyagok legkorábbi generációjában voltak olyan anyagok, amelyek nem tekinthetők biológiailag lebomlónak. A biológiailag lebomló adalékanyagokat: keményítőt, cellulózt, lignint tartalmazó, egyébként nem lebomló pl. polietilén, szétesik ugyan a talajban, ám diszpergálódva ottmarad a nem lebomló polietilén. A fényre és/vagy oxidációra érzékeny, vagy a mikroorganizmusok által bontható monomeregységeket tartalmazó etilén-kopolimerek esetében nincs megnyugtatóan tisztázva, hogy a bomlás közben és után keletkező anyagok milyen hatást gyakorolnak a környezetre. Nem tisztázott az ilyenkor keletkező bomlástermékek sorsa a talajban, vagyis mikorra lesz belőlük szén-dioxid, víz és a mikroorganizmusok testét alkotó anyag.

1. táblázat. Néhány biológiailag lebomló műanyag

Alapanyag	Gyártó (Márkanév)
Keményítőalapú anyagok	Novamont (Mater-Bi®) Rodenburg BioPolymers (Solanyl®) National Starch (Ecofoam®)
Keményítő-észterek $[C_6H_7O_2(OH)_x(OCO(CH_2)_yCH_3)_{3-x}]_n$	Japan Corn Starch (Cornpol®)
Politejsav $-[OCH(CH_3)CO]_n-$	NatureWorks (NatureWorks®) Hycail (Hycail®) Mitsui Chemicals (Lacea®)
Poli(3-OH-vajsav) $-[OCH(CH_3)CH_2CO]_n-$	Biomer (Biomer®) Mitsubishi Gas Chem. (Biogreen®)

Poli(3-OH-vajsav-co-3-OH-valeriánsav) $-[OCH(CH_3)CH_2CO]_n-$ $-[OCH(C_2H_5)CH_2CO]_m-$	Metabolix (Biopol®)
Poli(butilén-szukcinát) $-[O(CH_2)_4O-CO(CH_2)_2CO]_n-$	Showa HighPolymer (Bionolle®)
Poli(butilén-szukcinát-co-adipát) $-[O(CH_2)_4O-CO(CH_2)_2CO]_n-$ $-[O(CH_2)_4O-CO(CH_2)_4CO]_m$	Showa HighPolymer (Bionolle®)
Cellulóz-hidrát $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$	Innovia Films (Cellophane®) Lenzing (Viscose®, Tencell®)
Cellulóz-acetát $[C_6H_7O_2(OH)_x(OCOCH_3)_{3-x}]_n$	Eastman (Tenite®) Innovia Films (Naturflex®)
Polikaprolakton $-[OCO(CH_2)_5]_n-$	Solvay (Capa®)

A keményítőtartalmú anyagok egyes képviselői ma már árban versenyképesek a tömegműanyagokkal. A keményítőtartalmú anyagoknak a biológiai lebonthatóságon kívül nem sok előnyös tulajdonságuk van. Nedvességre érzékenyek, alacsony a lágyuláspontjuk, valamint „szavatossági idejük” van. Egyes gyártók a leszállítás után félét, egy éven belüli feldolgozásukat ajánlják. Ez érthető, hiszen a biológiai lebonthatóság és a tartósság egymásnak ellentmondó tulajdonságok. Minél inkább mutatják ezek az anyagok a keményítő tulajdonságait, annál inkább megfelelnek a biológiai lebonthatóság, illetve a komposztálhatóság feltételeinek. Ám ez azt is jelenti, hogy nemcsak a mikroorganizmusok támadják a körülmények megfelelése esetén, hanem ezek az anyagok vonzzák a rovarokat, rágcsálókat is. A termékcsoporthoz a filmek, fóliák gyártására alkalmas típusok vannak többségben, de habosítható anyag is van.

A politejsav és a poli(3-OH-vajsav) kemény, merev anyagok; amely kedvezőtlen tulajdonságokat kopolimerizációval javítanak. A nagy kristályossági fokú politejsav tulajdonságai a poli(etilén-tereftalát)-hoz hasonlóak, azonban a magas kristályossági fokúak gyakorlatilag nem biológiailag lebomlók. A politejsav nyújtja a legszélesebb alkalmazási lehetőségeket a kereskedelmileg is sikeres anyagok között: filmek, fóliák, lemezek, szálak (textíliák), palackok, téglák gyártására alkalmas típusok vannak forgalomban. A poli(3-OH-vajsav) és kopolimerjeinek elterjedését továbbra is gátolja, hogy áruk a 10 EUR/kg környezetében van.

A biológiailag lebomló műanyagok elterjedésének gátja az esetek többségében a magas ár, és az elégtelen (nem megfelelő) mechanikai tulajdonságok (egyes esetekben 100 °C alatti lágyuláspont). Az, hogy egy anyag a mikroorganizmusok enzimszisztemjei által bomtható, azt jelenti, hogy az anyag minden olyan helyen, ahol a mikroorganizmusok számára a feltételek kedvezőek, bomlani kezd, például raktározás során is.

Összefoglaló megjegyzések

A biológiailag lebomló műanyagok az alkalmazások legtöbbségében nem vehetik át a tömegműanyagok szerepét, mert az alkalmazások többségében a tartósság fő szempont, amit a többi szerkezeti anyag esetében nem is szoktak megkérdőjelezni.

Ha a kőolajkészletek fogyása miatt a kőolajárak a mainál is magasabbak lesznek, az energiaipar, a szállítmányozás és a közlekedés más megoldásokat fog keresni a kőolaj helyettesítésére, és a maradvány kőolajkészlettel a műanyagipar még sokáig működhet, és a maihoz hasonló kínálatot tud fenntartani.

A biológiailag lebomló műanyagok a szerkezeti anyagok sorában mellékszereplők, és azok is maradnak. A szerkezeti anyagok világában, úgy, mint a hagyományos műanyagok területén is, ami számít „mire jó az anyag?” és az, hogy a tulajdonságoknak azt az összességét, amellyel az anyag a szerepét betölti, „milyen áron?” nyújtja. Csak ezek után következik, ha következik egyáltalán, a felhasználók szempontjainak sorában az, hogy az anyag milyen nyersanyagból készült, és mi lesz majd a sorsa hulladékként.

A biológiailag lebomló feltörekvő műanyagok piaci részesedése jelenleg kevesebb, mint 0,1 %. A piaci részesedés a 0,3 - 0,4 % tartományban lehet a következő tíz évben. Ennek megfelelően ezek az anyagok, illetve gyártásuk hatása a környezetre, az ásványi nyersanyagok fogyasztásának ütemére és a társadalomra jelentéktelen marad.

Irodalomjegyzék

¹Plastics Business Data and Charts, Status: 2005. 04. 12., (<http://www.vke.de>)

²BP Statistical Review of World Energy, June 2006.
(<http://www.bp.com/statisticalreview>)

³An Analysis of Plastics Consumption and Recovery in Europe 2002 & 2003., Association of Plastics Manufacturers – PlasticsEurope 2004.

⁴An Analysis of Plastics Consumption and Recovery in Europe 2001 & 2002., Association of Plastics Manufacturers – PlasticsEurope 2003.

⁵Elias, H.-G.: Waste Disposal, in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Verlag Chemie, Weinheim, Vol.: A20, p.657., 1992.

⁶The European Norm EN 13432 Packaging – Requirements for Packaging Recoverable through Composting and Biodegradation – Test Scheme and Evaluation Criteria for Final Acceptance of Packaging.