



Bruckner-termi előadások

Karger-Kocsis József

■ BME Polimertechnika Tanszék és MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoportot

Multifunkciós polimerek és kompozitjaik

A Diels–Alder-reakció szerepe

Napjainkban az anyagfejlesztés multifunkciós, „intelligens” anyagok kialakítására irányul. Ez a megjegyzés érvényes fémekre, kerámiákra és polimerekre egyaránt. Multifunkciós jellemzővel azon anyagokat illetik, amelyek tulajdonságai egymástól alapvetően függetlenek. Így anyagaink terhelésközvetítő szerepük (mechanikai jellemzők) mellett egyéb, ún. funkciós sajátosságokkal (pl. alaklélezés, öngyógyulás, környezeti hatások érzékelése és ezekre válaszadás, viszkozitáscsökkenés, újrafeldolgozhatóság) is rendelkeznek.

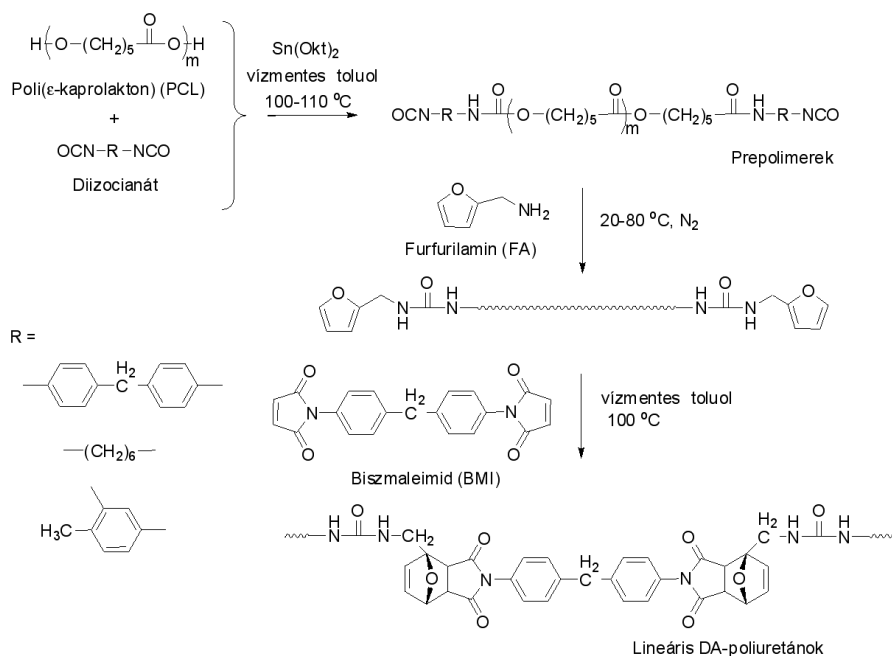
„A konjugált kötésű rendszerek 1,4-helyzetű részleges telítése kellő aktivitású olefin-kötést tartalmazó rendszerrel is elérhető” – írja Bruckner Győző [1]. E reakció helyes értelmezése Diels és Alder szerzőpáros érdeme [2], akiket ezért 1950-ben Nobel-díjjal tüntettek ki. A Diels–Alder- (DA) reakció egy dién és egy dienofil vegyület

között jön létre ciklikus vegyületet eredményezve, amelyet gyakran adduktoknak is neveznek. Hetero-DA-reakcióról akkor beszélünk ha a gyűrűs, ciklikus vegyület kialakításában a szénatomokon kívül egyéb atomok is részt vesznek. A DA-reakció egyik fontos sajátossága termoreverzibilis jellege. A retro-DA-reakció bizonyos hőmérséklet felett idézhető elő, amelynek során a kiindulási vegyületek visszanyerhetők. Miként a következőkben látni fogjuk, a DA/retro-DA-reakciók révén tudjuk polimereinket olyan funkciós tulajdonságokkal ellátni, mint például az öngyógyulás, az erősen térhálósított rendszerek ömledékből és oldatból történő újrafeldolgozása. Ezekben az esetekben diénkomponensként túlnyomórészt furán, ciklopentadién, esetleg antracén, míg dienofil reagensként maleimid és akrilát funkciós csoportokkal rendelkező vegyületek, makromolekulák szol-

gálnak. Polimerek DA-reakcióját igen gyakran furán- és maleimidcsoportok kölcsönhatása váltja ki [3]. Ennek valószínű oka az, hogy ez esetben mind a DA-, mind pedig a retro-DA-reakciók hőmérséklete alacsony, amely összhangban áll számos polimer korlátozott hőstabilitásával. A DA-reakciót, mivel kiváltható vizes, oldószeres közegekben és ömledékben egyaránt, előszeretettel alkalmazzák polimerek szintézisében, módosításukra, továbbá új típusú polimer kompozitok létrehozására. Az alábbiakban kiragadott irodalmi példák és saját kutatási eredmények alapján tesztek kísérletet a DA/retro-DA-reakciók sokoldalú használhatóságának bemutatására polimerek és kompozitjaik esetében.

DA-reakció révén alkalmasan funkcionált szteroidszármazék rögzíthető ideiglenesen úgy hidrogélben, hogy időben elnyújtott kibocsátása a vonatkozó gyógyszeres kezelést elősegítse [4]. Új típusú amfifil hidrogélek is előállíthatók a reverzibilis addíciós/fragmentációs láncátviteli polimerizáció (RAFT) és hetero-DA-csatolás (ciklopentadién/elektronshívó környezetű C=S) révén [5]. A DA-reakció időleges blokkoló szerepet is játszhat, mielőtt például többfunkciós tiolszármazékokat reagáltatnánk többfunkciós maleimidekkel tiamic Michael-reakcióban erősen térhálós rendszerek kialakításakor [6]. Többfunkciós furán- és maleimid-végcsoportú vegyületek felhasználásával nagy térhálósűrűségű polimerek állíthatók elő. Retro-DA-reakciót követő ismételt DA-reakció alkalmasnak bizonyult a törésfelület gyógyítására [7]. Ez utóbbi közlemény tekinthető azon figyelemfelkeltő munkának, amely a kutatók érdeklődését a DA-reakció adta lehetőségek polimerekben való kiaknázására irányította. A DA (furán/maleimid) termoreverzibilis sajátosságát főként furánfunkciós epoxigyanta-alapú rendszerek öngyó-

1. ábra. Főláncban DA-csatolású alaklélező/öngyógyuló poliuretánok előállítása





gyulására alkalmazták [8]. Az öngyógyulás kivitelezésre retro-DA-t követő ismételt DA-reakció szolgált. Amennyiben a DA-addukt egyben az epoxigyanta amin-térhálósítójának szerepét is betölti, akkor a térhálósítás során az egymás ellen ható DA- és Michael-reakciók hőmérsékletfüggését is figyelembe kell venni [9]. Nagy térhálósűrűségű polimerek előállíthatók polimeranalóg (láncszálváltozás nélküli) reakcióban is. Így például furáncsoportok képezhetőek alkalmas poliketonok esetében főláncukon Paal–Knorr-reakcióban, amelyek biszmaleimid-származékkal reagálván alakítanak ki térhálót [10]. A példák sora nem nélkülözheti a poliuretánokat, amelyek sokoldalú kémiája a legváltozatosabb polimerek kialakításának záloga. Az **I. ábrán** bemutatott reakciósorban sikerült olyan lineáris DA-csatolású poliuretánokat szintetizálni, amelyek alakemlékező képességen túl várhatóan öngyógyuló sajátossággal is rendelkeznek [11]. Az emlékező funkció kiváltására (jelen esetben egy átmeneti alak létrehozására és az eredeti alak visszanyerésére) a kristályos diolkomponens (polikaprolakton) olvadási/kristályosodási hőmérséklete szolgált.

A DA-reakció alkalmasnak bizonyult hagyományos és nanokompozitok öngyógyulónak tételében is. Üveg- és szénszál erő-

sítésű epoxigyanta-mátrixú kompozitok esetében a határfelületi réteg gyógyítását az egyik DA-reagens (maleimid funkciós csoport) szálfelületen való kialakításával (szol-gél kémia), míg a másik mátrixba való bevitelével (furán-végcsoportú epoxivegyületek) érték el [12]. Nanoadalékok (pl. szilika [13], sziliszesszkvioxán-származékok [14]) DA-funkcionalizálása révén öngyógyuló anyagokat, bevonatokat állítottak elő. DA-csatolással sikerült a grafén-oxidot is egy lépésben organifillé tenni, elősegítve így polimerekben való diszpergálhatóságát [15]. Komoly kísérletek folynak az öngyógyulás és az alakvisszanyerés együttes kiváltására mind polimerek, mind pedig kompozitjaik esetében a DA-reakció kiaknázásával. Szénszál rétegeket tartalmazó DA-csatolású poliuretánok esetében a koncepció helyességét immár bizonyították is [16].

Összefoglalóan megállapítható, hogy a DA-reakció igen ígéretes módszer (multi)funkciós polimerek és kompozitjaik kialakítására. A DA/retro-DA-reakciók által elérhető funkcionális tulajdonságok a következők: DA-kötésű térhálós rendszerek ömledékből/oldatból történő újrafeldolgozása (ez érvényes gumikra is [17]), öngyógyulás, alakemlékezés, valamint ezek kombinációi.

Köszönetnyilvánítás.

Az előadás anyagát az OTKA SNN 114547 projekt keretében készítettem el.

IRODALOM

[1] Bruckner Gy.: Szerves Kémia I–I. Tankönyvkiadó, 1961, 141.
 [2] O. Diels, K. Adler, J. Liebigs Ann. Chemie (1928) 460, 98.
 [3] A. Gandini, Progr. Polym. Sci. (2013) 38, 1.
 [4] M. Fan, Y. Ma, Z. Zhang, J. Mao, H. Tan, X. Hu, Mat. Sci. Eng. C (2015) 56, 311.
 [5] M. Langer, J. Brandt, A. Lederer, A. S. Goldmann, F. H. Schacher, C. Barner-Kowollik, Polym. Chem. (2014) 5, 5330.
 [6] V. Froidevaux, C. Negrell, E. Laborbe, R. Auvergne, B. Boutevin, Eur. Polym. J. (2015) 69, 510.
 [7] X. Chen, M. A. Dam, K. Ono, A. Mal, H. Shen, S. R. Nutt, K. Sheran, F. Wudl, Science (2002) 295, 1698.
 [8] J. Li, G. Zhang, L. Deng, K. Jiang, S. Zhao, Y. Gao, R. Sun, C. Wong, J. Appl. Polym. Sci. (2015) 132, 42167.
 [9] N. Bai, G. P. Simon, K. Saito, New J. Chem. (2015) 39, 3497.
 [10] Y. Zhang, A. A. Boekhuis, F. Picchioni, Macromolecules (2009) 42, 1906.
 [11] Cs. Lakatos, K. Czifrák, R. Papp, J. Karger-Kocsis, M. Zsuga, S. Kéki, Express Polym. Lett. (2016) 10, megjelenés alatt.
 [12] J. Karger-Kocsis, H. Mahmood, A. Pegoretti, Progr. Mater. Sci. (2015) 73, 1.
 [13] S. Schäfer, G. Kickelbick, Polymer (2015) 69, 357.
 [14] Z. Xu, Y. Zhao, X. Wang, T. Lin, Chem. Commun. (2013) 49, 6755.
 [15] J. Yuan, G. Chen, W. Weng, Y. Xu, J. Mater. Chem. (2012) 22, 7929.
 [16] Y. Heo, H. A. Sodano, Compos. Sci. Technol. (2015) 118, 244.
 [17] L. M. Polgar, M. van Duin, A. A. Boekhuis, F. Picchioni, Macromolecules (2015) 48, 7096.

Agócs Attila

■ PTE Biokémia és Orvosi Kémia Intézet

A pécsi karotinoidkémiai kutatások napjainkban

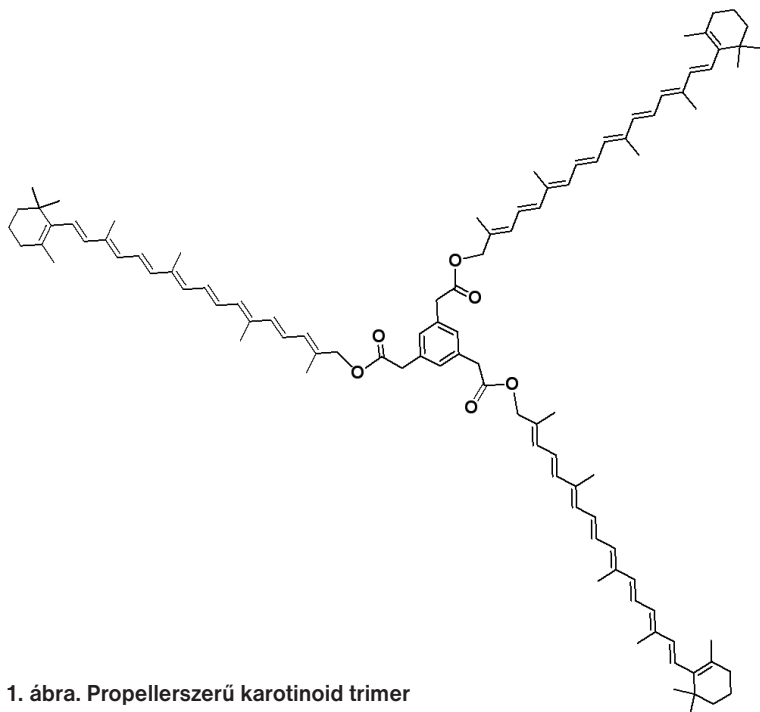
A karotinoidok olyan természetes hidrofób színezékek, amelyek mind a növényi, mind az állati szervezetekben megtalálhatóak. Fontos szerepet töltenek be a fényabszorpció és a fényvédelem mechanizmusában; kiváló antioxidáns hatásuk révén képesek a szabad gyökök megkötésére, így megakadályozzák a lipid-peroxidációt, a DNS és más biomolekulák oxidatív károsodását. Közvetlen kapcsolat mutatható ki a táplálékkal elfogyasztott karotinoidok mennyisége és a kardiovaszkuláris betegségek gyakoriságának csökkenése között. Az időskori makuladegeneráció hatékonyan megelőzhető lutein és/vagy zeaxantin bevitelével. Ismert egyes karotinoidok immunmódosító és rákellenes hatása [1].

A Pécsen immár több mint 90 éve működő Karotinoidkémiai Kutatócsoportban az elmúlt években az izolálás mellett a szintetikus módosításokra került a hangsúly. Előadásomban ezek eredményeit foglaltam össze a cukorszármazékok kivételével.

A karotinoid dimereket és trimereket, illetve potenciálisan dendrimereket elsősorban szerkezeti érdekességük miatt állítottuk elő [2]. A nanométeres méretű karotinoidmolekulák a természetben is optikailag aktív aggregátumokat hoznak létre, ám ezeknek a szupramolekuláris szerkezeteknek még nem ismert a biológiai funkciója. Számítottunk az antioxidáns hatás esetleges növekedésére is az ily mó-

don „koncentráltan” jelen levő karotinlancok miatt, ám a mérések ezt a várakozást nem egyértelműen igazolták vissza. Legjobban a karotinoid-alkoholok valamint di- és trikarbonsav-magok közötti reakcióval keletkeztek a termékek közepes kitermeléssel (**I. ábra**). Jelenleg az időközben karotinoidokra optimált [3+2] azid-alkin click-reakcióval próbálunk magasabb hozamokat elérni.

Hidrofil karotinoidokat általában két céllal állítanak elő: a megváltozott, illetve megnövekedett biológiai aktivitásuk miatt orvosi felhasználásra vagy az élelmiszeriparban és a takarmányozásban színezékként való alkalmazásra. Az elmúlt két évtizedben számos módszert közöltek (álta-



1. ábra. Propellerszerű karotinoid trimer

lában szabadalom formájában) a karotinoidok vízdoldhatóságának növelésére. Ezek a készítmények többnyire karotinoidok és valamilyen szolubilizáló anyag egyszerű keverékei, például polietilén-glikol- (PEG) diszperziók. Mi kémiai módosításokkal kívántunk hidrophil származékokat előállítani. Az új vegyületekkel kapcsolatosan a vízdoldhatóságukon kívül a legfontosabb kérdések, hogy felülmúlják-e a természetes karotinoidok antioxidáns hatását, illetve milyen toxikológiai és farmakokinetikai paraméterekkel rendelkeznek: ezek a kér-

dések a legtöbb bemutatandó vegyület esetében még válaszra várnak. Néhány hidrophil karotinszármazéknál jelentősen megnövekedett antioxidáns hatást találtak vizes oldatban a megfelelő hidrophob kiindulási karotinhoz képest, ami biztató eredmény a jövőre nézve. Az alábbiakban bemutatom az újonnan előállított származékokat.

Számos biomolekulának (elsősorban peptidnek) állították már elő polietilén-glikollal (PEG) képzett származékát, azonban kovalensen kötött PEG-karotinoid kon-

jugátumokat korábban nem szintetizáltak. A hidrophil PEG-konjugátumoknak rendszerint kedvezőbbek a farmakokinetikai jellemzői és hatékonyan alkalmazhatóak a hatóanyagok célba juttatásában. A kovalens PEG-konjugátumok előnye, hogy kevésbé változtatják meg az ozmotikus homeosztázist, mint az ionos vegyületek, továbbá a PEG-konjugátumok vízdoldhatósága nem pH-függő. Ha a PEG-rész fiziológiai körülmények között viszonylag könnyen hidrolizálható kötéssel kapcsolódik a karotinoidhoz, akkor a PEG egyszerűen a karotinoid rész indifferens, poláros célba juttató egységként funkcionálhat.

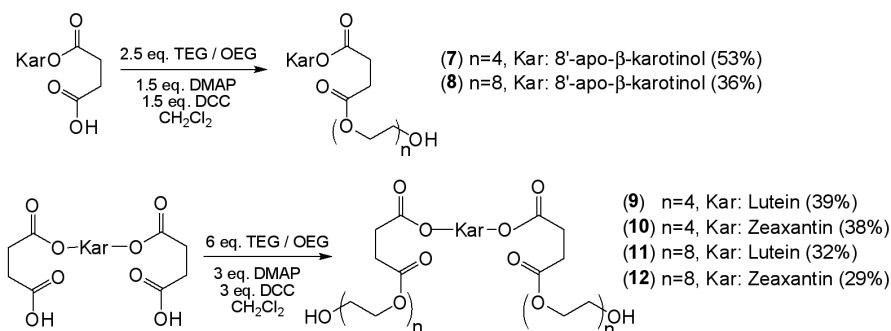
Karotinoid-szukcinátokból PEG-észtereket és -diésztereket állítottunk elő különböző hosszúságú polietilén-glikollokkal [tetraetilén-glikol (TEG), oktaetilenglikol (OEG), PEG-550 monometil-éter (mPEG-550)], **2. ábra** [3]. Ha a reakciókban a karotinoid-szukcinátot alkalmaztuk feleslegben, akkor dimerekhez jutottunk, ahol a két karotinrész között egy PEG összekötő elem található [4]. Hasonló módon, több lépésben olyan dendritikus jellegű karotinoid trimereket állítottunk elő, melyek TEG vagy OEG elemeken keresztül kapcsolódnak a központi egységhez [2].

A termékek vízdoldhatósága – a várakozással megegyezően – arányos volt a konjugátumok PEG-tartalmával. Bár az észteres konjugáció miatt a vegyületek *in vivo* érzékenyek lehetnek hidrolízisre, az a tény, hogy a karotinoid regenerálódik fiziológiai körülmények között, akár előnyös is lehet. Az előzetes eredmények szerint néhány PEG-karotinoid konjugátum jó antioxidáns aktivitást mutatott humán májsejteken hidrogén-peroxiddal kiváltott oxidatív stresszben.

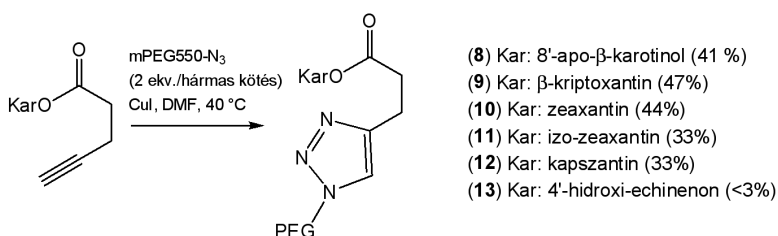
A közelmúltban új módszert dolgoztunk ki PEG-karotinoid konjugátumok kialakítására: elsőként alkalmaztuk a [3+2] azid-alkin click-reakciót a karotinoidkémiaiban [5]. A reakciókörülmények optimalása után sikeresen kapcsoltunk PEG-azidokat karotinoid-pentinoátokhoz. A módszer valószínűleg más, bioaktív molekulákkal képzett konjugátumok előállítására is felhasználható lesz a jövőben, ugyanis a reakciók enyhe körülmények között és megfelelő kitermeléssel játszódnak le (**3. ábra**).

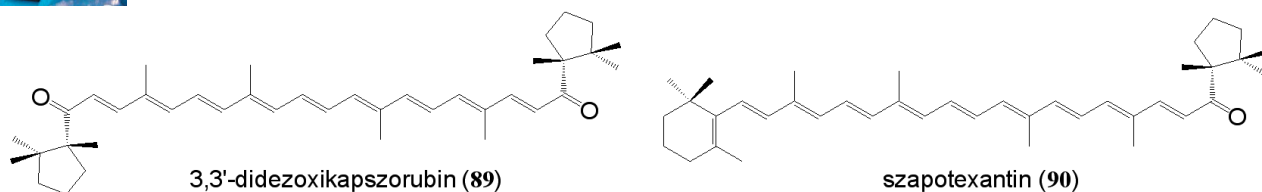
Kutatásaink új irányvonalát képezi a karotinoid-biomolekula konjugátumok előállítása. Ebben a témakörben még csak a kezdeteknél tartunk, az első kapcsolt biomolekulák természetes flavonoidok. A fentiekben látható, hogy a karotinoidokból egyszerűen alkinszármazék készíthető,

2. ábra. TEG- és OEG-konjugátumok mono- és diszukcinátokból (Kar = karotinoid)



3. ábra. Karotinoid-PEG konjugátumok előállítása click-reakcióval





4. ábra. Néhány újonnan felfedezett dezoxi-kappa-karotinoid

amit a megfelelően módosított azidtartalmú összekötő elemet tartalmazó flavonoiddal (krizin, kvercetin, daizein) click-reakcióban reagáltathatunk.

Végül meg kell említenem, hogy a karotinoidok izolálásakor is sikerült érdekes felfedezéseket tennünk. A közép-amerikai gyümölcsök és más trópusi növények nagy része magas karotinoidtartalommal rendelkezik, ráadásul, mint kutatásaink során kiderült, számos még ismeretlen karotinoid is megtalálható bennük, akár főkomponensként is. A panamai mamey gyümölcs karotinoidprofilja meglehetősen bonyolult, de számos olyan, korábban nem

ismert, kappa-végcsoportot tartalmazó karotint tudtunk belőle izolálni, ahol a végcsoporton nem található hidroxilcsoport (dezoxi-kappa-végcsoport) [6]. Viszonylag nagy mennyiségben fordulnak elő egzotikusnak tekinthető epoxidok, melyek szerkezetfelfedését és mesterséges úton keletkező izomerekkel való összehasonlítását is elvégeztük (4. ábra) [7].

Köszönetnyilvánítás.

A szerző köszöni az idézett cikkekben szereplő társszerzők közreműködését, valamint az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és az OTKA (K 83898, K 115931, PD 77467) támogatását.

IRODALOM

[1] R. Álvarez, B. Vaz, H. Gronemeyer, Á. R. de Lera, Chem. Rev. (2014) 114, 1–125.
 [2] Háda, M., Nagy, V., Gulyás-Fekete, G., Deli, J., Agócs, A., Helv. Chim. Acta (2010) 93, 1149–1155.
 [3] Háda, M., Nagy, V., Takátsy, A., Deli, J., Agócs, A., Tetrahedron Lett. (2008) 49, 3524–3526.
 [4] Háda, M., Petrovics, D., Nagy, V., Böddi, K., Deli, J., Agócs, A., Tetrahedron Lett. (2011) 52, 3195–3197.
 [5] Háda, M., Nagy, V., Takátsy, A., Deli, J., Hait, J., Agócs, A., Tetrahedron Lett. (2012) 53, 2480–2482.
 [6] Murillo, E., McLean, L., Britton, G., Agócs, A., Nagy, V., Deli, J., J. Nat. Prod. (2011) 74, 283–287.
 [7] Gulyás-Fekete, G., Murillo, E., Kurtán, T., Papp, T., Ilylyés, T.Z., Drahos, L., Visy, J., Agócs, A., Turcsi, E., Deli, J., J. Nat. Prod. (2013) 76, 607–614.

MKE egyéni tagdíj (2016)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy a **2016. évi tagdíj** befizetéséről szíveskedjenek gondoskodni annak érdekében, hogy a Magyar Kémikusok Lapját 2016 januárjától is zavartalanul postázhassuk Önöknek. A tagdíj összege az egyes tagdíj-kategóriák szerint az alábbi:

- alaptagdíj: 8000 Ft/fő/év
- nyugdíjas (50%): 4000 Ft/fő/év
- közoktatásban dolgozó kémianár (50%): 4000 Ft/fő/év
- ifjúsági tag (25%): 2000 Ft/fő/év
- gyesen lévő (25%): 2000 Ft/fő/év

Tagdíjbefizetési lehetőségek:

- banki átutalással
(az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005)
- az MKE Titkárságán igényelt csekken: mkl@mke.org.hu
- személyesen (MKE-pénztár, 1015 Budapest, Hattyú u 16. II/8.)
Banki átutalásos és csekkes tagdíjbefizetés esetén a **név, lakcím, összeg rendeltetése** adatokat kérjük jól olvashatóan feltüntetni.

Ahol a munkahely levonja a munkabérből a tagdíjat és listás átutalás formájában továbbítja az MKE-nek, ez a lista szolgálja a tagdíjbefizetés nyilvántartását.

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy **személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 710 351 forintot** utal át az APEH Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértene a kémia oktatásáért és népszerűsítéséért kifejtett munkánkkal. A felajánlott összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középkolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középkolai Kémiaaverseny, a 9. Kémikus Diákuszimpózium, valamint a 2015-ben hetedszer megrendezett Kémiaábor egyes költségeinek fedezésére használtuk fel, valamint arra a célra, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő, határon túli honfitársunkhoz.

Ezúton is kérjük, hogy a 2015. évi SZJA bevallásakor – értelve törekvéseinket – éljenek a lehetőséggel, és személyi jövedelemadójuk 1%-át ajánlják fel az erre vonatkozó Rendelkező nyilatkozat kitöltésével

Felhívjuk figyelmüket, hogy akinek a bevallás pillanatában adótartozása van, az elveszíti az 1% felajánlásának a lehetőségét!

Az MKE adószáma: **19815819-2-41.**

Terveink szerint 2016-ban az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középkolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középkolai Kémiaaverseny, a XVI. Országos Diákvegyész Napok, valamint a 2016-ban nyolcadszor szervezendő Kémiaábor egyes költségeinek fedezésére használjuk fel.

Továbbra is céljaink közé tartozik, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő, határon túli honfitársunkhoz.



Budai Iván

■ Magyar Vegyipari Szövetség

A magyar vegyipar teljesítményéről és perspektíváiról¹

A modern magyar vegyipar fő korszakairól – röviden

Az I. világháború előtti évtizedekben Magyarországon megkezdődött a vegyipar akkori legfontosabb ágainak – gyógyszeripar, műtrágyaipar – kiépítése. A termelés bővítésének legfőbb akadálya a szén- és nyersanyaghiány volt. A hadiiparhoz köthető iparágakban, köztük a vegyiparban meredeken – 27,7 százalékkal – nőtt a munkáslétszám és megközelítette a 20 ezer főt.

A trianoni döntés a hazai vegyipart végzetesen meggyöngyítette. A területek elcsatolása következtében az anyaországon kívülre kerültek fontos nyersanyagforrások és az ezeket feldolgozó ipari létesítmények, köztük 40 jelentős vegyészeti gyártóbázis, nem szólva az Osztrák–Magyar Monarchia 50 milliós fogyasztói piacának négyötödéről. 1920-tól a gazdaság talpra állításával és újraszervezésével járó gondok és az 1929–1933 közötti időszak gazdasági világválságának súlyos következményei ellenére a vegyipari fejlődés jelentős volt: súlya az iparon belül 1929-ben 7,0 százalék, 1938-ban pedig már meghaladta a 9 százalékos értéket. A vegyipari vállalkozások ebben az időszakban ki tudták elégíteni a hazai ipar és mezőgazdaság teljes szükségletét.

A II. világháborúban a magyar vegyipar termelőkapacitásainak közel egyharmada elpusztult, azonban az újjáépítési erőfeszítéseknek köszönhetően 1949-ben a kibocsátás ismét elérte a háború előtti szintet. Az 1960-as évektől felgyorsult az iparág fejlődése, a mai termelőkapacitások többsége ekkor alakult ki. A fejlesztések fő irá-

nya a műtrágyagyártás jelentős mértékű bővítése, de emellett a szintetikusszál-, a műanyaggyártás fejlesztése is volt. A nemzetközi gyakorlatot követve a vegyipari fejlesztések szénbázison, az 1960-as évektől kezdve pedig petrokémiai bázison valósultak meg.

1970 után a vegyipari fejlődés meghatározó külső tényezője a KGST Komplex Program beindítása volt, amely petrokémiai ipari integráció megvalósítását is célul tűzte. Magyarországon a Petrokémiai Központi Fejlesztési Program keretében indultak a nagy beruházások: Borsodi Vegyi Kombinát, PVC-üzem; Tiszai Vegyi Kombinát, olefinvertikum; Magyar Viscosagyár, poli-akril-nitril üzem; Péti Nitrogénművek, ammónia, pétisó-, karbamid- és kevertműtrágya-üzemek. A hazai iparfejlődés újabb fejezeteként 1970 és 1989 között összesen 18 vegyipari üzem épült meg.

A hazai vegyipar termelékenységének növekedése nemzetközi összehasonlításban is kiemelkedő volt: az évtized folyamán évente átlagosan 8,8 százalékkal nőtt. Ez később a tervgazdaságról a piacgazdaságra történő sikeres áttérés szempontjából az egyik legfontosabb tényezőnek bizonyult.

A beruházások eredményeként az iparág több szegmense – műtrágya- és műszál-

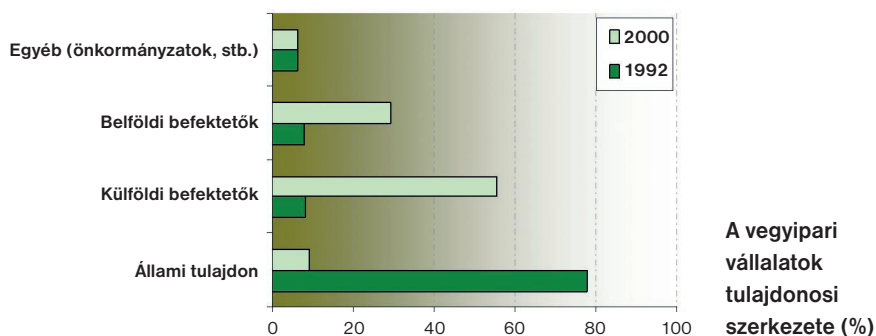
gyártás – erősödött, utóbbi bázisán egy évtizeddel később létrejött Európa piacvezető szénzálygyártója, és új jelentős iparág is született Magyarországon: a műanyag-alapanyag-gyártást és a műanyag-feldolgozást magában foglaló műanyagipar. A vegyi anyagok és termékek körében a legnagyobb arányú külpiaci értékesítés mind a mai napig a petrokémiai ipar termékeiből származik.

A magyar vegyipar történetének e fejezete tényszerűen azzal jellemezhető, hogy 1950–1990 között a bruttó termelés indexe a 31-szeresére növekedett.

A tervgazdaságról a piacgazdaságra való átállás során – az ország és a kelet-közép-európai régió általános gazdasági folyamataitól nem függetlenül – a vegyipar teljesítménye visszaesett.

A magyar mezőgazdaság átalakítása nyomán kialakult helyzetben hirtelen és radikálisan csökkent a műtrágyák és a növényvédő szerek iránti kereslet. Ez a terület volt a változások legnagyobb vesztese a 90-es években.

A műanyag alapanyaggyártás termelése változatlan maradt, illetve 1992-től ismét növekedésnek indult, súlya a vegyiparon belül 1999-re jóval magasabb, mint az EU országáiban. Az értékesítés 60 százaléka tartósan exportpiacokra, az EU tagorszá-



¹ Az MKE 2. Nemzeti Konferencián elhangzott előadás szerkesztett szövege.



gaiba és a kelet-közép-európai régióba irányult.

Az iparág vállalatainak privatizációja több lépcsőben valósult meg, s 1998-ra befejeződött. A legtöbb vállalat szakmai befektetők tulajdonába került, több cég részvényeit bevezették a tőzsdére.

A 90-es években lezajlott ellentmondásos változások eredőjeként egyfelől a viszszaesések, egyes vállalatok megszűnése következtében csökkent az iparág súlya az egész iparon belül, másfelől a legnagyobb vállalatok a nemzetgazdaság egészének teljesítményét befolyásolni képes cégek sorába emelkedtek, és ma is ebben a pozícióban vannak. Ezért mondható, hogy a magyar vegyipar végeredményben sikeresen vette a tervgazdaságból a piacgazdaságba vezető út akadályait.

Európai versenykörnyezetben, válság és kilábalás

A 2001–2007 közötti időszakban, az Európai Unióhoz való csatlakozás és a globális hatások következtében, a hazai vegyipari vállalkozásoknak is számolniuk kellett a világ vegyiparát meghatározó tényezőkkel, úgymint

- a környezeti terhelés csökkentésére vonatkozó növekvő igényekkel, elvárásokkal és előírásokkal,
- a globalizációval összefüggő hatékonysági és profitelvárásokkal,
- a vegyiparban foglalkoztatott munkaerő minőségével szembeni igények és elvárások növekedésével, különös tekintettel az új technológiák gyors terjedésére.

Ebben az időszakban a kapacitásnövelő beruházásoknak és a felvevő piacoknak köszönhetően a magyar vegyipar folyamatos növekedési pályára állt, amelyet megtört a 2008 második felétől elmélyülő pénzügyi-gazdasági válság.

A vegyipar fontos piacainak számító gépjárműipar, elektronikai ipar, az építőipar és más ágazatok recessziója közvetlenül és azonnal érezte hatását a vegyi anyagok és termékek iránti kereslet csökkenésében. A vállalkozások költségcsökkentő, energiahatékonysági és optimalizálási intézkedésekkel igyekeztek stabilizálni a helyzetüket, valamint megőrizni a munkahelyeket – magasan kvalifikált szakembergárdájukat. Előremenekülésként számos vállalkozás a tartalékai és az igénybe vehető források felhasználásával döntött a termelőkapacitások fejlesztéséről, a vegyipari értéklánc bővítéséről.

Ezek az intézkedések és nem utolsósor-

ban a külpiacok kedvező alakulása 2010-től segítette a válságból való kilábalást, ami azt jelenti, hogy az elmúlt öt évben a magyar vegyipar ha nem is egyenletes, de pozitív értéket mutató növekedést tudott produkálni.

Európai és hazai vegyipari trendek

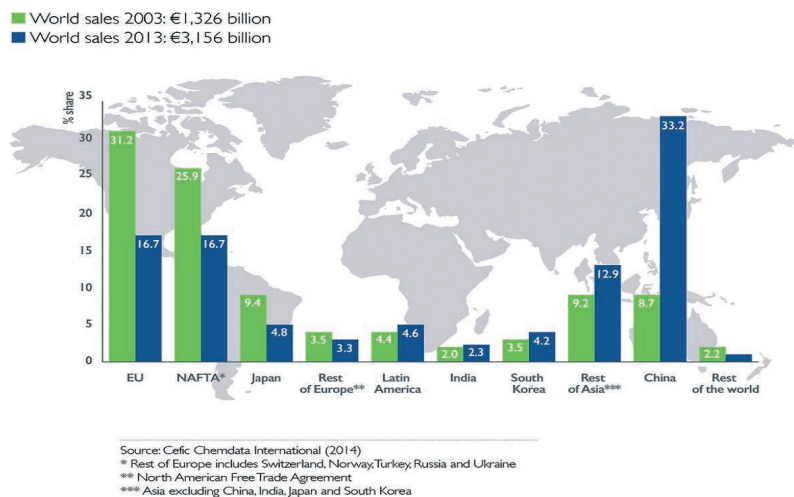
Az európai vegyipart nagymértékben érintették az elmúlt néhány évtizedben lezajlott globalizációs áttrendeződések. Az EU 2003-ban még vezető vegyipari hatalom volt az összes vegyipari értékesítés 31,2 százalékával, 2013-ra viszont a harmadik helyre csúszott vissza a régiók versenyében (16,7 százalék). Ezzel szemben Kína részesedése a globális vegyipari értékesítésből drasztikusan megnőtt (a 2003. évi 8,7 százalékról a 2013. évi 33,2 százalékra). A többi feltörekvő régió részesedése is nőtt, miközben kisebb-nagyobb mértékben nemcsak az EU, de az Egyesült Államok, valamint Japán részesedése is erőteljesen visszaesett. E relatív térvessztés az EU-vegy-

ipar értékesítésének növekvő trendje mellett következett be, vagyis a feltörekvő régiókban sokkal erőteljesebb volt a bővülés. Más kérdés, hogy a robbanásszerű kínai fejlődés mögött is jelentős részben európai (és más fejlett térségbeli) vegyipari cégek állnak; ennyiben a fejlett térségeknek az értékesítési adatokból kiolvasható dominanciavesztése csak viszonylagos.

Az Európai Unióban a vegyipar viszonylag koncentrált: 2012-ben a teljes uniós értékesítés 85 százaléka hét országhoz volt kapcsolható, jórészt ugyanazokhoz, amelyek a feldolgozóiparban is domináns pozíciókat foglalnak el. Ezen belül Németország 28,4 százalékos részesedését Franciaország és Olaszország követi, előbbi részesedése a felét, utóbbi pedig a harmadát teszi ki Németországnak. A magyar vegyipar részesedése a válság utáni folyamatos növekedésének köszönhetően 2013-ban visszakerült az 1% feletti szintre, Közép-Európában a cseh vegyiparéhoz hasonló nagyságú kibocsátással rendelkezik.

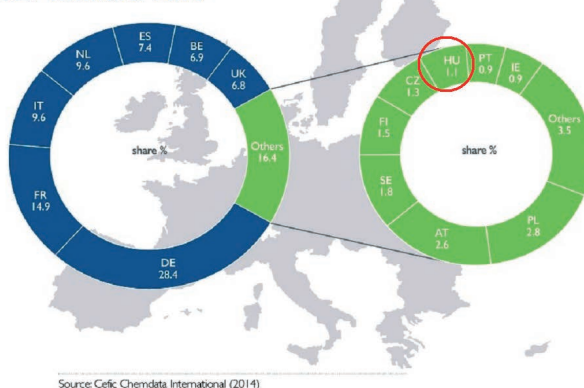
A gazdasági-pénzügyi válság mélypontja az európai vegyipar számára 2009-ben

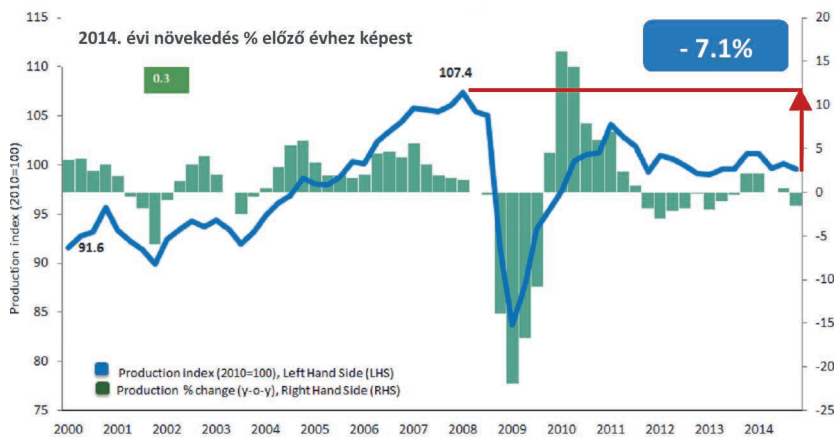
Egy évtized alatt a vegyipari termelés súlypontja áthelyeződött Ázsiába/Kínába



EU: 7 tagállamban állítják elő a vegyipari termékek 85%-át

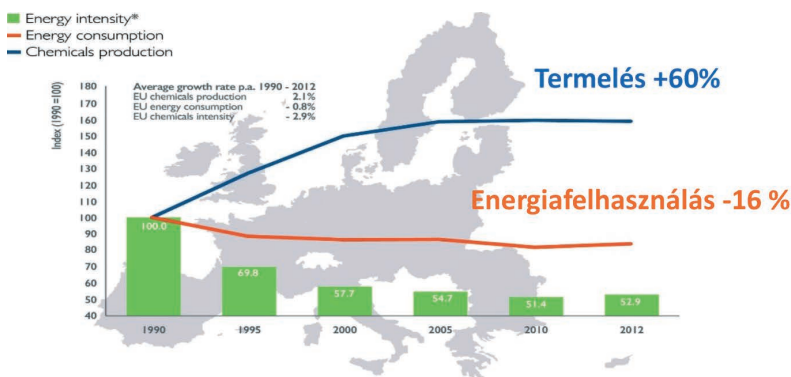
2013: 527 milliárd Euro





Source: Cefic Chemdata International, *Chemicals (excluding pharmaceuticals, Nace Rev2, C20)

Az EU vegyipari termelésének dinamikája



Sources: Eurostat and Cefic Chemdata International (2014)
*Energy intensity is measured by energy input per unit of chemicals production (including pharmaceuticals)
Unless specified EU refers to EU 28

Két évtized alatt a vegyipar energiatenzitása a felére csökkent

volt, amikor a termelés 16%-ot zuhant az előző évihez képest. Az európai – elsősorban nyugat-európai – gazdasági folyamatokat követve a következő két évben az iparág gyors kilábalást produkált. A grafikonon azonban jól látható, hogy a növekedés üteme jelenleg jóval lassúbb, mint a válság előtt volt, az utóbbi három évben inkább stagnálásról beszélhetünk, 2014-ben mindössze 0,3%-os bővülést lehetett regisztrálni.

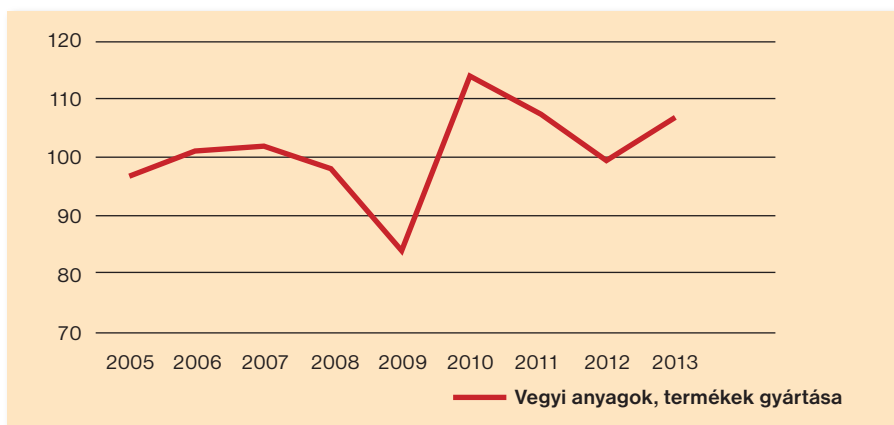
Versenyképességi szempontból – különösen a más vegyipari centrumokhoz képest magas európai energiaárakra figyelemmel – ugyanakkor fontos tényező, hogy 1990 óta a vegyipar energiatenzitása számottevően csökkent.

Az európai vegyipar a *környezeti fenntarthatóság* szempontjából jól teljesít: 1990 és 2011 között az üvegházhatású gázok együttes kibocsátása (CO₂-ekvivalensben mérve) 53 százalékkal mérséklődött. Ez a jelentős csökkenés az ágazat termelésének számottevő növekedése mellett ment végbe, így a kibocsátásintenzitás (az üvegházhatású gázok termékegységre jutó kibo-

csátása) még erőteljesebben, 71 százalékkal esett 1990 és 2011 között.

A magyar vegyiparban a válság kezdete óta a növekedés ugyan változó ütemű, azonban folyamatos és az európai vegyipari és hazai feldolgozóipari átlag fölötti növekedés jellemzi. 2013-ban (6,4%) és 2014-ben (9,2%) a vegyi anyagok és termékek gyártása – európai összehasonlí-

A vegyipari termelés dinamikája Magyarországon, 2005–2014 (előző év: 100, forrás: KSH)



tásban és a magyar nemzetgazdasági teljesítményhez képest – kimagasló növekedési ütemet produkált. A vegyipari társaságok összesített nettó árbevétele meghaladta az 1500 milliárd forintot, ebből az export árbevétel mintegy 900 mrd Ft volt.

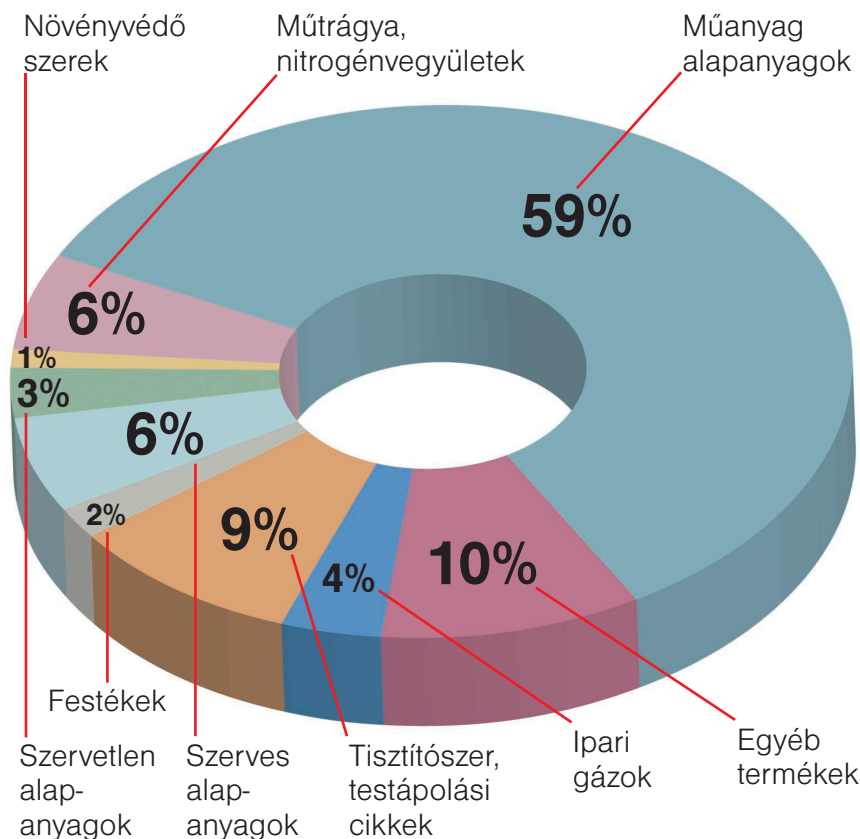
Vegyiparunk kötődése az Európai Unióhoz igen erős: a Magyarországról exportált vegyipari termékek háromnegyedét az EU egységes piacán értékesítik a vállalkozások.

A tömegtermékek gyártása igen jelentős súllyal van jelen a magyar vegyipar szerkezetében, amelynek meghatározó szegmense – 59%-os részesedéssel – a műanyag alapanyagok gyártása, mellette jelentős súlyt képvisel a hazai műtrágyagyártás, a szerves és szervetlen alapanyagok, az ipari gázok, a tisztítószerek, a testápolási cikkek gyártása, valamint a statisztikai szempontból máshová sorolt szénszálygyártás.

Az utóbbi években fontos döntések születtek a hazai vegyipari kapacitások fejlesztéséről az európai piacokon, mindezekelőtt a közép-európai régióban mutatózó növekvő kereslet nyújtotta lehetőségek kihasználása céljából.

A MOL Petrolkémia Zrt.-nél 100 millió euró összegű beruházás keretében 130 ezer tonna/év kapacitású butadiénüzem épült, amely a térségben működő műgumiüzemeket láthatja el olyan alapanyaggal, amelynek kínálata jelenleg korlátozott, ugyanakkor a globális butadiénkereslet 2025-ig – előrejelzések szerint – évente 2,7%-kal fog növekedni.

A BorsodChem Zrt.-nél a 2011-ben zárult TDI-2 projekt eredményeként az évi termelőkapacitás 160 ezer tonnára nőtt, és az MDI-2 projekt folytatódik a korábbi 150 ezer tonna/év kapacitás 300 ezer tonnára növelése céljából. Szintén folyamatban van új sósavkonverziós üzem építése, amelynek beruházási értéke 100 M euró,



A vegyipar termelési szerkezete. 1513 mrd Ft, 2014

és amely lehetővé teszi az izocianátok termelésének további növelését.

A Nitrogénművek Zrt.-nél 2012 óta 350 M euró összegű beruházás keretében bővül az ammónia-, a salétromsav- és a műtrágyatermelés. A gyár kapacitása a jelenlegi 1 millió tonna/évről 2017-re 1,6 millió tonna/év műtrágya-kibocsátásra nő.

Az építőipari recesszió által közvetlenül érintett festékipar kivételével a vegyipar szinte valamennyi szegmensében tetten érhető az óvatos optimizmus, amiről a Magyar Vegyipari Szövetséghez a beruházási projektekről időről időre eljutó hírek tanúskodnak mind a nagyvállalati, mind a kkv szektorban. Ezek a beruházások a kapacitások növelésével, a vegyipari értéklánc bővítésével ismét tartósan felfelé ívelő pályára állíthatják a vegyipart. Ehhez természetesen elengedhetetlen a piacok tartós élénkülése csakúgy, mint a szabályozási környezet kedvező változása.

„Okos szabályozás” és versenyképes ipar

A vegyipar az állami szabályozás kiemelt területe nemcsak Magyarországon, hanem Európában és globálisan egyaránt. Ezt elsősorban az iparág technológiai adottságaival indokolják: a vegyipari termelésben különös hangsúlyt esnek latba a környe-

zet- és egészségvédelmi szempontok, a munkavédelmi aspektusok, az iparbiztonsági szabályozások, a termelési fegyelem betartásának ellenőrzése. Ugyanakkor nem lehet nem észrevenni, hogy e célok mögött időnként megjelennek a piacról való kiszorítási szándékok, illetőleg érdekek is.

A vegyipar ily módon az egyik legszigorúbban és legrészletesebben szabályozott feldolgozóipari ágazat. Ehhez mind az európai szintű, mind a jórészt az előbbiek végrehajtására hozott hazai szabályok hozzájárulnak. Mint minden szoros szabályozás esetén, itt is felmerül a szabályozás optimalizálásának kérdése. Melyek azok a szabályok, amelyek mindenképpen szükségesek a környezet, az egészség, az ágazatban dolgozók megvédése érdekében, és melyek azok, amelyek szükségtelen többletterhet okoznak. Másként megfogalmazva: hogyan lehet a szabályokat úgy megalkotni, hogy azok a biztonsági szem-

pontok maradéktalan betartása mellett az iparág szereplőinek minél kisebb adminisztratív terheket okozzanak. E követelmény teljesítésére hirdette meg az Európai Bizottság az „okos szabályozás” („smart regulation”) megvalósítását mint az európai jogalkotási folyamat célját. E cél megvalósítása egyelőre várat magára, holott érvényre juttatása mindenképpen elősegítené a jelenleginél kedvezőbb gazdasági, s ezen belül az iparfejlesztési folyamatok kibontakozását.

A magyarországi vegyipari termelés feltevérendszerét több vonatkozásban az európai uniós előírásoknál szigorúbb, bürokratikusabb szabályozás jellemzi, ami többletterhet jelent, rontja a beruházások megtérülését, nehezíti a fejlesztési lehetőségeket és drágítja a magyar vállalkozások számára a termékek értékesítését. Ilyenek például a vegyi anyagok regisztrációja terén az EU REACH-rendeletével párhuzamosan fenntartott hazai bejelentési és kockázatbecslési előírások, az EU vonatkozó irányelvben (SEVESO III) előírányozottnál szélesebb körre kiterjesztett és jelentős adminisztratív kötelezettségekkel terhelt iparbiztonsági szabályozás.

A magyarországi vegyipar versenyképességét és hosszabb távú fenntarthatóságát veszélyeztetik az egész Európára jellemző magas energiaköltségek is. Magyarországon az e téren hozott intézkedések negatív következményeinek az iparra való részleges áthárítása, a villamos energia árszerkezetének több eleméből (magas rendszerhasználati díjak, energiaadó és mások) származó versenyhátrány (európai versenytársainkkal szemben) tovább súlyosbítja a problémát, és a reálgazdaság megerősítését megfogalmazó célokkal sem tekinthetők összhangban állónak.

A gazdasági és társadalmi súlyát tekintve kiemelkedően fontos iparág fejlődését az szolgálná, ha sikerülne megszabadulni a felesleges, jellemzően adminisztratív és bürokratikus terhektől, a befektetéseket is hátráltató bürokratikus eljárásoktól, valamint ha sikerülne növelni a hatósági szakértők gyakorlati szakmai ismeretének szintjét. A túlszabályozás, illetve a felesleges

Hatályos egészségvédelmi, biztonsági és környezetvédelmi EU-szabályozások

(forrás: Directory of EU legislation in force, Chapter 15)





adminisztrációs terhek a nagyvállalatokat is sújtják, de különösen érzékenyen érintik az ágazatban működő több száz kis- és közepes vállalkozást.

A szabályozási környezet, különösen az Európai Unió jogalkotásán alapuló hazai környezetvédelmi és iparbiztonsági szabályozás javítása, az „okos szabályozás” érvényre juttatása régóta napirenden lévő feladat. Ennek lényege megteremteni a fenntarthatósággal kapcsolatos jogalkotási célok és az ipari versenyképesség megőrzése közötti összhangot. Európa és benne Magyarország újraparositása e nélkül csak deklaráció maradhat.

Vegyipari K+F+I

– ipar és tudomány kapcsolódási lehetőségei

A vegyipar az EU legtöbb tagországában, köztük Magyarországon is, a termelékenység és a szakképzett, magasan kvalifikált munkaerő foglalkoztatása szempontjából kiemelkedően erős iparág. Gazdasági jelentősége mindenekelőtt abban nyilvánul meg, hogy a nemzetgazdaság valamennyi ága számára állít elő kiváló minőségű termékeket, legyen szó akár a gépjárműgyártásról, az elektronikai iparról, az építőiparról vagy a mezőgazdaságról, s nem utolsósorban a vegyipar az, amely korszerű termékeivel megoldásokat kínál a klímavédelem, a zöldenergia termelése, az energiahatékonyság növelésének céljaira, a fenntarthatóság érdekében.

A vegyipar innovációs képességének erősítése és fejlesztése kulcskérdés az iparág versenyképességének megőrzése céljából olyan időszakban és olyan körülmények között, amikor a versenytársak, s különösen az Európán kívül működő vállalkozások, egyfelől kevésbé szigorú és bürokratikus szabályozási környezetben, másfelől nagyobb arányú k+f ráfordításokkal és mindezeket túl alacsonyabb nyersanyag- és energiaárakkal működhetnek. Az innovációs képesség erősítését igényli az egyre szigorúbb környezetvédelmi előírások betartása, a klímapolitikai céloknak való megfelelés, a környezetkímélő eljárások hatékonyabb felhasználása.

Az Európai Unió kimutatása szerint a magyar – és általában a közép-európai – innovációs teljesítmény a közepes kategóriába sorolható. Örvendetes, hogy az EU 2020 stratégia egyik kiemelt céljaként megfogalmazott intelligens növekedéshez, a tudáson és innováción alapuló gazdaság kialakításához kapcsolódó cél, hogy Magyarország 2020-ig 1,8 százalékra növelje

a GDP-arányos k+f ráfordításokat (ami még mindig elmarad a 3 százalékos EU-szintű céltől).

A magyar nemzetgazdaság céljait is szolgálja a vegyipari innovációnak az iparág súlyával és potenciáljával összhangban álló támogatása. Az EU stratégiai célkitűzéseibe határozottan beleillik a környezetkímélő, energiatakarékos, innovatív vegyipari beruházások támogatása. Csupán egy lehetőséget említve: a vegyipar hatalmas és részben kihasználatlan infrastruktúrával adottságokkal rendelkezik, ezekre alapozva a hazai vállalkozások k+f+i tevékenységei könnyebben és olcsóbban bővíthetők, mint számos versenytársuknál. Kitörési pontot jelenthet továbbá a nemzetközi vegyipari célcsoportok kutatási bázisának Magyarországra vonzása, a már több évtizede itt működő külföldi vállalatok k+f+i tevékenységének minél nagyobb részben a magyarországi ipari, kutatóhelyi és egyetemi bázisokon való megvalósítása.

A magyar vegyipar éves szinten 25–30 Mrd Ft közötti összeget fordít kutatás-fejlesztésre. Sok külföldi példa és a nagy nemzetközi vegyipari cégek gyakorlata mutatja, hogy a vállalkozások és az egyetemi, akadémiai és más önálló kutatóhelyek, valamint iparági partnerek részvételével közös platformok létrehozása felgyorsítja, intenzívebbé teszi az ipar és a tudomány közötti információáramlást, elősegítve innovatív termékek és eljárások, technológiai fejlesztések megvalósulását.

Véleményem szerint egy ilyen hazai vegyipari platformon kialakítható együttműködés technológiai és termékfejlesztési területei, többek közt, az alábbiak lehetnének:

- jelenlegi vezető termékek bázisán speciális termékek fejlesztése pl. gépjárműipari, építőipari, mezőgazdasági felhasználásra: könnyű alkotóelemek, hógazdálkodás, funkcionális növényvédelem, környezetkímélő tápanyag-utánpótlás stb.
- gyártásközi és késztermék-analitikai módszerek fejlesztése,
- környezetvédelmi, biztonságtechnikai és egészségvédelmi teljesítményt növelő fejlesztések – zöld innováció,
- energiahatékonyság csökkentését, energiahatékonyságot növelő fejlesztések,
- egészségügyi, gyógyszeripari felhasználású termékek fejlesztése.

Az ipar és az egyetemek közötti vállalati kapcsolatok egyfajta kiegészítéseként a Magyar Vegyipari Szövetség elnöksége a

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, valamint a veszprémi Pannon Egyetemen folyó vegyész-mérnök-képzés támogatása céljából 2013-ban *Kiváló Vegyész-mérnöki Tanulmányokért díjat* alapított, amelyet minden évben a BME Vegyész-mérnöki és Biomérnöki Kara és a Pannon Egyetem Mérnöki Kara egy-egy, vegyész-mérnöki szakon MSc-végzős hallgatója kap az egyetem javaslata alapján. A budapesti és veszprémi egyetemi karokkal kötött megállapodásban a Szövetség a kiválasztás szempontjaiként az alábbiakat jelölte meg:

- az egyetemi évek során folyamatosan jó tanulmányi eredmény,
- pozitív értékelés a hallgatói vállalkozás/üzemi gyakorlaton végzett munkájáról,
- kiemelkedő színvonalú diplomamunka,
- az egyetemi kutatás-fejlesztési tevékenységben/tudományos diákköri munkában való részvétel, kreativitás és kezdeményező-készség.

A MAVESZ a díjazottak részére plakettet és nettó 100-100 ezer forint pénzjutalmat adományoz, amelyet minden évben az egyetemi diplomaátadó ünnepség keretében a MAVESZ-elnökség egy-egy tagja ad át a hallgatóknak. ●●●

IRODALOM

- KSH és ECOSTAT iparstatisztikai jelentések
 CEFIC Chemdata International (2014)
 Vegyipar Magyarországon – a Magyar Vegyipari Szövetség jubileumi kiadványa, Budapest, 2015.
 Olvasó Árpád: A magyar vegyipar 100 éve – előadás a Centenárium Vegyészkonferencián, Sopron, 2007.
 A vegyipari vállalatok helyzete – KOPINT-TÁRKITanulmány a Vegyipari Ágazati Párbeszéd Bizottság megbízásából, Budapest, 2014.
 A vegyipar stratégiai kérdései (szerk. Szépvölgyi János), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 2006.
 Móra László–Próder István: A magyar kémia és vegyipar kronológiája 1800–1945. Magyar Tudománytörténeti Intézet, Budapest, 2005.
 Vámos Éva: Adalékok a Magyar Vegyészeti Gyárosok Országos Egyesülete történetéhez, Magyar Kémikusok Lapja (1998) 53.

