

**Fonyó Zsolt – Szépvölgyi János – Harangozó Gábor**

**A megelőző környezetvédelmi szemlélet  
térnyerése a hazai vegyiparban**

**15. szám**

Budapest, 2002. december

ISBN 963 503 292 7

ISSN 1587-6586

A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem  
Környezettudományi Intézetének tanulmányai

*Sorozatszerkesztő:*

**Kerekes Sándor**  
és  
**Kiss Károly**

A tanulmány a Magyar Tudományos Akadémia  
*Magyarország az ezredfordulón c.*  
stratégiai kutatásainak keretében és  
a Környezetvédelmi Minisztérium  
anyagi támogatásával készült

Felelős kiadó: Kerekes Sándor igazgató  
Olvasószerkesztő: Pósvai Adrienne  
Műszaki szerkesztő: Mészöly László  
Fedélterv: Éles Andrea  
Készült az Aula Kiadó Kft. nyomdájában

Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem  
Környezettudományi Intézet  
Környezetgazdaságtani és technológiai tanszék  
Cím: 1093 Budapest, Fővám tér 8.  
Postacím: 1828 Budapest 5. Pf. 489.  
Tel./fax: 217-95-88  
Internet: <http://korny10.bke.hu>

## Tartalomjegyzék

<b>Előszó .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Tisztább termelés a hazai vegyiparban (Fonyó Zsolt – Szépvölgyi János).....</b>	<b>7</b>
1.1. A környezeti tényező szerepe a vegyiparban.....	7
1.2. A vegyiparban alkalmazott hulladékcsökkentési stratégiák .....	10
1.3. Környezetterhelést csökkentő fejlesztések a magyar vegyiparban.....	31
1.4. Javaslatok.....	38
<b>2. A magyar vegyipar környezetvédelmi helyzete és környezeti menedzsmentjének változása (Harangozó Gábor).....</b>	<b>42</b>
2.1. A magyar vegyipar környezetvédelmi teljesítménye emissziós adatok alapján..	42
2.2. Környezetközpontú irányítási rendszerek a vegyiparban .....	49
2.3. A hazai vegyipari vállalatok környezeti menedzsmentjének változása az utóbbi tíz évben .....	53
2.4. Következtetések .....	70
<b>Mellékletek .....</b>	<b>73</b>
<b>A szerzők.....</b>	<b>79</b>
<b>A Környezettudományi Intézet sorozatának kiadványai.....</b>	<b>80</b>

## **Előszó**

A kötet két tanulmányt tartalmaz. Az első a megelőző környezetvédelem lehetőségeit a vegyiparban elsősorban technológiai nézőpontból vizsgálja. Kitér a tisztább termelési stratégiákra, hogyan lehet a termelés során a hulladékot csökkenteni és így a termelést tisztábbá és egyben gazdaságosabbá tenni.

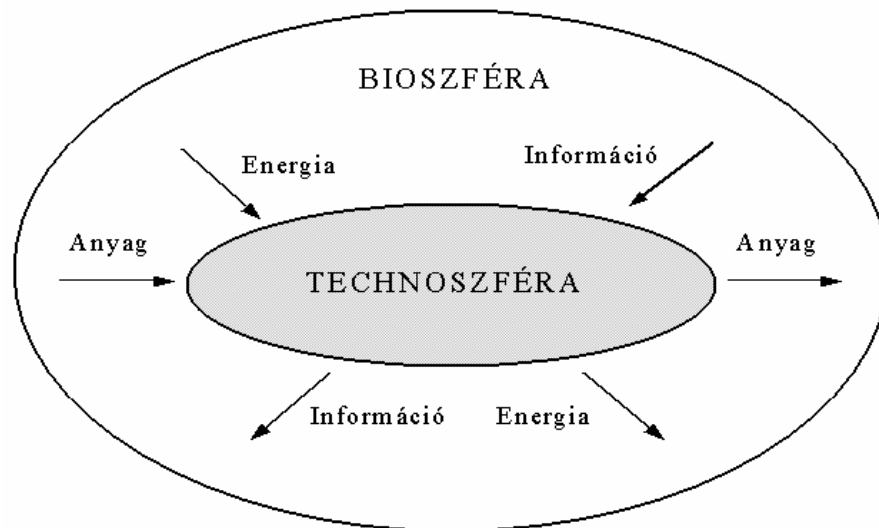
A második tanulmány egyrészt a vegyipar makroszintű szennyezőanyag kibocsátásának, másrészt a hazai vegyipari vállalatok szervezeti-szervezési gyakorlatának időbeli változása felől közelíti meg a megelőző környezetvédelem jelenlegi helyzetét és lehetőségeit a magyar vegyiparban.

*a Szerkesztők*

# 1. Tisztább termelés a hazai vegyiparban (Fonyó Zsolt – Szépvölgyi János)

## 1.1. A környezeti tényező szerepe a vegyiparban

A technológiai és gazdasági rendszerek működésük során anyagot, energiát és információt vesznek fel a természeti környezetből, és oda anyagot (végtermékeket, elhasznált termékeket, hulladékokat, melléktermékeket), energiát és információt juttatnak vissza (1. ábra).



1. ábra A technoszféra és a természeti környezet (bioszféra) közötti kapcsolatrendszer

A 20. század második felében, a világgazdaság intenzív fejlődésének eredményeként a technoszféra és bioszféra közötti kölcsönhatás egyre intenzívebbé vált, és ez a természeti környezet minden korábbinál nagyobb igénybevételéhez vezetett. A nyersanyagforrások véges rendelkezésre állása, a természeti környezet túlzott terhelése, egyes nehezen visszafordítható vagy esetleg irreverzibilis környezeti változások bekövetkeztének veszélye ugyanakkor egyre több kérdést vet fel a gazdasági fejlődés jelenlegi ütemét illetően. Mindinkább szükség van az emberi igények és a társadalmi, valamint a természeti lehetőségek megfelelő összehangolására. Az ezt megfogalmazó, ún. fenntartható fejlődés koncepció egyre szélesebb körben válik elfogadottá.

A vegyipar esetében különösen fontos a környezeti (K-) tényező fokozott figyelembe vétele. A vegyipar az anyag- és energia-intenzív iparágak közé tartozik.

Nagy tömegű és sokféle nyersanyagot és fajlagosan is jelentős energiamennyiséget használ fel termékeinek előállításakor. Emiatt mind input, mind output oldalon jelentősen terheli a környezetet. Egy további szempont: egyes korszerű vegyipari termékek (például növényvédő szerek) hatóanyag tartalma igen magas. Előállításuk és felhasználásuk esetenként fokozott környezeti kockázattal jár. E kockázatok nem megfelelő szintű kezelése súlyos problémákat okozhat.

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 látni, hogy a freonok bontják a légkörben levő ózont, ezáltal csökkentik a Föld UV sugárzás elleni védelmét. A benzinadalékként kifejlesztett tetraetil-ólomról is csak később bizonyosodott be, hogy ólommérgezést okoz. A vegyipar megítélését negatívan befolyásolták a különböző vegyipari balesetek (lásd Seveso, Bhopal), valamint a tevékenységének utóhatásaként jelentkező környezetszennyezések (lásd Garé) is.

Napjainkban ez a helyzet kezd megváltozni: a modern vegyipar már különleges figyelmet fordít a tevékenységéből és termékeinek használatától származó esetleges egészség és környezetkárosító hatások minimalizálására.

A vegyipari környezetvédelem nemcsak technológiai, kémiai, biológiai stb. probléma, hanem gazdasági kérdés is. Ezen a ponton a környezeti és gazdasági vonatkozások szorosan kapcsolódnak egymáshoz.

A *US National Council, Policy Division* egy 1996-ban készített összeállításban<sup>1</sup> azt vizsgálta, miként lehet összehangolni a gazdaság környezetvédelmi céljait a kutatás és a technológia nyújtotta lehetőségekkel. Hat olyan kiemelt környezettudományi kutatási-fejlesztési területet jelölnek meg, amelyek sikeres művelése ezt elősegítheti. Ezek a következők:

- a környezetvédelem gazdasági vonatkozásai és ehhez kapcsolódó kockázatbecslés: szociológiai, gazdasági és kockázati tényezőket kell együttesen mérlegelni a társadalom számára elfogadható környezetvédelmi megoldások érdekében;

---

<sup>1</sup> US National Council, Policy Division: Linking Science and Technology to Society's Environmental Goals. National Academic Press, Washington, D.C. 1996.



- környezeti monitoring és ökológia: az ökológiai folyamatok mélyebb megismeréséhez tökéletesíteni kell a megfigyelési módszereket; a természetben lejátszódó bomlások és átalakulások ismeretében ugyanis könnyebb meghatározni a környezeti beavatkozások szükséges és elégséges mértékét;
- a vegyi anyagok viselkedése a környezetben: csökkenteni kell a vegyi anyagok termeléséből, felhasználásából és elhelyezéséből származó környezeti hatásokat;
- energiatermelés: környezetbarát és hatékony energiatermelési eljárásokat kell kifejleszteni és megvalósítani;
- ipari ökológia: a technológiai fejlesztést össze kell hangolni az ökológiai megfontolásokkal, elsősorban azért, hogy mérsékelni lehessen a nyersanyagok és energiahordozók igénybevételét, továbbá a környezetnek a technológiákból és azok termékeinek felhasználásából származó terhelését;
- a népesség növekedésének hatása a környezet állapotára: az eddiginél jobban kell ismerni a népesség alakulása és a fogyasztás közötti kapcsolatokat annak érdekében, hogy a népesség növekedéséből eredő környezeti hatások csökkenthetők legyenek.

A vegyipar esetében négy kiemelt környezetvédelmi feladatot sorolnak fel a tanulmány szerzői:

- a vegyipar technológiák okozta környezetterhelés csökkentése: a feladatok és megoldásuk módozatai alapvetően különböznek attól függően, hogy korábbi technológiai műveletekből, vagy a termékek elhasználódásából származó, deponált hulladékot kell kezelni vagy a jelenleg működő technológiák környezeti hatásait kell csökkenteni, vagy új, környezetbarát technológiákat kell kifejleszteni;
- az egyes vegyipari termékek, a gyártási, feldolgozási és felhasználási hulladékok környezeti hatásainak felmérése: a káros hatások kiküszöböléséhez ismerni kell az adott anyagféleség és a környezet közötti kölcsönhatás mechanizmusát és időbeli alakulását;
- a természet alapvető biokémiai folyamatainak jobb megértése: el kell dönteni, hogy hol és mit érdemes figyelni, továbbá mikor és hogyan kell mérni a környezet állapotát;
- környezeti szempontból „jóindulatú” termékek és eljárások kifejlesztése: újabban e területet *zöld kémiának* is nevezik; alapvető célja annak biztosítása,

hogy az alapanyagok felhasználásánál, a technológiai folyamatoknál és a termékek teljes élettartama során a lehető legkisebbek legyenek a környezeti hatások.

A *Chemistry, Europe and the Future* című tanulmány<sup>2</sup> a vegyipar környezetvédelmi feladatai közé sorolja a környezeti monitoring fejlesztését, a meglévő környezeti károk felszámolását, az európai kulturális örökség megőrzésének elősegítését, a környezetterhelés csökkentését, illetve elkerülését „tisztá” technológiák kifejlesztése révén, a nyersanyagok és az energiahordozók hatékonyabb felhasználását, valamint az újrahasznosított anyagok körének folyamatos bővítését.

A magyar vegyipar jelenlegi gazdasági lehetőségei és technológiai adottságai alapján a fentiekben felsorolt lehetőségek és teendők közül napjainkban és a közeli jövőben a termelési hulladékok csökkentésére kell és érdemes elsősorban koncentrálni.

## **1.2. A vegyiparban alkalmazott hulladékcsökkentési stratégiák**

A vegyipari (általában minden ipari) tevékenység elkerülhetetlen hulladékok képződésével jár együtt. Ma még nem létezik egyetlen olyan technológiai eljárás sem, 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 ún. csővégi 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 évek és 80-as évek első felének vegyiparát. A 80-as évek második felében, a környezet-szennyezés mind súlyosabbá válásával, a hangsúly a hulladékképződés visszaszorítása felé tolódott el. A vegyipari technológiáktól független környezetvédelmet a 90-es évekre felváltotta a technológiához kapcsolt, azokba integrált környezetvédelem koncepciója. A vegyipari technológiákba integrált környezetvédelem

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

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

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

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

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

#### *Hulladékcsökkentés meglévő vegyi 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 eredményeket érhetők azonban el a környezetterhelés csökkentési lehetőségeinek szisztematikus felderítésével. E módszerek alapja a *hierarchikus vegyipari folyamattervezés*, amely mind meglévő technológiák korszerűsítésekor, mind új technológiák tervezésekor igen hasznos eszköznek bizonyult az eddigiekben.

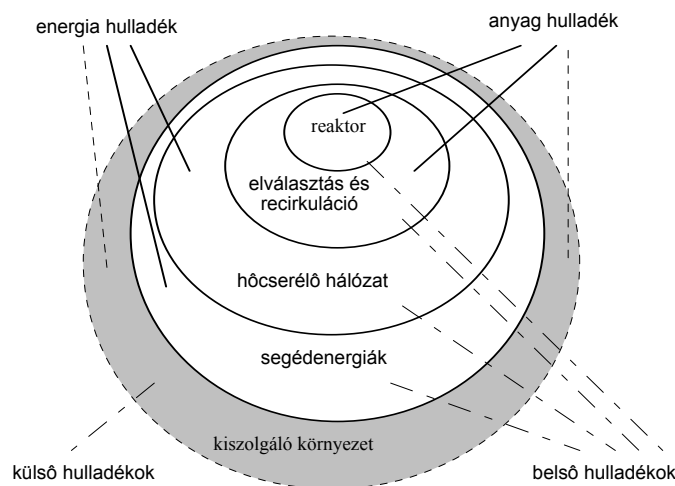
A hierarchikus folyamattervezés az ún. hagymadiagram<sup>3,4</sup> segítségével (2. ábra) jellemezhető. A hagymadiagram különböző rétegei jelképezik a hierarchikus folyamattervezés egymást követő lépéseit. A folyamattervezés a hagyma legbelső rétegével, a reaktorral kezdődik, és kifelé haladva, az elválasztási rendszerrel és az anyagáramok visszavezetésével, majd a hőcserélő hálózattal és végül az energia és nyers, illetve segédanyagok rendszerével folytatva egyre komplexebben tervezzük meg a folyamatot.

---

<sup>2</sup> Alliance for Chemical Sciences and Technologies in Europe: Chemistry, Europe and the Future. The Royal Society of Chemistry, London, 1997.

<sup>3</sup> Smith R, Linnhoff B: The design of separators in the context of overall processes. Chem. Eng. Res Des. 66, 195 (1988).

<sup>4</sup> Berglund RL, Lawson CT: Preventing pollution in the CPI. Chemical Engng. September 1991, p.120.



**2. ábra** A kiterjesztett hagymadiagram

Az 1. táblázatban a működő vegyipari üzemekben képződő anyag- és energia-hulladékokat, illetve néhány hulladékcsökkentési alternatívát mutatunk be, a kiterjesztett hagymadiagram egyes rétegei szerint rendszerezve.<sup>5</sup> 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.

**1. táblázat** Az anyag- és energiahulladékok lehetséges forrásai és csökkentési lehetőségeik a kiterjesztett hagymadiagram alapján

Réteg	Hulladékforrás	A csökkentés lehetséges módja
Reaktor	nehéz elválasztani és visszavezetni az elreagálatlan nyersanyagot	konverzió növelése
	a főreakcióban keletkezik hulladék	más reakcióút más reaktortípus reaktorhőmérséklet és nyomás változtatása reagens felesleg
	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

<sup>5</sup> Fonyó Zs, Mizsey P: Hulladékcsökkentési stratégiák a vegyiparban. MKL 52, 457 (1997).

Réteg	Hulladékforrás	A csökkentés lehetséges módja
Elválasztás és recirkuláció	nyersanyag szennyezései	nyersanyag tisztítása (összefüggés a reaktor üzemeltetésével)
	elválasztáshoz használt segédanyag	segédanyag kiküszöbölése más művelettel
	vissza nem vezetett hulladékáram	pótlólagos elválasztás beépítése
	reverzibilis reakcióban keletkezik hulladék	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
Hőcserélők, energia, kiszolgáló környezet	közvetlen emisszió az üzemből vagy az energiaellátó rendszerből	az energiahasznosítás javítása fűtőközeg cseréje energiahordozók és a füstgáz kéntelenítése kis NO <sub>x</sub> emissziójú kazánok használata füstgázok visszavezetése kémiai redukció
	szennyvíz	konceptuális vagy NLP módszerek a szennyvízmenyiség csökkentésére

### Szisztematikus stratégia az anyag hulladék csökkentésére

A hulladékcsökkentési elvek lényegesen nehezebben alkalmazhatók már meglévő üzemeknél, mint új üzemek tervezésekor. A meglévő üzemekben már működő berendezések és technológiák ugyanis egyfajta korlátot jelentenek a feladat megoldásakor. A működő üzemekre javasolt szisztematikus stratégia,<sup>6</sup> amely a hierarchikus folyamattervezés továbbfejlesztett változata, a következő lépésekből áll:

1. *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.

<sup>6</sup> Fonyó Zs, Kürüm S, Rippin DWT: Process developments for waste minimisation: the retrofitting problem. Computers Chem. Engng, 18, 591 (1994).

2. *Adatgyűjtés*: valamennyi hulladékfajtára meghatározzuk a mennyiségeket, a veszélyesség mértékét és a különböző hulladékkezelési módszereket. A költségek számításánál figyelembe vesszük *(i)* a nyersanyagok és energia nem megfelelő használatából származó veszteséget, *(ii)* az egyéb általános jellegű költségeket (tárolás, szállítás, többletmunka) és *(iii)* a hulladékkezelési (ártalmatlanítási, lerakási) költségeket.
3. *Hulladékcsökkentési alternatívák kidolgozása*: a meglévő üzemekre kiterjesztett hierarchikus stratégiát a 2. táblázatban foglaltuk össze. A kiterjesztett stratégia segítségével megoldási alternatívák dolgozhatók ki.
4. *Az alternatívák műszaki és gazdasági értékelése*: a kidolgozott alternatívákat több szempontból kell értékelni. A lehetséges szempontok közül néhány: *(i)* a technológiai módosítások eredményeként valóban a kitűzött mértékben csökken a termelési hulladék mennyisége, *(ii)* a változtatás miként befolyásolja a termékek minőségét, *(iii)* a hulladékképződés visszaszorításához jelentősen meg kell-e változtatni a technológiát, illetve a berendezéseket, *(iv)* gazdaságos-e a tervezett módosítás, *(v)* mennyi idő alatt vezethető be, *(vi)* elegendő mennyiségben állnak-e rendelkezésre a szükséges nyersanyagok, *(vii)* milyen a módosított technológiai változat energiaigénye?

#### Szisztematikus stratégia az energiahulladék csökkentésére

Az energiahulladékok csökkentésének problémája a vegyiparban *(i)* energia-intenzifikálási feladatként vagy *(ii)* szennyvízcsökkentési feladatként jelentkezik. Ha csökkentjük az energiafelhasználást, akkor csökken az energia előállítása miatti emisszió is. Az ún. *szűkületi pont* módszer<sup>7</sup> 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 vegyigyár, valamint új üzemek és gyárak energiafelhasználásának jellemzésére.

---

<sup>7</sup> Linnhoff B. et al.: User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy, IChemE, Rugby, United Kingdom (1982)

**2. táblázat** A hierarchikus stratégia kiterjesztésén alapuló hulladékcsökkentési alternatívák meglévő vegyi üzemekre

<b>Belső anyag hulladékok</b>	<b>Külső hulladékok</b>
<p>INPUT-OUTPUT struktúra</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• optimális reakciókörülmények, visszavezetés, újrahasznosítás</li> <li>• hígítók, inertek, oldószeres kerülése</li> <li>• katalizátorregenerálás, katalizátor csere</li> </ul>	<p>RENDSZERES esetek</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• recirkulációs műveletek fejlesztése</li> <li>• tisztítási műveletek fejlesztése</li> <li>• jobb üzemháztartás</li> <li>• rendellenességekből származó emissziók csökkentése</li> </ul>
<p>RECIRKULÁCIÓS struktúra</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hígító, inert cseréje</li> <li>• hőhordozó cseréje</li> <li>• oldószer cseréje</li> <li>• kémiai változtatás, folyamatváltoztatás</li> </ul>	<p>ALKALOMSZERŰ esetek</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• új, jobb karbantartás</li> <li>• megelőzés</li> </ul>
<p>SZEPARÁCIÓS struktúra</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fázis szeparáció</li> <li>• gáz/gőz visszanyerő rendszer <ul style="list-style-type: none"> <li>– oldószer csere</li> <li>– sztrippelő ágens cseréje</li> <li>– adszorpció/kondenzáció alkalmazása</li> </ul> </li> <li>• folyadék visszanyerő rendszer <ul style="list-style-type: none"> <li>– ágens cseréje</li> <li>– oldószercsere, <i>folyamat változtatása</i></li> <li>– kihajtott víz újrahasznosítása</li> <li>– szennyezések eltávolítása, folyamat vizeinek újrahasznosítása, más szeparációs rendszer <ul style="list-style-type: none"> <li>- más elválasztási technika alkalmazása</li> <li>- az adszorbens regenerálása</li> <li>- mosófolyadék cseréje, újrahasznosítása</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• szilárd visszanyerő rendszer <ul style="list-style-type: none"> <li>– szűrés</li> <li>– a folyamat fejlesztése, módosítása</li> <li>- más technológia alkalmazása</li> </ul> </li> </ul>	<p>ENERGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• energetikai javítás</li> </ul> <p>EGYÉB</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• jobb adminisztráció</li> <li>• apróbb javítások a berendezéseken</li> <li>• hulladékok azonosítása és izolálása</li> <li>• műveletek ellenőrzése, egyszerűsítése, kiküszöbölése</li> <li>• kezelők jobb kiképzése</li> </ul>

Az energiafogyasztás csökkentésének egyik régóta ismert és sokat tanulmányozott eszköze a hőszivattyú, amelynek segítségével komplex technológiai rendszerek teljes energiafogyasztása és ennek következményeként globális emissziója is lényegesen csökkenhet. Az energiatermelési rendszerektől függően a csökkenés 20-85% között változhat. Az abszorpciós hőszivattyú a kompressziós munka helyett hulladékhőt használ fel működéséhez, de alkalmazásának sok esetben gátat szab, hogy nagy a beruházási költsége.

A vegyiparban jelentős energiaigényű művelet a desztilláció. Ennek energiafogyasztása is csökkenthető hőszivattyú alkalmazásával. Számítások szerint<sup>8</sup> a hőszivattyú beépítése adott esetben mintegy 60%-kal csökkenti a füstgázkibocsátást, és ezzel arányosan az energiafogyasztást, valamint az üzemeltetési költségeket. A desztilláció energiaigényességének csökkentésére más energiaintegrációs megoldások is szóba jöhetnek. Először meg kell próbálni a kolonnákat a folyamat más részei által alkotott hőkaszkádba integrálni. Ha ez nem lehetséges, akkor a kolonnák közti integrációval vagy speciális megoldásokkal lehet 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 energia megtakarításként is jelentkezik. A probléma kezelése visszavezethető az energetikában sikerrel alkalmazott szűkületi pont technikára. A szennyvizek mennyisége minimalizálható nemlineáris programozási (NLP) módszerek segítségével is.

#### *Hulladékcsökkentés meglévő vegyiparokban*

##### Harmadik generációs hulladékcsökkentési módszerek

A fentiekben említett szisztematikus módszerek nagyon hatékony eszközök a hulladékkeletkezés csökkentésére egy-egy adott üzem szintjén. Vegyiparokban azonban ezek a módszerek hamar elérik teljesítőképességük határait. Ekkor újszerű, ún. *harmadik generációs hulladékcsökkentési módszereket* kell alkalmazni. Ezek olyan új folyamattervezési módszerek, amelyek maximalizálják az anyag- és energiahasznosítást, és ily módon csökkentik a hulladékképződést. Segítségükkel több folyamatot és üzemet lehet egyszerre vizsgálni, ezáltal a vegyipar teljes emissziója minimalizálható.

A vegyi üzemeknél említett szűkületi pont technika közvetlenül alkalmazható vegyiparokban is az energiahulladékok minimalizálására, hiszen a módszernek nincsenek mennyiségi korlátjai. Hasonlóan alkalmasak a szennyvíz-mennyiség csökkentésére említett módszerek több üzem egyidejű vizsgálatára.

Az anyag hulladékok esetében a helyzet bonyolultabb, mint energiahulladékoknál, jóllehet a tervezési feladat hasonlít az energiaintegráláshoz használt módszerekhez.

---

<sup>8</sup> Annakou O, Mizsey P: Rigorous investigation of heat pump assisted distillation. Heat Recovery Systems & CHP, 15 (3), 241 (1995).



A hőcserélők analógiájára kidolgozott módszer, az úgynevezett anyagátadási hálózat koncepció<sup>9</sup> segítségével ugyanakkor ilyen, elválasztó és anyagátadási egységekből álló hálózatok is szintetizálhatók. A probléma ez esetben úgy fogalmazható meg, hogy adott, szennyező anyagban gazdag áramból a szennyezést más, abban szegény áramba juttatjuk át, anyagcsere hálózat segítségével, minimális költségek mellett. A módszer fő jellemvonása, hogy az optimalizálás során figyelembe veszi a termodinamikai korlátokat és az anyagátadás hajtóerő korlátjait egyaránt. Ezek a termodinamikai és anyagátadási korlátok a tervezés során nem léphetők át.

A harmadik generációs módszerek végső célja olyan folyamatok tervezése, amelyeknél csak termékek hagyják el a rendszert. A vegyigyáron 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

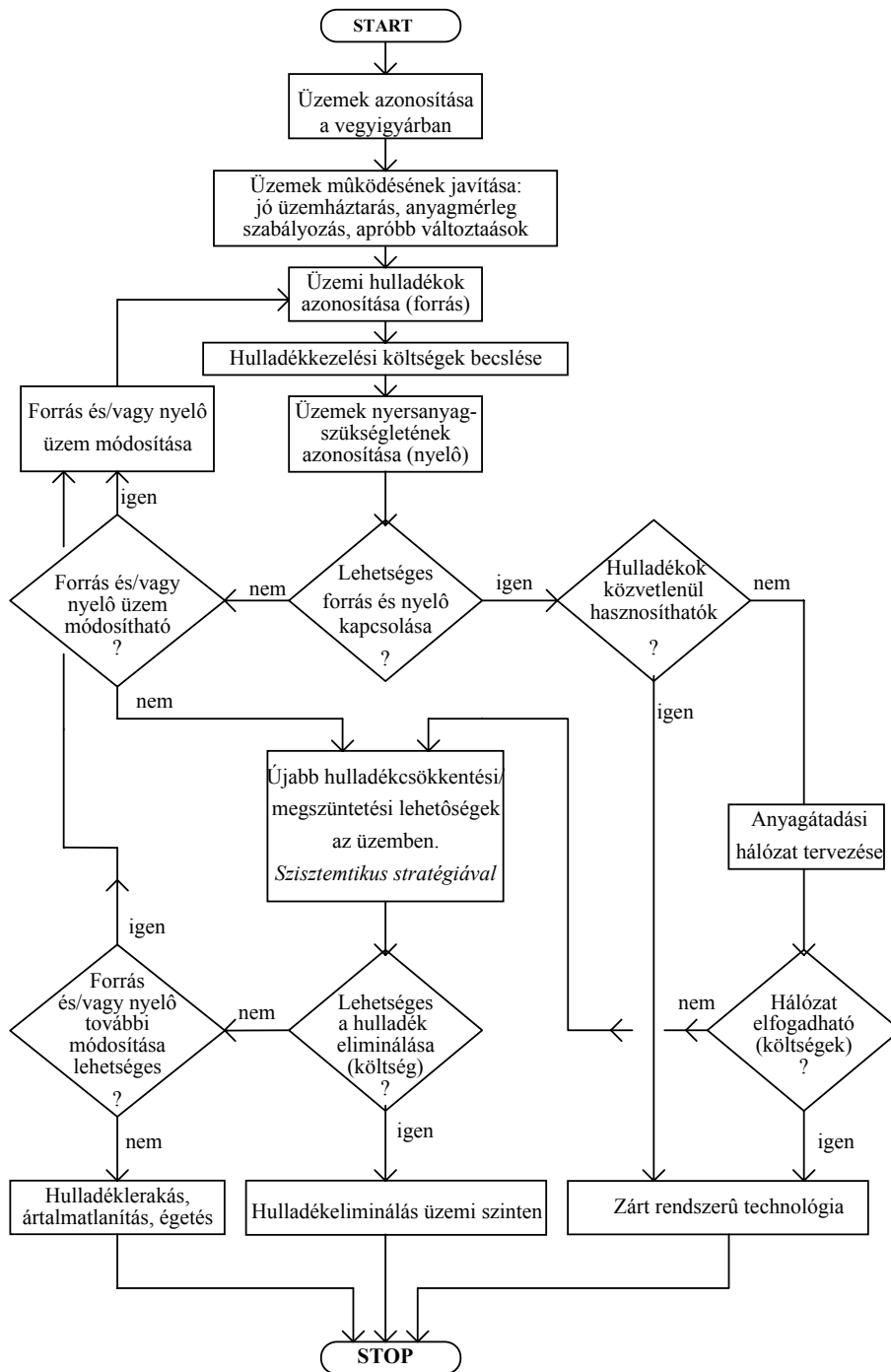
Az üzemek szintjén hozott hulladékcsökkentési változtatásokat egy felsőbb szinten, a vegyigyár egészére össze kell hangolni. Az erre javasolt szisztematikus stratégia<sup>10</sup> a vegyigyár valamennyi üzemét vizsgálja (3. ábra). Az egyes üzemek működtetésekor a termelési előírások és nyersanyagnormák precíz betartásával, a pontos üzemháztartással 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 fázisa a gazdasági elemzés. Ennek során először az alaptechnológiától független, csővégi hulladékkezelési módszerek (ártalmatlanítás, égetés, lerakás) költségeit becsüljük meg. Ha nincsenek speciális környezetvédelmi előírások, az egyes alternatívák összehasonlításakor elsősorban a gazdaságosságot kell szem előtt tartani.

---

<sup>9</sup> El-Halwagi MM, Manousiouthakis V: Synthesis of mass exchange networks. AIChE JI, 35, 1233 (1989).

<sup>10</sup> Mizsey P: Waste reduction in the chemical industry: a two level problem, JI of Hazard. Mater. 37, 1 (1994).



**3. ábra** Szisztematikus hulladékcsökkentési stratégia a vegyi üzemek és a vegyipár szintjén<sup>11</sup>

Mielőtt az egyes üzemekben lényeges technológiai változtatásokat hajtánánk végre, meg kell vizsgálni, hogy hasznosítható-e valamelyik üzem hulladéka nyersanyagként a vegyipáron belül, egy másik üzemben. Ha van ilyen lehetőség, meg kell próbálni zárt rendszerű technológiákat kialakítani. A fő cél a hulladékok más üzemekben, nyers-

<sup>11</sup> Forrás: Uo.

anyagokként 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.

#### *Egy példa a megfelelő hulladékkezelési módszer kiválasztására*

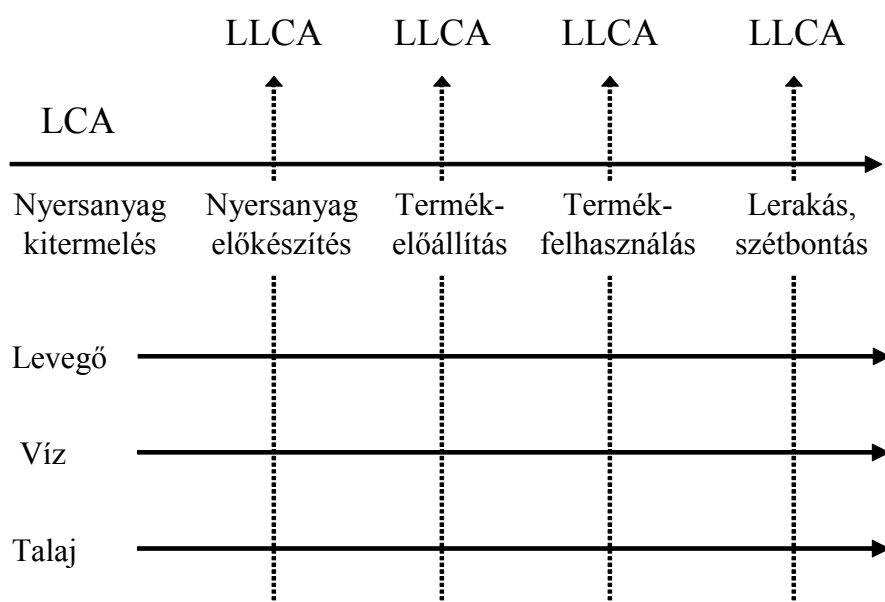
A különböző eredetű, eltérő tulajdonságú hulladék anyagok kezelésének legcélszerűbb módszerét minden esetben alapos kémiai, műszaki, gazdasági és környezetvédelmi megfontolások alapján lehet és kell kiválasztani. Az utóbbi időben egyre több olyan módszer válik ismertté, amelyek segítséget nyújtanak a kiválasztáshoz. Ezek egyike az ún. korlátozott életciklus elemzés (Limited Life-Cycle Analysis, LLCA)<sup>12</sup>.

Az LLCA alkalmazásakor minden potenciális szennyező komponensre egy ún. szennyezési tényezőt (Pollution Factor, PF) határoznak meg, mindazon környezeti elemre (levegőre, vízre, talajra), amelybe az adott komponens kijuthat. A PF meghatározásakor az érvényes környezetvédelmi határértékeket tekintik vonatkoztatási alapnak. A szennyező komponensek várható környezeti hatásait a PF-ből – itt nem ismertett módon – származtatott dimenziómentes számokkal, a környezeti hatásegységekkel (Environmental Impact Units, EIU) fejezik ki. Utóbbiak egymással összegezhethők, 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 hatását is.

A szokásosan alkalmazott, a termékek gyártásának és felhasználásának teljes időtartamára terjedő, a „bölcsőtől a sírig” tartó életciklus elemzéssel (Life-Cycle Analysis, LCA) összevetve, az LLCA szerinti értékelés az életciklus bármelyik elemére elvégezhető (4. ábra). Például egy adott termék előállításakor a technológia okozta légszennyezés többféle eljárással (a véggázok mosásával, kondenzációval, utóégetéssel stb.) csökkenthető. Az LLCA segítségével ezeket a változatokat mind helyi, mind globális környezeti hatás szempontjából össze lehet hasonlítani, és ki lehet választani a legkisebb környezeti hatással járó gázkezelést.

---

<sup>12</sup> Vignes RP: Use of Limited Life-Cycle Analysis for Environmental Decision-Making. Chemical Engineering Progress, February 2001, 40-54.



**4. ábra** A teljes (LCA) és a korlátozott életciklus elemzés (LLCA) összehasonlítása<sup>13</sup>

Mivel a szennyezési tényezőket általában a jogszabályokban rögzített határértékekből határozzák meg, az LLCA alkalmazásakor – közvetetten – egészségügyi és biztonsági kockázatok, politikai megfontolások, sőt esetenként még érzelmi-közhangulati tényezők is mérlegelésre kerülnek.

Az LLCA ugyan nem veszi figyelembe a környezetvédelmi intézkedések költségeit, de a módszerrel szerzett eddigi tapasztalatok arra utalnak, hogy legtöbbször a legkisebb környezeti hatással járó változatok a legolcsóbbak is.

Az LLCA módszer hasznosságát egy példán keresztül mutatjuk be. Németországban egy üzemet a hatóságok arra köteleztek, hogy az általa alkalmazott technológiában képződő, kevés (100 mg/l) peszticidet tartalmazó szennyvizet, a nulla kibocsátás érdekében, égetőműbe kell szállítania, és ott el kell égetnie. Mielőtt erre sor került volna, LLCA módszerrel a következő három kezelési változatot vizsgálták meg, és hasonlították össze: (1) a szennyvizet közvetlenül a közeli folyóba engedik, minden kezelés nélkül, (2) a szennyvizet az előírt módon elégetik, és (3) biológiai, majd aktív szenes kezelésnek vetik alá.

<sup>13</sup> Forrás: Uo.

Amint a hatáselemzés eredményeit összefoglaló 3. táblázatból 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, korábbi álláspontját felülbírálva, az égetés helyett a kombinált biológiai + aktív szenes kezelést írta elő az üzem számára.

**3. táblázat** Peszticid-tartalmú szennyvíz kezelési módszereinek összevetése az LLCA módszerrel számolt környezeti hatásegység (EIU) értékek alapján<sup>14</sup>

	<b>Kibocsátás kezelés nélkül</b>	<b>A szennyvíz elégetése</b>	<b>Biológiai + aktív szenes kezelés</b>
<b>Közvetlen emisszió</b>			
Peszticidek	15200	0	15
Teljes szerves szén, TOC	300	0	8
Kloridok	8	8	12
<b>A kezelés emissziója</b>			
Olajfogyasztás	0	23500	975
Villamos energia	0	7280	430
Szállítás	0	2470	50
<b>Összesített EIU</b>	<b>15500</b>	<b>33250</b>	<b>1490</b>

*Zöld kémia: ígéretes út a környezeti hatások csökkentésére*

Az emberi egészség és a környezet veszélyeztettsége nagymértékben csökkenthető, ha a vegyipari technológiáknál visszaszorítjuk a veszélyes anyagok felhasználását és előállítását. A zöld kémia a kémia célirányos alkalmazását jelenti a *környezetterhelés* megakadályozására, környezetbarát termékek és eljárások tervezésével és létrehozásával. A zöld kémia arra törekszik, hogy veszélyes anyagok helyett veszélytelen anyagokat használjon fel és állítson elő.

A zöld kémia elveit és gyakorlatát az elmúlt 10 évben mind nagyobb mértékben alkalmazzák világszerte. Terjedése alapvetően annak a felismerésnek köszönhető, hogy hosszútávon a környezetet nem veszélyeztető, és az egészségre ártalmatlan termékek a

<sup>14</sup> Forrás: Uo.

leggazdaságosabbak. A zöld kémia alapelvei 12 pontban foglalhatók össze,<sup>15</sup> a következők szerint:

1. Jobb megelőzni a hulladék keletkezését, mint keletkezése után kezelni.
2. A kémiai folyamatokban törekedni kell a kiindulási anyagok maximális felhasználására.
3. A vegyipari eljárások megtervezésekor olyan reakciókat célszerű kiválasztani, amelyekben az alkalmazott alapanyagok, a köztitermékek és a végtermékek nem mérgezőek és a természeti környezetre nem ártalmasak.
4. A vegyipari termékek tervezésénél törekedni kell arra, hogy a termékekkel szembeni használati elvárások teljesítése mellett mérgező hatásuk minél kisebb legyen.
5. Segédanyagokat (oldószereket, elválasztást elősegítő reagenseket stb.) a lehető legkisebb mennyiségben kell alkalmazni; amennyiben mégis szükségesek, környezetbarát anyagok legyenek.
6. Törekedni kell az energiateljesítmény visszacsökkentésére, a kémiai átalakításokat lehetőleg szobahőmérsékleten és atmoszférikus nyomáson kell végrehajtani.
7. Vegyipari alapanyagként megújuló nyersanyagokat kell használni.
8. Kerülni kell a felesleges származékkészítést.
9. Sztöchiometrikus reagensek helyett szelektív katalizátorok alkalmazására kell törekedni.
10. A vegyipari termékeket úgy kell megtervezni, hogy használatuk végeztével ne maradjanak a környezetben; ha valamilyen okból mégis ott maradnak, akkor bomlásuk a környezetre ártalmatlan termékek képződéséhez vezessen.
11. Új és érzékeny analitikai módszereket kell alkalmazni a vegyipari folyamatok folyamatos, helyszíni ellenőrzésére azért, hogy a veszélyes anyagok keletkezését idejében észlelni tudjuk.
12. A vegyipari folyamatokban olyan anyagokat kell használni, amelyek csökkentik a vegyipari balesetek (kémiai anyagok kibocsátása, robbanás, tűz) valószínűségét.

---

<sup>15</sup> Anastas PT, Warner JC: Green Chemistry: Theory and Praxis, Oxford University Press, Oxford, 1998. Barta K et al: A zöld kémia tizenkét alapelve, MKL 55, 173 (2000)

A zöld kémia a gyakorlatban tulajdonképpen a fenti 12 elv egységes alkalmazását jelenti a vegyipari termékek tervezésében, előállításában és felhasználásában. Jóllehet a 12 alapelv közül egyik-másik triviálisnak tűnik, együttesen gyakran csak akkor alkalmazhatók, ha a vegyipari termékeket és eljárásokat az alapoktól kiindulva, újszerű elvek szerint fejlesztjük ki. Az alábbiakban néhány megjegyzést teszünk az egyes alapelvekkel kapcsolatban.

**Ad 1.** A termelés szempontjából hulladéknak tekinthető minden olyan anyag, amelyet már nem lehet tovább hasznosítani, így az nem hogy profitot a termelőnek, sőt fizetnie kell a biztonságos elszállításért, tárolásért, és felelős lesz az esetleges, későbbi környezeti károkért is. Mivel a hulladék valamilyen formában tartalmazza a folyamatban használt, azaz előzetesen már megvásárolt anyagok egy részét, a hulladék újrahasznosítása (elválasztás, tisztítás, kémiai átalakítás) nem kívánatos ismételt kiadást jelent.

**Ad 2.** Általános gyakorlat a kémiában, hogy a reakcióegyenletekben csak a szintézis céltermékeit sorolják fel. A melléktermékekkel nem foglalkoznak, pedig azok elválasztása komoly problémát jelenthet egy ipari eljárásnál. Amennyiben a melléktermékek nem használhatók fel újra, akkor azok is hulladéknak számítanak. Egy zöld kémiai szempontból ideális eljárásnál az összes kiindulási atom megjelenik a termékben. Ezt egy olyan viszonyszámmal, az atomhatékonysággal lehet jellemezni, amely megmutatja, hogy a kiindulási anyagok atomjai milyen százalékban alakulnak át céltermékekké.

**Ad 3.** Amennyiben egy vegyipari technológiánál veszélyes és mérgező anyagokat használnak fel, nem zárható ki annak lehetősége, hogy a gyártás vagy a szállítás során baleset következik be (lásd Toulouse, 2001). A balesetek és az azokból származó egészségi és környezeti károk elkerülésének szokásos módja, hogy a lehető legkisebbre csökkentik a veszélyes anyagokkal való érintkezést. Jóllehet, a veszélyes és mérgező anyagokat használatának veszélyessége megfelelő védőruházat és biztonsági intézkedések alkalmazásával csökkenthető, a teljes biztonság nem garantálható. Célszerűbb tehát a veszélynek még a lehetőségét is kizárni a veszélyes kiindulási anyagok, termékek és folyamatok mellőzésével.

**Ad 4.** A zöld kémia fontos területe a biztonságos kémiai termékek tervezése és a tervezéshez szükséges módszerek kidolgozása, vagy továbbfejlesztése. A hagyományos kémia terméktervezés elsősorban az alkalmazhatóságot és így az eladhatóságot meghatározó tulajdonságokat (szín, sűrűség, viszkozitás szilárdság, kémiai reaktivitás

stb.) veszi figyelembe. A környezeti hatások vizsgálata gyakran csak a termékek széleskörű alkalmazása után kezdődik meg. A biztonságos vegyipari termékek tervezése során fontos szempont, hogy minimalizáljuk mind az emberre, mind a környezetre káros tulajdonságokat. Ennek eléréséhez az új termékek tervezése során az anyagok mikor- és makroszerkezete és a termék kívánt tulajdonsága, vagy funkciója közötti összefüggések becslése mellett, az emberre és a környezetre gyakorolt hatások szerkezetfüggését is figyelembe kell venni.

**Ad 5.** Szinte minden technológiában használunk olyan segédanyagokat, amelyek elősegíthetik a kémiai folyamatok lejátszódását, vagy a termékek elválasztását, de a termékekben nem jelennek meg. Az oldószerek például nem reagálnak a reakcióban résztvevő vegyületekkel, „csupán” azonos fázisban tartják azokat. Sok segédanyag oly mértékben része lett a mindennapi termelési gyakorlatnak, hogy sokszor csak megszokásból használják. Ez különösen igaz egyes oldószerekre és elválasztó reagensekre.

A segédanyagok is veszélyesek lehetnek, akár az emberre, akár a környezetre nézve. Gyakran használnak például oldószerként klórozott szénhidrogéneket (diklórmetánt, kloroformot, tetraklór-etilént, szén-tetrakloridot), amelyek általában rákkeltő hatásúak. Az aromás szénvegyületek, például a benzol, más mechanizmus szerint fejtik ki rákkeltő hatásukat, de a végeredmény ugyanaz. Egy további potenciális veszélyforrás, hogy egy új, látszólag veszélytelen segédanyag esetleges negatív tulajdonságai esetleg csak évek vagy évtizedek múlva derülnek ki.

Az oldószerekkel kapcsolatos probléma még az is, hogy a folyamat végén azokat el kell választani a termékektől. Ez általában energiaigényes műveletekkel, például desztillációval vagy kristályosítással történik. Amennyiben az elválasztás után az oldószer szennyezett marad, meg kell semmisíteni, vagy ha túl drága, tovább kell tisztítani, hogy újrafelhasználható legyen. Ezért a legjobb megoldás, ha nem használunk oldószert. Amennyiben az oldószer használata mégsem kerülhető el, olyan oldószert kell alkalmazni, amelyik könnyen elválasztható a terméktől.

**Ad 6.** Az energiatermelésnek és az energiafelhasználásnak súlyos környezeti hatásai vannak; a világ energiaigényének folyamatos növekedése miatt ez egyre komolyabb problémát jelent. Általános szabály, hogy minél kevesebb energia kell egy termék előállításához, annál versenyképesebb, mert az energia drágulása nem érinti olyan mértékben a termék árát, mint a kevésbé hatékony energiafelhasználással készülő versenytárs termékét.



**Ad 7.** A vegyipari termékek gyártása az alapanyagok kiválasztásával kezdődik. A legtöbb esetben már ez lépés meghatározza a technológia környezeti hatásait. Nem csak azt dönti el, hogy mennyire lesz veszélyes maga a termék, hanem azt is, hogy milyen nyersanyagból lehet azt gazdaságosan előállítani. A kiindulási anyag származhat kimerülő, vagy megújuló nyersanyagforrásból. A megújuló nyersanyagok tipikus képviselői a biológiai, főként a növényi eredetű anyagok. Ahol lehet, ezeket kell használni.

**Ad 8.** A vegyipari folyamatok lejátszódásához gyakran szükség van a résztvevő anyagok bizonyos tulajdonságának, például viszkozitásának, megoszlási hányadosának, gőznyomásának, vagy oldhatóságának folyamat közbeni változtatására. Ehhez rendszerint segédanyagokat használnak, amelyek az eredeti állapot visszaállítása után hulladékot képezhetnek.

**Ad 9.** Egy adott vegyipari termékhez vezető folyamat kiválasztásakor a katalitikus reakciók azért lehetnek előnyösebbek a sztöchiometrikus reakcióknál, mert a katalizátorok nem épülnek be a termékbe. Fontos hangsúlyozni, hogy zöld kémiai szempontból csak azok a katalitikus reakciók jöhetnek számításba, melyekben a termékszelektivitás, teljes konverzió is, közelít a 100%-hoz, és a katalizátor könnyen elválasztható a terméktől.

**Ad 10.** A környezetvédelmi szempontokat nemcsak a vegyipari termékek előállítása, hanem felhasználása során is, tehát a termékek teljes élettartamára érvényesíteni kell. Emiatt csak azok a vegyipari termékek tekinthetők környezetbarátnak, amelyek felhasználásuk után újból felhasználhatók, vagy ha nem, akkor viszonylag rövid idő alatt a környezetre ártalmatlan anyagokká bomlanak le.

**Ad 11.** A környezeti problémákkal kapcsolatban fontos alapelv: ami nem mérhető, azt nem lehet ellenőrizni, és így nem lehet szabályozni sem. A zöld kémia céljai között ezért olyan analitikai módszerek és technológiák kifejlesztése is szerepel, amelyekkel mérni lehet a veszélyes anyagok mennyiségét és mozgását az ipari folyamatokban és a természeti környezetben.

**Ad 12.** Nagyon fontos, hogy az új vegyipari folyamatok tervezésekor, az alkalmazott anyagok toxikussága mellett, a tűz- és robbanásveszélyes jelleg miatti kockázatokat is figyelembe vegyünk. Gyakran előfordul, hogy a szennyező anyagok kibocsátásának csökkentése növeli a véletlen balesetek előfordulásának valószínűségét. Az oldószerek újrahasznosítása ugyan csökkenti a szennyező anyagok kibocsátását, viszont többszörösére növelheti a tűz- és robbanásveszélyt. A biztonságos kémiai technológia

tervezésének egyik alapkövetelménye, hogy a kémiai balesetek fő okozói, azaz a gázok és az illékony folyadékok helyett kis tenziójú folyadékokat, vagy szilárd halmazállapotú anyagokat alkalmazzunk.

A zöld kémia bemutatott elveinek, és az ezeken alapuló tervezési, gyártási és felhasználási gyakorlatnak már a közeli jövőben nagy szerepe lehet a vegyipari technológiák és termékek alkalmazásából származó környezetterhelések drasztikusan csökkentésében. Ugyanakkor azt is világosan kell látni, hogy még számos kutatási és technológiai problémát kell megoldani ahhoz, hogy a zöld kémia nyújtotta elvi előnyöket a vegyipar a mindennapi gyakorlatban is teljesen ki tudja használni.

### *Környezetközpontú folyamattervezés*

Új vegyipari eljárások és technológiák kidolgozásakor a tervezők ma már hangsúlyosan veszik figyelembe 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 és környezeti célfüggvény és korlátozó feltételek alapján.

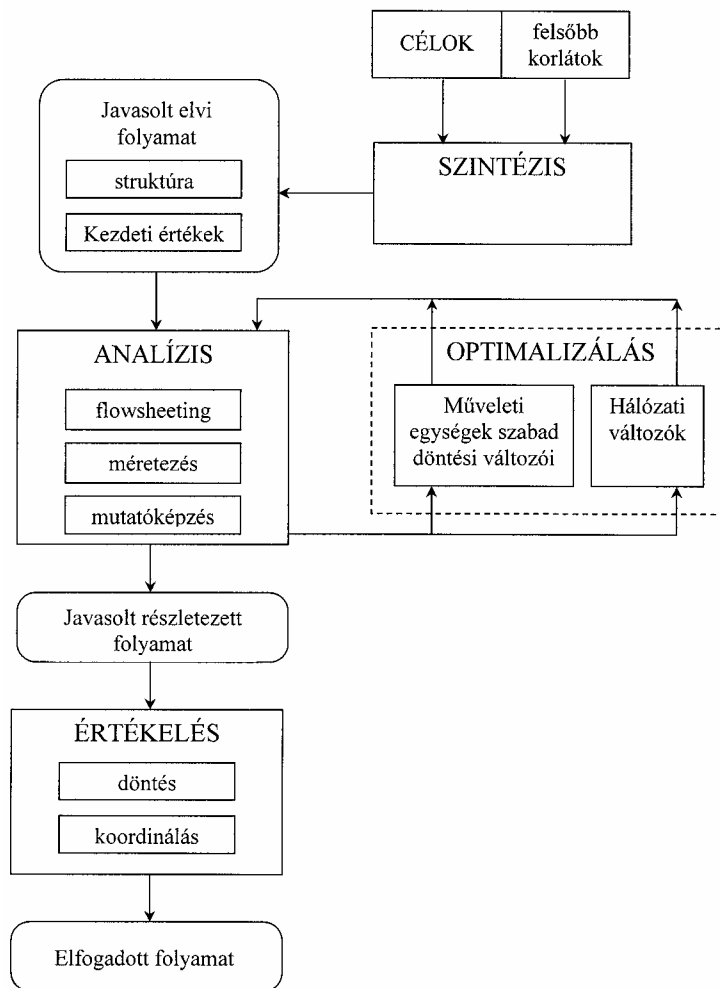
A vegyipari termelőfolyamatok megválasztása, a megvalósításokhoz szükséges berendezések és a köztük kialakítandó anyag, energia és információs hálózatok tervezése igen bonyolult feladat, mivel

- 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 és
- 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 energia-átalakító folyamatok mind teljesebb integrációjával.

A vegyipari folyamattervezés főbb mozzanatai a szintézis, az analízis, az optimalizálás és az értékelés (5. ábra). Új technológiák kidolgozásakor e mozzanatok közül mindenképpen a szintézisé a domináló szerep.

A szintézis típusú feladatok a szimulációs és irányításorientált rendszerproblémákhoz képest újszerű elméleteket és módszereket igényelnek. A szintézis során jelöljük ki a rendszert alkotó elemek számát, típusát, a szabad tervezési változók megengedett tartományát és kezdeti értékét, valamint a rendszer elemeit összekötő áramok kiindulási és végpontjait, továbbá az áramokat jellemző állapotter változóinak és a hálózati változóknak megengedett tartományát és kezdeti értékét.



**5. ábra** A folyamattervezés elvi vázlata

Mindez azt jelenti, hogy a szintézis során megtervezzük a vegyipari folyamatot megvalósító rendszer struktúráját (elemeinek számát és típusát, valamint az elemeket összekötő hálózat topológiáját), továbbá az adott struktúrájú rendszer szabad döntési változóinak egy, a javasolt folyamatra jellemző tartományát és kezdeti értékét.

A tervezés szintézis részét 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 5. 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 segédanyag-rendszerrel folytatódik, és 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, analízisével és értékelésével. A heurisztikus szabályok

- egyszerű természettudományos vagy műszaki-gazdasági tapasztalaton,
- kvalitatív mérnöki megfontolásokon, vagy
- kvantitatív megfontolásokon és numerikus vizsgálatokon

alapulnak. Ugyanakkor, éppen a heurisztikus szabályok bizonytalanságai és ellentmondásai miatt, az utóbbi években többen próbálkoztak e szabályok kvantitatív 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, valamint

- a hulladék anyagok és a hulladékenergiák célirányos felhasználása az anyag- és energia-átalakító folyamatok mind teljesebb integrációjával.

Ezeknek megfelelően a környezetközpontú folyamattervezés legnagyobb kihívása napjainkban már nem csupán a szintézisprobléma kombinatorikus kezelhetősége, hanem olyan anyag és energiahulladékokban szegény integrált műszaki kémiai eljárások kifejlesztése, amelyek az alrendszereket 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 hőkaszád-elmélete, az anyagintegrációs hálózatok komponens-kaszád elmélete, és az integrált megközelítés algoritmikus kezelése ún. vegyes-egészértékű programozással.

#### *Az energia- és anyagintegráció vezérlőelvei*

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

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

- az energiaintegráció hőkaszád elmélete,
- az anyagintegrációs hálózatok komponens-kaszád elmélete és
- az algoritmikus megközelítés.

A következőkben röviden ismertetjük ezeket a módszereket.

*Az energiaintegráció hőkaszád elmélete* módszert kínál az energiaveszteségek csökkentésére és az energia-visszanyerés maximálására. Lehetővé teszi a vegyipari rendszerek energiafogyasztásának csökkentését az áramok energiatartalmának gazdaságos felhasználásával, illetve visszaforgatásával. A módszer alapját képező ún. hőkaszád 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 hőmérséklethatárok 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 intervallumok energiafeleslegüket átadhatják az alacsonyabb hőmérsékletűeknek, de fordítva nem. Kiválasztva azonban a legnegatívabb fiktív hőátadást, és ennek megfelelő energiát közölve a rendszerrel, megalkotható olyan kaszkád, amelynek hőátadásai reálisak. Az így adódó fűtés és hűtés biztosan a rendszer minimális fűtése és hűtése, mert kevesebb külső hőforgalom esetén a kaszkádban valahol negatív hőátadást kapnánk. Azt a hőmérsékletet, melynél 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, és így az integrált technológiai rendszer összes költsége is becsülhető, sőt a technológiai kapcsolásokat is meg lehet előzetesen tervezni.

*Az anyagintegrációs hálózatok komponenskaszkád elmélete* lehetőséget teremt bizonyos nemkívánatos komponensek racionális kinyerésére, azáltal, hogy ún. *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, továbbá
- az áramok csatolását és műveletek hálózatának struktúráját 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, valamint

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

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

A vegyipari folyamatok beható ismeretén és a mérnöki tapasztalatokon alapuló heurisztikus szabályok alkalmazása már a folyamattervezés elején lehetőség ad szelekcióra, ezzel a rendszerprobléma kezelhetővé válik. A hő- és komponensszakad 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 ún. *algoritmikus megközelítés*, amely a folyamatszintézis problémáját matematikailag egy *vegyes egészértékű – nemlineáris programozási feladatként* fogalmazza meg.

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

Az algoritmikus megközelítésnél a folyamattervezést általában szekvenciális lebontással, két lépésben kezelhetjük. A nemlinearitásokat a folytonos változókra korlátozva az integer változókat az első lépésben lineáris programozással rögzíthetjük, és csak a második lépésben vesszük figyelembe a nemlinearitásokat.

### **1.3. Környezetterhelést csökkentő fejlesztések a magyar vegyiparban**

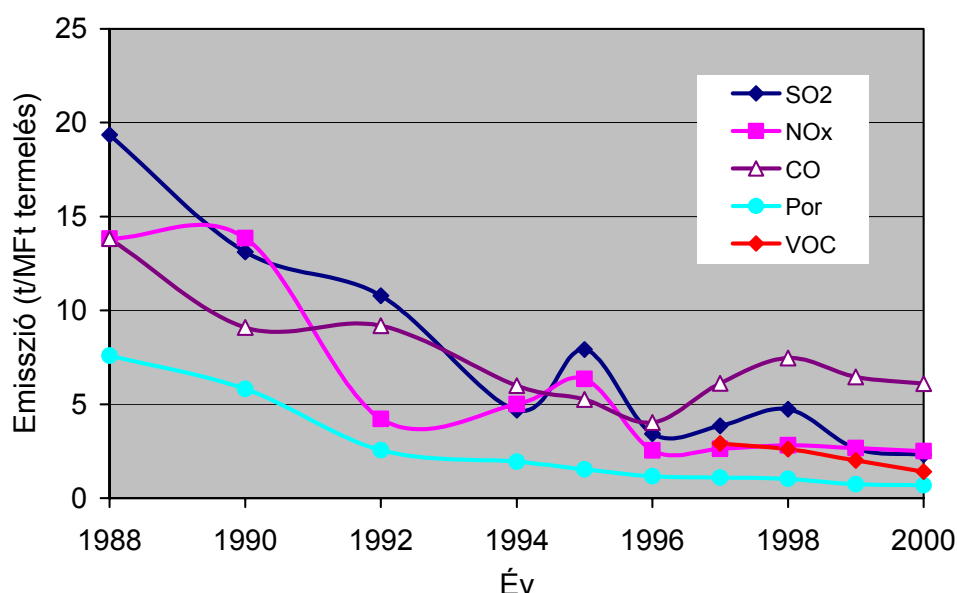
A vegyipar elmúlt 10 évben végbement szerkezeti átalakulása, az iparág nagy részének magánkézbe kerülése, valamint az EU-s csatlakozásunk kapcsán egyre hangsúlyosabbá váló környezetvédelmi problémák miatt, a vegyipari üzemek okozta környezetterhelések, és az ezek csökkentésére hozott intézkedések lassan 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 környezetterhelés<sup>16</sup> az utóbbi másfél évtizedben jelentősen csökkent (6. ábra). Ebben nemcsak annak volt szerepe, hogy számos, korszerűtlen

---

<sup>16</sup> Várhegyi M: Környezetvédelem, biztonságtechnika. A Magyar Vegyipari Szövetség 2002. január 24-i ülésén elhangzott előadás

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 az emittált anyagok között. Itt jellemzően azzal – a korábban már említett -esettel állunk szemben, amikor az elemzési módszerek fejlődésének eredményeként korábban nem elemzett, vagy ki nem mutatott szennyezők követésére nyílik lehetőség.



**6. ábra** A hazai vegyipar fajlagos emissziójának alakulása 1988-1999 között<sup>17</sup>

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.

*Tiszta technológiák kialakítása membránműveletekkel: levegő aceton-mentesítése zárt technológiával*

A membrántechnika többféle, gáz és folyékony halmazállapotú szennyezett fluidumok kezelésére alkalmas, hatékony szétválasztási művelet összefoglaló elnevezése.

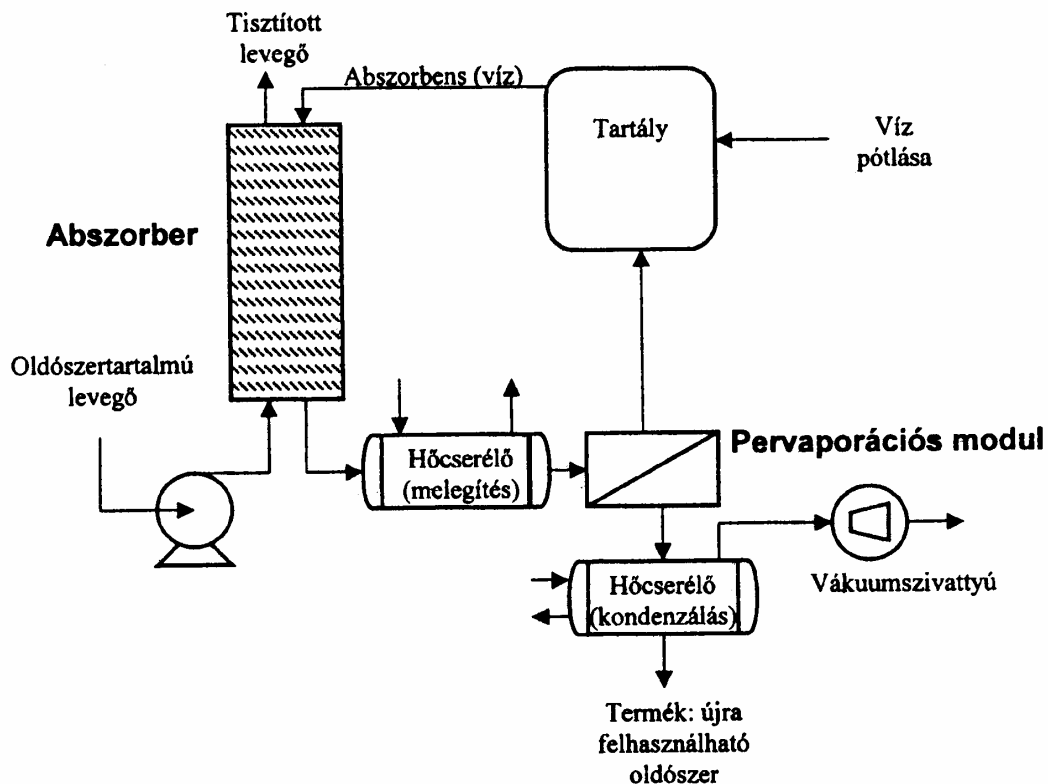
A membrántechnika alkalmas lehet például vegyi üzemek levegőjének tisztítására. Környezetvédelmi és munkavédelmi előírások miatt ugyanis az üzemcsarnokok levegőjéből el kell távolítani az oldószergőzöket. Gazdasági megfontolások alapján

<sup>17</sup> Forrás: Uo.



pedig a visszanyert szerves anyagokat a technológiai folyamatokban újra hasznosítani kell.

Egy hazai fejlesztésű, töltetes adszorberből és membrántechnikát alkalmazó pervaporációs modulból álló rendszerrel<sup>18</sup> (7. ábra) például óránként 1000 m<sup>3</sup> 20000 ppm acetont tartalmazó levegő kezelhető oly módon, hogy acetontartalma 200 ppm-re csökken. A zárt, tiszta technológia két kimenő anyagárama (i) tisztított levegő, amelynek oldószertartalma kisebb a környezetvédelmi előírásnál és (ii) tömény permeátum, amely oldószerként újra hasznosítható. A technológiánál alkalmazott mosóvíz, acetontisztítás után, szintén újra felhasználható.



7. ábra Levegő acetontisztítása abszorber és pervaporációs modul összekapcsolásával

A 7. ábrán látható, 1000 m<sup>3</sup> 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. Az acetont visszanyeréséből, a környezeti terhelés csökkentésén túlmenően, ugyanakkor évente 25 MFt „termelési érték” származik.

### *MOLOX eljárás: szulfid- és merkaptán-tartalmú finomítói szennyvizek ártalmatlanítása*

A kőolaj finomításakor több résztechnológiánál is megjelennek igen magas kémiai oxigénigényű, toxikus és intenzív bűzhatású veszélyes hulladékok. Ezek közé tartoznak az ún. fáradt MEROX-lúgok, amelyek akkor képződnek, amikor a benzin-típusú üzemanyagokban oldott kén-hidrogént és merkaptánokat nátrium-hidroxid vizes oldatával távolítják el. A MEROX-lúgok erősen toxikusak, 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,<sup>19</sup> amelyet MOLOX eljárás néven szabadalmaztattak is. A szennyvíztisztítási technológiákban alkalmazott kémiai módszerek lényege, hogy a szerves és szervesetlen 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<sub>2</sub> alapú katalizátor alkalmazásával, folyamatos üzemmódban, a MEROX-lúgok kémiai oxigénigényét 97%-kal, szulfidtartalmát 99,99%-kal lehet csökkenteni.

A technológiát üzemi méretben a Dunai Finomítóban fogják megvalósítani, 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

---

<sup>18</sup> Békássyné Molnár E, Vatai Gy: A membrántechnológia környezetvédelmi alkalmazásai. MKL 56, 369 (2001)

<sup>19</sup> Isaák Gy, Kovács I, Petró J: Nagy szulfid- és merkaptántartalmú finomítói szennyvizek ártalmatlanítása. MKL 57, 93(2002)

kémiai oxigénigényű (sok szerves anyagot tartalmazó) szennyvizének 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 szerves vegyiparban 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 eljárást<sup>20</sup> 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 redukciónál kén-savas kezelést követően a reakcióelegyben lévő különböző szerves szennyeződések extrakciója következik. Az extrakcióhoz felhasznált oldószert desztillációval visszanyerik. Az extrahált oldatot számított mennyiségű lúggal, általában nátrium-hidroxiddal kezelve, végtermékként bázikus króm-szulfátot tartalmazó oldatot kapnak. Az oldat krómtartalma 15-20%, bázikussága 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 jelentősen 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,

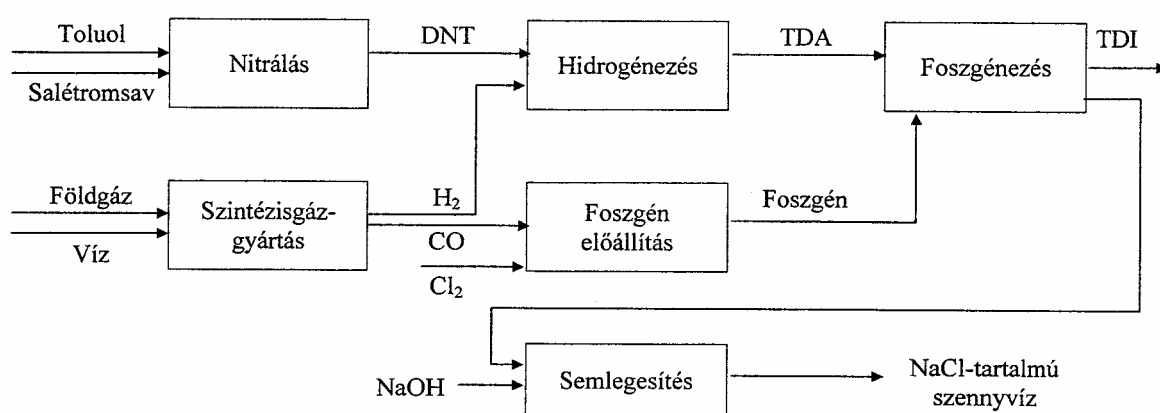
---

<sup>20</sup> Szabó L: Nehézfém tartalmú melléktermék kinyerése újrahasznosítható formában. MKL 55, 423

- a felhasznált anyagok nagy része a technológiai folyamatba visszaforgatható, így
- csak minimális mennyiségben kerül szennyezőanyag a környezetbe.

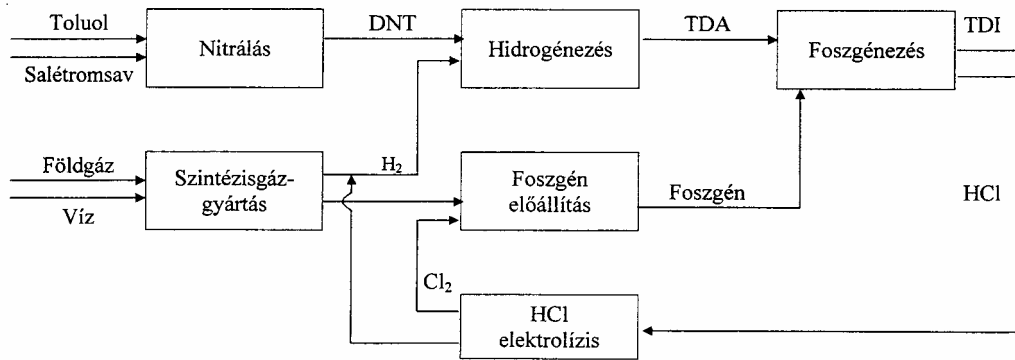
### *Vegyipari folyamatok környezetközpontú integrációja*

A poliuretán ipar egyik fő alapanyagának számító izocianátokat kémiai és fizikai átalakításokat egyaránt alkalmazó, többlépcsős technológiával állítják elő. A korábbi integrálatlan üzemekben a foszgézésnél keletkező sósav mellékterméket nátronlúggal semlegesítették (8. ábra). Az ekkor képződött sós szennyvíz komoly környezetterhelést okozott.



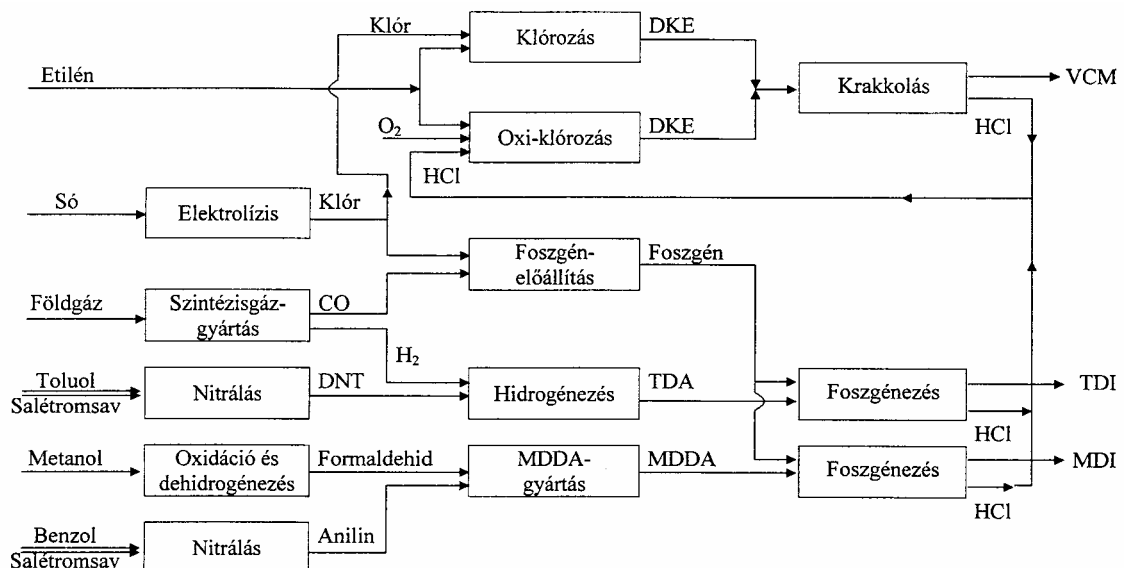
**8. ábra** A korábbi, integrálatlan TDI eljárás (TDI – toluilén-diizocianát, DNT – dinitrotoluol, TDA – toluilén-diamin)

A modern integrált üzemekben a semlegesítés helyett a sósavból, mint melléktermékből elektrolízissel hidrogént és klórt állítanak elő, amelyeket a hidrogénezésnél, illetve a foszgényártásnál alapanyagként használnak fel (9. ábra). Az ábrán látható hulladékhasznosítást a német BAYER AG öt üzeménél valósították meg, és az mind gazdasági, mind környezetvédelmi szempontból sikeresnek bizonyult.



9. ábra A BAYER cég környezetközpontú, integrált TDI eljárása (TDI – toluilén-diizocianát, DNT – dinitro-toluol, TDA – toluilén-diamin)

A vegyipari termelés komplex integrációjára szép példa a BorsodChem Rt izocianát-gyártásának és PVC vertikumának összehangolása. A közös klór- és foszgén-alapú eljárások mellett, itt három különböző eljárásnál (DKE-krakkolás, TDA-foszgénezés és MDDA-foszgénezés) 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 (10. ábra).



10. ábra Egy környezetkímélő technológiai megoldás: a VCM, TDI és MDI gyártás integrációja a BorsodChem Rt-nél (VCM – vinil-klorid monomer, TDI – toluilén-

diizocianát, MDI – metilén-difenil-diizocianát, DNT – dinitro-toluol, TDA – toluilén-diamin, DKE – diklór-etán, MDDA – metilén-difenil-diamin)

Az ún. *integrált szennyezés-megelőzés ellenőrzés* elv szerint ily módon 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 szennyvizet előkezelik, majd az anyagintegráció elvének megfelelően a központi szennyvíztisztítóba küldik. A foszgén légtérbe jutásának megakadályozására pedig véggáz kezelő rendszert létesítettek.

#### **1.4. Javaslatok**

- Az 1990-es évek drámai szerkezetváltozásait követően az évezred végére a hazai vegyipar helyzete stabilizálódott. A magyar vegyipar továbbra is a hazai gazdaság kiemelt fontosságú szereplője. A feldolgozóiparon belül, a maga mintegy 20%-os részesedésével, a harmadik helyet foglalja el.
- A vegyipart a szűkebb közvélemény – elsősorban a korábbi, kedvezőtlen tapasztalatok alapján – még ma is a környezetet nagymértékben igénybe vevő, esetenként túlzottan terhelő iparágak között tartja számon. Ma már ez a vélekedés többnyire nem helytálló: a hazai vegyiparban bekövetkezett szerkezeti átalakulások és technológiai korszerűsítések hatására, jelentősen csökkent a magyar vegyipari cégek által okozott környezetterhelés, és előrehaladt a korábbi környezeti károk felszámolása is.
- Az utóbbi időben a környezeti szempontok kiemelt hangsúlyt kapnak mind a meglévő vegyipari technológiák működtetésekor, mind pedig új eljárások tervezésekor.
- A környezet aktív védelme egyre inkább a hazai vegyipar gyakorlat integráns elemévé válik. Ezzel összefüggésben számos hazai fejlesztési eredmény született a potenciális szennyező anyagok forrásoknál történő csökkentésére, a nyersanyag- és

energiafelhasználás mérséklésére és a termelési hulladékok, valamint az elhasznált termékek újrahasznosítására.

- Magyarország EU csatlakozásának kapcsán a környezetvédelmi fejlesztések további kiteljesedése várható. Számos területen van kifejezett igény környezetvédelmi irányultságú technológiai kutatásokra és fejlesztésekre annak érdekében, hogy megfeleljünk az Európai Közösség által megfogalmazott kívánalmaknak. Ide tartozik – 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 és környezeti kémiai kutatások és fejlesztések jelentős szerepet vállalhatnak a fenti célok elérésében. A következő időszakban – véleményünk szerint – a hazai kutatásokat a következő témakörökre célszerű koncentrálni:

#### ***A) Környezeti kémiai területen***

- a légszennyeződés összetevőinek vizsgálata, a szennyező források megoszlásának és a szennyező komponensek terjedésének modellezése és mérése,
- a légkörben lezajló kémiai és fotokémiai folyamatok kutatása,
- szennyezőanyagok kötődésének, terjedésének és átalakulásainak vizsgálata természetes és szennyvizekben, valamint talajokban,
- környezeti figyelő (monitoring) és szabályozó rendszerek fejlesztése, kialakítása és működésük optimálása,
- környezetbiztonsági kutatások; kockázatelemzési módszerek adaptációja és fejlesztése a vegyipari eljárások különleges esetekben várható környezeti hatásainak előrejelzésére,
- intenzív fizikai, kémiai és biotechnológiai módszerek kutatása és fejlesztése nehezen bontható szennyvizek kezelésére,
- nehézfémeket tartalmazó ipari és egyéb hulladékok hasznosítási módszereinek kutatása,

#### ***B) Műszaki kémiai és eljárás-tani területen***

- a környezetkímélő folyamattervezés megvalósításával és a technológiák anyag- és energiaintegrációjával kapcsolatos kutatások,

- a hulladékképződés megelőzését, a zöld kémia elveinek és gyakorlatának hazai elterjesztését 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 szinergizmus kihasználása a környezeti terhelések csökkentésére,
  - kutatások a környezet állapota és az életminőség közötti kapcsolatok részleteinek felderítésére,
  - alacsony költségigényű környezetvédelmi megoldások kidolgozása,
  - a környezetvédelmi intézkedések komplex értékelésére szolgáló metodikák fejlesztése.
- A vegyiparhoz szorosan kapcsolódó további terület olyan módszertani fejlesztések kutatása és megvalósítása, amelyek révén a környezeti menedzsment, a környezeti hatások figyelembe vétele és azok csökkentésének igénye a vállalatok stratégiájának alapvető és kikerülhetetlen elemévé válik, és beépül a cégek üzleti tevékenységébe az alapanyagok beszerzésétől a kész termékek kiszállításig, sőt azok egész élettartamát tekintve.
  - A hazai ipar igényli azokat a jól felkészült szakembereket, akik alkotóan képesek részt venni a meglévő technológiák anyag- és energiatakarékos továbbfejlesztésében, továbbá az új, komplex, környezetközpontú szemlélet alapján kifejlesztett technológiák bevezetésében. A modern felsőfokú képzés feladata az iparban hatékonyan dolgozó szakemberek kiképzésén túlmenően az is, hogy a kreatív személyiségeket igénylő, alkotó jellegű műszaki kémiai kutatásokhoz megfelelően felkészített fiatal szakemberek kerüljenek ki az egyetemekről. Ez azért is fontos, mert a hagyományos mérnöki diszciplinákon túlmutató új ágazatok jelentek meg a műszaki kémiában és ezen keresztül a vegyiparban is. Ezek közé tartozik a műszaki informatika, a rendszer- és irányításelmélet, a kibernetika stb. . A műszaki kémiai kutatások és a vegyipari fejlesztések jelenlegi fő irányai már a közeli jövőben olyan területek felé tolódnak el, mint a számítógéppel segített folyamatmérnökség, a



rendszeranalízis, a nemlineáris folyamatrendszerek termodinamikai alapú modellezése, valamint a folyamatszintézis.

- Erősíteni kell az egyetemek, az akadémiai kutatóhelyek és az ipar közötti kutatási-fejlesztési kapcsolatokat. Fontosnak tartjuk, hogy a vegyipari technológiai kutatások minél több ponton kapcsolódjanak európai keretprogramokhoz.
- A hazai fejlesztések egyik akadály, hogy jelenleg nincs Magyarországon olyan kutatóintézet, amely főhivatásszerűen foglalkozna műszaki kémiai és vegyipari kutatási és fejlesztési problémák megoldásával, különös tekintettel a káros környezeti hatások csökkentésére. Szakmai körökben általánosan elfogadott vélemény szerint ezen a helyzeten változtatni kell, mégpedig célszerűen egy műszaki kémiai kutatásokkal foglalkozó akadémiai kutatócsoport megalakításával.

## **2. A magyar vegyipar környezetvédelmi helyzete és környezeti menedzsmentjének változása (Harangozó Gábor)<sup>21</sup>**

Dolgozatomban az előző tanulmánnyal ellentétben nem technológiai nézőpontból, hanem egyrészt a vegyipar makroszintű szennyezőanyag emissziója, másrészt a vállalatok által alkalmazott környezeti menedzsment felől közelítem meg a vegyipari környezetvédelem kérdését.

Először a hazai vegyipar lég- és vízszennyezésének alakulását vizsgálom meg időbeli és nemzetközi összehasonlításban. Ezután röviden bemutatom a különböző környezetközpontú irányítási rendszereket és szerepüket a magyar vegyiparban. Ezt követően egy kérdőíves felmérés eredményeire támaszkodva elemzem a hazai vegyipari nagyvállalatok környezeti menedzsmentjét illetve ennek változásait az utóbbi tíz évben.

### **2.1. A magyar vegyipar környezetvédelmi teljesítménye emissziós adatok alapján**

#### *Légszennyezés*

Először a magyar vegyipar által 1990-től 1999-ig kibocsátott főbb légszennyező anyagok vizsgálatát végzem el. Ez az elemzés mindvégig a TEÁOR szerinti 24-es kategóriára vonatkozik, azaz ide tartozik például a vegyi- és műanyagipari alapanyagok gyártása, a gyógyszergyártás, de nem tartozik ide a kőolaj-feldolgozás, a gumigyártás, stb. Az ily módon értelmezett vegyipar légszennyezőanyag emisszióinak alakulását a 1. ábra mutatja (a grafikon alapjául szolgáló adatok az 1. mellékletben találhatóak<sup>22</sup>)

A grafikon a magyar vegyipar termelési volumenét és a felsorolt légszennyező anyagoknak az iparági összes kibocsátását követi nyomon, az 1990-es állapothoz viszonyítva<sup>23</sup>. Az ábrából látható, hogy a magyar vegyipar termelése az 1990-es évek elején erősen visszaesett, az évtized második felében a termelés az 1990-es szint 80%-a

---

<sup>21</sup> A tanulmány a szerző szakdolgozatának rövidített változata.

<sup>22</sup> Adatok forrása:

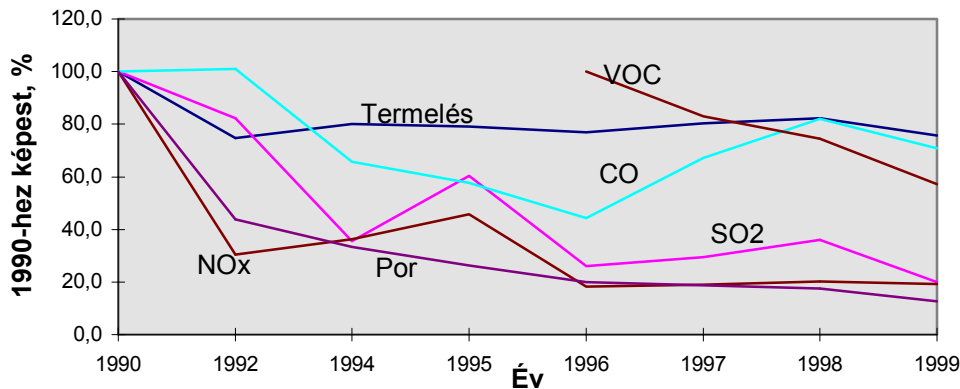
Hungarian Chemical Industry 2001/2002 edition, kiadja: Magyar Vegyipari Szövetség

Responsible Care Report 2000, kiadja: Európai Vegyipari Szövetség (CEFIC)

<sup>23</sup> Az illékony szerves anyagok (VOC) kibocsátására vonatkozóan csak 1996-tól kezdve állnak rendelkezésre adatok.

körül alakult. Ez önmagában is a szennyezés csökkenésének irányába mutat („ajándékhatás”).

**Az egyes légszennyezőanyagok és a termelési volumen alakulása a magyar vegyiparban 1990-hez képest %-ban**



**1. ábra**

Az emissziós adatokat tekintve azonban látható, hogy a kibocsátási értékek a termelés visszaesésénél jóval nagyobb mértékben csökkentek. A kéndioxid (SO<sub>2</sub>) és a különféle nitrogén-oxidok (NOx) emissziója 1999-re az 1990-es szint ötödére esett vissza. Ugyanez az érték a szén-monoxid (CO) esetében az 1990-es érték 70%-a, míg a por esetében a nyolcada. Sajnos az illékony szerves anyagok (Volatile Organic Compounds, VOC) kibocsátására vonatkozó adatok csak 1996-tól kezdve álltak rendelkezésre, de így is elmondható, hogy ebben az időszakban a vegyipar összes VOC emissziója majdnem a felére csökkent.

Egyértelmű, hogy ekkora mértékű szennyezés csökkenést nem lehet kizárólag a termelés visszaesésével indokolni. Ebben óriási szerepet játszott a rendszerváltás utáni, a gazdaság szerkezetében lejátszódó átalakulás, amely a vegyiparban is jelentős mértékű volt. Az elavult technológiával működő, nem hatékony és leginkább szennyező – az esetek többségében nagymértékben veszteséges – vállalatok közül sok tönkrement és végleg befejezte működését. Az életben maradó illetve a főleg külföldi tőkével újonnan alapított vállalatok pedig a piaci kihívásoknak megfelelni próbálva igyekeztek minél inkább hatékonytá tenni termelésüket és megfelelni a szigorodó hatósági és társadalmi elvárásoknak. A magyar vegyipar vállalatai az utóbbi időben több tízmilliárd forintot

fordítottak különböző környezetszennyezést csökkentő technológiai fejlesztésekre – igaz ugyan, hogy nagyrészt csővégi megoldásokra<sup>24</sup>.

A hazai adatok időbeli alakulásának áttekintése után néhány légszennyező anyag emisszióját tekintve nemzetközi összehasonlításban is megvizsgálom a magyar vegyipar teljesítményét. Az itt vizsgált anyagok – SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC – azok, amelyek szerepelnek a későbbiekben még részletesebben bemutatott Responsible Care program keretében végzett adatgyűjtésben és kimutatásokban. Az azonos forrásból származó adatok előnye, hogy nagyobb biztonsággal hasonlíthatóak össze egymással.

A nemzetközi összehasonlítás során olyan mutatókat igyekszem kiszámítani, amelyek a szennyezést különböző nézőpontokból mutatják be, talán a többoldalú megközelítéssel árnyaltabb kép kapható. Vizsgálom egyrészt a kibocsátások abszolút értelemben vett mennyiségét, de ezenkívül a vegyipar 1 millió Euro forgalmára<sup>25</sup> valamint az adott ország 1 millió lakosára és 1000 négyzetkilométernyi területére vetített szennyezést is. Itt szót kell ejtenem arról, hogy a fejlett és kevésbé fejlett országok közötti vita is hasonló dimenziók mentén zajlik, amikor arról van szó, hogy ki szennyezi jobban a környezetet. A kevésbé fejlett országok azt vetik a fejlettek szemére, hogy ők abszolút értelemben, vagy mondjuk egy lakosra vetítve sokkal többet szennyeznek. A fejlett országok pedig azzal vágnak vissza, hogy az ő szennyezésük sokkal „hatékonyabb”, egy egységnyi GDP-re, vagy termelésre vetítve sokkal alacsonyabbak a szennyezőanyag emissziós értékeik.

Hangsúlyoznom kell, hogy az általam elvégzett nemzetközi összehasonlítás a több mutató kiszámítása ellenére is inkább csak becslés, mert a teljes iparági adatok csak néhány ország esetében álltak rendelkezésre. A többi esetben a Responsible Care programban résztvevő vállalatok adatai alapján becsültem az iparági adatokat. Az a fő rizikófaktor, hogy az így kihagyott vállalatok fajlagosan jobban vagy kevésbé szennyeznek-e, mint a Responsible Care programban szereplők. Mivel azonban a legtöbb országban RC program a vegyipar túlnyomó részét érinti, ez a becslés véleményem szerint elfogadható. Ezt támasztja alá az is, hogy Magyarország – mint kiemelt ország a mostani vizsgálatnál – adatai a teljes iparágra vonatkoznak.

---

<sup>24</sup> Responsible Care Workshop, Lisszabon, 2000. szeptember 18-19., 1.o., kiadja a Magyar Vegyipari Szövetség.

<sup>25</sup> Talán ebben az esetben szerencsésebb lett volna a hozzáadott értéket használni vetítési alapként, de ez országankénti és iparágankénti bontásban nem állt rendelkezésemre.

Az egyes mutatók különböző országokra vonatkozó értékei a 2. mellékletben található, az alábbi táblázat csak a magyar és az átlagos adatok hányadosát mutatja százalékos formában<sup>26</sup>:

1. táblázat	<i>A magyar vegyipar légszennyezése a vizsgált országok átlagához képest, %</i>		
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	VOC
1999			
<b>Kibocsátás (tonna)</b>	10,6	19,8	13,4
<b>Kibocsátás/nettó árbev. (t/MEur)</b>	141,8	201,5	154,6
<b>Kibocsátás/lakosságszám (t/Mfő)</b>	23,1	42,9	34,4
<b>Kibocsátás/terület (t/1000km<sup>2</sup>)</b>	26,7	49,7	36,2

Így tehát a különböző légszennyezési emissziókat összehasonlítottam más országok hasonló adataival. A vizsgált nemzetközi minta főleg a nyugat-európai országokat tartalmazta, ezen kívül néhány közép-kelet-európai országot (Magyarország, Csehország, Szlovákia, Lengyelország) valamint Törökországot. Elmondható, hogy a magyar kibocsátási adatok jóval alacsonyabbak az európai átlagnál<sup>27</sup>, mindhárom vizsgált légszennyező anyag esetében a hazai érték az átlag 10 és 20%-a között vannak. Ez kedvező ugyan, de itt nem szabad messzemenő következtetéseket levonnunk, az is lehet például, hogy csak az ország viszonylag kis mérete miatt ilyen jók az adatok.

Ha a szennyezést a forgalomra vetítjük, látható, hogy a magyar vegyipar átlagosan 1,5-2-szer annyi légszennyező anyagot bocsát ki ugyanakkora forgalom eléréséhez. Ez jelenthet valamekkora hatékonyságbeli hátrányt a nyugat-európai országokhoz viszonyítva, de ha figyelembe vesszük, hogy nálunk az árszínvonal alacsonyabb, mint a vizsgált országoknál átlagosan, ez csökkentheti ezt a hátrányt.

Azt is láthatjuk, hogy egységnyi lakosságszámra illetve területre vetítve a magyar adatok szintén kedvezőbbek az átlagnál, a vizsgált szennyezőanyagok mindegyikénél az átlag negyede és fele között vannak, bár minden esetben magasabbak, mint az abszolút szennyezés hasonló adatai.

<sup>26</sup> A számított adatokhoz az alapadatok forrása: 1. CEFIC, 2. Responsible Care Report, Europe, 2000, 3. Cartographia Világatlasz, 2001/2002, Budapest.

<sup>27</sup> A korábbiak figyelembe vételével ez inkább nyugat-európai átlagot jelent.

*Összességében elmondható, hogy a magyar vegyipar légszennyezése a rendszerváltás óta nagymértékben csökkent, a kedvező hazai tendencia mellett nemzetközi összehasonlítást tekintve sem mondható rossznak a helyzet.* A viszonylag kedvező kép kialakulásának részben a termelés csökkenése is oka, de emellett kiemelkedő szerepe van a kedvező irányú, a hatékonyságot növelő strukturális átalakulásnak. Itt kell megjegyezni, hogy a fenti pozitív változások egyáltalán nem jelentik azt, hogy hazánkban a levegő minősége ilyen mértékben javult volna. Igaz ugyan, hogy a többi iparágban is többé-kevésbé hasonló irányú változások következtek be, de a például a motorizáció nagymértékben megnövekedett. Ez mindenképpen a légszennyezés növekedése irányába hat, még ha a hazai gépjárműpark átlagos műszaki állapota javult is valamit. Tehát a levegőminőség javítása érdekében még sok a tennivaló<sup>28</sup>, a vegyipar mindenesetre jó irányban halad.

### *Vízszenyezés*

A légszennyezéssel ellentétben a vízszennyező anyagokról nem álltak rendelkezésre viszonylag hosszabb időtávra vonatkozó adatok, így az időbeli összehasonlítást csak az 1996-tól 1999-ig terjedő időszakra tudtam elvégezni. Ezen a területen nitrogén-szenyezés és a kémiai oxigén-igény (KOI) vizsgálatát végeztem el, ezt szemlélteti a 2. ábra (az alapadatok a 3. mellékletben láthatók<sup>29</sup>):

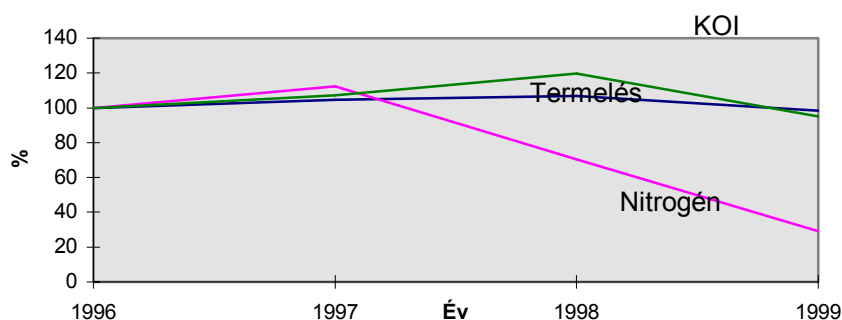
Bár az ábra alapján nem derül ki, hogy az 1990-es évek elejéhez képest milyen irányú és mekkora változás következett be a szennyezésben, látható, hogy az utóbbi években a vegyipari vízszennyezést tekintve a nitrogén-kibocsátás erősen, míg a kémiai oxigén-igény is egy kicsit csökkent. A termelési volumen lényegesen nem változott a vizsgált időszakban. Így tehát azt lehet elmondani, hogy 1996 és 1999 között a nitrogén-szenyezés mind abszolút, mind pedig a termelés volumenéhez képesti relatív mennyisége jelentősen csökkent, a KOI esetében egyik területen sem történt jelentős változás.

---

<sup>28</sup> Arról nem is beszélve, hogy a légszennyezés a legtöbb szennyező esetében globális vagy legalábbis regionális probléma, azaz jelentős előrelépést csak akkor lehet elérni, ha a többi ország is eredményeket ér el a kibocsátások csökkentése terén.

<sup>29</sup> Az alapadatok forrása: Responsible Care Report, Europe, 2000.

### A magyar vegyipar vízszennyezésének és termelési volumenének változása



2. ábra

A nemzetközi összehasonlítást a vízszennyezés esetében is a Responsible Care programban kiemelten kezelt területeken – jelen esetben a foszfor, a nitrogén, a KOI és a nehézfémek – végeztem el. A vizsgált országok köre most is ugyanaz, mint a légszennyezés esetén volt, ugyanazokat a mutatókat is számoltam ki, emellett ugyanazokkal a megfontolásokkal is kell élni az eredmények értelmezésénél. Az egyes országok adatai a 4/A és B mellékletekben láthatók. A magyar adatok viszonyát a vizsgált országok átlagához az 2. táblázatban foglaltam össze<sup>30</sup>:

2. táblázat

*A magyar vegyipar vízszennyezése a vizsgált országok átlagához képest, %*

1999	Foszfor	Nitrogén	KOI	Nhézfém
<b>Kibocsátás (tonna)</b>	2,5	10	16,4	12,5
<b>Kibocsátás/nettó árbev. (t/MEur)</b>	25,2	103,6	186,2	145,8
<b>Kibocsátás/lakosság (t/Mfő)</b>	5,8	23,6	38,8	32,3
<b>Kibocsátás/terület (t/1000km<sup>2</sup>)</b>	6,2	25,1	41,3	33,9

Az adatokat összehasonlítva a légszennyezéshez hasonlóan itt is az látszik, hogy a magyar vegyipar abszolút szennyezése mind a négy vizsgált esetben jóval kisebb, mint a legtöbb más országé az elemzett mintában. Ez leginkább a foszforszennyezés esetén van így, de még a szennyvíz kémiai oxigén-igényét tekintve is alig haladja meg a

<sup>30</sup> A számításokhoz felhasznált adatok forrásai: 1. CEFIC, 2. Responsible Care Report, Europe, 2000, 3. Cartographia.

magyar adat az átlag 16%-át. Itt sem szabad azonban túlzott következtetéseket levonni, érdemes még különböző relatív mutatókat is kiszámítani.

Ha az egységnyi nettó árbevételre jutó szennyezést, azaz a „szennyezési hatékonyságot” vizsgáljuk, már megoszlik a kép. A foszforszennyezés esetében itt is kedvezőek az adatok. A többi esetben valamivel kedvezőtlenebb a magyar helyzet az átlagosnál, de az egységnyi forgalomra jutó szennyezés még a kémiai oxigénigény esetében is az átlag kétszerese alatt marad. A magyarázat ebben a három esetben is hasonló lehet, mint a légszennyezési adatoknál. Egyrészt elképzelhető, hogy a Magyarországon alkalmazott technológia egy kicsit korszerűtlenebb, másrészt ezt a hátrányt részben az itthoni alacsonyabb árszínvonal is okozhatja (azonos forgalomhoz többet kell termelni, ami ugyanakkor több szennyezéssel is jár).

A népességre és az ország területére vetített szennyezési adatok a légszennyezéshez hasonlóan jóval kedvezőbbek az átlagnál, de valamivel rosszabbak az abszolút kibocsátás hasonló értékeinél.

A vízszennyezési adatokat tekintve összességében elmondható, hogy a magyar vegyipar vízszennyezése az utóbbi időszakban csökkent mind abszolút értékben, mind pedig a termelés volumenéhez képest. Az is látható, hogy nemzetközi összehasonlításban is alacsonynak mondhatóak a magyarországi emissziós értékek. Ez leginkább a foszforszennyezés esetében van így, ami talán betudható annak is, hogy a műtrágyagyártás visszaesése mellett a másik jelentős foszforszennyező, a mosó- és tisztítószergyártás hazánkban az átlaghoz képest alulreprezentált.

A magyar légszennyezési adatokból kiderült, hogy az utóbbi évtizedben jelentősen csökkent a magyar vegyipar levegőszennyezése. A vízszennyezés területén csak rövidebb időintervallumra vonatkozóan álltak rendelkezésre az adatok. További kutatás tárgya lehetne még a szilárd hulladékok mennyiségének alakulása is.

Az összes vizsgált területet figyelembe véve minden túlzás nélkül elmondható, hogy a magyar vegyipar emissziós értékei alacsonyabbak, mint a mintabeli (főleg nyugat-európai) átlag, sőt bizonyos mutatók esetében az átlagnál sokkal jobb a magyarországi helyzet. A relatív mutatók közül a hatékonyságra vonatkozók esetében egy kicsit rosszabbnak tekinthető a helyzet, mint az átlagos, de a népességre és az ország területére vetített szennyezést tekintve megint csak igen kedvező a kép. Ahogy már korábban említettem, a kapott eredmények értelmezésénél nem szabad elfelejteni, hogy a felhasznált mutatószámok részben becslésen alapszanak.



Ebben a részben a vegyipar környezetvédelmi szempontból egyik legfontosabb aspektusát – a termelés során jelentkező konkrét szennyezést – vizsgáltam meg. Nem szabad elfelejteni azonban, hogy a vegyipari tevékenység teljes környezetterhelése csak részben érhető tetten a fenti emissziós adatok vizsgálatával. Ha csak erre koncentrálnunk, akkor figyelmen kívül hagyjuk például a termékek felhasználása során okozott környezetterhelést, amit a termelési emissziós adatokkal egyáltalán nem lehet vizsgálni. Éppen emiatt a következőkben más megközelítésből, a környezetvédelmi teljesítmény javítása érdekében kifejtett tevékenységek és erőfeszítések felől közelítem meg a magyar vegyipart.

## **2.2. Környezetközpontú irányítási rendszerek a vegyiparban**

A környezetvédelmi teljesítmény javítására a vegyipari vállalatok sokféle egyedi környezeti menedzsment eszköz közül válogathatnak, de egyre gyakoribb, hogy környezeti menedzsmentjük egészét rendszerbe foglalják. Környezetvédelmi tevékenységük szabályozása és szabványosítása segítségével próbálják a vállalati környezetvédelmet hatékonyabbá tenni és a teljesítményét folyamatosan javítani.

A vállalati *környezetközpontú irányítási rendszereket* (KIR, ennek a kifejezésnek szinonimája a környezetirányítási rendszer és a környezeti menedzsment rendszer) többféle szabvány alapján lehet tanúsíttatni, ezt külső tanúsító végzi. A megfelelés nem egyszeri alkalomra szól, a vállalat vállalja, hogy tevékenységét folyamatosan felülvizsgálja és teljesítményét javítja. A felkészülési folyamat során illetve a későbbiekben gyakori, hogy külső tanácsadók segítségét veszik igénybe, akik egy belső team-mel együttműködve dolgoznak. A környezetirányítási rendszerek tanúsítására a leggyakrabban az *ISO 14001-et és az EMAS-t* alkalmazzák. A következőkben ezeket tekintem át röviden. Bár az EMAS néhány évvel régebbi, hazai viszonylatban sokkal jelentősebb az ISO 14001. Ezen kívül még a *Responsible Care* programot is bemutatom, amely szigorúan véve nem KIR, de céljai és módszerei a fentiekkel sok közös vonást mutatnak, és a vegyiparban nagyon fontos szerepet tölt be.

### *ISO 14001*

A Nemzetközi Szabványügyi Testület környezetközpontú irányítási rendszere, az ISO 14001 alapfelépítésében az ISO 9000-es minőségügyi szabványokhoz hasonlít, főleg a folyamatokra koncentrálnak, a környezeti teljesítmény folyamatos javítását tűzi ki

célul, nagy szerepe van a mindenre kiterjedő dokumentációnak. Alapvető filozófiája a minőségbiztosításból jól ismert Deming-ciklus, a tervezési, cselekvési, ellenőrzési és a beavatkozási fázisból álló folyamatos fejlődési spirál.

Az ISO 14001 1996-tól van érvényben, azaz „fiatalabb”, mint az ezt követően bemutatott EMAS, de ez utóbbinál sokkal szélesebb körben terjedt el. 1999 végére már majdnem 11000 vállalat rendelkezett ISO 14001-es tanúsítvánnyal, és ez a szám folyamatosan nő. Magyarországon is egyre több vállalat szerez tanúsítást, az összes tanúsítások száma 2001-ben már 300 körül volt. Ezen belül a vegyipar helyzete előkelő, mintegy 45 tanúsítással<sup>31</sup>. Bár a vegyipari vállalatoknak sokkal bonyolultabb megszerezni a tanúsítást, mint például egy kizárólag szolgáltatást végző vállalatnak, a viszonylag sok bevezetett rendszer mégis azt mutatja, hogy ez összességében megéri nekik.

### *EMAS*

Az EMAS (Eco-Management and Audit Scheme)<sup>32</sup> az Európai Unió által bevezetett önkéntes alapon működő tanúsítási rendszer. Az EMAS alapján Európában található, ipari tevékenységet folytató üzemeket (és nem egész vállalatokat, ami az ISO 14001 esetében lehetséges) lehet tanúsíttatni 1995 óta.

Magyarországon az EMAS jelentősége egyelőre jóval kisebb, mint az ISO 14001-é, alig néhány – kizárólag külföldi anyavállalat magyarországi leányvállalata – vállalat rendelkezik vele. A magyar vegyiparban egyelőre még egyetlen vállalat sem rendelkezik EMAS környezetközpontú irányítási rendszerrel, bár több helyen is tervezik a bevezetését. Az EMAS tanúsítások nagyobb mértékű elterjedése a következő évekre tehető, ennek valószínűleg nagy lökést fog adni, ha Magyarország az Európai Unió tagjává válik majd.

### *Responsible Care*

A vegyiparban létező Responsible Care program (magyarul Felelős Gondoskodás<sup>33</sup>) szorosabb értelemben véve nem környezetirányítási rendszer, de az iparágban betöltött

---

<sup>31</sup> A számadatok forrása: [www.kovet.hu](http://www.kovet.hu) és a Szenzor Kft. Nyilvántartása.

<sup>32</sup> 1836/93 Európai Unió határozat.

<sup>33</sup> Nemzetközi Vegyipari Szövetség honlapja, [www.icca-chem.org](http://www.icca-chem.org).

fontos szerepe és az itt működő vállalatok környezeti teljesítményjavulásához való hozzájárulása miatt röviden bemutatom.

A program 1984-ben indult ki Kanadából, azóta összesen 46 országban vannak tagjai, céljai hasonlóak az ISO 14001 és az EMAS által megfogalmazottakhoz, azaz a környezetvédelmi tevékenység folyamatos fejlesztése, a vállalati környezetvédelem áttekinthetősége és a programhoz csatlakozó vállalatok között kölcsönös információ-cserével egybekötött kommunikáció. A programhoz való csatlakozás önkéntes, viszont ha valamely vállalat csatlakozott, kötelezettséget vállal a kezdeményezés által megfogalmazott irányelvek átvételére és más vállalatokkal való együttműködésre.

A csatlakozó vállalatok elismerik, hogy üzleti tevékenységük miatt kiemelt erőfeszítéseket kell tenniük a környezetvédelem területén. Töreksenek a szennyezőanyag-kibocsátásuk minimalizálására illetve nyersanyag és energiafelhasználásuk hatékonyságának növelésére. Folyamatosan figyelemmel kísérik a tevékenységük által okozott környezeti hatásokat és erről informálják a vállalati érintetteket (hatóságok, fogyasztók, üzleti partnerek, egyéb érdekcsoportok).

A hazai sajátosságokat figyelembe vevő nemzeti Felelős Gondoskodás Program irányelveket fogalmaz meg a termékek teljes életciklusán alapuló szemlélet és döntéshozatali folyamat kialakítására és fejlesztésére, valamint arra környezet terhelésének alakulása az eddigieknél nagyobb nyilvánosságot kapjon.

A programot hazánkban a Magyar Vegyipari Szövetség (MAVESZ) koordinálja, a tagvállalatok túlnyomó többsége csatlakozott a programhoz (a vállalatok 94,5%-a, árbevétel alapján a 96,5%-a)<sup>34</sup>. A program kiemelt hangsúlyt helyez az iparági elérhető legjobb technológiák (Best Available Technics) kommunikálására és támogatására. A Felelős Gondoskodás Program keretében a MAVESZ rendszeresen összegyűjti és összesítve közzéteszi a vegyipari vállalatokra vonatkozó főbb energiafogyasztási és szennyezőanyag-kibocsátási adatokat. Az adatgyűjtést 2-3 évente végzik az alábbi területeken<sup>35</sup>:

- légszennyező anyagok kibocsátása: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, por
- vízszennyező anyagok kibocsátása: nitrogén, foszfor, kémiai oxigénigény (KOI), nehézfémek
- energiafogyasztás

---

<sup>34</sup> Responsible Care Workshop, Lizsabon, 2000. szeptember, 1.o., kiadja a Magyar Vegyipari Szövetség.

<sup>35</sup> Uo. 2.o.

Az alábbiakban megvizsgálom, hogy a KIR-ek bevezetése milyen előnyöket nyújt a vegyipari vállalatok számára:

- a vegyipar területén tevékenykedő vállalatoknak a tevékenységük jellegéből adódóan az átlagosnál sokkal magasabbak a környezeti kockázataik, éppen ezért különösen fontos számukra, hogy ezt lehetőleg minél jobban és hatékonyabban tudják kezelni, ebben a KIR-ek komoly segítséget nyújtanak
- segítségükkel a folyamatokat jobban át lehet látni, a kiterjedt monitoring következtében racionalizálási, megtakarítási lehetőségekre derülhet fény, ami sok esetben a környezetvédelmi teljesítményt is javítja (csökkenő nyersanyag és energiafelhasználás, szennyezőanyag-kibocsátás, stb.)
- a hagyományosan nagy környezetterhelő hírében álló vegyipari vállalatok számára fontos eszköz, hogy jó környezetvédelmi teljesítményüket kommunikálni tudják a szűkebb (tulajdonosok, vevők, stb.) illetve tágabb (hatóságok, környező lakosság, zöld szervezetek, stb.) értelemben vett érintettek – stakeholderek – felé
- nem biztos, hogy az adott vállalat érdekeit szolgálja, de a növekvő standardizáltság és nyilvánosság következtében a különböző vállalatok környezetvédelmi tevékenysége külső felek számára is átláthatóbbá válik és ez nyomást gyakorolhat a gyengébben teljesítőkre, hogy saját érdekükben erőfeszítéseket tegyenek
- a vállalatok marketingjébe, reklámjaiba jól beleilleszthető, differenciáló stratégia keretében jól alkalmazható és így a cég hírneve illetve versenypozíciója javul (ez természetesen csak időlegesen van így, amíg a vállalatok legnagyobb része nem szerez ilyen tanúsítványokat)

A környezetirányítási rendszerekkel kapcsolatban a potenciális előnyök és lehetőségek mellett több probléma is felmerül, amelyeket világosan kell látni és lehetőség szerint orvosolni ahhoz, hogy a fenti előnyök valóban érvényesülhessenek:

- a formai szempontok túlzottan dominálnak, az óriási dokumentációs igény következtében elveszhet a lényeg, a környezetvédelem hatékonyságának javítása helyett a rendszer fenntartása válhat céllá
- főleg a folyamatokra koncentrálnak, kevésbé az eredményre
- a rendszer fenntartása a rengeteg dokumentáció, nyilvántartás, ellenőrzés következtében nagyon drága

- ugyan a környezetvédelmi teljesítmény folyamatos javítását tűzi ki célul, de ezzel kapcsolatban semmilyen teljesítményre vonatkozó elvárást nem fogalmaz meg, így az adott szervezet anélkül is eleget tehet ennek a feltételnek, hogy érdemi javulást tudna felmutatni a legfontosabb területeken
- bizonyos esetekben olyan kisebb vállalatok is rákényszerülnek a tanúsításra (gyakran vevői nyomásra, aki ezáltal látja szavatolva beszállítójának megbízhatóságát és így saját jó hírnevét) és az evvel járó egyszeri és aztán rendszeresen felmerülő költségek viselésére, akiknél amúgy a méretükből fakadó viszonylag könnyű átláthatóság miatt erre nem is lenne szükség, csak feleslegesen bonyolítja a helyzetet, másrészt nagyon megterheli a vállalatot és esetleg emiatt konkrét problémákra vonatkozó és sokkal hatékonyabb környezetvédelmi beruházásokra nem marad forrás

A következőkben a magyar vegyipari nagyvállalatok környezeti menedzsmentjének a legutóbbi tíz évben bekövetkezett változását vizsgálom meg.

### **2.3. A hazai vegyipari vállalatok környezeti menedzsmentjének változása az utóbbi tíz évben**

#### *Az adatgyűjtés célja és módszere*

Az adatgyűjtés célja az volt, hogy értékelni tudjam a hazai vegyipari vállalatok környezetvédelmi teljesítmény-javítását célzó szervezeti-stratégiai erőfeszítéseit és az ezeket kiváltó okokat. Céлом volt továbbá az is, hogy az ezen a téren bekövetkezett változásokat is értékelni tudjam, így mindenképpen fontosnak tartottam, hogy a jelenlegi helyzetet egy korábbi állapothoz tudjam hasonlítani, az összehasonlításhoz tíz éves időtávot választottam.

Itt tartom érdemesnek megjegyezni, hogy mivel a vállalatoknak a környezetvédelem érdekében tett minőségi jellegű, szervezési-szervezeti lépéseit vizsgáltam, ahol az 1990-es évek legelején nem következtek be olyan hirtelen és drasztikus változások, mint a mennyiségi-anyagi paraméterek tekintetében, valószínűleg nem okozott nagy eltérést, hogy bázisidőszakként az 1992-es évet választottam és nem 1990-t vagy 1991-et<sup>36</sup>, itt inkább hosszabb távon – erre a tíz már jónak tűnt – lehetett lényeges változásra számítani. Mennyiségi adatok vizsgálatánál sokkal fontosabb lett volna, hogy pontosan

---

<sup>36</sup> A felmérést 2002 tavaszán végeztem, így a 10 évvel azt megelőző bázisév az 1992-es év volt.

melyik évet választom bázisévnek. A termelés, ennek következtében a szennyezőanyag-kibocsátás ugyanis az 1990-es évek legelején egy-két év alatt gyorsan és drasztikusan csökkent, azt is könnyen elképzelhetőnek tartom, hogy ekkor a gazdasági nehézségek miatt bizonyos esetekben a környezetvédelmi kiadások átmenetileg akár még ennél is jobban csökkentek.

Az adatgyűjtést igyekeztem úgy végezni, hogy a rendelkezésemre álló korlátozott erőforrások segítségével a vegyipar minél nagyobb részéről tudjak információt szerezni. A vizsgált kérdések felerészt a jelenre vonatkoznak, így mindenképpen csak elsődleges adatgyűjtési módszerek jöhettek szóba, más kérdés, hogy konkrétan ilyen témájú, néhány évnél nem régebben végzett felmérésről nincs is tudomásom.

Az adatgyűjtésre így leginkább a kérdőíves vagy az interjú módszer tűnt alkalmasnak a minta elemszámáról függően. A vállalatok nagy száma és az erőforrások korlátozottsága miatt szóba sem kerülhetett, hogy teljes körű felmérést végezzek. Egy statisztikailag megalapozott, véletlen mintához is jelen esetben megvalósíthatatlanul nagy mintaelemszám tartozott volna.

Ezért döntöttem úgy, hogy alapvetően a nagyvállalatokat vizsgálom meg, hiszen mivel a vegyipar erősen koncentrált iparág, viszonylag kis mintával relatív nagy részét lehet lefedni. Elégké kézenfekvőnek tűnik, hogy a nagyvállalatoknál – ha más miatt nem, akkor csupán a méretükből kifolyólag – sokkal inkább kifinomult környezeti menedzsment eszközöket használnak, a környezetvédelem sokkal jobban intézményesült, mint a kisebbeknél. Ez egyrészt nem baj, hiszen felmérésemben épp ezeket szeretném megvizsgálni, ugyanakkor a kapott eredmények értelmezésénél mindezt figyelembe kell venni.

A végső minta kialakításához a Figyelő Top 200-as listáját<sup>37</sup> vettem alapul, ami a vállalatokat éves nettó árbevételük alapján rangsorolja. Ezekből választottam ki a vegyipari termelő vállalatokat. A végső lista némi korrekcióval alakult ki, az egyik vállalatról kiderült, hogy csak kereskedelmi tevékenységet folytat, ezért ezt levettem a listáról, míg indokoltnak láttam néhány nagy múltú vállalatot belevenni a mintába, amelyek a 2000-es Top 200-as listáról kiszorultak ugyan, de szerepeltek az 1998-as vagy 1999-esen<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> Figyelő Top 200 különszám, 2001. október.

<sup>38</sup> Figyelő Top 200 különszám, 1999. október és Figyelő Top 200 különszám, 2000. október.

Az így kialakult minta 16 vállalatot tartalmazott. Mivel a vállalatok nagy része vidéken található az ország legkülönbözőbb részein, elvettem, hogy a felmérést helyszíni interjú keretében végezzem. A telefonos interjú a feltenni kívánt kérdések viszonylag nagy száma miatt eleve szóba sem jöhetett. Így maradt az a lehetőség, hogy kérdéseimet egy kérdőívben foglalom össze és ezt írásban küldöm el a vállalatok számára.

Azon is el kellett gondolkodnom, hogy a kérdőívekkel kapcsolatban mekkora válaszadási aránnyal számolhatok. Mivel a minta elemszáma kicsinek mondható, mindent el kellett követnem annak érdekében, hogy a lehető legtöbben kitöltsék és visszaküldjék a kérdőívet., Ezért nulladik lépésként megpróbáltam előre kideríteni, hogy az egyes mintabeli vállalatoknál kivel tudok kapcsolatba lépni (megpróbáltam lehetőleg a környezetvédelmi vezetővel hiszen ő volt a preferált kapcsolattartó illetve a kérdőívet kitöltő személy). Ezt követően – még mindig a kérdőív kiküldése előtt – telefonon kapcsolatba léptem a vállalatokkal. majd ezután az ő tudtukkal küldtem el a kérdőíveket. Nagyon valószínűnek tartom, hogy így – bár sokkal több időt és energiát igényelt, mintha egyszerűen csak elküldtem volna a kérdőíveket – több választ kaptam, mint amennyire a személyes kapcsolatfelvétel nélkül számíthattam volna.

### *A minta*

Mint ahogy a fentiekben már említettem, a mintába a 16 legnagyobb, vegyipari termelést folytató magyarországi vállalat került. A méretet itt a nettó árbevétel jelentette. Kérdés, hogy mennyire helytálló a méretet csupán ennek az egyetlen mutatónak az alapján vizsgálni, ezért azt még megnéztem, hogy van-e más olyan vegyipari vállalat, amely ugyan nem szerepel az árbevétel szerinti Top 200-as listán, de valamelyik másik Top 50-esen igen. Ugyancsak az érintett Figyelő különszámban ugyanis a más mutatók alapján is készítettek Top 50-es listákat, ezek közül az alábbiakat tartottam indokoltnak megvizsgálni:

- alkalmazotti létszám
- üzemi eredmény
- export árbevétel

Ezt megnézve azonban nem találtam olyan magyarországi vegyipari vállalatot, ami még nem szerepelt volna a mintában.

A mintavétel módjából látható, hogy egyáltalán nem véletlen minta, hiszen teljesen önkényesen vannak kiválogatva az egyes mintaelemek, bár a fentieknek megfelelően van benne logika. Figyelemre méltó viszont, hogy az iparág nagymértékű koncentrátságának következtében a vizsgált 16 vállalat az összes értékesítés 75%-át adja. A vegyiparnál csak a villamosenergia-ipar koncentráltabb, ahol a Top 200-as vállalatok a teljes árbevétel 85%-át adják illetve a vegyiparhoz hasonló a gépipar, ahol ez az arány mintegy 75%. A többi mutatót vizsgálva a vegyiparban az export árbevétel 77%-áért felelősek a mintabeli vállalatok, a foglalkoztatottak száma esetében 50% , a saját tőke illetve az adózás előtti eredmény esetében rendre 76% illetve 85% körüli ez az arány.

Mindebből az derül ki, hogy a mintabeli vállalatok a legtöbb mutató alapján a teljes vegyipar háromnegyedét, míg a dolgozói létszám tekintetében is több, mint felét jelentik. Így a válaszaikból viszonylag jól lehet következtetni az egész vegyiparra, bár ahogyan korábban már említettem, figyelembe kell venni, hogy a sok kisebb vállalat valószínűleg sokkal kevésbé kifinomult környezeti menedzsment eszközöket alkalmaz.

#### *A kérdőív*

Az alábbiakban röviden bemutatom a felméréshez szerkesztett és a vállalatokhoz eljuttatott kérdőívet. Mint ahogyan arra már korábban utaltam, egyik fő célom az volt, hogy a vizsgált területen a jelenlegi helyzetet a tíz évvel ezelőttihez tudjam hasonlítani, ehhez igazodik a kérdések struktúrája is. A legtöbb kérdésben először az adott területet jellemző tíz évvel ezelőtti, majd a jelenlegi helyzetre kérdeztem rá.

A kérdőív összesen 15 kérdésből áll, a kérdések az alábbi területekre koncentrálnak:

- a környezetvédelem szervezeti elhelyezkedése a vállalati struktúrában
- a vállalati stratégia és a környezetvédelem kapcsolata
- a vállalati kultúra és a környezetvédelem kapcsolata
- a vállalati környezetvédelmi tevékenységet ösztönző illetve hátráltató külső és belső tényezők vizsgálata

Igyekeztem minimálisra csökkenteni a különböző számadatokra vonatkozó kérdések számát. Ennek oka egyrészt az volt, hogy a vizsgált területet amúgy is főleg minőségi és nem mennyiségi adatokkal lehet jellemezni. A másik – kifejezetten gyakorlatias – okom pedig az volt, hogy tartottam tőle, hogy ha túl sok számadatra kérdezek rá, akkor a válaszok minősége nem biztos, hogy lehetővé teszi az egyes



kérdőívek összesített értékelését. Lehet, hogy az érintett adat bizonyos vállalatoknál, főleg tíz évre visszamenőleg nem áll rendelkezésre vagy az utánajárás a kitöltő részéről túl sok energiát igényelne, így bizonyos kérdéseknél vagy pedig akár az egész kérdőívet tekintve nagy lehetett volna a nem válaszolók aránya. Ez utóbbi megfontolásom megalapozottságát támasztja alá, hogy amikor a vállalatokat először megkerestem telefonon, többen azt mondták, hogy számadatokat nem szívesen adnak illetve amikor elmondtam, hogy milyen jellegű kérdésekre szeretnék választ kapni, hirtelen sokkal nyitottabbá váltak.

Az egyszerű kitölthetőség és a válaszok könnyű összehasonlíthatósága érdekében főleg zárt kérdéseket tettem fel. Sok az eldöntendő illetve az ötfokú skálán való értékelést igénylő kérdés.

A kérdőív szerkesztésénél a minőségi jellegű adatokra való rákérdezés miatt mindenképpen figyelembe kellett vennem, hogy a válaszokban- főleg a skálán való értékelés esetén – nagy szerepet kap a szubjektivitás, a válaszadó becslése. Néhány egyéni értékítéletre vonatkozó kérdésnél az is felmerülhet, hogy a tíz évvel ezelőtti és a jelenlegi helyzet összehasonlításánál akaratlanul is egy kicsit a jelenlegi állapot kap jobb értéket, még ha az adott területen nem is történt lényeges javulás.

A szubjektivitás mértékét azonban csökkenti, hogy a válaszadó általában a környezetvédelmi vezető volt, aki vélhetően a legjobban átlátja a helyzetet és a vállalatnak nem érdeke, hogy a valósánál jobb képet fessen magáról, hiszen ekkor az összesített eredmény is jobb lesz, azaz a vállalat valós helyzete relatív módon kedvezőtlenebb képet mutat az átlaghoz képest<sup>39</sup>.

Összességében a szubjektivitást csökkenti az is, hogy a kérdések másik része viszont nem a válaszadók megítélésére, hanem tényekre irányul, és a hipotézisek mindegyikének ellenőrzéséhez felhasználok ilyen kérdésekre adott válaszokat is. A kérdések sorrendjének kialakításában az is szerepet játszott, hogy a hasonló területekre – például a vállalati stratégia vagy kultúra és a környezetvédelem közötti összefüggés-vonatkozó kérdések ne közvetlenül egymás után következzenek, ennek szintén kontrol funkciója van.

Az adatgyűjtéssel kapcsolatos megfontolások bemutatása után áttérek a kérdőívekre kapott válaszok elemzésére és az eredmények értékelésére.

---

<sup>39</sup> Az értékelésben csak az összesített eredményeket mutatom be, az egyes vállalatok válaszait nem.

### *A kérdőívekre adott válaszok elemzése*

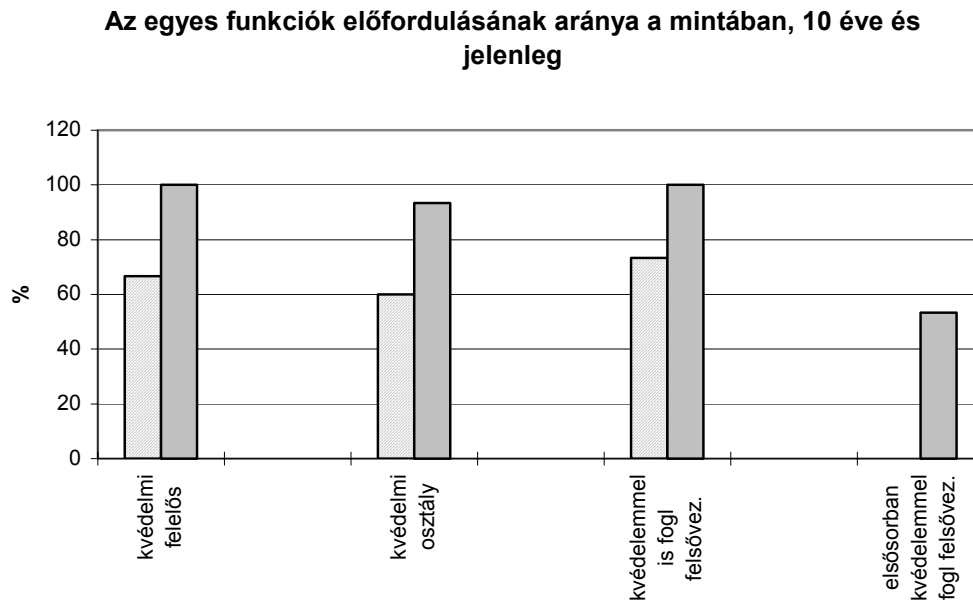
A 16 megkérdezett vállalat közül összesen 15 töltötte ki a kérdőívet, ez körülbelül 94%-os arányt jelent, ami véleményem szerint még ilyen – viszonylag kevés elemű – minta esetén is nagyon kedvezőnek mondható. Sőt, ha a vállalatok méretét – most a nettó árbevétel alapján – is figyelembe veszem, akkor a válaszadási hányad még ennél is magasabb. Az alábbiakban először az egyes kérdésekre adott válaszokat, az eredményeket pedig ezután értékelem.

Az 1. kérdés különböző környezetvédelemmel kapcsolatos vállalati dokumentum illetve kimutatás meglétét vizsgálja. Közös bennük, hogy ezek egyike sem kötelező (legalábbis jogszabály nem írja elő, a környezetvédelmi politika például a környezet-központú irányítási rendszerek bevezetéséhez szükséges). Az írásos környezetvédelmi politika és a nyilvános környezeti jelentés megléte arra utalhat, hogy az adott vállalatnál a környezetvédelem nemcsak egy szükséges rossz, amivel foglalkozni kell, hanem olyan lehetőség, amivel előnyhöz lehet jutni, tehát stratégiai szerepe van. Valamennyire a környezetvédelmi költségek, de még inkább a környezetvédelmi tevékenység következtében realizált megtakarítások nyilvántartása azt mutatja, hogy a vállalat feltételezi, hogy a környezetvédelmi erőfeszítések pozitív irányban is befolyásolhatják a vállalat pénzügyi eredményét.

A vizsgált mintán belül mind a négy fenti dokumentum megléte illetve alkalmazása terjedt, leggyorsabban talán a környezeti politika, tíz éve csak 2 vállalat rendelkezett ilyennel, jelenleg 12 és további 2-nél folyik a kialakítása, ami összesen a minta 93%-át jelenti. Talán ez nem véletlen, hiszen a KIR-ek bevezetéséhez mindenképpen szükség van rá. A környezeti jelentések száma is gyorsan nőtt, ebből arra lehet következtetni, hogy a mintabeli vállalatoknál fontosabbá vált, hogy tájékoztassák a nyilvánosságot a környezetvédelmi helyzetükről. A válaszokból az is látható, hogy főleg a környezetvédelmi költségekkel és beruházásokkal, de az ebből következő megtakarításokkal kapcsolatos pénzügyi kimutatások száma is nagymértékben emelkedett, ami lehetővé teszi, hogy a vállalati döntéshozók pontosabban lássák egyrészt a környezetvédelem anyagi vonzatait, másrészt a környezetvédelem lehetőségeit a vállalati eredmény növelésében.

A 2. kérdés a környezetvédelmi funkció szervezeti elhelyezkedésével kapcsolatos. A 3. ábrán látható a környezetvédelem szervezeti elhelyezkedésének néhány aspektusa

és ezek időbeli alakulása, ahol a bal oldali oszlopok a 10 évvel ezelőtti míg a jobb oldaliak rendre a jelenlegi helyzetet mutatják:



**3. ábra**

Az első három mutatót tekintve látszik, hogy a mintabeli vállalatoknál a környezetvédelem intézményesültsége már 10 évvel ezelőtt is viszonylag magas volt, jelenleg szinte mindenhol van külön környezetvédelmi osztály és a felsővezetésben is helyet kap a környezetvédelem (ezek után nem meglepő, hogy az összes mintabeli vállalatnál van környezetvédelmi megbízott). A legnagyobb előrelépésnek talán mégis az mondható, hogy jelenleg a vizsgált vállalatok több, mint felénél létezik külön környezetvédelmi felsővezető – bár 10 éve egyiknél sem volt – ami egyértelműen jelzi, hogy ez a terület kiemelten fontossá vált a vállalatok számára. Itt mindenképpen meg kell jegyeznem, hogy mivel a nagyvállalatokat vizsgáltam, az eredmények valószínűleg több kérdésnél, de ebben a bekezdésben szinte biztosan kedvezőbbek az iparági átlagnál, amit az értékelésnél mindenképpen figyelembe kell venni<sup>40</sup>.

A 3. kérdés szintén a környezetvédelem szervezeti elhelyezkedésével kapcsolatos, azaz ki a környezetvédelmi vezető (ha létezik ilyen funkció) közvetlen felettese. A várható válaszok sokfélesége miatt itt nyitott kérdést tettem fel. A kapott válaszok alapján elmondható, hogy 10 évvel ezelőtt a környezetvédelmi vezető, már ahol létezett, főleg valamely funkcionális terület – leggyakrabban a műszaki – vezetőjének tartozott

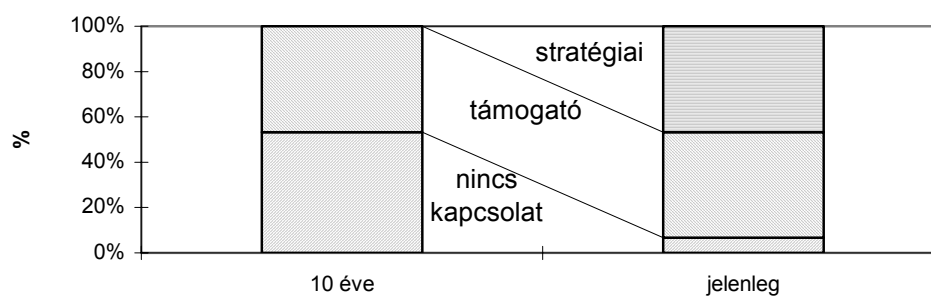
<sup>40</sup> Nagyvállalatoknál egyszerűen a méretük miatt sokkal valószínűbb, hogy létezik környezetvédelmi osztály vagy olyan felsővezető, aki elsősorban a környezetvédelemmel foglalkozik.

beszámolási kötelezettséggel és csak 2 esetben a vállalat első számú vezetőjének. A műszaki terület dominanciája jelenleg már nem ennyire egyértelmű és ami talán a legfontosabb, hogy 15-ből 7 esetben a közvetlen felettes a vállalati első számú vezető. Mindez azt mutatja, hogy a mintát tekintve a vállalati környezetvédelem az előző bekezdéssel szemben nemcsak abszolút (egyes funkciók megléte), hanem relatív értelemben is növelte a súlyát.

A 4. kérdés közvetlenül a vállalati stratégia és a környezetvédelem kapcsolatára irányult. Az alábbi ábra alapján látható, hogy ez a kapcsolat sokkal szorosabbá vált az elmúlt 10 évben. Jelenleg a vállalatok közel fele szerint a környezetvédelmi tevékenységet, mint versenyelőny forrását (is) tekintik és mindössze 1 vállalatnál a cél csak a külső előírásoknak való megfelelés, ez szinte a fordítottja a 10 évvel ezelőtti helyzetnek (4. ábra).

Az 5. kérdés az egyes érintettek szerepének fontosságát vizsgálja a vállalati környezetvédelmi célok meghatározásában. Sajnos a kérdésfeltevésbe hiba került, és a válaszlehetőségek között nem szerepel a 10 évvel ezelőtti és a jelenlegi időszak összehasonlítása, holott a kérdésben erre utalok. Ennek ellenére 14-en válaszoltak erre a kérdésre is, a fontossági sorrend: 1. környezetvédelemmel foglalkozó középvezetők, 2. felsővezetők, 3. hatóságok, 4. tulajdonosok. Így az egyes szereplők átlagpontszámaiból nem akarok messzemenő következtetéseket levonni.

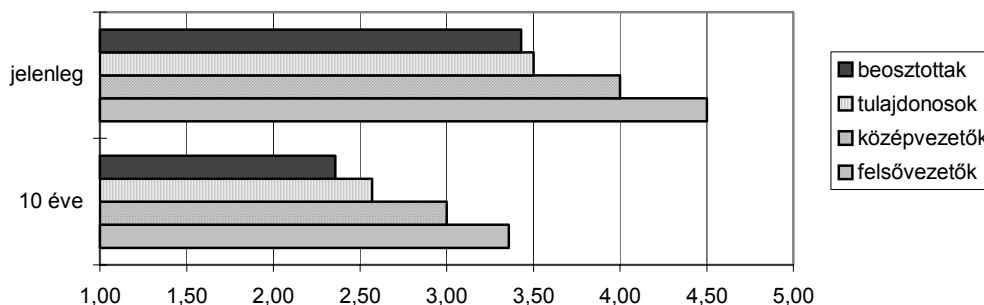
**A környezetvédelem viszonyulása a vállalati stratégiához 10 éve és jelenleg a mintabeli vállalatok esetében**



**4. ábra**

A vállalati kultúra és a környezetvédelem kapcsolatának vizsgálatához tartozik a 6. kérdés, amely a vállalat dolgozóinak és tulajdonosainak a környezetvédelem iránti elkötelezettségét vizsgálja. Az ötfokozatú skálán (1: egyáltalán nem elkötelezett – 5: nagyon elkötelezett) az alábbi átlagértékeket kaptam:

**Az egyes csoportok környezetvédelem iránti elkötelezettsége a vizsgált mintában**



**5. ábra**

A mintabeli vállalatok megítélése szerint a vizsgált csoportok környezetvédelem iránti elkötelezettsége nagymértékben nőtt az elmúlt 10 évben – a jelenleg legalacsonyabb átlagpontoszámot kapó csoport értéke is magasabb, mint a 10 évvel ezelőtti legjobb átlagérték – de az egyes csoportok közötti sorrend egyáltalán nem változott. Az ábrán is látszik, hogy a legnagyobb elkötelezettséget a felsővezetők, míg a legkisebbet a beosztottak mutatják<sup>41</sup>. Szerintem nem baj, hogy a felső- és középvezetők a legelkötelezettebbek, hiszen nekik kell jó példával elől járni és motiválni a beosztottakat illetve a jövőre vonatkozó döntéseket meghozni, de azt is látni kell, hogy a beosztottak végzik az operatív munka nagy részét, így az ő elkötelezettségükre is mindenképpen szükség van a sikeres környezetvédelmi tevékenységhez. Ha a beosztottak elkötelezettsége túl alacsony, az a vezetők hibája is lehet, hiszen nem motiválták őket kellőképpen, éppen ezért nem tartom szerencsésnek, ha a vezetők és a beosztottak közötti különbség túl nagy illetve időben növekvő. A konkrét esetben a vizsgálat valószínűleg nem elég kifinomult ahhoz, hogy a különbség nagyságát értékelni lehessen. Jelentős időbeli változás viszont nem mutatható ki, a felsővezetők és a beosztottak közötti különbség minimálisan – 1-ről 1,07-ra- nőtt, míg a középvezetők és a beosztottak közötti különbség szintén minimálisan – 0,64-ről 0,57-ra – csökkent. A fentieket összegezve tehát a mintabeli vállalatok esetében kedvező lehet a felsővezetők magas környezetvédelmi elkötelezettsége, de csak akkor, ha ebben az irányban a beosztottakat is megfelelően tudják motiválni.

A 7. kérdés a környezetvédelmi feladatok és a környezetvédelmi képzés kiterjedtségét vizsgálja a vállalatok alkalmazottai körében. Azoknak az alkalma-

zottaknak az aránya, akiknek legalább részben van környezetvédelemmel kapcsolatos feladata az elmúlt 10 évben 7,6%-ról 35%-ra emelkedett, míg az 1-2 évente környezetvédelmi témájú képzésben részt vevők aránya 4,9%-ról 50,7%-ra emelkedett<sup>42</sup>. Mindkét érték jelentős eltéréseket mutatott a különböző vállalatok esetében és mindkét esetben nagymértékű növekedés történt. A legfontosabb talán az, hogy a 10 évvel ezelőtti helyzettel szemben jelenleg jóval magasabb a környezetvédelmi képzésben részt vettek aránya a környezetvédelmi feladatokat végzők arányánál, ami megítélésem szerint nagyon kedvező, hiszen a megfelelő képzésre szükség van a tevékenységhez szükséges szakértelem megszerzése érdekében.

A 8. kérdésben azt vizsgáltam, hogy az érintett vállalatoknál a környezetvédelem illetve a fenntarthatóság megjelenik-e a vállalat alapidokumentumaiban, például a vállalati stratégiában, illetve a fenntarthatóság a vállalat környezetvédelmi filozófiájában. Az igen válaszok százalékos aránya a következő táblázatban látható:

### 3. táblázat

	<b>10 éve</b>	<b>Jelenleg</b>
A környezetvédelem fontossága szerepel a vállalat alapidokumentumaiban (pl.: a vállalati stratégiában)	<b>60%</b>	<b>93%</b>
A fenntartható fejlődés gondolata szerepel a vállalat alapidokumentumaiban (pl.: a vállalati stratégiában)	<b>0%</b>	<b>79%</b>
A fenntartható fejlődés gondolata szerepel a vállalati környezetvédelem filozófiájában	<b>21%</b>	<b>87%</b>

A táblázat alapján az mondható el, hogy a környezetvédelem már korábban is viszonylag nagy arányban megjelent írott formában a vállalati alapidokumentumokban, de ez akkor még nem kapcsolódott össze a környezeti szempontból is fenntartható fejlődéssel. Mostanra ez utóbbi is szervesen beépülni látszik a vállalati gondolkodásba, ami hogyha nem is elégséges, de mindenképpen szükséges feltétele, hogy a jövőben a vegyipari vállalatok működése valóban fenntartható legyen környezeti szempontból is.

A 9. és a 10. kérdés a hatósági szabályozás egyik aspektusát – a környezetvédelmi bírságot – és a hatékonyságával kapcsolatos véleményeket vizsgálja. 10 éve a vizsgált vállalatok 73%-a fizetett környezetvédelmi bírságot, míg jelenleg ez az arány 53%. Ha

---

<sup>41</sup> Nem célom az sorrend megkérdőjelezése, de a teljesség kedvéért meg kell jegyezni, hogy a kérdőíveket túlnyomórészt a vezetők töltötték ki.

figyelembe vesszük, hogy a vizsgált időszakban szigorodtak a hatósági előírások, akkor ez a tendencia kifejezetten kedvezőnek mondható. Mivel a hatósági határértékek általában nem függenek a vállalat méretétől, a legnagyobb vállalatok nyilván sokkal nagyobb eséllyel kényszerülnek bírság fizetésére, tehát ezen a téren a teljes iparágra vonatkozó arány valószínűleg sokkal kedvezőbb ennél.

A 10. kérdés alapján a vizsgált vállalatoknak csak 13%-ánál értettek egyet részben vagy egészben azzal, hogy jelenleg jobban megéri -anyagilag- a bírságot kifizetni, mint a szennyezést elhárítani, míg ez az arány a 10 évvel ezelőtti helyzetre vonatkozóan 60% volt. Ugyanakkor a válaszadók olyan véleményt is megfogalmaztak, hogy a jelenlegi bírságolási rendszer inkább a költségvetési bevételi forrás, mintsem a szennyezés csökkentésének hatékony eszköze, máshol pedig azt, a hatósági „csendőr” szerep helyett hasznosabb lenne a párbeszéd. Mindebből arra lehet következtetni, hogy még ha a jelenlegi szabályozás nem is a leghatékonyabb, jobban ösztönzi a vállalatokat a szennyezés elhárítására, mint korábban. De nemcsak a vegyiparban, hanem általánosságban is igaz, hogy a hatósági szabályozás szigorodásának következtében egyre több vállalat választja a szennyezés csökkentő beruházásokat a bírságfizetés helyett<sup>43</sup>. A vállalatok véleménye ebben a kérdésben azért kiemelten fontos, mert bár a hatóság szabja meg a feltételeket, sok területen a vállalat dönti el, hogy a bírságfizetést vagy pedig az elhárítást választja.

A 11. kérdésben a vállalati környezetvédelmi tevékenységet ösztönző külső és belső tényezőket vizsgáltam<sup>44</sup>. A válaszok alapján számított átlagértékek a 6. ábrán láthatóak:

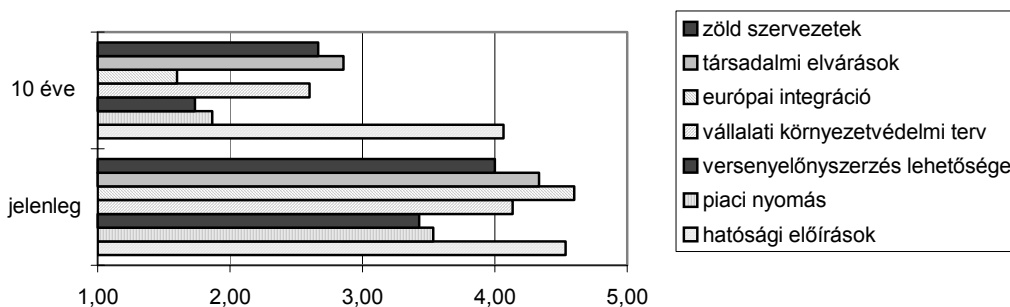
---

<sup>42</sup> A teljesség kedvéért itt megjegyezném, hogy a fenti adatok a válaszok egyszerű átlagolásával jöttek ki és nincsenek súlyozva az egyes vállalatok dolgozói létszámával, mert ezeket az adatok 10 évre visszamenőleg nem álltak rendelkezésemre.

<sup>43</sup> A vízszennyezők fizetik a legtöbbet in Népszabadság, 2002. április 6, 4.o.

<sup>44</sup> Az ötfokozatú skálán az 5-ös érték azt jelentette, hogy az adott tényező a vizsgált szempontból nagyon fontos, az 1-es pedig azt, hogy egyáltalán nem fontos.

**A környezetvédelmi tevékenység ösztönzőinek fontossága a mintabeli vállalatok körében**



**6. ábra**

Látható, hogy 10 éve messze a hatósági előírásoknak való megfelelés ösztönözte leginkább a mintabeli vállalatok környezetvédelmi tevékenységét. Ettől jóval lemaradt a társadalmi elvárásoknak való megfelelés, a környezetvédő szervezetekkel való jó kapcsolat kialakítása illetve fenntartása, valamint a vállalatok belső környezetvédelmi tervének való megfelelés. A legkevésbé a piaci nyomás, a versenyelőny szerzésének lehetősége illetve az akkor még hazai szempontból bizonytalanabb európai integráció motiválta a vállalatokat környezetvédelmi teljesítményük javítására.

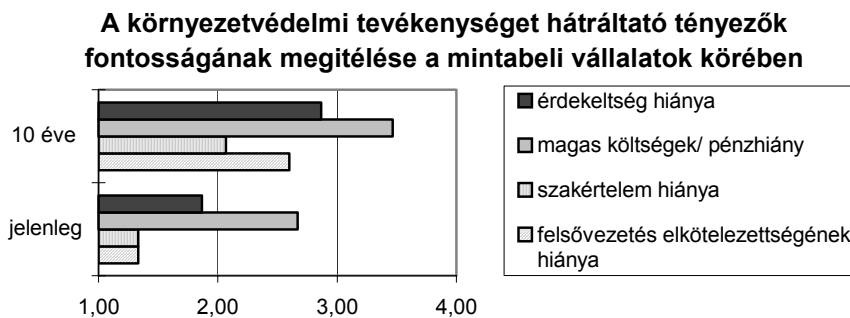
Jelenleg a vállalatok megítélése szerint az összes ösztönző erősebb hatást fejt ki, mint 10 éve, ami az eddigiekkel összhangban azt jelenti, hogy a vállalatoknak nagyobb erőfeszítéseket kell tenniük a környezetvédelem területén, mint korábban. A jelenlegi helyzetet tekintve az is látszik, hogy az európai integráció ha hajszálnyival is, de megelőzte a hatósági szabályozást a fontossági sorrendben. Az előbbi „második csoport” – társadalmi elvárások, vállalati környezetvédelmi terv, zöld szervezetekkel való kapcsolat – relatív szerepe nem változott, bár az utóbbi kettő sorrendje megcserélődött. Az előbbi „lemaradók” – az európai integráció kivételével – továbbra is ugyanazok, azaz jelenleg a piaci nyomás és a versenyelőny szerzésének lehetősége motiválja legkevésbé a vállalatokat a környezetvédelmi tevékenységük tekintetében.

A 10 évvel ezelőtti fontossági sorrendet egyáltalán nem tartom meglepőnek, a hatósági szabályozás dominanciájára és a piaci tényezők kis szerepére számítani lehetett. A jelenlegi sorrenddel kapcsolatban nem számítottam rá, hogy az Európai Unióhoz való csatlakozást, ha kicsivel is, de fontosabbnak ítélik a vállalatok, mint a hatósági szabályozásnak való megfelelést. Ha ugyanis az európai integrációt a szabályozási oldaláról közelítjük meg, annak túlnyomó része már a hazai hatósági szabályozásba is beépült, ha pedig a piaci lehetőségek oldaláról, akkor meglepő az ilyen



jellegű ösztönzők relatív gyenge szerepe. Elképzelhetőnek tartom még, hogy az európai integrációt nemcsak mint gazdaságilag fejlett, de környezettudatosabbnak is tartott régióhoz való csatlakozásnak tekintik a vállalatok. Ahogy erre már utaltam, meglepő számomra a piaci ösztönzők relatív kis szerepe a vállalati környezetvédelmi tevékenységben. Bár az európai integrációt leszámítva ennek a két területnek – piaci nyomás és versenyelőny szerzésének lehetősége – a fontossági megítélése javult a leginkább a 10 évvel ezelőttihez, mégis a fontossági sorrend legvégén állnak. Ebből arra lehet következtetni, hogy a 4. kérdésben használt terminológiával élve, a környezetvédelem vállalati stratégiához való viszonya inkább támogatónak, mintsem stratégiaiának tűnik.

A 12. kérdés az előbbi mintájára a környezetvédelmet hátráltató tényezők fontosságát vizsgálja az előbbihez hasonló skálán való értékeléses módszerrel<sup>45</sup>, a válaszokat a 7. ábra foglalja össze:



**7. ábra**

Az eredmények alapján elmondható, hogy mint ahogyan korábban, most is az anyagi erőforrások szűkössége hátráltatja leginkább a vállalati környezetvédelmet, bár kevésbé, mint 10 évvel ezelőtt. A vállalatok szerint a vizsgált időtávon az érdekeltség és a felsővezetés elkötelezettségének a hiánya vesztett fontosságából a legjobban. A környezetvédelmi tevékenységhez szükséges szakértelem hiánya sem korábban sem pedig most nem akadályozza a vállalatokat.

A korábbiakhoz hasonlóan ebből is az derül ki, hogy a mintabeli vállalatok, különösen a felsővezetők egyre nagyobb figyelmet fordítanak a környezetvédelemre. Abból viszont, hogy jelenleg is a pénzhiányt tartják messze a legfontosabb hátráltatójának, arra lehet következtetni, hogy a környezetvédelmet továbbra is elsősorban a költségek oldaláról közelítik meg. Ennek egyrészt az lehet az oka, hogy a vállalatoknál nem látszanak illetve nem számszerűsíthetők teljes mértékben a környezetvédelmi

<sup>45</sup> 1: egyáltalán nem, 5: nagyon hátráltatja a környezetvédelmi tevékenységet.

tevékenységgel kapcsolatos lehetőségek<sup>46</sup>, másrészt pedig az, hogy egyelőre a külső szereplők – piac, hatóság, társadalom – nem ismerik el kellő mértékben az esetleges kiváló környezetvédelmi teljesítményt.

A mintabeli vállalatok körében bevezetett illetve bevezetés alatt álló KIR-eket a 13. és 14. kérdés vizsgálja. A mintából eddig 7 vállalat vezetett be ilyen, míg 2003-ig további 4 tervezi bevezetni a jelenleg kialakítás alatt álló rendszert, 4-nél pedig még egyelőre nem folyik a kiépítés. Minden fenti esetben ISO 14001 szerinti KIR-ről van szó, az EMAS-t még egyik vállalat sem kezdte el kialakítani, bár valószínűleg az Európai Unióhoz való csatlakozáshoz közeledve vagy azután erre több esetben sor kerül majd. Azok a vállalatok, akik az ISO 14001-gyel rendelkeznek vagy legalább elkezdték a kialakítást, a KIR bevezetése szempontjából a 14. kérdésben szereplő összes tényezőt fontosnak ítélték meg, de azért ezek között az alábbiakban látható sorrendet lehet felállítani<sup>47</sup>:

1. valóban javítja a vállalat környezetvédelmi teljesítményét (4,73)
2. hatékony eszköz a már meglévő vagy jövőbeli jó környezetvédelmi teljesítmény kommunikálására (4,64)
3. segítségével könnyebb érvényesülni a piacon (4,20)
4. segítségével könnyebb a jogszabályok betartása (4,00)
5. bevezetésével javul a kapcsolat a hatóságokkal (3,82)

Bár a különböző okok fontosságának megítélése esetében nem figyelhető meg igazán jelentős különbség, az megállapítható, hogy az önkéntesen bevezetett KIR-ek kapcsán nagyobb szerepe volt gazdasági versennyel, piaccal kapcsolatos okoknak, mint a hatósági szabályozásnak való megfelelésnek. Ez egybevág a KIR-ek önkéntességet hangsúlyozó alapelvével.

Érdekesnek találtam megvizsgálni, hogy a környezetvédelmi teljesítmény különböző területeit tekintve van-e különbség az ISO 14001-gyel rendelkező illetve még nem rendelkező vállalatok között, hiszen még az első részben érintettem, hogy

---

<sup>46</sup> Itt nemcsak a közvetlen megtakarításokra gondolok (nyersanyag-, energiaköltségek csökkenése, kevesebb bírságot kell fizetni, stb.), amelyek rövid távon gyakran valóban nem érik el a szükséges beruházások szintjét, hanem ennél sokkal tágabb értelemben vett előnyökre is (például a javuló környezetvédelmi teljesítmény hatására a szintén javuló vállalati image következtében javul a vállalat versenypozíciója, stb.) .

<sup>47</sup> Zárójelben az 1-től 5-ig terjedő skálán kapott átlagpontoszámmal (1: elhanyagolható, 5: nagyon fontos).

felmerülhet vele szemben az a kritika, hogy túlzottan a formaságokra koncentrált és nem a valódi teljesítményjavulásra. A kérdőív erre csak viszonylag korlátozott lehetőséget ad, mert főleg minőségi, erőfeszítés illetve gondolkodásmód jellegű tényezőket vizsgáltam, ami az ISO 14001 filozófiájához alapjaiban kapcsolódik, tehát nem lenne igazi különbség a függő és a független változó között<sup>48</sup>.

Jelentős különbségnek tekintem viszont, hogy az utóbbi évben Az ISO 14001-gyel rendelkező illetve még nem rendelkező vállalatok 43 illetve 63%-a fizetett környezetvédelmi bírságot. Ez önmagában még nem indokolja, hogy a már tanúsított vállalatok a KIR-ük miatt értek volna el jobb teljesítményt, de ha figyelembe vesszük, hogy 10 évvel ezelőtt a vizsgált két alcsoport tekintetében 71% illetve 75% volt a bírságfizetők aránya, ami az előzőhöz képest szinte elhanyagolható különbség, akkor megállapítható, hogy az ISO 14001 bevezetésével párhuzamosan – ha nem is igazolható, hogy annak hatására-e vagy sem – a hatósági határértékek betartása terén sokkal gyorsabban javult a vállalatok teljesítménye, mint anélkül.

Figyelemre méltó az is, hogy a KIR-rel még nem rendelkező vállalatoknál a legalább részben környezetvédelmi feladatokat végzők aránya 9%-ról 19%-ra, a KIR-rel rendelkezőknél viszont 6%-ról 51%-ra nőtt az elmúlt 10 évben. Hasonlóan, a környezetvédelmi képzésben 1-2 éves rendszerességgel részt vevők aránya az előbbi alcsoportban 8%-ról 33%-ra, míg a KIR-t már bevezetettek körében 3%-ról 66%-ra nőtt. Mindkét esetben óriási pozitívum mutatható ki az ISO 14001-et bevezetett vállalatok javára. Ez mindenképpen nagyon előnyös, de ebből még nem lehet egyértelműen az adott környezetvédelmi feladatok illetve a képzés milyenségére következtetni. Elképzelhető, hogy a környezetvédelmi tevékenységet is végzők arányának gyors növekedést legalább részben a KIR-hez kapcsolódó megnövekedett dokumentációs igény, a képzési arány emelkedését pedig részben a magához a KIR-hez kapcsolódó ismertető képzés okozta.

Bár nem kapcsolódik közvetlenül a környezetvédelmi teljesítményhez, de mégis érdekes, hogy a tanúsítást szerzett vállalatok környezetvédelmi tevékenységét sokkal jobban motiválják a piaci tényezők, mint a többiekét. A piaci nyomás szerepe az 1-től 5-ig terjedő skálán 4,29-es átlagértéket kapott a tanúsított, 2,88-asat a még nem tanúsított vállalatok körében (különbség: 1,41), míg a versenyelőny szerzésének lehetősége rendre

---

<sup>48</sup> Nem igazán meglepő és sokatmondó például, hogy az ISO 14001-gyel rendelkező vállalatok esetében sokkal magasabb a környezetvédelmi politikával rendelkező vállalatok aránya vagy hogy ezeknél nagyobb a felsővezetés környezetvédelem iránti elkötelezettsége, hiszen az előbbi feltétele az ISO

4,19 illetve 3,00 átlagot kapott (különbség 1,14), a 10 évvel ezelőtti helyzet megítélését tekintve mindkét tényező esetében sokkal kisebb volt az eltérés.

#### *A válaszokból kapott eredmények összefoglalása*

A kérdőívekre kapott válaszok nagy száma lehetővé teszi, hogy a megállapításokat bizonyos feltétellel az egész vegyiparra kiterjesszem – hiszen a válaszadó vállalatok a nettó árbevételük alapján a teljes magyar vegyipar több mint 75%-át teszik ki

Láthattuk, hogy a vállalatok szervezeti struktúrájában nagymértékben teret nyert a környezetvédelem, a vállalatok sokkal nagyobb részénél létezik környezetvédelmi osztály vagy például elsősorban környezetvédelmi feladatokat ellátó felsővezető, mint 10 évvel ezelőtt. Emellett nőtt a különböző környezetvédelemmel kapcsolatos kimutatások száma is. Közvetve ide tartoznak még a második részben bemutatott különböző környezetvédelmi célú együttműködési formák és az ennek érdekében létrehozott szervezetek is. Véleményem szerint tehát *a magyar vegyipari vállalatok körében nagymértékben nőtt a környezetvédelem intézményesültsége az elmúlt tíz év során.*

A kérdőívre kapott válaszokból az derült ki, hogy sok esetben felsővezetői feladattá vált a környezetvédelem irányítása, gyakori, hogy a terület vezetője közvetlenül a vállalat első emberének tartozik beszámolási kötelezettséggel. Eszerint *nőtt a felsővezetői szerepvállalás a vállalati környezetvédelmi tevékenységben.*

A vizsgált 10 év alatt jelentős mértékben megnőtt a rendszeres környezeti jelentést vagy egyéb nyilvános környezetvédelmi témájú publikációt kiadó vállalatok száma, ami a külső érintettek felé történő környezetvédelmi kommunikáció térnyerését mutatja. A vállalat dolgozói felé történő kommunikáció is javult, ide tartozik, hogy jelenleg a dolgozók sokkal nagyobb arányban vesznek részt környezetvédelmi képzésben, mint 10 évvel ezelőtt. Szintén a környezeti kommunikációt erősíti a környezetvédelmi politikák növekvő száma, *a vállalatok környezetvédelmi kommunikációja javult az elmúlt 10 évben.*

A fenti két bekezdésben leírtak mellett még azt is látni lehetett, hogy a vegyipari vállalatok körében egyre többen vezetnek be környezetközpontú irányítási rendszereket (egyelőre ISO 14001-et), hogy ezzel a vállalati környezetvédelmi tevékenységet

---

14001 bevezetésének, az utóbbi szerintem szintén nyilvánvaló, ha nem így lenne, akkor nem vezetnék volna be az ISO 14001-et sem.

egységes rendszerbe foglalják és a vállalati felsővezetés számára könnyebben kezelhetővé tegyék<sup>49</sup>. Bár jelentősen nőtt azoknak a vállalatoknak a száma, akik a környezetvédelmi tevékenységet stratégiainak – tehát versenyelőny szerzésére alkalmas területnek – tekintik, ez még mindig a kisebbség, a vállalati környezetvédelmi tevékenység fő ösztönzői között mindez még nem kap nagy szerepet. A fentieket összefoglalva azt lehet elmondani, hogy *a magyar vegyipari vállalatok körében a vállalati stratégia és a környezetvédelem kapcsolata sokkal szorosabbá vált a tíz évvel ezelőttihez képest, de ennek ellenére a környezetvédelem még nem tekinthető igazán stratégiai területnek, inkább támogatónak*. A tendenciák ugyanakkor azt mutatják, hogy a nem túl távoli jövőben a környezetvédelem akár stratégiai tényezővé is válhat a vegyiparban.

A felmérés eredményei azt mutatják, hogy a környezetvédelmi elkötelezettség a vállalati dolgozók mindhárom csoportja esetében – felsővezetők, középvezetők, beosztottak – jelentősen nőtt, azaz *az utóbbi 10 évben nőtt a magyar vegyiparban dolgozók környezetvédelem iránti elkötelezettsége*.

Láthattuk, hogy a vizsgált periódusban nagymértékben megnövekedett a környezetvédelmi képzésben résztvevők aránya, ami mindenképpen nagyon kedvező, de csak az érem egyik oldala. A másik oldal is érdekes lenne, azaz a környezetvédelmi feladatokat ellátók milyen szakirányú illetve egyéb végzettséggel rendelkeznek, milyen szakirányú képesítéseket szereztek az utóbbi időben. Erre csak nagyon közvetve ad választ az, hogy a vállalatok szerint jelenleg szinte egyáltalán nem hátráltatja környezetvédelmi tevékenységüket a szakértelem hiánya.

A fenti két bekezdésen kívül még az is igaz, hogy az utóbbi 10 évben egyre több helyen került bele a vállalatok alapidokumentumaiba a környezetvédelem illetve a fenntartható fejlődés gondolata és a vállalatok nagy részénél a fenntartható fejlődés része lett a környezetvédelmi filozófiájának is. Mindezt figyelembe véve kijelenthető, hogy *a magyar vegyiparban a környezetvédelem a vállalati kultúra részévé válik és bekerülni látszik a vállalati alapértékek közé*.

Látni lehetett, hogy 10 évvel ezelőtt toronymagasan a hatósági szabályozás motiválta leginkább a vállalati környezetvédelmi tevékenységet. Fontossága azóta sem csökkent, de a rangsorban, ha kevéssel is, de megelőzte az európai integráció. Nőtt a

---

<sup>49</sup> A KIR eredményei közé tartozik az is, hogy az ISO 14001-et bevezető vállalatok körében sokkal gyorsabban csökkent a környezetvédelmi bírságot fizetni kényszerülők aránya, mint azok között, akik eddig még nem vezették be.

társadalmi elvárásoknak való megfelelés szerepe is, a piaci ösztönzőkhöz hasonlóan, ám ez utóbbiak még így is meglepően kevésbé motiválják a vállalatokat környezetvédelmi tevékenységük javítására. Így azt lehet mondani, *hogy a hatósági szabályozás és az európai integráció nagyjából egyformán motiválja a vállalati környezetvédelmet, ezt követi a társadalmi elvárásoknak való megfelelés* (és a környezetvédő szervezetekkel való viszonylag jó viszony fenntartása), ami következhet az iparág negatív társadalmi megítéléséből, amit az első részben már érintettem. *Csak ezután következnek a piaci tényezők* (piaci nyomás, versenyelőny szerzésének lehetősége), bár igaz, hogy ez utóbbiak a 10 évvel ezelőttihez képest sokkal fontosabbá váltak.

## 2.4. Következtetések

Dolgozatomban kísérletet tettem a hazai vegyipar környezetvédelmi teljesítményének különböző szempontok szerinti áttekintésére. Az iparági adatok és a kérdőíves felmérésből kapott eredmények alapján következtéseimet az alábbiak szerint foglalom össze:

- a magyar vegyipar szennyezőanyag kibocsátása jelentősen csökkent az 1990-es évek elejéhez képest, ez részben a termelési volumen csökkenésének, részben pedig a növekvő hatékonyságnak köszönhető. Az is kiderült, hogy a hazai vegyipar szennyezőanyag kibocsátása más európai országokhoz képest egyáltalán nem mondható magasnak
- az elmúlt 10 évben több iparági szintű együttműködési forma alakult ki, amelyek az egyes vállalatok környezeti teljesítményének javítását segítik elő
- azt is látni lehetett, hogy a vizsgált időszakban a nagymértékben erősödött a környezetvédelem szervezeti struktúrában elfoglalt pozíciója. A környezetvédelem intézményesültségének növekedését bizonyítja, hogy egyre több vállalatnál működik önálló környezetvédelmi osztály
- nőtt a felsővezetői részvétel a környezetvédelmi tevékenységben, egyre több helyen létezik elsősorban környezetvédelmi kérdésekkel foglalkozó felsővezető. Ezzel párhuzamosan javult a vállalatok környezeti kommunikációja. Egyre több vállalat tekinti a környezetvédelmet a versenyelőny szerzés lehetséges forrásának, mintsem „szükséges rossznak”. Az utóbbi években sok vállalatnál építettek ki környezet-központú irányítási rendszert is. Mindebből arra lehet következtetni, hogy a vállalati

stratégia és a környezetvédelem kapcsolata sokkal szorosabbá vált, még hogyha jelenleg nem is tekinthető egyértelműen stratégiaiának a környezetvédelem

- nagymértékben nőtt a környezetvédelmi képzésben résztvevők aránya, emellett nőtt a vállalatok alkalmazottainak a környezetvédelem iránti elkötelezettsége is. Egyre több vállalatnál került be a fenntartható fejlődés gondolata a vállalati alapidokumentumokba illetve a környezetvédelmi filozófiába. Mindebből arra lehet következtetni, hogy a környezetvédelem bekerülni látszik a vállalati alapértékek közé és a vállalati kultúra részévé válik
- a hazai vegyipari vállalatok környezetvédelmi tevékenységét jelenleg leginkább az európai integráció és a hatósági szabályozás ösztönzi, ezt a társadalmi elvárásoknak való megfelelés, majd a piaci tényezők követik. Ez a sorrend is azt igazolja, hogy egyelőre még inkább megfelelés, mintsem a versenyelőny szerzése motiválja leginkább a hazai vegyipari vállalatokat
- összességében elmondható, hogy a magyar vegyipar környezetvédelmi teljesítménye nagymértékben javult az 1990-es évek eleje óta, csökkent a szennyezés és nagymértékben nőtt a környezetvédelmi erőfeszítések mértéke. Még van bőven mit tenni, de véleményem szerint annyi biztos, hogy a magyar vegyipar „zöldül”.





## **Mellékletek**

## 1. melléklet

### A legfontosabb légszennyezők kibocsátásának alakulása a magyar vegyiparban

Év	Termelés (%)	SO <sub>2</sub> (tonna)	Nox (tonna)	CO (tonna)	Por (tonna)	VOC (tonna)	SO <sub>2</sub> %	NOx%	CO%	Por%	VOC%
1990	<b>100,0</b>	13115	13851	9094	5812		<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	
1992	<b>74,7</b>	10787	4212	9183	2551		<b>82,2</b>	<b>30,4</b>	<b>101,0</b>	<b>43,9</b>	
1994	<b>80,0</b>	4675	5013	5986	1936		<b>35,6</b>	<b>36,2</b>	<b>65,8</b>	<b>33,3</b>	
1995	<b>79,0</b>	7920	6342	5257	1527		<b>60,4</b>	<b>45,8</b>	<b>57,8</b>	<b>26,3</b>	
1996	<b>76,9</b>	3421	2539	4030	1160	3507	<b>26,1</b>	<b>18,3</b>	<b>44,3</b>	<b>20,0</b>	<b>100,0</b>
1997	<b>80,3</b>	3850	2620	6120	1096	2910	<b>29,4</b>	<b>18,9</b>	<b>67,3</b>	<b>18,9</b>	<b>83,0</b>
1998	<b>82,3</b>	4739	2810	7459	1018	2609	<b>36,1</b>	<b>20,3</b>	<b>82,0</b>	<b>17,5</b>	<b>74,4</b>
1999	<b>75,7</b>	2631	2666	6450	734	2008	<b>20,1</b>	<b>19,2</b>	<b>70,9</b>	<b>12,6</b>	<b>57,3</b>

Alapadatok forrása: MAVESZ és KSH

Számított adatok félkövénen szedve

A termelés adat a termelési volument jelenti összehasonlító áron

## 2. melléklet

### Vegyipari légszennyezési adatok nemzetközi összehasonlításban (1999)

Ország	SO <sub>2</sub> a levegőbe				NO <sub>x</sub> a levegőbe				VOC a levegőbe			
	Tonna	T/MEur	T/Mfő	T/1000km <sup>2</sup>	Tonna	T/MEur	T/Mfő	T/1000km <sup>2</sup>	Tonna	T/MEur	T/Mfő	T/1000km <sup>2</sup>
Ausztria	1665	0,359	213,5	19,8	4008	0,864	513,8	47,8	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.
Belgium	11048	0,334	1104,8	362,2	18379	0,556	1837,9	602,6	15861	0,479	1586,1	520,0
Csehország	30147	11,294	2926,9	382,1	17794	6,666	1727,6	225,5	2574	0,964	249,9	32,6
Egyesült Királyság	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	58092	1,243	1001,6	240,0
Finnország	21175	4,511	4152,0	62,6	10113	2,154	1982,8	29,9	13875	2,956	2720,6	41,1
Franciaország	86667	1,184	1509,9	159,3	40000	0,547	696,9	73,5	61111	0,835	1064,7	112,3
Görögország	1026	0,389	99,6	7,8	243	0,092	23,6	1,8	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.
Hollandia	7915	0,298	517,3	233,5	24341	0,917	1590,9	718,0	18942	0,714	1238,1	558,8
Lengyelország	53906 (RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.	21021(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.
<b>Magyarország</b>	<b>2631</b>	<b>1,191</b>	<b>255,4</b>	<b>28,3</b>	<b>2666</b>	<b>1,207</b>	<b>258,8</b>	<b>28,7</b>	<b>2008</b>	<b>0,909</b>	<b>195,0</b>	<b>21,6</b>
Németország	21724	0,224	270,5	60,7	32185	0,331	400,8	89,9	14124	0,145	175,9	39,5
Norvégia	5096	1,352	1185,2	15,7	8298	2,202	1929,8	25,6	4236	1,124	985,2	13,1
Olaszország	72500	1,588	1260,9	240,9	31000	0,679	539,1	103,0	11533	0,253	200,6	38,3
Portugália	10671	2,995	1016,3	115,5	3859	1,083	367,5	41,8	1881	0,528	179,2	20,4
Spanyolország	23230(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.	20922(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.	12214(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.
Svájc	737	0,030	106,8	17,8	1105	0,045	160,2	26,8	1895	0,077	274,6	45,9
Svédország	6950	0,787	798,9	15,4	5600	0,634	643,7	12,4	13000	1,472	1494,3	28,9
Szlovákia	35539	n.sz.	6705,5	725,3	8276	n.sz.	1561,4	168,9	5293	n.sz.	998,7	108,0
Törökország	80331	n.sz.	1401,9	101,8	7876	n.sz.	137,5	10,0	351	n.sz.	6,1	0,4
<b>Összesen</b>	<b>395821</b>				<b>215743</b>				<b>224777</b>			
<b>Átlag</b>	<b>24739</b>	<b>0,840</b>	<b>1107,8</b>	<b>105,9</b>	<b>13484</b>	<b>0,599</b>	<b>603,8</b>	<b>57,7</b>	<b>14985</b>	<b>0,588</b>	<b>565,9</b>	<b>59,7</b>

Tonna: A vegyipar kibocsátásának becslése (RC vállalatok kibocsátása/ RC vállalatok aránya a teljes iparághoz képest), ha nincs iparági adat.

xy(RC): csak a Responsible Care vállalatokra vonatkozik, ezek tájékoztató jellegűek, további számításokhoz nem használom fel

T/MEur: 1 millió Euro vegyipari árbevételre jutó éves szennyezéskibocsátás

T/Mfő: 1 millió lakosra jutó éves vegyipari szennyezéskibocsátás

T/1000km<sup>2</sup>: 1000 négyzetkilométernyi területre jutó éves vegyipari szennyezéskibocsátás

n.sz.: megfelelő alapadatok hiányában nem számítható

Ebben a táblázatban csak számított adatok vannak, alapadatok forrása:

1. CEFIC
2. Responsible Care Report - Europe, 2000
3. Cartographia

### 3. melléklet

#### Vízzennyező anyagok alakulása a magyar vegyiparban

Év	Termelés (%)	Nitrogén (t)	KOI (t)	Nitrogén(%)	KOI(%)
1996	<b>100</b>	1210	5482	<b>100</b>	<b>100</b>
1997	<b>104,5</b>	1360	5884	<b>112,4</b>	<b>107,3</b>
1998	<b>107,0</b>	850	6570	<b>70,2</b>	<b>119,8</b>
1999	<b>98,4</b>	350	5210	<b>28,9</b>	<b>95,0</b>

Alapadatok forrása: Responsible Care Report, 2000 és KSH  
Számított adatok félkövéren szedve

A termelés adat a termelési volument jelenti összehasonlító áron

**4/A. melléklet**  
**Vegyipari vízszennyezési adatok nemzetközi összehasonlításban/1. (1999)**

<b>Ország</b>	<b>Foszfór</b>				<b>Nitrogén</b>			
	<b>Tonna</b>	<b>T/MEur</b>	<b>T/Mfő</b>	<b>T/1000km2</b>	<b>Tonna</b>	<b>T/MEur</b>	<b>T/Mfő</b>	<b>T/1000km2</b>
Ausztria	36	0,008	4,6	0,43	5364	1,16	687,7	63,9
Belgium	432	0,013	43,2	14,16	3442	0,10	344,2	112,9
Csehország	228	0,085	22,1	2,89	4074	1,53	395,5	51,6
Egyesült Kir.	1888	0,040	32,6	7,80	7963	0,17	137,3	32,9
Finnország	40	0,008	7,8	0,12	809	0,17	158,6	2,4
Franciaország	1667	0,023	29,0	3,06	15000	0,20	261,3	27,6
Görögország	4	0,001	0,4	0,03	14	0,01	1,4	0,1
Hollandia	3501	0,132	228,8	103,28	2651	0,10	173,2	78,2
Lengyelország	63(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.	2612(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.
<b>Magyarország</b>	<b>13</b>	<b>0,006</b>	<b>1,2</b>	<b>0,14</b>	<b>350</b>	<b>0,16</b>	<b>34,0</b>	<b>3,8</b>
Németország	305	0,003	3,8	0,85	10031	0,10	124,9	28,0
Norvégia	65	0,017	15,2	0,20	904	0,24	210,1	2,8
Olaszország	355	0,008	6,2	1,18	3850	0,08	67,0	12,8
Portugália	5	0,001	0,5	0,06	1528	0,43	145,5	16,5
Spanyolország	496(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.	3976(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.
Svájc	42	0,002	6,1	1,02	1189	0,05	172,4	28,8
Svédország	40	0,005	4,6	0,09	930	0,11	106,9	2,1
Szlovákia	39	n.sz.	7,3	0,79	1352	n.sz.	255,1	27,6
Törökország	85	n.sz.	1,5	0,11	324	n.sz.	5,6	0,4
<b>Összesen</b>	<b>8744</b>				<b>59774</b>			
<b>Átlag</b>	<b>514</b>	<b>0,023</b>	<b>21,1</b>	<b>2,20</b>	<b>3516</b>	<b>0,15</b>	<b>143,9</b>	<b>15,0</b>

Tonna: A vegyipar kibocsátásának becslése (RC vállalatok kibocsátása/ RC vállalatok aránya a teljes iparághoz képest), ha nincs iparági adat.

xy(RC): csak a Responsible Care vállalatokra vonatkozik, ezek tájékoztató jellegűek, további számításokhoz nem használom fel

T/MEur: 1 millió Euro vegyipari árbevételre jutó éves szennyezéskibocsátás

T/Mfő: 1 millió lakosra jutó éves vegyipari szennyezéskibocsátás

T/1000km2: 1000 négyzetkilométernyi területre jutó éves vegyipari szennyezéskibocsátás

n.sz.: megfelelő alapadatok hiányában nem számítható

Ebben a táblázatban csak számított adatok vannak, alapadatok forrása:

1. CEFIC

2. Responsible Care Report - Europe, 2000

3. Cartographia

**4/B. melléklet**  
**Vegyipari vízszennyezési adatok nemzetközi összehasonlításban/2. (1999)**

<b>Ország</b>	<b>Szennyvíz KOI</b>				<b>Nehézfém</b>			
	<b>Tonna</b>	<b>T/MEur</b>	<b>T/Mfő</b>	<b>T/1000km2</b>	<b>Tonna</b>	<b>T/MEur</b>	<b>T/Mfő</b>	<b>T/1000km2</b>
Ausztria	20640	4,45	2646	246,01	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.
Belgium	30773	0,93	3077	1008,95	31,0	0,0009	3,10	1,02
Csehország	17500	6,56	1699	221,80	27,9	0,0105	2,71	0,35
Egyesült Kir.	133980	2,87	2310	553,64	107,0	0,0023	1,84	0,44
Finnország	10838	2,31	2125	32,06	30,3	0,0064	5,93	0,09
Franciaország	59444	0,81	1036	109,27	196,7	0,0027	3,43	0,36
Görögország	877	0,33	85	6,65	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.
Hollandia	10824	0,41	707	319,28	44,2	0,0017	2,89	1,30
Lengyelország	6547(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.
<b>Magyarország</b>	<b>5210</b>	<b>2,36</b>	<b>506</b>	<b>56,02</b>	<b>6,4</b>	<b>0,0029</b>	<b>0,62</b>	<b>0,07</b>
Németország	46117	0,47	574	128,82	189,0	0,0019	2,35	0,53
Norvégia	80273	21,30	18668	247,76	14,5	0,0039	3,38	0,04
Olaszország	45500	1,00	791	151,16	38,3	0,0008	0,67	0,13
Portugália	3925	1,10	374	42,48	7,3	0,0021	0,70	0,08
Spanyolország	16027(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.	19,6(RC)	n.sz.	n.sz.	n.sz.
Svájc	5895	0,24	854	142,73	10,5	0,0004	1,53	0,25
Svédország	9500	1,08	1092	21,11	37,2	0,0042	4,28	0,08
Szlovákia	10097	n.sz.	1905	206,05	2,8	n.sz.	0,52	0,06
Törökország	48861	n.sz.	853	61,93	22,0	n.sz.	0,38	0,03
<b>Összesen</b>	<b>540253</b>				<b>765,2</b>			
<b>Átlag</b>	<b>31780</b>	<b>1,27</b>	<b>1301</b>	<b>135,71</b>	<b>51,0</b>	<b>0,0020</b>	<b>1,93</b>	<b>0,20</b>

Tonna: A vegyipar kibocsátásának becslése (RC vállalatok kibocsátása/ RC vállalatok aránya a teljes iparághoz képest), ha nincs iparági adat.  
xy(RC): csak a Responsible Care vállalatokra vonatkozik, ezek tájékoztató jellegűek, további számításokhoz nem használom fel  
T/MEur: 1 millió Euro vegyipari árbevételre jutó éves szennyezéskibocsátás  
T/Mfő: 1 millió lakosra jutó éves vegyipari szennyezéskibocsátás  
T/1000km2: 1000 négyzetkilométernyi területre jutó éves vegyipari szennyezéskibocsátás  
n.sz.: megfelelő alapadatok hiányában nem számítható

Ebben a táblázatban csak számított adatok vannak, alapadatok forrása:

1. CEFIC
2. Responsible Care Report - Europe, 2000
3. Cartographia

## **A szerzők:**

**Dr. Fonyó Zsolt** okl. vegyészmérnök, egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyipari Műveletek Tanszék tanszékvezetője

1521 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

Tel.: 463-2202

Fax: 463-3197

E-mail: [fonyo@mail.bme.hu](mailto:fonyo@mail.bme.hu)

**Dr. Szépvölgyi János** okl. vegyészmérnök, MTA Kémiai Kutatóközpont, Anyag- és Környezetkémiai Kutatólaboratórium igazgatója

1025 Budapest, Pusztaszeri út 59-67.

Tel.: 325-7896

Fax: 325-7892

E-mail: [szepvol@chemres.hu](mailto:szepvol@chemres.hu)

**Harangozó Gábor** közgazdász, PhD-hallgató, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem

1093 Budapest, Fővám tér 8.

Tel: 217-9588 mobil: 06 20 428-8165

E-mail: [harangozo@enviro.bke.hu](mailto:harangozo@enviro.bke.hu)

## **A Környezettudományi Intézet sorozatának kiadványai**

1. Burger Ferenc – Rabóczki Laura – Szabó Sándor: *Az önkéntes környezetvédelmi megállapodások alkalmazásának előkészítése*
2. Csutora Mária: *A környezetvédelmi projektek pénzügyi elemzésének módszertana*
3. Kovács Eszter: *Vállalati környezeti jelentések elemzése a nemzetközi tapasztalatok tükrében*
4. Kovács Nóra – Paulovits Gábor: *Ökológiai kockázatelemzés és –becslés, mint vizes élőhelyek kezelését megalapozó metodológia*
5. Tanyi Anita – Zilahy Gyula: *A tisztább termelést korlátozó szervezeti tényezők*
6. Fleischer Tamás – Magyar Emőke – Tombácz Endre – Zsikla György: *A Széchenyi terv autópálya fejlesztési programjának környezeti hatásvizsgálata*
7. Bela Györgyi – Fucskó József – Kajner Péter – Marossy Zoltán: *A környezetterhelési díjak bevezetésének vizsgálata*
8. Tombácz Endre – Marossy Zoltán: *Az IPPC direktíva alkalmazásának problémái az EU-ban*
9. Major György – Nagy Zoltán – Tóth Zoltán: *Magyarországi éghajlat-energetikai tanulmányok*
10. Kálmán Edina: *Környezetvédelmi együttműködés az ellátási láncok mentén*
11. Kiss Károly: *Környezetvédelmi adóreform Nyugat-Európában – és néhány hazai vonatkozás*
12. Rákosi Judit – Koskovic Éva: *Az önkormányzati környezetvédelmi közszolgáltatásokat érintő európai uniós szabályozások megvalósításának feltételei*
13. Kiss Károly: *Energiaadók az Európai Unióban (környezetgazdasági elemzés)*
14. Kohlheb Norbert – Pataki György: *A környezetvédelmi felügyelőségek mint street level bureaucracy szerepe a környezetpolitikában*
15. Fonyó Zsolt – Szépvölgyi János – Harangozó Gábor: *A megelőző környezetvédelmi szemlélet térnyerése a hazai vegyiparban*

### **Előkészületben**

Galli Miklós – Zilahy Gyula: *A tisztább termelés bevezetésének lehetőségei a söriparban*



Szlávik János: *A helyi – kisregionális szint szerepe a fenntarthatóságban*

Bela Györgyi – Valené Kelemen Ágnes – Pataki György: *Társadalmi részvétel a környezetpolitikai döntéshozatalban*

Borsos Beáta: *Az öcodesign szerepe a vállalati környezetvédelemben*

Valkó László: *A fogyasztói magatartás környezetbarát befolyásolásának lehetséges eszközei és módszerei*