

## **Integrált környezetvédelem – ökológiai mérleg készítése és gazdaságossági számítások az innovációs döntés-előkészítésben**

*Tárgyszavak: integrált környezetvédelem; vegyipar; gazdaságossági számítások; innováció.*

A gazdasági tevékenységek fő jellemzői azok a nehezen hozzáférhető vagy fogyatkozó javak használatára vonatkozó döntések, amelyek árak és termelési mutatók közötti optimalálás eredményeként születnek. Ha ez utóbbiak között ökológiai tényezők is szerepelnek, akkor az erőforrások szűkössége mint input-tényező mellett be kell vonni a döntésekbe outputként a környezet korlátozott asszimiláló képességét is.

Mivel az ökológiai eredetű kényszerek nem egyenlíthetők ki árképzéssel, hiányzó internalizálásuk indokolja az állami beavatkozásokat, amelyek nyomán ezek a készletbeszűkülések, pl. ökoadókon és emisszióilletékeken keresztül beépülnek az üzemi költségszámításba. Felmérések szerint a vállalatoknak mintegy háromnegyede valóban pusztán a költségek nézőpontjából ítéli meg az üzemi környezetvédelmet.

### **Definíciók, rendszerhatárok**

Az új felismerés, hogy az üzemi környezetvédelmi intézkedéseknek vállalati és népgazdasági szinten költségcsökkentő hatásuk is lehet. Az integrált környezetvédelem ugyanis a fenntartható fejlődés cselekvő kifejtése, kísérlet az emberi tevékenység gazdaságilag és társadalmilag egyaránt elviselhetővé tételére az alábbi rendszerhatárokkal:

- nemzetközi szinten: törekvés a környezetvédelmi intézkedések helyének optimális kiválasztására (allokációjára),
- a közegek szintjén: káros anyagok bevitelének felismerése, kezelése,
- üzemi szinten: a termelő folyamatokba beépített környezetvédelem; integrált recycling-eljárások; termékekbe, továbbá szervezésbe integrált környezetvédelem (1. táblázat).

Az integrált környezetvédelem információs bázisa  
és intézkedései

Információs bázis	Intézkedések
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Energetikai input- és output-adatok számbavétele, folyamatok energiamérlegének felállítása</li> <li>– Az elemzett folyamat előzetes fokozatainak tanulmányozása</li> <li>– Az elemzett folyamatot követő lépések tanulmányozása</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Csővégi technikák teljes mellőzése, a megelőző gondoskodás elvének alkalmazásával</li> <li>– Az üzemi beavatkozások nem növelhetik sem a voltaképpen termelőfokozat, sem az előzetes és utólagos lépések ökológiai terhelését</li> <li>– Az integrált környezetvédelem felhasználja az együttműködést beszállítókkal és vásárlókkal. Az értékteremtő lánc tartósan meghosszabbodik</li> </ul>

Az integrált környezetvédelem irányelvjellegét kiemelik az ellentétének tekinthető, ún. additív, hagyományos környezetvédelmi intézkedések (pl. szűrők beszerelése, szennyvízkezelés), amelyek a folyamatok végén jelentkező negatív jelenségek kezelésére hivatottak lévén, end-of-pipe- („csővégi”) beavatkozásokként is ismertek. Ezek azonban csupán más közegbe viszik át a káros anyagokat, pl. amikor használt szűrőket kell ártalmatlanná tenni.

## Integrált környezetvédelem és innováció

Az integrált környezetvédelem vonzereje különösen vállalati innovációk alkalmával érvényesülhet. Az innováció kutatási–fejlesztési felismerések vagy felfedezések első ipari alkalmazása, amely új eljárást (folyamatinnováció) vagy terméket (termékinnováció) eredményez. A vegyiparban az innovációnak az ad különös jelentőséget, hogy rendszerint szükségessé teszi a termelő folyamatok új megtervezését vagy átalakítását.

Elvi megfontolások alapján nem lehet szigorúan szétválasztani a folyamat-innovációt az innováció területén érvényesített integrált környezetvédelemtől. Ha pl. a műszaki haladás révén megnő a folyamatok nyersanyag-kihasználása (nyersanyag-hatékonysága), ami az innovációk nagy részére jellemző, akkor alig lehet megkülönböztetni a „normális” és az „ökológiai” innovációt.

A beruházások indokolása integrált környezetvédelemmel, ill. bizonyos újítási színvonal fenntartásával változhat ágazatoktól vagy vállalati motivációktól függően. Megállapítható, hogy az integrált környezetvédelmet az erősen energia-, nyersanyag- és környezetfüggő szektorok, amelyek elsőrendűen érdekeltek gazdaságilag újszerű erőforrásokat kímélő módszerekben, a hagyo-

mányos vállalatoknál nagyobb aktivitással művelik. E tekintetben az első közt említendő a vegyipar.

### **Az integrált környezetvédelem lehetőségei**

Bár az integrált környezetvédelem előnyei mintegy maguktól értetődők, sőt látszólag akadály nélkül megvalósíthatók, üzemi közegben az egyes tényezők összefüggései nem láthatók át mindig. Pl. egy vegyi üzemben az innováció előnyeit 86%-os kitermeléssel támasztották alá. Pontosabban megvizsgálva kiderült, hogy 1 t céltermék előállításához 7 t anyagot kell felhasználni, ami így csak 14%-os hozamnak felel meg, miközben ugyancsak 1 t-ra számítva 6 t só képződik.

A fentihez hasonló összefüggések elhanyagolása üzemgazdasági és népgazdasági hatékonyságvesztésekkel jár. Több szektor bevonásával végzett becslések szerint Németországban az összköltség 15%-ába kerül az ökológiai szempontok elhanyagolása, ami 100–300 Mrd DEM-nek felel meg. Ezzel szemben egy a kérdéssel foglalkozó 1997-es kiadású könyv szerzője az integrált környezetvédelemre való áttéréssel 40 Mrd DEM költségmegtakarítást tart lehetségesnek.

Mindebben kulcshelyzete van a vegyiparnak. Az ágazat 1995-ben kb. 6,1 Mrd DEM-et adott ki additív (csővégi) környezetvédelemre. Ugyanitt az alapvegyszerek területén 30, a finomvegyszergyártásban több mint 70%-ra becsülik a „maradéktermelést”, vagyis azon anyagokat, amelyek a termék mellett szükségszerűen keletkeznek, s amelyekkel hulladékként kell foglalkozni. Eszerint az átállás integrált környezetvédelemre milliárdos megtakarítást ígér pozitív ökológiai hatások formájában.

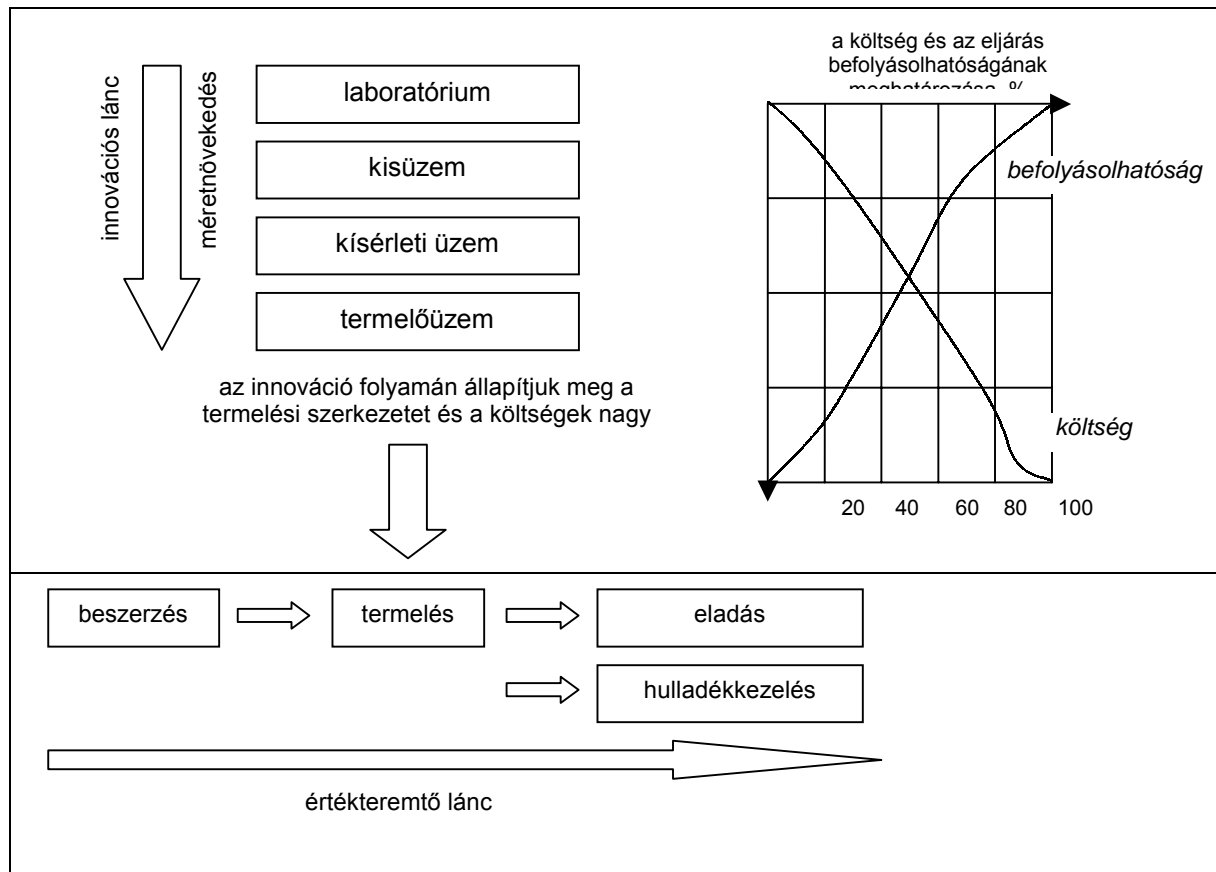
Ipari adatok alapján a termékek költsége és környezeti hatásai egyaránt 80%-ban az innovációs szakaszban dőlnek el (1. ábra), és az üzemi követelményeket érintő fejlesztés is itt a legjelentősebb. A költségtényező kedvezőbb befolyására is lehet számítani, részint mivel az erőforrások jobb kihasználása csökkenti mind a beszerzési, mind a hulladékkezelési költséget, részint az „ökológiai termékeket”, gyakran lehet magasabb árszinten értékesíteni. Az üzemi innovációs tevékenység kétségtelenül a költségcsökkentő és a környezetet tehermentesítő stratégiák központi eleme, leghatékonyabb területe pedig a hagyományos vegyipari eljárások helyettesítése, elsősorban biotechnikai módszerekkel.

### **A biotechnika kiemelkedő helyzete**

A biotechnika különösen alkalmasnak látszik interdiszciplinárisan megalapozott környezetvédelmi követelmények integrálására. A biotechnikai eljárások alkalmazása elsősorban

- a nyersanyag- és energiafelhasználást, valamint

- termelési hulladék képződésének csökkentését, valamint
- az utóbbinak a termelési folyamaton belüli hasznosítását szolgálja. E téren a legsikeresebbek az enzimes reakciók, és további eredményeket ígérnek a finomvegyszerek sok melléktermékkel járó előállításában.



1. ábra Az innovációs és értékteremtő lánc költségvonzatai

A klasszikus enzimeken kívül mindinkább felismerik az ún. extremozimek, azaz a szélsőséges körülmények között: mély tengerben vulkanikus területen, nagy pH-értékű (lúgos) közegben élő mikroorganizmusok által termelt enzimek jelentőségét. Egyes extremozimek kitűnnek katalízisük nagyfokú specifikusságával, és 60 °C fölött is változatlan működőképességükkel, lehetővé téve a gyártásnak kedvező kisebb viszkozitást és nagyobb átviteli sebességet. Extremozimeket nagyipari termelésben még egyáltalán nem használnak, de a finomvegyszergyártásban alkalmazott összes enzimek is csak 4–5%-át képezik a világ enzimpiacának.

## **Biotechnikai eljárások támogatása és népszerűsítése Németországban**

A Német Szövetségi Környezetvédelmi Hivatal a hagyományos vegyipari eljárások helyettesítésének ösztönzése és e lehetőségek bővítése érdekében anyagi támogatást nyújt számos kutatási témához az alábbi célokkal:

- aminosavak előállítására szolgáló hagyományos és biotechnikai eljárások gazdasági és ökológiai hatásainak vizsgálata,
- az integrált környezetvédelem terjesztése,
- szakemberek ismeretbázisának bővítése,
- alternatív, nem szabályozott nyersanyagforrások hasznosításából eredő hozamok és jövedelmek növelése,
- az ökológia bevonásával végzett számítások módszertanának kidolgozása,
- gazdasági és ökológiai információs rendszerek összevonási lehetőségeinek vizsgálata.

## **Ökológiai mérleg**

A kémiai folyamatok biotechnikai helyettesítésére vonatkozó üzemi döntés előkészítése gazdasági és ökológiai információs rendszerre támaszkodik, mégpedig ökológiai mérleg és környezetorientált költségszámítás alapján, amelyek azonban más-más információs célokat szolgálnak.

A fenntartható fejlődés gyakorlati megvalósítását segítő módszerek:

- a termékvonal-elemzés,
- a kockázatelemzés és
- a technikai követelmény becslés mellett
- az ökológiai mérleg elkészítését

tekintik a cél elérésére legalkalmasabbnak.

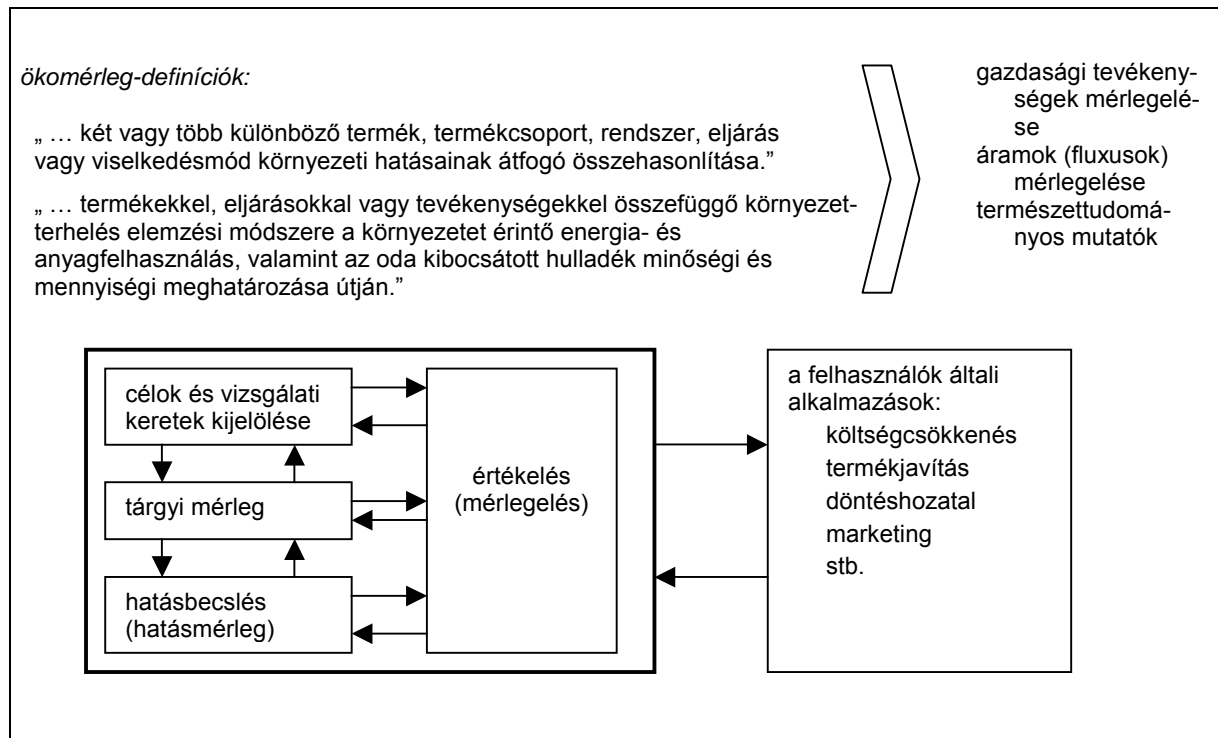
Az ökológiai mérleg (ökomérleg) összegzi és szembeállítja a valamely termék használati ideje alatt jelentkező anyag- és energia-inputokat és outputokat, ebben az értelemben megegyezik az életciklus-elemzéssel (life cycle assessment, LCA). Az ökomérlegnek mint értékes környezeti információs eszköznek kiterjedt használata és szakirodalma által kikristályosodtak az alábbi szabályok:

- az ökomérlegbe be kell vonni mindazon környezeti változásokat, amelyek cél- vagy okszerűen összefüggnek egy vizsgált tényezővel,
- az ökomérleget – eltérően az üzemi pénzügyi mérlegtől – lényegében anyag- és energiaáramok közt kell megvonni.

Az ökomérleg felállításának négy lépése:

- célmeghatározás és a mérlegelési tartomány körülhatárolása, ami tartalmilag a rendeltetés és a célcsoport megoldását jelenti,
- a tárgyi (dologi) mérleg mint központi feladat, vagyis annak tisztázása, hogy
  - milyen környezetváltozásokat kell figyelembe venni (indikátorválasztás),
  - honnan kell adatokat gyűjteni az indikátorok megnyilvánulási fokának megállapításához (adatbeszerzés),
  - az adatok segítségével ökológiailag kellően leírhatók-e az összehasonlítható biotechnikai folyamatok (adatminőség),
- hatásbecslés az üvegházhatás, a készletfelhasználás és az ökotoxicitás alapján, ezekhez egyenként rendelve a fenti indikátorokat (e téren ez ideig tisztázatlan kérdések merülnek fel egy-egy anyag többféle hatása és egy-egy hatáson belül különféle tényezők különböző jelentőségű szerepe miatt),
- a tárgyi és a hatásmérleg eredményeinek összefoglalása.

Mivel a felsorolt részfolyamatok összefüggnek egymással, az ökológiai mérleg felállítása iteratív folyamat, amely széles megalapozottságánál fogva egyaránt meg tud felelni a vállalati vezetés és irányítás, marketing és a termékfejlesztés érdekeinek és igényeinek (2. ábra).



2. ábra Az ökológiai mérleg elemeinek felépítése

## Gazdaságossági számítás (költségszámítás) az integrált környezetvédelem keretében

Az iparban a környezetvédelem régebben szinte kizárólag utólagos kár-elhárító (end-of-pipe = „csővégi”) megoldásokból (füstsűrítés, szennyvízkezelés stb.) állt, amely hozzáadódik a változatlan üzemköltséghez, tehát megnöveli a vállalati összköltséget. Így alakult ki mind az ipari, mind a politikai szférában az a meggyőződés, hogy a környezetvédelem szükségképpen többletkiadásokkal jár együtt, amelyeket piaci stratégiával kell kompenzálni.

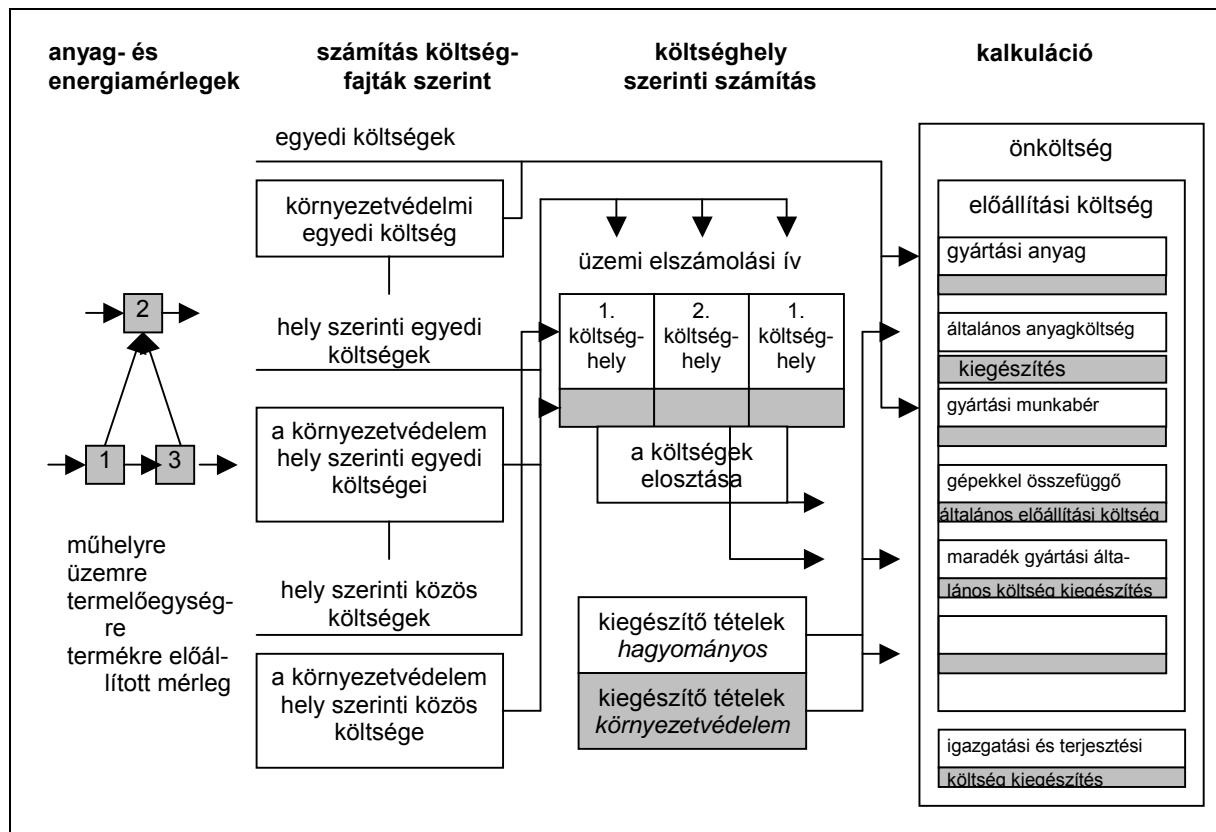
Csak újabban tör utat magának a környezetvédelmi intézkedések előnyeinek felismerése, s ez részben az integrált környezetvédelem bevezetésének köszönhető. Egyre jobban kirajzolódnak az ökológiai rendeltetésű változtatások és beruházások költségcsökkentő és versenypozíciót erősítő lehetőségei.

Számos piacon korlátozott az árképzés mozgástere, annyira, hogy a fejlesztés egészének az adott piaci árhoz kell igazodnia (target costing). Az integrált környezetvédelem gazdaságossági számításával ezért olyan adatrendszer kell képezni, amely a hagyományos költségszámításon túlmenő, azt kiegészítő információkkal fokozza a költségek átláthatóságát. Ezen a célon belüli részfeladatok:

- a nyersanyag-felhasználással, hulladékkal, szennyvízzel stb. kapcsolatos ésszerűsítési potenciálok felderítése,
- a környezetvédelmi kiadások figyelembevétele a beruházási költség-számításnál,
- a termékek környezetterhelés beszámítása nélkül meghatározott előállítási költségének korrekciója, önköltség pontos megállapításának és a reális árképzésnek az érdekében,
- a dolgozók motiválása a környezet védelmének mint „saját munkakörnek” az ellátására,
- a vállalati imázs javítása.

A környezeti vonatkozású költség-számítást nem a hagyományos költség-számítással párhuzamosan kell felállítani, hanem utóbbiba kell beépíteni, azt teljessé téve (3. ábra). A környezetiköltség-számítás mindig az üzemi anyag- és energiaáramok üzemi környezeti mérleg formájában történő meghatározásából indul ki. Amennyiben már rendelkezésre állnak az (átfogóbb) ökomérlegek, akkor fel lehet használni az ezek részét képező tárgyi mérlegeket.

A környezetorientált költség-számítás egyik alapkövetelménye, hogy a környezetterheléssel összefüggő kiadások ne olvadjanak be felderíthetetlenül más költségtömbökbe. Ugyanis minden kg hulladék, minden m<sup>3</sup> szennyvíz és minden kW hulladék hő bizonyos tekintetben a piaci forgalomban levőkhöz hasonló termék (csak éppen nem szándékosan keletkezett), és ugyanúgy térbeli előállítási, tárolási, „forgalmazási” és kezelési (elhelyezési) költség, amelyet transzparencia segítségével módszeresen lehet csökkenteni.



3. ábra A környezeti költségszámítás menete

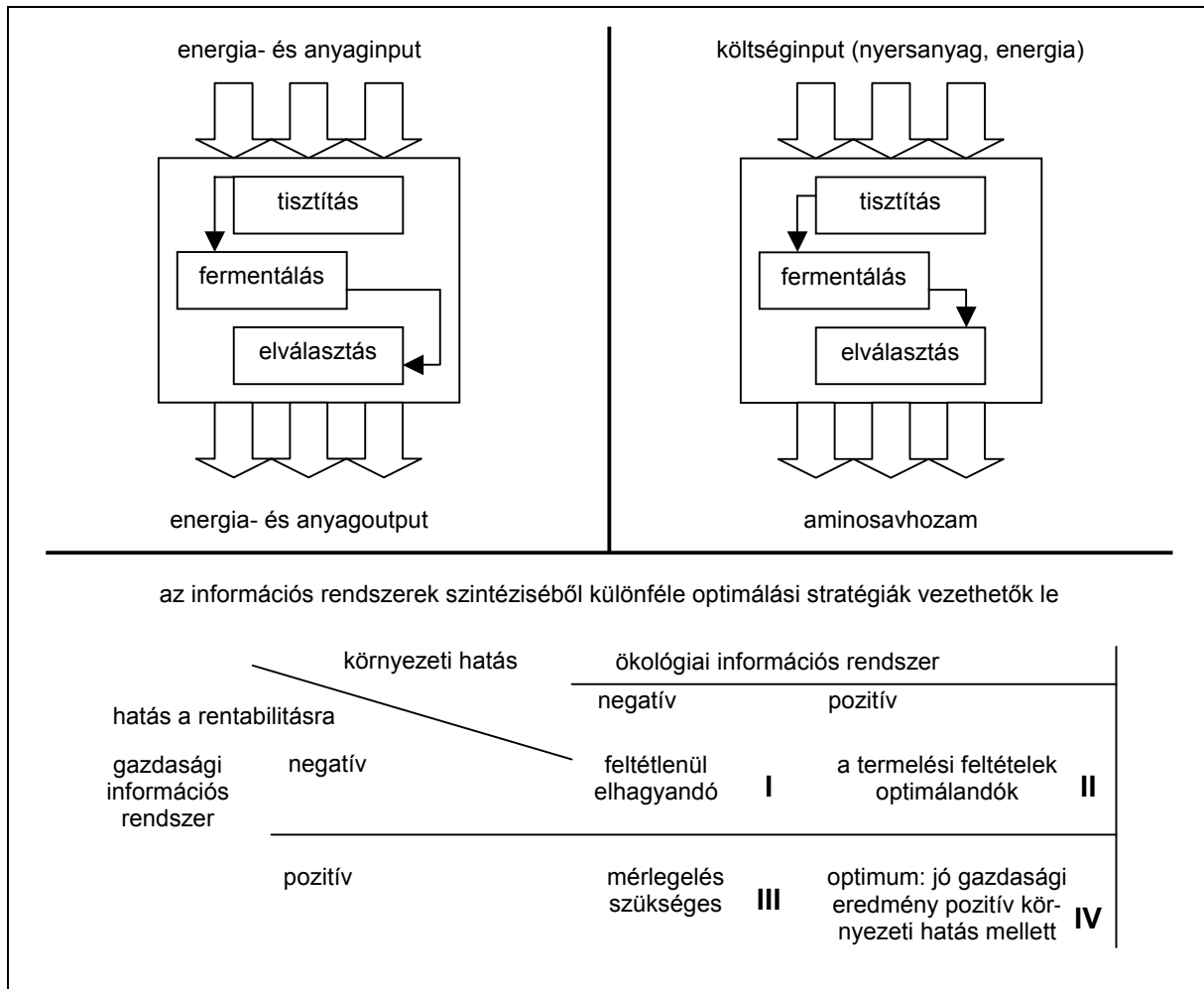
A hulladék (melléktermék, maradék) kétszeres költséggel terheli a vállalatot: egyrészt „előállításával”, másrészt kezelésével, s mindkettő értéképzés nélkül. Kísérleti projektumokból leszűrt első következtetések alapján a hulladékképződés visszaszorításával és a hulladékok stb. optimált hasznosításával elérhető vállalati költségcsökkenés 2%-ig terjed.

## Cselekvési szabályok levezetése

A gazdasági és az ökológiai információs rendszereket döntési mátrixba rendezve (4. ábra) két egyértelmű, az I- és a IV-es mezőben szemléltetett, stratégiai javaslatot lehet levezetni:

- I. Amennyiben mindkét információegyüttes negatív, akkor el kell vetni az innovációs javaslatot.
- IV. Amennyiben a javasolt eljárásokkal nagyobb rentabilitás érhető el kedvező ökológiai hatások mellett, akkor minden az innováció mellett szól.

- II. Ha „csak” a gazdasági eredmény nem kielégítő, akkor vagy a gazdasági peremfeltételeken kell javítani, ha pedig ez nem sikerül, nulláról kell újrakezdeni a tervezést.
- III. Ha az ökövektor negatív és nem javítható, akkor az egész üzemi értékrenden belüli mérlegelésre van szükség, átgondolva a gyártás távolabbi környezeti következményeit is.



4. ábra Az információs rendszerek összehasonlítása (példa: enzimes aminosavgyártás), cselekvési javaslat

A döntéshez és cselekvési szabályok levezetéséhez hasznos volna, ha az információkat egy egységes számítási rendszerben lehetne alkalmazni, ill. egyértelmű információkat lehetne képezni. A feladat nem egyszerű, de az egységes információs rendszer bizonyos követelményei és lehetőségei vázolhatók (2. táblázat).

Gazdasági és ökológiai mutatószámok integrálási  
lehetőségei

	Beépítés számítási rendszerbe (A)	Mutatószám-rendszerek	
		több mutatószám (B1)	egy mutatószám (B2)*
Példa	Üzemi elszámolási ív gazdasági és ökológiai költségek, költséghelyekre való elosztásához	Gazdasági/ökológiai alapú mutatószámok, pl. – egy outputegységre jutó energiafogyasztás – egy outputegységre jutó hulladék	Haszonérték (a döntéshozók által preferált funkció szerint sűrített, dimenzió nélküli index)
Előnyök	– érthetőség – ismertség – csekély ráfordítás	– egyedi információk sűrítése – hatékonysági megállapítások lehetősége	– egyedi információk sűrítése – preferált funkciók felderítése – egyedi értékek tömörítése a dimenzió nélküli haszonindex
Hátrányok	– rendszer-elhatárolás – ökológiai hatások részlegekhez rendelése – fogadtatás – értékelés	– a mutatószám-rendszer különböző iránya az indikátor szerint – rendszer-elhatárolás – tömörítés – mutatószámok értelmezése	– a szubjektivitás átvitele – skálaproblémák – preferenciák kapcsolódása

\* Az említett követelményeknek leginkább megfelel, és a felsorolt korlátozások ellenére a legtöbb szabadsági fokot nyújtja.

**(Dr. Boros Tiborné)**

Müller, U.; Hübner, S. stb.: Integrierter Umweltschutz und Biotechnologie: Ökobilanz und Wirtschaftlichkeitsrechnung im Innovationsprozess. = Chemie Ingenieur Technik, 72. k. 12. sz. 2000. p. 1429–1438.

Goldman, M.: Integrate environmental management into business functions. = CEP Chemical Engineering Progress, 96. k. 3. sz. 2000. p. 27–33.

Bättig, C.; Knoepfel, L. P.; Peter, K. stb.: Konzept für ein integriertes Politik- und Umweltbeobachtungssystem. = Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, 24. k. 1. sz. 2001. márc. p. 21–59.