

A

VEGYIPAR STRATÉGIAI KÉRDÉSEI

MAGYARORSZAG AZ EZREDFORDULON

VEGYIPAR



A vegyipar stratégiai kérdései

A vegyipar stratégiai kérdései

összeállította és szerkesztette:
Szépvölgyi János

Évforduló a kezdetekkel

W. S. J.

Budapest 2005

MTA Társadalomtudományi Kutatóközpont

Magyarország az ezredfordulón
Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián

Sorozatszerkesztő
Glatz Ferenc

Olvasószerkesztő
Balogh Margit

Magyarország az ezredfordulón
Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián

A vegyipar stratégiai kérdései

Összeállította és szerkesztette:

Szépvölgyi János

Eredetileg szerkesztve

Wölg J

Budapest 2006

MTA Társadalomkutató Központ

© Bartha László, Bezegh András, Blaskó Gábor, Búzás László, Dancsó András,
Endrédy István, †Fonyó Zsolt, Horváth István Tamás, Kovács Gábor, Kövesdi István,
Mizsey Péter, Pukánszky Béla, Solymosi József, Szépvölgyi János, Várhegyi Miklós,
Vince Péter, Wappel Kálmán

ISBN 963 508 487 0

ISSN 1418-656X

Kiadja az

MTA Társadalomkutató Központ

Kiadásért felel: Glatz Ferenc, a Nemzeti Stratégiai Kutatási Program elnöke

A borítót Túry Gergely: *A MOL Rt. Dunai Kőolaj-finomítója*
és Földi Imre (MTI): *Új gyógyszergyártó üzem kezdte el működését*
a francia Sanofi-csoporthoz tartozó Chinoïn budapesti gyárában
című felvételeinek felhasználásával Abinéri Gábor készítette

Szedés, tördelés: AbiPrint Bt., Budapest

Nyomdai munkálatok: Marosi-Print Kft.

Felelős vezető: Marosi Attila ügyvezető igazgató

Megjelent 24,31 A/5 ív terjedelemben

Tartalom

| | |
|---|---|
| SZÉPVÖLGYI János-VÁRHEGYI Miklós: Bevezetés | 9 |
|---|---|

I. rész

A VEGYIPAR ÉS A GAZDASÁG

| | |
|---|----|
| VINCE Péter-VÁRHEGYI Miklós: A magyar vegyipar általános helyzetképe | 15 |
| Előzmények 15 • A piacgazdaságra való áttérés első szakasza: 1990–1993 16 • Az 1993 utáni időszak sajátosságai 18 • A vegyipar átalakulásának feltételeiről 28 | |
| BARTHA László: A hazai kőolaj-feldolgozás helyzetképe | 35 |
| Előzmények 35 • A rendszerváltás utáni kihívások 36 • A kutatás-fejlesztés céljai és eredményei 47 | |
| WAPPEL Kálmán: A hazai műanyagalapanyag- és műanyagtermégyártás helyzete | 53 |
| A műanyagok felhasználásának fő irányzatai 53 • A műanyag alapanyagok hazai gyártásának és felhasználásának alakulása 58 • A műanyag-feldolgozó ipar általános jellemzése 63 • A műanyag termékek kereskedelme 68 • Összefoglalás 71 | |
| KOVÁCS Gábor-BÚZÁS László: A magyar gyógyszeripar helyzetének áttekintése | 73 |
| A nemzetközi gyógyszeripar fejlődésének mozgatórugói 73 • A nemzetközi gyógyszeripar bemutatása 76 • A magyarországi gyógyszeripar bemutatása 78 • A hazai szabályozás 86 • Az EU-csatlakozás legfontosabb, specifikus iparági hatásai 89 • Következtetések, ajánlások 91 | |

II. rész
A VEGYIPAR ÉS A KÖRNYEZET

- ENDRÉDY István: A vegyipar által okozott környezetterhelések és azok felszámolása 99
Előzmények 99 • A jelentősebb hazai vegyipari környezetszennyezések és azok felszámolása 101 • További teendők a vegyipari környezetszennyezések csökkentésére 106
- BEZEGH András: A jelenlegi vegyipari technológiák környezeti hatásainak csökkentése 109
Bevezetés 109 • A hazai helyzet 112 • Hagyományos szennyezéscsökkentés: csővégi technológiák 113 • Megelőző környezetvédelem 114 • Környezetvédelmi beruházások a magyar vegyiparban 118 • A környezeti menedzsment szerepe a környezetterhelés csökkentésében 120 • Környezetközpontú irányítási rendszerek 120 • Összefoglalás 122
- HORVÁTH István Tamás: Zöld kémia 125
Bevezetés 125 • A zöld kémia 12 alapelve 126 • „Zöld” vegyipari eljárások 135 • A fenntartható fejlődés és a zöld kémia 137
- †FONYÓ Zsolt–MIZSEY Péter: Környezetközpontú folyamatintegráció és folyamatfejlesztés 143
Bevezetés 143 • A vegyiparban alkalmazott hulladékcsökkentési stratégiák 144 • Környezetközpontú folyamattervezés 153 • Környezetterhelést csökkentő fejlesztési példák a magyar vegyiparban 158 • Összefoglalás 164
- SZÉPVÖLGYI János: Vegyipari ökológia 167
Bevezetés 167 • Az ipar és a természeti környezet kapcsolatáról 168 • Mit tanulhat az ipar a természettől? 171 • A vegyipari ökológia jellemzői és eszköztára 172 • Hogyan tovább? 175
- SOLYMOSI József: Biztonságtechnikai vonatkozások 177
Veszélyes iparág? 177 • Egészségügyi vonatkozások 179 • Haváriák és kezelésük módjai 182 • A jogi szabályozás legfontosabb elemeinek szakmai tartalma 190

KUTATÁS ÉS FEJLESZTÉS A VEGYIPARBAN

| | |
|--|-----|
| PUKÁNSZKY Béla: Kutatás és fejlesztés a hazai műanyagiparban | 211 |
| Bevezetés 211 • A kutatás-fejlesztés helyzete és fejlődési irányjai | |
| 212 • Műanyagok és a környezet 219 • A továbbfejlődés feltételei | |
| 220 • Következtetések 221 | |
| KOVÁCS Gábor: A hazai gyógyszeripar kutatási-fejlesztési irányjai | 223 |
| A 21. század kihívásai a gyógyszeriparral szemben 223 • A gyógyszeripari kutatás-fejlesztés jellege 225 • Eredeti kutatások a magyar gyógyszeriparban 228 • A kutatás-fejlesztés gazdasági alapjai 230 • A hazai gyógyszeripari kutatás és fejlesztés fő problémái 233 | |
| KÖVESDI István–DANCSÓ András–BLASKÓ Gábor: Számítógéppel támogatott gyógyszertervezés | 237 |
| Bevezetés 237 • Új eszközök; statisztika, dokkoláselemzés 237 • Nem csak a számítógép kicsi 241 • Gazdasági kényszer 242 • A voluntarizmus zsákutcája 244 • Jobb előre gondolkozni! 245 • Perspektívák 248 | |
| Összefoglalás | 251 |
| Summary | 261 |
| A kötet szerzői | 271 |

Bevezetés

„A kémiával és a vegyiparral életünk minden napján, valamennyien kapcsolatban vagyunk. A kémia eredményei segítenek abban, hogy megfelelően táplálkozzunk és öltözködjünk, megfelelő körülmények között lakjunk” – olvasható az Alliance for Chemical Sciences and Technologies in Europe, az európai vegyipar egyik vezető szakmai szervezetének tanulmányában.¹

A vegyipar világszerte pótolhatatlan szerepet tölt be a társadalmi szükségletek kielégítésében, nélkülözhetetlen a legtöbb modern iparág számára, és különösen kitüntetett fontosságú a fejlett ipari országok gazdaságában. A vegyipari termékek széles skálájába beletartoznak a gyógyszerek, a növényvédő szerek, a műanyagok, a szerkezeti anyagok széles köre, a festékek, a kozmetikumok, az üzemanyagok, a kenőanyagok, a víztisztító, fertőtlenítő és mosószeresek, továbbá számos iparág segédanyagai. A vegyiparnak kiemelt súlya van a gyógyászatban, a mikroelektronikában és a környezetgazdálkodásban is.

Biztosak lehetünk abban is, hogy a vegyipar jelentősége az elkövetkező évtizedekben még tovább növekszik. A fenntartható fejlődés, az emberiség jövőjét fenyegető globális problémák kezelése érdekében nemcsak jelentősen ki kell terjeszteni a vegyipari kutatásokat, hanem azokat minden korábbinál szélesebb körben kell folytatni. Földünk hatmilliárdra duzzadt népessége korábban sosem tapasztalt tömegű élelmiszert igényel. Vészesen csökkennek a hagyományos energia- és nyersanyagforrások. Védelemre szorul a bioszféra. Az átlagos emberi életkor növekedésével fokozódnak az egészségügyi gondok. Növekszik a vegyipar szerepe a mezőgazdaságban és az iparban, a fogyasztási szférában keletkező hulladékok újrahasznosításában, a hulladékmentes és hulladékszegény technológiák kidolgozásában, a veszélyes hulladékok ártalmatlanításában.

Az elmúlt 25-30 évben a nyersolaj árának több alkalommal bekövetkezett, ugrásszerű növekedése világszerte mélyreható szerkezeti változásokat okozott a vegyiparban (is). Jóllehet a kőolajat és a földgázt túlnyomórészt energia-hordozóként használjuk fel, és kevesebb mint 10% hasznosul vegyipari nyersanyagként, az olajárak drámai változásának hatására a vegyipar szerepe is változott. Korábban a vegyipar – a társadalom igényei által serkentett fejlődése révén – képes volt konjunktúrát teremteni a gazdaság többi ágában is, mára azonban egyértelműen konjunktúra-követővé vált. Ez természetesen nem

zárja ki azt, hogy a gazdaság fejlődésének egyes periódusaiban a vegyipar növekedési üteme meghaladja – akár jelentős mértékben is – az ipari növekedés átlagos ütemét. Ez jellemezte az 1980-as éveket, és volt erre példa az elmúlt évtizedben is.

Az emberiség jóléte és a vegyipar fejlődése jól érzékelhető kölcsönhatásban van egymással. Ez egy jellegzetesen visszacsatolós folyamat, amelyben a gazdasági növekedés növeli a vegyipari termékek felhasználását, a vegyipari termékek növekvő felhasználása viszont visszahat a gazdasági fejlődésre. Az előttünk álló évtizedben a vegyipar növekedésének húzóerejeként elsősorban az alábbi tényezőkkel számolhatunk:

- az emberiség globális problémái kezelést igényelnek, már rövid távon is;
- a lakosság elöregedése növeli a gyógyszerek iránti igényt;
- a műanyagtermelés évenként 5%-kal, a műanyag szerkezetek felhasználása ennek legalább kétszeresével, évi 10%-kal növekszik, és folyamatosan emelkedik a gépjárművekben felhasznált műanyagok részaránya;
- évente 5%-kal nő a vegyipar által termelt új szerkezeti anyagok iránti igény;
- nő az eredeti vegyületek és készítmények száma.

A vegyipar további fejlődésének egyik kétségtelen kulcskérdése: álljanak rendelkezésre az alapanyagok. Abból kell kiindulnunk, hogy az elkövetkező évtizedre a meghatározó nyersanyagbázis bizonyosan a Föld szénhidrogénkészlete, vagyis a kőolaj és a földgáz marad. A nagyarányú K+F ráfordítások ellenére még sem a szén, sem a biomassza nem lesz versenyképes e tekintetben a kőolajjal és a földgázzal. Nem várható közeli áttörés a biotechnológiáktól sem, főképpen azok magas beruházási és működtetési költségei miatt.

A kőolajjal és földgázzal – mint uralkodó vegyipari alapanyagokkal – kapcsolatos gondok ugyanakkor ösztönzik a vegyipar gyártmány szerkezetének átalakulását. A kőolajjal nem rendelkező vagy azt drágán beszerző, fejlett országok korszerűsítik szerves vegyipari alapanyag-termelésüket, vagy ha erre módjuk van, áthelyezik azt az olcsó szénhidrogén-lelőhelyek közelébe. Helyettük növelik a nagyobb értéket képviselő termékek – finomvegyszerek és különleges termékek – gyártását. Ez a folyamat is hozzájárul ahhoz, hogy a vegyiparban, a gazdaság többi ágazatához hasonlóan, a termelés és értékesítés egyre inkább nemzetközivé válik.

Már az 1980-as évtized végén párhuzamosan zajlott a vegyipar összpontosítódása és differenciálódása. A kétirányú szervezeti változás napjainkban is folytatódik. Ennek eredményeként a vállalatok mérete tovább növekszik, tevékenységük egyre szélesebbé válik; a szakma szűkebb területeire pedig kisméretű vállalkozások specializálódnak. A szereplők közötti kapcsolat általában több, mint a vevő és a szállító viszonya. Nem ritka a tulajdonosi összefüggés, azaz a szakosodott, kisméretű vállalkozás leányvállalatként mű-

ködik. Ennek óriási jelentősége van, hiszen a leányvállalat részesedik a multinacionális anyavállalat szellemi háttére által kínált előnyökből.

A szélesebb közvélemény a vegyipart a környezetszennyezés egyik fő okozójának tekinti még ma is. Kétségtelen, hogy az 1960-as évek közepétől számos olyan vegyipari terméket kezdtek széles körben alkalmazni, amelyek később nem várt, környezet- és egészségkárosító hatást fejtettek ki. Ezek közé tartoztak például a hűtőszekrényekben az ammónia helyettesítésére alkalmazott freonok. Nem lehetett előre tudni, hogy a freonok bontják a légkörben levő ózont, ezáltal csökkentik a Föld UV-sugárzás elleni védelmét. A benzinalaként kifejlesztett tetraetil-ólomról is csak később bizonyosodott be, hogy mérgezést okoz. A vegyipar megítélését negatívan befolyásolták a különböző balesetek (l. Seveso, Bhopal), valamint a tevékenységének utóhatásaként jelentkezett környezetszennyezések (l. Garé) is.

Napjainkra ez a helyzet megváltozott: a modern vegyipar már különleges figyelmet fordít a tevékenységéből és termékeinek használatától származó esetleges egészség- és környezetkárosító hatások minimalizálására.

A modern gazdaság egyik legfontosabb igényét éppen a környezetvédelem és a környezetgazdálkodás támasztja a vegyiparral szemben. A környezeti hatásokat a vegyipar nem csak egyes gyártási ágak áthelyezésével vagy megszüntetésével tudja befolyásolni. Vegyipari eljárásokra és módszerekre alapozva, de teljesen új tevékenységi területként, önálló üzletágként fejlődik korunk új gazdasági ágazata, a környezetgazdálkodás. Középpontjában nem a félrevezető és félreérthető „környezetvédelem” áll, mivel ez hamis módon két táborra osztja a modern társadalmat: a környezetet pusztítók és a környezetet óvók táborára. A környezetgazdálkodás célja nem több és nem kevesebb, mint a környezeti ártalmak csökkentése és a természeti erőforrásokkal való ésszerű, takarékos, jövőbe tekintő gazdálkodás.

Nagyjából az 1980-as évek közepéig a vegyipar fejlődését viszonylagos önállóság és bizonyos öntörvényűség jellemezte. A kutatás-fejlesztés főbb céljai a vegyiparon belül fogalmazódtak meg, és a kutatások eredményeit is elsősorban ez a terület használta fel. Manapság a kutatási eredmények felvétele már számottevő részben vegyiparon kívül található, így a kutatásban és fejlesztésben a gazdaság több ágazatának elképzeléseit kell figyelembe venni. Fogalmazhatunk úgy is, hogy a vegyipar egyre inkább háttérpari szerepet tölt be.

A változások nem hagyták érintetlenül az iparági költségarányokat sem. A teljes ráfordításokon belül csökkent a beruházások aránya, miközben növekedett a kutatási-fejlesztési és az oktatási költségek részesedése.

Az emberi társadalom fenntartható fejlődése elképzelhetetlen erős, virágzó vegyipar nélkül. Az ágazat vállalatai jelentős mértékben járulnak hozzá a gazdaság egészének eredményességéhez. Az erős és virágzó vegyiparhoz azonban – éppen a termelés és értékesítés nemzetközivé válása miatt – tisz-

tességes, nyílt feltételek szükségesek mind a termelésben, mind a műszaki fejlesztésben, mind a termékek értékesítésében.

A 21. század elején a vegyipar számos, jövőjét alapvetően befolyásoló gondtal szembesül. A vezető amerikai vegyipari szakmai szervezetek által összeállított „Technology Vision 2020” című tanulmány² szerint a következő években a vegyipar mozgásterét alapvetően a következő tényezők határozzák meg:

- a gazdaság globalizálódása;
- a társadalom igénye a vegyipari technológiák és termékek környezeti hatásainak mérséklésére;
- a pénzpiac nyomása a haszontermelő képesség növelésére;
- a változó fogyasztói elvárások;
- a munkaerővel szembeni követelmények növekedése.

Amikor egy alkotói közösség arra vállalkozik, hogy a fenti megfontolásokból kiindulva áttekintse akárcsak a magyar vegyipar helyzetét és ezzel összefüggésben a hazai vegyipar stratégiai kérdéseit, meglehetősen nagy feladatot vállal magára. Tanulmányainkban ennek a feladatnak szeretnénk – legjobb erőnk szerint – eleget tenni.

Tekintettel a kérdéskör összetettségére és szerteágazó voltára, nem törekedhettünk teljes kép felvázolására. Három, általunk fontosnak tartott kérdéskörben (a vegyipar és a gazdaság kapcsolata, a vegyipar környezetvédelmi kérdései, valamint a vegyipari kutatás és fejlesztés) foglalmaztuk meg a jelenet és a jövővel kapcsolatos gondolatainkat. Az egységesség érdekében elengedhetetlenül szükséges összehangoláson túlmenően nem kívántuk ezeket az anyagokat szintetizálni. Úgy véljük, önmagukban is értékes tanulmányok gyűjteményét adjuk közre ezzel a kötettel, amit jó szívvel ajánlunk az érdeklődő olvasó figyelmébe.

Jegyzetek

- 1 ACSTE: *Chemistry, Europe and the Future*. London, The Royal Society of Chemistry, 1997.
- 2 *Technology Vision 2020*. The US Chemical Industry, Washington, D. C., 1997.

A magyar vegyipar általános helyzetképe

(Függelék)

I. rész

A vegyipar és a gazdaság

Magyarországon a vegyipar jelentősége felülmúlta és még ma is felülmúlja a nemzetközi átlagot. Köszönhető ez elsősorban a tudományos és technológiai kutatások hagyományának és eredményeinek. A 20. század elején, majd a század 1960-as, 1970-es éveiben a vegyipar az ipari ágazatok iparfejlesztésének. Az 1970 utáni két évtizedben a vegyipar az ipari ágazat meghaladó tempóban fejlődött. A bruttó termékében az iparzatban a leggyorsabb növekedésre adott a vegyipar részét. Ennek következtében az iparzatban a leggyorsabb növekedésre adott az export növekedése. Fontos megjegyezni, hogy a 70-es éveket inkább az extenzív fejlődés jellemezte. Nagyobb súlyt kapott az alapanyaggyártás, jelentősen bővült a kőolaj-feldolgozás, a petrokémiai alapanyagok előállítás, a műanyag-alapanyagok és a műanyagok gyártása. A 70-es évek végétől az extenzív - nem csupán mértékben a kőolaj robbanásszerű hatására - pályamódosítás következett be. A fejlesztésben egyre nagyobb súlyt kapott a vertikális bővítés, a jobbrai fejlődés, értékesítő tevékenység iránti igény. A feldolgozó vegyipar fejlődésével egyre inkább figyelembe vettek versenyképességi szempontokat is.

Az 1980-as évek derekán a vegyiparban foglalkoztatottak száma elérte a 110 ezer főt. Horváth közölte, hogy a korábbi statisztikai adatok a vegyipar részeként tartották nyilván a kőolaj-feldolgozást, a gumipárt és a műanyag-feldolgozást is. Itt a magyar vegyipar rendszerváltás előtti teljesítményét valóban akarjuk megérteni, figyelembe kell venni, hogy a kapacitást és működtetett kapacitások nagyobb része a KGST-rezerve, azon belül is a kiváltás igényes áruja piaca termék, és az árak- és arányok nem voltak szoros kapcsolatban egymással. A KGST igényeinek kiszolgálása mellett a jelentősebb vegyipari vállalatok részben az állam által díjazta kényszerből - erőszakkal jelentették a nyugati piacokon.

Összességében a rendszerváltás előtti periódust a kihasználatlan termelési kapacitások, a magas energiatartalom, az elavult, korszerűtlen technológiák, a százéves épületek és berendezések a verseny feltételei között eladhatatlan termékek, a földrajzilag nem foglalkozott munkaerő és nem utolsósorban a környezet indokolatlanul nagy terhelése jellemezte.

A magyar vegyipar általános helyzetképe

Előzmények

Magyarországon a vegyipar jelentősége felülmúlta és még ma is felülmúlja a nemzetközi átlagot. Köszönhető ez a hazai kémiai és technológiai kutatások hagyományainak és eredményeinek, továbbá a 20. század elején, majd a század 1960-as, 1970-es éveiben megvalósult nagyszabású iparfejlesztésnek. Az 1970 utáni két évtizedben a vegyipar az ipari átlagot meghaladó tempóban fejlődött. A bruttó termelés ebben az időszakban közel háromszorosára nőtt, a vegyipar részesedése az ipari termelésből az 1970-es, 14,7%-os szintről 1988-ra elérte a 25%-ot. A bruttó termelés ütemét is meghaladó mértékben nőtt az export részaránya. Fontos megjegyezni, hogy a '70-es éveket inkább az extenzív fejlődés jellemezte. Nagyobb súlyt kapott az alapanyaggyártás: jelentősen bővült a kőolaj-feldolgozás, a petrokémiai alapanyagok előállítása, a műanyag alapanyagok és a műtrágyák gyártása. A '70-es évek végétől kezdve – nem csekély mértékben a kőolajár robbanásának hatására – pályamódosítás következett be. A fejlesztésben egyre nagyobb súlyt kapott a vertikális bővítés, a jobban feldolgozott, értékesebb termékek iránti igény. A feldolgozó vegyipar fejlődésével egyre inkább figyelembe vettek versenyképességi szempontokat is.

Az 1980-as évek derekán a vegyiparban foglalkoztatottak száma elérte a 110 ezer főt. Hozzá kell tenni, hogy a korabeli statisztikai adatok a vegyipar részeként tartották nyilván a kőolaj-feldolgozást, a gumiipart és a műanyag-feldolgozást is. Ha a magyar vegyipar rendszerváltás előtti teljesítményét valóban akarjuk megítélni, figyelembe kell venni, hogy a kiépített és működtetett kapacitások nagyobb része a KGST részére, azon belül is a kevéssé igényes szovjet piacra termelt, és az érték- és árarányok nem voltak szoros kapcsolatban egymással. A KGST igényeinek kiszolgálása mellett a jelentősebb vegyipari vállalatok – részben az állami akarat diktálta kényszerből – erősítették jelenlétüket a nyugati piacokon.

Összességében a rendszerváltás előtti periódust a kihasználatlan termelési kapacitások, a magas energiafogyasztás, az elavult, korszerűtlen technológiák, a százéves épületek és berendezések, a verseny feltételei között eladhatatlan termékek, a fölöslegesen foglalkoztatott munkaerő és nem utolsósorban a környezet indokolatlanul nagy terhelése jellemezte.

A pozitívumok között tarthatjuk nyilván, hogy a magyar vegyipar már a rendszerváltás előtt is sok szállal kapcsolódott a fejlett gazdaságokhoz. Folyamatosan nőtt a mai szemmel is versenyképesnek tekinthető áruk termelése. A beruházások révén a magyar vegyipari vállalatok jelentős része a világ élvonalához tartozó technológiákat honosított meg, és képes volt azokat nemcsak alkalmazni, de továbbfejleszteni is. Fontos jelenség, hogy vegyesvállalatok formájában megjelent a külföldi tőke is.

A következőkben sorra vesszük a hazai vegyiparban lezajlott átalakulási folyamat néhány fontos elemét és azokat a feltételeket, amelyek eredményeképpen egyes vállalatok képesek voltak bekapcsolódni a nemzetközi együttműködések hálózatába, míg mások megerősítették a már korábban kivívott helyzetüket.

A vegyiparban megfigyelhető változásokról (a növekedés hullámzásairól, a szerkezeti módosulásokról) a statisztikák alapján adunk képet. Ezt követően a vállalatok alkalmazkodási folyamatainak állomásaival foglalkozunk: a nyolcvanas-kilencvenes évek fordulóját követő gazdálkodási és piaci nehézségekkel, a privatizáció eltérő útjaival, az új tulajdonosi szerkezetben megvalósult vállalatfejlesztési stratégiákkal, a vállalati sikerek és kudarcok egyes összetevőivel.

A piacgazdaságra való áttérés első szakasza: 1990–1993

A magyar ipar piacgazdasági átmenetének egyik sajátos fejezetét alkotják a vegyipar átalakulásának fejleményei. A '90-es években lezajlott változások igen összetettek és sokszor ellentmondásosak voltak. Az ipar más területeihez képest talán még látványosabbak és szembetűnőbbek voltak azok az átalakulások, amelyek mind az egyes cégek életét, mind a vegyipar egészének helyzetét gyökeresen átrendezték. A sokirányú változás eredőjeként az egyik oldalról csökkent az ágazat egészének iparon belüli súlya, a másik oldalról ugyanakkor néhány legnagyobb vállalata a magyar gazdaság egészének teljesítményét befolyásolni képes cégek sorába került. További figyelemre méltó sajátosság az, hogy a vegyipar termék- és vállalati szerkezete úgy változott meg gyökeresen, hogy eközben az ágazat korábbi vezető vállalatai talpon maradtak, a privatizációt követően lezajlott átalakulásokat ezek – és nem az újonnan alapított cégek – valósították meg. E vállalatok életét így a gyors átalakulások mellett a folyamatosság, az előzményekhez szervesen kapcsolódó változások is jellemezték. A folyamatosságot a hagyományos termékszerkezetek fokozatos átalakítása, a hagyományos kutató-fejlesztő helyeknek – a magyar ipar átlagánál jobb – megőrzése és kihasználása, valamint a korábbi beszerzési és értékesítési kapcsolatok egy részének továbbélése jelzi. A megfigyelhető változások másik részének természetszerűleg nem lehettek

**A vegyipari termelés és értékesítés volumenindexeinek alakulása
1989–1993 között (1985=100%)**

| | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|-----------------------------|-------|-------|------|------|------|
| Termelés | 100,1 | 93,3 | 75,0 | 69,7 | 70,7 |
| Értékesítés | 99,2 | 89,8 | 72,8 | 69,7 | 70,7 |
| Belföldi értékesítés | 97,0 | 86,4 | 72,5 | 70,6 | 70,0 |
| Export értékesítés | 111,8 | 104,9 | 75,2 | 69,1 | 73,3 |
| Feldolgozóipar értékesítése | 97,5 | 87,5 | 69,0 | 63,3 | 65,3 |

Forrás: Magyar Statisztikai Évkönyv, 2001. Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2002.

Ipari és Építőipari Statisztikai Évkönyv, 2000. Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2002.

előzményei, és az ilyen jellegű fejlemények közül kiemelhető a legnagyobb változatoknak a hazai tőkepiacon – ezen belül is a tőzsdén – betöltött kiemelkedő szerepe.

A magyar vegyipar termelési és értékesítési mutatói (1. táblázat) a kilencvenes években nem ritkán más irányban alakultak, mint az ipar, ezen belül is a feldolgozóipar megfelelő mutatói. A nyolcvanas-kilencvenes évek fordulóján bekövetkezett visszaesés még hasonló mértékben sújtotta a vegyipart és a feldolgozóipart, így a kiinduló helyzet e tekintetben nagyon hasonlóan alakult. A feldolgozóipar értékesítése 1992-ben a vegyiparét valamivel meghaladó mértékben – mintegy 32%-kal – maradt el az 1989-es szinttől. A vegyipar értékesítési szerkezetében az exportban volt a legnagyobb – 38%-ot kitevő – visszaesés. Az értékesítés csökkenése a vegyiparban és a feldolgozóiparban egyaránt 1992-ig tartott. A következő évben, 1993-ban megfordult ez a trend, ettől kezdve azonban megszűnt a feldolgozóipar és a vegyipar termelési és értékesítési mutatóinak párhuzamos, egyirányú alakulása.

(A KSH besorolása szerint a vegyiparhoz a tevékenységek igen széles köre tartozik, így a kőolaj-feldolgozás, a műtrágya és növényvédőszer gyártása, a vegyi és műanyagipari alapanyagok gyártása, a gyógyszergyártás, a vegyipari, a műanyagipari és a gumiipari termékek előállítás, valamint a vegyszál-termelés, illetve a tisztítószer és testápoló szer gyártása. E tevékenységek, szélesebb értelmezésben, a vegyipar három területének valamelyikéhez, nevezetesen a kőolaj-feldolgozáshoz, a gumi- és műanyagtermékek gyártásához, valamint a vegyi anyagok és termékek gyártásához tartoznak.)

Az 1993 utáni időszak sajátságai

A vegyipari termelés alakulása

Az 1993–1996 közötti években a magyar vegyipar termelése stagnált. 1997-ben az ágazat elmozdult a holtpontról, de 1998 második félévétől ismét visszaesés következett. Ennek növekedést gátló hatása még 1999-ben is érvényesült (2. táblázat).

A 2000. év jelentős növekedése után a 2001-es általános dekonjunktúra ismét lefékezte a fejlődést (3. táblázat). A vegyipar elmúlt 10 éves fejlődése tehát nem volt egyenletes, és a különböző regionális válságok hatásait nem mindig sikerült kivédeni.

Mindezzel együtt 2001-ben a hazai ipari termelés 14%-át (a feldolgozóipari termelés 15,5%-át) a kőolaj-feldolgozás, a vegyi anyagok és termékek gyártása, valamint a műanyag-feldolgozás és gumigyártás összesített termelése adta (4. táblázat).

A külső és belső feltételek változásai eltérő mértékben érintették az egyes vegyipari ágazatokat és cégeket. Azok a vállalatok, amelyek korábban is valódi versenyfeltételek között működtek – ugyanis termelésük számottevő részét konvertibilis elszámolásban értékesítették –, könnyebben megfeleltek az új kihívásoknak. Azok, amelyek nem a piaci feltételeknek megfelelő módon működtek, a korábbi védettség hiányában jobban megsínylelték a változásokat.

2. táblázat

A vegyipari termelés növekedési indexei (összehasonlító áron %)

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Index | 100,0 | 80,4 | 74,7 | 75,4 | 79,8 | 78,8 | 76,7 | 80,2 | 82,8 | 76,8 | 81,9 | 82,3 |

Forrás: KSH.

3. táblázat

Termelés folyó áron (millió euró)

| Szektor | 1990 | 2000 | 2001 |
|------------------------------------|-------|------|------|
| Kőolaj-feldolgozás és kokszyártás | 1292 | 2534 | 2229 |
| Vegyi anyagok és termékek gyártása | 2138 | 2900 | 3019 |
| Műanyag-feldolgozás és gumigyártás | 423 | 1353 | 1636 |
| Összesen | 3853* | 6787 | 6884 |

* gázgyártás és szolgáltatás nélkül

Forrás: MAVESZ.

4. táblázat

A vegyipar részesedése az ipar termeléséből 1990–2001 között (%)

| | 1990 | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vegyipar részesedése | 22,0 | 21,6 | 21,1 | 18,8 | 15,4 | 15,2 | 15,0 | 14,0 |

Forrás: Magyar Statisztikai Évkönyv, 2001. Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2002.

Ipari és Építőipari Statisztikai Évkönyv, 2000. Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2002.

Külön említést érdemel a petrokémiai ipar és az arra épülő műanyaggyártás. Ezek az ágazatok 1990 után is jelentősen fejlődtek. A korszerű technológiákkal megvalósított polietilén-, polipropilén-, PVC-, polisztirol- és poliuretán-termelés már az 1970-es évek végétől versenyképes fejlődési pályára állt, és nemcsak az exportpiacokon állta meg helyét a kiélezett versenyben, de jelentős fejlődéshez segítette a hazai műanyag-feldolgozást.

Néhány más ágazat azonban nagyon nehéz időszakot élt át. A műtrágya-ipar például – a mezőgazdasági igények nagymérvű hanyatlása következtében – korábbi termelésének mindössze egyharmadát bocsátja ki. Több üzemet le kellett állítani. A foszfor-műtrágya termelése a lehető legkisebbre csökkent, nitrogén-műtrágyát már csak egyetlen vállalat állít elő. Az ágazat nehézségeit részben a mezőgazdaság helyzete, részben a dömpingáras import okozta. A magyar növényvédőszer-gyártás, amely szorosan kötődik a mezőgazdaság általános helyzetéhez, szintén a változások vesztesei közé sorolható. Természetesen erről nem kizárólag a magyar mezőgazdaság tehet, hiszen az ágazat jelentős anyagi károkat szenvedett el az egykori KGST-piacok elvesztése miatt is.

E két véglet között a gyógyszeripar sajátos, átmeneti helyzetben van: szorosan kötődik a hazai piachoz, amelynek igényei jelentős mértékben meghatározzák a termelés növekedésének mértékét. A gyógyszeripar hazai piaci részesedése is csökkent a külföldi szállítók térnyerése miatt. Ez azonban csak részben tekinthető piacszorító hatásnak, mivel a külföldi cégek terjeszkedését a gyógyszerválaszték szélesítése indokolja. A végeredményt, a hazai piaci részesedés csökkenésének mértékét egyrészt a társadalombiztosítás gyógyszerkasszájának állandó hiánya, másrészt a támogatott termékek hatósági ár-szabályozása alakítja. A gyógyszeripar legtöbb cégénél a tulajdonosok nagy beruházásokat valósítottak meg a külföldi piaci orientáció, az alkalmazkodó- és versenyképesség erősítése céljából, így e vállalatok megőrizték helyüket az ágazaton belül.

A lezajlott termék- és vállalatszerkezeti átalakulások hatására tehát a vegyiparban az exportáló vállalatok törtek előre, ezek teljesítménye vált az ágazat növekedésének meghatározó elemévé. E vállalatok növekedési esélyeit a világi piaci hatások, konjunkturális ingadozások határozzák meg. Ezek közül ki-

emelhető az alapanyagul szolgáló kőolaj árának alakulása, amely hatással van a költségszerkezet és költségszínvonal alakulására. Ezzel is összefügg a termékek világgpiaci keresletének és árának egyik évről a másikra történő, nagy ingadozásokkal járó változása. Az ágazat legnagyobb cégeinek a növekedését – az előzőeken túl – a külpiaci konjunktúra és a forint árfolyamának alakulása, vagyis csupa olyan tényező befolyásolja, amelyek a cégek világgpiaci integrációjából következnek. Az integrálódás megerősítette az ágazat vállalatainak a helyzetét, de ezt a termelés csökkenése kísérte.

Változások a vegyipari termékek értékesítésében

Az 1990-es évekig a kőolaj-feldolgozás termékei, a gumi- és műanyag termékek, valamint a vegyi anyagok és termékek összesített eladása 75–25% arányban oszlott meg a belföldi és az export piacok között. Ebben az időszakban a vegyipar külkereskedelmi forgalma nagyjából kiegyenlített volt. Később, a gazdaság ágazati szerkezetének átalakulásával, erősen romlott a vegyipar export-import egyenlege (5. táblázat). 2001-ben a negatív egyenleg meghaladta az 1,6 milliárd USD-t. Meg kell azonban jegyezni, hogy a vegyipari termékek importja jelentős mértékben a közvetlen fogyasztást és más ágazatok termelését szolgálja.

A vegyipar kiviteli mutatója mellett mindig fontos jelzőszám volt az ország teljes vegyi anyag és vegyi termék külkereskedelmi forgalmának alakulása. Külkereskedelmi forgalmon minden esetben a vegyipari anyagok és termékek teljes forgalmát értjük. Ideszámít az anyag vagy termék akkor is, ha nem vegyipari vállalat exportálta vagy importálta.

A rendszerváltást követően nagymértékben megváltozott az értékesítés szerkezete is (6. táblázat). 1990-ben a vegyi anyagok és a műanyagok nagyobb részét belföldön adták el a hazai vállalatok, míg 2001-re ezeket a termékek már közel azonos arányban értékesítették bel-, illetve külföldi piacon.

A vegyipar egészét tekintve 2001-re az export részaránya 43%-ra nőtt, ami döntően az exportorientált szakágazatok szerepének növekedésére vezethető vissza. A vegyipari export súlyponti területei: a műanyagok, a szerves vegyipari alapanyagok, a gyógyszerek és a gumitermékek. Napjainkban a kivitel 58%-a a fejlett ipari országokba, döntően az EU tagállamaiba irányul (7. táblázat).

Az Európai Vegyipari Tanács (CEFIC) 1990 óta szerepelteti adatbázisában a magyar vegyipar különböző adatait (8. táblázat). Az eltérő statisztikai és feldolgozási rendszerekből adódóan ezek az adatok nem mindig esnek egybe – sőt, néhány esetben kirívóan eltérnek – a KSH által szolgáltatott, valamint a Magyar Vegyipari Szövetség által nyilvántartott adatoktól. Minden bizonytalanság mellett is érdemes azonban ezt az adatsort is szemügyre venni, hiszen jól szemlélteti azokat a különbségeket, amelyek az Európai Unió – nem melles-

5. táblázat

A külkereskedelmi forgalom 1997-2001 között (millió USD)

| | 1997 | 1989 | 1999 | 2000 | 2001 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Vegyipari termékek exportja | 2449 | 2518 | 2399 | 2856 | 3137 |
| Vegyipari termékek importja | 3530 | 4152 | 4418 | 4675 | 4767 |
| Egyenleg | -1081 | -1634 | -2019 | -1819 | -1630 |

Forrás: Kopint-Datorg Rt.

6. táblázat

Az értékesítési szerkezet százalékos megoszlása, folyó áron

| Szektor | Belföldi | | Export | |
|------------------------------------|----------|------|--------|------|
| | 1990 | 2001 | 1990 | 2001 |
| Kőolaj-feldolgozás és kokszyártás | 76,5* | 75,3 | 23,5* | 24,7 |
| Vegyí anyagok és termékek gyártása | 61,4 | 46,3 | 38,6 | 53,7 |
| Műanyag-feldolgozás és gumigyártás | 66,6 | 49,6 | 33,4 | 50,4 |
| Összesen | 67,1 | 56,6 | 32,9 | 43,4 |

*gázgyártás és szolgáltatás nélkül

Forrás: MAVESZ, KSH.

7. táblázat

A vegyipar külkereskedelmi forgalmának megoszlása 2001-ben (%)

| | EU | EFTA | Egyéb fejlett | CEFTA | FÁK | Fejlődő | Egyéb |
|--------|------|------|---------------|-------|-----|---------|-------|
| Export | 47,8 | 2,5 | 7,3 | 22,4 | 9,1 | 3,6 | 7,3 |
| Import | 66,8 | 3,0 | 8,7 | 10,5 | 5,4 | 3,5 | 2,1 |

Forrás: Kopint-Datorg Rt.

8. táblázat

A vegyipar árbevétele (millió euró)

| Reláció | 1990 | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2000 | 2001 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Európai Unió | 320 825 | 332 694 | 356 906 | 386 123 | 419 679 | 502 238 | 518 599 |
| Magyarország | 2 324 | 1 792 | 2 229 | 2 521 | 2 175 | 2 849 | 2 999 |

Forrás: CEFIC.

leg a világ vezető vegyipari régiója – és a magyar vegyipar által befutott pályák között mutatkoznak.

Jól látható, hogy míg az Európai Unió vegyiparának teljesítménye folyamatosan növekedett, illetve az egész ágazatot sújtó válság is csak stagnálást hozott, addig a magyar vegyipar termelése erőteljesen visszaesett. 1990-ben a magyar vegyipar árbevétele az uniós árbevétel 0,73%-át érte el. 1992-re ez az arány 0,54%-ra csökkent, és 2001-re is csak 0,55%-ra nőtt. Az okok jól ismertek: csökkenő hazai kereslet, a keleti exportpiacok összeomlása, a felkészülés nélküli, elsietett import-liberalizáció. Az is tény, hogy a vegyipar privatizációja során nem volt prioritás a korábbi termelési szint fenntartása.

Teljesebb képet kapunk, ha megvizsgáljuk a CEFIC által feldolgozott exportadatokat is (9. táblázat). A táblázatban szereplő adatok még az árbevétel-nél is látványosabban mutatják az uniós vegyipar erejét. Európa vegyipara a válságos évekre a kivitel növekedésének óvatos lefékeződésével reagált, majd folytatódott a dinamikus növekedés. A vizsgált időszak végére az export a kiindulási értéke több mint két és félszeresére nőtt! Ezalatt a magyar vegyipar kivitele elnyúlt hullámvölgyet mutatott, és az időszak végére a bázishoz képest mindössze 60%-kal növekedett.

A behozatali adatokból (9. táblázat) látható, hogy a ciklus mélypontján az EU importja is csökkent, de alig érzékelhető mértékben. Összességében a vegyipari import növekedése elmaradt az export növekedése mögött. Ezalatt a magyar vegyipari import egyenletesen és meredeken emelkedett, és az időszak végére a kiindulási érték csaknem háromszorosára nőtt!

A mennyiségi változások mögött természetesen jelentős szerkezeti átalakulás húzódik meg. Amíg a '90-es éveket megelőző időszakban a vegyipari export legnagyobb része klíring-elszámolásban a KGST-országokba irányult, a mai kivitel közel kétharmada a fejlett országokban, túlnyomórészt az Európai Unió területén talál piacra. Jelentősen változott a keleti irányú export is, hiszen míg korábban a Szovjetunió uralta vegyipari exportunkat, addig az utódállamok mai részesedése alig éri el a 8%-ot. Megjegyzésre érdemes, hogy a CEFTA országai-

9. táblázat

A vegyipari export és import alakulása a CEFIC adatai szerint (millió euró)

| | 1990 | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2000 | 2001 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| EU teljes exportja | 144 057 | 153 023 | 182 337 | 218 336 | 264 336 | 335 102 | 366 295 |
| Magyar export | 1 301 | 786 | 907 | 1 317 | 1 379 | 1 914 | 2 086 |
| EU teljes importja | 128 232 | 135 368 | 152 699 | 182 756 | 219 887 | 274 698 | 297 439 |
| Magyar import | 1 138 | 1 263 | 1 828 | 1 958 | 2 155 | 3 165 | 3 370 |

Forrás: CEFIC.

nak részesedése sokkal kevésbé csökkent. Még nagyobb mértékben alakult át az import szerkezete. A keleti országok dominanciája teljes mértékben megszűnt, az Európai Unió adja a vegyipari import több mint kétharmad részét.

Privatizáció, tulajdonosok

A vegyipar többlépcsős privatizációja 1998 végére gyakorlatilag befejeződött. Az állami tulajdon részaránya 2000-re 9%-ra csökkent. Számottevő állami tulajdonrész csak a kőolaj-feldolgozásban és a gyógyszeriparban maradt fenn. A külföldi tőke aránya a vegyiparban 55%, magasabb a 46%-os ipari átlagnál. A tulajdonosok változását a 10. táblázat mutatja.

Magyarország az átalakulási időszakban a közép-európai régió legvonzóbb célpontjává vált a külföldi működő tőke számára. A beáramló tőke elsősorban az átlagosnál jobb termelékenységgű és/vagy kiemelkedő profitrátájú ágazatokat vette célba. A feldolgozóipar tőkevonzó képessége kimagasló volt (1998-ig 7,1 milliárd USD), ezen belül a legkedvezőbb befektetési területnek a gépipar, az élelmiszeripar és a vegyipar bizonyult. Utóbbiban a külföldi befektetések összege 1997 végén meghaladja a 2,2 milliárd USD-t. A külföldi tőke aránya a vegyiparban nagyjából megfelel a feldolgozóipari átlagnak (56%). Ennél lényegesen magasabb mutatóval a dohányipar (88%), a nem fémes ásványi termékek (72%) és a gépipar (64%) rendelkezik.

Az egyes vegyipari ágazatokat elemezve kitűnik, hogy a külföldi tőke aránya 100%-hoz közeli az ipari gázgyártásban, a vegyiszálgártásban, igen magas (72%) a gyógyszeriparban, rendkívül alacsony viszont a műtrágya és növényvédő szer gyártásában, a szerves és szervetlen vegyipari szakágakban. Természetesen a magas külföldi tőke arányát szakmai befektetők képviselik, míg az alacsonyabb arány mögött túlnyomórészt pénzügyi befektetők állnak. A vegyiparon belül igen jelentős arányt képviselő műanyaggyártás és műanyag-feldolgozás a privatizációs folyamat kezdetén elsősorban pénzügyi befektetőket vonzott, de mára már jelentős átrendeződést hozott a BorsodChem

10. táblázat

A szektor vállalatainak tulajdonosai (%)

| Tulajdonos | 1992 | 2000 |
|------------------------------|------|------|
| Állami tulajdon | 77,8 | 9,1 |
| Külföldi befektetők | 8,2 | 55,4 |
| Belföldi befektetők | 7,8 | 29,1 |
| Egyéb (önkormányzatok, stb.) | 6,2 | 6,4 |

Forrás: MAVESZ.

és a TVK tulajdonviszonyaiban bekövetkezett változás, azaz a stratégiai tulajdonos(ok) térnyerése.

Foglalkoztatottság

A magyar vegyipar 1990-ben összesen mintegy 110 ezer főt foglalkoztatott. 2001-re ez a létszám 79 ezer főre csökkent. Jelenleg az iparban foglalkoztatottak 9,4%-a dolgozik a vegyiparban. Az egyes részterületeken foglalkoztatottak számára és állománycsoportonkénti megoszlására vonatkozó 2001. évi adatokat a 11. táblázat mutatja.

A munkavállalók döntő többsége teljes munkaidőben dolgozik, a részmunkaidősök aránya 3% alatti. Nézzük, mit mutatnak a CEFIC adatai (12. táblázat).

A Magyarországra vonatkozó adatok, a már említettek miatt, eltérnek a MAVESZ adataitól, de ebben a formában is alkalmasak az összehasonlításra. Azt látjuk, hogy az időszak kezdetén a magyar vegyiparban foglalkoztatottak száma az EU-ban foglalkoztatottak közel 3,9%-át tette ki. Ez a szám 2001-re alig haladja meg a 2%-ot.

Az árbevétel ezzel párhuzamosan az uniós érték 0,72%-áról 0,58%-ára csökkent. Nem kapunk egyértelműen kedvező képet, ha az egy főre jutó árbevételt vizsgáljuk. Ez az érték az EU vegyiparában az 1990-es 163 ezer euró/főről 2001-re 312 ezer euró/fő-re növekedett. A magyar vegyipar hasonló mutatója 1990-ben 30,5 ezer euró/fő, 2001-ben pedig 87,4 ezer euró/fő.

11. táblázat

A foglalkoztatottak száma 2001-ben (fő)

| Szektor | Fizikai | Szellemi | Összesen |
|---------------------------------------|---------|----------|----------|
| Kocsz, kőolaj-feldolgozás | 6 787 | 4 689 | 11 476 |
| Vegyi anyagok és termékek gyártása | 20 296 | 13 959 | 34 255 |
| Gumi- és műanyag termék | 26 763 | 6 510 | 33 273 |
| Összesen (5 fő feletti vállalkozások) | 53 846 | 25 158 | 79 004 |

12. táblázat

A foglalkoztatottak száma (ezer fő)

| | 1990 | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2000 | 2001 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Európai Unió | 1965 | 1970 | 1812 | 1710 | 1694 | 1666 | 1661 |
| Magyarország | 76,2 | 59,1 | 56,0 | 51,1 | 36,7 | 35,8 | 34,3 |

Forrás: CEFIC.

A növekedés tehát csaknem háromszoros, de az abszolút érték még mindig messze elmarad a világ legjelentősebb vegyipari térségétől és ez súlyos versenyképességi kérdéseket vet fel.

Beruházások

1990 és 2001 között a magyar vegyiparban 1085 milliárd Ft, azaz több mint 5500 millió euró értékű beruházást hajtottak végre. Az utóbbi három év beruházásainak alágazati megoszlását a 13. táblázat mutatja.

A beruházások szerkezetének változására jellemző, hogy 2000-ben a szektor beruházásainak közel 20%-t tette ki a közvetlen, illetve integrált környezetvédelmi beruházások együttes összege. A vegyipari vállalatok a 2000. évben működési költségük 3,3%-át fordították szervezeten belüli környezetvédelemre, további 3,4%-ot pedig a külső szolgáltatóknak kifizetett környezetvédelmi szolgáltatások ellenértéke jelentett.

Ismét érdekes összehasonlításra nyújt alkalmat a CEFIC vonatkozó adatbázisának vizsgálata. (Az adatbázisban ez esetben is a kőolaj-feldolgozás, valamint a műanyag-feldolgozás és a gumigyártás nélküli beruházási adatok szerepelnek.)

Első látásra szembetűnő az EU vegyiparának kiegyensúlyozott beruházási tevékenysége (14. táblázat), bár az 1993–1995 közötti időszak enyhe csökkenést hozott. A magyar vegyipari beruházások nagyobb amplitúdóval változtak, és a leggyengébb (1992) és a legerősebb (2001) éves adatok között az arány több mint három és félszeres. Az elmúlt 12 évben az Európai Unió vegyiparának fejlődését csaknem 267 milliárd euró értékű beruházás szolgálta. Ugyanabban az időszakban Magyarországon vegyipari beruházásokra 2515 millió eurót fordítottak, ami az uniós érték 0,94%-a, vagyis lényegesen magasabb, mint az árbevétel aránya. Ez elsősorban a korábbi évtizedek elmaradásainak következménye, de egyúttal biztató jele a fejlődésnek is.

13. táblázat

Beruházások folyó áron (millió euró)

| Szektor | 1999 | 2000 | 2001 |
|------------------------------------|------|------|------|
| Kőolaj-feldolgozás és kokszyártás | 282 | 216 | 124 |
| Vegyianyagok és termékek gyártása | 366 | 317 | 329 |
| Műanyag-feldolgozás és gumigyártás | 101 | 99 | 137 |
| Összesen | 749 | 632 | 590 |

Forrás: MAVESZ.

14. táblázat

Befejezett beruházások (millió euró)

| | 1990 | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2000 | 2001 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Erópai Unió | 22 849 | 21 469 | 17 196 | 21 722 | 25 146 | 24 900 | 25 990 |
| Magyarország | 183 | 92 | 120 | 172 | 301 | 317 | 331 |

Forrás: CEFIC.

Az 1990 óta eltelt időszak változásai nem hagyták érintetlenül a szakágazati struktúrát sem. A petrokkémia fejlődésével – annak bázisán – növekedett a stratégiai szakágazatnak tekinthető műanyaggyártás. Ezzel szemben a szintén stratégiai jelentőségű gyógyszergyártás részaránya csökkent, jóllehet továbbra is a magyar vegyipar kulcsterülete maradt. Néhány szakágazat – más gazdasági ágazatok versenyhelyzetével összefüggésben – veszített jelentőségéből. Ilyen például az agrárszektorhoz kapcsolódó növényvédőszer-előállítás, illetve műtrágyagyártás. A vizsgált időszakban a műtrágyagyártók kibocsátása harmadára csökkent! A vegyipar jelenlegi szakmai összetételét a 15. táblázat szemlélteti.

15. táblázat

A szakmai szerkezet a 2001. évi folyóáras termelési értékek alapján (%)

| Szektor | Részarány (%) |
|------------------------------------|---------------|
| Kőolaj-feldolgozás és kokszyártás | 32,4 |
| Vegyipar alapszektora és termékei | 43,9 |
| ebből: ipari gázgyártás | 1,5 |
| színezékek, pigmentek | 0,8 |
| szerves és szervetlen alapszektora | 2,9 |
| műtrágyák | 2,0 |
| műanyagok | 13,6 |
| növényvédőszer | 0,8 |
| festékek | 1,6 |
| gyógyszeripar | 15,7 |
| tisztítószerek, kozmetikai ipar | 3,5 |
| egyéb vegyipar | 0,7 |
| vegyszer gyártása | 0,8 |
| Műanyag-feldolgozás és gumigyártás | 23,7 |
| ebből: műanyag késztermék | 18,2 |
| gumigyártás | 5,5 |

Szakmastruktúra, vállalati struktúra

A magyar vegyipar döntően kis- és középvállalatokból áll. Nemzetközi mércével mérve a hazai nagyvállalatok is inkább középvállalatoknak számítanak. A szerkezetváltás és a privatizáció eredményeként csökkent az átlagos vállalatméret.

2000. december 31-én a szakmában – a KSH adatai alapján – 1741 vállalkozás működött. Tevékenységi terület szerinti megoszlásukat a 16. táblázat mutatja. Az 1741 vállalkozás közül a 20 fő feletti létszámot foglalkoztató gazdasági egységek száma 413. A legmagasabb, 2000 fő feletti létszámú kategóriába mindössze 5 vállalat tartozik.

16. táblázat

A vállalkozások szektorális megoszlása

| Szektor | Vállalkozások száma |
|--|---------------------|
| Kőolaj-feldolgozás és kokszyártás | 10 |
| Vegyipari anyagok és termékek gyártása | 576 |
| Műanyag-feldolgozás és gumigyártás | 1155 |
| Összesen | 1741 |

Forrás: KSH.

A 20 fő feletti létszámú vállalkozások számának megoszlása, az alkalmazásban állók nagyságcsoportjai szerint, a 17. táblázatban látható. (A táblázat nem tartalmazza a jogi személyiség nélküli társas vállalkozásokra, továbbá a jelentős számú egyéni vállalkozóra vonatkozó adatokat.)

17. táblázat

A 20 fő feletti vállalkozások számának megoszlása az alkalmazottak száma szerint

| Alkalmazottak száma | Vállalkozások száma |
|---------------------|---------------------|
| 20–50 fő között | 182 |
| 51–250 fő között | 183 |
| 251–2000 fő között | 43 |
| 2000 fő felett | 5 |
| Összesen | 413 |

Forrás: KSH.

A vegyipar átalakulásának feltételeiről

A vegyipari vállalatok exportorientációjának megerősödése felveti a kérdést, hogy a kilencvenes években ezt milyen irányú változások alapozták meg, és a szerkezeti változások során a vállalatok milyen alkalmazkodási mintákat követtek. A változások elemei közül foglalkozunk a vállalatok válságkezelésével, a privatizáció változatos módszereivel (ezen belül is a külföldi befektetők szerepével), az új tulajdonosi szerkezetben kialakított vállalatfejlesztési stratégiákkal, vállalati sikerekkel és ezek árával, valamint a piaci alkalmazkodásnak néhány, a kilencvenes évek végén fokozatosan előtérbe került eszközével.

A nyolcvanas-kilencvenes évek fordulóján megindult piacgazdasági átmenet eltérő kiinduló helyzetben találta a vegyipari vállalatokat. Közülük éppen a legnagyobbak, a műanyagipari alapanyagokat gyártó petrokémiai cégek – az időközben részvénytársasággá átalakult Tiszai Vegyi Kombinát Rt. és a BorsodChem Rt. – kerültek a legsúlyosabb válsághelyzetbe. (A vegyipari és a vegyi anyagok és termékek gyártásából a húsz legnagyobb hazai termelő vállalat közül háromnak a részesedése kiugróan magas. A MOL Rt. vegyipari részeleget, a TVK Rt. és a BorsodChem Rt. árbevétele többszöröse a többi tizenhét vállalaténak. Ez utóbbiak árbevételének a nagyságrendje azonos a TVK Rt. és a BorsodChem Rt. bevételeivel. E nagyságrendbeli eltérés az oka annak, hogy az elemzés kiemelten foglalkozik a műanyagipari alapanyaggyártók helyzetének alakulásával.) A válság fő eleme a korábbi beruházási hitelek törlesztésének, valamint a közterhek befizetésének ellehetetlenülése volt. Ezt a helyzetet a nemzetközi vegyipari recesszió miatt romló vállalati pénzügyi eredmények, a hagyományos piacok összesűkülése és a nyugati exportpiacokon bekövetkezett áresés miatt kialakuló veszteség idézte elő. A kilencvenes évek közepére a TVK Rt. és a BorsodChem Rt. helyzetét stabilizáló állami kezdeményezésű válságkezelés hasonló vonásokkal rendelkezett. A két vállalatot az állami adós- és hitelkonszolidációs program szabadította meg adósságaitól. A vállalati kezdeményezésű reorganizációs lépések (a szervezeti átalakítások, a beruházások, a folyamatos termékszerkezet-váltás, a vállalatirányítás újjászervezése, a piaci kapcsolatrendszer diverzifikálása stb.) a pénzügyi válsághelyzet elmúltával kezdték kifejteni hatásukat, amelyek érvényesülését az 1994 után kibontakozó vegyipari világpiaci konjunktúra tette lehetővé. Az export mennyiségének növekedése és termékeik árszínvonalának emelkedése előbb pénzügyileg stabilizálta, majd egyre erőteljesebb mértékben jövedelmezővé tette e vállalatok működését az évtized közepétől. A vállalatok helyzetének stabilizálására tehát még az állami tulajdon keretei között került sor, a privatizáció csak ezt követően indult meg.

A műanyagipari alapanyaggyártó vállalatok számára a kilencvenes évek második fele egyaránt hozott erőteljes piaci fellendüléseket és nagy visszaeséseket: e hullámzások a teljesítmények alakulását döntő mértékben befolyásol-

ták. Ugyanakkor – szemben a korábbi éveket jellemző állapottal – a cégek helyzetét nem ingatták meg. A két legnagyobb társaság pénzügyi stabilitását megőrizte azokban az években is, amikor a vegyipar újabb nemzetközi recessziója miatt csökkent az értékesítésük, sőt megőrizték helyüket a magyar gazdaság legjövődmezőbb vállalkozásai között.

E fejlemény összetevői közül két kérdést emelünk ki: az évtized közepén megindult privatizációt, valamint a megvalósított reorganizáció és az alkalmazkodási képességet erősítő intézkedések hatásait. A vegyiparban lezajlott privatizáció igen változatos formákban valósult meg, és eltérő tulajdonosi szerkezeteket hozott létre. A műanyagipari alapanyaggyártás két legnagyobb vállalata tőzsdei cég lett, és a privatizáció után a részvények többsége pénzügyi befektetők kezébe került. Ez a – domináns befolyást nélkülöző – tulajdonosi szerkezet fenntartotta a vállalatok és vezetésük viszonylagos függetlenségét a nagy külföldi kőolajipari, vegyipari cégekkel szemben. A hazai cégek szempontjából ennek az adta a jelentőséget, hogy emiatt tudták megőrizni az egymás között hosszú idő óta fennálló beszállítói, együttműködési kapcsolataikat, ezeket nem kellett átrendezni (korlátozni vagy megszüntetni) nagy befolyással bíró tulajdonos(ok) érdekeit követve. (A vegyiparban néhány vállalat tulajdonosi szerkezetének az átrendeződése nem zárult le a privatizációval, hanem a kilencvenes évek végén – mint erről még lesz szó – igen jelentős és többirányú változásokra került sor. Ezek egy részében a hazai cégek maguk is kisebb vállalatok tulajdonosai lettek vállalatfelvásárlások révén, másrészt saját tulajdonosaik köre és típusa is megváltozott, mivel szakmai, illetve domináns pénzügyi befektetők befolyása alá kerültek. A vegyiparban mind a tőzsdei, mind a szakmai befektetők bevonásával lezajlott privatizációk tőkebevonással valósultak meg, ezzel lehetőség nyílt a vállalatok termszervezetét, kapacitásait megújító és bővítő beruházások megindítására.)

A 18. táblázat adatai a vegyi anyagok és termékek gyártásának privatizációt követően kialakult tulajdonszerkezetét mutatják be. Az első megjegyzés az állami tulajdon tényleges súlyára vonatkozik: az állam tulajdonosi jelenléte

18. táblázat

Az állami és a külföldi tulajdon aránya a vegyi anyagok termékek gyártásának jegyzett tőkéjéből, 1999–2000 (%)

| | 1999 | | 2000 | |
|------------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| | állami | külföldi | állami | külföldi |
| Vegyi anyagok és termékek gyártása | 10,1 | 62,8 | 5,5 | 60,8 |

Forrás: Magyar Statisztikai Évkönyv, 2001. Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2002; Ipari és Építőipari Statisztikai Évkönyv, 2000. Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2002.

igen koncentrált, vagyis nem rendelkezik részesedéssel a vállalatok tulajdonosi részében. Ami a privatizált vagyon megoszlását illeti, a külföldi tulajdonosok túlsúlyban vannak a hazaiakkal szemben, befektetéseik majdnem kétszeresét teszik ki a belföldiekének. A külföldi tulajdonosok között a pénzügyi-intézményi és a szakmai befektetők egyaránt megtalálhatók. A hazai tulajdonosok csoportjának összetétele is változatos: kisbefektetők, intézmények, munkavállalók és vállalkozások alkotják, amelyek közül tényleges – bár változó mértékű – befolyással csak az utóbbiak rendelkeznek.

A vegyiparban lezajlott alkalmazkodási folyamat legfontosabb eleme a termékszerkezet-átalakítás volt, amelyet beruházások, licenconosítások tettek lehetővé. Ezzel párhuzamosan sor került az értékesítés rendszerének megújítására is. A beruházások hatása sokrétű volt: egyrészt a hagyományosan gyártott termékek esetében nagyobb volumenű, költséghatékonyabb gyártást tettek lehetővé, másrészt új termékek bevezetését is elősegítették, továbbá biztosítani tudták az Európai Unióban hatályos környezetvédelmi követelmények érvényesülését, valamint minőségbiztosítási rendszerek bevezetését. A beruházások eredményeképpen nőtt a magasabb feldolgozottságot képviselő, több hozzáadott értéket tartalmazó termékek súlya, amelyek jellemzője, hogy keresletük és áruk kevésbé van kitéve világgpiaci ingadozásoknak (köztük a kőolajár-változásnak), vagyis a verseny intenzitása is jóval kisebb, mint amilyen a tömegtermékek értékesítését jellemzi. A termékszerkezet ilyen irányú átalakulása miatt kerülhettek a műanyagipari alapanyaggyártó vállalatok a hazai ipar legjövődélmezőbb cégei közé.

A beruházások egy sajátos formája – a vállalatfelvásárlások – is eszközei azoknak a törekvéseknek, amelyek a vállalatok szervezetét cégek csoportjává – társaságok együttesévé – alakítják át. Ezt a szervezeti formát műanyagipari alapanyaggyártás és a műanyagtermékek gyártásának legdiverzifikáltabb cégei alkalmazzák. Számukra ez a szerkezet a piaci alkalmazkodás elősegítését szolgálja: lehetővé teszi egyes tevékenységek megszüntetését, újabbak megindítását, a termékszerkezet átalakítását és bővítését beruházások, vállalatfelvásárlások révén.

A hazai vegyiparban bekövetkezett szerkezeti átalakulás legnagyobb vesztesei a növényvédőszer- és a műtrágyagyártó vállalatok voltak. Mivel értékesítésük fő iránya a hazai piac volt, a mezőgazdasági termelők keresletének nagymértékű visszaesése és egyes volt KGST-országokból érkező, a hazainál jóval olcsóbb termékek importversenye együttesen vezetett a hazai növényvédőszer-előállítás és műtrágyagyártás zuhanásához: csökkent a gyártók száma, és teljes termékcsoporthoz tűntek el a hazai termelők kínálatából. A növekedés csak az évtized végén indult meg. Ezzel függ össze, hogy a vegyipar utolsóként, 2000-ben privatizált cége is e területen tevékenykedik.

A gyógyszeriparnak, a vegyipar másik meghatározó súlyú szektorának helyzetét a kilencvenes évek első felében részben más természetű gondok jel-

lemeztek. A világpiaci versenytől korábban részben elzárt hat nagy gyógyszergyár döntő mértékben reprodukciós, generikus gyártóként működött, de emellett jelentős saját K+F kapacitásokkal is rendelkeztek. A kilencvenes évek elejétől kezdve a piaci értékesítés lehetőségei gyökeresen átalakultak, hiszen a hagyományos kelet-európai piacok összeszűkültek, és a hazai piacon a gyógyszerimport liberalizációját követően gyorsan növelték részesedésüket a külföldi gyártók. Behatolásuk mélységét jelzi, hogy részesedésük a hazai gyógyszerfelhasználásból – amely 1990-ben mintegy 27%-ot tett ki – 2000-re a 60%-ot is meghaladta. A hazai piaci helyzetet korábban jellemző biztonság meggyengült a társadalombiztosítás állandósuló fizetési gondjai – a gyógyszerkassza növekvő deficitje – és a gyógyszer-forgalmazási (a nagykereskedelmi) rendszer átalakulása miatt is. A társadalombiztosítás állandósuló pénzügyi hiányával függ össze a támogatott gyógyszerek ármeghatározási rendszerének működtetéséből eredő további bizonytalanság, amelyet a gyártók számára a szabályozás gyakori módosításai idéznek elő. A gyógyszergyárak piaci helyzetét kedvezőtlenül befolyásolta a termékszabaddalmi rendszer bevezetése is, amely a nemzetközi iparjogvédelmi szabályozást érvényesítette, és ezért nem lehetett a korábbi eljárásoltalmi rendszer által kínált megoldásokat tovább alkalmazni. A piaci helyzet átalakulása azonban mégsem idézett elő olyan gazdálkodási válsághelyzetet, mint amilyen a műanyagipari alpanyaggyártók esetében mutatkozott. Ez részben azzal függött össze, hogy a gyógyszergyártók öröklött adósságtérhei ez utóbbiakénál jóval kisebbek voltak, másrészt termékeik is jóval kevésbé voltak kitéve a világpiaci konjunktúra és az árak ingadozásainak. Így a gyógyszergyárak – egyes cégeknél egy-egy évben kialakult veszteséget leszámítva – e nagy piaci átrendeződéssel járó években is nyereségesek maradtak, megőrizték gazdálkodási stabilitásukat.

Ez a helyzet hozzájárult ahhoz, hogy a hazai gyógyszeripar vállalatainak (közülük is elsősorban a három vezető cég: a Richter Rt., a Chinoi Rt. és az Egis Rt.) privatizációja a kilencvenes évek első felében megindulhatott. Jóllehet az egyes vállalatok privatizációjára igen különböző módon és ütemezésben került sor, a tranzakcióknak sok lényeges hasonló vonása is volt. Így lehetőséget teremtettek tőkebevonásra és beruházásokra, valamint az alkalmazkodáshoz szükséges új vállalatirányítási és -szervezési módszerek bevezetésére. A vállalatok között abban mutatkoztak eltérések, hogy ezeket az átalakításokat a saját vagy a befektetők kezdeményezésére hajtották-e végre. A vállalatok tulajdonosi szerkezete – a Richter Rt.-t kivéve, amely pénzügyi befektetők befolyása alá került, így nincs uralkodó helyzetben lévő tulajdonos – hasonló vonásokat mutat, amennyiben előbb vagy utóbb szakmai befektetők többségi tulajdona jött létre. A hat vállalatból három esetében a privatizálásban az értéktőzsdén keresztüli tőkebevonás is szerephez jutott. (Két cég – a Richter Rt. és az Egis Rt. – részvényei a budapesti értéktőzsde forgalmában azóta is aktív szerepet játszanak.)

A hazai gyógyszeripar helyzetében fontos szerepet játszik az, hogy miként alakult a gyógyszergyárak kutató-fejlesztő egységeinek sorsa. (E keretek között nem foglalkozhattunk az alap kutatások és az akadémiai intézetek helyzetének alakulásával, a költségvetésből támogatott K+F kiadások részarány-csökkenésének következményeivel, amelyek pedig mind szoros kapcsolatban állnak a gyógyszeripari kutatás-fejlesztés beszűkülésével.) A nagy hazai gyógyszergyárak kutatási-fejlesztési kapacitásai fennmaradtak, de tevékenységük szervezésében, irányában, jellegében lényeges változásokra került sor. Az egyes vállalatok közti különbségeket az okozta, hogy a tulajdonosok milyen módon illesztették ezt a tevékenységet a cégcsoportban folytatott kutatás-fejlesztéshez. Nyilvánvaló módon egy szakmai tulajdonosok nélkül működő gyógyszergyár döntési köre jóval szélesebb azokénál, amelyek esetében a tulajdonoson múlik, hogy szorosabban alárendeli-e a hazai K+F kapacitások hasznosítását az anyacégnél folyó fejlesztéseknek, vagy több teret enged-e a saját kezdeményezések érvényesítésére. (A legnagyobb gyártók körében mindhárom esetre található példák.) Különbségeket okoznak a tulajdonosok által követett eltérő stratégiák is: mely piacokat és milyen termékeket helyeznek előtérbe a fejlesztési célok kialakításakor.

A hazai gyógyszergyártók közös vonása, hogy viszonylag kevesebbet – mintegy a felét – tudják a K+F-re költeni, mint a nagy külföldi cégek. A vállalatok önállóan képtelenek új, vagy újszerű készítmények kutatását, fejlesztését és bevezetését finanszírozni, ezért az egyik járható út az, amit egyes magyar vállalatok követnek: külföldi cégekkel kötnek stratégiai szövetségeket szűkös kutatási-fejlesztési erőforrásaik kiegészítésére, emellett licencadaptációkkal is igyekeznek lépést tartani az igények változásaival. A K+F másik lehetséges iránya a lejárt szabadalmi védettségű termékek gyártási feltételeinek kialakítása. Ehhez a hazai gyártók erőforrásai már nem elégségesek. E készítmények értékesítését ugyanakkor az éles piaci verseny jellemzi, vagyis a marketingnek és a piaci behatolás egyéb módszereinek (például helyi vállalatok felvásárlásának) a szerepe felértékelődik.

A vegyipar egészének növekedési (pontosabban fogalmazva az 1992-s évhez viszonyított, mintegy tíz százalékos értékesítés-csökkenési) trendjéhez képest a kozmetikai és háztartási vegyi ipar kedvezőbb teljesítményt ért el. Ez a vállalatok tulajdonosi szerkezetével áll kapcsolatban. Szemben az előzőekben bemutatott két ágazattal, a kozmetikai iparban és a háztartási vegyiparban a hazai gyárak többsége piacvezető multinacionális cégek kezébe került. A multinacionális cégek ezeket a magyar gyártókat beillesztették nemzetközi termelési és értékesítési hálózataikba. Így azok növekedését nem a hazai kereslet alakulásának hullámvásárai, hanem egy jóval nagyobb piac igényei határozzák meg, mivel részvételükkel alakították ki a közép- és kelet-európai piac gyártási központjait.

A vegyiparban lezajló alkalmazkodási folyamatnak van egy olyan oldala is, amely a magyar gazdaságban gyorsan terjedő eszközök alkalmazásával idéz elő átalakulásokat. Az alkalmazkodásnak, a versenyképesség erősítésének olyan eszközeiről van szó, amelyek a vállalati szervezet és a tulajdonosi szervezet változásaival járnak együtt, és amelyek egyre gyakrabban érintik a vegyipari vállalatokat. E vállalatok esetenként maguk kezdeményeznek ilyen tranzakciókat, máskor pedig tárgyaivá válnak ezeknek, más cégek bevonják őket ilyen ügyleteikbe. A vállalati növekedésnek, a diverzifikációnak, az új piacokra való behatolásnak, a versenytársak kiszorításának és más cégek feletti ellenőrzés megszerzésének az eszköze a vállalatfelvásárlás. A hazai vegyipar legnagyobb vállalatai igen nagy aktivitást mutattak ezen a területen, különösen a külföldi vállalatok felvásárlásában tartoznak a magyar gazdaság legjelentősebb befektetői közé. A vegyipari cégeket érintő tranzakciók között a hasonlóságok mellett lényeges különbségek is mutatkoztak. A közös vonás az exportpiacokon (elsősorban, de nem kizárólag a volt KGST-országokban) történő vállalatfelvásárlások, amelyek motívumai közül kiemelhető a piaci behatolás elősegítése és a kapacitásbővítés.

Egészen más jellegű és más volumenű vállalatfelvásárlási akciók célpontjává vált a műanyagipari alapanyaggyártás. Végeredményként megváltozott a TVK Rt. és a BorsodChem Rt. tulajdonosi szerkezete: mindkét cégnek lett meghatározó befolyással rendelkező, szakmai tulajdonosa. A 2000-ben lezajlott ügyletek nagy figyelmet keltettek, mert felidéztek annak a lehetőségét, hogy a két legnagyobb műanyagipari alapanyaggyártó cég egy orosz nagyvállalat befolyása alá kerülhet. A BorsodChem Rt. felvásárlása (és ezzel e cégnek a TVK Rt.-ben lévő részesedésnek a megszerzése) a MOL Rt. számára is fenyegetést jelentett, hiszen ez a lépés veszélyeztethette volna a két vegyipari céggel folytatott hagyományos együttműködését. Ezért a tranzakció által fenyegetett MOL Rt. a külföldi befektetőt megelőzve tulajdonrészt szerzett a TVK Rt.-ben, a külföldi befektető cég így egyedül a BorsodChem Rt. feletti ellenőrzést szerezte meg. E helyzetben egyelőre nem került sor nagy átrendeződésekre a partnervállalatok közötti kapcsolatokban.

E vállalatfelvásárlási sorozat azért érdemel figyelmet, mert a piacgazdaságokban gyakran kerül sor ilyen jellegű tranzakciókra. A magyar gazdaságban először éppen a vegyipar vált terepévé ilyen ügyleteknek és az ezeket kísérő konfliktusoknak.

A vegyipari cégek körében lezajlott átalakulásokról adott rövid összefoglalással zárható le, hogy – mint a vállalatfelvásárlási ügyletek is mutatják – a vállalatok jövőjét illetően többféle lehetőség is kínálkozhat. A piaci pozíciók megszerzése közben a vegyipar szervezete, vállalati és termékstruktúrája, vállalati irányítási módszerei mind gyökeres átalakulásokon mentek keresztül. A szerkezeti változások ára az volt, hogy csökkent a vegyipar kibocsátása és iparon belüli súlya a nyolcvanas évtized végéhez képest. A vegyipar cégei elté-

ró piaci stratégiáikkal, más szervezeti, tulajdonszerkezeti rendszereket alakítottak ki annak érdekében, hogy lépést tudjanak tartani piacaikon érvényesülő irányzatokkal. A vegyiparban, különösen a gyógyszeriparban és a műanyagipari alpanyaggyártásban ezeket a multinacionális vállalatok versenye alakítja. A hazai vegyipari vállalatok a kilencvenes évek eleje óta folytatott alkalmazkodási törekvéseik eredményeképpen korábbi piaci kapcsolataik egy részét megőrizték, és újabbakat is tudtak létesíteni. Sikerült helyet találniuk maguknak a piacvezető versenytársak mellett, így elérték azt, hogy működésüket a gazdálkodási stabilitás jellemzi. A gyógyszergyárak erős pozíciókat szereztek egyes helyi piacokon, a műanyagipari alpanyaggyártók a területük legnagyobb vállalataival folytatott versenyben és együttműködésben tevékenykednek, a kozmetikai és háztartási vegyi ipar cégei multinacionális cégek érdekeltségeiként szállítanak regionális piacokra.

E sokféle alkalmazkodási minta követése, a piaci pozíciók megszerzése közben a vegyipar szervezeti rendszere, vállalati és termékstruktúrája, vállalati irányítási módszerei gyökeres átalakuláson mentek keresztül. A szerkezeti változások ára az volt, hogy csökkent a vegyipar kibocsátása és iparon belüli súlya a nyolcvanas évtized végéhez képest. Ezzel együtt – a lezajlott átalakulások eredményeképpen – egyes vegyipari vállalatok a magyar gazdaság kulcsszereplői maradtak, mások pedig azokká tudtak válni.

Felhasznált irodalom

- Antalóczy K.: *Privatizáció a gyógyszeriparban*. Állami Privatizációs és Vagyonkezelő Rt., 1999.
- Antalóczy K., Sass M.: Működőtőke-áramlások, befektetői motivációk és befektetés ösztönzés a világgazdaságban és Magyarországon. *Közgazdasági Szemle*, 5: 2000.
- Cikkek a *Heti Világgazdaságból*, a *Figyelőből*, a *Világgazdaságból*, a *Napi Gazdaságból*.
- Ipari és Építőipari Statisztikai Évkönyv, 2000*. Budapest, Központi Statisztikai Hivatal, 2002.
- Magyar Statisztikai Évkönyv, 2001*. Budapest, Központi Statisztikai Hivatal, 2002.
- Mihályi P.: *A magyar privatizáció krónikája 1989–1997*. Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1998.
- Schön I.: Mi lesz veled, hazai gyógyszerkutatás? *Magyar Tudomány*, 6: 1999.
- Szépölggyi J.: Vegyipar – ezredfordulós pillanatfelvétel. *Magyar Tudomány*, 6: 1999.
- Technológiai Előrettekintési Program. Termelési és üzleti folyamatok*. Oktatási Minisztérium, 2000.
- TOP 200. *Figyelő*, 1998., 1999., 2000., 2001.
- Voszka É.: *Az agyaglábakon álló óriás*. Pénzügykutató Rt. 1995.
- Voszka É.: Tulajdonosi szerkezet és vállalatirányítás a magyar nagyiparban. *Közgazdasági Szemle*, 7–8: 2000.

A hazai kőolaj-feldolgozás helyzetképe

A kőolaj-feldolgozás az utóbbi 15 évben talán a vegyipar legnagyobb mértékben globalizálódott ágazatává vált. Eközben mind szervezetiileg, mind méretét és működési területét tekintve hatalmas változáson ment keresztül. Ezért mai helyzetének elemzésénél lényeges feleleveníteni az utóbbi négy évtizedes fejlődésének főbb állomásait.

Előzmények

A hazai kőolaj-finomítás ugrásszerű fejlődése 1960-ban kezdődött először a 6 Mt/év, később a 8 Mt/év kapacitású százhalombattai finomító építésével.¹ Az 1960–1975 közötti időszakban egy széles vertikumú, motorhajtóanyagok, tüzelő- és fűtőolajok, kenőanyagok, paraffinok, bitumenek, vegyipari alapbenzin és egyedi aromás vegyületek (benzol, toluol, xilol) gyártására alkalmas, több mint 20 üzemből álló gyár épült, amely a következő öt évben még kiegészült a motorhajtóanyagok minőségét javító és a környezetvédelmet szolgáló infrastrukturális fejlesztésekkel.

Az 1970-es évek végén bekövetkezett második olajválság megérlelte a döntést az első úgynevezett destruktív technológia megvalósítására. Ez a technológia, a kevésbé értékes fűtőolaj rovására, lehetővé tette a jó minőségű motorbenzin gyártás jelentős növelését. 1984-ben indították el az ezt az elképzelést megvalósító, 1,1 Mt/év kapacitású, fluid-katalitikus krakküzemet (FCC), amely a legkorszerűbb UOP-eljárást alkalmazta, és ezáltal forradalmasította a magyar kőolajipart.

Az 1980-as évek második felében megépült egy folyamatos regenerálású reformáló üzem, amelyet az FCC-üzem olefin termékeit felhasználó HF-alkiláló üzemmellel és egy központi gázfeldolgozó üzemmellel egészítettek ki. Az új üzemek lehetővé tették a legkorszerűbb motorbenzin gyártását és az európai előírások nagy biztonsággal történő kielégítését.

Az 1990-es években a motorhajtóanyagok minőségének további javítása céljából először felépítették a 80 bar nyomáson működő hidrogénező kénmentesítő (HDS-) üzemet, amellyel a krakküzem számára kedvező, kis kéntartalmú alapanyagot lehetett előállítani, javítva ezzel az FCC-üzem hozamstruktúráját és termékeinek minőségét.

A '90-es évek végén a jó minőségű motorhajtóanyagok iránti növekvő igény és a fűtőolaj, környezetvédelmi és gazdaságossági okokból történő, fokozatos kiváltásának szükségessége miatt előtérbe került a maradék-feldolgozás. A 2001-re felépült késleltetett kokszoló (DC) és a termékeinek további feldolgozásához szükséges kiegészítő fejlesztések, mint például a korszerűsített enyhe hidrokrakkoló- (HDS-MHC-) és a kénkinyerő Claus-üzem, valamint a hidrogéngyár 2002-ben történt befejezésével megvalósult a fűtőolajmentes finomító. Ezekkel az egységekkel – kb. 200 et/év petrolkocsz keletkezésével és hasznosításával – jelentősen növekedett a jó minőségű motorhajtóanyag-kihozatal. A technikai és technológiai feltételek folyamatos fejlesztésével tehát sikerült biztosítani a hazai mennyiségi igényeket az európai szabványokat messzemenően kielégítő motorhajtóanyagokkal.

A kisebb volumenű termékeket tekintve is jelentősek voltak a fejlesztési eredmények. Így pl. 1987-től a Komáromi Finomítóban saját kutató-fejlesztő munka eredményeként megkezdődött a hazai hamumentes detergens-diszpergens adalékok gyártása, amivel sikerült megteremteni a hazai formulázású motorolajgyártás lehetőségeit.² Ettől kezdve korszerű motorolajok egész sorát fejlesztették ki, és szép sikereket értek el a modern kenőzsírcsalád létrehozásával is. Hasonlóan magas szintű kutatási és fejlesztési tevékenységgel sikerült kidolgozni a korszerű modifikált bitumenek és korróziógátló bevonatok gyártási eljárásait a Zalai Finomítóban, illetve a Tiszai Finomító nyírbogdányi telephelyén.

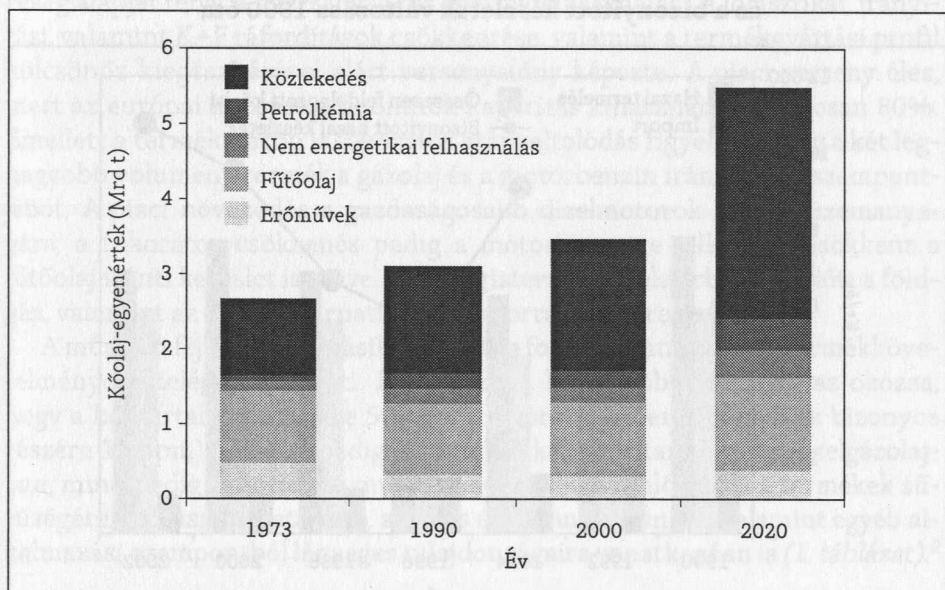
A rendszerváltás utáni kihívások

Külső környezeti és versenypozíciók

A kőolajiparra ma már nem jellemzőek a kis önálló nemzeti olajvállalatok, amelyek ha méretükben nem is változtak, ma már mégis inkább egyetlen, nagy, globális energiaellátó rendszer részének tekinthetők. Az iparág a nyersanyagokat a földrészeket összekötő csővezetékeken vagy tengeri szállítással folyó kereskedelemben szerzi be. Jövőjét és fejlődési irányait a rendelkezésre álló és a világszinten hozzáférhető energiahordozó és alapanyagforrások döntően meghatározzák. A nyersanyagként felhasznált kőolaj- és földgázellátás biztonsága függ a világ energiafelhasználásának trendjétől és az igazolt, illetve becsült készletek nagyságától. A jelenlegi ismert adatok és előrejelzések szerint a világ jövőbeni energiafelhasználása az 1. ábrán bemutatott arányok szerint alakul.³

Az olajipari elemzők által előre jelzett változások szerint tehát a szénhidrogének felhasználási részaránya a 2002–2030 közötti időszakban növekedni fog, és csak 2040–2050 között kezd jelentősen csökkenni.⁴ Vannak azonban olyan szakértői vélemények is, amelyek szerint – elsősorban környezetvédel-

A világ energiaigényének várható alakulása



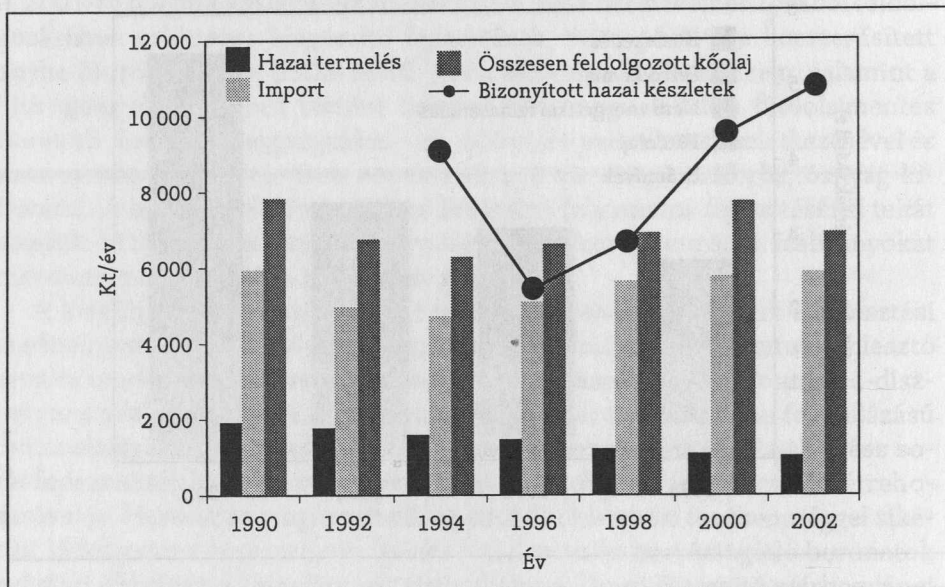
mi okokból – az alternatív energiaforrások szerepe 2010 után, de különösen 2020 után a jelenlegi becsléseknél is nagyobb mértékben fog növekedni.

Magyarország kőolajellátására jellemző, hogy jelenleg is Oroszország a fő szállító. A Barátság I., II. olajvezetékek megfelelő kapacitásúak, és világpiacon szabályok szerint történik az árképzés is. Stratégiai tartalékot jelent az Adria vezeték, amely felhasználható akár az arab olaj importjára, vagy pedig a jövőben a szállítási irány megfordításával akár az orosz olaj Omisalj-ból történő exportjára is, ami tranzitbevételt jelenthet az országnak. A jelenlegi kőolajimport 5,0-6,5 Mt/év, amely a jövőben várhatóan csak a hazai kitermelés csökkenésének arányában fog növekedni (2. ábra).⁵

A hazai kőolajtermelés a folyamatosan végzett kutató és kitermelő tevékenység ellenére is lassan csökken; ez a hazai készletek fokozatos kimerülését jelzi. A kitermelt kőolaj mennyisége az elmúlt 30 évben a következők szerint alakult: 1970: 2,1 Mt/év, 1980: 2,0 Mt/év, 1990: 1,9 Mt/év és 2000: 1,1 Mt/év.

Ezt a csökkenést mérsékelheti az 1998 óta sikeresebb kőolajkutatási tevékenység, amely a bizonyított készleteket az utóbbi négy évben újra az évi feldolgozás mennyiségi szintje fölé emelte.⁶ A jelenleg is folyó kőolajkutatás eredményei ellenére az eddigi becslések szerint az algyőihez hasonló nagyságú kőolajmező feltárására hazánk területén már nincs valós esély. Így arra lehet számítani, hogy lassan csökkenő kapacitás mellett kb. 10-15 évig még fenntartható a hazai kőolaj-kitermelés. Ezen a helyzeten javíthatnak a víz- és

Az összes hazai kőolaj-feldolgozás és a bizonyított készletek változása 1990 óta



széndioxid-besajtolásos, úgynevezett másodlagos, valamint a vegyszereket is felhasználó úgynevezett harmadlagos vagy kiszorításos kitermelési módszerek, ezek magas kőolaj árak esetén gazdaságossá válhatnak. Az ilyen módszerek hazai alkalmazására a MOL Rt. technikailag és szakmai tapasztalatokkal is felkészült. Az ország kőolaj-ellátottságán javíthat még a MOL Rt. külföldön, más cégekkel együttműködve folytatott kutató-kitermelő tevékenysége, amelynek eredményessége egyelőre még nem becsülhető.

Az országhatárokon kívül kereskedelmi úton elérhető készleteket és a csővezetékek kiépítettségét tekintve viszont hosszú távú, biztonságos kőolaj-ellátottságra lehet számítani. A világ jelenlegi ismert készletei a növekvő felhasználást figyelembe véve kb. 70 évre biztosítottak. Ez az időtartam pedig, a kutatások sikerétől függően, még jelentősen növekedhet.

A globalizálódás és az éles piaci verseny, valamint a környezetvédelmi előírások szigorodása miatt a feldolgozó iparág jövedelmezősége fokozatosan csökkent.⁷

A csökkenő jövedelmezőséget a multinacionális nagyvállalatok elsősorban nyereségesebb petrolkémiai termékek gyártásával, valamint a vállalatok egyesítésével elért megtakarításokkal ellensúlyozták. Emellett a '90-es évektől valamennyi nyersanyag- és energiaigényes területen költségcsökkentési és működés-racionalizálási programokat indítottak. Ezek eredményeképpen az

egyre bonyolultabb és nagyobb költségigényű technológiák működését is sikerült relatíve kis fajlagos költségszinten tartani. Az így elérhető többletnyereség alapját tehát a nyersanyag- és energiafelhasználási, a logisztikai, irányítási, valamint K+F ráfordítások csökkentése, valamint a termékgyártási profil kölcsönös kiegészítésével elért versenyelőny képezte. A piaci verseny éles, mert az európai közösségi finomítók kapacitás kihasználása átlagosan 80%. Emellett a termékpiacon is fokozatos arányeltolódás figyelhető meg a két legnagyobb volumenű termék a gázolaj és a motorbenzin iránti igény szempontjából. A piaci növekedés a gazdaságosabb dízelmotorok gázolaj-üzemanyagára, a fokozatos csökkenés pedig a motorbenzinre jellemző. Csökkent a fűtőolaj iránti kereslet is, mivel az energiatermelő szektorban megnőtt a földgáz, valamint az egyéb alternatív energiaforrások szerepe.⁸

A műszaki fejlesztések másik feladatát a fokozatosan növekvő termékkövetelmények kielégítése jelenti. Ezek közül a legnagyobb változást az okozza, hogy a kéntartalmat 2005-re 50 ppm (régiónál függően a termékek bizonyos részére 10 ppm), 2009-re pedig 10 ppm alá kell szorítani mind a dízelgázolajban, mind pedig a motorbenzinben. Szigorodnak az előírások a termékek sűrűségére, forrásponthatáira, aromás és olefintartalmára, valamint egyéb alkalmazási szempontból lényeges tulajdonságaira vonatkozóan is (1. táblázat).⁹

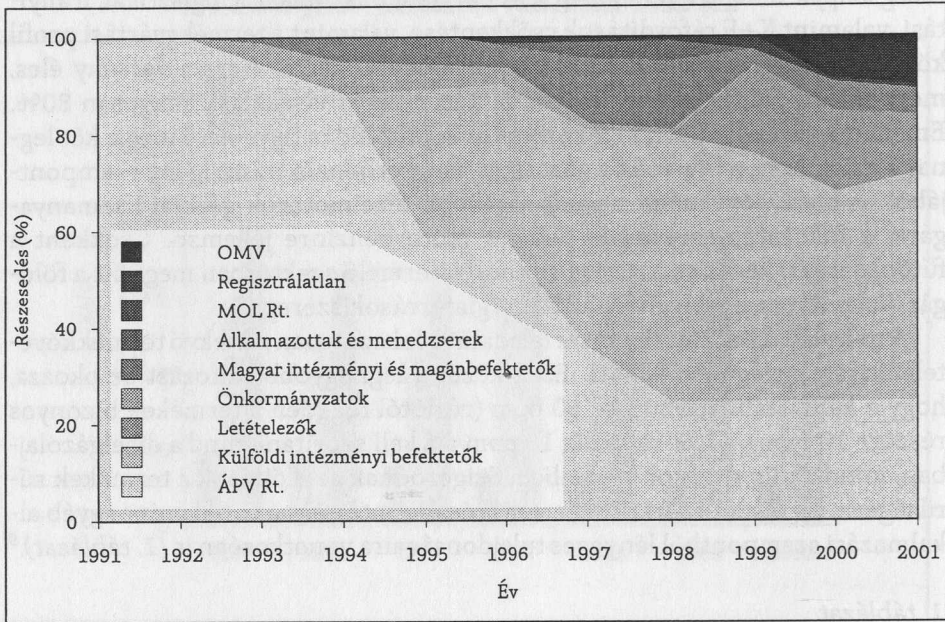
1. táblázat

Az Európai Közösség üzemanyag-minőségi előírásai

| | MSZ-EU 2000 | EU-TERV 2005 | WWFC Kat. 4. 2010 |
|------------------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| <i>Motorbenzinek</i> | | | |
| RVP (kPa, nyár, max.) | 60 | (60) | 60-70 |
| kén (ppm, max.) | 150 | 50*(10) | 5-10 |
| benzol (térfogat%, max.) | 1 | (1) | 1 |
| aromások (térfogat%, max.) | 42 | 35* | 30-35 |
| olefinek (térfogat%, max.) | 18 | (18) | 10 |
| oxigén (tömeg%, max.) | 2,7 | (2,7) | 2,7 |
| E 100 (térfogat%, min.) | 46 | (46) | 50 |
| bioüzemanyag-hányad (%) | - | - | 1,75-5,75 |
| <i>Gázolaj</i> | | | |
| kén (ppm, max.) | 350 | 50*(10) | 5-10 |
| sűrűség (g/cm ³ , max.) | 0,845 | (0,845) | 840 |
| poliaromások (tömeg%, max.) | 11 | (11) | 2(11) |
| T95 (°C, max.) | 360 | (360) | 340 |
| cetánszám (min.) | 51 | (51) | 55 |
| bioüzemanyag-hányad (%) | - | - | 1,75-5,75 |

*98/70 EC direktíva előírása.

A MOL Rt. tulajdonosi szerkezetének alakulása



Noha a MOL Rt., mint a kőolaj-finomítás egyetlen hazai szereplője, az utóbbi évtizedekben mindenben megfelelt a biztonságos ellátás mennyiségi és minőségi követelményeinek, fejlődésének töretlenségét a rendszerváltás utáni évtizedben több, a versenytársakétól eltérő körülmény akadályozta. Ilyen nehézséget jelentett, hogy stratégiai jellege miatt a politikai kurzusváltásokkal együtt járó átszervezések a vállalati stratégiát sem hagyták érintetlenül. Ehhez még hozzáadódott az olajipar fokozatos privatizációja is, amely a tőzsdei céggé alakuláshoz szükséges további belső szervezeti változásokat is szükségessé tett.

A privatizáció során a legnagyobb hazai energiavállalat részvényeinek több mint 50%-a külföldi tulajdonba került (3. ábra).¹⁰ Ebben a folyamatban az eredetileg az OKGT-hez tartozó 21 tagvállalatból létrejött MOL Rt.-ről először a nem az alaptervekenységéhez tartozó cégeket választották le. Ugyanakkor, üzleti megfontolásokból, a MOL Rt. számos cégben rendelkezett tulajdonnal. 1992-ben a portfólió értéke 9 Mrd Ft-ot tett ki, és 15 társaságban 50% feletti, 21 társaságban jelentős, 25–50% közötti, 67 társaságban pedig kisebbségi tulajdona volt. A későbbiekben a fejlődés két irányban történt: a nem alaptervekenységhez tartozó feladatok közül néhányat – mint pl. takarítás, építészeti karbantartás – megszüntettek, mert ezek a piacról már akkor is beszerezhetőek voltak, a továbbiakban pedig (karbantartás, szállítás) külső vállalatokba

szervezték az esetleges későbbi értékesítés céljából. Ugyanakkor az alapvető üzleti tevékenység támogatására új vállalatokat is alapítottak belföldön és külföldön egyaránt.¹¹

Az új stratégia szerint elkezdett átszervezésnél, 2000-ben az alaptevékenységre helyezték a fő hangsúlyt. Mintegy 15 M USD értékű vagyont adtak el, illetőleg további tevékenységeket (mint pl. a számvitel) szerveztek ki. 2001-ben 158 Mrd Ft tőkét fektettek be társult vállalatokba (Slovnaft, TVK). 2002-ben önálló MOL Rt. tulajdonú kft.-be (MOL-LUB) szervezték ki a kenőanyag- és adalékgyártást, és átszervezés alatt áll a bitumengyártás profiljának megosztása is. Az utóbbi 10 évben bekövetkezett változások következtében tehát a MOL Rt. jelentős lépéseket tett annak érdekében, hogy egy kis nemzeti olajvállalatból egy széles finomítói, illetve petrokémiai profillal is rendelkező, számottevő közép-európai energiavállalattá fejlődhessen.¹² Mindezt egy erősen változó politikai és gazdasági környezetben kell elérnie, amelynek fő jellemzőit leginkább az EU-csatlakozásból következő követelmények határozzák meg. A jogi és gazdasági környezet újabb kihívást jelent a finomítói iparág számára. Lényegében az erre való felkészülés részeként a MOL Rt. felújította számítógépes vállalatirányító rendszerét. Az új rendszerrel már teljesíthetők az EU által előírt adatszolgáltatási kötelezettségek is.

Az egy főre eső évi hazai kőolajtermék-felhasználás ~610 kg, ami Kelet-Európában átlagosnak tekinthető, de a nyugat-európai átlagnak csak kb. fele.¹³ Nem kedvez az iparág nyugodt és kiszámítható fejlesztésének az sem, hogy az utóbbi négy évben a nyersanyag ára 10–35 dollár/hordó között ingadozott, és eközben a finomítói nettó árrés világszerte 1,5 dollár/hordó értékről 1 dollár/hordóra csökkent. Ezzel párhuzamosan az energia- és anyagtakarékosságot célzó műszaki fejlesztések következtében a finomítói működtetési költség 1,25–1,42 dollár/hordó között változott.

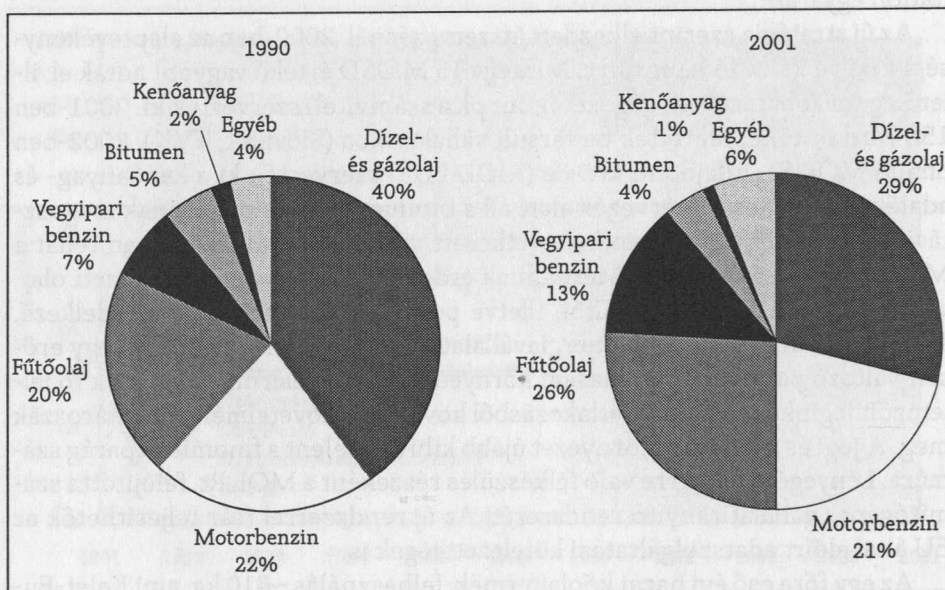
A termelés stabilitását jelzik a belföldi és külföldi értékesítés adatai: ezek az exporttevékenység erősödését mutatják. A belföldi értékesítés termékenkénti megosztásának utolsó öt évben bekövetkezett változása (4. ábra) azt a jellemző világtendenciát igazolta, amely a dízelgázolaj iránti igény erősödését, míg a motorbenzin részarányának stagnálását, vagy fokozatos csökkenését jelentette (2. táblázat).¹⁴

A MOL Rt. által forgalmazott motorhajtóanyagok 1990–1994 közötti jelentős mennyiségi csökkenését részben a hazai gazdaság visszaesése, részben pedig a piac teljes liberalizációja okozta, amely egyrészt kedvezett a külföldi versenytársaknak, másrészt pedig a kőolajtermékekkel kapcsolatos hamisítási és egyéb kereskedelmi manipulációs tevékenységeknek. A piac 1994 utáni normalizálódását jelzi a motorhajtóanyagok mennyiségének fokozatos növekedése

A hazai termékfejlesztések sikerét jelzi, hogy a vállalat a bitumenek kb. 1/3 részét, a kenőanyagoknak pedig 60%-át külföldi piacokon értékesítette. A 2002. évtől pedig a késleltetett kokszzoló belépése miatt a fűtőolaj mennyisé-

4. ábra

A MOL Rt. által értékesített termékek 1990-ben és 2001-ben



2. táblázat

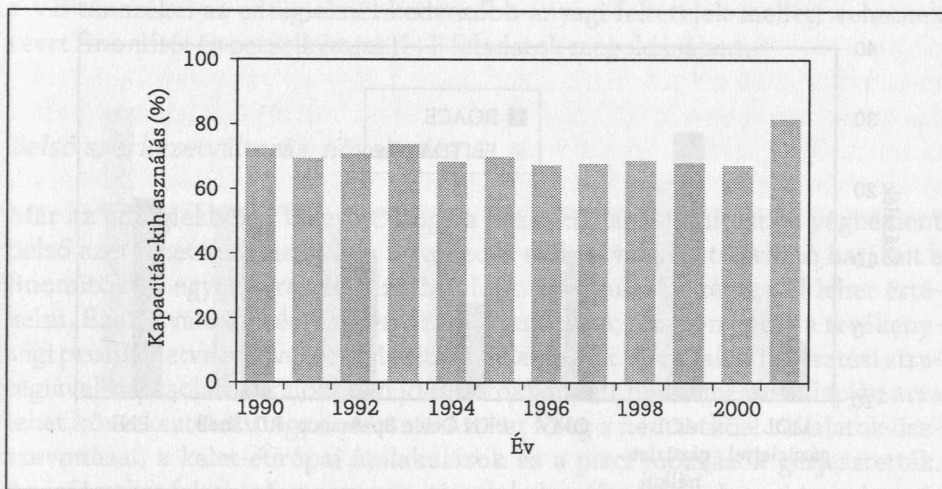
A MOL Rt. belföldön értékesített termékeinek mennyiségi megoszlása (kt)

| Termék | 1990 | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2000 | 2001 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Dízel- és gázolaj | 3060 | 2146 | 1543 | 1478 | 1661 | 1777 | 1792 |
| Motorbenzin | 1716 | 1293 | 1002 | 1077 | 1211 | 1147 | 1130 |
| Fűtőolaj | 1509 | 1489 | 1448 | 1353 | 1318 | 1063 | 1146 |
| Vegyipari és egyéb benzin | 568 | 524 | 669 | 700 | 787 | 820 | 847 |
| Bitumen | 391 | 232 | 273 | 224 | 238 | 219 | 202 |
| Kenőanyag | 127 | 82 | 83 | 74 | 47 | 37 | 49 |
| Egyéb termékek | 287 | 346 | 352 | 306 | 266 | 276 | 337 |

gének fokozatos megszűnésével és az összes terméken belül a motorhajtóanyagok részarányának ugrásszerű növekedésére lehet számítani.¹⁵

A kapacitás-kihasználtság az 1996–2000 közötti időszak átmeneti visszaesése után 2001-ben már elérte a nyugat-európai, 80% körüli átlagértéket (5. ábra), ami igen lényeges feltétele a versenyképességnek. Amennyiben a hazai iparfejlődés és a gépjárműpark-növekedés a várakozásoknak megfelelően az EU-átlag felé közelítve a közeljövőben bekövetkezik, akkor ez a finomítói

A kőolaj-feldolgozás kapacitás-kihasználtságának alakulása

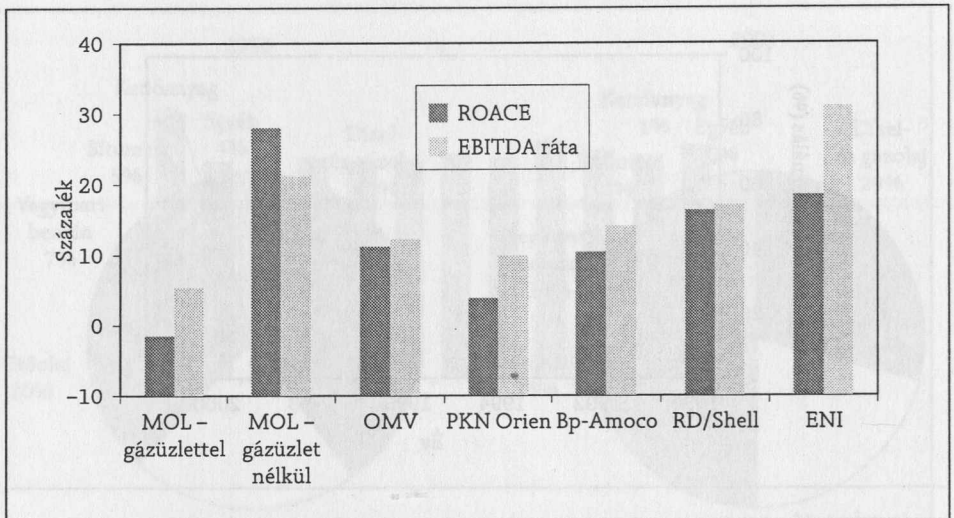


kihasználtság fenntartható lesz. A teljes kihasználtsághoz közeli állapot csak az országhatárokon túli export bővülése esetén érhető el.

A működés gazdaságosságára jellemző pénzügyi mutatók a gázüzletág ráfizetéseinek a jövedelemtermelő képességet erősen rontó hatását jelzik. A 6. ábrán jól érzékelhető, hogy ha a gázüzletág eredménybefolyásoló hatását nem veszik figyelembe, akkor a MOL Rt. teljesítménye mindkét gazdasági mutató alapján kiemelkedőnek értékelhető. A környezetben levő versenytársakét a MOL Rt. mutatóihoz hasonlítva (6. ábra) negatív hatások prognosztizálhatók hosszú távon. Az utóbbi évtizedben növekedési kényszernek kitett olajvállalatok közül ugyanis eddig is csak azoknak volt esélyük a cégegyesülések gazdasági előnyeiket kihasználni, amelyek az ilyen egyesülések finanszírozására igen jelentős saját jövedelemmel is rendelkeztek. Az ilyen forrásokkal nem rendelkező vállalatok könnyen a felvásárlás sorsára juthatnak és profitjuk túlnyomó része az irányító anyavállalat rendelkezési körébe kerülhet. Ezért lényeges lenne, hogy a MOL Rt., mint az egyetlen finomítókkal is rendelkező hazai energiavállalat, a versenytársakéhoz hasonló gazdasági feltételekkel és mutatókkal vehessen részt a következő években lejátszódó struktúraváltásban.

Az elmúlt évtizedben a külső környezet javulását segítette, hogy 14 hazai és külföldi olajipari vállalat részvételével létrejött a Magyar Ásványolaj Szövetség (MÁSZ). A MÁSZ összehangolja a közös érdekű tevékenységeket, különös tekintettel a szabványosításra, a piaci információk gyűjtésére és terjesztésére, a szövetségen kívüli szervezetekkel szembeni érdekvédelemre, illetve kapcsolattartásra.¹⁶ A jelenleg már 15 vállalati taggal működő szervezet lényeges

A MOL Rt. és a környező olajvállalatok pénzügyi mutatói



ROACE = Átlagos lekötött tőkearányos megtérülés; üzleti eredmény osztva a felhasznált átlagos tőkével [összes eszköz-(befektetett pénzügyi eszközök + befejezetlen beruházás állománya + pénzeszközök és értékpapírok + rövid lejáratú kötelezettségek)+ rövid lejáratú hitelek].

EBITDA = Üzleti eredmény és az értékcsökkenés összege.

szerepet játszott a hazai kőolajtermék-piac állandósításában, a kőolaj és kőolajtermék-készletezés törvényi előkészítésében és feltételeinek kialakításában, valamint a szövetség tagjainak mérési szolgáltatást biztosító Ásványolajtermék Minőségellenőrzési Részvénytársaság működési kereteinek létrehozásában is. Ezen kívül jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy a magyar olajipar élénk kapcsolatot tarthasson fenn a legfontosabb nemzetközi szervezetekkel.

Az iparág működését segítő háttérintézmények másik csoportját a külső oktatási és kutató intézmények képviselik. Közülük a kőolaj-finomításhoz profiljukat tekintve legszorosabban a Veszprémi Egyetem Mérnöki Karának Ásványolaj- és Széntechnológiai Tanszéke, valamint a BMGE Vegyész-mérnöki Karának Kémiai Technológiai-, illetve Vegyipari Műveletek Tanszéke kapcsolódik. A MOL Rt. az elmúlt évtizedben e tanszékek oktató-nevelő és kutatási tevékenységét erkölcsileg és anyagilag egyaránt támogatta. Ezen együttműködés eredményeként a vegyész-mérnökök egy része több elméleti és gyakorlati tudásra tehet szert. Erre alapozva, már viszonylag rövid betanulási idő után is, hatékonyan részt tudnak venni a finomító mérnöki feladatainak megoldásában.¹⁷ További, jelentős lépésként kell értékelni, hogy a MOL Rt., a TVK Rt., a BorsodChem Rt., a Richter Gedeon Gyógyszergyár, a Nitrokémia 2000 és a Péti Nitrogénművek, valamint az állam képviselőjében az Oktatási Minisztérium

közös támogatásával a Veszprémi Egyetemen (VE) létrehozták a Vegyészmérnöki Intézet Koordinációs Kutatási Központját. A központ közreműködésével a VE tanszékei az eddigieknél kedvezőbb anyagi feltételek mellett vehetnek részt finomítói és petrokémiai K+F feladatok megoldásában.

Belső szerkezetváltozás, növekedés

Már az eddigiekből is kiderült, hogy a hazai kőolaj-finomításban végbement belső szerkezetváltozások és a növekedés eddigi, valamint várható hatásait a finomítókkal egyedül rendelkező MOL Rt. átalakulásán keresztül lehet értékelni. Ezek a változások részben az infrastruktúra, részben pedig a tevékenységi profil, illetve szervezet átalakítását jelentették. A vállalati fejlesztési stratégiával kapcsolatos, különböző időpontokban tett nyilatkozatok alapján arra lehet következtetni, hogy a változtatásokat főleg a nemzetközi vállalatok összevonásai, a kelet-európai átalakulások és a piaci mozgások gerjesztették. Az irányokat feltehetően a versenytársak helyzetének benchmarking-elemzése alapján választották ki.

Ezeknek megfelelően a meghirdetett stratégiának meghatározó elemévé vált a jövedelmezőképeség növelése, és a kelet-európai átalakulás velejárójaként kialakult átmeneti bizonytalan piaci viszonyok kihasználása, a gazdaságosabb vállalati méret elérése érdekében. Az átalakítások a kisebb jövedelmezőségű vagy gazdaságtalannak ítélt tevékenységek megszüntetésére, illetve kiszervezésére, a nagy volumenű, ezért nagyobb hasznot jelentő motorhajtóanyagok, valamint a nagyobb nyereséget hozó petrokémiai tömegtermékek gyártási kapacitásának növelésére, piaci értékesítésének határon túli kiterjesztésére irányultak.¹⁸ Ennek megfelelően került sor több hazai üzem, mint a nyírbogdányi speciális paraffin-származékokat gyártó részleg, a komáromi kenőanyagokat gyártó, illetve a nagykanizsai kőolajipari gépeket előállító vállalatrészek, továbbá a kenőanyag-kutatással foglalkozó komáromi részleg kiszervezésére. E részlegek jelenleg önálló elszámolású leányvállalatként vagy független beszállítóként kapcsolódnak az anyavállalathoz.

A fejlesztés másik irányának megvalósításaként a Slovnaft, valamint a TVK többségi tulajdonrészének megvásárlásával megtörtént a jelenlegi stratégiába illeszkedő profil- és piacbővítés. Ennek, a MOL Rt. meghirdetett szándékai szerint, kedvező esetben további lépései is lehetnek, mint pl. a horvát INA, a cseh UNIPETROL, a lengyel PKN ORLEN vagy az osztrák OMV vállalatokkal történő fúzió, vagy ezek legalábbis részleges felvásárlása.

A vázolt stratégiai célokat szolgálták az utóbbi öt év infrastrukturális átalakításai is, köztük a minőségi motorhajtóanyagok gyártási feltételeit javító, már említett beruházások.¹⁹ Ennek keretében újították fel a benzin-izomerizáló üzemet 1998-ban, a sugárhajtómű-üzemanyagot hidrogénező üzemet

1999-ben, és építették ki a maradékfeldolgozó üzemblokkot 1999–2001 között. Ez utóbbi a következő üzemekből áll: késleltetett kokszoló, hidrogéngyár, enyhe hidrokrakkoló, gázolaj-kénmentesítő és Claus-üzem. Leállítottak vagy átalakítottak ugyanakkor több, a fűtőolaj gyártáshoz kapcsolódó üzemblokkot, mint például a viszkozitás-törő üzemet vagy az ehhez kapcsolódó AV-desztillációs üzemblokkokat. Az eddigieken kívül beindították több olyan további minőségjavítást biztosító egység beruházását vagy annak közvetlen előkészítését, mint például a középpárlatok hidrokrakkoló, a reformát-frakcionáló, a tercier-amil-metilétert (TAME) gyártó és az FCC benzin-hidrogénező üzemekét, amelyek építése vagy beüzemelése a közeljövőben fog megindulni.

A hazai kőolaj-finomítói iparág fejlesztése tehát ma már túlnyúlik az országhatárokon, ezért a MOL Rt. stratégiájában főleg az alapanyag-ellátás és termékterjesztés logisztikai előnyeiben, az összevonások miatti költségcsökkentésben, valamint a kelet-európai piacátalakítással kapcsolatos speciális ismeretekben rejlő versenyelőnyökre épít. Ezek kihasználásában a jelek szerint elsősorban célszerű átszervezésekre, korszerű menedzsment és informatikai módszerek alkalmazására és előnyös nemzetközi piaci kapcsolatok kialakítására kíván támaszkodni.

Az ilyen, a vállalat életében történelminek is nevezhető átalakulásnak azonban néhány olyan kockázatát is meg kell említeni, amelyek nagyságát időben végrehajtott megfelelő intézkedésekkel csökkenteni lehet.

Noha a környező országok EU-csatlakozása növeli a térség politikai stabilitását, a nemzeti olajvállalatok többnemzetiségű nagyvállalattá szerveződése társadalmi ellenállást válthat ki. Háttérbe szorulhat ugyanis e vállalatok korábbi regionális szerepvállalása a foglalkoztatás fenntartásában és az árviszonyok szociális szempontok szerinti alakításában.

A nagyvállalatból kiváló leányvállalatok a megfelelő nagyságú háttértőke hiányában elbizonytalanodhatnak és elsorvadhatnak a külső versenytársak szorításában, ez szintén növelheti az adott térségben a munkanélküliek arányát.

A tervezett cégegyesítések esetén is csak közepesnek tekinthető egy létrejövő új olajvállalat, amelynek az új EU-jogszabályi környezetben erős versenyre kell számítani, és amely célpontja lehet ellenséges felvásárlási törekvéseknek is.

Jóllehet nem az átalakulásból következik, de a sikeres továbbfejlődést korlátozhatja, hogy az eddigi vállalati stratégiában és a jövő terveiben sem szerepel kiemelten a belső K+F tevékenység. Ennek finanszírozásáról is csak alig közölnek adatokat. Ebből arra lehet következtetni, hogy a műszaki fejlesztésben továbbra is főleg a kulcsrakész technológiák vásárlása, az új megoldások átvétele lesz a jellemző, és csak néhány esetben valósítanak meg kis kockázatú, saját alkalmazott kutatáson alapuló eljárásokat. Kérdéses, hogy ez a vállalati politika meddig lehet igazán hatékony a nagyobb versenytársak dinamikus innovációs tevékenységével szemben.

A kutatás-fejlesztés céljai és eredményei

A 2002 szeptemberében megtartott 17. Kőolaj Világkongresszus a Föld energia- és nyersanyagkészleteinek korlátjait és az utóbbi évtizedekben bekövetkezett klímaváltozás hatásait figyelembe véve, valamint igazodva a fenntartható fejlődés igényeihez, a következő iparág-fejlődési irányokat fogalmazta meg:

- Növelni kell a finomítói hidrogénező kapacitást, törekedve a tisztább és jobb minőségű üzemanyagok, fűtőolajok és kenőanyagok előállítására úgy, hogy emiatt az összes CO₂-emisszió lényegesen ne növekedjen.²⁰
- Javítani kell a maradék-feldolgozások hatékonyságát, törekedve a környezetre veszélyes anyagok (nehézfémek, kén-, nitrogén-, oxigéntartalmú vegyületek) mind teljesebb eltávolítására.²¹
- Csökkenteni kell az üvegházhatást és ózonképződést okozó gázok mennyiségét mind a finomítói működés, mind pedig a végtermékek felhasználása során. Ehhez új módszerekkel készített finomítói emissziós mérlegek szükségesek a CO₂, NO_x, és SO_x gázokra vonatkozóan.²²
- Fokozni kell a fajlagos anyag- és energiafelhasználás csökkentésére irányuló erőfeszítéseket, ehhez új technológiák és végtermékek, valamint új katalizátorok és folyamatirányítási módszerek bevezetése szükséges.²³
- Meg kell felelni a gépjárművek számának növekedéséből következő, a nagyobb üzemanyag-fogyasztásból és a dízeldízelgázolajok részarányának növekedéséből adódó biztonságos ellátás követelményeinek.
- Széles körű együttműködésen alapuló kutató-fejlesztő tevékenységet kell végezni, és támogatni kell az új alternatív üzemanyagok gyártási eljárásainak és az új konstrukciójú motorokban történő felhasználási technológiáinak kidolgozását.²⁴
- Folyamatosan erősíteni kell a finomítói és petrokémiai technológiák integrációját az iparág jövedelemtermelő képességének fenntartása, illetve növelése céljából.²⁵

A hazai kőolaj-finomítással kapcsolatos kutatási-fejlesztési tevékenység túlnyomórészt megfelel az előbbi célkitűzéseknek, és egyaránt tartalmaz új módszerek és eljárások kidolgozására, illetve bevezetésére irányuló programokat.

Új módszerek alkalmazása

A hazai módszer- és technológia-fejlesztések között kiemelt szerepet kaptak a munkabiztonságot és környezetvédelmet szolgáló programok. 1990-től pl. minden új létesítmény esetében rutinszerűen alkalmazzák a veszélyforrás-elemzés különböző módszereit (HAZOP). Ezt az új hatósági előírások szerint

kiterjesztve, 2003. december 31-ig teljes körű katasztrófa-elemzést kell végezni a MOL Rt. finomítóiban.

Az energiafogyasztás csökkentésére az 1990-es évektől fokozatosan szélesedő területen alkalmazzák az energiaintegráció módszereit, amelyeknek rutinszerű használatát a módszert kidolgozó Manchesteri Egyetem (UMIST) kutatóinak segítségével sajátították el. Alkalmazásával jelentősen sikerült csökkenteni az FCC-üzem és a desztillációs üzemek energiafelhasználását. A tervezés alatt levő új gázolaj-kénmentesítő üzem esetében már rutinszerűen alkalmazva, az energiafelhasználás hatékonyságának néhány százalékos növelését érték el.

Az új nemzetközi célkitűzés szerint az adatregisztrálás és adatfeldolgozás módszereinek fejlesztésével képesek a különböző vállalati mérlegek felvételére, majd ezek értékelése alapján, hatékonyságjavító projektek megvalósítására. Így pl. félévente hulladék-, havonta energia- és H_2 -mérleget készítenek, majd intézkedési terveket állítanak össze ezek csökkentésére. Egy ilyen szénhidrogén-emissziós felmérés alapján dolgozták ki pl. a töltőállomásokon megvalósított 97-98%-os hatásfokú szénhidrogén-visszanyerő rendszert, amelynek beépítésével 10 Et/év benzinemisszió-csökkentést értek el, ami a megtakarítás mellett a levegő szénhidrogénekkal történő környezetterhelését is erősen mérsékelte.

A gazdaságilag optimális anyag- és energiafelhasználás, illetve a belső- és a kifelé irányuló termékforgalom érdekében új irányítási módszereket vezettek be. Így például a '90-es évektől teljes körű minőségbiztosítást (TQM, ISO 9001/2000), az utóbbi években részlegesen a ZKV- és TIFO-telephelyeken környezetirányítási rendszert (KIR, ISO 14001), 2000-től pedig a vállalat teljes elszámolási és termelési területére kiterjedő számítógépes irányító rendszert (SCM) dolgoztak ki.

Új technológiák alkalmazása

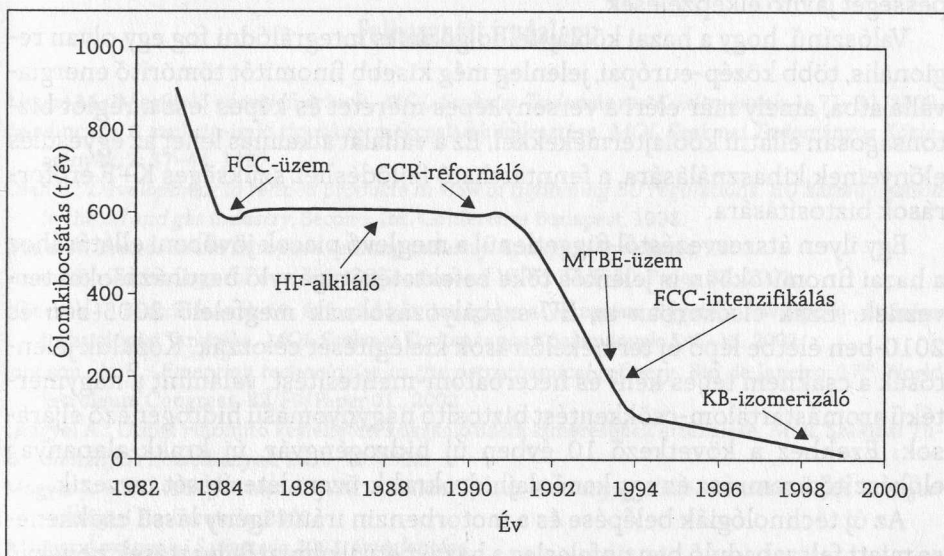
1991-től számos olyan új eljárást vezettek be, amelyek már a motorhajtóanyagok jelenleg is követendő fejlesztési irányaihoz tartoznak. Ezek közül kiemelkedő fontosságúak a kén- és egyéb heteroatom-mentesítésre alkalmazott eljárások, mint pl. az 1991-ben bevezetett új katalizátort alkalmazó kénmentesítő (HDS), az 1999-ben elindított enyhe hidrokrakkoló (MHC), az ehhez kapcsolódó hidrogéngyár, valamint az új Claus-üzem, amelyek belépésével a benzinek és gázolajok kéntartalmát 0,2%-ról 0,015%-ra, a gázolajokét pedig 0,005%-ra csökkentették. A benzinek molekulaszervezetét átalakító technológiák szennyező ólomvegyületeket csökkentő szerepe a 7. ábrán látható.²⁶ Ebbe a sorba illeszkednek a termékekben levő fémtartalom mind teljesebb kivonása céljából végzett fejlesztések is, amelyek közül a desztilláló oszlopok

belső mosózónájának kialakításával a gázolajpárlat fémtartalmát 10–20 ppm-ről sikerült 3 ppm-re csökkenteni. Nagyobb előrelépést jelentett a késleltetett kokszoló megindítása, amelyben az alapanyagként alkalmazott fűtőolaj 800–1500 ppm fémtartalmát lényegében fémmentes (1 ppm alatti), kisebb forráspontú szénhidrogén-frakciókká alakítják. A motorbenzinek aromástartalmának fokozatos csökkentése céljából 1996-ban elindított metil-tercier-butiléter (MTBE-) üzem termékével a korábbi 5%-ról 2%-ra, majd az 1998-ban elvégzett izomerizáló üzemi rekonstrukció után 1%-ra sikerült csökkenteni a benzoltartalmat. Ezzel nemcsak a benzoltartalomra előírt szigorú európai közösségi határértékeket sikerült teljesíteni, hanem egyúttal 1994-től teljesültek az ólomtartalmú adalékok teljes kivonásának feltételei is.

A termékstruktúra teljes átalakítását eredményezték az úgynevezett destruktív, vagy krakkoláson alapuló eljárások körében a 2000–2002 között végzett fejlesztések. Ennek során az enyhe hidrokraakeljárás megvalósítását követően felépítették a késleltetett kokszolót, amely gazdaságos lehetőséget nyújt a vákuum-desztillációs maradékok könnyű párlatokká alakítására. További nagy jelentőségű fejlesztést tenne lehetővé egy párlat-hidrokraakeljárás megvalósítása, amely biztosíthatná a minőségi kenőolajgyártáshoz szükséges, nagy viszkozitás-indexű, úgynevezett Group III. osztályba sorolható alapolajok előállítását. Erre a fejlesztésre már kidolgozták a döntés-előkészítéshez szükséges terveket.

7. ábra

Az egyes benzinátalakító technológiák ólomkibocsátást csökkentő hatása



Az elmúlt évtizedben, a fejlett ipari országoktól kissé elmaradva, Magyarországon is megkezdődött a megújuló energiaforrásokra épülő technológiák kutatása. Egyes esetekben konkrét eljárásokat is megvalósítottak. A hazai kőolaj-finomítás területén főleg a jelenlegi motorhajtóanyagok kiegészítésére vagy helyettesítésére végeztek előkészítő munkákat. Így pl. a nagy oktánszámú aromás vegyületek részbeni helyettesítésére megkezdték a biotechnológiai úton nyert etanolalapú etil-tercier-butil-éter előállító eljárás megvalósításának előkészítését. A bioüzemanyagok gyártásának mennyiségi növelése azonban igen jelentős anyagi áldozattal jár, mivel előállítási költsége egyelőre lényegesen meghaladja a hagyományos kőolaj eredetű termékekét. Így felhasználásuk arányának növelése esetén további adókedvezményeket kell bevezetni, ami miatt csökkenni fognak az állami bevételek. Ez késleltetheti a bioüzemanyag-programot, de a kőolaj hosszú távú drágulása ezt a helyzetet megváltoztathatja. Így ha mérsékelt ütemben is, de érdemes követni a fejlett iparral rendelkező országokat, amelyek már felkészültek a bioüzemanyagok gyártási kapacitásának esetleges növelésére.

Fejlesztési tervek

A kőolaj-feldolgozás hazai fejlesztési terveiben nem szerepelnek jelentős kapacitásbővítési programok. Alkalmazkodva egyrészt a csökkenő hazai készletekhez, másrészt pedig az ellátást hosszú távon biztosító csővezeték-hálózat lehetőségeihez, a jövőre vonatkozó tervekben nagyobb hangsúllyal szerepelnek a struktúrafejlesztési, racionalizálási, hatékonyságnövelő és versenyképességet javító elképzelések.

Valószínű, hogy a hazai kőolaj-feldolgozás is integrálódni fog egy olyan regionális, több közép-európai, jelenleg még kisebb finomítót tömörítő energiavállalatba, amely már eléri a versenyképes méretet és képes lesz a régiót biztonságosan ellátni kőolajtermékekkel. Ez a vállalat alkalmas lehet az egyesülés előnyeinek kihasználására, a fenntartható fejlődéshez szükséges K+F erőforrások biztosítására.

Egy ilyen átszervezéstől függetlenül a meglévő piacok jövőbeni ellátásához a hazai finomítóknak is jelentős tőke befektetését igénylő beruházásokat terveznek. Ezek elsősorban az EU-szabályozásoknak megfelelő 2005-ben és 2010-ben életbe lépő új termék-előírások kielégítését célozzák. Közülük jelentősek a csaknem teljes kén- és heteroatom-mentesítést, valamint a nagymértékű aromástartalom-csökkentést biztosító nagynyomású hidrogénező eljárások. Ezekhez a következő 10 évben új hidrogéngyár, új krakk-alapanyag előkészítő üzemrész és egy kenőolajhidrokrakk-üzem létesítését tervezik.

Az új technológiák belépése és a motorbenzin iránti igény lassú csökkenése miatt felszabaduló benzinfelhasználás a hazai petrolkémiai fejlesztések növekvő

alapanyagigényét fogja fedezni. A tervek szerint emellett rendszeresen indítanak a meglévő technológiák hatékonyságnövelésére, fajlagos energiafelhasználásának és költségeinek csökkentésére, valamint a veszélyforrások megszüntetésére és környezetvédelmi célok megvalósítására irányuló újabb projekteket.

Korszerűsíteni és átszervezésekkel hatékonyabbá tenni kívánják a meglévő K+F infrastruktúrát, és fokozottabban támaszkodnak a külső egyetemi, illetve kutatóintézeti erőforrásokra.

A szervezeti változásokkal (integráció, kiszervezés stb.) összhangban a vállalati irányítási rendszer folyamatos továbbfejlesztése várható a következő években is. Ennek fontos részét képezi annak a vállalati számítógépes irányítási rendszernek a már megkezdett bevezetése, amely alkalmas egymástól nagyobb földrajzi távolságokban levő vállalatrészek gazdasági folyamatainak összehangolására és irányítására.

A hazai kőolaj-feldolgozó ipar tehát a következő évtizedekben is meghatározó szerepet kíván játszani az ország és a régió közlekedési ágazatának hajtóanyagokkal, kenőanyagokkal történő ellátásában. Új technológiai megoldások bevezetésével mind gyártási eljárásait, mind pedig motorhajtóanyagait a fajlagos CO₂- és egyéb károsanyag-kibocsátás fokozatos csökkenése céljából tovább fogja fejleszteni. Átszervezésekkel és új irányítási módszerek bevezetésével erősíteni fogja a finomítói és petrokémiai ágazat integrációját, ezzel javítva az együttes jövedelemteremtő képességet. Eközben az alternatív hajtóanyagok kifejlesztésében való részvétellel fokozatosan felkészül a csökkenő olajkészletek miatt szükséges profilbővítésre.

Felhasznált irodalom

- Almási M.: Megújuló energiaforrások. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 1: 71–80. 2002.
- Baladincz J.: A szukcin-imid típusú termékcsalád kifejlesztése. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 2: 37–44. 1997.
- Cseh B.: *Development in refined products in view of tightening EU regulations. EU harmonisation in the oil and gas industry*. Second. Int. Conference Budapest, 1998.
- Dénes F.: *Trends in the European refining industry*. Budapest, Interfaces, 2002.
- Freund P.: *Technology for avoiding CO₂ emissions*. WPC. B4/F-20, Paper 02., 2002.
- Hancsók J.: Fennállásának 50. évfordulóját ünnepelte a Veszprémi Egyetem Ásványolaj- és Széntechnológiai Tanszéke. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 1: 5–15. 2002.
- Johnson, A. R.: *Emerging technologies in the petrochemical refinery*. Rio de Janeiro, 17th World Petroleum Congress, B2/F9/Paper 01., 2002.
- Lengyel A.: Dunai Finomító készletetett koksizoló üzem kimerésének értékelése. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 1: 56–70. 1992.
- Magyar J. – Hancsók J. – Neményi M. – Wilde Gy.: *Az üzemanyag-ellátás kérdései*. Győr, Energiastratégiai Konferencia, 2002.
- Magyar Ásványolaj Szövetség 2001. évi jelentése.

- Martino, G.: *Current status and future developments in catalytic technologies related to refining and petrochemistry*. Rio de Janeiro, 17th World Petroleum Congress, RFP/4. 1–25. 2002.
- Molnár I.: *Kőolajalapú üzemenyagok*. Győr, Energiasztratégiai Konferencia. 2002. szeptember 13.
- MOL Rt. 1996. évi jelentése.
- MOL Rt. 1999. évi jelentése.
- MOL Rt. 2001. évi jelentése.
- MOL: *A stratégia és a pénzügyi célok bemutatása*. Növekedés és Hatékonyság Közép-Európában Konferencia. Budapest, MOL Rt., 2002. november.
- Olvasó Á.: *Prospects for petrochemicals in East Central Europe*. Budapest, Interfaces. 2002.
- Rácz L.: *Emisszió trading az EU-ban és az olajipar*. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 1: 16–22. 2002.
- Rácz L.: *Új hangsúlyok az EU készülő közlekedéspolitikájában – olajipari kihatások*. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 1: 23–27. 2002.
- Stanislaus, A.: *Recent advances in the preparation of improved hydrotreating catalysts for clean fuels production*. Rio de Janeiro, 17th World Petroleum Congress, B2/F10/PO-02. 2002.
- Wettier, J. P.: *Petroleum/Automotive industries synergies on the road to sustainable development*. Rio de Janeiro, 17th World Petroleum Congress, 2002.
- Wilde Gy.: *A második Auto-Oil program*. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 1: 28–38. 2002.

Jegyzetek

- 1 Hancsók J.: *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 2002.
- 2 Baladincz J.: *MSzTK*, 1997/2.
- 3 Wettier P.: *Fenntartható fejlődés*. WPC, 2002.
- 4 Magyar J. és mtsai: *Energiasztratégiai Konferencia*, 2002.
- 5 Molnár I.: *Energiasztratégiai Konferencia*, 2002; Cseh B.: *Finomítói termékek fejlesztése* 1998.
- 6 MOL Rt. *Éves jelentés*, 2001.
- 7 Dénes F.: *Interfaces*. *Európai finomítói fejlesztések*, 2002.
- 8 Rácz L.: *Az EU közlekedési politikája*, 2002.
- 9 Cseh B.: *Finomítói termékek fejlesztése*, 1998.
- 10 *MÁSZ 2001. évi jelentése*.
- 11 MOL Rt. *Éves jelentés*, 1996; 1999; 2001.
- 12 *MOL Stratégia*, 2002.
- 13 Olvasó Á.: *Kőolaj-feldolgozás és a petrokémiai profil*. Interfaces, 2002.
- 14 MOL Rt. *Éves jelentés*, 1996.
- 15 Lengyel A.: *Késleltetett koksizoló*. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 1992.
- 16 *MÁSZ 2001. évi jelentése*.
- 17 Hancsók J.: *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 2002.
- 18 *MOL Stratégia*, 2002.
- 19 Molnár I.: *Energiasztratégiai Konferencia*, 2002.
- 20 Wettier P.: *Fenntartható fejlődés*. WPC, 2002.
- 21 Stanislaus A.: *S és fémcsökkentő eljárások*. WPC, 2002.
- 22 Freund M.: *Emisszió csökkentés*. WPC, 2002.
- 23 Martino G.: *Katalitikus eljárások jövője*. WPC, 2002.
- 24 Wilde Gy.: *Auto II program*. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 2002.; Almási M.: *Megújuló energiaforrások*. *MOL Szakmai Tudományos Közlemények*, 2002.
- 25 Johnson A. R.: *Petrokémiai integráció*. WPC, 2002.
- 26 Cseh B.: *Finomítói termékek fejlesztése*, 1998.

A hazai műanyagalapanyag- és műanyagtermék-gyártás helyzete

A műanyagok felhasználásának fő irányzatai

A műanyagok felhasználása világszerte gyorsan növekszik. Ennek alapvető oka, hogy a műanyagokból készíthető termékek kiváló műszaki és esztétikai tulajdonságokkal rendelkeznek, és áraik is kedvezőek. A műanyagok felhasználása egyrészt más szerkezeti anyagok rovására bővül, másrészt új alkalmazási igények jelentkeznek, amelyeket legjobban vagy kizárólag műanyagokkal lehet kielégíteni. Az elmúlt évtizedekben a műanyagipar kétszer olyan ütemben növekedett, mint a nemzetgazdaságok egészét jellemző GDP.

A világ műanyag-felhasználásának nagyságát és fő fejlődési irányait az 1. táblázatban mutatjuk be. Látható, hogy a felhasználás 1990 és 2000 között csaknem megduplázódott, és elérte a 150 millió tonnát. A következő évtizedre is hasonló ütemű, éves átlagban 5,6%-os fejlődés valószínűsíthető.

Az egyes világrészek illetve országok műanyag-felhasználása között ma jelentős különbség van. Ez a jövőben csökkeni fog, mivel a legfejlettebb területeken (Amerikai Egyesült Államok, Nyugat-Európa, Japán) évi 2-3%-os, Kelet- és Közép-Európában 4-6%-os, Ázsiában 6-8%-os növekedés várható.

A feldolgozott műanyagok döntő többségét (~93%) a hőre lágyuló műanyag típusok és a poliuretánok (~5%) teszik ki, a hőre keményedő műanyagok kevesebb mint 2%-ot képviselnek.

Az 1. táblázat a legfontosabb műanyag típusok arányát és növekedését ismertet. Látható, hogy a tömegműanyagok (PE, PP, PVC, PS és ma már ide sorolható a PET is) aránya meghatározó, és a jövőben is az marad, hiszen átlagos növekedésük évi 5%-ra becsülhető. Az átlagnál gyorsabban emelkedik a PP és a PET, lassabban pedig a PVC és az LDPE felhasználása.

A műszaki műanyagok (ABS, PA, PC, PMMA, POM stb.) felhasználása 7%-ot megközelítő ütemben nő, és 2010-re meghaladja majd a 20 millió tonnát. A 2000. évi megoszlást az 1. ábrán mutatjuk be. Az elmúlt 5 év tényadatai alapján arra lehet következtetni, hogy az arányok sem a tömeg- és a műszaki műanyagok között, sem a műszaki műanyagok csoportján belül a következő évtizedben nem fognak lényegesen módosulni.

A legfontosabb műszaki műanyagok tehát az ABS és egyéb sztirol-polimerek, a poliamidok, a polikarbonát és az ezekből készülő blendek.

1. táblázat

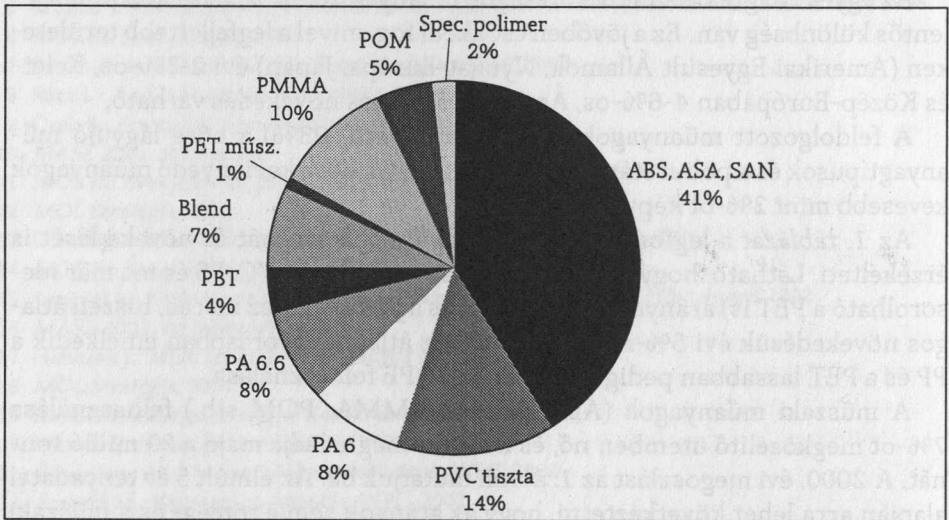
A műanyagok felhasználása a világon 1990 és 2010 között (millió tonna)

| Műanyagtípus | 1990 | 2000 | 2010 | Átlagos éves növekedés (%) |
|----------------------|------|-------|-------|----------------------------|
| PP | 12,5 | 28,5 | 52,0 | 6,3 |
| PVC | 18,0 | 25,5 | 38,0 | 4,0 |
| PE-HD | 12,0 | 22,1 | 38,0 | 5,5 |
| PE-LD/LLD | 19,0 | 29,5 | 45,5 | 4,5 |
| PS | 9,0 | 13,3 | 22,0 | 5,0 |
| PET | 1,8 | 6,9 | 18,5 | 10,5 |
| PUR | 4,2 | 9,0 | 15,5 | 6,0 |
| ABS | 3,1 | 5,3 | 9,0 | 5,3 |
| Műszaki műanyagok | 3,7 | 5,7 | 11,0 | 7,0 |
| Különleges műanyagok | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 6,0 |
| Egyéb műanyagok | 2,5 | 4,0 | 8,0 | 7,0 |
| Összesen | 86,0 | 150,0 | 258,0 | 5,6 |

Forrás: Pardos Marketing.

1. ábra

A világ műszaki műanyag-felhasználásának típus szerinti megoszlása (Pardos Marketing)



A különlegesen jó mechanikai, termikus vagy elektromos tulajdonságokkal rendelkező speciális műanyagok (fluor-polimerek, PPS, PSU, LCP, PEEK, PI stb.) 2010-ben is csak elenyésző hányadot fognak képviselni.

Nyugat-Európa műanyag-feldolgozása termékcsoportonként

| Termékcsoport | Mennyiség (kt) | | Részarány (%) | | Változás (%) 2001/1997 |
|------------------|----------------|--------|---------------|-------|---------------------------|
| | 1997 | 2001 | 1997 | 2001 | |
| Cső | 2 235 | 2 550 | 8,2 | 7,9 | 114,1 |
| Profil | 1 315 | 1 543 | 4,8 | 4,8 | 117,3 |
| Padló | 300 | 288 | 1,1 | 0,9 | 96,0 |
| Fólia és lemez | 9 036 | 10 439 | 33,1 | 32,4 | 115,5 |
| Fúvott termék | 2 968 | 3 938 | 10,9 | 12,2 | 132,7 |
| Fröccstermék | 5 909 | 7 187 | 21,6 | 22,3 | 121,6 |
| Hab | 720 | 770 | 2,6 | 2,4 | 106,9 |
| Szál, rafia stb. | 1 602 | 2 003 | 5,9 | 6,2 | 125,0 |
| Egyéb | 3 218 | 3 539 | 11,8 | 11,0 | 110,0 |
| Összesen | 27 303 | 32 257 | 100,0 | 100,0 | 118,1 |

Forrás: MPI.

A poliuretánokat külön kategóriaként szokás kezelni, hiszen sokféle PUR-rendszer állítható elő, és ezek rendszerint a feldolgozás során jönnek létre. Tulajdonságaik széles sávban változtathatók, ennek megfelelően felhasználásuk is szerteágazó.

Növekedési ütemük a tömegműanyagok és a műszaki műanyagok közé tehető, felhasználásuk 2010-re meg fogja haladni a 15 millió tonnát.

A hőre keményedő műanyagokkal, mivel arányuk az összes műanyag-felhasználáson belül kevesebb mint 2%, tanulmányunkban nem foglalkozunk.

A műanyagokból gyártott legfontosabb termékcsaládok megoszlását és fejlődését a 2. táblázatban bemutatott, nyugat-európai adatok érzékeltetik.

Az 1997 és 2001 között bekövetkezett 18%-os növekedés mellett az arányeltolódások összességében nem jelentősek, de említést érdemelnek az alábbiak:

- a fóliák és lemezek aránya csökkent, de vezető szerepük megmaradt;
- a fröccstermékek aránya kissé növekedett, és a második helyen állnak;
- az üreges testek részaránya jelentősen nőtt;
- a csövek részaránya kissé csökkent, a profiloké változatlan;
- a szál, huzal, rafia jellegű termékek aránya is nő;
- legnagyobb volument a fóliák és lemezek képviselik, ezt követik a fröccstermékek, majd a fúvott termékek és a csövek.

A 2. táblázat a fő műanyag-feldolgozási technológiák megoszlásáról is tájékoztat. A legnagyobb arányt a fóliahúzás és fúvás képviseli, ezt követi a fröccsöntés, majd az extrudálás (csövek, lemezek, profilok, kábelek) és az üreges testek fúvása. Az összes többi feldolgozási technológia együttes aránya kevesebb mint 10%.

3. táblázat

Műanyag-felhasználás Nyugat-Európában alkalmazási területek szerint 2000-ben

| Alkalmazási kör | Mennyiség (kt) | Résarány (%) | Meghatározó típusok |
|----------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|
| Csomagolás | 14 005 | 38,5 | PE>PP>PET |
| Fogyasztási cikkek | 6 095 | 16,7 | PP>PUR>PE |
| Építőipar | 5 720 | 15,7 | PVC>PE>PS |
| Elektromos és elektronikus | 2 955 | 8,1 | PVC, PS, PP, ABS |
| Autóipar | 2 867 | 7,9 | PP>PUR>PA, |
| Mezőgazdaság | 1 470 | 4,0 | PE> PP, PVC |
| Egyéb termékek | 3 278 | 9,0 | PP>PVC>PS |
| Összesen | 36 400 | 100,0 | PE>PP>PVC>PS, PUR |

Forrás: Pardos Marketing.

A felhasználási területek közül a legjelentősebb, közel 40% a csomagolás, amit a legutóbbi két év tényszámai is alátámasztanak. Ezt három, egyaránt 16% körüli felhasználási kör követi: a jármű-, elektromos és elektronikai alkatrészek, az építőipari rendeltetésű termékek, valamint a fogyasztási cikkek. A fennmaradó körülbelül 13% nagyon sok más felhasználási terület között oszlik meg (3. táblázat).

A nyugat-európai fejlődési tendenciák néhány éves késéssel érvényre jutnak hazánkban és a többi közép-európai országban is. Ez a megállapítás a felhasznált műanyagfajták, a gyártott terméktípusok és a fő alkalmazási területek megoszlására egyaránt igaz.

Magyarországon a műanyagipar a feldolgozó iparok között a negyedik legnagyobb ágazat. Részesedése a vegyiparon belül 1997-ben 30%-ot, 2003-ban már 42%-ot tett ki (4. táblázat).

4. táblázat

A műanyagipar helye az ipar és vegyipar egészében 1997–2003 között

| Árbevétel folyó áron | 1997 | 1999 | 2001 | 2002 | 2003 | 01/97 | 03/01 |
|-----------------------------|--------|------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | Mrd Ft | | | | | % | |
| Ipar | 5 957 | 8865 | 12 541 | 12 638 | 13 822 | 210,5 | 110,2 |
| Vegyipar | 1 041 | 1232 | 1 767 | 1 744 | 1 850 | 169,7 | 104,7 |
| ebből a műanyagipar | 308 | 385 | 561 | 603 | 627 | 182,1 | 111,8 |
| ebből a műanyag-feldolgozás | 145 | 213 | 321 | 350 | 368 | 221,4 | 114,6 |

Forrás: KSH.

Látható, hogy 1999 és 2005 között a műanyagalapanyag-gyártás folyó áras árbevétele 103%-kal, a műanyag-feldolgozásé 154%-kal, így a műanyagipar egészének árbevétele 104%-kal növekedett.

A műanyagok felhasználásával kapcsolatban megkerülhetetlen a környezetterhelés problematikája. A műanyag hulladékok, mivel nagy részük környezeti feltételek mellett nem bomlik le, esetenként súlyosan terhelik környezetünket. Ez a tény, párosulva a társadalom környezeti tudatának fokozatos elmélyülésével, egyre nagyobb igényeket támaszt a műanyag hulladékok csökkentésére és ésszerű hasznosítására. Ezeket az igényeket a szigorodó jogszabályok is erősítik.

A csomagolási, az elhasználandó gépjárművekből és az elektromos-elektromos berendezésekből származó hulladékok kezelésére már érvényes EU-irányelvek vannak, az építési-szerelési hulladékokra vonatkozó irányelv pedig kidolgozás alatt áll. Ezek az irányelvek az egyes hulladékáramokban megtalálható valamennyi anyagra, így a műanyagokra is vonatkoznak. Tervezik anyag-specifikus, így a műanyag hulladékok teljes körére vonatkozó irányelv megalkotását is.

A már érvényes EU-irányelveket Magyarországon is bevezették. A csomagolási kormányrendelet 2002 májusában jelent meg és 2003-tól érvénybe lépett. Az elektromos és elektronikus berendezések hulladékaira, valamint a hulladékká vált gépjárművekre vonatkozó kormányrendeletet 2004 szeptemberében adták ki.

A műanyagipar műszaki-technológiai szempontból felkészült az anyagában történő újrafeldolgozás és kémiai hasznosítás), valamint az energetikai hasznosítás növelésére, az előrehaladás üteme piaci és pénzügyi kérdés. Ez a problémakör elviselhető ráfordítások árán megoldható, és nem fogja lényegesen lassítani a műanyagipar fejlődését.

A „zöld szervezetek”-nek a PVC ellen irányuló támadásaikban egyrészt bizonyos adalékanyagok (ftalát lágyítók, nehézfém-tartalmú stabilizátorok) valós vagy feltételezett ártalmosságára, másrészt a hulladékok égésekor esetleg keletkező dioxinokra hivatkoznak.

A PVC-ipar nemzetközi szinten önkéntes kötelezettségvállalást tett, és programot fogadott el az adalékanyagok kiváltására és a hulladékok hasznosításának növelésére. A 10 éves program végrehajtása 2002-ben megkezdődött. Az iparág a fenti támadások miatt az elmúlt évtizedben lassabban fejlődött a műanyagipar átlagánál, de a PVC-termékek felhasználása elsősorban az építőipar területén továbbra is növekszik.

A műanyag alapanyagok hazai gyártásának és felhasználásának alakulása

A műanyag alapanyagok gyártásának és felhasználásának alakulását 1990 és 2003 között az 5. táblázat mutatja. A rendszerváltás után a felhasználás visszaesett, de 1992 óta a fejlődés gyors és folyamatos. Az utóbbi 10 évben, hazánkban a műanyag alapanyagok előállítása 65%-kal, felhasználása 121%-kal nőtt. A hazai alapanyag-termelés típusok szerinti alakulását a 6. táblázat szemlélteti. A mennyiségi növekedés 1997–2003 között 41%-os volt. Ez elsősorban a TVK Rt. új PP-gyárának és a BorsodChem Rt. növekvő izocianát-gyártásának köszönhető. A legfontosabb műanyagot gyártó vállalatok 2003. évi kapacitásait, kt/év mértékegységben, a következő oldalon soroljuk fel.

5. táblázat

Műanyag alapanyagok hazai gyártása és felhasználása

| | 1990 | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|-------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Termelés (kt) | 615 | 696 | 731 | 699 | 848 | 1 009 | 1 035 | 1 143 | 1 147 |
| Felhasználás (kt) | 374 | 314 | 390 | 417 | 544 | 680 | 697 | 783 | 778 |

Forrás: MÜKI Kft.

6. táblázat

Műanyag alapanyagok termelése 1997 és 2003 között (kt)

| Műanyag | 1997 | 1999 | 2001 | 2002 | 2003 |
|-----------------------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Polietilén | 281,2 | 261,8 | 292,4 | 307,4 | 295,5 |
| ebből: kis sűrűségű | 105,5 | 98,8 | 107,1 | 113,2 | 108,8 |
| nagy sűrűségű | 175,7 | 163,0 | 185,3 | 194,2 | 186,7 |
| Polipropilén | 143,5 | 126,8 | 249,2 | 277,1 | 272,3 |
| PVC | 240,9 | 233,8 | 267,0 | 275,1 | 267,6 |
| Polisztirol | 82,6 | 90,8 | 85,3 | 98,9 | 107,3 |
| ebből: ütésálló | 54,4 | 57,6 | 53,5 | 60,8 | 64,9 |
| habosítható | 28,2 | 33,2 | 31,8 | 38,1 | 42,4 |
| Amin- és egyéb gyanta | 1,5 | 47,2 | 59,0 | 51,0 | 54,0 |
| Epoxigyanta | 1,3 | 2,1 | 4,8 | 6,1 | 6,5 |
| MDI | 32,0 | 41,8 | 50,4 | 53,5 | 58,0 |
| Egyéb műanyag | 29,5 | 18,9 | 31,4 | 23,9 | 25,0 |
| Összesen | 812,5 | 823,2 | 1 039,5 | 1 143,4 | 1 147,3 |

Forrás: MÜKI Kft.

Tiszai Vegyi Kombinát Rt.

| | |
|------------------|---------------------------|
| Kis sűrűségű PE | 120 (LLDPE gyártás nincs) |
| Nagy sűrűségű PE | 200 |
| Polipropilén | 280 |

BorsodChem Rt.

| | |
|----------------|---------------------------|
| PVC | 320 (E-PVC gyártás nincs) |
| MDI | 60 |
| TDI | 60 |
| Habosítható PS | 14 |

Dunastyr Rt.

| | |
|----------------|----|
| Ütésálló PS | 65 |
| Habosítható PS | 40 |

A Zoltek Rt. 2 kt poliamid-granulátum gyártására alkalmas gyártóssal rendelkezik. A Dunastyr Rt. saját gyártású termékei mellett forgalmazza anyavállalatának, a Polimeri Europa-nak normál PS, valamint ABS és SAN termékeit is. A hőre keményedő műanyag termékeket gyártók közül említést érdemelnek a Dynea Hungary Kft. 40 kt-s kapacitású karbamid gyanta, a Polikon Kft. 6 kt-s telítetlen poliészter, és a PEVDI Vegyipari Kft. 6 kt-s epoxigyanta üzemei.

A gyártók kapacitását és az elmúlt évek termelés adatait összehasonlítva megállapítható, hogy a hazai gyártók jó kapacitás-kihasználással működnek. Nem készítenek hazánkban PET-et és (PA 6 kivételével) műszaki műanyagokat. Ezekből a műanyagokból a hazai felhasználás sokkal kevesebb, mint egy korszerű gyártóüzem kapacitása.

Az alapanyaggyártók a közeljövőben az alábbi fejlesztéseket tervezik:

- Tiszai Vegyi Kombinát Rt.: új krakkoló létesítésével az etiléngyártás növelése évi 250 kt-val, erre alapozva új 200 kt/év kapacitású nagy sűrűségű polietilén (HDPE-) gyár építése, amely 2004-ben megkezdheti a próbaüzemelését. A jelenlegi üzemek intenzifikálásával a PP-gyártás évi 40 kt-val növekedik. Meg kell említeni, hogy az ugyancsak a MOL Rt. többségi tulajdonában levő Slovnaft Rt.-nél is tervbe vették egy új, 225 kt/év kapacitású PP-gyár létesítését.
- BorsodChem Rt.: Vinilkorid-gyártó kapacitás növelése évi 320 kt-ra a PVC-gyártó kapacitás teljes körű kihasználása érdekében; új MDI-gyártó üzem létesítése 60 kt/év kapacitással.

A Tiszai Vegyi Kombinát Rt., a BorsodChem Rt. és a Dunastyr Rt. gyárai megfelelnek a nemzetközi színvonalnak, ISO 9 001 szerinti minőségbiztosítási és ISO 14 000 szerinti környezetközpontú irányítási rendszer szerint működnek. Termékeik is korszerűek, termékválasztékuk a feldolgozó igények döntő többségét lefedi, a gyártott termékek minősége megfelelő és állandó. Ennek megfelelően az igényes nyugat-európai piacokon is sikeresek. A három

7. táblázat

Műanyag alanyagok termelése, exportja, importja és felhasználása 2003-ban (kt)

| Műanyag | Termelés | Export | Import | Felhasználás |
|-----------------------------|----------|--------|--------|--------------|
| LDPE | 108,8 | 59,6 | 49,3 | 98,5 |
| HDPE | 186,7 | 152,1 | 46,1 | 80,7 |
| PP | 272,3 | 187,8 | 54,3 | 138,8 |
| PVC | 267,6 | 231,3 | 59,2 | 95,5 |
| Normál és ütésálló PS | 64,8 | 57,5 | 46,3 | 53,6 |
| Habosítható polisztirol EPS | 42,5 | 33,7 | 15,8 | 24,6 |
| Műszaki műanyagok | | 1,2 | 27,3 | 26,1 |
| PET | | 2,3 | 49,4 | 47,1 |
| Hőre keményedők | 60,5 | 6,8 | 35,9 | 89,6 |
| PUR alanyag | 119,1 | 115,6 | 31,8 | 35,3 |
| Egyéb műanyag | 25,0 | 13,9 | 76,6 | 87,5 |
| Összesen | 1147,3 | 861,8 | 492,0 | 777,5 |

Forrás: MÜKI Kft.

vállalat gazdasági helyzete is stabil, a további fejlesztéshez szükséges forrásokat elő tudják teremteni.

A legfontosabb alanyagfajták 2003. évi export-import forgalmát és felhasználását a 7. táblázat mutatja. A világtendenciáknak megfelelően a gyártásban és a felhasználásban is a poliolefinnek, a PVC és a polisztirol dominál. Együttes részarányuk a termelésből 82%, a felhasználásból 63%. Szembetűnő, hogy a hazánkban gyártott műanyagok közel 75%-a exportra kerül, míg a hazai felhasználás 63%-át az importált műanyagok teszik ki. Azon tömegpolimerekből is jelentős (kb. 50%) az import aránya, amelyekből jó minőségű és széles választékú a hazai gyártás. Az import döntő többsége a nyugat-európai országokból származik. A műanyag alanyagokat főként az alábbi okok miatt importáljuk:

- Hazánkban nem gyártják az adott műanyagot (pl. PET, műszaki műanyagok) vagy különleges tulajdonságú az adott anyag (E-PVC, PE-100-as típusú HDPE, normál PS stb.).
- „Global purchasing”: A nemzetközi műanyag-feldolgozó vállalatcsoport az egyes alanyagokat az összes (így a magyarországi) leányvállalatának azonos cégtől szerzi be.
- A műanyag alkatrészek vevői (autóipar, elektronikai ipar) döntik el, milyen típusú, sőt milyen márkájú alanyagot kell felhasználni a gyártáshoz.
- Kedvezőbbek a fizetési feltételek, kereskedelmi összefonódások állnak fenn.

Az importált műanyagok átlagára 2003-ban például 48%-kal haladta meg az export átlagárát. Ez csak részben magyarázható az eltérő összetétellel, az árarány az egyes polimereket (PP, PVC) külön-külön vizsgálva is hasonló. Volumenben jelentős az exporttöbblet (2003-ben 369 kt), értékben azonban nem számottevő (119 millió USD). A hazai gyártók stratégiai célként kezelik, hogy a hazai és a környező országok piacaiból egyre növekvő hányadot szerezzenek meg.

A magyar alapanyaggyártás helyzete Közép-Európában

A műanyaggyártás és -felhasználás szempontjából Közép-Európa legfontosabb országai közül Lengyelország nettó importőr, Csehország külkereskedelme közelítőleg kiegyensúlyozott, Magyarország nettó exportőr. A régió többi országának gyárai viszonylag elavultak, korszerűsítésre szorulnak.

A poliolefinek gyártói között a TVK Rt., illetve a többségi tulajdonos MOL csoport súlya a régióban jelentős, de nem meghatározó. Nagymértékű fejlesztéseket készítenek elő a lengyel és a cseh gyártók is. A PKN Orlen lengyel cég a krakkolókapacitás növelése révén az etilénkapacitást 300 kt/év-vel, a propilént 200 kt/év-vel tervezi megnövelni 2004-ben, és erre alapozva 320 kt/év kapacitású új HDPE-gyár és 290 kt/év kapacitású új PP-gyár felépítését tervezi a Basell céggel közösen. A cseh Unipetrol szintén bővítette a krakkolókapacitását, és erre alapozva a csoporthoz tartozó Chemopetrol cég 2002-ben a HDPE-gyártó kapacitását 320 kt-ra növelte. Ugyanennél a cégnél a PP kapacitás 2003-ban 240 kt-ra növekedett.

A PVC-gyártók között a BorsodChem Rt. a legnagyobb Közép-Európában, de súlya szintén nem meghatározó. A lengyel PKN Orlen csoporthoz tartozó Anwill legalább 100 kt/évvel szándékozik növelni vinil-kloridot és a PVC-t gyártó kapacitását, és bővítést tervez a lengyel ZA Tarnow és a cseh SPOLANA cég is.

A poliuretánok gyártásához szükséges izocianátok terén viszont a BorsodChem Rt a régiót meghaladó, globális szereplővé kezd válni.

A sztirolpolimerek területén a Dunastyr Rt., mint hazai gyártó és egyidejűleg olasz anyavállalatának közép-európai kereskedelmi központja, szintén jelentős, de nem meghatározó piaci szereplő. A Dunatsyréhez hasonló kapacitással rendelkezik a lengyel Dwory és a cseh Kaučuk cég is.

A közeli jövőben 120 kt/év kapacitású új PET-gyártó üzem fog létesülni Lengyelországban az Anwil és a dél-koreai SKJ Chemicals Co. közös vállalataként.

A piaci erőviszonyokat vizsgálva meg kell állapítani, hogy régióinkban az összes nemzetközi műanyaggyártó nagyvállalat aktív piaci tevékenységet folytat, a helyi gyártóknak erős nemzetközi konkurenciával (és egymással) szemben kell sikereket elérniük.

A műanyagok felhasználása

A műanyagok „látszólagos felhasználása” az alábbi összefüggéssel számítható:

$$\text{felhasználás} = \text{termelés} + \text{import} - \text{export}.$$

A 8. táblázatban a fontosabb műanyagtípusok látszólagos felhasználását mutatjuk be. A táblázat magában foglalja a műanyagtermékké feldolgozott (2003-ban 620 kt), továbbá a festékek, lakkok, ragasztók, impregnáló anyagok kötőanyagaként felhasznált (2003-ban 158 kt) műanyagok mennyiségét is.

A felhasználás 1997–2003 között 49%-kal nőtt. Nagymértékben emelkedett a PET, a PS és a PP felhasználása, lassan növekedett a PE, és visszaesett a PVC. A műszaki műanyagok közül a legnagyobb mennyiséget jelentő ABS stagnált, a poliamid nőtt, és a polikarbonát-felhasználás növekedett leginkább.

A hazai alapanyaggyártás helyzetéről összefoglalóan a következők állapíthatók meg:

- A hazai alapanyaggyártás jó színvonalú és fejlődőképes.

8. táblázat

Műanyag alapanyagok felhasználása 1997 és 2003 között (kt)

| Műanyag | 1997 | 1999 | 2001 | 2002 | 2003 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Polietilén | 151,9 | 148,8 | 163,4 | 194,7 | 179,2 |
| Polipropilén | 89,1 | 103,3 | 130,4 | 144,4 | 138,8 |
| PVC | 114,7 | 86,2 | 86,6 | 107,4 | 95,5 |
| Polisztirol | 35,1 | 57,9 | 66,5 | 74,0 | 78,2 |
| ebből: normál és ütésálló | 21,4 | 40,0 | 45,8 | 47,7 | 53,6 |
| habosítható | 13,7 | 17,9 | 20,7 | 26,3 | 24,6 |
| PET | 19,8 | 28,0 | 38,7 | 34,0 | 47,1 |
| PUR alapanyag | 19,7 | 27,0 | 30,5 | 36,6 | 35,3 |
| ABS, SAN, stb. | 11,4 | 14,4 | 11,4 | 12,1 | 14,4 |
| Poliakrilát | 9,6 | 10,5 | 10,8 | 10,6 | 12,4 |
| Polikarbonát | 1,7 | 3,3 | 6,7 | 7,4 | 8,9 |
| Poliacetát | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 2,2 | 2,8 |
| Alkid- és poliésztergyanta | 2,3 | 3,8 | 5,5 | 5,7 | 6,3 |
| Amin- és fenolgyanta | 53,1 | 58,3 | 64,1 | 65,5 | 80,6 |
| Epoxigyanta | 2,8 | 3,7 | 6,2 | 7,8 | 9,0 |
| Poli(vinil-acetát) | 4,6 | 5,9 | 8,1 | 8,9 | 9,2 |
| Egyéb műanyag | 1,7 | 30,6 | 56,9 | 60,7 | 45,8 |
| Összesen | 523,1 | 582,7 | 701,0 | 783,0 | 777,5 |

Forrás: MÜKI Kft.

- Az import adatait, a felhasználásokat és a feldolgozási statisztikákból származó információkat összevetve megállapítható, hogy még bőven vannak lehetőségek a magyarországi gyártók hazai piaci részarányának növelésére.
- Kelet- és Közép-Európa országaiban a műanyag-feldolgozás tartósan növekedni fog, ez a régió tehát stratégiai fontosságú piac a hazai cégek számára.
- A fejlett országok piacain a magyar gyártók csak bizonyos piaci réseket tudnak kihasználni.

A műanyag-feldolgozó ipar általános jellemzése

A műanyagok felhasználásának és a gyártott műanyag termékek mennyiségének alakulását, az elmúlt 15 évben bekövetkezett fejlődését a 2. ábra mutatja.

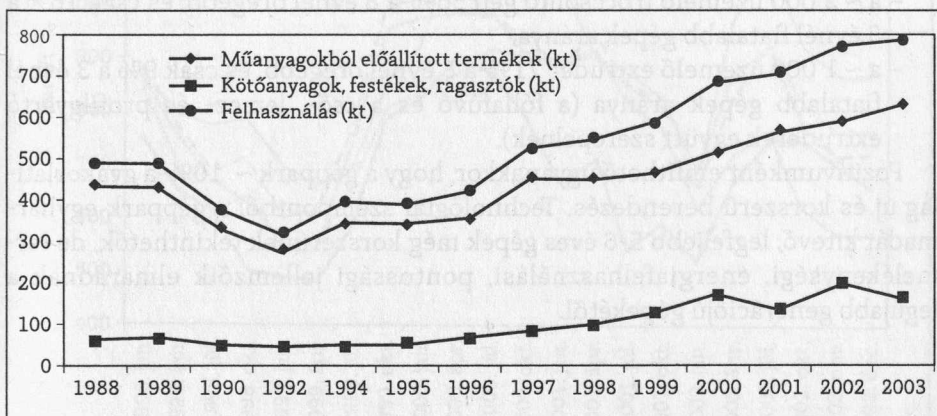
A műanyagokat világszerte zömében kis- és közepes vállalatok dolgozzák fel. A hazai vállalatok feldolgozott mennyiség szerinti megoszlását a 9. táblázatban mutatjuk be. Az MMSz 10 éve folyamatosan végzett felméréséhez 2003-ban 302 vállalat szolgáltatott adatot, amelyek az összes feldolgozás 96%-át képviselik. Látható, hogy az első 110 cég teszi ki az összes feldolgozott mennyiség 90%-át, a 14 legnagyobb vállalat 40%-ot képvisel.

Az adatot szolgáltatató 302 hazai műanyag-feldolgozó vállalat tulajdonosainak szám szerinti megoszlása (a holdingok leányvállalatait egyenként véve figyelembe) a következő:

- magyar tulajdonú vállalatok 63%;
- külföldi tulajdonú vállalatok 27%;
- vegyes tulajdonú vállalatok 10%.

2. ábra

A műanyagok feldolgozása és felhasználása 1988–2003 között



A hazai vállalatok műanyag-feldolgozó kapacitása

| Évente gyártott termék | 2000 | | | 2003 | | |
|------------------------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Cégek száma | kt/év | % | Cégek száma | kt/év | % |
| >10 000 t | 10 | 140 | 29,4 | 14 | 232 | 39,1 |
| 5000–10 000 t | 19 | 130 | 27,3 | 17 | 128 | 21,6 |
| 2000–5000 t | 34 | 108 | 22,6 | 38 | 124 | 20,8 |
| 1000–2000 t | 33 | 47 | 9,9 | 41 | 55 | 9,2 |
| >1000 t | 96 | 425 | 89,1 | 110 | 538 | 90,6 |
| 500–1000 t | 39 | 30 | 6,3 | 40 | 30 | 5,1 |
| <500 t | 125 | 20 | 4,2 | 152 | 25 | 4,3 |
| Összesen | 260 | 477 | 100,0 | 302 | 593 | 100,0 |

Forrás: MMSz.

A külföldi tulajdonosok döntő többsége szakmai befektető, arányuk a fröccsöntés területén a legmagasabb.

A magyar tulajdonban lévő cégek száma az utóbbi években kissé növekedett, ami arra utal, hogy a külföldi tőke beáramlása lassult. A gyártott műanyag termékek mennyisége alapján az állapítható meg, hogy a 100 legnagyobb cég közül a külföldi tulajdonúak állították elő az összes mennyiség felét.

Az alkalmazott feldolgozási technológiákat tekintve a hazai iparág szerkezete hasonlít a nemzetközi megoszláshoz. Az MMSz 2001. évi feldolgozási statisztikájában szereplő vállalatok fő tevékenysége: fröccsöntés 41%, fóliagyártás 22%, extrudálás 9%, üreges testek fűvése 10%. Az egyéb fő tevékenységet folytató cégek aránya 18%.

Kedvezőtlen azonban a helyzet, ha a géppark életkorát, korszerűségi szintjét vizsgáljuk, amit az alábbi 2003. évi példák illusztrálnak:

- a ~ 2 000 üzemelő fröccsöntő gép 56%-a 8 évnél öregebb, és csak 16% a 3 évnél fiatalabb gépek aránya;
- a ~ 1 000 üzemelő extruder 71%-a 8 évnél öregebb, és csak 9% a 3 évnél fiatalabb gépek aránya (a fóliafúvó és a cső-, lemez- és profilgyártó extruderek együtt szerepelnek).

Pozitívként említhető ugyanakkor, hogy a géppark ~ 10%-a gyakorlatilag új és korszerű berendezés. Technológiai szempontból a géppark egyharmadát kitevő, legfeljebb 5-6 éves gépek még korszerűnek tekinthetők, de termelékenység, energiafelhasználási, pontossági jellemzőik elmaradnak a legújabb generációjú gépektől.

A műanyag-feldolgozás gazdasági feltételei

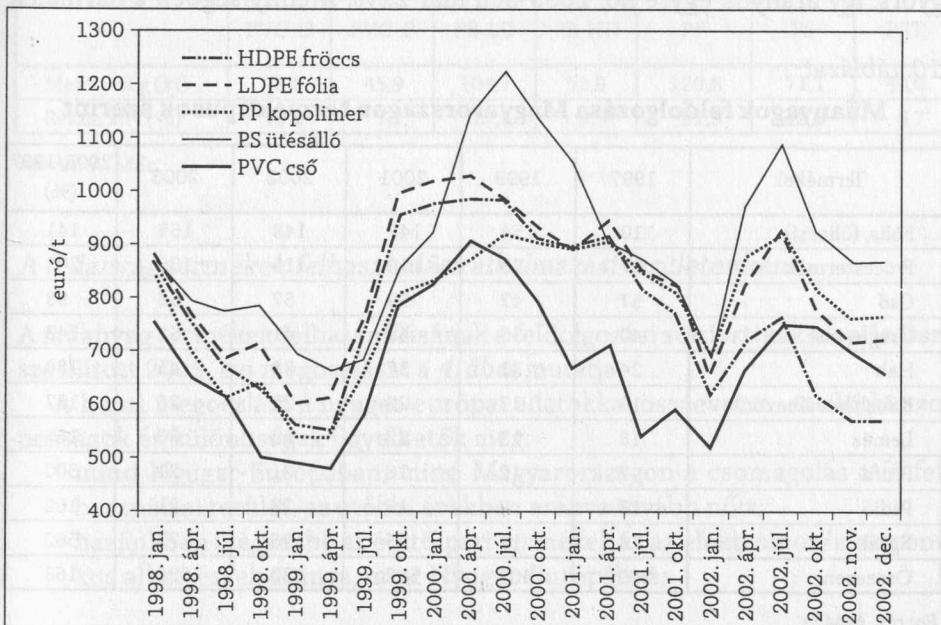
Az iparág vállalatainak érdekérvényesítő képessége korlátozott: a műanyagalapanyag-beszállítók olyan nemzetközi nagyvállalatok, amelyek bizonyos mértékig diktálják az árakat is. (A nemzetközi árak követése miatt a TVK Rt. és a BorsodChem Rt. is így viselkedik belföldi vevőivel szemben). Ugyanakkor az iparág legnagyobb vevői is multinacionális vállalatok (autógyárak, elektronikai berendezések gyártói, élelmiszer-ipari konszernek stb.), ezek szintén élnek erőfölényükkel. A feldolgozást végző kis- és közepes vállalatok mindkét oldalon gyenge alkupozícióban vannak, a készletezés költségeit is rendszerint viselniük kell. Ez nemzetközi szinten és hazánkban is így van.

A műanyag alapanyagok világgpiaci árai gyorsan és jelentős mértékben változnak (3. ábra). Az árakat három fő tényező befolyásolja: a vegyipari alapanyagok (kőolaj, vegyipari benzin, monomerek) ára, a belépő új, nagy gyártókapacitások (és a korszerűtlen üzemek leállítása), valamint a műanyag termékek iránti kereslet (a lakossági fogyasztás, az építőipar, a járműipar, az elektronikai ipar konjunkturális helyzete). Ezek a hatások néha összeadódnak, néha tompítják egymást, így a műanyagok árai esetenként eléggé kiszámíthatatlanul változnak.

Fentiekből következően a műanyag-feldolgozó iparágban elérhető nyereséghányad alacsony, még a legjobban működő vállalkozások sem képesek tar-

3. ábra

A műanyag termékek árainak alakulása 1988–2002 között



tósan az árbevétel 10%-át meghaladó nyereséget realizálni. A korszerű gyártó- és kiegészítő berendezések, valamint a szerszámok beszerzése viszont jelentős tőkét igényel. Ezt sok feldolgozó cég nem tudja biztosítani, így versenyképessége folyamatosan csökken. Nem véletlen, hogy a legkorszerűbb hazai műanyag-feldolgozó üzemek általában nyugat-európai stratégiai befektetők birtokában vannak. Ugyanakkor arra is sok példa van, hogy használt gépeket telepítenek magyarországi üzemeikbe.

Kialakulóban van az „első vonalbeli beszállító” nemzetközi vállalatok hálózata, amelyek már a vevőik fejlesztési folyamataiban is részt vesznek, ezek tartósan képesek megfelelő jövedelmezőséget elérni. Törekcszenek arra, hogy integrálják a környezetükben működő kisebb, de jó minőségű gyártásra és pontos szállításra képes vállalatokat. A hazai tulajdonú műanyag-feldolgozó vállalatok jó eséllyel pályáznak erre a pozícióra, azaz arra, hogy második vonalbeli beszállítók legyenek.

A hazai műanyag-feldolgozás alakulása termékcsoportonként és polimertípusonként

A legfontosabb műanyag termékek típus szerinti megoszlása a 10. táblázatban látható. Hazánkban legnagyobb tömegben fóliákat állítanak elő, ugyanakkor e termékcsalád volumene az átlagosnál kisebb ütemben növekszik, arányuk 2003-ban 25%. A második helyet a fröccstermékek foglalják el. Növekedésük gyors, így arányuk egyre nő, 2003-ban már 22%. Mennyiségben a harmadik

10. táblázat

Műanyagok feldolgozása Magyarországon terméktípusok szerint

| Termékek | 1997 | 1999 | 2001 | 2002 | 2003 | 2003/1997 (%) |
|--------------------|------|------|------|------|------|---------------|
| Fólia, fóliacsík | 110 | 154 | 149 | 148 | 155 | 141 |
| Fröccstermék | 67 | 78 | 119 | 115 | 136 | 203 |
| Cső | 57 | 47 | 59 | 57 | 56 | 98 |
| Üreges test | 40 | 36 | 48 | 41 | 57 | 143 |
| Hab | 24 | 31 | 37 | 38 | 45 | 188 |
| Kábel/huzalbevonat | 19 | 17 | 22 | 21 | 26 | 137 |
| Lemez | 18 | 13 | 22 | 25 | 30 | 167 |
| Profil | 7 | 12 | 18 | 21 | 21 | 300 |
| Padló | 13 | 8 | 13 | 18 | 21 | 162 |
| Egyéb | 14 | 11 | 45 | 96 | 73 | 562 |
| Összesen | 369 | 407 | 532 | 580 | 620 | 168 |

Forrás: MMSz.

helyen voltak a csövek. Növekedési lehetőségeiket, amelyek 1997–2003 között stagnáltak, az infrastrukturális beruházások alakulása szabja meg. A habtermékek, a lemezek, a profilok és a padlóburkolók növekedési üteme számottevő. Az üreges testek aránya 2003-ban 9%; megegyezik a csövekével.

A nyugat-európai adatokkal összevetve, hazánkban magasabb a csövek, a habtermékek, a padlóburkolók és alacsonyabb az üreges testek, a profilok, a lemezek aránya. A fröccstermékek aránya a gyors fejlődés eredményeképpen 2001-re megközelítette a nyugat-európai szintet. Ezen a csoporton belül az elektromos-elektronikus alkatrészek aránya magasabb, a járműalkatrészeké pedig alacsonyabb Magyarországon, mint Nyugat-Európában.

Az egyes alapanyag típusokat nagyjából hazánkban is azonos arányban használják fel termékgyártásra (11. táblázat), mint Nyugat-Európában. A kisebb mértékű eltérések a következők: hazánkban magasabb a PP, a PET (ezek előremutatók), a PS és a PVC aránya, míg alacsonyabb az LDPE és a HDPE aránya a műanyag termékekben. A műszaki műanyagok aránya 2000-ben a világon (és ezen belül Nyugat-Európában is) az összes feldolgozott műanyagnak 6,6%-a, míg Magyarországon 2003-ben csak 4%-a, 25,3 kt volt. Hazánkban 2001 és 2003 között a PE-LD, PS, PET aránya nőtt, míg a PVC-U, PE-HD és PP aránya csökkent, a változások mértéke nem jelentős.

11. táblázat

Műanyagok feldolgozása Magyarországon, polimertípusok szerint 2003-ban

| | PVC-U | PVC-P | PE-LD | PE-HD | PP | PS | PET |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Mennyiség (kt) | 78,5 | 45,9 | 104,7 | 58,9 | 129,6 | 71,1 | 40,0 |
| Részarány (%) | 13,2 | 7,7 | 17,6 | 9,9 | 21,9 | 12,0 | 6,7 |

Forrás: MMSz.

A műanyag termékek felhasználása alkalmazási területenként

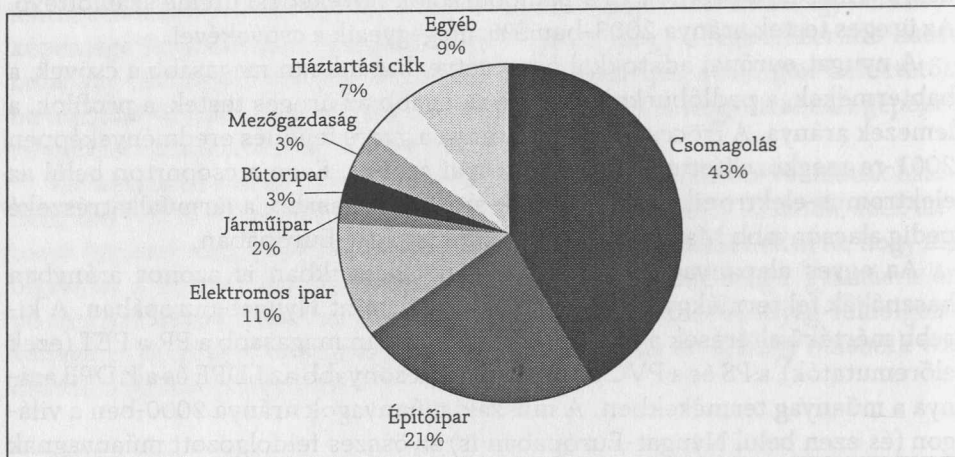
A műanyag termékek felhasználásának a feldolgozási statisztikák alapján összeállított 2003. évi megoszlását a 4. ábra mutatja.

A hazai megoszlást a nyugat-európai adatokkal összevetve, az alábbi azonosságok és különbségek figyelhetők meg:

- mind Nyugat-Európában, mind Magyarországon a csomagolás a fő felhasználási terület, az utóbbi években aránya tovább nőtt;
- hazánkban magasabb az építőipari termékek és az elektromos/elektronikus alkatrészek aránya, mint Nyugat-Európában;

4. ábra

A műanyag termékek felhasználása Magyarországon 2003-ban (MMSz)



– Magyarországon kevesebb műanyagot használnak fel járműipari alkatrészek előállításra. E vonatkozásban az autógyárak kelet-európai terjeszkedése potenciális piacot jelent.

A magyarországi műanyagfeldolgozó-ipar fejlettsége tehát nemzetközi összehasonlításban közepes, régióinkban azonban az egyik legjobb. Folyamatosan kezdjük megközelíteni az európai élvonalat. A műanyag termékek iránti mennyiségi és minőségi igények az elmúlt évtizedben gyorsabban nőttek hazánkban, mint a műanyag-feldolgozási kapacitások.

A műanyag termékek kereskedelme

A műanyag termékek külkereskedelmi forgalma jelentős, ez a nagyon széles termékpalettából következik. Magyarország export-import szaldója mennyiségben kissé, értékben jelentős mértékben negatív.

A műanyag termékek exportja

Az 1997–2003 közötti időszakra vonatkozó mennyiségi adatokat a 12. táblázatban foglaltuk össze. A kivitel az összes feldolgozott mennyiség csaknem 40%-át teszi ki, és mennyisége 1997 és 2003 között 86%-kal nőtt.

A legnagyobb részarányt 2003-ban is a csomagolóeszközök (26%), valamint a fóliák és lemezek (28%) képviselik, ezek növekedési üteme átlagos. A (nehezen érthető okokból) egyik konkrét típusba sem sorolt „egyéb termé-

12. táblázat

**A műanyagokból előállított gyártmányok exportja
1997 és 2003 között (kt)**

| Gyártmány | 1997 | 1999 | 2001 | 2002 | 2003 | 03/97 (%) |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Cső | 8,0 | 9,1 | 12,4 | 11,1 | 12,4 | 155,0 |
| Padló és burkolóanyag | 8,1 | 5,5 | 14,0 | 14,8 | 17,8 | 219,8 |
| Fólia és lemez | 34,3 | 42,7 | 62,5 | 70,5 | 66,5 | 193,9 |
| Habszerkezetű termék | 9,1 | 8,6 | 9,6 | 9,0 | 11,6 | 127,5 |
| Csomagolóeszköz | 37,4 | 49,7 | 63,7 | 53,0 | 60,8 | 162,6 |
| Háztartási cikk | 12,5 | 14,9 | 18,3 | 17,5 | 16,8 | 134,4 |
| Építőipari termék | 4,3 | 7,4 | 8,0 | 8,4 | 8,6 | 200,0 |
| Műanyag szál stb. | 2,9 | 2,7 | 7,0 | 7,7 | 9,2 | 317,2 |
| Egyéb termék | 10,3 | 15,8 | 25,7 | 26,8 | 33,1 | 321,4 |
| Összesen | 126,9 | 156,4 | 221,2 | 218,8 | 236,8 | 186,6 |

Forrás: Vámstatisztika.

13. táblázat

**A műanyagokból előállított gyártmányok exportja
1997 és 2003 között (MUSD)**

| Gyártmány | 1997 | 1999 | 2001 | 2002 | 2003 | 03/97 (%) |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Cső | 16,2 | 18,8 | 24,3 | 23,8 | 30,2 | 186,4 |
| Padlók és burkolóanyag | 17,1 | 10,5 | 21,0 | 24,6 | 34,6 | 202,3 |
| Fólia és lemez | 68,9 | 72,8 | 107,0 | 129,2 | 145,3 | 210,9 |
| Habszerkezetű termék | 29,1 | 24,8 | 24,1 | 22,5 | 31,3 | 107,6 |
| Csomagolóeszköz | 96,6 | 93,8 | 118,2 | 119,7 | 168,4 | 174,3 |
| Háztartási cikk | 31,7 | 34,7 | 37,7 | 37,5 | 42,9 | 135,3 |
| Építőipari termék | 12,7 | 17,9 | 19,5 | 21,3 | 24,9 | 196,1 |
| Szál, profil stb. | 5,8 | 6,9 | 14,2 | 16,5 | 21,7 | 374,1 |
| Egyéb termék | 44,8 | 70,0 | 102,2 | 126,6 | 197,9 | 441,7 |
| Összesen | 322,9 | 350,2 | 468,2 | 521,7 | 697,2 | 215,9 |

Forrás: Vámstatisztika.

kek” részaránya 2003-ban 14% volt, és mennyisége a fenti időszakban több mint háromszorosára növekedett. Az összes export 5%-át meghaladó részarányt képviselnek még a háztartási termékek, a csövek és a habszerkezetű termékek. Ezek közül csak a padlóburkolók exportja nőtt jelentősen az elmúlt években.

A műanyag termékek kivitele 1997 és 2003 között 115%-kal (tehát a mennyiségnél nagyobb mértékben) nőtt, és 2003-ban 697 millió USD értéket ért el (13. táblázat). Az export jelentős hányada nyugat-európai piacokra került.

A két legnagyobb termékcsalád részaránya értékben kisebb, mint mennyiségben, az „egyéb termékek” részaránya viszont nagyobb.

Az exportált műanyagtermékek átlagára 1997-ben 2545 USD/t, míg 2003-ban 2944 USD/t volt. Az értékelésnél figyelembe kell venni, hogy az adott időszakban a műanyag alapanyagok ára (ami a műanyag termékek költségei között 50-65%-ot képvisel) lényegesen megváltozott. Összefoglalva megállapítható, hogy az egyszerűbb, olcsóbb termékek dominálnak az exportban.

A műanyag termékek importja

A műanyag termékek exportja és importja – mennyiségi szempontból – azonos nagyságrendű, az import többlete 2003-ban 38 kt. A behozott termék-mennyiség 1997 és 2003 között 142%-kal nőtt (14. táblázat).

Érdekes, hogy az importban is hasonló az egyes termékcsaládok részaránya, mint az exportban: a fólia és lemez (29%), valamint a csomagolóeszköz (24%) a két legnagyobb termékcsalád, ezeket az „egyéb termék” (21%) és a cső + profil (17%) követi. A többi terméktípus egyenként 5%-nál kisebb részarányt képvisel.

A behozatal értéke 2003-ban 1337 millió USD volt, és két és félszeresére nőtt a fenti időszakban (15. táblázat). A két fő termékcsalád súlya értékben ki-

14. táblázat

A műanyag termékek importja 1997 és 2003 között (kt)

| Gyártmány | 1997 | 1999 | 2001 | 2002 | 2003 | 03/97 (%) |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Cső | 7,3 | 11,9 | 21,4 | 19,6 | 19,8 | 271,2 |
| Padlók és burkolóanyag | 2,8 | 3,5 | 4,1 | 4,2 | 4,4 | 157,1 |
| Fólia és lemez | 38,9 | 55,0 | 63,5 | 70,4 | 79,5 | 204,4 |
| Habszerkezetű termék | 2,6 | 5,0 | 7,6 | 8,7 | 10,5 | 403,8 |
| Csomagolóeszköz | 31,0 | 43,6 | 52,3 | 62,9 | 64,4 | 207,7 |
| Háztartási cikk | 4,9 | 7,1 | 8,5 | 10,5 | 11,0 | 224,5 |
| Építőipari termék | 1,9 | 4,2 | 5,8 | 7,3 | 9,4 | 494,7 |
| Szál, profil stb. | 1,5 | 1,7 | 10,6 | 14,1 | 18,1 | 1206,7 |
| Egyéb termék | 22,6 | 36,1 | 46,2 | 51,8 | 57,8 | 255,8 |
| Összesen | 113,5 | 168,1 | 220,0 | 249,5 | 274,9 | 242,2 |

Forrás: Vámstatisztika.

A műanyag termékek importjának értéke 1997 és 2003 között (MUSD)

| Gyártmány | 1997 | 1999 | 2001 | 2002 | 2003 | 03/97 (%) |
|------------------------|-------|-------|-------|---------|---------|-----------|
| Cső | 41,2 | 59,9 | 81,8 | 93,1 | 122,4 | 297,1 |
| Padlók és burkolóanyag | 5,6 | 6,0 | 6,2 | 7,9 | 9,4 | 167,9 |
| Fólia és lemez | 156,0 | 194,6 | 208,9 | 228,3 | 305,6 | 195,9 |
| Habszerkezetű termék | 11,4 | 20,7 | 25,4 | 29,3 | 39,8 | 349,1 |
| Csomagolóeszköz | 87,5 | 113,9 | 129,7 | 152,0 | 187,8 | 214,6 |
| Háztartási cikk | 17,5 | 24,2 | 24,7 | 29,9 | 38,7 | 221,1 |
| Építőipari termék | 9,5 | 18,1 | 22,0 | 27,2 | 40,6 | 427,4 |
| Profil, szál stb. | 13,0 | 19,6 | 26,4 | 36,9 | 52,5 | 403,8 |
| Egyéb termék | 182,3 | 290,2 | 403,3 | 420,0 | 539,8 | 296,1 |
| Összesen | 524,0 | 747,2 | 902,5 | 1 024,6 | 1 336,6 | 255,1 |

Forrás: Vámstatisztika.

sebb, mint mennyiségben, ez megegyezik az exportnál megfigyelttel. Az „egyéb termékek” értékbeli részaránya kirívóan magas (40%), tehát éppen a magas értékű termékek vámtarifaszám szerinti besorolása nem történik meg olyan pontossággal, mint amit a rendszer lehetővé tenne. Ez nehezíti az adatok elemzését és a felhasználásban jelentkező tendenciák felismerését.

Az importált műanyag termékek átlagára messze meghaladja az exportált termékekét, azonos termékcsoportok esetén is. Ez csak részben magyarázható azzal, hogy a speciális, nagyobb értékű termékek aránya magasabb az importban, mint az exportban. Az import átlagára 1997-ben 4617 USD/t, míg 2003-ban 4862 USD/t volt. Az adott időszakban bekövetkezett átlagár-emelkedés (85%) ugyan kisebb mértékű, mint az export termékeknél (16%), de az importált műanyag termékek átlagára 2003-ban is 65%-kal magasabb volt az exportált termékekénél.

A műanyag termékek értékben kifejezett export-import egyenlege tehát egyre inkább negatív: 1997-ben -201 millió USD, 2000-ben -452 millió USD, míg 2003-ban -640 millió USD. A műanyag termékek iránti hazai igények növekedéséből elsősorban a külföldi gyártók profitálnak.

Összefoglalás

A műanyagipar fejlődése folyamatosan és jelentősen meghaladja a nemzetgazdaság átlagos növekedését. A kelet- és közép-európai régióban a fejlett országokénál gyorsabb, tartósan évi 5% feletti növekedés várható. A műanyag alapanyagok piaca globális, a műanyag termékeké inkább regionális jellegű.

A hazai alapanyaggyártás a tömegpolimerekre koncentrált. Korszerű, kivitelorientált, regionális szinten jelentős gyártókapacitásokkal rendelkezik. A három fő hazai gyártó kialakította középtávú növekedési stratégiáját és képes is annak megvalósítására. Jelentős piaci növekedésre van lehetőségük Magyarországon és a környező országokban.

A magyarországi műanyag-feldolgozás viszonylag korszerű, és dinamikusan fejlődik. Jelentős hányada nemzetközi műanyag-feldolgozó vállalatok tulajdonában van. A hazánkban gyártott műanyag termékek több mint 60%-a kerül belföldön értékesítésre, ezzel a mennyiségi igények több mint 50%-át elégíti ki. A műanyag termékek behozatala folyamatosan nő, értéke közel kétszerese az exportált termékek értékének. Az igények növekedéséből tehát elsősorban a külföldi cégek profitálnak. Ez egyúttal arra is utal, hogy a hazai műanyag-feldolgozó ipar növekedési lehetőségei, piaci szempontból jók.

A hazai tulajdonú kis- és közepes vállalatok jelentős része multinacionális cégek beszállítója. Fejlődési lehetőségeik kihasználásához támogatást igényelnek. A támogatási lehetőségek az EU-ba történő belépésünkkel várhatóan nőnek.

Felhasznált irodalom

KSH: A Központi Statisztikai Hivatal éves kiadványai.

MMSz: *Műanyag feldolgozás Magyarországon 2003-ban.* (Tanulmány), Magyar Műanyagipari Szövetség, 2004.

MPI: *Modern Plastics International*, 2002 februári szám.

MÜKI Kft.: *Magyarország műanyagipara 2003-ban.* (Tanulmány), Műanyagipari Kutatóintézet Kft. 2004.

Pardos Marketing: *Plastics industry application and trends to 2010.* (Tanulmány), 2000.

PIE: *Plastics Information Europe.* Bad Homburg, Németország.

Vámstatisztika: *A műanyag alapanyagok és termékek évenkénti külkereskedelmi forgalma.* Kopint-Datorg Rt.

A magyar gyógyszeripar helyzetének áttekintése

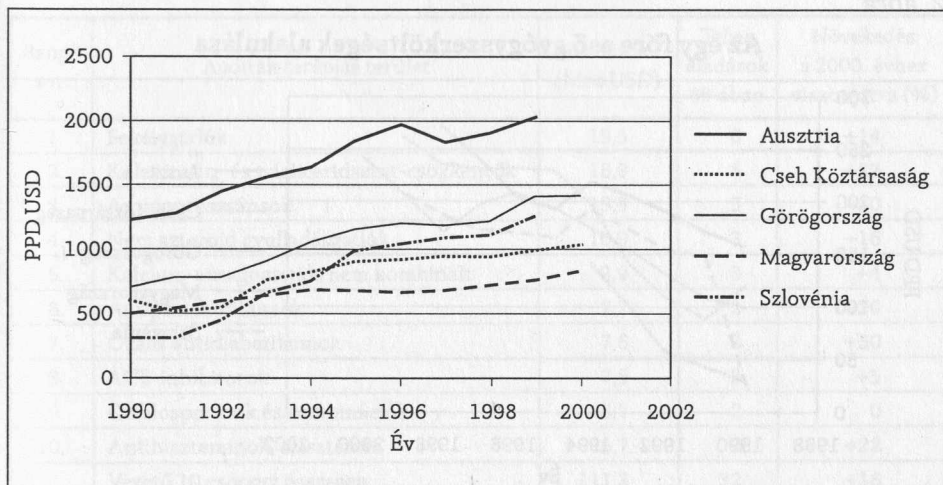
A nemzetközi gyógyszeripar fejlődésének mozgatórugói

Az emberek, ahogy a lehetőségeik megengedik, egyre többet költenek az egészségükre. A világ országainak túlnyomó többségében nőnek az egészségügyi ráfordítások. Az 1. ábra Magyarországon és néhány kiválasztott országban ezt a folyamatot mutatja be a WHO európai központjának HFA-DB adatai alapján, az egy főre eső, vásárlóerő-paritással korrigált dollárban.¹ Az országok kiválasztásánál szempont volt, hogy a kisebb, hazánk környezetében fekvő országokat vizsgáljunk. Az 1. ábrán látható, hogy mindenütt nőtt az egy főre eső tényleges egészségügyi ráfordítás, noha meg kell jegyezni, hogy ennek a növekedésnek az üteme Magyarországon minden kiválasztott országtól jelentősen elmaradt.

Az említett országokban a gyógyszerköltségek (a köz- és magánfinanszírozás együtt) százalékos arányát az összes egészségügyi költségen belül az

1. ábra

Az egy főre eső egészségügyi költségek alakulása



1. táblázat

A gyógyszerköltések aránya az egészségügyi költségekben (%)

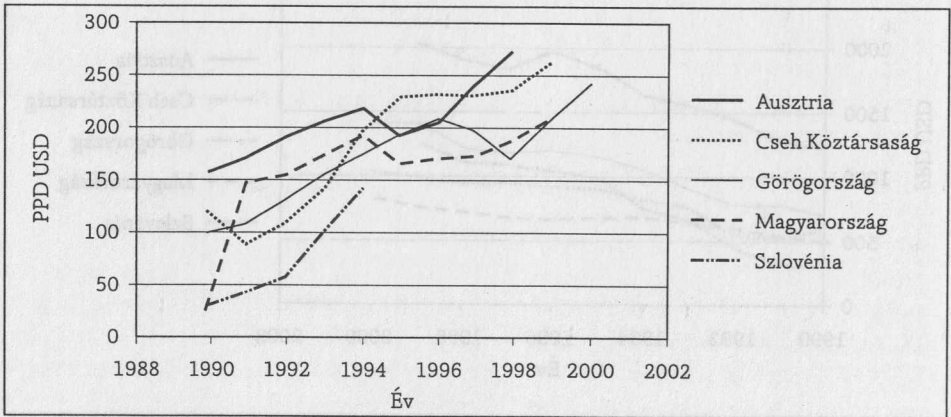
| Év | Ausztria | Cseh Köztársaság | Görögország | Magyarország | Szlovénia |
|------|----------|------------------|-------------|--------------|-----------|
| 1990 | 13,2 | 21,0 | 14,5 | 5,0 | 10,4 |
| 1991 | 13,6 | 18,4 | 14,4 | 27,3 | 13,8 |
| 1992 | 13,5 | 21,1 | 17,4 | 26,3 | 12,9 |
| 1993 | 13,6 | 19,4 | 17,8 | 28,2 | 15,3 |
| 1994 | 13,7 | 24,7 | 16,8 | 28,2 | 19,5 |
| 1995 | 10,4 | 25,6 | 17,3 | 25,0 | 18,9 |
| 1996 | 10,6 | 25,5 | 17,9 | 26,3 | 17,4 |
| 1997 | 12,9 | 25,3 | 17,2 | 26,4 | 17,9 |
| 1998 | 14,1 | 25,5 | 14,7 | 26,5 | 18,9 |
| 1999 | | 27,0 | 13,5 | 25,5 | 19,0 |
| 2000 | | 23,9 | 13,2 | 24,3 | 19,6 |

1. táblázat mutatja. A világ fejlett országaiban ez az érték mindenhol 20% alatt van, a viszonylag magas cseh és magyar értékek magyarázata az, hogy az alacsony egészségügyi munkabérek miatt a nem gyógyszeres szolgáltatások viszonylag olcsóbbak. A 2002. év őszén végrehajtott egészségügyi béremelés hatására 2003-tól Magyarországon is csökken az egészségügyi ráfordításokban a gyógyszerköltések aránya.

A 2. ábrán látható, hogy a kiválasztott országokban a vásárlóőre korrigált, USD-ben kifejezett, egy főre eső gyógyszerköltésben kisebb a különbség, mint a teljes egészségügyi ráfordításban.

2. ábra

Az egy főre eső gyógyszerköltések alakulása



A gyógyszerárak általános és állandó emelkedése több okra vezethető vissza. A globalizáció folyamatában gyorsan terjednek a szigorú minőségbiztosítási módszerek, nőnek az új termékek bevezetésének hatósági követelményei, és egyre több ország tartja tiszteletben a szellemi termékek védelmére vonatkozó nemzetközi egyezményeket, ami az olcsó hatóanyagforrások beszűkülését jelenti.

A nemzetközi gyógyszereladások 2001-ben átlagosan 12%-kal haladták meg a 2000. évi értékeket (2. táblázat). A legnagyobb forgalmú terápiás területek adatait pedig a 3. táblázatban mutatjuk be.

2. táblázat

A 2001. évi világgpiaci gyógyszerforgalom

| Auditált világgpiaci terület | Eladások (Mrd USD) | A globális eladás %-a | Növekedés a 2000. évhez viszonyítva (%) |
|------------------------------|--------------------|-----------------------|---|
| Észak-Amerika | 181,8 | 50 | +17 |
| Európa | 88,0 | 24 | +10 |
| Japán | 47,6 | 13 | +4 |
| Ázsia, Afrika és Ausztrália | 27,9 | 8 | +9 |
| Latin-Amerika | 18,9 | 5 | +0,1 |
| Összesen | 364,2 | 100 | +12 |

Forrás: IMS, 2002.

3. táblázat

A legnagyobb forgalmú terápiás területek a 2001. évi globális gyógyszerforgalomban

| Rangsor | Auditált terápiás terület | Eladások (Mrd USD) | Teljes eladások %-ában | Növekedés a 2000. évhez viszonyítva (%) |
|---------|---|--------------------|------------------------|---|
| 1. | Fekélygátlók | 19,5 | 6 | +14 |
| 2. | Koleszterin- és trigliceridszint-csökkentők | 18,9 | 5 | +22 |
| 3. | Antidepresszánsok | 15,9 | 5 | +20 |
| 4. | Nem szteroid gyulladásgátlók | 10,9 | 3 | +16 |
| 5. | Kalcium-antagonisták, nem kombinált | 9,9 | 3 | +4 |
| 6. | Antipszichotikumok | 7,7 | 2 | +30 |
| 7. | Orális antidiabetikumok | 7,6 | 2 | +30 |
| 8. | ACE-inhibitorok | 7,5 | 2 | +5 |
| 9. | Cefalosporinok és kombinációk | 6,7 | 2 | 0 |
| 10. | Antihisztaminok, szisztémás | 6,7 | 2 | +22 |
| | Vezető 10 csoport összesen | 111,3 | 32 | +16 |

A nemzetközi gyógyszeripar bemutatása

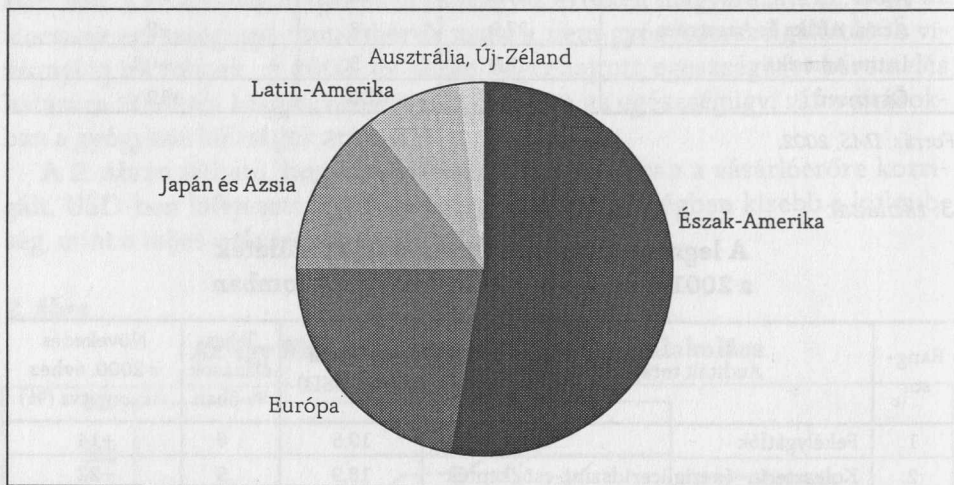
Eredeti és generikus termékgyártók

A gyógyszeripar vezető multinacionális vállalatainak fő termékei vagy saját fejlesztésű originális termékek, vagy a fejlesztés valamely stádiumában átvett licenctermekek. Ezeknél a szabadalmi védelem biztosítja a piaci verseny kizárását és jelentős extraprofit realizálását. A multinacionális vállalatok nagy gondot fordítanak a lejárt szabadalmú készítményeik piacon tartására is, hiszen a márkanév ismerete és a megfelelő árszint megválasztása a szabadalom lejáratát után is még jelentős előnyt biztosít a generikus gyártókkal szemben.

A generikus termékeket gyártók a lejárt szabadalmú készítmények előállítására rendezkednek be, vállalva a piaci versenyt és ennek következtében a készítmény árának lecsökkenését az eredeti ár általában 20-40%-ára. Itt is vannak fontos szempontok, így a termékek kiválasztása és a megjelenés időzítése.

3. ábra

A gyógyszerpiac regionális megoszlása



Forrás: Pharmaexec, 2002.

A 3. ábra a patikák nagykereskedelmi vásárlásai alapján mutatja be a világpiacot 2001-ben. Látható, hogy az összes gyógyszereladás fele az USA-ban történik. Ez nagyon szigorú piac, de árszínvonala is magasabb a többi területnél. Minden gyártó erre a piacra szeretne belépni.

Szinte a világ minden országára jellemző, hogy az egészségügyi termékek (gyógyszerek, orvosi eszközök, állatgyógyászati készítmények stb.) biztonságával kapcsolatos általános aggodalom által vezérelve, az állami hatóságok mindent megtesznek a káros termékek piacra kerülésének megakadályozására. A hatósági beavatkozás fő területei: a termék bevezetésének engedélyezése (törzskönyvezés, „marketing authorisation”), valamint az előállítási körülmények rendszeres figyelemmel kísérése.

Az Európai Unióban a gyógyszerek törzskönyvezése két különböző eljárással történhet. Ezek a párhuzamos („centralised”), illetve a kölcsönös elismerési („mutual recognition”) eljárások.

Az EMEA (European Agency for the Evaluation of Medicinal Products) 1995. január óta az EU törzskönyvező hatósága a központosított (az EU minden tagországába egyszerre törzskönyvező) eljárásban. Ezt az eljárást jelenleg a biotechnológiai és más innovatív, új gyógyszerek esetében lehet választani. Két bizottsága, a CPMP (Committee for Proprietary Medicinal Products) és a CVMP (Committee for Veterinary Medicinal Products), valamint technikai koordináló egysége van. Eddig mintegy 200 humán gyógyszert engedélyeztek. Ezek leírásai, úgynevezett EPAR (European Public Assessment Report) formában, a világhálón is megtalálhatók. Az EPAR-ok modul-szerkezetűek. Adott anyag esetében jelenleg nyolcféle dokumentáció, kivonat, kiegészítési formák, betegtájékoztató, a termékjellemzők összefoglalása (Summary of Product Characteristics, SmPC), címkézés, tudományos leírás, az értékelés menete, a törzskönyvezés után tett intézkedések, és 11 nyelv mátrixában lehet a bennünket érdeklő anyagot kiválasztani és letölteni.²

Az EU-ban a kölcsönös elismeréssel (mutual recognition) regisztrált gyógyszerek regisztrációs folyamatában az egy tagországban (Reference Member State, RMS) törzskönyvezett készítményt 90 napon belül lehet másik tagállamban (Concerned Member State, CMS) elfogadtatni. Ha a CMS-hatóság elfogadja az RMS-hatóság értékelését, 120 napon belül kiadja a törzskönyvi engedélyt. Ha nem, az ügy – döntésre – az EMEA CPMP bizottságához kerül.

A Food and Drug Administration (FDA) az USA szövetségi törzskönyvezési hatósága, ami az élelmiszerek, gyógyszerek, biológiai termékek, takarmányok és állatgyógyászati készítmények, orvosi és diagnosztikai eszközök, valamint a sugárzást kibocsátó készülékek engedélyezéséért felelős. Nagy tekintélyű testület, a gyógyszerforgalom hatósági szabályozásának számos eleme az FDA munkája nyomán került a nemzetközi gyakorlatba.

A nemzetközi gyógyszeriparban az alábbi tendenciák érvényesülnek, már középtávon is:

- Globálisan az iparág eladásai évenként mintegy 5-15%-kal növekednek.

- Folytatódik az iparág koncentrációja, pl. a Pfizer és Pharmacia-Upjohn egyesülésével először jön létre a világpiac több mint 10%-át magáénak tudó vállalat.
- A K+F költségek relatív és abszolút értékben is növekednek.
- Nő a generikumok aránya, és tovább növekednek az eredeti és a generikus gyógyszerek árai közötti különbségek.

A magyarországi gyógyszeripar bemutatása

Az iparág átalakulása a kilencvenes években

Az iparágat a kilencvenes évek első felében négy rendkívül drasztikus változás érte: 1. az export konvertibilis valutára való váltása, 2. a teljes import liberalizációja, 3. az állami vállalatok magánkézbe adása (privatizáció), és 4. a termék-szabadság bevezetése.

Magyarország 1991-től tért át a konvertibilis valutában történő exportra, ami magával hozta a korábban jól kialakult KGST-piac összeomlását. A 4. táblázat jól mutatja az iparág 1991 és 1992 évi megtorpanását. Azóta is folyik az elvesztett piaci pozíciók visszaszerzése.

Hangsúlyozni kell, hogy a FÁK országai és a környező közép- és kelet-európai országok a magyar gyógyszeripar rendkívül fontos piacai. Ezt a tényt támasztja alá, hogy a legnagyobb magyarországi gyártó, a Richter Gedeon Rt. termékeinek ma is Oroszország az első számú felvevőpiaca (5. táblázat). Ter-

4. táblázat

A magyarországi gyógyszeripar értékesítésének megoszlása

| Év | Nettó árbevétel (Mrd Ft) | Belföldi értékesítés (Mrd Ft) | Export (Mrd Ft) |
|------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------|
| 1990 | 56,7 | 24,2 | 32,5 |
| 1991 | 61,6 | 32,3 | 29,3 |
| 1992 | 56,4 | 26,2 | 30,2 |
| 1993 | 71,2 | 35,6 | 35,6 |
| 1994 | 87,2 | 45,7 | 41,5 |
| 1995 | 103,3 | 53,4 | 49,9 |
| 1996 | 130,6 | 68,5 | 62,1 |
| 1997 | 178,0 | 81,7 | 96,3 |
| 1998 | 195,9 | 80,7 | 115,2 |
| 1999 | 200,3 | 84,8 | 115,5 |
| 2000 | 236,7 | 84,7 | 152,0 |

Forrás: MAGYOSZ.

5. táblázat

A Richter Gedeon Rt. tíz legnagyobb exportpiaca 2001-ben

| Sorrend | Ország | Eladás (millió USD) |
|---------|------------------|---------------------|
| 1. | Oroszország | 62,7 |
| 2. | USA | 30,1 |
| 3. | Lengyelország | 18,3 |
| 4. | Ukrajna | 11,5 |
| 5. | Németország | 8,3 |
| 6. | Balti államok | 7,1 |
| 7. | Cseh Köztársaság | 6,9 |
| 8. | Románia | 6,0 |
| 9. | Japán | 5,7 |
| 10. | Szlovákia | 4,9 |

Forrás: Richter, Éves jelentés 2001.

mészetesen ma már ezeken a piacokon is más módszerekkel kell eladni, igen fontos a közös és a leányvállalatok munkája.

Importliberalizáció

A kilencvenes évek elején a magyarországi gyógyszerpiac teljesen liberalizálódott. A külföldi gyártók és forgalmazók egymás után létesítettek képviseleteket, és megkezdődött a külföldi készítmények magyarországi törzskönyvezése. Ennek nyomán a hazai bejegyzett gyógyszerek száma a kilencvenes években több mint ötszörösére nőtt.

A gyógyszer szabadáras termék lett. A külföldi gyártók megkísérelték a nyugat-európai, a hazai árszintet jelentősen meghaladó árak érvényesítését. A törzskönyvezési kérelmek áradatával szemben az OGYI nem tehetett semmit, hiszen a jogállamiság szabályai szerint, ha egy termék megfelel a törzskönyvezési követelményeknek, akkor azt engedélyezni kell. A folyamattal szembeni egyetlen hazai „fegyver” – a támogatási körbe való befogadás vagy elutasítás – az Országos Egészségbiztosító Pénztár (OEP) kezében volt. Nem utolsósorban a kiépült orvoslátogató hálózatok tevékenységének eredményeként, elsősorban a hazai orvostársadalom, de a betegek részéről is hatalmas nyomás nehezedett és nehezedik ma is az OEP-re a korszerű, új és természetesen drága külföldi gyógyszereknek a támogatási rendszerbe való befogadására.

Ez a küzdelem ismerős a világ más fejlett és fejlődő országaiban is. A biztosítók fő fegyvere a generikus helyettesítés, a generikumok fokozott használata.

ta világszerte terjed. Ahhoz, hogy ez a „fegyver” igazán hatásos legyen, használni szokás az úgynevezett referenciakörök eszközét. Magyarországon például az azonos hatóanyagú és gyógyszerformájú készítmények kerülnek referenciakörbe, amiben a piacon meghatározott részesedést elérő legolcsóbb termék ára lesz a referenciaár, ennek támogatását a referenciakör többi tagja rögzített összegként kapja.³

Privatizáció

A 6. táblázat a legnagyobb magyar gyógyszergyárak privatizációjának helyzetét mutatja.⁴ Gyakorlatilag egyedül a Richter Gedeon Rt. tudta a függetlenségét megőrizni.

6. táblázat

A legnagyobb magyarországi gyógyszergyárak tulajdonosi szerkezete

| Vállalat | Fő tulajdonosok neve | Fő tulajdonosok (%) | Egyéb tulajdonosok (%) |
|-------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Biogal | ORVET GmbH/TEVA (Izrael) | 99,1 | 0,9 |
| Chinoin | Sanofi (Franciaország), becslés | 99,1 | 0,9 |
| Egis | Servier (Franciaország) | 51,0 | 49,0 |
| Humán | Novopharma (Kanada) | 65,69 | 2,02 |
| | TEVA Pharmaceuticals Europe (Izrael) | 32,29 | |
| ICN Hungary | ICN Pharmaceuticals (USA) | 90,97 | 9,03 |
| Richter | Külföldi pénzügyi befektetők | 59,92 | 12,97 |
| | ÁPV Rt. | 27,11 | |

A hazai iparágat meghatározó vállalati szereplők

A 2001. évi árbevétel alapján⁵ legnagyobb hazai gyógyszergyártókat a 7. táblázat rögzíti.

Más képet kapunk, ha a hazai gyógyszerpiac legnagyobb forgalmú vállalatait vizsgáljuk. A hazai piacon – a 2001. évben elért árbevétel alapján – első tíz vállalatot a 8. táblázatban soroljuk fel. A 7. és 8. táblázat nem ugyanazt a vállalköröt fedti le. Az utóbbi táblázatban számos olyan vállalat is van, amely nem Magyarországon adózik.

Termelő és kiszerező vállalatok. A 7. és 8. táblázatban szereplő vállalatok, tevékenységük jellege alapján, több kategóriába sorolhatók. A magyarországi legnagyobb gyógyszergyárak jelentős gyártási tevékenységet folytatnak. Ide tartoznak a Richter, Egis, Chinoin, Biogal, Humán, ICN. Noha közülük több cég is rendelkezik nagy forgalmú eredeti termékekkel, de ezek szabadalmi vé-

7. táblázat

A húsz legnagyobb hazai gyógyszeripari vállalat a 2001-es árbevétel alapján

| Rangsor | A gazdálkodó neve | Nettó árbevétel (Mrd Ft) |
|---------|---|--------------------------|
| 1. | Richter Gedeon Vegyészeti Gyár Rt. | 88 932 |
| 2. | Chinoïn (a Sanofi-Synthelabo vállalatcsoport tagja)* | 53 806 |
| 3. | Egis Gyógyszergyár Rt. | 49 937 |
| 4. | Biogal Gyógyszergyár Rt. | 41 978 |
| 5. | Roche Gyógyszer- és Vegyipari Kereskedelmi Kft. | 14 743 |
| 6. | Sterling Health Gyógyszer- és Egészségvédelmi Termékek Kft. | 13 522 |
| 7. | Humán Oltóanyagtermelő és Gyógyszergyártó Rt. | 10 547 |
| 8. | Pharmavit Gyógyszer- és Élelmiszeripari Kft. | 8 157 |
| 9. | ICN Magyarország Rt. | 8 106 |
| 10. | Ceva-Phylaxia Oltóanyagtermelő Rt. | 5 377 |
| 11. | Béres Gyógyszergyár Rt. | 3 552 |
| 12. | Humanpharma Gyógyszergyártó Kft. | 2 752 |
| 13. | Diagon Diagnosztika Kft. | 2 162 |
| 14. | Bogdány Petrol Termelő, Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. | 2 158 |
| 15. | Finomvegyeszer Szövetkezet | 1 480 |
| 16. | Alpharma Gyógyszervegyészeti Kft. | 1 327 |
| 17. | Omninvest Oltóanyagtermelő és Kutatásfejlesztő Kft. | 1 118 |
| 18. | Naturland Magyarország Termelő és Kereskedelmi Kft. | 1 075 |
| 19. | Fresenius Kabi Hungary Vegy-Gyógyszeripari és Kereskedelmi Kft. | 1 055 |
| 20. | Phylaxia Pharma Gyógyszer, Oltóanyag és Agrobiológiai Készítményeket Gyártó és Forgalmazó Rt. | 833 |

8. táblázat

A tíz legnagyobb árbevételű vállalat a hazai gyógyszerpiacon 2001-ben

| Vállalat | Hazai árbevétel termelői áron (Mrd Ft) |
|---------------------|--|
| Richter Gedeon | 22 928 |
| EGIS | 17 922 |
| Sanofi-Synthelabo | 14 909 |
| Novartis Pharma | 13 356 |
| AstraZeneca | 12 127 |
| Merck Sharp & Dohme | 11 585 |
| Biogal | 11 329 |
| Hoffmann la Roche | 11 014 |
| Pfizer | 9 603 |
| Lilly | 8 637 |

dettsége már lejárt, és ezeket a készítményeket sok esetben számos külföldi gyártó – törvényesen vagy törvénytelenül – gyártja. A vállalatok szakmai érdekképviselői egyesülete a Magyarországi Gyógyszergyártók Országos Szövetsége (MAGYOSZ).

Multinacionális forgalmazó vállalatok. Sok multinacionális vállalat tart fenn magyarországi leányvállalatot. Ezek vagy magyar vállalatnak minősülnek, vagy eredményeik a külföldi anyavállalat mérlegébe kerülnek be. Ezért az utóbbiak nem a 7. táblázatban, hanem a 8. táblázatban szerepelnek. Ezek a vállalkozások az anyavállalatok termékeit forgalmazzák, legfeljebb a kiszerelési tevékenység történik Magyarországon. Az e kategóriába tartozó vállalatok alakították meg az Innovatív Gyógyszergyártók Egyesületét, ma már több mint harminc tagvállalattal.

A hazai gyógyszergyártók részesedése a magyarországi gyógyszereladásokból

A hazai gyógyszerek osztályozása rendelkezés szerint. A meglehetősen bonyolult rendszer 2000. évi adatait a lakossági (nem kórházi) forgalom alapján a 9. táblázat részletezi. A táblázat értelmezéséhez tudni kell, hogy a krónikus betegségek gyógyszereit a tb 100, illetve 90%-ban támogatja. A 100%-ban támogatott kategóriába tartoznak a közgyógyellátás listáján szereplő gyógyszerek is, a rázorultság igazolása alapján. Minden biztosítottra vonatkozóan a különböző megbetegedések gyógyszerei 50, illetve 70% támogatást kaphatnak. Különleges esetektől eltekintve, a tb nem támogatja az úgynevezett OTC (Over The Counter), vagyis vény nélkül kapható gyógyszereket. Az ilyen készítmények száma az utóbbi időben jelentősen megnőtt, így a mindennapi gyógyszerek egy része kikerült a támogatási rendszerből.

Rögzített összegű tb-támogatás jár abban az esetben, ha egy gyógyszert több gyártó forgalmaz. A 9. táblázatban látható, hogy a lakosság 2000-ben a teljes 249 milliárd forintos lakossági gyógyszerköltség 35,5%-át fedezte. A táblázat természetesen nem tartalmazza az úgynevezett gyógytermékek adatait (ezek ugyanis nem gyógyszerek), forgalmuk kizárólag a lakosságot terheli. Megjegyezzük, hogy a gyógyszer számla köz- és magánfinanszírozási aránya – a nemzetközi irányzatoknak megfelelően – a lakosság szempontjából Magyarországon is romlik (10. táblázat). A lakossági gyógyszerköltségek arányának nemzetközi összehasonlítását a 11. táblázat mutatja. A 2001. évre vonatkozó hazai adatokat, termelői áron, a 12. táblázatban közöljük.

A hazai gyógyszerforgalom megoszlása a forgalmazás típusa szerint. A magyarországi gyógyszerforgalmazás a patikákon, illetve a fekvőbeteg-gyógyintézeteken keresztül történik. Ezek arányára ad felvilágosítást a 13. táblázat a

9. táblázat

Lakossági gyógyszerforgalom 2000-ben a társadalombiztosítási támogatás szerint

| Támogatási szint | Fogyasztói áron | | Lakossági térítés | | Támogatás | |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|
| | érték (MFt) | megoszlás (%) | érték (MFt) | megoszlás (%) | érték (MFt) | megoszlás (%) |
| 100% | 53 214 | 24,2 | 12 | 0 | 53 209 | 32,9 |
| 90% | 48 139 | 21,9 | 6 657 | 6,7 | 41 500 | 25,7 |
| 70% | 40 572 | 18,5 | 13 024 | 13,1 | 27 548 | 17,0 |
| 50% | 22 469 | 10,2 | 11 726 | 11,8 | 10 745 | 6,6 |
| Fix összeg | 31 758 | 14,5 | 11 036 | 11,1 | 20 722 | 13,8 |
| Külön engedéllyel | 945 | 0,4 | 51 | 0,1 | 917 | 0,6 |
| Speciális | 7 036 | 3,2 | | | 7 036 | 4,4 |
| Összes támogatott | 204 133 | 92,9 | 42 505 | 53,8 | 161 677 | 100 |
| 0% és vény nélküli | 15 528 | 7,1 | 16 486 | 16,6 | | 0 |
| Nem támogatott | 29 426 | 11,8 | 29 426 | 29,6 | | 0 |
| Mindösszesen | 249 087 | 100,0 | 88 417 | 100 | 161 677 | 100 |

Forrás: Gyógyszerészet, 2002.

10. táblázat

A lakossági térítés aránya Magyarországon 1998–2000-ben

| Év | Teljes forgalom (Mrd Ft) | Lakossági térítés (Mrd Ft) | Lakossági térítés a teljes forgalom %-ában |
|------|-----------------------------|-------------------------------|---|
| 1998 | 191 144 | 54 442 | 28,5 |
| 1999 | 228 943 | 77 104 | 33,7 |
| 2000 | 249 087 | 88 417 | 35,5 |

11. táblázat

A lakossági térítés aránya néhány kiválasztott országban

| Ország | 1998 | 1999 |
|------------------|------|-------|
| Ausztria | 25,6 | n. a. |
| Cseh Köztársaság | 18,2 | 23,2 |
| Görögország | 25,6 | 29,6 |
| Magyarország* | 28,5 | 33,7 |
| Szlovénia | 36,0 | 37,7 |

* Nem HFA-DB, hanem a Gyógyszerészet (2002) forrásból származó érték.

12. táblázat

**A 2001. évi magyar gyógyszerforgalom termelői áron,
rendelhetőség szerint**

| Rendelhetőség szerint | Termelői érték (MFt) |
|-------------------------------------|----------------------|
| Vény nélkül | 32 965 |
| Csak vényre | 153 983 |
| Csak vényre, szakorvosi engedéllyel | 43 680 |
| Szakambulancia | 9 979 |
| Fekvőbeteg-gyógyintézet | 14 999 |
| Vényen nem rendelhető | 1 749 |
| Összesen | 257 356 |

Forrás: MIS Consulting Rt.

13. táblázat

A 2001. évi magyar gyógyszerforgalom, a forgalmazás típusa szerint

| | Forgalom termelői áron (MFt) | | |
|---------------|------------------------------|--------|----------|
| | patika | kórház | összesen |
| 2000 | 184 849 | 29 514 | 214 362 |
| 2001 | 218 738 | 38 618 | 257 356 |
| Növekedés (%) | 118,3 | 130,9 | 120,0 |

Forrás: MIS Consulting Rt.

2000. és 2001. évre vonatkozó adatokkal. A nagy forgalombővülés megtévesztő, mivel azt jelentősen befolyásolják az Országos Egészségbiztosítási Pénztár és a gyártók közötti ártárgyalások.

A 2001. évi teljes forgalom, fogyasztói áron, 324,6 milliárd forint volt. A termelői és a fogyasztói ár különbségét a nagy- és kiskereskedelmi árrés teszi ki.

A hazai gyógyszerpiac készítményei. A hazai gyógyszerpiac 10 vezető készítményét 2001-ben a 14. táblázat mutatja.

Érdekes külön is megvizsgálni a vény nélküli (OTC) termékek 32 milliárd forintos piacán a vezető készítményeket (15. táblázat).

A hazai piac megoszlása magyarországi és külföldi gyártók között. Nyilvánvaló, hogy a kilencvenes évek elején bekövetkezett teljes liberalizáció magával hozta a külföldi termékek térhódítását. A gyógyszeriparban ez azért különösen jelentős, mivel az iparág 1990-ben még a magyar gyógyszerpiac háromnegyed részét tudhatta magáénak. Azóta ez az arány fokozatosan csökkent. A jelenle-

14. táblázat

A hazai gyógyszeripar 10 vezető készítménye

| Készítmény | Gyártó | Értékesítés termelői áron (Mrd Ft) | Felhasználás |
|--------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Norvasc | Pfizer | 3189 | vérnyomáscsökkentő |
| Augmentin | Biogal | 3057 | antibakteriális |
| Zocor | Merck Sharp & Dohme | 3033 | koleszterinszint-csökkentő |
| Renitec | Merck Sharp & Dohme | 2986 | vérnyomáscsökkentő |
| Ednyt | Richter | 2977 | vérnyomáscsökkentő |
| Insulin Novo | Novo Nordisk | 2964 | inzulin |
| Coverex | Egis | 2915 | vérnyomáscsökkentő |
| Zyprexa | Lilly | 2705 | antipszichotikum |
| Quamatel | Richter | 2467 | fájdalomcsillapító |
| Humulin | Lilly | 2357 | inzulin |

Forrás: MIS Consulting Rt.

15. táblázat

A hazai vezető vény nélküli (OTC) készítmények 2001-ben

| Készítmény | Gyártó | Értékesítés termelői áron (MFt) | Felhasználás |
|--|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Algopyrin tabl. 20× | Sanofi-Synthelabo | 1203 | fájdalomcsillapító |
| Algopyrin tabl. 10× | Sanofi-Synthelabo | 998 | fájdalomcsillapító |
| Béres Csepp cseppek 1×100 ml | Béres | 828 | roboráló |
| Quarelin tabl. 10× | Sanofi-Synthelabo | 683 | fájdalomcsillapító |
| Nizoral sampon 100 ml | Janssen-Cilag | 520 | korpásodás ellen |
| Neo Citran por felnőtteknek 6×24g | Novartis Consumer Health | 487 | meghűlés ellen |
| Béres Csepp cseppek 1×30 ml | Béres | 469 | roboráló |
| Bilagit drg 30× | Sanofi-Synthelabo | 468 | görcsoldó |
| No-Spa 40 mg tabl. 20× | Sanofi-Synthelabo | 416 | görcsoldó |
| Astrix 100 mg kapsz. 30× | Biogal | 416 | aszpirin |
| Mebucain forte tabl. 20× | Novartis Consumer Health | 394 | fertőtlenítő |
| Calcium 500 mg Pharmavit pezsgőtabl. 20× | Bristol-Myers Squibb | 377 | Ca-pótló |
| Supradin drg. 30× | Hoffmann la Roche | 373 | multivitamin |
| Diclofenac Pharmavit 1% gél 40 g | Bristol-Myers Squibb | 323 | gyulladásgátló, fájdalomcsillapító |

Forrás: MIS Consulting Rt.

16. táblázat

A magyar gyógyszerpiac hazai gyártású részarányának alakulása, %

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hazai | 73,7 | 70,7 | 62,0 | 53,0 | 46,6 | 44,8 | 43,8 | 42,7 | 39,0 | 35,2 | 33,3 |

Forrás: MAGYOSZ.

17. táblázat

Magyarországi gyógyszergyártás termelői áron, 2001-ben, értékesítési reláció szerint

| | Nettó árbevétel (Mrd Ft) |
|----------|--------------------------|
| Belföld | 78,3 |
| Export | 175,2 |
| Összesen | 253,5 |

Forrás: MAGYOSZ.

gi, egyharmados piaci arány stabilizálódni látszik. A viszonyokat a 16. táblázat mutatja. A bemutatott adatok a termelési értékre vonatkoznak.

A magyarországi gyógyszeripar exportja. Napjainkban, az iparág bonyolult szerkezete és megosztottsága miatt, eléggé nehéz koherens adatokhoz jutni. A 17. táblázat a Magyarországi Gyógyszergyártók Országos Szövetsége (MAGYOSZ) által, a tagvállalatok adatai alapján összesített értékeket rögzíti.

A hazai szabályozás

A hazai szabályozás alapja az 1998. évi XXV. törvény a gyógyszerekről. A törvényt legutóbb 1999-ben egészítették ki.⁶ Az operatív állami szabályozásban a legnagyobb szerepet az Országos Gyógyszerészeti Intézet (OGYI) és az Országos Egészségügyi Pénztár (OEP) játssza az Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium felügyelete alatt.

Országos Gyógyszerészeti Intézet (OGYI)

Az intézet felelős a gyógyszergyártási jogok, a törzskönyvi engedélyek és a GP-kultúra (GMP, GLP és GCP) minősítések kiadásáért és ellenőrzéséért.

Jelenleg nemzeti szabályozás érvényesül, de a kilencvenes években már elkezdődött az Európai Unió központi gyógyszer hatóságával az EMEA-val

(European Agency for the Evaluation of Medicinal Products) való összehangolódás. Az összehangolás legfontosabb eszköze az 1999 júliusában elkezdődött PERF- (Pan European Regulatory Forum) program.⁷ A PERF célja, hogy segítse a csatlakozó országokat az Európai Unió jelenlegi gyakorlatának átvételében. Kritikus területek a gyógyszer mellékhatások figyelési rendszere és a regisztrációs dokumentáció rendszeres kiegészítése (a törzskönyvi engedélyek időszakos megújításával kapcsolatosan). 1999. január óta az úgynevezett CADREAC (Collaboration Agreement between Drug Regulatory Authorities in European Union Associated Countries) egyezmény keretében az önkéntes alapon résztvevő országok rövidített eljárásában, az EMEA értékelésének használatával adhatnak ki nemzeti engedélyeket. Az OGYI is részt vesz a PERF- és a CADREAC-programban. Tekintettel arra, hogy a magyar szabályozás elég fejlett, nem tűnik problematikusnak az európai uniós szabályozási rendszerek formális átvétele sem.⁸

Országos Egészségügyi Pénztár (OEP)

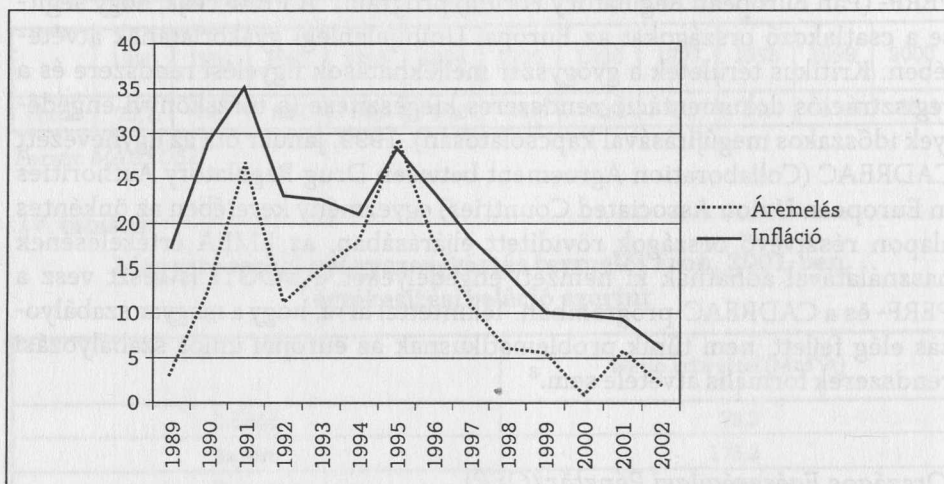
Minden országban folyik az a küzdelem, amit egyfelől a gyógyszertermelők és forgalmazók, másfelől az ellátást finanszírozók vívnak egymással. Ebben a harcban Magyarországon az ellentétes érdekeket a gyógyszergyártó társaságok, a nagykereskedők és a gyógyszerészek kamarája képviselik az Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztériumot képviselő Országos Egészségbiztosító Pénztárral szemben. Utóbbi joga annak meghatározása, hogy mely gyógyszerek kerülnek a térítési körbe és milyen szintű térítéssel. Nem szükséges hangsúlyozni, hogy a gyógyszerár széles rétegeket érintő, fontos egészségügyi, gazdasági és politikai kérdés.

A vita központi kérdése az volt, hogy az érdekelt felek 2001 márciusában hároméves megállapodást írtak alá, amely szerint a gyógyszerek áremelése minden évben az előző évi infláció maximálisan 70%-ával történhet. A 2002-es kormányváltás után az új egészségügyi kormányzat a megállapodást felmondta, és az azóta folyó tárgyalásokon csak ideiglenes megegyezés született. Ez a gyártókat és forgalmazókat azért is érinti érzékenyen, mivel megegyezés hiányában az OEP általában nem, vagy lassan fogad be új termékeket a támogatási körbe. Érdemes megvizsgálni a gyógyszer gyártók érvelésének néhány legfontosabb elemét.⁹

A 4. ábra a magyarországi hivatalos inflációt hasonlítja össze a gyógyszerek árának emelkedésével, míg az 5. ábra a termelői árindex változását mutatja, különböző valutákban. A kormányzat szerint viszont a gyártók nem számolnak a forint felértékelődésével. A hazai forgalom közel 70%-a import, ahol nagyobb hatása van a forint árfolyamváltozásának, mint az inflációnak. Másik érv, hogy a bázisárak automatikus emelése nem számol a külső piaci hatások-

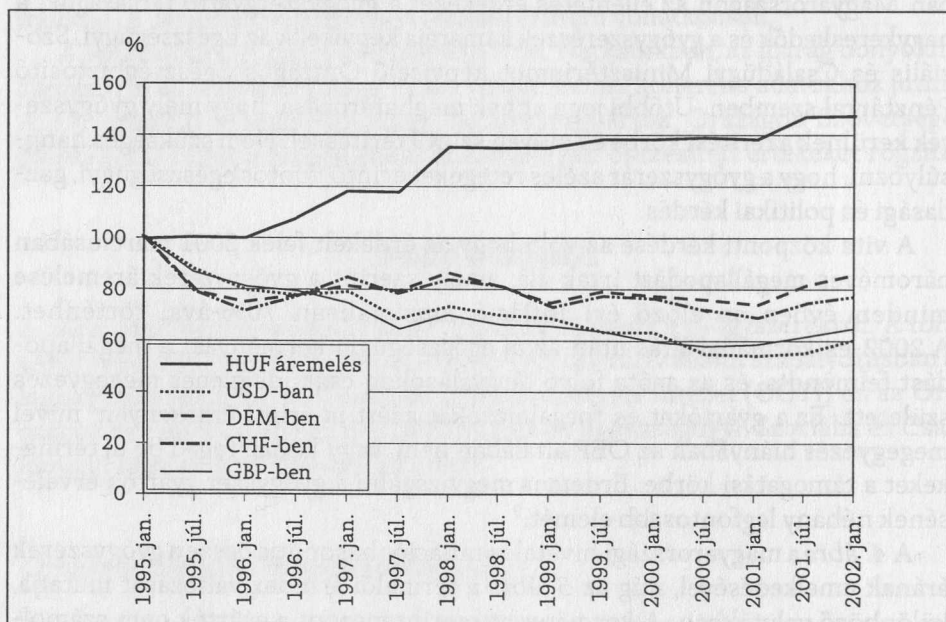
4. ábra

A gyógyszeráremelés és az infláció alakulása



5. ábra

A termelői árindex változása 1995–2002 között



kal, pl. egy szabadalom lejártá nagymértékben csökkenti az illető termék világpiaci árát. A befogadásra váró készítmények nagyobbik fele eredeti készít-

mény, ami újabb terhet jelent a társadalombiztosítás kasszájának. Mindenki-
nek érdeke lenne, hogy szülessen valamiféle megegyezés.

Az EU-csatlakozás legfontosabb, specifikus iparági hatásai

Az Európai Unió 10 országgal való kibővítése hosszú távon, mind a korábbi tagországok, mind a csatlakozott országok számára előnyös, elsősorban a bővülő piaci lehetőségek miatt. Rövid távon azonban mind a két oldalon fenntartások vannak. A korábbi tagországok aggodalmi a csatlakozott országokkal szemben elsősorban a szellemi tulajdonjogok védelmével és a regulációs problémákkal kapcsolatosak, míg a csatlakozott országoknak a szigorú EU-szabályozás kötelező átvétele és a gyógyszerárak óhatatlan emelkedése jelent problémát. Az alábbiakban, Kanavos idevonatkozó tanulmánya¹⁰ alapján, a 18. táblázatban bemutatjuk a tényleges és potenciális csatlakozó államok helyzetét az egyes kérdéskörökben.

A szabadalmi rendszer

Valamennyi csatlakozó ország bevezette az anyagszabadalmi rendszert. A bevezetés azonban minden országban a nemzeti ipar védelmének figyelembevételével, más-más feltételrendszerben történt. Ennek eredményeként jelenleg

18. táblázat

Az EU-követelmények helyzete a 2004-ben csatlakozott és a csatlakozni kívánó országokban

| | Szabályozási ügyek | | | | Szellemi tulajdonjogok | | |
|------------------|--------------------|-------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------|-------------------|
| | átlát- hatóság | késés | EU- meg- felelés | mellék- hatás- jelentés | EU szerz. szerint | SPC | Bolár provízió |
| Cseh Köztársaság | + | + | - | + | + | + | - |
| Észtország | + | - | + | + | n. a. | n. a. | n. a. |
| Magyarország | - | + | - | + | + | + | + |
| Lettország | + | + | - | + | + | n. a. | n. a. |
| Litvánia | + | - | + | + | - | - | n. a. |
| Lengyelország | - | + | - | - | - | - | + |
| Szlovákia | - | + | - | + | - | + | + |
| Szlovénia | + | - | - | + | - | + | + |
| Bulgária | + | - | + | + | - | - | - |
| Románia | - | + | - | + | - | - | - |

+ : megfelel az EU követelményeinek; - : nem felel meg az EU követelményeinek; n. a. : nincs adat

még számos eljárási szabadalom alapján bevezetett termék van a csatlakozott országok piacain.

Kiegészítő oltalmi tanúsítvány (Supplementary Protection Certificate, SPC)

Az EU-ban egy 1992-es direktíva vezette be a szabadalmi oltalom legfeljebb 5 évvel való meghosszabbításának lehetőségét. A hosszabbítás alapja, hogy a hosszú gyógyszer-kifejlesztési idő alatt a húsz év szabadalmi oltalom jelentős része erodálódik. Erre a direktívára Magyarország kért, de nem kapott derogációt, és ezt a belépés után azonnal alkalmazni kellett. Ez végeredményben késlelteti a generikus termékkel való piaci megjelenést. A tárgyalások eredménye, hogy az alkalmazás nálunk csak 2000. január 1-jétől retropektív.

A Bolar-provizíó

A Hoffmann la Roche–Bolar perben bíróság mondta ki, hogy a generikus terméket gyártó vállalatnak joga van, már az originátor szabadalmának lejárta előtt, a generikus termék kifejlesztésével foglalkozni. Ezt hívja a szakirodalom Bolar-provizíónak. Az EU-ban ennek tiltására nincs kifejezett közösségi szabály, de számos tagállam nemzeti szinten tiltja. Magyarországon a Bolar-provizíó engedélyezett. Egyelőre úgy tűnik az EU ezt elfogadja.

Törzskönyvi adatkizárolagosság (data exclusivity)

Az SPC-hez hasonló hatású, az originátor cégek érdekeit védő rendelkezés, ami azt jelenti, hogy a törzskönyvi hatóság az originátor cég dokumentációját 6, illetve 10 évig nem teheti közzé, így a generikus termékgyártók ezeket az adatokat ez alatt az idő alatt nem használhatják a rövidített törzskönyvezési eljárásban. Hazai bevezetése 2003. január 1-jei hatállyal megtörtént.¹¹ Fontos magyar tárgyalási eredmény, hogy csak a 2001. április 12. után benyújtott originalitásokra vonatkozhat.

Kötelező licenc

A Világkereskedelmi Szervezet (WTO) által kezdeményezett TRIPS-egyezmény szerint, abban az esetben, ha egy országban egészségügyi vész-helyzet alakul ki, a kormány generikus gyártónak adhat ilyen típusú engedélyt.

A TRIPS pontosan meghatározza az engedélyezés feltételeit. Tekintettel arra, hogy az EU aláírója a TRIPS-egyezménynek, ezekkel a nemzeti szabályozásoknak harmonizálnia kell.

Párhuzamos kereskedelem

Párhuzamos kereskedelemnek nevezik azt a folyamatot, amiben egy alacsonyabb árszínvonalú országból termékeket exportálnak egy magasabb árszínvonalú országba, az árkülönbség kihasználása céljából. Az EU-tagországok gyógyszeripari vállalatai sokat érveltek az ellen, hogy az „olcsóbb” csatlakozott országok kihasználják ezt a lehetőséget. Noha egy WHO-tanulmány bemutatta, hogy nincs jelentős különbség a tagországok és a csatlakozott országok gyógyszerárai között, mégis – a spanyol és a portugál belépés példáján tanulva – az EU 2000. március 3-án miniszteri tanácsi rendeletet adott ki. A rendelet előírja, hogy a csatlakozott országoknak olyan jogi szabályozást kell kidolgozniuk, amely megakadályozza, hogy a „lazább” jogi környezetben piacra hozott termékek párhuzamos exportra kerüljenek a korábbi tagországokba.

A gyógyszerek áfája

Az EU-ban a gyógyszerárak országonként különböző mértékű áfát tartalmaznak.

Következtetések, ajánlások

A hazai egészségügyi ráfordítások növelése

A kilencvenes évek végén a legjobb hazai szakértők bevonásával készült Technológiai Előrettekintési Program (TEP) közép- és hosszú távon mérte fel az ország lehetőségeit. Az Egészség és Élettudományok munkacsoport jelentése¹² megállapítja: „A lakosság egészségügyi helyzete rosszabb, mint ami az ország gazdasági helyzetéből következne. Ezt a tényt a 2000 nyarán közzétett „The World Health Report 2000” adatai is alátámasztják. A lélekszám folyamatosan csökken; a fogyásban szerepet játszik mind a csökkenő termékenység, mind a magas mortalitás. Míg a termékenység csökkenése a fejlett országokban is általános, a halálozás tekintetében (például a középkorú férfiak keringési megbetegedéseit, vagy a rosszindulatú daganatok előfordulását tekintve) kivételesen rossz a helyzetünk. A kilencvenes évek nemzetközi és hazai kutatásai szerint a kedvezőtlen szociális tényezők (társadalmi polarizáció, szegénység, munkanél-

küliség) negatív hatást gyakorolnak a lakosság egészségére. A jelenlegi rendkívül kedvezőtlen egészségi mutatókon lehet változtatni: több fejlett ország példája mutatja, hogy átfogó, megelőző jellegű programokkal például a korai kerregési halandóság két évtized alatt kevesebb mint felére csökkenthető.”

A munkacsoport javaslataiban első helyen szerepel: „Javasoljuk az egészségorientált, multiszektoriális egészségpolitika megvalósítását. Az egészségközpontú állami politika kidolgozása és megvalósítása elengedhetetlen a lakosság egészségi állapota javításához. Az EU részeként Magyarországon is olyan társadalom- és gazdaságpolitika érvényesüljön, ami az egészséget elsőrendű értéként kezeli, és a döntések népegészségügyi hatását rendszeresen elemzi. Alapvető cél az esélyegyenlőségre való törekvés, továbbá a belső kockázati és károsító tényezők elleni küzdelem. Meg kell kezdeni a GDP egészségügyi közkiadásokra fordított részének a fokozatos emelését, akár a tervezett adó- és járulékcsoökkentések elhalasztásával.”

A kilencvenes évek második felében Magyarországon az egészségügyből relatív forráskivonás történt. Ezt mutatja a 6. ábra, ahol jól látható a GDP és az egészségügyi közkiadás közötti „olló” szétnyílása.¹³

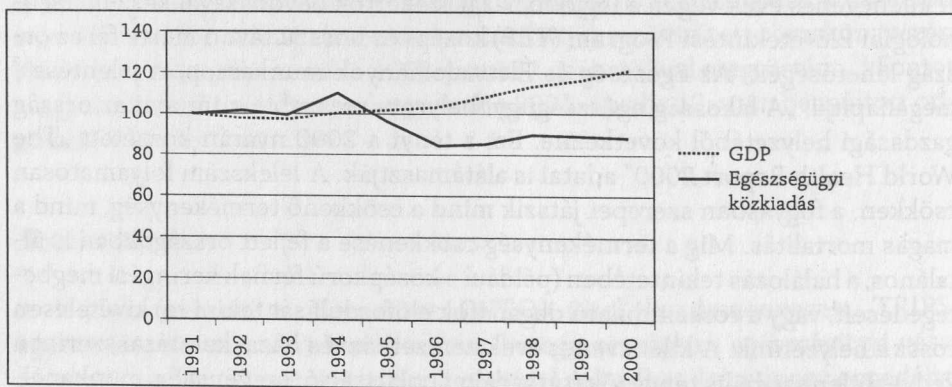
A 19. táblázat a GDP százalékában kifejezett egészségügyi ráfordításokat foglalja össze, Magyarország és néhány kiválasztott ország adatai alapján.

A népegészségügyi program kiterjesztése és a gyógyszeripar bekapcsolása a programba

A világ több mint 50 országában létezik olyan állami program, amelynek célja a népesség egészségi állapotának a javítása. Jelenleg Magyarországon az előző

6. ábra

A GDP és az egészségügyi közkiadások alakulása Magyarországon (1991=100%)



Egészségügyi ráfordítások a GDP %-ában

| Év | Ausztria | Cseh Köztársaság | Görögország | Magyarország | Szlovénia |
|------|----------|------------------|-------------|--------------|-----------|
| 1990 | 7,1 | 5 | 7,5 | 6,1 | 5,6 |
| 1991 | 7,1 | 5,2 | 7,8 | 7,2 | 5,2 |
| 1992 | 7,5 | 5,4 | 7,2 | 7,7 | 7,4 |
| 1993 | 7,9 | 7,2 | 8,1 | 7,7 | 7,7 |
| 1994 | 7,9 | 7,3 | 8,9 | 8,2 | 7,9 |
| 1995 | 8,5 | 7,3 | 8,9 | 7,5 | 7,8 |
| 1996 | 8,7 | 7,1 | 8,9 | 7,1 | 7,8 |
| 1997 | 7,9 | 7,1 | 8,7 | 6,8 | 7,7 |
| 1998 | 8 | 7,1 | 8,4 | 6,8 | 7,7 |
| 1999 | 8,2 | 7,1 | 9,3 | 6,8 | 7,7 |
| 2000 | | 7,3 | 8,7 | 6,8 | 7,9 |

kormány által 2001-ben elkezdett, és a mostani kormány által 2002 végén kiegészített az „Egészség Évtizedének Johan Béla Nemzeti Programja” van folyamatban. A program szakmailag helytálló, de sikere az anyagi lehetőségektől függ. Igazi eredmény csak egy olyan népmozgalommá váló programtól remélhető, amiben az egész társadalom részt vesz. Kézenfekvő gondolat a magyarországi gyógyszeripar bekapcsolása a programba, ami idáig – tudásunk szerint – nem történt meg.

A generikus gyógyszerek alkalmazásának kiterjesztése

Szerte a világon nő a generikus gyógyszerkészítmények használatának aránya. A cél az, hogy a társadalombiztosítás az innovatív új gyógyszereket csak akkor támogassa, de akkor minden körülmények között, ha használatuk indokolt. A jó gyógyszerfelírási gyakorlat elterjedésében döntő szerepe van a megfelelő guideline-oknak, amelyek kidolgozása és megfelelő szakmai fórumokon való elfogadása különösen fontos. Meglehetősen érthetetlen a magyarországi nagyon lassú haladás, hiszen ma az internet tárháza a klinikai guideline-oknak, és a nemzetközi guideline-ok jó kiindulópontot jelenthetnek a hazai rendszer kidolgozásában. Az Országos Egészségbiztosítási Pénztár további nemzetközileg ismert módszereket (pl. árvo-lumen-megegyezések, a referenciarendszer kiterjesztése stb.) is bevezethet a cél elérésére.

Az érdekeltek hosszabb távra szóló megegyezése a gyógyszer-támogatás rendjéről

Napjaink közgazdaságtanában a piacgazdaság és az államháztartás két külön, sokszor egymással érdekellentétben álló terület. Számtalan példa bizonyítja, hogy hosszabb távon a megegyezés az eredményesebb út, a társadalom számára ennek van a legnagyobb haszna.

Felhasznált irodalom

- Az Egészség Évtizedének Johan Béla Nemzeti Programja* (<http://www.eum.hu>).
EMEA (<http://www.emea.eu.int>)
EMEA-PERF (<http://perf.eudra.org/>).
EU-„gyógyszertörvény” (<http://www.europa.eu.int/eur-lex/index.html>) és
(<http://pharmacos.eudra.org/F2/home.html>).
Eü. Min. rendelet 12/2001. *Magyar Közlöny*, 2001. 43. szám.
Figyelő, Top 2000. Gyógyszeripar, 2001.
Health for All database. Copenhagen, Denmark, WHO Regional Office for Europe, 2002. június
(<http://www.who.dk>).
IMS, 2002 (http://www.ims-global.com//insight/news_story/0204/news_story_020430.htm).
Kanavos, P.: EU pharmaceutical policy. The challenges and opportunities of enlargement. *Euro-health* Vol. 8. No. 4. *Special Issue, Autumn*, 2002. 24. p.
Kovács G. – Szűts T.: *A gyógyszerár-támogatási rendszer új modellje*. Egészségügy és Piacgazdaság. Szerk: Víz E. Sz., Budapest, MTA, 1998. 49. o.
MAGYOSZ (<http://www.magyosz.org/>).
MAGYOSZ (nem publikált MAGYOSZ információ).
MAGYOSZ. Sajtótájékoztató (2002. július 22.)
MIS Consulting Rt. (nem publikált MAGYOSZ információ).
Országos Egészségbiztosítási Pénztár (a *Gyógyszerészet* 2002. januári számának melléklete).
Pharmaexec, 2002 (<http://www.pharmaexec.com>).
Richter, Éves jelentés 2001. (<http://www.richter.hu>, majd az Éves jelentés 19. oldala).
Technológiai Előrettekintési Program, Egészség és Élettudományok. Szerk. Kovács G., Budapest, OM Kutatási Fejlesztési helyettes Államtitkárság, 2000.
1998. évi XXV. törvény és az 1999. évi LIII. törvény 32–40 §.

Jegyzetek

- 1 *Health for All database*, 2002. június.
- 2 EMEA.
- 3 Kovács G. – Szűts T., 1998.
- 4 MAGYOSZ. A hét vezető gyógyszergyár tulajdonosi szerkezete.
- 5 *Figyelő, Top 200*: Gyógyszeripar, 2001
- 6 1998. évi XXV. törvény és 1999. évi LIII. törvény 32–40. §.
- 7 EMEA-PERF.
- 8 EU-„gyógyszertörvény”.

- 9 MAGYOSZ. Sajtótájékoztató.
- 10 Kanavos, P.: 2002.
- 11 Egészségügyi Minisztérium, 2001.
- 12 Technológiai Előrettekintési Program, 2000.
- 13 MAGYOSZ és Technológiai Előrettekintési Program, 2000.

II. rész

II. vegyipar és a környezet

10. KANON P. 2001

11. KANON P. 2001

12. KANON P. 2001

13. KANON P. 2001

14. KANON P. 2001

15. KANON P. 2001

16. KANON P. 2001

17. KANON P. 2001

REFERENCES

1. KANON P. 2001
2. KANON P. 2001
3. KANON P. 2001
4. KANON P. 2001
5. KANON P. 2001
6. KANON P. 2001
7. KANON P. 2001
8. KANON P. 2001
9. KANON P. 2001
10. KANON P. 2001
11. KANON P. 2001
12. KANON P. 2001
13. KANON P. 2001
14. KANON P. 2001
15. KANON P. 2001
16. KANON P. 2001
17. KANON P. 2001
18. KANON P. 2001
19. KANON P. 2001
20. KANON P. 2001
21. KANON P. 2001
22. KANON P. 2001
23. KANON P. 2001
24. KANON P. 2001
25. KANON P. 2001
26. KANON P. 2001
27. KANON P. 2001
28. KANON P. 2001
29. KANON P. 2001
30. KANON P. 2001
31. KANON P. 2001
32. KANON P. 2001
33. KANON P. 2001
34. KANON P. 2001
35. KANON P. 2001
36. KANON P. 2001
37. KANON P. 2001
38. KANON P. 2001
39. KANON P. 2001
40. KANON P. 2001
41. KANON P. 2001
42. KANON P. 2001
43. KANON P. 2001
44. KANON P. 2001
45. KANON P. 2001
46. KANON P. 2001
47. KANON P. 2001
48. KANON P. 2001
49. KANON P. 2001
50. KANON P. 2001
51. KANON P. 2001
52. KANON P. 2001
53. KANON P. 2001
54. KANON P. 2001
55. KANON P. 2001
56. KANON P. 2001
57. KANON P. 2001
58. KANON P. 2001
59. KANON P. 2001
60. KANON P. 2001
61. KANON P. 2001
62. KANON P. 2001
63. KANON P. 2001
64. KANON P. 2001
65. KANON P. 2001
66. KANON P. 2001
67. KANON P. 2001
68. KANON P. 2001
69. KANON P. 2001
70. KANON P. 2001
71. KANON P. 2001
72. KANON P. 2001
73. KANON P. 2001
74. KANON P. 2001
75. KANON P. 2001
76. KANON P. 2001
77. KANON P. 2001
78. KANON P. 2001
79. KANON P. 2001
80. KANON P. 2001
81. KANON P. 2001
82. KANON P. 2001
83. KANON P. 2001
84. KANON P. 2001
85. KANON P. 2001
86. KANON P. 2001
87. KANON P. 2001
88. KANON P. 2001
89. KANON P. 2001
90. KANON P. 2001
91. KANON P. 2001
92. KANON P. 2001
93. KANON P. 2001
94. KANON P. 2001
95. KANON P. 2001
96. KANON P. 2001
97. KANON P. 2001
98. KANON P. 2001
99. KANON P. 2001
100. KANON P. 2001

A vegyipar által okozott környezetterhelések és azok felszámolása

II. rész

A vegyipar és a környezet

A második világháború után a világban a vegyipar rohamos ütemben fejlődött, és új technológiai eljárások segítségével a háború előtt előtérbe került szerves és szervetlen vegyipari termékek új termékeknek a környezetre és élővilágra gyakorolt veszélyes hatásaitól védekezni csak az utókor máttán derült fény.

Nem volt számára kétséget keltő, hogy a vegyipari termelés és hulladékai milyen környezetterhelést okozhatnak. A veszélyes hulladékok kezelésére hosszú ideig nem is léteztek előírások. Ugyanakkor még az új megismerések után is a hulladékokat sokszor nem szabályozottan kezeltek. A vállalatok csak arra törekedtek, hogy a termelési hulladékokat a technológiai kezeléssel eltávolítsák, továbbá szorúkra, környezeti hatásaikra általában nem figyeltek. A hulladékok jelentős hányada került a környezetbe, és szennyezteszt.

A környezet romló állapota, a környezet- és életminőséggel szembeni igények, valamint a hulladékok eltávolítása és a környezet szennyezésére vonatkozó jogszabályok bevezetése egyaránt szükségessé tette a régióbi környezet-szennyezésnek felhívóvizsgálatát, majd azok felszámolását.

Az elmúlt évtizedben az ország teljes területén folytak vizsgálatok a különböző eredetű szennyezések felmérésére, a veszélyeztetett helyszínek és a veszélyteremtés mértékének számszerűsítésére. Ezek alapján az egyes esetekben meghatározhatók a kármentesítési beavatkozások szükségeségeit, és kidolgozhatók a kárelhárítás tervei. A szennyezett, illetve potenciálisan szennyezett területek nagyszámú miatt mind az hosszadalmas és költséges folyamat, amely napjainkban is zajlik.

Az 1991. évi Kormányi Környezetvédelmi Intézkedési Terv előírta, hogy a környezeti szempontból hátrányos szennyezett területeket kármentesíteni kell. Ezek közé tartoztak a volt szovjet katonai létesítmények. Itt a kármentesítést már nagybőrtérű a '90-es évek első felében elkezdtek. Az egyéb, erőteljes szennyezett területek kármentesítése azonban, például a károk hiányában, 1991-ig nem kezdődött el.

A vegyipar által okozott környezetterhelések és azok felszámolása

Előzmények

A második világháború után a magyar vegyipar robbanásszerűen fejlődött, és új technológiai eljárásokkal, nagy mennyiségben állított elő újszerű szerves és szervetlen vegyipari termékeket. E termékeknek a környezetre és élővilágra gyakorolt – esetlegesen káros – hatására sokszor csak évtizedek múltán derült fény.

Nem volt ismeretes az sem, hogy az új technológiák melléktermékei és hulladécai milyen környezetterhelést okozhatnak. A veszélyes hulladékok kezelésére hosszú ideig nem is léteztek előírások. Ugyanakkor, még ezek megszületése után is, a hulladékokat sokszor nem szabályszerűen kezelték. A vállalatok csak arra törekedtek, hogy a termelési hulladékokat a technológia közeléből eltávolítsák, további sorsukra, környezeti hatásaikra általában nem figyeltek. A hulladékok jelentős hányada kikerült a környezetbe, és szennyezte azt.

A környezet romló állapota, a környezet- és életminőséggel szembeni igények, valamint a hulladékok elhelyezésre és a környezet szennyezésére vonatkozó jogszabályok bevezetése egyaránt szükségessé tette a régebbi környezet-szennyezések felülvizsgálatát, majd azok felszámolását.

Az elmúlt évtizedben az ország teljes területén folytak vizsgálatok a különböző eredetű szennyezések felkutatására, a veszélyeztetett helyszínek és a veszélyeztetés mértékének számbavételére. Ezek alapján az egyes esetekben meghatározhatták a kármentesítési beavatkozás szükségességét, és kidolgozhatták a kárelhárítási terveket. A szennyezett, illetve potenciálisan szennyezett területek nagy száma miatt mindez hosszadalmas és költséges folyamat, amely napjainkban is zajlik.

Az 1991. évi Rövid és Középtávú Környezetvédelmi Intézkedési Terv előírja, hogy a környezeti szempontból halmozottan szennyezett területeket kármentesíteni kell. Ezek közé tartoztak a volt szovjet katonai létesítmények. Itt a kármentesítést már nagyjából a '90-es évek első felében elvégezték. Az egyéb, „örökölt” szennyezett területek ártalmatlanítása azonban, pénzügyi források hiányában, 1996-ig nem kezdődött el.

A környezetszennyezésért felelősök körét a környezetvédelmi felügyelőségek határozzák meg, a 33/2000 (III. 17.) sz. kormányrendelet („A felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatokról”) alapján.

Külön jogszabály rendelkezik a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (továbbiakban KvVM) felelősségéről azokban az esetekben, amikor a szennyezés okozója nem képes az általa okozott környezetszennyezés felszámolására, vagy a károkozó már nem jelölhető meg.

Az állam felelősségi körébe tartozó szennyezett területek kármentesítésére 1995-ben indították el az Országos Környezeti Kármentesítési Programot (továbbiakban OKKP). Az OKKP később részévé vált az 1997-ben indult Nemzeti Környezetvédelmi Programnak (továbbiakban NKP). A 33/2000 (III. 17.) sz. kormányrendelet alapján, az OKKP célja:

- a felszín alatti vizek, a földtani közeg veszélyeztetésének, szennyezettségének és károsodásának megismerése;
- a veszélyeztetett területeken a szennyezettség kockázatának csökkentése;
- a szennyezett területeken a szennyezettség csökkentésének vagy megszüntetésének elősegítése.

Az említett kormányrendelet az alábbiak szerint határozza meg a kármentesítés egyes fázisait:

- tényfeltárás, amely felderítő és részletes vizsgálatokból állhat;
- műszaki beavatkozás;
- utóellenőrzés.

A rendelet intézkedik a kármentesítés egyes munkafázisairól is. Felsorolja a tényfeltárás, a műszaki beavatkozás és utóellenőrzés feltételeit, tartalmi követelményeit, beleértve az engedélykérelmeket, az engedélyeztetést, a tényfeltárási tervet, a vizsgálatokat, a tényfeltárást záró dokumentációt, a műszaki beavatkozási tervet, a munkák bejelentésének kötelezettségét, a kármentesítési határértékek megállapításánál figyelembe veendő tényezőket, a műszaki beavatkozást záró dokumentációt, a beavatkozás alatti ellenőrzést, valamint az utólagos ellenőrzést is.

Az OKKP keretében, az országos számbavétel során nyilvántartásba vették a szennyezett területeket és a szennyező forrásokat. A felmérés első szakaszában kb. 200 olyan szennyezett területet regisztráltak, ahol sürgős beavatkozásra volt szükség. Az ezekről beérkező részletes adatok alapján határozták meg a tényleges kármentesítési munkákat. Az adatgyűjtés hátterét a KvVM-ben, a KGI-ben és a környezetvédelmi felügyelőségeken hozzáférhető KÁRINFO informatikai rendszer biztosítja. A KÁRINFO a felszín alatti vizeket, illetve a földtani közeget veszélyeztető, szennyező, károsító források és a szennyezett területek térinformatikai rendszere. A tartós környezetkárosításokat folyamatosan mérik fel, így a KÁRINFO adatbázisa állandóan bővül.

Gyakorlati nehézséget jelent ugyanakkor, hogy a szennyezések felszámolásakor elérendő határértékek Magyarországon nem egyértelműek. Nincsenek például egységes hazai normák a talajok megengedett nehézfém tartalmára. Példaként említjük, hogy a Középdunavölgyi Környezetvédelmi Felügyelőség az alábbi megengedett fémtartalmakat határozta meg a budapesti talajokra: kadmium 3 mg/kg, réz 100 mg/kg, ólom 100 mg/kg, cink 300 mg/kg. Más szennyezőanyagoknál általában az EU-ban elfogadott, úgynevezett „Holland lista” határértékeit alkalmazzák a hatóságok.

A jelentősebb hazai vegyipari környezetszennyezések és azok felszámolása

Az 1970-es és '80-as években a vegyipar által okozott környezetszennyezés közel fele a veszprémi iparvidéken levő vegyi üzemek szennyvíztározóinak előre tervezett leeresztéseiből származott. A többi szennyezés legtöbbször gondatlan vagy szabálytalan üzemelésből eredt. Ezekben az esetekben azonban, általában a szabálytalanság észlelése után rövid időn belül megszüntették a szennyezés okát. Nagyobb környezeti károk származtak olyan rejtett hibákból, mint a vegyipari tartályok kilyukadása, a vezetékek meghibásodása vagy szivárgása. A felszín alatti, rejtett elfolyások esetenként évekig szennyezték a talajt és a talajvizet.

Volt példa tűz okozta vízszennyezésre is: a tűzoltáshoz felhasznált anyag a meghibásodott berendezésből kikerült szennyezőanyaggal együtt jutott be a csatornába, és azon keresztül a befogadóba. A svájci Sandoz gyárban 1986. november 1-jén bekövetkezett tűz és az általa okozott környezeti katasztrófa hatására az ágazat vezetése, a hasonló hazai katasztrófák elkerülésére, az érintett minisztériumok bevonásával intézkedéseket kezdeményezett. 1987–1988-ban a vízügyi igazgatóságok, a tűzoltósággal közösen, felülvizsgálták 218 veszélyesnek minősített üzemet, és kötelezték őket vízminőségi, kárelhárítási és tűzoltási terveik korszerűsítésére.

A teljesség igénye nélkül, az alábbiakban felsoroljuk azokat – a szélesebb körben is ismertté vált – környezetszennyezéseket, amelyek valamilyen vegyipari tevékenységre vezethetők vissza:

- Egyesült Vegyiművek, Budapest: talaj- és vízszennyezés hulladéksavval a XVI. kerületi telephelyen;
- CHINOIN, Budapest: jelentős talajszennyezés (fémek, vegyi anyagok) a XXII. kerületi telephely környezetében;
- Metallokémia, Budapest–Nagytétény: jelentős talajszennyezés (Pb, Cu, Zn, Sn, szurok, olajos iszap, helyenként policiklusos, aromás szénhidrogén);
- NIKE, Balatonfüzfő: a talaj szennyezése higannyal;
- BVK, Kazincbarcika: a talaj szennyezése higannyal;

- Békéscsaba, Fényestanya: talaj- és vízszennyezés (veszélyes szerves anyagok);
- Budapest, Aquincumi Múzeum: talaj- és vízszennyezés veszélyes szerves anyagokat tartalmazó, úgynevezett gáztisztító massa lerakása miatt;
- Budapest, Budafoki barlanglakások: talaj- és vízszennyezés veszélyes szerves anyagokat tartalmazó, úgynevezett gáztisztító massa lerakása miatt;
- Üröm, Csókavár: talaj- és vízszennyezés veszélyes szerves anyagokat tartalmazó, úgynevezett gáztisztító massa lerakása miatt;
- Budapesti Vegyiművek, garéi hulladékártoló: klórozott szénhidrogéneket tartalmazó veszélyes anyag lerakása miatti talaj- és vízszennyezés.

Vegyipari kármentesítések az OKKP keretében

Az alábbiakban, esettanulmányokon keresztül mutatjuk be az OKKP keretében megkezdett kármentesítések eredményeit. A példákat a fentiekben felsorolt káresetek közül választottuk.

Békéscsaba, Fényestanya. Békéscsabán, a Fényestanyák egyikén található a Gyopáros Gmk telephelye. A területrész részben magántulajdonú, részben a felszámolás alatt levő Gyopáros Gmk tulajdonában van.

A vállalkozás 1987-től elsősorban a Kner Nyomda vegyi hulladékainak regenerálásával és újraértékesítésével foglalkozott. Később más cégektől is átvett vegyi hulladékokat újrafeldolgozásra. A begyűjtött hulladékokat a gmk – többszöri felszólítás ellenére – sem ártalmatlanította. A telephelyen emiatt több mint 100 tonna olajos szermaradvány halmozódott fel. A hordókban gyűjtött hulladék nem fért el a fedett tárolóban, így annak egy részét nyílt sínen, betonfelületen helyezték el.

A kármentesítés a tényfeltárással indult. Közben azonban a tanyán tűz ütött ki. Leégett a tároló csarnok, a tárolt veszélyes hulladék egy része átalakult, és – részben emiatt, részben a tűzoltás eredményeként, az oltóvízzel együtt – szétszóródott a környéken.

A visszamaradt veszélyes hulladékokat – a gyors kármentesítés érdekében – szakszerűen csomagolva elszállították. A dorogi hulladékégetőben 89 730 kg hulladékot semmisítettek meg, míg az aszódi veszélyes hulladéklerakóban 117 180 kg hulladékot helyeztek el, biztonságos körülmények között.

A talaj és talajvíz szénhidrogén szennyezettsége a víz kitermelésével és ezt követő kezelésével (sztrippeléssel és aktív szenes utószűréssel) szüntethető meg. A kárelhárítás időigénye 4 év, ebből talajvíztisztítás ideje 3 év. A várható összköltség kb. 40 millió Ft. Az ingatlan jelen állapotában ipari, raktározási, mezőgazdasági célra nem használható. Mezőgazdasági tevékenység a kár-

mentesítés után sem javasolható. Legcélszerűbb az volna, ha a megtisztított területen erdőt telepítenének.

Budapest, Aquincumi Múzeum. A terület a szennyeződés-érzékenységi besorolás szerint fokozottan érzékenynek minősül. Talajvizének szintjét a Duna mindenkori vízállása befolyásolja. A terület bérlője az Aquincumi Múzeum.

1976-ban a kőtár déli részén, a Sajtás utcával párhuzamos támasztótöltést alakítottak ki. A töltésbe az Óbudai Gázgyárból kikerült, az Óbudai MgTsz által ideszállított, úgynevezett gáztisztító masszát is beépítettek.

A gáztisztító massa I. veszélyességi osztályú hulladék. Az akkori gázgyártási technológia szerint, az előállított városi gázt, tisztítás céljából, Fe_2O_3 - és $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -tartalmú szűrőanyagot áramoltatták át. Szűrőanyagként esetenként ipari melléktermékeket, így vörösiszapot és pirit őrleményt használtak. A tisztítás után erősen savas jellegű ($\text{pH}=1,4-4$), sok cianidot, tiocianátot és rákkeltő hatású poliaromás szénhidrogéneket (PAH) tartalmazó anyag képződött.

Az Aquincumi Múzeumnál az okozott problémát, hogy a támasztótöltésből a gáztisztító massa egyes alkotói kioldódtak, és veszélyeztették egyfelől a római kori leletanyagot, másfelől szennyezték a környező talajréteget és a talajvizet is. A kioldódás nyilvánvaló jeleként a töltés oldalán a növényzet kipusztult, megkezdődött a töltés eróziója.

A kármentesítés célja a gáztisztító masszából épített töltés és a szennyezett talaj kicserélése, továbbá az esetleges talajvíz-szennyezettség meghatározása, kiterjedésének vízszintes és függőleges lehatárolása volt.

A tényfeltárás 1997 októberében kezdődött el. Feltáró fúrások, kutatógödörök és -árkok készültek. A lehatárolást előzetesen egyeztették a Környezetvédelmi Felügyelőséggel, és meghatározták a mentesítési határértékeket.

A kapott adatokra alapozva, 1997 novemberében kezdték elbontani a gázmasszából épített töltést. A bontási anyagot, a pH megfelelő beállítását után, tartályokba csomagolták. A tartályokat, bértárolásra, az aszódi veszélyeshulladék-lerakóba vitték. Összesen 1350 tonna gázmasszát és 150 tonna szennyezett földet szállítottak el.

1998-ra felszámolták az elsődleges szennyező forrást, megszűnt a további szennyeződésveszély. Az utóellenőrzésre két kutat építettek ki, ezeket rendszeresen mintázzák. Az eredmények megnyugtatóak, újabb szennyeződéstől nem kell tartani.

Budapest, Budafoki barlanglakások. A szennyező források Budapest XXII. kerületében, Budafok és Budatétény területén, beépített területen, a 70-es úttól K-DK-re, a Duna felé találhatók. Egyik terület a Park utca, Halk utca és Terv utca térsége, a másik a Cövek utca, Sátor utca, Egri utca és Kiskóbánya utca térsége.

Budapest Főváros Tanácsa 1960–1966 között felszámolta a XXII. kerület mintegy 400 barlanglakását. Azok bejáratát és a bányaudvarokat betöltötték. A betöltésére az Óbudai Gázgyár főleg gáztisztító masszát, salakanyagot és iszapot, építési törmelékot, valamint kommunális és börgyári hulladékot biztosított, ezt használták fel. A 102/1996. (VII. 12.) kormányrendelet alapján a cianidtartalmú iszapok I. veszélyességi osztályú hulladéknak (V 54918), míg a nedves portalanításból származó iszapok II. veszélyességi osztályú hulladéknak (V 54906) minősülnek.

A tényfeltárás során 23 500 m³ gáztisztító masszát, szennyezett földdel együtt 27 300 m³ elszállítandó veszélyes hulladékot találtak. Az ártalmatlanításra négy változat jöhetett szóba: (1) a hulladék lerakása külső helyszínen, (2) termikus oxidáció és a keletkező salak lerakása, (3) a hulladék összekeverése szénnel és felhasználása energiatermelésre és (4) a fémtartalom visszanyerése és újrahasznosítása. Az ártalmatlanítás költsége (1999. évi áron) 2,3–6,5 milliárd forint, becsült ideje 2–3 év volt.

A tényfeltárást alapozva a KvVM jogelődje a gáztisztító massa által okozott környezetszennyezés kárfelszámolási és rehabilitációs tervének elkészítésére adott megbízást.

A Budapesti Vegyiművek Rt. garéi veszélyeshulladék-tárolójában levő talaj- és talajvízszennyezés felszámolása. A Budapesti Vegyiművek 1968–1987 között, növényvédő szer alapanyagként 1,2,4,5-tetra-klórbenzolt állított elő. A gyártási technológiában mintegy 16 ezer tonna, veszélyes melléktermék is keletkezett. A hulladék elhelyezésére 1977-ben a Magyar Állami Földtani Intézet Garé, Szalánta és Bosta térségében jelölt ki tárolónak alkalmas helyet. A Budapesti Vegyiművekkel együtt, a Pécsi Börgyár és a Baranya megyei Húsipari Vállalat is itt akarta elhelyezni termelési hulladékait.

A hulladéktárolót a Pécsi Tervező Iroda Garé község külterületére, a Bosta pataktól keletre, Garé, Bosta és Szalánta településektől 1,5–2 km-re tervezte meg. A létesítményt környezeti szempontból biztonságosnak jósolták, a felszín közelében levő, 30 m vastagságú, gyakorlatilag vízzáró talajréteg miatt.

A hulladéktárolót 1980-ban adták át, és ezt követően, 1987 végéig, a Budapesti Vegyiművek több mint 16 000 tonna klórozott benzol-származékot tartalmazó hulladékot helyezett el, 63 000 db 200 literes acélhordóban.

Az alkalmazott lerakási technológia nem biztosította a környezet megfelelő védelmét. A földdel fedett hordók elrozsdásodtak, emiatt veszélyes hulladék került a levegőbe, talajba és talajvízbe. A tároló környezetében a talaj és a talajvíz elszennyeződött. A Budapesti Vegyiművek 1990–1993 között a hulladék mintegy 1/3-át (kb. 5000 tonnát) 200, illetve 380 literes hordókba átrakta. A hulladék 2/3 része továbbra is a földdel fedett, rozsdás fémhordókban maradt.

A KTM 1996 októberében elrendelte a tároló és környezete állapotának vizsgálatát. Ennek során megállapították, hogy a hordók állapota tovább romlott, és a kikerült szennyezés már a tágabb környezetet is veszélyezteti.

A Dél-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség 1997-ben határozatban kötelezte a Budapesti Vegyiművek Rt.-t a környezeti kárelhárítás azonnali megkezdésére, a talaj és a talajvíz megadott határértékekig történő, folyamatos tisztítására. Előírta, hogy a teljes hulladékmennyiséget el kell szállítani, és véglegesen ártalmatlanítani kell. Ezen kívül kötelezte a céget a tényleges talaj- és talajvízszennyezés meghatározására.

1999-ben a GP Konzorcium kötött vállalkozási szerződést az adott kármentesítési feladatra. A kitermelt, előkezelt, átsomagolt hulladék teljes mennyiségét 2002. április 20-ig elszállították és ártalmatlanították. A telepen, védett lerakóban, mintegy 3000 tonna veszélyes hulladékként kezelendő, erősen szennyezett, szabad klórbenzolokat tartalmazó talaj, és mintegy 4500 tonna közepesen szennyezett, áthalmazott talaj maradt vissza.

Üröm, Csókavár bányaterében lerakott gáztisztító massa. Ürömtől délre, a Péter-hegy északi oldalán felhagyott bányagödörbe a Fővárosi Gázművek 1967–1976 között, engedély nélkül, 31 000–37 000 m³ gázgyári salakot rakott le.

A gáztisztító massa kéntartalma a tárolás során oxidálódott, és a massa erősen savassá vált. A savas közegben a salakban levő, egyébként semlegesnek tekinthető alkotók (így az alumínium és vas, továbbá a megengedett határértéket el nem érő kobalt, nikkelt, króm és mangán) is veszélyes mértékben mobilizálódtak.

Az említett alkotóelemeken kívül az arzén-, a kadmium-, a réz-, az ólom-, a cink-, a cianid-, a PAH-, valamint a fenoltartalom is meghaladta a környezeti határértékeket a lerakott hulladékban.

A bánya karsztosodó, beszivárgásra érzékeny, dachsteini mészkőben létesült. A nyílt repedések ritkák, ezért bizonyos mértékig vízzáró. A bányagödör fenekén, a lerakott gáztisztító massa alatt, mállásból származó 1–3 m vastag agyagos üledék van, ami eddig nagyrészt megakadályozta a hulladékból kioldódó, szennyező anyagok karsztvízbe jutását. A fedőanyag vízzárósága azonban a fenti kémiai okok miatt fokozatosan romlik, és becslések alapján 2–50 év múlva már nem tekinthető vízzárónak. Ekkor a bányagödör fenekén, a vízzáró réteg felett a beszivárgó csapadékvizéből származó fenékvíz – amelyben minden komponens koncentrációja nagyságrendekkel nagyobb a „Holland lista” határértékeinél – utat talál a karsztvíz felé.

A Fővárosi Gázművek elismerte a felelősségét, és a veszélyeztetés megszüntetése érdekében megkezdte a kárelhárítási stratégia kialakítását.

A környezeti veszélyeztetés megszüntetésére a vizsgálatok alapján több műszaki megoldás jött számításba, az egyszerű lefedéstől és a fenékvíz szaka-

szos kitermelésétől a szennyezőanyag teljes kitermeléséig és ártalmatlanításra történő elszállításáig.

Ezek a megoldások környezeti szempontból különböző eredményt adtak. Időigényük 2-3 hónaptól (ideiglenes megoldás) 5 évig (a környezeti szempontból legtokéletesebb megoldás), a költségek a rendszeres szivattyúzás évi 15-20 millió Ft-os költségétől a végleges megoldás néhány milliárd forintos költségéig terjedhetnek. A legtöbb megoldásnál további 3 éves utóellenőrzésre is szükség van. Ennek becsült költsége mintegy 5 millió forint.

Ugyanakkor, ha a gáztisztító masszát a bányagödörben lokalizálják, a helyszíni ellenőrzést folyamatosan, korlátlan ideig biztosítani kell.

További teendők a vegyipari környezetszennyezések csökkentésére

Az 1992-es riói csúcs (ENSZ Konferencia a Környezetről és Fejlődésről) és az ezt 10 évvel követő johannesburgi csúcs behatóan foglalkozott a globális környezeti problémákkal. Megállapították, hogy a környezet fokozódó szennyezése a földi ökoszisztémák egyensúlyának felborulásával fenyeget.

Az ökológiai katasztrófa csak a fenntartható fejlődés elvének elfogadásával és érvényesítésével kerülhető el. Ebben fontos szerepe van a kölcsönös partnerszornynak és az egymás iránti felelősségnek. A környezetszennyezés nem ismer határokat, tehát nemcsak a saját, közvetlen környezetünkért vagyunk felelősek, hanem az egész Földért.

A környezet globális károsodásának elsődleges oka a túlzott energiafelhasználás (CO_2 - és NO_x -kibocsátás, üvegházhatás stb). Ebben az energiatermelés, a közlekedés és a kohászat szerepe a legnagyobb, de igen energiaigényes ágazat a vegyipar is.

További, súlyos károkkal járhat egyes vegyipari termékek, valamint a vegyipari technológiák melléktermékeinek és hulladékainak (növényvédő szerek, halogénezett szénhidrogének, policiklusos vegyületek stb.) a környezetbe történő kijutása és terjedése is. Az északi sarkvidéken élő állatok testszövetekben is kimutattak már peszticideket, mutagén, teratogén és karcinogén vegyületeket.

Jelentős környezetterheléseket okoztak egyes vegyi üzemi, illetve anyagszállítási balesetek (Bhopal, Seveso, Mississauga), valamint egyes üzemek tartós kibocsátásai (Minimata). Ezek hatására az élővilág károsodott, sőt számos ember is maradandó egészségkárosodást szenvedett, illetve meghalt.

A Földön rohamosan nő a lakosság lélekszáma. Ezzel együtt a gazdaságilag elmaradott országokban is nőnek az életminőséggel kapcsolatos igények. A növekvő igényeket csak a fenntartható fejlődés stratégiájára alapozva lehet kielégíteni.

Egyre nyilvánvalóbb, hogy a fenntartható fejlődés kizárólag technológiaváltással valósítható meg. Energiatakarékos megoldásokra, hulladékenergiák

felhasználására, a pazarlás megszüntetésére van szükség a vegyiparban is. Törekedni kell a keletkezett hulladék visszanyerésére és másodlagos nyersanyagként történő újrahasznosítására.

Ugyanakkor mindent el kell követni a meglévő környezetszennyezések felszámolására, elsősorban azokon a helyszíneken, ahol ez heveny veszélyt jelent.

Fokozni kell a vegyipar biztonságát. Meg kell vizsgálni, melyek azok a termékek és munkafázisok, amelyek baleset esetén a környezetet veszélyeztethetik, és hogyan lehet a potenciális veszélyhelyzetet megszüntetni, illetve a lehető legkisebbre csökkenteni. Sajnos a véletlen jellegű baleseteken kívül számítani kell még a gondatlanságra, a szándékos rongálásra, szabotázsra és terrorcselekményekre is, az ezekre vonatkozó biztonsági, elővigyázatossági intézkedéseket is meg kell tenni. A vegyipari biztonságtechnikai kérdéseire a kötet egy későbbi fejezetében még visszatérünk.

Úgy tűnik, hogy európai uniós csatlakozásunk kapcsán, a nemzetközi piaci versenyképesség növelése érdekében (is) a hazai cégek mind nagyobb jelentőséget tulajdonítanak a környezetvédelemnek. E vonatkozásban a magyar vegyipar jó példát mutat: élen jár a környezetvédelmi beruházásokban és a környezetbarát gyártási eljárások bevezetésében.

Az OECD 2000-ben értékelte a magyar környezetpolitika helyzetét. A vizsgálatok eredményeit összefoglaló tanulmányban a következők foglalta meg:

1. Általános érvényű ajánlások

- erősíteni kell a környezetvédelmi törvények és jogszabályok érvényesítését országos, regionális és helyi szinten;
- erősíteni kell a területi szervek hatáskörét a környezetvédelmi infrastruktúra javítása érdekében, a „szennyező fizet” és a „használó fizet” elvekre alapozva;
- folytatni kell a környezeti információs rendszer fejlesztését, és meg kell teremteni a feltételeket ahhoz, hogy ezekhez az információkhoz szabadon és könnyen hozzá lehessen férni.

2. Ajánlások a légszennyezés csökkentésére

- a légszennyezésre és a levegő minőségére vonatkozó határértékeket össze kell hangolni a megfelelő EU-határértékekkel;
- a helyhez kötött forrásokra vonatkozó szabályozásnál növelni kell a kibocsátási bírságok ösztönző szerepét, és végre kell hajtani az EU nagy tüzelőberendezésekre vonatkozó irányelveit;
- az iparban javítani kell az energiahatékonyságot;
- ösztönözni kell tisztább tüzelőanyagok és megújuló energiaforrások használatát.

3. Ajánlások a természetes vizek minőségének megóvására
 - az ipari szennyvízkibocsátásokra vonatkozó jogszabályokat hatékonyabban kell érvényesíteni, a bírságtételek emelésével és a kibocsátási díjak bevezetésével.
4. Ajánlások a hulladékok kezelésével kapcsolatban
 - meg kell előzni, illetve a lehető legkisebbre kell csökkenteni a hulladék-képződést;
 - az ártalmatlanítással szemben előnyben kell részesíteni az újrahasznosítást;
 - a lehető legkevesebb hulladékot szabad csak lerakni;
 - felszámolandók a régi, nem megfelelő hulladékelhelyezés miatti veszélyforrások;
 - részletes cselekvési tervet kell kidolgozni, a „szennyező fizet” elv alapján;
 - ösztönözni kell a hulladékgazdálkodással kapcsolatos kutatást, fejlesztést és nevelést.

Felhasznált irodalom

- A Kármentesítési Programiroda tevékenysége. Az elvégzett munkák és kötelezettségek leltára.* Kármentesítési Programiroda, 1999. január 22.
- A környezetpolitikai teljesítmény az OECD országokban.* Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium, 1998.
- Beszámoló a Kármentesítési Iroda 1999. évi tevékenységéről.* Budapest, Környezetvédelmi Fejlesztési Intézet, 2000. január.
- Beszámoló a Kármentesítési Iroda 2000. évi tevékenységéről.* Budapest, Környezetvédelmi Fejlesztési Intézet, 2001. február.
- Beszámoló az Országos Környezeti Kármentesítési Program keretében végzett tevékenységről az 1998–2002. közötti időszakban.* Budapest, Környezetgazdálkodási Intézet, 2002. május.
- Budapest környezeti helyzetelemzése. A védelmi feladatok meghatározása, I–II. kötet.*
- OECD Környezetpolitikai vizsgálatok: Magyarország.* Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium, 2000.
- Országos Kármentesítési Program. Összefoglaló jelentés a gyorsintézkedések végrehajtásáról.* Deloitte & Touche, 1997. május.
- Összefoglaló jelentés a gyorsintézkedések végrehajtásáról.* Deloitte & Touche, 1997. június.
- Rendkívüli vízszennyezések vizsgálata. A Vízgazdálkodási Intézet nyilvántartásai (1978–2002).*

A jelenlegi vegyipari technológiák környezeti hatásainak csökkentése

Bevezetés

Magyarországon jellemzően az 1980-1990-es években, a fejlett ipari országokban 20-30 évvel korábban jelentkeztek különös súllyal a vegyipar által okozott környezeti problémák. A vegyipari termelés kritizált területei: a termékek káros hatásai (pl. DDT, aldrin és dieldrin¹), a folytonos kibocsátásokból eredő levegő- és vízszennyezés (pl. Minamata-eset²), a felhalmozott hulladékok vagy más néven az „öröklött szennyezések” (pl. Love Channel, Garé, Metallokémia), a balesetekből származó kibocsátások és szennyezések (Sandoz-Basel, Chinon-Nagytétény, Nagybánya). Sokak szerint a kémia és a vegyipar a 20. század második felében jelentősen járult hozzá a tudomány bizalomvesztéséhez, a közvélemény technológia-ellenességének kialakulásához. A hazai vegyipar jövőjének is egyik kritikus kérdése, miként képes kezelni a környezeti kihívást.

Napjainkra világszerte nyilvánvalóvá vált, hogy az iparban a környezetvédelem, a fenntartható fejlődés gondolata nélkül nincs üzleti stratégia. Az Egyesült Államok vegyiparának jövőjét vizsgáló stratégiai tanulmány³ szerint a legfőbb kérdés az, hogy a vegyipar mennyire képes alkalmazkodni az új, globális üzletmenet követelményeihez, ezek a fenntarthatóság, a növekvő nyereségesség, a fogyasztói igények növekedése és a dolgozók képzettségének növekedése.

A fenntartható fejlődésről

Nemzetközi szinten a környezeti követelmények, a fenntarthatóság igénye korán megjelentek a szabályozási elvekben. A környezeti kihívásra a világ vegyipara már 1987-ben a CCPA (Canadian Chemical Producer's Association) kezdeményezésére kialakította irányelveit, amelyek a Felelős Gondoskodás (Responsible Care) programja néven váltak ismertté, és ma is ezek tekinthetők kiindulópontnak a vegyipar környezeti stratégiáját illetően. A Felelős Gondoskodás irányelveit⁴ a következőképpen fogalmazták meg:

- Felismerjük és válaszolunk a közösség vegyi anyagokkal és tevékenységeinkkel kapcsolatos aggodalmaira.
- Olyan vegyi anyagokat fejlesztünk ki és gyártunk, amelyek biztonságosan előállíthatók, szállíthatók, használhatók és ártalmatlaníthatók.
- Minden létező és új termékünk, illetve eljárásunk tervezése során elsődleges szempontként kezeljük az egészségi, biztonsági és környezeti megfontolásokat.
- Haladéktalanul tájékoztatjuk a hivatalos szerveket, dolgozókat, vásárlókat és a nyilvánosságot a vegyi anyagokkal kapcsolatos egészségügyi és környezeti veszélyekről, és óvintézkedéseket javasolunk.
- A vegyipari termékek biztonságos használatáról, szállításáról és ártalmatlanításáról vásárlóinkat tájékoztatjuk.
- Üzemeinket és berendezéseinket úgy működtetjük, hogy óvjuk a környezetet, dolgozóink és minden ember egészségét, biztonságát.
- Kutatásokkal, kutatások támogatásával bővítjük a termékeinknek, eljárásainknak és hulladékainknak az egészségre, biztonságra és környezeti hatásaira vonatkozó ismereteket.
- Együttműködünk másokkal a veszélyes anyagok múltbeli kezeléséből és lerakásából eredő problémák megoldásában.
- Együttműködünk a kormányzattal és másokkal annak érdekében, hogy a közösséget, a munkahelyeket és a környezetet megóvó, felelős törvények, jogszabályok és szabványok szülessenek.
- Elősegítjük a felelős gondoskodás elveinek és gyakorlatának érvényesülését azzal, hogy tapasztalatainkat átadjuk, segítségünket felkínáljuk mindazoknak, akik vegyi anyagokat állítanak elő, kezelnek, használnak, szállítanak vagy ártalmatlanítanak.

A Felelős Gondoskodás programja a vegyipar sajátos és egyedülálló kezdeményezése, amely önkéntes, segít a színvonal emelésében, és amelyet a nyilvánosság erőteljesen támogat. Vele a világ vegyipara elkötelezte magát az egészség, a biztonság és a környezeti teljesítmény összes vonatkozásának folyamatos fejlesztésére, és párbeszédet kezdeményez tevékenységeiről és eredményeiről. Az ismeretek megosztása révén – azáltal, hogy ellenőrzőlisták, teljesítményjelzők és igazoló eljárások szigorú rendszerét alkalmazzák – feljogosítja a vegyipart annak bemutatására, ahogy az évek során fejlődött és irányelveket alakított ki a további fejlődésre. A Felelős Gondoskodás így segíti az ipart a nyilvánosság bizalmának visszanyerésében, az átlátható és nyereséges működésében, a jövő nemzedékeiért érzett felelősség bemutatásában. Mindezek egyben a környezetközpontú irányítás alapelvei is.

Az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága – a Brundtland-bizottság – a Felelős Gondoskodás elveinek megfogalmazásával egyidőben jelentette meg a fenntartható fejlődés közismert definícióját: „a fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy veszélyez-

tenné a jövő nemzedékek esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket”.⁵

A fenntartható fejlődés három követelmény egyensúlyát feltételezi. Ezek a társadalom igényei (társadalmi követelmény), a szűkös erőforrások hatékony felhasználása (gazdasági követelmény) és a természet terhelésének csökkentése annak érdekében, hogy az élet természetes alapjai megmaradjanak (környezeti követelmény).

Növekvő nyereségesség

Sok más iparághoz hasonlóan a vegyipari vállalatok teljesítményének megítélésénél egyre fontosabb szempont a rövid távú nyereségesség. Ez problémát jelenthet a hosszabb távon megtérülő beruházások tervezésénél, hiszen ezek sokszor negatív hatással vannak a rövid távú eredményre. A környezetvédelmi szempontokat is szolgáló nagyobb volumenű technológiai fejlesztések, amelyek pénzügyileg csak sok év alatt térülnek meg, éppen emiatt nem mindig élveznek prioritást. Inkább a kisebb beruházással járó környezetvédelmi teljesítményt javító fejlesztésekre kerül sor, amelyek az adott évi eredményt kevésbé terhelik. Ezek azonban a legtöbb esetben „csővégiék”, a fő gyártási technológia negatív környezeti hatásait mérsékelik, hosszú távon összességében költségesebbek, mint a megelőzés.

Fontos kérdés továbbá, hogy a hagyományos számviteli rendszerben a környezetvédelmi beruházások teljes haszna (illetve az elmaradásuk esetén várható költség) nem mutatható ki, és hogy ez a haszon (elmaradt költség) sok esetben csak hosszabb távon jelentkezik.

A fogyasztói igények

A minőségi elvárások növekedése mellett a társadalom környezettudatosabbá válásával párhuzamosan várható, hogy a fogyasztók a megfelelő használati érték mellett a termékektől egyre inkább elvárják, hogy a környezetre ártalmatlanok legyenek, illetve, hogy minél kisebb környezetterheléssel termeljék meg őket. A vegyipari vállalatok – amelyek sok esetben alapanyagot állítanak elő a további feldolgozáshoz – legtöbbször nem kerülnek közvetlen kapcsolatba a végső fogyasztóval, korábban inkább a termelési eljárások környezetterhelésének csökkentésére tettek erőfeszítéseket. A jelenlegi irányzatok azt mutatják, hogy egyre inkább terjed az életciklus-szemlélet, ami tudatosodik a termék használata és hulladékká válása során okozott környezetterhelés csökkentésében is.

A 21. század legfontosabb vállalati erőforrása a tudás lesz. A vegyiparban a különlegesen magas kutatási igények, a folyamatosan fejlődő és egyre bonyolultabbá váló gyártási technológiák hatására az alkalmazottaktól mind magasabb szintű képzettséget és szakértelmet várnak el a munkaadók. Ezzel párhuzamosan a meglévő alapképzettség mellett folyamatos, egész életen át tartó továbbképzésre is szükség van, hogy az alkalmazottak lépést tudjanak tartani a gyorsan változó technológiai eljárásokkal. Az egyre magasabb szintű alapképzettség és a folyamatos továbbképzés lehetőséget biztosít a környezettudatosságra, a környezeti felelősségre és a környezetvédelmi ismeretek folyamatos fejlesztésére is.

A hazai helyzet

A hazai vegyipar a rendszerváltást követő években szembesült az egyre fokozódó környezetvédelmi követelményekkel. A struktúraváltás éveiben a vegyipari technológiák egy része gazdasági és környezeti tarthatatlanságuk folytán megszűnt. A továbbműködő technológiák esetében ugyanúgy, mint más iparágakban, a viszonylag egyszerű és gyors megoldást, az úgynevezett csővégi megoldásokat kínálták. Mint ismeretes, ebbe a körbe tartoznak mindazon technológiai megoldások, amelyek a környezetterhelő létesítmény kibocsátó csövei végére csatlakoztatva a szennyezést átalakítják, leválasztják, vagy más módon teszik azt a környezet számára elfogadhatóvá. Jellegzetes csővégi megoldás például a szennyvíztisztító.

Tekintve, hogy az ilyen típusú szennyezéscsökkentés a szennyezésnek az egyik környezeti közegből a másik közegbe történő átvitelét – pl. füstgáztisztításnál a légszennyezésnek talajszennyezéssé alakítását – jelenti, legtöbbször jelentős többletköltségek árán, emiatt hamarosan kialakult és elterjedt a „szennyezésmegelőzés” és a „tisztább termelés” gondolata. A „tisztább termelés” az ipari technológiák gyakorlatába átültetett „szennyezésmegelőzés”, a környezetvédelem hasznot termelő megoldása.

Figyelemreméltó azonban, hogy a csővégi és – a korszerűbbnek tekintett, ezzel ellentétes – megelőző megoldásokat illetően néha még szakemberek körében is fogalomzavar tapasztalható.

A technológiai fejlesztés mellett más típusú megközelítéseket is kialakítottak a környezeti kihívások kezelésére, amelyeket a „nem műszaki megoldások” körébe sorolunk. Ilyenek különösen a vállalati menedzsment-rendszerek és a tájékoztatási eszközök.

Tekintettel arra, hogy a jelen tanulmánykötetben külön fejezetek foglalkoznak a termékek környezeti hatásaival,⁶ a folyamatintegrációval, a vegyipari

ökológiával és az öröklött szennyezések megszüntetésével, ezekre a fontos kérdésekre itt csak utalunk. Hasonlóan, a kutatás-fejlesztés kérdéseit is csak érintőlegesen említjük.

Hagyományos szennyezéscsökkentés: csővégi technológiák⁷

Az ipari kibocsátások okozta problémák hagyományos megközelítése a szennyező anyagnak az anyagáramból történő elkülönítésére és az okozott környezeti károk csökkentésére, veszélyességének enyhítésére irányul. Az ilyen elválasztó jellegű környezetvédelmi megoldások a technológiába való beavatkozás nélkül, a folyamatok végén helyezhetőek el, ezért csővégi megoldásnak nevezik.

A csővégi technológiák gyors fejlődésének eredményeként a környezeti károsodást jelentősen csökkenteni lehetett. Alkalmazásuk nélkül a környezeti elemek állapota a jelenleginél sokkal kedvezőtlenebbül alakulna. Ugyanakkor, a csővégi technológiáknak számos kedvezőtlen tulajdonsága is van, amelyek új módszerek keresésére ösztönözték a környezetvédelmi szakembereket.

A csővégi megoldások jellemzője, hogy nem megszüntetik a káros kibocsátásokat, hanem valamilyen másfajta káros kibocsátássá alakítják át (pl. a vízszennyezést veszélyes hulladékká), amihez gyakran további erőforrások felhasználása szükséges (pl. energia, víz stb.). Ezek előállítása és alkalmazása egyaránt károsítja a környezetet és további költséget jelent a vállalatok számára.

Kedvezőtlen tulajdonságaik ellenére a csővégi technológiák gyorsan elterjedtek, aminek egyik fontos oka, hogy nem igényelnek beavatkozást az alaptechnológiába, azaz nem módosítják a terméket, és nem gyakorolnak hatást a vállalatok fő tevékenységére. Ezen felül alkalmasak lehetnek a környezeti szabályozók által támasztott minimális követelmények teljesítésére.

A csővégi környezetvédelem térnyerésének két további fontos mozgatórugója van. Az egyik a hazai, illetve külföldi környezetvédelmi ipar kínálata; az agresszív marketing következtében ez látszik a legkézenfekvőbb megoldásnak. A másik az úgynevezett környezetbarát vagy tisztább termelési eljárásokról az a feltételezés, hogy egyrészt nagyok a beruházási költségeik, másrészt a megelőző környezetvédelemhez meg kell változtatni az alaptechnológiát, illetve a cég irányítását. Mindkettőtől idegenkednek a vállalkozások vezetői. Ez rövid távon egyszerűbb megoldásnak tűnik, de hosszú távon a versenyképesség romlásához vezet.⁸

A csővégi technológiák alkalmazásakor a vállalatok egy újabb költségtényezővel találják szemben magukat, ráadásul ez nem növeli a termékek és szolgáltatások értékét – hacsak nem a környezeti teljesítmény javulásából származó imázs változása révén. Ennek a megközelítésnek köszönhető, hogy a környezet védelme a szakemberek jelentős része számára a költségeket növelő „szük-

séges rossz”, amit csak a vállalat tevékenységében érdekelt felek által megkí-
vánt legszükségesebb mértékben szabad megvalósítani.⁹

Az utóbbi időben ugyanakkor megjelentek a környezet védelmének új meg-
közelítései is. Ezek az integrált szemléleten alapuló módszerek elsősorban a
csővégi technológiákkal kapcsolatos gondok megoldását tűzték ki célul, ide-
értve a magas tőkeigény csökkentését és a kibocsátások mérséklését.

Megelőző környezetvédelem

A szigorúan értelmezett, megelőző jellegű környezetvédelem célja a káros ki-
bocsátások csökkentése vagy megszüntetése azok forrásánál. A kibocsátások
ilyen módon való csökkentése egyben a felhasznált erőforrások mennyiségét
is csökkenti, azaz a megelőző jellegű környezetvédelem a működés hatékony-
ságának javításával hozzájárul az erőforrásokkal való takarékos bánásmódhoz
is. A megelőző intézkedéseknek alapvetően három csoportját különböztet-
hetjük meg.

Gondos bánásmód

Az intézkedések egy nem elhanyagolható része alacsony költséggel vagy akár
költségek nélkül megvalósítható. Ezeket, illetve az azonosításukhoz és megva-
lósításukhoz vezető módszereket a gondos bánásmód elnevezéssel jelöljük.
Ilyen intézkedések például a szivárgások megszüntetése, a szigetelések javítá-
sa vagy a pazarló erőforrás-használat megszüntetése.

A környezetvédelmi célú megelőző karbantartás, egy „elcsepegést megelő-
ző program” további előnye a biztonság növekedése, és ez a dolgozók környe-
zeti tudatosságát is pozitívan befolyásolja.

Technológiai módosítások

A második csoportba általában a nagyobb beruházási igényű technológiavál-
tások, integrált fejlesztések tartoznak. Ezek többnyire nemcsak a környezet-
védelmi teljesítményre vannak hatással, hanem az előállított termékekre és ál-
talanában a vállalati folyamatokra is.

Léteznek ugyanakkor olyan gyakran alkalmazott technológiai módosítá-
sok, amelyek átmenetet képeznek a csővégi és az integrált szennyezés-
csökkentési technológiák között. Ezek egyik része a recirkulációt alakíthatja
ki, másik részüket lehet „félíg csővégi” megoldásoknak nevezni; megítélésük
kizárólag attól függ, hogy hol húzzák meg a rendszerhatárokat. Ha ugyanis

- mint az alábbi példából kiderül - egy üzemet tekintenek egységnek, akkor a megoldás csővéginek mutatkozik, de ha egy nagyobb vállalatot, akkor integrált technológiáról van szó.

A „félíg csővégi” megoldás.¹⁰ A „félíg csővégi” megoldásra jellemző példa a BorsodChem Rt. bizonyos szennyvizeinek kezelésére alkalmazott eljárás. A gyár egyik fő terméke, a TDI gyártásához kapcsolódó részfolyamatok három olyan szennyvízárámot eredményeznek, amelyek külön kezelést igényelnek: (1) a toluol nitrálása során úgynevezett „vörös szennyvíz” keletkezik, amelynek főbb komponensei a dinitro-toluol izomerek (DNT), a di- és trinitro-krezolok, valamint sok ismeretlen szerkezetű oxidációs, illetve hidrolízis melléktermék; (2) a DNT redukciójából származó „aminos szennyvíz” toluol-diaminokat és toluidineket tartalmaz; (3) a hulladéksav töményítéséből származó víz főként nitro-toluolokkal (MNT) és DNT-lal, valamint kevés kénsavval, illetve salétromsavval szennyezett.

Technológiai okok miatt egyik szennyvíz sem szüntethető meg, azaz „tiszább technológia”-típusú megoldás nem jöhet szóba. A szennyvizet környezetvédelmi és technológiai okokból nem kívánták közvetlenül a szennyvíztisztítóba vezetni. A BorsodChem Rt. biológiai szennyvízkezelő rendszerénél ugyanis aerob technológiát alkalmaznak. Az aerob mikroorganizmusok nem tudták leépíteni a vörös szennyvízben lévő szerves anyagok túlnyomó többségét, míg az aminos szennyvíz szintén nem bontható ezen az úton, továbbá még egészen nagy hígításban is megmérgezi a szennyvíztisztító rendszer mikroorganizmusait.

A fizikai eljárásokat megvizsgálva úgy találták, hogy sem az extrakciós, sem a desztillációs szervesanyag-mentesítés nem ad megfelelő eredményeket. Ezek után a kémiai átalakítás volt az egyedül lehetséges megoldás. Leggazdaságosabbnak az úgynevezett Fenton-reakción alapuló hidrogén-peroxidos oxidáció bizonyult. Egy olyan kémiai előkezelő eljárást dolgoztak ki, amely könnyen megvalósítható, alacsony vegyszerigényű, további szennyezést (pl. légszennyezést) nem okoz, mivel addig és csak addig oxidálja a szennyvízben lévő, eredetileg bonthatatlan komponenseket, míg azok bonthatóvá nem válnak. Az aminos szennyvíz kiindulási szerves széntartalma az oxidáció hatására több mint 70%-ban lebomlik, a maradék szerves szén pedig már biológiailag könnyen lebontható. A vörös szennyvíznél is több mint 65%-os csökkenést eredményez az eljárás.

Recirkuláció. A Nitrogénművek Rt. ammóniagyártási folyamatának egyes technológiai lépéseinél keletkező és leválasztásra kerülő kondenzátumok magas ammónia-, metanol- és szerves amin-tartalmúak. A kondenzátumokból alacsony nyomású gőzzel kihajtják a gázszenyveződéseket, miközben ammónia-

tartalmuk jelentősen lecsökken. A fejterméket kondenzáltatják, így gyakorlatilag nincs légszennyező kibocsátás.

Az ammónia-szintézisköri cseppfolyósammónia-leválasztók magas ammóniatartalmú lefújt gázait vizes mosóban ammóniamentesítik. Mosófolyadékként a tisztított, hűtött technológiai kondenzátumot használják. A mosótorony tetején távozó ammóniamentes lefújt gázokat kompresszor nyomja vissza a gyártási folyamatba. A lefújt gázok H_2 - és N_2 -tartalma az ammónia konverter-katalizátorán ammóniává alakul át, argontartalmát egy másik folyamatban kinyerik. A gyártástechnológia így teljesíti a jogszabályban előírt kibocsátási követelményeket.

Az anyagok és egyéb erőforrások kiváltása

A harmadik csoportot a felhasznált anyagok és egyéb erőforrások kiváltása jelenti. Ezzel szintén jelentős megtakarítások érhetőek el (pl. az energiaszükséglet biztosítására alkalmazott alacsonyabb kén tartalmú szén nemcsak a káros kibocsátásokat csökkenti, hanem a jobb minőségben keresztül a hatásfokot is kedvezően befolyásolja).

A megelőző jellegű intézkedéseket gyakran tágabban értelmezik, és beleértik a már előállított hulladékok, illetve káros kibocsátások vállalaton belüli vagy akár vállalaton kívüli újrahasznosítását is. Ezek az intézkedések azonban már átvezetnek a máshol tárgyalt ipari ökológia területére.

A Nitrogénművek Rt. energetikai rendszerének fejlesztése során az ammóniagyártási technológiába beépített hőhasznosító kazánokat egy rendszerbe integrálták. A rendszert egy segédkazánnal egészítették ki, ez biztosítja a nyomás állandó értéken tartását. A megtermelt 105 bar nyomású gőz teljes mennyisége 460 °C-ra történő túlhevítés után ellennyomású turbinán, illetve egy szelepen expandál 40 bar-ra. A 40 bar-os gőz egy része az ammóniaüzemben a kondenzációs turbinákra jut, míg másik része ellennyomású turbinákon 3,5 bar-os gőzre expandál. Az üzem 60 t/h 40 bar-os gőzt tud értékesíteni.

Tisztább termelés

A megelőző szemlélet jelenik meg a tisztább termelés felfogásában, amelynek kialakulása az 1980-as évek végére tehető. Norvég környezetvédelmi szakemberek ekkor ismerték fel az amerikai környezetvédelmi hivatal (EPA) által is támogatott, a szennyezés megelőzésére irányuló intézkedések fontosságát. A gyakorlatban néhány vállalat által megszerzett tapasztalatot is figyelembe véve alakították ki a tisztább termelés alapelveit, illetve eszköztárát.

„A tisztább termelés egy olyan átfogó stratégiát jelent, amely folyamatokra, termékekre és szolgáltatásokra alkalmazható, és azok hatékonyságának növelését, illetve az ember és a környezet veszélyeztetésének csökkentését célozza. Termelési folyamatok esetében a tisztább termelés a nyersanyagok és energia-hordozók hatékonyabb felhasználását, a káros anyagok kiváltását, illetve az emissziók és hulladékok mennyiségének, veszélyességének a csökkentését jelenti. Termékek esetében a teljes életciklus (a nyersanyagok felhasználásától a végső ártalmatlanításig tartó folyamat) során okozott környezetterhelés csökkentése áll a középpontban. Szolgáltatások esetében a tisztább termelés a környezeti megfontolások alkalmazását jelenti a tervezés és a szolgáltatások nyújtása során.”¹¹

Noha ezt a meghatározást a nemzetközi szakirodalom általánosan elfogadja, hátránya, hogy nem eléggé konkrét. Ezért a tisztább termelést (megelőző környezetvédelmet) a szervezeti és műszaki intézkedések azon csoportjaként definiáljuk, amelyek kielégítik az alábbi feltételeket: csökkentik a szervezet tevékenysége által okozott környezetterhelést (a környezeti elemek összességét érintő hatások eredőjét), és ezt olyan módon érik el, hogy csökkentik a felhasznált erőforrások (anyag és energia) mennyiségét, illetve veszélyességét.

E meghatározás tartalmazza a megelőző jellegű környezetvédelmi intézkedések egyik legfontosabb jellemzőjét, nevezetesen azt, hogy a kibocsátások mennyiségének, illetve veszélyességének a csökkentését az erőforrásokkal való takarékoskosságon keresztül, valamint a vállalati működés hatékonyságának javításával lehet megvalósítani.

A rombolás megelőzése

A romboló technológiák elleni védekezés a vegyiparban különös jelentőséget kapott. A „Szeptember 11”-gyel jelzett új korszakba lépve a világnak meg kellett – vagy ha még nem tette, meg kell – tanulnia azt, hogy miként kezelje a romboló szándékot. Ez valójában nem csupán technikai, hanem szervezeti és üzleti kérdés is: hogyan alkalmazkodik a vegyipar egy sajátos, újfajta fenyegetettséghez. Ez jelentheti új figyelő és műszaki biztonsági berendezések rendszerbe állítását, a biztonsági menedzsment-rendszer átalakítását-megerősítését ugyanúgy, mint az üzemméret és a gazdaságosság összefüggésének újragondolását. A nagyüzem nem pusztán mérete miatt jelent nagyobb veszélyt a környezetre és az ott élő lakosságra, hanem azért is, mert alkalmas céltárgya lehet terrorista akcióknak. Vagyis a mérettel nemcsak a gazdaságosság, hanem a kockázat is hatványozottan növekszik.

Mindezen szempontokat az egyéb környezeti megfontolásokkal azonos súllyal kell beépíteni a vezetés átfogó koncepciójába. Egyazon logikára épülnek stratégiai szinten és a napi működésben egyaránt.

Az Európai Bizottság 2001. február 13-án fogadta el a vegyi anyagok közösségi irányelveit megalapozó Fehér Könyvet. Az új stratégia fő célkitűzése az emberi egészség és a környezet védelmének magas szintű biztosítása, miközben folyamatosan garantálja a belső piac hatékony működését, ösztönzően hat az újításokra és versenyképességre a vegyiparban. Margot Wallström, az EU környezetvédelmi főbiztosa az eseményt értékelve kifejtette: „Ez a bizottság egyik legfontosabb kezdeményezése a fenntartható fejlődés érdekében. Elhatároztuk, hogy lépésről lépésre fokozatosan megszüntetjük és kiváltjuk a legveszélyesebb anyagokat: azokat, amelyek rákot okoznak, a testünkben vagy a környezetben felhalmozódnak, vagy amelyek szaporodóképességünket befolyásolják. Ez a döntés alapvető fontosságú a jövő generációi számára.”

Az új irányelvek szándékai igen, a gyakorlata még nem egyértelmű. Lehetséges, hogy 30 ezer (régi) vegyi anyagra vonatkozó új adathalmazt kell a gyártóknak benyújtani a piacra jutás érdekében, ami persze nem jelent automatikus engedélyezést. A hazai vegyipar számára ez komoly bizonytalansági tényező, de egyben különleges esély is lehet.

Szigorodó környezeti követelmények

A hazai környezeti szabályozás, a jogi előírások és szabványok egyre inkább hasonlítanak az EU előírásaira. Fontos kérdés, hogyan közvetítik az EU szabályait Magyarországon és más (konkurens) országokban, milyen ütemben vezetnek be, és hogyan ellenőrzik azokat.

Az a rendkívül fontos kérdés, hogy Magyarország és a magyar vegyipar milyen helyzetbe kerül a szabályozások kialakításában, nagymértékben függ az állam, a szakmai és társadalmi szervezetek együttműködő készségétől és az érdekérvényesítő szervezetek hatékony működésétől.

Környezetvédelmi beruházások a magyar vegyiparban

Az utóbbi tíz év során a magyar vegyipar vállalatai a környezetszennyezést csökkentő technológiai fejlesztésekre több tízmilliárd forintot fordítottak.¹² Ennek nagy részét a jelenlegi technológiai folyamatok során keletkező szennyezőanyag-kibocsátások csökkentésére fordították. Ezen kívül jelentős összegeket fordítottak gyártástechnológiai fejlesztésekre is, amelyek általában nem környezetvédelmi beruházásként jelennek meg, illetve a korábbi időszak hátramaradó szennyezéseinek felszámolására is. A jelenleg működő technológiák esetében mindez főleg légszennyezést csökkentő, szennyvíztisztítási

és a veszélyes hulladék kezelésére szolgáló beruházásokat jelentett. A következőkben a teljesség igénye nélkül bemutatunk néhány olyan nagyobb beruházást, amely arra irányult, hogy a meglévő termelési technológiák környezeti hatásait csökkentse.

BorsodChem Rt.

A BorsodChem Rt. 1991 és 2000 között folyó áron csaknem 5 milliárd forintot fordított környezetvédelmi beruházásokra.¹³ Ennek legnagyobb részét levegővédelemre, illetve a technológiai- és szennyvizek tisztításának javítására használták fel. A levegőtisztaság-védelmi beruházások eredményeként a szennyező véggázok elégetése, illetve részben a technológiai folyamatokba történő visszavezetése következtében a BorsodChem Rt. klór-, sósav- és VOC-emissziója töredékére csökkent a vizsgált időszakban. A központi szennyvíztisztító üzem rekonstrukciójának hatására jelentős mértékben csökkent a keletkező szennyvíz károsanyag-tartalma. A nagy sótartalmú szennyvizek bepárlása és a só kinyerése és visszaforgatása révén csökkent a vállalat környezetterhelése, víz- és sófelhasználása.

MOL Rt.

A MOL Rt. a kilencvenes évektől mostanáig összesen tízmilliárd forint feletti beruházást hajtott végre az általa alkalmazott technológiák emisszióinak csökkentésére.¹⁴ A szivárgások elkerülésére felújították a tartály- és vezetékrendszerek nagy részét. A gázátadó állomások felújításával jelentősen csökkent azok zajterhelése. A hulladékégetők füstgázkezelő rendszerének rekonstrukciója csökkentette a légszennyező anyagok kibocsátását. Az üzemeltetéssel összefüggő környezetvédelmi intézkedések főleg a talaj, a szennyvizek és a veszélyes hulladékok kezelésére irányultak.

TVK Rt.

A TVK Rt. a kilencvenes évek eleje óta szintén több milliárd forintot fordított a jelenlegi termelési eljárások okozta környezetterhelés csökkentésére.¹⁵ Ennek eredményeként jelentősen csökkent a vállalat VOC-kibocsátása, a szennyvizek mennyisége és szennyezettsége, a veszélyes hulladékok mennyisége, aminek nagy részét helyben ártalmatlanítják.

Nitrogénművek Rt.

A Nitrogénművek Rt. környezetvédelmi beruházásai a kilencvenes évek második felétől kezdve főleg a levegővédelemre (Freon kiváltása, ammónia és nitrogén-oxidok kibocsátásának csökkentése), illetve a vizek védelmére (ammónia-, só- és karbamid-kibocsátás csökkentése) irányultak. 1995 és 2000 között a befejezett környezetvédelmi korszerűsítési intézkedések összes költsége 2090 M Ft, a 2001–2002 közötti, még le nem zárt fejlesztésekkel együtt 2603 M Ft.¹⁶

A környezeti menedzsment szerepe a környezetterhelés csökkentésében

A vállalati környezeti menedzsment feladata a jelentős környezeti tényezők, hatások és kockázatok figyelemmel kísérése. Fontos eszköz a technológiai fejlesztések irányának kijelöléséhez, illetve a technológiai fejelem betartásához a munkatársak környezettudatosságának növelésén keresztül.

A környezeti szempontból intenzív vegyipari tevékenységet folytató vállalatok már régóta alkalmaznak különböző környezeti menedzsment-eszközöket környezeti kockázataik hatékonyabb kezelése és környezeti teljesítményük javítása érdekében. Ilyen környezeti menedzsment-eszközök lehetnek például a környezetvédelmi szervezet kiépítése a vállalatnál, belső vagy külső környezeti átvilágítások megszervezése, környezeti politika megfogalmazása és írásba foglalása, nyilvános környezeti jelentés készítése; stb.

Környezetközpontú irányítási rendszerek

Az utóbbi időben egyre inkább terjed, hogy a vállalatok környezetvédelmi tevékenységük támogatása és egységes keretbe való foglalása érdekében Környezetközpontú Irányítási Rendszereket (KIR) vezetnek be. A „mozgalmat” elősegítette, hogy a KIR követelményeit az 1990-es évek közepén nemzetközi szinten szabványosították, az ISO kibocsátotta 14 000 jelű szabványsorozatát. Ebben a folyamatban a vegyipari vállalatok technológiai sajátosságaik és a korábbi kedvezőtlen társadalmi megítélésük megváltoztatása miatt hagyományosan élen járnak.¹⁷

Magyarországon 2002 végén az ISO 14 001-es KIR-tanúsítások száma körülbelül 400-ra tehető, ebből körülbelül 55-60 a vegyiparban található.¹⁸ Ez az arány a vegyiparban az iparon belüli igen előkelő helyét jelzi, figyelembe véve, hogy az összes tanúsítás nem csak az iparvállalatokra vonatkozik, és sok környezetvédelmi szolgáltató, tanácsadó, illetve egyéb szolgáltató szervezet is rendelkezik KIR-tanúsítással. A vegyipari minősítések időbeli alakulását az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat

A vegyipari minősítések számának alakulása

| Év | Tanúsítások száma | Összes tanúsítás |
|------------|-------------------|------------------|
| 1996 | 1 | 1 |
| 1997 | 19 | 20 |
| 1998 | 9 | 29 |
| 1999 | 5 | 34 |
| 2000 | 9 | 43 |
| 2001 | 8 | 51 |
| 2002 | 7 | 58 |
| Ismeretlen | 6 | |

Látható, hogy a szabvány 1996-os bevezetése óta a hazai vegyipari vállalatok folyamatosan építik ki a KIR-jeiket. Jelenleg a nagyobb vállalatok jelentős része már megszerezte a minősítést, vagy a rendszer bevezetése folyamatban van, úgyhogy középtávon a növekedés valószínűleg lassulni fog. Természetesen a minősítést rendszeresen meg kell újítani, ami sok vállalatnál már meg is történt; a fenti táblázat az első tanúsítás időpontját mutatja.

A leginkább elterjedt ISO 14 001 szabvány mellett másféle tanúsítható KIR-t is bevezethetnek a vállalatok. Az európai uniós EMAS-t a hazai vegyipari vállalatok közül még sehol sem vezették be, de hazánk EU-csatlakozása következtében várhatóan terjedni fog.

A környezeti teljesítmény értékelése

A környezeti teljesítmény értékelése és javítása érdekében a KIR mellett környezeti mérőszámrendszert is bevezethetnek a vállalatok, ehhez jó kiindulási alapot jelent az ISO 14 031 szabvány. A mérőszámrendszerek alkalmazása gyorsan terjed a hazai vegyiparban is, de mivel ez nem tanúsítható, az alkalmazások száma nehezen becsülhető.

Környezeti információ a vállalatokról

A vegyipari vállalatok környezetvédelmi teljesítményének nyomon követése és a társadalmi megítélés javítása érdekében fontos, hogy a vállalatok tájékoztassák a különböző, érintett csoportokat környezetvédelmi tevékenységükről, annak eredményeiről. A társadalom igénye a vállalatok környezetvédelmi tel-

jesítményével kapcsolatos információk közlésére sarkal, és a kiélezett piaci versenyben a környezeti teljesítmény folyamatos javítására ösztönöz.

A környezeti teljesítmény bemutatásának fontos eszköze az évente kiadandó, nyilvános környezeti jelentés. A hazai vegyipari vállalatok a kiadott jelentések számát tekintve ebből a szempontból is előkelő helyen állnak. Hazánkban eddig 21 vállalat adott ki nyilvános éves környezeti jelentést, ebből az alábbi hat cég tartozik a vegyiparhoz (zárójelben, hogy az adott vállalat eddig hányszor adott ki jelentést):

- MOL Rt. (6)
- TVK Rt. (5)
- BorsodChem Rt. (3)
- Sanofi-Synthelabo/Chinoi Rt. (3)
- Pannonplast-csoport (2)
- Richter Gedeon Rt. (2).

Az első magyarországi környezetvédelmi jelentést a MOL Rt. adta ki az 1996-os évre vonatkozóan.

A jelentések tartalmát illetően leginkább az időbeli és a vállalatok közötti összehasonlítást lehetővé tevő adatok hasznosak. A vállalatok környezetterhelése nagymértékben függ a termelés mennyiségétől és szerkezetétől, ugyanakkor az időbeli összehasonlítás lehetővé teszi, hogy a technológiai korszerűsítések környezetre gyakorolt hatását is számszerűsíteni lehessen. A környezeti jelentésekben fontosak az összehasonlíthatóságot célzó szabványosítási törekvések. A jelentések hitelességét hivatott biztosítani, hogy egyes vállalatok független auditorral tanúsíttatják a jelentéseiket. Egy lehetséges továbbfejlesztési irány a fenntarthatósági jelentések kiadása, amelyben a környezeti, gazdasági és szociális teljesítményt együttesen vizsgáló mutatószámokkal jellemzik a vállalat tevékenységét.

A környezeti jelentést kiadó vállalatokhoz képest sokkal több hazai vegyipari vállalat csatlakozott a „Felelős Gondoskodás” kezdeményezéshez. Ennek keretében rendszeresen szolgáltatnak adatokat környezetvédelmi teljesítményükről, amit a Magyar Vegyipari Szövetség összesít.

A környező lakosság, illetve a környezetvédő szervezetek tájékoztatásának egyik lehetséges módja a vállalati nyílt napok szervezése. Ezt a gyakorlatot több hazai vegyipari vállalat is alkalmazza.

Összefoglalás

Az utóbbi évtizedben a szennyezések elleni küzdelem egyik fő eszköze a csővégi rendszerek alkalmazása, vagyis a hulladékok és a szennyezések áramai-

nak kezelése volt. A csővégi megközelítés alapvető jelentőségű számos ipar és számos technológia esetében, de csakis akkor alkalmazható végső lehetőségként, ha a tisztább technológia kínálja megoldásokat mind előbb megvizsgálták. Csővégi rendszerek egyaránt szolgálhatnak víz, levegő, zaj vagy szilárd hulladék kezelésére. Egy sor ilyen technológia vonulatható fel, a különféle biológiai és kémiai víztisztítási rendszerektől kezdve a szűrőrendszerekig, a ciklonok és más leválasztó berendezésektől a zajcsökkentést szolgáló akusztikus gátlókig és kipufogókig. A legtöbb anyagáram esetében valószínűleg létezik egy sor egyformán elfogadható tisztítási lehetőség, amelyek különböző minőségi, gazdaságossági és környezeti teljesítménnyel jellemezhetők. Környezeti szempontból legésszerűbb választás a kezelési igény minimalizálása, annak érdekében, hogy a lehető legkisebb csővégi beavatkozásra legyen szükség. A tisztább termelés gondolatát a termelési folyamat egészen célszerű végigvinni, különös tekintettel az előkészítő folyamatokra és az erőforrások megtakarítására.

A hulladékok kezelésének hagyományos megközelítését végigtekintve a következők állapíthatók meg: a hulladékok „kezelése” a kidobással és elkeveréssel kezdődött, majd a hulladékok csökkentésén és visszaforgatásán keresztül eljutottak a menedzselésig. Ma a forrás megszüntetésénél és az erőforrás-használat minimalizálásánál tartunk. A jövőben várhatóan még nagyobb hangsúlyt kap az erőforrások megtakarítása, a ritkuló erőforrások értelme- sebb felhasználása. A hatóerők így egyre inkább a megelőző jellegű megoldások felé irányítják a vegyipart is.

Köszönet illeti dr. Blazsek István (Nitrogénművek Rt.) és dr. Csuták János (BorsodChem Rt.) urakat készséges közreműködésükért, Harangozó Gábor PhD-hallgatót a szöveg véglegesítésében nyújtott segítségéért.

Jegyzetek

- 1 Hasonló kémiai szerkezetű rovarirtó szerek az 1950–1970-es időkben rendkívül népszerűek voltak. Feltételezett rákkeltők. 1987-ben teljesen betiltották őket az USA-ban, később sok más országban.
- 2 A Minamata-öböl (Japán) vizébe évtizedeken keresztül higanytartalmú szennyvizet bocsátottak. A szerves higanyvegyület (az acetaldehid-gyártás higany-katalizátorából keletkezett metilhigany) a halakban felhalmozódott. Több mint 900 halott és soktízezer megbetegedés volt a következménye.
- 3 *Technology Vision 2020. The U.S. Chemical Industry*, Washington D.C., ACS, 1996.
- 4 *Responsible Care®*. The Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, Canada
- 5 *The World Commission on Environment and Development (Brundtland Commission)*. „Our Common Future”. Oxford, Oxford University Press, 1987.
- 6 Az 1990-es évek során MOL Rt. az üzemanyagok kén- és benzoltartalmát jelentősen csökkentette. 1999-ben megszüntették az ólommal adalékolt benzin gyártását.

- 7 Kerekes S.: *A környezetgazdaságtan alapjai*. Aula, Budapest, 1998.
- 8 Kerekes S.: *Átfogó*, 1: 41–57. 2001.
- 9 Zilahy Gy.: *Átfogó*, 1: 58–63. 2001.
- 10 BorsodChem Rt. Dr. Csuták János közlése.
- 11 UNEP: *Cleaner Production – Key Elements* (www.uneptie.org).
- 12 A Magyar Vegyipari Szövetség becslése alapján.
- 13 A BorsodChem Rt. 2000. évre vonatkozó környezeti jelentése alapján.
- 14 A MOL Rt. éves egészségvédelmi, biztonságtechnikai és környezetvédelmi (EBK) jelentései alapján.
- 15 A TVK Rt. környezeti jelentései alapján.
- 16 Nitrogénművek Rt. Dr. Blazsek István közlése.
- 17 Az Amerikai és az Európai Vegyipari Szövetség adatai alapján. In: Horváth I. T: *Vegyipar és társadalom. Magyar Vegyipar*, 2001. március, 8. old.
- 18 A táblázatban közölt adatok részben saját információkon, részben a KÖVET-INEM Hungária, illetve a Szenzor Kft. nyilvántartásain alapulnak.*

Zöld kémia

Bevezetés

A világ népességének növekedésével és az átlagos életszínvonal javulásával arányosan növekszik a vegyipar termelése, amelynek következtében jelentősen megnőtt a környezetre és az egészségre károsan ható anyagok kibocsátásának lehetősége. Számos ország már a hetvenes években felismerte a kérdés-kör jelentőségét és új környezetvédelmi törvényeket vezetett be.¹ Sajnos ezek a szabályozások nem mindig hozták meg a kívánt eredményt és a nyolcvanas évek végére nyilvánvalóvá vált, hogy hatékonyabb stratégiára van szükség. Az 1990-ben elfogadott amerikai szennyezés-megelőzési törvény² a hagyományos „parancsolj és szabályozz” irányítási módszer helyett a környezeti szennyezők forrásának csökkentésére helyezte a hangsúlyt. A megelőzési stratégia azon az egyszerű felismerésen alapul, amely szerint, ha egy szennyező anyag nem keletkezik, akkor nem is okozhat környezeti problémát. Azaz nem elég a környezeti problémák eredetét megérteni és azokat utólag, rohamlépésben megoldani, hanem törekedni kell olyan új vegyipari folyamatok és termékek kifejlesztésére, amelyek a fejlesztés idején rendelkezésre álló és hiteles adatok szerint nem lesznek az egészségre és a környezetre károsak. A felvett zöld „szemüveg” ahhoz vezet, hogy számos rutinszerűen használt vegyület, módszer és technológiai megoldás azonnal láthatatlanná válik, és a célok elérése gyakran számottevően megnehezedik. A zöld kémia erre a kihívásra próbál válaszolni: útmutatót ad a környezeti szempontból jobb megoldások kialakításához.³

Az első zöld kémiai kutatási programot „Alternatív szintetikus utak” címmel 1991-ben írta ki az Amerikai Környezeti Minisztérium (EPA), amelyet egy évvel később követett az Amerikai Tudományos Alap (NSF) hasonló célú „Környezetbarát szintézisek és eljárások” nevű programjának meghirdetése. 1993-ban az Amerikai Környezeti Minisztérium hivatalos programjává vált a zöld kémia (U.S. Green Chemistry Program).⁴ Az Európai Közösségben először az 1993-ban Velencében, 30 egyetem közreműködésével megalakult konzorcium indított zöld kémiai programot.⁵ Nem sokkal később az Egyesült Királyságban,⁶ majd Japánban⁷ kezdte meg működését a zöld hálózat, 2002-ben pedig az európai COST-program⁸ zöld kémiai akciója indult el.

A zöld kémiának az elmúlt tíz évben világszerte tapasztalható rohamos terjedése annak a felismerésnek köszönhető, amely szerint a környezetbarát és egészségre ártalmatlan termékek és technológiák hosszú távon a leggazdaságosabbak.

A zöld kémia 12 alapelve

Anastas és Warner a zöld kémia alapelveit 12 pontban foglalták össze a „Zöld kémia: elmélet és gyakorlat” című könyvükben.⁹ A zöld kémia a következő 12 elven alapul:

- Jobb megelőzni a hulladék keletkezését, mint keletkezése után kezelni.
- Szintézisek tervezésénél törekedni kell a kiindulási anyagok legnagyobb felhasználására (minél nagyobb atomhatékonyságra).
- Lehetőség szerint már a szintézisek tervezésénél olyan reakciókat célszerű választani, amelyekben az alkalmazott és a keletkező anyagok nem mérgező hatásúak és a természetes környezetre nem ártalmasak.
- Kémiai termékek tervezésénél törekedni kell arra, hogy a termékekkel szembeni elvárások teljesítése mellett mérgező hatásuk minél kisebb mértékű legyen.
- Segédanyagok (oldószerek, elválasztást elősegítő reagensek stb.) használatát minimalizálni kell, s amennyiben szükséges, ezek „zöldek” legyenek.
- Az energiafelhasználás csökkentésére kell törekedni (szobahőmérséklet és atmoszférikus nyomás).
- Megújuló nyersanyagokból válasszunk vegyipari alapanyagokat.
- A felesleges származékkészítést kerülni kell.
- Reagensek helyett szelektív katalizátorok alkalmazását kell előtérbe helyezni.
- A kémiai termékeket úgy kell megtervezni, hogy használatuk végeztével ne maradjanak a környezetben, és bomlásuk környezetre ártalmatlan termékek képződéséhez vezessen.
- Új és érzékeny analitikai módszereket kell használni a vegyipari folyamatok *in situ* ellenőrzésére, hogy a veszélyes anyagok keletkezését idejében észlelni lehessen.
- A vegyipari folyamatokban olyan anyagokat kell használni, amelyek csökkentik a vegyipari balesetek (kémiai anyagok kibocsátása, robbanás, tűz) valószínűségét.

Anastas és Warner a zöld kémiát a kémiai termékek tervezését, termelését és felhasználását irányító, fenti 12 elv egységes alkalmazásaként határozta meg. Ennek eredményeként csökken, vagy megszűnik a környezetre veszélyes

anyagok előállítása és felhasználása. Az elmúlt évtizedben évről évre egyre több olyan tudományos cikk és szabadalom jelent meg, amely már figyelembe vette a zöld kémia 12 alapelvét. Az első, csak zöld kémiával kapcsolatos híreket és kutatásokat bemutató folyóirat 1999-től Zöld Kémia címmel az Angol Kémiai Társaság (Royal Society of Chemistry) gondozásában jelenik meg.¹⁰ Fontos megjegyezni, hogy noha a 12 alapelv közül több magától értendően tűnik, az alapelvek együttes alkalmazása egy adott feladat megoldásakor gyakran azt kívánja, hogy teljesen az alapokból kiindulva tervezzünk meg egy új terméket vagy folyamatot. A zöld kémia tehát az alap kutatások fontosságára hívja fel a figyelmet.

Mivel a zöld kémia 12 alapelvéről és alkalmazásáról már megjelent egy magyar nyelvű összefoglaló¹¹, a következőkben néhány példán keresztül mutatjuk be a zöld kémia lényegét.

A termelés szempontjából hulladéknak tekinthető minden olyan anyag, amelyet már nem lehet továbbhasznosítani, így az nem hoz hasznot a termelőnek, sőt fizetnie kell a biztonságos elszállításért, tárolásért, és felelős lehet a későbbi esetleges környezeti károkért. Mivel a hulladék valamilyen formában tartalmazza a folyamatban használt anyagok egy részét, amelyeket a gyártó egyszer már kifizetett, a hulladék újrahasznosítása (elválasztás, tisztítás, kémiai átalakítás) nem kívánatos „ismételt” költséget jelent. Különös tekintettel kell eljárni olyan hulladékok esetében, amelyek bizonyítottan káros hatásúak lehetnek az egészségre és/vagy a környezetre. Gondoskodni kell arról, hogy ezek a környezetbe ne kerüljenek ki! A veszélyes hulladék kezelése, tárolása, esetleges kémiai átalakítása mind csökkenti a folyamat gazdaságosságát. Ugyanakkor még fokozott ellenőrzés mellett sem lehet teljesen kizárni egy esetleges szivárgás vagy baleset bekövetkezését.

Egy adott kémiai folyamat hatásfokát szokásosan a hozammal jellemezzük. Ha egy mól kiindulási anyagból egy mól kívánt termék lesz, akkor a hozam 100%-os és a szintézis tökéletesnek tűnik. Ez a jelzőszám azonban nem veszi figyelembe a hulladék keletkezését. Gyakran előfordul, hogy egy „tökéletes hozamú” szintézisben a termék tömegének sokszorosát kitevő hulladék képződik. A keletkező hulladék mennyiségét a környezeti tényező (Environmental Factor) jellemzi, amely az 1 kg termékre eső hulladék tömegét adja meg.¹² A különböző, kémiai eljárásokat alkalmazó iparágakra jellemző, hogy minél nagyobb a termelés volumene, annál kisebb a környezeti tényező (1. táblázat).

Ez valószínűleg abból adódik, hogy a nagy volumenű folyamatok káros környezeti hatása sokkal nagyobb lehet, így a gyártó cég mellett mind a szabályozó állami szervek, mind a környezetvédők ellenőrzése sokkal szigorúbb.

A hulladékképződéssel kapcsolatos problémát jól szemlélteti az etilén-oxid, klórhidrin-eljárással történő, hagyományos előállítása¹³ (1. ábra), amelynek során 1 kg termék mellett 2,93 kg hulladék képződik. (A környezeti tényező = $(111+18)/44 = 2,93$.)

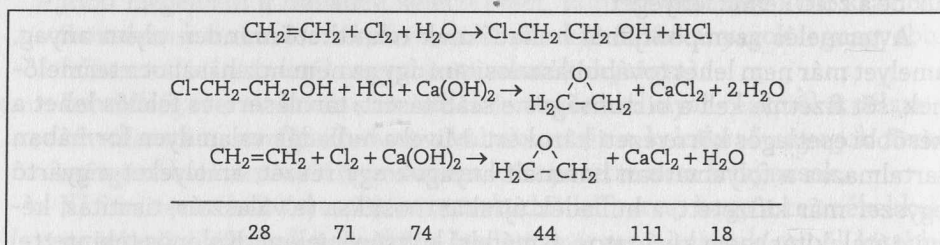
1. táblázat

Különböző iparágak környezeti tényezői

| Iparág | Éves termelés (t) | Környezeti tényező |
|----------------------------|-------------------|--------------------|
| Kőolaj-finomítás | 10^6-10^8 | 0,1 |
| Vegyipari alapanyaggyártás | 10^4-10^6 | 1-5 |
| Finomvegyszergyártás | $1-10^4$ | 5-50 |
| Gyógyszergyártás | $10-10^3$ | 25-100+ |

1. ábra

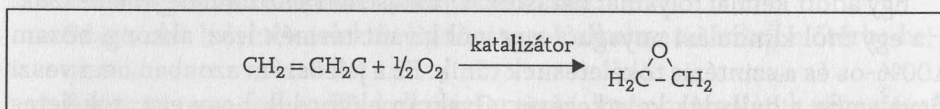
Az etilén-oxid előállítása a klórhidrin-eljárással



Ezzel szemben az etilén katalitikus oxidációja során (2. ábra) csak etilén-oxid keletkezik.

2. ábra

Az etilén-oxid előállítása katalitikus oxidációval



Mivel a terméket könnyű elválasztani az ezüstalapú, heterogén katalizátor-tól ($\text{Ag}/\text{Al}_2\text{O}_3$), elméletileg hulladék nem keletkezik¹⁴ (a környezeti tényező = 0). Szintén általános gyakorlat a kémiában, hogy a kémiai egyenletek csak a reakciók kiindulási anyagait és céltermékeit sorolják fel. Az adalékok, reagensek, oldószerek használata, vagy a melléktermékek keletkezése viszont komoly problémát jelent egy nagyipari technológiában, különösen ha ezek nem használhatók fel, így hulladéknak számítanak és elválasztásuk is növeli a költségeket. Egy zöld kémiai szempontból ideális reakcióban, vagy folyamatban az összes kiindulási atom megjelenik a termékben. Ezt az atomhatékonysággal lehet jellemezni,¹⁵ ami megmutatja, hogy a kiindulási anyagok atomjai milyen százalékban alakulnak át a céltermékké:

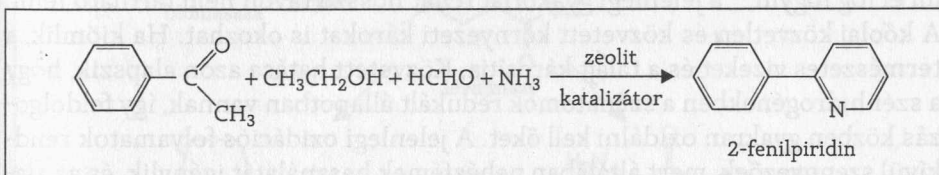
Atomhatékonyság = (céltermék molekulatömege/kiindulási anyagok molekulatömege)×100

A klasszikus etilén-oxid szintézis (1. ábra) atomhatékonysága csak 25% $[44/(28+71+74)]$ a viszonylag nagy molekulatömegű kalciumnak és klórnak köszönhetően. Ezzel szemben az etilén katalitikus oxidációja (2. ábra) 100%-os atomhatékonyságú. Ebből a példából jól látható, hogy a katalitikus folyamatok atomhatékonysága mindig jobb, mint a sztöchiometrikus reakcióké.

A szerves kémiai hulladékok nagy része többlépéses reakcióban képződik. Minden egyes lépést elválasztás és gyakran tisztítás követ. Ezek mindegyike oldószert fogyaszthat, és szennyezést termelhet. Ezzel szemben az egylépéses reakciók nagymértékben csökkentik a felhasznált vegyszerek mennyiségét. A fenilpiridint és származékait széles körben használja az orvostudomány, a mezőgazdaság és a koordinációs kémia. A fenilpiridint piridin fenil-lítiummal történő arilezésével, Grignard reakcióval, vagy benzonitril és etilén Co(I)-komplexek által katalizált reakciójával állítják elő. Ezekben az eljárásokban a termékelegy feldolgozása komoly gondot jelent. A fenilpiridin előállítható egy lépésben acetofenon, etanol, formaldehid és ammónia gázfázisú reakciójával, zeolit katalizátor jelenlétében, 400 °C-on¹⁶ (3. ábra).

3. ábra

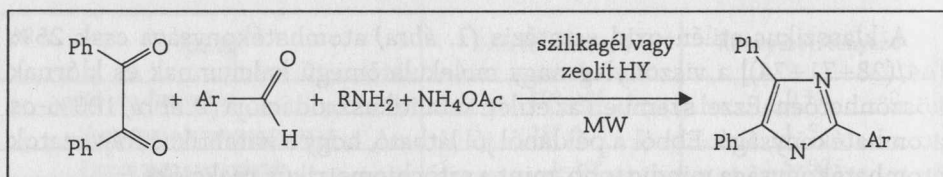
A 2-fenilpiridin előállítása



Az imidazol szubsztituált származékai a gyógyszergyártás fontos intermedierei, nagy szerepük van biokémiai eljárásokban is. Szintézisükre sok módszer áll rendelkezésre, de ezek nagy mennyiségű hulladékot termelnek. Ezzel szemben a dionok, aldehidek, aminok, és ammónium-acetát kondenzációját egy lépésben is meg lehet valósítani zeolit katalizátor jelenlétében, mikrohullámú (MW) energiaközléssel. Ekkor nincs szükség oldószerre, és a zeolit könnyen elválasztható a termékelegytől¹⁷ (4. ábra).

Adott kémiai termék gyártása a kiindulási anyag megválasztásával kezdődik. A legtöbb esetben ez a döntés meghatározza a szintézis környezetre gyakorolt hatását azáltal, hogy mennyire veszélyes maga az anyag, és azzal is, hogy milyen nyersanyagból tudják gazdaságosan előállítani. A kiindulási anyag származhat kimerülő vagy megújuló nyersanyagforrásból. A felosztást az emberi élet időskálája alapján végezzük. Ennek alapján jellemzően kimerülő for-

Tetra-szubsztituált imidazolok oldószermentes szintézise



rás a kőolaj, annak ellenére, hogy geológiai időskálán mérve megújuló, és csak nagyon lassan képződik. Ugyanaz a nyersanyag mind a két típusba is tartozhat, attól függően, hogy honnan nyerjük. Ha a szén-dioxidot fosszilis üzemanyag égetésével kapjuk, akkor kimerülő nyersanyagforrásnak, ha növények elégetésével, akkor megújulónak is lehet tekinteni. Ha két kiindulási anyag valamennyi tényezőben megegyezik, akkor a megújuló nyersanyagforrásnak előnyt kell élveznie a kimerülővel szemben. A megújuló kiindulási anyagok tipikus példái a biológiai, főleg növényi eredetű anyagok.

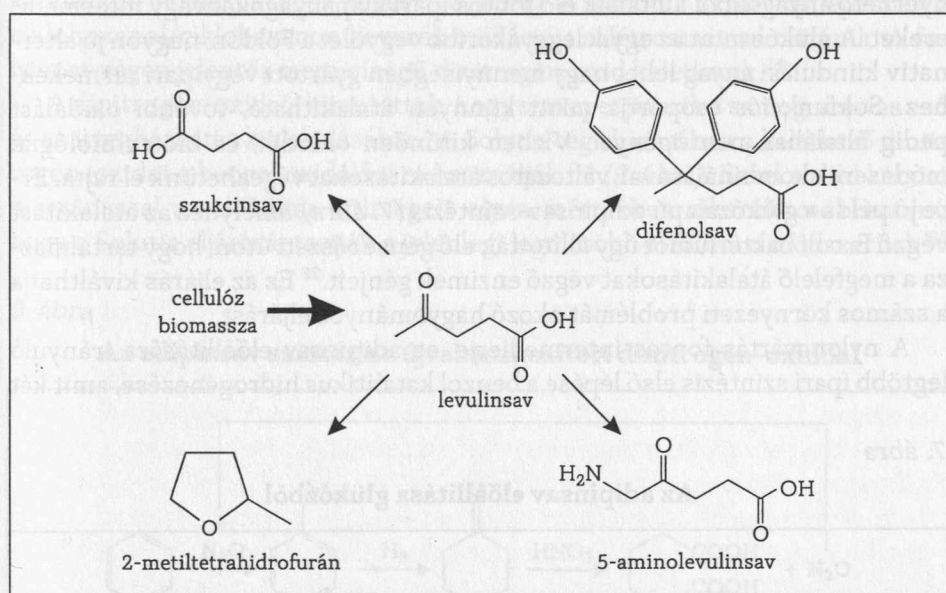
A vegyipari szerves alapanyagok és intermedierek több mint 95%-ának nyersanyaga a kőolaj. A belső égésű motorok számának rohamos növekedésével a közlekedés is egyre több kőolajat fogyaszt, a növekvő energiafelhasználás miatt pedig hatalmas mennyiségeket égetnek el erőművekben. Ezek a folyamatok azt eredményezték, hogy a rendelkezésre álló kőolaj belátható időn belül el fog fogyni,¹⁸ a jelenlegi gyakorlat tehát hosszú távon nem tartható fenn. A kőolaj közvetlen és közvetett környezeti károkat is okozhat. Ha kiömlik, a természetes vizeket és a talajt károsítja. Közvetett hatása azon alapszik, hogy a szénhidrogénekben a szénatomok redukált állapotban vannak, így feldolgozás közben gyakran oxidálni kell őket. A jelenlegi oxidációs folyamatok rendkívül szennyezőek, mert általában nehézfémek használatát igénylik, és az alacsony szelektivitás miatt, sok hulladék keletkezik. Ezzel szemben a növényi eredetű nyersanyagok nagymértékben oxidáltak, gyakran királisak és a sokfunkciós csoport miatt könnyű továbbalakítani őket.¹⁹ Amellett, hogy összetételük nagyon változatos, génebézési módszerekkel növelni lehet a termelési kapacitást, és módosítani lehet a termék szerkezetét.

Fontos megjegyezni, hogy a hagyományos nyersanyagok (szén, olaj, földgáz) háromdimenziósak, vagyis a lelőhely mélységében is kiterjedt, így kis helyen nagy mennyiség koncentrálódik. Az ültetvények viszont két dimenzióban terjeszkednek, így azonos mennyiségű alapanyag előállításához sokkal nagyobb területet igényel. A növényi eredetű nyersanyagok szükségszerűen időszakos jellegűek, csak az év egy bizonyos részében állnak rendelkezésre. Az ipari termelés és a szükségletek jelentkezése viszont időben folyamatos, nem lehet évszaktól és időjárástól függővé tenni az alapanyag-ellátást.

Az Egyesült Államokban minden emberre átlagosan egy kilogramm cellulózhulladék jut. Ez nem meglepő, ha figyelembe vesszük, hogy a kidobott szemét 70%-ban tartalmazza ezt a poliszaharidot. A Biofine vállalatnak sikerült átalakítania ezt a szénhidrátot egy szerves kémiai alapanyaggá, a levulinsavvá.²⁰ A szilárd cellulózhulladékot kénsavban feloldják, és 200–220 °C között 15 perc elteltével levulinsav képződik. Amíg a hagyományos szintézis alacsony hozamú, ezzel az eljárással 70-90%-os kitermelést lehet elérni a hulladék minőségétől függően. A levulinsav piaci ára 10 USD körüli, míg a Biofine-eljárással készült levulinsav önköltsége mindössze 64 cent. Nem meglepő, hogy már kifejlesztettek levulinsavra alapuló szintéziseket is (5. ábra).

5. ábra

Kémiai termékek előállítása levulinsavból



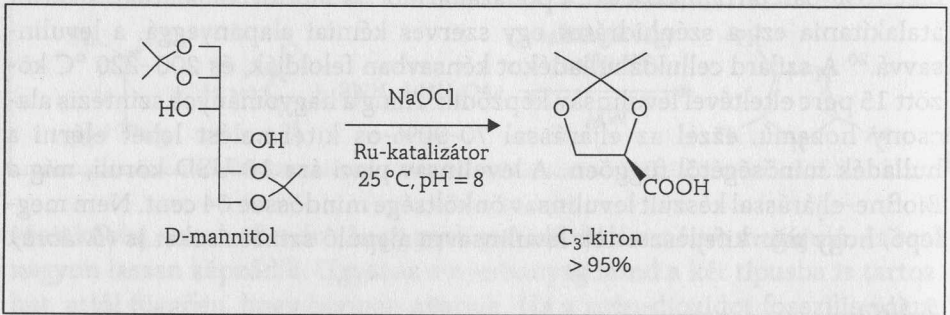
A difenolsav alkalmazható polikarbonátok és epoxigyanták monomereként. Amíg a 2-metiltetrahydrofuran felhasználható benziladalékként, addig az 5-aminolevulinic acid nem mérgező, és biológiailag lebomló gyomirtó szerként használható.

A szénhidrátok ideális kiindulási anyagok lehetnek királis vegyületek hatékony előállításához. Így a D-mannitolból kiindulva, nátrium-hipoklorittal, szobahőmérsékleten, homogén vagy heterogén ruténium-katalizátor jelenlétében, C3-kiron keletkezik 95%-nál nagyobb mennyiségben²¹ (6. ábra).

A megújuló alapanyagokra eddig leírt alkalmazások többségében a mezőgazdaság által nagy mennyiségben termelt növényekből, illetve a belőlük ki-

6. ábra

Mannitol átalakítása ruténium-katalizátorral

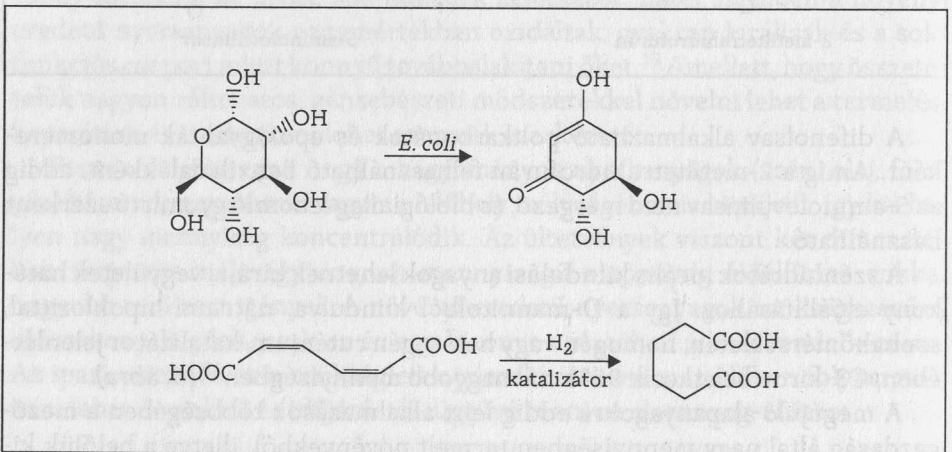


nyerhető anyagokból állítanak elő fontos ipari alapanyagokat vagy intermediereket. A glükóz mint az egyik leggyakoribb vegyület a Földön, nagyon jó alternatív kiindulási anyag lehet nagy mennyiségben gyártott vegyipari termékekhez. Sokfunkciós csoportja miatt könnyen átalakítható, további oxidálást pedig általában nem igényel. Vízben kitűnően oldódik, és biotechnológiai módszerek kombinálásával, változatos átalakításokat végezhetünk el rajta. Erre jó példa a glükózalapú adipinsav-szintézis (7. ábra), amelyhez az átalakítást végző *E. coli* baktériumot úgy állították elő génsebészeti úton, hogy tartalmazza a megfelelő átalakításokat végző enzimek génjeit.²² Ez az eljárás kiválthatja a számos környezeti problémát okozó hagyományos eljárást.

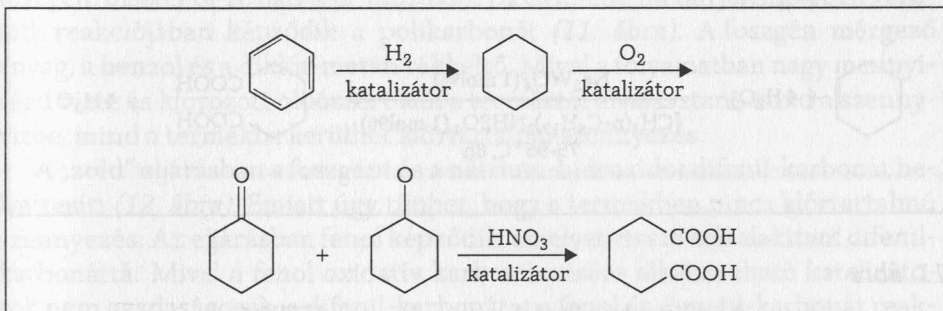
A nyílgyártás fontos intermediere, az adipinsav előállítására irányuló legtöbb ipari szintézis első lépése a benzol katalitikus hidrogénezése, amit két

7. ábra

Az adipinsav előállítása glükózból



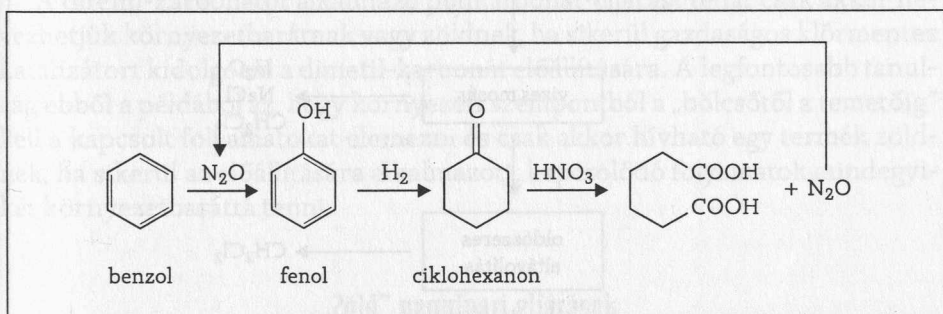
Az adipinsav hagyományos előállítási módja



katalitikus oxidációs lépés követ²³ (8. ábra). A második oxidációs lépésben a ciklohexanol/ciklohexanon keverék oxidációja salétromsavval történik. A folyamat végén jelentős mennyiségű dinitrogén-oxid keletkezik.²⁴

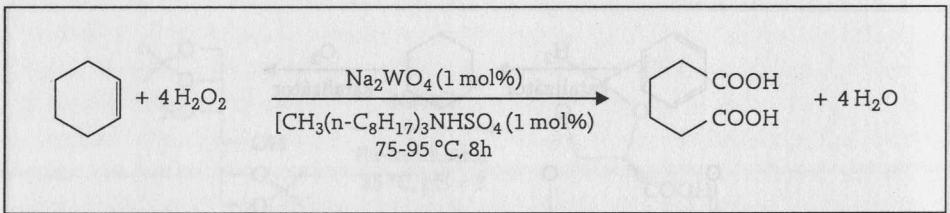
A dinitrogén-oxidról kimutatták, hogy szerepet játszik a szmog, a savas eső és az üvegházhatás kialakulásában. A Solutia cég eljárásában a keletkező dinitrogén-oxidot a benzol oxidálására használják fel (9. ábra). Ezzel a zöld kémiai megoldással az előállítás költségeit olyan mértékben sikerült csökkenteni, hogy a Solutia eljárását tartják a jelenlegi legolcsóbb előállítási módszernek.²⁵

Az adipinsav szintézise újrahasznosított dinitrogén-oxiddal

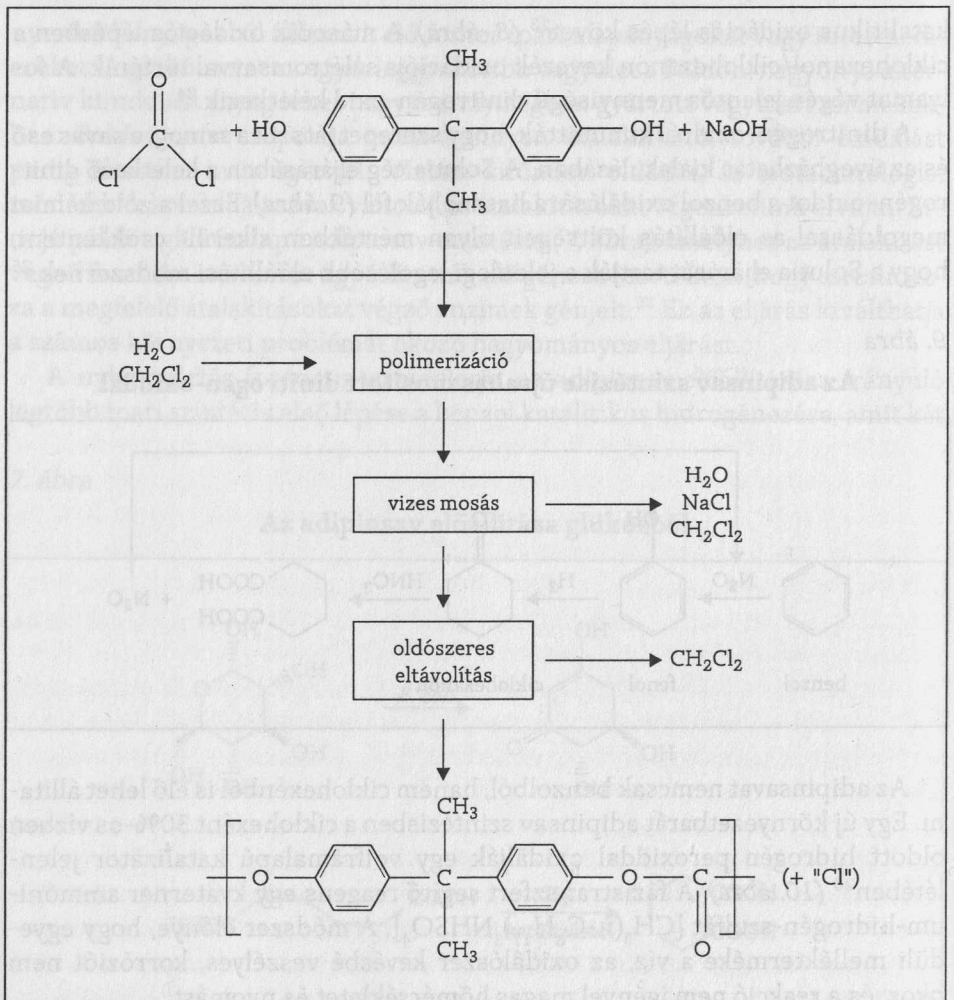


Az adipinsavat nemcsak benzolból, hanem ciklohexénből is elő lehet állítani. Egy új környezetbarát adipinsav szintézisben a ciklohexént 30%-os vízben oldott hidrogén peroxiddal oxidálják egy volfrámalapú katalizátor jelenlétében²⁶ (10. ábra). A fázistranszfert segítő reagens egy kvaterner ammónium-hidrogén-szulfát [$\text{CH}_3(\text{n-C}_8\text{H}_{17})_3\text{NHSO}_4$]. A módszer előnye, hogy egyedüli mellékterméke a víz, az oxidálószer kevésbé veszélyes, korróziót nem okoz, és a reakció nem igényel magas hőmérsékletet és nyomást.

Az adipinsav környezetbarát szintézise



A polikarbonátok hagyományos előállítása



A zöld kémiai megoldásokkal kapcsolatos nehézségekre jó példa a polikarbonátok előállítására kifejlesztett „zöld” eljárás. A hagyományos eljárásnál a foszgén, biszfenol-A, nátrium-hidroxid, víz és diklór-metán jelenlétében vezetett reakciójában képződik a polikarbonát (11. ábra). A foszgén mérgező anyag, a benzol és a diklór-metán rákkeltő. Mivel a folyamatban nagy mennyiségű vizet és klórozott oldószert kell a terméktől elválasztani, mind a szennyvízbe, mind a termékbe kerülhet klórtartalmú szennyezés.

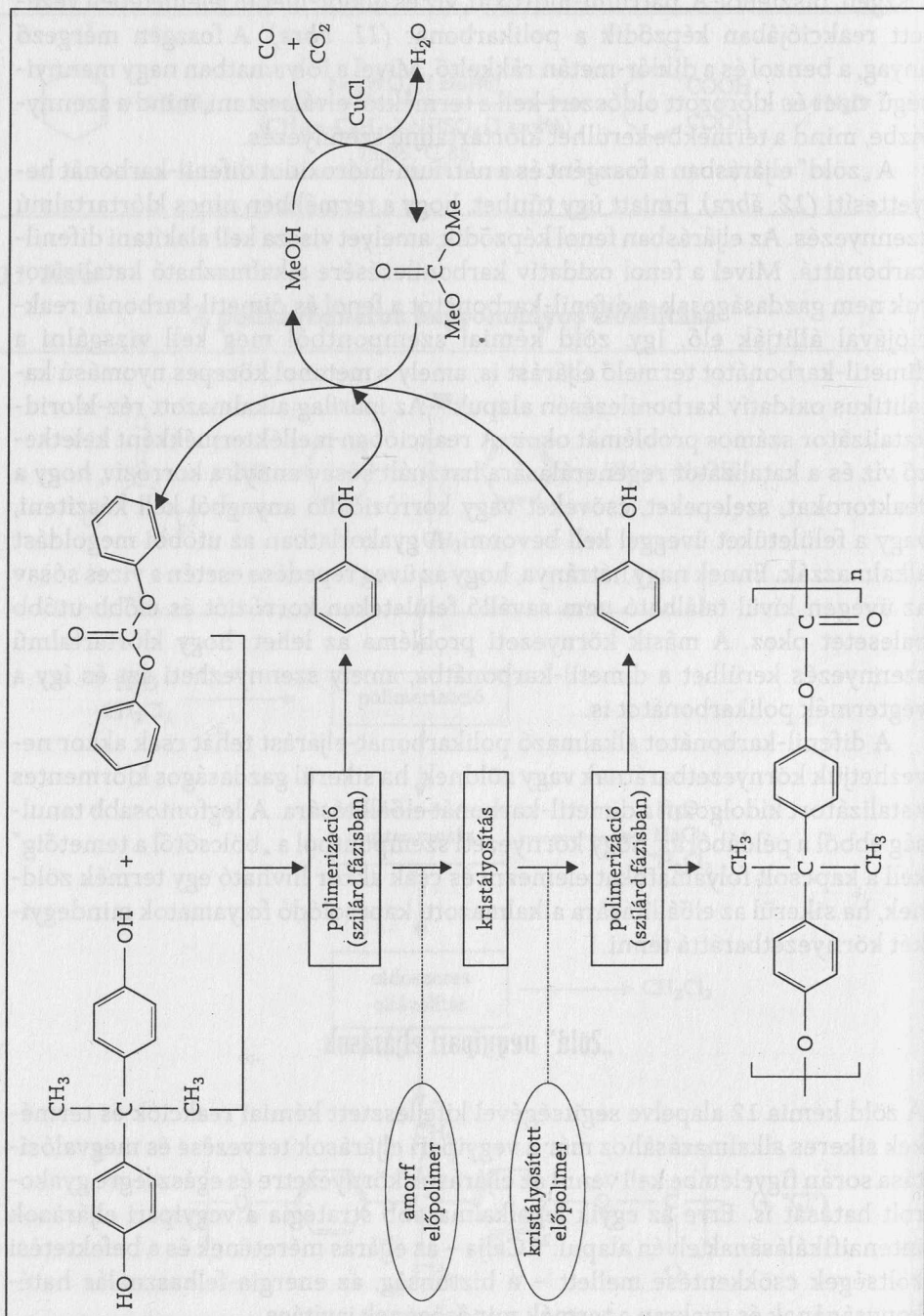
A „zöld” eljárásban a foszgént és a nátrium-hidroxidot difenil-karbonát helyettesíti (12. ábra). Emiatt úgy tűnhet, hogy a termékben nincs klórtartalmú szennyezés. Az eljárásban fenol képződik, amelyet vissza kell alakítani difenil-karbonáttá. Mivel a fenol oxidatív karbonilezésére alkalmazható katalizátorok nem gazdaságosak, a difenil-karbonátot a fenol és dimetil-karbonát reakciójával állítják elő. Így, zöld kémiai szempontból meg kell vizsgálni a dimetil-karbonátot termelő eljárást is, amely a metanol közepes nyomású katalitikus oxidatív karbonilezésén alapul.²⁷ Az iparilag alkalmazott réz-klorid-katalizátor számos problémát okoz. A reakcióban melléktermékként keletkező víz és a katalizátor regenerálására használt sósav annyira korrózió, hogy a reaktorokat, szelepeket, csöveket vagy korrózióálló anyagból kell készíteni, vagy a felületüket üveggel kell bevonni. A gyakorlatban az utóbbi megoldást alkalmazzák. Ennek nagy hátránya, hogy az üveg repedése esetén a vizes sósav az üvegen kívül található nem saválló felületeken korróziót és előbb-utóbb balesetet okoz. A másik környezeti probléma az lehet, hogy klórtartalmú szennyezés kerülhet a dimetil-karbonátba, amely szennyezheti azt és így a végtermék polikarbonátot is.

A difenil-karbonátot alkalmazó polikarbonát-eljárást tehát csak akkor nevezhetjük környezetbarátnak vagy zöldnek, ha sikerül gazdaságos klórmentes katalizátort kidolgozni a dimetil-karbonát előállítására. A legfontosabb tanulság ebből a példából az, hogy környezeti szempontból a „bölcstől a temetőig” kell a kapcsolt folyamatokat elemezni és csak akkor hívható egy termék zöldnek, ha sikerül az előállítására alkalmazott, kapcsolódó folyamatok mindegyikét környezetbaráttá tenni.

„Zöld” vegyipari eljárások

A zöld kémia 12 alapelve segítségével kifejlesztett kémiai reakciók és termékek sikeres alkalmazásához már a vegyipari eljárások tervezése és megvalósítása során figyelembe kell venni az eljárások környezetre és egészségre gyakorolt hatását is. Erre az egyik legalkalmasabb stratégia a vegyipari eljárások intenzifikálásának elvén alapul.²⁸ Célja – az eljárás méretének és a befektetési költségek csökkentése mellett – a biztonság, az energia-felhasználás hatékonyságának és gyakran a termék minőségének javítása.

A polikarbonátok „zöld” előállítása



Egy intenzifikált eljárásra jellemző, hogy

- minden molekula azonos körülményekkel találkozik;
- a keverési és anyagátadási sebességek összhangban vannak a reakció sebességével,
- megfelelő a hő- és tömegátadás;
- az eljárás alapját adó reakció lejátszódásának sebességét nem a műveleti paraméterek, hanem a reakció kinetikája határozza meg;
- növeli a konverziót és a szelektivitást;
- javítja a termék minőségét és biztosítja a minőség állandóságát;
- lehetővé teszi a különböző alapanyagok közötti gyors cserét, rövid időtartamú tisztítás után;
- gyorsan követi a folyamat paramétereinek változtatását.

A fenntartható fejlődés és a zöld kémia

Az emberiség legfontosabb célja az, hogy a civilizáció folyamatos fejlődése mellett az emberek egyéni és kollektív tevékenysége folytatható legyen a végtelen jövőben legalább azonos, de ha lehet jobb életkörülmények között. A tudósok és a mérnökök kulcsszerepet töltenek be a fenntartható civilizáció kialakításában, lévén felfedezéseik eredményei gyakran csak évtizedekkel később kerülnek alkalmazásra és hatnak előnyösen vagy hátrányosan a civilizáció fejlődésére. Ebből következően a társadalom számára fontos problémák megoldásakor nem mindig használható az adott tudományág teljes tudáskészlete, hanem már a kutatómunka tervezésekor ki kell kerülni a jövő generációira biztosan vagy várhatóan negatívan ható módszereket és megoldásokat. Az 1987-ben megjelent „Közös jövőnk” című könyv²⁹ azon ritka művek közé tartozik, amely jelentős változást hozott az emberiség jövőjének alakításával kapcsolatban. A könyv legfontosabb üzenete: folyamatos ipari és társadalmi fejlődésre van szükség ahhoz, hogy a gyorsan növekvő népességet élelmezni lehessen, elfogadható életminőség biztosítása mellett. A fejlődésnek természetesen hosszú távon fenntarthatónak kell lennie, vagyis úgy kell kielégíteni a mai nemzedékek igényeit, hogy a jövő nemzedékeinek érdekei ne sérüljenek. Az 1999-ben megjelent „Közös utazásunk” című könyv – a fenntartható fejlődés fontosságának elismerése mellett – továbbfejlesztette az elméletet.³⁰

A fenntartható fejlődés koncepcióját manapság már széles körben elfogadják és alkalmazzák. A koncepciónak két fontos eleme van:

- olyan sebességgel kell a természetes nyersanyagokat felhasználni, hogy mennyiségük ne csökkenjen egy elfogadhatatlanul alacsony szint alá;

- a hulladékok képződésének és környezetbe való jutásának sebessége nem lehet gyorsabb, mint a környezet feldolgozási képessége.

Ebből következően a zöld kémia céljainál tovább kell lépni, és figyelembe kell venni a technológiák hosszú távú környezeti hatásait. A fenntartható fejlődés megkívánja a vegyipar és a környezet kölcsönhatásának mérésére szolgáló új módszerek kidolgozását és alkalmazását. Természetesen az új mérési módszereknek alkalmazhatóknak kell lenniük globálisan és lokálisan is, beleértve egy teljes technológiát, egy folyamat egyetlen lépését vagy akár egy kémiai laboratóriumot. A fenntartható fejlődés sikeréhez meg kell határozni, hogy mi, hogy ki által, és nem utolsósorban, hogy meddig legyen fenntartható.

A vegyipar és a kémiát alkalmazó más iparágak szempontjából négy zöld kémiai cél fenntarthatóvá tétele tűnik fontosnak:

- a petrokkémiai nyersanyagok kiváltása biotechnológiai nyersanyagokkal;
- a nyersanyagok átalakításához alkalmazott fosszilis és biomassza-alapú energia kiváltása fenntartható energiával;
- olyan technológiai megoldások kifejlesztése, amelyek a víz felhasználását a helyileg rendelkezésre álló mennyiségre vagy annál kevesebbre csökkentik;
- közel nulla mennyiségű hulladék kibocsátása.

Ezeket a célokat a 21. század végére valószínűleg meg lehet valósítani (2. táblázat).

A zöld kémia tehát irányelveket ad, és segít a hosszú távon alkalmazható (azaz fenntartható) eljárások tervezésében. A zöld kémia néhány, napjainkban fontos kihívása.³¹

- a víz hatékony bontása látható fénnel;
- olyan oldószerrendszerek tervezése, amelyek a hő- és az anyagátadás mellett katalizátorként is működnek, és lehetővé teszik a termékek könnyű elválasztását;
- molekuláris építőkocka-rendszer tervezése atomhatékony és környezetbarát szintézisekhez;
- olyan adalékmentes műanyagok kifejlesztése, amelyeknek használat utáni természetes bomlása környezetre ártalmatlan anyagok képződéséhez vezet;
- újrafelhasználható anyagok tervezése;
- nem éghető és nem anyagintenzív energiaforrások alkalmazása;
- szén-dioxid-alapú kémiai termékek kifejlesztése;
- olyan új felületek és anyagok kifejlesztése, amelyek sokáig használhatók, és nem kívánnak felületi védőanyagokat és/vagy felületi tisztítást.

Zöld kémiai célok megvalósíthatósága

| Év | Nyersanyagok (%) | | Energia (%) | | Hulladék- kibocsátás (%) |
|------|------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------|--------------------------------|
| | petrolkémiai | bio- technológiai | fosszilis és bio- massza-alapú | fenntartható | |
| 2000 | 100 | 0 | 77 | 23 | 100 |
| 2025 | 40 | 60 | 60 | 40 | 50 |
| 2050 | 25 | 75 | 40 | 60 | 0 |
| 2075 | 0 | 100 | 220 | 80 | |
| 2100 | | | 0 | 100 | |

Ahhoz hogy a fenntartható civilizáció, ezen belül a fenntartható kémia kihívásaira válaszolni tudjunk molekuláris szinten, a zöld kémia fejlődését tudatosan fel kell gyorsítani a következő években. A zöld kémia akkor lesz sikeres, ha a zöld jelzőt elhagyhatjuk, és az emberek bizalommal várják a kémikusok, a vegyészmérnökök által kifejlesztett termékek és eljárások bevezetését.

Felhasznált irodalom

- Anastas, P. T. – Kirchoff, M. M.: *Chem. & Eng. News*, 25. 2000.
- Anastas, P. T. – Kirchoff, M. M.: *Acc. Chem. Res.*, 35: 686. 2002.
- Anastas, P. T. – Warner, J. C.: *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford, Oxford University Press, 1998.
- Balalaie, S. – Arabanian, A.: *Green Chem.*, 2: 274. 2000.
- Barta K. – Csékei M. – Csihony S. – Mehdi H. – Horváth I. T. – Pusztai Z. – Vlád G.: *Magy. Kém. Lapja*, 55: 173. 2000.
- Board on Sustainable Development. Our Common Journey*. Washington D. C., National Academy Press, 1999.
- Carlson, R.: *Silent Spring*. New York, Houghton Mifflin Co., 1962.
- Clark, J.: *Green Chem.*, 1: 1. 1999.
- Clark, J. – Macquarrie, D.: *Handbook of Green Chemistry and Technology*. Oxford, Blackwell Science Ltd., 2002.
- COST Action D29 on Sustainable/Green Chemistry and Chemical Technology* (www.unil.ch/cost/chem).
- Dagani, R.: *Chem. & Eng. News*, 30. 1999.
- Danner, H. – Braun, R.: *Chem. Soc. Rev.*, 28: 395. 1999.
- Draths, K. M. – Frost, J. W.: *J. Am. Chem. Soc.*, 116: 399. 1994.
- Emons, C. H. – Kuster, B. F. M. – Vekemans, J. A. – Sheldon, R. A.: *Tetrahedron Asymm.*, 2: 359. 1991.
- EPA Green Chemistry – USA* (www.epa.gov/greenchemistry).
- Evans, J.: *Chemistry in Britain*, 38.1999.
- Gopal, D. V. – Subrahmanyam, M.: *Green Chem.*, 3: 233. 2001.

- Green & Sustainable Chemistry Network – Japan (www.gscn.net).
- Green Chemistry (www.rsc.org/is/journals/current/green/greenpub.htm).
- Green Chemistry Network – United Kingdom (www.chemsoc.org/networks/gcn).
- Hendershot, D. C.: *Chem. Eng. Prog.*, 96: 35. 2000.
- Inter-University Consortium for the Environment – Italy (www.helios.unive.it/inca).
- Johnson, J.: *Chem. & Eng. News*, 23–26. 2003.
- Pollution Prevention Act of 1990. 42 U.S.C. Sections, 13101–13109. 1990.
- Ramshaw, C.: *Chem. Eng.*, 415: 30. 1985.
- Romano, U. – Tesei, R. – Mauri, M. M. – Rebora, P.: *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, 19: 396. 1980.
- Sheldon, R. A.: *CHEMTECH*, 24: 38. 1994.
- Stankiewicz, A. I. – Moulijn, J. A.: *Chem. Eng. Prog.*, 96: 22. 2000.
- Stinson, S. C.: *Chem. & Eng. News*, 35: 2000.
- Stinson, S. C.: *Chem. & Eng. News*, 77: 2001.
- Trost, B. M.: *Science*, 254:1471.1991.
- Weissermel, K. – Arpe, H. J.: *Ipari szerves kémia*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1993. 141–147.
- World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. Oxford, Oxford University Press, 1987.

Jegyzetek

- 1 Anastas, P. T. – Kirchhoff, M. M., 2000.
- 2 Pollution Prevention Act of 1990.
- 3 Anastas, P. T. – Warner, J. C., 1998; Clark, J. – Macquarrie, D., 2002.
- 4 EPA – Green Chemistry.
- 5 Inter-University Consortium for the Environment, Italy.
- 6 Green Chemistry Network, UK.
- 7 Green and Sustainable Chemistry Network, Japan.
- 8 COST Action D29 on „Sustainable/Green Chemistry and Chemical Technology“.
- 9 Anastas, P. T. – Warner, J. C., 1998.
- 10 Green Chemisry.
- 11 Barta K. és mtsai, 2000.
- 12 Sheldon, R. A., 1994.
- 13 Weissermel, K. – Arpe, H. J., 1993.
- 14 Uo.
- 15 Trost, B. M., 1991.
- 16 Gopal, D. V. – Subramanyam, M., 2001.
- 17 Balalaie, S. – Arabianian, A., 2000.
- 18 Evans, J., 1999.
- 19 Danner, H. – Braun, R., 1999.
- 20 Dagani, R., 1999.
- 21 Emons, C. H. et al, 1991.
- 22 Draths, K. M. – Frost, J. W., 1994.
- 23 Clark, J., 1999.
- 24 Carlson, R., 1962.
- 25 Stinson, S. C., 2001.
- 26 Uo.
- 27 Romano, U. et al, 1980.

- 28 Ramshaw, C., 1985; Stankiewicz, A. I. – Maulijn, J. A., 2000; Hendershot, D. C., 2000; Johnson, J., 2003.
- 29 World Commission on Environment and Development, 1987.
- 30 Board on Sustainable Development, 1999.
- 31 Anastas, P. T. – Kirchoff, M. M., 2000.

Szöveges

A vegyipari folyamattervezés célja a műszaki-kémiai termelési folyamatok mint rendszerek optimális leírása, alkalmasan megválasztott műszaki-gazdasági célfigyelemmel a feltételek alapján. A vegyipari termelési folyamatok megvalósítását illetően a megvalósításukhoz szükséges berendezések és a köztük szállítandó anyag-energia és információk hálójának tervezését jelenti. A vegyipari folyamattervezésnél az alrendszereket képező műveleti egységek egymáshoz, egymáshoz optimális kapcsolási módokra, szerkezeti és üzemeltetési paramétereknek meghatározására feladatunk. A tapasztalatok szerint az ilyen döntést és interaktív problémákat magában foglaló feladatokat csak az hierarchikus felbontás után lehet sikeresen megoldani.

– Az úgynevezett hierarchikus modellezés módszere szerint a következő hierarchiaszintek megkülönböztetése bizonyult hasznosnak:

- egy- és többfokozati (egyszerű és összetett) műveleti egységek szintje,
- a műveleti egységek hálójának szintje (üzemi szint),
- vállalati szint.

– A hierarchikus modellezés általában elfogadott gyakorlat szerint a rendszertervezési tárgyat a hierarchiaszintekhez megfelelő matematikai modelljezt igényel, vagyis a hierarchikus modellektől nem követelhetjük meg az alsóbb szintű/szükséges részletességet.

– A hierarchikus folyamattervezési eljárás evolúciós (fokozatosan fejlesztő) megközelítéssel, a döntési szintek hierarchiája szerint lépésről lépésre építi fel és részletesebbé a folyamatot. Ennek során a folyamat egyre több részletét dolgozzuk fel hierarchikus szabályok felhasználásával, gazdaságossági mutatók eldőlítésével, elemzésével és értékelésével.

– A hierarchikus szabályok bizonytalanságot és ellentmondást mutat az újabb evolúciós próbálkozások történetek a szabályok mennyiségi átmeneténél, vagyis, valamint az ellentmondásos és bizonytalan döntési helyzetek megoldási folyamatának algoritmus kialakítására.

Környezetközpontú folyamatintegráció és folyamatfejlesztés

Bevezetés

A vegyipari folyamattervezés célja a műszaki kémiai termelőfolyamatok mint rendszerek optimális kijelölése, alkalmasan megválasztott műszaki-gazdasági célfüggvény és korlátozó feltételek alapján. A vegyipari termelőfolyamatok megalkotása tulajdonképpen a megvalósításukhoz szükséges berendezések és a köztük kialakítandó anyag, energia és információs hálózatok tervezését jelenti. A vegyipari folyamattervezésnél az alrendszereket képező műveleti egységek számának, típusának, optimális kapcsolási módjának, szerkezeti és üzemeltetési paramétereinek meghatározása a feladatunk. A tapasztalatok szerint az ilyen összetett és interaktív részproblémákat magában foglaló feladatokat csak azok hierarchikus felbontása után lehet sikeresen megoldani.

Az úgynevezett hierarchikus modellezés módszere szerint a következő hierarchiaszintek megkülönböztetése bizonyult hasznosnak:

- egy- és többfokozatú (egyszerű és összetett) műveleti egységek szintje;
- a műveleti egységek hálózatának szintje (üzemi szint);
- vállalati szint.

A hierarchikus modellezés általánosan elfogadott gyakorlata szerint a rendszertani tárgyalás a hierarchiaszinteknek megfelelő matematikai modelleket igényel, vagyis a felsőbb szintű modellektől nem követelhetjük meg az alsóbb szinten szükséges részletességet.

A hierarchikus folyamattervezési eljárás evolúciós (fokozatosan fejlesztő) megközelítéssel, a döntési szintek hierarchiája szerint lépésről lépésre építi fel és tökéletesíti a folyamatot. Ennek során a folyamat egyre több részletét dolgozzuk ki heurisztikus szabályok felhasználásával, gazdaságossági mutatók előállításával, elemzésével és értékelésével.

A heurisztikus szabályok bizonytalanságai és ellentmondásai miatt az utóbbi években próbálkozások történtek e szabályok mennyiségi átfogalmazására, valamint az ellentmondó és bizonytalan döntési helyzetek megoldási folyamatainak algoritmizálására.

A műszaki kémia történetének korábbi szakaszaiban, a folyamatszintézis célfüggvényében és korlátaiban, a meghatározó jelentőségű gazdasági szempontok mellett, szerepeltek ugyan olyan tételek, mint a szabályozhatóság, üzemeltethetőség, megbízhatóság, biztonság, rugalmasság, környezeti előírások; ezek azonban gyakorlatilag csak a gazdasági értékelés részletesebb kifejtését jelentették. Napjainkra meghatározóvá váltak a környezeti szempontok, tehát a környezet védelme a folyamatszintézis új vezérlőelve lett. A hangsúly tehát a keletkezett kémiai hulladékok kezelésétől eltolódott a hulladék keletkezésének csökkentésére.

Az úgynevezett környezetközpontú folyamattervezés legnagyobb kihívása napjainkban olyan anyag- és energiahulladékokban szegény, integrált műszaki kémiai eljárások kifejlesztése, amelyek az alrendszerket képező műveletek belső fizikai-kémiai összefüggéseinek figyelembevételével, a hulladékok csökkentésével, hozzáadott nyereséget szolgáltatnak.

A vegyiparban alkalmazott hulladékcsökkentési stratégiák

A vegyipari tevékenység (is) elkerülhetetlenül hulladékok képződésével jár együtt. Általában elmondható: nem létezik olyan gyártási eljárás, amelyben csak és kizárólag a kívánt végtermék képződik. Az ipari fejlettség alacsonyabb szintjén – kevésbé szigorú környezetvédelmi előírások mellett – a termelési hulladékok kezelésére elsősorban és főként az úgynevezett csövégi megoldásokat alkalmazzák. Ekkor a hulladékok ártalmatlanítása (technológiai véggázok tisztítása, szennyvizek kezelése, szilárd hulladékok lerakása) és azok esetleges újrahasznosítása elválik az azokat „előállító” technológiai folyamatoktól. Ez a gyakorlat jellemezte az 1970-es és '80-as évek első felének vegyiparát. A '80-as évek második felében, a környezetszennyezés mind súlyosabbá válásával, a hangsúly a hulladékképződés visszaszorítása felé tolódott el. A vegyipari technológiáktól független környezetvédelmet a '90-es évekre felváltotta a technológiákhoz kapcsolt, azokba integrált környezetvédelem elve és gyakorlata. A vegyipari technológiákba integrált környezetvédelem

- a potenciális szennyező anyagok mennyiségének a forrásoknál történő csökkentését;
- a nyersanyagok és az energia felhasználásának mérséklését;
- a termelési hulladékok, valamint az elhasznált termékek újrahasznosítását jelenti.

A környezetvédelem hangsúlyának eltolódása a hulladékcsökkentés felé a vegyipari folyamatok jellegének megváltoztatását igényli. A környezetvédelmi célú technológiai változtatásokat két csoportba sorolhatjuk:

- meglévő üzemek korszerűsítése, illetve
- új, a környezetvédelmet az alaptchnológiákba integráló üzemek tervezése.

Általános heurisztikus szabály, hogy a hulladékcsökkentési elveket az új üzemek tervezésénél és építésénél egyszerűbb feladat figyelembe venni, mint a meglévő üzemek korszerűsítésekor.

Egy több üzemből álló vegyipari kombinát vagy vegyi gyár esetén a teljes hulladékkibocsátás csökkentéséhez nem elegendő az egyes üzemeket tanulmányozni és működésüket optimalizálni, mert ez helyi optimumokat eredményez. Az egyes üzemek fejlesztéseit magasabb szinten, a vegyi gyár szintjén kell ellenőrizni és összehangolni. A vegyi gyár teljes kibocsátásának csökkentésére irányuló vizsgálatba, valamint az ezt követő fejlesztésekbe természetesen valamennyi üzemet be kell vonni.

Hulladékcsökkentés meglévő vegyipari üzemekben

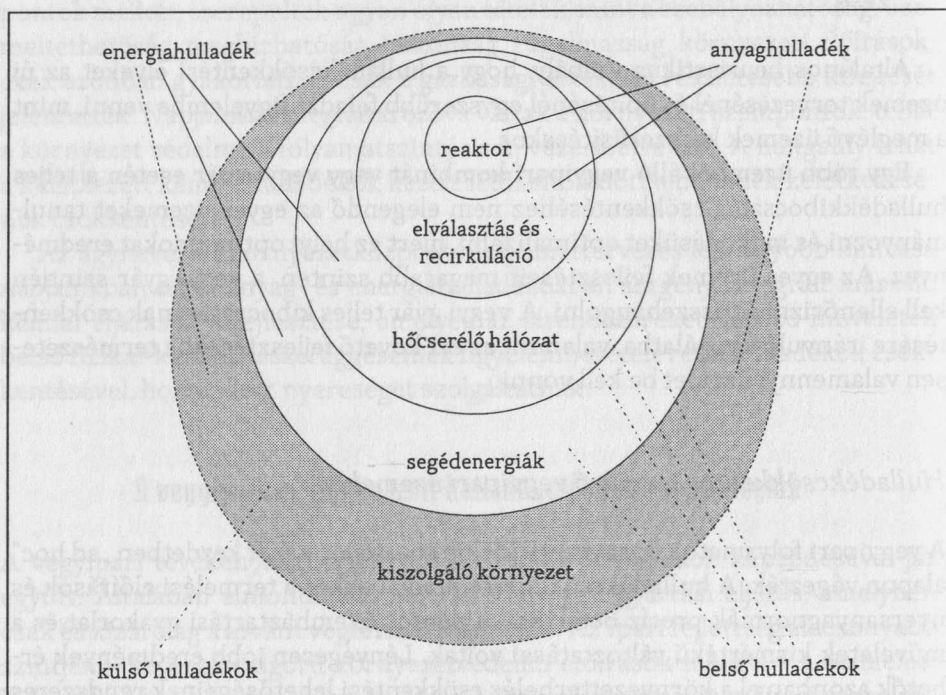
A vegyipari folyamatok környezetvédelmi célú fejlesztését kezdetben „ad hoc” alapon végezték. A hulladékcsökkentés módjai ekkor a termelési előírások és nyersanyagnormák precíz betartása, a pontos üzemháztartási gyakorlat és a műveletek kismértékű változtatásai voltak. Lényegesen jobb eredmények érhetők azonban el a környezetterhelés csökkentési lehetőségeinek rendszeres felderítésével. E módszerek alapja a hierarchikus vegyipari folyamattervezés, amely mind a meglévő technológiák korszerűsítésekor, mind az új technológiák tervezésekor igen hasznos eszköznek bizonyult az eddigiekben.

A hierarchikus folyamattervezés az úgynevezett hagymadiagram¹ segítségével (1. ábra)jellemezhető. A hagymadiagram különböző rétegei jelképezik a hierarchikus folyamattervezés egymást követő lépéseit. A folyamattervezés a hagyma legbelső rétegével, a reaktorról kezdődik, és kifelé haladva, az elválasztási rendszerrel és az anyagáramok visszavezetésével, majd a hőcserélő hálózattal és végül az energia és a nyers-, illetve segédanyagok rendszerével folytatva egyre komplexebben tervezzük meg a folyamatot.

Az 1. táblázatban a működő vegyipari üzemekben képződő anyag- és energiahulladékokat, illetve néhány hulladékcsökkentési alternatívát mutatunk be, a kiterjesztett hagymadiagram egyes rétegei szerint rendszerezve.² Meg kell jegyezni, hogy a hulladékcsökkentés érdekében történő beavatkozások hatással vannak a technológiai folyamat valamennyi részére, ezért a módosítások végrehajtása előtt részletesen meg kell vizsgálni a járulékos hatásokat is.

Stratégia az anyaghulladékok csökkentésére. A hulladékcsökkentési elvek lényegesen nehezebben alkalmazhatók már meglévő üzemeknél, mint új üzemek tervezésekor. A meglévő üzemekben már működő berendezések és tech-

A kiterjesztett hagymadiagram



nológiák ugyanis egyfajta korlátot jelentenek a feladat megoldásakor. A működő üzemekre javasolt szisztematikus stratégia,³ amely a hierarchikus folyamattervezés továbbfejlesztett változata, a következő lépésekből áll:

Hulladékok azonosítása és nyomon követése: táblázatos formában meghatározzuk, milyen hulladékok keletkeznek, feltüntetjük azok keletkezési helyét és okát. Egy egyszerű folyamatábrán nyomon követhető a hulladékok eredete és mozgása.

Adatgyűjtés: valamennyi hulladékfajta meghatározzuk a mennyiségeket, a veszélyesség mértékét és a különböző hulladékkezelési módszereket. A költségek számításánál figyelembe vesszük (1) a nyersanyagok és az energia nem megfelelő használatából származó veszteséget, (2) az egyéb általános jellegű költségeket (tárolás, szállítás, többletmunka) és (3) a hulladékkezelési (ártalmatlanítási, lerakási) költségeket.

Hulladékcsökkentési alternatívák kidolgozása: a meglévő üzemekre kiterjesztett hierarchikus stratégiát a 2. táblázatban foglaltuk össze. A kiterjesztett stratégia segítségével megoldási alternatívák dolgozhatók ki.

Az alternatívák műszaki és gazdasági értékelése: a kidolgozott alternatívákat több szempontból kell értékelni. A lehetséges szempontok közül néhány:

Az anyag- és energiahulladékok lehetséges forrásai és csökkentési lehetőségei a kiterjesztett hagymadiagram alapján

| Réteg | Hulladékforrás | A csökkentés lehetséges módja |
|-----------------------------|--|---|
| <i>Anyaghulladékok</i> | | |
| Reaktor | nehéz elválasztani és visszavezetni az elreagálatlan nyersanyagot | konverzió növelése |
| | a főreakcióban keletkezik hulladék | más reakcióút, más reaktortípus, reaktorhőmérséklet és nyomás változtatása, reagensfelesleg |
| | a mellékreakcióban keletkezik hulladék | termékeltávolítás reakció közben |
| | a nyersanyag szennyezései miatt képződik hulladék | más kiindulási anyag, előtisztítás |
| | fáradt katalizátor | más katalizátor |
| | rossz szabályozás, üzemeltetés, nem optimális körülmények | szabályozási és üzemelési körülmények javítása |
| Elválasztás és recirkuláció | a nyersanyag szennyezései | nyersanyag tisztítása (összefüggés a reaktor üzemeltetésével) |
| | elválasztáshoz használt segédanyag | segédanyag kiküszöbölése más művelettel |
| | vissza nem vezetett hulladékáram reverzibilis reakcióban keletkezik hulladék | pótlólagos elválasztás beépítése a hulladék elválasztása és visszavezetése |
| Kiszolgáló környezet | indítási és leállási veszteségek | leállások számának minimalizálása az üzembiztonság javításával, karbantartással, helyes üzemvitellel |
| | raktározás | jó raktározási körülmények, precíz készletvezetés, jobb üzemháztartás |
| | berendezések tisztítása | megbízható berendezések használata, anyagforgalom pontos követése |
| | berendezések emissziója | megbízható berendezések használata, jobb karbantartás |
| | mintavétel | zárt rendszerű mintavétel |

1. táblázat folytatása

| Réteg | Hulladékforrás | A csökkentés lehetséges módja |
|---|---|--|
| <i>Energiahulladékok</i> | | |
| Hőcserélők, energia, kiszolgáló környezet | közvetlen emisszió az üzemből vagy az energiaellátó rendszerből | az energiahasznosítás javítása, fűtőközeg cseréje, energiahordozók és a füstgáz kéntelenítése, kis NO _x -emissziójú kazánok használata, füstgázok visszavezetése, kémiai redukció |
| | szennyvíz | konceptuális vagy NLP-módszerek a szennyvízmennyiség csökkentésére |

(1) a technológiai módosítások eredményeként valóban a kitűzött mértékben csökken-e a termelési hulladék mennyisége, (2) a változtatás miként befolyásolja a termékek minőségét, (3) a hulladékképződés visszaszorításához jelentősen kell-e megváltoztatni a technológiát, illetve a berendezéseket, (4) gazdaságos-e a tervezett módosítás, (5) mennyi idő alatt vezethető be, (6) elegendő mennyiségben állnak-e rendelkezésre a szükséges nyersanyagok, (7) milyen a módosított technológiai változat energiaigénye?

Szisztematikus stratégia az energiahulladékok csökkentésére. Az energiahulladékok csökkentésének igénye a vegyiparban:

- energia-intenzifikálási feladatként, vagy
- szennyvízcsökkentési feladatként jelentkezik.

Ha csökkentjük az energiafelhasználást, akkor csökken az energia előállítása miatti emisszió is. Az úgynevezett szűkületi pont módszere⁴ hatékony eszköz bármely folyamat energiafogyasztási minimumának meghatározásához és az ahhoz szükséges rendszer kialakításához. Az adott technika sikeresen alkalmazható bármilyen és bármekkora rendszerre, így alkalmas egyetlen üzem vagy vegyi gyár, valamint új üzemek és gyárak energiafelhasználásának jellemzésére.

Az energiafogyasztás csökkentésének egyik régóta ismert és sokat tanulmányozott eszköze a hőszivattyú, amelynek segítségével komplex technológiai rendszerek teljes energiafogyasztása, és ennek következményeként, teljes emissziója is lényegesen csökkenhet. Az energiatermelési rendszerektől függően, a csökkenés 20–85% lehet. Az abszorpciós hőszivattyú a kompresz-

2. táblázat

A hierarchikus stratégia kiterjesztésén alapuló hulladékcsökkentési alternatívák meglévő vegyi üzemekre

| Belső hulladékok | Külső hulladékok |
|--|--|
| <p><i>Input-output</i> struktúra: optimális reakciókörülmények, visszavezetés, újrahasznosítás; hígítók, inertek, oldószeres kerülése; katalizátorregenerálás, katalizátorcseré</p> | <p><i>Rendszeres</i> esetek: recirkulációs műveletek fejlesztése; tisztítási műveletek fejlesztése; jobb üzemháztartás; rendellenességekből származó emissziók csökkentése</p> |
| <p><i>Recirkulációs</i> struktúra: hígító, inert cseréje; hőhordozó cseréje; oldószer cseréje; kémiai változtatás, folyamatváltoztatás</p> | <p><i>Alkalomszerű</i> esetek: új, jobb karbantartás; megelőzés</p> |
| <p><i>Szeperációs</i> struktúra: fázisszeperáció; gáz-/gőzvisszanyerő rendszer - oldószercseré; - sztrippelő ágens cseréje; - adszorpció/kondenzáció alkalmazása</p> | <p><i>Energia:</i> energetikai javítás</p> |
| <p>folyadék-visszanyerő rendszer; - ágens cseréje; - oldószercseré, folyamat változtatása; - kihajtott víz újrahasznosítása; - szennyezések eltávolítása, folyamat vizeinek újrahasznosítása, más szeperációs rendszer; - más elválasztási technika alkalmazása; - az adszorbens regenerálása; - mosófolyadék cseréje, újrahasznosítása; szilárd visszanyerő rendszer; - szűrés; - a folyamat fejlesztése, módosítása; - más technológia alkalmazása</p> | <p><i>Egyéb:</i> jobb adminisztráció; apróbb javítások a berendezéseken; hulladékok azonosítása és izolálása; műveletek ellenőrzése, egyszerűsítése, kiküszöbölése; kezelők jobb kiképzése</p> |

szíós munka helyett hulladékhot használ fel működéséhez, de alkalmazásának sok esetben gátat szab, hogy nagy a beruházási költsége.

A vegyipar egyik széles körben alkalmazott, jelentős energiaigényű művelete a desztilláció. Számítások szerint⁵ hőszivattyú beépítésekor számottevően csökken a desztilláció energiafogyasztása. A desztilláció energiaigé-

nyének csökkentésére más energiaintegrációs megoldások is szóba jöhetnek. Először meg kell próbálni a kolonnákat a folyamat más részei által alkotott hőcserélőbe integrálni. Ha ez nem lehetséges, akkor a kolonnák közti integrációval vagy speciális megoldásokkal kell az energiafogyasztást csökkenteni. Ezekkel a módszerekkel a desztilláció energiafogyasztása, és azzal arányosan az emisszió, akár 50%-kal is csökkenthető.

A szennyvizek mennyiségének csökkentése a vegyiparban energiamegtakarításként is jelentkezik. A probléma kezelése visszavezethető az energetikában sikerrel alkalmazott szűkületi pont technikára. A szennyvizek mennyisége minimalizálható nemlineáris programozási (NLP) módszerek segítségével is.

A környezetkímélő folyamat tervezés fő célja a hulladék keletkezésének megakadályozása. A vegyipari folyamatok emissziójának csökkentésére többgenerációs módszerek állnak rendelkezésre: az első generációs módszerek a technológiai fegyelem betartására és a gondos üzemvitelre koncentráltak, a második generációs módszerek az üzemi szintű környezettudatos folyamat tervezést tűzték ki célul. Ezek a módszerek azonban hamar elérték korlátaikat, és ma már a harmadik generációs módszerek használatával lehet elérni további fejlődést. Ezek az anyag- és energiahálózatra koncentrálnak, de a vizsgálatot már vállalati szinten végzik. Ennek egyik fontos eszköze a folyamatintegráció.

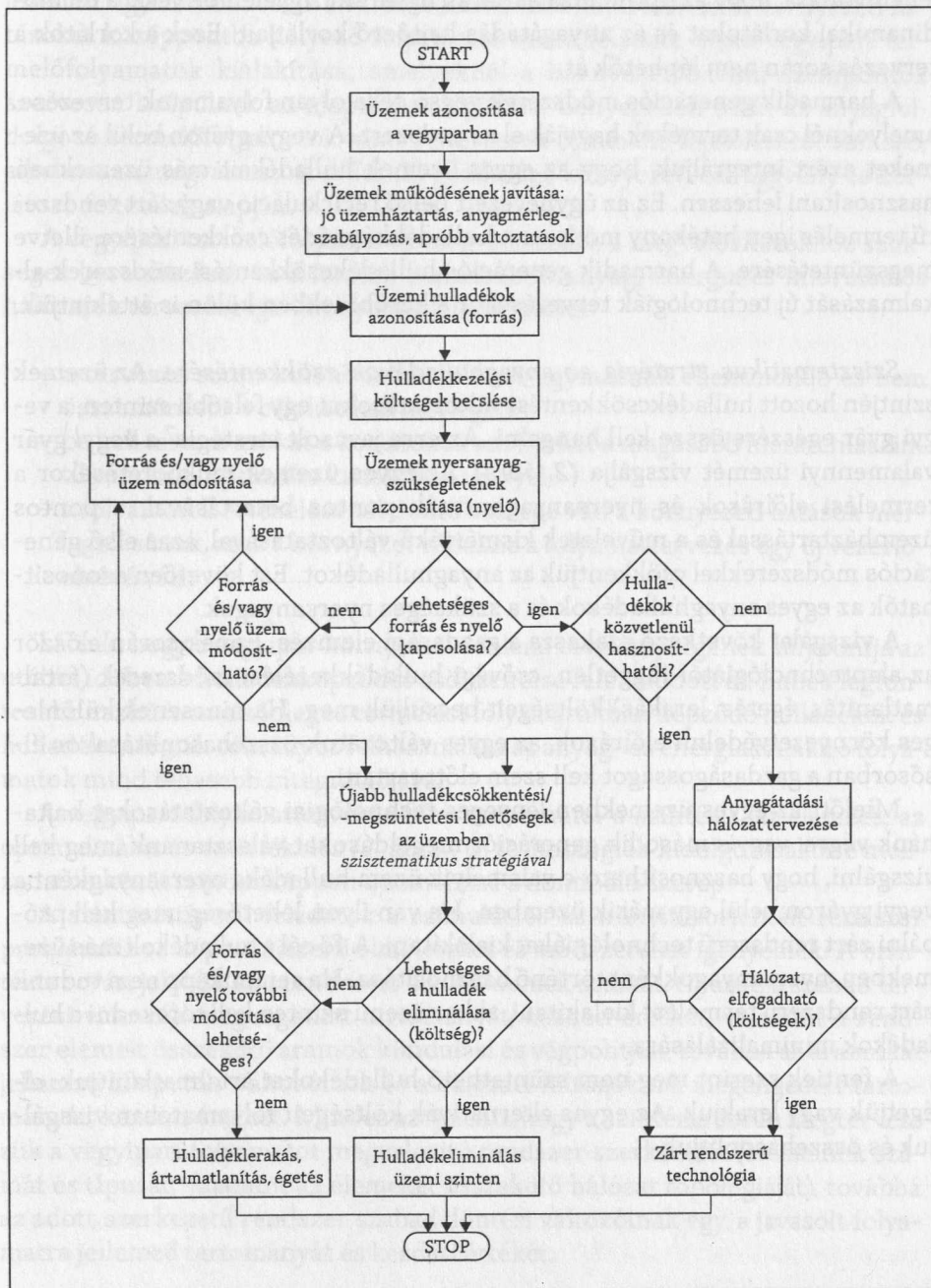
Hulladékcsökkentés meglévő vegyi gyárakban

Harmadik generációs hulladékcsökkentési módszerek. A fentiekben említett szisztematikus módszerek nagyon hatékony eszközök a hulladékeletkezés csökkentésére egy-egy adott üzem szintjén. Vegyi gyárak esetében azonban ezek a módszerek hamar elérik teljesítőképességük határait. Ekkor újszerű, úgynevezett harmadik generációs hulladékcsökkentési módszereket kell alkalmazni. Ezek olyan új folyamat tervezési módszerek, amelyek maximalizálják az anyag- és energiahasznosítást, és ily módon csökkentik a hulladékképződést. Segítségükkel több folyamatot és üzemet lehet egyszerre vizsgálni, ezáltal a vegyi gyár teljes emissziója minimalizálható.

A vegyi üzemeknél az említett szűkületi pont technikája közvetlenül alkalmazható vegyi gyáraknál is az energiahulladékok minimalizálására, hiszen a módszernek nincsenek mennyiségi korlátjai. Hasonlóan alkalmasak a szennyvízmennyiség csökkentésére említett módszerek több üzem egyidejű vizsgálatára.

Az anyag hulladékok esetében a helyzet bonyolultabb, mint energiahulladékoknál, jóllehet a tervezési feladat hasonlít az energia intenzifikálásnál használt módszerekhez. A hőcserélők hasonlóságára kidolgozott módszer, az úgynevezett anyagátadási hálózat koncepciójának⁶ segítségével ugyanakkor ilyen, elválasztó és anyagátadási egységekből álló hálózatok is szintetizálhatók.

Szisztematikus hulladékcsökkentési stratégia a vegyi üzemek és a vegyi gyár szintjén



A feladat ez esetben úgy fogalmazható meg, hogy adott, szennyező anyagban gazdag áramból a szennyezést más, abban szegény áramba kell átjuttatni, anyagcsere-hálózat segítségével, minimális költségek mellett. A módszer fő jellemvonása, hogy az optimalizálás során egyaránt figyelembe veszi a termodinamikai korlátokat és az anyagátadás hajtóerő korlátjait. Ezek a korlátok a tervezés során nem léphetők át.

A harmadik generációs módszerek végső célja olyan folyamatok tervezése, amelyeknél csak termékek hagyják el a rendszert. A vegyi gyáron belül az üzemeket azért integráljuk, hogy az egyes üzemek hulladékait más üzemekben hasznosítani lehessen. Ez az úgynevezett belső recirkuláció vagy zárt rendszerű termelés igen hatékony módszer a hulladékképződés csökkentésére, illetve megszüntetésére. A harmadik generációs hulladékcsökkentési módszerek alkalmazását új technológiák tervezésekor a későbbiekben külön is áttekintjük.

Szisztematikus stratégia az anyag hulladékok csökkentésére. Az üzemek szintjén hozott hulladékcsökkentési változtatásokat egy felsőbb szinten, a vegyi gyár egészére össze kell hangolni. Az erre javasolt stratégia⁷ a vegyi gyár valamennyi üzemét vizsgálja (2. ábra). Az egyes üzemek működtetésekor a termelési előírások és nyersanyagnormák pontos betartásával, a pontos üzemhátartással és a műveletek kismértékű változtatásával, azaz első generációs módszerekkel csökkentjük az anyag hulladékot. Ezt követően azonosíthatók az egyes anyag hulladékok és a szükséges nyersanyagok.

A vizsgálat következő szakasza a gazdasági elemzés. Ennek során először az alaptechnológiától független, csővégi hulladékkezelési módszerek (ártalmatlanítás, égetés, lerakás) költségeit becsüljük meg. Ha nincsenek különleges környezetvédelmi előírások, az egyes változatok összehasonlításakor elsősorban a gazdaságosságot kell szem előtt tartani.

Mielőtt az egyes üzemekben lényeges technológiai változtatásokat hajtánánk végre, vagyis második generációs megoldásokat választanánk, meg kell vizsgálni, hogy hasznosítható-e valamelyik üzem hulladéka nyersanyagként a vegyi gyáron belül egy másik üzemben. Ha van ilyen lehetőség, meg kell próbálni zárt rendszerű technológiákat kialakítani. A fő cél a hulladékok más üzemekben, nyersanyagokként történő hasznosítása. Ha semmiképp nem tudunk zárt rendszerű termelést kialakítani, akkor üzemi szinten kell törekedni a hulladékok minimalizálására.

A fentiek szerint meg nem szüntethető hulladékokat ártalmatlanítjuk, elégetjük vagy lerakjuk. Az egyes alternatívák költségeit folyamatosan vizsgáljuk és összehasonlítjuk.

Új vegyipari eljárások és technológiák kidolgozásakor a tervezők ma már kifejezetten figyelembe veszik a várható környezeti hatásokat is. A környezeti hatásokat középpontba helyező folyamattervezés feladata olyan vegyipari termelőfolyamatok kialakítása, amelyeknél a környezetvédelmi szempontok szervesen beépülnek az alaptermotechnológiákba. Lényegében tehát az anyagfeldolgozó termelőfolyamatok mint rendszerek optimális kijelöléséről van szó, alkalmasan megválasztott műszaki-gazdasági, környezeti célfüggvény és korlátozó feltételek alapján.

A vegyipari termelőfolyamatok megválasztása, a megvalósításokhoz szükséges berendezések és a köztük kialakítandó anyag, energia és információs hálózatok tervezése igen bonyolult feladat, mivel

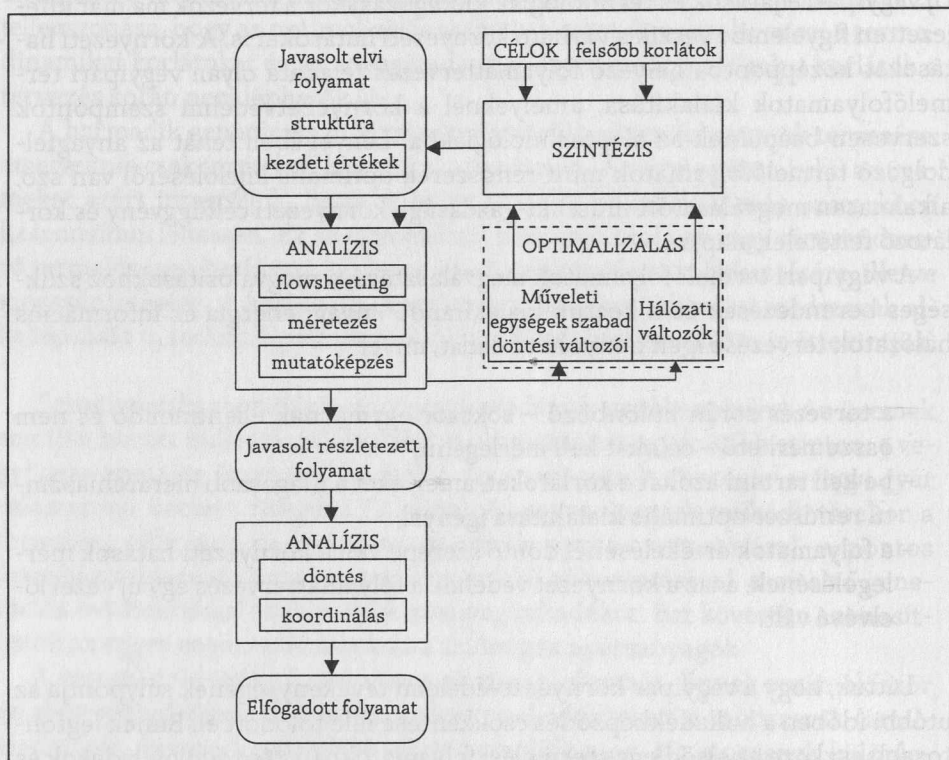
- a tervezés során különböző – sokszor egymásnak ellentmondó és nem összemérhető – célokat kell mérlegelni;
- be kell tartani azokat a korlátokat, amelyeket a magasabb hierarchiaszintű rendszer optimális kialakítása igényel;
- a folyamatok értékelésénél döntő szerepe van a környezeti hatások mérlegelésének, azaz a környezet védelme a folyamattervezés egy új vezérlőelvévé vált.

Láttuk, hogy a vegyipar környezetvédelmi tevékenységének súlypontja az utóbbi időben a hulladékképződés csökkentése felé tolódott el. Ennek legfontosabb eszköze az elsődleges termelési folyamatokban képződő hulladékok és hulladékenergiák célirányos felhasználása az anyag- és energiaátalakító folyamatok mind teljesebb integrációjával.

A vegyipari folyamattervezés főbb mozzanatai a szintézis, az elemzés, az optimalizálás és az értékelés (3. ábra). Új technológiák kidolgozásakor e mozzanatok közül mindenképpen a szintézis a domináló szerep.

A szintézistípusú feladatok a szimulációs és irányításorientált rendszer problémáikhoz képest újszerű elméleteket és módszereket igényelnek. A szintézis során jelöljük ki a rendszert alkotó elemek számát, típusát, a szabad tervezési változók megengedett tartományát, kezdeti értékét, valamint a rendszer elemeit összekötő áramok kiindulási és végpontjait, továbbá az áramokat jellemző állapottól változóinak és a hálózati változóknak megengedett tartományát, kezdeti értékét. Mindez azt jelenti, hogy a szintézis során megtervezük a vegyipari folyamatot megvalósító rendszer szerkezetét (elemeinek számát és típusát, valamint az elemeket összekötő hálózat topológiáját), továbbá az adott szerkezetű rendszer szabad döntési változóinak egy, a javasolt folyamatra jellemző tartományát és kezdeti értékét.

A folyamattervezés elvi vázlata



A tervezés szintézisrészét hosszú ideig elhanyagolták, a kutatók figyelme csak az 1970-es évek elejétől fordult a szisztematikus folyamatszintézis felé. Ma már állíthatjuk, hogy a folyamatszintézis az utóbbi három évtizedben a műszaki kémia egyik legdinamikusabban fejlődő területe volt, és lényeges hatást gyakorolt a vegyipari folyamatok fejlesztésére, tervezésére és működtetésére.

A hierarchikus folyamattervezés egymást követő lépései ugyancsak az 1. ábra alapján szemléltethetők. A tervezési munka a legbelső réteg, a reaktor kialakításával kezdődik, majd kifelé haladva az elválasztó rendszerrel és recirkulációval, a hőcserélő hálózattal, az energia- és segédanyagrendszerrel folytatódik, majd a kiszolgáló környezettel való kölcsönhatások figyelembe vételével fejeződik be.

A hierarchikus folyamattervezési eljárás során tehát fokozatos fejlesztéssel (evolúciós megközelítéssel), a döntési szintek hierarchiája szerint lépésről lépésre haladva építjük fel és tökéletesítjük a folyamatot. Ennek során a folyamat egyre több részletét dolgozzuk ki heurisztikus szabályok felhasználásával,

gazdaságossági mutatók generálásával, elemzésével és értékelésével. A heurisztikus szabályok

- egyszerű természettudományos vagy műszaki-gazdasági tapasztalaton;
- kvalitatív mérnöki megfontolásokon;
- kvantitatív megfontolásokon és numerikus vizsgálatokon alapulnak.

Ugyanakkor, éppen a heurisztikus szabályok bizonytalanságai és ellentmondásai miatt, az utóbbi években többen próbálkoztak e szabályok mennyiségi átfogalmazásával, valamint az ellentmondó és bizonytalan döntési helyzetek megoldásának algoritmizálásával.

A korábbiakban – a folyamatszintézis célfüggvényében és korlátjaiban, a meghatározó jelentőségű gazdasági szempontok mellett – szerepeltek ugyan olyan szempontok, mint a szabályozhatóság, üzemeltethetőség, megbízhatóság, biztonság, rugalmasság, környezeti előírások, de ezek csupán a gazdasági szempontok részletesebb kifejtését célozták. Napjainkra, amikor a környezeti szempontok meghatározóvá váltak, a környezet védelme már a folyamatszintézis új vezérlőelveként jelenik meg. Érvényesítésének legfontosabb eszközei:

- áttérés hulladékszegény folyamatokra;
- az elkerülhetetlenül képződő hulladékok mind teljesebb körű újrafelhasználása és visszaforgatása;
- a hulladékanyagok és a hulladékenergiák célirányos felhasználása az anyag- és energiaátalakító folyamatok mind teljesebb integrációjával.

Ezeknek megfelelően a környezetközpontú folyamattervezés legnagyobb kihívása napjainkban már nem csupán a szintézis kombinatorikus kezelhetősége, hanem olyan anyag- és energiahulladékokban szegény integrált műszaki kémiai eljárások kifejlesztése, amelyek az alrendszeret képező műveletek belső fizikai-kémiai összefüggései figyelembevételével és azok integrációjával nemcsak csökkentik a hulladékképződést, hanem ezen túlmenően hozzáadott értéket, így nyereséget is képeznek.

Mielőtt a vegyipari folyamatok környezetközpontú integrációját esettanulmánnyal illusztrálnánk, röviden összefoglaljuk az anyag- és energiaintegrációt megvalósító szintézis néhány fontos alapelvét. Ezek közé tartozik az energiaintegrációs hálózatok hőkaszkádelmélete, az anyagintegrációs hálózatok komponenskaszkád-elmélete, és az integrált megközelítés algoritmikus kezelése úgynevezett vegyes-egészértékű programozással.

A vegyipari termelés célja az anyagok, pontosabban a kémiai komponensek átalakítása, elválasztása és kezelése. Ehhez energiára is szükség van, például a kémiai reakciókhoz, az elválasztáshoz vagy az anyagok szivattyúzásához és összenyomásához. A korszerű vegyipari technológiáknál ezért az anyag- és energiaáramok széles körű integrációját kell megvalósítani.

Az anyag- és energiaintegrációra szolgáló módszerek közül a három leggyakrabban alkalmazott eljárás:

- az energiaintegráció hőkaszkád elmélete;
- az anyagintegrációs hálózatok komponenskaszkád elmélete;
- az algoritmikus megközelítés.

A következőkben röviden ismertetjük ezeket a módszereket.

Az energiaintegráció hőkaszkád elmélete. Ez az elmélet módszert kínál az energiavesztések csökkentésére és az energia-visszanyerés maximálására. Lehetővé teszi a vegyipari rendszerek energiafogyasztásának csökkentését az áramok energiatartalmának gazdaságos felhasználásával, illetve visszaforgatásával. A módszer alapját képező úgynevezett hőkaszkád felírásakor arra az egyszerű tényre támaszkodunk, hogy adott technológiai folyamatnál a hőátadások adott hőmérsékleten játszódnak le. Áramok felmelegedése és lehülése esetén egy bizonyos hőmennyiség ugyanis adott hőmérséklet határok között lép át egyik közegből a másikba. A hőkaszkádot valamilyen véges, minimális hőmérséklet-különbség függvényében írhatjuk fel.

Először a hőkínálatokat és hőigényeket vesszük számba hőmérséklet-intervallumonként, majd ezekből hőkaszkádot képezünk. A magasabb hőmérsékletű tartományok energiafeleslegüket átadhatják az alacsonyabb hőmérsékletűeknek, de fordítva nem. Kiválasztva azonban a legnegatívabb képzelhető hőátadást és a rendszerrel közölve az ennek megfelelő energiát, megalkotható olyan kaszkád, amelynek hőátadásai valósak. Az így adódó fűtés és hűtés biztosan a rendszer minimális fűtése és hűtése, mert kevesebb külső hőforgalom esetén a kaszkádban valahol negatív hőátadást kapunk. Azt a hőmérsékletet, aminél ez a negatív érték fellépne, szűkületi hőmérsékletnek nevezzük.

A módszer grafikus és numerikus eszközei lehetőséget nyújtanak az anyagáramok és az energia- és segédanyag-hálózatok közötti kapcsolatok megtervezésére, továbbá a hőerőgépek, hőszivattyúk és a termikus műveletek megfelelő illesztésére. A minimális fűtési és hűtési igény meghatározásán túlmenően a beruházási költségek, így az integrált technológiai rendszer összes költsége is becsülhető, sőt a technológiai kapcsolásokat is meg lehet előzetesen tervezni.

Az anyagintegrációs hálózatok komponenskaszkád-elmélete. A módszer lehetőséget teremt bizonyos nemkívánatos komponensek racionális kinyerésére, azáltal, hogy úgynevezett hulladék áramokból oldószerekbe, azaz híg áramokba juttatjuk át azokat. Az anyagintegráció az energiaintegrációnál általánosabb és bonyolultabb, mivel megvalósításához

- számos műveletet (abszorpciót, adszorpciót, extrakciót, deszorpciót, kigőzölést stb.) kell mérlegelnünk;
- általában sok oldószer közül választhatunk;
- az oldószeráramot is optimalizálni kell;
- az áramok csatolását és a műveletek hálózatának szerkezetét is meg kell választanunk.

A módszer alapját képező komponenskaszkád kémiai komponensenként vizsgálható, koncentráció – transzportált mennyiség összefüggések alapján. A komponenskaszkád valamilyen véges, minimális koncentráció-különbség függvényében írható fel és segítségével meghatározható

- az integrált anyagtranszport;
- a vegyipari eljáráson belül rendelkezésre álló, de termodinamikailag nem hasznosítható oldószerekkel megvalósítandó anyagtranszport.

Az anyagintegrációs hálózatokra kidolgozott anyagcserehálózat módszer lehetővé teszi a beruházási költségek, így az integrált vegyipari rendszer összes költségeinek becslését, sőt a technológiai kapcsolások előzetes tervezését is.

Algoritmikus megközelítés. A vegyipari folyamatok beható ismeretén és a mérnöki tapasztalatokon alapuló heurisztikus szabályok alkalmazása már a folyamattervezés elején lehetőség ad szelekcióra, ezzel a rendszerproblema kezelhetővé válik. A hő- és komponenskaszkád figyelembevételével kifejlesztett folyamattervezési módszerek pedig termodinamikai elveken alapulnak, és segítségükkel a vegyészmérnök áttekintést kap a folyamat belső lényegéről. E módszerekhez képest elvileg is új szemléletű az úgynevezett algoritmikus megközelítés, amely a folyamatszintézist matematikailag egy vegyes egészer-tékű – nemlineáris programozási feladatként fogalmazza meg.

Hangsúlyozni kell, hogy mindhárom megközelítésnek (a heurisztikusnak, a termodinamikainak és az algoritmikusnak) van létjogosultsága, sőt mindegyik meghatározott szerepet játszik a folyamattervezés különböző szakaszaiban.

Az algoritmikus megközelítésnél a folyamattervezést általában szekvenciális lebontással, két lépésben kezelhetjük. A nem-linearitásokat – a folytonos változókra korlátozva az integer változókat – az első lépésben lineáris progra-

mozással rögzíthetjük, és csak a második lépésben vesszük figyelembe a nem-linearitásokat.

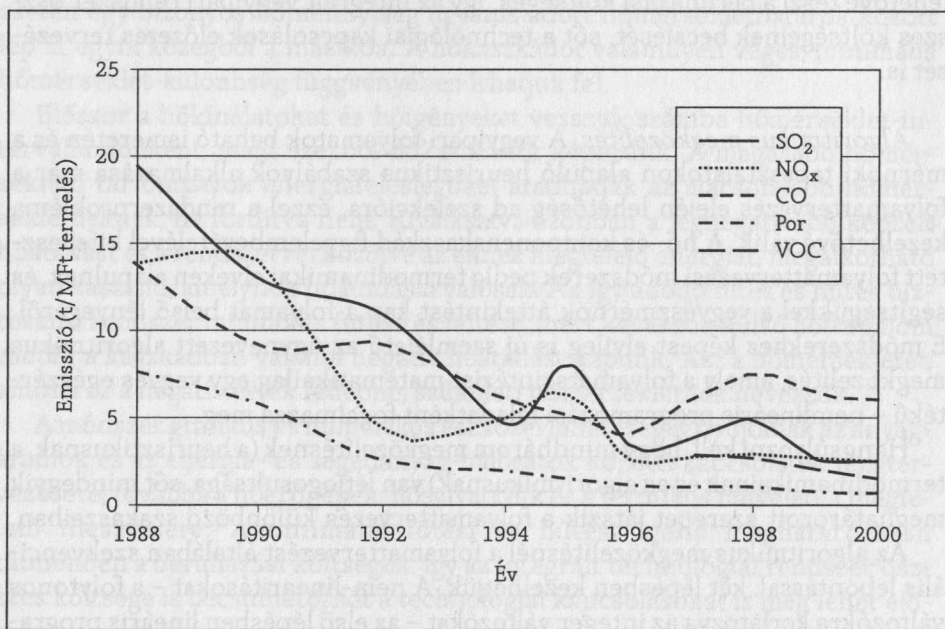
Környezetterhelést csökkentő fejlesztési példák a magyar vegyiparban

A vegyipar az elmúlt tíz évben végbement szerkezeti átalakulása, az iparág nagy részének magánkézbe kerülése, valamint az EU-csatlakozásunk kapcsán egyre hangsúlyosabbá váló környezetvédelmi problémák miatt a vegyipari üzemek okozta környezetterhelések és az ezek csökkentésére hozott intézkedések lassan bekerülnek az üzleti titok kategóriájába. Nagyon nehéz megbízható és a nyilvánosságra is hozható információkhoz jutni a magyar vegyipari cégek környezetvédelmi helyzetéről.

Makrogazdasági adatokból ugyanakkor kitűnik, hogy a hazai vegyipar tevékenységéből származó környezetterhelés⁸ az utóbbi másfél évtizedben jelentősen csökkent (4. ábra). Ebben nemcsak annak volt szerepe, hogy számos, korszerűtlen technológiát és üzemet felszámoltak, hanem nagymértékben hozzájárult ehhez számos új, környezetbarát vegyipari technológia bevezetése is. Az utóbbi évek új vonása a VOC-k, az illékony szerves vegyületek megjelenése a kibocsátott anyagok között. Itt jellemzően azzal a korábban már emlí-

4. ábra

A hazai vegyipar fajlagos emissziójának alakulása 1988–1999 között



tett esettel állunk szemben, amikor az elemzési módszerek fejlődésének eredményeként eddig nem elemzett, vagy ki nem mutatott szennyezők követésére nyílik lehetőség.

Mivel jelen tanulmány keretei között nem vállalkozhatunk a hazai vegyiparban hozott környezetvédelmi intézkedések részletes bemutatására, néhány példát mutatunk be annak illusztrálására, hogy a magyar vegyipari cégek napjainkban is jelentős szellemi és anyagi erőket mozgatnak meg a környezetterhelés csökkentése érdekében.

Levegő acetontmentesítése zárt, tiszta technológiával: abszorber-pervaporációs rendszer

A pervaporáció az elegyek egyes alkotóinak szétválasztására szolgáló, segédanyag nélkül működő, környezetbarát és energiatakarékos membránművelet. Megvalósításakor a membránnal érintkező folyadékelegy bizonyos alkotói át-diffundálnak a membránon, majd annak másik oldalán, melegítés hatására elpárolognak.

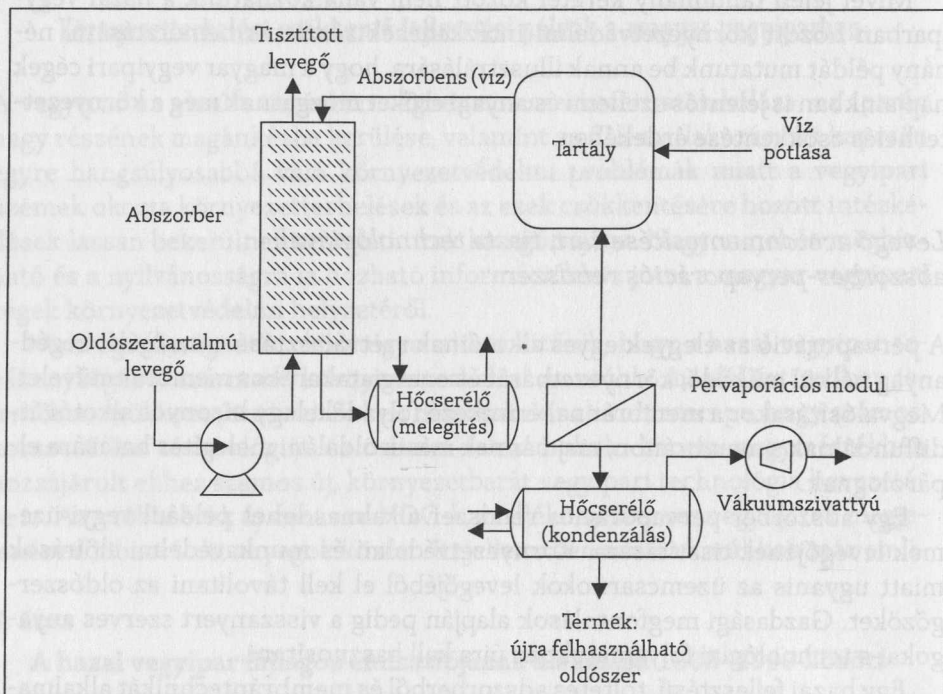
Egy abszorber-pervaporációs rendszer alkalmas lehet például vegyi üzemek levegőjének tisztítására. Környezetvédelmi és munkavédelmi előírások miatt ugyanis az üzemcsarnokok levegőjéből el kell távolítani az oldószergőzőket. Gazdasági megfontolások alapján pedig a visszanyert szerves anyagokat a technológiai folyamatokban újra kell hasznosítani.

Egy hazai fejlesztésű, töltetes adszorberből és membrántechnikát alkalmazó pervaporációs modulból álló rendszerrel⁹ (5. ábra) óránként 1000 m³ 20 000 ppm acetont tartalmazó levegő kezelhető oly módon, hogy acetontartalma 200 ppm-re csökken. Az abszorber alján elfolyó, mintegy 5% acetont tartalmazó víz előmelegítés után kerül a deszorpciót megvalósító pervaporációs modulra.

A zárt, tiszta technológia két kimenő anyagárama (1) tisztított levegő, amelynek oldószertartalma kisebb a környezetvédelmi határértéknél és (2) tömény permeátum, amely oldószerként újra hasznosítható. A technológiánál alkalmazott mosóvíz, acetontmentesítés után, szintén újra felhasználható.

Az 5. ábrán látható, 1000 m³ levegő/h kapacitású rendszer beruházási költsége 140 MFt. A beruházási költségek 80%-át a berendezések költségei, 20%-át a membrán ára teszi ki. A membrán élettartama 2-3 év. Az üzem éves működési költsége 3 MFt. Ugyanakkor az aceton visszanyeréséből, a környezeti terhelés csökkentésén túlmenően, ugyanakkor évente 25 MFt „termelési érték” származik.

Levegő aceton-mentesítése abszorber és pervaporációs modul összekapcsolásával



MOLOX-eljárás: szulfid- és merkaptántartalmú finomítói szennyvizek ártalmatlanítása

A kőolaj finomításakor több résztechnológiánál is megjelennek igen magas kémiai oxigénigényű, mérgező és intenzív bűzhatású veszélyes hulladékok. Ezek közé tartoznak az úgynevezett fáradt MEROX-lúgok, amelyek akkor képződnek, amikor a benzintípusú üzemanyagokban oldott kén-hidrogént és merkaptánokat nátrium-hidroxid vizes oldatával távolítják el. A MEROX-lúgok erősen mérgezőek, ezért élővízbe vagy biológiai szennyvíztisztítóba még nagy hígításban sem engedhetők be. Eddig ezeket a hulladékokat csak égetéssel lehetett ártalmatlanítani.

A MOL Rt. TKD Kutatási és Fejlesztési Részlege ilyen típusú szennyvizek kezelésére dolgozott ki egy igen hatékony kémiai módszert,¹⁰ amelyet MOLOX-eljárás néven szabadalmaztatottak is. A szennyvíztisztítási technológiákban alkalmazott kémiai módszerek lényege, hogy a szerves és szervetlen szennyező komponenseket olyan vegyületekké alakítják át, amelyek már nem

mérgezőek, és azokat a mikroorganizmusok le tudják bontani. A kémiai átalakítást, ami általában oxidáció, molekuláris oxigénnel vagy oxidáló hatású vegyületekkel végzik.

A MOLOX-technológia egy olyan folytonos oxidációs eljárás, amely a levegő oxigénjének katalitikus aktiválásával állítja elő a szerves vegyületek lebontásához szükséges aktív oxigént. A MOL kutatói által kifejlesztett, TiO_2 -alapú katalizátor alkalmazásával, folyamatos üzemmódban, a MEROX-lúgok kémiai oxigénigényét 97%-kal, szulfidtartalmát 99,99%-kal lehet csökkenteni.

A technológiát a Dunai Finomítóban valósítják meg, 1200 t/év MEROX-lúg feldolgozási kapacitással. Számítások szerint az új üzemben a fáradt MEROX-lúgokat, a szóba jöhető egyéb eljárásokhoz képest, egy nagyságrenddel kisebb költséggel lehet majd ártalmatlanítani. Ehhez az is hozzájárul, hogy a MEROX-üzemet energetikai szempontból integrálják a finomító megfelelő üzemeivel.

Jóllehet a MOLOX-eljárást egy speciális probléma megoldására dolgozták ki, megfelelő módosítások után más típusú szennyvizek is kezelhetők ezzel a technikával. Tervezik például a MOL Rt. maleinsav-anhidrid üzeméből származó, erősen savas, nagy kémiai oxigénigényű (sok szerves anyagot tartalmazó) szennyvíz ártalmatlanítását is, MOLOX-eljárással.

Nehézfém tartalmú szennyvizek és anyalúgok kezelése

A vegyiparban számos területen, így a gyógyszergyártásnál, a gumiiparban és a festékgyártás során is képződnek krómtartalmú anyalúgok, illetve szennyvizek. A szerveskémiai iparban oxidálószerként alkalmazott króm-trioxid ugyancsak krómtartalmú szennyvizet, illetve anyalúgot eredményez. A szennyvizekben és az anyalúgokban a króm az esetek többségében mind króm(III)-, mind króm(VI)-ionként jelen van.

A krómtartalmú szennyező anyagokat az élő szervezetek nem tudják lebontani, így azok a szervezetbe kerülve felhalmozódnak. Ezeket a hulladékokat mindenképpen ártalmatlanítani kell, mégpedig célszerűen oly módon, hogy krómtartalmukat újra fel lehessen használni.

A Nitrokémia 2000 Rt.-nél egy olyan egyszerűen kivitelezhető, ipari méretekben is megvalósítható eljárást¹¹ dolgoztak ki, amellyel a szennyvizek és az ipari anyalúgok króm(VI)- és króm(III)-tartalma is biztonságosan eltávolítható, és ezzel az élővizek nehézfémekkel történő szennyezése megakadályozható.

A kezelési technológia első lépésében az anyalúgban lévő króm(VI)-ionokat, nátrium-biszulfitos kezeléssel, króm(III)-ionokká redukálják. A redukciót kénsavas kezelés, majd a reakcióelegyben lévő különböző szerves szennyeződések extrakciója követi. Az extrakcióhoz felhasznált oldószert desztillációval visszanyerik. Az extrahált oldatot számított mennyiségű lúg-

gal, általában nátrium-hidroxiddal kezelve, végtermékként bázikus króm-szulfátot tartalmazó oldatot kapnak. Az oldat krómtartalma 15-20%, bázikus-sága 32-40%. Ez az oldat azonnal felhasználható bőrcserzéshez. Szükség esetén az oldat bepárolható, és a képződő szilárd, bázikus króm-szulfát számos célra felhasználható. Az eljárás előnyei a következők:

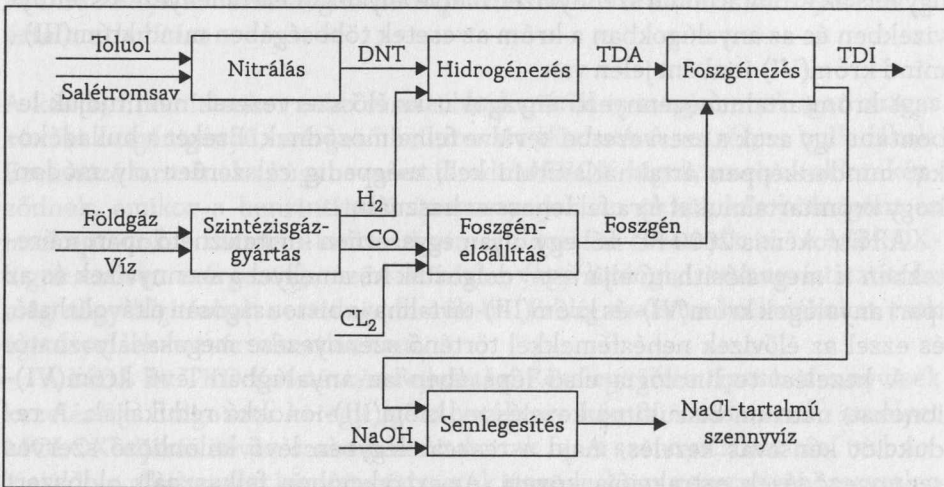
- a krómtartalmú szennyvizek és anyalúgok feldolgozása jelentős csökkenti a környezet terhelését,
- az eljárással hasznosítható, illetve értékesíthető termékek állíthatók elő,
- az eljárás ipari méretben egyszerűen, a vegyiparban általánosan használatos gépi berendezésekben és készülékekben kivitelezhető,
- a felhasznált anyagok nagy része a technológiai folyamatba visszaforgatható, így
- csak minimális mennyiségben kerül szennyező anyag a környezetbe.

Petrolkémiai eljárások környezetközpontú integrációja

A poliuretán-ipar egyik fő alapanyagának számító izocianátokat kémiai és fizikai átalakításokat egyaránt alkalmazó, többlépcsős technológiával állítják elő. A korábbi, integrálatlan üzemekben a foszgénezésnél keletkező sósav mellékterméket nátronlúggal semlegesítették (6. ábra). Az ekkor képződött sós szennyvíz komoly környezetterhelést okozott.

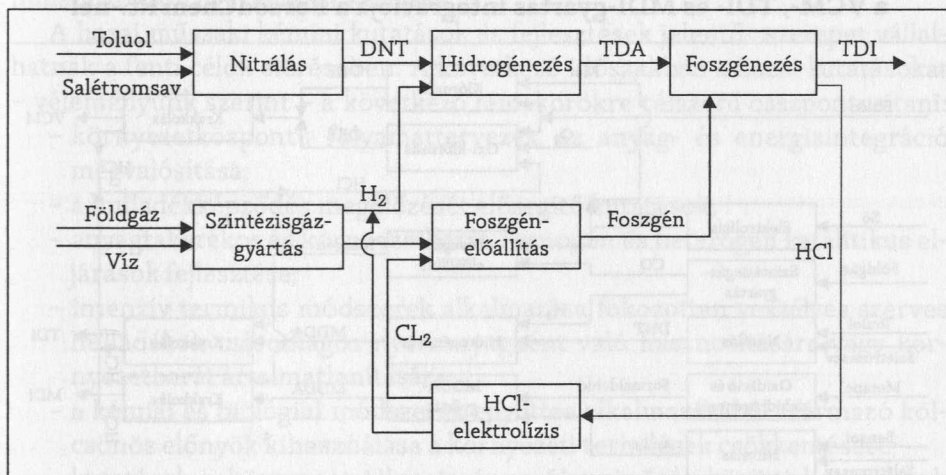
6. ábra

A korábbi, integrálatlan TDI-eljárás



TDI - toluilén-diizocianát, DNT - dinitro-toluol, TDA - toluilén-diamin

A BAYER-cég környezetközpontú, integrált TDI-eljárása

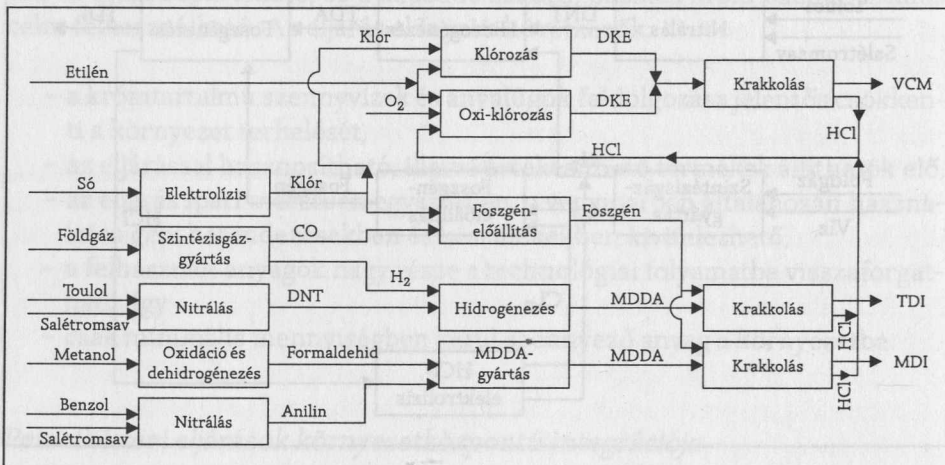


A modern integrált üzemekben a semlegesítés helyett a sósavból, mint melléktermékből elektrolízissel hidrogént és klórt állítanak elő, amelyeket a hidrogénezésnél, illetve a foszféngyártásnál alapanyagként használnak fel (7. ábra). Az ábrán látható hulladékhasznosítást a német BAYER AG öt üzeménél valósították meg, és az mind gazdasági, mind környezetvédelmi szempontból sikeresnek bizonyult.

A vegyipari termelés komplex integrációjára szép hazai példa a BorsodChem Rt. izocianát-gyártásának és PVC-vertikumának összehangolása. A közös klór- és foszfénalapú eljárások mellett itt három különböző eljárásnál (DKE-krakkolás, TDA-foszfénezés és MDDA-foszfénezés) keletkezik sósav mint melléktermék. A három forrásból származó sósav-melléktermékek együttes felhasználása modern gyártásszerkezetet eredményez. Ennek alapja egy új, kombinált vinil-klorid monomer gyártás, amelynél a kiegyensúlyozott klórozás–oxiklórozás lépésben a melléktermékként képződött összes sósavat feldolgozzák, és ezzel egy környezetbarát integrált folyamatot valósítanak meg (8. ábra).

Az úgynevezett integrált szennyezés-megelőzés-ellenőrzés elv szerint kialakított eljárásoknál a kevesebb szennyezőanyagot kibocsátó technológiák élveznek elsőbbséget még abban az esetben is, ha azok költségesebbek. Ennek az elvnek megfelelően, a VCM-, TDI- és MDI-gyártásoknál keletkező szennyvizek nagy részét visszavezetik a technológiákba. A technológiákat elhagyó, vissza nem vezetett szennyvizeket előkezelik, majd az anyagintegráció elvének megfelelően a központi szennyvíztisztítóba küldik. A foszfén légtérbe jutásának megakadályozására pedig véggázkezelő rendszert létesítettek.

**Egy környezetkímélő technológiai megoldás:
a VCM-, TDI- és MDI-gyártás integrációja a BorsodChem Rt.-nél**



Összefoglalás

A vegyiparban több lehetőség van a termelési hulladékok csökkentésére. Az anyaghulladékokéhoz képest az energiahulladékok esete egyszerűbb. Az energiafelhasználás intenzifikálására kidolgozott, szűkületi pont módszerén alapuló technikával és a szennyvízmennyiség minimalizálására javasolt módszerrel az egyes üzemek és vegyi gyárak energiafelhasználása csökkenthető. Az anyaghulladékok esetében a kibocsátások csökkentésére kidolgozott rendszeres módszerek üzemi szinten elérték korlátaikat. A továbbfejlődéshez az egyes változtatásokat felsőbb szinten, nevezetesen a vegyi gyár szintjén kell összehangolni. Ennek során figyelembe kell venni az üzemek közti integráció lehetőségét is. Ezt a stratégiát követve, zárt rendszerű termelés és minimális teljes emisszió érhető el a vegyi gyár szintjén is.

A környezet aktív védelme egyre inkább a hazai vegyipari gyakorlat integráns elemévé válik. Ezzel összefüggésben számos hazai fejlesztési eredmény született a környezetközpontú folyamatintegráció és -fejlesztés terén, a potenciális szennyezőanyagok forrásoknál történő csökkentésére, a nyersanyag- és energiafelhasználás mérséklésére és a termelési hulladékok, valamint az elhasznált termékek újrahasznosítására. Magyarország EU-csatlakozásával a környezetvédelmi fejlesztések kiteljesedése várható. Számos területen van kifejezett igény környezetvédelmi irányultságú technológiai kutatásokra és fejlesztésekre annak érdekében, hogy megfeleljünk az Európai Unió által megfogalmazott kívánalmaknak. Idetartozik – többek között –

a levegővédelem, vizeink védelme, a vegyipari nyersanyagok eddiginél hatékonyabb felhasználása, a termelési hulladékok csökkentése, valamint az egyéb hulladékok környezetbarát kezelése.

A hazai műszaki kémiai kutatások és fejlesztések jelentős szerepet vállalhatnak a fenti célok elérésében. A következő időszakban a hazai kutatásokat – véleményünk szerint – a következő témakörökre célszerű összpontosítani:

- környezetközpontú folyamattervezés, az anyag- és energiaintegráció megvalósítása;
- a hulladékképződés megelőzését elősegítő kutatások;
- anyagtakarékos és környezetbarát, homogén és heterogén katalitikus eljárások fejlesztése;
- intenzív termikus módszerek alkalmazása fokozottan veszélyes szerves hulladékok másodlagos nyersanyagként való hasznosítására vagy környezetbarát ártalmatlanítására;
- a kémiai és biológiai módszerek együttes alkalmazásából származó kölcsönös előnyök kihasználása a környezeti terhelések csökkentésére;
- kutatások a környezet állapota és az életminőség közötti kapcsolatok részleteinek felderítésére;
- alacsony költségigényű környezetvédelmi megoldások kidolgozása.

Jegyzetek

- 1 Smith, R. – Linnhoff, B.: The design of separators in the context of overall processes. *Chem. Eng. Res. Des.*, 66: 195. 1988; Berglund, R. L. – Lawson, C. T.: *Preventing pollution in the CPI*. Chemical Engng., September 1991. 120. p.
- 2 Mizsey P. – Fonyó Zs.: Hulladékcsoökkentési stratégiák a vegyiparban. *MKL*, 52: 457. 1997.
- 3 Fonyó Zs. – Kürüm, S. – Rippin, D. W. T.: Process developments for waste minimisation: the retrofitting problem. *Computers Chem. Engng.*, 18: 591. 1994.
- 4 Linnhoff, B. et al.: *User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy*. IChemE, Rugby, United Kingdom, 1982.
- 5 Annakou, O. – Mizsey P.: Rigorous investigation of heat pump assisted distillation. *Heat Recovery Systems & CHP.*, 15 (3), 241. 1995.
- 6 El-Halwagi, M. M. – Manousiouthakis, V.: Synthesis of mass exchange networks. *AIChE JI*, 35: 1233. 1989.
- 7 Mizsey P.: Waste reduction in the chemical industry: a two level problem, *Jl of Hazard. Mater.*, 37: 1. 1994.
- 8 Várhegyi M.: *Környezetvédelem, biztonságtechnika*. A Magyar Vegyipari Szövetség 2002. január 24-i ülésén elhangzott előadás.
- 9 Békássyné Molnár E. – Vatai Gy.: A membrántechnológia környezetvédelmi alkalmazásai. *MKL*, 56: 369. 2001.
- 10 Isaák Gy. – Kovács I. – Petró J.: Nagy szulfid- és merkaptántartalmú finomítói szennyvizek ártalmatlanítása. *MKL*, 57: 93. 2002.
- 11 Szabó L.: Nehézfém-tartalmú melléktermék kinyerése újrahasznosítható formában. *MKL*, 55: 423. 2000.

Ügyipari ökológia

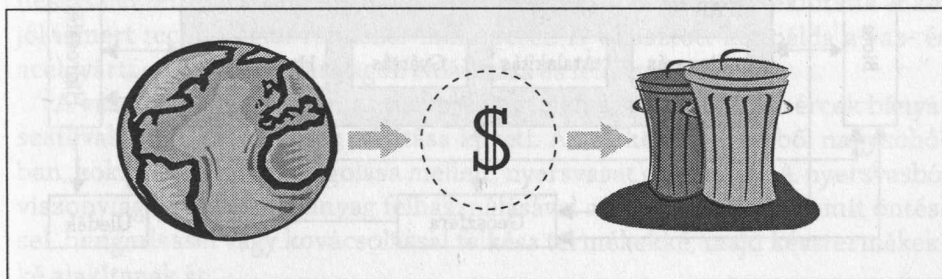
Bevezetés

A legújabb demográfiai előrejelzések szerint 2030-ban a Földön mintegy 8 milliárd ember fog élni. Tételezzük fel, hogy ekkorra a Föld valamennyi lakosának életszínvonala megközelíti a fejlett ipari országok lakosainak mostani életszínvonalát. Milyen következményekkel járna mindez? Egyfelől bizonyos kritikus nyersanyagok, például a réz, a kobalt, a molibdén vagy a kőolaj és a földgáz felhasználása annyira megnőne, hogy – a jelenleg ismert készletek kimerülése miatt – az adott állapotot legfeljebb egy évtizedig lehetne fenntartani. (Hacsak időközben nem fedezünk fel újabb nyersanyaglelőhelyeket, vagy az említett nyersanyag- és energiaforrásokat nem tudjuk másokkal helyettesíteni.) Másrészt, az adott esetben évenként mintegy 320 milliárd tonna szilárd hulladék keletkezne a Földön. Ennyi hulladékot egy Budapesttel azonos alapterületű, több mint 100 méter mély hulladéktárolóban lehet elhelyezni.

Ilyen és hasonló számítások, továbbá az a tény, hogy az elmúlt másfél évszázad kétségkívül imponáló gazdasági fejlődését a természeti környezet állapotának folyamatos romlása kísérte, vezettek a felismeréshez: az ipari tevékenység korábbi lineáris modellje (1. ábra) hosszabb távon nem működőképes. Az eddig szokásos gyakorlat szerint ugyanis a természetből származó nyersanyagokat és energiát az ipari termelés során úgy alakítjuk át a társadalom által igényelt termékekké (értékekké), majd ezeket a termékeket úgy használjuk

1. ábra

Az ipari termelés lineáris modellje



fel, hogy közben folyamatosan, nagy mennyiségben képződnek a természeti környezetbe visszajuttatott, azt terhelő hulladékok.

Egyre nyilvánvalóbb: a fenntartható fejlődés, azaz annak érdekében, hogy a társadalom jelenlegi igényeit az utánunk következő nemzedékek életfeltételeinek ellehetetlenülése nélkül elégítsük ki, a lineáris modellt egy, a természeti környezetbe jobban integrálódó modellel, az úgynevezett ipari ökorendszerrel kell felváltani. Ez utóbbi modell a természeti környezetet és az ipari termelést egyazon rendszer részeinek tekinti, az egész rendszerben az anyag- és energiafelhasználás optimalizálására és a hulladékképződés lehető legteljesebb visszaszorítására, továbbá arra törekszik, hogy az egyik részfolyamat kilépő árama egy másik részfolyamat belépő áramaként, a rendszeren belül hasznosuljon.

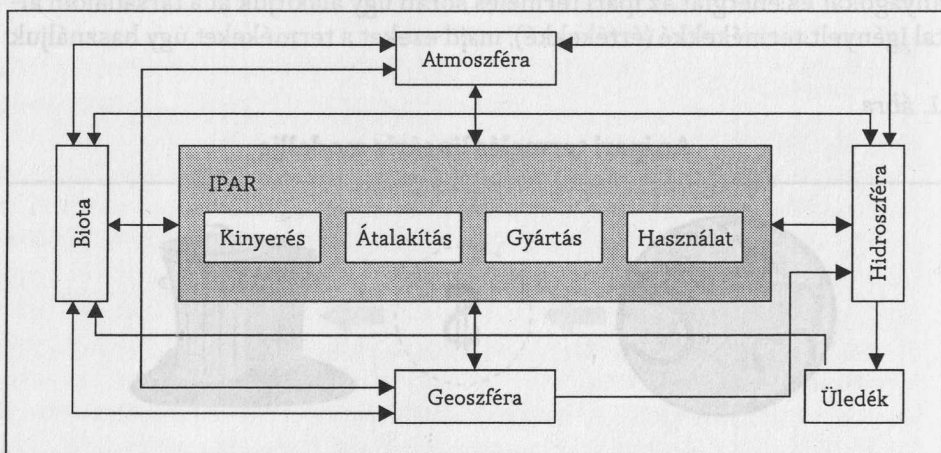
A következőkben az ipari ökorendszerek megvalósítását elősegítő, az utóbbi években látványosan fejlődő, interdiszciplináris tudományterület, az ipari ökológia néhány általános kérdését szeretnénk felvázolni.

Az ipar és a természeti környezet kapcsolatáról

A társadalom által igényelt javak előállításakor az ipar a geoszférából, a hidroszférából, az atmoszférából, továbbá a növény- és állatvilágból származó anyagokat és energiát használ fel, és oda anyagokat és energiát juttat vissza, egy bonyolult kapcsolatrendszer keretében (2. ábra). Még néhány évtizeddel ezelőtt is, ez a kapcsolatrendszer többnyire helyhez kötötten, jól körülhatárolhatóan működött: az ipari tevékenység környezeti hatásai, akár bemenő, akár kimenő

2. ábra

Az ipar és a természeti környezet kapcsolata



oldalon, egy-egy földrajzilag jól körülhatárolható térségben jelentkeztek. A helyi környezeti hatásokat viszonylag könnyen fel lehetett ismerni, okaikat egyértelműen fel lehetett tárni. Így az adott hatásokat kiváltó cégek és az illetékes hatóságok a környezeti problémákat megfelelő szinten tudták kezelni, például közös erőfeszítéssel csökkentették egyes toxikus szennyezők kibocsátását.

Az utóbbi 30-40 évben az ipari termelés volumene világszerte oly mértékben emelkedett, hogy a környezeti hatások a korábbinál jóval nagyobb területekre terjednek ki, és már nemcsak az egyébként is veszélyes, hanem a nem mérgező emissziók, például az energiatermelésből (és a közlekedésből) származó szén-dioxid is, mind nagyobb veszélyt jelentenek a bennünket körülvevő természetre.

Ezzel párhuzamosan folyamatosan nő az ipari rendszerek viszonylagos súlya a természeti környezethez képest. Már az 1980-as évek végén a világ ipara évente közel azonos tömegű nitrogént és foszfort mozgatott meg, mint amennyi – ugyanezen idő alatt – a természetben mozgott. Egyes fémek, így a kadmium, a cink, az arzén, a higany, a nikkel és a vanádium ipari tömegáramai közel kétszer nagyobbak voltak a természetes áramoknál. Az ólom esetében még kirívóbb a helyzet: 1988-ban az ipar világszerte 3,4 millió tonna ólmot mozgatott meg, ez több mint 18-szorosa (!) volt a természetben áramló ólom mennyiségének.¹

Jóllehet a természeti környezet mint rendszer, igen elmésen működik, és nagy az alkalmazkodóképessége, nem kétséges, hogy még a benne ritkán előforduló kémiai anyagokból is csak véges mennyiséget tud befogadni, nem beszélve a nagy tömegben képződő anyagokról. Sajnos, hajlamosak vagyunk erről megfeledkezni. Azt sem mindig tartjuk szem előtt, hogy ipari technológiáink – jelenlegi szerkezetükben – csak egészséges ökoszisztéma mellett működtethetők megfelelően. Az egészséges természeti környezet nemcsak tiszta levegőt és vizet, megfelelő mennyiségű csapadékot és termékeny talajt biztosít automatikusan az emberiség számára, hanem olyan, eddig nem kellő súllyal értékelt feladatokat is ellát, mint az időjárás szélsőségeinek tompítása, vagy éppen a természetes és ipari hulladékok lebontása.

A mai ipari technológiák többsége nem tekinthető környezetbarát jellegűnek. Az ezzel kapcsolatos problémák érzékeltetésére röviden tekintsük át két jól ismert technológiai rendszer működését. A választott két példa a vas- és acélgégyártás, illetve a műanyagok előállítása és felhasználása.

A vas- és acélgégyártás, mint technológiai ciklus, a vastartalmú ércek bányászásával indul, ezt az ércek dúsítása követi. Az előkészített ércből nagykohóban, koks és mészkő adagolása mellett, nyersvasat gyártanak. A nyersvasból viszonylag kevés adalékanyag felhasználásával acélt állítanak elő, amit öntéssel, hengerléssel vagy kovácsolással félkész termékekké, majd késztermékeké alakítanak át.

Az elhasználódott vas- és acéltermékek – ferromágneses sajátságaik miatt – könnyen elválaszthatók más hulladékoktól. Begyűjtésük jól szervezett, újrahasznosításuk gazdaságilag is kifizetődő.

Az acélgéártás által igényelt hulladék tömege elsősorban az alkalmazott géártási technológiától függ. Az utóbbi időben kezdenek elterjedni azok a technológiai megoldások (az úgynevezett mini-acélművek), amelyek kizárólag ócskavasból és acélhulladékból kiindulva géártanak kereskedelmi acélokat. 2000-ben a világ acélermelése mintegy 800 millió tonna volt, ennek a mennyiségnek közel felét hulladékból állították elő.² A vasciklus tehát, a viszonylag egyszerű újrahasznosíthatóság ellenére sem zárt körfolyamat. Az elhasznált fogyasztási cikkekből származó vashulladék csak részben kerül vissza a fémelőállításba és -feldolgozásba. Nagyobb része a természetben szétszóródva, hosszabb-rövidebb idő alatt oxidálódik (elrozsásodik), ami egyrészt anyag- és energiavesztéseget jelent, másrészt környezetterhelést okoz.

A műanyagok, kémiai összetételüket tekintve, széles skálát átfogó anyagrendszert alkotnak. Az összetétel sokféleségének (polietilén, polipropilén, PVC, polisztirol, hogy csak a leggyakoribb műanyagokat említsük) egyik fontos következménye a tulajdonságok sokszínűsége. Nem véletlen, hogy ezeket az anyagokat az élet minden területén, egyre szélesebb körben használjuk fel. Ennek eredményeként viszont évről évre nő a különböző eredetű műanyag-hulladékok tömege is.

A műanyagok újrahasznosítását számos tényező gátolja. A különféle műanyag-hulladékok nehezen különböztethetők meg és választhatók el egymástól. Igen gyakran még a „tisztá” műanyag-hulladékok sem bonthatók le eredeti kémiai alkotóelemeikre, ráadásul a lebontás során a környezetre fokozottan veszélyes termékek (dioxinok, klórozott szénhidrogének stb.) képződhetnek. A műszaki és környezeti problémákon kívüli, kritikus kérdés, hogy az újrafeldolgozás gazdaságosan megoldható-e?

Mindezen okok miatt a műanyagok újrahasznosítása ma még alacsony szintű. A fogyasztói szektorban, nagy tömegben képződő, környezetvédelmi szempontból igen kritikus PVC-hulladékból például az USA-ban is csak alig 1%-ot hasznosítanak. Valamivel kedvezőbb a helyzet egy másik műanyagból, a polietilén-tereftaláttól (PET) készült üdítőitalos palackok esetében, amelyeknél az újrahasznosítás aránya akár 25%-ot is elérhet. A PET-hulladékból, megfelelő kezelést követően, autóalkatrészeket, elektronikai eszközöket vagy társított anyagokban felhasználható szálakat állítanak elő.

A fentiek is alátámasztják, hogy a mai ipari technológiák döntően nyitott rendszerként, a természeti erőforrások (nyersanyagok és energia) intenzív igénybevétele és a környezet számottevő terhelése mellett működnek.

Mit tanulhat az ipar a természettől?

Természeti környezetünk – szemben az ipari technológiákkal – nemlineáris rendszerként, hanem körfolyamatként működik. Működésének számos olyan sajátossága van, amelyeket az ipari termelésben is érdemes volna alkalmazni. Ezek közül néhány:

- a természetben hulladék, mint olyan, nem létezik; nem képződik ugyanis olyan anyag a természetben, amelyet a rendszer valamely más eleme célirányosan ne hasznosítana (példa: az állatok által kilélegzett szén-dioxidot a növények a fotoszintézis alapanyagaként használják fel);
- az egyes élőlények létezéséhez szükséges táplálékot más élőlények elpusztulása és lebomlása szolgáltatja (példa: a talajban levő baktériumok és gombák lebontják az állati és növényi eredetű hulladékokat, ezáltal tápanyagot szolgáltatnak a növényeknek);
- az anyag és az energia állandóan és folyamatosan áramlik a természetben, és „környezetbarát” módon alakul át egyik állapotból a másikba; a rendszer működéséhez szükséges energiát a napsugárzás biztosítja, és a természet hosszabb távra is megoldotta a napenergia tárolását a fosszilis tüzelőanyagok képződése révén (példa: a nitrogén körforgalma a légkörből a fehérjékbe és vissza a légkörbe a bakteriális, növényi és állati tápanyagláncokon keresztül valósul meg);
- a természet dinamikusan, folyamatos információáramlás mellett működik; a rendszer szereplőinek identitását a folyamatokban betöltött szerepük határozza meg (példa: az egyes egyedek ösztönös tevékenységének kódját génjeik tartalmazzák);
- a természetben minden egyed önálló identitásként, ugyanakkor más egyedekkel összhangban létezik; a fajok együttműködése és versengése egymással összekapcsolódik, és egyensúlyban van (példa: a fajok viselkedését interaktív módon befolyásolja a táplálék hozzáférhetősége, az időjárás körülmények alakulása, az új fajok megjelenése; stb.).

Az ipari ökológia célja, hogy a természeti rendszerek működési elveit részletesen megismerjük, és azokat célszerűen alkalmazzuk az ember által létrehozott, mesterséges rendszerekre, adott esetben a vegyipari technológiákra. Így a biológiai rendszerekkel azonos módon, azokkal összehangoltan működő, zárt ciklusú, műszakilag és gazdaságilag hatékony, a természeti környezet tűrőképességét figyelembe vevő, ezáltal hosszabb távon is fenntartható ipari termelést lehet megvalósítani.

A vegyipari ökológia jellemzői és eszköztára

A vegyipari ökológia lényegében a folyamat- és terméktervezés, valamint a fenntartható műszaki fejlődés egy újfajta megközelítése. Mint minden új tudományterületet, ezt is többféleképpen határozzák meg. A vegyipari ökológia fontosabb jellemzői, amelyek egyúttal az adott tudományterület alapvető feladataira és lehetőségeire is utalnak, a következők:

- az ipari és környezeti rendszerek kölcsönhatásainak rendszerszemléletű vizsgálata;
- az anyag- és energiaáramok és ezek átalakulásainak együttes figyelembe vétele;
- a technológiai és környezeti kérdések multidiszciplináris megközelítése;
- a lineáris (nyitott) rendszerek átalakítása ciklikus (zárt) rendszerekké, úgy, hogy az egyik technológiában képződő hulladék egy másik technológiában alapanyagként hasznosul;
- törekvés az ipari folyamatok környezeti hatásainak csökkentésére;
- az ipari rendszerek és a környezet működésének összehangolása;
- az ipari és természeti rendszerek hierarchiaszintjeinek meghatározása és azok összehasonlítása a további vizsgálódások és teendők körvonalazása érdekében.

Az ipari és ökológiai rendszerek egy lehetséges hierarchiáját az 1. táblázat mutatja. Nyilvánvaló, hogy a különböző hierarchiaszinteken más és más problémák jelentkeznek, és azokra más és más megoldások adhatók. Minél feljebb haladunk a hierarchiában, annál bonyolultabbak a feladatok és a megoldások is.

1. táblázat

Az ipari és ökológiai rendszerek lehetséges hierarchiája

| Ipari rendszerek | Ökológiai rendszerek |
|---|----------------------|
| Emberi tevékenységből származó, globális anyag- és energiaáramlás | Ökoszféra |
| Gazdasági szektorok (vegyipar, gépipar stb.) | Bioszféra |
| Ipari szervezetek, cégek | Biogeográfiai régiók |
| Termelési rendszerek | Biológiai közösségek |
| Technológiai folyamatok | Ökorendszerek |
| A termék életciklusának fázisai | Élő szervezetek |

Forrás: Garner, A. – Keoleian, G. A., 1995.

Illusztrációként tekintsünk egy vegyiparból vett példát. A vegyipari termelés környezeti hatásai nagymértékben csökkenthetők a technológiákban képződő veszélyes hulladékok ártalmatlanításával. A legcélszerűbb hulladékkezelési módszereket minden esetben alapos kémiai, műszaki, környezetvédelmi és gazdasági megfontolások alapján lehet és kell kiválasztani. Manapság már egyre több módszer segíti ezt a választást. Ezek egyike az úgynevezett korlátozott életciklus-elemzés (Limited Life-Cycle Analysis, LLCA), amellyel egyes környezetvédelmi intézkedések hatásait mennyiségileg is becsülni lehet. A becslés alapján azután kiválasztható a környezeti hatások csökkentésének legmegfelelőbb módszere.³

A korlátozott életciklus-elemzés során minden lehetséges szennyezőre egy úgynevezett szennyezési tényezőt határoznak meg mindazon környezeti elemre (levegőre, vízre, talajra), ahol az adott komponens előfordulhat. A szennyező komponensek várható környezeti hatásait a szennyezési tényezőkből származtatott dimenziómentes számokkal, a környezeti hatásegységekkel (Environmental Impact Units, EIU) fejezik ki. Utóbbiak összegezhetőek, és valamennyi környezeti elemre összehasonlíthatók. Ily módon minden egyes környezetvédelmi megoldás egy EIU-val jellemezhető, ami tükrözi az adott intézkedés közvetlen (helyi) és közvetett (távoli) környezeti hatásait is.

Az LLCA-módszer az egyes környezetvédelmi intézkedések költségeit nem veszi figyelembe, de az eddigi tapasztalatok arra utalnak, hogy legtöbbször a legkisebb környezeti hatással járó változatok a legolcsóbbak is.

Németországban egy vegyipari üzemet a hatóságok arra köteleztek, hogy az általa alkalmazott technológiában képződő, kevés rovarirtót tartalmazó szennyvizet, a nulla kibocsátás érdekében, égetőműbe szállítsa, és ott elégettesse.⁴ Mielőtt erre sor került volna, LLCA-módszerrel a következő három kezelési változatot hasonlították össze:

- a szennyvizet közvetlenül a közeli folyóba engedik, minden kezelés nélkül,
- a szennyvizet az előírt módon elégetik, és
- biológiai, majd aktív szenes kezelésnek vetik alá.

Amint a hatáselemzés eredményeit összefoglaló *2. táblázat*ból kitűnik, a legkisebb környezeti terhelés (legkisebb összesített EIU-érték) a kombinált biológiai + aktív szenes kezeléskor várható: ez csak mintegy 10%-a a szennyvíz közvetlen kibocsátásakor várható környezeti hatásnak. A jogszabályilag előírt égetéses változat ugyanakkor közel kétszer akkora környezeti terhelést okoz, mint a kezeletlen szennyvíz kibocsátása. A számítások alapján az illetékes környezetvédelmi hatóság, a jogi előírásokat felülbírálván, az égetés helyett a kombinált biológiai + aktív szenes kezelést írta elő az üzem számára.

2. táblázat

Rovarirtó szert tartalmazó szennyvíz kezelési módszereinek összevetése, LLCA-módszerrel számolt környezeti hatásegység- (EIU-) értékek alapján

| | Kibocsátás, kezelés nélkül | A szennyvíz elégetése | Biológiai + aktív szentes kezelés |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Közvetlen emisszió | | | |
| Peszticidek | 15 200 | 0 | 15 |
| Teljes szerves szén (TOC) | 300 | 0 | 8 |
| Kloridok | 8 | 8 | 12 |
| A kezelés emissziója | | | |
| Olajfogyasztás | 0 | 23 500 | 975 |
| Villamos energia | 0 | 7 280 | 430 |
| Szállítás | 0* | 2 470 | 50 |
| <i>Összesített EIU</i> | <i>15 500</i> | <i>33 250</i> | <i>1 490</i> |

Az ipari ökológia eszköztára igen széles. Ez részben a vizsgált rendszerek jellegéből, részben a felmerülő kérdésekre adható válaszok sokféleségéből adódik. Az eszköztár fontosabb elemei közül néhány:

- ipari ökorendszerek kialakítása: a különböző iparágak közötti együttműködés elősegítése, amikor is az egyik termelési folyamat hulladékát egy másik kiindulási anyagnaként hasznosítja;
- összhang teremtése az ipar környezeti határai és a természeti környezet befogadóképessége között: azon lehetőségek felderítése, amelyek révén az ipar biztonságosan illeszkedik a természeti környezet adottságaihoz;
- az ipari termelés anyag- és energiafelhasználásának csökkentése: az ipari termékek minőségének javítása, az elhasznált termékek megjavítása és újrahasznosítása; integrált anyag- és energiahálózatok megvalósítása;
- az ipari folyamatok hatékonyságának növelése: az erőforrásokat takarékosan használó termelési folyamatok bevezetése;
- megújuló energiaforrások felhasználása az ipari termelésben: olyan globális energiarendszer kialakítása, amely az ipari ökorendszerek integráns részeként működik;
- új gazdaságfejlesztési elvek bevezetése, nemzeti és nemzetközi szinten egyaránt: a gazdasági és környezeti tényezők együttes figyelembevétele a politikai döntések meghozatalánál, zöld adók (green taxes) bevezetése, a környezetvédelmi törvénykezés korszerű elveinek megfogalmazása és gyakorlatának kialakítása.

Hogyan tovább?

Az ipari, és szűkebb értelmezésben a vegyipari ökológia koncepciója első közelítésben talán túl idealisztikusnak, a mindennapi gyakorlatban nehezen, vagy egyáltalán nem megvalósíthatónak tűnik. Ugyanakkor csaknem bizonyos, hogy a jövőben az ipar–környezet kapcsolatrendszernek ez lesz a legvalószínűbb modellje.

Várhatóan nemcsak egyféle ipari ökorendszer fog működni, hanem többféle, a lehetséges megoldások széles választékát kínáló megoldás létezik majd egymás mellett. A megoldások az egyszerű zárt ipari technológiától (például az alumíniumból készített üdítőitalos dobozok újrahasznosítása), egész sor bonyolult ipari ökorendszeren át a hibrid, bio-ipari ökorendszerekig terjednek.

Az ipari ökológia szemléletmódjának elterjedéséhez természetesen hosszabb időre, még kedvező esetben is évtizedekre van szükség. A folyamat eredményeként a jelenlegi nyitott termelési rendszerektől eljutunk a teljes körű öko-ipari infrastruktúrához. A régi, lineáris anyagáramláson alapuló ipari rendszerek eltűnnek, és a technológiák egy új generációja válik uralkodóvá. Nem szükségszerű, hogy ez az új technológiai generáció teljesen újszerű elveken alapuljon, de mindenképpen kapcsolódnia kell az ipari ökorendszer többi eleméhez.

Felhasznált irodalom

- Clarks, W. C.: Managing Planet Earth. *Scientific American*, 51. 1989 September.
- Garner, A. – Keoleian, G. A.: *Industrial Ecology: An Introduction*. National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan, Ann Arbor. 1995. 1–27.
- Schaltegger, S. – Sturm, A.: *Ökologieorientierte Entscheidungen in Unternehmen*. 2nd Ed. University of Basel, Switzerland 1999.
- Sziklavári J.: Vaskohászat és környezetgazdálkodás. *Magyar Tudomány*, CVIII: 903. 2002.
- Tibbs, H.: *Industrial Ecology. An Environmental Agenda for Industry*. GBN, Emeryville. 1993. 1–28.
- Vignes, R. P.: *Use of Limited Life-Cycle Analysis for Environmental Decision-Making*. Chemical Engineering Progress. 2001, 40.

Jegyzetek

- 1 Clark, W. C., 1989.
- 2 Sziklavári J., 2002.
- 3 Schaltegger, S., 1994; Vigner, S. – Sturm, A., 2001.
- 4 Vignes, R. P., 2001.

Biztonságtechnikai vonatkozások

Veszélyes iparág?

A vegyiparban végzett tevékenységekkel szemben az emberek többsége ösztönös ellenérzéssel viseltetik. Ez elsősorban abból fakad, hogy a vegyi folyamatok többségét nem ismerik, csak annyit tudnak, hogy az alkalmazott anyagok nagy része kellemetlen szagú, esetleg maró vagy mérgező hatású, felrobbanhat.

A vegyiparban alkalmazott technológiák jelentős része valóban hordoz veszélyeket, így ezek kockázatot jelentenek a vegyiparban dolgozókra, a létesítmények közelében élőkre, valamint a környezetre egyaránt. Ugyanakkor lényegét tekintve ez a veszély nem különbözik a más iparágakban megjelenő veszélyektől, ugyanúgy elemezhető és kezelhető, mint azok. A Központi Statisztikai Hivatal 1994. évi adatai alapján a vegyiparban 1282 üzemi baleset fordult elő, ami a tárgyévi foglalkozási balesetek 21,5%-át jelentette. Két halálos baleset fordult elő ebben az évben, ami az éves, halálos foglalkozási balesetek (188) mindössze 2%-a. Ugyanakkor égés, robbanás, mérgezés vagy fulladás a hazai balesetek csupán 3,5%-át okozta.¹ Ebből egyértelműen kitűnik, hogy a vegyiparban csakúgy, mint a többi iparágban és tevékenységi körben, sokkal gyakrabban fordulnak elő a mindennapi életre jellemző, legtöbbször emberi mulasztásokból eredő balesetek (jármű, szerszámok, munkagépek, esés stb.).

A vegyipari folyamatoknál, létesítmények tervezésénél természetesen igen nagy hangsúlyt fektetnek a biztonságra. Egy-egy technológia, gyártási folyamat tervezésekor kockázatelemzések sora születik, és meghatározzák az alapvető biztonsági szinteket, valamint az ezekhez tartozó peremfeltételeket. Ehhez csakúgy, mint a termelési folyamatok más területein, elsősorban a következő három alapvető állapotot veszik figyelembe:

- Normál üzemi körülmények: azon állapot, amikor egy technológia rendeltetésének megfelelően működik.
- Normál üzemi körülményektől eltérő, ellenőrzött állapot: idesorolhatók mindazon tevékenységek, amelyek a gyártás érdekében ismétlődően vagy alkalomszerűen jelentkeznek szabályozott beavatkozás formájában, de eltérnek a normál körülményektől (például indítás, leállítás, gyártósor átállítás, esetleg szakaszos üzemű gyártómű újratöltése, karbantartás, javítás, időszakos ellenőrzés stb.).

- Rendkívüli körülmények: idesorolhatók azok a helyzetek, amikor a folyamat feletti ellenőrzés rövidebb-hosszabb időre megszűnik, vagyis baleset történik.

Az első kategóriába tartozó események értelemszerűen minimális kockázattal járnak. Már a vegyipari létesítmények tervezésénél fokozott súlyt helyeznek arra, hogy normál üzemi körülmények között a dolgozókat és a környezetet ne érje indokolatlan terhelés. Az érvényben lévő munkavédelmi és környezetvédelmi törvények erre vonatkozóan igen szigorú határértékeket írnak elő.

A vegyipari műveletek, folyamatok sajátossága azonban, hogy míg más iparágak esetén a szokásos üzemi körülményektől eltérő, ellenőrzött állapotban előforduló helyzetek nem jelentenek fokozott kockázatot (például egy textilipari gépsor karbantartása), addig itt egy karbantartással, javítással, töltés-ürítéssel járó (gyakran kézi) beavatkozás jelentős veszélyeket hordozhat. Természetesen a mai technikai fejlettség szintjén ezek a járulékos veszélyek is kezelhetőek automatizálással, távvezérléssel, egyéni és kollektív védőeszközök, mentesítési technológiák alkalmazásával. Ezen helyzetek közös jellemzője, hogy a kockázatok és veszélyforrások előre láthatóak, így a biztonság tervezhető.

A legnagyobb veszélyt természetesen a rendkívüli kategóriába tartozó események jelentik. Idetartoznak az egyszerűbb meghibásodások, a balesetek és a vegyipari katasztrófák (haváriák). A vegyipari katasztrófa-események és helyzetek többnyire bonyolultak, hiszen a hagyományos és speciális hatások általában egy időben és helyen, gyakran egymást erősítve jelentkeznek (például tűz és veszélyes anyagok hatásai). Ez a balesetek leküzdését megnehezíti. Jellemző probléma, hogy a balesetek elhárításával foglalkozó állománynak egyszerre többféle veszéllyel is szembe kell néznie, például egy vegyi üzemben bekövetkezett tüzesetnél a tűzoltóknak számolni kell a „megszokott” hőhatások és a kiégett épületek jelentette veszélyforrások mellett az esetleges veszélyes anyagok jelenléte miatti maró, mérgező stb. környezetre is.

Ez számos egyéb problémát vet fel. Először is a vegyiparban jelenleg mintegy 20 000-féle veszélyes anyagot használnak, és ebből mintegy ezer az egészségre különösen veszélyes. Megjelenési formájuk, viselkedésük és az általuk okozott egészségkárosító hatások oly sokfélék, hogy egységes balesetelhárítási tervet lehetetlen kidolgozni ellenük, hiszen például különféle oldószerek, felítató anyagaik és közömbösítő szereik vannak. Az ellenük, illetve jelenlétükben történő baleset-elhárítást speciális esetekre szükséges megtervezni (például adott üzemegységre), egyedi felszerelést kell hozzá biztosítani, a beavatkozó állományt fel kell készíteni és a felkészültséget szinten kell tartani. Ez jelentős anyagi forrásokat köt le, ráadásul sok esetben „feleslegesen”, hiszen akár évek is eltelhetnek baleset nélkül. Ez a múltban gyakran vezetett ahhoz, hogy a balesetek megelőzésére szánt pénzkereteket megnyirbálták. A jelenlegi jogi szabályozók a felkészültség igen magas fokát írják elő, és ennek mind megvalósítását, mind szinten tartását hatóságilag ellenőrzik.

Mindemellett tudomásul kell vennünk, hogy a vegyipari havária-események, jellegükénél fogva, igen súlyos méreteket is ölhetnek, gondoljunk csak a hírhedt bhopal-i gázmérgezésre, a seveso-i eseményre, amely nemzetközi egyezmények megkötését indította el, vagy a közelmúltban Franciaországban, Toulouse-ban bekövetkezett balesetre.

Egészségügyi vonatkozások

Jogi szabályozás

Minden munkáltató köteles a szervezett munkavégzés keretében általa foglalkoztatott munkavállalók részére foglalkozás-egészségügyi alapellátást, előzetes és időszakos munkaköri és szakmai alkalmassági vizsgálatokat biztosítani. Az ezekre vonatkozó főbb jogi szabályokat a munkavédelmi törvény² és a 89/1995. (VII. 14.) kormányrendelet foglalja össze. A munkavédelmi törvény értelmében a foglalkozás-egészségügyi szolgáltatás nyújtása a foglalkozás-egészségügyi szolgálatok feladatkörébe tartozik. A munkáltatók munkavállalóik létszámát és tevékenységét, valamint a foglalkozás-egészségügyi szolgáltatás módját kötelesek az ÁNTSZ telephely szerinti illetékes intézetének bejelenteni. A 27/1995.(VII. 25) NM-rendelet alapján a szolgálat az alapszolgáltatás keretében végzi:

- a külön jogszabályban meghatározott munkaköri alkalmassági vizsgálatokat, és kezdeményezi az ehhez szükséges szakorvosi vizsgálatokat;
- a külön jogszabályban meghatározottak szerint a foglalkozási megbetegedések, a fokozott expozíciós esetek kivizsgálását;
- a munkavégzés egészségkárosító hatásainak vizsgálatát;
- az egyéni védőeszközökkel kapcsolatos tanácsadást;
- a munkavállalók munkakörülményeivel kapcsolatos felvilágosítást;
- a külön jogszabályban meghatározottak szerint az I. alkalmassági csoportba tartozó közúti járművezetők egészségi alkalmassági vizsgálatát.

A szolgálat közreműködik:

- a munkahelyi veszélyforrások feltárásában;
- foglalkozás-egészségügyi, -fiziológiai, -ergonómiai és -higiénés feladatok megoldásában;
- az elsősegélynyújtás és a sürgős orvosi ellátás megszervezésében, az elsősegélynyújtók szakmai felkészítésében;
- a munkáltató katasztrófa-megelőző, -elhárító, -felszámoló és az előidézett károsodások rehabilitációs tervének kidolgozásában.

A szolgálat igénybe veheti a mentőszolgálatot. A szolgálat orvosa járóbeteg-szakellátást nyújtó szakrendelésekre, illetve háziorvosi ellátásra utalhatja a munkavállalót, speciális kórházi ellátást igénylő foglalkozási megbetegedés, vagy annak gyanúja esetén pedig sürgősséggel, vagy előzetes helybiztosítás útján a Fodor József Országos Közegészségügyi Központ OMFI fekvőbeteg osztályára utalhatja a beteget.

Különösen nagy ennek a jelentősége az A és B kategóriás munkakörökben, így elsősorban a radioaktív, fertőző biológiai és vegyi anyagokkal foglalkozók-nál, ahol az egészségkárosító hatások folyamatos kockázatot jelentenek. A dolgozó népesség mintegy 30-50%-a ma még ki van téve a klasszikus egészségkárosító hatásoknak, például biológiai, fizikai vagy kémiai ártalmaknak.

A munkahelyi egészségvédelmi és biztonságirányítási rendszer (EBR)

Az egészségvédelmi és biztonsági menedzsment-programok egyrészt a megfelelő helyre telepítik a szervezeten belüli felelősségek és felhatalmazások körét, másrészt megfogalmazzák a kitűzött célokat, és határidőket állapítanak meg a célállapot elérésére.

A munkavédelmi vezető felelős az összes dokumentáció meghatározásáért, amely ahhoz szükséges, hogy a vállalat területén végzett tevékenységek munkahelyi egészségvédelmi és biztonsági szempontból megfeleljenek az érdekelt felek elvárásainak. Az EBR dokumentálására négy (I-IV) szintű rendszert cél-szerű alkalmazni (1. táblázat).

Egy vegyipari vállalat jellemző moduljai a munkavállalók egészségének, testi épségének és munkaképességének megóvása érdekében, a következők:

- kockázatértékelés;
- veszélyhelyzeti terv;
- anyagmozgatás, anyagkezelés;
- egyéni védőeszközök, védőital és bőrvédő készítmények juttatása;

1. táblázat

Az EBR dokumentálási rendszere

| Szint | Tartalom |
|-------|--|
| I | Munkahelyi egészségügyi és biztonsági rendszer (MEBIR) kézikönyve, figyelemmel az MSZ/T 28800 (BS 8800) szabvány követelményeire |
| II | Folyamatleírások |
| III | A folyamatokhoz kapcsolódó eljárások előírások, utasítások, szabályzatok |
| IV | A MEBIR-ben használt minden feljegyzés, adat, nyilvántartás |

- munkaköri alkalmasság orvosi vizsgálata és véleményezése;
- munkatársak képzése;
- munkavédelmi üzembe helyezés;
- munkavédelmi ellenőrzések, belső auditok;
- munkavégzési engedélyek.

A modulok kialakítása során figyelembe kell venni az EU 0501 „Dokumentumok, adatok és feljegyzések kezelése” című eljárási utasítást.

Teendők foglalkozási megbetegedések esetén

A foglalkozási megbetegedést, mérgezést az illetékes ÁNTSZ-nek be kell jelenteni. A foglalkozási betegségeket a foglalkozás-egészségügyi szolgálat (FESZ) orvosa jelenti az illetékes közegészségügyi szerveknek.

A munkavédelmi osztály (vagy megfelelője) – az orvos bejelentési kötelezettségétől függetlenül – telefonon, faxon, vagy táviratban köteles értesíteni az ÁNTSZ-t, ha a vállalatnál halálos kimenetelű, vagy tömeges foglalkozási megbetegedés fordult elő. Az értesítési kötelezettség akkor is fennáll, ha a foglalkozási betegség üzemi baleset következtében lépett fel.

A halálos, vagy tömeges foglalkozási betegségekről az illetékes Munkabiztonsági és Munkaügyi Felügyelőséget is értesíteni kell. Tömeges foglalkozási betegségnek tekinthető ugyanazon munkahelyen öt, vagy több munkavállalót érintő azonos – foglalkozási eredetű – egy időben történt heveny megbetegedés.

Munkabalesetet vagy foglalkozási megbetegedést szenvedett munkavállalók kártérítése

A munkáltató felelősségre való tekintet nélkül felel a munkavállalónak okozott kárért akkor, ha azt a munkavállaló a munkaviszonyból fakadó kötelezettségének teljesítése közben szenvedte el, kivéve, ha bizonyítani tudja, hogy az működési körén kívül és számára elháríthatatlan módon következett be. Kárigény esetén a Munka Törvénykönyve előírásai alapján kell eljárni. A kár lehet:

- jövedelem jellegű (100% táppénz és az elmaradt jövedelem különbsége);
- a költségek indokolt összege;
- dologi kár;
- nem vagyoni kár.

Aránytalan igény esetén igazságügyi orvosszakértő bevonása, véleményének ismeretében peren kívüli megegyezés. Ennek hiányában polgári peres eljárás javasolt.

A jövő kihívásai

A foglalkozás-egészségügy azt a feladatot tűzte ki, hogy gondozza a munkát végző népeiséget, és lehetőség szerint őrizze meg és fokozza annak egészségét. Innovatív jelölésként, egy új globális és nemzeti munkakörnyezetben, személyi adatot hordozó kártyán regisztrálni tudjuk a legkülönbözőbb munkakörülményeket és egészségkárosodásokat egy munkásélet során. A vegyipari üzemekben végzett munkákat a legteljesebb mértékben automatizálni kell, ez sem mentesíti azonban a rendellenes működés során beavatkozó állományt az egészségkárosító kockázatoktól és azok hosszú távú következményeitől.

Haváriák és kezelésük módjai

A haváriák és kezelésük stratégiája³

A veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem súlyos balesete (haváriája) során tűz, robbanás keletkezhet, egészségre, környezetre káros anyagok juthatnak a levegőbe vagy vízfolyásokba, veszélyeztetve a lakosságot és a környezetet. A tüzek és a robbanások nagy valószínűséggel csak a veszélyes üzemek közvetlen környezetében okoznak kárt az emberi egészségben vagy a környezetben, a balesetet követő nagyon rövid időn belül. A veszélyes anyagok levegőbe való kerülése – a szabadba jutott anyag fajtájától, mennyiségétől, fizikai mutatóitól, a terjedés meteorológiai, domborzati és más feltételeitől függően – a baleset helyszínétől több kilométer távolságban, szélsőséges esetben több tíz kilométer távolságban okozhat veszélyt. Ennek lefolyása több tíz percre, esetleg órákra tehető. Maradó hatású mérgező anyagok esetében a hatás tartós lehet, esetenként több évtized. A folyóvizek katasztrofális szennyezése veszélyt jelent minden alvízi területen, akár több száz kilométer távolságban is. Ennek időbeni lefolyása több nap, esetleg több hét.

A probléma jogi kezelésére hazánkban megalkották a szükséges normákat: a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 1999. évi LXXIV. törvény (a továbbiakban: Kat.) és végrehajtási rendeleteit. Ez az Európai Unió elvárásaival összhangban keretet szab a vegyi haváriák megelőzésének és hatásaik csökkentésének.

Veszélyes üzemek az ország minden részén találhatóak, de területileg nem egyenletesen helyezkednek el. Budapest és Pest megye mellett elsősorban a

borsodi és a veszprémi térség veszélyeztetett. Jelenleg nem tudjuk pontosan, hogy a határainkon túl (elsősorban keleti irányban) milyen potenciális, Magyarországot érintő veszélyforrások vannak. Megállapítható, hogy a lakosság és a környezet, illetve nagy folyóvizeink élővilága és part menti területei jelentős területeken – a veszélyes üzemek hazánkban és a szomszédos országokban való működése miatt – veszélyeztetettnek tekinthetők. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos katasztrófák kockázatának alakulását a belátható jövőben a következő, egymással gyakran ellentétes hatású folyamatok határozzák meg:

A jogi szabályozásból eredő folyamatok. Az új hazai szabályozás bevezetése önmagában lényegesen csökkenti a veszélyes anyagokkal kapcsolatos tevékenységek kockázatát. Ennek lehet további kockázatsökkentő hatása az is, hogy az üzemeltetők veszélyesanyag-készleteiket a technológiailag lehetséges minimumra fogják csökkenteni, ezáltal a szabályozás hatása alól kikerülnek. Amennyiben ez nem lehetséges, akkor a veszélyes anyagok jelenlétének körülményeit a felmentési kritériumokhoz igazítják, ami szintén a terhek csökkentését eredményezheti.

Jelenlegi ismereteink szerint az Európai Unió a kötelező közösségi szabályozás szigorítására készül:

- Több veszélyességi anyagosztály esetében az azonosításhoz alkalmazott küszöbmennyiségeket kívánja csökkenteni. Ezáltal jelentősen megnő a szabályozás hatálya alá eső üzemek száma.
- A bányászatra vonatkozóan olyan értelmezés kiadására kerül sor, amely a bányáüzemeknél található elsődleges feldolgozó üzemeket bevonja a szabályozás hatálya alá.
- A teherpályaudvarokat és a csővezetékeket – az ipari üzemekétől ugyan némileg eltérő megközelítésekkel – bevonja a szabályozásba.

Az EU intézményei által tervezett, de jelenleg még jogszabályi formát nem öltött változtatások a szabályozásba bevont létesítmények számának a jelentős növekedését fogják eredményezni, ami a veszélyes anyagokkal kapcsolatos kockázatot jelentősen csökkenti, de lényegesen növekednek a szabályozásból származó (hazai) terhek is.

A gazdasági és a műszaki-technikai fejlődésből eredő folyamatok. A vegyipar és több, veszélyes anyagokkal foglalkozó iparág termelése az elkövetkező években várhatóan a nemzetgazdasági átlagot meghaladó ütemben fog növekedni. Ezt a növekedési ütemet is meghaladja az üzemekben jelen lévő veszélyes anyagok mennyisége. Ettől a veszélyes üzemek, ezen belül a felső küszöbértékek számának a gyors növekedése várható, ami növeli az általános kockázatot is.

A korszerű technológiák, az automatizált rendszerek és a korszerű szerkezeti anyagok csökkentik a súlyos balesetek kockázatát. Az európai uniós csatlakozás, a környezetvédelmi joganyag harmonizációja (elsősorban az IPPC-irányelv átültetése a hazai jogrendbe) a vegyipar technológiai megújítását, ezáltal a katasztrófák kockázatának csökkenését fogja eredményezni.

A nemzetközi feltételekből eredő folyamatok. A szomszédos országok EU felé való közeledése az EU-konform szabályozás bevezetését hozza magával. Ez növelni fogja a magyar lakosság és a környezet biztonságát, és csökkenti a súlyos balesetek kockázatát.

A magyar EU-tagsággal az ipari katasztrófák megelőzésére és kezelésére szükséges anyagi erőforrások előteremtése már nem az állami költségvetés tényleges helyzetétől függ. A feltételek biztosításáért felelős ellenőrzési rendszer központja Brüsszelben van. Amennyiben a megelőzés és a kezelés feltételei nem felelnek meg a jogszabályi előírásoknak, akkor az EU intézményei jogi eljárás keretében érvényesíthetik érdekeiket. Ez kétségtelenül kockázatcsökkentő hatású.

A megelőzés elsődlegessége

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos ipari katasztrófák elleni védekezés leghatékonyabb eleme, amelynek prioritást kell biztosítani – a megelőzés. A megelőzés stratégiája ezen a területen azt jelenti, hogy:

- átfogó rendszert alakítunk ki, amely a megelőzés minden elemét magában foglalja;
- a rendszer reálisan végrehajtható rendszabályokat tartalmaz a megelőzésre;
- hatékony ellenőrzési rendszer működik a megelőzési feltételek biztosítására.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos ipari katasztrófák megelőzésével kapcsolatos tevékenységet jelenleg a következő feltételek határozzák meg. Az Európai Unió tagállamaiban a veszélyes üzemek éles piaci versenyben állnak. A piaci pozíciók alakulásában számottevő szerepük van a környezetbiztonsággal kapcsolatos anyagi terheknek. Az Európai Unió az érvényes jogszabályok útján a tagállamokat olyan normák elfogadására kötelezte, amely a veszélyes üzemek üzemeltetőire jelentős anyagi terheket ró. Ugyanakkor a közösség vámhatárain belül nem kíván elviselni olyan helyzetet, amelynél a versenyképesség a környezetbiztonsági normák be nem tartásából származik. Következésképpen minden csatlakozott állam számára feltételül szabta azt,

hogy a környezetbiztonságra vonatkozó normái legalább olyan szigorúak legyenek, mint a közösségi előírások.

1992-ben megszületett, és 2000-ben hatályba lépett az ipari balesetek országhatáron túli hatásairól szóló egyezmény (Helsinki Egyezmény), amelynek hazánk részese. A Helsinki Egyezmény rendelkezései a részesek számára a normálidőszaki és a veszélyhelyzeti kapcsolattartás mellett – az EU SEVESO II. irányelvénél általában nem szigorúbb – megelőzési normaalkotási kötelezettséget és az ipari balesetek általi veszélyeztetettségre vonatkozó kölcsönös adatszolgáltatást is előírnak.

Az európai uniós jogharmonizációból és a Helsinki Egyezményből származó hazai normák – azzal együtt, hogy a biztonság számottevő növekedését eredményezik – jelentős anyagi terheket jelentenek a magyar veszélyes üzemeknek, és közvetlenül vagy közvetetten az állami költségvetésnek. A hazai jogszabályok ezért (deklaráltan és ténylegesen) nem szigorúbbak, mint a közösségi jogszabály.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés feladatai⁴

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos ipari katasztrófák elleni védekezést szolgáló szabályozás a megelőzés, a felkészülés, a tervezés és a végrehajtás teljes összhangját teremti meg. Ennek elemei a következők:

- A veszélyes tevékenységek azonosítása. A megelőzés első lépése a veszélyes tevékenységek azonosítása. A norma alapján az olyan üzem veszélyes, ahol a veszélyes anyagok egy meghatározott alsó küszöböt meghaladó mennyiségben vannak jelen.
- A lehetséges súlyos baleset azonosítása. Ennek során a technológia minden üzemmódjának, minden folyamatát megvizsgálják. Feltárják, hogy milyen üzemzavarok léphetnek fel, amelyek súlyos balesetet is okozhatnak.
- A lehetséges súlyos baleset kockázatának meghatározása. A lehetségesen előforduló súlyos baleseteknek különböző a kockázata. Ki kell választani ezek közül azokat, amelyek előfordulásával valóban számolni lehet.
- A lehetséges súlyos baleset következményeinek értékelése. Az azonosított súlyos baleset paraméterei és a következmények alakulását befolyásoló tényezők alapján meg kell határozni a károsító hatások terjedésének lehetséges távolságait.
- A veszélyességi övezet meghatározása. A lehetséges súlyos baleset előfordulásának kockázata és a károsító hatások terjedésének távolsága alapján ki kell jelölni a veszélyességi övezetet.

- A kockázat minősítése. A meghatározott kockázatok és a veszélyességi övezetben található feltételek alapján minősíteni kell a kockázat elfogadhatóságát. Nem elfogadható volta esetében intézkedést kell foganatosítani annak csökkentésére.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos katasztrófák megelőzésének fent leírt rendszere a következő alrendszerekből épül fel:

- Hatósági felügyeleti, engedélyezési rendszer. Veszélyes tevékenységet megkezdeni, vagy azt bővíteni csak hatósági engedéllyel lehet. Az engedély kérésekor bizonyítani kell, hogy a tevékenység veszélyessége nem halad meg egy meghatározott mértéket.
- A biztonságos működést bizonyító okmányrendszer. A biztonságos működés bizonyításához a következő dokumentáció elkészítése szükséges: a biztonsági elemzés és a biztonsági jelentés, amelyek a biztonságos üzemeltetés bizonyításának legfontosabb okmányai. Ezeknek részét képezi a súlyos balesetek megelőzésével kapcsolatos fő célkitűzések és elvek leírása, a biztonsági irányítási rendszer bemutatása, az üzem és környezete bemutatása és a fentiekben leírt feladatok dokumentálása.

A súlyos balesetek döntő többsége végső soron emberi mulasztásra vezethető vissza. Az emberi mulasztást megfelelő biztonsági irányítási rendszer kialakításával minimalizálni lehet, így ez a súlyos balesetek megelőzésének leghatékonyabb eszköze.

A lakosságot és az üzem környezetét érő súlyos baleset kockázata jelentősen csökkenthető, ha az üzemzavarok vagy kisebb balesetek nem fejlődnek súlyosakká. A belső védelmi tervben foglalt feladatok ezt szolgálják.

A külső védelmi terv a település – más károsító hatásokat is tartalmazó – védelmi tervének része.

A veszélyességi övezetben történő bárminemű fejlesztést korlátozni kell, indokolt esetben építési korlátozásokat szükséges bevezetni. A jogszabályban meghatározott módon, a veszélyességi övezetnek a településrendezési tervekben meg kell jelennie.

A megtörtént súlyos balesetokről, a súlyos baleset kialakulásával fenyegető üzemzavarokról az üzemeltető a jogszabályban rögzített módon a hatóság számára jelentést tesz. A jelentési rendszer működésének eredményeképpen hatékony információs rendszer jön létre.

A lakosság védelmének hatékonyságát növeli az, ha a lakosság ismeri és elfogadja az üzem veszélyeztető hatását, a védekezés módjait és eszközeit. Ezért a veszélyes üzem biztonságát bizonyító dokumentációja – az üzemi, üzleti titkokat és a közbiztonság miatt kényes adatokat kivéve – nyilvános. A nyilvánosságot kiadványok közreadásával, a biztonsági jelentéshez való

hozzáférés lehetőségével és nyilvános meghallgatások tartásával kell tájékoztatni.

A megelőzés megoldatlan kérdései

A megelőzés jelenlegi hazai rendszerében több kérdés megoldatlan. Ezek elsősorban azzal kapcsolatosak, hogy ez a rendszer – a jogharmonizáció más terheivel együtt – nehezen vállalható költségeket jelent a gazdaságnak. A szabályozás kiterjesztése – az EU által jelenleg nem igényelt – további területekre jelentősen növelné a cégek anyagi terheit. A következőkben néhány olyan példát mutatunk be, amelyek a jelenleg kialakítás alatt álló rendszer hiányosságaira utalnak.

A szabályozás nem terjed ki a bányászatra. A bányászásban önmagában ritkán van jelen veszélyes anyag olyan formában, hogy az katasztrófa kialakulásához vezessen. Az európai uniós szabályozás jelenlegi értelmezése szerint azonban a bányászathoz kapcsolódó elsődleges feldolgozás is a kivételek közé tartozik. Semmi nem indokolja azt, hogy – elsősorban a szénhidrogén-bányászat vagy az ércbányászat nagy mennyiségben jelen lévő veszélyes anyagai mellett – az elsődleges feldolgozó üzemek a kivételek közé tartozzanak. Ha azonban a most készülő szabályozás – az EU értelmezésétől eltérően – ezt a területet is a hatálya alá vonná, akkor ez a jelenleginél is nagyobb, meg sem becsülhető terheket jelentene a nemzetgazdaságnak.

A szabályozás nem terjed ki a veszélyes anyagok szállítására. A veszélyes anyagok szállításával kapcsolatos balesetek megelőzése, az ipari balesetekéhez hasonlóan, jól szabályozott. A teherpályaudvarokra azonban sem a szállításra, sem az ipari balesetek megelőzésére vonatkozó szabályozás nem alkalmazható. A megelőzés módszereiben és megközelítésében az ipari üzemekéhez áll közelebb, de jelenleg nem tartozik a szabályozás hatálya alá sem.

A szabályozás hatálya nem terjed ki a veszélyes anyagok csővezetékes szállítására, ennek biztonságára több jogszabály vonatkozik. A katasztrófák megelőzésével és kezelésével kapcsolatosan nincsen az ipari üzemekéhez hasonló szabályozás.

A szabályozás érvényességi területe nem terjed ki a veszélyes hulladékok tárolóhelyeire, ezek biztonságára nagyon szigorú környezetvédelmi és más szabályozás készült. A lehetséges katasztrófák szempontjából történő átvilágításra azonban egyik sem kötelez senkit, illetőleg nem határoz meg követelményeket a lakosság védelmére. A hulladéktárolókban bekövetkező súlyos balesetek megelőzésének szabályozásához valószínűleg a többi területtől lényegesen eltérő megközelítésekre van szükség.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek megelőzésében végbemenő változások

Az adott vonatkozásban a jogszabályok és az intézményrendszerek folyamatosan korszerűsödnek. Az európai uniós normák változását követően – meghatározott határidőn belül – a hazai normákat is harmonizálni kell. Ennek gyakorlati következménye lehet a 1999. évi LXXIV. törvény átdolgozása, mivel a szabályozás alóli kivételeket (bányászat, szállítás) az tartalmazza. Hasonlóképpen, a veszélyes anyagok listáinak változása igényli a végrehajtási kormányrendelet megváltoztatását. Ez növelni fogja a hatósági felügyeleti munkát: a lényegesen több veszélyes üzem több hatósági munkát igényel.

A harmonizált hazai jogszabályokkal rendelkező szomszédos országokkal egyszerűbbé válik a kétoldalú katasztrófavédelmi egyezmények betartása: a veszélyeztetettség felmérése és a kölcsönös tájékoztatás EU-konform módszereken és adatokon alapul. Ennek nem lesz lényeges hatása a megelőzés meghatározó feladataira.

A megelőzéssel kapcsolatos hatósági tevékenység volumenének a növekedését vonja maga után a veszélyes üzemek és a bennük jelen lévő veszélyes anyagok mennyiségének növekedése. Ez várhatóan emeli az engedélyezés alatt álló ügyek számát, és fokozza az új technológiák biztonságával kapcsolatos megítélés nehézségeit. Vélhetően intézményfejlesztési igények is jelentkezni fognak.

A technológiák korszerűbbé válása a súlyos balesetek kockázatának csökkenését, következményeik enyhülését eredményezi. Ez azzal járhat, hogy a veszélyességi övezetek zsugorodnak, és a településrendezéssel, a külső tervezéssel, a feltételek biztosításával és a nyilvánosság tájékoztatásával járó terhek csökkennek.

A veszélyes üzemek üzemeltetői a technológiához szükséges veszélyes anyagok mennyiségének csökkentésével igyekeznek kikerülni a szabályozás hatálya alól. EU-példák alapján vélhető, hogy ez az eseteknek csak egy kis részében jár sikerrel. Ugyanakkor a felmentési kritériumoknak való megfeleléssel kapcsolatban – a költségek csökkentése reményében – sok megkeresés prognosztizálható. Összességében ez is növeli a hatósági munka volumenét.

A katasztrófák kezelése

A veszélyes anyagokkal összefüggő súlyos balesetek elleni védekezés – a lakosság és a környezet védelmével kapcsolatos – feladatait az előzőekben bemutatott belső és külső védelmi tervek tartalmazzák. A feladatok helyes megválasztásával, a végrehajtás összes feltételének biztosításával növelhető a veszélyes anyagokkal kapcsolatos katasztrófák kezelésének hatékonysága.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos katasztrófák kezelését jelenleg a következő feltételek határozzák meg:

- A veszélyes üzemek a környezetvédelmi, az egészségügyi, a kémiai biztonsági, a polgári védelmi, a tűzvédelmi, a munkaügyi jogszabályok alapján terveket készítenek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos balesetek elleni védekezésre, illetve jórészt megteremtették ezek végrehajtásának a feltételeit. Rendelkeznek védelmi szervezettel, felszereléssel és ilyen jellegű felkészültséggel. Az viszont egyértelműen megállapítható, hogy a tervek és feltételek a biztonsági jelentés által közvetített kihívásnak csak esetlegesen felelnek meg. Ezért nem rendelkezünk jelenleg pontos információkkal arra vonatkozólag, hogy a korszerű szabályozás milyen anyagi terheket ró az üzemeltetőkre.
- A veszélyességi övezet által érintett települések egy része rendelkezik a veszélyes üzemmel kapcsolatos káros hatások mérséklésére készített tervvel. E tervek végrehajtásának a feltételei csak részben vannak meg. A tervek és a feltételek ebben az esetben is csak esetlegesen felelnek meg a biztonsági jelentésnek.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos katasztrófák kezeléséhez a védelmi tervek a következő feladatokat határozzák meg.

A veszélyhelyzeti irányítás működtetése. Az üzem általános irányítási rendszerének keretében kialakítják a veszélyhelyzeti irányítást, amelyhez biztosítják a szükséges vezetési infrastruktúrát: a híradást, a szükséges döntéselőkészítő és információs rendszereket. Ez utóbbinak részét képezheti a monitoring is. A veszélyhelyzeti irányításnak biztosítania kell, hogy a veszélyhelyzeti feladatok végrehajtása szakszerűen, egységes rendben és elgondolás szerint történjen.

Riasztó és tájékoztató rendszerek működtetése. A hatékony védekezés alapja a veszélyről szóló tájékoztatás. A tájékoztatás normálidőszaki feladatot is jelent, amikor a lakosságot vagy az üzemi dolgozókat a veszélyjelzésekről és az azokhoz kapcsolódó tevékenységről tájékoztatják. Veszélyhelyzetben biztosítani kell a veszélyről szóló azonnali riasztást, majd ezt követően a teendőkről szóló tájékoztatást.

Kitelepítés, kimenekítés. Súlyos baleset közvetlen veszélye esetén – vagy ha lehetőség van rá, a balesetet követően – a lakosságot és a védekezésben nem érintett dolgozókat a potenciális vagy a tényleges kárterületről szerveszinten kitelepítik, illetve a károsító hatások fennállása és a lehetőségek megléte esetén kimenekítik.

Elzárkózás. A lakásokban a veszélyes anyagok hatása ellen történő elzárkózás, az esetek jelentős részében hatékony védelmet biztosít. A védekezésnek erre a módjára a lakosságot fel kell készíteni, veszélyhelyzet idején ezt el kell rendelni.

Egyéni védelem. Amennyiben az adott helyzetben egyéni légzésvédő eszközök állnak rendelkezésre, azok a kimenekítés hatékony eszközei lehetnek. Az egyéni védelem eszközei közé szokás sorolni az antidotumokat is, amelyek – bizonyos mérgezések esetén szedve – csökkentik a mérgezés tüneteit, javítják a túlélés esélyeit.

Védelmi végrehajtó (havária) szervezetek alkalmazása. A súlyos balesetek elhárítására, következményeinek csökkentésére az üzemben védelmi (tűzoltó, műszaki mentő, felderítő, mentesítő, egészségügyi és más feladatok ellátására) végrehajtó szervezetet alakítanak meg, szerelnek és készítenek fel. A biztonsági jelentésben meghatározott veszélyek elleni védekezésre elegendő mennyiségű és állományú védelmi végrehajtó szervezet alakul. A védelmi szervezetek számára biztosítani kell a hatékony tevékenységhez nélkülözhetetlen egyéni védő- és szakfelszereléseket. A szervezeteket felkészítik feladataik ellátására. A veszélyeztetett településen a külső védelmi tervben meghatározott feladatokra is védelmi szervezetet hoznak létre, szerelnek és készítenek fel.

A külső és belső tervekben rögzített védelmi rendszert, a meghatározott feladatokat a jogszabályban rögzített időközönként gyakoroltatják. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos katasztrófák kezelésének jelenleg kialakítás alatt lévő rendszere is jelentős terheket ró mind az üzemeltetőkre, mind az állami költségvetésre. A veszélyeztető hatások által érintett települések jelentős részén a külső védelmi terv végrehajtásához szükséges anyagi feltételek gyakorlatilag hiányoznak. Az érintett települések többségében hiányzik a lakosság riasztásához, tájékoztatásához szükséges infrastruktúra, hiányoznak az információs rendszerek (monitoring), a végrehajtó szervezetek egyéni védő- és szakfelszerelése, továbbá nem folyik megfelelő felkészítés. Hiányoznak a lakosság kimenekítéséhez szükséges egyéni védőeszközök.

A jogi szabályozás legfontosabb elemeinek szakmai tartalma

*A veszélyes anyagokkal kapcsolatos, súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 1999. évi LXXIV. törvény és végrehajtási rendeletei*⁵

E törvény megalkotásának alapvető célja az volt, hogy a hatályos törvények és más jogszabályok szükséges mértékű módosítása mellett, egységes keretbe foglalja az élet-, illetve vagyonbiztonságot veszélyeztető természeti és civilizá-

ciós katasztrófák elleni védekezés felkészítési, irányítási, valamint a védekezésben érintett szervezetek működtetési rendszerének kialakítását. Meghatározza továbbá a különböző kormányzati és igazgatási szervek ezzel kapcsolatos feladatait, a katasztrófa sújtotta területen alkalmazható szabályokat.

A törvény és a végrehajtását szolgáló kormányrendelet – a SEVESO II. irányelvvel megegyezően – egyértelműen meghatározza a szabályozásba bevont tevékenységek körét, a tevékenységgel kapcsolatos szakhatósági feladatokat, a veszélyes létesítmények üzemeltetőinek, a kormányzatnak és az önkormányzatoknak a súlyos ipari balesetek megelőzésével, az azokra való felkészüléssel és azok elhárításával kapcsolatos feladatait, meghatározza a közvélemény tájékoztatásával kapcsolatos kötelezettségeket.

A szabályozás lényeges része a veszélyes tevékenységekkel kapcsolatos hatósági hozzájárulás. Az eljárás alapja a biztonsági jelentés, amelynek rendelkezése az, hogy az előírt tartalmi és formai követelmények alapján az üzemeltető bizonyíthassa, az általa folytatott veszélyes tevékenység nem jár a meghatározottnál nagyobb kockázattal, és minden elvárhatót megtett az esetleges súlyos baleset megelőzése, és a következmények elhárítása érdekében.

A törvény a IV. fejezetében rögzíti, hogy a súlyos ipari balesetekkel kapcsolatos hatósági tevékenység a már meglévő állami szervekre épül. Ezek feladata annak megítélése, hogy a létesítmény kellően biztonságosan működik-e, és az üzemeltető minden tőle elvárhatót megtett-e annak érdekében, hogy a létesítmény csak a társadalom által elfogadott kockázatot jelentsen. A katasztrófavédelmi szerv a veszélyes létesítmények felügyeletére létrehozott szervezete útján folyamatosan ellenőrzi, hogy a létesítményben az üzemeltető megfelelő eszközökkel rendelkezik-e a súlyos balesetek következményeinek felszámolásához, következményeinek csökkentéséhez, a biztonsági jelentésben közölt információk megfelelően tükrözik-e a létesítményben felállított irányítási rendszer, havária-szervezetek és általában a súlyos balesetek elleni védelemhez szükséges rendszerek állapotát, valamint azt, hogy a biztonsági jelentés nyilvánossága biztosított-e.

A törvény az üzemeltető kötelezettségévé teszi annak bizonyítását, hogy tevékenysége nem jelent elfogadhatatlan kockázatot a lakosságra, az anyagi javakra és a környezetre, továbbá minden elvárhatót megtett a súlyos balesetek megelőzése és hatásai csökkentése érdekében. A veszélyeztető hatás függvényében az üzemeltető kötelezhető adatszolgáltatásra, biztonsági jelentés (elemzés) készítésére, létesítményi belső védelmi terv – ez a biztonsági jelentés (elemzés) része – kimunkálására, a belső védelmi tervben meghatározott feladatok végrehajtási feltételeinek biztosítására, a nyilvánosság tájékoztatására a veszélyes tevékenységről, a lakosságot esetlegesen érő veszélyekről, a megtett védelmi intézkedésekről. Az üzemeltető kötelezhető továbbá a veszélyes tevékenységgel összefüggő események előírt tartalmi és formai követelmények szerinti jelentésére.

Az üzemeltető viseli a létesítmény biztonságos üzemeltetésével kapcsolatos kiadásokat. Hasonlóképpen őt terhelik a belső védelmi tervben meghatározott feladatokhoz kapcsolódó költségek. Így a súlyos baleset megelőzéséhez, hatásai elleni védekezéshez kapcsolódó irányítási rendszer és annak infrastruktúrája, a védelmi szervezetek megalakítása, felkészítése, felszerelése és esetleges alkalmazása.

A külső védelmi tervben meghatározott feladatok végrehajtásáért az állam a felelős. A végrehajtás feltételeit is az állam biztosítja. Nem határozható meg ugyanis a védelmi szervezetek és eszközrendszerek többségénél, hogy ezek mely veszélyforrások elleni védelmet szolgálnak kizárólag. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a fejlesztési és fenntartási költségeket részben vagy egészben ne fedezhetné a veszélyes létesítmény, mert ehhez a közvélemény formálása céljából érdeke fűződik.

A veszélyes tevékenységek egyértelmű azonosítása a törvény végrehajtása szempontjából alapvető normának tekinthető. Ezt a rendeletben részletezett anyaglisták és értelmező rendelkezéseik alapján szabályozza. Így meghatározható, hogy az olyan üzem, ahol veszélyes anyagok vannak vagy lehetnek, a törvény hatálya alá tartozik-e, és ha igen, akkor az üzemeltetőnek milyen kötelezettségeket kell teljesítenie. A jogszabály meghatározza azokat a feltételeket is, amelyek fennállása esetén az üzemeltető mentesül bizonyos kötelezettségek teljesítése alól. A veszélyes anyagok és készítmények nyilvántartásáról, veszélyességi osztályba sorolásáról, csomagolásáról a fent már bemutatott kémiai biztonsági törvény rendelkezik.

A katasztrófatörvény végrehajtásához elengedhetetlen annak ismerete, hogy a veszélyes anyagok mértékadó mennyiségét hogyan kell megítélni. Ugyanis nem elegendő csak azt számításba venni, hogy a veszélyes üzemben a veszélyes anyag mekkora mennyiségben van jelen pillanatnyilag vagy általában, de még az sem elegendő, ha tudjuk, hogy fizikailag mennyi helyezhető el. Tudományos igényességgel fel kell mérni a veszélyes anyagok rendellenes üzemmódokban való keletkezésének minden lehetőségét, és elemezni kell a veszélyes technológia minden berendezésének és üzemmódjának összes elemét. Az így meghatározott veszélyes anyagokat is figyelembe kell venni a mértékadó mennyiség meghatározásánál.

Amennyiben egy üzem létesítményeiben a veszélyes anyagok a meghatározott küszöbmennyiséget elérő vagy azt meghaladó mennyiségben vannak, vagy lehetnek jelen, akkor a katasztrófatörvény szerint az üzem minden veszélyes létesítményére kiterjedő biztonsági elemzést vagy jelentést kell az üzemeltetőnek készítenie. Előfordul, hogy egy telephelyen (kerítésen belül, kapcsolódó infrastruktúrával) több veszélyes üzem folytat tevékenységet. Ebben az esetben – függetlenül a tulajdonviszonyoktól – minden üzemeltetőnek, a saját fennhatósága alá tartozó üzemre jelentést vagy elemzést kell készítenie.

Az alsó veszélyességi küszöb feletti, de a felsőt el nem érő veszélyes üzem üzemeltetőjének a jogszabály szerint biztonsági elemzést szükséges készítenie. A biztonsági elemzésben az üzemeltető bizonyítja azt, hogy megfelelő célokat, irányítási rendszert és védekezési feladatokat határozott meg a lakosság és a környezet magas fokú védelmének biztosítására.

A felső veszélyességi küszöböt elérő vagy ezt meghaladó veszélyes üzem üzemeltetője is készít biztonsági jelentést. Ez olyan alapvető okmány, amely a felső küszöbértékű veszélyes üzem üzemeltetője minden – a súlyos balesetek megelőzésével és az ellenük való védekezéssel kapcsolatos – tevékenységének alapját képezi. Ebben meghatározza a súlyos balesetek megelőzését és elhárítását szolgáló fő céljait és biztonsági irányítási rendszerét, valamint nagyon részletesen felméri tevékenységének lehetséges kockázatait, a reálisan elképzelhető súlyos balesetek káros hatásait. A feltárt veszélyeztető hatásoknak megfelelő belső védelmi rendszert hoz létre.

A biztonsági jelentés tehát a veszélyes üzem tevékenységének minden – a biztonságot érintő – részletére kiterjed. Ugyanakkor felesleges, hogy a bejelentéshez vagy az engedélyezéshez parttalan terjedelmű dokumentációt kérjen a hatóság. A biztonsági jelentés tartalmi elemeit nemcsak a jelzett irányelv, hanem több, hozzá kapcsolódó módszertani ajánlás is meghatározza, ezért a norma szerint a biztonsági jelentés (hasonlóképpen, mint a biztonsági elemzés) beterjesztett példánya csupán összefoglaló anyag, amelyben az üzemeltető bizonyítja, hogy a veszélyek csökkentése érdekében minden tőle elvárható megtett. Az összefoglaló anyagban elegendő hivatkozni a követelmények teljesítését bizonyító más okmányokra, amelyeket a hatóság kérésére, rendelkezésre kell bocsátani. A biztonsági elemzés és a biztonsági jelentés tartalmának és formájának követelményeit mellékletében rögzítik.

A veszélyes üzem üzemeltetője az üzemen belül jelentkező – a súlyos balesetek hatásainak csökkentését szolgáló – feladatok végrehajtására belső védelmi tervet készít. A rendelet melléklete meghatározza ennek tartalmi és formai követelményeit.

Az üzemeltető által szolgáltatott adatok alapján, a település feltételeiből kiindulva a felső küszöbértékű veszélyes üzem káros hatásai által potenciálisan érintett település polgármestere külső védelmi tervet készít, amelyre vonatkozó követelményeket a kormányrendelet melléklete tartalmazza.

Ha az üzemeltető a felmentési szabályok alapján bizonyítani tudja, hogy a jelen lévő veszélyes anyag egésze vagy egy része súlyos baleset kialakulásához nem vezethet, a hatóság – amennyiben az üzemeltető indítványával egyetért – engedélyezheti, hogy a biztonsági jelentés csak a felmentésben nem érintett anyagok okozta veszélyekre korlátozódjon. Ez azonban nem ad felmentést a jogszabályban megjelölt más kötelezettségei alól, és az üzem továbbra is felső küszöbértékűnek tekintendő.

A szabályozás fontos elemét képezi a területrendezési tervezés. Ennek lényege, hogy a felső küszöbértékű veszélyes üzem környezetében végrehajtott fejlesztések során figyelembe kell venni a biztonsági jelentésben meghatározott veszélyeztetést.

A rendelet normákat határoz meg a területrendezéssel kapcsolatos állásfoglalások kialakítására is. Kockázati szintektől teszi függővé a veszélyesség övezetben történő beruházások engedélyezését, megtiltását, illetőleg részletes hatásvizsgálat elvégzésére kötelezi a beruházót, amely alapján meghatározhatók a beruházás feltételei. A jogszabály meghatározza azokat a feltételeket is, amelyek alapján a hatóság a külső és a belső védelmi terveket minősíti.

A szabályozás hangsúlyos eleme a veszélyes tevékenység nyilvánossága. A rendelet meghatározza a nyilvánosság biztosításának követelményeit, módszereit és eszközeit. Ugyanakkor biztosítja az üzemeltetőnek azt a jogát, hogy a nyilvánosság tájékoztatása kapcsán az üzemi vagy üzleti titkai védelméhez való joga ne sérüljön.

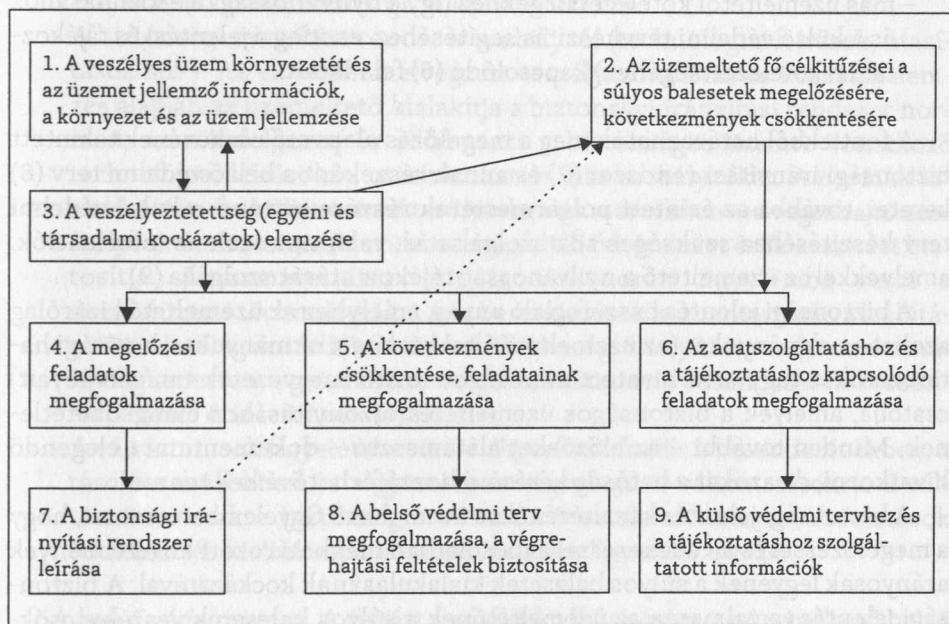
A katasztrófavédelmi hatóság (BM OKF) és a szakhatóság (Műszaki Biztonsági Főfelügyelet) tevékenységének célja és lényege, hogy megítélje, az üzemeltető által adott információk a valóságnak megfelelnek-e, minden tőle elvárható megtett-e a súlyos balesetek elkerülése és káros hatásaik csökkentése érdekében, és főként, hogy az üzem biztonsági színvonala az elvárásoknak megfelel-e.

A hatóság megvizsgálja a veszélyes üzem lehetséges súlyos balesetének káros következményeit a környezetben élő lakosság vonatkozásában. A mellékletben megadott kritériumokkal összevetve határozza meg, hogy a veszélyes üzem által jelentett kockázat elfogadható-e vagy nem. Amennyiben nem fogadható el, úgy a hatóság eldönti, lehet-e a veszélyeztetést csökkenteni, vagy a veszélyes tevékenység felfüggesztésére van-e szükség.

A melléklet normákat határoz meg a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetekkel kapcsolatos jelentésekre, valamint az eseményekkel kapcsolatos tájékoztatásra, s egyúttal a jelentések rendjét és küldésének feltételeit is szabályozza.

A normák szerint az üzemeltető a hatóságnak a veszélyes üzemben történt súlyos balesetről – a védekezéssel kapcsolatos kivizsgálást követően haladéktalanul – jelentést készít. Ennek feltételeit melléklet tartalmazza. Az üzemeltető akkor is tájékoztatást küld a hatóságnak, ha a technológia, a berendezések, a biztonsági irányítási rendszer vagy a védekezés területén szerzett saját tapasztalatok, vagy a technikai fejlődés kapcsán tudomására jutó ismeretek a súlyos balesetek megelőzésének és az ellenük való védekezés rendszerének áttekintését teszik szükségessé.

A biztonsági jelentés szerkezete

A biztonsági jelentés szakmai tartalma⁶

A biztonsági jelentés a legveszélyesebb üzemek ellenőrzésének legfontosabb dokumentuma. Készítésének kötelezettségét, az okmány tartalmi és formai követelményeit az alábbiakban részletezzük.

A biztonsági jelentés logikai szerkezetének középpontjában a veszélyeztetettség elemzése (3) áll (1. ábra). A veszélyeztetettség az üzemben jelenlévő veszélyes anyagok tömegéből, a tárolásuk és az alkalmazott technológia feltételeiből, illetőleg a veszélyes üzem környezetében található lakosság, anyagi javak, környezeti elemek elhelyezkedéséből és védettségéből következik. A biztonsági jelentés ezeket az információkat az üzem és a környezet leírásában (1) tartalmazza. A veszélyeztetettség (az egyéni és a társadalmi kockázatok) elemzése választ ad arra, hogy milyen súlyos balesetek és milyen gyakorisággal (előfordulási valószínűséggel) alakulhatnak ki, ezeknek milyen következményei lehetnek, és végül az egyéni és a társadalmi kockázatok meghatározása eredményeképpen milyen méretű és elhelyezkedésű veszélyességi övezetekkel számolhatunk. A veszélyeztetettség elemzése során feltárt veszélyek, valamint a biztonsági jelentés legelső pontjában megfogalmazott fő baleset-megelőzési célkitűzések (2) alapján az üzemeltető (illetve az általa megbízott szakértő) megfogalmazhatja:

- a súlyos balesetek megelőzéséhez (4);
- következményeinek csökkentéséhez (5);
- más üzemeltetői kötelezettségekhez (így a nyilvánosság tájékoztatásához és a külső védelmi tervekészítés segítéséhez, esetleg a jelentési és tájékoztatási kötelezettségéhez) kapcsolódó (6) feladatait.

A fentiekből határozhatók meg a megelőzés alapvető eszközének tekintett biztonsági irányítási rendszer (7) és annak részeként a belső védelmi terv (8) keretei, továbbá az érintett polgármesterek részére történő, a külső védelmi terv készítéséhez szükséges adatszolgáltatás, valamint azok az információk, amelyekkel az üzemeltető a nyilvánosság tájékoztatását szolgálja (9).

A biztonsági jelentés összefoglaló anyag, amelyhez az üzemeltető kizárólag azokat az okmányokat (az üzemeltető által készített okmányokat, hatósági határozatokat vagy arra hivatott minőségbiztosító szervezetek tanúsítványait) csatolja, amelyek a biztonságos üzemeltetés bizonyításához elengedhetetlenek. Minden további – az előzőeket alátámasztó – dokumentumra elegendő hivatkozni, de azokat a hatóság kérésére hozzáférhetővé kell tenni.

A biztonsági jelentés készítésénél az üzemeltető figyelembe veszi azt, hogy a megelőzéssel és a védekezéssel kapcsolatban meghatározott követelmények arányosak legyenek a súlyos balesetek kialakulásának kockázatával. A biztonsági jelentés tartalmazza az üzemeltetőnek a súlyos balesetek veszélye csökkentésével kapcsolatos fő célkitűzéseit, a balesetek megelőzésével, illetőleg a bekövetkezett balesetek elleni védekezéssel kapcsolatos elveit.

A biztonsági irányítási rendszer. A biztonsági jelentés szerves része a biztonsági irányítási rendszer, amelyet az üzemeltető beépít a veszélyes üzem általános vezetési rendszerébe. A biztonsági irányítási rendszer tartalmazza a biztonsági elemzésbe foglalt, a súlyos balesetek megelőzésével és elhárításával kapcsolatos feladatok végrehajtásához szükséges irányító szervezet felépítését, a felelős személyek feladat- és hatásköreit, az elvégzendő feladatokat, azok megvalósításánál követendő rendszeres belső ellenőrzések, szemlék és a független szakértők által végzett felülvizsgálatok módszereit, eljárásait, valamint a végrehajtáshoz szükséges erőforrásokat. A biztonsági irányítási rendszer felépítése:

- Szervezeti felépítés. Az üzemeltető bemutatja a biztonsági irányítási rendszer szervezeti felépítését. A leírásban a szervezet minden szintjén megjelöli a súlyos balesetek megelőzésébe és az ellenük való védekezés irányításába, végrehajtásába bevont személyeket, azok feladat- és hatáskörét. E személyek részére meghatározza a felkészültségükkel kapcsolatos követelményeket, és biztosítja az ilyen irányú felkészítésüket. A biztonsági irányítási rendszerbe nem csupán az üzemeltető alkalmazásában

álló személyeket vonja be, hanem ahol erre szükség van, ott az alvállalkozók és az alkalmazásukban álló személyek is feladat- és hatáskört kapnak. Ennek ellátásához biztosítja felkészítésüket is.

- A biztonsági irányítási rendszer szabályzói (technológiai leírások, utasítások stb.): Az előzetesen elvégzett veszélyazonosítás és kockázatelemzés alapján az üzemeltető kialakítja a biztonsági irányítási rendszer normáit, azaz kidolgozza és alkalmazza a biztonságos üzemre vonatkozó technológiai leírásokat, utasításokat és más szabályzókat. A normák kialakításába – az őket érintő területeken és mértékben – a végrehajtó személyzetet is bevonja. Részükre a megfelelő feltételeket és felkészítést biztosítja. A normarendszer kidolgozása során figyelembe veszi a normálüzemi technológiákat és a berendezések karbantartását, a leállításokat, illetőleg az indításokat is. A biztonsági irányítási rendszer normáit megismerteti a gyártásban dolgozó, valamint a berendezések karbantartásában érintett személyekkel is.

- A változtatások figyelembevétele. Figyelmet fordít a berendezésekben, a tárolóeszközökben és a gyártásban végrehajtott változtatásokra. E változtatásoknak a biztonságra vonatkozó vetületeit már a változtatások tervezése és kivitelezése során előzetesen figyelembe veszi.

A belső védelmi terv. A feltárt veszélyek elhárítására az üzemeltető belső védelmi tervet dolgoz ki. Ennek során a súlyos balesetek elleni védekezéssel kapcsolatos feladatokat módszeres elemzéssel feltárja, majd megjelöli a végrehajtásukkal kapcsolatos feltételeket, személyeket, erőket és eszközöket. Az üzemeltető megteremti a tervben megjelölt feladatok végrehajtásához szükséges mindennemű feltételt: megalakítja, felkészíti, és a megfelelő eszközökkel felszereli a védekezésben érintett végrehajtó szervezeteket, létrehozza a védekezéshez szükséges üzemi infrastruktúrát. A belső védelmi tervvel kapcsolatban az alábbi követelményeknek kell teljesülnie:

- Folyamatos felülvizsgálat: a súlyos balesetek megelőzésével és a biztonsági irányítási rendszerrel kapcsolatosan kitűzött célok elérésének folyamatos vizsgálata érdekében az üzemeltető módszereket dolgoz ki, és ezek szerint cselekszik. A megelőzéssel kapcsolatos feladatok végrehajtásának helyzetét folyamatosan értékeli. A hiányosságokat feltárja, és kialakítja az azok kiküszöböléséhez szükséges módszereket. A feladatok érintik a jelentési rendszert is, amelyben az üzemeltető a súlyos balesetekről vagy eseményről ad tájékoztatást. A jelentésekben külön figyelmet érdemelnek az olyan baleseti események, amelyek a biztonsági rendszer zavarait mutatják. Az ilyen események hátterét alaposan feltárja, tapasztalatait levonja, és ezek alapján intézkedik a megelőzéssel vagy az elhárítással kapcsolatban szükségessé vált feladatokra vonatkozóan.

- Külső audit. Amennyiben az üzemeltető a biztonsági irányítási rendszerrel – arra hivatott és a nemzetközi gyakorlatban elfogadott – minőségta-
núsító szervezet tanúsítványát mellékeli a biztonsági jelentés hatóság ré-
szére történő megküldésekor, akkor a biztonsági irányítási rendszer fenti
bemutatását nem kell megküldeni, de azokat a hatóság kérésére hozzáférhetővé kell tenni.

Az üzem és környezetének bemutatása. A veszélyes üzem környezetének bemutatásakor az üzemeltető bizonyítja, hogy a kockázatokat és a súlyos balesetek hatásai által veszélyeztetett területeket a szükséges mértékben elemezte. Az üzemeltető bemutatja az üzem környezetének területrendezési elemeit. A biztonsági jelentésnek bizonyítania kell, hogy elemezték az üzemen kívül folytatott veszélyes tevékenységeket és azok lehetséges hatásait. A veszélytelen működést bizonyító részletességgel be kell mutatni a veszélyes tevékenységet jellemző gyártási folyamatokra vonatkozó, legfontosabb információkat. Tartalmaznia kell természeti környezetre vonatkozó legfontosabb információkat is.

A veszélyeztetettség elemzése. A veszélyeztetettség elemzése szélesebb értelmezésben olyan strukturált eljárást jelent, amely az adott veszélyes létesítménynél minőségileg és/vagy mennyiségileg vizsgálja a veszélyforrásból eredő kockázat szintjét. Az általánosan elfogadott megközelítés szerint e feladat során:

- elemzik az adott létesítmény biztonságát;
- meghatározzák a körülötte élő lakosság és környezet veszélyeztetettségét;
- figyelembe veszik a biztonság javításának és a veszély csökkentésének szempontjait.

A veszélyeztetettség elemzésének egyik, a hazai jogi szabályozásban alkalmazott megközelítését jelenti a kockázatok elemzésén alapuló módszer. E módszer lényege: a lehetséges súlyos balesetek következményeit, valamint e balesetek bekövetkezésének valószínűségét egyaránt figyelembe veszi. A veszélyeztetettség elemzésénél a kockázatokon alapuló megközelítést írja elő a katasztrófák elleni védekezés irányításáról, szervezetéről és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek elleni védekezésről rendelkező 1999. évi LXXIV. törvény végrehajtásáról szóló 2/2001 (I. 17) számú kormányrendelet.

A valószínűségi megközelítés abból indul ki, hogy a kockázat nem csökkenthető nullára, hanem számítások alapján kell eldönteni, hogy a vizsgált létesítmény működéséből származó kockázat meghaladja-e az elfogadható szintet, amelyet jogszabályok rögzítenek.

A súlyos ipari baleset következményeit, a bekövetkezés gyakoriságát és a következményeket egyaránt figyelembe vevő értékelés a következő lépésekből épül fel:

1. Első lépés: a súlyos baleset lehetőségének azonosítása. A veszélyes üzemben elemezzük az alkalmazott technológiák minden lépését, minden üzemmódját és minden berendezését. Ennek során, saját és külső tapasztalatok, irodalmi adatok és elméleti megfontolások alapján rögzítjük azokat az üzemzavari eseménysorokat, amelyek súlyos ipari balesetek kialakulásához vezethetnek. Meghatározzuk továbbá azokat a körülményeket, amelyek a súlyos balesetek következményi értékelésének kiinduló információi lehetnek (például nyomás, hőmérséklet, lyuk-átmérő, tócsaméret stb.).
2. Második lépés: az azonosított súlyos balesetek előfordulási valószínűségének becslése. Ennek során adattárból vagy a fent feltárt eseménysorok elemzésével (hibafa-elemzés, eseményfa-elemzés) meghatározzuk az adott baleset bekövetkezésének gyakoriságát. Nem feledkezhetünk meg arról, hogy ebben jelentős szerepe van olyan tényezőknek is, mint például a biztonsági irányítási rendszer minősége (amelynek fontos szerepe van a megelőzésben), a belső védelmi terv és végrehajtásának feltételei (amelynek abban van szerepe, hogy egy üzemzavari esemény ne fejlőd-
hessen súlyos ipari balesetté).
3. Harmadik lépés: a balesetek következményeinek értékelése. Értékeljük a súlyos ipari baleset következményeit: a különböző mutatók szerint meghatározzuk a káros hatások terjedésének távolságait. Ennek során nem feledkezhetünk meg az esetleges dominóhatások kialakulásának lehetőségéről sem. A következmények tekintetében – attól függően, hogy milyen természetű veszélyes anyagról van szó – a különböző hatások terjedési távolságait és (bizonyos esetekben) a károsodás (elhalálozás, sérülés) valószínűségét kell meghatároznunk:
 - Mérgező anyagok (gőzök, gázok) esetében különböző jellegű (halálos, sérülést okozó, kimutatható, ingerküszöböt elérő) koncentrációkhoz kötve meghatározzuk a mérgező anyagot tartalmazó felhőnek a terjedési mélységét, a szélességét (frontját), a magasságát (plafonját), a felhő adott pontra való beérkezésének idejét, az átvonulás idejét (expozi-
ciót). A koncentráció és az expoziációs idő alapján meghatározzuk a dózist, amiből következtethetünk az elhalálozás valószínűségére.
 - Éghető gázok és gőzök esetében szintén a terjedési távolságokat adjuk meg, de itt a robbanási koncentráció (küszöb) alsó és felső értékét vesszük a számítás alapjául. Robbanás esetén a léglökési hullámot jellemző túlnyomás és az impulzus különböző értékeinek távolságát határozzuk meg.

- Éghető, levegőben nem terjedő anyagok égésekor a hőszugárzás különböző értékeihez kötött távolságokat rögzítjük. Az elhalálozás valószínűségét a fentihez hasonló logika alapján határozzuk meg a hő-fluxus és a besugárzási idő függvényében.
 - Az adott ponton számított hő-fluxus, a túlnyomásértékek, az expozíciós idő vagy más mutató (például az, hogy a láng a vizsgált objektumot betakarta-e vagy nem) alkalmazásával határozzuk meg a szomszédos veszélyes objektumok rombolódásának valószínűségét. A következmények értékelésekor ez azért fontos, mert a léglökési hullám vagy a hőterhelés további súlyos balesethez vezető eseménysor kiváltója lehet (dominóhatás).
 - Az adott ponthoz rendelt károsítóhatás-valószínűségek lesznek a kiinduló adatai a kockázatokon alapuló veszélyeztetettség értékelésének.
5. Negyedik lépés: a súlyos balesetek következményeinek és gyakoriságának integrálása átfogó kockázati-értékelési rendszerbe (számszerű kockázatbecslés). E módszer szerint figyelembe kell venni a második lépés eredményeképpen kapott bekövetkezési valószínűséget és a harmadik lépés eredményeképpen kapott terjedési távolságokat. A felsoroltakon kívül azonban még más tényezőket is számításba kell venni, amely a hatások terjedési távolságai meghatározásában szerepet játszott. E lépés eredményeképpen az üzem körül a veszélyességi övezetben, annak bármely pontjára meghatározzuk az általunk rögzített (halálos vagy sérülést jelentő) kockázat mértékét. Ha ezt minden (a létesítményt körülvevő) érintett pontra (ésszerűen megválasztott ponthálózatra) meghatározzuk, akkor rendelkezésünkre áll az egyéni kockázatok szintvonalait tartalmazó veszélyességi övezet.
 6. Ötödik lépés: a számított kockázat minősítése (összehasonlítása az engedélyezési feltételekkel). A veszélyességi övezet (kockázati szintvonalakkal leírt) határainak ismeretében meghatározzuk azt, hogy a veszélyességi övezetben elhelyezett vagy tervezett épületek, építmények (ezáltal a lakosság) milyen kockázatnak vannak kitéve. Amennyiben az alábbiakban részletezett elfogadható értékeket nem haladja meg a kockázat, akkor a veszélyeztetettség elfogadható. Ha meghaladja, akkor a veszélyeztetettség csökkentését kell elérni.

A kockázatok minősítése. Az egyéni kockázat a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset bekövetkezésekor, a baleset helyszínétől különböző távolságokban, egy ott tartózkodó személy elhalálozásának valószínűségét fejezi ki. Az egyéni kockázatot általában akkor vesszük figyelembe az elfogadhatóság szempontjából, ha az adott helyen olyan emberek vannak, akik (legalábbis elméletileg) ott folyamatosan tartózkodnak (például lakóházakban).

A társadalmi kockázat a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset bekövetkezésekor, a baleset helyszínétől különböző távolságokban, az ott tartózkodó személyek valamely csoportja elhalálozásának valószínűségét fejezi ki. A társadalmi kockázat elfogadható mértéke a baleset által érintett személyek számától is függ. A társadalmi kockázatot általában akkor vesszük figyelembe az elfogadhatóság szempontjából, ha az adott helyen nagy tömegek fordulnak elő (például munkahelyen).

*A kockázatok elfogadhatóságának feltétele.*⁷ Elfogadható szintű veszélyeztetettséget jelent, ha a lakóterület olyan övezetben fekszik, ahol a súlyos baleset következtében történő halálozás egyéni kockázata nem haladja meg a 10^{-6} esemény/év értéket.

Nem jelent elfogadható veszélyeztetettségi szintet, ha lakóterületen a halálozás egyéni kockázata 10^{-6} esemény/év és 10^{-5} esemény/év között van. Ekkor a hatóság kötelezi az üzemeltetőt, hogy hozzon intézkedést a tevékenység kockázatának csökkentésére, vagy olyan biztonsági intézkedések (riasztás, egyéni védelem, elzárkózás stb.) feltételeinek biztosítására, amelyek a kockázat szintjét csökkentik.

Nem elfogadható, ha a halálozás egyéni kockázata a veszélyességi övezet adott részén meghaladja a 10^{-5} esemény/év értéket. Ha a kockázat a település-rendezési eljárás keretein belül nem csökkenthető, a hatóság kötelezi az üzemeltetőt tevékenysége korlátozására vagy megszüntetésére. Ez célszerűen több dolgot jelenthet:

- ha egy (vagy több) lakóház a veszélyességi övezet 10^{-5} esemény/év értéket meghaladó zónájában van, akkor a veszélyes létesítmény üzemeltetője a veszélyes tevékenységgel, vagy annak a konkrét veszélyt okozó részével felhagy;
- technológiáját úgy alakítja át, hogy az érintett építmények az adott zónából kikerülnek;
- az érintett építményeket felvásárolja, és lakóház (vagy más, sok ember tartózkodására alkalmas) jellegét megszünteti.

*A belső védelmi terv.*⁸ A veszélyes üzem üzemeltetője a biztonsági elemzésben vagy a biztonsági jelentésben szereplő veszélyek következményeinek elhárítására belső védelmi tervet készít. Az üzemeltető megteremti a tervben megjelölt feladatok végrehajtásához szükséges valamennyi feltételt. Az üzemeltető a terv készítésébe – az őket érintő területen és mértékben – bevonja a veszélyes üzem dolgozóit, véleményüket a terv készítésénél figyelembe veszi.

Az üzemeltető a belső védelmi tervet rendszeresen, de legalább háromévenként pontosítja. Ha az üzemben végbement változásoknak súlyos baleset kockázatát növelő, vagy a biztonsági irányítási rendszert, a védekezés felté-

teleit érintő hatása van, akkor a tervet, a változást követően haladéktalanul pontosítja, és a pontosított védelmi tervet a hatóságnak megküldi. Az üzemeltető a belső védelmi tervben foglaltak realitását rendszeresen ellenőrzi. Évente gyakoroltatják a belső védelmi tervben megjelölt szervezetek valamely részét, háromévente pedig a tervben megjelölt szervezetek egészét. A belső védelmi tervben meghatározott feladatok megfelelnek a biztonsági elemzésben vagy biztonsági jelentésben leírt veszélyeztetésnek, a meghatározott szervezetek, erők és eszközök pedig alkalmasak a feladatok ellátására. A súlyos balesetek elleni védekezés és a káros hatások csökkentésére irányuló tevékenység bemutatásánál a terv a következőket tartalmazza:

- a súlyos baleset következtében kialakuló helyzetek leírását, a káros hatások elleni védekezéssel kapcsolatos feladatokat, a védekezésbe bevont szervezeteket, erőket és eszközöket;
- a súlyos balesetek elleni védekezésbe bevonható üzemi infrastruktúrát, berendezéseket és anyagokat;
- következmények csökkentése érdekében hozott intézkedéseket;
- a veszélyhelyzeti irányítás bemutatását;
- a veszélyhelyzeti irányító szervezet leírását;
- a védekezési tevékenységet elindító, a védekezést irányító és más megjelölt, feladat- és hatáskörrel bíró személyek nevét, beosztását és elérhetőségi adatait;
- a külső szervekkel kapcsolatot tartó, valamint a külső védelmi tervvel, a veszélyhelyzeti értesítéssel és adatszolgáltatással kapcsolatos üzemi tevékenységet végző személyek nevét, beosztását és elérhetőségi adatait;
- az irányításhoz, a helyzet értékeléséhez és a döntések előkészítéséhez szükséges technikai infrastruktúrát.

A külső védelmi tervhez kapcsolódó feladatok:

- a külső védelmi terv beindításáért felelős szervezet riasztásának módja, a riasztáskor közlendő információk, a helyzet kialakulását követő részletes információk tartalma és az információk átadásának módja;
- az üzem környezetében kialakult veszélyhelyzet elhárításához a segítségnyújtás lehetőségei és annak feltételei;
- a védekezési tevékenységben érintett személyek felkészítésével kapcsolatos teendők.

Az üzemeltető a belső védelmi tervben foglaltak realitását rendszeresen ellenőrzi. A tervben megjelölt szervezetek valamely részét évente, a tervben megjelölt szervezetek egészét háromévente gyakoroltatja.

A külső védelmi terv.⁹ A település polgármestere, a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság helyi szervei közreműködésével, külső védelmi tervet készít annak érdekében, hogy a felső küszöbértékű veszélyes üzem veszélyeztető balesetének hatásai által érintett települések lakosságát és környezetét megvédje. A külső védelmi terv a veszélyes üzem üzemeltetője által megadott tájékoztatás alapján készül. A tervet a megyei, fővárosi védelmi bizottság elnöke – a hatóság egyetértésével – hagyja jóvá.

A külső védelmi terv meghatározza a lakosság, az anyagi javak és a környezet védelmével kapcsolatos feladatokat, a végrehajtásukkal kapcsolatos feltételeket, személyeket, erőket és eszközöket. A BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (hatóság) és területi szervei biztosítják a külső védelmi tervben megjelölt feladatok végrehajtásához szükséges anyagi feltételeket.

A polgármester a külső védelmi tervben foglaltak realizálását rendszeresen ellenőrzi. Kezdeményezi a tervben megjelölt szervezetek valamely részének évenkénti, a szervezetek egészének háromévente történő gyakoroltatását. Új külső védelmi tervet készít, ha a veszélyes üzem üzemeltetője új biztonsági jelentést készít, vagy a külső védelmi terv végrehajtási feltételeiben számottevő változás áll be, de legalább háromévente egyszer a külső védelmi tervet meg kell újítani. A külső védelmi tervben végrehajtott mindennemű változtatást a hatóság számára történő dokumentálás céljából jegyzőkönyvben kell rögzíteni.

A súlyos balesetek elleni védekezés és a káros hatások csökkentésére irányuló tevékenység bemutatásánál a terv a következőket tartalmazza:

- a súlyos baleset következtében kialakuló helyzetek leírását, a káros hatások elleni védekezéssel kapcsolatos feladatokat, a védekezésbe bevont szervezeteket, erőket és eszközöket;
- a súlyos balesetek elleni védekezésbe bevonható települési infrastruktúrát, berendezéseket és anyagokat;
- a lakosság és az anyagi javaik védelme érdekében hozott intézkedéseket.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés irányításának bemutatásánál a terv a következőket tartalmazza :

- a veszélyhelyzeti irányítást és együttműködést;
- a súlyos balesetek elleni védekezéshez történő külső segítségkérést;
- a védekezési tevékenységet elindító, a védekezést irányító és más megjelölt, feladat- és hatáskörrel bíró személyek nevét, beosztását és elérhetőségi adatait;
- az irányításhoz, a helyzet értékeléséhez és a döntések előkészítéséhez szükséges technikai infrastruktúrát.

A terv bemutatja az illetékes szervek és a lakosság tájékoztatásának feladatait a súlyos baleset bekövetkezése után. Ennek részei:

- a tájékoztatás tartalma;
- a lakosság tájékoztatásához szükséges eszközrendszer;
- a védelmi igazgatás szervei tájékoztatásának tartalma és eszközei;
- a hatóság tájékoztatásának tartalma és eszközei.

*Településrendezési tervezés.*¹⁰ A hatóság a súlyos baleset következményeinek csökkentése érdekében, a biztonsági jelentés vagy a biztonsági elemzés alapján kijelöli a veszélyes üzem körüli veszélyességi övezet határait. A veszélyességi övezeten belül a fejlesztések korlátozhatók, és külön jogszabályban meghatározott lakosságvédelmi intézkedések hozhatók.

A hatóság a veszélyességi övezet határaitól tájékoztatja az érintett polgármestert, és javaslatot tesz a veszélyességi övezetnek a településrendezési tervben való feltüntetésére. A hatóság – a veszélyességi övezetben élők száma, elhelyezkedése, védettsége és a környezetrendezési elemek mellett – a veszélyességi övezetben található veszélyes üzemek, és más építmények, épületek alapján ítéli meg azt, hogy a veszélyességi övezetben engedélyezhető-e: új veszélyes üzem létesítése, a meglévő veszélyes üzem olyan mértékben történő fejlesztése, amely a biztonsági jelentés vagy a biztonsági elemzés kiegészítését igényli. A hatóság véleményt nyilvánít az út- és vasúthálózat, a közművek fejlesztéséről, valamint más beruházásról vagy fejlesztésről.

A veszélyességi övezetben történő fejlesztéssel kapcsolatos állásfoglalás kialakítására, a hatóság, a szakhatóság, az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat, a környezetvédelmi, indokolt esetben a természetvédelmi hatóság, a veszélyes üzem és az önkormányzat képviselőiből bizottság alakul. A bizottság a veszélyeztetés figyelembevételével nyilvánít véleményt a veszélyességi övezetben tervezett fejlesztésekről.

*A lakosság tájékoztatása.*¹¹ A felső küszöbértékű veszélyes üzem által veszélyeztetett település polgármestere – az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság helyi szervének közreműködésével kiadványt készít, amelyben a lakosságot tájékoztatja a veszélyes üzembről, a lehetséges súlyos balesetekről és az ellenük való védekezés lehetőségeiről. A kiadvány a biztonsági jelentés és a külső védelmi terv alapján közérthető formában készül. Nyilvánosságra hozataláról a polgármester gondoskodik. A kiadványt a biztonsági jelentés, vagy a külső védelmi terv módosítása esetén haladéktalanul, de legalább háromévente felül kell vizsgálni, és szükség esetén, de legalább ötvenként újra ki kell adni.

A polgármester a hatóságtól érkezett biztonsági jelentés kézhezvételét követő nyolc napon belül a helyben szokásos módon hirdetményt tesz közzé.

A biztonsági jelentést teljes terjedelemben bárki számára, a hirdetmény közzétételét követő 30 napig hozzáférhetővé kell tenni. A lakosság az észrevételeit a hirdetmény közzétételét követő 30 napon belül teheti meg.

A polgármester – amennyiben közmeghallgatást tart – észrevételeit a hozzá érkezett lakossági észrevételekkel együtt, a közmeghallgatás időpontjáig megküldi a hatóságnak.

Új veszélyes üzem létesítésekor, vagy már működő ilyen üzem tevékenységének módosításakor a polgármester közmeghallgatást tart, ami leghamarabb a hirdetmény közzétételét követő 38 nap múlva rendezhető meg. A polgármester erre meghívja az üzemeltetőt, a hatóságot, a szakhatóságot, valamint a társhatóságokat, és az érintett, előzetesen részvételi igényét bejelentő társadalmi szervezeteket.

Amennyiben a közmeghallgatáson új, az engedélyezést befolyásoló, hiteles információk kerülnek a hatóság tudomására, akkor az engedélyezés folyamataiban azokat érdemben megvizsgálja.

*A hatóság és a szakhatóság feladat- és hatásköre.*¹² A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzése és az ellenük való védekezés során, a hatóság (BM OKF) és a szakhatóság (Műszaki Biztonsági Főfelügyelet) engedélyezési, illetve felügyeleti tevékenysége az alábbi területekre terjed ki:

- a veszélyes tevékenységek azonosítása; a veszélyazonosítás és kockázatelemzés; a biztonsági irányítási rendszer (Műszaki Biztonsági Főfelügyelet);
- a súlyos balesetek káros hatásainak értékelése, a dominóhatás vizsgálata; a belső, illetve a külső védelmi terv és ezek végrehajtási feltételeinek megléte; a településrendezési tervezés; a lakossági tájékoztatás és a nyilvánosság biztosítása (BM OKF).

A hatóság engedélyezési, felügyeleti tevékenységébe a következő feladatok tartoznak:

A hatóság (BM OKF) a biztonsági elemzésben, illetve biztonsági jelentésben szereplő veszélyeztetettségi mutatók alapján minősíti a veszélyes tevékenység által okozott kockázat szintjét. Amennyiben a veszélyes tevékenység által jelentett veszély meghaladja a meghatározott szintet, akkor a hatóság az üzemeltetőt olyan kiegészítő intézkedések megtételére kötelezheti, amelyek eredményeképpen a kockázat szintje az elfogadható szintre csökken. Amennyiben a kockázat szintje nem csökkenthető az elfogadható szintre, akkor a hatóság dönt a veszélyes tevékenység korlátozásáról vagy megszüntetéséről.

A biztonsági elemzés vagy a biztonsági jelentés alapján a hatóság a dominóhatás veszélyének csökkentése és az irányítás összehangolása érdekében az érintett üzemeket kölcsönös adatszolgáltatásra kötelezheti. A kölcsönösen

szolgáltatott adatok felhasználásával a baleset-megelőzési fő célkitűzések, az irányítási rendszer, a tervrendszerek és a veszélyek csökkentését szolgáló műszaki megoldások összehangolhatók, így a dominóhatás kizárható, vagy lehetőségének valószínűsége csökkenhető.

A belső és a külső védelmi terv felülvizsgálata során a hatóság megvizsgálja, hogy az azokban szereplő veszélyhelyzeti irányítás, a védekezéssel kapcsolatos infrastruktúra, és a védekezést végrehajtó szervezetek alkalmasak-e a biztonsági elemzésből, illetve a biztonsági jelentésből fakadó veszélyhelyzeti feladatok ellátására, valamint a szervezetek felszerelése és felkészítése megfelel-e a meghatározott kívánalmaknak. A biztonság növelése érdekében a hatóság az üzemeltetőt a belső védelmi terv kiegészítésére kötelezheti, illetve a külső védelmi terv esetében kiegészítő intézkedéseket javasolhat a polgármesternek.

A hatóság, a szakhatóság közreműködésével, előre meghatározott terv szerint, a felső küszöbértékű veszélyes ipari üzemeket legalább tizenkét havonta, az alsó küszöbértékű üzemeket legalább huszonnégy havonta egyszer ellenőrzi. Az ellenőrzés eredményéről a hatóság jelentést készít, melyet 15 napon belül megküld az üzemeltetőnek. A jelentésben feltárt műszaki, vezetési és szervezeti hiányosságok kiküszöbölésére a hatóság megfelelő határidő biztosításával kötelezi az üzemeltetőt, aki a megtett intézkedéseiről tájékoztatja a hatóságot.

A hatóság betekint a veszélyes üzem által veszélyeztetett települések településrendezési tervébe. Ennek során megvizsgálja azt, hogy a településrendezési tervekben figyelembe vették-e a veszélyes tevékenység lehetséges veszélyeztető hatásait. Amennyiben a veszélyességi övezetben nem vették kellő mértékben figyelembe a lehetséges károsító hatásokat, úgy a hatóság erre a polgármester figyelmét felhívja, és javasolja a szükséges intézkedések megtételét.

A hatóság felügyeletet gyakorol a veszélyes tevékenységről folyó lakossági tájékoztatás, a tevékenységgel kapcsolatos okmányok nyilvánosságának biztosítása felett. Ha a hatóság úgy ítéli meg, hogy az üzemeltető vagy a polgármester nem teljesíti az e jogszabályban meghatározott tájékoztatási kötelezettségeit, vagy a nyilvánosság számára biztosított okmányok nem a valóságot tartalmazzák, kötelezheti az üzemeltetőt, illetve felhívhatja a polgármester figyelmét előírt feladataik teljesítésére.

Felhasznált irodalom

A Magyar Köztársaság Nemzeti Katasztrófavédelmi Stratégiája 2000–2005. (A Magyar Köztársaság katasztrófa veszélyeztetettsége, a katasztrófavédelem célkitűzései és feladatai a veszélyek megelőzésére, kezelésére és következményeik felszámolására), Budapest, BM OKF, 2000.

- Az 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről. *Magyar Közlöny*, 1993.
- Christou, M. D. – Porter, S.: *Guidance on Land Use Planning as required by council directive 96/82/ec (SEVESO II)*. JRC EC, 1999.
- Halász L. – Szakál B. – Bognár B.: *Tanulmány a súlyos ipari balesetek elleni védekezéssel kapcsolatos EU-szabályozásról és nemzetközi gyakorlatról, valamint a katasztrófatörvény szakmai elgondolásáról*. Budapest, 1997. szeptember.
- Kirchsteiger, C.: *Use of risk assesment in the EU Chemical Process Industries*. Előadás a „SEVESO 2 PHARE Twinning Project, 2. sz. továbbképző tanfolyamon. Budapest, MBF OK, 2001.
- Papadakis, G. A. – Amendona, A.: *Guidance on the preparation of a safety report to meet the requirements of Council Directive 96/82/EC (SEVESO II)*. JRC EC, 1997.
- Szakál B. – Solymosi J. – Lévai Z. – Tatár A.: *Útmutató a felső küszöbértékű veszélyes üzem biztonsági jelentésének készítéséhez*. Munkavédelem, katasztrófavédelem. 7., 8. és 9. Bővítés. Dashöfer Verlag, 2002.
- Tatár A. – Solymosi J. – Szakál B. – Lévai Z.: A súlyos balesetek megelőzéséért, *Katasztrófavédelmi Szemle*, 2: 2. 2001.
- Vajda György: *Kockázat és biztonság*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1998.

Jegyzetek

- 1 Vajda Gy., 1998.
- 2 Az 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről.
- 3 A Magyar Köztársaság Nemzeti Katasztrófavédelmi Stratégiája, 2000–2005.
- 4 Tatár A. és mtsai, 2001.
- 5 Halász L. – Szakál B. – Bognár B., 1997.
- 6 Szakál B. és mtsai, 2002.
- 7 Papadakis, G. A. – Amendona, A. 1997; Christou, M. D. – Porter, S., 1999.
- 8 Szakál B. és mtsai, 2002.
- 9 Uo.
- 10 Papadakis, G. A. – Amendona, A. 1997; Christou, M. D. – Porter, S., 1999.
- 11 A Magyar Köztársaság Nemzeti Katasztrófavédelmi Stratégiája, 2000–2005.; Papadakis, G. A. – Amendona, A. 1997; Christou, M. D. – Porter, S., 1999.
- 12 Kirchsteiger, C., 2001.

Kutatás és fejlesztés a hazai műanyagiparban

Bevezetés

Keménységipar jelentősége Magyarországon nagy, egyre növekszik és várhatóan a jövőben is növekszik. Az 1993. évi kutatás a vegyiparban belül beértékelte helyét. 1993-ban a teljes hazai értékesítés értékének 35,3%-át a műanyag (képlanyagok) illetve a műanyag és gumitermékek gyártása tette ki. Amennyiben a vegyipar termeléséből levonjuk a közeg-feldolgozást és a szén 52,5% - 2001-re tovább növekedett az iparág súlya a vegyiparban belül a teljes hazai értékesítés értékének 33,8%-át, azaz a vegyipar termelésének 60,7%-át.

III. rész

Kutatás és fejlesztés a vegyiparban

A műanyaggyártásra csak az értékek 15,7%, illetve 23,2% (mindes jól értékelhető) a műanyag- és gumipar fontosságát a magyar vegyiparban belül. A nagy jelentőség és a gyors fejlődés oka az, hogy a műanyagok számos szempontból előnyösebbek, mint a hagyományos szerkezeti, vagy akár a funkcionális anyagok. A tömegműanyagok általában olcsók és reakcióval nagy termelékenységgel dolgozhatók fel, ami tovább csökkenti a termék árát. A különleges polimerak és műanyagok ugyan drágák, de olyan feladatok megoldására is merepek bevetésére képesek, amelyek hagyományos anyagokkal nem oldhatóak meg.³ A jövőben a műanyagok további fejlődése várható külföldön és itthon egyaránt. Intenzív kutatás folyik számos területen: ennek célja új funkcionális anyagok létrehozása, a termékek árának csökkentése és a termelékenység növelése. A világszerte érvényesülő irányzatok mellett hazánkban további lendületet adhat a fejlődésnek és a fejlesztésnek az a tény, hogy az egy főre eső műanyag-felhasználás messze elmarad a fejlett ipari országokétól. Az Egyesült Államokban és Japánban jelenleg a felhasználás meghaladja a 150 kg/főt és a nyugat-európai országokban is jóval 100 kg/fő felett van. Az itthon felhasznált műanyag mennyisége évente kb. 65 kg/fő.

A kutatás-fejlesztés helyzete bizonyosan rosszabb, mint az ipar. Az eladhatóság az ipar további fejlődését is. Ennek részben objektív részben szubjektív okai lehetnek. Az elmúlt években a műanyagipar szerkezete nagymértékben átalakult, egy sor a fejlesztésben elmaradó vállalat megszűnt működését, profit vagy szemléletet váltott. A multinacionális cégek jelenléte erősebben is jelentősen befolyásolja a műanyag-feldolgozó ipar helyzetét. Több műanyag-feldolgozó cég ezek beszállítója, vagy az volt, így a megrendelések megszűnése komoly

Kutatás és fejlesztés a hazai műanyagiparban

Bevezetés

A műanyagipar jelentősége Magyarországon nagy, egyre növekszik és várhatóan a jövőben is nőni fog. Az iparág fejlődését jól mutatja a vegyiparon belül betöltött helye. 1998-ban a teljes vegyipari termelés értékének 35,3%-át a műanyag alapanyagok, illetve a műanyag és gumitermékek gyártása tette ki. Amennyiben a vegyipar termeléséből levonjuk a kőolaj-feldolgozását ez a szám 52,5%.¹ 2001-re tovább növekedett az iparág súlya a vegyiparon belül, a teljes termelés 37,3%-át, illetve a kőolaj-feldolgozás nélkül számított termelési érték 55,2%-át ez adta. A hazánkban hagyományosan nagyon erős gyógyszergyártásra ezek az értékek 15,7%, illetve 23,2%. Mindez jól érzékelteti a műanyag- és gumiipar fontosságát a magyar vegyiparon belül.² A nagy jelentőség és a gyors fejlődés oka az, hogy a műanyagok számos szempontból előnyösebbek, mint a hagyományos szerkezeti, vagy akár a funkcionális anyagok. A tömegműanyagok általában olcsók és rendkívül nagy termelékenységgel dolgozhatók fel, ami tovább csökkenti a termék árát. A különleges polimerek és műanyagok ugyan drágák, de olyan feladatok megoldására és szerepek betöltésére képesek, amelyek hagyományos anyagokkal nem oldhatók meg.³ A jövőben a műanyagok további fejlődése várható külföldön és itthon egyaránt. Intenzív kutatás folyik számos területen; ennek célja új funkcionális anyagok létrehozása, a termékek árának csökkentése és a termelékenység növelése. A világszerte érvényesülő irányzatok mellett hazánkban további lendületet adhat a fejlődésnek és a fejlesztésnek az a tény, hogy az egy főre eső műanyag-felhasználás messze elmarad a fejlett ipari országokétól. Az Egyesült Államokban és Japánban jelenleg a felhasználás meghaladja a 150 kg/főt és a nyugat-európai országokban is jóval 100 kg/fő felett van. Az itthon felhasznált műanyag mennyisége évente kb. 65 kg/fő.

A kutatás-fejlesztés helyzete lényegesen rosszabb, mint az iparé. Ez akadályozhatja az ipar további fejlődését is. Ennek részben objektív, részben szubjektív okai is vannak. Az elmúlt években a műanyagipar szerkezete nagymértékben átalakult, egy sor a fejlesztésben élenjáró vállalat megszűnt, tulajdonost, profilt vagy szemléletet váltott. A multinacionális cégek jelenléte és mozgása is jelentősen befolyásolja a műanyag-feldolgozó ipar helyzetét. Több műanyag-feldolgozó cég ezek beszállítója, vagy az volt; így a megrendelések megszűnése komoly

probléma elé állítja őket. Jó példa erre a Hewlett Packard és a Moldin esete. Az olcsóbb termelés érdekében a HP Kínába költöztette egyes nyomtatóinak gyártását és összeszerelését, így a Moldin megrendelése jelentősen csökkentek, kapacitásának csak egy töredékét használja ki. A közelmúltban hasonló történt a Flextronix-szal is. Európai uniós csatlakozásunkkal, valamint a munkaerő költségének növekedésével a folyamat gyorsulni látszik. Ez csak nagyobb hozzáadott értéket eredményező tevékenységgel, innovációval, kutatás-fejlesztéssel ellensúlyozható.

A kutatás-fejlesztés helyzete és fejlődési irányai

A kutatás-fejlesztés jelenlegi helyzetét meghatározzák az előzmények, a hozzá kapcsolódó intézményrendszer (ipari kutatóintézetek, akadémiai intézetek, egyetemek), a gazdasági helyzet (a rendszerváltás problémái, új vállalatok, külföldi vállalkozások létrejötte) és a kutatóhelyek gazdasági és személyi viszonyai. Már a rendszerváltást megelőzően, a gazdasági nehézségek megjelenésével egy időben, megkezdődött a kutatási és fejlesztési tevékenység viszaszorulása. A kutatóhelyek nem minden esetben tudtak megfelelni a vállalatok által támasztott igényeknek, nem született kellő számú gazdaságilag hasznosítható eredmény, megrendült a bizalom a kutatóintézetekben. Tovább rontotta a helyzetet a gazdasági rendszer megváltozása. Számos vállalat megszűnt, újak alakultak, gazdasági nehézséggel küzdöttek. Az új vállalatok közül sokan és a külföldi tulajdonú vállalatok nagy része nem igényelte a hazai kutatási vagy fejlesztési tevékenységet. Egyes vállalatok vezetői, különösen a bér munkát végzőké, nem is érezték vagy értették meg ennek szükségességét. A gazdasági helyzet a kutatóhelyeket is nehéz helyzetbe hozta. Az egyetemeken a létszám olyan mértékben csökken, hogy a tanszékek még oktatási feladataiknak is nehezen tudnak eleget tenni, ugyanakkor a költségvetési támogatás alacsony volta és nem megfelelő szerkezete miatt gazdasági tevékenységre kényszerülnek fennmaradásuk érdekében. A változások nagymértékben érintették a kutatóhelyek személyi állományát is, a kutatással foglalkozók száma lényegesen csökkent, és sok jó képességű kutató távozott az iparba, vagy külföldre, nagyobb jövedelem reményében. A nehézségek ellenére egyes területeken intenzív és eredményes munka folyik, de a jövőben további változásoknak kell bekövetkezni annak érdekében, hogy a kutatás-fejlesztés színvonalra elérje az ipar színvonalát és megfeleljen az igényeknek. A következő szakaszokban a műanyagipari kutatás és fejlesztés jelenlegi és várható fő irányait ismertetjük.

Alap kutatás

Az alap kutatások a polimerizációs eljárásokra, a makromolekulák viselkedésére, az anyagszerkezet és a tulajdonságok közötti összefüggések megállapítására irányulnak. Gyakorlatilag mindegyiket befolyásolják az ipar igényei és fejlődési irányai. Az alap kutatásokat három szakaszban tárgyaljuk: polimerizációs eljárások, új anyagok kifejlesztése és anyagszerkezeti kutatások, valamint az életminőséggel és a biológiailag aktív anyagokkal kapcsolatos tevékenység. A hagyományos tömegműanyagok előállítására irányuló polimerizációs eljárások kifejlesztése gyakorlatilag megállt. Az utolsó nagy erőfeszítés eredménye a metallocén katalizátorok, illetve a rájuk épülő polimerizációs eljárások kidolgozása volt. Ezzel az eljárással különböző olefin polimereket gyártanak ipari méretekben is. Az így előállított polimerek előnye az ellenőrzött molsúly és láncszerkezet, eddig nem megvalósítható kopolimerek előállítása és a polimer tulajdonságainak pontos szabályozása. Noha az eljárással gyártott polimerek kaphatók a kereskedelemben, még ma is kérdéses, hogy a fejlesztés milyen mértékben térült vagy térül meg, az új anyagok mennyire válnak be az ipari gyakorlatban, mennyire fogadja el őket a gazdaság. A kérdés felvetését indokolja az a tény, hogy a korábbi előrejelzésekkel ellentétben, amelyek azt mutatták, hogy a metallocén polimerek kiszorítják a hagyományos eljárással készült műanyagokat a piacról, felhasználásuk még ma is korlátozott, növekedési ütemük lassú. Ennek fő oka talán a metallocén polimerek magasabb ára, mivel szakmai okok mindenképpen nagyobb mértékű felhasználásukat indokolnák. A Philips eljárásával előállított, nagy sűrűségű polietilének és etilén kopolimerek például gyakorlatilag minden lánc végén tartalmazznak egy kettős-kötést. A polimer feldolgozása során ezek különböző reakciókban vesznek részt, a polimer molsúlya nő, láncelágazások jönnek létre, amelyek rontják a feldolgozhatóságot és a termék minőségét. Ilyen jellegű problémák a metallocén polimerek feldolgozása során nem, vagy csak sokkal kisebb mértékben lépnek fel. Ennek ellenére a metallocén polietilének piaci részesedése 10% körüli, a polipropiléneké néhány százalék és az előrejelzések is lassú növekedést ígérnek. Összehasonlításképp megemlítjük, hogy a Philips eljárásával gyártott polietilén a piac kb. 40%-át uralja.

Új polimerizációs eljárások kifejlesztését és új szintetikus polimerek előállítását több tényező korlátozza. Egy új szintézisút kidolgozása, a léptéknövekedés, az üzem megvalósítása és a piaci bevezetés több mint tíz évig is eltarthat. Jól mutatja ezeket a nehézségeket, hogy az elmúlt 15-20 évben alig jelent meg új polimer a piacon. Ilyen például a Ticona ciklikus olefin kopolimere (Topas) vagy a Shell által kifejlesztett Carilon (alifás poliketon). Különösen érdekes, és talán jellemző az utóbbi esete. A Shell végigjárta a fent említett utat, megvalósította az üzemet, de alig valamivel annak beindítása után megszüntette a Carilon gyártását. A technológia megvásárolható, de érdeklődő nincs.

A polimer szintézissel foglalkozó kutatók számos új eljárást dolgoznak ki. Az elmúlt időszakban nagy érdeklődést váltott ki például a gyökös polimerizáció újraledése, az atomátadásos gyökös polimerizáció és a stabilizált szabad gyökös polimerizáció felfedezése, illetve vizsgálata.⁴ Az új eljárások megjelenése ellenére a jövőben sem várható ezek gyakorlati megvalósítása, vagy új tömegműanyagok előállítása és piaci forgalmazása. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a polimer szintézis területén nincs fejlődés és ennek nincs gazdasági jelentősége. A terület érdeklődése azonban eltolódott a tömegműanyagoktól a különleges eljárások és polimerek felé. Olyan viszonylag kis mennyiségben előállított polimerek létrehozása a cél, amelyek különleges tulajdonságokkal rendelkeznek és rendkívül magas árak ellenére is alkalmazzák őket. Ilyenek a nemlineáris optikai tulajdonságokkal rendelkező folyadékkristályos polimerek, az ellenőrzött gyógyszerleadásra képes anyagok, a protézisek és egyéb biológiailag aktív polimerek, az intelligens anyagok. Ezen a területen hazánkban is intenzív kutatás folyik: amfifil kotérhálóok előállításával ellenőrzött gyógyszerleadás valósítható meg,⁵ politejsav és kopolimerjeinek előállításával biológiailag lebontható polimerek készíthetők,⁶ míg az intelligens polimer gélek távlatilag mesterséges izmok előállítását, esetleg egyéb műszaki alkalmazásokat tesznek lehetővé.⁷

Intenzív alapkutatás folyik a már létező polimerek jobb megismerésével, szerkezet-tulajdonság összefüggéseik megállapításával és módosításával kapcsolatban is. Nagy érdeklődésre tartanak számot a felületekkel és határfelületekkel kapcsolatos kutatások. Egyre többen vizsgálják polimerek viselkedését a makromolekula méretével összemérhető nagyságú, zárt terekben. A kérdés nagy jelentőséggel bír a vékonyrétegeket alkalmazó mikroelektronikában, de fontos egy nemrég megjelent új anyagcsalád, a nanokompozitok viselkedésének értelmezéséhez is. Ellentétben a szintézissel előállított polimerekkel, gyakorlatilag naponta jelennek meg a már létező polimerek módosításával előállított új műanyagok. A töltőanyagot tartalmazó polimerek, a polimer keverékek és a szálerősítésű műanyagok felhasználásának növekedése messze meghaladja az ipar átlagos fejlődési ütemét. Egy új anyag ezen az elven rendkívül gyorsan fejleszhető ki. Az alkalmazási igényeknek megfelelő tulajdonságok optimalizálása és a megfelelő gyártási technológia kidolgozása ma már néhány év, esetleg hónap alatt elvégezhető. Sőt, egyes cégek azt állítják, hogy néhány hét alatt kidolgozzák a vevő igényeinek megfelelő anyagot.

A társított és erősített műanyagok többsége többkomponensű és többfázisú anyag, gyakorlatilag mind heterogén szerkezettel rendelkezik. Ezekre jellemző, hogy azonos összetétel esetén is jelentősen eltérő tulajdonságokat kapunk a szerkezettől, illetve az alkotók kölcsönhatásaitól függően. Ezen a területen a kutatás kulcskérdése a szerkezet-tulajdonság összefüggések megállapítása; általános törvényszerűségek nem ismertek és nem léteznek olyan modellek sem, amelyek lehetővé tennék a tulajdonságok előrejelzését, kívánt

jellemzőkkel rendelkező anyagok tervezését. Hazánkban intenzív kutatás folyik ezen a területen is, a heterogén polimer rendszerekben uralkodó határfelületi kölcsönhatások vizsgálatától⁸ a gyakorlatban nagyon fontos égésgátolt polimereken keresztül⁹ új szálerősítésű anyagok kidolgozásáig.¹⁰

Noha a legtöbb kérdést az előző bekezdésekben már említettük, röviden szólnunk kell az alapkutatások fő irányairól, a kutatók érdeklődésének homlokterében álló témákról. Az elmúlt években intenzív kutatás indult meg az intelligens anyagok területén: ez a terület mind a polimer szintézis, mind pedig a polimer fizika iránt érdeklődő kutatókat foglalkoztatja. A heterogén, társított műanyagokkal kapcsolatos új irány a már említett nanokompozitok előállítása és kutatása. Ezek potenciális lehetőségei rendkívül nagyok, kis töltőanyag tartalom mellett jelentős merevség- és szilárdságnövekedést, csökkent gázáteresztést, jobb hőalak-tartósságot, és csökkent éghetőséget várnak tőlük. Jóllehet ezek a várakozások eddig nem teljesültek, mégis számosan foglalkoznak az okok kiderítésével és iparilag is hasznosítható anyagok előállításával. Az elmúlt években nagy jelentőségre tettek szer az életminőség javításával és a biológiaiilag aktív polimerekkel kapcsolatos kutatások. Több nagyvállalat alakította át kutatási-fejlesztési profilját, hogy nagyobb intenzitással vagy kizárólagosan ezekkel a kérdésekkel foglalkozhassanak (Clariant, DSM stb.). Az érdeklődés középpontjában többek között az egészségügyi ellátás számára mesterséges szervek, szövetek, protézisek előállítása, a műanyag és az élő szövet kölcsönhatása, a határfelületek kérdése, az ellenőrzött gyógyszerleadás és számos további kérdés áll. Ezen a területen a hazai kutatás is nagy lehetőségekkel rendelkezik, további figyelmet és támogatást érdemel.

Alkalmazott kutatás

A műanyagok nagy részét, 70–80%-át a tömegműanyagok teszik ki. Ezek egyik előnye a termelékeny feldolgozás. Ezt a feldolgozó gépek teszik lehetővé, viszont az új gépek gyakran új anyagokat igényelnek. A vevői szokások változása, illetve a piaci harc a termékek fejlesztését eredményezi, ez pedig visszahat a berendezésekre és a technológiákra. Jól szemlélteti ezt a folyamatot az élelmiszer-ipari, különösen pedig a gyorsételek, a péksütemények, a cukorkák és a csokoládék csomagolásának fejlődése.¹¹ Az 1960-as években ezeket az élelmiszereket szinte kizárólag celofánba csomagolták. Ekkor jelent meg a piacon a biorientált polipropilén fólia (BOPP), amely rendkívül vonzó alternatívát jelentett a csomagolással foglalkozó cégeknek. Az új film olcsóbb, ugyanakkor egyidejűleg átlátszó, szilárd és merev volt, valamint a nedvesség ellen is jól szigetelt, utólagos bevonás nélkül. Sajnos a homopolimerből készült film számos rossz tulajdonsággal is rendelkezett. Nem lehetett hegeszteni, statikusan erősen feltöltődött, magas hőmérsékleten deformálódott, nagy volt a

súrlódási tényezője. Utóbbi korlátozta a feldolgozás, illetve a csomagolás sebességét. Végül pedig kis felületi energiával rendelkezett, ami a nyomtatást akadályozta. A fólia alacsonyabb ára és jó tulajdonságai azonban egyre nagyobb mértékű felhasználást eredményeztek, és intenzív fejlesztőmunkával kiküszöbölték az említett hátrányokat is. Adalékok alkalmazása, koextrúzió vagy laminálás, bevonatok alkalmazása vezetett a korai filmek tulajdonságainak és feldolgozhatóságának javulásához. A fejlesztés ellenére sem voltak ezek a filmek feldolgozhatók a hagyományos, cellofán csomagolóanyagokat alkalmazó gépeken; elindult a berendezések fejlesztése. A régi gépeket módosították, de egyes gyártók már kifejezetten az új anyagokhoz készítettek berendezéseket. Az új gépek nagyobb termelékenységű és a vevői igények alakulása a filmek további fejlesztését igényelte. Ez a kölcsönhatás vezetett el a jelenleg kapható, rendkívül bonyolult, minden igényt kielégítő csomagolóanyagokhoz, így a talpas, nyitható-zárható zacskókhoz és a fémmel gőzölt és habosított filmekhez. Ezen anyagok már gyorsan, nagy termelékenységgel állíthatók elő (alacsonyabb zárási hőmérséklet, hermetikus szigetelés, atmoszférikus csomagolás a vákuumcsomagolás helyett; stb.). A termelékenység növekedésére jellemző, hogy a kezdeti 45-50 csomag/perc sebesség ma már meghaladja a 150 db/perc értéket.

Számos további példa is hozható arra, hogy a technológia és a feldolgozó, illetve követő berendezés fejlesztése miként eredményezte a termelékenység növekedését, a termék minőségének javulását és az ár csökkenését. Jól ismert a polietilén-tereftalát (PET) palackok elterjedése az ásványvíz és az üdítőitalok csomagolásában. Jó tulajdonságaik és a nagy termelékenység következtében ezek ma már gyakorlatilag minden más anyagot kiszorítottak erről a piacról. Korábban hazánkban PVC-palackokba csomagolták az étolajat; ma már kizárólag PET-palackot használnak erre a célra. Még érdekesebb a francia példa, ahol nagy mennyiségű ásványvizet fogyasztanak, amit korábban szinte kizárólag PVC-palackokba csomagoltak. A verseny éles, de a PET-palack még ezen a konzervatív piacon is győzni fog. A verseny és a fejlődés ezen a területen is szembetűnő. A feldolgozó gépek fejlődése lehetővé tette biorientált palackok készítését, az orientáció eredményezte nagyobb merevség és szilárdság pedig a palack tömegének csökkenéséhez vezetett. 1977-ben egy palack tömege még 68 gramm volt, ami 1999-re 51 grammra csökkent. Noha további jelentős súlycsökkenés aligha várható, a technológia- és berendezésfejlesztés bizonyára tovább folyik a termelékenység növelése, valamint az ár csökkentése érdekében.

Az anyag- és technológiafejlesztés viszonyát jól példázza a lélegző fóliák fejlesztése, gyártása és alkalmazása is, amelyeket egészségügyi termékekben, például eldobható babapelenkákban használnak egyre nagyobb mennyiségben. Ezeket polietilénből és nagy mennyiségű, 40-50% CaCO_3 töltőanyagból állítják elő. A kompozitból fóliát készítenek, megnyújtják, a határfelületek elválnak, kis üregek képződnek, amelyek a gőzt áttereszik, a folyadékot viszont

nem. Megfelelő gőzáteresztéssel rendelkező terméket azonban csak a töltőanyag mérete, a polimer tulajdonságai és a technológia helyes megválasztásával lehet hatékonyan előállítani.¹²

A töltőanyagok olcsó, egyszerű anyagok, és miként az előbbi gyártási folyamatban is, általában tömegműanyagokhoz adják hozzá ezeket. Látható azonban, hogy megfelelő fejlesztéssel ezekből is lehet igényes, magas műszaki tartalommal rendelkező terméket készíteni.

A hatékonyság növelésére és az ár csökkentésére irányuló igények egyértelműen meghatározzák az alkalmazott kutatás teendőit. Ezt egy további példával is megkíséreljünk alátámasztani. A korábbiakban említettük, hogy a Philips-eljárással készült polietilén feldolgozási stabilitása nem megfelelő. A gyártási technológia kidolgozásakor megfelelő stabilizátor-rendszereket is létrehoztak. A feldolgozó gépek fejlődésével, illetve a termelékenység növekedésével azonban ezek már nem voltak eléggé hatékonyak. A termelékenységet általában a feldolgozási sebesség növelésével fokozzák. Ekkor több súrlódási hő fejlődik, ami felgyorsítja a nemkívánatos mellékreakciókat. A stabilizátor-rendszert gyakorlatilag minden gyártott típusra módosítani kellett, illetve új adalékrendszereket kellett kidolgozni.

Az új polimerek szintézisével kapcsolatban említett szempontok, illetve irányzatok azonban az adalékoknál is érvényesülnek. Új stabilizátorok piacra dobása hosszú és költséges folyamat. A fejlesztés iránya a jelenlegi termékek minőségének javítása, megfelelő adalékkombinációk kidolgozása, illetve a stabilizátor-rendszerek hatékonyságának növelése olyan adalékokkal, amelyeket csak nagyon kis mennyiségben, néhány tíz ppm-ben adnak a polimerhez. Jó példa erre a Ciba-Geigy új adaléka, egy lakton, ami önmagában nem is kapható, csak más stabilizátorokkal együtt.

Mint említettük, az alkalmazott kutatások egyik mozgatórugója a termelékenység növelése, és ezt nagyon gyakran a berendezések fejlesztésével érik el. Az alkalmazási területek által támasztott igények, illetve a berendezések fejlődése sokszor anyagi rendszerek fejlesztését is igényli, noha az utóbbi többnyire csak követi a berendezések által diktált irányt és követelményeket. Különösen jól követhető a berendezések fejlődése a fröccsöntés területén. Az anyagtakarékosságra való törekvés eredménye a gázzrágítós fröccsöntés, ami üreges falú termékek előállítását teszi lehetővé (TV burkolatok), vagy a többrétegű fröccsöntés, ami hulladék anyagot használ a középső rétegben. A néhány mikron vastagságú termékek fröccsöntése különleges gépek kifejlesztését teszi szükségessé. Az oszlop nélküli gépek a berendezés flexibilitását javítják, míg az elektromos meghajtásúak a sebesség, a termelékenység növelését teszik lehetővé. A gépfejlesztés és általában a technológiai fejlesztés területén a lemaradásunk jóval nagyobb, mint az alap kutatásokban. Magyarországon ugyan történnek kísérletek műanyagfeldolgozó-gépek (fröccsgép, extruder) gyártására, ezek műszaki színvonala azonban lényegesen a világ-

színvonal alatt maradt. Nem véletlen, hogy a világ feldolgozógép-igényének 25%-át a német ipar elégíti ki. A technológia és különösen az anyagfejlesztés területén a lemaradásunk valamivel kisebb, de az ilyen irányú kutatások is véletlenszerűek, többnyire személyes kapcsolatokon alapulnak, és gyakran külföldi vállalatokhoz kapcsolódnak. Lemaradásunkat csak átgondolt szervezéssel, az ipar és a kutatóhelyek kapcsolatának javításával, a kutatás-fejlesztés feltételeinek javításával csökkenthetjük. A feldolgozó-berendezések területén még ez is kevés, valószínűleg csak néhány területen van lehetőség előrelépésre, jól előkészített és kivitelezett tervekre alapozva.

Az alap- és alkalmazott kutatás viszonya

Alapkutatás nélkül nincs innováció és alkalmazott kutatás. Ez közhely, említésére azonban azért van szükség, mert ezek viszonya hazánkban nem mindig tökéletes. Többek között ez indokolta az alap- és alkalmazott kutatások külön szakaszban történő tárgyalását is, a kétféle kutatás sok esetben elválik egymástól. Az alap- és alkalmazott kutatások közötti szakadék sok okra vezethető vissza. Ezek közül számosat már a bevezetőben említettünk (az ipar szerkezete, gazdasági átalakulás, a kutatással foglalkozó szervezetek állapota, a műanyagipari oktatás helyzete és alakulása stb.). Mindezek eredménye például az, hogy nagy autógyárakhoz beszállító üzem munkatársai műanyag alkatrészeket terveznek, de a műanyagokról csak korlátozott ismereteik vannak, vagy műanyag-feldolgozással foglalkozó multinacionális cég minőségbiztosítási szakembere cukoripari képzettséggel rendelkezik. Mindezek természetesen rányomják bélyegüket a termelékenységre, a termék minőségére és a fejlesztés hatékonyságára is. Jóllehet a legtöbb kutatóhely kapcsolatban áll iparvállalatokkal (erre legtöbbször rá is kényszerülnek), a kapcsolatok esetlegesek, időnként nem is tartósak. Gyakran fordul elő, hogy a túlterheltség vagy a létszámbíány következtében a fejlesztő munka nem elég hatékony, és ez tovább rontja az ipar és a kutatóhelyek közötti viszonyt.

Az alap- és alkalmazott kutatások viszonyát egyéb tényezők is befolyásolják. Mint említettük a tömegműanyagok gyártásával kapcsolatos kutatások gyakorlatilag egyes technológiák intenzívebbé tételére korlátozódnak. A magyarországi nagyvállalatok is meglévő technológiákat vásárolnak, amit jól példáz a TVK beruházási tevékenysége: az új olefingyár és az összes poliolefint gyártó üzem külföldi licenc alapján épült vagy épül. Ehhez nincs szükség alapkutatásra, és a technológiát is elsősorban az üzemben fejlesztik tovább. Alapkutatás elsősorban a technológia, a gyártott polimer szerkezete és a feldolgozott termék tulajdonságai közötti kapcsolatok felderítéséhez szükséges. Ezek az összefüggések ma még a nagy gyártók számára sem teljesen ismertek, pedig a termelékenység és különösen az egyenletes termékminőség zálogai. Éppen a

TVK tett jelentős előrelépést ezen a területen az elmúlt években: a BME Műanyag- és Gumiipari Tanszékével folytatott együttműködés eredményeként jelentősen csökkentette a vevői reklamációk számát, és új, illetve módosított terméktípusokat dolgozott ki.

Ennél azonban sokkal fontosabb lenne a feldolgozóipar innovációs tevékenységének erősítése. A műanyag és gumitermékek előállításának termelési értéke jelentősen meghaladja a műanyag alapanyag gyártását. Ez az iparág azonban elsősorban más iparágak beszállítója, termelése gyakran multinacionális vállalatok tevékenységéhez kapcsolódik. Mint ahogy azt már említettük, és számos példa is mutatja (IBM), e vállalatok egy része a közeljövőben elhagyja hazánkat, olcsóbb munkaerő után néz (Kína). Amennyiben a műanyag-feldolgozó ipar nem rendelkezik saját termékekkel, esetleg eljárásokkal, nem tud egyedülálló műszaki megoldásokat, nagyobb hozzáadott értéket és termelékenységet felmutatni, tönkremegy. A termelékenység növelése különösen fontos az EU-csatlakozás után, hiszen a nyugati vállalatok gépparkjának átlagos életkora lényegesen alatta marad a hazaiénak, az automatizálás és a szervezetség foka sokkal magasabb, a termelés hatékonyabb. Csak a fejlesztés, az innováció, egyedi termékek és technológiák tehetik versenyképpé a magyar műanyag-feldolgozó ipart. Ezekhez fel kell használni az alap kutatások eredményeit, az ott kidolgozott új anyagokat és olyan jelenleg nem vagy alig létező technológiai kutatásokat kell indítani, ami ezt lehetővé teszi.

Műanyagok és a környezet

A műanyagokkal kapcsolatos kutatás-fejlesztés helyzetének tárgyalása nem lenne teljes a műanyagok és a környezet viszonyának áttekintése nélkül. A műanyagok környezeti hatása rendkívül kényes kérdés, amit számos szubjektív tényező befolyásol. A műanyagokról gyakran állítják, hogy a környezet szempontjából a legkárosabb anyagok; csökkentik a rendelkezésre álló nyersanyagforrásokat, kimerítik a kőolajkészleteket, fokozott energiafelhasználást eredményeznek, égetésük okozza a savas esőt, a többi anyagnál nagyobb mennyiségű hulladékot eredményeznek és biológiai úton nem bonthatók le. Ezek az állítások természetesen sok esetben tévesek, de legalábbis túlzók. A savas esőt az erőművek és a gépkocsik kipufogógáza okozza, nagyon kényelmetlen helyzetbe kerülnénk, ha a polietilén gázcső biológiailag lebomlana, nem is beszélve arról, hogy a műanyag zacskó sokkal hamarabb lebomlik a természetben, mint az eldobott sörösüveg. Ezzel együtt minden hulladék, így a műanyag is káros a környezetre, hatásának csökkentésére, optimális esetben megszüntetésére törekednünk kell. Az ehhez szükséges tevékenység részben logisztikai, a lakossági hulladékot például szervezetten kell begyűjteni, de egy része kutatást és fejlesztést igényel. Ez utóbbi típusa és mértéke területenként

változik. A legtöbb műanyag hulladék újra feldolgozható vagy újra hasznosítható, de ez nem minden esetben érdemes. Az ipari hulladékot jelenleg is 80-90%-ban feldolgozzák, ez további kutatást vagy fejlesztést nem igényel. A háztartási hulladék kezelése elsősorban központi feladat, a hasznosítás is döntés kérdése. A döntés előkészítéséhez és a megoldás megvalósításához már biztosan szükséges kutatási vagy fejlesztési tevékenység. A hulladék mennyisége csökkenthető technológiai fejlesztéssel, terméktervezéssel, a falvastagság csökkentésével; erről az előző szakaszokban már volt szó. A műanyagokkal szemben egyik leggyakrabban felhozott vád a biológiai lebonthatóság hiánya. Természetesen nem minden termék lehet lebontható, de egy részük igen, például néhány mezőgazdaságban felhasznált eszköz, vagy bizonyos csomagolóanyagok. A biológiailag lebontható műanyagok előállítását jelenleg világszerte az érdeklődés középpontjában áll, de nem megoldott kérdés. Hazánkban is folynak ilyen kutatások, alifás poliszterek előállítására, keményítő és cellulóz módosítására, kopolimérek szintézise stb. Azonban a hulladékkezelés megoldása általában és az ezzel kapcsolatos kutatás különösen egy átfogó koncepció kidolgozását, szervezést és természetesen támogatást, a jelenleginél több pénzt igényel.

A továbbfejlődés feltételei

A műanyagipari kutatás-fejlesztés helyzete – összehasonlítva például a gyógyszeripar ilyen irányú tevékenységével – nem különösebben jó, és az eddiginél több figyelmet igényel. Az iparvállalatok kutatási-fejlesztési tevékenysége, egy-két kivételtől eltekintve elenyésző, vagy egyáltalán nem létezik. Az oktatással és kutatással foglalkozó szervezeti egységek ilyen irányú működését mindenképpen hatékonyabbá kell tenni ahhoz, hogy a kutatás színvonala elérje az iparét, megfeleljen annak igényeinek, és hatékonyan segítse a vállalatokat. A rendkívül sokrétű munka, a gazdasági instabilitás, a szükségesnél lényegesen kisebb létszám, mind jelentősen gátolja a hatékony kutatási-fejlesztési tevékenységet. A feltételek javítása elengedhetetlen a versenyképes innovációhoz, ami viszont az ipar fejlődésének feltétele (multinacionális vállalatok kivonulása, munkaerő drágulása). Az ipar és a kutatás kapcsolatának további javítása is nagyon fontos mind a kutatóhelyek, mind pedig a vállalatok számára. Ehhez jobb feltételeket és gazdasági környezetet kell teremteni, nagyobb gazdasági stabilitást biztosítani, létre kell hozni a pályázati és költségvetési finanszírozás megfelelő egyensúlyát, tovább kell erősíteni és egyszerűsíteni a két szférát összekapcsoló konstrukciókat (NKFP, OM K+F pályázatok). Végül pedig elengedhetetlen a szakirányú oktatás feltételeinek javítása (létszámnövelés, működési költségek). Nem megengedhető az, hogy egy ilyen súlyú iparágban a szükséges szakismeretekkel rendelkező diplomások száma

az oktató tanszékek ügyességétől és reklámtevékenységétől függjön, a tanszékek léte pedig bizonytalan legyen. A normatív finanszírozás és az oktatási terhelés lehetnek finanszírozási szempontok, hosszú távon azonban nem biztosítják az iparág hatékony működéséhez szükséges feltételeket. Ilyen módon nem képezhető megfelelő számú szakember és nem végezhető hatékony kutatás-fejlesztés sem.

Következtetések

A műanyagipar a magyar gazdaság fontos tényezője. A területtel kapcsolatos kutatási és fejlesztési tevékenység ettől jelentősen elmarad, ennek számos oka van. A kutatással és fejlesztéssel foglalkozó intézmények, szervezeti egységek sok esetben nemzetközi szinten is jelentős kutatást folytatnak a jelenleg világszerte érdeklődésre számot tartó területeken. A kutatás azonban gyakran nem az ipar, vagy nem a hazai ipar, igényeit elégíti ki, esetleg egyáltalán nem kapcsolódik gyakorlati kérdések megoldásához. A hatékonyabb kutatási-fejlesztési tevékenységhez elengedhetetlen az ipar és a kutatást végző intézmények kapcsolatának további javítása, egyes területeken összehangolt elképzelések kialakítása, és a kutatás, illetve oktatás feltételeinek javítása. A közeljövőben a feldolgozóipar nehézségekkel találhatja magát szemben: a műanyag-feldolgozás hatékonysága és eredményessége csak innovációval, jelentős kutatási és fejlesztési tevékenységgel tartható fenn.

Felhasznált irodalom

- Bodnár I. – Borda J. – Kéki S. – Deák Gy. – Zsuga M.: Politejsav szintézis: a tejsav termikus és mikro-hullámú gerjesztéssel történő direkt polikondenzációja és a két módszer összehasonlítása. *Műanyag Gumi*, 39: 341. 2002.
- Clark, T. A. – Wagner, J. R. Jr.: Film properties for good performance of vertical form/fill/seal packaging machines. *SPE ANTEC*, 60 (2): 2454. 2002.
- Csurgai L.: Magyar vegyipar 1990–2000 I. Összefoglaló termelési, külkereskedelmi adatok és az azokat befolyásoló tényezők. *Magy. Kém. Foly.*, 57: 257. 2002.
- Czigány T. – Szabó J. S. – Marosi Gy. – Czvikovszky T.: Az előállítási technológia és a felületkezelés hatása a kerámiaszál-erősítésű polipropilén kompozit törésmechanikai tulajdonságaira. *Műanyag Gumi*, 38: 206. 2001.
- Erdődi G. – Janecska Á. – Iván B.: *Novel intelligent amphiphilic conetworks. in Wiley polymer networks group review series* (eds. Stokke B. T., Elgsaeter A.). New York, John Wiley. 1999, Vol. 2, 73. p.
- Farkas F.: A műanyagok térhódítása. *Vegyipar*, 1. 549. 2002.
- Marosi Gy. et al.: Poliolefinék égésgátlása I–III. *Műanyag Gumi*, 34: 209–217, 237–243, 265–268. 1997.

- Mogyorósy-Halász R.: Tovább csökkent a vegyipar súlya a feldolgozóiparban és az iparban 2001-ben. *Magy. Kém. Foly.*, 57: 262. 2002.
- Moreiras, G.: Baby boom market for fillers. GCC in microporous films. *Ind. Minerals*, (6): 29. 2001.
- Nemes S. – Deák Gy. – Kéki S. – Zsuga M.: Polimerizációs eljárások. *Magy. Kém. Lapja*, 57: 410. 2002.
- Pukánszky B.: Társított és erősített műanyagok. *Magyar Tudomány*, 1570. 2002.
- Zrínyi M.: Intelligens anyagok. *Magyar Tudomány*, 697. 1999.

Jegyzetek

- 1 Csurgai L., 2002.
- 2 Csurgai L., 2002; Mogyorósy-Halász R., 2002.
- 3 Farkas F, 2002.
- 4 Nemes S. – Deák Gy. – Kéki S. – Zsuga M., 2002.
- 5 Erdődi G. – Janecska Á. – Iván B., 1999.
- 6 Bodnár I. – Borda J. – Kéki S. – Deák Gy. – Zsuga M., 2002.
- 7 Zrínyi M., 1999.
- 8 Pukánszky B., 2002.
- 9 Marosi Gy. et al., 1997.
- 10 Czigány T. – Szabó J. S. – Marosi Gy. – Czvikovszky T., 2001.
- 11 Clark, T. A. – Wagner, J. R. Jr., 2002.
- 12 Moreiras, G., 2001.

A hazai gyógyszeripar kutatási-fejlesztési irányjai

A 21. század kihívásai a gyógyszeriparral szemben

Miért van szükség új gyógyszerekre?

Az átlagéletkor meghosszabbításában, illetve a betegségmentes életek számának növekedésében senki sem tagadja a gyógyszerek szerepét. Noha ma már kitűnő gyógyszerkinccsel rendelkezünk, számos tényező sarkall a kutatási és fejlesztési erőfeszítések további növelésére. E tényezők közül néhányat az alábbiakban sorolunk fel:

- Sok betegség kezelésében a meglévő gyógyszerek nem elég hatékonyak, például daganatos megbetegedések, Alzheimer-kór stb. Ezeken a területeken elsősorban új hatásmechanizmussal működő szerekre van szükség.
- A különböző terápiás területeken használt gyógyszereknél a betegek kisebb-nagyobb része nem reagál a jelenlegi gyógyszerterápiára. Ilyen nehézség merül fel a betegeknek a fájdalomcsillapítók 20, az antiasztmatikumok 40, a migrén elleni szereknek 48, az oszteoporózis gyógyszereinek 52 százalékban.¹
- Sok probléma adódik abból, hogy a bevitt gyógyszerek lebontását végző enzimek (főleg az úgynevezett citokrom 450-rendszer enzimejei) egyénileg különböző sebességgel működnek. Az átlagos adagokban alkalmazott gyógyszer számos esetben az optimálisnál magasabb, másoknál alacsonyabb vérszintet eredményez.
- A gyógyszerek adagolásánál tág lehetőség nyílik a jelenlegi helyzet javítására. Napjainkban folyik pl. az eddig csak parenterálisan adagolható inzulin inhalációs alkalmazásának nemzetközi klinikai kipróbálása.
- Újabb követelmények is felmerülnek, pl. a meglévő antibiotikumok széles körű használata miatt veszélyesen nő a polirezisztens kórokozók száma. A problémán új hatásmechanizmusú szerekkel lehet segíteni.

2000 nyarán jelentették be, hogy a Humán Genom Program keretében befejezték az emberi kromozómákban található, minden genetikai információt tároló DNS-lánc elsődleges szerkezetének, a 3,15 milliárd nukleotid sorrendjének megállapítását. Az elkövetkező egy-két évtized feladata lesz a DNS-láncban előforduló mintegy 30 000-40 000 gén azonosítása és szerepének tisztázása.

Közismert, hogy vannak olyan betegségek, amelyeket egyetlen gén hibája okoz. Ilyen betegség a cisztás fibrózis vagy a sarlóssejtes anémia. A monogenetikus betegségek azonban viszonylag ritkán fordulnak elő, az összes beteg mintegy másfél százalékában. A sok áldozatot szedő elterjedt népbetegségek, pl. a magas vérnyomás, a daganatos megbetegedések, a cukorbetegség, a környezet és számos gén kölcsönhatásában alakulnak ki, molekuláris szinten ma még nagyobb részt ismeretlen mechanizmussal. Ez napjaink élettudományi kutatásainak az egyik legfontosabb területe, naponta jelennek meg közlemények egy-egy gén azonosításáról, illetve valamely népbetegségben való feltételezett szerepéről.

Jelenleg – nem számítva az antimikrobás, parazitaellenes stb. szereket – az emberi anyagcserét befolyásoló kb. 3000 gyógyszerhatóanyag mintegy 85%-a alig valamivel több mint 400 célmolekulán, főleg fehérjén fejt ki hatását.² A humán genom megismerése után a molekuláris „célpontok” száma – különböző becslések szerint – 3000-20 000-re növekszik

A gyógyszerkutatóási technológia fejlődése

Korábban a vegyészek egyenként állítottak elő új anyagokat, amelyek hatásait, in vitro és in vivo körülmények között, biológusok vizsgálták. Ezt a „kisipari” módszert mára felváltotta a „nagyüzemi” technológia. A gyógyszerkutatóásban ma elterjedten alkalmazzák az automatizált kombinatorikus kémiát és a nagy átbocsátású szűrést (high-throughput screening, HTS). Míg az első módszerrel nagy mennyiségű, különböző szerkezetű anyag állítható elő, addig a HTS az így előállított anyagok sokirányú biológiai hatásvizsgálatát teszi lehetővé. A két módszer együttes alkalmazásával az eddigi módszerek időigényének töredéke alatt lehet rábukkanni a kívánt biológiai tulajdonságú vegyületekre.

Az adott cél szempontjából aktivitást mutató anyag (lead vegyület, vezérmolekula) kémiai szerkezete ma „in silico”, a szerkezethatás összefüggéseiket kimunkáló szoftverek segítségével optimalizálható.

Az in vivo kutatásban egyre nagyobb szerepet kap a génszabályozási úton megfelelően módosított úgynevezett „knock out” rágcsálók használata. A génmódosított rágcsálók (mivel ezek génállományából eltávolították a vizsgálni kívánt gént) különösen alkalmasak a gének szerepének tisztázására.

Érdekes új fejezet a gyógyszer K+F-ben a „pharmaceuticals” hatóanyagok megjelenése. Így nevezi a szakirodalom a génmódosított állatokkal termeltetett (főleg juhok és kecskék tejében kiválasztott), bonyolult szerkezetű fehérje-molekulákat. Az eljárás, már napjainkban is, az esetek jelentős részében versenyképes más előállítási lehetőségekkel.³

A gyógyszeripari kutatás-fejlesztés jellege

A gyógyszeripari K+F jellege alapvetően függ attól, hogy a termékfejlesztés célja új hatóanyag gyógyszerre fejlesztése vagy ismert gyógyszerhatóanyag, illetve kisserelt gyógyszertermék gyártása, forgalmazása.

Eredeti kutatás és fejlesztés

Az eredeti kutatás célja általában egy új vegyület (a széles körben használt angol elnevezés: new chemical entity, NCE) gyógyszerre fejlesztése, ritkábban új kisserelési forma vagy ismert gyógyszer új terápiás területen való alkalmazása. A termék bevezetését hosszú és költséges K+F munka előzi meg. A folyamat részletes leírására lásd az USA gyógyszertervező hatóságának – az FDA-nak – elektronikus anyagát.⁴

A gyógyszeripar az erős hatósági kontroll alatt dolgozó iparágak közé tartozik. Az új termékek bevezetésének szigorú szabályai vannak. Sok problémát okozott a különböző nemzeti, illetve regionális (pl. EU) szabályok különbözősége. Évek óta folyik az úgynevezett International Conference of Harmonisation (ICH) folyamat, amelynek célja egységes nemzetközi szabályozás kidolgozása.⁵ Az új gyógyszernek három alapvető követelményt kell kielégítenie.

- *Minőség:* a gyógyszerhatóanyag összetételének, tisztaságának egészen pontos ismerete. A minőség biztosítása a szigorúan ellenőrzött gyártási folyamaton keresztül történik (Helyes Gyártási Gyakorlat, Good Manufacturing Practice, GMP).
- *Biztonságosság:* a klinikai kísérletek megkezdése előtt, in vitro és állatokon végzett kísérletekben kell meggyőződni az anyag általános és speciális toxikológiai tulajdonságairól. Ismerni kell a farmakokinetikai és a metabolizmus tulajdonságait minimum két állatfajon. Ezeknél a preklinikai vizsgálatoknál a GLP (Helyes Laboratóriumi Gyakorlat, Good Laboratory Practice) szabályainak betartása kötelező.
- *Hatékonyosság:* a gyógyszerekkel kapcsolatos alapvető követelmény, hogy hatékonyságukat szigorúan ellenőrzött klinikai kísérletekben kell igazolni. Ez különbözteti meg a gyógyszereket az egyéb gyógyhatásra való hivat-

kozással forgalomba hozott anyagoktól (gyógytermék, élelmiszer-adalék), ezeknél a hatékonyság igazolása nem követelmény. Az érvényes magyar gyógyszer-törvény⁶ 2003. december 31-től csak gyógyszereknél engedi meg a gyógyhatásra való hivatkozást. A hatóságilag előírt preklinikai vizsgálatok elvégzése után a potenciális gyógyszerek kipróbálása több fázisú klinikai vizsgálatokban történik. A fázis 1. vizsgálatai általában összesen 50-100 egészséges önkéntesen végzett vizsgálatok. Céljuk annak megállapítása, hogy az emberek hogyan tűrik az új szert. A fázis 2. vizsgálatai több száz betegen elvégzett szigorúan ellenőrzött vizsgálatok, céljuk az anyagterápiás hatásának pontos felmérése. A fázis 3-hoz tartozó vizsgálatokban sok ezer betegen próbálják ki a készítményt. A nagy betegszám és a sokféle helyzet valószínűsíti, hogy esetlegesen már a kísérleti fázisban felmerülnek problémák. A klinikai kísérletekben kötelező a GCP (Helyes Klinikai Gyakorlat, Good Clinical Practice) alkalmazása.

Az eredeti gyógyszerjelöltek hatósághoz benyújtandó törzskönyvezési dokumentációja több száz, esetleg több ezer oldal lehet. Jelenleg folyik az elektronikus törzskönyvezés bevezetése,⁷ mint a jövő e-adminisztráció korszakának egyik elsőik között elterjedő gyakorlata.

Az elmondottak magyarázatot nyújtanak arra, hogy viszonylag miért kevés (a kilencvenes években 25-50 között) az évente a világon bevezetett NCE-k száma.

Követő kutatás és fejlesztés

Szabadalmi és azzal összefüggő megfontolások. Az originátor vállalatok eredeti termékeiket szabadalmakkal védik. Ezek a szabadalmak alapvetően az anyagra és az előállítási eljárásra vonatkoznak. Azokban az országokban – köztük korábban Magyarországon – ahol csak eljárási szabadalom volt érvényben, új előállítási eljárás felfedezésével a gyógyszert forgalomba lehetett hozni, függetlenül attól, hogy más országokban érvényben lévő anyagszabadalom védte. Ennek a rendszernek a II. világháború utáni magyar gyógyszeripar is sokat köszönhet. A hazai erős kémiai kutatási háttér sok fontos gyógyszer (és növényvédő szer) esetében talált olyan új eljárást („kerülő szabadalmat”), amely lehetővé tette a hazai forgalmazást és jelentős exportot a KGST országokba, elsősorban a hatalmas szovjet piacra. Ezek voltak az úgynevezett reprodukciós termékek.

A fejlett országokban nagy befolyással rendelkező gyógyszerlobbi már a nyolcvanas években keményen bírálta ezt az érdekeit sértő gyakorlatot, és például elérte, hogy a ennek megszüntetését összekössék a Magyarországnak fontos kölcsönök folyósításával. Végül is 1996. január 1-jén lépett életbe az új

szabadalmi törvény,⁸ ami hazánkban is lehetővé tette a gyógyszeranyagok szabadalmaztatását.

További fontos kérdés annak szabályozása, hogy a nem eredeti, generikus terméket törzskönyveztető vállalatnak milyen törzskönyvezési dokumentációt kell benyújtania, és főleg milyen – költséges és időigényes – klinikai és toxikológiai vizsgálatokat kell elvégeznie.

Tekintettel arra, hogy a fejlett országokban is nagy gondot jelent az egészségügyi ráfordítások állandó növekedése, 1984-ben az USA-ban dolgozták ki azt a rendszert,⁹ amely megpróbál egyensúlyt teremteni az originátor vállalatok és a fogyasztók érdekei között. Az originátor vállalat érdekelt a szabadalom birtoklása által biztosított, exkluzív időszak minél hosszabb fenntartásában, hiszen ezalatt nagy extraprofitot biztosító árat érvényesíthet. A szabadalom lejártával számos generikus gyártó belépése az árszintet általában a korábbi ár 20-40%-ára szorítja le. Ebben a rendszerben a szabadalom lejártá után a generikus terméket bevezető vállalatnak klinikán csak úgynevezett bioekvivalencia vizsgálatot kell végeznie; bizonyítani, hogy terméke farmakokinetikailag hasonlóan viselkedik az eredeti termékhez (a vérszintgörbék alakja hasonló). Ilyen vizsgálat elvégzése összehasonlíthatatlanul olcsóbb, mint az originális gyógyszer bevezetéséhez szükséges klinikai vizsgálatok összessége. Sikeres bioekvivalencia-vizsgálat után a generikus gyártó kvázi „használhatja” az originátor vállalat dokumentációját, a vizsgálatokat nem kell megismételni. A mérleg másik oldalán az originátor vállalatok lehetőséget kaptak arra, hogy a szabadalmi oltalmi időt a törzskönyvezési eljárás időtartamával, legfeljebb 5 évvel, meghosszabbítsák.

A későbbiek során az originátor vállalatok nyomására az USA-ban és különösen az EU-ban a generikus termékek bevezetésére további megszorításokat rendeltek el.¹⁰

Gyártási tényezők. Ha egy magyar vállalat elhatározza, hogy piacra lép egy generikus termékkel, először is gondosan fel kell térképeznie a szabadalmi helyzetet Magyarországon és az export szempontjából szóba jöhető országokban. A következő döntés, hogy a kisserelt terméket vásárolt alapanyagból vagy saját gyártásban kívánja előállítani. Előbbi lehetőség abból adódik, hogy számos gyógyszer hatóanyaga viszonylag olcsó forrásból (pl. indiai, kínai gyártóktól) beszerezhető. A fejlett országok hatóságai (ma már a magyar hatóságok is) a kisserelt gyógyszer-előállítóitól és a gyártáshoz felhasznált anyagok gyártóitól úgynevezett DMF-et (Drug Master File) követelnek meg, ami végeredményben a gyógyszertermék és a felhasznált anyagok gyártóinak a termékre vonatkozó minőségi bizonyítványa.

Az importált alapanyag felhasználásának lehetősége jelentősen kiterjesztette a gyógyszergyártási engedéllyel rendelkező magyarországi vállalatok számát. A rendszerváltás előtt néhány nagy gyógyszergyártó vállalat műkö-

dött hazánkban. 2001 őszére a hazai gyógyszer gyártók száma közel 50-re emelkedett.¹¹ Ez a tény arra utal, hogy Magyarországon, már viszonylag alacsony tőkebefektetéssel is, forgalomba lehet hozni generikus termékeket. További tényező, hogy a „nagy” magyar gyógyszergyárak megszüntették számos, korszerűtlennek tekintett, régi termékük gyártását, és ezeket a termékeket „átadták” az újonnan alakult kisebb vállalatoknak.

Eredeti kutatások a magyar gyógyszeriparban

Az elmúlt évtizedek jelentős magyar eredeti gyógyszerei

A huszadik század második felében a magyar gyógyszeripar számos eredeti gyógyszert dolgozott ki és hozott forgalomba. Az eredeti magyar gyógyszerek itthon és külföldön igen változatos pályákat futottak be. A nemzetközi viszonylatban legismertebb és legsikeresebb, eredeti gyógyszerek a következők:

- *Jumex* (Chinoin): a kilencvenes évek elején a legszigorúbb követelményeket támastó USA-ban is – licenceladással – forgalomba került gyógyszer. A vegyület szelektív MAO B enzimgátló, de hatásában más tényezők is szerepet játszanak. Nem véletlen, hogy a biomedikális irodalom NLM Gateway adatbázisa több mint 2000 tudományos cikket referál róla.¹² A Parkinson-kór kiegészítő terápiájában használják.
- *Mydeton* (Richter): már 1959-ben forgalomba került. A vázizmok görcsét gátló szer a kilencvenes évek második felétől a reneszánszát éli, mert kiderült róla, hogy kitűnő Na⁺ csatorna-gátló. A hatásmechanizmusnak, a széles körű terápiás felhasználási lehetőségeknek köszönhetően a számos fejlett országban is törzskönyvezett és forgalmazott szer a Richter egyik legsikeresebb terméke.

Másik csoportot képeznek a Magyarországon és a volt KGST-országokban rendkívül népszerű, de a fejlett országok többségében mind ez ideig nem törzskönyvezett originális szerek:

- *Cavinton* (Richter): elsősorban agyi keringési értágító, 1977-ben került Magyarországon forgalomba.¹³ Az indikációs területen ma is érezhető gyógyszerhiány a Cavintonnak hatalmas üzleti sikert hozott. Noha világszerte jól ismert vegyületről van szó, igazi nemzetközi bevezetésének gátját eddig az úgynevezett nootrop szerek tartós hatásának klinikai igazolási nehézségei jelentik.
- *No-Spa* (Chinoin): a régóta világszerte használt Papaverin közeli származéka, széles körben használt görcsoldó szer. A KGST-országokban sok

millió beteg szedte és szedi, így igen biztonságos anyagnak tekinthető. Nemzetközi bevezetését az hátráltatja, hogy a törzskönyvi dokumentációt újra kellene készíteni, ami lejárt anyag szabadalma esetében mindig meggondolandó.

A magyar gyógyszeripar a japán vállalatokkal jó kapcsolatokat épített ki. Jelentősebb hazai alapanyag-szállítással járó licenceladások:

- *Grandaxin* (Egis): enyhe nyugtató,
- *Osteochin* (Chinoin): oszteoporózis-ellenes szer.

Az eredeti gyógyszerek sorába tartozik az 1996-ban forgalomba került Curiosin (Richter) amely lábszárfekélyek hámosodását segíti elő. Hatóanyagát, a hialuronsav cink-sóját, a világon először magyar kutatók állították elő.¹⁴

Új remények

A következőkben, a kutatás-fejlesztés gazdasági alapjainak tárgyalásából, ki fog derülni, hogy magyar gyógyszeripari vállalatok eredeti gyógyszer nemzetközi bevezetésére nem gondolhatnak. Ezért évtizedek óta azt a stratégiát követik, hogy a gyógyszerfejlesztés meghatározott fázisában multinacionális partnert keresnek. Üzletileg előnyösebb, ha a hazai cégek a potenciális terméket a fejlesztés minél későbbi fázisáig viszik el saját erőből. Régebben ez a preklinikai kutatások végét jelentette, mivel nem volt olyan magyar klinikai kutatóhely, amely a legszigorúbb nemzetközi követelményeknek megfelelő fázis 1. és fázis 2. vizsgálatokat el tudta volna végezni. A kilencvenes években sokat javult a magyar klinikai farmakológia helyzete, és ma már a partner keresésére ideális esetben a humán hatás bizonyítása után kerülhet sor. Mindez nem vonatkozik azokra a magyarországi gyógyszergyárakra, amelyeknél a K+F integrálódott az anyavállalat innovációs tevékenységébe (Chinoin, Biogal).

Az új eredeti gyógyszerjelöltekkel kapcsolatos kutatások Magyarországon általában nem nyilvánosak. Az alábbiakban, az új hatóanyagok hazai kifejlesztésével kapcsolatban, egy esettanulmányt mutatunk be.

Talampanel (Ivax-GYKI). A Gyógyszerkutató Intézet kutatói a nyolcvanas években fedeztek fel egy központi idegrendszerre ható, új hatásmechanizmusú anyagot (úgynevezett AMPA-antagonista). A kiválasztott anyag (GYKI-52466) a preklinikai fejlesztés során elvérzett. 1992-ben az intézetben, a Lilly cég által finanszírozott kutatási program keretében, a vegyület egy hatékonyabb rokona került kiválasztásra. A további fejlesztést a Lilly végezte el, és az

anyag az USA-ban végzett fázis 2. vizsgálaton hatékonynak bizonyult bizonyos központi idegrendszeri területeken. A Lilly a saját további fejlesztés leál-lítása mellett döntött, mivel a piacot nem találta elég nagyknak.

Időközben az egyik legnagyobb generikus USA-gyártó, IVAX Corporation megvásárolta a Gyógyszerkutató Intézetet, és 2001-ben szerződést kötött a Lillyvel a Talampanelnek nevezett gyógyszerjelölt klinikai fejlesztésének folytatására.

Termékfejlesztés a magyar gyógyszeriparban

A magyar gyógyszeripar egészében nemzetközileg jó színvonalú generikus gyártónak számít. Az iparág vezető vállalatai a világ bármely országába tudnak alapanyagot vagy kiszerelt készítményt szállítani. A legnagyobb hazai cég, a Richter például százféle gyógyszert több mint 170 kiszerelési formában gyárt, és a készítmények a világ 100 országába jutnak el.¹⁵ A hazai gyártási színvonalra jellemző az alábbi rövid esettanulmány.

Xalatan alapanyag. A Chinoin az 1970-es években kezdett a természetes eredetű prosztanoidokkal foglalkozni. A molekulák bonyolult, sok asszimet-ria-centrummal rendelkező anyagok. Az akkori legjobb szintézist a később Nobel-díjat kapott amerikai professzor, E. J. Corey (USA, Harvard Egyetem) dolgozta ki. 1976-ban a Chinoin kutatóinak sikerült egy olyan új totálszinté-zist kidolgozni, amely közel egy nagyságrenddel csökkentette a Corey által ki-dolgozott leggazdaságosabb szintézis anyagköltségét. Az új szintézis ipari méretnövelési problémáinak megoldása után a Chinoin a prosztanoidok gyár-tásában nemzetközi rangot vívott ki.

A Pharmacia cég találta meg a prosztanoidok gyógyászati felhasználásának eddigi legnagyobb volumenű indikációját, tudniillik a Latanaprost hatóanyag szemészeti alkalmazását az intraokkuláris nyomás csökkentésére. A Xalatan nevű termék 2002-es globális forgalma 811 millió USD volt. Az ehhez szüksé-ges prosztanoid hatóanyagot kizárólag a Chinoin állítja elő, ami a vállalatnak évente milliárd forintos nagyságrendű bevételt jelent.

A kutatás-fejlesztés gazdasági alapjai

A K+F ráfordítások viszonya az árbevételhez

Gyakran olvashatunk napisajtóban arról, hogy mennyibe kerül egy originális gyógyszer kifejlesztése. A széles, 300-800 milliós USD tartományban idézett számok önmagukban keveset mondanak, a szám nagysága attól függ, hogy mi-

lyen módszerrel számítják. 2001-ben a világ 10 legnagyobb forgalmú gyógyszervállalatának a K+F ráfordítását az 1. táblázat mutatja.¹⁶

A Nature egyik 2002. évi közleménye a 20 legnagyobb vállalat példáján mutatja be, hogy miközben a K+F költségei növekednek, a regisztrált új hatóanyagok (NCE-k) száma csökken.¹⁷ Míg 1998-ban a K+F ráfordítás a vizsgált vállalati körben mintegy 25 Mrd USD volt, és 37 NCE került forgalomba, addig 2001-ben, több mint 35 Mrd USD ráfordítás mellett, az NCE-k száma csak 16 volt.

A legnagyobb magyarországi gyógyszervállalatok 2001. évi K+F ráfordítását a 2. táblázat mutatja.

1. táblázat

A világ legnagyobb gyógyszervállalatainak K+F ráfordításai 2001-ben

| Sorrend | Vállalat | Forgalom (Mrd USD) | K+F költség (Mrd Ft) | K+F ráfordítás (árbevétel %-ában) |
|---------|---------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 1. | Pfizer | 25,5 | 4,8 | 18,8 |
| 2. | GlaxoSmith-Kline | 24,8 | 3,8 | 15,3 |
| 3. | Merck | 21,4 | 2,4 | 11,2 |
| 4. | AstraZeneca | 16,5 | 2,7 | 16,4 |
| 5. | Bristol-Myers-Squib | 15,6 | 1,9 | 12,2 |
| 6. | Aventis | 15,4 | 3,0 | 19,7 |
| 7. | Johnson&Johnson | 14,9 | 1,1 | 7,4 |
| 8. | Novartis | 14,5 | 2,2 | 15,2 |
| 9. | Pharmacia | 12,0 | 2,1 | 17,3 |
| 10. | Lilly | 11,5 | 2,2 | 19,1 |

2. táblázat

A legnagyobb hazai gyógyszergyártó vállalatok K+F ráfordításai 2001-ben

| Vállalat | K+F létszám | K+F ráfordítás (Mrd Ft) | K+F ráfordítás (árbevétel %-ában) |
|----------------------|-------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Richter ^A | 600 | 6,5 | 7,4 |
| *Egis ^B | 420 | 3,8 | 6 |
| Chinoin ^C | 180 | n.a. | n.a. |

* más üzleti év

A Richter Gedeon Rt. 100 éves története, 2001.

B Egis, 2002.

C Chinoin 2002.

Az adatokból látható, hogy a legnagyobb magyar vállalati ráfordítás is nagyságrenddel kisebb az eredeti gyógyszer önálló bevezetéséhez szükséges erőforrásnál.

Más oldalról, 2001-ben a teljes magyar K+F ráfordítás a GDP 0,94%-a, 140,6 milliárd Ft volt. Ebből 34,8% volt vállalati ráfordítás, mintegy 50 Mrd Ft értékben.¹⁸ A MAGYOSZ becslése szerint 2001-ben a hat vezető magyarországi gyógyszergyártó K+F ráfordítása 21 Mrd Ft-ot tett ki. Ez több mint az összes vállalati ráfordítás 40%-a. A hazai gyógyszeripari vállalatok – a hazai iparban működő más cégekkel összehasonlítva – tehát lényegesen többet fordítanak kutatásra és fejlesztésre.

A K+F ráfordítások megtérülése

A 3. táblázat a világon 2001-ben a legnagyobb forgalmat produkáló gyógyszereket foglalja össze. A fejlesztéssel kapcsolatos, korábban taglalt költségek és a forgalmi adatok összevetéséből kitűnik, hogy a legsikeresebb gyógyszerek – az általuk elérhető extraprofit miatt – akár egy-két év alatt megtermelik a kifejlesztésükhöz felhasznált összegeket, és a továbbiakban óriási nyereségeket hoznak. Természetesen ez nagyon ritkán fordul elő.

Ma számos multinacionális cég csak minimum évi 500 millió USD várható forgalmú gyógyszerrel lép a piacra. Ez a tény nagy problémát jelent a ritka betegségek gyógyszereinél. Az „árva-gyógyszerek” (orphan drugs) a gyógyszeripar külön kategóriáját képezik, ahol a hatóságok különböző kedvezményekkel próbálják a vállalatokat ilyen fejlesztésekre csábítani.

3. táblázat

A 2001. évben a világon legnagyobb forgalmat lebonyolító gyógyszerek

| Sorrend | Termék neve | | Cég | Forgalom (Mrd USD) | Felhasználás |
|---------|-------------|---------------|-----------------|--------------------|----------------------------|
| | márka | szabad | | | |
| 1. | Zocor | Simvastatin | Merck | 6,6 | koleszterinszint-csökkentő |
| 2. | Lipitor | Atorvastatin | Pfizer | 6,45 | koleszterinszint-csökkentő |
| 3. | Prilosec | Omeprazole | AstraZeneca | 5,68 | fekély gátló |
| 4. | Norvasc | Amlodipine | Pfizer | 3,58 | vérnyomáscsökkentő |
| 5. | Procrit | Epoetin alpha | Johnson&Johnson | 3,43 | anémia terápia |
| 6. | Claritin | Loratadine | Schering-Plough | 3,15 | antihisztamin |
| 7. | Celebrex | Celecoxib | Pharmacia | 3,1 | COX-2 gyulladásgátló |
| 8. | Zyprexa | Olanzapine | Lilly | 3,09 | antipszichotikum |
| 9. | Prevacid | Lansoprazole | TAP | 2,95 | fekélygátló |
| 10. | Paxil | Paroxetine | Pfizer | 2,68 | antidepresszáns |

A hazai gyógyszeripari kutatás és fejlesztés fő problémái

A gyógyszer K+F multinacionális dominanciája

A K+F költségek meredek emelkedése miatt az igazi innovatív termékek kifejlesztése egyre inkább a multinacionális cégek kiváltságává válik. Természetesen fontos felfedezések más helyen is születhetnek, de egy gyógyszer „megcsinálására” és a világpiacra való bevezetésére ma már gyakorlatilag csak a multinacionális cégek képesek. Ez más iparágakban is így van, és nincs jel arra, hogy ez a tendencia meg fog változni.

A generikus termékek bevezetésének jogi eszközökkel való lassítása

A multinacionális vállalatok gazdasági súlya olyan nagy, hogy rendkívül nagy befolyást tudnak gyakorolni a legfejlettebb államok törvénykezésére is. Ennek eredményeképpen az utóbbi két-három évtizedben rendre olyan szabályozások lépnek életbe, amik a szellemi jogok védelmének térben és időben való kiterjesztésére hatnak.

A hazai tudásbázis nem megfelelő kihasználása

A magyar felsőoktatásban és nemzetközi viszonylatban is a nagy súlyú akadémiai kutatóhálózatban sok kiváló szakember dolgozik. A magyar gyógyszeripar – a korábbi évtizedekhez képest – lényegesen kisebb mértékben vonja be ezeket a kutatókat és intézményeket a gyógyszeripari K+F munkába. A hazai gyógyszeripari K+F centrumok szerződéses kapcsolataiban a klinikai vizsgálatok dominálnak. A jelenség valószínű oka, hogy a vállalatoknál létrejött saját K+F egységek maguk használják fel a korlátozott erőforrásokat. Az említett, nem vállalati szférák kiváló kutatóinak „kihasználása” növelné az eredményességet. A folyamat elősegítése történhetne például a K+F adókedvezmények kiterjesztésével a megbízásos (vásárolt) K+F munkákra (egy kutatómunkát ott kell elvégezni, ahol arra a legjobbak a feltételek!), vagy ösztöndíjakkal támogathatnák a kiemelkedő tudású, nem vállalati kutatók egy-két éves munkáját gyáraknál.

A hazai kis- és középvállalatok csekély innováció-érzékenysége

A rendelkezésre álló adatok egybehangzóan mutatják, hogy a magyar vállalatok, és különösen a kis- és középvállalatok alig érzékenyek az innovációra.

Ez különösen aggasztó lehet, ha az EU-csatlakozás kapcsán élesedő piaci versenyre gondolunk.

Ilyen szempontból sajnálatos, hogy a rendszerváltás után a magyarországi ipari kutatóintézeti hálózat rendkívüli módon összezsugorodott. Addig, amíg a fejlett országokban a szerződéses kutatólaboratóriumok (Contract Research Organisation, CRO) munkája egyre terebélyesedik, nálunk egy kis- vagy középállalat innovációs feladataihoz kevés segítséget kaphat.

Felhasznált irodalom

- A Survey of the Pharmaceutical Industry. *The Economist*, February 21, 1998.
- A Richter Gedeon Rt. 100 éves története. Budapest, Medicina Könyvkiadó Rt., 2001. 155. és 267. old.
- Az EGIS Gyógyszergyár Rt. gyorsjelentése a Budapesti Értéktőzsde számára (2001. október 1. – 2002. szeptember 30.)
http://www.egis.hu/penzuzgi_befektetoi_info/utolso_gyorsjelentes/index.html.
- Az úgynevezett törzskönyvi adat kizárólagossága (lásd „A magyar gyógyszeripar helyzetének áttekintése” c. fejezetet).
- Chinoin 2002: Sanofi-Synthelabo Because Health Matters. The Role of Chinoin in Sanofi-Synthelabo Research.
- EU, 2002. Az EU helyzete az elektronikus törzskönyvezésben (<http://esubmission.eudra.org>).
- Hatchman Wax Amendment. Az USA szövetségi gyógyszer törvényének 1984-es kiegészítése (hivatalos nevén: Drug Price Competition and Patent Restoration Act).
- ICH Main (<http://www.ich.org>).
- Nature, 2002 No. 453 p. 418
- NLM Gateway, 2002 (<http://gateway.nlm.nih.gov>).
- Pharmaexec, 2002
(<http://pharmaexec.com/pharmaexec/data/articlelong/pharmaexec/182002/1796/article.pdf>).
- Richter honlap (<http://www.richter.hu/Magyar/termekeink>).
- Siegler A.: A magyar K+F politika az Európai Kutatási Térség megvalósításáért (http://www.tetaplap.hu/docs/November_5_eloadasok/Siegler.pdf).
- The Economist Technology Quartelry. December 14, 2002.
- The CDER Handbook, 2002 (<http://www.fda.gov/cder/handbook.htm>).
- Venetianer P.: Megismerhetők és megváltoztathatók-e génjeink. Mindentudás Egyeteme 2002
(<http://origo.hu/mindentudasegyeteme/venetianer/index.html>).
1998. évi XXV. törvény és 1999. évi LIII. törvény 32-40 §.
1995. évi XXXIII. törvény a szabadalmi oltalomról (<http://www.hpo.hu/ipjvtv/9533.html>).

Jegyzetek

- 1 Venetianer P., 2002.
- 2 The Economist, 1998.
- 3 The Economist, 2002.
- 4 The CDER Handbook, 2002.

- 5 ICH Main.
- 6 1998. évi XXV. törvény és 1999. évi LIII. törvény 32–40 §.
- 7 EU, 2002.
- 8 1995. évi XXXIII. törvény a szabadalmi oltalomról.
- 9 Hatchman Wax amendment.
- 10 Például az úgynevezett törzskönyvi adat kizárólagossága.
- 11 Magyarországon eddig nem publikált adat.
- 12 NLM Gateway, 2002.
- 13 Richter, 2001.
- 14 Richter, 2001
- 15 www.richter.hu
- 16 Pharmaexec, 2002.
- 17 Nature, 2002.
- 18 Siegler A., 2002.

2) szakrész: statisztika, deskriptív statisztika

A számítógépes gyógyszertervezési módszerek száma már közel a tízezeres számhoz. Személyes ismeretek nélkül nehéz lehet megérteni. Ezek részleteit tárgyalásuk során bevetek, így az nyilván nem vállalkozhatunk olyan nagy volumenű áttekintés megalkotására, ami a módszerek teljes körű tárgyalását jelentené. Ekkor azonban el kellene mondani, hogy manapság a kémiai tudásnak egy része is számítógépes forrásban van, vagyis. Gondoljunk például a molekulák ábrázolására vagy tervezésükre gyors meghatározásra és szűkítésre. A számítógépes molekulatervezés köztudottan hatalmas terület a kémia területén.

Számítógéppel támogatott gyógyszertervezés

Bevezetés

A számítógéppel támogatott gyógyszertervezés (*Computer Aided Drug Design, CADD*) negyven év látványosnak tűnő sikerei után fejlődésének új szakaszába lépett. A kvantitatív szerkezet–hatás összefüggéseken alapuló, racionális gyógyszertervezést már a számítógépek megjelenése előtt alkalmazták, de csak a megfelelő teljesítményű eszközök megjelenésével tudott a CADD elterjedni a gyógyszeriparban. A módszert igazoló első jelentős pénzügyi sikert a TAGAMET[®] márkanéven forgalmazott gyomorfekélygyógyszer, a H-2 receptor antagonistá cimetidin hozta. Ennek a receptre felírt gyógyszerek forgalmában néhány évig világszerte termék gyógyszer-molekulájának a megtalálásához elsősorban számítógépes eljárásokat használtak. Ezzel a CADD módszer „Proof of Concept”-je a gyógyszeriparban bizonyítást nyert. A TAGAMET[®] után került piacra az enzim aktív helyének ismeretére alapozott, számítógépes tervezéssel kifejlesztett, vérnyomás-csökkentő hatású ACE inhibitor captopril, amely hosszú ideig az első tíz hely valamelyikét foglalta el az 1980-as és 1990-es évek eladási listáin. Ezen évek pénzügyi sikert hozó, számítógéppel tervezett gyógyszerei között említésre méltó a NOROXIN[®] antibiotikum, vagy pedig a magas vérnyomás kezelésére szolgáló TEVETEN[®]. A 2001. év gyógyszereladási 200-as toplistáján szereplő, alapjaiban számítógéppel tervezett gyógyszer-molekulák adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Új eszközök; statisztika, dokkoláselemzés

A számítógépes gyógyszertervezési módszerek száma már közelít a tízezres számhoz, összefoglaló ismertetésük is köteteket tölt meg.¹ Ezek részletes tárgyalására jelen keretek között nyilván nem vállalkozhatunk, csupán nagy vonalakban kísérlünk meg áttekintést adni a módszerek teljesítőképeségéről.

Előjáróban érdemes megjegyezni, hogy manapság a kémiai tudásunk egy része is számítógépes formában jelenik meg. Gondoljunk például a molekulák ábrázolására vagy térszerkezetük gyors meghatározására és szemléltetésére. A számítógépes molekulatervezés közel hasonló hatással van a kémiára, mint

**A 200-as árbevételi toplistán szereplő,
számítógéppel tervezett gyógyszermolekulák adatai**

| Márkanév | 2001-es forgalom (M USD) | Terápiás terület | Helyezés a 200-as listán | Irodalom |
|-----------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|---------------|
| COZAAR® | 1 905 | Magas vérnyomás | 19. | Duncia, 1992 |
| VIRACEPT® | 632 | AIDS | 86. | Kaldor, 1997 |
| ARICEPT® | 585 | Alzheimer kór | 101. | Kawakai, 1996 |
| TRUSOPT® | 425 | Glaukóma | 140. | Greer, 1994 |
| CRIXIVAN® | 410 | AIDS | 146. | Dorsay, 1994 |
| ZOMIG® | 277 | Migrén | 192. | Glen, 1995 |

az űrtechnika az ipari technikára. A CADD-ban bevált eszközök és modellezési módszerek lassan de biztosan megjelennek a kémia oktatásában és a szintetikus laboratóriumokban elhelyezett számítógépeken is, mint ahogy az űrtechnika számos korábbi újdonsága ma már a háztartásokban is megtalálható. Az is figyelemre méltó, hogy keresve sem találhatnánk nagyobb mértékben interdiszciplináris területet, mint a számítógépes gyógyszertervezés. Az adott feladatra vonatkozó speciális ismereteken felül általában szükség van a kémia, a molekuláris biológia, a matematika és a statisztika, valamint – nem utolsósorban – a számítástechnika tudományának használatára is a tervezési feladat megoldásánál.

A víz/oktanol megoszlási hányadosból Hansch által származtatott π paraméter bevezetése kvantitatív szerkezet-hatás összefüggések (*Quantitative Structure Activity Relationship, QSAR*) megállapítását tette lehetővé a biológiában. A molekula részeiből additív módon származtatható π paramétert a moláris refrakcióval, valamint az ugyancsak additív elektronos és sztérikus paraméterekkel kombinálva számos in-vitro biológiai aktivitás kvantitatív modelljét lehetett felállítani. Noha ezek a klasszikus QSAR-modellek kísérleti alapokon meghatározott paramétereket használtak és elsősorban az adott kémiai, biológiai folyamat leírására, analizálására és nem pedig predikcióra szolgáltak, elindították a tervezésre is használható szerkezet-hatás összefüggések kidolgozását. Randić, Kier és Hall munkásságát követően pedig megjelentek a molekulászerkezetből mérés nélkül számolható paraméterek, amelyek alkalmasnak bizonyultak a számítógépes statisztikai elemzés és tervezés céljaira. A CADD statisztikai módszerei nem próbálják meg fizikai vagy biokémiai alapelvekből értelmezni a gyógyszer és az élő szervezet kölcsönhatását. Ehelyett a gyógyszermolekulához a kémiai szerkezetből számított adatokat rendelnek. Ezek az adatok a deskriptorok, amelyekhez hozzáveszik a mért biológiai adatokat, majd különféle matematikai eljárásokkal igazolható statisztikai összefüggéseket állítanak fel a deskriptorok és a biológiai adatok

között. A módszer fő nehézsége az, hogy a mért biológiai adatok általában csak közelítő értékűek, vagy a biológiai hatás természetéből eredően nagy szóródást mutatnak. Az adatok hibájánál vagy a természetes szóródásánál pontosabban becsülő modellt természetesen nem lehet felállítani. Ha viszont a modell becsléseinek pontossága megközelíti a kiindulási adatok szórását, akkor megvalósítható nagyszámú tervezett molekula statisztikailag helytálló számítógépes szűrése. A véletlenszerűen vizsgált molekulák esetéhez képest még egy viszonylagos statisztikai előrejelzés is többszörözheti az aktív vagy kívánt tulajdonságú molekulák arányát a biológiai tesztelés során, ha a tesztelésre elsősorban a statisztika által aktívnak, jónak javasolt molekulákat használjuk fel. A statisztikai alapokon nyugvó QSAR-módszereknek, a többi CADD-módszertől eltérően, valós esélyük van arra, hogy az elkövetkező 5-10 évben is lépést tartsanak a gyógyszeripari kutatási adatok számának robbanásszerű növekedésével.

A gyógyszermolekuláknak a fehérjemolekulákhoz való specifikus kötődését leíró kulcs-zár elméletből kiindulva több megközelítés is született a hasonló hatású vegyületek térszerkezetének statisztikai elemzésére, amelynek célja az ismeretlen receptor vagy aktív hely térbeli modelljének a felállítása volt. A nehézség itt abban rejlik, hogy több különböző receptor, illetve egy receptoron több különböző kötőhely, illetve egy kötőhelyen többféle illeszkedés is eredményezhet hasonló hatást. Ráadásul a vizsgált molekulák konformációs változatossága is igen nagy lehet és ez a változatosság hatványozottan jelentkezik a molekula-átfedések számítógépes elemzésénél. Mindezek nagyon lelassítják a becslésre, illeszkedésre is használható 3-dimenziós (3D) receptormodellek elkészítését.

A molekulák axiómákra alapozott modellezésére jól kidolgozott elméletek állnak rendelkezésre, ilyen például a kvantumkémia vagy pedig a fenomenológiai elvekre épülő molekulamechanika. A kvantumkémia alapját képező Schrödinger-egyenletet csak közelítőleg tudjuk megoldani a héliumatomnál bonyolultabb rendszerekre, de a kb. egy ezrelékes elvi pontosság numerikus eljárásokkal megközelíthető. A számítási igény azonban rohamosan növekszik az atomok számával, illetve az elérni kívánt pontossággal. A magyar gyógyszeripar számára jelenleg hozzáférhető számítógépes kapacitással jól modellezhető például egyetlen, a végtelen üres térben izolált gyógyszermolekula, de attól még messze vagyunk, hogy megbízhatóan leírjunk egy fehérjét, amint az élő sejtben komplexet képez ezzel a molekulával.

A molekulamodellek megjelenítését végzi a molekulagrafika, ami igen alaposan kidolgozott terület, mivel a CADD szoftvereinek ez a leginkább látványos része, mondhatni ez adja el a programot. A molekulagrafikai programok új generációjával általában lehetséges fehérjemolekulák és ligandummolekulák kölcsönhatásának a felhasználó által irányított interaktív vizsgálata. A molekulák kölcsönhatását a programok általában molekulamechanikával

számolják, és gyakran lehetőség van a ligandummolekula számítógéppel irányított automatikus dokkolására, a molekula receptorhoz való kötődésének szimulálására is a kötőhelyen. Minden molekula-kölcsönhatásokat számoló módszer eredménye csak annyira megbízható, mint a kölcsönhatás matematikai közelítésének pontossága. A dokkolás gyakran a merev peptid-szerkezethez közeledő, jobb esetben flexibilis molekula rendkívül elnagyolt közelítéssel számolt mozgásán, kölcsönhatásán alapszik. Éppen ezért a legtöbb dokkoló program eredményeinek hibája nem kisebb, mint a megalapozott statisztikai módszerek becsléseié. A dokkolási módszer csúcsteljesítménye az, amikor az aktív hely környezetének atomjait mind figyelembe vevő, a kölcsönhatást viszonylag pontos kvantumkémiail eljárással számoló molekuladinamikai számítást végeznek. A rendkívül időigényes eljárás során meghatározzák a ligandummolekula pillanatnyi helyzetének, mozgásának térbeli eloszlását az aktív hely környezetében. A módszer figyelembe veszi az atomok hőmozgását is és a kapott térbeli eloszlásfüggvényből az aktív hely-ligandum kölcsönhatás alapvető termodinamikai paraméterei kiszámolhatók. Az ilyen számítások szuperszámítógépeken vagy manapság UNIX-klasztereken is több hónapig tartanak és még ezeknek a hatalmas számítógép-rendszereknek a kapacitása is messze van attól, hogy a teljes peptidszerkezet dinamikáját is figyelembe lehessen venni. A kvantumkémiával kombinált molekuladinamikai számításokból kapott termodinamikai paraméterek azonban tartalmazzák az aktív hely-ligandum kölcsönhatás igen fontos, gyakran meghatározó entrópia-járulékát is. Ez a többi dokkoló vagy 3D receptormodellező CADD-eljárásról nem mondható el.

A racionális gyógyszertervezés jelenleg használt legfejlettebb módszere a következő. Először kikristályosítják a megcélzott fehérjét, majd röntgenspektroszkópiával meghatározzák a térszerkezetét. Ezután kikristályosítják egy már ismert gyógyszermolekulával alkotott komplexét is, ennek is meghatározzák a térszerkezetét, ebből megtudják a fehérje kötőhelyének helyzetét. Végül következhet a számítógépes tervezés: különféle molekulákat próbálnak illeszteni, dokkolni a kötőhelyhez. A dokkolást sokszor, a már említett módon, molekulamechanikára alapozott automatikus módszerek is segítik. Itt is vannak azonban gondok. Nem minden fehérjét tudunk kikristályosítani a természetes állapotában, a receptormolekulák nagy része, például a G-protein csatolt receptorok, ugyanis a sejthártyában úszik. Ráadásul egy fehérjének általában több, jellemzően négy-öt különböző kötőhelye is van, amelyekhez egészen más típusú molekulák kapcsolódhatnak. A röntgenkrisztallográfiával meghatározott szerkezet az egyensúlyi hőmozgástól eltekintve sztatikus, a természetes élő környezetében a sejtben viszont a fehérje dinamikusan mozog. A ligandum közeledésekor az aktív kötőhely nagymértékben átalakulhat, és erre egyre több és több példát találunk. Mégis ez az utóbbi módszer számos aktív HIV-proteáz inhibitor számítógépes tervezését tette lehetővé az utóbbi

években. Ezen ígéretes gyógyszerjelöltek közül 18 már a klinikai vizsgálatok fázisában van, és néhány éven belül a piacra kerülhet.

Nem csak a számítógép kicsi

Az 1. táblázatban a helyezési sorszámokat újra áttekintve látható, hogy ezek a már piacra került, számítógéppel tervezett gyógyszerek valójában nem értek el kimagasló piaci eredményt. Árbevételük az összes gyógyszerforgalom alig 2%-át teszi ki. Felmerül a kérdés, hogy a többi, sikeres gyógyszert milyen úton találták meg. Megállapítható, hogy gyakorlatilag véletlenül. A véletlen elsősorban persze a racionálisan gondolkodó gyógyszerkémikusokat segítette, de ebben a racionális megközelítésben a számítógépes modellezésnek nem sok szerep jutott. A CADD teljesítményének mérsékelt volta mindenképpen elmarad a túlzottan optimista várakozásoktól, és az elmaradás alapvető okai nem csupán a számítógépeink jelenleg talán még csekély teljesítményében, hanem az elsősorban leíró, utólag magyarázó jellegű kémiai és biológiai tudásunk nem kielégítő mélységében rejlik.

A járműipar, illetve a nukleáris ipar már rendkívül precíz és megbízható matematikai modellezési eljárásokkal rendelkezik. Ezek a modellezések a számítógépek áramköreiben létrejövő virtuális térben és időben lehetővé teszik komplett járművek, repülő szerkezetek és hajtómű-konstrukciók ezerféle változatának kipróbálását, vagy például nukleáris fegyverek szerkezetének optimalizálását, anélkül hogy drága és veszélyes kísérletek százait kellene elvégezni. Ezek a matematikai modellek a fizika és a kémia alaptörvényein nyugszanak és az atomi kölcsönhatásoktól kezdve a makroszkopikus jellemzőkön át viszonylag hűen figyelembe veszik az anyagok kémiai, fizikai tulajdonságait, a szerkezetek mechanikai viselkedését és a gázok és folyadékok áramlásának dinamikáját. A számítógéppel támogatott gyógyszertervezés még messze nem rendelkezik az előbb említettekhez hasonló pontos matematikai modellekkel, és nem sok jel mutat arra, hogy ilyen eszközöket az elkövetkező öt évben megvalósítanának. Ehhez pontosabb biológiai ismeretek és alapvetőbb törvények felismerései kellene majd. A tudomány például majdnem egy nagyságrendet tévedett csupán csak az emberi gének számának becslésénél. Ezek számát ugyanis 100 ezer és 250 ezer közé feltételezték, ugyanakkor a humán genom program csupán kb. 35 ezer gént talált. A közelítő fizikai alapelveken nyugvó ab-initio kvantumkémiai módszer vagy akár a molekula-mechanikát használó számítások pedig a jelenlegieknél ezerszer vagy akár milliószor nagyobb teljesítményű számítógépeket igényelnének akár csak egy kis sejtmembrán-részletnek, vagy egy receptor-fehérje és ligandummolekula-komplexnek a gyógyszerkutatásban használhatóan pontos dinamikai modellezéséhez.

Ha a hardver terén megvizsgáljuk a távlatokat, akkor például az USA kormányának ASCI- (*Accelerate Strategic Computing Initiative*) programja csak 2006-ra tervezi 100 Teraflopos számítógépek létrehozását. Ez a számítási teljesítmény a jelenlegi csúcrendszerek teljesítőképességének majd tízszeresét jelenti. Ez a jövőbeli fejlődési ráta megfelel Moor az utóbbi ötven évben fényesen beigazolódott törvényének. A Moor-féle törvény ekvivalens megfogalmazása szerint a számítógépek teljesítménye 10 évente kb. a százszorosára növekszik. Tehát ha bízunk a számítógépeink teljesítményének töretlen fejlődésében, akkor is 10-20 évet kell várnunk a biológiailag releváns makromolekulák vagy molekularendszerek fizikai alapelveken nyugvó reális modellezésének a megjelenésére. S ekkor valószínűleg még távol leszünk a sejtjeink és szerveink prediktív erejű matematikai modellezésétől. Ehhez valószínűleg új tudományoknak is meg kell jelenni, például a statisztikus fizika analógiájára, nagyszámú kölcsönható makromolekula térben elrendezett specifikus együttesének viselkedését leíró „statisztikus molekuláris biológiának”.

Gazdasági kényszer

A gyógyszergyártó vállalatoknak alapvető célja az, hogy növekvő és az ipar átlagánál nagyobb arányú osztalékot tudjanak fizetni a részvényeseknek, illetve extraprofitot termeljenek a tulajdonosoknak. Ez az egyébként triviális kijelentés akkor is igaz, ha figyelembe vesszük e vállalatok néha speciális, az állam által részben felülről irányított helyzetét. Az a vezető, aki nem a profit tartós növekedésének érdekében alokálja és mozgósítja a vállalati erőforrásokat, beleértve a kutatást és a fejlesztést is, nem marad sokáig az állásában. E törekvések eredményeként a gyógyszeriparnak az elmúlt öt évben a bevételek 10% fölötti növekedését sikerült megvalósítania, és messze magasabb profitrátát ért el, mint például a mezőgazdaság vagy az elektronikai ipar. Amikor a gyógyszeripari ágazat válságáról beszélnek, akkor ennek a dinamikus növekedésnek az egyre nehezebb fenntartásáról van elsősorban szó. A kezdetben fetiszizált hitech dot.com most már dot.gone, mivel az interneten szervezett gyógyszerkutatás nem vált be, és a cégegyesülések sem bizonyultak eléggé hatékony eszköznek a profit növelésére. Az összeolvadási folyamat lelassult, noha a nagyvállalatok fogyatkozó száma és növekvő agresszivitása is részben ez irányban hatott. A nagyvállalatok ezért célul tűzték ki a milliárdos forgalmú „blockbuster”-gyógyszerek piacra hozatalának politikáját. Ez jól követhető a milliárd dollárnál nagyobb forgalmú gyógyszerek számának az utóbbi hét évben történt növekedését szemlélve. Az adatok szerint az ilyen gyógyszerek száma ez idő alatt majdnem megháromszorozódott a következő módon:

1995: 17, 1996: 25, 1997: 27, 1998: 30, 1999: 35, 2000: 44, 2001: 48.

2001-ben a 2 milliárd dollárnál nagyobb forgalmú gyógyszerek száma már 17 volt, átlagosan 3 milliárd dollár bevétellel. 2005-ben a LIPITOR® márkajelű, jelenleg 7 milliárd dolláros és gyorsan bővülő forgalmú koleszterinszint-csökkentő gyógyszer bevétele minden bizonnyal meghaladja majd, a gyógyszeripar történetében először, az évi 10 milliárd dollárt. Ugyanebben az időszakban az évente piacra bevezetett kb. 50-60 új hatóanyag száma alig növekedett, vagyis a kiemelkedő pénzügyi eredményekben a marketingtevékenység is döntő szerepet játszott.

A növekvő profit irányába erőlködő gyógyszeripari tevékenységet azonban a marketingszlogenek mellett újabb és újabb nagyhatású hatóanyagokkal kell ellátni, és ehhez az alapot egyértelműen az originális gyógyszerkutatás adja. 2001-ben a világ gyógyszeripara 50 milliárd dollárt költött kutatásra és fejlesztésre. Ha a gyógyszeripar összes kutatási-fejlesztési költségét a piacra került új gyógyszerek kifejlesztéséhez szükséges ráfordításnak tekintjük, akkor ezek az egy hatóanyagra vetített költségek megháromszorozódtak az elmúlt évtizedben, és ma már a gyógyszeripar átlagában eléri a 880 millió dollárt. A hatalmas költségeknek a 75%-át a fejlesztés különböző fázisaiban elbukott többi molekulára fordított kiadás teszi ki. Nemcsak a molekulák, hanem a terápiás célok helyes megválasztása is komoly költségcsökkentő tényező lehet. Tíz közül egy tudományosan megalapozatlan, vagy ami még rosszabb, piacképtelen terápiás cél kiiktatása a kutatásból 100 millió dolláros nagyságrenddel csökkentheti az egy-egy gyógyszer kifejlesztésének átlagos költségét az adott cégen belül. A hatóanyag molekulájának szintetizálásától a termék törzskönyvezéséig átlagosan 15, de legalább 12 év telik el. Egy évente milliárdos forgalmú gyógyszer piacra hozatalában a késlekedés minden nap 2-3 millió dollár bevételkiesést jelent a gyógyszergyárnak. Ezért érthető, hogy nincs az a számítástechnikai hardver és szoftver, amit azonnal meg ne vásárolnának, ha azzal akár néhány héttel is csökkenteni lehet a gyógyszer piacra hozatalához szükséges időt. A szükséges számítástechnikai hardvert viszonylag olcsón meg lehet venni. Az igazi gond az, hogy jelenleg nincs olyan szoftver, amely tudná a humán biológia vagy akár csupán a biokémia vezérlő törvényeit, és ezeket az alaptörvényeket használó modellezést valósítana meg. Éppen ezért a cégek nem is költenek túl sokat a CADD szoftver eszközeire. Ez jól látszik a számok tükrében. A molekulamodellezési és szimulációs szoftverek évi piaca jelenleg 323 millió dollár. Ennek a költségnek az aránya az összes kutatási költségen belül kb. 0,7%. Ez az arány talán nem véletlenül emlékeztet a CADD-al tervezett hatóanyagok összforgalomhoz viszonyított alacsony arányára. Az is igaz viszont, hogy a CADD szoftverek forgalmának volumene évi 30%-kal növekszik, vagyis gyorsabban, mint a kutatási költségek egyébként is gyors növekedése. A legnagyobb 40 gyógyszeripari vállalatnak már a fele vásárolt egy vagy több molekulamodellező és szimulációs szoftvercsomagot. A 20 legnagyobb felfedezésorientált cégnél pedig ez az arány már 85%.

A CADD tehát az eredeti gyógyszeripari kutatás igen elterjedt, de nem csodatevő, és jelenleg még nem túl produktív eszközévé vált.

A voluntarizmus zsákutcája

Ha a molekulamodellezésbe, valószínűleg okkal, nem fektetnek sokat a gyógyszergyárak, akkor mi az a módszer, amelyre az új és hatékony gyógyszerek kifejlesztését alapozni kívánják? Megoldásnak tűnik jelenleg a nagy átbocsátó-képességű tesztelés (*High Throughput Screening, HTS*), amely a kutatási költségek lényegesen nagyobb szeletét használja fel, mint a CADD-módszerek alkalmazása. A jelenleg már elsősorban robotizált, párhuzamos szintéziseket használó kombinatorikus kémia (*Combinatorial Chemistry, CC*) által előállított vegyületek százezreinek, millióinak gyors robotizált biológiai vizsgálata az első találatokig divergens, majd a további vizsgálatokra kiválasztott, úgynevezett „lead”-molekula optimalizálása során a kisebb méretű, de az adott terápiás területre fókuszált vegyületkönyvtárak segítségével az utóbbi évtized rutineljárásává vált a felfedezés-orientált gyógyszeriparban.

Tíz év elteltével már meg lehet vonni a CC- és HTS-módszer kezdeti eredményességének a mérlegét. Az eredmény lesújtó. Az egyre nagyobb és nagyobb vegyületszámokkal való hazard pókerjáték úgy tűnik kezdetben kudarcot eredményezett.² Mint az élet sok területén, itt is bebizonyosodott, hogy egy bizonyos határon túl a több már nem biztos, hogy jobb, különösen akkor, ha hiányzik belőle az igazi innováció, a konstruktív emberi gondolkodás. A szisztematikus HTS-szűréseknél fennakadt találatokból kifejlesztve jelenleg 62 gyógyszerjelölt van klinikai vizsgálat alatt, de még egy sincs forgalomban, ehhez ugyanis még nem telt el elég idő. Mindenesetre 62 új molekula a klinikai vizsgálatokon önmagában nézve imponáló eredménynek tűnhet, de ha figyelembe vesszük azt, hogy jelenleg a világon kb. 1800 hatóanyag klinikai vizsgálatai folynak több mint 600 hatásterületen, akkor a szisztematikus HTS-módszerrel való gyógyszerfejlesztés hatékonysága nem tűnik lényegesen jobbnak, mint a CADD-módszereké. A nagy gyógyszeripari vállalatok néhány HTS-labort már bezártak, néhányat összevontak, de az egyértelmű, hogy a kutatási stratégiájukban a HTS-módszernek továbbra is alapvető szerepet szánnak. Mi lehet ennek az oka? Valószínűleg az, hogy a robotizált HTS-technikának jelenleg még nincs olyan alternatívája, amely megbirkózzhatna a gyógyszerterápiás területek számának várhatóan robbanásszerű növekedésével. A jelenleg piacon lévő gyógyszerek csupán kb. 500 terápiás területtel, céllal kapcsolatosak. Ez a szám a genomika fejlődésével néhány éven belül elérheti a 10 ezret is, miután egyre több és több emberi gén funkcióját tisztázzák. Ezidáig a humán genom program a 35 ezer emberi génből 10 ezer funkcióját ismerte fel vagy azonosította. Ezek között 560 G-protein csatolt receptort, 80-90 kation-

csatornát, 130 ioncsatornát, 60 hormonreceptort, 3000 transzkripciósfaktort, 580 proteinkinázt, 120 foszfatázt és több mint 200 proteázenzimet azonosított. Ezek mindegyike egy-egy lehetséges célpont a gyógyszeriparnak. Ilyen hatalmas mennyiségű biológiai célponthoz rendre megtalálni a pontos validált célmolekulákat a jelenleg ehhez még felületes biológiai tudásunk alapján, a HTS-módszerek nélkül alig elképzelhető.

A genomika, a proteomika és az újabb és újabb -omikák, valamint az egyre bőségesebben áradó HTS-eredmények az információs technológia (IT) egyre kiterjedtebb alkalmazását követelik meg a gyógyszeripartól. Az IT szoftvereire költött pénz már jelenleg is majd két és félszerese a CADD-eszközökre fordított javaknak, és dinamikusabban növekszik, mint az utóbbi. Tágabb értelemben az információs technológia is a gyógyszertervezés számítógépes támogatását jelenti. Az utóbbi időben a két szakterület összetartása is megfigyelhető. Az intelligens adatértelmezés és adatkeresés segít abban, hogy a rohamosan növekvő adathalmok ne váljanak túl hamar információs meddőhányókká. Ma már kaphatók olyan szoftverek, amelyek a szerkezet-hatás összefüggések automatikus felismerését és megjelenítését teszik lehetővé igen nagy kémiai szerkezet és biológiai hatás adathalmazokban keresgélve.

Jobb előre gondolkozni!

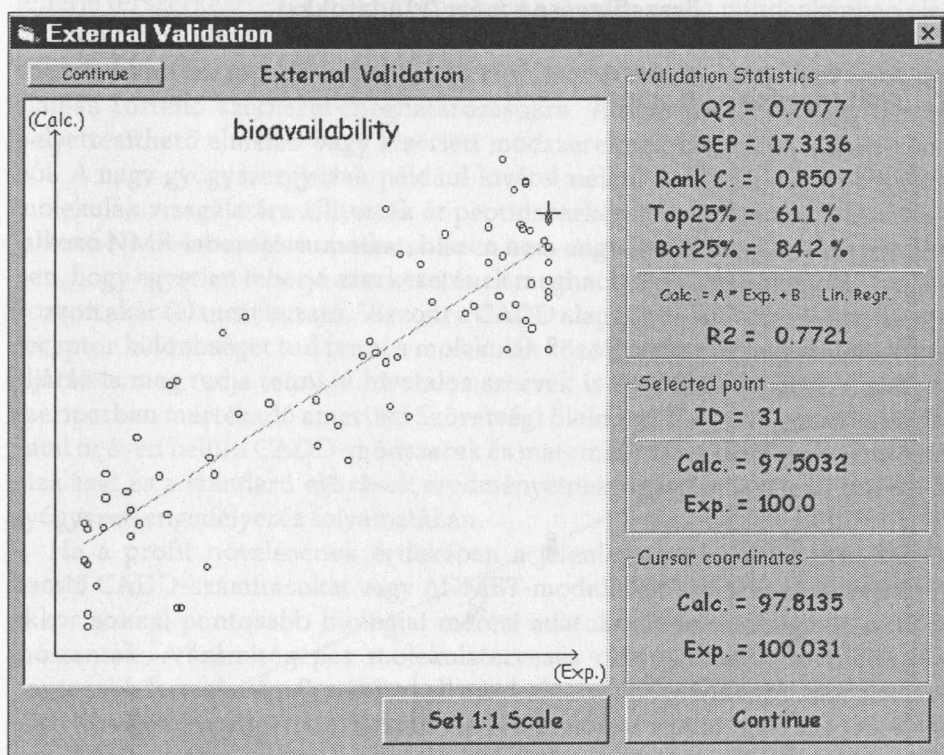
Az emberekben jelenleg vizsgált 1800 hatóanyag több mint kétharmada valószínűleg meg fog bukni a klinikai vizsgálatokon, a csillagos egekben tartva ezzel a gyógyszeripar kutatási költségeit. Túl sok a nem megfelelő hatóanyag- és gyógyszerjelölt. A farmakológusok előtt közismert, hogy a forgalomban lévő gyógyszerek nagy átlagban csak az emberek 60%-ánál mutatnak észrevehetően kedvező hatást. A többi 40%-nál jobb esetben nem tapasztalható hatás, de nem ritka a súlyos mellékhatások jelentkezése sem. Ez a rossz statisztika az egyik fontos oka annak, hogy a világon mindenütt rendkívüli módon megszaporodott az új gyógyszerek engedélyezésének eljárása. A nem kielégítő hatás, vagy egy káros és súlyos mellékhatás jelentkezése a klinikai vizsgálatok során azonban csak 20-30%-ban oka a gyógyszerjelölt elbukásának. Ennek oka legtöbbször a vegyületek nem megfelelő ADMET-profiljában rejlik. Az *Absorption, Dispersion, Metabolism, Excretion and Toxicity (ADMET)* a gyógyszerek, illetve a -jelöltek szervezetben való felszívódását, eloszlását, metabolizmusát, kiürülését és toxicitását jellemző adatok összessége. A gyógyszerjelölt vagy nem szívódik fel a szervezetben a kívánt mértékben, vagy ha felszívódik, akkor a szervezet gyorsan metabolizálja azt védekező, méregtelenítő enzimreakciói segítségével. Ha mindezeket sikeresen túléli a molekula, akkor esetleg nem tud eljutni a kívánt szervbe, vagy nem tud feldúsulni ott a kellő mértékben. Tegyük fel, hogy mindezen nehézségek után a gyógyszermo-

lekulák a kellő koncentrációban jelen vannak a terápiásan megcélzott helyen, és ott ki tudják fejteni kedvező hatásukat. Ezek után nem túl gyorsan, de nyomtalanul ki is kell ürülniük a szervezetből, és nem dúsulhatnak fel tartósan egyetlen szervben sem. Ráadásul az előbb leírt folyamat egyik fázisában sem mutathatnak toxikus hatást. Az kész pénzügyi csapás, ha a gyógyszerjelölt molekuláról a klinikai vizsgálatok során derül ki a nem megfelelő ADMET-tulajdonság. Ekkorra ugyanis már dollármilliók tucatjait fektették be a molekula kifejlesztésébe, amely befektetés egy pillanat alatt füstté vált. A gyógyszergyártó csak egy drágán megszerzett tapasztalattal lesz gazdagabb, miszerint nem szabadna rossz ADMET-profilú molekulát még csak szintetizálni sem, nemhogy klinikai vizsgálatra engedni. Mindezen keserű tapasztalatok vezettek a „fail early fail cheap” elv megfogalmazásához és a korai *in silico* vagy *in vitro* ADMET-szűrés fontosságának felismeréséhez. Ez az a pont, ahol a gyógyszeripari kutatás két szépreményű, de gyengén szereplő játékos, a CADD és a HTS kombinációjából megszülelhet a gyógyszerkutatás új ígéretes lehetősége, az ADMET-fókuszált HTS. A nem megfelelő ADMET-tulajdonságú molekulákat a lehető legkorábban fel kell ismerni, és nem érdemes semmiféle biológiai tesztelésnek alávetni. Ha az ADMET-előszűrésnek köszönhetően csupán feleannyi gyógyszermolekula bukik el a klinikai tesztelés fázisában rossz ADMET paramétereik miatt, akkor is 20-30%-kal, vagyis dollár százmilliókkal csökkenhetnek az új gyógyszerek kifejlesztésének a költségei.

Az alábbiakban egy ADMET-jellemző, a biológiai hasznosíthatóság példáján mutatjuk be egy statisztikus QSAR-módszer tulajdonságait és az ADMET-előszűrésben való alkalmazhatóságát (1. ábra).

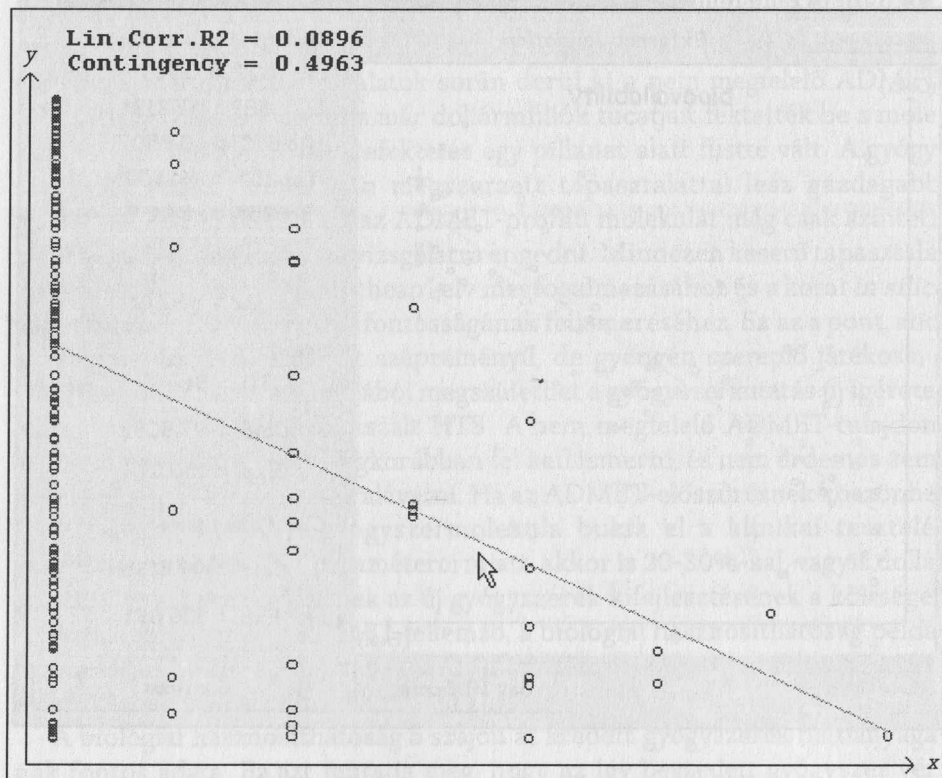
A biológiai hasznosíthatóság a szájon át szedett gyógyszerek hatóanyagának fontos adata. Ez azt mutatja meg, hogy az így beszedett gyógyszer vérszint-idő integrálja hány százaléka annak a vérszint-idő integrálnak, amelyet azonos mennyiségű hatóanyag intravénás befecskendezése után mérnek. Ha a biológiai hasznosíthatóság 20% alatt van, az már egyértelműen gyenge érték, és arra utal, hogy a gyógyszer nehezen szívódik fel a belekből, és/vagy gyorsan metabolizálódik a májban. A várhatóan alacsony biológiai hasznosíthatóságú vegyületek számításokkal történő előrejelzése fontos döntéstámogató eszköz lehet a molekulák közti válogatásnál. A számításokhoz 274 gyógyszermolekula embereken mért biológiai hasznosíthatóságának adatait használtuk.³ Az adatok átlagos bizonytalansága kb. 15% volt. A legtöbb mért értéket ugyanis jellemzően úgy adták meg, hogy például 40-60%. A biológiai hasznosíthatóságnak az értéktartományok közepét vettük. Az olyan adatoknál, mint például >90% vagy <5% a 100%-ot vagy a 0%-ot vettük az értéktartomány másik szélének. Minden molekulára több mint 1700 deskriptort számítottunk ki. A molekulák 3D szerkezetét molekulamechanikával határoztuk meg. Ezek után véletlenszerűen kiválasztottunk egy 200 molekulából álló munkahalmazt és a maradék 74 molekulán pedig a számított QSAR-modellt ellen-

A biológiai hasznosíthatóság QSAR-modelljének ellenőrzése



őriztük. A munkahalmazt tovább feleztük modellkészítésre és becslésre használt molekulákra. Ezt a felosztást több különböző véletlen módon, ez esetben 16-szor megismételtük. Ezt követően genetikus algoritmussal kiválogattuk az 1700 deskriptorból azt a néhányat, ez esetben 18-at, amelyekre egy mesterséges idegháló modellje a legjobb átlagos becslést adta a munkahalmaz felosztásaira. Végül az ellenőrzésre félretett 74 molekula adataival verifikáltuk ezt a modellt. A számításokat természetesen teljesen automatikusan, egy program segítségével végeztük el. Az ellenőrzés eredményét az 1. ábrán mutatjuk be, ahol az x tengelyen a kísérleti értékeket, az y tengelyen pedig az adott molekulákra számolt értékeket ábrázolta a program. Jól látható, hogy habár a becslések pontossága nem jobb, mint a modell készítésére használt adatok bizonytalansága, mégis a modell határozottan érzékeli és követi a mért biológiai hasznosíthatóság értékeit. Például a 25%-nál kisebb biológiai hasznosíthatóságú molekulák 84%-át jól ismerte fel a program. Érdekes lehet azt is megvizsgálni, hogy a modell legfontosabb deskriptora milyen összefüggésben van a kísérleti adatokkal. Ez a deskriptor azon szénatomoknak a száma,

A biológiai hasznosíthatóság QSAR-modellje egyik deszkriptorának (x) összefüggése a mért (y) adatokkal



amelyhez közvetlenül egy oxigénatom kapcsolódik és a szomszédos szénatomhoz pedig legalább két heteroatom, azaz nem szén- és nem hidrogénatomok. A 2. ábrán látható, hogy az ilyen, heteroatom kapcsolatokkal telezsúfolt szénatompárok számának növekedése a molekulákban a várható biológiai hasznosíthatóság maximumának egyértelmű csökkenését jelenti. Ilyen és ehhez hasonló összefüggések felismerése alapján számolja ki a mesterséges ideghálózat a biológiai hasznosíthatóságot az új molekulák esetében.

Perspektívák

A nehézségek ellenére a számítógépes molekulatervezés a csak reprodukálható eredményekre vevő és haszonorientált ipari környezetben is sikerre van ítélve. Számítógépes elemzés nélkül ma már a mérési adatok pusztá áttekinté-

se is lehetetlen a gyógyszerkémikusok és biológusok részére. Az emberi genom programból származó adatok szerint kb. 200 ezer különböző humán-fehérje térszerkezetének a megbízható számítására pedig mindenképpen elemi igény lesz, hiszen a kísérleti módszereink jelenlegi teljesítőképességének sokszorosára és mondjuk újabb 100 évre lenne szükség a tisztán mérések alapján történő szerkezet-meghatározásokra. A nem hatékony vagy olcsón helyettesíthető elméleti vagy kísérleti módszereknek távozniuk kell az iparból. A nagy gyógyszergyárak például kivétel nélkül bezárták, vagy pedig kis molekulák vizsgálatára állították át peptidszerkezet-meghatározásokkal foglalkozó NMR-laboratóriumaikat, hiszen nem engedhető meg ipari környezetben, hogy egyetlen fehérje szerkezetének meghatározásával hónapokig foglalkozzon akár fél tucat kutató. Viszont a CADD alap gondolatát, miszerint ha egy receptor különbséget tud tenni a molekulák között, akkor azt egy matematikai eljárás is meg tudja tenni, a hivatalos szervek is kezdik felismerni. A gyógyszeriparban mértékadó amerikai Szövetségi Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatal öt éven belül a CADD-módszerek és matematikai modellezések standardizálását és a standard eljárások eredményeinek figyelembevételét tervezi a gyógyszer-engedélyezés folyamatában.

Ha a profit növelésének érdekében a jelenlegieknél jóval pontosabban becsülő CADD-számításokat vagy ADMET-modelleket szeretnénk létrehozni, akkor sokkal pontosabb biológiai mérési adatokra lesz szükségünk, mint a mostaniak. A számítógépes molekulatervezés céljára inkább kevesebb, de pontosabb farmakológiai mérést kell majd végezni, releváns és jól reprodukálható kísérleti körülmények között. A HTS biológiai adatai most még messze nem felelnek meg ezeknek a követelményeknek. A gyógyszeripar azonban, éppen a humánbiológia alapfolyamatai matematikai modellezhetőségének hiánya miatt, alaposan elkötelezte magát a HTS-metodológiával, és egyre nagyobb és nagyobb szalmazlakban keresik a tűt. A HTS biológiai tesztjeinek száma évente már milliárdokra rúg. Azonban ilyen nagy számú vizsgálat esetén még a viszonylag bizonytalan eredményű QSAR statisztikai módszerei is segíthetnek a vegyüethalmazok praktikus méretűre szabásában, valamint abban, hogy a sok-sok vegyületcsalád közül elsősorban azokat válasszuk ki, amelyekben nagy valószínűséggel egy igazán hatékony és eredményesen fejleszthető gyógyszermolekula található.

Felhasznált irodalom

- Dorsay, B. D. et al.: *J. Med. Chem.*, 37: 3443–3451. 1994.
Duncia, J. V. et al.: *Med. Res. Rev.*, 12: 149–191. 1992.
Glen, R. C. et al.: *J. Med. Chem.*, 38: 3566–3580. 1995.
Greer, J. et al.: *J. Med. Chem.*, 37: 1035–1054. 1994.

- Goodman & Gilman's: *The Pharmacological Basis of Therapeutics*. 9th ed. New York, McGraw Hill, 1996.
- Kaldor, S. V. et al.: *J. Med. Chem.*, 40: 3979–3985. 1997.
- Kubinyi, H. (ed.): *3D QSAR in Drug Design*. Vol . 1. Leiden, ESCOM, 1993. 760. p.
- Kubinyi, H. – Folkers, G. – Martin, Y. C. (eds.): *3D QSAR in Drug Design*. Vol . 2. Dordrecht, Kluwer/ESCOM, 1998. 416 p.
- Kubinyi, H. – Folkers, G. – Martin, Y. C. (eds.): *3D QSAR in Drug Design*. Vol . 3. Dordrecht, Kluwer/ESCOM, 1999. 352. p.
- Kawakai, Y. et al.: *Bioorg. Med. Chem.*, 4: 1429–1446. 1996.
- Lahana, R.: *Drug Discovery Today*, 4: 447–448. 2000.

Az üzleti, ipari és technológiai adatok forrásai

- Am. Chem. Soc. publ.: *Modern Drug Discovery*, 2000 october–2002 march (<http://pubs.acs.org/mdd>).
- Brimblecome, R. (ed.): *Drug Discovery World*, 2001 spring–2002 summer (www.ddw-online.com).
- Karl Endel (ed.): *Pharmabusiness*, 2001 jan/feb–2002 may (www.pharmabusiness.com).
- Wilkie, T. (ed.): *Scientific Computing World*, 2000 october/november–2002 march/april (www.scientific-computing.com).

Jegyzetek

- 1 Kubinyi, H., 1993; Kubinyi, H. – Folkers, G. – Martin, Y. C., 1998; 1999.
- 2 Lahana, R., 2000.
- 3 Goodman & Gilman, 1996.

Összefoglalás

A vegyipar világszerte kiemelkedő szerepet játszik a gazdaság és a társadalom legkülönbözőbb igényeinek kielégítésében. Termékeit, az üzemanyagokat, a gyógyszereket, a növényvédő szereket, a műtrágyákat, a műanyagokat, a festékeket, a mosószereket, a kozmetikumokat – és a sort még hosszan folytathatnánk – ma már egyetlen társadalom se nélkülözheti. Túlzás nélkül állíthatjuk, hogy a modern életet a kémia és a vegyipar nagymérvű fejlődése tette lehetővé.

Nagyon valószínű, hogy a vegyipar a következő években, évtizedekben is megtartja eddigi gazdasági és társadalmi súlyát. A vegyipar ugyanis alapvető módon járul hozzá olyan, az életminőséget alapvetően érintő kérdések megoldásához, mint az energia- és nyersanyagforrások csökkenése, a természeti környezet túlzott terhelése, Földünk növekvő népességének élelmiszerral való ellátása, vagy az emberi átlagéletkor emelkedésével jelentkező egészségügyi feladatok.

A társadalom jóléte és a vegyipar fejlettsége szoros kölcsönhatásban vannak egymással. A kapcsolat pozitív visszacsatolású: a jólétet emelő gazdasági növekedés együtt jár a vegyipari termékek felhasználásnak bővülésével, ez pedig mind keresleti, mind kínálati oldalról kedvezően befolyásolja az iparág fejlődését.

Jelentős társadalmi és gazdasági hatásai ellenére a vegyipar társadalmi megítélése napjainkban legalábbis ellentmondásos. A társadalom tagjainak jelentős része nincs tisztában azzal, hogy a kémia és a vegyipar milyen jótékonyan járulnak hozzá mindennapi életünkhöz. Másrészt még ma is sokan vélik úgy, hogy a vegyipar a környezetet nagymértékben terhelő iparágak közé tartozik.

Kétségtelen, hogy a 20. század második felében széles körben kezdtek felhasználni olyan vegyipari termékeket, amelyekről csak később derült ki, hogy károsak az emberi egészségre és/vagy a természeti környezetre. Az 1950-es években nem lehetett előre tudni, hogy a hűtőberendezésekben az ammónia helyettesítésére bevezetett freonok bontják az ózonpajzsot, ezáltal csökkentik a Föld UV-sugárzással szembeni védelmét. A benzinadalékként kifejlesztett tetraetil-ólom mérgező hatása szintén utólag vált ismertté. Napjainkra a helyzet gyökeresen megváltozott: a vegyipari cégek ma különleges figyelmet fordítanak a működésükből, valamint a termékeik felhasználásából származó környezeti hatások minimalizálására. Számos esetben éppen a vegyipari cégek járnak élen környezetbarát technológiák kidolgozásában és bevezetésében.

Könyvünkben a hazai vegyiparral kapcsolatos három kiemelt témakörben (a vegyipar és a gazdaság kapcsolata, a vegyipar és a környezet kapcsolata, továbbá a vegyipari kutatás és fejlesztés) a jelenlegi hazai, és ahol ez szükséges és indokolt volt, a nemzetközi helyzet áttekintése alapján általános jellegzetességeket és trendeket vázoltunk fel. Reményeink szerint ezzel hozzájárultunk az iparágat érintő műszaki és gazdasági döntések jobb megalapozásához, továbbá a vegyiparról kialakult társadalmi kép javításához.

A magyar vegyipar és a gazdaság kapcsolata

Az 1990-es politikai és gazdasági rendszerváltást követően a magyar vegyipar termelése erősen visszaesett. A mélypontot az 1992-es esztendő jelentette. 1993–1996 között a vegyipar termelése stagnált, majd 1997-ben az ágazat elmozdult a holtpontról. Azóta emelkedő és csökkenő szakaszok váltják egymást, a magyar gazdaság és a világgazdaság helyzetétől függően.

A vegyipar privatizációja több lépésben zajlott, és 1998 végére gyakorlatilag befejeződött. Az állami tulajdon részaránya 2000-re 9%-ra csökkent. Számottevő állami tulajdon csak a kőolaj-feldolgozásban és a gyógyszeriparban maradt fenn. A külföldi tőke aránya a hazai vegyiparban 55%. További fontos jellegzetesség, hogy az iparágban működő vállalkozások közel 90%-át a 250 főnél kevesebb alkalmazottat foglalkoztató kis- és középvállalkozások alkotják.

A piacgazdaságra való áttérés, majd a piaci viszonyokhoz történő folyamatos alkalmazkodás eredményeként a vegyipar vállalati stratégiája és termékszerkezete, értékesítési lehetőségei és irányítási módszerei gyökeresen átalakultak. A különböző vegyipari cégek eltérő piaci stratégiákat, különféle szervezeti és tulajdonszerkezeti rendszereket alakítottak ki annak érdekében, hogy lépést tartsanak a piacaikon érvényesülő irányzatokkal.

Az 1990 óta eltelt időszakban élesen felszínre kerültek a magyar vegyipar gyengeségei. Ugyanakkor nyilvánvalóvá váltak vegyiparunk alapképességei, megbizonyosodott alkalmazkodóképessége és az, hogy jelentős tartalékokkal rendelkezik. Az ország csatlakozása az Európai Unióhoz, a magyar gazdaság fejlődése és a közép-európai régió prognosztizálható gazdasági növekedése mind-mind komoly húzóerőt jelentenek a magyar vegyipar számára.

A *kőolaj-feldolgozásban* világjelenőség, hogy a globalizálódás, az éles piaci verseny, valamint a környezetvédelmi előírások szigorodása miatt a jövedelmezőség fokozatosan csökken. Ezt a hatást a multinacionális cégek elsősorban nagyobb nyereséget hozó petrolkémiai termékek gyártásával, valamint vállalatok egyesítésével – ezáltal piacbővítésekkel kísért megtakarításokkal – ellensúlyozzák. Alapvetően hasonló stratégiát követ a MOL Rt., a kőolaj-finomítás egyetlen hazai szereplője is. Az utóbbi időben a MOL jelentős lépéseket tett annak érdekében, hogy kis nemzeti olajvállalatból széles finomítói, illetve

petrolkémiai profillal rendelkező, számottevő közép-európai energiavállalattá fejlődjön.

A MOL Rt. az elmúlt 10-12 évben számos új eljárást vezetett be kisebb környezeti terhelést okozó motorhajtóanyagok előállítására. Ezek közé sorolhatók a kén- és egyéb heterogén-atomok eltávolítására alkalmas eljárások, a termékek fémtartalmának és a motorbenzinek aromástartalmának csökkentése érdekében végzett fejlesztések, valamint az ún. destruktív technológiáknál végrehajtott technológiai korszerűsítések.

A hazai *műanyagipar* fejlődési üteme az utóbbi években folyamatosan és jelentősen meghaladta a nemzetgazdaság átlagos növekedését. A következő évekre tartósan évi 5% feletti növekedés prognosztizálható.

A hazai műanyagalapanyag-gyártás elsősorban nagy tömegben felhasznált polimereket (PE, PP, PVC, PS és PET) állít elő. Korszerű, regionális szinten jelentős gyártókapacitásokkal rendelkezik. A három fő hazai gyártó (TVK Rt., BorsodChem Rt. és Dunastyr Rt.) kialakította középtávú együttműködési stratégiáját. A következő években piaci forgalmuk jelentősen növekedhet, mind Magyarországon, mind a környező országokban.

A magyar műanyag-feldolgozás viszonylag korszerű műszaki színvonalú, és dinamikusan fejlődik. A hazánkban gyártott műanyag termékek 60%-át belföldön értékesítik; ezek a termékek a mennyiségi igények mintegy 50%-át elégítik ki, a hiányzó részt importáljuk. Figyelemre méltó, és további kihívást jelent, hogy az importált műanyag termékek értéke kétszerese az exportált termékekének. A hazai műanyag-feldolgozó cégek nagyobb hányada külföldi tulajdonban van, a hazai tulajdonú kis- és középvállalatok pedig elsősorban multinacionális cégek beszállítójaként működnek. Fejlődési lehetőségeik kedvezőek, de ezek kiaknázásához szükségük van állami támogatásra is.

A nemzetközi *gyógyszeriparban* középtávon az alábbi tendenciák figyelhetőek meg:

- globálisan az iparág eladásai évenként 5-15%-kal növekednek,
- folytatódik a vállalatok koncentrációja,
- a kutatási-fejlesztési költségek viszonylagosan és abszolút értékben is növekednek,
- növekszik a generikus gyógyszerek aránya, és egyre nagyobbak lesznek az eredeti és generikus gyógyszerek árai közötti különbségek.

A gyógyszeripar fejlődésének egyik legfontosabb mozgatórugója, hogy a világ országainak túlnyomó többségében nőnek az egészségügyi ráfordítások. Az összes egészségügyi költségen belül a gyógyszerköltségek aránya a fejlett országokban 20% alatt van. Magyarországon 2000-ben a köz- és magánfinanszírozású gyógyszerköltségek az egészségügyi költségek 24,3%-át tették ki. Az egyéb egészségügyi kiadások növekedése miatt 2003-tól ez az arány csökken.

A hazai gyógyszeripari vállalatokat az 1990-es évek első felében a következő négy, sokszzerű hatás érte: (a) az exportban konvertibilis elszámolásra tértek át, (b) az import teljesen liberalizálódott, (c) a cégek magánkézbe kerültek és (d) bevezetésre került a termékszabadság.

Mindemellett jelentősen változott a hazai jogi szabályozás is (1998. évi XXX. törvény a gyógyszerekről), és már az 1990-es évek végén jelentkeztek az EU-csatlakozás speciális iparági hatásai (szabadalmi rendszer változása, kötelező licenc, párhuzamos kereskedelem szabályozása stb.).

A teljes importliberalizáció a külföldi termékek térhódítását eredményezte. A hazai gyógyszeripar 1990-ben még a hazai gyógyszerpiac háromnegyedét tudhatta magáénak. Azóta piaci részesedése fokozatosan csökkent a jelenlegi, egyharmados értékig. Valószínű, hogy ez az arány tovább már nem változik, és a magyar gyógyszergyárak hazai piaci részesedése ezen a szinten stabilizálódik.

A külső és belső hatások eredményeként tehát a magyar gyógyszeripar tulajdonosi szerkezete, hazai és külföldi piaci pozíciója, a vállalatok irányítási rendszere, a kutatás-fejlesztés stratégiája és taktikája alapvetően megváltozott. A hazai gyógyszergyártó cégek működése egyre inkább közelít – már ahol és amennyiben ez lehetséges – a nagy multinacionális gyógyszercégek gyakorlatához.

A vegyipar és a környezet kapcsolata

A fejlett országokban a vegyipar által okozott környezeti problémák az 1960-as és 1970-es években kerültek a közvélemény érdeklődésének homlokterébe. Az állampolgárok és a különböző környezetvédő szervezetek ekkortól kezdték különösen élesen támadni a vegyipart a termeléséből származó levegő-, talaj- és vízszennyezések, egyes termékeinek egészség- és környezetkárosító hatásai, a vegyipari balesetektől származó, lőkészerű környezeti terhelések, valamint a korábban keletkezett hulladékok elhelyezéséből „öröklött” szennyezések miatt.

Hazánkban az 1980-es és 1990-es években vált szélesebb körben ismertté több, a vegyiparhoz kapcsolódó környezetszennyezés. Ezek közé sorolhatók az Egyesült Vegyiművek, a Chinoin, a Metallokimia budapesti telephelyein, illetve ezek környezetében jelentkező talajszennyezések, az ún. gáztisztítói massa gondatlan lerakásából származó, Budapesten, illetve Üröm térségében okozott talaj- és vízszennyezések, a Balatonfűzfőn (NIKE) és Kazincbarcikán (BVK) a környezetbe kikerülő higany okozta talajszennyezések, vagy a Budapesti Vegyiművek garéi hulladéktárolóján elhelyezett, klórozott szénhidrogének által okozott talaj- és vízszennyezés.

Az 1995-ben indított Országos Környezeti Kármentesítési Program többek között a környezeti károk felszámolását is célul tűzte ki. Az OKKP keretében számos projektet indítottak az elmúlt években. A Garén található mintegy 12 ezer tonna, klórozott szénhidrogén-tartalmú vegyipari hulladékot teljes egészében elszállították, és környezetbarát módon megsemmisítették. További feladat a lerakó alatti talajréteg megtisztítása a leszivárgott klórozott szénhidrogénektől. Megkezdődött, illetve részben már befejeződött a gáztisztítói masszák lerakásából származó környezetterhelések felszámolása.

A szerkezetváltás éveiben számos hazai vegyipari technológiát állítottak le, gazdasági és környezeti tarthatatlanságuk miatt. A továbbműködő technológiáknál, más iparágakhoz hasonlóan, elsősorban ún. „csövégi” megoldásokat alkalmaznak a problémák kezelésére. E megoldások lényege, hogy – a környezetterhelő létesítmény kimenő vezetékeinek végére csatlakozva – a szennyezést leválasztják, és átalakítják a környezet számára elfogadható anyagokká.

Ugyanakkor ezek a megoldások sok esetben csak a szennyezés egyik közegből a másikba való átvitelét jelentik, legtöbbször jelentős beruházási és működési költségek árán. Emiatt a vegyiparban is egyre elterjedtebbé válik a „szennyezésmegelőzés” és a „tisztább termelés” elve és gyakorlata. Elmondhatjuk, hogy a hazai vegyipari cégek élenjárnak az ilyen típusú műszaki fejlesztésekben.

Az elmúlt tíz évben a magyar vegyipari vállalatok több tízmilliárd forintot fordítottak környezetterhelést csökkentő technológiai fejlesztésekre. Ennek az összegnek nagy részét a működő technológiai folyamatok káros kibocsátásainak megszüntetésére költötték. Jelentős összegeket használtak fel új, környezetbarát technológiai megoldások bevezetésére, valamint a korábbi időszakból visszamaradt környezetszennyezések felszámolására.

A vegyipar környezeti hatásainak mérsékléséhez még számos további feladatot kell elvégezni. A hulladékképződést a lehető legkisebbre kell csökkenteni, növelni kell az újrahasznosított hulladékok részarányát, fel kell számolni a korábbi, nem megfelelő hulladéklerakásokból származó veszélyforrásokat, részletes cselekvési tervet kell kidolgozni a „szennyező fizet” elv alapján, ösztönözni kell a hulladékgazdálkodással kapcsolatos kutatást és fejlesztést, és támogatni kell újszerű, anyag- és energiatakarékos, környezetbarát technológiák kidolgozását és bevezetését. Utóbbi vonatkozásban az ún. zöld kémia elveinek a vegyipari gyakorlatba történő átvitele, a környezetközpontú folyamatintegráció és folyamatfejlesztés, vagy a természeti környezetet és az ipari termelést egyazon rendszer elemeinek tekintő ipari ökológia megoldásainak széles körű elterjesztése vezethet eredményre.

A vegyipari technológiák egy része, más iparágakhoz hasonlóan, biztonsági kockázatot jelent az iparágban dolgozókra, a létesítmények közelében élőkre, valamint a környezetre egyaránt. Lényegüket tekintve ezek a veszélyek

nem különböznek a más iparágakban megjelenő veszélyektől, ugyanúgy elemezhetők és kezelhetők, mint azok.

A vegyipari folyamatok és létesítmények tervezésénél és működtetésénél különösen nagy hangsúlyt kapnak egyes biztonságtechnikai kérdések. Alapvetően három állapotot célszerű megkülönböztetni: (a) normál üzemi körülmények, amikor a vegyipari technológia rendeltetésének megfelelően működik, (b) normál üzemi körülményektől eltérő, ellenőrzött állapot (indítás, leállítás, szakaszos üzemű gyártómű újratöltése, karbantartás, javítás) és (c) rendkívüli körülmények, mikor a folyamat feletti ellenőrzés rövidebb-hosszabb időre megszűnik. Az első kategóriába tartozó események értelemszerűen minimális kockázattal járnak. Az érvényben levő munkavédelmi és környezetvédelmi törvények igen szigorú határértékeket írnak elő annak érdekében, hogy a dolgozókat és a környezetet ne érje indokolatlan terhelés. A második kategóriát illetően: a vegyiparban a karbantartással, javítással, töltéssel-ürítéssel járó beavatkozások, az anyagok és technológiák jellege miatt, esetenként veszélyesebbek lehetnek. Ezek a járulékos veszélyek azonban jól kezelhetők automatizálással, távvezérléssel, védőeszközök és mentesítési eljárások segítségével. A legnagyobb környezeti veszélyt kétségtől a rendkívüli körülmények, a váratlan meghibásodások, az üzemi balesetek és a vegyipari katasztrófák (haváriák) jelentik.

Tanulmányunkban részletesen tárgyaljuk a vegyipari technológiák biztonságtechnikai vonatkozásait. Áttekintjük a fontosabb egészségügyi kérdéseket, a katasztrófák kezelési módjait és a vonatkozó jogi szabályozás egyes elemeinek szakmai tartalmát.

A technológiai fejlesztés mellett a hazai vegyipari cégek más, nem műszaki jellegű megoldásokat is használnak a környezeti kihívások kezelésére. Ilyen eszköz lehet a vállalatirányítási rendszerek korszerűsítése, vagy a szakmai és a szélesebb közvélemény tájékoztatásának újszerű módszerei.

Kutatási-fejlesztési kérdések

A korszerű vegyipar az intenzív fejlesztést igénylő gazdasági ágazatok közé tartozik. A vállalatok közötti verseny, a felhasználók egyre növekvő minőségi igényei, a termékek és technológiák gazdaságosságával szembeni követelmények, továbbá a környezetvédelmi megfontolások egyaránt folyamatos műszaki fejlesztésre ösztönzik a vegyipari cégeket.

A kutatás-fejlesztésre alapozott innováció alapvető célja a vállalat piaci helyzetének javítása. A lehetséges mozgásteret és a szükséges lépéseket alapvetően a cég gazdasági ereje, valamint a külső feltételek alakulása határozza meg. Az innovációs célok a meglévő technológiai és üzleti potenciál kismértékű javításától az alapvetően új technológiák kifejlesztéséig, ezáltal a cég piaci

helyzetének ugrásszerű javításáig terjednek. Nyilvánvalóan részben rövidebb távú, taktikai, részben stratégiai szempontoktól függ, hogy adott helyzetben egy-egy vállalat melyik utat választja.

A kőolajtermékek minőségének folyamatos fejlesztését elsősorban két tényező, a járművek és a tüzelőberendezések korszerűsödése, ezáltal az energia-hordozókkal szembeni igények növekedése, valamint a környezetvédelmi előírások szigorodása motiválja. A minőségjavítás a kőolajtársaságok számára nem csupán kényszer, hanem gyakran a piaci verseny eszköze is. A fentiekből következően a *kőolaj-finomítással* kapcsolatos hazai kutatási-fejlesztési tevékenység kiemelt területei közé tartozik a finomítói hidrogénező kapacitások bővítése, a maradék-feldolgozások hatékonyságának növelése, az üvegházhatású gázok mennyiségének csökkentése, a technológiák fajlagos anyag- és energiafelhasználásának csökkentése, a finomítói és petrokémiai technológiák integrációjának bővítése, továbbá új, alternatív üzemanyagok gyártási technológiáinak kidolgozása.

A hazai *műanyagipari* kutatás-fejlesztés helyzete lényegesen rosszabb az ipar helyzeténél. Ez hosszabb távon kedvezőtlenül befolyásolja a műanyagipar fejlődését is. A jelenlegi állapot részben objektív, részben szubjektív okokra vezethető vissza. Az elmúlt években az ipar szerkezete nagymértékben átalakult, egész sor, a fejlesztésben élenjáró vállalat megszűnt, tulajdonost, profilt vagy szemléletet váltott. A multinacionális cégek jelenléte és mozgása szintén jelentősen befolyásolja a műanyag-feldolgozó ipar és kutatás-fejlesztés helyzetét.

Közismert, hogy alapkutatás nélkül nem létezik alkalmazott kutatás és innováció. A műanyagokkal kapcsolatos hazai alapkutatások a polimerizációs eljárásokra, a makromolekulák viselkedésére és egyes szerkezet-tulajdonság összefüggések megállapítására irányulnak. Gyakorlatilag mindegyik területet erősen befolyásolják az ipar igényei és fejlődési tendenciái. Az alkalmazott kutatások egyik fő mozgatója a termelékenység növelése, amit nagyon gyakran a berendezések fejlesztésével érnek el. Az alkalmazási területek által támasztott igények kielégítéséhez, valamint a berendezések korszerűsítéséhez ugyanakkor az anyagi rendszereket is tökéletesíteni kell; ez utóbbi tevékenység azonban többnyire csak követi a berendezések fejlesztései által megszabott követelményeket és irányokat.

Az elmúlt évek gazdasági történései egyértelműen arra utalnak, hogy amennyiben a műanyag-feldolgozó ipar nem rendelkezik saját termékekkel, esetleg eljárásokkal, nem tud egyedülálló műszaki megoldásokat, nagyobb hozzáadott értéket és termelékenységet felmutatni, piaci pozíciói nagyon meggyengülhetnek.

A *gyógyszeripari* innovációnak több sajátos vonása van. A gyógyszeripar az erős hatósági kontroll alatt dolgozó iparágak közé tartozik. Az új termékek bevezetésének szigorú szabályai vannak. Részben ezzel összefüggésben, az

innovációs folyamat nagyon hosszú, az ötlettől a termék piaci megjelenéséig a legtöbb esetben 10-12 év is eltelik. A gyógyszeriparban mindezek miatt nagyon magasak a fejlesztési költségek: egy új gyógyszer világméretű bevezetésének kutatási-fejlesztési ráfordításai elérhetik a 300–800 millió USD-t is. Nem véletlen, hogy a vegyipari cégek közül a gyógyszergyárak fordítják árbevételük legnagyobb hányadát (11–20%-át) kutatásra és fejlesztésre.

A gyógyszeripari kutatás-fejlesztés jellege alapvetően függ attól, hogy a termékfejlesztés célja egy új hatóanyag gyógyszerre fejlesztése, vagy ismert gyógyszerhatóanyag, illetve kiszerelt gyógyszertermék gyártása és forgalmazása.

Az új hatóanyagok előállítására és kipróbálására irányuló gyógyszeripari kutatás-fejlesztés módszerei az utóbbi időben gyökeresen megváltoztak. Korábban a vegyészek egyenként állítottak elő új anyagokat, ezek hatását *in vitro* és *in vivo* körülmények között biológusok vizsgálták. Ezt a „kisipari” módszert mára felváltotta a „nagyüzemi” módszer. A gyógyszerkutatásban ma már elterjedten alkalmazzák az automatizált kombinatorikus kémiát és a nagy átbocsátású szűrést. Az első módszerrel nagy mennyiségben lehet különböző szerkezetű anyagokat automatikusan előállítani, míg a második módszer az előzőek szerint előállított új anyagok párhuzamos, sokirányú biológiai hatásvizsgálatát teszi lehetővé. A két technika együttes alkalmazásával az eddigi módszerekhez képest töredéknyi idő alatt lehet megtalálni a kívánt biológiai tulajdonságú vegyületeket.

Ami a hazai helyzetet illeti: az 1980-as évek végéig a hazai gyógyszeripari innováció aktív résztvevői voltak az egyetemi, az akadémiai és a közös vállalati tulajdonú kutatóhelyek. Az ipar ezekkel a tudományos műhelyekkel rendkívül gyümölcsöző kapcsolatokat épített ki, mind az alap-, mind az alkalmazott kutatásokban. Ez nem kis mértékben járult hozzá ahhoz, hogy a 20. század második felében a magyar gyógyszeripar számos eredeti gyógyszert dolgozott ki és hozott forgalomba. A hazai gazdaságban végbement változások miatt ez a rendszer ma már nem működik. A magyarországi gyógyszeripari kutatási-fejlesztési központok szerződéses kapcsolataiban a klinikai vizsgálatok dominálnak. A jelenség valószínű oka, hogy a vállalatoknál kiépült K+F szervezetek maguk használják fel a korlátozott forrásokat. Az egyetemeken és a nemzetközi viszonylatban is nagy súlyú akadémiai kutatóhálózatban dolgozó, sok kiváló kutató „kapacitásának” a jelenleginél jobb kihasználása bizony növelné a hazai gyógyszeripari kutatások eredményességét.

A kutatás-fejlesztés fentiekben vázolt sajátosságai és rendkívül magas költségei miatt a magyar gyógyszeripar vállalatai manapság nem gondolhatnak eredeti gyógyszer globális bevezetésére. Hosszabb idő óta azt a gyakorlatot követik, hogy a gyógyszerfejlesztés meghatározott fázisában multinacionális partnert vonnak be a további munkába. Üzleti szempontból az a legelőnyösebb, ha a potenciális terméket a fejlesztés minél későbbi fázisáig viszik el a hazai cégek.

Sokkal nagyobb esélyük van a hazai vállalatoknak generikus készítmények bevezetésére. A magyar gyógyszeripar nemzetközileg jó színvonalú generikus gyártónak számít. Az iparág vezető vállalatai a világ bármely országába tudnak alapanyagot vagy kiszertelt készítményt szállítani.

A számítógéppel segített gyógyszertervezés új lehetőségeket biztosít a hazai gyógyszergyáraknak is. A kvantitatív szerkezet-hatás összefüggéseken alapuló, racionális gyógyszertervezést már a számítógépek megjelenése előtt alkalmazták, de csak a megfelelő teljesítményű számítástechnikai eszközök megjelenésével tudott a számítógéppel segített vegyülettervezés elterjedni a gyógyszeriparban. Ez a módszer hasonló hatást válthat ki a kémiában, mint az űrtechnika az ipari technikákban. A gyógyszeriparban mértékadó amerikai Szövetségi Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatal (FDA) öt éven belül a számítógéppel segített gyógyszertervezési módszerek és matematikai modellezések szabványosítását és a szabványos eljárások eredményeinek figyelembevételét tervezi a gyógyszer-engedélyezés folyamatában.

Zárszóként: a magyar vegyipar csak akkor őrizheti meg gazdasági súlyát, ha élenjár az újszerű technológiai megoldások létrehozásában, a fogyasztói igényeket messzemenően figyelembe vevő korszerű, nagy használati értékű termékek kidolgozásában. Alap- és alkalmazott kutatásokra egyaránt szükség van ennek eléréséhez. A kutatási és fejlesztési infrastruktúrával, annak szellemi háttérével, szélesebb értelemben a vegyipar egészének működésével kapcsolatos követelmények egyre nagyobbak, mind emberi, mind műszaki, mind gazdasági vonatkozásban. A vegyipar ezeknek csak akkor tud megfelelni, ha a gazdaság és a társadalom más szereplőitől segítséget kap. Ennek egyik legfontosabb előfeltétele, hogy minőségileg javuljon a vegyipar és a társadalom közötti kommunikáció és együttműködés.

Summary

The chemical industry has an important role in the satisfaction of economic and social demands. Societies need its products, like fuels, pharmaceutical products, pesticides, fertilizers, plastics, dyes, detergents, cosmetic products and others. Asserting that modern life cannot exist without a significant and fast development of chemical industry is not exaggeration.

In the near future an increase in the importance and influence of chemical industry is very likely. Basically, chemical industry contributes to the solution of problems of life quality, like preservation of energy sources and raw material, protection of natural environment, supply of increasing population with food and health tasks originated from the increasing lifetime of the population.

Public welfare and development of chemical industry are in close connection. This connection typically results in a positive feedback: the extensive use of chemical products results in an increasing welfare, and it has a positive effect on the development of chemical industry, both from demand and supply sides.

Despite of its positive impact on society and economy, the social belief in chemical industry is controversial. Most people are not aware of the beneficial contribution of chemical industry to our everyday life. On the other hand, a respectable number of people believe that chemical production belongs to industries having serious environmental impacts.

Undoubtedly, in the second half of the twentieth century wide range of chemical products harmful on human health and environment were used. Their hazardousness was ascertained later. In the 1950s, nobody predicted that use of poly-halogenated hydrocarbons (Freons) instead of ammonia in refrigerators seriously burdens stratospheric ozone layer, decreasing the Earth's protection against solar UV radiation. The poisoning effect of tetraethyl-lead applied as fuel additive became clear subsequently. Nowadays this situation has been completely changed. The chemical companies pay extremely high attention to minimize the environmental effects of their production and application of their products. In many cases, chemical companies play a leading role in the development and introduction of environment-friendly technologies.

Our book discusses three typical aspects of this particular field of industry: relations of chemical industry and economy, chemical industry and environ-

ment, and chemical research and development. Both domestic and international aspects were considered where required. We hope that our work contributes to decision-making relating to chemical industry both in technical and economic terms on the one hand, and to changing for the better public opinion on chemical industry on the other hand.

Relations of the chemical industry and economy

Following the political changes in the 1990's the productivity of Hungarian chemical industry decreased. Its worst period began in 1992. The productivity stagnated from 1993 to 1996. The chemical industry moved from its standstill in 1997. Since that year, ups and downs alternate, depending on Hungarian and international economic situation.

The privatization of chemical industry was carried out in several waves, and it was completed in 1998. State ownership got reduced to 9% by the year 2000. Significant state ownership is continuous in oil refining. The rate of foreign capital in Hungarian chemical industry is 55%. Another significant character is that 90 per cent of chemical enterprises consists of small and middle size businesses employing less than 250 workers.

Transformation and adaptation to market economy resulted in essential changes in enterprise strategy and production profile, sales opportunities and management structure. For the sake of being abreast with market trends, the chemical companies created various systems of organization and proprietary structures.

Since 1990, disadvantages of Hungarian chemical industry became clear attentively. At the same time, basic abilities, proved adaptability of our chemical industry and its possession of significant reserves have been demonstrated. Joining to the European Union, expansion of the Hungarian economy and the predictable development of the Central European region eventuate pulling power for the Hungarian chemical industry.

All over the world, profitability of petroleum refining declines because of globalization, sharp market competition and increasing strictness of environmental regulations. Multinational companies balance these effects with petrochemical products of higher profitability first, further with merging companies. By these means, they increase the market and save considerable amount of money. Basically, the MOL Co., the only participant in Hungarian petroleum refining follows the same strategy. Recently MOL Co. took significant steps towards improvement, changing a small sized national oil company into a large energy supplying company in Central Europe of considerable refining capacity and petrochemical production.

During the last 10-12 years, MOL Co. introduced numerous new technologies in the production of engine fuels less hazardous to environment. Among them there were processes of eliminating sulphur and other heterogenic atoms, developments for reducing metallic content of products and aromatic contents of fuels and technological developments in the so-called destructive technologies.

The extension of domestic plastics industry exceeded the average rate of national economy significantly. In the following years, a production increase of more than 5% can be predicted.

The domestic producers of basic polymers are producing common polymers such as PE, PP, PVC and PET used in large scale. They use modern technologies and have significant production capacity on regional level. The three major domestic producers (TVK, BorsodChem Co. and Dunastyr Co.) worked out their medium term strategy of cooperation. In the following years, their market turnover can be increased significantly both in Hungary and in neighboring countries.

Hungarian plastic processing is relatively modern, and it is developing dynamically. Sixty percents of plastic products manufactured in Hungary have been sold in the domestic market. This amount of production satisfies approximately half of the domestic demands, the other half have been imported. It is worth mentioning that the value of exported plastic products is twice as much as the imported ones. This is a great challenge for the domestic industry. Most of the domestic plastic producers are in foreign ownership, and the majority of small and middle-sized domestic enterprises are subcontractors of multinational companies. The chances for development are favorable. However, governmental support is necessary for the expansion.

In the international pharmaceutical industry, the following tendencies can be observed in medium term:

- Yearly sales rise by 5-15% globally.
- The concentration of companies is continuous.
- The relative and the absolute expenditures of research and development increase.
- The rate of generic medicines grows by widening the gap among prices of generic and original ones.

One of the most important driving forces of the development of pharmaceutical industry is increasing health expenditures in the most countries. In the developed countries, the pharmaceutical expenditures amount less than 20% of all health costs. In Hungary, in 2000, the pharmaceutical expenses on publicly and privately financed medicaments amounted 24.3% of all health expenditures.

In the first half of the 1990s the domestic pharmaceutical companies were shocked by the following events: (i) switch-over to convertible currency,

(ii) liberalization of the import, (iii) privatization of companies, (iv) introduction of product license.

In addition to these events, the domestic legalization changed (e.g. Act XXX. 1998 on pharmaceuticals). Further on, special effects due to joining to the EU occurred (e.g. changes in the licensing system, compulsory license, regulation of parallel trade).

The total liberalization of the import resulted in the headway of foreign products. In 1990 three-quarters of the domestic market belonged to Hungarian pharmaceutical companies. Since then their market share decreased to one-third. This rate will probably not be changed, and the share of Hungarian pharmaceutical works in the domestic market will be stabilized.

The foreign and internal impressions resulted essential changes in the ownership, in the position in the domestic and international market, in the management system, the strategy and tactics of research and development of the Hungarian pharmaceutical industry. The functions of domestic pharmaceutical companies approach to the practices of great multinational firms as much as they can.

The relations of chemical industry and environment

In the developed countries, the problems caused by chemical industry stood in the forefront of public interest in the 1960s and 70s. That time citizens and environmentalists started to criticize chemical industry because of air, soil and water pollution caused by production, and products damaging health and environment, accidents that harmed the environment, and the pollution caused by storage of hazardous wastes.

In Hungary, the environmental pollution caused by chemical industry became known widely in the 1980s and 90s. Soil pollutions caused by companies such as Egyesült Vegyiművek, Chinoin and Metallokémia in Budapest, further ones arising from the improper deposition of mud from municipal gas production, other soil and water pollutions around villages of Üröm and Balatonfűzfő (NIKE), and soil pollutions by mercury in Kazincbarcika (BVK), as well as other soil and water pollutions due to incautious deposition and storage of chlorinated hydrocarbons in Garé waste yards of Budapest Vegyiművek, got wide publicity.

The National Environmental Recovery Program issued in 1995 intended to eliminate the most serious environmental impacts. Within the framework of NERP, many projects were launched in the past years. The chlorinated hydrocarbons stored in Garé were carried away and destroyed in environment-friendly way. Further task is the cleaning of contaminated soil from infiltrated chlorinated hydrocarbons below the storage site. Environmental damages

due to deposition of mud from gas production has been started and completed partly.

In the years of rebuilding the economic structure, numerous domestic technologies were terminated because of their insupportable operation in economic and environmental terms. In technologies operating further, environmental problems are mainly treated by the so-called „end-of-pipe“ solutions similarly to other industries. The main point of these solutions is the detachment of contamination at the end of the pipe i.e. at the output of waste streams from the technology, and their conversion to streams of less or negligible environmental impact.

In many cases it means transferring the polluting material from a media to another one, mostly at high costs of investments and operation. Therefore, the principle and practice of pollution prevention and clean production have been accepted widely in the chemical industry. The Hungarian companies' pioneering activity in these processes is notable.

In the last decade, Hungarian chemical companies spent billions of forints on technological developments aiming at decreasing the environmental impacts of their activities. Most of this sum was spent on termination of harmful discharges of running technologies. Significant sum was expended on the introduction of new technologies of low environmental impact, and on elimination of environmental pollution of the past.

Further measures should be taken to decrease the environmental effect due to the activities of chemical industry. Waste production should be reduced as much as possible, the rate of waste recycling should be improved, and waste deposition should be stopped. A detailed action plan should be worked out on the principle of „contamination penalty“. Technological research and development on utilizing waste materials should be encouraged. Further on, there is need for development of new technologies saving materials and energy and having low environmental impacts. These goals can be reached by extensive application of the principles of „green chemistry“, and also by process development and integration considering environmental aspects. Ideas of industrial ecology which takes into account industrial production and natural environment as elements of the same ecosystem should be broadly applied in the process development as well.

Some technologies in the chemical industry imply risks for the health of workers and local residents near factories and for the environment. These risks do not differ from those in other industries, and they can be analyzed and handled in similar ways.

In planning and operating chemical processes and factories safety problems have great importance. One should distinguish among three operating conditions in safety terms: (i) normal conditions when chemical technology operates in proper way; (ii) different than normal but controlled conditions,

such as start, stop, feeding of raw materials in batch-wise technologies, maintenance and repair, and (iii) extreme conditions, i.e. when control of the process has been ceased temporarily. The risk of the first category is minimal. The valid safety and environmental regulations prescribe serious limits for avoiding risks on the health of workers and on the environment. Regarding the second category, intervention in chemical industrial processes by maintenance, repair, feeding and exhaust can be dangerous because of the nature of materials and technologies. These extra problems can be treated successfully by automatic operation, remote control, work safety devices and protecting processes. The most serious environmental effects can occur in extreme conditions, such as unexpected failures, industrial accidents and chemical catastrophes.

In our book the safety aspects of chemical industry are discussed in detail. We survey the crucial health problems, ways of emergency treatment and the professional contents of legal regulations.

In addition to technological development, domestic companies have used non-technical solutions for the treatment of environmental challenges. Such solution can be the modernization of company management, or new types of public relations.

Research and development in chemical industry

Modern chemical industry belongs to sectors requiring intensive research and development. The companies' competition, increasing demand of consumers, requirement for economic feasibility and environmental considerations inspire the chemical companies for continuous technical development.

The innovation based on research and development strives for the improvement of market position. A firm's economic ability, internal and external conditions determine its freedom of operation. The innovative aims range from minimal improvement of existing technical and economic capabilities to development of essentially new technologies resulting in expansion of the company's market positions. Evidently, a company's alternatives depend on short-term tactical and long-term strategic aspects.

The permanent improvement of petrochemical products has been motivated by two factors: (i) modernization of vehicles and facilities of energy production accompanied by the increase of requirements for energy sources, and (ii) stricter environmental regulations. The quality improvement is more than compulsory for companies, it is also necessary for market competition. As a consequence, improvement of refining and hydrogenation capacities, improvement of processing of residues from refining, reduction of the emission of greenhouse gases, use of less material and energy in general, extension

of process and plant integration, and development and introduction of technologies of producing alternative fuels constitute the main R&D goals of petroleum refining.

The situation of R&D in plastics industry is less favorable as compared to the general situation of the industry itself. In the long run, this situation may affect the development of plastics industry. The present state of affairs is rooted in objective and partly in subjective reasons. In the past years, structure of the industry got reorganized, a lot of companies having leading role in R&D have ceased to exist, or their profiles, ownerships and policies were changed. The presence and drifts of multinational companies also have influence on the conditions of research and development of plastics industry.

Actually, the applied research and innovation cannot exist without basic research. The domestic basic research in the plastics industry focuses on polymerization, behavior of macromolecules and finding correlation among structure and properties of polymers. Practically, each field is influenced by industrial demands of general tendencies of development. The applied research has been induced by the increase of productivity due to development of processing facilities. To meet requirements, in addition to the development of equipments, research on new polymers and products from them is inevitable.

The economic events of the past years proved that shortage of exclusive products and technologies of the plastics industry led to the worsening of its market positions. More added value and increase of productivity are also important factors of the competitiveness of Hungarian plastics industry.

Innovation in the pharmaceutical industry is of special nature. Particular industry belongs to businesses under strict controls of authorities. The introduction of new products has been regulated firmly. Therefore the period of innovation, i.e. duration of time from the idea to distribution of a new medicine may be as long as 10-12 years. As a consequence, the costs of the development are high in the pharmaceutical industry. Expenses of the worldwide introduction of a new medicine reach 300-800 million USD. Therefore the R&D expenditure of high proportion (11-20%) of returns from sales of the pharmaceutical companies is not for nothing.

The character of pharmaceutical research and development depends on the aim of the product development, that is, it can be a development of a new active agent into medicament, or production and distribution of a medical agent known already or ones of ready-formulated medicaments.

The methods of pharmaceutical research and development targeting manufacture and test of new active agents have been changed basically. In the past, chemists produced new materials one by one. Biologists tested these materials both in vitro and in vivo. These „small-scale” methods were changed by industrial ones. The combinatorial chemistry and the high-capacity screening

are now broadly used in pharmaceutical research. The first method produces automatically materials of different structures in great number. The second one makes possible the parallel and manifold investigation of biological and medical effects of novel compounds produced by the first method as above.

Until the late 1980s universities, research institutes of the Hungarian Academy of Sciences and joint research institutions of companies participated actively in the pharmaceutical innovation in Hungary. The industry had fruitful relations with these research centers both in basic and applied research. As a consequence of the particular situation, in the second half of the 20th century Hungarian pharmaceutical industry produced and put on the market numerous original medicines. Since the domestic economic changes, this system is not working anymore. In present days, in research and development contracts of the Hungarian pharmaceutical industry, the clinical experiments have extremely high importance, probably because the R&D departments of the companies use their limited sources themselves. A better utilization of the excellent „research capacity” working at universities and in the academic network would surely increase the technical and market potential of the domestic pharmaceutical industry.

Because of the characteristics as above and the high expenses of research and development, Hungarian pharmaceutical companies cannot consider global introduction of original medicines. In the past years, they involved multinational partners into forthcoming R&D activities in a specific phase of development. With a view to business, the most advantageous modus operandi is to continue the domestic development as long as possible instead of letting foreign partners be involved.

There is a greater need in the domestic market to introduce generic medicaments. In the international market, Hungarian pharmaceutical industry is considered as a respectable producer of generic medicines. Hungarian pharmaceutical companies are able to supply any country in world with basic materials and ready-formulated generic products.

The computer-assisted design of pharmaceutical products opens new vistas for the domestic companies. The rational design of compounds of biological activity is based on correlations among the structure and effects of particular materials, and it has been applied in a limited extent in the past as well. It became broadly accepted in the drug design when high-capacity computers became available. The outcome of this kind of drug design in the pharmaceutical industry may be similar to the enriching effect of space research on traditional industries. In the following five years the U.S. Food and Drug Administration, determinative in pharmaceutical standards, is planning the standardization of computer-assisted drug design and mathematical modeling of the biological effects in the pharmaceutical licensing.

As a conclusion, the Hungarian chemical industry will be able to maintain its important role in the economy, if it takes a leading role in the development and introduction of new technological solutions and production of novel, high value-added materials meeting the consumers' requirements. Basic and applied research is necessary, and the R&D infrastructure and its intellectual background should be continuously improved for accomplishing these tasks. These goals should be supported by other members of the economy and society. An extremely important task of the chemical industry is to improve its communication and cooperation with the wider public sphere.

BEZEGH ANDRÁS

okleveles gyógyszerészmérnök Kar,
 Állami Vegyipari Technológiai Tanszék

BLASKÓ GÁBOR

az MTA levelezőtagja,
 Kísérleti Igazgatóság, BGIS Gyógyszergyár Rt.

BUZÁS LÁSZLÓ

igazgató,
 Magyarországi Gyógyszergyártók
 Országos Szövetsége

DÁNCSÓ ANDRÁS

tudományos munkatárs,
 BGIS Gyógyszergyár Rt.

ENDRŐDY ISTVÁN

finanszírozó,
 Geofindoterv Kft.

HÖNYÖ ZSOLT

az MTA rendes tagja,
 tanszékvezető egyetemi tanár,
 Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
 Egyetem Vegyipari Műveletek Tanszék

HORVÁTH ISTVÁN TAMÁS

az MTA doktora,
 tanszékvezető egyetemi tanár,
 Eötvös Loránd Tudományegyetem
 Természettudományi Kar,
 Kémiai Technológiai és Környezetkémiai
 Tanszék

KOVÁCS GÁBOR

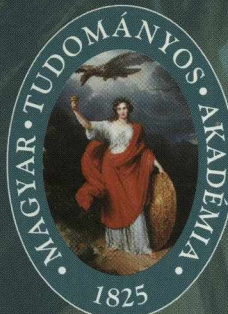
a kémiai tudományok doktora,
 igazgató, Info-Pharm Kft.

A kötet szerzői

- BARTHA LÁSZLÓ a kémiai tudományok kandidátusa,
tanszékvezető egyetemi docens,
Veszprémi Egyetem Mérnöki Kar,
Ásványolaj- és Széntechnológia Tanszék
- BEZEGH ANDRÁS a kémiai tudományok kandidátusa,
egyetemi docens, Corvinus Egyetem,
Környezetgazdaságtani és Technológiai
Tanszék
- BLASKÓ GÁBOR az MTA levelező tagja,
kutatási igazgató, EGIS Gyógyszergyár Rt.
- BÚZÁS LÁSZLÓ igazgató,
Magyarországi Gyógyszergyártók
Országos Szövetsége
- DANCSÓ ANDRÁS tudományos munkatárs,
EGIS Gyógyszergyár Rt.
- ENDRÉDY ISTVÁN főmunkatárs,
Geohidroterv Kft.
- †FONYÓ ZSOLT az MTA rendes tagja,
tanszékvezető egyetemi tanár,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem Vegyipari Műveletek Tanszék
- HORVÁTH ISTVÁN TAMÁS az MTA doktora,
tanszékvezető egyetemi tanár,
Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kara,
Kémiai Technológiai és Környezetkémiai
Tanszék
- KOVÁCS GÁBOR a kémiai tudományok doktora,
igazgató, Info-Pharm Kft.

| | |
|------------------|---|
| KÖVESDI ISTVÁN | osztályvezető, EGIS Gyógyszergyár Rt. |
| MIZSEY PÉTER | az MTA doktora, egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyipari Műveletek Tanszék |
| PUKÁNSZKY BÉLA | az MTA levelező tagja, tanszékvezető egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műanyag- és Gumiipari Tanszék |
| SOLYMOSI JÓZSEF | az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, Zrínyi Miklós Nemzeti Egyetem, Vegy- és Környezetbiztonsági Tanszék |
| SZÉPVÖLGYI JÁNOS | az MTA doktora, igazgató, MTA Kémiai Kutatóközpont, Anyag- és Környezetkémiai Intézet |
| VÁRHEGYI MIKLÓS | tanácsadó, AKIT Kft. |
| VINCE PÉTER | a közgazdasági tudományok kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Közgazdaságtudományi Intézet |
| WAPPEL KÁLMÁN | cégvezető, Wamazol Bt. |

- Globalizáció és nemzeti érdek
A demokrácia intézményrendszerére
A magyar agrárgazdaság jelene és kilátásai
Sárközy Tamás: Rendszerváltás és a privatizáció joga
Az agrártermelés tudományos alapozása
Népegészség, orvos, társadalom
Egészségügy és piacgazdaság
Biotechnológia – lépestartás Európával
Környezetpolitika és uniós csatlakozás
Termelés, piac, természeti környezet
Losonczy Ágnes: Utak és korlátok az egészségügyben
Budapesti – nemzetközi város
A cigányok Magyarországon
Minőség és agrárstratégia
A magyar nyelv az informatika korában
A NATO és a magyar politika
Magyarország településkörnyezete
Az információs társadalom
Területfejlesztés és közigazgatás-szervezés
Közlekedési rendszerek és infrastruktúráik
A cigányok Magyarországon (Utánnomás)
Egészségügy Magyarországon
Ujda György: Energiapolitika
Balázs Géza: Nyelvustratégia
- Magyarországi kutatóhelyek I-III. kötet
Bp. 2002. 908 oldal, ára: 2140 Ft
- A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései
Bp. 2002. 402 oldal, ára: 1000 Ft
- Borhidi Attila: Gaia zöld ruhája
Bp. 2002. 331 oldal, ára: 1950 Ft
- A magyarországi Duna-völgy területfejlesztési kérdései I-II. kötet
Bp. 2002. 558 oldal, ára: 2500 Ft
- Információs társadalom és jogrendszer
Bp. 2002. 343 oldal, ára: 1490 Ft
- Területfejlesztés, rendszerváltás és az Alföld
Bp. 2002. 235 oldal, ára: 920 Ft
- Csikós-Magy Béla: Közgazdaság a globalizálódó világban I-II. kötet
Bp. 2002. 680 oldal, ára: 2550 Ft
- A Tisza és vízrendszere I-II. kötet
Bp. 2003. 525 oldal, ára: 2600 Ft
- A megkérdőjelezett sikerárgazat
Bp. 2003. 453 oldal, ára: 2600 Ft
- Kertészeti hungarikumok
Bp. 2003. 352 oldal, ára: 1800 Ft
- Űshonos állataink és termékeik
Bp. 2003. 239 oldal, ára: 1800 Ft
- Civilizáció és egészség
Bp. 2004. 316 oldal, ára: 1850 Ft
- Ujda György: Energiaellátás ma és holnap
Bp. 2004. 387 oldal, ára: 2450 Ft
- Sikos T. Tamás-Hoffmann Istvánné:
A fogyasztás új katedrálisai
Bp. 2004. 380 oldal, ára: 2190 Ft
- Épített jövőnk
Bp. 2005. 334 oldal, ára: 2450 Ft
- Fenntartható agrárgazdaság és vidékfejlesztés
Bp. 2005. 313 oldal, ára: 1990 Ft
- A talajok jelentősége a 21. században
Bp. 2005. 403 oldal, ára: 2590 Ft
- Közlekedés és globalizáció
Bp. 2005. 352 oldal, ára: 2490 Ft



ISBN: 963 508 487 0



9 789635 084876

Ára: 2150 Ft