



Szlovénia-Magyarország
Határon Átnyúló Együttműködési Program
2007-2013

A KÖRNYEZETBARÁT CSOMAGOLÁS TERVEZÉSE ÉS FEJLESZTÉSE

dr. Radonjič Gregor

*„Információs és oktató öko-központ kis- és
középvállalkozások támogatására hálózatok
kialakításakor, innováció valamint környezetbarát
termékek, eljárások és szolgáltatások
fejlesztésekor és értékesítésekor”
rövid név: ECO-HUB, azonosító: SI-HU-2-2-012*

2014. január



PROJEKT

Operatív program Szlovénia – Magyarország 2007 – 2013

A KÖRNYEZETBARÁT CSOMAGOLÁS TERVEZÉSE ÉS FEJLESZTÉSE

ÍRTÁK

dr. Radonjič Gregor

KIADÓ

Az ECO-HUB projekt vezető partnere
Maribori Egyetem, Kémia és Vegyészmérnöki Kara

LEKTORÁLÁS

Margit Berlič Ferlinc

GRAFIKAI SZERKESZTÉS ÉS TÖRDELÉS

www.agd.si

NYOMDA

še ne vemo

PÉLDÁNYSZÁM

500 példány

A projekt az Európai Unió támogatásával, az
Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg

ISBN številka



Tartalom

oldal:

9	Néhány szó a szerzőről
10	Előszó
13	1. Bevezetés: környezetvédelmi tervezés és a csomagolás fejlesztésének fontossága
16	2. A csomagolás alapfogalmai
18	3. A csomagolás funkciói
22	4. A csomagolás gazdasági és társadalmi jelentősége
32	5. Csomagolóanyagok és a csomagolás típusai
34	5.1. Üveg, mint csomagolás
35	5.2. Papír- és kartoncsomagolás
41	5.3. Fémcsomagolás
42	5.3.1. Acélcsomagolás
42	5.3.2. Alumíniumcsomagolás
43	5.4. Műanyag csomagolás
44	5.4.1. Hagyományos polimer anyagok
48	5.4.2. A polimer anyagok biodegradációja
51	5.4.3. A polimer műanyagok lebomlásának folyamata
53	5.4.4. A biodegradálható polimer anyagok típusai
56	5.4.5. A biodegradálható polimerek fejlesztésének környezetvédelmi szempontjai
60	5.4.6. Bevásárló zacskók biodegradálható műanyagból: valóban a legjobb alternatíva?
62	5.4.7. Oxo-degradálható polimer anyagok
64	5.5. Facsomagolás
64	5.6. Textilcsomagolás

65	5.7. A csomagolóanyagok öko-profilja
65	5.8. A csomagolás sajátos típusai
65	5.8.1. Többrétegű és összetett csomagolás
69	5.8.2. Módosított atmoszférájú csomagolás
69	5.8.3. Aktív és intelligens csomagolás
72	6. A csomagolások főbb környezetvédelmi problémái
72	6.1. Csomagolási hulladék
76	6.2. Az elsődleges csomagolóanyagok ésszerű felhasználása
78	6.3. A káros anyagok jelenléte és migrációja
79	7. A környezetbarát csomagolás fejlesztésének és felhasználásának vállalkozói és üzleti okai
80	7.1. A csomagolással kapcsolatos környezetvédelmi jogszabályok
82	7.2. A nyersanyagok és anyagok ésszerű használata
83	7.3. A vállalat arculatának romlása a csomagolás használata miatt
84	7.4. A káros anyagok lecserélése
84	7.5. Szénlábnyom
85	8. A csomagolás környezetvédelmi életciklusának az elemzése – LCA-módszer
85	8.1. Mit jelent a környezeti életciklus elemzésének fogalma?
86	8.2. Az LCA-módszer (analízis) definíciója
87	8.3. Mit szeretnénk elérni az LCA-módszerrel?
88	8.4. Az LCA-módszer (analízis) metodológiai keretének leírása
91	8.5. Az LCA-módszer (analízis) hiányosságai
92	8.6. Néhány elvégzett LCA-tanulmány példája a csomagolásra
101	9. A csomagolás szénlábnyoma
101	9.1. A termék szénlábnyomának módszertani koncepciója
105	9.2. A szénlábnyom koncepciójának hiányosságai
109	10. A csomagolás öko-dizájnya
109	10.1. A termék öko-dizájn koncepciójának meghatározása
111	10.2. A csomagolás öko-dizájnjának alapvető szempontjai és megközelítései
116	11. Minimális mennyiségű csomagolás tervezése (dematerializáció)

119	11.1. A csomagolás túlzott és szükségtelen használata
122	11.2. Hogyan határozható meg a csomagolóanyag optimális mennyisége?
125	11.3. A kereskedelmi és szállítási csomagolás egyidejű tervezése
127	11.4. A csomagolás tömegének csökkentése és jobb szállítási hatékonyság
129	11.5. Az életciklusok hatással vannak a szükséges csomagolás mennyiségére
131	12. Újrahasznosítás-központú tervezés
133	12.1. A műanyag csomagolási hulladék újrahasznosítása
134	12.1.1. A műanyag hulladék újrahasznosítására vonatkozó techno-gazdasági korlátok
138	12.1.2. PET palackok újrahasznosítása
139	12.1.3. Mi részesül előnyben: a műanyag csomagolás tömegének csökkentése vagy az újrahasznosítás lehetősége?
141	12.2. Üvegcsomagolás újrahasznosítása
142	12.3. Fémcsomagolás újrahasznosítása
142	12.3.1. Acélcomagolás újrahasznosítása
143	12.3.2. Alumíniumcsomagolás újrahasznosítása
143	12.4. Papír- és kartoncsomagolás újrahasznosítása
146	12.5. Újrahasznosítási szimbólumok
149	13. Újrahasznosítás-központú tervezés (visszatérő csomagolás)
151	13.1. A visszatérő csomagolási rendszer techno-gazdasági tényezői
152	13.2. A visszatérő és vissza nem térítendő csomagolási rendszert összehasonlító környezeti elemzés
158	14. Komposztálásra tervezés
163	15. A csomagolásban lévő káros anyagok kerülése
167	16. Fogyasztói tudatosságot növelő tervezés
169	17. A csomagolás környezetvédelmi megfelelőségére vonatkozó szabványok
172	18. A csomagolás ökotervezéséről szóló kérdőívek
175	19. A csomagolás ökotervezésének példái
181	20. Átfogó üzleti gyakorlat környezetbarát csomagolás tervezéséhez
186	21. Csomagolás a fenntartható fejlődés részeként
189	Kifejezések szótára
190	Irodalom



Ábrajegyzék

oldal:

15	1. ábra: A csomagolás környezeti problémáira vonatkozó társadalmi fegyelem fejlődése.
20	2. ábra: A csomagolás funkciói az ellátási láncban (PIRA –INCPEN 1998).
23	3. ábra: A csomagolás fejlődésével kapcsolatos tényezők, a technológiai tényezők és a társadalmi tényezők kapcsolata (Olsmats, 2002).
28	4. ábra: Az élelmiszerek energiafelhasználásának felosztása (az átlagos adatok Nagy-Britanniára érvényesek; INCPEN 1996.)
28	5. ábra: A húsellátási láncában felhasznált energia felosztása, 1 főre lebontva (INCPEN 2011).
33	6. ábra: A csomagolóanyagok szubsztitúciós folyamatai: a celofán helyettesítése műanyag polipropilén (PP) fóliákkal (Aigner, 2012)
37	7. ábra: A réteges karton.
38	8. ábra: A hullámos karton alapvető típusai: (a) egyoldalú egyrétegű, (b) egyrétegű, (c) kétrétegű, (d) háromrétegű (Černič et al. 2005).
46	9. ábra: Kosmetikai termék növény eredetű műanyag (polietilén) csomagolásban. (Procter & Gamble 2011)
49	10. ábra: A polimerek elosztása az eredetük és biodegradációs képességük alapján (Enders et al. 2009)
51	11. ábra: A biodegradálható polimerek körforgása a természetben (IBAW 2005).
52	12. ábra: A polimer műanyagok degradációs folyamata a környezetben (Kržan et al. 2006).
55	13. kép: Az első zsugorodó fólia megújuló forrásokból (www.alesco.net).
60	14. ábra: A többrétegű csomagolás szerkezete: „Wheyley” barrier réteg savó-proteinekből, potenciális helyettesítésként a (kőolajból előállított) konvencionális polimer anyagok számára.
63	15. ábra: Fragmentált oxo-degradálható polimer anyagok (Loughborough University 2010).
67	16. ábra: Többrétegű csomagolások – különböző célokra (Soroka, 2002; Radonjič, 2008).
67	17. ábra: A hat és négyrétegű palackcsomagolás példái. (Alcion Plasticos s.l. 2012)
73	18. ábra: Az EU-15 országokban keletkezett, feldolgozott és újrahasznosított csomagolási hulladékok mennyisége. (EEA 2012; Eurostat 2011)
74	19. ábra: Az EU-országokban újrahasznosított csomagolási hulladék arányai. (EEA 2012).
75	20. ábra: Zöld Pont.
86	21. ábra: A csomagolás életciklusa (CEN Report 13910:2000).
94	22. ábra: Az LCA-analízis eredményei 4 különböző típusú pohárra: (a) kisebb rendezvényekre, (b) nagyobb rendezvényekre (az adatok Belgiumra specifikusak) (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).
95	23. ábra: Az LCA-elemzés eredményei 4 különböző pohártípusra, öko-pontokkal kifejezve: (a) kisebb rendezvényekre, (b) nagyobb rendezvényekre (az adatok Belgiumra specifikusak) (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).
96	24. ábra: Az LCA-analízis eredményei – gyerekjáték. (Muñoz et al. 2009).
98	25. ábra: Az LCA-elemzés eredményei az alternatív gyermekételek csomagolásának rendszereire (az adatok specifikusak a tanulmányozott példára) (Humbert et al. 2009).
99	26. ábra: A műanyag csomagolás alternatív csomagolási anyagokra történő lecserélésének megjósolt következményei. (Brandt és Pilz, 2011).
103	27. ábra: A – különböző csomagolásba csomagolt – gyümöcslé („smoothie”) szénlábnyma (a csomagolás gyártója az Innocent vállalat) (Carbon Trust 2008).
103	28. ábra: Szlovén csomagolásgyártó jelzése a szénlábnym csökkentéséről.
104	29. ábra: A Knorr instant levesek szénlábnyma. (Milà i Canals et al. 2011).
106	30. ábra: Az LCA-elemzés (beleértve a szénlábnymot is) eredményei a különböző kávécsomagolásra (ez a példa specifikus egy olasz termelőre). (De Monte et al. 2005).
107	31. ábra: A németországi italok alumínium és üvegcsomagolásainak szénlábnyma és a többi környezeti indikátor: (a) szállítási távolság: 100 km; (b) szállítási távolság: 680 km (Detzel és Mönckert 2009).

110	32. ábra: A termék különböző öko-dizájn stratégiái. (Brezet és van Hemel, 1997)
112	33. ábra: A csomagolás fejlődését befolyásoló tényezők. (Recoup 2009)
115	34. ábra: A környezetbarát csomagolás fejlesztésének és tervezésének általános irányelvei. (konceptió 7xR)
116	35. ábra: A csomagolás minimalizálásának (dematerializációjának) példái (Waste & Resources Action Plan; www.wrap.org.uk).
123	36. ábra: A csomagolás optimális mennyiségének a meghatározását szolgáló elv (Erlov et al. 2000).
125	37. ábra: Gyűjtőcsomagolás dematerializációjának példája (WRAP, 2009b).
126	38. ábra: A csomagolás helytelen lecserélése. A keksz két csomagolási rendszerének anyag- és energiamérlege: (a) elsődleges csomagolás, (b) új csomagolás (PRO EUROPE, 2004).
127	39. ábra: Az alternatív csomagolási termék tömegaránya joghurt szállításkor (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen e. V. 1998).
128	40. ábra: Raklapozás hatékonysága a kereskedelmi és gyűjtőcsomagolás formájától függően (a számítások 1200 x 1000 x 2400 mm méretű raklapokra és 22 raklap/kamion kapacitásra érvényesek) (WRAP, 2009c).
129	41. ábra: Az élelmiszer és főzéshez szükséges víz, valamint a csomagolás fogyasztásának mennyisége a nagy-britanniai háztartásban élő tagok számának függvényében (INCPEN, 1996).
133	42. ábra: Műanyag hulladék újrahasznosítási technológiák (Lundquist et al. 2000; Radonjič, 2008).
134	43. ábra: Újrahasznosított műanyag csomagolásból készült termékek (DKR 2004).
134	44. ábra: A hőre lágyuló anyagok feldolgozásának hőmérséklete.
135	45. ábra: Polimerek keverhetősége (kompatibilitása) (Pregrad és Musil, Rink et al. 1995).
138	46. ábra: Újrahasznosított HDPE anyagból gyártott tejes flakon (EREMA/WES 2008).
138	47. ábra: Újrahasznosított PET műanyagból készült kereskedelmi termékek.
145	48. ábra: A festéktelenítési eljárás sematikus ábrázolása (deinking) (North Carolina State University, 2012)
147	49. ábra: Csomagolóanyagok újrahasznosítási szimbóluma (Möbius hurok).
147	50. ábra: Polimer anyagok azonosító jelei: (a) szabványosított jelölés, (b) és (c) a polietilén-tereftalát jelölése, amelyet szintén használnak a piacon.
148	51. ábra: A csomagolás azonosító és újrahasznosítási szimbólumai: (a) é (b) alumínium, (c) acél, (d) újrahasznosított anyag aránya.
150	52. ábra: Visszatérő csomagolás példái: (a) gyümölcs csomagolására alkalmas dobozok a szupermarketekben, (b) zacskók a kanapéhoz, (c) kozmetikumok csomagolása.
154	53. ábra: LCA-módszeren alapuló elemzés eredményei – kombinált többrétegű kartondoboz és visszatérő üvegpalack csomagolás összehasonlítására vonatkozóan. Az adatok a német piacra érvényesek (FKN, 2006).
162	54. ábra: Példa a biológiailag lebontható és komposztálható csomagolás jelölésére (FNR 2005).
176	55. ábra: A PE-HD ökotervezésű palack néhány eleme. (Bal oldalon a nem megfelelő, jobb oldalon a megfelelő anyagok láthatók; APME, 1996.
176	56. ábra: Joghurt csomagolása: a különböző műanyagok kombinációja ebben az esetben nem felel meg a csomagolás ökotervezési szempontjainak.
179	57. ábra: Többkomponensű karton és műanyag csomagolás.
180	58. ábra: Palack magokkal (Yanko Design, 2009).
187	59. ábra: A csomagolás szerepe a fenntartható fejlődés céljainak elérésékor (Bickerstaffe, 2007).



Táblázatjegyzék

oldal:

25	1. táblázat: Az éves élelmiszer-veszteség aránya néhány országban (1990-ben) (Oki és Sasaki, 2000).
29	2. táblázat: A csomagolás tömegének és az energia arányai egy átlagos háztartás évi igényeinek függvényében (az adatok Hollandiára érvényesek; Kooijman, 2000).
30	3. táblázat: A műanyag csomagolás tömegének és a becsomagolt termék tömegének az összehasonlítása (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen, 1998).
38	4. táblázat: A papírcsomagolás néhány alapvető típusa.
54	5. táblázat: Néhány – csomagolási célra használt – biodegradálható polimer anyag.
55	6. táblázat: A bioműanyag csomagolások használatának lehetőségei (European Bioplastics 2011).
62	7. táblázat: A papír és biodegradálható bevásárlótáskák környezeti hatásai a műanyag polietilén bevásárlótáskával összehasonlítva (mindhárom esetben egyszeri használatról van szó) (EuroCommerce 2004).
66	8. táblázat: A csomagolóanyagok környezeti tulajdonságai* (Ashby, 2009).
66	9. táblázat: A többretegű csomagoláshoz szükséges csomagolóanyagok tulajdonságai (Vujković et al. 2007).
70	10. táblázat: Az élelmiszerek csomagolására használható aktív csomagolások példái. (Anon. 2001; Radonjić, 2008)
77	11. táblázat: Az 1000 kg csomagolóanyag gyártásához szükséges elsődleges nyersanyag mennyisége (BUWAL 1998).
89	12. táblázat: Környezeti kategóriák és a hozzá kapcsolódó környezeti indikátorok.
93	13. táblázat: Adatok a környezeti hatásokról (környezeti kategóriák) az 1kg PET anyagok termelésekor. (PlasticsEurope 2011).
102	14. táblázat: A globális felmelegedés potenciáljai a különböző üvegházhatású gázokra. (IPCC 2007) 1
112	15. táblázat: A csomagolás tervezésének alapvető elemei és a hozzá tartozó környezeti hatások.
117	16. táblázat: Különböző termékek csomagolási tömegének csökkentése (ACP, 2008).
120	17. táblázat: A csomagolás megtakarítása különböző termékcsoportokon belül (az adatok Nagy-Britanniára érvényesek) (DEFRA, 2009).
120	18. táblázat: A termékcsoportban lévő legkönnyebb és legnehezebb csomagolás közti különbség (az adatok Nagy-Britanniára érvényesek) (WRAP, 2009a).
136	19. táblázat: Általános anyagválasztási irányelv nagy sűrűségű polietilén palackok gyártására (HDPE) (Recoup 2009).
136	20. táblázat: Általános anyagválasztási irányelv polietilén-tereftalát (PET) palackok gyártására (Recoup 2009).
137	21. táblázat: Általános anyagválasztási irányelv polisztrén (PS) palackok gyártására (Recoup 2009).
140	22. táblázat: A PVDC és PP, valamint a belőlük készült csomagolási fóliák környezeti életciklus-leltár eredményei. Az adatok mg-ban vannak megadva (APME, 1997).
142	23. táblázat: Különböző típusú üvegszilánkok megengedett mennyiségei (SIST CR 13688:2001).
146	24. táblázat: A csomagolásra vonatkozó azonosítási rendszer az Európai Unióban.



Néhány szó a szerzőről

Radonjič Gregor a Maribori Egyetem Kémiai és Vegyészmérnöki Tanszékén szerzett egyetemi diplomát, majd később mesteri és doktori fokozatot. Egyetemi tanárként dolgozik a Maribori Egyetem Üzlet- és Gazdaságtudományi Karán, a Műszaki és Vállalkozói Tanszék vezetőjeként. Tudományosan és szakmailag aktívan a következő területeken tevékenykedik: a termékek környezeti hatásainak felmérése, életciklus-elemzés, csomagolásfejlesztés és környezeti menedzsment. Tanulmányait többek közt a London Metropolitan University, a bécsi Gazdasági Egyetemen, és a krakkói Közgazdaságtudományi Egyetemen tökéletesítette. A Csomagolás nevet viselő tantárgy tárgyfelelőse és kivitelezője az egyetem Üzleti és Gazdaságtudományi Karán, ugyanakkor tárgyfelelőse más környezetvédelmi kérdéseket feldolgozó tantárgyaknak is (Termékek ökológiája, Termékek és a minőség biztosítása, Műszaki menedzsment és környezetvédelem, Műszaki és környezeti innováció). A csomagolásról és környezetvédelemről szóló (2008) első szlovén nyelvű monográfia szerzője, valamint az ún. International Society of Commodity Science and Technology (IGWT) szövetség tagja.



A csomagolás sokkal összetettebb termék, mint amilyennek első pillantásra tűnik. Különböző funkcióknak kell megfelelnie, amelyek közül a legfontosabb a csomagolt tartalom védelme. Az ellátási láncok, a forgalmazási rendszer és a termék felhasználásának, azaz kezelésének egyik legfontosabb eleme. Ugyanakkor a csomagolás az, amely hozzájárul a különböző források sokkal ésszerűbb és biztonságosabb használatához – az élelmiszerektől az értékes anyagokig –, amelyeket drágább technikai termékek előállítására használnak fel. A felsoroltak ellenére a csomagolásnak még mindig negatív jelentése is van, ami a modern fogyasztói társadalom egyik paradoxonja. A csomagolás negatív képe természetesen összefügg azzal a ténnyel, hogy a szemünk előtt napi szinten halmozódik fel a csomagolási hulladék. Habár ez komoly környezeti probléma, amelyet megfelelően kell kezelni, a gyártóknak és felhasználóknak figyelembe kell venniük, hogy ez csak egy – a csomagolással kapcsolatos – környezetvédelmi szempont.

A csomagolás gyártásával foglalkozó vállalatok, és azok a vállalatok, amelyek aztán azt a termékeik csomagolására használják fel, a jövőben kevésbé lesznek versenyképesek, ha a termékek fejlesztésekor figyelmen kívül hagyják a nyilvánvaló környezetvédelmi követelmények terén jelentkező trendeket. Az olyan kifejezések, mint a „zöld”, „fenntartható”, „öko” és „természetbarát” mindig gyakrabban vannak jelen a csomagolási iparban is. A csomagolás felhasználói

az egyre szigorúbb előírásokkal szembesülnek, és azzal a ténnyel, hogy a termékeiket környezetbarát csomagolásba kell csomagolniuk. Minden jel arra utal, hogy ez a trend a jövőben csak erősödni fog. A nemzetközi tanácsadócégek és más szakmai szervezetek előrejelzései és elemzései hasonlóak: a környezetbarát csomagolás iránti kereslet nő, és várhatóan folytatódni fog ez a trend a jövőben is. Ugyanakkor a közvetlen környezetvédelmi követelmények mellett vannak olyanok is, amelyek az emelkedő nyersanyagárakhoz kapcsolódnak, ami a vállalatok nyereségét csökkenti. Ezért várható, hogy az EU-s szabályozó rendelkezések, amelyek hatálya alá tartozik a csomagolás és a csomagolási hulladék is, a vállalatok elé – a már meghatározott újrahasznosítási kvóták mellett – további követelményeket fognak felállítani.

Az éremnek ebben az esetben is másik oldala is van, amely a csomagolásra és a környezetre vonatkozik, és nagymértékben el van hallgatva. A csomagolás megakadályozza a nagyobb mennyiségű hulladék keletkezését, amely kétségtelenül hamarabb keletkezne az élelmiszerek gyorsabb romlása és a termékek károsodása miatt. Csomagolás nélkül a termékek gazdasági folyamatai és a fogyasztói életmód – amilyenről mi tudunk és amelyet ismerünk – összeomolna, mint a kártyavár. Korszerű csomagolások nélkül a mindennapi dolgokhoz való hozzáférés jelentősen csökkenne, a költségek pedig növekednének. Szinte biztos, hogy a hulladék

menntisége is megnőne, mert az élelmiszerek gyorsabban romlanának, a termékek pedig többször sérülnének meg. Úgy tűnik, hogy hazánkban – a fejlett országokkal szemben – ezzel a ténnyel a csomagolás gyártói, a felhasználók, a fogyasztók és az illetékes állami intézmények kevésbé vannak tisztában, mert ritkán értesítik a nyilvánosságot és az illetékes intézményeket.


Felmerül a kérdés, hogy hogyan kellene megközelíteni a dizájnt, azaz a tervezést, a fejlesztést és a környezetbarát csomagolás bevezetését. Milyen szempontokat kell ennél figyelembe venni? Első pillantásra úgy tűnhet, hogy ez a probléma tulajdonképpen egyszerű. De ez nem így van. Ez a könyv bizonyítja ezt. Sok vállalat még nincs tisztában azzal, hogy a környezetbarát, azaz fenntartható csomagolás fogalma sokkal többet jelent, mint csak újrahasznosítást. A csomagolás környezeti hatásai valójában sokkal szélesebbek. E könyvben átfogóan és rendszerezetten mutatjuk be őket.

A csomagolás problémáját és a környezetre kifejtett hatásait vizsgálva különböző kérdések merülnek fel. Az egyik ilyen arra vonatkozik, hogy hogyan lehet relevánsan és objektíven értékelni az ilyen hatásokat. Sokan tévesen azt gondolják, hogy a hulladék az egyetlen és legfontosabb csomagolással kapcsolatos környezeti probléma. E gondolkodásmódon változtatnak az új hozzáállások a csomagolás és a csomagolt termékek környezetre kifejtett hatásainak az értékelésére, amelyek a termékek környezeti életciklus-elemzésén alapulnak. Az ilyen típusú elemzések közé tartozik az úgynevezett szénlábnym. Az eddig ismert módszerek – mint minden modell – hiányosságokat is tartalmaznak, amelyekkel tisztában kell lenni az alkalmazásukkor és a projektről készült tanulmányok és eredmények értelmezésekor. Az életciklus-elemzés az LCA-módszerrel

a csomagolás tervezésének és fejlesztésének területén azonban kétségtelenül a világ egyik legfontosabb eszköze.

A kiadványt úgy szerkesztettük meg, hogy a csomagolás problematikáját a környezetvédelem függvényében – átfogó módon – mutattuk be: a funkciójától a társadalomban való szerepéig, az új anyagok fejlesztésén keresztül a környezetvédelem bonyolult kérdéséig, amelyek kölcsönhatással vannak a csomagolásra. Azokat a legújabb módszereket és fogalmakat mutatjuk be, amelyeket a fejlett országokban a csomagolás tervezésekor és fejlesztésekor vannak használva. E tananyagban a különböző intézkedések példáit mutatjuk be a csomagolás és környezet területéről. A nagyobb vállalatok gyakran diktálják a fejlődés irányát és trendjét, ezért ezekhez gyakran igazodnak a kisebb vállalatok (jó figyelemmel kísérni ezeket a trendeket). Ezen kívül számos ötletet és kritériumot – amelyeket a fejlesztési koncepciókban mutatunk be – át lehet vinni a kis- és középvállalkozásokra.

A tananyag célja az, hogy iránymutatást nyújtson a modern csomagolás tervezéséhez és fejlesztéséhez. A folyamatok a környezeti kritériumok figyelembevételével nélkül nem teljesek, és a modern piaci és szabályozási követelmények mellett a vállalatok számára még káros hatással is lehetnek. Különböző országokban és különböző szakmai szervezeteken belül a csomagolás gyártói és felhasználói köreiben már kialakult a többé-kevésbé átfogó és átlátható útmutatók. Ez a kiadvány pedig egy helyen foglalja össze a modern trendeket a csomagolás tervezéséről és fejlesztéséről, valamint az általános irányelveket és kritériumokat, amelyeket figyelembe kell venni. A kiadvány célja, hogy arra ösztönözze a fejlesztőket és a csomagolás felhasználóit, hogy gondolják újra, milyen módon tudnának javítani a csomagoláson, azon, amit gyártanak vagy használnak.



Továbbá bemutatunk számos jó üzleti gyakorlatot is. Dominálnak a külföldi cégek példái, és ennek legalább két oka van. A legújabb innovációs példák, projektek bemutatásával és a modern módszerek használatával a csomagolás környezetre való hatásainak elemzésére azokat a nemzetközi trendeket szeretnénk megadni, amelyekhez alkalmazkodni kell. Sok külföldi vállalat az innovatív eredményeit a környezetbarát csomagolás területéről nyilvánosan megjelenteti a különböző irodalmakban, az interneten és konferenciákon. Különböző szlovén vállalatokat próbáltam meg ösztönözni, hogy mutassák be az üzleti gyakorlataikat a csomagolás tervezésének és fejlesztésének területéről. A kiadványban három vállalat jó gyakorlatát mutatjuk be, annak ellenére, hogy az együttműködésre több vállalatot hívtam meg. Legyen ez a tananyag ösztönzés a másmilyen, alternatív gondolkodásra, és útmutatás a fennálló csomagolással és környezettel kapcsolatos sztereotípiák leküzdésére.



1. Bevezetés: környezetvédelmi tervezés és a csomagolás fejlesztésének fontossága

A csomagolási ipar egy igen dinamikus ágazat. Nemcsak hogy állandóan az intenzív technológiai fejlesztésnek van kitéve az alap- és segéd- csomagolási anyagok területén – a csomagolási és disztribúciós technikáknak, hanem folyamatosan követnie kell az új termékek fejlődését, a változó társadalmi szokásokat, az értékesítési módszert és fogyasztást. Ugyanakkor állandóan a közvélemény nyomása alatt áll a környezetre gyakorolt hatásai miatt. Ehhez csatlakoznak az egyre szigorúbb környezetvédelmi jogszabályok és szabványok.

Az már tény, hogy a csomagolási iparág (beleértve a nyersanyagok előállítóit, a cso-

magolási termékek előállítóit és a vállalatokat, akik ezeket használják) a környezetvédelmi trendekben aktívan jelen van, ezek pedig dinamikusan változnak, azaz szigorodnak. A csomagolás felhasználói az egyre szigorúbb szabályozási követelményekkel szembesülnek, és azzal a ténnyel, hogy a termékeknek környezetbarát csomagolásban kell lenniük. Van elég sok bizonyíték arra, hogy ez a trend a jövőben csak nőni fog. A nemzetközi tanácsadócégek és más szakmai szervezetek előrejelzései és elemzései ugyanis hasonlóak: a környezetbarát csomagolás iránti kereslet nő, és várható e trend növekedése a jövőben is. Érdekes megemlíteni néhány érdekes előrejelzést:

A „Word Green packaging” kutatást a Freedonia Group, Inc. végezte el, amely kimutatta, hogy a környezetbarát csomagolás iránti kereslet a globális piacon (beleértve az újrahasznosított, biológiailag lebomló és visszaváltható csomagolást) 2015-ig átlagban 5,7%-szer fog megnőni. (Freedonia Group, Inc. 2011)

A kérdőíves kutatásban 1250 vállalat vett részt. A kutatást a Fenntartható csomagolás koalíció végezte, amelynél a vállalatok 73%-ka számolt be arról, hogy nagyobb hangsúlyt fektettek a környezetbarát csomagolás fejlesztésére és alkalmazására (Sustainable Packaging Coalition & Packaging Digest 2008).

A nemzetközi PIRA szervezet a saját áttekintő tanulmányában 2011-ben – a csomagolás szerepe a globális ellátási láncokban – megállapította, hogy a környezeti szempontok az új anyagok fejlesztésénél és csomagolási technológiáknál a legfontosabb trendeket jelentik a csomagolás területén a jövőben (Pricewaterhouse Coopers 2012).

Hasonló trendeket mutattak be a következő kutatásban, amelyet a World Packaging Magazine és DuPont (DuPont 2012) közösen végzett el. A kérdőívet 500 szakértő oldotta meg a marketing és fejlődés területéről, akik olyan különböző vállalatokban vannak munkaviszonyban, amelyek a csomagolás gyártásával vagy a széles körben használatos termékekkel foglal-



koznak. A megkérdezettek véleménye az volt, hogy a következő tíz évben a környezetvédelem és a fenntarthatóság területe – a csomagolás fejlesztésének motivációs tényezőinek sorában – az első helyre fog kerülni. Ma az első helyen a költségek vannak, a következő helyen pedig az élelmiszerek biztonságos csomagolása. A fejlett országokban a csomagolásgyártók és felhasználók úgy vélik, hogy a következő néhány évben fordulat következik a fenntartható fejlődés irányába. A csomagolás fenntarthatósága valójában egyesíthetné a környezeti problémákat (újrahasznosítás, hulladék), az erőforrások ésszerű használatát, az ehhez kapcsolódó élelmiszer-vesztesség csökkentését és a csomagolóanyagok fejlesztését.

E trendeknél azonban nem csak arról van szó, hogy eleget kell tenni a már említett, a csomagolással kapcsolatos jogszabályi követelményeknek. Várható az is, hogy az EU szabályzatai és rendelkezései, amelyek a csomagolás és a csomagolási hulladékok területét szabályozzák, a vállalatok elé további új követelményeket fognak állítani – a már meghatározott újrahasznosítási kvóták mellett. A közelmúltig a – csomagolással és környezettel kapcsolatban – kulcsfontosságú kritérium volt az újrahasznosítás, ma pedig a kritériumok sokkal átfogóbbakká váltak, mert az életciklus-elemzésen alapulnak. Egyéb tényezőknek is fontos szerepük van, mint például az emelkedő nyersanyagárak és más anyagok ára, amelyek veszélyeztetik a vállalatok nyereségét.

A környezetbarát csomagolás kiegészítő szerepet kap a szélesebb környezetvédelmi intézkedéseken belül, amelyek a gazdasági és nem gazdasági tevékenységekre vonatkoznak. Szép példa erre az úgynevezett zöld közbeszerzés, amelynek célja a környezetre gyakorolt negatív hatások csökkentése (olyan anyagok rendelése, amelyek kevésbé megterhelők, ilyen szolgáltatások és építési beruházások végrehajtása), így a magánszektorban és fogyasztóknak jó példát mutatnak (Hivatalos Lap, 2011). Ilyen beszerzéseknél a kritériumok a teljes életciklus-elemzésen alapulnak. A csomagolás fontos kritérium a nyilvános beszerzés kiválasztási kritériumai

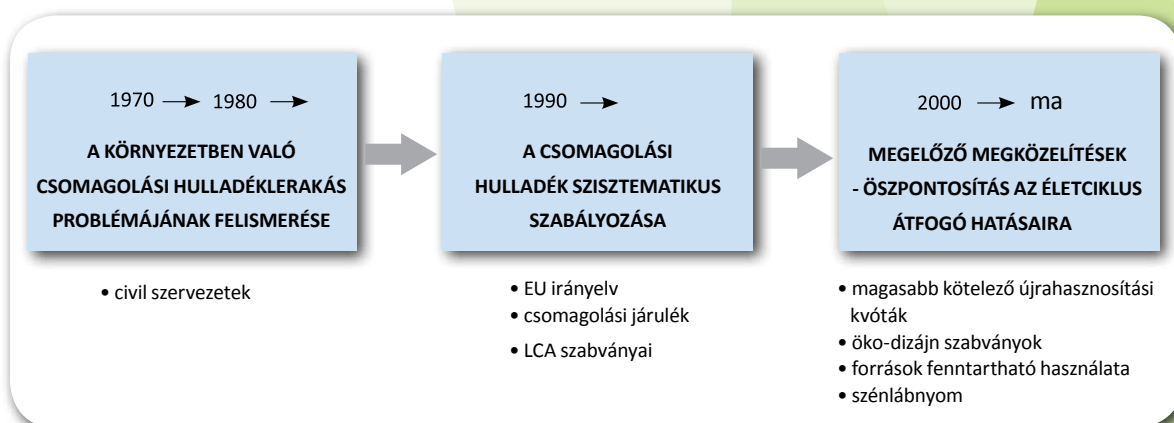
között, amikor a vendéglátási szolgáltatásokról, valamint az élelmiszerek és bútorok beszerzéséről van szó.

Természetesen ezek a piaci és szabályozási változások nem egyik napról a másikra történtek. A csomagolás szerepe a fenntartható fejlődés céljainak elérésében az elmúlt évtizedekben folyamatosan változott. Tágabb értelemben meg lehet határozni bizonyos időszakokat, amelyekben fel lehet ismerni különböző nézeteket a csomagolás környezeti problematikájával kapcsolatban (1. ábra). A huszadik század hetvenes és nyolcvanas éveiben a csomagolás esetében elsősorban a hulladék eldobását a környezetbe bírálták. Aztán a múlt század kilencvenes éveiben tanúi voltunk a rendszerszerű szabályozási megközelítések kialakításának és megvalósításának nemzetközi szinten, valamint az egyre erőteljesebb figyelmeztetéseknek, amelyek a növekvő mennyiségű kommunális és egyéb hulladékokra irányultak. Emiatt különböző országokban elkezdődtek a rendszerszerű megközelítések, amelyek a csomagolási hulladékok kezelését szolgáló vállalatok létrehozását eredményezték, ezek pedig átvették a szervezett hulladékgyűjtést és újrahasznosítást. A kilencvenes évek másik felében a vállalkozások is elkezdtek figyelembe venni a rendszerszerű környezeti menedzsment megközelítéseit (például az ISO 14001-es szabvány követelményeinek megfelelően). Néhány vállalkozás a csomagolás problema-

tikáját is belefoglalta az átfogó környezeti politikájába.

A tizenöt vagy több évvel ezelőtt használt értékelési módszerek jelentősen eltérnek a jelenlegiektől (a csomagolás környezetre gyakorolt hatását értékelő módszerek). Ezekkel a módszerekkel fejlődött és érvényesült a környezetbarát csomagolás öko-dizájn fogalma, valamint emiatt jelentették meg a nemzetközi ISO-szabványokat. Az ezt követő évtizedben a termékek és a csomagolás környezeti hatásainak azon értékelése érvényesült, amely a környezeti életcikluson alapul – LCA-elemzés (1. ábra). Ez a vállalatok és állami intézmények környezeti politikájának fontos eszközévé vált. A további szabályozási követelményekkel együtt a cso-

magolásra vonatkozóan e holisztikus szemlélet érvényesült. Az öko-dizájn kritériumai is egyre inkább magába foglalják az életciklusban megjelenő hatásokról való gondolkodást, ezért nemzetközi ISO-szabványok jelentek meg az öko-designhoz. Az elmúlt években kezdett érvényesülni a „fenntartható csomagolás” fogalma. Ebben az összefüggésben egyre inkább felismerhető a csomagolás megelőző szerepe a források védelmében (pld. élelmiszer). Ennek részévé válik a csomagolás hozzájárulásának a meghatározása az üvegházhatást okozó gázokhoz – a szénlábnyom meghatározásával. Egyes országokban (például Hollandia) megjelentek a csomagolással kapcsolatos szén-dioxid adók.



1. ábra: A csomagolás környezeti problémáira vonatkozó társadalmi fegyelem fejlődése.

Az egyik legnagyobb kihívás, amellyel a jövőben a csomagolási iparnak és vállalatoknak szembe kell nézniük, a közös környezeti mutatók, azaz a fenntarthatósági mutatók bevezetése és a fogyasztói tudatosság növelése a fenntartható csomagolás szerepéről, mert az utóbbit még mindig az újrahasznosítással keverik össze.



2. A csomagolás alapfogalmai

A csomagolás francia eredetű szó (l'emballage), legtágabb értelemben hordozót vagy eszközt jelent, amibe beletakarunk, beletöltünk vagy beleteszünk valamilyen dolgot. Szlovéniában a csomagolásra két kifejezést ismerünk. A szlovén rendelkezések engedélyezik a csomagolás szakkifejezést, aminek a definíciója: minden olyan – bármilyen anyagból készült – termék, amely arra szolgál, hogy egy másik terméket – függetlenül attól, hogy nyersanyag vagy végtermék – tárolás vagy védelem miatt körülvesz vagy egybetart, továbbá amelyet a termék kezelésére, szállítására szántak, vagy a termék áthelyezésére a csomagolótól a végfelhasználóig. A csomagolás közé soroljuk azokat a termékeket is, amelyekről egyértelműen meg lehet állapítani, hogy a későbbi folyamatokban (pl. egyedi csomagolás) csomagolás lesz belőlük készítve, és a fent említett célokra lesznek alkalmazva (SzK Hivatalos Lapja, 2006). A csomagolás ilyen definíciója összhangban van a szabványosított európai csomagolási terminológiájával (SIST EN 14182:2003). Emellett a csomagolások közé soroljuk azokat a csomagolási segédeszközöket, amelyeket a termékek betárolására vagy összekötésére használunk.

A csomagolás rendszerezését különböző kritériumok szerint lehet elvégezni. Legfontosabb és leggyakoribb rendszerezés a csomagolóanyag szerint folyik, a tervezett felhasználástól vagy az alapfunkciótól és fenntarthatóságtól függően (Radonjić, 2008).

A tervezett felhasználástól, azaz az alapfunkciótól függően (a csomagolás fázisa)

háromféle csomagolást különböztetünk meg: kereskedelmi, takaró és szállítási csomagolás. A **kereskedelmi, azaz elsődleges csomagolás** a széles körben használatos áruk csomagolására szolgál. Körülveszi és védi a kereskedelmi áru alapegységét, amelynek el kell jutnia a végső fogyasztóhoz az eladóhelyen. A csomagolást kisebb mennyiségű áruk csomagolására használják, ami megfelel a fogyasztó igényeinek, célja pedig a kereskedelem előmozdítása, ezért a külsejének ennek megfelelőnek kell lennie. Emellett a fogyasztót tájékoztatja a tartalmáról, és a termék gyártójának azonosítására is szolgál. A designjával és megjelenésével felkelti a vásárlók figyelmét, mert a fogyasztó gyakran kapcsolatot teremt a termék és a csomagolás között. Továbbá védi a csomagolt árut a kiömlés, karcolás, mechanikus sérülés, nedvesség, mikroorganizmusok és/vagy viágosság elől, a csomagolt termék jellemzőit is védenie kell, mint pl. az összetétel, íz, szag, szín stb. Ilyen csomagolásban a csomagolt áru gyakran a felhasználási idejéig megmarad, így a kereskedelmi csomagolásnak az ilyen esetekben biztosítania kell a könnyű és biztonságos termékhasználatot.

A takaró, gyűjtő vagy másodlagos csomagolás olyan csomagolás, amely körülvesz és egybetart több azonos vagy különböző típusú alapvető kereskedelmi egységet a csomagolásban. A takaró csomagolás racionalizálja az áruk csomagolását szállítási csomagolásba, és annak kezelését a kiskereskedelmi hálózatban. További védelmet nyújt a sérülések és lopás ellen. Megkönnyíti

a szállítást és az áru be és kirakodását. A változó életminták és vásárlási célok (vásárlás raktározásra – időhiány miatt) következtében a takaró csomagolás egyre több jelentéssel bír. Egyre nagyobb szükség mutatkozik a kereskedelmi és takaró csomagolás összevonására – egy darabban.

A szállítási vagy harmadlagos csomagolás több egység csomagolására szolgál. A terméket védenie kell az összes jelentkező kártól, amely a szállítás, a raktározás és az árumanipulációnál előfordulhat. Különösen a mechanikus és környezeti hatásoktól védi a termékeket. Az alakjával és méreteivel lehetővé kell tennie az ésszerű szállítást, raktározást és termékkezelést. Általában nem kerül közvetlen kapcsolatba a végső felhasználóval a kiskereskedelmi hálózatban, ezért az eladáskor a kinézete nem fontos. A szállítási csomagolás kiválasztása nem csak a termék típusától függ, hanem a szállítás fajtájától is. Ellen kell állnia a rezgéseknek, ütéseknek, vibrációknak, ellenállónak kell lennie a környezetváltozásokkal, és a nyomás okozta terhelésekkel szemben. A kinézetének olyannak kell lennie, hogy lehetővé tegye a maximális ésszerű szállítást, raktározást, egyszerű be- és kirakodást, ezért nem tartalmazhat kiálló részeket. A kereskedelmi csomagolással összehasonlítva e csomagolásra jellemző az, hogy a tervezők és felhasználók egyre inkább egységesíteni szeretnék a méreteit és alakját, valamint a szilárd anyagok használatát a csomagolások gyártásakor.

Mindhárom csomagolási kategória (kereskedelmi, takaró, szállítási) kapcsolatban van egymással és függ egymástól. Az innovatív változások a csomagolások alakjában vagy anyagában befolyásolják a másodlagos és harmadlagos csomagolás kiválasztását. A homorú fenekű palackok befolyásolhatják e

palackok egymásra rakhatóságát, a stabilitást, valamint a raktározáshoz és szállításhoz szükséges hely elfoglalását (Radonjić, 2008).

A fenntartható csomagolást két csoportba osztjuk: **visszaváltható csomagolás és nem visszaváltható csomagolás**. A visszaváltható csomagolás olyan csomagolás, amely esetében biztosított az ellenőrzött keringés – ingyen vagy betétre, így a lehető legnagyobb mértékben biztosítva van az újrahasznosítás és a csomagolás visszaváltása minden alkalommal az ellenőrzött keringésben. (SzK Hivatalos Lapja, 2006). A visszaváltható csomagolás legtöbb esetben szállítási, bizonyos esetekben pedig kereskedelmi is (pl. üveg vagy műanyagpalackok). A nem visszaváltható csomagolást pedig a termékek egyszeri csomagolására használják.



3. A csomagolás funkciói

A csomagolás kizárólag csak azért létezik és azért gyártják, mert a piacon számos különböző típusú termék van, amely csomagolást igényel a védelem, szállítás és kezelés, illetve használat céljából. Napjainkban a csomagolás szerepe nem egyszerű, mert az alapfunkciója mellett még más funkciókat is ellát (2. ábra). Az elsődleges funkciója a termékek védelme és szállítása volt, később a felismerhetősége is fontossá vált (alakja, illetve designja), mára pedig felerősödött az eladási szerepe. A növekedő környezeti problémák, egyre szigorúbb környezetvédelmi szabványok és a környezetvédelmi tudatosság növelése miatt egyre erőteljesebben csatlakozik hozzá a környezetvédelmi funkció (Radonjič, 2008). Így ma világosan felismerhetőek a csomagolás különböző funkciói, amelyek kapcsolatban állnak egymással, és amelyek jelentősége az évek során változott és kiegészült.

A csomagolás **védő funkciója** azt jelenti, hogy a csomagolás védi a terméket a mechanikus, kémiai, mikrobiológiai és légköri hatásoktól – a megalakulásától a használatáig, gyakran a használata közben is –, ugyanakkor védi a környezetet a becsomagolt terméktől, így lehetővé téve a veszélyes anyagok kezelését. Sok esetben a csomagolás védelmet nyújt lopás ellen is. Ha a becsomagolt termék a végső felhasználóhoz sérülten érkezik, akkor a termék veszít a használati értékén, mert a végső felhasználó az, aki értékeli az áru minőségét, amikor azt megkapja, illetve a rendelkezésére áll. A védő funkció megvalósításával a csomagolás megőrzi a csomagolt áru értékét. Ha a csomagolás e funkcióját

nem teljesíti, akkor a többi funkciója is háttérbe szorul (Radonjič, 2008).

A csomagolás **forgalmazó funkciója** követelmény a raktározási és szállítási helyiség ésszerűsítésében. Az alakjával, méreteivel, a csomagolt termék mennyiségével, jellegzetességeivel és információival lehetővé teszi az egyszerű és biztonságosabb szállítást és tárolást. Ennek eléréséhez fontos a csomagolás szabványosítása és tipizálása. Ennél különösen fontos szerepet játszik a szállítási csomagolás alakja és mérete.

A csomagolás az **azonosítási funkcióját** a specifikus alakja, mérete, kiválasztott anyagok és más kommunikációs elemek segítségével tölti be, mint például a termék neve, a gyártó neve, védjegye, illusztrációk, szövegek és színek kombinációi, amelyek a felületén találhatóak. A csomagolás az egyik legfontosabb forrás, amely a gyártók rendelkezésére áll a márkanév építése és megőrzése terén. A vásárlás helyén fontos, hogy a termék a felsorolt elemek szerint különbözzön a konkurensekétől, de a csomagolásnak mégis jeleznie kell, hogy a termék melyik árucsoporthoz tartozik. Az azonosítási funkció akkor fontos, ha a vásárlók nem tudnak különbséget tenni a konkurens márkanevek között, és ezért a terméket a csomagolással azonosítják (Snoj, 1981).

A csomagolás **információs funkciója** akkor válik fontossá, amikor a becsomagolt termék megérkezik a piacra. Az információs funkció valójában kommunikációs funkció, mert információkat, használati utasítást, nyitási és

biztonsági figyelmeztetéseket tartalmaz a becsomagolt termékről. Ez a funkció fontos a termékek kezelésekor és a logisztikai rendszereken belül.

A csomagolás **kereskedelmi funkciója** egyrészt racionalizálja a kereskedelmi folyamatot, másrészt pedig ösztönzi a termékek vásárlását. Rendkívül fontos, mert a végső vásárló sokszor a terméket a külső felszerelés alapján azonosítja. Emiatt a csomagolást vizuálisan úgy kell tervezni, hogy vonzza a vásárló figyelmét. Közvetlenül kell befolyásolnia a vásárlók érzéseit és ösztönözni őket, hogy a terméket megvegyék, úgy hogy a termék hatással legyen a vásárlók vágyaira, preferenciáira és igényeire. A csomagolásnak olyan érzést kell keltenie, hogy a termék, amelyet a fogyasztó vásárol, ugyanolyan, mint amikor a csomagolásba volt helyezve; a vásárlónak frissességet, garantált működési minőséget és más előnyt kell nyújtania a konkurens termékekkel szemben.

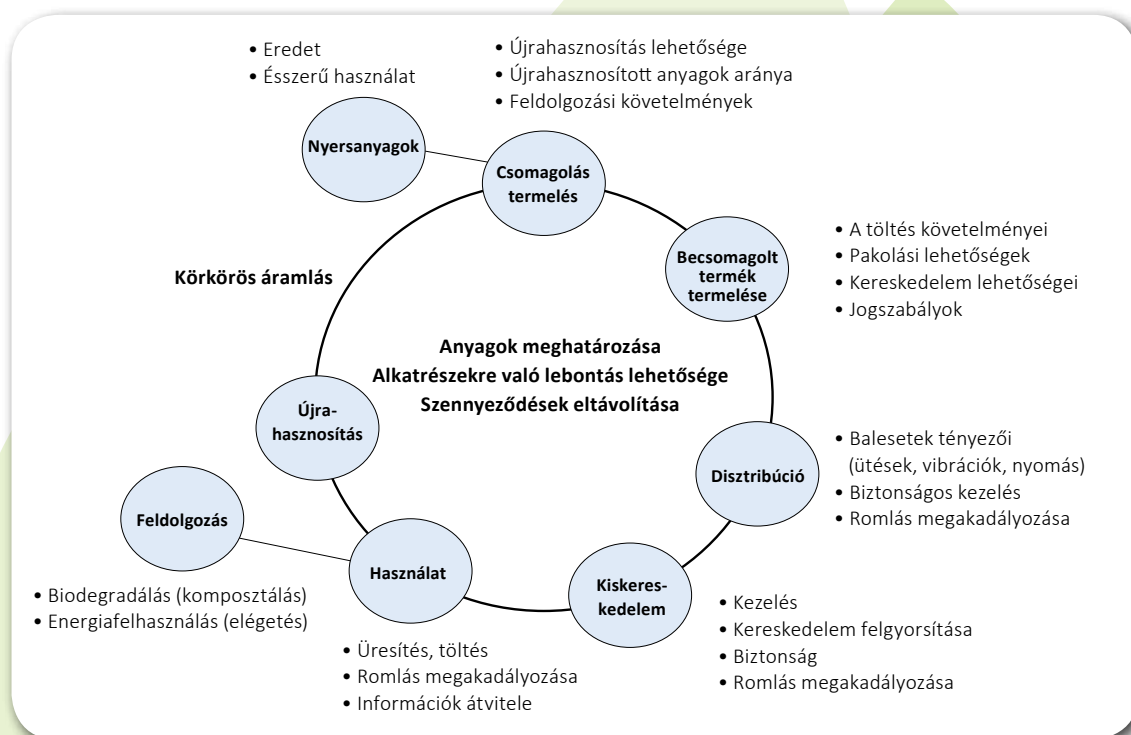
A csomagolás **technológiai funkciója** a csomagolás igényét jelenti, amely lehetővé teszi, hogy a csomagolási operációk közvetlenül és koordináltan kapcsolódjanak a gyártáshoz.

A csomagolás **gyakorlati funkciója** lehetővé teszi az egyszerűsített termékkezelést, azaz az egyszerű összerakást, felnyitást, bezárást, a tartalom elosztását stb. Mindenekelőtt a végső fogyasztójának lehetővé kell tennie és megkönnyítenie a csomagolás hatékony felhasználását, és egy fajta elégedettséget nyújtania. E funkcióra jellemző a más funkciókkal való magas fokú átfedés (Snoj, 1981).

A csomagolás **gazdaságossági funkciója** azt jelenti, hogy a csomagolás minden egyéb funkcióját racionálisan végzi, azaz a legalacsonyabb költségekkel. E funkciónak úgy lehet eleget tenni, ha mérsékeljük a csomagolás beszerzését, tárolását, kezelését, a

csomagolt áru felhasználását és más, a csomagolással kapcsolatos tevékenységeket, összevetve a megjelenő költségekkel, amelyek a csomagolás eladási teljesítményéhez kapcsolódnak. Ezt a funkciót alaposan mérlegelni kell, különösen olyan típusú termékeknél, ahol a csomagolási költségek a termelési árban igen magasak (pl. kozmetikumok). Így a csomagolás a gazdaságosság funkcióját végzi el, akkor is, ha a saját (esztétikai) alakjával növeli a termék értékét a felhasználók szemében, ami a sikeres eladásban (értékesítésben) tükröződik.

A csomagolás **környezeti funkciója** nagyon fontossá vált, és arra vonatkozik, hogy a csomagolás a gyártása és használata alatt minél kevésbé terhelje a környezetet. Annak érdekében, hogy a csomagolás ennek eleget tegyen, már előre jól meg kell tervezni azt. A környezeti funkciója a legegyszerűbben a következőképpen kivitelezhető: az anyagfelhasználás, energiafelhasználás és a csomagolás egységére való kibocsátások csökkentésével, az újrahasznosítással, a környezetvédelmi címkék használatával a csomagolások felületén, stb. A növekvő környezeti jellemzők jelentőségét a 6. és 7. fejezetben mutatjuk be részletesen.



2. ábra: A csomagolás funkciói az ellátási láncban (PIRA –INCPEN 1998).

Az optimális funkciók biztosítása összetett feladat, amelynél sokszor a kompromisszumos megoldások keresése szükséges a különböző funkciók között. A csomagolás gyártói és felhasználói sokszor szembesülnek ellentmondó követelményekkel, mert megtörténhet, hogy az egyik funkció javítása a másik funkció romlásához vezet. Illusztrációként az alsó két példa szolgál.

Kompromisszum-keresés a védő és környezeti funkciók között

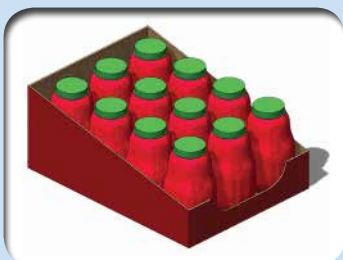
A termék védelmének szempontjából érthető, hogy a vastagabb csomagolás hatékonyabban tesz eleget a védő funkciónak. Ugyanakkor a csomagolás nagyobb vastagsága, illetve súlya ellentétben van a környezeti funkciójával, mivel ez megnöveli a csomagolási hulladék mennyiségét és a felhasznált nyersanyag-erőforrások mennyiségét. Ezért rendkívül fontos a kompromisszum a csomagolás védő és környezeti funkciói között. Minden esetben az egyik trend a csomagolás területén az úgynevezett dematerializáció, azaz a csomagolás tömegének a csökkentése a becsomagolt termék egységére (11. fejezet).

Kompromisszum-keresés a kereskedelmi és környezeti funkciók között

Mindaddig, amíg a csomagolás az elsődleges erőforrások lehető legkisebb fogyasztója (anyag és energia), és maximálisan védi a becsomagolt anyagot (11. fejezet), a feladata és alkalmazása indokolt. Amikor pedig az említett alapfunkciója mellett dominálni kezd a kereskedelmi funkció, akkor az tükröződik a környezeti funkcióján is. A hozzáadott részek, formák, színek stb. miatt még több anyag és szín felhasználására kerül sor. Ilyen esetben a csomagolásra is – a többi termékcsoportéhoz hasonlóan – érvényes az, hogy elfogadhatatlan, hogy az eladás növelése miatt gyengüljön a csomagolás környezeti profilja. Az eladás növelésének nem szabad a környezeti hatások rovására mennie.

A csomagolás funkciói változnak

A takaró (gyűjtő-) csomagolás bizonyos esetekben magára vesz néhány olyan funkciót, amely a múltban kizárólag a kereskedelmi csomagoláshoz tartozott, ilyen például az információs funkció. Ily módon a termékek felismerhetősége a polcokon csak erősödhet, mert a kereskedelmi csomagolás további attribútumokat vehet át magára. Az efféle csomagolási csoport idegen megnevezése „shelf-ready” vagy „retail-ready” csomagolás. Az ily módon megtervezett gyűjtőcsomagolás magára veszi a kezelési és tárolási funkciót is.



(Forrás: www.shelfreadypacks.com)



4. A csomagolás gazdasági és társadalmi jelentősége

A csomagolás és becsomagolás területe szorosan kapcsolódik az emberi társadalom fejlődéséhez. Az emberiség ugyanis mindig is használta a csomagolást és szüksége volt rá, természetesen különböző történelmi időszakokhoz megfelelő alakokban. Használatának kezdete az anyagcsere időszakába nyúlik vissza.

A csomagolásnak nem csak a gazdaságban, hanem a szélesebb társadalomban is fontos szerepe van. Az általunk ismert és használt csomagolás nélkül a mai világ más lenne. Azt mondhatjuk, hogy csomagolás nélkül a gazdasági áruforgalom és a fogyasztói életmód, amelyet ismerünk és amilyenben élünk, összeomlana, mint a kártyavár. Minden ország gazdasági hatékonysága nagy mértékben függ a logisztikai és szállítási rendszerek hatékonyságától, és mindennél a csomagolás nélkülözhetetlen az élelmiszerek ellátási láncában, a reprodukciós anyagoknál az iparban és a termékek terjesztésénél a kis- és nagykereskedelmi hálózatokban. Minden másodpercben 25.000 terméket csomagolnak csomagolásba, amely aztán az európai piacra kerül (Furness, 2007). Modern csomagolás nélkül az ilyen széles körű termékskála elérhetősége a modern globalizált világban jelentősen csökkenne, a költségek pedig megnőnének. Szinte biztos, hogy növekedne a hulladék mennyisége is, mert az élelmiszerek gyorsabban romlanának, a többi termék pedig gyorsabban megsérülne.

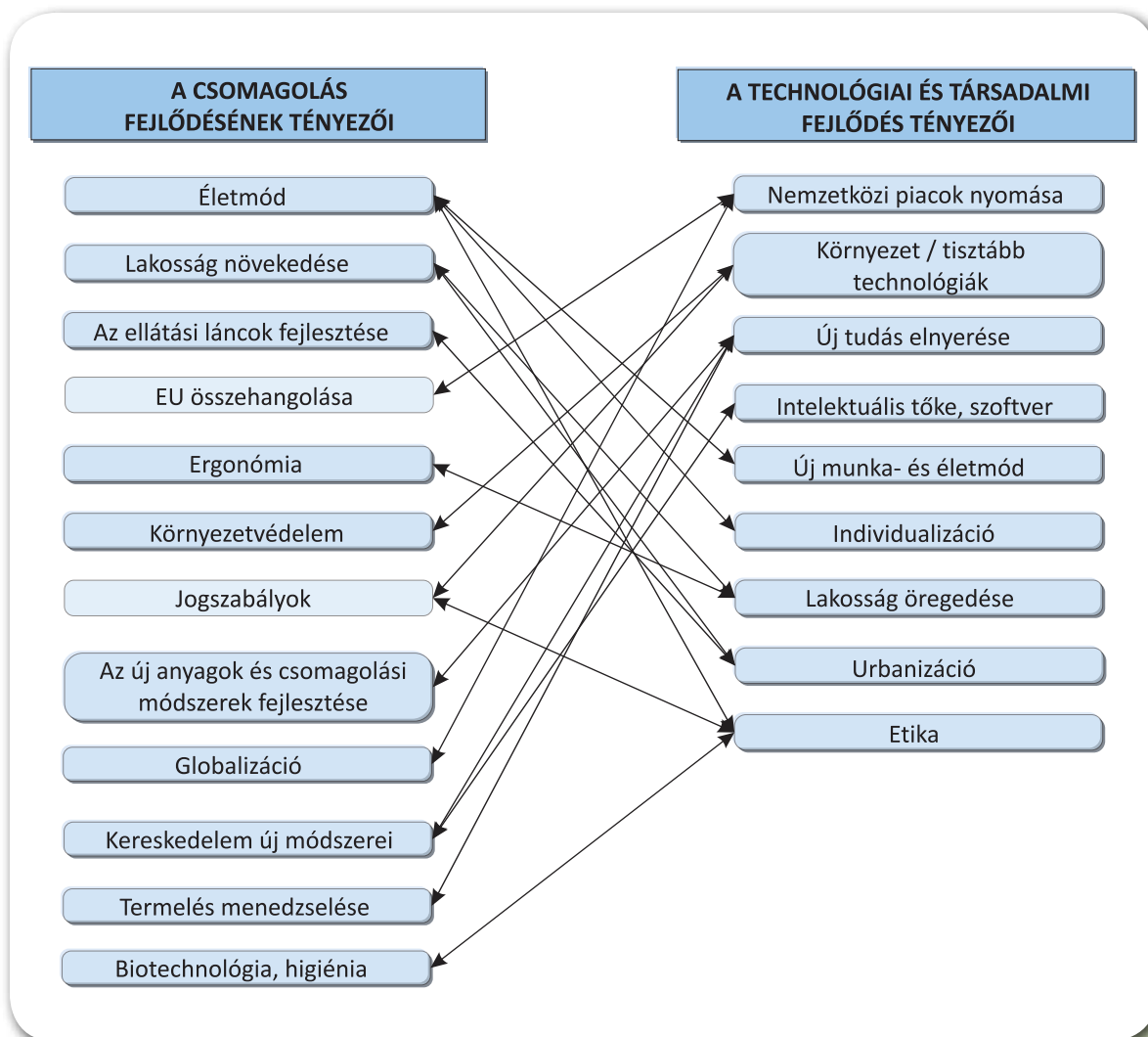
Kezdetben a csomagolás csak a szállításhoz szükséges védelmet jelentette, a konkurencia és felhasználás terjeszkedésével pedig átvette a felismerhetőség szerepét. Az elmúlt

években előtérbe került az eladást felgyorsító szerepe is. Az egyszerű tárolási és védő eszközből a termék szerves részévé fejlődött, amely többek között lehetővé teszi a termék bevezetését a piacra, informál a termékről, motivál a vásárláshoz, és hozzásegít a termék arculatának a kialakításához (Snoj, 1981). Ezzel a modern csomagolás növeli a csomagolt áru értékét, és fontos szerepet játszik a termékek megkülönböztetésében és az első vásárlás melletti döntésben. A termékpolitika szempontjából a csomagolás a termék szerves részét képezi. Ez nem csak a termék fokozott védelme és használhatósága miatt van így, hanem nagyrészt a termékről alkotott teljes kép kialakulása miatt. Az anyag fogyasztása ma 4–5-ször nagyobb, mint 1935-ben, az urbanizáció sem csökken, és ezeket az irányelveket a modern csomagolásnak is követnie kell (Soroka, 2002). A csomagolás fogalmát hangsúlyozza az a tény, hogy évente több ezer új termék kerül a piacra. Ennek révén a csomagolási ipar a termékeivel az áruforgalom alapjává vált – globális szinten. Az új csomagolóanyagok és alakok (formák) területén elért eredményeknek köszönhetően, az új csomagolási módszerek bevezetésével a modern csomagolás lehetővé teszi az olyan termékek csomagolását, amelyek megfelelő csomagolás nélkül tán egyáltalán nem is kerülnének a piacra (Radonjič, 2008).

A csomagolás szerepe a társadalomban és gazdaságban sokrétű és összetett. Egyrészt a csomagolás az, ami lehetővé teszi az intenzív áruforgalmat és az interkontinentális szállítást, másrészt pedig a csomagolási trendeket intenzíven befolyásolja a növekedő

globális konkurencia, az új gyártási és kommunikációs technológiák, a demográfiai változások és a változó jogszabályok. A 3. ábra a fontos csomagolási fejlődési tényezők és

a szélesebb körű technológiai és társadalmi tényezők egymásközi viszonyát mutatja be (Olsmats, 2002).



3. ábra: A csomagolás fejlődésével kapcsolatos tényezők, a technológiai tényezők és a társadalmi tényezők kapcsolata (Olsmats, 2002).

A csomagolás biztosítja a lakosság folyamatos, különféle termékekkel történő ellátását, ugyanakkor lehetővé teszi az áruszállítást olyan költségekkel, amelyek elfogadhatóak a legszélesebb tömegeknek. Gazdasági szempontból a csomagolás fontossága nem csak a csomagolt termék értékének megőrzésén alapul, hanem a hatalmas károk megakadályozásán is, amelyek az elégtelen csomagolásból adódnának. Igaz, hogy az előre becsoma-

golt élelmiszerek sokszor drágábbak – ami a csomagoláskor megjelenő további költségek eredménye –, de az ilyen élelmiszereknek hosszabb a szavatossági idejük, a szállításkor és tároláskor pedig kisebbek a veszteségek (INCPEN 1995). Az élelmiszerek és más termék kategóriák, mint pl. a gyógyszerek, a kozmetikumok, a vegyi készítmények stb. szavatossága és minősége megfelelő csomagolás nélkül azonnal problematikusává válik.

A romlott élelmiszerek és más termékek mennyisége megfelelő csomagolás nélkül, vagy hiányos csomagolásban nagyon megnő. Ezzel együtt pedig a hulladék mennyisége is csak növekedik. A harmadik világ országai-
ban sokszor megtörténik, hogy az élelmiszerek nagy része megromlik, még mielőtt a fogyasztóhoz ér. Nyugat-Európában és az Egyesült Államokban ennek aránya csak 3%. Ez

a különbség nagyrészt a modern forgalmazó rendszerek és a modern csomagolás, azaz a változatos csomagolóanyagok, valamint a széleskörű csomagolási termékek eredménye. Az 1. táblázat néhány ország becsült éves élelmiszer-veszteségét mutatja be, százalékban kifejezve (Oki és Sasaki, 2000).

1. táblázat: Az éves élelmiszer-veszteség aránya néhány országban (1990-ben) (Oki és Sasaki, 2000).

Ország	Az élelmiszer-veszteség aránya
Japán	1,6
Kína	52,4
Tajvan	18,8
Szingapúr	6,2
Thaiföld	38,0
India	62,5
USA	1,8
Mexikó	32,3
Brazília	54,1
Franciaország	1,6
Németország	1,2
Nagy-Britannia	1,8
Spanyolország	16,7
Volt Szovjetunió	48,5
Etiópia	69,2
Ghána	75,4

A modern csomagolás használata igen fontos szerepet játszik az elsődleges anyag- és energiaforrások megőrzésében. Ezzel a csomagolás megfelel a fenntartható fejlődés egyik legfontosabb szempontjának. Erről a tényezőről sokszor megfedkezünk, mert a csomagolási hulladékot, amely az ellátási lánc végén keletkezik, a nyilvánosság egyoldalúan

értékeli anélkül, hogy ismerné a tényleges szerepét a társadalomban és a gazdaságban.

A csomagolás megakadályozza a felesleges élelmiszer-veszteséget

A részletesebb elemzés kimutatta, hogy az amerikai szupermarketek elutasítják a szőlő 5%-át, a szőlőbogyók lehullása miatt. Ezt a mennyiséget jelentősen csökkenteni lehet, ha a szőlőt vékony, mindössze néhány grammos zacskókba csomagolják (INCPEN 2007). Az egyes brit kereskedelmi vállalatokban ez az arány akár 20%-ra is emelkedhet (ACP 2008; Plastics Europe 2012).

Nagy-Britannia egyik vezető vállalata, amely az élelmiszerek eladásával foglalkozik, feleletet szeretett volna kapni arra, hogy miért célszerű a gyümölcs és az uborka csomagolása zsugorodó fóliákba. Kiderült, hogy azt a gyümölcsöt, amely nem volt előre becsomagolva, öt nap elteltével már nem lehetett kitenni a boltok polcaira, illetve hogy a vásárlók nem mutattak semmilyen érdeklődést iránta. A csomagolt gyümölcs pedig még 14 nap után is megfelelő volt az eladásra. Hasonlókat tapasztaltak az uborka esetében is. Az uborka csomagolására mindössze 1,5 g műanyag fólia szükséges, és az uborka szavatossági ideje 3–14 nappal meghosszabbodhat (INCPEN 2007; ACP 2008).

Az úgynevezett aktív csomagolás (5.8.3. fejezet) használata, hozzáadott eszközzel, amely az etilen gáz elnyelésére szolgál – ami a banán természetes érési folyamatának az eredménye, a banán szavatossági idejét 2–3 nappal meghosszabbítja. Ezzel csökken az élelmiszeri hulladék mennyisége. Nagy-Britanniában naponta 1,6 millió banánt dobnak el. A hosszabb szavatossági idő kevesebb szállítást és az ehhez kapcsolódó kipufogógázok csökkenését jelenti (ACP 2008). A gyümölcs- és zöldségcsomagolás használatára vonatkozó adatok Nagy-Britanniában arra utalnak, hogy az ilyen csomagolás a kereskedelmi csomagolásnak mindössze 3%-át képezi (a háztartási hulladék körülbelül 0,5%-át) (INCPEN 2006).



Módosított atmoszférás csomagolásban tárolt banán és csomagolás nélküli banán 7 nap után (ACP 2008)

A csomagolt áru elvesztése az elégtelen csomagolás miatt nem csak további hulladékot jelent, hanem a gyártáshoz felhasznált összes nyersanyagforrás veszteségét is. A csomagolt termékek előállításához több nyersanyagra és energiára van szük-

ség, mint a csomagolás gyártásakor, ezért a fenntarthatóság elveit szem előtt tartva minél jobban meg kell védeni az árut.

A csomagolás védi az élelmiszer forrásait

Noha technikailag még lehetséges a csomagolás tömegének a csökkentése, helyénvaló a kérdés, hogy meddig célszerű pl. a műanyag doboz vagy élelmiszeres fóliák vastagságának a csökkentése azokban az esetekben, amikor a súlyuk mindössze néhány gramm. Ezzel növelnénk annak a valószínűségét, hogy néhány 100 g becsomagolt élelmiszer – amely gyártására jelentősen több elsődleges anyagi és energiaforrás volt felhasználva, mint a csomagolás gyártásakor (nézd a 11. fejezetet) – előbb megromlana.

Egyes Nagy-Britanniából származó adatok szerint az olyan alma eladásakor, amely nincs becsomagolva, a csomagolthoz (műanyag fóliával, egy csomag négy almát tartalmaz) képest átlagban 27%-kal több hulladék keletkezik a gyümölcsöstől a felhasználóig. Emiatt az élelmiszerek védelmére a néhány grammos csomagolások használatát javasolják. Az ilyen műanyag fóliák Nagy-Britanniában átlagban a háztartási hulladék egy tömegszázalékát sem teszik ki (INCPEN 2006).

Becslések szerint Nagy-Britanniában körülbelül 480.000 élelmiszer-hulladék keletkezik évente, a csomagolás gyártásakor megjelenő hibák miatt (hőhegesztés, azaz fóliák ragasztása). Mivel a varratok minősége rossz, szivárgás keletkezik, és emiatt az élelmiszer romlása következik be. Becslések szerint a brit piacon 8% ilyen élelmiszer található (WRAP 2009).

„SAVE FOOD” projekt

A „Save food” projektet, illetve kampányt a legnagyobb csomagolási vásáron, az Interpacken mutatták be 2011-ben, Düsseldorfban. A kampány lényege ellentétes azzal a gondolkodásmóddal, miszerint a jövőben szükséges az élelmiszergyártás gyarapítása a világ népességének növekedése miatt. Ezek helyett új célokat határoztak meg: a korlátozott természeti erőforrások miatt hatékonyabb az élelmiszer-veszteségek csökkentése, mint a termelés növelése. A gondolkodásmód változtatásához hozzásegítettek a riasztó statisztikai adatok az évente eldobott élelmiszerekről a fejlett országokban és a gyorsan romlandó élelmiszerekről a kevésbé fejlett országokban. A tanulmányban, amelyet kizárólag erre a célra a göteborgi Svéd Élelmiszer és Biotechnológia Intézet, valamint az ENSZ Élelmészügyi és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO) szakértői készítettek el, megállapították, hogy a világon évente 1,3 milliárd tonna élelmiszert dobunk el, amely a világ termelésének 1/3-át képezi. A legtöbb, még elfogyasztható élelmiszer eldobására a fejlett ipari országokban kerül sor (évente 95–115 kg). Ez a szám a Szaharától délre fekvő Afrikában és Délkelet-Ázsiában évente 6–11 kg. Míg a fejlett ipari országokban a még ehető élelmiszer több mint 40%-a elveszik a kiskereskedelmi ágazatban és a felhasználók háztartásaiban, a fejlődő országokban a veszteségek az ellátási lánc elején fordulnak elő, mégpedig az elégtelen csomagolás miatt (Gustavsson et al. 2011).

Nagy-Britanniában a háztartásokban évente 6,7 millió tonna élelmiszert dobunk el (ennek körülbelül harmada a brit boltokból származik). Az élelmiszerek eldobásának 2/3-át el lehetne kerülni, hiszen az az élelmiszer még ehető. Az eldobott élelmiszer között majdnem 1,2 millió

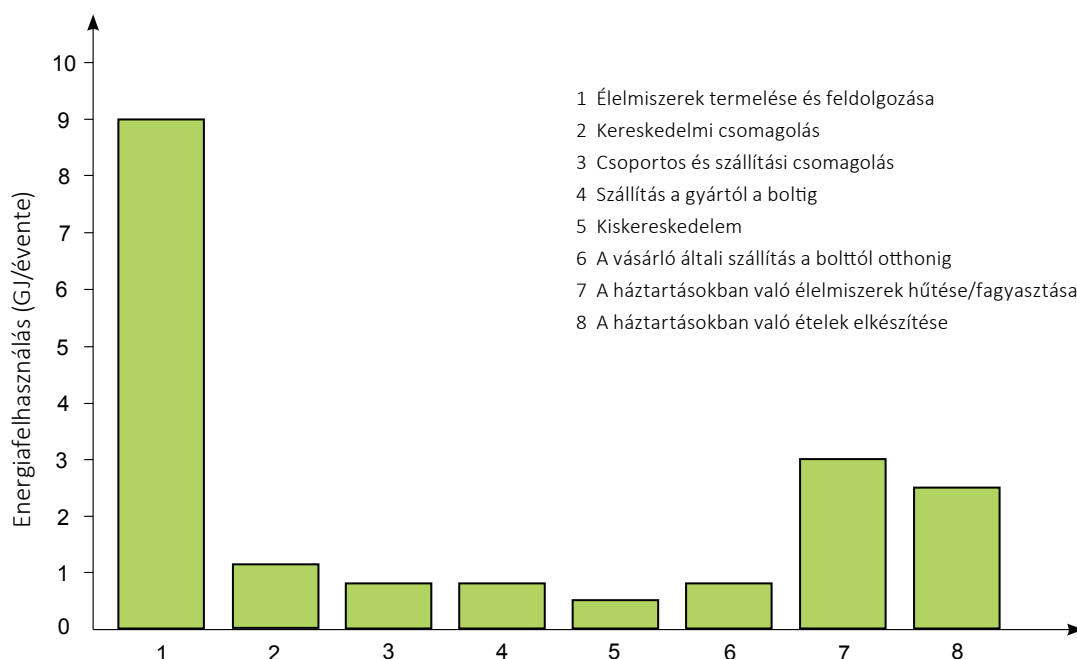
tonna olyan eldobott élelmiszer található, amely még csomagolásban van – felbontva vagy zárva. Nagy-Britanniában majdnem 360.000 tonna burgonyát dobnak el évente. Ennek majdnem több mind fele még egészben van (WRAP 2008). A fogyasztási minták Szlovéniában hasonlóak, mint más országokban. Mindennél pedig figyelembe kell venni azt is, hogy az eldobott élelmiszerekkel együtt eldobjuk az összes rájuk szánt forrást is (termőföld, energia, víz, vegyszerek).

A „Save food” kampány keretében a csomagolási ipar kifejezte azon óhaját, hogy hozzájáruljon az élelmiszerek romlásának csökkentéséhez. Ehhez a különböző csomagolóanyagok, az innovatív csomagolási termékek (például aktív és intelligens csomagolások, amelyeket az 5.8. fejezetben mutatjuk be), és a fejlődő országokban alkalmazott egyszerűbb, rugalmasabb csomagolási rendszerek járulhatnak hozzá.

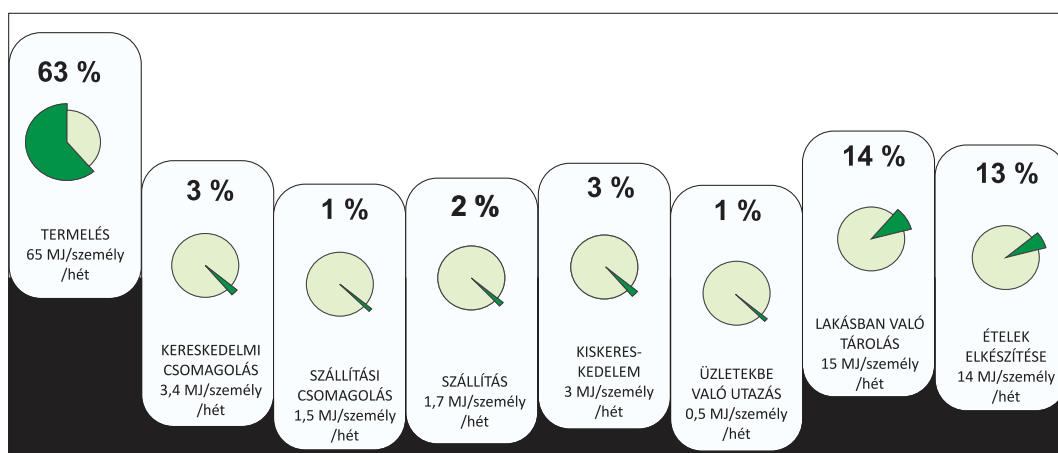
Hasonló szerepet játszik a csomagolás az **ésszerű energiahasználatban** is. A kiterjedt kutatások eredményei – amelyek segítségével a Nagy-Britanniában zajló termelést, forgalmazást és a termék csomagolásának felhasználását kutatták – kimutatták, hogy a kereskedelmi és gyűjtőcsomagolás az élelmiszerek ellátási láncában (az élelmiszerek termelésétől és feldolgozásától a felhasználásáig) és más háztartási termékek átlagos hozzájárulása körülbelül 10% (INCPEN 1996; Kooijman, 2000; Kooijman, 2000a). Az ellátási láncban átlagban az élelmiszerek feldolgozására és elkészítésére (4. ábra) fordítanak legtöbb energiát. A felhasznált energia, amelyet az élelmiszerek tárolására és ezek csomagolásának elkészítésére a vásárló átlagban felhasznál, háromszor nagyobb, mint amennyi az élelmiszer-csomagolások gyártásához szükséges. A felhasználó energiafogyasztása az ellátási láncban igen magas.

Az arányokkal – amilyen mértékben a csomagolás hozzájárul az ellátási lánc energiamérlegéhez – kapcsolatos felismeréseket több szakértő is megerősítette, pl. Bürkle (1998), Heller és Keoleian (2003), akik megerősítették, hogy a csomagolásra a teljes energiaszükségletből csak átlag-

ban 10–15% esik az élelmiszer termelési-gyártási-forgalmazási rendszerében. Ez a részarány néhány adott élelmiszernél magasabb lehet. Svédországban az energiafogyasztás részarányai a csomagolások gyártásakor és csomagolásakor az élelmiszerek reprodukciós rendszerén belül 2–19%-ot tesznek ki. Magasabb részarányok (40%-on felül) azokban az esetekben alkalmazandók, amikor a csomagolási fázisban sterilizációra van szükség (Bridgewater és Lindgren, 1983). Az egyes élelmiszerek – mint pl. a hús – részaránya alacsonyabb. Például a textiltermékek és a testápolási, valamint higiéniai termékek csomagolásához felhasznált energia átlagban 3,5%-ot tesz ki, míg az ottani termékcsoporthoz átlagban 2% energia szükséges (Kooijman 2000a). Az energiafogyasztás részarányának példája a húscsomagolásra az 5. ábrán látható (INCPEN 2011). (Az idézett eredmények átlagosak, és bemutatják az orientációs eredményeket, amelyen különböző tényezőknek vannak kitéve a különböző országok ellátási láncában.)



4. ábra: Az élelmiszerek energiafelhasználásának felosztása
(az átlagos adatok Nagy-Britanniára érvényesek; INCPEN 1996.)



5. ábra: A húsellátási láncban felhasznált energia felosztása, 1 főre lebontva (INCPEN 2011).

A csomagolás fontosságát az ésszerű energiafogyasztásban tovább erősíthetjük egy holland tanulmánnyal, amely a csomagolás szerepét vizsgálta a termék olyan ellátási láncában, amely figyelembe veszi a fogyasztót is. A 2. táblázatban azokat az eredményeket összegeztük, amelyek 2-3 fős holland háztartásokra jellemzőek, amelyekben évente átlagban 5000

terméket vásárolnak (Kooijman, 2000). Nyilvánvaló, hogy az évente bevásárolt különböző termékek csomagolására 230 kg kereskedelmi és 160 kg takaró csomagolásra van szükség. Ennek gyártására évente 8 GJ energia fogy el, ami még a 10%-át sem képezi annak az energiának, amely szükséges a becsomagolt termék gyártásához. Ez az arány pedig még

kisebb, ha ezt összehasonlítjuk a teljes energiafogyasztással az ellátási láncban, beleértve a szállítást, a raktározást a kiskereskedelmekben, a nagykereskedelmekben és a fogyasztónál otthon (fontos az élelmiszereknél), valamint a termék használatát (a technikai termékeknél fontos). Az ellátási lánc hasonló elemzésében, Nagy-Britanniában a következőket állapították meg: különböző

háztartási termékek csomagolása átlagban a termék tömegének mindössze 10%-át, és az energiafogyasztás 8%-át képezi a teljes ellátási láncban (Kooijman, 2000a; ACP 2008). A 2. táblázatban bemutatott eredmények a háztartások nagysága, illetve a háztartások tagjai miatt változnak, az arányok pedig hasonlóak maradnak (Kooijman, 2000).

2. táblázat: A csomagolás tömegének és az energia arányai egy átlagos háztartás évi igényeinek függvényében (az adatok Hollandiára érvényesek; Kooijman, 2000).

Az összes csomagolt megvásárolt termék súlya (kg/év)	2400
A termék kereskedelmi csomagolásának súlya (kg/év)	230
A termék takaró csomagolásának súlya (kg/év)	160
A vásárolt termékek gyártásához szükséges energia (GJ/év)	90
A kereskedelmi csomagolás gyártásához szükséges energia (GJ/év)	6
A takaró csomagolás gyártásához szükséges energia (GJ/év)	2
Teljes energia az ellátási láncban (GJ/év)*	200

* A termék termelésének, forgalmazásának, eladásának és használatának a fázisát tartalmazza, beleértve a csomagolást is.

A 2. táblázat adatai másra is rámutatnak: amikor a csomagolás sikeresen védi a csomagolt terméket, valójában az összes elsődleges forrást is védi (anyag és energia), amelyet a termék gyártásakor használtak fel. Ha a csomagolt termék elromlik vagy megkárosodik, az elsődleges forrás elveszik (anyag és energia). Így a csomagolt élelmiszer tömegének aránya és az ehhez szükséges csomagolás 1:1-től 200:1-ig mozog. Átlagban a csomagolás a termék 1/10 tömegét képezi (INCPEN 1996).

Ez többek között annak köszönhető, hogy a csomagolás egyre könnyebb (11. fejezet). A műanyag csomagolás néhány grammja már elegendő néhány kg élelmiszer hordozásához, mint az a 3. táblázatban is látható.

A megfelelően kiválasztott csomagolási méreteknek összhangban kell lenniük a fogyasztók társadalmi jellemzőivel, a háztartásban élők számával, ahol a termék veszteségének minél kisebbnek kell lennie. Az egy- és kétfős háztartásoknak ezért sokkal ésszerűbb olyan terméket eladni, amely kis csomagolásokban áll rendelkezésre.

3. táblázat: A műanyag csomagolás tömegének és a becsomagolt termék tömegének az összehasonlítása (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen, 1998).

A műanyag csomagolás súlya	A becsomagolt termék súlya
0,6 g fólia OPP-ből	80 g csokoládé
1,2 g mérési szatyor PE-ből	2 kg gyümölcs
1,5 g fólia PP-ből	100 g csokoládé
1,5 g fólia PP-ből	150 g keksz
4,0 g fólia PE-ből	210 g kolbász
5,0 g edény PS-ből	150 g joghurt
6,0 g tálca EPS-ből	1 kg hús
6,5 g szatyor PE-ből	1 férfi ing
9,0 g álló szatyor (tasak)	0,5 kg folyékony tisztító
17 g töbrétegű fólia	0,5 kg kávé
18 g fólia OPP-ből	0,5 kg tészta
45 g palack PET-ből	1 l ital
70 g palack PE-ből	2 l mosószer
200 g doboz EPS-ből	15 kg friss hal
400 g zsugorodó fólia	1,2 t raklapon elhelyezett áru

A bemutatottakból fontos megállapítás következik:

A csomagolás mennyisége a becsomagolt termékek mennyiségétől függ, amelyek a háztartási típusokhoz igazodnak. Ezért a források ésszerű használatára vonatkozó lehetőségek keresését az élelmiszerek és más termékek ellátási láncainak minden fázisára kell irányítani. A csomagolások összetettebb környezeti életciklus-elemzése szükséges – a becsomagolt terméket is figyelembe véve (8. fejezet).

A csomagolásért felelős vállalatnak sem szabad megengednie, hogy a csomagolásra vonatkozó túlzott megtakarítás veszélyeztesse a becsomagolt terméket, mert ez valójában magasabb környezeti hatásokat eredményez. Habár a túlzott csomagolás használata értelmetlen, szükséges a tervezés szisztematikus megközelítése (11. feladat).

A csomagolás a következő területeken tölt be kulcsszerepet a modern társadalomban (Radonjič, 2008):

- Lehetővé teszi a modern szállítási eszközök használatát, és ezzel a forgalmazó rendszerek, ellátási láncok működését, valamint a nemzeti és nemzetközi szintű áruforgalmat. Az effajta csomagolás – amelyet ma is ismerünk és használunk – nélkül az áru forgalmazása az évszázadokkal ezelőtti szintre térne vissza.
- A lakosság számára biztosítja a különböző anyagokkal történő folyamatos ellátást.
- Meghosszabbítja a termékek élettartamát (élelmiszerek, kozmetikumok, gyógyszerek stb.), illetve sok esetben lehetővé teszi a társadalomban és a gazdaságban való használatát.
- Lehetővé teszi a modern vásárlási módokat a szupermarketekben, automatákban és katalógusokon keresztül. A termékeket maximális mértékben közel hozza a vásárlókhoz, így kulcsszerepet játszik a modern kereskedelem fejlődésében.
- Az embereknek megkönnyíti a gyors élettempót (egyszerű vásárlás, étel elkészítése) és az utazást.
- Néhány esetben hozzájárul az energia hatékony fogyasztáshoz, méghozzá az élelmiszerek becsomagolásával, amelyeket a csomagolás miatt nem szükséges a hűtőben vagy fagyasztóban tárolni.
- A becsomagolt anyagot védi a sérülések és romlás elől. Ezzel jelentősen hozzájárul a hulladék csökkentéséhez a társadalomban és a becsomagolt termék gyártásához szükséges nyersanyagforrás megtakarításához.
- Védi a környezetet és az emberek egészségét a szállításkor, a raktározáskor és a különböző gazdasági iparokban alkalmazott veszélyes anyagok használatakor.
- Hozzájárul a különböző termékek gyártásával foglalkozó vállalatok gazdaságosabb működéséhez, bemutatja a termékeket és felgyorsítja az eladásukat.
- Védi a felhasználóit, hiszen fontos adatokat tartalmaz a becsomagolt termékről, így módon pedig védi az egyéni vásárlók és a szélesebb lakosság egészségét is (pl. az élelmiszerek felhasználásának időtartama, technikai termékek biztonságos használata, toxicitási, robbanásveszélyes és gyúlékony anyagok).
- Arányosan hozzájárul a termék alacsonyabb árához, ezzel lehetővé teszi a termék megvásárlását a szélesebb körű populációnak, amivel megemeli az életszínvonalat.
- A gazdaságban betöltött szerepe és jelentősége lehetővé tette az új gazdasági iparág fejlődését – ipari csomagolás, amely új munkahelyeket teremt a populáció egy részének.



5. Csomagolóanyagok és a csomagolás típusai

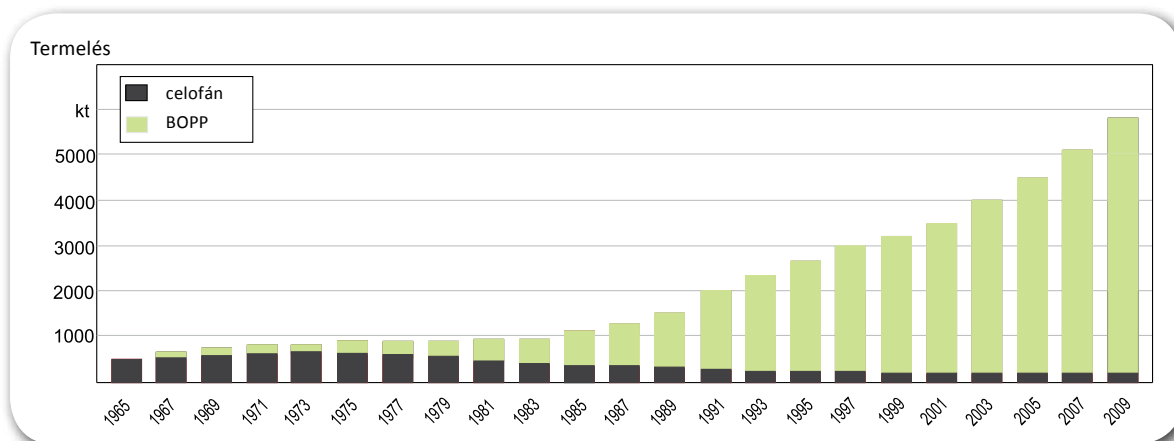
A következőket kell figyelembe venni:

Nem létezik jó vagy rossz csomagolóanyag. A csomagolóanyagok különböző csoportjainak vannak előnyei és hátrányai, amelyek nagymértékben a csomagolás felhasználásának kontextusától függnék. Előfordul, hogy a leghatékonyabb megoldás (a környezet szempontjából, a környezetre gyakorolt hatások figyelembe vétele a teljes életciklusban – 8. fejezet), a különféle csomagolóanyagok kombinációja.

A csomagolóanyag a tervezés legfontosabb eleme, mert annak tulajdonságaitól függnék a becsomagolt termék tulajdonságai is. Az anyagtól függ a tervezési technológia kiválasztása és a csomagolás kinézete, ára. Végül a csomagolóanyag kiválasztása befolyással van a csomagolás környezeti profiljára is.

A csomagolóiparra jellemző a csomagolóanyagok széleskörű választéka, és mindegyik anyagnak sajátos tulajdonságai vannak. A piaci részesedések a csomagolóanyagok globális piacán azt mutatják, hogy a leggyakrabban használt csomagolóanyagok a papír alapú anyagok (36%), ezt követik a műanyag polimer alapú anyagok (34%), a fém anyagok (16%), az üvegek (11%) és más anyagok (3%) (Economy Watch 2010; Smithers Pira 2012). A piaci részesedés szempontjából a felhasznált csomagolóanyagok nem arányosak a becsomagolt termékek hányadosával. Így például a csomagolóanyagok esetében a műanyag csomagolás a piaci részesedés több mint egyharmadát képezi. A termékek 53%-át műanyag csomagolásba csomagolják (INCPEN 2001).

A csomagolóanyagoknak különböző hagyományai vannak a piacon, mert a különböző összetételük miatt különbözőek a fizikai és kémiai tulajdonságaik, továbbá az áruk és a technológiai fejlődésük is eltérő. Ezek területén folyton intenzív helyettesítő folyamatok zajlanak le, habár évtizedeken át a hagyományos és a dinamikus fejlődés kéz a kézben járt, ugyanakkor pedig mindig is létezett versengés. Egy-egy anyag versenyképességével – más anyagokkal szemben – még nagyobb hangsúly kerül a technológiai fejlődésre. Ezért bizonyos csomagolóanyagok már elveszítették a harcot az újabb anyagokkal. Erre példa a celofán fokozatos szubsztitúciója, azaz helyettesítése az olcsóbb és jobb minőségű műanyag polipropilén fóliákkal (6. ábra) (Aigner, 2012).



6. ábra: A csomagolóanyagok szubsztitúciós folyamatai: a celofán helyettesítése műanyag polipropilén (PP) fóliákkal (Aigner, 2012)

Változások keletkeznek a szükséges csomagolóanyagok specifikációiban az új vagy módosított csomagolási technikák bevezetése miatt, a már meglévő vagy új termék módosítása miatt, a raktározáskor, szállításkor és kezeléskor megjelenő változások vagy követelmények miatt, a konkurens intézkedések miatt, a jogszabályi változások miatt, a termékek változó felhasználási módszerei miatt, és nem utolsósorban az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások miatt is. A bizonyos termékek csomagolását szolgáló csomagolóanyagok gondos kiválasztása teszi lehetővé a változó jogszabályi követelmények betartását és meghaladását, a teljes költségek csökkentését a csomagolási és forgalmazó rendszerben, és a felhasznált nyersanyagforrások fenntarthatóságáról való gondoskodást.

A csomagolóanyagok kiválasztásának hagyományos megközelítése, illetve az anyagok kombinációja a költségekkel kizárólag technikai-technológiai jellemzőkön alapul, beleértve a kinézetet, az érintést stb. Ugyanakkor növekvő szerepük van a környezeti jellemzőknek és a csomagolóanyagok követelményeinek, többek között a nyersanyagok, energia, csomagolás stb. magasabb költsége miatt. Az eredeti – egykor az egyedüli – környezeti kritérium az anyagok újrahasznosítása volt, e kritérium helyét a csomagolóanyagok környezeti alkalmasságát vizs-

gáló, átfogóbb elemzés foglalta el, amelyet a becsomagolt termék életciklusának elemzésével együtt kell elvégezni (8. fejezet).

A csomagolóanyag kiválasztása befolyásolja a csomagolás környezeti profilját, arra azonban nem lehet hivatkozni, hogy egy bizonyos típusú csomagolást mindenesetben kerülni kell, egy másikat pedig előnyben kell részesíteni. A csomagolóanyagok hatásai, előnyei vagy hiányosságai nagymértékben a csomagolás gyártásakor felhasznált nyersanyagoktól, ezek származásától, az anyagok gyártási módjától, az anyagok kombinációjától, a becsomagolt termék hatékony védelmétől, a közvetlen csomagolással kapcsolatos kibocsátásoktól (pl. a szállításkor) és a hulladék újrahasznosítási lehetőségeitől függenek.

Megjegyzés: Az e kiadványban megadott információkkal nem kívánunk egy csomagolóanyagot sem előnyben részesíteni, csak figyelmeztetni szeretnénk arra, hogy bizonyos csomagolóanyagok kombinációi csökkentik a csomagolási hulladék újrahasznosításának lehetőségét. Hangsúlyozzuk: sok csomagolóanyag még a fejlesztés fázisában van, ezért még mindig technikai-gazdasági korlátok jelentkeznek az alkalmazhatóságukkal és a használatuk utáni kezeléssel kapcsolatban.

Szükséges hangsúlyozni a csomagolóanyagok legfontosabb jellemzőit: olyan univerzális csomagolóanyag, amely eleget tesz a csomagolás összes funkciójának, nem létezik, annak ellenére, hogy napjainkban rendelkezünk a lehető legtöbb különféle csomagolóanyaggal. Az anyagok gazdag választéka másrészt lehetővé teszi az optimális anyag megkeresését, amely megfelel a becsomagolt termék követelményeinek. Tehát minden csomagolóanyagnak megvan az előnye és hátránya, ezért az olyan csomagolóanyag kiválasztása, amely a csomagolás funkcióit hatékonyan ellátja, fontos szerepet játszik a csomagolás fejlesztésében. A csomagolóanyagok differenciálódási szempontjai között fontos a környezetvédelem, illetve a környezetvédelmi követelmények betartása. A folytatásban minden alapkategória esetében összehasonlítjuk és bemutatjuk az előnyöket és hiányosságokat, amelyeket a csomagolóknak és a tervezőknek ismerniük kell.

5.1. Üveg, mint csomagolás

Az alapvető nyersanyagok az üveg termelésére már évszázadok óta ugyanazok: kvarchomok, szóda, dolomit és kalcit. A bemeneti anyagok változtatásával különböző típusú üveg készíthető el, különböző fizikai-kémiai tulajdonságokkal, amely különféle felhasználási célokra alkalmas. Az üvegcsomagolás különböző színekben állítható elő, ami azoknak a termékeknek az esetében fontos, amelyeknek nem szabad közvetlenül a fényen lenniük. Az üveg legfontosabb jellemzője a vegyszerállóság, amely miatt a legtöbb kémiai aktív terméknek megfelel. Emellett még fontosak a szigetelési és optikai tulajdonságai.

A visszaváltható csomagolások rendszerének létrehozásakor még mindig az üveg palack a megfelelő választás. Az üveg hátrányai közé tartozik a nagy súlya, törékenysége és az ehhez kapcsolódó szivárgás és kifolyás kockázata. A második hiányossága az, hogy az üvegcsomagolás alakját nem lehet a termékek csomagolásának folyamataiban megváltoztatni, ez az egyéb csomagolóanyagoknál lehetséges, ezért magasabb költségek jelennek meg a raktározásakor (Radonjič, 2008). Rengeteg fejlesztési tevékenységet folytattak a könnyű, illetve vékony üvegcsomagolás gyártásával kapcsolatosan, aminek fontos eredményeket értek el, hiszen az üvegpalackok súlya az elmúlt évtizedekben jelentősen csökkent (Twede és Goddard, 1998). Az üvegcsomagolás minősége javult a felületkezelés miatt is (Stilwell et al. 1991).

Az üvegcsomagolás újrahasznosítható (12.2. fejezet), ettől függetlenül azonban a gyártásakor és forgalmazásakor környezeti hatások keletkeznek. A legfontosabb környezeti problémák, amelyek az üveg gyártásakor jelentkeznek, a következők:

- az alapnyersanyagok beszerzése (SiO_2 , Na_2O , CaO , Al_2O_3 stb.), ami hatással van az ökoszisztéma-degradációra, a biodiverzitás csökkentésére és a talajerózióra;
- az energiafelhasználás az üveg gyártásakor és feldolgozásakor gázkibocsátást okoz;
- az üveg szállításakor és forgalmazásakor – más csomagolással összehasonlítva – nagyobb az energiafelhasználás.

ÜVEGCSOMAGOLÁS

Előnyök:

- jó vegyszerállóság,
- kiváló optikai tulajdonságok (átlátszóság),
- a csomagolás különböző alakjai,
- a pasztörözés és sterilizáció lehetősége,
- a csomagolás visszaváltásának lehetősége
- az újrahasznosítás lehetősége
- kiváló szigetelési jellemzők
- szagtalanság

Hátrányok:

- törékenységi,
- nagy súly,
- a csomagolás alakját nem lehet megváltoztatni a csomagolási fázisban
- általában alacsonyabb termelékenység a gyártáskor (pld. a műanyaggal összehasonlítva),
- kisebbeségű töltés (pld. a dobozokkal összehasonlítva)
- gyenge grafikus feldolgozás

5.2. Papír- és kartoncsomagolás

A papír lapos, porózus anyag, amely főleg növényi eredetű fonódó szálakból áll. Rengeteg különböző típusú papírt és kartont gyárt a modern papíripar, amelyek egymás között a felhasznált nyersanyagokban, súlyban, feldolgozásának és felhasználásának céljaiban különböznek. Az összetételétől, gyártási módjától és feldolgozásától függően a papírnak különböző tulajdonságai lehetnek. Ugyanakkor pedig a papír összes típusára jellemző a higroszkópia és anizotrópia (minden irányban a tulajdonságaik nem egyformák). Továbbá a kartont rostok alkotják, de a tulajdonságaik nem azonosak a papíréval. Többek között a súlyában (felületi súly) különböznek. A kartontípusok négyzetmétertömege 150 és 600 g/m² között forog, a lemez súlya pedig 225 g/m² fellett van. A papír, karton és lemez közti átmenetek nem élesek, hanem egymást átfedik (Novak, 1998, Novak, 2004, Radonjić, 2008).

A papírt a súlya és felhasználása mellett egyéb szempontok szerint is lehet csoportosítani, méghozzá az összetétele (famentes, fát tartalmazó), a felületének kezelése (bevonatos, bevonat nélküli, pigmentes) és a felhasználása szerint (Novak, 1998, Novak,

2004). Az egyszerű alap-összetételű papír esetében alacsony a mechanikus szilárdság, ezért nem valószínű, hogy a terméket hatékonyan védeni tudná a légköri behatásoktól, mert átengedi a levegőt, gőzt, zsíradékot és egyéb folyadékokat. Minőségének javítása érdekében a papírt a papírgépben való átalakítása után még tökéletesíteni kell bevonással vagy simítással. Tehát a papír és karton tökéletesítésénél különböző bevonó eszközöket, pigmenteket, kötőanyagokat és társ-kötőanyagokat, enyvezőanyagokat, festékeket és más szereket használnak. A papír, a karton és a lemez típusára, tulajdonságaira és a felhasználhatóságára a rostok struktúrája, az őrlés finomsága, a töltőanyagok, kötőanyagok, enyvezőanyagok mennyisége, a papírgép, azaz kartongép típusa és a folyamat tökéletesítése van hatással (Rutar, 1995, Radonjić, 2008).

A **csomagolópapíroknak** nagy szilárdságot kell biztosítaniuk. Legalacsonyabb minőségű csomagolópapír az úgynevezett **srenc papír**, amelyet olyan hulladékpapírból állítanak elő, amely nem volt szelektíven különválasztva, és barna a színe. Jobb minőségű papír a takaró hidrogénszulfátos cellulóz szálakból készül, és általában nem tartalmaz régi papírt.

A legtartósabb az úgynevezett **kraft papír**, azaz **nátronpapír**, amit szulfát cellulózpapírból gyártanak. Az ilyen papír egyik oldala általában sima, a másik pedig durva, ez pedig jó grafikai feldolgozást és ragasztást tesz lehetővé. Csomagolás céljára az úgynevezett pergamenpapírt is használják. A **pergamenpapír** gyártásakor a nedvszívó, nem-enyvező papírt bele kell mártani a kénsavba, amelyben a cellulózsálak diszpergálódnak, majd pedig megszáradnak, mint a szárszövet. Mert a papír struktúrája megváltozik, új fóliás ala-

kat kap, bezárt felülettel, amely nem engedi át a zsiradékot és vizet. Ha a papírt, amely a pergament helyettesíti, erősen finomítják, **pergamint** kapnak. A csomagolópapírok csoportjában a **selyempapír** is megtalálható. Ez puha, de erős papír, amelyek felületi súlya 30 g/m², és rendkívül kényes termékek csomagolására használják (Novak, 2004). A 4. táblázatban a legtöbbször használt papír csomagolóanyagokat soroltuk fel (Robertson, 1993; Vujković et al. 2007).

4. táblázat: A papírcsomagolás néhány alapvető típusa.

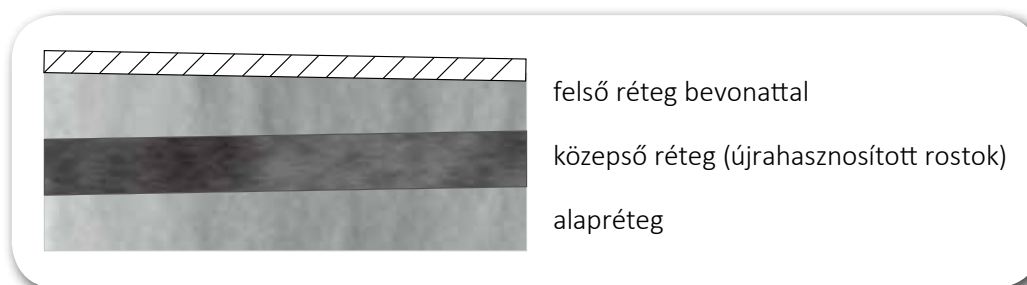
Papírtípus	Alap nyersanyag	Négyzetmétertömeg (g/m ²)	Tulajdonságok és felhasználás
Kraft (nátron) papír	Fehérített vagy nem fehérített cellulóz puhafarostok, amelyeket szulfátfolyamattal termelnek.	70–300	Nagy szilárdságú, lehet festett vagy nem festett; zacskóknak vagy csomagolásnak, ahol nagyobb szilárdság szükséges; lehetséges laminálni; a hullámos karton gyártásához.
Szulfát papír	Szulfátcellulóz puhafa és lombhullatófa rostokból, hozzáadott fapéppel és papír hulladékkal.	35–300	Jó szilárdság, fehér színű, kisebb zacskóhoz, címkékhez; nyomtatásnak megfelelő tulajdonságok; viaszozni lehet; megfelelő a laminált padlóknak; megfelelő a hullámos karton külső rétegének.
Papír, amely ellenáll a zsiradéknak	Jól összeőrölt cellulózsálak.	70–150	A zsíros élelmiszerek csomagolására.
Pergaminpapír	Jól összeőrölt cellulózsálak keveréke.	40–150	Ellenáll az olajnak és zsiradéknak; megfelelő a zacskók, dobozok gyártásának stb.; zsíros élelmiszerek csomagolásának.
Pergamenpapír	Nem enyvezett papírból, amely koncentrált kénsavval van kezelve.	12–75	Nagy szilárdság vizes állapotban; ellenáll a zsiradéknak; megfelelő a vizes és zsíros élelmiszerek csomagolásának.
Selyempapír	Különböző cellulóz típusokból.	20–50	Puha csomagoló papír; virágok, ajándékok csomagolására, stb.
Srenc papír	Nem szétválogatott hulladékpapírból és kis mennyiségű cellulózsálakból.	90–230	A kartonok hullámos és egyenes belső rétegének gyártásához; kevésbé bonyolult termékek előállításához; barna színű.
Félvegyszeres papír (fluting)	Félcellulózból, amit kemény és puhafából gyártanak 70:30 arányban – teljesen nincs feloldódva.	110–180	A hullámos kartonok hullámos és egyenes belső rétegeinek gyártásához.

A papírt **többrétegű** vagy **összetett csomagolás** gyártására is használják (5.8. fejezet). Az ilyen csomagolás gyártására általában három eljárás áll rendelkezésre: impregnálás, felületkezelés (bevonás vagy párologtatás) és laminálás. Az impregnáló folyamat során a papírszalag egy folyadékba merül, ami miatt megváltozik a térfogata, mert a pórusok és kapillárisok feltöltődnek más anyaggal (folyadékkal) (Novak, 2004). A másik két folyamat leírása az 5.8. fejezetben található meg.

Továbbá a **kartont** és a **lemezeket** is rostok alkotják, de a tulajdonságaik nem egyeznek meg a papíréval. Többek közt a négyzetmétertömegük különbözik. A kartonnak 150 és 600 g/m² között van a négyzetmétertömege, míg a lemezé 225 g/m². A papír, a karton és a lemez közti átmenet a négyzetmétertömegük figyelembevételével nem éles, hiszen egymást átfedhetik (Radonjič, 2008). Több típusú lemezt ismerünk, amelyek egymás közt a felhasznált nyersanyagokban,

a technológiai folyamatban és a felületi kezelésben különböznek (barna, szürke, fehér, karton, könyvkötő, lemezbőrönd, perspán lemez) (Novak, 2004).

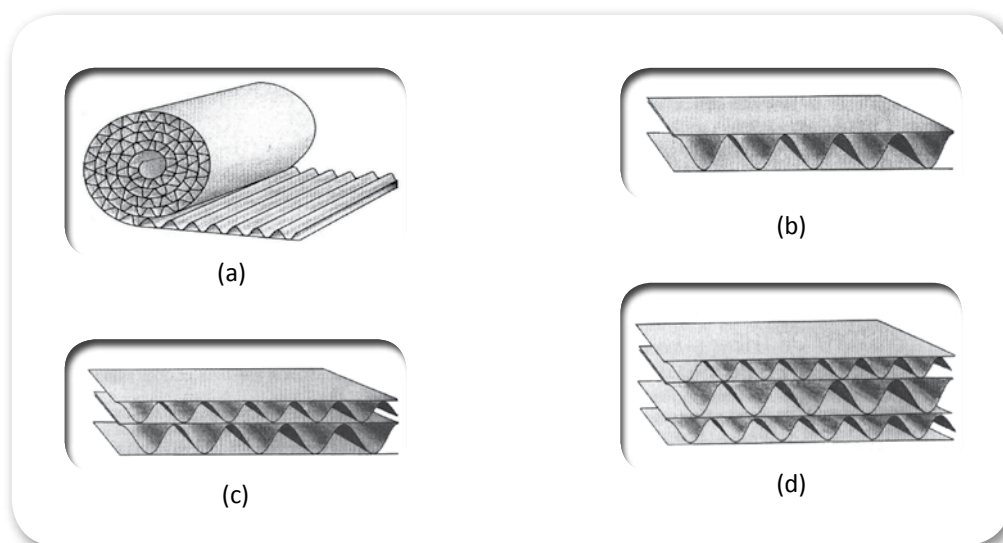
Az egyszerű karton olyan anyagok közös megnevezése, amelyeket kevésbé értékes anyagokból állították elő (kevert hulladékpapír és öreg papír), a finom kartonok pedig azok, amelyeket fehérített cellulózból gyártották. Az olyan kartonokat és lemezeket, amelyek több rétegből tevődnek össze és összetételben, színben, valamint súlyban különböznek egymástól, **többrétegű kartonnak** nevezzük. A fenti réteg alatt, amely sokszor kiváló minőségű fehérített cellulózt tartalmaz, egy vagy több közbenső réteg helyezkedik el, amely olyan papírból készíthető el, amely nagymennyiségű mechanikus pépet tartalmaz. Az alsó réteg összetevői különbözőek lehetnek – a tervezett felhasználás függvényében (Novak, 2004). Az úgynevezett réteges karton a 7. ábrán látható.



7. ábra: A réteges karton.

A többrétegű karton típusai között fontos helyet foglal el a **hullámkarton**. Az ilyen típusú csomagolóanyag igen értékelte a kiváló mechanikus tulajdonságai miatt, a súlyára és árára való tekintettel. A hullámkarton mechanikus tulajdonságai a felhasznált alapvető nyersanyagoktól, a hullámok magasságától, a ragasztás módjától és a gyártás technikájától függenek. Ez egy olyan csomagolóanyag, amely összeragasztott egyenes és hullámos papírrétegekből áll. Különböző papír és karton típusokból lehet őket előállítani (nátron, fluting, srenc stb.), a feldolgozása

pedig speciális gépekkel történik, használatától függően. Az összeragasztott rétegek számára való tekintettel megkülönböztünk kétrétegű, háromrétegű, ötrétegű és hétrétegű hullámkartont (8. ábra). A papír típusának és ragasztási módjának kiválasztása mellett a hullámos karton minőségét nagymértékben befolyásolja a megfelelő hullámok alakjának és méretének a kiválasztása, amelyek általában szinuszos alakúak (az effajta csomagolóanyagok alapvető jellemzője) (Černič et al. 2005; Radonjič, 2008). Betűs szimbólummal jelöljük őket.



8. ábra: A hullámos karton alapvető típusai:
(a) egyoldalú egyrétegű, (b) egyrétegű, (c) kétrétegű, (d) háromrétegű (Černič et al. 2005).

Továbbá említésre méltó az úgynevezett papírpépből készült csomagolás. Ezt fa cellulózból és/vagy hulladékpapírból gyártják, méghozzá rostanyag és víz keverésével, és utólagos formázással az öntőformában kapja meg végső alakját. Alapvetően a folyamat hasonlít a papírgyártáshoz. A csomagolá-

nyag e típusa érzékeny a vízre és nedves-ségre, de előnye az alacsony ára, ezért szívesen használják különböző célokra – dobozok formájában, vagy mint kiegészítő csomagolóanyag a védelem biztosítására a szállításkor.

PAPÍR- ÉS KARTONCSOMAGOLÁS

Előnyök:

- ◉ alacsony tömeg,
- ◉ viszonylag alacsony ár,
- ◉ kiváló minőségű grafikus feldolgozás,
- ◉ alkalmazkodik a különböző csomagolási rendszerekhez,
- ◉ más csomagolóanyagokkal való egyszerű kombinálás,
- ◉ széleskörű tulajdonságok (szilárd és rugalmas csomagolási termékek)
- ◉ újrahasznosítás és komposztálás lehetősége,
- ◉ könnyű alkalmazkodás különböző csomagolóanyagok típusaihoz, dimenzióihoz és tömegéhez
- ◉ kicsi hely áll rendelkezésre a szállításkor az üres csomagolások miatt

Hiányosságok:

- ◉ magas gáz és gőz áteresztőképesség,
- ◉ rossz nedvesség és mikroorganizmus szembeni ellenálló képesség
- ◉ rosszabb mechanikus tulajdonságok (az óvatlan kezeléskor gyorsan megsérül),
- ◉ az újrahasznosításkor jelentkező degradáció, ami következőképpen rosszabbítja a fizikai tulajdonságait,
- ◉ a más anyagokkal való kombinálás nehezíti az újrahasznosítást,
- ◉ a felhasználó nem látja a tartalmat

A fogyasztók felfogása nagyjában pozitív a papír- és a kartoncsomagolással kapcsolatban, mert ezeket az anyagokat összekötik a biológiai lebomlással. A különböző bevonatok és laminált rétegek azonban az ilyen lebomlást lelassítják. A biológiai bomlás a hulladéklerakókban – oxigén jelenléte nélkül – üvegházhatású metángáz képződését okozza. A kommunális hulladéklerakón elvégzett ásatások megerősítették, hogy az elásott papír nem bomlott szét, a rajta lévő nyomtatás pedig még évtizedekig olvasható lesz (Rathje, 1991). A papír- és kartoncsomagolásoknak jó újrahasznosítási tulajdonságaik vannak, azonban ezek nem korlátlanok (12.4. fejezet).

A papír- és kartoncsomagolás gyártásakor megjelenő legfontosabb környezeti problémák a következők:

- negatív hatás a biodiverzitásra a túlzott fakitermelés és az ezt követő talajerózió miatt (a fa eredete);
- vegyszerek használata a cellulóz- és papírgyártáskor (pl. fehérítők és festékek), és az ebből eredő kibocsátások a vízbe;
- nagy mennyiségű víz használata a gyártás folyamatában;
- nagy mennyiségű energiafelhasználás a gyártás folyamatában;
- káros anyagok potenciális migrációja (festékek stb.) a csomagolásról a termékre.

A papír és az illegális, nem fenntartható fakitermelés

Annak ellenére, hogy a papír, illetve kartoncsomagolást – a környezeti alkalmassága tekintetében – a nyilvánosság elég jól fogadta, napjainkban nem elegendő csak az újrahasznosítás kritériuma. A hangsúly egyre inkább arra a kritériumra tevődik át, amely az alapvető nyersanyagok eredetére vonatkozik, tehát a fára.

Az illegális fakitermelés globális probléma, ami súlyosan negatív hatást gyakorol a gazdaságra, környezetre és társadalomra. A környezeti hatásokat okozó illegális fakitermelés kapcsolatban van az erdőirtással, éghajlatváltozásokkal és a biodiverzitás csökkenésével. Az illegális fakitermelés társadalmi következményei a földre és a forrásokra vonatkozó konfliktusokkal, valamint a helyi és őslakos közösségek elszegényedésével állnak kapcsolatban.

Az elmúlt húsz évben a környezetvédelmi és gazdasági csoportok kezdeményezésére az erdőre vonatkozóan különböző tanúsítási rendszerek jöttek létre. A tanúsítás eredeti célja az volt, hogy megakadályozza a trópusi erdők megsemmisítését, mert ezek vannak leginkább kitéve a nem fenntartható gazdálkodásnak. Céljuk a fatermékek végső felhasználóit biztosítani arról, hogy a fák kivágása legális, hogy a vásárolt termék miatt nem irtottak ki védett erdőt, hogy nem keletkezett tarvágás, hogy tiszteletben tartották a munkavállalók jogait és az őshonos közösségeket, és hogy a környezetet a legnagyobb mértékben óvták.

1993-ban különböző érdekelt felek, köztük a környezetvédelmi szervezetek, erdészeti és fakiskereskedelmi vállalatok, az őshonos közösségek képviselői és tanúsító testületek létre hoztak egy nem kormányzati szervezetet, amely a Forest Stewardship Council (FSC) nevet viseli. E szervezet létrehozta az első tanúsítási rendszert az erdők és fák nyomon követésére. Azoknak a vállalatoknak, amelyek figyelembe veszik az érintett kritériumokat, FSC tanúsítványt adnak, amely garantálja a felelősségteljes erdőgazdálkodást (Forest Stewardship Council 1996; Grilj, 2010).

Az erdők hitelesítési rendszerének tanúsítását szolgáló program (PEFC, angolul: Programme for the Endorsment of Forest Certification Schemes) egy független, nem kormányzati és non-profit szervezet, amely a tanúsításon keresztül a harmadik fél segítségével támogatja az erdőkkel való fenntartható gazdálkodást a világon. Tagjai a nemzeti erdőtanúsítási szervezetek (pl. a szlovén erdőtanúsítási intézmény). A PEFC tanúsítvány egy áttekinthető rendszer, amely felügyeli az erdőgazdálkodást, és nyomon követi a fa eredetét – a fától a végső termékig. Ez a PEFC annak biztosítója, hogy a fa a papírttermékek gyártásához olyan erdőkből származik, amelyekkel fenntarthatóan gazdálkodtak.

A PEFC tanúsítási rendszer a következő megközelítéseken alapul (www.pefc.si):

- a területen csak annyi fát lehet kivágni, amennyi vissza nő;
- a kivágás után a fákat újraültetik, illetve helyreállítják a természetes regenerálódását;
- védettek a munkavállalók jogai;
- támogatják a helyi foglalkoztatást;
- tiszteltetben tartják az őshonos közösségeket;
- az erdőket az állatok és növények élőhelyeként tartják fenn;
- védelem alatt áll az erdőnek a víz, a talaj és az éghajlat feletti védelmi funkciója;
- megőrződik az erdei ökoszisztémák biodiverzitása;
- a fanyersanyagok eredete ellenőrzött.



Az illegális fakiirtás elleni küzdelemhez az Európai Unió is csatlakozott, és 2010 októberében elfogadta a fáról szóló rendeletet, amely 2013-ban lépett érvénybe. Az illegálisan kitermelt fát és fatermékeket betiltotta az európai piacon.

(http://ec.europa.eu/environment/forests/illegal_logging.htm).

A klór és klóros vegyületek káros használata a papír gyártásakor

A cellulóz rostokat általában fehéritik a lignin eltávolítása érdekében. E cél elérésére különböző vegyszerek használata szükséges. Néha a fehéritésre elemi klórt és különböző klóros vegyületeket használtak (pl. nátrium-klorát NaOCl , ClO_2 stb.). Később tisztább fehéritő technológiákat fejlesztettek ki, amelyek a szén-peroxid (H_2O_2), nátrium-peroxid (Na_2O_2), oxigén (O_2), az ózon (O_3) és különleges enzimek használatán alapulnak. Ma már egyre több papírcsomagolás-gyártó és felhasználó jelentős környezeti kompatibilitást mutat a különböző jelekkel vagy rövidítésekkel, valamint a mért jellemzőkkel, amelyek a cellulóz vagy papírtömeg kezelési technológiáinak folyamatára vonatkoznak.

TCF (angolul **Total Chlorine Free**): ha a cellulózrostokat elemi klór vagy klóros vegyületek nélkül fehéritik, akkor a TCF rövidítéssel jelölhetők. Abban az esetben, ha a fehérités a klóros vegyületekkel (pl. ClO_2) folyik, elemi klór nélkül, az **ECF** (angolul **Elementary Chlorine Free**) rövidítés használható.

TEF (angolul **Total Effluent Free**): a rövidítés azt jelzi, hogy a cellulózrostok teljesen zártkörű vízfolyamattal voltak előállítva.

AOX (angolul **Adsorbable Organic Halogens**): jelzi a cellulózra és papírra szervesen kötött klór mennyiségét. A meghatározásával azonosítható a szerves kloridok tartalma, amelyek a papírban jelen lehetnek a klórral vagy klóros vegyületekkel való fehérités miatt. Ezek reagálnak a faanyagokkal, aminél a környezetre és egészségre igen káros dioxinok szabadulnak fel, emiatt a papírnak és papírtermékeknek nem szabad klóros vegyületeket tartalmazniuk (Novak, 2004).

5.3. Fémcsomagolás

A fémcsomagolások közé az acél és alumíniumcsomagolásokat soroljuk. Annak ellenére, hogy bizonyos hiányosságai is vannak, a fémcsomagolás bizonyos esetekben az összetéveszthetetlen tulajdonságai és praktikussága miatt nem cserélhető le másfajta csomagolásra. Ezen kívül a fémcsomagolás jelentősen hozzájárult az élelmiszeripar és más iparok számottevő fejlődéséhez. Rendkívüli mechanikus tulajdonságai vannak, és jó hővezető, ami fontos a gyors sterilizációkor vagy a gyors hűtéskor. A fémcsomagolásnak különböző alakja lehet, ilyen például a hordó, doboz, cső, kanna, fedelek, fóliák, főleg az alumíniumot pedig más csomagolási típusokkal kombinálva használják. A nehézfém csomagolásokat elsősorban a vegyipar nyers-

anyagainak és termékeinek csomagolására használják (gyúlékony, az oxidációra és nedvességre érzékeny termékekre). Ilyen csomagolás konkrét példája a gázpalack, amely sűrített folyadékot és gázt tartalmaz.

A fémcsomagolásoknak sokszor egy speciális lakkbevonattal további védelmet nyújtanak. Ez fontos azokban az esetekben, amikor a csomagolást pasztőrözési és sterilizálási folyamatokban alkalmazzák. E célra a poliészter, epoksiészter, fenol vagy epoksi-fenol alapú lakkot (gyantát), poliakrilát gyantát vagy egyéb anyagot használnak (Potočnik, 2004). A bevonatok abban térnek el a lakktól vagy polimertől, hogy milyen vastagon szükséges felkenni őket a fóliák vagy szalagok felületére. Megkülönböztetjük a lakkos bevonatokat és a termoplaszt olvadékából álló bevonatot.

Ilyen kezeléssel további védelmet nyújtunk a tartalomnak a külső hatásoktól, és javítjuk a csomósodást (Novak, 2004). A lakkal bizonyos hatás elérése a cél, mint a fényesség, zavarosság vagy a nyomdászínek jobb felvétele. A lakk használatával csökkentjük a felület érzékenységet a mechanikus sérülésekre.

5.3.1. Acélcsomagolás

Az acél a vas, a szén és más ötvözőelemek öntvénye. Amikor az acélt az élelmiszerek csomagolóanyagaként használják, akkor a meleg vagy hideg hengerelt acéllemez felületét speciális bevonatokkal vagy elektrolikus vékony rétegű ónnal (fehérbádog) kell kezelni. Hogy ez a felvitel minél vékonyabb legyen, az acél felületét még különböző lakkokkal vonják be, amelyek gátolják a porozitást, és megakadályozzák az élelmiszerekkel való közvetlen kontaktust (Potočnik, 2004). Két évtizedben 40%-kal sikerült csökkenteni ennek vastagságát. Specifikus követelményeknél, például a korrozív vegyszerek csomagolásakor sajátos rozsdamentes acélt használnak, illetve néha műanyaggal bevont fémlamezt. Továbbá a kívánt fémcsoomagolás hatásának eléréséhez gyakran speciális tömítőanyagok használata szükséges. Ezek ma legtöbbször természetes vagy szintetikus kaucsukból készülnek, vagy a poliuretán és poli(vinil-kloridon) (folytatásban PVC) alapoznak. A tömítőanyagok célja nem csak a tartalom szivárgásának meggátolása, hanem a baktériumoknak a csomagolásba történő belépésnek a megakadályozása is (Radonjić, 2008).

Az acélcsomagolás a legtöbb esetben 20–30% újrahasznosított anyagot tartalmaz. A vasércbányászat, valamint a vas termelése és feldolgozása a vasművekben alkotja az acélcsomagolás környezetre gyakorolt hatásainak nagy részét.

5.3.2. Alumíniumcsomagolás

Az alumíniumot az alacsony sűrűsége miatt a könnyű fémek közé soroljuk. Amellett, hogy alacsony a sűrűsége, jó elektromos és termikus képességgel is rendelkezik, nagy a szilárdsága, ellenáll a korróziónak és kiváló szigetelő. Keverhető más kémiai elemekkel (mangán, magnézium, réz, szilícium, vas), amivel szélesebb körű tulajdonságokat kaphat, noha az egyes csomagolási célokra tiszta alumíniumot használnak fel (például az alumínium fóliákra és szalagokra). Az alumínium viszonylag stabil helyzetben tartja a csomagolóanyagot – vékony bádog, valamint kasírozott fólia laminált formájában, ami a gázkorlát funkcióját látja el. Az italok csomagolásában már több éve az alumínium az uralkodó csomagolóanyag a dobozok gyártásának terén (Radonjić, 2008).

Az alumíniumgyártás technológiai folyamatának bonyolultsága és ennek következtében a magas ára miatt a világban elterjedt az alumínium újrahasznosítása. Az újrahasznosítással az alumínium tulajdonságai nem rosszabbodnak. Emellett pedig az újrahasznosítással a környezeti hatások is csökkennek, amelyek a friss alumínium gyártásakor jelennek meg (12.3. fejezet).

A legfontosabb környezeti problémák az alumínium gyártásával kapcsolatban a következők:

- az ércbányászattal kapott bauxit befolyásolja az ökoszisztémák romlását, a biodiverzitás csökkenését, és talajeróziót okoz,
- Al_2O_3 termelése, amelynek káros melléktermékei keletkeznek (pl. vörösiszap),
- nagy mennyiségű energiafelhasználás az alumínium gyártásakor, ami gázkibocsátásokat okoz,
- az elektrolízissel történő alumíniumtermelés fluoridok kibocsátásával jár.

FÉMCSOMAGOLÁS

Előnyök:

- ☛ nagy szilárdság,
- ☛ kiváló védelem a külső hatásoktól,
- ☛ relatív érzéketlenség a hőmérsékletre és nedvességre,
- ☛ kompaktság és egyszerűség a kezeléskor,
- ☛ az alumínium nagy ellenállása a külső hatásokra,
- ☛ nagyon jó hőmérséklettel szembeni ellenállás,
- ☛ a nagy sebességű csomagolás lehetősége,
- ☛ a felület grafikai kezelésének lehetősége,
- ☛ jó hővezetés,
- ☛ újrahasznosítási képesség.

Hiányosságok:

- ☛ viszonylag magas ár,
- ☛ energia-intenzív termék gyártása,
- ☛ szükséges az acél ónnal való bevonása,
- ☛ nagyobb zaj a csomagolási vonalakon,
- ☛ általában magasabb súly,
- ☛ a vásárló nem látja a tartalmat.

5.4. Műanyag csomagolás

A társadalom általában helytelenül értelmezi a műanyag csomagolás fogalmát. Egyetlenegy csomagolóanyag sincs annyi sztereotípiának kitéve, mind a műanyag csomagolás. Egyrészt ezt a fogalmat gyakran tévesen keverik össze a PVC anyag fogalmával, másrészt pedig a műanyagból készült anyagokra jellemző, hogy biológiailag lebonthatatlanok. Gyakran elfelejtik, hogy az üvegek és a fémcsomagolások is biológiailag lebonthatatlanok. A hulladéklerakókban a papír és az élelmiszer-maradékok sem bomlanak szét, amint arról az ásatások tanúskodnak (Rathje, 1991).

Műanyag csomagolásnak nevezzük a szintetikus polimer anyagok csoportját, tehát azokat az anyagokat, amelyek polimereken alapulnak. A polimerek olyan anyagok, amelyek nagy molekulákat tartalmaznak (makromolekulák), és ismétlődő szerkezeti egységekből állnak (merek). A szintetikus polimerek a legfiatalabbak a csomagolóa-

nyagok családjában. A mai, kereskedelmiileg fontos szintetikus polimerek a nagyszámú kis molekulák (monomerek) nagy molekulákba (polimerek) történő szintézisével keletkeznek. A legkiterjedtebb polimer csomagolások csoportját kétségtelenül a polimer műanyagok – röviden műanyagok – alkotják. Két fő csoportba oszthatjuk őket: termoplasztok (hőre lágyuló), azaz plasztomerek és duropasztok (hőre nem lágyuló), azaz duromerek. Az első csoport olvadó: hő hatására meglágyul és folyékonnyá válik, és ilyen formában lehet őket feldolgozni (termékeket gyártani belőlük). A második pedig területileg visszafordíthatatlanul térhálósított, állandó formát kap, és nem olvad fel. A termoplasztok a csomagolási szektorban a gyártást és felhasználást illetően kétségkívül a műanyagok legdominánsabb csoportját képezik (Radonjič, 2008).

5.4.1. Hagyományos polimer anyagok

E anyagok termelésére a nyersanyagforrást a kőolaj és földgáz jelenti. Meg kell jegyezni, hogy a szintetikus polimerek gyártására napjainkban a kőolaj-felhasználás körülbelül 4%-át szánják (PlasticsEurope 2006). Ebből a 4%-ból évente 35–45%-ot használnak fel a műanyag csomagolások gyártására (Matthews, 1995).

A műanyag polimer csomagolás sok – a struktúra és tulajdonságok szempontjából

– különböző anyagot tartalmaz. Több mint száz különböző kémiai szerkezetű szintetikus anyagot tartalmaz, és egy olyan anyag csoportját képviseli, amelyen kétségtelenül sok más terület és iparág technológiai fejlődése alapul, minden bizonnyal a csomagolási iparág fejlődése is. Az anyagok változatossága a műanyag csomagolás területére is jellemző. A legfontosabb műanyag csomagolóanyagok a következők:

Kis sűrűségű polietilén (PE-LD)	Polipropilén (PP)
Lineáris kis sűrűségű polietilén (PE-LLD)	Poli(etilén-tereftalát) (PET)
Nagy sűrűségű polietilén (PE-HD)	Polistirol (PS)
Poli(vinil-klorid) (PVC)	Expandált (habosított) polistirol (EPS)
Poli(vinilidén-klorid) (PVDC)	Poli(etilén-naftalát) (PEN)
Etilén/vinil-alkohol (EVA)	Polikarbonát (PC)
Etilén/vinil-acetát kopolimerje (EVA)	Poliamid (PA)

A műanyagok következő tulajdonsága, hogy a végső felhasználási és feldolgozási tulajdonságuk javítása érdekében megfelelő adalékokat adnak hozzájuk, amelyek általában alacsony molekulatömegű szerves vagy szervetlen vegyületek. Ezek közé tartoznak az antioxidánsok, antisztatikus anyagok, festékek (színes koncentrátumok), csúszó eszközök, lágyítók, habosító anyagok, hőkiegészítők és UV stabilizátorok, töltőanyagok a mechanikus tulajdonságok javítására, tűz elleni eszközök, stb. A tulajdonságait manipulálni lehet olyan polimerek gyártásával, amelyeknél előre kiválasztják az átlagos molekulatömeget, annak elosztását és/vagy a makromolekulák szétágazásának mértékét.

A húszadik század hetvenes és nyolcvanas éveiben a környezetvédelmi kezdeményezések miatt a műanyag csomagolás jó hírneve csorbult (a kezdeményezések a hulladék mennyiségének növekedése miatt

került sor). Egyik csomagolóanyag sem váltott ki olyan ellenszenvet a környezeti alkalmasságával kapcsolatban, mint a műanyag. Kiváló tulajdonságai és egyértelmű előnyei ellenére a polimer műanyagok a csomagolási hulladék problémájának szinonimájává váltak a csomagolások területén. Az egyik fő problémája a biológiai lebonthatatlansága, ami valójában abszurd, ha tudatában vagyunk annak, hogy sem az üveg, sem az alumínium, sőt más fémek sem biológiailag nem bomlanak le. A valódi okot máshol is lehet keresni: a műanyag csomagolás megjelenése és tömeges használata egybeesik a fogyasztói társadalom fejlődésével (angolul throwaway society), és mint a legfiatalabb anyag a szimbólumává vált (Radonjich, 2008).

A nagyszámú, különböző fajtájú és típusú polimerek közt óvatosan kell kiválasztani az olyan polimeres csomagolóanyagot, amely a legalacsonyabb árán és feldolgozási költségénél a legjobb tulajdonságokkal bír. Minden polimernek sajátos fizikai, kémiai és feldolgozási tulajdonságai vannak, sőt árban is jócskán különbözhetnek egymástól.

A legfontosabb, a műanyag csomagolás gyártásával kapcsolatban felmerülő környezeti problémák a következők:

- a kőolaj és földgáz beszerzésének eljárásai,
- a nyersanyagok feldolgozása során keletkezett kibocsátások a petrokémiai termeléskor,

- a monomerek termelése során keletkezett kibocsátások a vegyiparban,
- néhány monomer, amit a polimerek termelésekor használnak, karcinogén (pl. vinil-klorid gáz, a PVC termelésekor használják, és a sztírol, ami a PS termeléséhez szükséges).

A műanyag hulladék újrafeldolgozása az elmúlt évtizedekben rendkívül nagyot haladt. Azonban sajnos vannak bizonyos technológiai-gazdasági korlátok, amelyek az ilyen hulladék hatékony újrahasznosítását gátolják (12.1.1. fejezet).

POLIMER MŰANYAG CSOMAGOLÁS

Előnyök:

- alacsony sűrűségű,
- dizájnrá való rugalmasság,
- magas hozam,
- több csomagolás gyártási rendszerhez való hozzáilleszkedés lehetősége, és más csomagolóanyagokkal való kombinálás,
- viszonylag alacsony ár,
- viszonylag magas vegyszerek, valamint külső hatások szembeni ellenállás,
- áttekinthetőség,
- különböző dekoratív hatások lehetősége,
- jó mechanikus tulajdonságok
- kiváló minőségű nyomtatás lehetősége,
- a biodegradálható polimerek fejlesztése

Hátrányok:

- többnyire nem megfelelő szigetelési tulajdonságok a gázokra,
- termikus instabilitás,
- eltérő agresszív- és oldószerek szembeni ellenállás,
- termikus-mechanikus degradálás az újrahasznosításkor,
- az eltérő típusú polimereknél bonyolult az újrahasznosítás, mert nem keverhetők
- a monomerek nem reagálása miatt az egészségügyi hamisítás lehetséges

Sok polimer anyag létezik, és ezért a felsorolt előnyöket és hátrányokat nehéz teljesen általánosítani. Az egyedi tulajdonságaik miatt különféle alakú és típusú csomagolást lehet belőlük készíteni (kereskedelmi, gyűjtő és szállítási csomagolás). Emiatt a műanyag csomagolás konkurál az összes többi csomagolóanyaggal, (egy adott alkalmazástól

vagy piaci szegmenstől függően) figyelembe véve azt a tényt, hogy a technológiai fejlődés még mindig ebben a csoportban a legintenzívebb. A műanyagok használatával a többrétegű csomagolások termelésében hozzájárultak a papír- és kartoncsomagolások sokszínűségéhez (Radonjić, 2008).

Növényi eredetű műanyag csomagolás („zöld” polietilén)

Az elmúlt években egy brazil vállalkozó olyan biopolimer gyártási technológiát fejlesztett ki, amelynél az alapvető nyersanyag, ami a polietilén gyártásához szükséges, a mezőkről származik, nem úgy, mint a műanyag és kőolaj nyersanyagai. A nyersanyagforrás egészen pontosan a cukornád, ami Brazíliában elterjedt növény. A cukornád levéből fermentációval etanolt kapnak, az etanolból pedig dehidrációval etilén gázt. Az etilén polimerizációjával polietilén keletkezik. Egy hektár cukornádból 3 tonna polietilént lehet termelni. Ily módon a teljesen megújuló nyersanyagforrásokból lehetséges olyan termékeket előállítani, amelyek tulajdonságai megegyeznek a kőolajból előállított termékek tulajdonságaival. Ugyanúgy lehetséges a feldolgozása és alakítása késztermékekbe, ugyanolyan felszereléssel, mint a konvencionális esetében, használata után pedig a többi polietilén hulladékkal együtt lehetséges az újrahasznosítása. A vállalat tervezi a – megújuló forrásokon alapuló – polimer termelési program bővítését, ugyanakkor pedig tervbe vette a „zöld” polipropilén termelését is.

A műanyagok közül a világon a polietilénből termelnek a legtöbbet, aminek a legnagyobb részét a csomagolások termelésére használják fel. Magasabb ára ellenére – a konvencionális polietilénnel összehasonlítva – több neves nemzetközi gyártó kezdte el használni a „zöld” polietilént, köztük van a Tetrapak, az Ecover, a Danone és a Pantene is (9. ábra) (Braskem, 2011).



9. ábra: Kosmetikai termék növény eredetű műanyag (polietilén) csomagolásban.
(Procter & Gamble 2011)

Annak ellenére, hogy ez egy fontos technológiai újítás, és mérföldkövet jelent a polimerkémia és technológia területén, a növény eredetű polimer csomagolások gyártásának negatív környezeti vagy fenntarthatósági következményei is lehetnek, amelyeket a bioüzemanyag gyártásához szükséges növények kizsákmányolásával már tapasztaltunk. A bioműanyag gyártása esetében is elfogadhatatlan, hogy a termelésükhöz az élelmiszerként használt növényeket használják fel. Aggodalmat okoz az is, hogy a mezőgazdasági területek terjeszkedése – ami a növények termeléséhez szükséges – ellenőrizetlen esőerdőirtást eredményezne, és ennek következtében veszélyeztetné a biodiverzitást. A negatív környezeti hatásokhoz továbbá hozzájárulnak a műtrágyák és növényvédő szerek, valamint a víz és energia használata a mezőgazdaságban. Ezért rendkívül fontosak a növényi nyersanyagforrások és a mezőgazdasági termelés módja. A felsoroltak mellett még szükséges megemlíteni a nem fenntartható termelést is, ami rendkívül negatív hatást gyakorol az egész üvegházhatású gázok egyensúlyára – a konvencionális módon előállított polietilénnel összehasonlítva. (Liptow és Tillman, 2012).

Növényi eredetű műanyag palackok („zöld” PET)

Az új globális technológiai trendeket gyakran a nagy korporációk, multinacionális vállalatok, vagy éppen az ismert címkék termelői irányítják. Az évtizedes piaci csaták és közvetlen versengés után az italok terén, a Coca Cola és a PepsiCo az új csomagolás fejlesztése és bevezetése terén szállt versenybe. Mindkét vállalat elkezdte használni az új palackokat, amelyeket részben vagy egészen növényi eredetű nyersanyagokból gyártottak. Ez egy hosszú távú fejlesztési stratégia, amelyről feltételezhető, hogy a jövőben a kőolaj növekedő ára és a hozzá kapcsolódó új környezeti szabványok miatt a kőolajon alapuló polimer műanyagok alternatív termelését fogja képviselni.

Így például a Coca Colában (amelyhez csatlakozott a Heinz vállalat) a termékek csomagolására műanyag palackokat kezdtek el használni, amelyek részben növényi eredetű nyersanyagokat, részben pedig újrahasznosított hulladék műanyagokat tartalmaznak. Az ilyen csomagolás a „Plant Bottle” nevet kapta, amelynek összetétele a következő: 22,5% növényi eredetű polimer, 25% újrahasznosított PET, 52,5% pedig a konvencionálisan előállított PET, amelynek nyersanyagforrása a kőolaj. A cukornádból bioetanolt gyártanak, ebből etilén-glikólt, amely a PET polimer polimerizációjában kulcsfontosságú. A „Plant Bottle” az első PET palack, amelyet részben növényi nyersanyagforrásból állítottak elő, és lehetséges az újrahasznosítása.

A Coca Cola vállalat hosszú távú célja az összes kőolajból előállított csomagolás elhagyása, és növényi eredetű csomagolások használata, amelyeket növényi maradékokból termelnek, nem pedig az élelmiszerekre szánt növényekből (Coca Cola, 2012a; Coca Cola, 2012b). 2011-ben több mint 5 millió ilyen palackot alkalmaztak, a Heinz vállalat pedig 120 millió ilyen csomagolást használt fel a ketchup csomagolására. Mindkét típusú csomagoláson egy speciális logó található, amely jelzi a csomagolás összetételét.



(Forrás: Coca-Cola, 2012a; Coca-Cola, 2012b; Heinz, 2012)

A konkurens PepsiCo a Coca Cola vállalat ötletét továbbfejlesztette. A PepsiCo 2011-ben bejelentette, hogy sikerült előállítania az első olyan műanyag palackot, amely teljes egészében növényi eredetű nyersanyagforrásokból készült, mégpedig fenyőkéregből, kukoricacsuhéból és fű hajtásokból. Közleményük szerint a jövőben az egyéb élelmiszermaradékokat, mint a narancs- és burgonyahéj fogják felhasználni a csomagolás termelésére. A biotechnológiai eljárások segítségével sikerült nekik a tereftálsav előállítása, amely a már említett etilén-glikól mellett fontos eleme a PET polimer polimerizációjának. Az ilyen típusú palackok újrahasznosítása is lehetséges (PepsiCo, 2011; Anon. 2011)



(Forrás: www.pepsico.com)

Érdeemes megjegyezni

A fent leírt példák esetében hangsúlyozni kell azt, hogy a műanyagok, amelyek egészben, vagy csak részben vannak növényekből előállítva, biológiailag nem lebomlóak. Az úgynevezett bioműanyagok közé sorolhatjuk őket, de ez nem jelenti azt, hogy biológiai úton lebomlanak (5.4.2. fejezet). Ezért meg kell különböztetni a nyersanyagforrásokat az egyik oldalon, és az anyagok fizikai-kémiai tulajdonságait a másikon.

5.4.2. A polimer anyagok biodegradációja

Az anyagok többségénél (fémek, beton, kerámia, fa) a fenntarthatóság értékelt tulajdonság, olyasmi, amit a felhasználó elvár az anyagtól. Bizonyos anyagokat a tulajdonságaik fenntarthatósága és az élettartam meghosszabbítása érdekében vegyi anyagokkal vonnak be. A polimer műanyagok esetében a tágabb közvélemény álláspontja teljesen ellentétes. Habár a műanyag polimerek szinte minden területen használhatók, a

fenntarthatóság a legtöbb esetben kívánatos tulajdonság. Érdekes, hogy általában a műanyag csomagolásokkal – amelyek szintetikus polimerekből készülnek kőolaj alapon – hozzák összefüggésbe a biodegradáció képtelenségét, de sokszor elfelejtjük, hogy sem az üveg, sem pedig a fém nem biodegradálható.

A műanyag csomagolások nagy mennyisége – amely naponta keletkezik globális szinten – és az azt kísérő technológiaigazdasági korlátok szükségessé teszik az új alternatívák

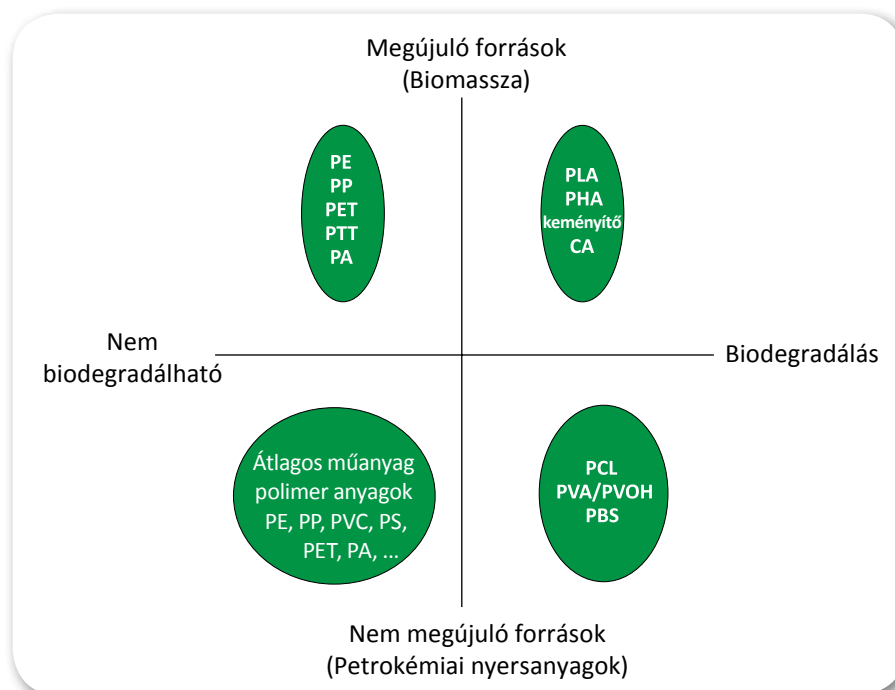
kigondolkodását a környezeti hatások csökkentésével kapcsolatban. A biodegradációs polimer műanyagok fejlesztésével új vagy további lehetőségek jelennek meg a műanyag hulladékok kezelésére. Hangsúlyozni kell, hogy az ilyen típusú anyagok az intenzív fejlődésük és egyre szélesebb körű használatuk ellenére még mindig a beiktatási szakaszban vannak. A piaci részesedésük jelenleg alacsony, a technológiai termelési folyamatok pedig gyorsan fejlődnek és optimalódnak. Gyártani lehet őket kukoricából, búzából, pálma olajból, szójából, burgonyából és más megújuló forrásból.

Amikor biodegradációs polimer anyagokról van szó, meg kell különböztetni néhány fogalmat. A bioműanyag fogalma leírást ad a polimer anyagokról, amelyek biodegradálhatóak, és/vagy amelyek alapvető összetevőjét teljes egészben vagy csak részben biomasszából állították elő. Az European Bioplastics e.v. definíciója szerint a bioműanyagok azok a polimerek, amelyek a

megújuló forrásokon alapulnak (nyersanyagforrások), biodegradálhatóak és komposztálhatóak, függetlenül az alapvető nyersanyagtól.

Figyelembe kell venni, hogy a bioműanyag nem csak egy típusú anyagcsoportot képvisel, hanem egy olyan anyagcsaládot, amelyben egymás közt az anyagok a nyersanyagok bázisaiban különböznek, fizikai-kémiai tulajdonságaikban vagy lebomlási képességükben. A bioműanyagokat három csoportba osztjuk (10. ábra) (Enders és Sieber-Raths, 2008; Enders et al. 2011):

- polimerek, amelyeket biomasszából állítottak elő és biodegradálhatóak (keményítő, PLA, PHA);
- polimerek, amelyek fosszilis forrásokból állítottak elő (PCL, PVOH);
- polimerek, amelyeket teljes egészben vagy csak részben állítottak elő biomasszából vagy megújuló forrásokból, de nem biodegradálhatóak (PE, PET, PP, PA, cellulóz-acetát) (ezt a csoportot az 5.4.1. fejezetben mutattuk be).



10. ábra: A polimerek elosztása az eredetük és biodegradációs képességük alapján (Enders et al. 2009)

A bioműanyag fontos komparatív előnye a hagyományos műanyagokkal összehasonlítva a következők: a megújuló nyersanyag források használata, valamint használatuk után a biodegradáció vagy komposztálás lehetősége. Mint már az előző bekezdésben említettük, a polimernek nem kell eleget tennie mindkét elvárásnak. A megújuló növény eredetű nyersanyagforrások használata azt jelenti, hogy a szénvegyületeket, amelyek a fotoszintézis során keletkeztek, alapanyagként fel lehet használni a polimerek termelésekor. A felhasználás után ezek az anyagok biodegradálódnak vagy komposztálódnak, vagy pedig elégnek – ellenőrzött körülmények között, az égetés eredménye a CO_2 és a H_2O . Így módon körkörös anyagáramlás jön létre a környezetben, mert a biodegradált polimerek eredményét újra felhasználják új növények növekedésére.

A biodegradáció egy olyan folyamat, amelyben a mikroorganizmusok enzimaktivitása miatt az anyagok teljesen lebomlanak az alapvető természetes összetevőkbe (víz, széndioxid, biomassza). A definíció szerint – amelyet az Európai Szabványügyi Bizottság CEN határozott meg – a biodegradált anyagok azok, amelyek az enzimatis reakciók alatt bomlanak szét a mikroorganizmusok tevékenysége miatt, aminek következménye a kémiai szerkezet jelentős változása. A biodegradációs folyamatot – az anyag összetétele mellett – befolyásolják még más

tényezők is, mégpedig a hőmérséklet, a páratartalom, a pH és a mikroorganizmusok típusai, az úgynevezett környezeti feltételek, amelyekben az anyagok jelen vannak (ipari komposztálás, erdőterület, mezőgazdasági terület, városi környezet, édesvizek, sós vizek stb.). Az anyagoknak, amelyeket a biodegradálható jelzővel szeretnénk ellátni, a nemzetközi szabványokban meghatározott követelményeknek és a vizsgálati módszereknek kell megfelelniük (14. fejezet).

A komposztálás szabályozott biodegradációs folyamatot jelent, amely eredménye az aerob körülményekben a humusz, CO_2 és H_2O , de nem szabad a biodegradáció folyamatát összetéveszteni vagy azonosítani a komposztálhatóság folyamatával. A komposztálhatóság a csomagolás tulajdonsága (vagy műanyag), amely a komposztálás időtartama alatt komposztá válik át. Minden termék komposztálható lehet, ha be lehet bizonyítani, hogy az összes összetevője komposztálható. A komposztálhatóság kritériumait az EN 13432 szabvány határozza meg, a csomagolásról és műanyagokról pedig az EN 14995 szabvány rendelkezik (14. fejezet). Tehát e kritériumban jelen van az idő komponense, amely meghatározza a biodegradáció gyorsaságát az ismert körülmények között. Az anaerob körülményekben, amikor nincs jelen elég oxigén, a CO_2 helyett üvegházhatású metán gáz termelődik (úgynevezett biometánizáció).

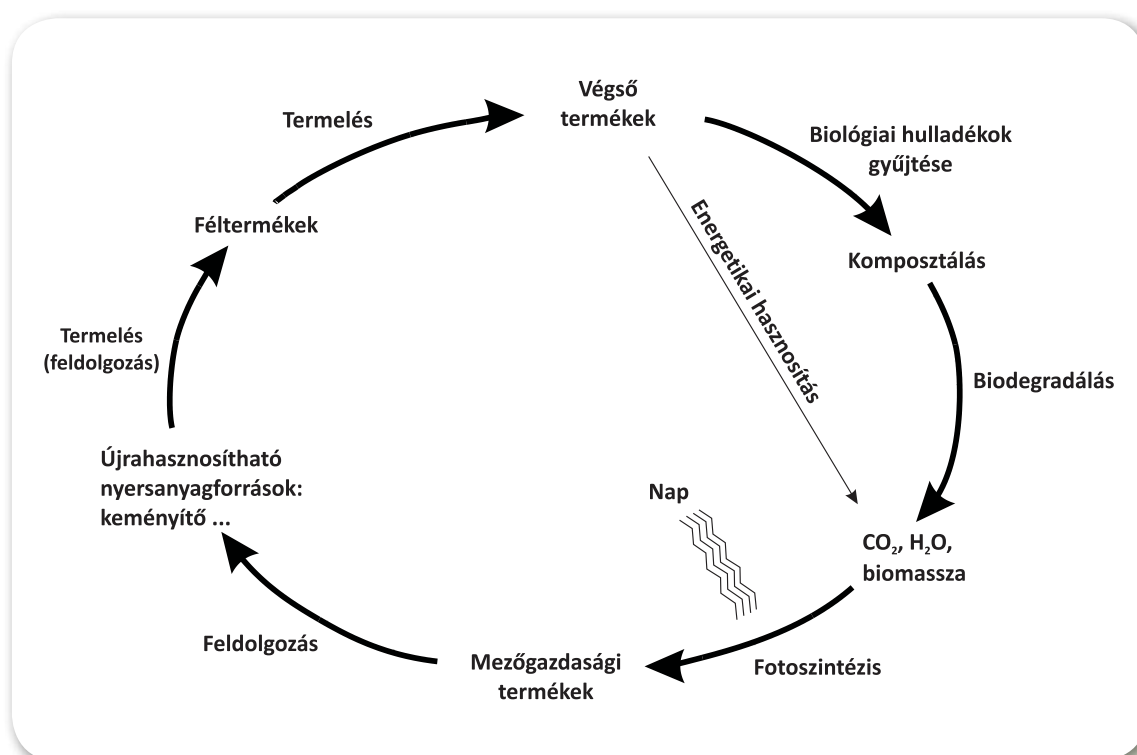
Érdeemes figyelembe venni:

A polimerek biodegradációs képessége a struktúrájuktól és nem a nyersanyagforrásuktól függ, amelyekből termelik őket. Az, hogy a műanyag nyersanyagforrása biomassza, még nem biztosíték arra, hogy az ilyen anyag biodegradálható. Röviden: a bioműanyagok biodegradálhatóak vagy nem. E folyamatoknál azokat a kritériumokat használjuk, amelyek megfelelnek a szabványosított tudományos kritériumoknak a biodegradációval és komposztálással kapcsolatban (pl. az EN 13432 szabvány követelményeinek).

5.4.3. A polimer műanyagok lebomlásának folyamata

A polimer műanyagok lebomlása többféle módon és különböző mechanizmusok révén folyhat (Stevens, 2002). A hidrolízist vagy oxidációt (kémiai lebomlás) fotodegradációt okozó ultraibolya fénnel magas

hőmérsékletnél és mikroorganizmusok biodegradációjával lehet végrehajtani (11. ábra). Legtöbbször a polimerek degradációja különböző mechanizmusok kombinációjával folyik. Ezért egyes szerzők a környezetben lebomló műanyag terminus használatát javasolják (Kržan et al. 2006).



11. ábra: A biodegradálható polimerek körforgása a természetben (IBAW 2005).

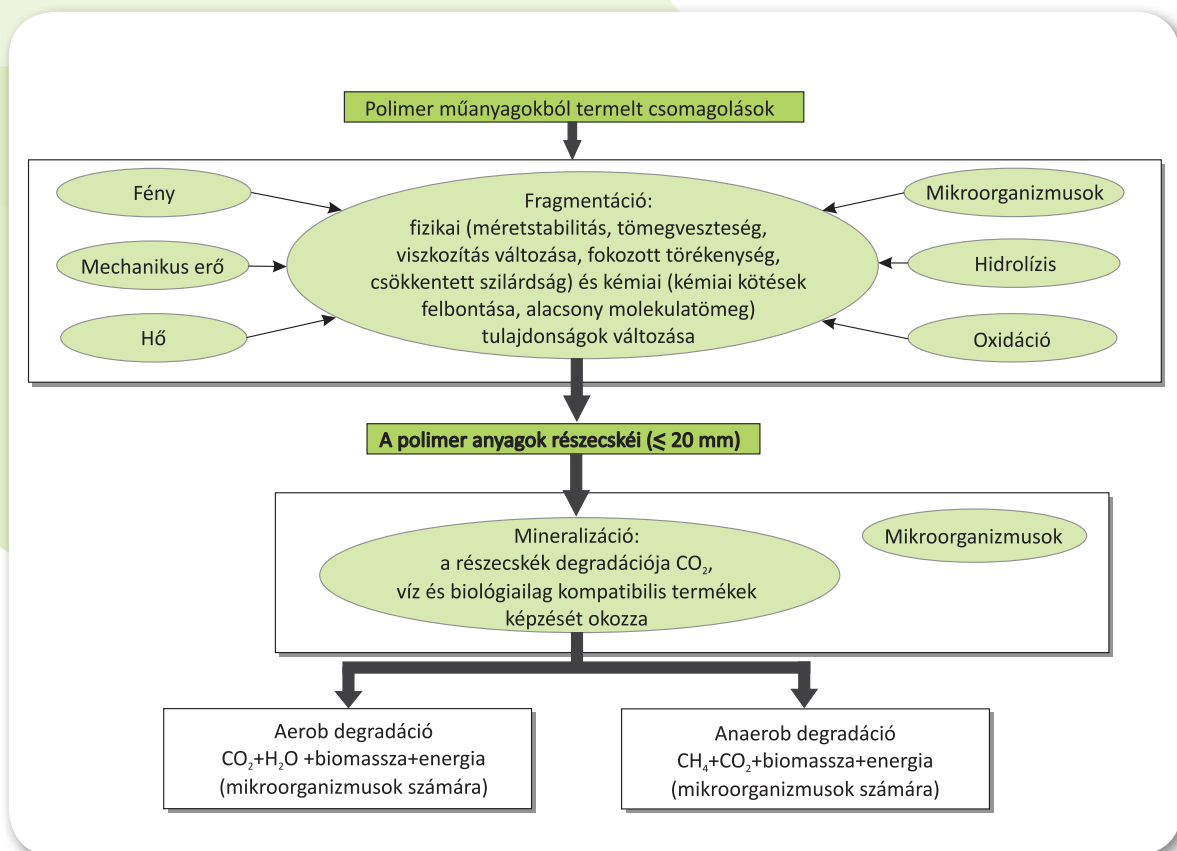
A fotó- és biodegradáció a hulladék csomagolás lebomlásának legfontosabb és leggyakoribb mechanizmusa. Az ultraibolya fény hatása alatt a polimer makromolekulák kémiai kötése szét szakadnak, a molekulatömegük csökken, az anyagok pedig ennek következtében porrá bomlanak szét. A biodegradációnál a szétbomlást az enzimek, mikroorganizmusok tevékenysége okozza. Ez a mechanizmus hozzásegít az anyag végleges lebomlásához. Annak ellenére, hogy az alapvető szintetikus polimerek esetében – amelyeket csomago-

lásra használnak fel – külső hatások indítják el a lebomlást, ez mégis hosszú folyamat. A polimer műanyagok degradációja általában két lépésben folyik: az anyag szétesése kis részecskékre (fragmentáció), ami a különböző degradációs mechanizmusok tevékenységének a következménye. E folyamatot a mineralizáció követi, azaz a kis részecskék konverziója a mikroorganizmusok tevékenységével CO₂ és/vagy metánba, vízbe és biomasszába az aerob vagy anaerob degradációval (12. ábra) (Križan et al. 2006).

A biodegradáció sebessége változó, és néhány órától néhány hétig terjedhet ki, a polimer összetételétől és struktúrájától függően. E két tulajdonság fontos tényező a degradáció ellenőrzésekor. A végső degradáció csak abban az esetben várható, ha a hulladék olyan környezetnek van kitéve, amely lehetővé teszi a fent említett lépéseket. Tehát ez azt jelenti, hogy a biodegradáció nagymértékben a környezettől függ, amelyben az anyag található. Például az egyik legfontosabb kereskedelmi biodegradálható polimer a politejsav (PLA), amely

a degradációs képességét különleges feltételeknél mutatja. Ezeknek a feltételek a komposztáló üzemek tesznek eleget (60°C-os hőmérséklet, megfelelő nedvességi arány).

Ennél fontos megemlíteni, hogy a biodegradáció nem a komposztálás szinonimája. A komposztáló anyagnak biodegradálhatónak kell lennie, az ellenkező esetben pedig ez nem igaz, mert a komposztálás folyamatában még további egységes követelményeknek kell eleget tenni (14. fejezet).



12. ábra: A polimer műanyagok degradációs folyamata a környezetben (Kržan et al. 2006).

A kortárs polimerek degradációjának fejlesztése a biodegradáción alapul, amely sajátos folyamat a fotodegradációval és/vagy termikus degradációval összehasonlítva. Ezért a továbbiakban csak azokat a polimer csomagolóanyagokat fogjuk bemutatni,

amelyek a biodegradáció mechanizmusának segítségével széndioxidba és/vagy metánba, vízbe és biomasszába bomlanak le.

5.4.4. A biodegradálható polimer anyagok típusai

A biodegradálható polimer alapú anyagokat már több mint két évtizede ismerik, de a termelésük az elmúlt évtizedben érte el a kereskedelmi szintet (Platt, 2006). Épp a degradációval termelődő termékekhez fűződő kérdés a legfontosabb a biodegradálható polimerekkel kapcsolatban. Ezek típusának és mennyiségének olyannak kellene lennie, hogy könnyen bekapcsolódhatna az anyag környezeti körforgási ciklusába. Nemzetközi szinten már intenzíven folyik a szabványok kidolgozása, mert egységesíteni szeretnék a biodegradációval kapcsolatos követelményeket, ami alapján aztán az anyagoknak és termelőknek különleges minősítések oszthatók ki, amelyek azt biztosítanák, hogy a degradációs követelményeknek eleget tesznek (Križan et al. 2006). Egyes országokban már speciális címkéket használnak, amelyek a felhasználókat tájékoztatják arról, hogy biodegradált termékről van szó, ami fontos a fogyasztók és a közüzemi vállalkozók tájékoztatása szempontjából (14. fejezet).

Két különböző megközelítés létezik a biodegradált polimer műanyagok fejlesztésében: a meglévő anyagok módosítása és az új polimerek szintézise. Habár sok különböző típusú biodegradálható polimer létezik, ma a kereskedelmi csomagolásnál csak néhány használatos. A polimerek termeléséhez szükséges elsődleges nyersanyagforrások lehetnek biodegradálható polimerek, amelyeket megújuló forrásokból állítanak elő (pl. biomassa) vagy kőolaj eredetűek, a nem megújuló forrásból (szintetikus biodegradálható polimerek). A fejlődés szempontjából különösen azok fontosak, amelyeket megújuló forrásokból állítanak elő (biopolimerek), és szélesebb kontextusba helyezve lehet őket három fő kategóriába elosztani (Petersen et al. 1999):

- természetes polimerek, amelyeket biomasszából állítanak elő, általában növényi eredetűek (keményítő, cellulóz, proteinek stb.);
- a természetes vegyületek szintézisével előállított polimerek, amelyek monomerek (pl. politejsav);
- mikroorganizmusok vagy genetikailag módosított baktériumok segítségével előállított polimerek (pl. PHA).

A szintetikus biodegradálható polimerek legfontosabb képviselői a poli(vinil-alkol), polikaprolakton, poli(etilén-oxid) és a poliglikolsav. A PVOH vízben oldódó polimer, amely alkalmas a termoplasztikus fóliák előállítására, papír bevonására, és használatos adhéziós szerként.

A megújuló nyersanyagokból előállított biodegradálható polimer anyagokat lehetséges kukoricából, búzából, pálmaolajból, burgonyából és más forrásokból termelni. Kereskedelmi szempontból a legfontosabbak biopolimerek a keményítő és a politejsav (PHA), amely közül – kereskedelmi szempontból – a legismertebb a poli-3-hidroxi-butirát (PHB) és a poli-3-hidroxivalerat (PHV). Léteznek kereskedelmi biodegradációs polimer keverékek (pl. keményítő és polikaprolakton keverék, vagy PLA és kopoliészter keverékek, amelyek az adipinsav, buténdiol, tereftálsav polimerizációjával keletkeznek, PLA/PHA keverék stb.). A különböző polimerek keverésével befolyásolható a degradáció sebessége, a gázok és nedvesség permeabilitása, valamint a mechanikus, termikus és feldolgozási tulajdonságok.

A csomagolási célokra felhasznált legfontosabb biodegradálható polimereket és ezek alapvető tulajdonságait az 5. táblázatban mutatjuk be.

5. táblázat: Néhány – csomagolási célra használt – biodegradálható polimer anyag.

Polimer	Kód	Nyersanyagforrás	Alapvető tulajdonságok
Poli(vinil-alkohol)	PVOH/ PVA	kőolaj	Vízben oldódó; nagy szilárdságú; ellenáll a zsíradéknak; termoplasztikus fóliákra; papír bevonatokra; jó O ₂ és CO ₂ szigetelő tulajdonságok; tulajdonságai függenek a nedvességtartalomtól; keményítő és más biodegradálható polimerek keverékeiben használatos.
Polikaprolakton	PCL	kőolaj	Kiváló mechanikus tulajdonságok; használható különböző polimerek keverékeiben (pl. keményítővel).
Keményítő	-	kukorica, burgonya, búza	Természetes poliszacharid; gyakran használják különböző polimerek keverékeiben, de a használata a hagyományos polimerekkel (pl. PE) megkérdőjelezhető a műanyag szétesése miatt mikroszkopikus részecskékre és a bioakkumuláció miatt; gyenge nedvesség ellenállás; jó mechanikus tulajdonságok és alacsony termelési költségek.
Poli(hidroxi-alkánsav)	PHA	kukorica, cukorrépa, fehérrépa, cukornád	Természetes biopoliészter, amelyet baktériumok állítanak elő (a cukornád fermentációjával és a polimer későbbi izolációjával a citoplazmából, mikroorganizmusok segítségével); a legismertebb képviselői: poli-3-hidroxibutirat (PHB) és poli-3-hidroxvalerat (PHV); jó feldolgozási tulajdonságok fóliákba és palackokba; jó nedvesség ellenállás; a karton csomagolások bevonására alkalmazható; a PHB-nek hasonló tulajdonságai vannak, mint a PP-nek, de merevebb és törékenyebb.
Politejsav	PLA	kukorica, búza, cukorrépa, cukornád, mezőgazdasági maradékok, amelyek természetes növényi cukrokat tartalmaznak	Termoplasztikus lineáris poliészter; a tejsav polimerizációjával állítják elő, amelyet a természetes cukrok fermentációjával kapunk; feldolgozása a szokásos módszerekkel lehetséges; jó feldolgozási és mechanikus tulajdonságai vannak; jobb barrier tulajdonságai vannak a nedvességre vonatkozóan, mint a keményítőből készült műanyagoknak; átlátszó anyag; jó a vízgőz permeabilitása, ami fontos néhány termék csomagolásában.
Poli(butilén-szukcinát)	PBS	növényi eredetű biomassza	Jó mechanikai, termikus és feldolgozási tulajdonságok; hasonló tulajdonságok, mint a PET-nél; különböző polimerek keverékeiben használatos (pl. keményítővel); fóliák előállítására a mezőgazdaságban, műanyag palackok a kozmetikumok számára stb.
Cellulóz acetát	CA	fa és más növényi eredetű biomassza (pl. pamut)	Biodegradálható; élelmiszerek csomagolására; viszonylag gyenge barrier tulajdonságok; jó feldolgozható fóliákba és szalagokba; termikus design.

(Megjegyzés: További információ a biodegradálható polimerekről a Gregor Radonjič: Embalaža in varstvo okolja – Zahteve, smernice in podjetniške priložnosti, 2008 vagy a Shen et al. 2009 jelentésben található.)

A biodegradálható polimerek a technológiai szakasz jelenlegi fejlődésében a csomagolás megfelelő kiválasztását a következő esetekben képviselik:

- olyan termékek csomagolásakor, amelyeknek rövid a tartósságuk és nem érzékenyek a nedvességre vagy az oxigén hatására, nem szénsavasak és nem igénylik a csomagolással való melegítést;
- a csomagolás kompenzációjaként, amikor újrahasznosítási képessége alacsonyabb, illetve erre vonatkozóan nem létezik megfelelő gyűjtési rendszer (pl. többretegű szalagok, hordtáskák stb.);
- a csomagolás kompenzációjaként, amikor szennyezi az összegyűjtött élelmiszerek

áramait, amelynek célja a komposztálással való feldolgozás, stb. (Verghese et al. 2012).

A 13. ábrán a biodegradálható műanyag csomagolás használatának példája látható, amelynél először alkalmazták a megújuló forrásokból előállított zsugorodó fóliát több palack ital csomagolására, amely teljes egészében újrahasznosítható (Alesco a gyártó). A 6. táblázatban pedig bemutatjuk a kereskedelem szempontjából fontos bioműanyagok használatát csomagolási célokra, amely a jelenlegi technológiai fejlődésen alapul (European Bioplastics 2011).



13. kép: Az első zsugorodó fólia megújuló forrásokból (www.alesco.net).

6. táblázat: A bioműanyag csomagolások használatának lehetőségei (European Bioplastics 2011).

Csomagolás	PLA	PHA	PBS	Keverékek				BioPE	BioPET
				Keményítő	PBS	PHA	PLA		
Flexibilis csomagolás									
Tasak	+	-	+	++	+	+	++	++	+
Szalag (transzparens)	++	-	-	-	+	-	++	++	++
Strech fóliák	-	-	-	-	-	-	-	++	-
Zsugorodó fóliák	+	-	-	-	-	+	+	+	+
Szatyrok	-	-	-	++	++	++	++	++	-
Hálózat	-	-	-	+	++	+	++	++	-
Címkék	+	+	-	+	+	+	+	++	+

Csomagolás	PLA	PHA	PBS	Keverékek				BioPE	BioPET
				Keményítő	PBS	PHA	PLA		
Kemény csomagolás									
Műanyag palackok	+	+	-	-	+	+	+	+	++
Tartályok (transzparens)	++	-	-	-	-	-	+	-	++
Tartályok (egyéb)	+	+	-	+	+	+	+	++	++
Nagyobb tartályok	+	++	-	+	++	+	+	++	+
Csövek	-	-	-	-	++	+	++	++	-
Dugók	+	+	-	+	++	+	++	++	+
Poharak	++	+	-	-	++	++	+	+	+
Buborékfóliák	++	+	-	+	+	+	+	-	++
Hab	+	+	-	++	+	+	+	+	-
Evőeszköz	+	+	-	++	++	+	+	+	-

Jelmagyarázat: ++ megfelelő; + részben megfelelő; - nem megfelelő

Fontos tudatában lenni annak, hogy:

- a szélesebb körű nyilvánosság laikus véleményével ellentétben az összes polimer anyag, amely megújuló forrásokból készül, nem biodegradálódó;
- ahhoz, hogy a polimer anyagok valóban megmutassák és betöltsék a biodegradálódási szerepüket, néhány technikai feltételnek eleget kell tenniük (hőmérséklet, nedvesség, pH, mikroorganizmusok típusa). Ilyen feltételek mindig jelen vannak a természetben, a hulladéklakókban azonban nem. Ezért a biodegradálódó és komposztálódó anyagok a feltételeknek akkor tesznek eleget, ha szétválogatják őket, és a megfelelő komposztáló üzemekbe szállítják.

5.4.5. A biodegradálható polimerek fejlesztésének környezetvédelmi szempontjai

A biodegradálható műanyag csomagolás fejlesztésének és használatának támogatása a nyersanyagok – köztük a kőolaj, mint a műanyagok előállításához szükséges legfontosabb nyersanyag – védelmén és ésszerű felhasználásán alapul. Ehhez hozzájárul az üvegházhatású gázok mennyiségének csökkentése. Az alapötlet a természetből származik. A növényi eredetű biomassa fotoszintézissel keletkezik, amelynél reagens-

ként a CO₂ szerepel. Amikor a növények elpusztulnak, a mikroorganizmusok tevékenysége miatt CO₂ és H₂O keletkezik, így ezek újra belépő termékekké válnak a növényi organizmusok növekedésében.

A műanyagok termelése megújuló növényi eredetű forrásokból (fosszilis nyersanyagforrások megtakarítása, alacsonyabb szénlábnyom, azaz az üvegházhatást okozó gázok alacsonyabb mennyisége, biodegradáció) az előnyök ellenére – a környezetre gyakorolt hatások miatt – sokkal összetettebb, mint amilyennek első pillantásra tűnik.

Több életciklus-elemzés azt mutatja, hogy a bioműanyag használata a szokásos nem degradálható műanyag helyett bizonyos esetekben csökkenti az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását 20-70% (Essel és Carus, 2012). De ez nem érvényes minden bioműanyagra, mert a végső egyenleg mindig az egyéni csomagolástól és annak használatától függ. Legnagyobb mértékben pedig attól, hogy a számítás magába foglalja-e a következményeket, amelyeket a mezőgazdasági területek használata okoz, azaz az erdei ökoszisztémák kontrakciója, amire az intenzív mezőgazdaság terjeszkedése miatt kerülhet sor (Weiss et al. 2012).

Az intenzív agrokémiai termelési folyamatok és a használat utáni kezelések sok esetben jelentős negatív hatást gyakorolnak a környezetre és emberi egészségre, ezt egy áttekintő tanulmányban Alvarez-Chavez és munkatársai (2012) mutatták be. Így a bioműanyagok degradációjának szénszemlegesége a növények használatához kapcsolódik, de bizonyos folyamatok, mint pl. az aratás, az anyagok termelése, szállítása stb. fosszilis tüzelőanyagokat és más nem megújuló forrásokat követelnek. Ezért a biodegradálható műanyagok termelése tekintetében fontos, hogy a teljes életcikluson keresztül melyik nyersanyagforrásokat használták fel. Ezzel összefüggésben az is fontos, hogy a mezőgazdasági területeken történő nyersanyagok termelése sokszor nagy mennyiségű vizet, műtrágyát és növényvédő szert igényel. Tabone és munkatársai (2010) megállapították, hogy bizonyos bioműanyag típusok – a műtrágya, a növényvédő szerek és a talaj használata miatt – a víz nagyobb eutrofizációját és magasabb ökototoxicitást okoznak (a kisebb mennyiségű fosszilis tüzelőanyag használata és alacsonyabb üvegházhatású gázok kibocsátása ellenére), mint a szokásos módon előállított műanyagok.

A bioüzemanyagokhoz hasonlóan a bioműanyagok esetében is megengedhetetlen lenne, ha előállításukhoz nagyobb mennyiségben élelmiszeri növényeket használnának. Ezzel kapcsolatban aggodalomra ad okot az, hogy a mezőgazdasági területek terjeszkedése ellenőrizetlen erdőirtáshoz vezethet, és

ennek következtében a biodiverzitás is veszélyeztetett. A negatív környezeti hatásokhoz hozzájárul a műtrágya és növényvédő szerek használata, a mezőgazdaságban felhasznált víz és energia mennyisége. Ezért rendkívül fontos a nyersanyagforrások eredete és a mezőgazdasági termelés módja. A fenntarthatatlan termelés rendkívül negatív hatást gyakorol az általános üvegházhatású gázok egyenlegére – a polietilénnel összehasonlítva, amelyet kőolajból állítanak elő (Liptow és Tillman, 2012).

A biopolimerek termelését bizonyos esetekben a géntechnológiával módosított növényekkel hozzák összefüggésbe, ami további környezeti kockázatokkal jár. A biodegradálható polimerek termelésébe a multinacionális vállalatok már milliárdokat fektettek. A műanyagok előállítására szükséges, megfelelő mennyiségű növényi eredetű nyersanyagforrásokról szólva nem szabad kizárni a géntechnológia penetrációját, amely megoldást jelenthet a jelenlegi termelési és költségproblémákra. A multinacionális vállalatok ugyanis az új fejlesztési technológiák segítségével megfelelően módosított növényfajtákat kínálnak a biopolimerek, bioüzemanyagok stb. termelésére. A magasabb hozam érdekében a növényeket géntechnológiával módosították és szabadalmazták. Ilyen például a DuPont polimer előállításához szükséges kukorica, illetve a biodízel üzemanyag termeléséhez szükséges szója. Ugyanakkor a multinacionális vállalatok módosított növényvédő szereket ajánlanak, amelyek nélkül az ilyen növé-

nyek nehezen boldogulnak. Mint ismeretes, a Monsanto vállalat kísérletében a kukoricát akarták oly módon génmanipulálni, hogy a PHA polimer már a növényben keletkezne, így nem volna szükség a fermentáció folyamatára bioreaktorokban, és az ezt követő folyamatra, a polimer és a baktériumok szétválasztására. Összefoglalva: több jel is arra utal, hogy a jövőben a polimerek termelése összefüggésbe kerülhet a kiterjedtebb növényi génmanipulációval, az alapvető nyersanyagok hozamának növelése és a termelési költségek csökkentése érdekében (Gerngross és Slater, 2000).

A növények és biopolimerek előállításához energiára van szükségünk, amely jelenleg még mindig elsősorban a fosszilis üzemanyagokon alapul (az üvegházhatású kibocsátások és más káros anyagok forrása). A felhasznált energia összmenyisége bizonyos polimerek termelésekor (pl. PLA) sokszor magasabb, mint a kőolajból előállított műanyagok esetében – ami a híres és tekintélyes Scientific American folyóiratban is megjelent. Az aratás, a szárítás, az extrakció, a szétválasztás és a szállítás el nem hanyagolható mennyiségű energiát igényel. Ez pedig növeli az üvegházhatású kibocsátások mennyiségét a légkörbe. Számos lehetőség van arra, hogy ez a negatív egyenleg javuljon. Ilyen például a maradék növényi biomassza energiájának felhasználása (a növény azon részéből, amely nem használható fel a biopolimerek átalakításakor), közvetlenül a biopolimerek termelési üzemében. Ezzel kapcsolatban hangsúlyozni kell, hogy a bioműanyag technológiai folyamatai a szokásos folyamatokkal összehasonlítva még a korai (kezdő) szakaszukban vannak. Várható, hogy ezek a termelés kiterjedésének növelésével javulni fognak az energiahatékonyság területén is, magasabb hozamnál. Fontos az is, hogy milyen energiaforrást használnak fel. Tény azonban az is, hogy a biopolimer csomagolások és más polimer termékek még teljesen nem szénmentesek.

Pontos információk arról, hogy mi is történik valóban a biodegradálható polimerekkel a hulladéklerakókban, még nem állnak rendelkezésünkre. Közismert, hogy az anaerob degradáció során – ami a hulladéklerakókra jellemző – üvegházhatású metán gáz keletkezik. Ha ezt a hulladéklerakóban keletkező metángázt helyesen kezelik, magas értékű üzemanyagként lehet felhasználni. Ellenkező esetben a potenciális üvegházhatású gázt a légkörbe bocsátják ki. Egyes adatok arra utalnak, hogy az ellenőrizetlen degradációnál a PLA műanyag palack hasonlóan viselkedik, mint az egyszerű PET műanyag palack, ami azt jelenti, hogy a degradáció körülbelül 100 évig fog tartani (Royt, 2006; Rujnić-Sokele, 2008). A PLA az optimális degradálhatóságát az ipari komposztálólhelyeken mutatja meg, az egyéni komposztálási helyeken pedig ez a hatás alacsonyabb (Pro Europe 2009).

A biodegradálható műanyagoknak nem a hulladéklerakóban a helye, ezt további tanulmányok eredményei is megerősítették a North Carolina Egyetemen, ahol megállapították, hogy a polimer degradációja a hulladéklerakóban – anaerob körülmények között – metán gáz felszabadulását okozza nagyon rövid idő alatt (Leviz és Berlaz, 2011). Ez a szokásos műanyag palackoknál nem jelentkezik, mert nem biodegradálhatóak. Ezért a biodegradálható polimereket a többi hulladék biomasszával együtt kell komposztálni. A degradálásuk nem célszerű, ha a hulladéklerakók nem rendelkeznek megfelelő technológiával.

Figyelmeztetni kell arra is, hogy az élelmiszerek biodegradálható csomagolásában megjelenhetnek nem engedélyezett összetevők, azaz adalékok migrációi (Petersen et al. 1999). Ismertek olyan esetek, amelyekben bizonyos – oxidatíván degradálható polimerekből készült – csomagolások Co(II) kobaltot tartalmaztak, jelentősen nagyobb mennyiségben, mint amennyi engedélyezett. Ez veszélyezteti az emberi egészséget és a környezetet is (IBAW 2006).

Természetesen különböző lehetőségek vannak a bioműanyagok környezeti hatásainak csökkentésére az életciklus mindegyik fázisában, a nyersanyagok termelésétől a használat utáni kezelésig. Várható, hogy a biodegradálható műanyag környezeti profiljai a jövőben javulni fognak. A technológiai fejlődéssel javul az új bioműanyagok minősége, és ezzel a mechanikus és feldol-

gozási tulajdonságaik is. Csökken az anyagok felhasználása – csomagolási egységenként –, ami a legfontosabb változó az általános környezeti elemzésen belül. Várható a termelési technológiai folyamatok hatékonyságának növekedése, amely magába foglalja az energiahatékonyságot. Ez pedig még nem jelenti azt, hogy ezzel elkerülhető lesz a többi potenciálisan káros hatás a környezetre.

Érdeemes figyelembe venni:

A bioalapú vagy biodegradálható jelző nem jelent automatikusan nagyobb alkalmasságot a környezetre. A végső termék környezeti profilját különböző tényezők befolyásolják, amelyeket együttesen kell figyelembe venni a termék életciklus-elemzése során (LCA módszer; 8. fejezet).

Figyelembe kell venni azt, hogy a biodegradáció nem oldja meg a hulladékokhoz kapcsolódó problémákat, mert a hulladékok nem csak egy anyagcsoport problémáját képezik, hanem a teljes társadalomra kiváltják hatásukat, a fogyasztókat is beleértve, akik a hulladékot nem válogatják szét. A biodegradálható anyagok integrálása egy jól megszervezett hulladékgazdálkodási rendszerbe hozzájárulhat a fenntartható anyaghasználatához.

A tejsavótól a műanyag csomagolásig

Arról, hogy a szlovén vállalatok is sikeresen részt vehetnek – az új csomagolóanyagok fejlesztésére vonatkozó – nemzetközi kutatási projektekben a „Wheylayer” című projekt tanúskodik. A 7. európai keretprojektben 2008-ban tíz szakmai szervezet, valamint kis- és középvállalkozás tömörült, négy kutató partnerintézménnyel, hét európai országból. Szlovéniát a Lajovic Tuba Embalaža Ljubljánából és a GIZ, Grozd Plasttehnika vállalat képviselte (www.wheylayer.eu).

A kutatók és fejlesztők felfedezték, hogy a tejsavó-proteineknek technikai potenciáljuk van, ezért felcserélhetjük velük a többrétegű csomagolások polimer rétegeit, melyek az oxigén és vízpára gátolásában töltik be szerepüket. Ezzel meghosszabbítják a becsomagolt termék szavatosságát. Már évtizedeken át a csomagoláson keresztüli gázpermeabilitás megelőzésére szintetikus polimereket használnak, amelyeket nem megújuló forrásokból állítják elő.



Nyersanyagforrás: tejsavó – a sajt termelésének keletkező melléktermék



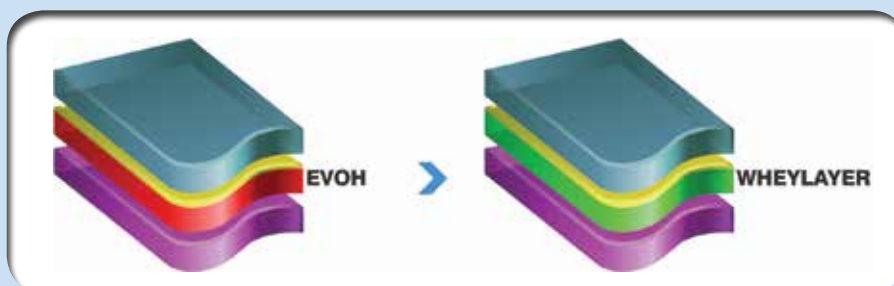
Végső termék: polimer műanyag csomagolás



Többrétegű csomagolás savóból készült barrier réteggel

Bebizonyosodott, hogy a savó, ami a sajtgyártás mellékterméke, és általában nincs nagy gazdasági értéke, olyan megújuló forrás lehet, amelyből – a minőség szempontjából hasonlítható – biodegradálható polimereket lehet termelni, barrier csomagolási rétegeket a laminált vagy réteges csomagoláshoz. Amellett, hogy az alapvető nyersanyagot megújuló forrásból állították elő, és hogy a melléktermékről már a technológiai folyamat alatt eldöntik, hogy mire fogják felhasználni, az is előnyt jelent, hogy a műanyag tejfehérjével befont fóliák a használatuk után újrahasznosíthatóak. A sajátos enzimek a protein réteget két óra alatt degradálják. Ezzel a hulladék csomagolásból el lehet különíteni a polimer rétegeket, amelyeket konvencionális szintetikus polimerekből állítottak elő és újrahasznosítani is lehet őket (Bugnicourt et al. 2012).

A kopolimer etilén/vinil-alkohol (EVOH) használatával a műanyag többrétegű csomagolásnál már jelentős technológiai és gazdasági előrehaladás volt érzékelhető a csomagolás tömegének csökkentésében. Hasonló tulajdonságokkal rendelkező biodegradálható műanyag használatával egy lépéssel tovább juthatunk a fenntartható csomagolás fejlődése terén (14. ábra).



14. ábra: A többrétegű csomagolás szerkezete: „Wheylayer” barrier réteg savó-proteinekből, potenciális helyettesítésként a (kőolajból előállított) konvencionális polimer anyagok számára.

5.4.6. Bevásárló zacskók biodegradálható műanyagból: valóban a legjobb alternatíva?

A biodegradálható műanyagok környezeti hatásait az utóbbi években már sokszor tanulmányozták – a különböző anyagokból készült bevásárló zacskók összehasonlítási elemzéseiben. Ez a társadalomban való intenzív tárgyalásoknak a következménye, amelyek a műanyag zacskók indokolt használatára, azaz a betiltásukra vonatkoznak. Habár az ilyen típusú tanulmányok eredményei eltérőek – objektív és szubjektív okok miatt (8. fejezet) –, közülük néhányat azért érdemes megem-

líteni, mert bizonyos környezeti előnyeik el-
lenére a biodegradálható műanyagok hatást
gyakorolnak a környezetre, amelyek koncen-
trációi – bizonyos esetekben – magasabbak,
mint a konvencionális műanyagok esetében.

Négy műanyag bevásárló zacskó teljes ha-
tásairól Londonban az Imperial College-on
tanulmányt készítettek, az LCA-módszer (8.
fejezet) segítségével. A zacskót Nagy-Bri-
tannia bevásárlóközpontjaiban alkalmazzák.
E biodegradálható zacskók a konkrét tanul-
mányozott esetben kevesebb üvegházha-
tású kibocsátást okoznak, és az ésszerűbb
használatukkor kevesebb mennyiségű for-

rásfelhasználást igényelnek, mint a kőolajból előállított műanyag zacskók. Ugyanakkor azt is megállapították, hogy bizonyos biodegradálható zacskók nagyobb hatást gyakorolnak a környezetre az eutrofizációval, savas esővel, nyári füstköddel és ökototoxicitással kapcsolatban, mint az egyszerű PE zacskó (Murphy et al. 2008). Annak, hogy a biodegradálható zacskók teljes környezeti hatása nagyobb, több oka is van, mégpedig: némely biodegradálható zacskó tömege (amely magasabb volt a rosszabb mechanikus tulajdonságaiknak köszönhetően, és a terhelés miatt), a mezőgazdasági vegyszerek használata, és a hosszabb szállítási távolságok (bizonyos zacskókat az Egyesült Államokban és Ázsiában termelnek, és Nagy-Britanniába importálják őket), valamint a termelési technológiák. Megerősítették, hogy az egyes zacskók környezeti hatásainak végleges eredményére nagy hatással van a felhasználása utáni kezelés módja vagy folyamata is. Mivel a tanulmányt különleges adatok bevonásával végezték el – Nagy-Britannia példája –, az eredmények és következtetések automatikusan nem használhatók fel más országokra.

Az Energia és Környezeti Tanulmányok Intézménye Heidelbergben 2009 júniusában bemutatta a szemeteszsákokról készített LCA-elemzés eredményeit. A zsákokat különböző anyagokból állították elő (Detzel et al. 2009; Rujnić-Sokele, 2009). A polietilénből, az újrahasznosított polietilénből és a bioműanyagból készült szemeteszsákok – amelyek abban az időben Franciaországban és Németországban vásárolhatóak voltak – összes releváns környezeti kritériumait hasonlították össze. A kutatást azok a vállalatok rendelték meg, amelyek különböző anyagokból termelnek és forgalmaznak szemeteszsákokat – a bioműanyagot beleértve, annak tisztázása érdekében, hogy a tervezett jogi szankciók a konvencionális műanyagokból készült szemeteszsákokra indokoltak-e a környezet-

védelem szempontjából. Az elemzés eredményei azt mutatják, hogy az újrahasznosított polietilénből előállított szemeteszsákok adták a legjobb eredményeket, a második helyet pedig a kőolajból előállított polietilén szemeteszsákok foglalták el. Ebben az esetben (tehát a teljes életciklusban) a biodegradálható bioműanyag előnyei nem kaptak megerősítést.

Az ehhez hasonló LCA-elemzések közül a legreprezentatívabbak közé a Carrefour nemzetközi vállalat által megrendelt elemzés tartozik, amelyet 2003 decemberében jelentettek meg (EuroCommerce 2004), és amelyet teljes egészében az egységes nemzetközi ISO 14040 módszertan kritériumai szerint hajtottak végre. Az elemzésben négy különböző bevásárlótáskát vizsgáltak: olyant, amely műanyag polietilénből és papírból készült egyszeri használatra, olyant, amely biodegradálható anyagból készült (50%-ban kukoricakeményítőből és 50%-ban polikaprolaktonból), és olyant, amely műanyag polietilénből készült többszörös használatra. Az elemzést különböző európai helyszíneken végezték el – ott, ahol a Carrefour kereskedelmi láncok boltjai jelen vannak (Franciaország, Belgium, Spanyolország, Olaszország). Az elemzést két konzultáns társaság, a Price-Waterhouse-Coopers és Ecobalance végezte el, a felülvizsgálást pedig a francia ADEME, a Környezetvédelmi és Energiagazdálkodási Ügynökség, az Európai Műanyaggyártók Szövetsége (korábbi APME, ma PlasticsEurope), a CEPI Európai Papíripari Szövetség és a Novamont vállalat szakértői (biodegradálható bevásárlótáskát termel) vitték végbe. Az eredmények azt mutatják, hogy – környezetvédelmi szempontból – a polietilénből készült bevásárlótáskák a legmegfelelőbbek a többszörös használatra, de mindegyiket legalább 4-szer kell felhasználni. Az összehasonlító elemzés további eredményei a 7. táblázatban találhatók.

7. táblázat: A papír és biodegradálható bevásárlótáskák környezeti hatásai a műanyag polietilén bevásárlótáskával összehasonlítva (mindhárom esetben egyszeri használatról van szó) (EuroCommerce 2004).

Környezeti indikátor	A környezeti hatások intenzitása a műanyag polietilén zacskóval összehasonlítva	
	Papírzacskó	Biodegradálható zacskó
A nem megújuló források használata	összehasonlítható	összehasonlítható
Víz használata	kevésbé (3-szor több)	összehasonlítható
Üvegházhatású gázok kibocsátása	kevésbé (80-90% több)	kevésbé
Savas eső	kevésbé (80-90% több)	kevésbé
Fotokémiai füstköd	összehasonlítható	jobb
Víz eutrofizációja	kevésbé	kevésbé (11-szer)
Maradék szilárd hulladék	kevésbé	hasonló
Hulladéklerakás a környezetbe	jobb	jobb

5.4.7. Oxo-degradálható polimer anyagok

Az oxo-degradálható polimer anyagok a konvencionális (nem degradálható), kőolajból előállított polimerek (pl. PE és PP) és a speciális adalékanyagok (általában kobalt, nikkel, mangán, cink és egyéb sók) egyvelegét képviselik, amelyek az anyag gyorsabb degradációjához járulnak hozzá. Ezeket a polimereket nem soroljuk a bioműanyagok közé. Az alap polimert (általában PE) kőolajból állítják elő, az adalékok jelenléte a polimerek mátrixaiban pedig bizonyos külső hatások befolyásolása alatt (UV-fény, hő, oxigén) fragmentációt, és az alap polimer anyag degradációját okozzák. Az adalékokat a csomagolások termelése alatt adják hozzá a polimerekhez (pl. az extrudálás során). Segítségükkel adaptálható a degradáció ideje. A fragmentáció folyamata rövid lehet (néhány hónap), amely a hőtől, az UV sugárzástól és egyéb, a környezetben uralkodó feltételektől függ (Stephen, 2012).

Ezek az anyagok – a használatuk alkalmasságának szempontjából – a szakmai beszélgetésekben eltérő véleményeket eredményeznek, mert a piacon nagy harc folyik a piaci részesedésért az oxo-degradálható polimerek és bioműanyagok között.

Mint már említettük, az oxo-degradálható polimerek külső tényezők miatt (hő vagy UV-fény) degradálhatóak, azaz mikroszkopikus kis részecskékre bomlanak szét. Egyes szakértők és szakértői egyesületek figyelmeztetnek arra, hogy a keletkezett mikrorészecskék további környezeti szennyezést jelentenek (IBAW 2006). Ez aggodalomra ad okot, hiszen a nagyságuk miatt élő organizmusokba juthatnak, amit eddig tudományosan még nem bizonyítottak be, se nem cáfoltak meg. E területről meglehetősen kevés tanulmány készült. Az oxo-degradálható polimerek környezeti alkalmassága attól is függ, hogy hogyan terjednek és halmozódnak a műanyag fragmentált részecskék a természetben (DEFRA 2010) (15. ábra).



15. ábra: Fragmentált oxo-degradálható polimer anyagok (Loughborough University 2010).

További problémát jelent az is, hogy az ilyen anyagokból készült zacskók a hulladéktelepeken nem bomlanak szét, ami valójában a fő céljuk. A hulladéktelepek felszínén bizonyos körülmények közt és elég hosszú expozíció esetében lehetséges a degradációjuk. De gyakorlatban ez sokszor nem így történik, mert a zacskókat – a többi hulladékkal együtt – eltemetik, ami miatt nincs elég oxigén és UV sugárzás. Ilyen körülmények közt nem kerülhet sor degradációra, a polimer pedig úgy viselkedik, mint a normális műanyag.

Az oxo-degradálható polimer anyagok nem felelnek meg a nemzeti komposztálási szabványokkal előírt kritériumoknak (14. fejezet), mert még mindig nem teljesen világos, hogy milyen melléktermékek keletkeznek, ugyanakkor pedig a részecskék nagysága, illetve összetétele sem ismert. Néhány – az utóbbi években elvégzett – tanulmány azt

mutatja, hogy az időt, ami a fragmentáció, és később a degradáció folyamatához szükséges, nem lehet pontosan megjósolni (DEFRA 2010). Továbbá felhívják arra is a figyelmet, hogy az oxo-degradálható polimerekben található adalékanyagok szennyeznek – az újrahasznosításra szánt – hulladék műanyagot, és ezzel csökkentik az újrahasznosított anyag minőségét (EuPR 2009; DEFRA 2010).

Az oxo-degradálható polimer anyagok előnye a bioműanyaggal szemben az árban van, ami egyelőre alacsonyabb az új biodegradálható polimerekétől. Emiatt néhány nagy kereskedelmi és szállodalánc az oxo-degradálható polimer anyagokat használja. Ezzel kapcsolatosan azonban óvatosságnak és objektívnek kell lenniük a végső felhasználó megfelelő informálása tekintetében (14. fejezet).

Érdemes megjegyezni

Az oxo-degradálható polimerekből készült csomagolásokat gyakran a következő fogalmakkal jelölik: „degradálható”, „oxo-degradálható” vagy „biodegradálható”. Egyes kísérletek megmutatták, hogy az ilyen anyagok meghatározott körülményekben bizonyos mértékig biodegradálható tulajdonságokat mutatnak (Stephen, 2012). Azonban még mindig nem világos, hogy milyen a biodegradáció időtartama, és ha valóban teljesen szétbomlanak-e.

Ezek az anyagok egyelőre nem felelnek meg az előírt nemzetközi szabványok feltételeinek a biodegradációval és a komposztálással kapcsolatban. A termékek ezért nem tudják megszerezni a logókat, amelyek a biodegradációt és komposztálást jelzik – standardizált körülmények között (14. fejezet).

5.5. Facsomagolás

A facsomagolások tulajdonságai nagymértékben annak a fának a típusától függnének, amelyből előállítják azt. Főbb jellemzőik közé tartoznak a hajlító szilárdság, szívósság és a kötőelem szilárdsága. Fontos művelet a minőséges facsomagolás termelésekor a szárítás. A fát jól meg kell szárítani, hiszen ellenkező esetben görcsölni vagy kanyarodni fog, kevésbé lesz merev, mikroorganizmusok is keletkezhetnek.

A facsomagolás fontos gazdasági szempontból is, mivel sok facsomagolás visszaváltható. Különösen fontos a raklapok gyártásakor és használatakor. A szabványosított EUR raklap a szilárdságának, az egyszerű, és a többszöri használatának – a szállítás területén – köszönhetően új minőségi mércét állított fel. Napjainkban összesen körülbelül 300 millió szabványosított EUR raklapot alkalmaznak, amelyhez minden évben 40 millió új csatlakozik (Radonjič, 2008).

FACSOMAGOLÁS

Előnyök:

- ◊ néhány fatípus alacsony ára,
- ◊ a nyersanyagforrások elérhetősége,
- ◊ viszonylag jó mechanikus tulajdonságok.

Hátrányok:

- ◊ nedvesség felvétele,
- ◊ viszonylag nagy tömeg,
- ◊ meglehetősen kevés különféle tulajdonság,
- ◊ nehezen tisztítható (pl. dobozok),
- ◊ szűrások lehetősége szilánkokkal vagy szegekkel.

5.6. Textilcsomagolás

A textíliák az egyik legrégebbi csomagolóanyagok közé tartoznak, de a hasznosságuk jelentősen csökkent az újabb anyagok fejlődésével. Ezért a textilcsomagolások aránya a csomagolóanyagok közt alacsony, a kínálat pedig korlátozott. A textilcsomagolás előállítására – természetes vagy szintetikus szálakból álló – szövetet használnak. A természetes szálak közül elsősorban a jutát és a rostlent használják, valamint a pamutszálakat. Valamikor a juta volt a kulcsfontosságú textilből készült csomagolóanyag – vászon vagy jutából készült kemény zacskók alakjában. A természetes szálak használatáról való átmenet szintetikus szálakra feltűnő volt a textilcsomagolások területén is, mivel a szintetikus szálak számos előnnyel rendelkeztek

a klasszikus textilcsomagolással szemben. A szintetikus szálak közül a poliamid, poliészter és polipropilén szálakat használták fel. Ezek a struktúrájuk és tulajdonságaik szerint ugyanabba a csoportba tartoznak, mint a műanyag csomagolások, de konkrét feldolgozási eljárásokkal szálakká, illetve szűk szalagokká alakították át őket. Így például a polipropilén szálakból készült csomagolóanyag háromszor könnyebb, mint az egyforma méretű, jutából készült csomagolóanyag, ugyanakkor pedig tízszer jobban tágítható, ami – megterheléskor – megakadályozza az anyag szakadását. Továbbá nagyon kis mennyiségű nedvességet és szennyeződést köt magára, és ellenáll a mikroorganizmusok működésének is. Emellett a szintetikus szálak ipari termelése folyamatos növekedésben részesült a potenciális nyersanyagokkal szem-

ben, míg a juta hozama az éghajlati és más körülményektől függ. A textilzacskóknak általában nagyobb a szilárdságuk, mint a papírból készültkének, ezért bizonyos termékek csomagolására még mindig ezeket használják (Radonjič, 2008). A közelmúltban a textil-csomagolásnak megnőtt a jelentősége – a bevásárlótáska területén – mint az egyszeri használatú műanyag és papírzacskó alternatívájának.

5.7. A csomagolóanyagok öko-profilja

Az anyagok mérnöki tulajdonságai (fizikai, kémiai, feldolgozási) ma már jól ismertek és mérhetőek. Precíz laboratóriumi tesztekkel és vizsgálatokkal határozták meg őket – a nemzetközi szabványoknak megfelelően. Annak ellenére, hogy az ilyen típusú adatok valójában nem egzaktok, de elég pontosak a technikai, illetve mérnöki számításokra. Az anyagok környezeti adataival azonban már más a helyzet. A meghatározásuk sokkal nehezebb, mert a laboratóriumokban nem lehet teljes mértékben meghatározni őket. A környezeti profilok (azaz öko-profilok) meghatározása a teljes életciklus-elemzésen alapul (8. fejezet). A gyakorlatban azonban (a csomagolásiparra is érvényes ez) – objektíven nézve – fontos a csomagolások öko-profiljának a meghatározása. Az anyagokról szóló adatok ebben az esetben csak a csomagolás életciklusának egy részét képviselik (21. ábra).

A csomagolóanyagok termelésekor különböző környezeti hatások jelentkeznek. Ezek közül néhányat a 8. táblázatban sorolunk fel. Az 1 kg csomagolóanyag termeléséhez szükséges adatokat alkalmaztuk. Hangsúlyozni kell, hogy a 8. táblázatban felsorolt adatokból nem derül ki, hogy melyik csomagolás válik be jobban, és melyik kevésbé. A táblázatban ugyanis nem szerepel az összes környezeti hatást

okozó adat. A csomagolási termékeket (amelyeknél általában több különböző anyagot használnak fel) a teljes életciklusuk alapján kell összehasonlítani, azaz a csomagolt termékkel együtt (8. fejezet). A 8. táblázatban szereplő adatok ismét arra utalnak, hogy a csomagolóanyag kiválasztása – a környezet szempontjából – nehéz feladat, amelyet szisztematikus megközelítéssel kell elvégezni (amiről e kiadvány több fejezetében is olvasni lehet).

Számos nemzetközi ipari anyagot termelő szövetség már elkészítette és megjelentette a termékeik öko-profilját, pl. a Plastics Europe a műanyag polimer anyagokét, a FEFCO a papíret és kartonét, az International Aluminium Institute az alumíniumét stb. Ilyen táblázatos adatok a környezeti hatások gyorsabb értékelésére szolgálnak, a csomagolási termékek összehasonlítási alapjaként azonban nem alkalmazhatjuk őket (további információk erről a 8. és 9. fejezetben találhatók).

5.8. A csomagolás sajátos típusai

5.8.1. Többrétegű és összetett csomagolás

A modern csomagolás fejlesztése területén a megkülönböztető trendek egyike a különböző csomagolóanyagok kombinációja, aminek eredménye egy új csomagolási termékek. Mint már említettük, mindegyik csomagolóanyagnak vannak előnyei és hátrányai. Többféle csomagolóanyagok kombinációjával a termelők a kedvező tulajdonságok szinergikus hatását érhetik el, amelyet csupán egy anyag használatával nem lehet elérni, illetve nagyobb mennyiségű anyag használatakor biztosítható. A 9. táblázatban néhány olyan csomagolóanyagot és a tulajdonságait soroljuk fel, amelyeket a többrétegű csomagolóanyag gyártásakor használnak, és amelyeket kombinálni lehet egymással.

8. táblázat: A csomagolóanyagok környezeti tulajdonságai* (Ashby, 2009).

CSOMAGOLÓANYAGOK	ENERGIAFELHASZNÁLÁS** (MJ/kg)	VÍZ FELHASZNÁLÁSA (l/kg)	ENERGIAFELHASZNÁLÁS ÚJRAHASZNOSÍTÁSKOR (MJ/kg)	CO ₂ KIBOCSÁTÁS A TERMELÉSKOR (kg/kg)	CO ₂ KIBOCSÁTÁS AZ ÚJRAHASZNOSÍTÁSKOR (kg/kg)	AZ ÚJRAHASZNOSÍTOTT ANYAG ARÁNYA (%)
Alumínium	200–240	125–375	18–21	11–13	1,1–1,2	33–55
Polipropilén	85–110	50–150	36–44	2,6–2,8	1,1–1,2	5,1–6,0
Poli(etilén-tereftalát)	79,6–88	14,7–44,2	33,4–37	2,2–2,4	0,93–1,03	20–22
Polisztrén	86–99	108–323	36,1–41,6	2,7–3,0	1,1–1,2	2,1–3,0
Politejsav	52–54	100–300	21,8–22,7	2,3–2,4	0,96–1,02	0,5–1,0
Polihidroxi-alkanoátok	50–59	100–300	21–34,8	2,2–2,7	0,94–1,12	0,5–1,0
Üveg	14–17	6,8–20,5	6,2–7,5	0,7–1,0	0,31–0,44	22–70
Papír/ karton	24,2–32	1100– 1200	18–20	1,2–1,5	0,7–0,8	70–74

* az ételeknél előforduló különbségek a következők miatt jelennek meg: különböző technológiai folyamatok, különféle energiahatékonyság, az országok különböző energiakeveréke miatt, az infrastruktúra fejlődése és a hulladékkezelési hatékonyság miatt;

** az 1 kg anyag termeléséhez szükséges energia – beleértve az üzemanyag használatát (pl. földgáz, kőolajtermékek).

9. táblázat: A többrétegű csomagolóanyagok szükséges csomagolóanyagok tulajdonságai (Vujković et al. 2007).

Csomagolóanyag	Tulajdonságok
Papír/karton	Szilárdság, merevség, nyomtatásra alkalmas, átlátszatlanság.
Alumínium fólia	Elhanyagolható pára-, gáz- és szagáteresztő képesség; ellenáll a zsíradéknak; átlátszatlanság; fény tükrözésének képessége; ívelt forma megtartása.
PE in etilén-kopolimerek	Szívósság, páraállóság, jó vegyi ellenálló képesség, tőrelabilitás az alacsony hőmérsékletre; hőhegesztési képesség; az etilén-kopolimerek javítják a szilárdságot és ellenálló képességet, csökkentik a hőhegesztés hőmérsékletét.
Egyszerű PP in PP-kopolimerek	Páraállóság; viszonylag alacsony vízgőzáteresztő képesség; ellenálló képesség a sterilizáció hőmérsékleténél történő hegesztésre; mechanikus tulajdonságait lehetséges változtatni a kopolimer tartalma és típusa szerint.
Orientált PP	Átláthatóság és fénylenség; jó vízgőzszigetelő tulajdonságokkal rendelkeznek; jó mechanikai tulajdonságok; hőhegesztési képesség; a PVDC filmmel való kombinálás javítja a vízgőzzel kapcsolatos szigetelő tulajdonságait.
Fémezett orientált PP	Gázokkal, nedvességgel, UV-fénnyel kapcsolatos szigetelő tulajdonságok javítása.
PET	Átláthatóság és fényesség, szívósság, hőhegesztési képesség; jó – vízgőzzel kapcsolatos – szigetelő tulajdonságok.

Az összetett (kombinált, kompozit, komplex) csomagolás réteges csomagolás, amelyet két vagy több különböző anyagból (papír, alumínium fólia, műanyag), illetve több különböző polimerből állítanak elő. Az efféle megközelítés egyértelmű előnye az, hogy a csomagolás optimális funkciójának eléréséhez minimális mennyiségű anyagot használnak fel, és a különböző rétegekben az egyes anyagok megőrzik a tulajdonságaikat. Némely réteg között szükséges az adheziós szer használata.

Napjainkban a többrétegű polimer anyagoknak és a kartoncsomagolásoknak van domináns piaci pozíciójuk. Ezek közül néhány igen fontos szerepet tölt be az élelmiszeriparban, mert olyan termékek csomagolhatók

bele, amelyet konzerválni kell pasztörözéssel és sterilizációval, vagy aszeptikus körülményeket kell biztosítani számára. A 16. ábrán azok az összetett csomagolások láthatóak különböző anyagokból, amelyeket extrúziós laminálással állítottak elő (Soroka, 2002). Az új fejlesztési megoldások beiktatásával sikeresen csökkentik a többrétegű műanyag csomagolás felület-egységre eső tömegét. Ez az 1991-2000 közötti időszakban átlagosan 36%-kal csökkent (Vorspohl és Bruder, 2004). A többrétegű csomagolás nem csak a sík termékekre jellemző (fóliák, szalagok), hanem ilyen jellegű többrétegű műanyag palackokat (17. ábra), tasak és dobozos konzerveket is ismerünk (úgynevezett „composite cans”).

BELSŐ OLDALON NYOMTATOTT PET	BEVONAT
FEHÉR ÁTLÁTHATATLAN PE-LD	NYOMTATOTT PAPIR
ALUMINIUM FÓLIA	PE-LD
EXTRUDÁLT PE-LD	ALUMINIUM FÓLIA
PE-LD FILM	RAGASZTÓANYAG
SAMPON ZACSKÓ	PE-LD FILM
	SZÁRAZ ÉLELMISZER TÁROLÁSÁT SZOLGÁLÓ TASAK
BELSŐ OLDALON NYOMTATOTT BOPP	
RAGASZTÓANYAG	
FÉMEZETT BOPP	
HEGESZTÉSHEZ SZÜKSÉGES MÉDIUM	
ROPOGÓ SÜTEMÉNYHEZ SZÜKSÉGES LAMINÁT	
	PE-LD
PE-LD	NYOMTATOTT PE
RAGASZTÓANYAG	PAPÍR
EVOH	PE-LD
RAGASZTÓANYAG	ALUMINIUM FÓLIA
PE-LD	IONOMER
NAGYON ALACSONY OXIGÉN ÁTERESZTŐ LAMINÁT	PE-LD
	GYÜMÖLCSLEVEK ASZEPTIKUS CSOMAGOLÁSA

16. ábra: Többrétegű csomagolások – különböző célokra (Soroka, 2002; Radonjić, 2008).



17. ábra: A hat és négyrétegű palackcsomagolás példái. (Alcion Plasticos s.l. 2012)

A többrétegű és összetett csomagolás gyártása többféle módon lehetséges, mégpedig extrúziós bevonással, extrúziós laminálással (kasírozás), koextrúzióval és egyéb speciális

felületkezelő folyamattal. Lehetségesek azonban az említett technikák kombinált használata is (Twede és Goddard, 1998; Hernandez et al. 2000; Vujković et al. 2007; Radonjič, 2008).

FELÜLETKEZELÉS (POLÍROZÁS)

Síkanyagon lehet végrehajtani úgy, hogy csak az egyik vagy mindkét oldalán vékony rétegű műgyantával, viasszal vagy egyéb anyaggal bevonják, ami javítja a bevont anyag tulajdonságait (fénylés, vízzáróság, ellenáll a zsíradéknak, nyomtatásra megfelelő). Ennél a folyamatnál a polimer film vagy más réteg felületére egyéb – oldószerekben feloldott – csomagolóanyagok kerülnek fel. Az oldószer elpárolgása után a felületen megmarad a bevonat. Ilyen felületi bevonatok csökkentik a gázok és vízgőz permeabilitását, védik a nyomtatott felületet és/vagy javítják a csomagolás kinézetét. A fokozott egészségügyi és környezeti előírások miatt napjainkban egyre inkább érvényesülnek a vízalapú bevonatok. A technológiai fejlődés a különböző csomagolóanyagok kombinálását és a gázok permeabilitásának csökkentéséhez szükséges eszközök megjelenését eredményezte (pl. a felület fémezése). Az egészséggel és környezetvédelemmel kapcsolatban különös figyelmet kell fordítani a felületi eljárásoknál az oldószerek párolgatására (15. fejezet). Léteznek eljárások, amelyeknél a felületekre gázt visznek fel gázkamrákban, gőzfázisú vákuumban (pl. fémbevonatok).

KASÍROZÁS (CSOMÓSODÁS, LAMINÁLÁS)

Ez egy olyan eljárás, amelynél két (vagy több) előre kialakított réteges alakú síktermék közé vékony ragasztórétegeket (adheziós szer) öntenek, amelyek a többrétegű csomagolásban különböző anyagokat ragasztanak össze. Alapanyagként a papírt, a kartont, az alumínium fóliát, az alumínium szalagot, valamint a polietilénből, polipropilénből, poliamidból, poli(vinilchlorid)ból készült fóliákat stb. alkalmazzák. Felhasználhatóak még az extrudáltan bevont vagy koextrudált anyagok, amelyeket más anyagokkal lehet kasírozni. Ez lehetővé teszi a nagyobb mennyiségű komplex többrétegű anyagok termelését, attól függően, hogy milyen tulajdonságokat szeretnének elérni. A felhasznált adheziós szerektől függően több kasírozási típust ismerünk: száraz, nedves, viaszos stb. Ha a kasírozásnál vékony rétegű extrudált polietilént vagy más termoplasztot használnak fel, amely összetartja az alaprétegeket, akkor extrúziós laminálásról van szó. Ebben az esetben is figyelembe kell venni a környezetvédelemmel és egészséggel kapcsolatban az oldószerek párolgását (15. fejezet).

EXTRÚZIÓS LAMINÁLÁS

Ha az adheziós szerek közül vékony rétegű extrudált polietilén vagy más termoplasztot használnak fel, amely összetartja az alaprétegeket, akkor extrúziós laminálásról beszélünk. Ez a fogalom a polimer réteg felvitelét jelöli – a már előre előállított felületre. Tehát ezzel az eljárással – pl. a megfelelő polimer anyagok használata esetében – jelentősen javítják a csomagolópapír tulajdonságait. Ebből a célból PE-t, EVA-t kopolimereket vagy ionomereket (laminált papír) használnak.

KOEXTRUDÁLÁS

A koextrudálás olyan eljárás, amelynek során egy technológiai folyamatban több különböző szintetikus polimer anyagot szorít ki a gép rétegekbe, amelyek aztán összeragadnak – adheziós szerek használata nélkül. A jó vízgőz és más gáz szigetelő tulajdonságokkal rendelkező polimer anyagok kombinálásával többrétegű csomagolóanyagot kapunk, javított tulajdonságokkal. A különböző vastagságú és különböző anyagok használata lehetővé teszi az olyan fóliák előállítását, amelyek tulajdonságai előre meghatározottak.

A papír és biodegradálható polimerek kombinációja

A papír az egyik legfontosabb csomagolóanyag, a tulajdonságai miatt a többrétegű csomagolóanyagok szélesebb körében lehetséges a használata. Azonban a papír bevonásának, azaz más anyagokkal való kombinációjának (pl. laminálás) következményei is vannak, hiszen az ilyen csomagolást használata után nem lehet újrahasznosítani. A biodegradált polimerek fejlődésével (5.4.2. fejezet) új lehetőségek jelentek meg ezek kombinálására a papírral (pl. papír PLA polimer bevonattal) (Anon 2011a). Az ilyen csomagolás – amely a piacon már jelen van műanyag poharak, tányérok, tárcák formájában – a megfelelő anyagok kiválasztásával és a megfelelő termeléssel eleget tehet az összes szabványos kritériumoknak a komposztáló csomagolással kapcsolatban (14. fejezet).

5.8.2. Módosított atmoszférájú csomagolás

Az élelmiszerek csomagolása módosított atmoszférájú csomagolásba (angolul „*Modified Atmosphere Packaging*” – MAP) meghosszabbítja a minimálisan feldolgozott vagy friss élelmiszerek szavatossági idejét, egyben pedig csökkenti a felhasznált tartósítószer- és adalékanyagok mennyiségét. Az ilyen csomagolóanyagban a levegőt előre kiválasztott összetételű gázkeverékkel helyettesítik, amely nitrogént vagy más inert gázt tartalmaz, vagy nitrogén és széndioxid keveréket. E csomagolás fejlődése azon a tényen alapul, hogy sok élelmiszer bomlását befolyásolja az azt körülvevő légkör. A kiválasztott gázkeverék lelassítja az oxidációt és a mikroorganizmusok növekedését, aminek következménye az élelmiszerek tartósságának a meghosszabbítása. Emiatt a csomagolóanyagnak szigetelnie kell a gázokat, mert ellenkező esetben

eltűnik az élelmiszert körülvevő védőréteg. A módosított atmoszférájú csomagolás meghosszabbíthatja az élelmiszerek tartósságát – akár 2-10-szeresére növelheti. Az ilyen csomagolásra példa a vákuumos csomagolásba csomagolt termék (Radonjič, 2008).

5.8.3. Aktív és intelligens csomagolás

Az aktív csomagolás fő feladata az interakció a tartalommal, elsősorban a csomagolt termékkel. Ennél az „aktív” fogalom a pozitív aktív interakciót jelöli a csomagolt termék, a terméket körülvevő légkör és a csomagolás között olyan módon, hogy megváltoztatja a feltételeket, amelyeknek a termék ki van téve. Az aktív csomagolás célja az élelmiszerek biztonságának javítása, és a szavatossági idejük meghosszabbítása. A csomagolás tulajdonságainak javítására vonatkozó általános technikák magukba foglalják az anyag használatát, amely köti az oxigént, etilént,

nedvességet, CO₂-t, a kellemetlen szagokat és azokat, amelyek CO₂-öt bocsátanak ki, antimikrobiális szereket, antioxidánsokat és aromákat. Az aktív csomagolásokkal igyekeznek elérni a bizonyos fényspektrum hullámhosszainak a felszívódását (pl. természetes festékek használatával, mint a klorofil), amelyek rossz hatással vannak a csomagolt termék minőségére (Vermeiren et al. 1999; Dainelli et al. 2008). Az aktív komponenst tartalmazhatja maga a csomagolóanyag,

vagy pedig rögzítve van a csomagolt termék belsejében. Az aktív komponenseket, azaz összetevőket több csoportba oszthatjuk: oxigénabszorberek, etilénabszorberek, CO₂ kibocsátók, antimikrobiális adalékok, antioxidánsok kibocsátói, nedvességet szabályozó szerek és fotofilterek (Radonjič, 2008). Az aktív csomagolások példáit az élelmiszerek csomagolására (Anon, 2001) a 10. táblázatban mutatjuk be.

10. táblázat: Az élelmiszerek csomagolására használható aktív csomagolások példái.
(Anon. 2001; Radonjič, 2008)

A csomagolás funkciója	Aktív összetevők	Élelmiszerek
Oxigénabszorpció	vas/vassók fémek (pl. platinum) aszorbátok/fémsók enzimek	rizs, tésztából készült ételek, sajtok, hús kávé, fűszerek, sör, bor
Abszorpció/CO ₂ kibocsátás	vas-oxid/Ca(OH) ₂	kávé, hús, halak, dió, sós nassolnivalók
Etilén abszorpció	kálium-permanganát aktív szén zeolitok	gyümölcs és zöldség
Etanol kibocsátása	etanol – szórt etanol – kapszuláris	pékáru, pizza
Nedvesség abszorpció	PVA és propilénglikolból előállított fólia	hús, hal, zöldség, gyümölcs
Szagok abszorpciója	cellulóz triacetát citromsav vassók/aszorbátok aktív szén/zeolitok nátrium bikarbonát	hús, gyümölcslé
Tartósítószer/ antioxidánsok kibocsátása	szerves savak BHA/BHT enzimek (pl. lizin) tokopherol (E-vitamin) C-vitamin	hús, sajtok, kenyér

Az aktív csomagolás mellett még az úgynevezett **intelligens csomagolás** ismert, amely a fogyasztóknak további információkat biztosít a becsomagolt termékek minőségéről. Az intelligens (okos) csomagolás külső vagy belső

indikátorokat tartalmaz a csomagolt termék történelmének követéséhez. Ezek képesek érzékelni a csomagolt termék jelenlegi állapotát. Az ilyen típusú csomagolás a szín megváltoztatásával azt mutatja, hogy milyen állapot-

ban van az élelmiszer, ha a tárolás ideje alatt hőmérséklet-változás következik be, miközben a csomagolás mindig hermetikusan le van zárva, stb.

Az ilyen típusú csomagolás legfontosabb jelenlegi kivitelezése az, amely a csomagolt élelmiszerek idő-hőmérsékleti szabályozását hajtja végre, indikátorok segítségével (angolul Time-Temperature Indicators – TTI). Az alapvető funkciója az, hogy indikátoros hatóanyagokkal figyelmeztet arra, hogy mikor kezdődik az élelmiszerek minőségének a csökkenése, azaz mikor válik az élelmiszer használhatatlanná. Léteznek olyan indikátorok, amelyek információkat közvetítenek arról, hogy az élelmiszerek milyen különböző hőmérsékleteknek vannak kitéve az ellátási láncban, és olyanok is, amelyek arról informálnak bennünket, hogy az élelmiszer hőmérséklete jelenleg az engedélyezett érték felett vagy alatt van. Az ilyen indikátorok gyakran címkék formájában találhatók meg a terméken. Ezek a termékek összeteleinek különböző olvadáspontján, illetve korrozíós, polimeres vagy enzimes reakciókon

alapulnak, és ilyenkor a színük változik, a felhasználó pedig ezt vizuálisan észlelheti. Az indikátorok folyamatos változásokkal reagálnak (pl. színekkel), vagy abban a pillanatban reagálnak, amikor a feltételek kombinációjának – melynek az élelmiszer ki van téve – határát átlépték. Létezik egy indikátoranyag, amely például megváltoztatja a színt, amikor az illékony aminosavakkal reagál (az aminosavakat a tengeri gyümölcsök bocsájtják ki a tárolás során, és a megromlást jelzik). Az idő-hőmérséklet indikátoros csomagolás mellett még olyat is kifejlesztettek, amely információkat továbbít az oxigén, a széndioxid koncentrációjáról vagy a pH értékről. Az intelligens csomagolás, mely jelzi az oxigén penetrációt, erre a célra színes tablettákat, filmeket tartalmazhat, vagy a hatóanyag az átlátszó polimer laminátban is elhelyezhető. Léteznek úgynevezett áttörési indikátorok, amelyek a színváltozással megmutatják a hegészési varrat helyét vagy a fólia áttörését (Dainelli et al. 2008; Radonjić, 2008).

Aktív csomagolás eprek számára

A nagy-britanniai Marks & Spencer hipermarket lánc 2012-ben új epercsomagolást kezdett alkalmazni, amellyel szerettek volna hozzájárulni az élelmiszer veszteségek csökkentéséhez (5.8.3. fejezet). Az új aktív csomagolás 8 x 4,5 cm szalagot tartalmaz a műanyagból készített fedett kosár fenekén. A szalag speciális agyag és más ásványi anyagok keverékéből készült, és abszorpciós kapacitása van az etilén gázra, amely a gyümölcs érését okozza. Ennek eltávolítása a csomagolás belsejéből meghosszabbítja az eper eltarthatóságát 2 nappal. A főszezonban így az eper mennyiségi vesztesége 800.000 darabbal csökkenthető, ami egyenlő 40.000 csomaggal. A hozzáadott szalag nem befolyásolja a műanyag kosár újrahasznosítását (Guardian, 2012; Gyekye, 2012).



(vir: www.packagingnews.co.uk)



6. A csomagolások főbb környezetvédelmi problémái

A csomagolás minden bizonnyal komoly környezeti problémát jelent. Ezt a problémát különböző nézőpontból kell megközelíteni és figyelmeztetni ennek a többrétegűségére. A csomagolás területén jelentkező környezeti problémákat 4 alapvető és egymással összefüggő területbe foglalhatjuk össze:

- a természeti források zsugorodása,
- megjelenő környezeti hatások a csomagolás és csomagolási termékek termelésekor, a csomagoláskor és szállításkor,
- mérgező anyagok tartalma és migrációja,
- hulladék csomagolás és ennek kezelése.

A környezetvédelmi kérdéseken belül a csomagolásról a nyilvánosságban negatív vélemény uralkodik, elsősorban a nagy mennyisége miatt, ami a hulladékon keresztül tükröződik. Riasztóan nő a csomagolási hulladék mennyisége, ami a nyilvánosság szerint a környezetszennyezés fő okozója, emellett pedig a szilárd hulladék helyzete és az energia, nyersanyagok zsugorítása is súlyosbodik. Azok a vállalatok, amelyek a csomagolást termelik vagy csak felhasználják, sokszor olyan észrevételekkel és panaszokkal találkoznak, mint például:

- sok termék többször van átcsomagolva,
- növekszik a nem visszaváltható csomagolások száma a vállalatok igényei miatt, nem pedig a felhasználók miatt,
- a szokásos hulladékeltávolítási módszerek nincsenek lépésben a csomagolási technológiák fejlődésével.

A csomagolási ipar nagy mennyiségben alkalmaz természetes forrásokat (úgy az anyagi termeléshez, mint az energia termeléséhez,

ami a csomagolási anyagok és termékek gyártásához szükséges), hogy eleget tegyen a globális marketing és disztribúciós rendszerek majdnem kielégíthetetlen igényeinek. Becslések szerint a kereskedelmi csomagolás termelése Nyugat-Európában döntő mértékben hozzájárul az üvegházhatású CO₂ kibocsátásokhoz – 2%-tól (European Commission 2006a) 3-4%-ig (Hekkert et al. 2000). Körülbelül 2%-ban járul hozzá e csomagolástípus a többi környezeti hatáshoz is, mint a savas eső vagy a víz eutrofizálódása (European Commission 2006a).

6.1. Csomagolási hulladék

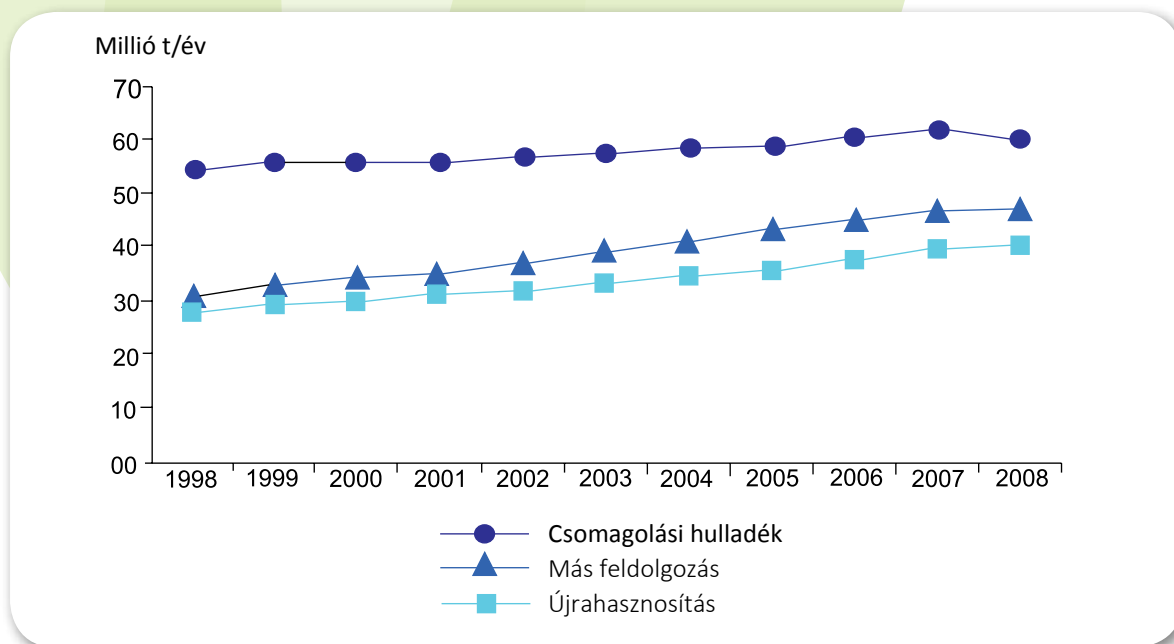
„Nem a hulladékkal kell foglalkozni, hanem az életmóddal.” (William Rathje, Garbage Project 1993)

Az amerikai légiközlekedési iparág évente ugyanannyi alumínium dobozt dob el, mint amennyi alumínium 58 darab Boeing 747 típusú repülőgép gyártásához szükséges. A harminc legnagyobb amerikai reptér, a légitársaságokkal együtt évente annyi hulladékot termel, mint egy Miami nagyságú város (Farley, 2009).

A csomagolás jelentősen hozzájárul a szilárd hulladékok mennyiségéhez (kommunális és ipari), amelyek az iparosodott világban keletkeznek. Szlovéniában 2008-ban a csomagolási hulladék mennyisége 106,4 kg/fő volt (2004-ben pedig 80,9 kg per fő) (EEA 2012).

Összehasonlításképpen: Németországban a csomagolási hulladék mennyisége 2010-ben 195,6 kg/fő volt, az EU-27 átlag pedig 175 kg/fő (2010-ben). Az EU országok között nagyok a különbségek, nem csak a per főre jutó csomagolási hulladék mennyiségében, hanem ennek növekedési dinamikájában is. Míg némely országban növekedési ütemet

rögzítettek a csomagolási hulladékokkal kapcsolatban, más országokban (Franciaország, Ausztria stb.) sikerült ezek keletkezését stabilizálni. A 18. ábra bemutatja az EU-15-ban keletkezett csomagolási hulladék mennyiségét, és az újrahasznosított csomagolási hulladék mennyiségét (EEA 2012; Eurostat 2011).



18. ábra: Az EU-15 országokban keletkezett, feldolgozott és újrahasznosított csomagolási hulladék mennyisége. (EEA 2012; Eurostat 2011)

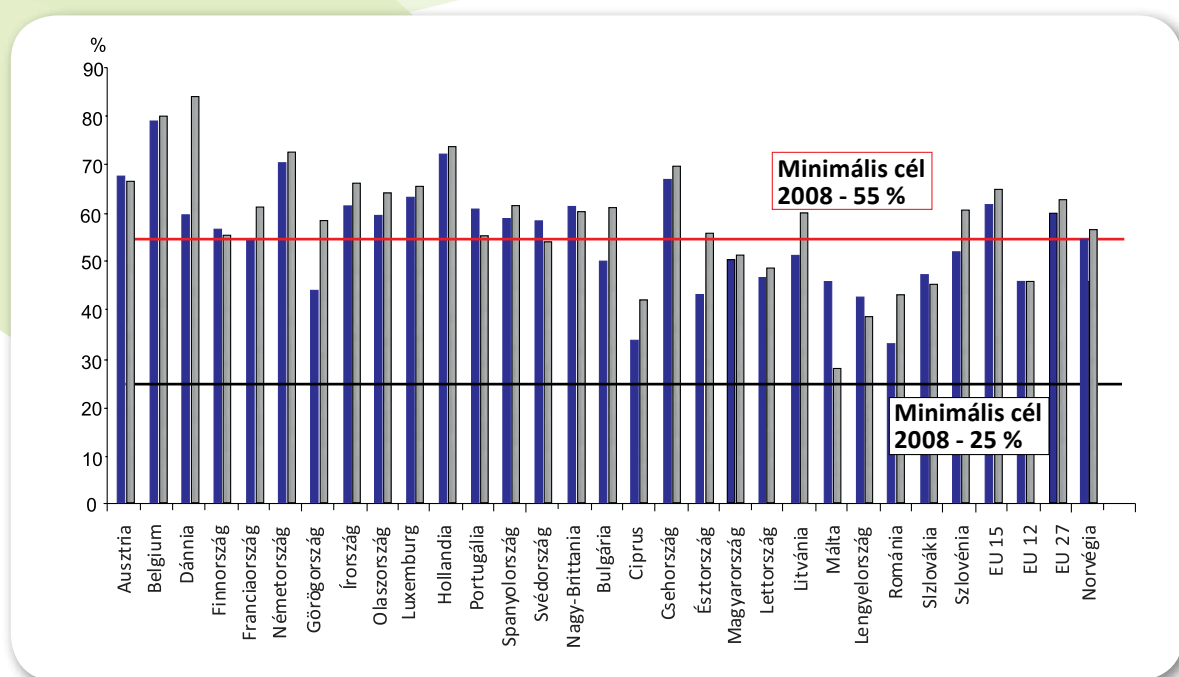
Annak érdekében, hogy harmonizálják az intézkedéseket a csomagolási hulladék és a csomagolások környezeti hatásainak csökkentésével kapcsolatban az EU-országokban 1994-ben bevezették a **csomagolásról és csomagolási hulladékról szóló irányelvet 94/62/EC** (European Commission 2006b). E dokumentum meghatározta a csomagolásnak a termelésre és forgalomba hozatalra vonatkozó kezelését, emellett még meghatározta a csomagolási hulladék gyűjtésének, újrafelhasználásának, feldolgozásának és eltávolításának feltételeit. Más szóval, meghatározta a követelményeket, amelyek szükségesek a csomagolási hulladék keletkezésének a megakadályozásához, az újrahasznosítása és kü-

lönöző feldolgozások után (újrahasznosítás, komposztálás, égetés), amellyel csökken a környezetbe kerülő hulladék mennyisége. A tagállamokat ezzel elkötelezte, hogy operatív programokat készítettek el, és a csomagolási hulladék kezelésére rendszert alakítottak ki. Az irányelvben lefektették, hogy a piacra csak az a csomagolás kerülhet, amely megfelel az összetétellel, termeléssel, újrahasznosítással, újrafeldolgozással kapcsolatos feltételeknek.

Az irányelv céljai a következők: csökkenteni, azaz meggátolni a csomagolási hulladék termelését, a csomagolási hulladék kezelésére kialakított rendszer kidolgozása (gyűjtés, visszaváltás, feldolgozás), a követelmények

belefoglalása a nemzeti jogszabályozásba, az újrahasznosított, azaz feldolgozott csomagolás legalacsonyabb arányának az elérése, a veszélyes anyagok eltávolítása (pl. nehéz fémek) a csomagolási hulladékokból, valamint újrahasznosítással, komposztálással és égetéssel növelni a csomagolási hulladékok újrafeldolgozását. Az irányelv érvényes mindegyik EU-tagállam piacán keletkezett csomagolási hulladékra. Az Európai Parlament 2004-ben elfogadta a csomagolásra és a csomagolási hulladékra vonatkozó felülvizsgált irányelvet (2004/12/ES). Többek között a csomagolási hulladék legalább 60%-os anyagi és energetikai feldolgozását követeli, az újrahasznosítási aránynak pedig 55-80% között kell lennie. Az új irányelv a csomagolási hulladék újrahasznosításának magasabb arányát határozza meg, azaz a különböző csomagolóanyagok újrahasznosításának legalacsonyabb arányai. A felülvizsgált irányelv kvótái ezért a következők: 60% az üvegre, 60% a papírra és kartonra, 50% a fémekre, 22,5% a műanyag csomagolásra és 15% a facsomagolásra.

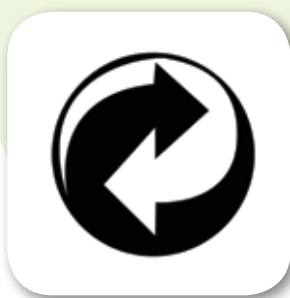
Az Európa Unió országai nem egyformán hatékonyak az újrahasznosítási kvóták elérésében, mint az a 19. ábrán is látható (EEA 2012; Eurostat 2011). Míg egyes tagállamok növelik a csomagolási hulladék újrahasznosítási arányát, vannak olyanok is, amelyek átlélik a kijelölt célokat, mások azonban a célokat még nem érték el, vannak olyan országok is, ahol az újrahasznosított csomagolási hulladék aránya csökkent. Átlagban a 1997–2010 terjedő időszakban a hulladéklerakókban tárolt hulladék aránya 47,7%-ról 21,3%-ra csökkent. Ezek az adatok arra utalnak, hogy néhány tagállamnak sikerült létrehoznia egy olyan hatékony csomagolási hulladék-kezelési rendszert, amivel jelentősen enyhítették a hulladéklerakók számát és növelték az újrahasznosítás arányát. Így Belgiumban 1995-ben a hulladék aránya a hulladéklerakókban 46,3% volt, 2003-ban pedig már 6,8%-ra csökkent. Ugyanakkor megnőtt az újrahasznosított csomagolás aránya 28,1%-ról 80,3%-ra. Más országokban is kifejezetten magas az újrahasznosított csomagolási hulladék aránya (19. ábra).



19. ábra: Az EU-országokban újrahasznosított csomagolási hulladék arányai. (EEA 2012).

A csomagolási hulladék kezelésére létrehozott rendszer keretében EU Zöld Pont elnevezésű jelet osztanak, amellyel a vállalat bizonyítja, hogy anyagilag hozzájárult a csomagolási hulladék kezeléséhez, és ezzel felelősségteljes. A védjegyet a Pro Europe szervezet adja ki, és azt olyan vállalatoknak osztják ki, amelyek megfelelő kezelési rendszerrel rendelkeznek – az egységes szabályok és előírások alapján.

A Zöld Pont nem csak a csomagolási hulladék kezelési rendszerében való részvételt jelképezi, hanem egy felismerhető jel, ami a fogyasztókat arra emlékezteti, hogy a csomagolással a használata után sem lesz gond. A Zöld Ponttal való címkézési rendszerbe körülbelül 170.000 vállalat kapcsolódott be, évente e jellel 460 milliárd csomagolást jelölnek meg (Pro Europe 2010).



20. ábra: Zöld Pont.

Az egyre növekvő csomagolási hulladék mennyiségét a demográfiai változások és életmód is befolyásolja. Például a – kevesebb családtagot számláló – háztartások számának emelkedése Nagy-Britanniában 4%-kal megnövelte az élelmiszer-csomagolás használatát 2000-ben (INCPEN 1996). A társadalmi és demográfiai változások hatásait a szükséges csomagolások mennyiségének növekedésére éves szinten 5%-ra becsülik (Kooijman, 2000). Tény, hogy a csomagolásgyártók nincsenek nagy hatással ezekre a demográfiai és társadalmi irányelvekre, de ezekhez állandóan igazodniuk kell, többek között a megfelelő csomagolás kiválasztásával is. A technológiai fejlődés lehetővé teszi majd a jobb és megfelelőbb csomagolóanyagok fejlesztését és használatát, ezért a gyártóknak fontos az e téren felmerülő irányelvek figyelembe vétele (Radonjić, 2008).

A csomagolás funkcióiból – amelyet optimálisan meg kell valósítani – kiindulva,

továbbá a korszerű felhasználói társadalom, valamint a fenntartható fejlődés tágabb tervezéséből kifolyólag a csomagolás és a környezet kölcsönhatása jelentősen összetettebb, mint a környezeti probléma korlátozása a hulladékok szintjére, bár ez a probléma is aktuális és égető. A kisebb-nagyobb ítéletek a csomagolás környezeti alkalmasságáról csupán a hulladék-feldolgozás lehetőségeinek alapján, azaz a bizonyos csomagolóanyagok favorizálása csak egy tulajdonság alapján nem felel meg a fenntartható fejlődés szempontjainak. A csomagolás fenntartható fejlődésének fontos elemei a következők: az elsődleges nyersanyagok és anyagok hatékony felhasználása, hatékony energiafelhasználás az iparban, a csomagolásban és a disztribúcióban, a kibocsátások csökkentése – a levegőbe és vízbe – a csomagolás életciklusának összes fázisában, valamint az újrahasznosított csomagolóanyagokból előállított termékek fejlesztése.

A csomagolási hulladék a kiváló minőségű másodlagos nyersanyagok jelentős forrása. E célból különböző feldolgozási módszereket fejlesztettek ki, amelyek a csomagolóanyagok típusától függően vagy a hulladék heterogenitása szerint alkalmazhatóak. A csomagolóanyagok között számos különbség létezik – az összetételükkel és a fizikai tulajdonságaikkal kapcsolatban –, aminek következményeként különféle feldolgozási módszerek léteznek. A csomagolási hulladék feldolgozásához a következő alapvető technológiai módszerek alkalmazhatóak:

- mechanikus újrahasznosítás,
- kémiai újrahasznosítás,
- szerves újrahasznosítás (komposztálás, metángáz termelése),
- energia-feldolgozás és
- hulladéklerakás.

A csomagolás és csomagolási hulladékról szóló rendelet (Szlovén Köztársaság Hivatalos Lapja, 2006) értelmében előnyben részesül az újrafelhasználás, újrahasznosítás és más lehetséges csomagolási hulladék feldolgozása, amennyiben ésszerű költségek mellett ezt a piacon elérhető technológiák és más folyamatok engedélyezik. Bizonyos esetekben (pl. alacsonyabb környezeti hatások és költség-haszon arány miatt) a rendelet szerint előnyt élvez a csomagolási hulladék energiefeldolgozása – a többi módszerrel szemben.

6.2. Az elsődleges csomagolóanyagok ésszerű felhasználása

Bármely termék gyártásakor (a csomagolást is beleértve) szükség van nyersanyagforrásokra. A nyersanyagforrás fogalma alatt (nyersanyagok) az anyagi javakat értjük, amelyeket a természetből nyerünk ki, és ezért elsődleges nyersanyagforrásnak nevezzük. A nyersanyagforrás minden ipari termelés alapját jelenti, ami a csomagolás területére is vonatkozik. Különböző csomagolóanyagok termeléséhez különböző nyersanyagforrást használnak fel. A különbségek nemcsak a termelés technológiai folyamataiban jelentkeznek, hanem a nyersanyag hozzáférhetőségében és rendelkezésre állásában. Mivel a csomagolás területe az anyagok szempontjából igen intenzív, az elsődleges nyersanyagforrások felhasználásának harmóniában kell lennie a fenntartható fejlődés koncepciójával. A 11. táblázat a legfontosabb nyersanyagok felhasználását tartalmazza, ami 1 t csomagolóanyag gyártásához szükséges. A táblázatban összefoglalt adatok a nyersanyagforrások átlagos felhasználási arányait tartalmazzák, amelyek az egyik legismertebb és legtöbbet idézett csomagolóanyag adatbázisából származnak. Az adatokat a Svájci Szövetségi Környezetvédelmi Hivatal jelenteti meg (Bundesamt für Umweltschutz, Wald und Landschaft – BUWAL). Persze ezek az adatok a technológiai folyamatok fejlődésével és a nagyobb hatékonyságukkal változnak (Radonjič, 2008).

11. táblázat: Az 1000 kg csomagolóanyag gyártásához szükséges elsődleges nyersanyag mennyisége (BUWAL 1998).

Csomagolóanyag	A nyersanyag típusa és mennyisége
Alumínium	3710 kg bauxit 174 kg CaCO_3 54,5 kg kősó
Üveg (fehér)	80,5 kg dolomit 35,5 kg földpát 110 kg CaCO_3 253 kg kvarchomok 108 kg kősó
Kraft papír (egyoldalas viaszolás)	13 kg kőolaj 654 kg fa 147 kg CaCO_3 536 kg agyagásványok
Kraft papír (fehérített)	0,7 kg kőolaj 914 kg fa 34,5 kg CaCO_3 36,7 kg kősó 64,6 kg agyagásványok
Kraft papír (nem fehérített)	0,7 kg kőolaj 838 kg fa 20 kg CaCO_3 64,6 kg agyagásványok
Ital kartondoboz	6 kg kőolaj 827 kg fa 20,1 kg CaCO_3 250 kg agyagásványok
Hullámkarton	660 kg fa 26,7 kg CaCO_3 21,5 kg kősó
Fehér bádóg	284 kg CaCO_3 2400 kg vasérc 110.000 kg ónérc
PE-LD	600 m ³ földgáz 530 kg kőolaj
PE-LLD	860 m ³ földgáz 310 kg kőolaj
PP	250 m ³ földgáz 830 kg kőolaj
PS	347 m ³ földgáz 728 kg kőolaj
PVC	330 m ³ földgáz 370 kg kőolaj 690 kg kősó 16 kg CaCO_3
PVDC	300 m ³ földgáz 310 kg kőolaj 1350 kg kősó 645 kg CaCO_3
PET	320 m ³ földgáz 730 kg kőolaj

6.3. A káros anyagok jelenléte és migrációja

A nem megfelelő csomagolásból az élelmiszerláncba számos nemkívánatos, azaz káros anyag juthat, ami hosszú távon árthat a lakosság egészségének. Az efféle csomagolás az egészségre és természetire káros anyagokat tartalmazhat – az elsődleges csomagolóanyagban vagy a továbbiban, a grafikus vagy nyomdai feldolgozás következményeként. Különböző anyagok migrációja miatt – amelyek egyébként a csomagolás összetevői vagy szennyezői – egyes anyagok átkerülhetnek a csomagolásból az élelmiszerekbe. E probléma igen súlyos az élelmiszerek és italok esetében, valamint a gyógyszeres kozmetikai iparban. Annak ellenére, hogy napjainkban már léteznek – az egészségre és környezetre való tekintettel – megfelelő grafikus és nyomdai eszközök jelentősen alacsonyabb károsanyag-tartalommal, állandóan ébernek kell lennünk. Különösen azoknak a csomagolt anyagoknak kell különleges figyelmet szentelnünk, amelyek gyengébb ellenőrzésű és jogszabályozó országokból származnak.



7. A környezetbarát csomagolás fejlesztésének és felhasználásának vállalkozói és üzleti okai

A „zöld”, „fenntartható”, „öko”, „környezetbarát” és hasonló kifejezések egyre gyakoribbak a csomagolási iparban is, azaz az anyagok ellátási láncában. Tekintettel arra, hogy a csomagolás funkciója a társadalomban többrétegű és tágabb, a természetbarát csomagolás tervezésének, fejlesztésének és használatának okai is ilyenek. Ezek közül néhányak közvetlenül, másiak pedig köz-

vetve a vállalatokra vonatkoznak. Azok a vállalatok, amelyek már kidolgozták az aktív környezetvédelmi politikájukat, a csomagolás területét gyorsabban és hatékonyabban iktathatják be a gyakorlatukba. A csomagolás öko-dizájnját azonban a vállalatoknak nem szabad alábecsülniük. Az alul felsorolt példák ezt megerősítik, de ezeken kívül még sok példát lehetne erre mondani.

A természetbarát csomagolás, azaz a fenntartható csomagolás tervezésének, fejlesztésének és felhasználásának okai:

- ◉ szabályozási követelmények és a soron következő rendeletek könnyebb követése (egyre szigorúbb és átfogóbb követelmények; magasabb járulékok);
- ◉ a csomagolási hulladék mennyiségének csökkentése (a csomagolás kezelése a tágabb társadalmi probléma része);
- ◉ a nyersanyagok és anyagok ésszerű használata (ezek költségei egyre nőnek, és várható, hogy a jövőben is így lesz);
- ◉ a vállalat vonzóbb arculata (a csomagolás öko-dizájnja fontos lehet a vállalat tágabb nyilvános környezeti politikájában; botrányok a káros anyagok jelenléte miatt a csomagolásban; botrány a törvénytelen erdőirtás miatt);
- ◉ a piac fejlődése (a természetbarát termékek egyre inkább jelen vannak és felismerhetőek; megfelelő csomagolás nélkül a környezetprofiljuk nem teljes);
- ◉ a vásárlók, felhasználók követelményei (egyre több az olyan vállalat, amely aktív környezetpolitikát folytat, és a környezetbarát termékek fejlesztésével foglalkozik, az ilyen vállalatok ezért nem engedhetik meg, hogy a termékeiket nem természetbarát csomagolásba csomagolják);
- ◉ újrahasznosítás (az EU újrahasznosítási kvótái a jövőben magasabbak lesznek; a csomagolási hulladék fontos másodlagos nyersanyag, ezért az öko-dizájn segítségével létre kell hozni a hatékony körkörös áramlásokat a csomagolási hulladék számára);
- ◉ innovációs potenciál (az öko-innovációk az EU egyik legfontosabb stratégiai fejlesztési irányelvei);
- ◉ a források fenntartható használata (kevesebb élelmiszerhulladék a megfelelő csomagolás használatával; alacsonyabb energiafelhasználás a csomagolás kisebb súlya miatt; alacsonyabb energiafelhasználás az élelmiszerek tárolásakor; alacsonyabb hozzájárulás a szénlábnomhoz);
- ◉ nemzetközi szabványok (az új követelményekkel való szabályozás támogatja a nemzetközi szintű jogszabályi követelményeket).



A felsorolt okok miatt a csomagolásgyártással foglalkozó vállalatok és azok, amelyek a csomagolást csak a termékeik csomagolására használják, a jövőben nem lesznek konkurens a piacon, ha nem veszik figyelembe a környezetvédelemmel kapcsolatos követelményeket.

7.1. A csomagolással kapcsolatos környezetvédelmi jogszabályok

A csomagolás gyártói és a csomagolók jelenleg igen szigorú jogszabályokkal szembesülnek a csomagolás terén, és ezek az évek során csak fokozódni fognak. Az új jogszabályok és piaci követelmények egyre nagyobb nyomást gyakorolnak a csomagolás gyártóira és felhasználóira. Mivel a csomagolással kapcsolatos követelmények egyre inkább szigorodnak, ezért a vállalatok mindig több figyelmet szentelnek a környezeti tervezésnek és a csomagolás optimalizálásának.

A csomagolás és csomagolási hulladék kezeléséről szóló rendelet (Szlovén Köztársaság Hivatalos Lapja, 2006) olyan követelmények betartását irányozza elő, amelyek a legjobb technológiai folyamatokra, technológiákra, gyártási folyamatok alkalmazására a csomagolás termelésekor és forgalomba vitelekor irányulnak, valamint magasabb költségek mellett hozzájárulnak:

- a csomagolási hulladék csökkentéséhez,
- a csomagolóanyagok és csomagolási hulladék okozta környezetre gyakorolt káros hatások megakadályozásához és csökkentéséhez,
- a környezetre gyakorolt káros hatások megakadályozásához és csökkentéséhez a csomagolás gyártásakor, forgalomba vitelekor, disztribúciójakor, használatakor, feldolgozásakor és a csomagolási hulladék eltávolításakor.

Milyen követelményeket tartalmaz az EU-s szabályozás a csomagolás összetételével kapcsolatban?

A csomagolásról és csomagolási hulladékról szóló EU-irányelv, azaz a Csomagolás és csomagolási hulladék kezelésével kapcsolatos rendelet (Szlovén Köztársaság Hivatalos Lapja, 2006) többek közt – a csomagolás tervezésével kapcsolatosan – az alul felsorolt követelményekre mutat rá:

- a csomagolásnak az olyan lehető legkisebb tömeggel és volumennel kell rendelkeznie, amely még biztosítja a megfelelő biztonsági és egészségi szintet;
- a csomagolást olyan módon kell megtervezni és gyártani, hogy lehetséges legyen az újrafelhasználása vagy feldolgozása – minél alacsonyabb környezeti hatások mellett;
- a csomagolást úgy kell elkészíteni, hogy az elsődleges és kiegészítő anyagok minél kevesebb káros anyagot tartalmazzanak;
- a csomagolásnak – amikor már nincs többé használatban, és hulladékká válik – meg kell felelnie a feldolgozásával kapcsolatos követelményeknek;
- az újrahasznosításnak engedélyeznie kell a felhasznált anyagok bizonyos tömegarányát;
- a csomagolási hulladéknak – amelynek célja az energia-feldolgozás – olyan alsó fűtőértékkel kell rendelkeznie, hogy lehetővé teszi a hő termelését a maximális energiateljesítmény mellett;
- a csomagolási hulladéknak, amely komposztálódni fog, olyan tulajdonságokkal kell bírnia, hogy lehetséges legyen a szelektív hulladékgyűjtés és degradáció, ha aerob és anaerob degradációs folyamatoknak van kitéve;
- a biológiailag degradálható csomagolási hulladéknak kémiai, termikus vagy biológiailag degradálódnia kell oly módon, hogy a végső komposzt nagyobb része széndioxidba, biomasszába és vízbe bomoljon le.

Az említett rendelet tartalmazza a nehéz fémek tartalmával kapcsolatos követelményeket is. Ezzel a hulladék mennyiségének csökkentése folyamatosan átvinné a főszerepet a csomagolás környezetre kifejtett hatásainak korlátozásában.

A csomagolás gyártója abban az esetben hozhatja forgalomba a csomagolást, ha **megfelelőségi nyilatkozatot** ad ki érte, aminek tartalmaznia kell a fent említett követelményekhez tartozó adatokat.

Az EU-rendeletben felsorolt követelmények nem részesítik előnyben egyik csomagolóanyag-típust sem, hanem figyelmeztetnek azokra a fontos területekre, amelyek a csomagolás környezeti hatásainak csökkentésével vannak kapcsolatban. Nem szolgálnak információkat arról, hogy milyen módon lehet ezeket a követelményeket hatékonyan realizálni. Ezt a következő fejezetekben írjuk le részletesen.

A csomagolással kapcsolatos követelmények alkotják a csomagolás tervezésére vonatkozó alapvető irányelveket, és a csomagolás forgalomba hozatalának minimális kritériumait, amelyekkel elkerülhetők a piaci korlátozások az EU-tagállamokban. Az EU-rendelet 94/62/EC követelményei teljesítéséhez az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) segédanyagként elkészített több európai szabványt (EN) és jelentést (angolul Committee Report – CR). Ezek segítségül szolgálhatnak a csomagolás környezeti hatásainak csökkentésében és a nemzetközi árukereskedelem akadályainak leküzdésében (17. fejezet).

Azok a vállalatok, amelyek a csomagolással és csomagolási hulladékkal kapcsolatos rendeletet (Szlovén Köztársaság Hivatalos Lapja, 2006) figyelembe veszik, – a csomagolási hulladék kezelésével foglalkozó cégeken keresztül – vállalják a szétválogatott csomagolási hulladékkal kapcsolatos költségeket a helyi közösségtől és ezek további feldolgozását, emellett pedig még őket terhelik a hulladék gyűjtésének, átvételének és el látásának költségei, amelyek a tevékenysé-

gnél megjelennek. A csomagolási hulladék kezeléséért felelős vállalatok **csomagolási járulékot** számolnak fel, ami arányos a csomagolási hulladék mennyiségével és függ a csomagolóanyag típusától is. A gazdasági szféra kötelezettségeit illetően említést érdemel, hogy az érintett vállalatok kötelesek **környezeti járulékot** fizetni a csomagolási hulladék keletkezése miatt (Szlovén Köztársaság Hivatalos Lapja, 2006).

Mindig több, csomagolással kapcsolatos környezeti járulék

A csomagolási és környezeti járulék mellett a csomagolási hulladék keletkezése miatt az európai országokban újabb és újabb járulékokat vezetnek be. Ilyen például a bevásárló zacskókra vonatkozó járulék, azaz a csomagolással kapcsolatos szénlábnyom, amelyet Hollandiában 2008-ban vezettek be, és a csomagolás szénlábnyomának meghatározásán alapul (9. fejezet).

A környezeti járulék, amelyet a csomagolási hulladék keletkezése miatt vezettek be, folyton változik: 2011-ben a vinil-kloridból vagy más halogénezett olefinekből (pl. PVC) készült műanyag polimer csomagolásra e járulék 1500-szorosára nőtt.

A csomagolás nem ésszerű használata miatti per

A brit Sainsbury's supermarket-lánc 2010-ben szembesült a perrel és a tárgyalás kezdetével, valamint pénzbírsággal a szükségtelen, azaz nem ésszerű csomagolás használata miatt – a csomagolt termékek esetében. Az említett supermarket-lánc szerette volna a saját márkájú hústermékeit fényűzőbb csomagolásba csomagolni, mint valójában szükséges lett volna. A tervezők egy olyan csomagolást alkottak, amely különböző polimer anyagokat, papír csomagolószalagot és műanyag fóliát tartalmazott. E csomagolás számos kritikát kapott a szükségtelen csomagolóanyagok használata miatt. A pert indító fél a jogszabályokra hivatkozott, amely előírja és figyelmezteti a felhasználót a legkisebb szükséges csomagolás használatára. Annak érdekében, hogy elkerüljék a tárgyalást, a Sainsbury's supermarket-lánc önkéntesen elindította a csomagolóanyagok mennyiségének csökkentésére irányuló tevékenységet. E supermarket-lánc volt Nagy-Britanniában már az ötödik, amely ellen ilyen jellegű pert indítottak (Daily mail 2010; Telegraph 2010).



(Forrás: www.dailymail.com.uk)

A jogszabályból eredő okok mellett a természetbarát csomagolás fejlesztésére és tervezésére más okok is léteznek. A folytatásban a legfontosabbakat soroljuk fel (Radonjić, 2008). Ha még nemrég a környezeti tevékenységek bevonása a termékek és csomagolás fejlődésébe nem volt lényeges, napjainkban már fontos piaci tényezővé vált, és feltételt jelent a különböző jogszabályi követelményeknek való megfeleléshez, a jövőben pedig majd szükséges lesz ahhoz, hogy a termék megjelenhessen a piacon. Tény, hogy a jövőben a fejlett országok piacai nem fogják elfogadni a nem környezetbarát termékeket, aminél a csomagolásnak is fontos szerepe van, mert a vásárolt termék része.

7.2. A nyersanyagok és anyagok ésszerű használata

A nyersanyagok és más anyagok költségei egyre magasabbak, és várható, hogy az évek során még nőni fognak. Ezért egyre fontosabbá válik az anyagok felhasználásának minimalizálása. Ez továbbá a csomagolóiparban azért is fontos, mert ez a terület az anyag szempontjából intenzívnek mondható. Az aluli táblázat a különböző vállalatokban alkalmazott, a csomagolóanyagok ésszerű használatával és minimalizálásával kapcsolatos intézkedéseket tartalmazza.

- **A csokoládépuding csomagolása – Danone vállalat**

A polisztirol fólia vastagsága 0,85 mm-ről 0,80 mm-re csökkent a hőformázással elvégzett modern csomagolási folyamatok alkalmazása miatt. A csomagolt termék tömege így 5,74 g-ról 5,40 g-ra csökkent. Ennek következménye a csomagolóanyag éves megtakarítása, mégpedig 134 t, és 6%-kal kevesebb szállítási költség – azonos mennyiségű csomagolt termék esetében.

- **Kávécsomagolás Nescafé – Nescafé vállalat**

1999-ben – az anyagok technológiai fejlődésének köszönhetően – csökkentették az üveg-poharak vastagságát, aminek következményeként 1250 t-val kevesebb üveget használtak fel.

- **Tisztítószer csomagolás – Procter & Gamble**

Kereskedelmi okok miatt úgy döntöttek, hogy megváltoztatják a már meglévő magas sűrűségű polietilén csomagolást. A tömegét (a kupakkal és címkével együtt) 62 g-ról 52 g-ra csökkentették. Ez a változás a palettázást is érintette, mert a változás után a raklapokkal 720 csomagolt egységet manipuláltak – 576 egység helyett. Az éves csomagolóanyagok megtakarítása 114,5 t volt, a raklapok teljesítménye 25 %-kal nőtt, a szállítási volumen pedig 20%-kal, és évente 100 teherautós szállítással kevesebbet tartottak számon.

- **Kozmetikai termék csomagolása – L'Oréal vállalat**

Az elsődleges csomagolás kartondoboz volt – műanyag tubussal. A kartondoboz használatát elhagyták, a műanyag kupakot pedig lecserélték könnyebbre. A csomagolás kisebb volumene miatt a gyűjtőcsomagolásba 18 tubussal többet rakhattak, mint korábban, a palettázásnál pedig a raklapokkal való manipulációnál a csomagolási egységek száma 960-ról 1680-ra nőtt, a szállítási volumen pedig 43%-kal csökkent.

(Forrás: Pro Europe 2004)

7.3. A vállalat arculatának romlása a csomagolás használata miatt

„Barbie nem törődik a környezettel és az esőerdőkkel!”

Annak ellenére, hogy a papír- és kartoncsomagolásról – a környezeti megfelelőség szerint – a nyilvánosságban meglehetősen jó vélemény uralkodik, mert sokan az újrahasznosítással hozzák összefüggésbe, jelenleg ez a kritérium nem elég. Ennek bizonyítéka a Mattel vállalat, a világ egyik vezető játékgyártója. A laboratóriumi vizsgálatok – amelyeket 2011-ben a Greenpeace szervezet végzett el – megmutatták, hogy a kartondoboz-csomagoláshoz, amelybe a népszerű Barbie babát csomagolják, Indonéziából beszállított fát használnak. Ez a beszállító pedig arról ismert, hogy intenzíven irtja és teszi tönkre az esőerdőket olyan módon, hogy már veszélyeztetettek az erdőben élő állatok élőhelyei, köztük az orángutánoké és tigriseké. (Greenpeace 2011).

A Greenpeace intenzív nyilvános kampánnyal elérte, hogy a Mattel vállalat nyilvánosan kijelentette: többé nem fog olyan csomagolást vásárolni, amely veszélyezteti az esőerdők lé-

tezését. Olyan fákat, azaz farostokat fog vásárolni a csomagolások termeléséhez, amelyek olyan területekről származnak, amelyek fenntartható erdőgazdálkodással foglalkoznak, ahol nyomon követhetőek a nyersanyagok, és ahol a fakitermeléssel kapcsolatos jogszabályokat figyelembe veszik. Továbbá kijelentették, hogy növelni fogják a csomagolásukban az újrahasznosított papír használatát (Mattel 2011).



„Hagyják abba az esőerdő irtását a játék csomagolása miatt!”
(A Greenpeace szervezet kampánya, Toronto, 2011 júniusa; www.greenpeace.org)

7.4. A káros anyagok lecserélése

A csomagolás az egészségre és környezetre káros anyagokat tartalmazhat az elsődleges vagy a kiegészítő csomagolóanyagban – a grafikus feldolgozás és nyomtatás következményeként. Ez különösen azokban az esetekben okoz aggodalmat, amikor az élelmiszerek és italok csomagolásáról van szó, valamint a gyógyszeriparban is. Annak ellenére, hogy napjainkban olyan grafikus és nyomdai eszközök vannak használatban, amelyek kevesebb káros anyagot tartalmaznak, még mindig oda kell figyelni ezekre. Ez különösen fontos azoknál a csomagolt termékeknél, amelyek a gyengébb ellenőrzésű és jogszabályozású országokból származnak.

A gyakorlatban számos olyan példa létezik, amelynél a káros anyagok tartalmáról vagy ezek migrációjáról van szó. Így például Svájcban és Németországban 2011-ben sok olyan kartondobozokba csomagolt élelmiszert vontak ki a forgalomból, amelyet újrahaszno-

sított kartonból és papírból termeltek. Az említett csomagolás szénhidrogéneket tartalmazott – ásványi olajok formájában, amelyek így a csomagolásból az élelmiszerekbe kerültek. Más példákban az izopropil tioxanton (ITX), a biszfenól stb. migrációját említik. Az emiatt keletkezett gazdasági kár nagy méreteket ölthet.

7.5. Szénlábnyom

A szénlábnyom, amely magába foglalja a termeléskor keletkezett üvegházhatást okozó gázok kibocsátását, a disztribúciót, használatot és a csomagolási hulladék kezelését, egyre népszerűbb környezeti indikátorrá válik. Annak ellenére, hogy a számítási módszer még fejlesztés alatt áll, és hogy az elképzelésnek van néhány hiányossága, az üzleti világban egyre népszerűbb (9. fejezet). A csomagolás szénlábnyomát külön vagy a csomagolt termékkel együtt lehet meghatározni.



8. A csomagolás környezetvédelmi életciklusának az elemzése – LCA-módszer

8.1. Mit jelent a környezeti életciklus elemzésének fogalma?

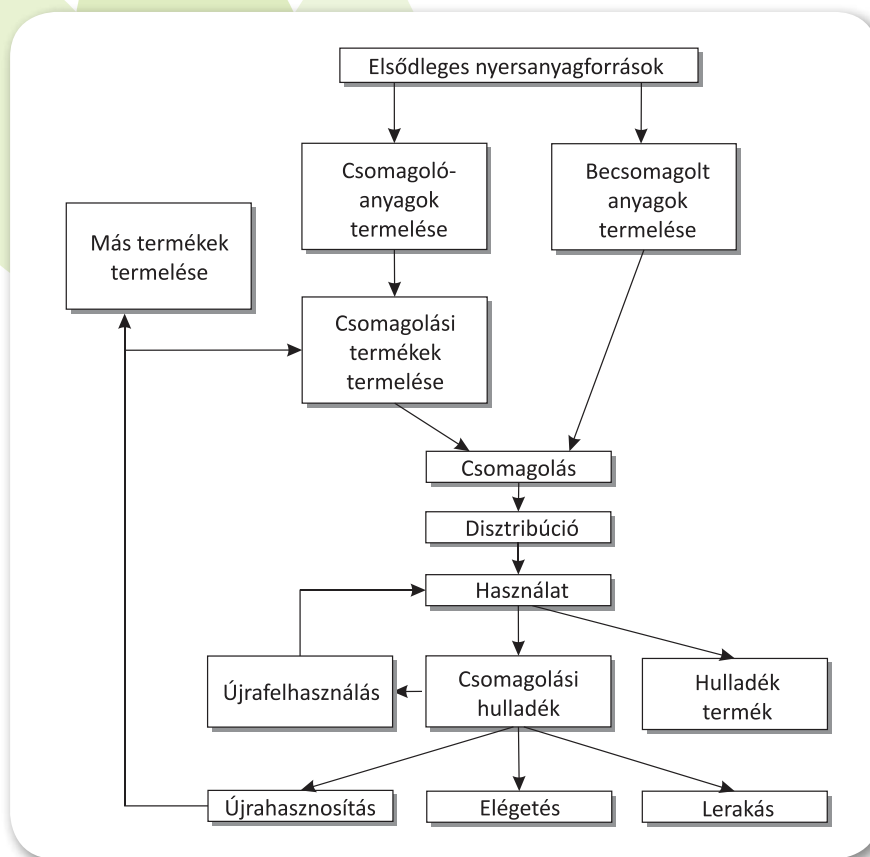
A termékek környezeti hatásai (a csomagolással együtt) változatosak és sokszínűek. Mindegyik termék közvetlenül és közvetve hatással van a környezetre, némelyek az egészségre is. A múltban a figyelem a termékek használata után keletkező hulladékra irányult. Később tudatosult a felismerés, miszerint némely termék – használata során – sok energiát és/vagy vizet fogyaszt, ezért megkezdődött a környezeti szempontból történő optimalizálásuk. Ma már világossá vált, hogy a terméket egy egészként kell kezelni, mert az életciklus összes fázisában hatásokat gyakorol a környezetre. Az ilyen koncepció fontos a termékek környezeti profiljának a javítása érdekében, mert lehetővé teszi a környezetvédelmi beavatkozásokat és javításokat a teljes hozzáadott érték-rendszeren keresztül (Radonjič, 2008).

A **termék környezeti életciklusa** általában a következő fázisokat tartalmazza: a nyersanyagok termelését és előkészítését, a termék gyártását, disztribúcióját, szállítását, használatát vagy felhasználását és eltávolítását. Az egyszerűsített csomagolás környezeti életciklusának példája – az alapvető fázisokkal – a 21. ábrán látható. A csomagolási termék életciklusa az elsődleges nyersanyagok környezetből való kinyerésével kezdődik. Ez azt jelenti, hogy a műanyag csomagolás életciklusa a kőolaj-kitermeléssel kezdődik, majd a finomítókba való szállí-

tásával és a feldolgozásával folytatódik. A papír- és kartoncsomagolás életciklusa a fa kivágásával kezdődik, az alumínium csomagolás életciklusa pedig a bauxit termelésével.

Az életciklus-elemzésnek mindig tartalmaznia kell a nyersanyagok előállításához, feldolgozásához szükséges energiatermelést, gyártást, szállítást, disztribúciót, használatot stb., amely a szükséges energiaforrások előállításával kezdődik.





21. ábra: A csomagolás életciklusa (CEN Report 13910:2000).

A termék környezeti hatásainak átfogó kezelésével biztosítható, hogy az anyagok kiválasztása nem szubjektív döntéseken alapul, és hogy meg lesznek határozva és a figyelem központjában maradnak a releváns környezeti hatások. Emellett aprólékosan áttanulmányozzák a segédanyagokat, amelyek a környezet szempontból sokszor kérdésesek. A tervezés során figyelembe kell venni még – a termék környezetre kifejtett hatásai mellett – a termelési-disztribúciós rendszert, és azt, hogy a hatások nem kerülnek át az életciklus egyik fázisából a másikba, azaz hogy a változások miatt nem kerül sor energiahatásokra (Radonjič, 2008).

8.2. Az LCA-módszer (analízis) definíciója

Ha szeretnénk a termékek életciklusaiban meghatározni a környezeti hatásokat, akkor

szükségünk van a káros kibocsátásokra, az energia- és vízfelhasználásra stb. vonatkozó adatokra. Az említett kibocsátásokról és a hulladék mennyiségéről szóló adatok pedig nem elegendőek. Meg kell állapítani vagy határozni a negatív és káros hatásokat, amelyeket a termék a környezetben okoz, és ezek arányát. Az ilyen típusú információkhoz ma a vállalatok hozzáférhetnek az úgynevezett termék környezeti életciklusának a megértésével és átfogó elemzésével. Az **LCA-módszerrel** (angolul Life Cycle Assessment) próbálják értékelni az összes környezeti hatást, melyeket egy termék a teljes életciklusa alatt gyakorol a környezetre, azzal a céllal, hogy e terméket környezeti szempontból optimalizálni tudják. E módszer bemutatja az összes bemeneti és kimeneti áramot, valamint ezek értékelését és a termelési rendszer potenciális környezeti hatásait a teljes életciklusban (SIST EN ISO 14040, 2006).

A termék környezeti életciklusán alapuló analízis lett az egyik legfontosabb módszer a termék környezeti hatásainak értékelésére. E komplex analitikus módszerrel szeretnénk betekintést nyerni a termék teljes életciklusába, amely magába foglalja a nyersanyagok, energiaforrások előállítását, a szükséges energia termelését és disztribúcióját, a féltermékek, termékek, melléktermékek termelését, szállítását és disztribúcióját, a használat alatt megjelenő hatásokat, valamint a használat utáni alternatív kezelések lehetőségeit. Az ilyen megközelítés akkor fontos, ha olyan alternatív lehetőségek és utak léteznek, amelyek minimálisan károsítják a környezetet (Radonjič, 2008).

Az LCA-módszer magába foglalja az összes anyag és energia áramot, azokat is, amelyek más módszer használatával nem lennének figyelembe véve. Olyan megközelítéssel, amely figyelembe veszi a teljes életciklust, kikerülhetjük a környezeti problémák átcsoportosítását az életciklus fázisai vagy rendszerei között. Emellett még arra is fontos figyelmeztetni, hogy az egyik fázisban bekövetkezett változás hatással lehet az életciklus többi fázisaira. A termékek környezeti optimalizálásakor ezért fontos módszertani eszközzé vált.

8.3. Mit szeretnénk elérni az LCA-módszerrel?

Az LCA-analízis, amely a termék életciklusán alapul, a termékek környezeti hatásainak egyik legfontosabb értékelési módszerévé vált. Az analízis eredményeit információs bázis alakjában mutatják be, és a vállalat döntéshozatalában nyújthat segítséget, ugyanakkor pedig a tágabb környezeti politika része is. Segítséget nyújthat a különböző technológiai folyamatok megkülönböztetésében – a környezeti hatásaik alapján –, továbbá annak meghatározásában, hogy melyikek a legbefolyásosabb fázisok a csomagolás

életciklusában, melyik környezeti hatások a legproblematisabbak, és hol helyezkednek el az életciklusban. Továbbá az LCA-analízis eredményeivel megállapítható az is, hogy hogyan változnak meg a környezetre kifejtett hatások, ha a vállalat úgy dönt, hogy a régi csomagolást lecseréli újra, továbbá hogy hogyan változnak meg a környezetre kifejtett hatások, ha megváltozik a csomagolt termék szállítási útja – az új beszállító miatt. E analízis tájékoztat bennünket a csomagolás relatív hozzájárulásáról a teljes termék csomagolási és használati rendszerében is. Az LCA-analízis eredményeinek alapján nem lehetséges a konkurens csomagolások és termékek összehasonlítása – a számos módszertani hiányosság miatt. Ezt több elvégzett tanulmány is alátámasztja.

A környezeti életcikluson alapuló termék analízise lehetővé teszi az összetételébe és funkciójába, valamint az egymásközi viszonyokba való jobb betekintést az ellátási láncon belül. Ez a termékek és anyagok környezeti profiljának a javításakor fontos, mert lehetővé teszi a környezeti beavatkozásokat és a teljes rendszerben történő javításokat.

Az LCA-módszer lehetőséget nyújt a létező környezeti politikák határainak a kiterjesztésére, olyan lehetőségeket biztosít, amelyek például a kibocsátások ellenőrzésén, az energiafelhasználás csökkentésén és a hulladék mennyiségének csökkentésén alapulnak, valamint az innovatív megoldásokat keresi: alternatív anyagok használata, a termék új konstrukciója és dizájnya (pl. dizajn a szétszereléshez és újrahasznosításhoz). A termelő vállalatok e téren kulcsfontosságú szerepet töltenek be, mert ők hoznak döntést az anyagok és kiegészítők használatáról, a technológiai folyamatokról, a termékek használati és funkcionális tulajdonságairól, a csomagolásról, a használat utáni kezelések módjáról stb. (Radonjič, 2004).

8.4. Az LCA-módszer (analízis) metodológiai keretének leírása

Az LCA-módszer értéke a kapott eredmények reprodukálhatóságától és összehasonlíthatóságáról függ. Ezért alapvető fontosságú a nemzetközi szintű egységes metodológiai keret. Napjainkban az LCA-analízishez szükséges – nemzetközileg egységes és összehasonlítható – keret kialakítását a nemzetközi ISO 14040 szabványcsalád határozza meg.

Az ISO metodológia szerint az LCA-módszer fogalmi kerete 4 alapvető strukturális elemből, azaz fázisból áll: a célok és az analízis hatókörének a meghatározása, adatok nyilvántartása (leltárjegyzéke), környezeti hatások értékelése és interpretációja (SIST EN ISO 14040:2006). Az LCA-módszerrel szerzett eredmények megértéséhez elsősorban

az LCA-módszer keretének az ismerése szükséges.

A célok és hatáskörök meghatározása

Az első szakaszban meg kell határozni a kutatás célját, okait és a célcsoportokat – kik használják fel az eredményeket. Továbbá pontosan meg kell határozni, hogy melyik terméket/termékeket tanulmányozzák, részletesen definiálni, hogy hol kezdődik el, illetve hol végződik az életciklusuk (a rendszer határai), meg kell határozni az adatforrások gyűjtését és az úgynevezett **funkciós egységet**, amely összehasonlító referenciaként szolgál, és amelyhez a környezeti hatások értelmesítése kapcsolódik. Ez utóbbi jelenti az LCA tanulmány fontos elemét, megfelelő kiválasztása pedig elengedhetetlen az eredmények tényleges összehasonlításakor.

Funkciós egység – a kiválasztás példája

Ha a különböző italcsomagolások környezeti hatásait szeretnénk összehasonlítani, akkor az összehasonlításnak a tényleges funkción kell alapulnia – például 1000 L italcsomagolás. Az ugyanarra a célra felhasznált csomagolást a csomagolóanyag mennyisége alapján nem lenne ésszerű összehasonlítani (pl. 1 kg üveg összehasonlítása 1 kg polimer műanyaggal). Kevesebb mennyiségű felhasznált csomagolóanyag azonos mennyiségű csomagolásra már alapján véve jobb választásnak számít, és ez látható a végső eredményekben is. Ezért fontos kiszámítani és összehasonlítani a kapott eredményeket a termék, azaz csomagolás funkciójával.

Nyilvántartás (leltárjegyzék)

A leltár az LCA adatbázisát jelenti. E fázisban fontosak az előző fázisban hozott döntések, mégpedig arra vonatkozóan, hogy hol kezdődik el és hol fejeződik be az életciklus elemzése. A nyilvántartás fázisának az eredménye a felhasznált nyersanyagok, anyagok, vegyszerek és energia mennyisége (a rendszer bemenetei), és a létrejött termékekkel és melléktermékekkel kapcsolatos értékek, valamint a levegőbe, vízbe és talajba való kibocsátásokkal kapcsolatos adatok (a rendszer kimenetei) – a csomagolás teljes életciklusában (a meghatározott határok kereteiben). Az összegyűjtött adatok információs bázisként szolgálnak a környezeti

hatások értékelésében és interpretációjában. A nyilvántartás adatokat tartalmazhat a különböző anyagok kibocsátásairól, amelyek közül némelyek jobban, másikkal pedig kevésbé károsak a környezetre.

Környezeti hatások értékelése és interpretációja

Különböző anyagok különböző hatásokkal vannak a környezetre, illetve különböző problémákkal járnak. Ezért az LCA harmadik fázisában az előző fázisban már összegyűjtött adatokat – az anyagokról és energiáról – összekapcsoljuk az anyagok környezetre és egészségre gyakorolt hatásaival. Az e cél-

ból összegyűjtött adatokat – az anyagokról, energiafelhasználásról és nyersanyagforrásokról – továbbá bizonyos csoportokba soroljuk, amelyeket környezeti kategóriáknak

nevezünk (klasszifikáció). Az LCA-analízis-nél legtöbbször a környezeti kategóriákat vesszük figyelembe, ezeket a 12. táblázatban mutatjuk be.

12. táblázat: Környezeti kategóriák és a hozzá kapcsolódó környezeti indikátorok.

KÖRNYEZETI KATEGÓRIA (INDIKÁTOR)	EGYSÉG	KÁROS ANYAGOK PÉLDÁI
Globális felmelegedés potenciálja – „szénlábnym” (GWP)	kg CO ₂ – ekv	Széndioxid (CO ₂) Dinitrogén-oxid (N ₂ O) Metán (CH ₄) Klórozott szénhidrogének (CFC) Hidroklórfluor-szénhidrogének (HCFC) Kén-hexafluorid (SF ₆)
Savasodás potenciálja (AP)	kg SO ₂ – ekv	Kén-dioxid (SO ₂) Nitrogén-oxidok (NO _x) Ammónia (NH ₃) Sósav (HCl) Hidrogén-fluorid sav (HF)
Eutrofizáció potenciálja (EP)	kg PO ₄ ³⁻ – ekv	Foszfátok (PO ₄ ³⁻) Nitrát-oxidok (NO _x) Nitrátok (NO ₃ ⁻) Ammónia (NH ₃)
Nyári (fotokémiai) szmog (POCP)	kg C ₂ H ₄ – ekv	Etén (etilen) Nitrát-oxidok (NO _x) Szénmonoxid (CO) Illékony szerves vegyületek (formaldehid) Benzol Hexán Metán
Ózonréteg bomlásának potenciálja (ODP)	kg CFC-11 – ekv	Klórfluor-szénhidrogének (CFC) Hidroklórfluor-szénhidrogének (HCFC)
Abiotikus erőforrások kimerülése (ADP)	kg Sb – ekv	Nem megújuló nyersanyagforrások
Humán toxicitás (HTP)	kg 1,4-DCB – ekv	1,4-diklorobenzol
Ökotoxicitás (ETP)		Nehéz fémek Kén-dioxid (SO ₂) Nitrogén-oxidok (NO _x) Ammónia (NH ₃) Illékony szerves vegyületek Dioxinok Poliklórozott bifenilek
Szilárd szervesetlen részecskék	kg PM ₁₀ – ekv kg PM _{2,5} – ekv	Mikrorészecskék PM ₁₀ és PM _{2,5}
Kumulált energia	MJ, GJ	Fekete szén Barna szén Kőolajtermékek Földgáz Nukleáris energia
Megújuló energiaforrások	MJ, GJ	Vízenergia Vízenergia Biogáz Napenergia Szélenergia
Nem megújuló erőforrások	MJ, GJ	Fekete szén Barna szén Kőolajtermékek Földgáz
Talaj használata	m ² /leto	Termékeny talaj felülete (mezők, erdők)
Víz használata	m ³	Víz mennyisége
Ionizáló sugárzás	Bq C-14 – ekv	

Mindegyik környezeti kategóriában általában több különböző anyag található (12. táblázat), amelyek egymás közt abban különbözhetnek, hogy a káros hatásuk mennyire intenzíven befolyásol egy-egy területet. A különböző anyagok káros hatásának figyelembe vételét bizonyos környezeti kategóriákban, tudományos módszerekkel határozták meg. Ezeket az úgynevezett potenciálokkal (a karakterizáció tényezői vagy az ekvivalens faktorok kifejezés is használatos) fejezik ki. A potenciálok megmutatják, hogy bizonyos anyagok a – környezeti kategórián belül – hogyan különböznek a környezeti hatásaikban. Annak érdekében, hogy e hatásokat egymás közt a környezeti kategóriában össze lehessen hasonlítani, referens anyagot határoztak meg, amelynek értéke – megegyezés alapján – 1 (a globális felmelegedés potenciálja pl. CO_2). A potenciál (ekvivalens faktor) megmutatja az anyag relatív károsságát a bizonyos környezeti hatások kategóriáján belül. Aztán ezzel az értékkel meg kell szorozni a káros anyagok tömegének a mennyiségét, amit a leltározással kaptunk – ezt karakterizációnak nevezzük. A bizonyos környezeti kategórián belül elhelyezkedő anyagok mennyiségének a megszorozását a potenciálokkal súlyozásnak nevezzük. A súlyozás célja a bizonyos anyagok relatív káros környezeti és egészségi hatásának a meghatározása. A végén e szorzatokat össze kell adni, hogy egy bizonyos környezeti kategória közös ekvivalens értékét kapjuk meg.

A különböző környezeti kategóriák potenciáljait, azaz ekvivalens értékeiket a karakterizációval kapjuk meg, és nem lehetséges összeadni annak érdekében, hogy közös értéket kapjunk a környezeti hatásokról. Emiatt az LCA harmadik fázisában egy további lépést lehet elvégezni a környezeti hatások értékelésével kapcsolatban, amit normalizációnak nevezünk. Ennek célja a karakterizációban kapott eredmények összehasonlítása bizonyos környezeti kategóriákon belül, a szennyezés hozzájárulása szerint,

amelyet egy-egy személy vagy társadalom okoz valamilyen geográfiai térségben (általában valamilyen országban vagy az Európai Unióban). A normalizáció így felfedi a termék környezeti hatásainak méretét egy adott területen, de semmit sem árul el a környezeti kategóriák károsságáról. Ez a következő lépésben állapítható meg, az úgynevezett egyensúlyozással vagy értékeléssel. Ha a karakterizációnál a környezeti kategóriák káros hatásait hasonlítjuk össze, akkor az egyensúlyozáskor a környezeti hatás kategóriái hasonlíthatóak össze egymás közt. E célból egyeztetett és szubjektíven kiválasztott egyensúlyozó faktorokat alkalmaznak (pl. 1-től 100-ig). Ha az előző lépésben kapott eredményeket megszorozzuk az ilyen faktorról, kiderül, hogy milyen a termékek által okozott környezeti hatások mérete – relatív értelemben. Meg kell jegyezni, hogy az értékelés igen szubjektív lépés, amelyet az ISO 14040 nem tart szükségesnek. Metodológiai szempontból sem teljes még.

Interpretáció

Ebben a fázisban a második és harmadik fázisból levont tanulságokat – külön-külön vagy kombinálva – javaslatként előterjesztik az üzleti döntéshozóknak: javítások, amelyek kapcsolódnak a meghatározott célokhoz és az LCA-módszerhez. Az interpretáció fontos része az úgynevezett érzékenységi elemzés, ahol a kapott eredményeket oly módon vizsgálják meg, hogy megismétlik a számításokat az LCA-módszerrel, de úgy, hogy a befolyásos változók más értékeit használják fel. A kapott eredmények alapján elkészülnek a javításokhoz szükséges javaslatok: alternatív nyersanyagok, anyagok és kiegészítő eszközök használata, váltás a környezetbarát technológiákra, az újrahasznosítási folyamatok arányának növekedése, hulladékkezelések módosítása stb. Az eredmények interpretációja arra a részre is vonatkozhat, amely csak a leltározás fázisát foglalja magába.

Az LCA-analízis külső elemzése szükségessé válik

Hogy az LCA-analízissel kapott eredmények hitelesek legyenek, át kell őket vizsgálni szabványozott metodológiák segítségével, amelyek az ISO 14040/14044 szabvánnyal vannak meghatározva. A fejlett országokban ez csak a hitelesség egyik előfeltétele. Ez csak akkor válik érvényessé, ha külső független eredmények validálásával, több ellenőrző is megerősíti. Az ilyen típusú tanulmányokkal foglalkozó, vagy az efféle tanulmányokat megrendelő vállalatok egyre inkább tudatában vannak annak, hogy ez a helyes út arra, hogy ellenőrizzék a számítások, metodológiák és interpretációk megfelelőségét. Ez adja az LCA-módszernek a szükséges hitelességet – az egyéb környezetpolitikai intézkedésekhez hasonlóan. A külső validációt is az ISO 14014 szabvány biztosítja.

8.5. Az LCA-módszer (analízis) hiányosságai

Az LCA metodológiája állandóan fejlődik. Emellett azonban még mindig sok szubjektív döntés létezik, amely nagy hatással van a végső eredményre, és ezzel az eredmények összehasonlítására is. A szubjektív döntések a rendszer határainak a kiválasztására (mi van belefoglalva és kihagyva az életciklusból), funkcionális egységeire, adatok kiválasztására, allokációs modell kiválasztására, az átlagos szállítási távolságokra stb. vonatkoznak.

Az LCA azonban nem tartalmaz olyan lényeges környezeti szempontot, amelynek jelentősége nőtt az utóbbi időben, ez például a biológiai diverzitásra való kihatás. Az anyagok toxicitásával, elsődleges nyersanyagok használatával, eutrofizációval stb. kapcsolatos modellek, amelyek alapján meghatározták az egyes ekvivalens faktorokat, a metodológia fejlődése ellenére még viszonylag sok bizonytalanságot tartalmaznak.

Az LCA-elemzéssel kapott eredmények ritkán vihetők át egy üzleti környezetből a másikba, azaz egy országból a másikba. Különböző vállalatok különböző termelési technológiákat alkalmaznak, nem egyforma mértékben energiatakarékosak, és a termékeiket különböző szállítási távolságokon disz-

tribuálják. Ehhez kapcsolódnak még az egyes országok energiakeverékeire vonatkozó adatok (egyes energiaforrások arányai a közös nemzeti mérlegben), és a különböző hulladékkezelési infrastruktúra.

Ebből adódóan az LCA eredményei, a komplexitás és holisztikus megközelítés ellenére, objektíven nézve nem nyújthatnak egyértelmű választ arra, hogy a környezet szempontjából melyik csomagoló termék a legmegfelelőbb. S mi több, még kevesebb információval szolgálhat arról, hogy mely termékeket kellene kivonni a forgalomból. Bizonyos változók kis módosításai (pl. a csomagolás tömegének megváltoztatása néhány grammal vagy az újrahasználatos energiaforrások arányának megváltoztatása bizonyos ország átfogó energiamérlegében) nagy hatással lehetnek a végső eredményekre. A szisztematikus és átfogó LCA-elemzés lehetővé teszi a termékek durva összehasonlítását, valamint más fontos információval is szolgál, beleértve azt, hogy hol helyezkednek el az életciklusban a szennyezéssel kapcsolatos „szűk keresztmetszetek”, melyik anyagokat, kiegészítőket és alkatrészeket kellene lecserélni, hogy környezetbarátabbá válnának (Radonjič, 2006).

Az LCA-elemzés módszertani nehézségei ellenére jelenleg a legátfogóbb és legmegbízhatóbb analitikus módszer a termékek

(és csomagolások) környezeti hatásainak értékelésére. A döntéshozatalkor figyelembe kell venni a leírt korlátokat, és megérteni azt,

hogy az LCA-módszer csak támogatást nyújt a döntéshozatal folyamataiban, és nem egy végső kritérium.

Szem előtt kell tartani:

Ha az LCA-módszert különböző csomagoló termékek összehasonlítására használjuk fel, akkor fontos, hogy az összehasonlítás a csomagolás alapvető funkcióján alapuljon. Ez azt jelenti, hogy olyan csomagolásokat érdemes összehasonlítani, amelyek azonos termék csomagolására szolgálnak, és azonos ellátási láncok részei.

Az LCA módszer elsősorban analitikus számítási eszköz, és nem kommunikációs eszköz. Az eredményeit nem könnyű összefoglalni. A környezeti kommunikációhoz léteznek megfelelőbb jelek is.

8.6. Néhány elvégzett LCA-tanulmány példája a csomagolásra

Az eddig elvégzett csomagolással kapcsolatos LCA-tanulmányokat több alapvető csoportra oszthatjuk fel (Radonjič, 2008):

- csomagolóanyagokkal kapcsolatos LCA,
- csomagoló termékekkel (a hulladék kezelési fázisa nélkül) kapcsolatos LCA,
- csomagoló termékekkel (a hulladék kezelési fázisával együtt) kapcsolatos LCA,
- a csomagolási hulladék kezelésének módszereivel és rendszereivel kapcsolatos LCA.

Az LCA-val elvégzett elemzések száma a világon jelentősen növekszik. Eddig már sok ilyen elemzést végeztek el, amelyek közvetve vagy közvetlenül kapcsolódnak a csomagoláshoz. Azonban ezek kapcsán azzal a problémával kellett szembesülnünk, hogy a számítások különböző metodológiákon alapultak, beleértve a különböző környezeti hatások értékelési módszereit. Ez a probléma fokozatosan javul, mert jelenleg a legtöbb LCA-elemzést az ISO 14014/14044 szabvány által meghatározott metodológia segítségével végzik el. A folytatásban bemutattunk néhány, a csomagolással kapcsolatos LCA-elemzést.

Példa: csomagolóanyagokkal kapcsolatos LCA

Számos nemzetközi ipari anyag-termelő szövetség már megfogalmazott és közzétett olyan öko-profilokat, amelyek az anyagaik életciklusainak az elemzésén alapulnak, pl. a Plastics Europe a polimer műanyagokra, a FEFCO a papírra és a kartonra, az International Aluminium Institute az alumíniumra stb. A 13. táblázatban látható a poli(etilén-tereftaláttól) (PET) anyagból előállított 1 kg polimer műanyag öko-profiljának egy része, tekintettel a kiválasztott környezeti kategóriákra, a megfelelő ekvivalensekkel kifejezve. Az adatok a létező technológiák átlageredményeit mutatják, méghozzá a „bölcsőtől az ajtóig” életciklus elemzés adatait (az elsődleges nyersanyag előállításától a PET anyag termelésének végéig a vegyiparban) – a műanyag palackok termelésének fázisát és a hulladék kezelésének fázisát nem tartalmazzák (Plastics Europe 2011). A 13. táblázatban lévő adatokat a csomagolásgyártók (ebben az esetben a PET palackokat) kombinálhatják a saját adataikkal, és a csomagolási hulladék kezelése alatt megjelenő környezeti hatásokkal is.

13. táblázat: Adatok a környezeti hatásokról (környezeti kategóriák) az 1kg PET anyagok termelésekor. (PlasticsEurope 2011).

BEMENETI PARAMÉTEREK		
KÖRNYEZETI INDIKÁTOR	EGYSÉG	ÉRTÉK
Az energia kumulatív használata (bruttó fűtőérték)	MJ	69,4
Abiotikus erőforrások kimerülése		
• Elemek	kg Sb- ekv	0,03
• Fosszilis tüzelőanyagok	MJ	69,0
Megújuló erőforrások (biomassza)	kg	0,001
Víz használata		
• folyamatokban	kg	7,0
• hűtésre	kg	53,0
KIMENETI PARAMÉTEREK		
KÖRNYEZETI INDIKÁTOR	EGYSÉG	ÉRTÉK
Globális felmelegedés potenciálja (GWP)	kg CO ₂ – ekv	2,15
Ózonréteg bomlásának potenciálja (ODP)	g CFC-11 – ekv	0,01
Savasodás potenciálja (AP)	g SO ₂ – ekv	7,90
Nyári szmog (POCP)	g C ₂ H ₄ – ekv	0,59
Eutrofizáció potenciálja (EP)	g PO ₄ ³⁻ – ekv	0,81
Por/szilárd részecskék	g PM ₁₀	6,92
Minden szilárd részeke hulladék (feldolgozás előtt)	g	7,1
• nem káros	kg	0,57
• káros	kg	0,0045

Szem előtt kell tartani:

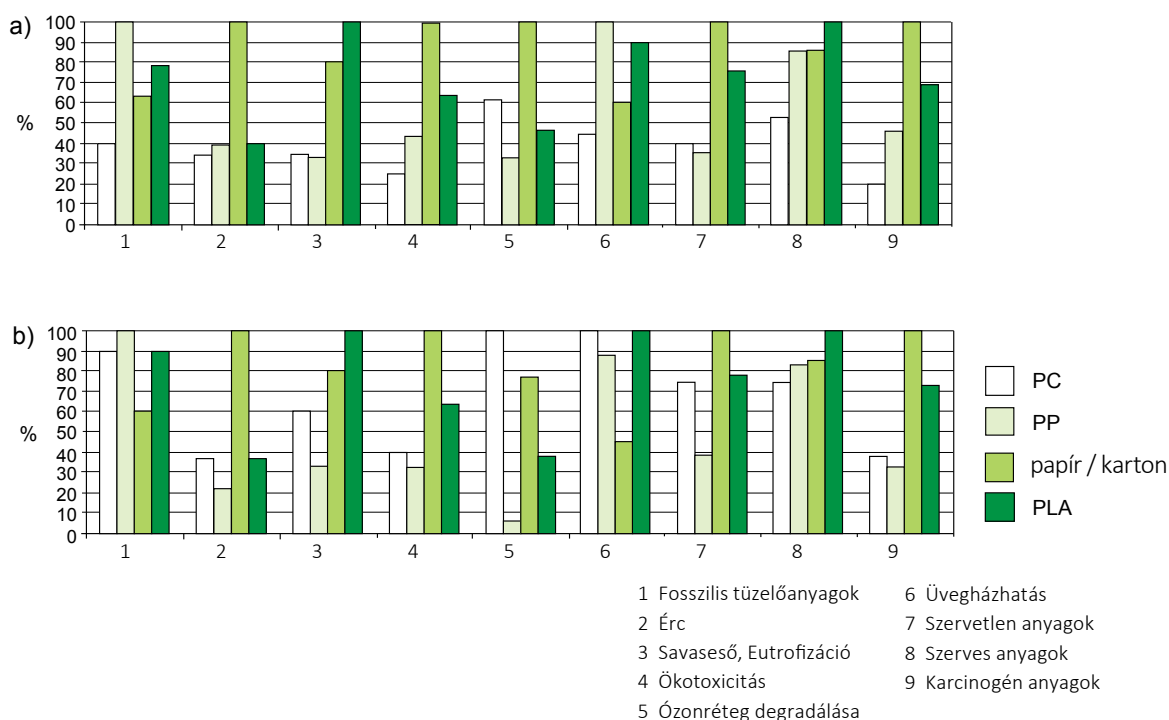
A 13. táblázatban található adatok nem a különböző csomagolóanyagok összehasonlítását szolgálják, hanem a változások gyors és durva értékelését könnyíthetik meg, amínél lehetséges a csomagolóanyagok lecserélése stb. E táblázat általános adatai nem tartalmazzák a csomagolási hulladék kezelése során megjelenő környezeti hatásokat, ezért az anyagok összehasonlítása nem lenne objektív. Továbbá a szakmai szervezetek adatai nem jelentik a végső csomagolási termék adatait.

Példa: Az LCA használata a legmegfelelőbb csomagolási alternatívák keresésében

A belgiumi, Flandria régióban található, a Hulladékért felelős Állami Ügynökség arra törekedett, hogy információkat szerezzen arról, hogy melyik csomagolástípus a legmegfelelőbb az italok felszolgálására nyilvános eseményeken. Az említett régióban évente 100.000 eseményt rendeznek, melyek közül körülbelül 200 nagyobb méretű (több mint 10.000 látogató). Ezek következménye a nagy mennyiségű hulladék keletkezése, köztük pedig a műanyag itálpoharak dominálnak. A többszörös használatra alkalmas poharak használatát 2002 óta ösztönzi az ügynökség. Ez sikeresnek bizonyult a kisebb eseményeken, a nagyobbakon pedig a sok látogató miatt kevésbé vált be. Aztán – alternatívaként – új műanyag poharak jelentek meg biodegradálható műanyagból (PLA). A megfelelő környezeti politika kialakításának érdekében a hulladék és más környezeti hatás csökkentésére a nyilvános eseményeken az ügynökség

megrendelte az LCA-elemzés elkészítését – különböző pohártípusokra, amelyeket a nyilvános eseményeken használtak (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).

E célból négy alternatív lehetőséget tanulmányoztak át, mégpedig: többszörös használatra alkalmas polikarbonátból (PC) készült pohár, egyszeres használatra alkalmas polipropilénből (PP) készült pohár, kartonból készült pohár polietilén (PE) bevonattal, és biodegradálható politejsavból (PLA) készült pohár. Az esttanulmányt két példára készítették el: kisebb eseményekre (2000-5000 látogató) és nagyobb eseményekre (több mint 30.000 látogató). Az eredmények összehasonlítása a négy csomagolás típusra a 22. ábrán látható, mégpedig olyan módon, hogy az a pohár, amely legnagyobb környezeti hatást gyakorol egy bizonyos környezeti kategórián belül, 100%-os értékkel van bemutatva. A poharak többi típusának értékeit pedig azokkal a százalékokkal fejezték ki, amelyeket a 100%-os skálán értek el.

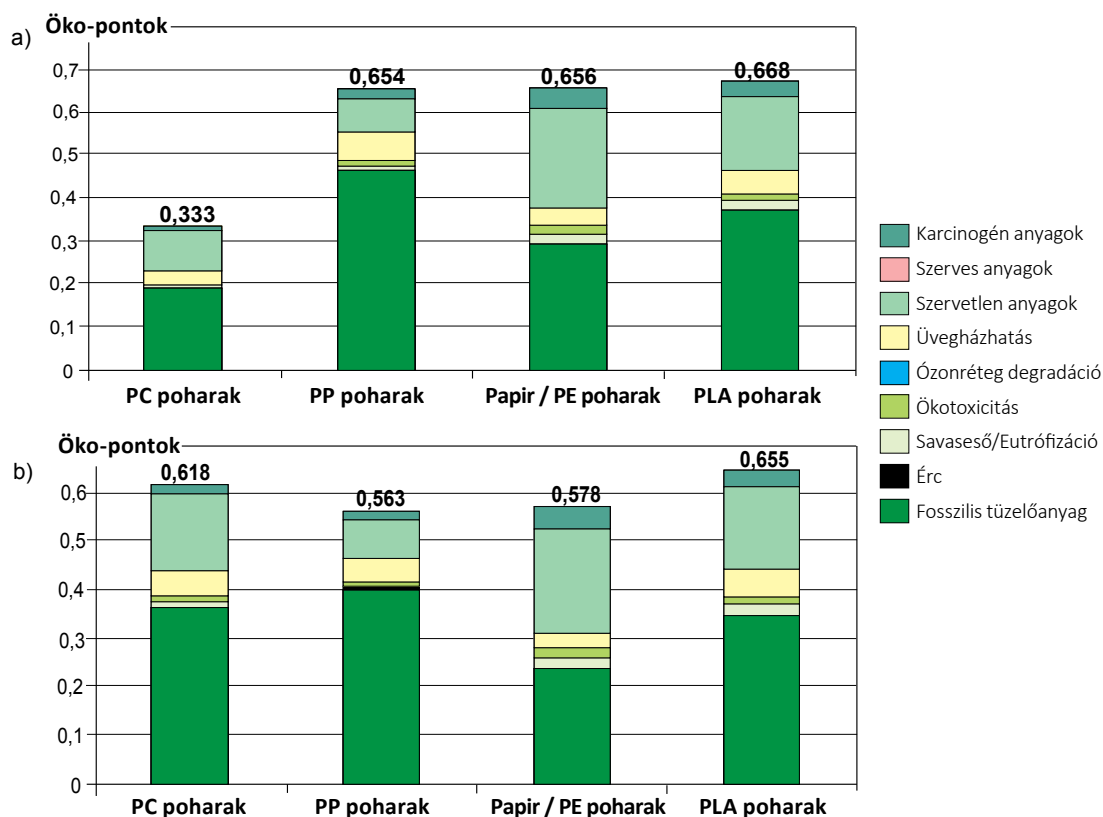


22. ábra: Az LCA-análízis eredményei 4 különböző típusú pohárra: (a) kisebb rendezvényekre, (b) nagyobb rendezvényekre (az adatok Belgiumra specifikusak) (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).

A végső eredmények összehasonlításával – mind a 4 pohártípusra és mindkét eseményre – az elemzés során arra a következtetésre jutottak, hogy a tanulmányozott pohártípusok közül az egyikről sem állítható – tudományos érvek alapján –, hogy környezeti szempontból az ilyen eseményeken valamelyik pohár használata jobban, illetve kevésbé felel meg. Míg a PP-ből készült pohár a legmegfelelőbb az elsődleges nyersanyagok használatának szempontjából, másfelől az üvegházhatás (szénlábnyom) legnagyobb okozója. A poharak összehasonlításakor – a nagyobb és kisebb események függvényében – a legnagyobb különbség a visszaváltható PC-ből készült poharaknál volt tapasztalható, amelyeknek a nagyobb eseményeken láthatóan megnőtt a hatásuk. Ezt a különbségek többek közt az alacsonyabb arányú visszaváltásnak

tulajdonítják – a maximálisan elvégzett gépi mosással összehasonlítva, ami extra energiafelhasználást jelent.

Továbbá lehetséges értékelni az egymás közötti különbségeket a tanulmányozott poharak között két további LCA elemzési lépés, a normalizáció és az egyensúlyozás segítségével, amire nagyfokú szubjektivitás jellemző (8.4. fejezet). Az eredményeket a 23. ábra tartalmazza. Az ábrán látható, hogy a visszaváltható PC-ből készült poharak a legjobb öko-pontokkal rendelkeznek – a többi három lehetőséggel összehasonlítva. Az öko-pontok magasabb értéke nagyobb környezeti hatást jelent (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).



23. ábra: Az LCA-elemzés eredményei 4 különböző pohártípusra, öko-pontokkal kifejezve: (a) kisebb rendezvényekre, (b) nagyobb rendezvényekre (az adatok Belgiumra specifikusak) (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).

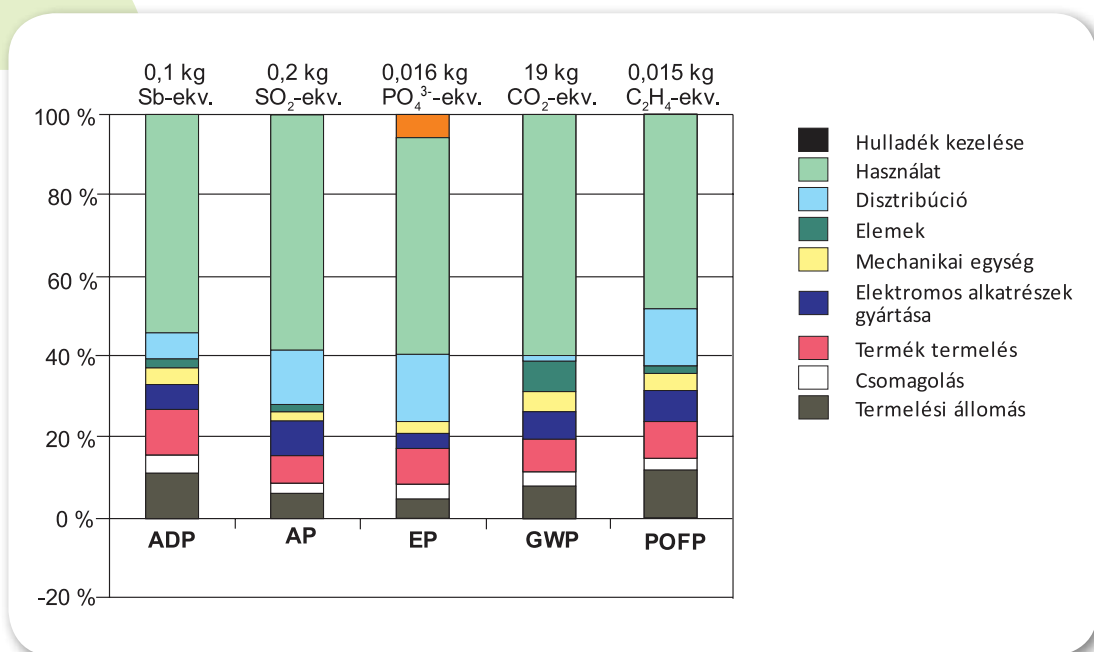
A biodegradálható PLA polimerrel kapcsolatosan hasonló következtetéseket vonhatunk le, mint amilyeneket az 5.4. fejezetben megfogalmaztunk. Várható, hogy a PLA környezeti profilja idővel javulni fog a többi műanyagokhoz képest (javított tulajdonságok, és ebből következően kevesebb anyag felhasználása, a termelési folyamat nagyobb hatékonysága, a biomassza nagyobb teljesítménye).

Példa: Az LCA használata a termék rendszerének átfogó elemzési eszközeként

Egy spanyol – játékok tervezésével foglalkozó – vállalat a külső egyetemi partnereivel elvégezte egy termékük – medve (maci), amely mozog és beszél – LCA-elemzését. Ezt a játékok Kínában gyártják, és Spanyolországban fejlesztik. Az LCA-elemzés tartalmazta az összes szükséges anyag termelését, a csomagolás gyártását, a tengeri és a szárazföldi szállítást, a játék használatát és az azt követő kezelést (amikor

hulladékká válik). Öt standard környezeti kategóriát tanulmányoztak (Muñoz et al. 2009). Az LCA-elemzést az ösztönözte, hogy egyre nagyobb nyomást gyakoroltak az EU-szabványok miatt az elektronikus és elektrotechnikai iparra, továbbá a termék minőségének és versenyképességének a javítása az öko-dizájn koncepciójának bekapcsolásával. E célból megfelelő adatokra van szükség a termék életciklusában megjelenő környezeti hatásokról, beleértve a csomagolást is.

A 24. ábra egy játékmedve LCA-elemzésével kapott eredményeket ábrázolja, beleértve azt az arányt is, amelyet a csomagolás a termék életciklusában képez (kereskedelmi, gyűjtő és szállítási csomagolás). A használat fázisa (az elemek használatát is beleértve) járul legnagyobb mértékben hozzá a környezet terheléséhez. A gyártás fázisának hozzájárulása a környezet terheléséhez relatívan kicsi ebben az esetben, mint az aluli ábrán is látható.



24. ábra: Az LCA-analízis eredményei – gyerekjáték. (Muñoz et al. 2009).

Ebben az esetben az adott termék javításához a gyártó kilenc intézkedést vezetett be, úgy rövid távúakat, mint közép- és

hosszú távúakat is. A rövid távú intézkedések közé tartozik a különböző csomagolóanyagok csökkentése és a különböző műanyagok

használatának az elkerülése – az egyszerűbb újrahasznosítás miatt. Az életciklus szempontjából, további hatás csökkentésének érdekében intézkedéseket kéne bevezetni a csomagolás beszállítójával kapcsolatban, beleértve a gyártást és szállítást is. Az effajta eredmények a környezeti célok prioritásainak a meghatározási alapját képezik.

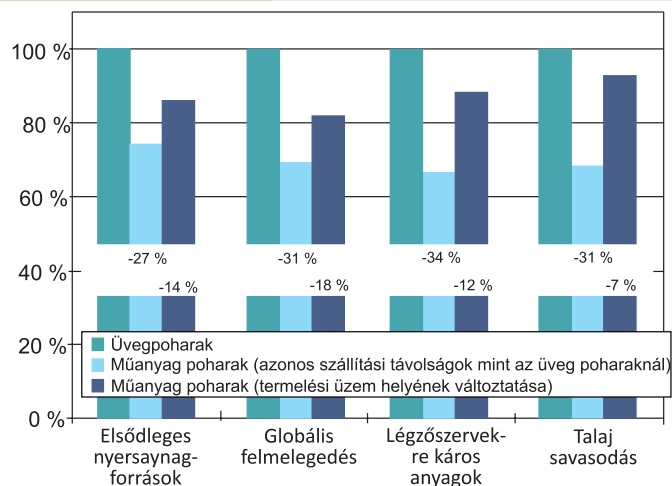
A csomagolás hozzájárulása a környezet terheléséhez különböző termékeknél változik. Némely esetben (pl. élelmiszerek, italok) domináns is lehet. Ezért az ilyen esetekben szükséges további figyelmet szentelni a természetbarát csomagolás tervezésének. Az olyan terméket, amely meg kívánja szerezni a természetbarát jelzőt, nem lehet olyan csomagolásba csomagolni, amelyre nem végeztek el környezeti optimalizálást.

Példa: Az LCA használata a csomagolóanyag lecserélésekor a vállalatban

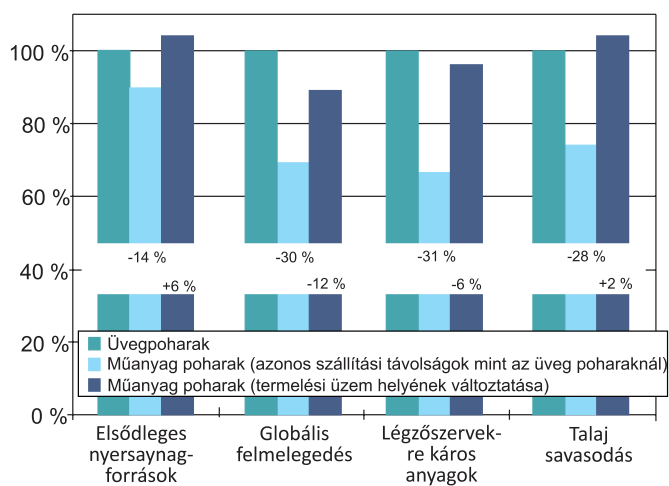
2007-ben a Nestlé vállalat LCA-elemzést végzett el a gyermekétel csomagolására vonatkozóan (Humbert et al. 2009). Ezt az ösztönözte, hogy a létező csomagolást le kívánták cserélni újra, illetve meg kívánták változtatni a csomagolóanyagokat. Sok éven át a gyermekételek csomagolására üvegpalackokat használtak, fém kupakkal és papír címkékkel. Az esettanulmánnyal szeretnék volna meghatározni, hogy milyen környezeti hatásokkal járna az, ha az üvegpalackokat lecserélnék polipropilénből készült műanyag csomagolásra, mégpedig különböző gyermekételek csomagolási rendszerein belül Franciaországban, Spanyolországban és Németországban. Az üvegcsomagolásba csomagolt gyermekételeket Németországban gyártják a német és francia piac igényeire, továbbá Spanyolországban a spanyol piac igényeire. Franciaországban pedig új gyártási üzem felállítását tervezték. Ez azt jelenti, hogy nem csak a csomagolóanyagok környezeti hatásainak tanulmányozását végezték el, hanem a termék átfogó életciklusának tanulmányozását,

ami tartalmazza a szállítási rendszer specifikációit, gyártást, energiafelhasználást és a hulladék kezelését az említett országokban. Az elemzésbe belefoglalták az összes kiegészítő és szállítási csomagolóanyagot. 15 környezeti kategóriát tanulmányoztak át. A 25. ábra ezek közül négyet mutat be – mindegyik országra külön-külön. Az eredmények százalékban vannak megadva – a javulás, azaz romlás – egy-egy környezeti kategóriára – mint a csomagolási rendszer szubsztitúciójának következménye a referens értékekkel összehasonlítva (100%), amelyek az üvegpalackokra érvényesek.

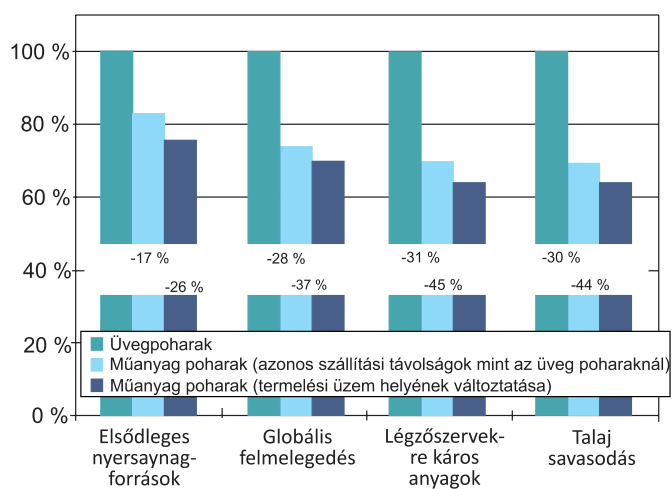
A 25. ábrán látható, hogy a műanyag csomagolás segítségével az azonos szállítási távolság esetében a környezeti hatások 1/3-ára csökkennek – az üvegcsomagolással összehasonlítva. Ehhez a minimalizált anyagfelhasználás, a szállítással kapcsolatos kibocsátások csökkentése, az új energiahatékony csomagolás sterilizációjának folyamata és a műanyag hulladék – használat utáni – kezelése járul hozzá. A műanyag csomagolást gyártó üzem új elhelyezkedése, és az ezzel járó megváltozó szállítási távolságok miatt az országok közt különbségek jelennek meg a környezeti hatásokkal kapcsolatban, mint az a 25. ábrán is látható. Az ábrán 4 környezeti kategória látható, az elemzésbe pedig 15-öt foglaltak bele. A 25. ábra bizonyítja, hogy a hatékony energiaforrás felhasználása, az üvegházhatás (szénlábnyom), a légzési szennyezőanyagok kibocsátása és talaj savasodása szempontjából a PP-ből készült műanyag csomagolás jobb választás (az üzem elhelyezkedésétől függetlenül). Az eredmények arra mutatnak rá, hogy a műanyag csomagolás környezeti hatásai – ha azt Franciaországban gyártják – romlanak a növekedő szállítási távolság miatt (a gyártól az ételpalackozó üzemig). A 15 kategória közül csak kettőben erősítették meg az üvegcsomagolás környezetnek való megfelelését, a többi hatban pedig a kapott eredmények összehasonlíthatóak az összes csomagolási termékekkel.



a) Németországi piac



b) Spanyolországi piac



c) Franciaországi piac

25. ábra: Az LCA-elemzés eredményei az alternatív gyermekételek csomagolásának rendszereire (az adatok specifikusak a tanulmányozott példára) (Humbert et al. 2009).

Példa: Minden nem úgy van, ahogy a többség gondolja!

A műanyag csomagolás a csomagolóanyag közt minden bizonnyal a legstigmatizáltabb. A műanyag csomagolásra vonatkozó állítások nem lágyulnak, és elsősorban a hosszú távú létezésükre koncentrálnak, mert a lebomlási képességük igen gyenge. Ennek kapcsán mindig elfelejtjük, hogy sem az üveg, sem pedig az alumínium nem bomlik szét, de e két példában ez az állítás nem jelenik meg. Emiatt gyakran adnak hangot olyan javaslatoknak, miszerint a műanyag csomagolást le kellene cserélni más anyagokkal (üveg, fémanyagok stb.).

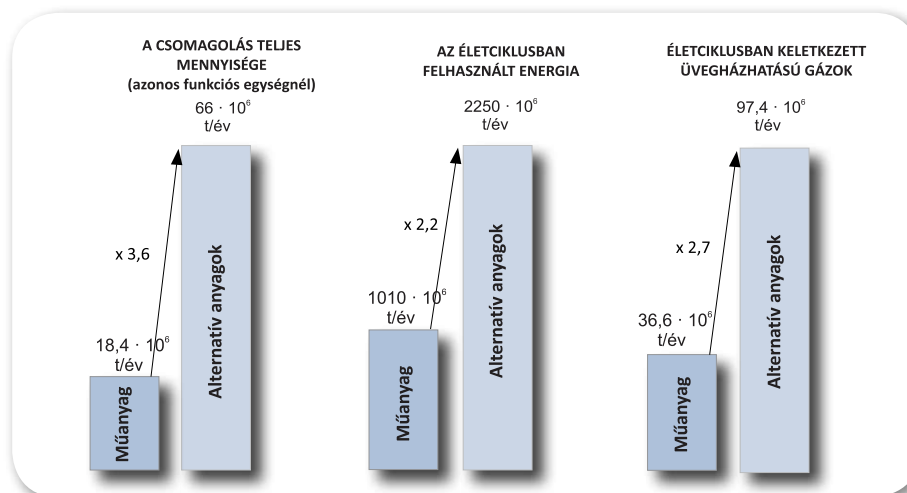
Mi történne Európában, ha a műanyag csomagolásokat teljes egészében lecserélnék más csomagolási anyagra – ezt szeretnék volna megállapítani a Műanyag-gyártók Európai Szövetségében, a Plastics Europe-ban. E célból egy ausztriai céget – a környezeti tanácsadással és dizájnnak foglalkozó – Denkstattot, és egy német szervezetet, a GVM-et kérték fel. Az elemzés célja – többek között – a felhasznált energia és az üvegházhatású gázok mennyiségének a kiszámítása volt a műanyag termékek életciklusaiban. Az elemzés magába foglalta az Európában létező (EU-27) műanyag csomagolások lecserélését olyan alternatív csomagolóanyagokra, amelyek jelenleg elérhetők a piacon (Brandt és Pilz, 2011).

Annak érdekében, hogy a műanyag csomagolás elméleti lecserélésére modellt tudjanak kifejleszteni, a műanyag csomagolás közös piacát először hét műanyag csomagolóanyag csoportjába osztották fel. E hét csoport keretében 57 csomagolóterméket tanulmányoztak át részletesen, mégpedig a PE-LD-t, PE-LLD-t, PE-HD-t, PP-t, PVC-t, EPS-t, PET-et, a fehérbádogot, acélt, egyszerű kartont, papírt, összetettebb kartont és a fán alapuló csomagolást. A Denkstatt és a GVM szervezet olyan modellt fejlesztett ki, amely 32 cso-

magolás kategórián, több mint 70 különböző anyagon és adatbázison alapul, és ezek több mint 26.000 különböző csomagolóanyagot és különböző méretű, volumenese és tömegű terméket tartalmaznak.

A tanulmány eredményei megmutatták, hogy a teljes műanyag más anyagokra való lecserélése esetében a következő történne (26. ábra):

- a csomagolás tömege 3,6-szor megnőne;
- az energiafelhasználás 2,2-szor több lenne, azaz 1.260 millió GJ/évente, ami ekvivalens 27 Mton kőolajjal 106 tankerben, azaz olyan energiát képvisel, ami 20 millió lakást melegíthet;
- az üvegházhatású gázok kibocsátása 2,7-szeres értékére nőne, ami 61 millió tonna CO₂-ekvivalenst tenne ki évente, ez pedig évente 21 millió jármű kibocsátásával hasonlítható össze, illetve Dánia egész évi kibocsátásaival.



26. ábra: A műanyag csomagolás alternatív csomagolási anyagokra történő lecserélésének megjósolt következményei. (Brandt és Pilz, 2011).

A szénegyenleg (meghatározása a következő: üvegházhatású gázok mennyisége, amelyek nem fogják szennyezni a környezetet a műanyag csomagolások használata miatt, összehasonlítva az üvegházhatású gázok mennyiségével, amelyek a műanyag termékek gyártásának a következményei) EU-ban körülbelül 5, ami azt jelenti, hogy a műanyag csomagolás használata ötször hasznosabb azokkal a kibocsátásokkal összehasonlítva, amelyeket a levegőbe bocsátottak ki a műanyag csomagolások gyártása során. Megállapították, hogy a tanulmány átfogó következtetései nem változnak abban az esetben sem, ha a számítások az újrahasznosítást is tartalmazzák (Brandt és Pilz, 2011).

E tanulmány eredményei, amelyek a csomagolóanyagok életciklusának elemzésén

alapulnak, megerősítik, hogy milyen fontos az, hogy a csomagolással átfogóan, és nem csak részben foglalkozzanak. A tanulmányban nem határoztak meg más környezeti kategóriákat, más LCA-elemzésekben azonban foglalkoznak a különböző típusú műanyag csomagolások összehasonlításával más típusú csomagoló anyagokkal, amelyek különböző termékek számára készültek. Az eredmények szinte minden példára mások. Ugyanakkor mindegyik eset azt bizonyítja, hogy környezeti szempontból nincsen superior csomagolási anyag, és olyan sem, amely a negatív környezeti hatásaival kiemelkedne. Mindegyik csomagolási terméket, amelynek meghatározott felhasználási célja van, át kell tanulmányozni, és figyelembe kell venni a konkrét specifikus feltételeket (üzleti, állami stb.)

Említésre méltó

Az LCA-elemzés eredményei csak ritkán jelenthetik a különböző csomagolóanyagok és más termékek összehasonlítási alapjait. Ez csak kivételes esetekben lehetséges pl., ha az összehasonlítási elemzés az egységes LCA-elemzés keretén belül zajlik, ahol az összes elemzés alatt álló rendszer termékeire egyforma határok és általános adatok jellemzők. Ugyanakkor az LCA-elemzésben, amellyel termékeket hasonlítunk össze, olyan szakértőknek (pl. anyagtermelők) kell részt venniük, akik sajátos adatokkal tudnak szolgálni bizonyos iparágakról.

Egy ilyen típusú elemzés befejeztével az eredmények nem alkalmazhatóak más országra, azaz más üzleti területekre, mert azokra másféle sajátos tulajdonságok jellemzők (energiaszektor, technológiai szektor, szállítási szektor, hulladékkezelési rendszerek stb.).



9. A csomagolás szénlábnyma

9.1. A termék szénlábnymának módszertani koncepciója

Az elmúlt években a környezetvédelem kommunikációs területén a világban és nálunk is használatba került a szénlábnym fogalma. A szénlábnym az üvegházhatású gázok kibocsátásának összegét jelenti, amelyet az egyének, szervezetek, események vagy termékek közvetlenül vagy közvetve okoznak. A légkörbe kerülő üvegházhatású gázok hozzájárulnak az üvegházhatás kialakulásához. Ezek a gázok a következők: széndioxid (CO_2), metán (CH_4), dinitrogén-oxid (N_2O), hidro-fluor-szénhidrogének (HFC), per-fluor-szénhidrogének (PFC) és kén-hexafluorid (SF_6). Az üvegházhatású

gázok kibocsátásai különböző tevékenységek következményei, mint például a foszszilis tüzelőanyagok égetése, bizonyos más kémiai reakciók, technológiai tevékenységek végrehajtása, szállítás, felhasználás és a föld használata, mezőgazdasági folyamatok, az étkezés módszere (állattenyésztés, trágyázás), valamint a hulladéklerakókban keletkezett gázok. Minden termék (a csomagolással együtt) közvetve és/vagy közvetlenül üvegházhatású kibocsátásokat okoz, mert a termelésüknél, szállításuknál és használatuknál, azaz a hulladék feldolgozásakor energiára van szükség, amit még mindig – nagyméretekben – a foszszilis tüzelőanyag égetésével termelnek.

Üvegházhatás

A Föld légkörébe bejutó napsugárzást, a Föld felülete abszorbeálja és ez által melegíti azt. E energiának része a felmelegedett Föld felületéről – hosszú hullámú sugárzás formájában – visszaverődik az űrbe. Normális körülmények között a sugárzás egy részét a légkör szívjába. Az üvegházhatás azért keletkezik, mert a légkör alsó rétegei több infravörös – a Föld felületéről érkező – sugárzást tartanak meg. Némely gázok a légkörben erősen abszorbeálják a hősugárzást, ami a Föld felületétől verődik vissza. Ezeket közös néven üvegházhatású gázoknak nevezzük. Ennek eredményeként az alsó rétegek hőmérséklete megnő, amit üvegházhatásnak nevezünk.

Az üvegházhatású gázok közül mindegyik más globális felmelegedési potenciállal rendelkezik, amit ekvivalens faktorként is ismerünk. Egy bizonyos üvegházhatású gáz **globális felmelegedési potenciálja (GWP)** megmutatja, hogy az anyag relatívan milyen mértékben káros az üvegházhatásra nézve (további információk erről a 9. fejezetben találhatók). Annak érdekében, hogy ezeket a különbségeket

figyelembe lehessen venni, illetve hogy az anyagokat egymás közt össze lehessen hasonlítani, egy referens anyagot határoztak meg (CO_2), aminek a globális felmelegedési potenciáljának értéke 1 (14. táblázat). Az értékek többnyire a globális felmelegedés potenciáljának 100 éves időszakának kibocsátásai kezdetén alapulnak (GWP_{100}).



A különböző üvegházhatású gázok kibocsátásai átszámíthatók az úgynevezett **széndioxid ekvivalensekbe (CO₂-ekv)** oly módon, hogy az üvegházhatású gázok mennyiségeit (tömegeit) megszorozzák a megfelelő globális felmelegedési potenciálokkal (14. táblázat).

Ilyen átszámítás lehetővé teszi a különböző üvegházhatású gázok összeadását azonos egységben, ami aztán a szénlábnyomot adja meg. A szénlábnyom egysége az ekvivalens széndioxid (CO₂-ekv).

14. táblázat: A globális felmelegedés potenciáljai a különböző üvegházhatású gázokra. (IPCC 2007)

Üvegházhatású gázok	Globális felmelegedés potenciálja GWP ₁₀₀
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
CCl ₃ F (CFC-11)	4.750
CCl ₂ F ₂ (CFC-12)	10.900
C ₂ F ₃ Cl ₃ (CFC-113)	6.130
C ₂ F ₄ Cl ₂ (CFC-114)	10.000
C ₂ F ₅ Cl (CFC-115)	7.370
CHF ₂ CF ₃ (HFC-125)	3.500
CFH ₂ CF ₃ (HFC-134a)	1.430
CCl ₄	1.400
CF ₃ Br (Halon 1301)	7.140

A termék szénlábnyoma az LCA-elemzés része

A termék szénlábnyoma (ide tartozik a csomagolás is) az LCA-elemzés része (8. fejezet), amit már évtizede mindössze másféleképpen neveznek (globális felmelegedés potenciálja). Még csak az utóbbi években – a politika és a sajtó növekvő figyelme, valamint a nyilvánosság-nak a klímaváltozással kapcsolatos aggodalma miatt – növekedett az üvegházhatású gázok kumulatív összege iránti érdeklődés – a termékek átfogó életciklus elemzéseiben. Ennél az életciklus fogalma teljesen egyenlő a már 8. fejezetben leírt definícióval, és az LCA-elemzés alapvető módszerét jelenti. Röviden: a termék szénlábnyoma az LCA-elemzés része, azaz szegmense, ami a szénlábnyomnak lehetővé teszi az egyszerűbb kommunikációt, és megértést az üzleti világban és nyilvánosságban.

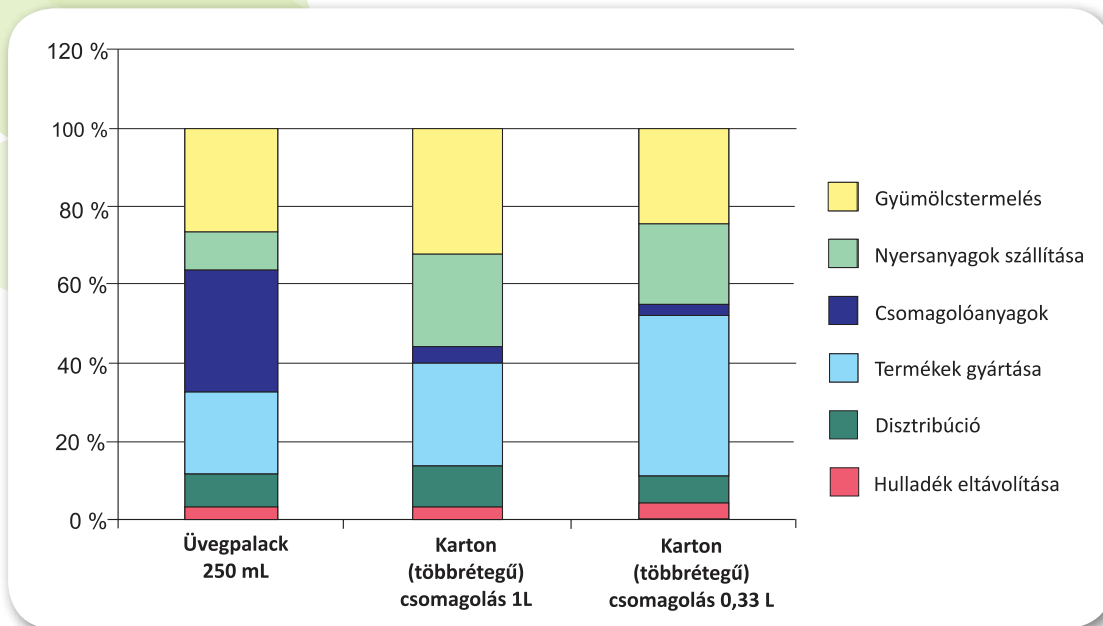
Általánosságban két különböző típusú szénlábnyomot különböztetünk meg: az egyik a szervezetek, a másik pedig a termékek számára szolgál. Mindkettő több esetben kapcsolódik egymáshoz, és kölcsönösen függ egymástól. A termék szénlábnyoma (csomagolás) a környezeti életciklus elemzésen alapul (hasonlóan, mint az LCA-elemzésnél, nézd a 8. fejezetet). A szénlábnyom meghatározása iránti vágyat az okozta, hogy a szervezetek – a környezeti politikájuk keretében

– meghatározzák és ellenőrizték a lábnyomukat, és lassan csökkentették a kibocsátásaikat. A szénlábnyom meghatározása a mai világban már szinte szükséges vagy kötelező annak érdekében, hogy az üzleti partnerek, nyilvánosság és az állami vagy önkormányzati szervezetek kommunikálni tudjanak egymással a termék értékéről.

A csomagolás szénlábnyoma a gyakorlatban meghatározható külön a csomagolásra,

illetve a csomagolási termékre. Ebben az esetben az eredményekből meghatározhatók az életciklus azon fázisai, amelyek a legnagyobb mértékben járulnak hozzá az üvegházhatású gázok keletkezéséhez, és így módon lehetséges a csomagolás gyártásának az optimalizálása, valamint a csomagolási hulladék kezelése. Meghatározható az arány is, amivel a csomagolás hozzájárul a szénlábnyomhoz. Így a

csomagolás része lehet a termékrendszer átfogó optimalizálásának (27. ábra) (Carbon Trust 2008). A szlovén termelők csomagolásain és reklámjaiban is jelennek meg olyan jelzések (28. ábra), amelyekkel a szénlábnyom csökkentését üzenik (további információ az ilyen megközelítések hiányosságairól és veszélyeiről a következő fejezetben található).



27. ábra: A – különböző csomagolásba csomagolt – gyümöcslé („smoothie”) szénlábnyoma (a csomagolás gyártója az Innocent vállalat) (Carbon Trust 2008).



28. ábra: Szlovén csomagolásgyártó jelzése a szénlábnyom csökkentéséről.

Hekkert és munkatársai egy terjedelmes tanulmányban bebizonyították, hogy a könnyebb anyagok használatával a kereskedelmi csomagolások termelésében az éves CO₂-kibocsátások akár 9%-ig is csökkenthetők, a megfelelőbb anyagokkal való helyettesítéssel 10%-kal csökkenthető, az új csomagolási és termelési technológiák bevezetésével pedig akár 50%-ig csökkenthetők a kereskedelmi csomagolás CO₂-kibocsátásai (Hekkert et al. 2000). A szállítási csomagolás esetében pedig a dematerializációval és helyettesítéssel

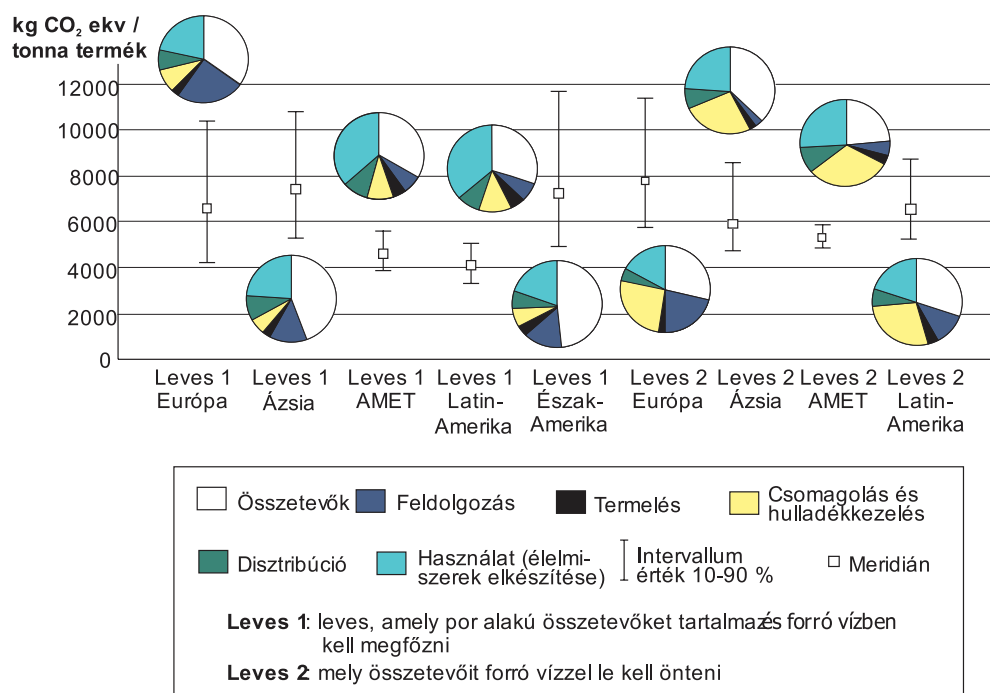
lehetséges a CO₂-kibocsátások csökkentése, akár 12%-ig (Hekkert et al. 2000). E területen lehetségesek a nagy energia megtakarítások és az ezzel kapcsolatos üvegházhatású gázok kibocsátásainak csökkentése, amit Worrell és munkatársai is megerősítettek, akik kiszámították, hogy Hollandiában a csomagolási szektorban a hatékony energiafelhasználás esetében több mint 30%-os energia-megtakarítások lehetségesek a műanyag csomagolás életciklusában (Worrell et al. 1995).

- Ha mindegyik borpalack, amelyet Nagy-Britanniában adnak el, egyforma súlyú lenne, – tehát a súlya megegyezne a legkönnyebb palack súlyával –, akkor 75.000 t CO₂-kibocsátással kevesebb keletkezne.

- Ha bármelyik gabonapehely-doboz, amelyet Nagy-Britanniában adnak el, egyforma súlyú lenne, – tehát a súlya megegyezne a legkönnyebb doboz súlyával –, akkor ez 17.000 t CO₂-kibocsátás megtakarítását jelentené. (DEFRA 2009)

A 29. ábrán láthatóak a Knorr leves termékek (instant levesek) szénlábnyomainak eredményei, amit úgy fejeztek ki, mint a CO₂-ekv/t termékre eső kg a termék életciklusában (Milà i Canals et al. 2011). A termelés ez esetben kisebb arányban járul hozzá a levesek életciklusaiban keletkezett üvegházhatású gázok kibocsátásához. Látható, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásainak csökkentésére legnagyobb esély a termelési folyamat előtti és utáni fázisaiban adódik, beleértve a csomagolás optimalizálását. A 29. ábrán látható, hogy az azonos termékek, illetve termékcsoporthoz tartozók szénlábnyomai a régiótól függően különbözhetnek egymás közt, annak ellenére, hogy a termelő azonos. Ez annak tudható be, hogy bizonyos

energia különböző régiókban másféleképpen hatékony, függ továbbá a különböző megújuló források arányától, a vízenergiától és a nukleáris energiától különböző országokban, valamint a különböző szállítási távolságoktól és a járművek kibocsátásától. Az esztanulmányban kiszámították, hogy a csomagolás és csomagolási hulladék kezelése körülbelül 10%-kal járul hozzá a vállalat üvegházhatású gázok kumulatív kibocsátásához, átszámítva, és a globális eladás kereteibe helyezve. Az, hogy a csomagolás milyen arányban járul hozzá az üvegházhatású gázok egyenlegéhez, termékcsoporthoz termékcsoporthoz különbözik, és minden egyes esetre külön meg kell határozni.



29. ábra: A Knorr instant levesek szénlábnyoma. (Milà i Canals et al. 2011).

9.2. A szénlábnym koncepciójának hiányosságai

A szénlábnym egyre növekvő népszerűsége ellenére az eredményei nem mindig pontosak és érthetőek. A szénlábnym meghatározásának van néhány komoly módszertani és konceptuális nehézsége, amely hat a használhatóságára és objektivitására (Radonjič, 2012; 2012a). A koncepció komoly hiányosságaira az utóbbi években már bizonyos szakmai, ipari, iparági és kereskedelmi szervezetek figyelmeztettek, így például a Joint Research Centre EU, az Európai Fogyasztóvédelmi Szervezet, az Európai Környezeti Iroda, a Hullámos kartoncsomagolás gyártóinak európai szövetsége (Plastics Europe 2008; ANEC/BEUC/ECOS/EEB 2009; Pant et al. 2008; Bolwing és Gibbon, 2009). Még mielőtt elkezdjük a számításokat és az eredmények interpretációját, tudatában kell lennünk eme hiányosságoknak.

A legtöbb probléma a termékek szénlábnymának meghatározásakor jelenik meg – így a csomagolás esetében is. Mint már említettük, a szénlábnym az LCA-elemzés része, ami a termék életciklusának elemzésén alapul. Ezért erre is a 8.5. fejezetben leírt LCA-elemzéshez hasonló hiányosságok jellemzőek.

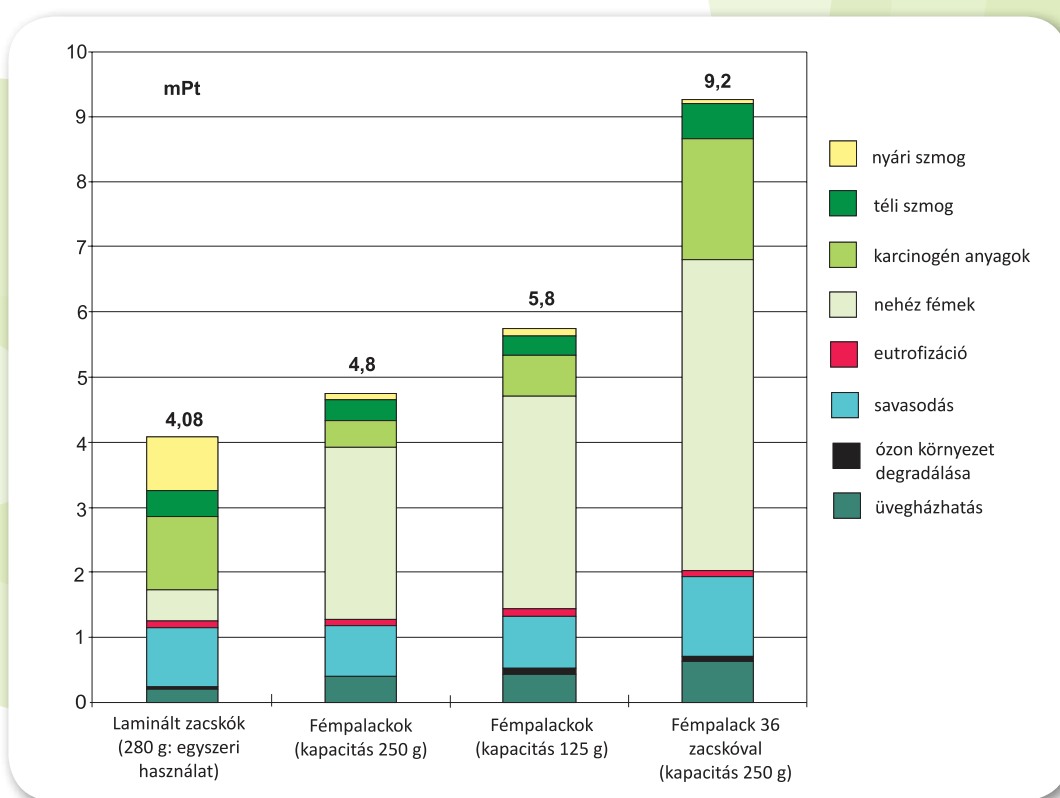
A legnagyobb konceptuális probléma talán abban a tényben rejlik, hogy a szénlábnymmal csak egy környezeti hatást határozzunk meg a sok közül, amit a termékek, szervezetek és tevékenységek okoznak. A szénlábnym mindössze részben közelíti meg a klímaváltozás problémáját. Az utóbbi években számos tanulmányban bebizonyították, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásai (úgynevezett szénlábnym) a termékek életciklusaiban nem feltétlenül tükrözik a domináns környezeti hatást (Radonjič, 2012; Radonjič, 2012a). Ezzel szemben pedig az LCA-elemzéssel a szénlábnym mellett még

más hatásokat is meghatározunk (8. fejezet), ami által objektívebb kép alkotható a szénlábnymról.

Ugyanakkor sokszor előfordul az is, hogy bizonyos termék életciklusának ugyan alacsony a szénlábnyma és a kumulatív energiafelhasználása – más termékekkel összehasonlítva –, ennek ellenére azonban rosszak a többi környezeti tulajdonságai (pl. nagyobb hatást gyakorol a savas eső, a fotokémiai szmog, az ökototoxicitás, stb. kialakulására). Ezért a szénlábnymra való koncentráció a termékek (csomagolás) meghatározásakor annak érdekében, hogy meghatározzuk, vajon természetbarátok-e vagy sem, nem eredményezhet reális képet. Ezt annál inkább fontos szem előtt tartani, mert olyan javaslatok és kezdeményezések léteznek, amelyek a termékek környezetnek való megfelelését a szénlábnym jelei alapján határozzák meg. Az egyik ilyen példát a 30. ábrán mutatja be, amelyen láthatók az LCA-elemzés eredményei – 4 típusú kávécsomagolásra (a hulladék kezelését nem tartalmazza). Az LCA-elemzésben használt módszer összhangban van az ISO 14040 szabvánnyal; az elvégzett számítások alapvető funkciós egysége 1 kg csomagolt kávé volt (De Monte et al. 2005). A tanulmány földrajzilag Olaszországra korlátozódott, az elsődleges nyersanyagok és néhány más anyag termelésével és feldolgozásával kapcsolatos adatok európai adatbázisokból származnak. A külső adatok (a vállalatok szerint) közül még azokat vették figyelembe, amelyek kapcsolatban állnak az energia termelésével és disztribúciójával, valamint a hulladék kezelésével. A 30. ábrán látható eredmények megmutatják, hogy a tanulmányozott csomagolások közül a legnagyobb környezeti hatást a nehézfémek okozzák. Továbbá egyes esetekben fontos szerepük van a karcinogén anyagoknak. Az üvegházhatású gázok kibocsátásai (szénlábnym) a tanulmányozott kávé csomagó-

lásának életciklusában nem tartoznak a legbefolyásosabb környezeti indikátorok közé. Így a nehézfémek és a karcinogén anyagok a nyersanyagok és a csomagolóanyagok termelésének a következményei. A tanulmányozott példa specifikus egy olasz termelőre, és nem alkalmazható más országokra vagy üzle-

ti területekre. Más tanulmányokban is értek el a 30. ábrában található eredményekhez hasonlókat, ami a termékek által – beleértve a csomagolást is – okozott környezeti hatások összetettségére utal, (Murphy et al. 2008; Edwards és Meyhoff Fry, 2011).



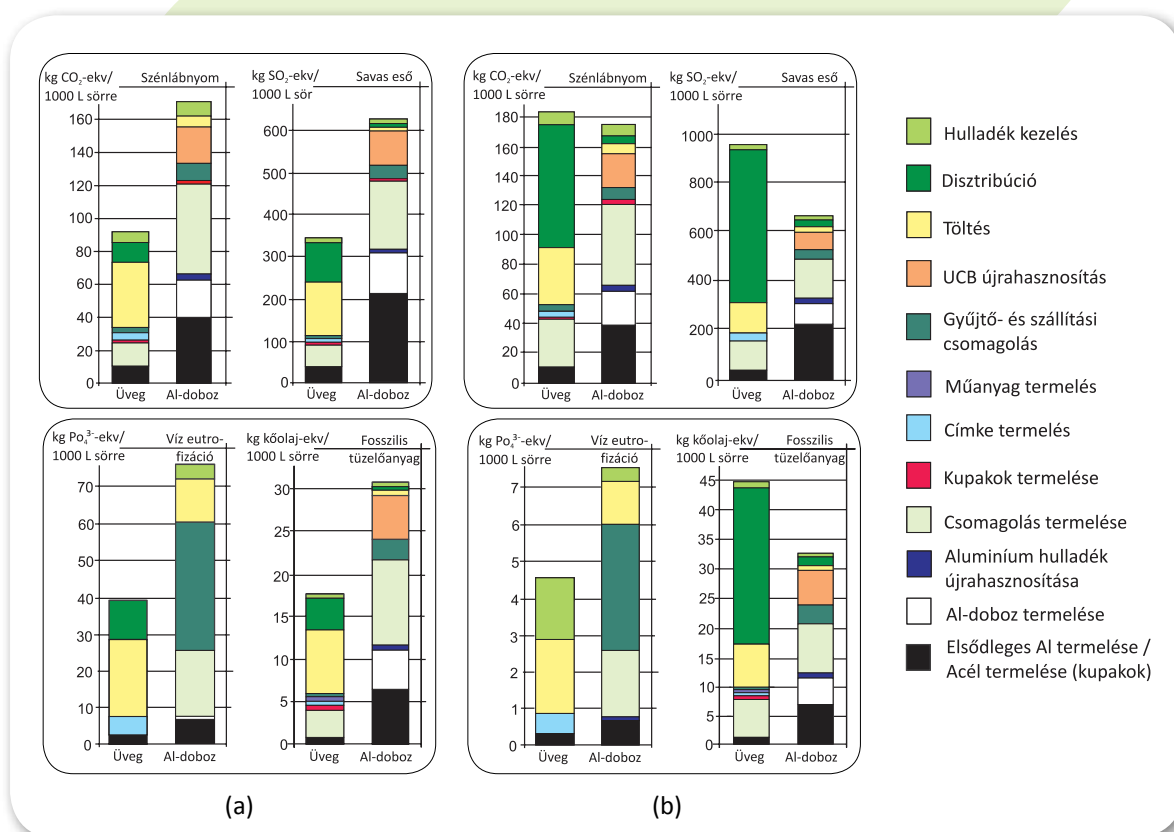
30. ábra: Az LCA-elemzés (beleértve a szénlábnyomot is) eredményei a különböző kávécsomagolásra (ez a példa specifikus egy olasz termelőre). (De Monte et al. 2005).

Jelenleg még nem tettek közzé nemzetközi szabványt a termékek szénlábnyomainak meghatározására, habár annak elkészítése már folyamatban van (ISO 14067). Az angol szabvány PAS 2050 megjelentetésével és figyelembe vételével 2008-ban fontos lépést tettek meg a szénlábnyom objektívebb és átláthatóbb meghatározására. Ennek kapcsán sok olyan számítást végeztek el, amely nem felelt meg a szabvány módszertani követelményeinek. Ma ritkaságnak számít az olyan számítás, amely átlátható és ellenőrzött, valamint igazolt egy független vállalat részéről.

Problémát jelent a termékrendszer határainak a meghatározása, ami annak a kiválasztására irányul, hogy melyik folyamatokat fogja tartalmazni az életciklus és melyikeket nem. Ennek kiválasztása sokszor szubjektív döntéseken alapszik, habár ez az ilyen típusú elemzések egyik fontos tényezője. Ha a rendszert szűk keretek közé szorítják, akkor valószínűleg nem fogja tartalmazni a potenciális kibocsátások forrásait. Ez azt jelenti, hogy a szénlábnyom alá lesz becsülve. Ebben az esetben a vállalatok nem fognak átfogó adatokat kapni az üvegházhatású gázok

eredetéről. Példaként Németország szénlábnyomát mutatjuk be. Az LCA-elemzéssel, ami tartalmazta az üvegházhatású gázok kibocsátásával (szénlábnyom) kapcsolatos számításokat az életciklusban, az alumínium és üveg italcsomagolások környezeti hatásait hasonlították össze. Bebizonyosodott, hogy milyen fontos hatása van a szállítási távolságnak a végső eredményre. A félliteres visszaváltható üvegnek alacsonyabb szénlábnyoma volt, mint a félliteres alumínium palacknak a rövidebb szállítási távolságok esetében. A hosszabb szállítási távolságok esetében pe-

dig fordított helyzet állt fenn (31. ábra). Az alumínium italcsomagolás a kisebb tömege miatt a szállításnál kevesebb mennyiségű üvegházhatású gáz kibocsátását okozta (Detzel és Mönckert, 2009). Olyan esetre, ahol bebizonyítják a szubjektív döntések és feltételezések hatását a végeredményre, sok példa hozható fel. (Radonjić, 2012, 2012a). A 31. ábrán látható eredmények bizonyítják, hogy a többi környezeti hatás is fontos, és hogy a szénlábnyom csupán egyike ezek közül, és nem minden esetben domináns a termék (csomagolás) átfogó környezeti profiljában.



31. ábra: A németországi italok alumínium és üvegcsomagolásainak szénlábnyoma és a többi környezeti indikátor: (a) szállítási távolság: 100 km; (b) szállítási távolság: 680 km (Detzel és Mönckert 2009).

Különböző országok nemzeti energiaegyenlegében eltérőek a különböző energiaforrások arányai (úgynevezett energiamix). Az országok abban különböznek egymástól, hogy az energiarendszerükben milyen a foszszilis tüzelőanyagok aránya (szén, kőolaj, földgáz): némely esetben nagyobb aránnyal bírnak a megújuló források, más esetben pe-

dig a nukleáris és vízi erőművek stb. A termékek (csomagolás) szénlábnyomainak meghatározásakor figyelembe kell venni az ország „energiamixét” –amelybe a vállalat és a termék tartozik –, és ezért a teljesen egyforma termékekre vonatkozóan nagy eltérések keletkezhetnek a szénlábnyommal kapcsolatban. Ez a 29. ábrán is látható. Másképpen

foglalmazva: ugyanannak a terméknek (csomagolásnak) különböző országokban más-más lesz a szénlábnyma. Ezért a termékek címkézése (beleértve a csomagolást) szén-

lábnym jelekkel jogosan megkérdőjelezhető, mert ezek értékei eltérőek, és ezért pusztán ebből az adatból kifolyólag nem lehetséges a termékek differenciációja.

A leírtakból következik:

- a termék (csomagolás) szénlábnyma csak a környezeti hatások egyik szegmensét képviseli az életciklusban, ami bizonyos esetekben nem domináns;
- a termékek szénlábnymai nem hasonlíthatók össze egymás közt a következő okok miatt:
 - a szervezetek a szénlábnymot mindig más módszer segítségével számítják ki, és a kibocsátások forrásait sem klasszifikálják egyformán;
 - a végső eredményre nagy hatással lehet a rendszer határainak szubjektív meghatározása (pl. szállítási távolságok);
 - a végső eredményre nagy hatással van azon ország energiamixe, amelyben a terméket gyártották és alkalmazzák;
 - a végső eredményre hatással van a csomagolási hulladék kezelésének módszere, mert különböző országokban a csomagolási hulladék gyűjtésének és feldolgozásának folyamatai eltérően hatékonyak.

A felsoroltak miatt a termékek (csomagolások) szénlábnymai nem jelenthetik a piaci és jogszabályi termék differenciációjának alapjait.

A fent leírt tények nem azt jelentik, hogy a szénlábnym koncepciója nem fontos. Ellenkezőleg, figyelembe kell venni a hiányosságait, és a vállalat tágabb környezetvédelmi politikájában megfelelő összefüggésben használni. A természetbarát csomagolás fejlesztésével és tervezésével adóttak a lehetőségek az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére, ez pedig kiegészítő hozzájárulást jelent a fenntartható fejlődéshez.



10. A csomagolás öko-dizájnya

10.1. A termék öko-dizájn koncepciójának meghatározása

A termékek fejlesztése és tervezése komplex feladat. A vállalatok a gyakorlatban különböző megközelítéseket, valamint a tervezéshez és fejlesztéshez szükséges eszközöket használnak és kombinálnak. A fejlesztés, azaz a termék tervezése interdiszciplináris csapatmunkát igényel, aminél különböző mérnökök, iparos tervezők, tudományos-kutató személyzet, beszállítók, marketingesek működnek együtt. Világossá vált, hogy a modern jogszabályi és piaci követelmények miatt a fejlődésbe a környezetvédelmi kritériumokat is bele kell vonni.

A termékek (a csomagolást is beleértve) a vállalatok számos üzleti döntéseit tükrözik. Ezekről a döntésről azonban gyakran még csak akkor derül ki, hogy megfelelőek vagy helytelenek, amikor a termék már eljutott a fogyasztóig. A termékek a következő döntéseket tartalmazzák: az elsődleges nyersanyagforrásokról, anyagokról, vegyszerek kiválasztásáról, a termék disztribúciójához és termeléséhez szükséges energia kiválasztásáról. Környezeti hatások pedig nem csak a termelés során keletkeznek, hanem az életciklus más fázisaiban is (a disztribúció alatt, a használata közben és a hulladék kezelésekor).

A hagyományos dizájn általában a termék termelésének és használatának fázisára orientálódik, miközben nem veszi figyelembe a termelés előtt lévő fázisokat (amelyek fontosak, hogy a termelésre sor kerüljön) és a

használatuk utáni kezelést, amikor a termék hulladékká válik. E dizájn környezeti problémái háttérbe szorulnak, vagy extrém esetekben nincsenek figyelembe véve. Felmerül a kérdés, hogy hogyan kellene integrálni a környezeti megközelítéseket a termékek fejlesztéseibe, és ennél mely kritériumokat és eszközöket kellene felhasználni. Fontos az is, hogy a környezeti kritériumok egyensúlyban legyenek a termék más funkcióival, költségeivel és a minőségét illető megközelítésekkel. A környezeti megközelítések integrációja sikeresebb lesz, ha a vállalat a tágabb környezetvédelmi politika, azaz a környezeti menedzsment részévé válik.

Az öko-dizájnt (a termék környezetbarát tervezését) a következőképpen definiálták: „környezetvédelmi szempontok integrálása a termékek tervezésébe és fejlesztésébe, azzal a céllal, hogy csökkentsék a gyakorolt negatív hatásokat a termék átfogó életciklusában (ISO 2011). Tehát a természetbarát termékek tervezése úgy határozható meg, mint egy folyamat, amelynek során a szisztematikus környezeti, egészségi és biztonsági tényezőket figyelembe veszik a termék tervezésekor, a nyersanyagok termelésétől egészen a hulladék kezeléséig.

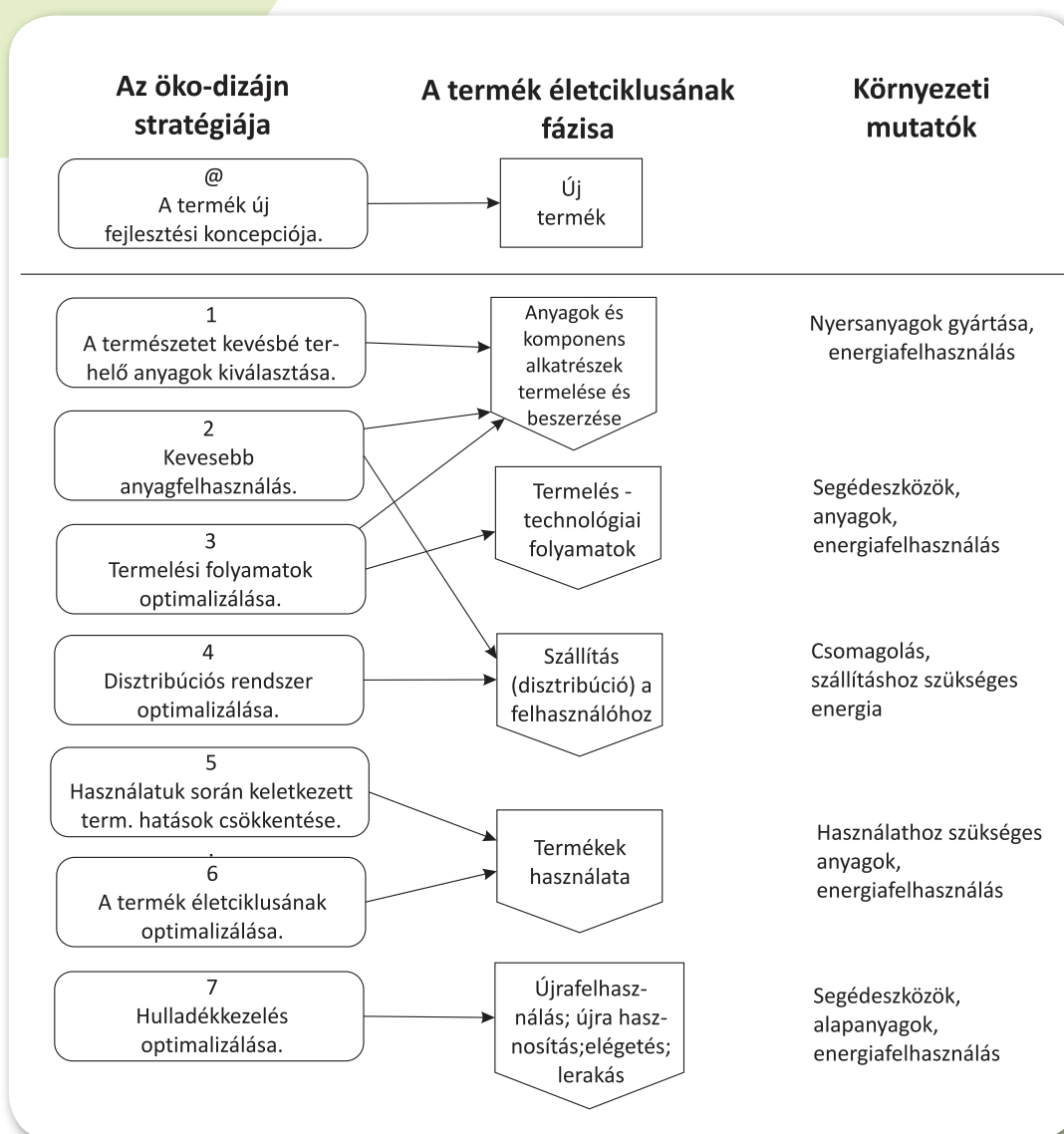
Az öko-dizájnál – a megfelelő anyagok, struktúrák használatával és a megfelelő technológiai folyamatokkal – csökkenteni kívánjuk az anyagok és energiák használatát egy termék egységére, a mérgező és káros anyagok használatát szeretnénk megszüntetni és/vagy megkönnyíteni az újrahasznosítási

folyamatokat. A környezeti problémák azonosítása a korai fázisokban a szervezeteknek lehetővé teszi, hogy egyrészt megfelelőbb döntéseket hozzanak, másrészt pedig azt, hogy jobban megértsék a hozott döntések hatásait a környezeti szempontokra, amelyekről más aktőrök hoznak döntést – például az alap és kiegészítő termékek gyártói, a hulla-

dékok feldolgozói stb. A természetbarát termékek tervezési megközelítései és koncepciói különbözőek, és gyakran kapcsolódnak egymáshoz. A termékek különböző életciklus fázisait tartalmazzák, ami lehetővé teszi a különböző öko-dizájn stratégiák bevezetését (32. ábra).

Érdeemes megjegyezni:

Az öko-dizájn megelőző megközelítést jelent a termék környezeti hatásainak a csökkentésére. Ezeket a termék átfogó életciklusán keresztül igyekszik rendszerezetten csökkenteni.



32. ábra: A termék különböző öko-dizájn stratégiái. (Brezet és van Hemel, 1997)

Tehát az öko-dizájnval olyan lehetőségeket keresünk, amelyekkel csökkenthetők (vagy eltávolíthatók) a környezeti hatások, még mielőtt megjelennének. Köztudott, hogy a termék fejlesztési fázisában határozzák meg a környezeti hatások és a hozzá kapcsolódó költségek 70-80%-át. Miután elkészült az alapterv, és meghatározták a szükséges termelési technológiákat, csak kevés esély van a folyamatok hatékonyságának növelésével

és a hatások csökkentésével kapcsolatos intézkedések beiktatására. A környezetbarát tervezés megközelítésének eredményeként olyan termékek keletkeznek, amelyek az életciklusaikban a legkisebb mértékben terhelik a környezetet. A körkörös áramlás sikeres eléréséhez már a fejlesztési fázisban szükséges minél több környezeti fázist bekapcsolni az életciklusba (Radonjić, 2008).

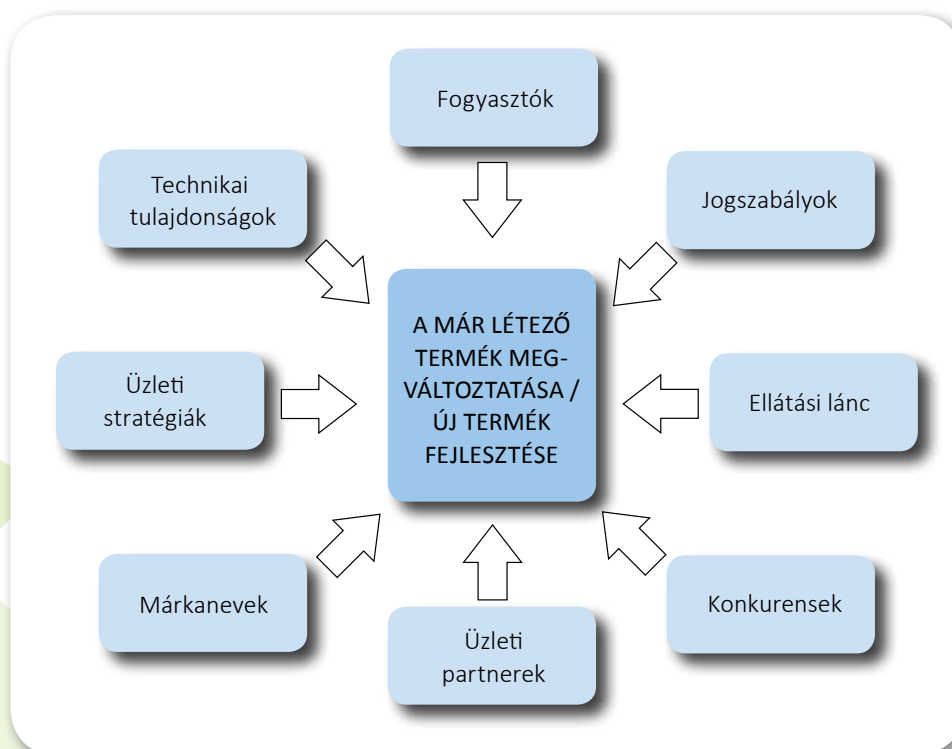
Figyelembe kell venni:

A termékek életciklusai – beleértve a csomagolást is – tartalmazzák a nyersanyagok, más anyagok és a vegyszerek termelésének fázisait. Emiatt a gyártónak és felhasználónak olyan érzése lehet, hogy a negatív környezeti hatások ebben az esetben kapcsolatban állnak a nyersanyagok, más anyagok és a vegyszerek gyártásával, amit nem tudnak ellenőrizni. Közvetlenül ez ugyan igaz, de a csomagolás felhasználója a beszállítóinak küldhet bizonyos jelzéseket a környezeti elvárásaival kapcsolatosan.

10.2. A csomagolás öko-dizájnjának alapvető szempontjai és megközelítései

A csomagolás tervezése és fejlesztése igen nehéz és összetett folyamat, gyakran pedig döntő tényezőnek bizonyul a csomagolt termék későbbi piaci sikerében vagy kudarcában – a már meglévő vagy új termékénél. Az összetettségéből eredően még nagyobb hangsúly esik arra, hogy a csomagolásnak optimalisan be kell töltenie az összes funkcióját (3. fejezet). A 33. ábra néhány olyan tényezőt mutat be, amely befolyásolja a csomagolások fejlődését. Az EU környezetvédelmi jogszabályozási tendenciái alapján azt mondhatjuk, hogy egyre fontosabb szerepet fognak betölteni a jövőben a – kisebb vagy nagyobb

– környezetnek való megfelelőséggel kapcsolatos kritériumok. A környezetbarát termékek csomagolása nem környezetbarát csomagolásokba a jövőben nem lesz lehetséges.



33. ábra: A csomagolás fejlődését befolyásoló tényezők.(Recoup 2009)

A csomagolás öko-dizájnya különböző kritériumokat és szempontokat tartalmaz, amelyek egymással kapcsolatban állnak. Az öko-dizájn modern koncepciói a termék átfogó életciklusán alapulnak, és sok mindenben megváltoztatták a csomagolás öko-dizájnát is. Függetlenül attól, hogy a vállalat teljes egészében saját maga fejleszti ki a csomagolást, vagy éppen külső partnerrel működik együtt, fontos, hogy minden résztvevő (beleértve a vál-

lat vezetőit is) tisztában legyen azzal, hogy melyik kritériumokat kell figyelembe venni. Több alapvető elem figyelembe vételével kell elkezdni a tervezést, és ezeket összefűzni a következményekkel, amelyek hatással vannak a környezetre (15. táblázat). Gyakran kompromisszumos döntésekre van szükség, amelyek megfelelő információk birtokában könnyebbek és helyesebbek – pl. az LCA-elemzés eredményei (8. fejezet).

15. táblázat: A csomagolás tervezésének alapvető elemei és a hozzá tartozó környezeti hatások.

A csomagolás tervezésének elemei	Hozzá tartozó környezeti hatás
Alapvető anyag(ok)	A források hatékony felhasználása, a termeléskor megjelenő kibocsátások, újrahasznosítás lehetősége, káros anyagok migrációja.
Szín	Újrahasznosítás lehetősége, toxicitás.
Nagyság és forma	A források hatékony felhasználása, a szállításkor megjelenő kibocsátások.
Vastagság	A források hatékony felhasználása, a szállításkor megjelenő kibocsátások, újrafelhasználás lehetősége.
Struktúra (komponensek)	A források hatékony felhasználása, újrafelhasználás és újrahasznosítás lehetősége.
Kupakok, címkék stb.	Újrahasznosítás és újrafeldolgozás lehetősége, káros anyagok migrációja.
Ragasztók, nyomdafestékek, bevonatok stb.	Újrahasznosítás lehetősége, gyártáskor megjelenő kibocsátások, toxicitás.
Grafikai dizájn	Újrafeldolgozás.

Érdeemes megjegyezni:

A csomagolás környezeti hatásai nem csak akkor keletkeznek, amikor hulladékká válik, hanem már az életciklusának előzetes szakaszaiban.

A csomagolás fejlesztéséhez és tervezéséhez kapcsolódó útmutatókat alapján nem egyszerű meghatározni. Általánosságban elfogadott, hogy a csomagolást a csomagolt termékkel együtt kell fejleszteni, különösen akkor, ha az alábbinál változás következik be az összetételével, alakjával vagy struktúrájával kapcsolatban. A csomagolás fejlesztése és tervezése ezért néhány hónaptól néhány évig is eltarthat, a projekt céljától függően, aminél a szándékot és a célkitűzéseket pontosan meg kell határozni. A változás okai a következők lehetnek (Soroka, 2002):

- új termék bevezetése,
- meglévő termék vagy márka revitalizációja,
- a kereskedelem felgyorsítása (a vásárló bizalmának és érdeklődésének felkeltése),
- megfelelés a fogyasztó igényeinek és szokásainak,
- a konkurens kezdeményezésinek követése (a piaci részesedés megőrzése),
- a szállítási és tárolási biztonság növelése,
- a változó jogszabályokhoz való alkalmazkodás,
- anyagi és termelési költségek csökkentése,
- a termék könnyebb kezelése – a használata során,
- **a környezeti igényekhez való alkalmazkodás.**

A fent említett szempontok prioritási sorrendje nem feltétlenül a fenti sorrendben alakul. Éppen ellenkezőleg: a környezeti követelményekhez való alkalmazkodás folyamatosan a csomagolás fejlődésének és tervezésének egyik legfontosabb kritériumává válik, mégpedig az alacsonyabb piaci és jogszabály-

ozási követelmények miatt. A környezeti szempontok bevonásának a csomagolás tervezésébe egyensúlyban kell lennie a csomagolás többi funkcióival, az egészségügyi és más jogszabályozási követelménnyel, valamint a költségekkel (Radonjič, 2008).

Az összegyűjtött csomagolási hulladék feldolgozásánál sokkal összetettebb probléma a **megelőző megközelítés**, ami az öko-dizájn alapja. Ez a megközelítés a csomagolás mennyiségének csökkentésére törekszik – már az eredetétől kezdve, még mielőtt hulladékká válik. Hogy az ilyen megelőző megközelítések sikeresek legyenek, tartalmazniuk kell a csomagolás átfogó életciklusának elemzését – az elsődleges nyersanyagok termelésétől az anyagi és energiai folyamatok számára, majd a disztribúción keresztül egészen a hulladék kezeléséig (8. fejezet).

A vállalatoknak meg kell érteniük, hogy a csomagolás számukra előnyt jelent az eladás felgyorsítása, hatékonyabb szállítás, az anyagszerveségek minimalizálása, és az ezzel járó kevesebb reklamáció miatt. Ezért a csomagolás tervezésével optimalizálódhatnak az előnyök, a további, „fölösleges” költségek pedig csökkennek. Az új csomagolás fejlődésének költségei kompenzálhatók a növekvő eladással, kisebb disztribúciós és szállítási költségekkel, valamint az alacsonyabb csomagolási járulékkal.

A természetbarát csomagolás tervezése általában több szinten végezhető el (Radonjič, 2008):

- **A már meglévő termékek öko-dizájnja (redesign).** Ennél figyelembe kell venni az életciklus összes környezeti hatását. Javíthatja a termék általános környezetvédelmi teljesítményét az anyag és energia felhasználás szempontjából, és megkönnyíti a használat utáni feldolgozási folyamatokat. Ezek elsősorban technikai jellegű tevékenységek, amelyek nem

követelnek változásokat az eladással és a felhasználók szokásaival kapcsolatban. Az intézkedések tartalmazzák az újrahasznosított anyagok használatát, a toxikus és káros anyagok eltávolítását (pl. nehézfémek a nyomdai festékekben, a műanyagban való adalékok eltávolítását – a termék egységére), és az eltérő anyagok használatának csökkentését – az egyszerűbb és hatékonyabb újrahasznosítás miatt. Ez a stratégia a gyakorlatban jelenleg legjobban a természetbarát csomagolás tervezésekor és fejlesztésekor használatos.

- **Új termékek vagy szolgáltatások tervezése, amelyek helyettesíthetik a régiéket.** Ez a stratégia némi változást igényel a fogyasztói mintákban és a felhasználók szokásaiban. Ilyen típusú változások tudatos felhasználókat igényelnek, akik aktívan együttműködnek a csomagolás környezeti hatásainak csökkentésében. Ezért ezeket a változásokat

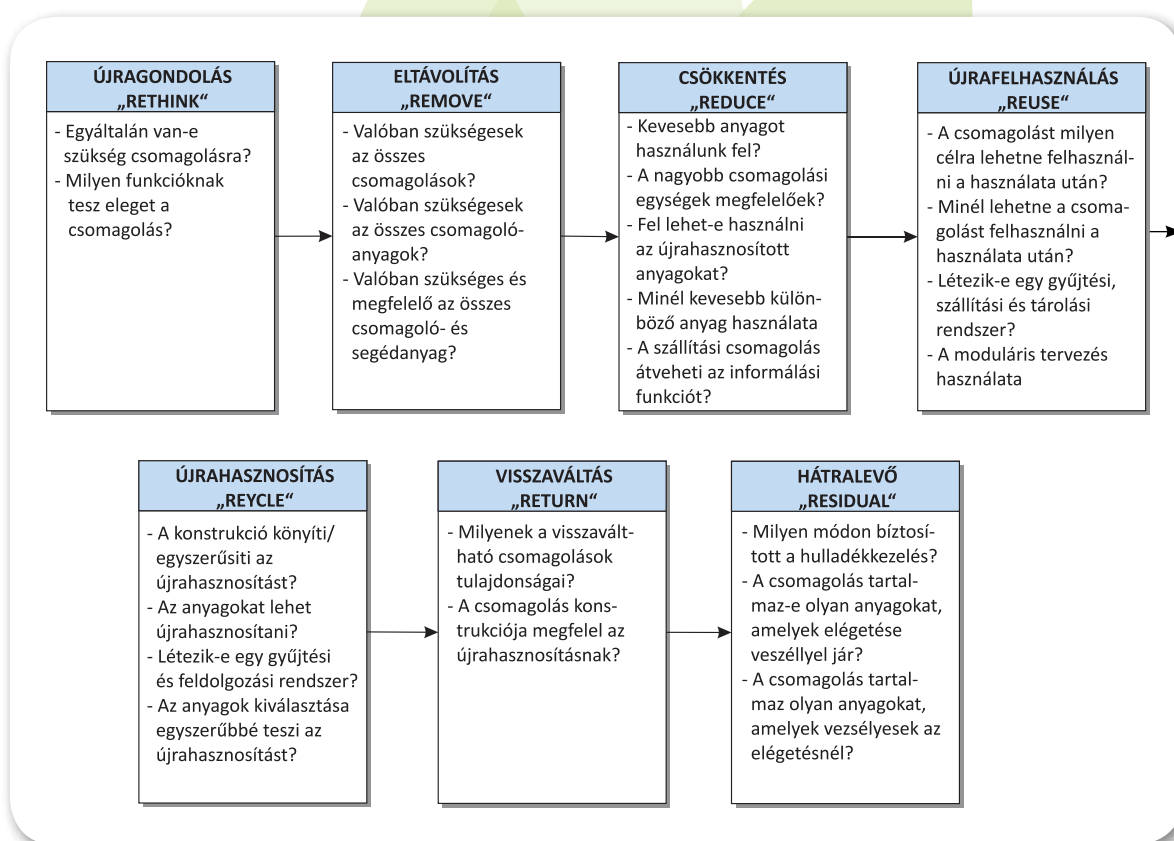
a társadalomnak el kell fogadnia, ami e stratégia legnagyobb korlátozó tényezője, mert nehéz az értékrend-változásokat bevezetni, még akkor is, ha azok jó hatással vannak a környezetre – a már kialakult kulturális szokások és fogyasztói magatartás mellett. E stratégia az ellátási láncot tartalmazza. Példaként megemlíthetjük a visszaváltható zacskók tervezését vagy a koncentrált termékek eladását, amelyeket a vásárló a magával hozott csomagolásba adagol, és otthon szükség szerint felhígítja stb. Kétségtelenül az ilyen stratégiához sorolhatjuk még az online vásárlást is, ami számos lehetőséget nyit a csomagolás tervezésére.

A környezetbarát csomagolás öko-dizájnya megköveteli, hogy végiggondoljuk hogy a csomagolt termék és a csomagolás hogyan kapcsolódik egymáshoz, és milyen mértékben függ egymástól. Ezzel kapcsolatban dilemmák jelenhetnek meg a teljesen másféle alternatív csomagolásrendszeri lehetőségekről – azonos használati célra, pl.:

- javítani kell-e az anyag hatékonyságát a polimer laminátból készült tasak használatával, vagy inkább növelni az újrahasznosítás lehetőségét a műanyag palack használatával;
- el kellene-e távolítani azokat a festékeket, amelyek nehézfémeket tartalmaznak, vagy követni kellene-e a piac követelményeit az élénk és ellenálló színekkel kapcsolatban;
- a kereskedelmi csomagolás tömegét csökkenteni, és ezáltal megkockáztatni a szállítási csomagolás tömegének növekedését.

A környezetbarát csomagolás tervezési megközelítései és koncepciói különbözőek, de gyakran egymást kiegészítik, és kölcsönösen függenek egymástól. A 34. ábra a természetbarát csomagolás általános irányelveit mutatja be: úgynevezett 7 x R koncepció. Ezek a szempontok a szabványokkal együtt bemutatják a csomagolás környezetnek való megfelelőségének önértékelési kereteit,

és megkönnyítik a környezetvédelmi szempontok integrálását a fejlesztési folyamatba (Radonjić, 2008). Ez felveti azt a kérdést, hogy hogyan kell integrálni a környezeti szempontokat a csomagolás fejlesztésébe, és mely kritériumokat, azaz eszközöket kell ennél felhasználni. Ezeket a szempontok részletesebben a folytatásban mutatjuk be.



34. ábra: A környezetbarát csomagolás fejlesztésének és tervezésének általános irányelvei. (konceptió 7xR)

A csomagolásra érvényes követelmények közti összefüggés megértése, amelyek arra vonatkoznak, hogy a csomagolás optimálisan tudja véghezvinni a funkcióit (3. fejezet), amikor az ellátási láncban, azaz életciklusában (8. fejezet) és a fenntartható fejlődésben tölti be szerepét (4., 6.2., 21. fejezet). Ezekben az esetekben az innovatív megoldások különböző fázisaiban kulcsfontosságú, és feltételt jelent, valamint lehetőséget teremt az öko-dizájnra.

A csomagolás öko-dizájnya különböző területeket tartalmaz, amelyek a már meglévő csomagolás redesignjának, vagy az új csomagolási koncepció bevezetésének alapjai. E területeket részletesen a következő fejezetekben mutatjuk be, és a következőket tartalmazzák:

- A csomagolás minimális mennyiségének a megtervezése (dematerializáció).
- Újrahasznosításra való tervezés.
- Újrafelhasználásra való tervezés.
- Komposztálásra való tervezés.
- Káros anyagok elkerülése.
- A fogyasztói tudatosság tervezésére való tervezés.



11. Minimális mennyiségű csomagolás tervezése (dematerializáció)

A csomagolási termékek minimalizálása, azaz tömegük csökkentése, szakmai nevén dematerializáció, az egyik legfontosabb fejlesztési trendet jelenti a csomagolás területén. A csomagolás minden típusának és kategóriájának dematerializációja az ökotervezés egyik legkiemelkedőbb követelménye, és ezért több figyelmet kell szentelni ennek. Egy adott csomagolt termékegység tömegének csökkenési okát nem csak a növekvő környezettudatosságban kell keresni, hiszen fontos szerepet játszanak ebben a csomagolás gyártóinak és felhasználóinak gazdasági érdekei is. A csomagolás költségekkel jár, ráadásul maga a tény, hogy az utóbbi időben egyre növekszik a nyersanyagok ára, még inkább ösztönzi a csomagolás dematerializációját. Tény, hogy még mindig gyakran feleslegesen használunk túl sok csomagolást, azonban a dematerializáció trendjeinek kivitelezése érdekében szükség van a csomagolóanyagok és technikák területén történő technológiai fejlesztésre.

Sok olyan jó kereskedelmi gyakorlat létezik, amely különböző termékek csomagolási tömegének folyamatos csökkentéséről tanúskodik (Radonjič, 2008). Soroljunk fel néhány konkrét példát. Az 1 literes mosogatószer flakon tömege a múlt század hetvenes éveiben az átlagos 120 g-ról 2008-ban átlagosan 43 g-ra csökkent. A műanyag zacskók vastagsága 50 µm-ről 25 µm-re csökkent. A macskaeledel csomagolásának a tömege 1993 és 2002 között átlagosan 35%-ot csökkent (PRO EUROPE, 2004). Folyamatosan csökkent az alumínium és acél alapú konzerv-

dobozok tömege is. Egy tipikus 0,33 literes acél alapú konzervdoboz ma már több mint 30%-kal könnyebb, mint húsz évvel ezelőtt, és 60%-kal könnyebb, mint a negyven évvel ezelőtti konzervdoboz (APEAL, 2006). A 16. táblázatban megtalálható néhány példa – az elmúlt évtizedben történő – különböző termékek csomagolási tömegének csökkentésére (ACP, 2008), amelyek megerősítik, hogy ezen a területen ez idő alatt jelentős fejlődés ment végbe.

16. táblázat: Különböző termékek csomagolási tömegének csökkentése (ACP, 2008).

Csomagolás típusa/ Csomagolt termék mennyisége	Év						Tömeg csökkentésének százaléka
	1950	1960	1970	1990	2000	2008	
Tisztítószer flakon / 1 l			120 g	67 g	50 g	43 g	64 %
Leves konzervdoboz / 400 g	90 g		65 g	57 g	55 g	49 g	46 %
Joghurtos pohár / 165 g		12 g	7 g	5 g		4 g	67 %
Üdítő fémdoboz / 0,33 l		60 g		21 g	15 g	14 g	77 %
Sörösüveg			450 g		325 g	176 g	61 %
Tejesüveg	538 g		397 g	230 g		186 g	65 %

A polimer anyagok technológiai fejlesztésének és fejlődésének köszönhetően napjainkban a műanyag csomagolás átlagosan 20-75%-kal könnyebb, mint 20 évvel ezelőtt, csomagolási terméktől függően (APME, 1999). Németországban tanulmányt készítettek a műanyag csomagolás használatáról, és megállapították, hogy 1991 és 2000 között csökkent a műanyag csomagolás tömege, mégpedig a fóliáknál átlagosan 36%-kal, a palackoknál és kannáknál átlagosan 21%-kal, valamint a poharaknál és tubusoknál átlagosan 11%-kal. Kiszámították, hogy a műanyag csomagolás csökkentésének köszönhetően 2000-ben 300.000 tonna polimer műanyagot takarítottak meg (Vorspohl és Bruder, 2004). Ha 1991 és 2000 között nem került volna sor a csomagolás tömegének folyamatos csökkentésére, ma a műanyag csomagolási hulladék mennyisége 25%-kal magasabb lenne.

A csomagolás dematerializációja nem csak a csomagolóanyagok technológiai fejlesztésének eredményeként történő tömeg csökkentését tartalmazza, amely lehetővé teszi, hogy ugyanaz a hatás kevesebb anyaggal is elérhető legyen. Természetesen a csomagolóipar és a csomagolás felhasználói kihasználják az ilyen típusú csomagolóanyagok technológiai fejlesztésének előnyeit. Viszont a dematerializációra nagy lehetőségek vannak a csomagolási termékek fejlesztésének és tervezésének területén is (35. ábra). A gyakorlatban még mindig számtalanszor előfordul az olyan csomagolás, amely túlméretezett, azaz gyártásához a szükségesnél több anyagot használtak fel. A csomagolóanyagok mennyiségének csökkentése pedig nem csak kevesebb csomagolási hulladékot jelent, hanem alacsonyabb költségeket és csomagolási díjat is.



Hőre zsugorodó fólia
az egész felületen
Tömeg: 4 g



GYÚJTÓCSOMAGOLÁS

Széles, hőre zsugorodó
műanyag szalag
Tömeg: 2 – 3 g



Szűk műanyag szalag
Tömeg: 1 – 2 g



KERESKEDELMI CSOMAGOLÁS

Kartondoboz

Tömeg: 40 g

Műanyag edény műanyag
fóliával borítva

Tömeg: 27 g

Nyitható és zárható
műanyag tasak

Tömeg: 15 g

35. ábra: A csomagolás minimalizálásának (dematerializációjának) példái
(Waste & Resources Action Plan; www.wrap.org.uk).

A csomagolás minimalizálásának példái (dematerializáció)

- A francia Un Air d'Ici vállalat a fagyasztott gyümölcsnek szolgált fémcsomagolást műanyagra váltotta, és ezzel jelentős megtakarítást ért el a szállításnál. Az új műanyag csomagolásnak köszönhetően egy teherautóra 4-szer több terméket pakolhatnak, mint egykor. A csomagolás több mint 30%-kal könnyebb, ugyanakkor jelentősen megnőtt a raklap hatékonysága is.
- A Marks and Spencer kiskereskedelmi lánc a marhahúst tároló műanyag edényt egy szorosán illeszkedő vékony fóliára cserélte. Ezzel a csomagolás tömege 69%-kal csökkent, a húskészítmény tartóssága pedig 4 nappal megnőtt.
- A Northern Foods vállalat a pizzadoboz módosított dizájnjal évi 4000 tonnával csökkentette az anyagfogyasztást. Mivel az új dobozok jobban illeszkedtek, és szállításkor stabilabbak voltak, 75%-kal csökkent a megsérült pizzák aránya, és ezáltal csökkent az élelmiszerhulladék mennyisége is.
- A Sainsbury áruházláncok bevezették a tejeszacskó használatát, amelyet úgy terveztek meg, hogy egy külön, többszöri használatra alkalmas, műanyag dobozba kell azt elhelyezni. Az új csomagolás gyártásához 75%-kal kevesebb anyagot használnak fel. Becslések szerint az ilyen zacskókkal akár 1400 tonna műanyag csomagolást takaríthatnánk meg.
- Az Aquafina, a PepsiCo leányvállalata, 2009-ben a világ legkönnyebb palackját dobta piacra. Az új palack 50%-kal könnyebb volt az előzőnél. Ezzel 25.000 tonnával kevesebb műanyagot használtak fel évente.
- A Tesco kiskereskedelmi áruházlánc úgy döntött, hogy bizonyos borfajtákat többet nem üvegben, hanem hordóban fogja importálni. A hordókból maguk palackozzák majd a bort. Ily módon több ezer tonna üvegcsomagolást takarítottak meg.
- Az Ilirija vállalat a tisztálkodási és testápolási termékek kupakjának innovatív dizánja segítségével 26%-kal csökkentette ezek tömegét. A kupakok ökotervezésével 3400 tonna műanyagot takarítottak meg.
- A Gorenje vállalat 1974 és 2003 között csökkentette a hűtő- és fagyasztószekrények csomagolásának tömegét 11,5kg/berendezésről 2kg/berendezésre.

A csomagolt termék tömegének csökkentése nem csak az elsődleges csomagolóanyagok megtakarítását jelenti, hanem más közvetett pozitív hatása is van. Egyik közülük a csomagolt áru szállításának összhatása. Például a hagyományos szállítóeszközzel való szállításakor az össztömeg 93%-át maga az ital tömege teszi ki, és csak 7%-át a PET palack, míg ugyanazzal a mennyiségű, üvegbe csomagolt itallal ez utóbbi a szállítás tömegének mintegy 43%-át teszi ki (PlasticsEurope, 2005). Egyes számítások szerint az összes meglevő műanyag csomagolás alternatív anyagokkal történő helyettesítése 3,6%-kal növelné a csomagolás tömegét, és ezzel a

szállításához szükséges energiafelhasználást is. Emellett 2,2-szer növelné a csomagolóanyagok előállításához szükséges energiát, amivel 2,7-szer növekedne az üvegházhatású gázok kibocsátása, azaz a széndioxid lábnyom (Brandt és Pilz, 2011). A műanyag fóliák csoportjára a becslések szerint abban az esetben, ha más anyagokkal helyettesítenék őket, 9-szer magasabb lenne a felhasznált csomagolóanyagok tömege, és akár 4-szer több energia lenne szükséges az ilyen alternatív csomagolóanyag előállításához (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen e. V. 1999; Radonjić, 2008).

A csomagolás hatékonyságának egyre fontosabb mutatója a csomagolt áru és a csomagolás tömege közti arány. Minél nagyobb ez az arány, annál jobb az az erőforrások hatékony felhasználásának és a csomagolási hulladék csökkentésének szempontjából. Néhány gramm műanyag csomagolás legtöbbször elegendő néhány kg élelmiszer szállításához. Ebben az esetben a csomagolt élelmiszer tömegének, és az ehhez szükséges csomagolás tömegének az aránya 10:1 (széles skálán mozog 1:1-től, 200:1-ig) (INCPEN, 1996). A példák a 3. táblázatban találhatók.

11.1. A csomagolás túlzott és szükségtelen használata

A piacon minden bizonnyal számos olyan termék található, amelyet túl sok felesleges csomagolásba csomagoltak. Ezt az állítást igazolják azok az adatok, amelyeket Nagy-Britanniában tettek közzé arról, milyen lenne a csomagolóanyagok és az üvegházhatású gázok megtakarítása, ha minden termékcsoporthoz (pld. bor, sör, gabona, gyümölcsle) a kategóriájukban lévő, jelenlegi legkönnyebb csomagolásba csomagolnák. Az eredmények a 17. táblázatban találhatók. Hogy az azonos csoportokon (pld. meleg italok) belül a csomagolás mennyisége közti eltérések valóban egyértelműek, ezt a 18. táblázatban feltüntetett adatok is igazolják (WRAP, 2009). Az Európai Unió tagországaiban végzett elemzések igazolják, hogy a termék

csomagolási tömegének csökkentésénél jelentős módosítások lehetségesek, és pedig a kereskedelmi és szállítási csomagolással kapcsolatosan (Worell et al. 1995; Hekkert et al. 2000; Hekkert et al. 2000a; Vorspohl és Bruder, 2004).

Ezek az adatok igazolják, hogy a csomagolás gyártóinak és felhasználóinak számos lehetőségük van arra, hogy jobb dizájnnal és/vagy az anyagok helyettesítésével további dematerializációt érjenek el a csomagolást illetően. A 35. ábrán található néhány példa bizonyos csomagolások mennyiségének csökkentésére (Waste & Resources Action Plan Nagy-Britanniából). A gyártók, illetve a felhasználók a csomagolás dizájnját módosították vagy új innovatív csomagolást gyártottak, az ökotervezés koncepciója alapján.

17. táblázat: A csomagolás megtakarítása különböző termékcsoportokon belül (az adatok Nagy-Britanniára érvényesek) (DEFRA, 2009).

Csomagolás fajtája	Csomagolás évi összege NB-ban (t)	Tömeg csökkentése könnyebb csomagolás használata esetében (t)	Üvegházhatású gázok csökkentése (t CO ₂ – egyenérték)
Bor (üveg)	310.107	106.024	75.000
Sör (fémdoboz)	29.276	10.798	50.000
Gabona (doboz)	40.686	11.868	17.000
Szénsavas üdítők (fémdoboz)	47.725	10.816	50.000
Ketchup (műanyag)	21.222	7.720	23.000
Gyümölcsle (többrétegű karton)	51.144	10.283	23.000
Tojás (edény)	12.854	6.697	10.000
Whiskey (üveg)	28.347	6.733	4.000

18. táblázat: A termékcsoportban lévő legkönnyebb és legnehezebb csomagolás közti különbség (az adatok Nagy-Britanniára érvényesek) (WRAP, 2009a).

Termékcsoport	Legkönnyebb csomagolás	Legnehezebb csomagolás	Tömegek közti különbség
Fekete tea (80 zacskó)	9 g	40 g	78 %
Instant kávé (100 g)	210 g	306 g	31 %
Pörkölt kávé (227 g)	8 g	11 g	27 %
Automatás kávé	0,6 g	12 g	95 %
Forró csokoládé (220–300 g)	45 g	385 g	88 %

Frusztrációmentes csomagolás

A csomagolás fejlesztésére az új értékesítési módszerek is hatást gyakorolnak, mint például az online értékesítés. A csomagolásra vonatkozóan ebben az esetben is fontos, hogy több különböző funkciót tölt be, azonban néhány funkció, amely szükséges a hagyományos értékesítéshez, a modern módszereknél zavaró lehet. Ezért szükséges a csomagolás funkcióit módosítani.

Az amerikai központú online kiskereskedelmi óriás, az Amazon néhány évvel ezelőtt szembesült az online vásárlók kritikáival a csomagolt áru felnyitását illetően (pld. kemény, zárt műanyag dobozok, nagy mennyiségű műanyag fólia stb.). Olyan csomagolás alkalmazása, amely a hagyományos üzletekben megakadályozza a lopást, és vásárlásra ösztönöz, nem feltétlenül szükséges az online áruházakban, sőt, némely vásárló szerint igen zavaró.

E célból az Amazon felhívta a vállalatokat, hogy tervezzék újra a csomagolást, amelyet termékeik online eladására szánnak. Az online áruházak vásárlóinak visszajelzésére különböző gyártók reagáltak, például a Philips, a Procter & Gamble, a Duracell, a Logitech, a Polaroid

stb. A Duracell kiváló visszajelzést kapott, miután az online áruházban az elemeket 28 db-os csomagolásban, karton dobozban kezdte értékesíteni. Hasonlóan a Philips is néhány termék csomagolásán csökkentette a túlzott feliratozást és a felesleges műanyagadalékokat. Csökkentették a csomagolási kartonnak a termék egységére jutó súlyát, és több újrahasznosítható anyagot használtak annak gyártásához. Az Amazonnál kijelentették, hogy a „frusztrációmentes” csomagolásba csomagolt termékek esetében háromnegyedszer kevesebb panasz érkezik.



www.amazon.com

A frusztrációmentes csomagolásnak három alapvető követelménynek kell megfelelnie (Amazon, 2010):

- könnyen nyithatónak kell lennie,
- újrahasznosításra alkalmasnak,
- ne tartalmazzon további dobozt a szállításhoz.

Az Amazon 2008-ban kezdeményezte a frusztrációmentes csomagolás programot, 2009-ben pedig elkezdte az önálló tanúsítási folyamatot azon cégek számára, amelyek termékeiket online értékesítik. Az elvégzett tesztelés és a követelményeknek való megfelelés után a szolgáltató egy logót kap, amellyel igazolja, hogy termékeit a vásárlóknak ténylegesen ilyen csomagolásban kínálja.



Birdfeeder, kartoncsomagolásból készült madáretető

Sikeresen tervezett, frusztrációmentes csomagolás példaként érdemes megemlíteni a Szlovéniában gyártott kartonból készült madáretetőt, amelyet a Gigo Design vállalat készített. A csomagolás ötvözi az alacsony tömeget és a megfelelő védelmet, valamint megkönnyíti a postázást – további csomagolás nélkül. Ez különösen fontos, hiszen a termék elsősorban internetes értékesítés és postai forgalmazás céljából készült. A csomagolás gyártásakor vizes bázisú, oldószermentes ragasztót használtak, a nyomtatott felület pedig minimális volt. Felnyitásához nem szükséges egyéb kellék. A csomagolás újrahasznosítható és nem veszélyes elégetni.



www.birdfeeder.com

11.2. Hogyan határozható meg a csomagolóanyag optimális mennyisége?

Ez a csomagolás tervezésének egyik kulcsfontosságú kérdése. Ennek során ellentmondásba ütközhet a csomagolás védelmi funkciója (amely a csomagolás legfontosabb jellemzője) és a minimális felhasznált csomagolóanyag iránti törekvés. Mindkettő kapcsolódik a csomagolás gazdasági funkciójához, melynek célja a csomagolás további funkcióinak elérése – minimális költségekkel (3. fejezet). Emellett figyelembe kell venni a környezetvédelmi költségeket, mint például a csomagolási díj és egyéb.

Leegyszerűsített, de ugyanakkor igen népszerű nézet, hogy a kisebb mennyiségű csomagolás mindig a legjobb megoldásnak számít. Az efféle vélemény arra enged

következtetni, hogy a kevesebb csomagolás automatikusan az elsődleges források csökkentett felhasználását idézi elő. Azonban a csomagolás egyik kulcsfontosságú feladata a termék védelme, beleértve minden anyag- és energiaforrást is, amely szükséges az előállításához. Ezt a végfelhasználó nem észleli és nincs vele tisztában. Csak a keletkezett csomagolási hulladékot észleli.

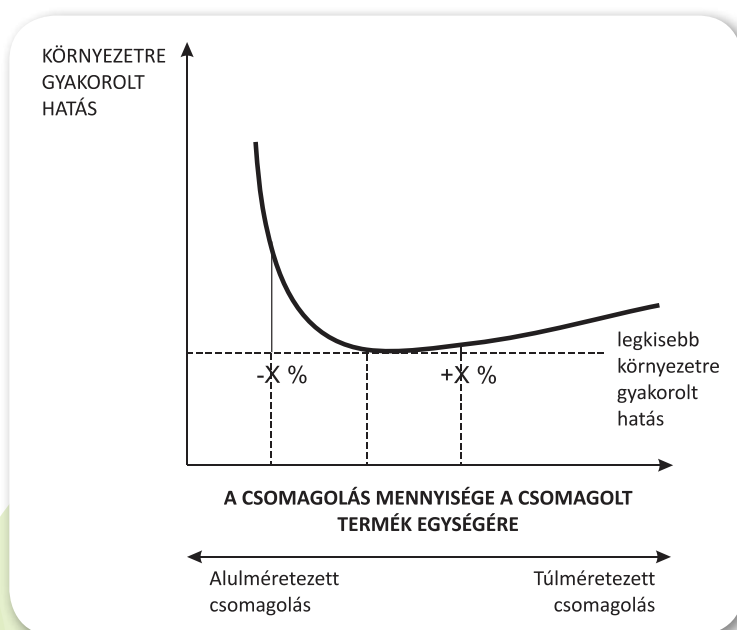
A csomagolóanyag optimális mennyiségének komplex meghatározása nyilvánvalóbb, ha figyelembe vesszük az árun keletkezett potenciális kárt, azaz az áru elvesztése esetében keletkezett költségeket. Ez utóbbi abban az esetben fordul elő, amikor az áru nincs megfelelően védve, és ezáltal megsérülhet,

megkárosodhat vagy megromolhat. A 36. ábrán látható modell magába foglalja a csomagolás hiányos vagy túlzott használata által keletkezett környezeti következményeket (Erlov et al. 2000). Ezt „csomagolási paradoxonnak” nevezzük.

A felesleges csomagolóanyag használata miatt túlméretezett csomagolás növeli a környezetre gyakorolt hatást, viszont a csomagolás tömegének túlzott csökkentése ellenkező hatást válthat ki (36. ábra). A csomagolási termékek tömegének túlzott csökkentése által ugyanis növeljük az áru sérülésének vagy romlásának lehetőségét, melynek gyártása jobban terheli a környezetet, mint az aluldimenzionált csomagolás gyártása. Ezért az ilyen esetekben a környezetre gyakorolt hatás exponenciálisan növekszik, hiszen nem csupán a csomagolás hatásaival áll kapcsolatban, hanem a csomagolt termék hatásaival is. A 10%-osan túlméretezett csomagolás azt jelenti, hogy használata után az előállításához és szállításához szükséges forrás 10%-a veszik kárba. Másrészt viszont az elégtelen csomagolás (amely nem védi elegendően a csoma-

golt árut) az áru előállításához, gyártásához, szállításához és tárolásához – beleértve magát a csomagolást is – szükséges erőforrás 100%-os veszteségét okozza. Ugyanakkor az olyan csomagolás, amely megfelelően védi az élelmiszert és növeli annak tartósságát, a fogyasztók számára lehetővé teszi, hogy egyszerre nagyobb mennyiségű élelmiszert vásároljanak. Ezáltal nem kell olyan gyakran gépkocsival elmenni az üzletekig vagy a bevásárlóközpontokig, és így csökken a kipufogógáz-kibocsátás is.

Az elégtelen csomagolás miatt a vállalatok üzleti kárt is szenvednek a termék elvesztése vagy a fogyasztók panaszai miatt. Ezért a csomagolás dematerializációját semmiféleképpen sem szabad a csomagolás védelmi funkciójának rovására végrehajtani. A csomagolást ezért az áru teljes értéklánca keretében kell megtervezni (csomagolási rendszer és minden kockázat, amelynek a csomagolás ki van téve). A cél az említett követelmények közti kompromisszum keresése.



36. ábra: A csomagolás optimális mennyiségének a meghatározását szolgáló elv (Erlov et al. 2000).

A csomagolóanyag mennyiségének használata a következőktől függ:

- csomagolás formája,
- kiszerelés,
- csomagolás konstrukciója,
- a csomagolóanyagok használatának összehangolása a csomagolás fejlesztési rendszerével,
- alap- és segéd-csomagolóanyagok közti választás.

Az alsó keretben azon intézkedések találhatók, amelyek által javítható a csomagolást érintő anyagi hatékonyság (Verghese et al. 2012):

Intézkedések és módszerek a csomagolóanyag anyagi hatékonyságának növeléséhez:

- a csomagolás vastagságának csökkentése adott határokon belül, amely még biztosítja az áru védelmét;
- a felesleges üres rések, rétegek és alkatrészek eltávolítása;
- a címkék eltávolítása közvetlenül a gépről (eszközzel);
- a csomagolt áru olyan mennyiségének vagy minőségének a kiválasztása, amely kielégíti a fogyasztók igényeit;
- a tartós élelmiszerek nagyobb csomagolási egységekben való kínálata; ugyanez vonatkozik a családi kiszerelésű termékekre is;
- a térfogatsűrűség növelése – csomagolt termék koncentrációja által (pld. tisztítószer);
- könnyű, utántölthető csomagolás tervezése;
- a nyomtatási eszközök minimális használata (különösen abban az esetben, amikor ezek nem játszanak fontos szerepet a vásárlásban);
- az értékesítési csomagolás megfelelő illeszkedésének biztosítása a csoportos csomagolásban;
- a csoportos csomagolás optimalizálása raklapok jobb felületi hatékonysága céljából;
- külön táblázatok, azaz kijelzők használata az értékesítési helyeken, amelyek vonzzák a vásárlót, ezzel csökkentve a nagyobb csomagolás utáni szükségletet;
- megfontolni, ésszerű-e könnyű, összecukható raklapokat alkalmazni fa raklapok helyett;
- megállapítani, melyek a legeredményesebb versenyképes csomagolási termékek, ugyanarra a célra használt minimális anyagfelhasználás tekintetében.

A csomagolás kritikus területe az EN 13428 szabvány szerint

A csomagolás csökkentésére vonatkozó egyre szigorúbb jogszabályi és üzleti követelmények egyik lehetséges kritériuma, amelyre támaszkodni tudnak a csomagolás szállítói és fogyasztói a csomagolás minimális mennyiségének és/vagy térfogatának a meghatározásában, az EN 13428 szabvány által meghatározott ún. kritikus terület (angolul critical area). A kritikus terület azon követelményt foglalja magába, amely megakadályozza a csomagolás tömegének és/vagy térfogatának a további csökkentését, mivel ez a funkcióit veszélyeztetheti. A csomagolás szállítója az

EN 13428 szabványnak megfelelően bizonyíthatja, hogy figyelembe vette a különböző követelményeket, amelyek hatással vannak a kritikus területre, és ezzel ugyanakkor biztosította, hogy a csomagolás megőrzi védelmi funkcióját még a legkisebb csomagolóanyag felhasználása esetében is. A szabványosított végrehajtási szempontok, amelyek segítségével a szállító meghatározza a kritikus területet, többek közt magába foglalják a csomagolás gyártásakor, a csomagolási folyamatban, a logisztikában, a termék piaci bevezetések, stb. felmerülő követelményeket. A kritikus terület kijelölésének célja az a tény, hogy a csomagolóanyag mennyiségének csökkentése különböző hatással lehet a csomagolás funkcióira, mégpedig különböző csomagolást különféleképpen befolyásolhat. A csomagolás minden fajtája esetében, a szabványnak megfelelően meg kell határozni azt a területet, melynek tömeg- vagy térfogatcsökkentése ronthat a csomagolás mindegyik funkcióján. Például ha a vizsgálatok kimutatták, hogy a csomagolás tömegének további csökkentése veszélyezteti a csomagolás védelmi funkcióját, és ezáltal fennáll a lehetőség, hogy a csomagolt áru szállítás közben megsérül, ezzel már elérte a kritikus területet.

11.3. A kereskedelmi és szállítási csomagolás egyidejű tervezése

Bár a vékonyabb kereskedelmi csomagolás megfelelő védelmet biztosíthat a csomagolt árunak, szükséges figyelembe venni azt is, hogy mi fog vele történni a teljes ellátási lánc során, és milyen hatásoknak lesz kitéve. A 37. ábra a gyűjtőcsomagolás dematerializációjának példáját mutatja be. A vállalat a gyűjtőcsomagoláshoz használt kartondobozok megszüntetésével évente 2000 tonna csomagolást takarít meg, a raklapok hatékonyságát pedig 48%-kal növeli (WRAP, 2009b).

A gyűjtő- vagy szállítási csomagolás tömegének csökkentésekor azonban tudni kell, milyen

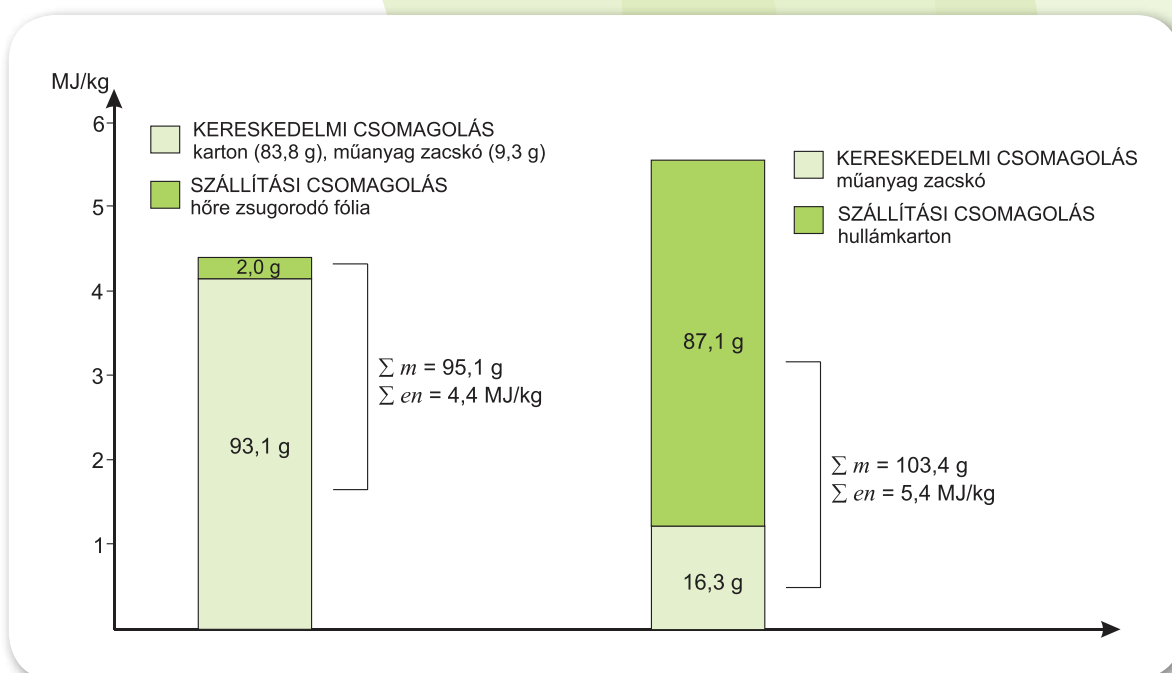
következményekkel jár ez a kereskedelmi csomagolást illetően. Vajon a gyűjtő- és szállítási csomagolás tömegének csökkentése után a csomagolás megőrzi a védelmi funkcióját a teljes ellátási láncban belül? A könnyebb kereskedelmi csomagolás miatt ugyanis növekedhet a vastagabb gyűjtő- és szállítási csomagolás iránti igény. Ezt pedig minden szinten szem előtt kell tartani, nem csak a csomagolás összköltségének a mérlegelésénél, hiszen a vastagabb gyűjtő- és szállító csomagolás által csökkentett környezeti hatások – amelyeket a csomagolás dematerializációjával értünk el – megsemmisülhetnek. Ezért fontos, hogy a csomagolóanyagok csökkentéséről szóló döntést részletes környezetvédelmi és gazdasági elemzések alapján hozzuk meg.



37. ábra: Gyűjtőcsomagolás dematerializációjának példája (WRAP, 2009b).

A csomagolás tömegének meggondolatlan csökkentése negatív gazdasági és környezeti következményekhez vezethet (Radonjić, 2008). Ez utóbbit hadd illusztráljuk egy példával, mégpedig a 38. ábrán látható keksz csomagolásával (PRO EUROPE, 2004). A vállalat szeretne volna csökkenteni a kekszek kereskedelmi csomagolását. Elsődlegesen vékony műanyag zacskókba csomagolták a kekszeket, amelyeket aztán kartondobozokba helyeztek el. Az ilyen csomagolás össztömege 93,1 g/kg keksz, az energiafogyasztás pedig 4,2 MJ/kg keksz volt. A kartondobozokat ezután hőre zsugorodó fóliával vonták be, amelynél 2 g fóliát/kg kekszre, valamint 0,2 MJ/kg kekszre használtak fel. A csomagolóanyagok csökkentésének érdekében az említett vékony műanyag zacskókat és kartondobozokat vastagabb műanyag zacskókkal helyettesítették, így akarták megszüntetni a kartondobozok használatát. A csomagolás használata így 93,1 g/kg kekszről 16,3 g/kg kekszre csökkent, az energiafogyasztás pedig 1,3 MJ/kg kekszre. Az ilyen módosított csomagolás viszont

erősebb szállítási csomagolást igényelt, hiszen bebizonyosodott, hogy a termék – szállítás közben – megsérült, és ilyen terméket nem kínálhattak a vásárlóknak. Ezért hullámkarton dobozt használtak a korábban használt zsugorodó fólia helyett. Ez viszont a kereskedelmi és szállítási csomagolás össztömegének növekedését eredményezte 103,4 g/kg kekszre, a teljes energiafogyasztás pedig 5,4 MJ/kg keksz volt, ez pedig több mint az elsődlegesen használt csomagolás esetében (38. ábra). A példa azt mutatja, hogy nem elegendő csupán a kereskedelmi csomagolás tömegének a csökkentésére összpontosítani, hanem azt mindig teljes rendszerként kell vizsgálni. A döntésben a csomagolt termék védelme szolgáljon útmutatóként, hiszen a csomagolt termékek gyártásához több anyagi és energiaforrás szükséges, mint a számukra elkészített csomagoláshoz. Ezért fontos a csomagolás dematerializációját és az ehhez kapcsolódó tömegcsökkentést racionálisan és óvatosan megközelíteni.

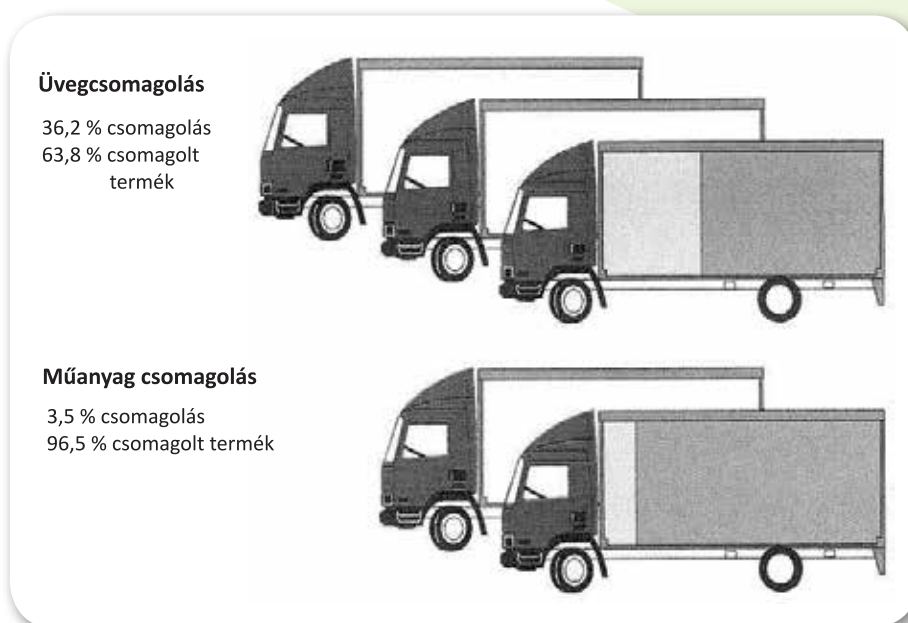


38. ábra: A csomagolás helytelen lecserélése. A keksz két csomagolási rendszerének anyag- és energiamérlege: (a) elsődleges csomagolás, (b) új csomagolás (PRO EUROPE, 2004).

11.4. A csomagolás tömegének csökkentése és jobb szállítási hatékonyság

A csomagolás teljes ellátási láncon belüli kezelése egy új képet alkot azon csomagolóanyagokról is, amelyek szélesebb nyilvánosságban nem közkedtek (például műanyag csomagolás). Egy joghurtos üvegpohár az alumínium kupakjával 85 g, míg a polisztirol pohár tömege 5,5 g. Azonos mennyiségű joghurt szállítása esetében ez azt jelenti, hogy a műanyag poharas joghurttal megrakott teherautó össztömegének 3,5%-át a csomagolás tömege, 96,5%-át pedig a csomagolt áru tömege teszi ki. Alternatív üvegcsomagolás esetében az össztömeg 36,2%-át jelentené

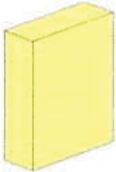



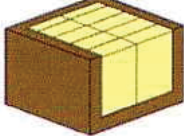
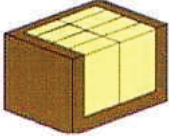
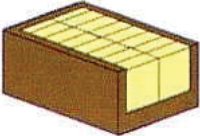
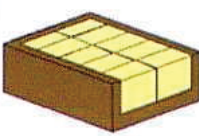
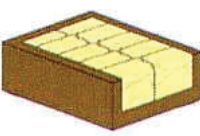
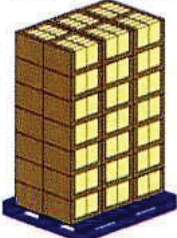
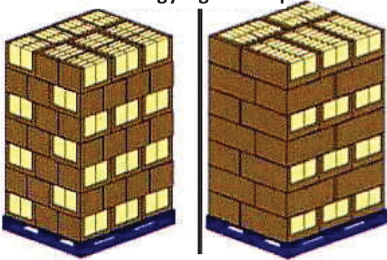
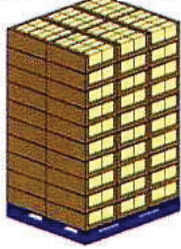








maga a csomagolás. Más szóval: ahelyett, hogy 2 teherautó szükséges a műanyag poharas joghurt szállításához, ugyanaz a mennyiség – üvegcsomagolásban – 3 teherautóra fér fel (39. ábra) (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen e. V. 1998; Radonjić, 2008). Hasonlóképpen érvényes ez a flakonokra, az üvegekre és egyéb csomagolásra is. Ezért a csomagolóanyagok és termékek környezeti szempontjának meghatározásakor nem szabad elkerülni az említett szempontot sem.



39. ábra: Az alternatív csomagolási termék tömegaránya joghurt szállításakor (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen e. V. 1998).

A kereskedelmi és gyűjtőcsomagolás csökkentésével jelentős megtakarítás érhető el a raklapozásnál. Ily módon jelentősen csökkennek a forgalmazás és raktározás költségei. A változások olyan módon hozhatók létre, hogy nem látható vagy érzékelhető a kereskedelmi csomagolás módosítása. A 40. ábrán látható, hogy a kereskedelmi és gyűjtőcsomagolás

módosítása (zabpehely esetében) milyen hatással van a raklapozás hatékonyságára. Nyilvánvaló, hogy az efféle teljesítményre kereskedelmi vagy gyűjtőcsomagolás módosításával lehetünk hatással, de a legnagyobb hatást mindkét terület módosításával érhetjük el. Ennek során a kereskedelmi csomagolás térfogata változatlan marad (WRAP, 2009c).

Kereskedelmi csom. (első)	Kereskedelmi csomagolás (első); Gyűjtőcsomagolás (új)		Kereskedelmi csomagolás (új); Gyűjtő csomagolás (új)	
				
10 egység, 1 doboz 	8 egység, 1 doboz 	16 egység, 1 doboz 	10 egység, 1 doboz 	10 egység, 1 doboz 
420 egység, 1 raklap  Hatékonyság 69 %	560 egység, 1 raklap  Hatékonyság 92 %		600 egység, 1 raklap  Hatékonyság 99 %	
-	33 %		43 %	
 x 9.900 	 x 12.320 	 x 13.200 		 x 13.200 
-	24 %		33 %	

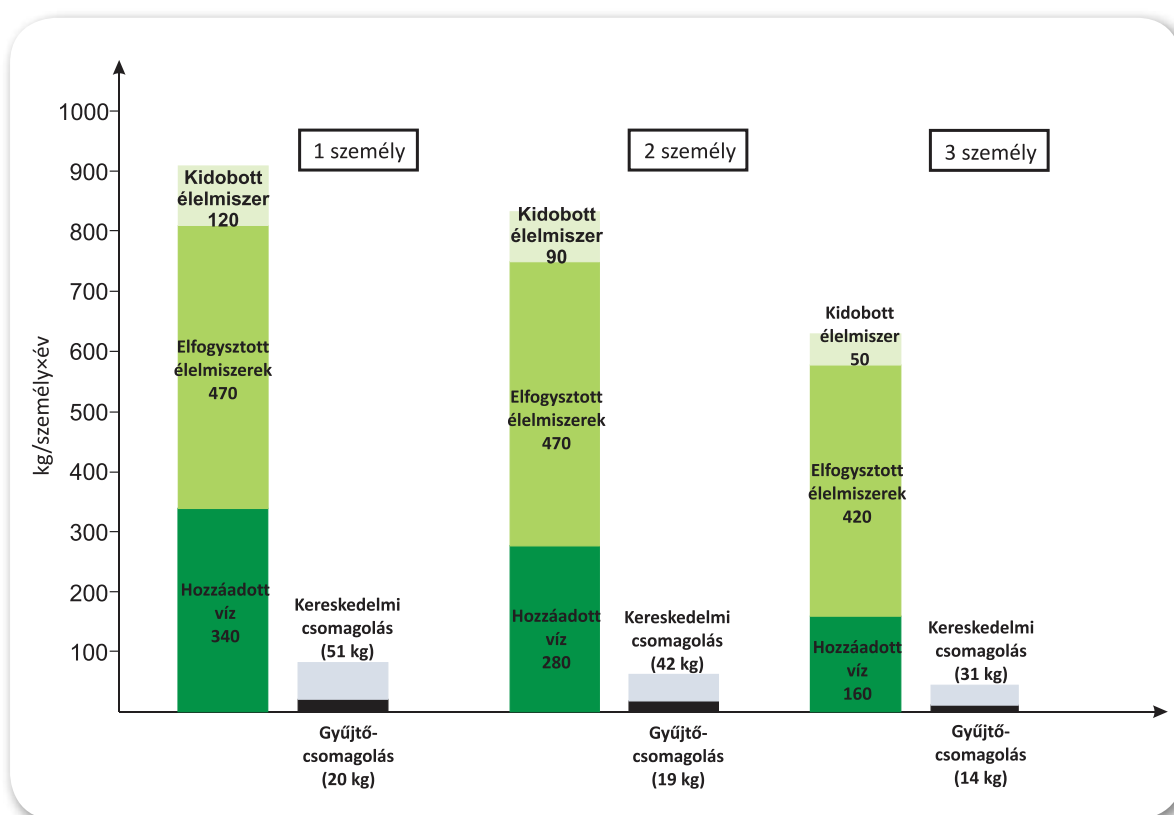
40. ábra: Raklapozás hatékonysága a kereskedelmi és gyűjtőcsomagolás formájától függően (a számítások 1200 x 1000 x 2400 mm méretű raklapokra és 22 raklap/kamion kapacitásra érvényesek) (WRAP, 2009c).

11.5. Az életciklusok hatással vannak a szükséges csomagolás mennyiségére

Az európai országok fejlődési irányvonalai egyértelműen azt mutatják, hogy a fiatalabb generáció ma átlagosan tovább él egyedül vagy – csak – kéttagú közösségekben. A családalapítás később történik. Ugyanakkor változtak az étkezési szokások is. Az egy- vagy kéttagú háztartásokban olyan csomagolásra van szükség, amely alkalmazkodik a megfelelő mennyiségű élelmiszerfogyasztáshoz és a használat dinamikájához. A kevesebb tagokból álló háztartások növekedésének száma 2000-ben Nagy-Britanniában az élelmiszer-csomagolás 4%-os növekedését eredményezte (INCPEN, 1996). Becslések szerint a kevesebb tagokból álló háztartások számának növekedése átlagosan 5%-kal több csoma-

golásfogyasztást eredményez – a több tagokból álló háztartásokhoz képest (Kooijman, 2000; 2000a). Másrészt viszont a magasabb színvonalú egészségügyi szolgáltatásoknak köszönhetően a fejlettebb országokban az emberek tovább élnek. Az idősebbek ezért praktikus és hatékony csomagolást várnak el a gyártóktól, amely könnyen nyitható, és megkönnyíti az ételek elkészítését.

A 41. ábra az élelmiszer, a főzéshez szükséges víz és csomagolás fogyasztásának mennyiségét mutatja a nagy-britanniai háztartásban élő tagok számának függvényében (INCPEN, 1996). Ugyanakkor világosan mutatja, hogy az élelmiszer és víz fogyasztása, egy főre átszámítva, jóval alacsonyabb a több tagból álló közösségekben. Ez esetben csökken a személyenkénti csomagolási hulladék mennyisége is.



41. ábra: Az élelmiszer és főzéshez szükséges víz, valamint a csomagolás fogyasztásának mennyisége a nagy-britanniai háztartásban élő tagok számának függvényében (INCPEN, 1996).

Abban az esetben, ha a személy egyedül él, előnyösebb, ha nagyobb mennyiségű kisebb csomagolást használ, még akkor is, ha ebben az esetben több csomagolást fogyaszt (mint abban az esetben, ha ugyanazt a mennyiségű élelmiszert nagyobb kiserelésben veszi meg). Viszont a termék gyártásához szükséges anyag- és energiaforrások fenntarthatóságának szempontjából jobb, ha kisebb csomagolásokat alkalmazunk, és ezáltal csökkentjük az élelmiszer romlásának lehetőségét.

Megváltoztak az emberek étkezési szokásai is. A családtagok különböző időpontokban ebédelnek, és a gyorsabb életmódnak kö-

szönhetően lerövidült az ételek elkészítésének átlagos ideje. A fogyasztók egyre inkább használnak előre elkészített és lefagyasztott élelmiszereket, és elkészítésükkor a modern technológiákra támaszkodnak (fagyasztó, mikrohullámú sütő stb.). Sok élelmiszert állva és kézből is el lehet fogyasztani, hiszen a csomagolásuk kanalat vagy szívószálat tartalmaz. A változó életminták és szokások nagy hatással vannak arra, hogy a forgalmazó milyen csomagolásban értékesíti a terméket. A csomagolóiparnak alkalmazkodnia kellett ezekhez a változásokhoz (Radonjič, 2008).

A társadalmi változások, amelyek befolyásolják az ellátási láncot és a csomagolás mennyiségének a növekedését, a következők:

- a világ népességének a növekedése;
- egyre több ember él városokban;
- a kereskedelmi útvonalak globalizációja – a hosszabb szállítási útvonalak miatt több csomagolást és extrém hőmérsékleti körülményeket igényel;
- az egy vagy két tagból álló háztartások számának növekedése;
- a családtagok különböző időpontokban étkeznek, ami növeli a kisebb csomagolási egységek szükségét;
- az ételek új elkészítési módjai, amelyek másféle csomagolást igényelnek;
- egyre gyakoribb felhívások a mesterséges tartósítószeres visszavonására vonatkozóan, amit néha nagyobb csomagolással kompenzálnak, hogy a termék megtartsa a felhasználási szakaszának feltételezett élettartamát;
- a fogyasztók szükségleteinek mesterséges létrehozása marketing segítségével, amely a termékek gyors váltakozását, és az olyan termékek vásárlását jelenti, amelyeket az emberek nem feltétlenül használnak;
- gyorsételek, szendvics, kávé stb. fogyasztása;
- üveg és műanyag palackban vásárolt víz;
- biztonságos bezárásra vonatkozó további feltételek, amelyek általában pótcsomagolást igényelnek (a termékek polcon levő nyitása, a termék gyerekek kezébe vételének megakadályozása);
- termékek online értékesítése.



12. Újrahasznosítás-központú tervezés

Érdemes megjegyezni:

Még a legfejlettebb újrahasznosítási technológiáknak is szembe kell nézniük azzal a döntéssel, amelyet a termék tervezési fázisában hoztak meg.

A csomagolásról és csomagolási hulladék kezeléséről szóló rendelettel összhangban (SZK Hivatalos Lapja, 2006) az újrahasznosítás a hulladék oly módon történő feldolgozása, amelynek során a feldolgozás által kapott anyag felhasználható új csomagolás gyártására vagy más célra, beleértve a csomagolási hulladék szerves feldolgozását. Bár az újrahasznosítás fontos szerepet tölt be az EU-ban, fontos megjegyezni, hogy a csomagolási hulladék mindössze egyik kezelési módjáról van szó, és hogy léteznek más intézkedések, amelyekkel szintén nagyobb mértékű környezeti hatásokat lehet elérni – a hulladék hasznosítási módjainak kombinációjával.

Fontos megjegyezni, hogy a különböző csomagolóanyagok újrahasznosításának hozzáférhetősége, minősége és képessége egymás közt eltér. Az újrahasznosított anyagok használatakor fontos biztosítani, hogy az újrahasznosított anyagok a termékkel kapcsolatos műszaki elvárások mellett megfeleljenek a higiéniai, azaz egészségügyi standardoknak is (pld. élelmiszer, ital, kozmetikumok, gyógyszer). Az újrahasznosított anyagok használata nem veszélyeztetheti a csomagolt termék védelmét és funkcióját.

A csomagolási hulladék újrahasznosításának az elmúlt években igencsak megnőtt a jelentősége. Az újrahasznosított csomagolási hulladék mennyisége az EU-ban évről évre növekszik (6. fejezet). Ennek számos oka lehet.

Az első az egyre növekvő környezetvédelmi tudatosság, a környezetvédelem területén pedig az újrahasznosított anyagok használata a legfontosabb intézkedések közé tartozik. Tekintettel arra, hogy széles körű társadalmi konszenzus létezik a csomagolás újrahasznosítását illetően, a szelektív hulladékgyűjtésből a lakosság aktívan kiveszi a részét. A másik ok erre a törvény. Az EU környezetvédelmi politikája az újrahasznosítást intenzíven bekapcsolta a hulladékkezelésre vonatkozó politikájába. A csomagolási hulladék területén – egyes országokban – már több éve érvényben vannak az újrahasznosítási kvóták, azaz azon csomagolási hulladék arányai, amelyeket az országoknak el kell érniük (6. fejezet). A harmadik ok gazdasági jellegű, és egyre nagyobb jelentőséggel bír. Az elsődleges nyersanyagok ára egyre magasabb, és várható, hogy az ár a jövőben tovább növekedik. A hulladékok a gazdaságban egyre nagyobb jelentőséget kapnak másodlagos nyersanyagként. A negyedik ok – az első hárommal szemben – nem annyira nyilvánvaló, de egyre nagyobb jelentőséggel bír. Az újrahasznosított anyagok használata a fogyasztók szemében javítja a vállalat hírnevét. Részét képezheti a vállalat hatékony környezetvédelmi politikájának, hiszen a vásárlók értékelik azon vállalatokat, amelyek termékeik és a csomagolás gyártásához újrahasznosított anyagokat használnak.

Az újrahasznosítás jelentőségének ellenére ez a csomagolási hulladék hasznosításának csak egyik lehetséges eljárását jelenti. Bár az újrahasznosítás lehetőségét már a tervezésénél kell megvitatni, egyes esetekben mégis előfordulhat, hogy más intézkedések – környezetvédelmi és gazdasági szempontból – hatékonyabbak – ezt az LCA-elemzések is megerősítették (Radonjič, 2008). Különböző anyagok és azok kombinációinak újrahasznosítási folyamata ugyanis különböző műszaki és gazdasági korlátokba ütközik, amelyek jelentősen növelhetik a környezeti hatásokat és költségeket, ellenben a friss anyagokkal és a hulladék kezelésének más módjával.

Az újrahasznosítás előnyeit és jótékony (környezeti és gazdasági) hatásait csak abban az esetben lehet elérni, amikor az újrahasznosított anyag minősége megegyezik a friss anyaggal, és amikor az újrahasznosított anyag új termék gyártását szolgálja. Ez sajnos nem mindig van így és az újrahasznosítási folyamatokat sokszor komoly műszaki és gazdasági korlátok kísérik, amelyek csökkentik a hatékonyságot, és jelentősen növelhetik a költségeket. Sok csomagolás nem tiszta, amikor kidobják. Természetesen a csomagolások egymás közt eltérnek abban is, hogy a csomagolási hulladék tisztasága és homogenitása mennyiben befolyásolja az újrahasznosítást és az újrahasznosított anyagok végső tulajdonságait. Mindenesetre, a különböző hiányosságokkal tisztában kell lenni (pl. a műanyag csomagolási hulladék), hiszen az újrahasznosítás idealizá-

lásával sokszor pont az ellenkező környezeti és gazdasági hatást érjük el (Radonjič, 2008).

Az újrahasznosítás területén zajló technológiai fejlődések az elmúlt években igen dinamikusak voltak. Számos hatékony technológiát sikerült kifejleszteni, amely lehetővé teszi a korábban nehezen újrahasznosítható csomagolási hulladék feldolgozását és használatát, például a vegyes műanyag hulladékét. Viszont az újrahasznosítás sikere nem csak a gyűjtés, szelektálás és feldolgozás hatékonyságán múlik, hanem a feldolgozott anyagok alkalmazásától is függ. Az újrahasznosított anyagok minősége itt kulcsfontosságú szerepet játszik. Az újrahasznosítás területén egyre szigorúbbak a minőségi követelmények, különösen, ha az újrahasznosított anyagokat élelmiszerek csomagolására használják (12.1. fejezet). A szigorúbb követelmények sok esetben megállják a helyüket, hiszen előfordult már, hogy az élelmiszerben talált káros anyagok az újrahasznosított csomagolás következményeként kerültek az élelmiszerbe (lásd a 12.4. fejezetet).

MEGJEGYZÉS: A csomagolási hulladék kezelésének legmegfelelőbb folyamatáról, és az ehhez kapcsolódó követelményekről az olvasó többet megtudhat G. Radonjič könyvében, melynek címe Csomagolás és környezetvédelem (Embalaža in varstvo okolja, 2008).

Az újrahasznosítás és az ökotervezés kapcsolatban áll egymással

Még a legfejlettebb újrahasznosítási technológia is a végén szembesül az anyagok kiválasztásának és felépítésének a meghatározásával a termék tervezési szakaszában, a gyártás előtt. Az ökotervezés egyik fő célja az „újrahasznosítás-központú tervezés” (angolul „Design for Recycling”), melynek alapötlete abból származik, hogy a csomagolás előbb-utóbb hulladékká válik, ezért fontos átgondolni, melyik tervezési mód könnyíti meg igazán a végső feldolgozást.

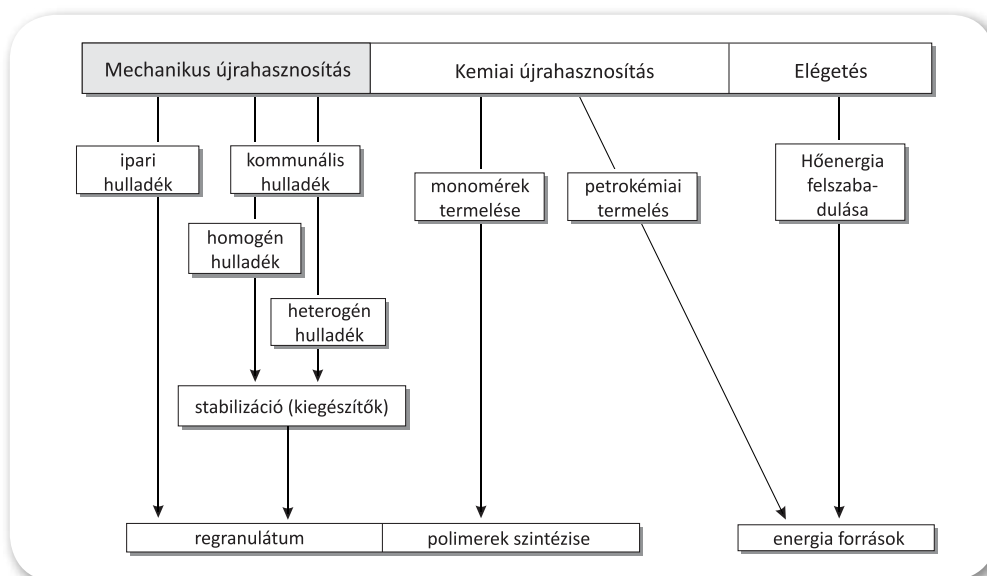
Érdemes megjegyezni:

A csomagolási hulladék kezelési módszere a környezeti életciklus fázisainak egyike (8. fejezet). Ez azt jelenti, hogy egy adott csomagolási termék környezeti profilja összefüggésben van a technológia típusával, amelyet az újrahasznosítására vagy más típusú feldolgozásra használtak. Az újrahasznosítási technológiák hatékonysága folyamatosan javul. Ez különösen nyilvánvaló a műanyag csomagolás területén, ahol számos műszaki és gazdasági korlátokkal szembesülünk, amelyeket modern újrahasznosítási folyamatokkal bizonyos mértékben túl lehet lépni (12.1. fejezet).

12.1. A műanyag csomagolási hulladék újrahasznosítása

Alapjában véve három – egymástól merőben eltérő – technológiai lehetőség létezik a műanyag hulladék feldolgozására: mechanikai újrahasznosítás, kémiai újrahasznosítás és égetés (energiahasznosítás) (42. ábra). A mechanikai újrahasznosítás folyamatát hőre lágyuló – könnyen megolvadó és regulálható – anyagok esetében alkalmazzuk. Ennek során nem történik változás az anyag kémiai összetételében. Az ipari hulladék mechanikai újrahasznosítása viszonylag kevés mértékben ütközik műszaki és gazdasági korlátokba, hiszen a hőre lágyuló hulladék gyűjtőhelye ipari mértékben a forrásnál található, emellett a hulladék tiszta, összetétele és színe pedig homogén.

Őrlés után a friss anyagokhoz gyakran azonos kémiai összetételek kerülnek (akár 20%-ban). Az újrahasznosítással homogén és heterogén hulladékot is fel lehet dolgozni, ugyanakkor a hulladék típusától függően különböző folyamatokat lehet kiválasztani, és az anyagok tulajdonságának megfelelően alkalmazni. Különböző kivitelezésektől és technikáktól függetlenül a mechanikai újrahasznosítás technikai eljárása változatlan marad. Főbb lépései a szelektálás, aprítás, tisztítás, agglomeráció, átolvasztás, szűrés és granulálás. Különösen fontos a szűrés folyamata, hiszen jelentős hatással van a végső granulátum minőségére. A hulladék típusától és minőségétől függően bizonyos folyamatokat ki lehet hagyni. A 42. ábrán látható néhány műanyag csomagolási hulladékból gyártott termék (DKR 2004).



42. ábra: Műanyag hulladék újrahasznosítási technológiák (Lundquist et al. 2000; Radonjić, 2008).

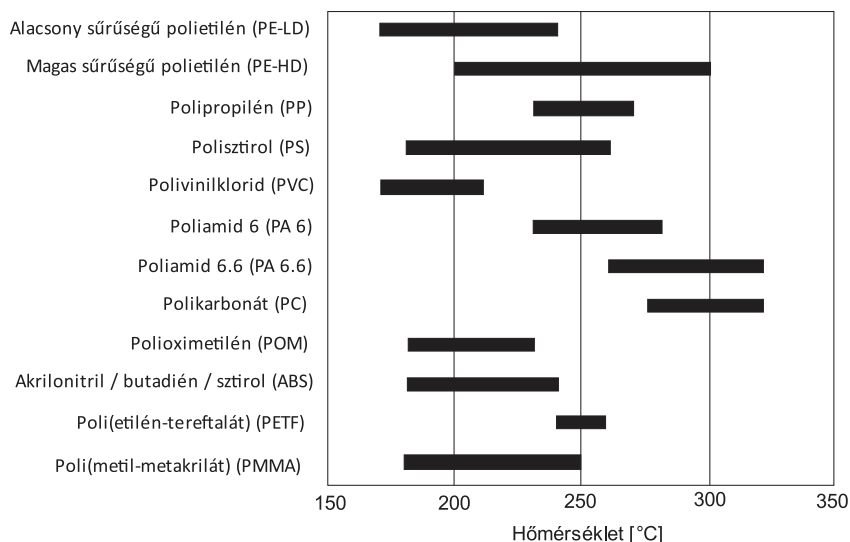


43. ábra: Újrahasznosított műanyag csomagolásból készült termékek (DKR 2004).

12.1.1. A műanyag hulladék újrahasznosítására vonatkozó techno-gazdasági korlátok

A hőre lágyuló hulladékok típusa (összetétele), formája, homogenitása, tartalma, szennyeződések típusa, bomlási sebessége és fizikai tulajdonsága különbözik egymástól. Mindezen tényezők fontos szerepet játszanak az újrahasznosítás technológiai folyamatai és berendezései megfelelő kiválasztásában, valamint a hulladék megfelelő gyűjtésében és szelektálásában. Minden polimert azzal

a céllal fejlesztettek ki, hogy eleget tegyen a feldolgozás és felhasználás sajátos tulajdonságainak. Például a polietilén fröccsöntéssel való feldolgozása – fizikai tulajdonságaiban – különbözik a fűvások feldolgozástól. Ezért a polimer típusainál jelentősen eltérnek a feldolgozási hőmérsékletek is (44. ábra). Az a hőmérséklet, amely a bizonyos fokú hőre lágyuló anyagoknál az olvadás kezdetét idézi elő (pld. PET, PA), más hőre lágyuló anyagok esetében már jelentős termikus bomlást okozhat, és ezzel ronthat az újrahasznosított anyag tulajdonságain (Radonjič, 2002).



44. ábra: A hőre lágyuló anyagok feldolgozásának hőmérséklete.

Egyéb problémát az a tény okoz, miszerint a csomagoláshoz használt polimerek, amelyek megtalálhatók a hulladékok között, nem keveredhetnek össze. Ezek leggyakrabban a polietilén (PE), polivinilklorid (PVC), polipropilén (PP), polisztiirén (PS), polietilén-tereftalát (PET) (45. ábra). Más polimer jelenléte jelentősen ronthatja az utóbbi mechanikai tu-

lajdonságait. A poliolefinek (PE-LD, PE-HD, PP) nem csak egymás közt, de más polimer anyaggal sem keverhetők össze (PET, PS, PVC). A 45. ábrán látható, hogy a legtöbbször használt polietilén nem keverhető más polimerekkel.

	PS	SAN	ABS	PA	PC	PMMA	PVC	PP	PE-LD PE-HD	PET
PS	●	○	○	○	○	◐	○	○	○	○
SAN	○	●	●	○	●	○	●	○	○	○
ABS	○	●	●	○	●	●	◐	○	○	○
PA	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
PC	○	●	●	○	●	●	○	○	○	○
PMMA	◐	●	●	○	●	●	●	○	○	○
PVC	○	●	◐	○	○	●	●	○	○	○
PP	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○
PE-LD PE-HD	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○
PET	○	○	○	○	●	○	○	○	○	●

● Kompatibilis
 ○ Nem kompatibilis
 ◐ Kisebb mennyiségénél kompatibilis

45. ábra: Polimerek keverhetősége (kompatibilitása) (Pregrad és Musil, Rink et al. 1995).

A hulladékok közt felmerülő különböző típusú polimerek mellett gyakran más anyagok is találhatóak (papír, üveg, fém, textil, különböző adalékanyagok, por, ételmарadékok és egyéb csomagolt maradék – olaj). Ezért nem meglepő az a tény, hogy sok innovatív megoldás pont a hulladék áramlásának gyorsabb és pontosabb meghatározására irányul, valamint a rugalmas és gazdaságos szelektálásra.

A technológia fejlődése egyre hatékonyabb technológiai megoldásokat kínál különböző műanyag hulladék szelektálására, ilyenek például az infravörös érzékelők. A gyakor-

latban a polimerek sűrűség alapján történő szelektálását is alkalmazzák vizes közegben. Ez utóbbi viszont nem elég hatékony a PET, PS és PVC szelektálását illetően, mivel mindhárom anyagnak hasonló a sűrűsége. Konkrétan ez azt jelenti, hogy a PET palackok újrahasznosításakor nagyon nehéz, sőt lehetetlen szelektálni a ledarált PVC címkéket vagy a PET anyagból készült kupakokat.

Annak ellenére, hogy a műanyag hulladék újrahasznosításának területén történő fejlesztési erőfeszítések többsége a különböző polimerek olyan jellegű szelektálására irányul, hogy azokat a polimereket válasszák

ki, amelyek a legjobb minőségű másodlagos nyersanyagot biztosítják, még mindig a legjobb megoldás a megelőző megközelítés. Újrahasznosítás-központú tervezés esetében ez azt jelenti, hogy a gyártók és a csomagolók már előre meghatározzák a csomago-

láshoz szükséges polimerek kombinációját, és ezzel a szelektálásuk is hatékonyabb lesz. A 19-21. táblázatban néhány, a csomagolás ökotervezésével kapcsolatos általános utasítás és irányelv szerepel (különböző polimerek kombinációja).

19. táblázat: Általános anyagválasztási irányelv nagy sűrűségű polietilén palackok gyártására (HDPE) (Recoup 2009).

CSOMAGOLÁS RÉSZE	MEGFELELŐ	FELTÉTELESEN MEGFELELŐ	NEM MEGFELELŐ
Kupak	PE-HD PE-LD PP		Fémek PS PVC Hőre keményedő anyag
Címke	PE-HD PE-LD PP	Papír PET PS	PVC alumínium fémezett címkék
Borító, tömítés	PE PP	Papír	PVC PS
Ragasztó	Ragasztó nélkül vagy vízben oldódó ragasztó (< 80 °C)		Ragasztók, amelyeket nem lehet vízben vagy lúgos közegben, 80°C-nál eltávolítani

20. táblázat: Általános anyagválasztási irányelv polietilén-tereftalát (PET) palackok gyártására (Recoup 2009).

CSOMAGOLÁS RÉSZE	MEGFELELŐ	FELTÉTELESEN MEGFELELŐ	NEM MEGFELELŐ
Kupak	PP PE-HD PE-LD (szénsavmentes italok)		Fémek PS PVC Hőre keményedő anyag
Címke	PE-HD PE-LD PP Papír (bevonat nélkül; vízben oldódó ragasztóval)	PET	PVC PS
Borító, tömítés	PE /PP	PET	PVC PS
Ragasztó	Ragasztó nélkül vagy vízben oldódó ragasztó (< 80 °C)		Ragasztók, amelyeket nem lehet vízben vagy lúgos közegben, 80°C-nál eltávolítani

21. táblázat: Általános anyagválasztási irányelv polisztrén (PS) palackok gyártására (Recoup 2009).

CSOMAGOLÁS RÉSZE	MEGFELELŐ	FELTÉTELESEN MEGFELELŐ	NEM MEGFELELŐ
Kupak	Alumínium fólia Fémezett PET Fémezett PP PET / alacsony négyzetméter- tömegű papír PS PS / EVA	PE PP	Papír PET / magas négyzetméter- tömegű papír
Címke	Alacsony négyzetméter- tömegű papír PE PP PS	PET	Magas négyzetméter- tömegű papír PET PVC

Az élelmiszerek csomagolásához felhasznált újrahasznosítható műanyagokra vonatkozó rendelet

Az élelmiszerekkel érintkező műanyag csomagolás tekintetében külön elvárások vonatkoznak annak anyagi összetételére. 2008-ban az Európai Bizottság elfogadta a 282/2008/EK rendeletet, amely az élelmiszerek csomagolásához felhasznált újrahasznosítható műanyagokra vonatkozik, ezzel biztosítva az élelmiszerek nagyobb biztonságát. A műanyag hulladék ugyanis szennyeződést tartalmazhatnak a korábbi használatából eredően vagy a nem megfelelő polimer használata miatt, illetve a polimer anyagokban található egyéb anyagok miatt, amelyek nem érintkezhetnek az élelmiszerekkel. Az említett rendelettel összhangban az élelmiszerekkel való érintkezésre az uniós piacon csak olyan újrahasznosítható műanyagok használhatók, amelyek engedélyezett, és a rendelettel összhangban jóváhagyott újrahasznosítási folyamattal keletkeztek. Ez pedig azt jelenti, hogy a hulladék műanyag feldolgozóinak be kell bizonyítaniuk, hogy az alkalmazott újrahasznosítási technológia segítségével csökkentik a feldolgozott műanyag hulladék szennyezettségét arra a szintre, hogy bármilyen káros összetevő potenciális migrációja az élelmiszerbe nem jelenthet veszélyt az egészségre. Az említett rendelet alapján minden feldolgozónak engedélyre lesz szüksége a műanyag hulladék feldolgozásához, az élelmiszerekkel érintkező műanyag csomagolás gyártói pedig csak a minősített anyagokat használhatják.

Új újrahasznosítási technológiák fejlesztése

A műanyag csomagolási hulladék területén történő technológiai fejlesztéseknek köszönhetően minőségesebb újrahasznosított anyagok kaphatók, amelyeknek meg kell felelniük a rendelet legszigorúbb követelményeinek. Ez különösen abban az esetben érvényes, ha az újrahasznosított műanyagot élelmiszerekkel érintkező csomagolás gyártására szeretnék felhasználni. A műanyagokra ezen a területen már régóta külön követelmények érvényesek, 2008-ban pedig ehhez csatlakozott egy új rendelet is (lásd a felső keretet).

A modern újrahasznosítási technológiák lehetővé teszik, hogy az újrahasznosított műanyagot teljes mértékben felhasználhatjuk az élelmiszerek csomagolására. Az ún. „palacktól palackig” (angolul „bottle-to-bottle”) technológiáról van szó, amelyet elsősorban a PET palackok újrahasznosítására fejlesztettek ki. Ezt a technológiát később a HDPE hulladék feldolgozási technológiájával gyarapították, amelyet az említett technológiával szintén úgy fel lehet dolgozni, hogy megfelel az élelmiszerek csomagolásának. Az említett újrahasznosítási technológiákkal ugyanis hatékonyan eltávolítanak minden szennyeződést, amely kockázatot jelentene az egészségre nézve. Egy példa a „palacktól palackig” technológiával újrahasznosított HDPE anyagból gyártott tejes flakonra a 46. ábrán látható.



46. ábra: Újrahasznosított HDPE anyagból gyártott tejes flakon (EREMA/WES 2008).

12.1.2. PET palackok újrahasznosítása

Az újrahasznosított PET a következő csomagolás gyártására alkalmas: mosó- és tisztítószeres palackjai, zsírszűrő filter, szintetikus textilszálak, amelyekből ruhák, geotextíliák, nem szőtt textíliák, hátizsákok, autósülés tömések, szőnyegek, anorákok, sporttáskák, hálózások és hasonlók készülnek. 2011-ben az unió piacán lévő PET palack 51%-a gyűlt

össze. Némely országokban ez az arány meghaladta a 70%-ot. A PET palackok több mint 50%-át különböző csomagolási termékekbe dolgozták fel, 39%-a pedig poliészter szálakba – a textilipar számára. A maradékot szalagok és egyéb újrahasznosított termékek teszik ki (PETCORE, 2012). A 47. ábrán látható néhány olyan termék, amely újrahasznosított PET palackokból készül.



(Forrás: IKEA reklámkatalógus)



(Forrás: Pilot, 2011)



(Forrás: DKR, 2004)



(Forrás: Napcor, 2012)

47. ábra: Újrahasznosított PET műanyagból készült kereskedelmi termékek.

A PET minőségi szintjét a következő tényezők befolyásolják: palackok szelektálása a szín alapján, alacsony polimer (PE, PVC), papír, ragasztók és por tartalom; viszkozitás, amely hasonló a friss PET viszkozitásához; nedvességtartalom, valamint a hulladék palackok egyenletes minősége és mennyisége. A PET palackok mechanikai újrahasznosítása során történő szennyeződés lehet fizikai vagy kémiai. Az első makroszkópikus (üveg, homok, föld, csomagolt áru maradékai, PVC, PE, stb.) és mikroszkópikus részecskéket tartalmaz, amelyeket a legnehezebb eltávolítani. Különösen problematikus a PVC jelenléte, ame-

ly már kis mennyiségben is jelentősen ront a PET granulátum minőségén, hiszen befolyásolja a bomlását és a mechanikai tulajdonságait. Bizonyos esetekben akár károsíthatja a berendezéseket is (az elfogadható PVC tartalom 0,25%). Kémiai szennyezőanyagok közé a csomagolt áru maradékait (élelmiszer, ital, tisztítószer, olaj, vegyszer, ragasztó stb.) soroljuk. A szennyeződések teljes eltávolítása gyakran bonyolult, növeli a költségeket és csökkenti a termelékenységet. A szennyeződések elfogadható szintje a végső termék azon minőségi követelményeitől függ, amelyre a PET hulladékot szánják (Radonjič).

Hulladék PET palackok újrahasznosításának techno-gazdasági korlátai:

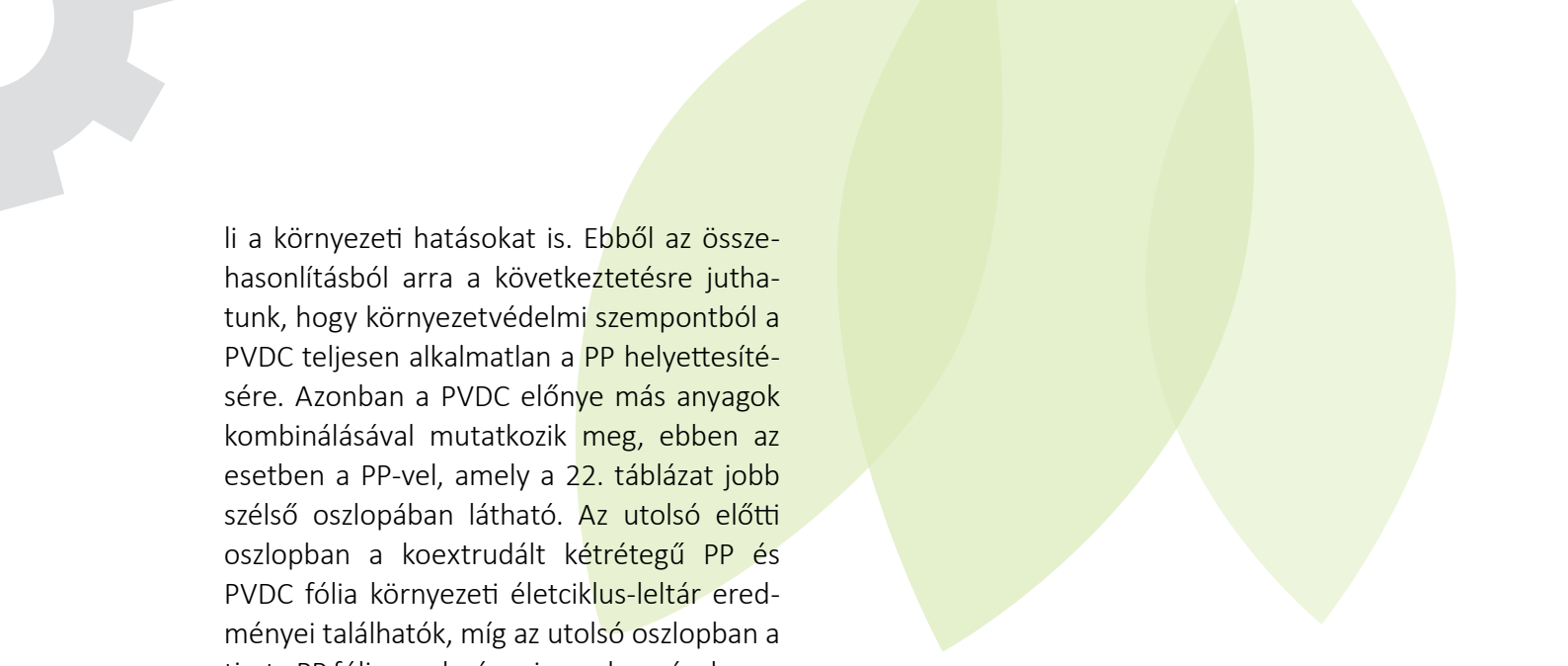
- hulladék összetételének heterogenitása,
- elégtelen mennyiségű begyűjtött hulladék műanyag palack,
- gyűjtés, szelektálás és szállítás költségei,
- különböző színű palackok,
- papír, ragasztó, por, fémek, étel- és italmaradékok tartalma,
- nedvességtartalom,
- egyéb szennyeződések tartalma (limonén, metil-szalicilát, adipátok, acetaldehid stb.),
- friss PET ára.

12.1.3. Mi részesül előnyben: a műanyag csomagolás tömegének csökkentése vagy az újrahasznosítás lehetősége?

Ezt a dilemmát egy gyakorlati példa segítségével lehet illusztrálni, mégpedig két polipropilén (PP) csomagoló fólia összehasonlításával, amely az optimális teljesítmény elérése érdekében gyakran más csomagolóanyagokkal kombinálható (5.8. fejezet). Így körülbelül a 30 µm vastagságú PP fólia, 2,5 µm vastag rétegű poli(vinilidén-kloriddal) (PVDC) kombinálva, 50 egységgel csökkenti az oxigén permeabilitását (APME 1997), amellyel jelentősen megnő a csomagolt termék szavatossági ideje. Az ilyen többrétegű, 35 µm vas-

tagságú PP és PVDC csomagoló fólia alternatív megoldása egy egyrétegű tiszta PP fólia lehet. Ha az ilyen fóliát élelmiszerek csomagolására használjuk, 50-szer vastagabb, 1750 µm vastagságú, tiszta PP fóliát kell alkalmaznunk.

Környezetvédelmi szempontból melyik csomagolás előnyösebb? A 22. táblázatban megtalálhatók a környezeti életciklus-leltár eredményei mindkét csomagolóanyag (PP és PVDC) 1 kg előállításában, valamint a belőlük készült 1 kg csomagolóanyag (fólia) életciklus-leltára. A 22. táblázatban látható, hogy a PVDC-ből előállított 1 kg csomagolóanyag a PP-vel szemben jelentősen növeli a nyersanyagok használatát, valamint a kibocsátások és szilárd hulladék által növe-



li a környezeti hatásokat is. Ebből az összehasonlításból arra a következtetésre juthatunk, hogy környezetvédelmi szempontból a PVDC teljesen alkalmatlan a PP helyettesítésére. Azonban a PVDC előnye más anyagok kombinálásával mutatkozik meg, ebben az esetben a PP-vel, amely a 22. táblázat jobb szélső oszlopában látható. Az utolsó előtti oszlopban a koextrudált kétrétegű PP és PVDC fólia környezeti életciklus-leltár eredményei találhatók, míg az utolsó oszlopban a tiszta PP fólia eredményei, amely a gázok permeabilitását illetően megegyezik a kétrétegű fóliával. A két utolsó oszlop összehasonlítása egyértelműen kimutatja a PP/PVDC kétrétegű fólia környezeti előnyeit a kibocsátásokra és szilárd hulladéokra való tekintettel, a teljes életciklus során. Emellett jelentősen csökken a nyersanyagok használata/kilogramm fóliára, ez pedig teljes mértékben megfelel a nyersanyag-felhasználás fenntartható fejlődésének. Az ok a sokkal vékonyabb koextrudált PP/PVDC fóliában rejlik. Más szóval: ha tiszta PP-ből szeretnénk csomagolási terméket (fóliát) gyártani, 50-szer több anyagot kellene felhasználnunk, mint a PP és PVDC kombinációjával. Az azonban igaz, hogy az ilyen többrétegű fóliák problematikusak lehetnek, vagy nem megfelelők az újrahasznosításra. A homogén PP-ből készült fóliát természetesen egyszerűbb újrahasznosítani. A kérdés viszont az, hogy gazdaságos-e gyűjteni és újrahasznosítani az élelmiszerek csomagolására használt kisebb fóliákat, amelyek használatuk után számos maradékot tartalmazhatnak (Radonjič, 2008).

22. táblázat: A PVDC és PP, valamint a belőlük készült csomagolási fóliák környezeti életciklus-leltár eredményei. Az adatok mg-ban vannak megadva (APME, 1997).

Beáramlás/Kiáramlás	PVDC (1 kg)	PP (1 kg)	PP fólia PVDC réteggel (1 kg)	PP fólia azonos tulajdonságokkal (1 kg)
Nyersanyagforrások				
vasérc	1200	300	404	15.000
mészkő	645.000	200	74.381	10.000
víz	30.000.000	3.100.000	6.194.690	155.000.000
bauxit	780	400	1251	20.000
nátrium-klorid	1.350.000	5000	159.735	250.000
homok	3500	30	429	15.000
Levegőbe történő kibocsátás				
por	10.000	2000	2920	100.000
szénmonoxid	8600	700	1609	35.000
szén-dioxid	3.550.000	1.961.400	2.144.159	98.070.000
kén-oxidok	49.000	11.000	15.372	550.000
nitrogén-oxidok	33.000	10.000	12.646	500.000
hidrogén-klorid	430	40	85	2000
szénhidrogének	33.000	13.000	15.301	650.000
egyéb szerves anyagok	8500	0	978	0
klór	2	0	0	0
fémek	10	5	6	250
Vízbe történő kibocsátás				
KPK	3000	400	700	20.000
BPK	70	60	61	3000
fémek	140	300	282	15.000
kalcium ionok	200.000	0	23.000	0
klorid ionok	454.000	800	52.938	40.000
lebegő részecskék	63.000	200	7425	10.000
tisztítószer	50	40	41	2000
fenol	8	0	1	0
szénhidrogének	230	300	292	15.000
foszfátok	20	0	2	0
szulfát ionok	18.000	0	2071	0
nátrium ionok	3200	0	368	0
Szilárd hulladék				
vegyes ipari	3000	4000	3885	200.000
ásványi	760.000	14.000	99.823	700.000
salak és hamu	153.000	5000	22.027	250.000

12.2. Üvegcsomagolás újrahazsnosítása

Az üveget szinte 100%-ban újra lehet hasznosítani anélkül, hogy elvesztené tulajdonságait és csökkenne a minősége. Az üveg csomagolás üveg tartalma általában 30%, viszont esetenként ez meghaladhatja a több mint 60%-ot is, és ezzel az energiafogyasztás jelentős csökkentését idézi elő. Úgy becslik, hogy 50% üvegszilánk hozzáadása az üvegyártáshoz a szükséges energiafelhasználást 10-15%-kal csökkenti (Verghese et al. 2012; Stilwell et al. 1991). Újrahazsnosítással a vízfogyasztás 50%-kal csökkenthető, a levegőbe történő kibocsátás pedig több tíz százalékkal (Stilwell et al. 1991). Viszont fontos megkülönböztetni az üveg újrahazsnosításának fogalmát a visszatérő csomagolástól (13. fejezet).

Ahhoz, hogy az üveg-újrahazsnosítási üzem gazdaságilag hatékony legyen, nagy mennyiségű üvegre van szükség, ugyanakkor fontos, hogy az üveghulladék beáramlása folyamatos legyen, és hogy naponta minimálisan változzon. Ezért mindkettő – az üveghulladék gyűjtése és megfelelő szelektálása – rendkívül fontos. Az üveg csomagolás szelektálása a háztartásokban és a vendéglátó-ipari egységekben a legegyszerűbb.

Az üvegcsomagolás újrahazsnosításának hatékonysága az üvegszilánkok tisztasági fokától függ. Ezért a legfontosabb feltétel a színek szerinti szelektálás és a szennyeződések eltávolítása. Ebben az esetben zavaró lehet a kerámia, a porcelán és a fémdarabok. A szennyeződések ugyanis sok kárt okozhatnak az üvegben, ugyanakkor károsak lehetnek a kemencékre is. Az üvegiparban történő specifikus termelés miatt a nem megfelelő minőségű hulladék által keletkezett károk sokkal súlyosabbak lehetnek, mint más újrahazsnosítási folyamat esetében. Más színű üvegszilánkok megengedett mennyisége egy adott színű üvegnél nagyon alacsony, és főleg az üveg típusától és használatától függ (Radonjić, 2008). A 23. táblázatban látható egy adott típusú üvegszilánk megengedett értéke a másikkban.

23. táblázat: Különböző típusú üvegszilánkok megengedett mennyiségei (SIST CR 13688:2001).

Üvegszilánkok	Tartalom		
Szín	zöld	barna	színtelen
zöld	> 85 %	< 5 %	< 15 %
barna	< 10 %	> 82 %	< 8 %
színtelen	< 1 %	< 1 %	> 98 %

Az üvegcsomagolás hatékony újrahasznosításának általános feltételei:

- Kerülni kell a sötétzöld, kék és fekete üveget (az újrahasznosításra szánt üveg zöld, barna vagy színtelen lehet).
- Kerülni kell azon összetevőket, amelyek problémát okozhatnak az újrahasznosítás folyamatánál, mint pld. kobaltkék pigment, fémgyűrűk vagy közvetlen metál színekkel történő nyomtatás.
- Újrahasznosítási szimbólummal ellátott címke használata – könnyebb azonosítás érdekében (lásd a 23. táblázatot).

12.3. Fémcsomagolás újrahasznosítása

Gazdasági és környezetvédelmi okok miatt a másodlagos fémek használata egyre fontosabb a kohászatban.

12.3.1. Acélcsoomagolás újrahasznosítása

Az acél pléh újrahasznosítása az egyik legnagyobb hagyománnyal rendelkező újrahasznosítási folyamat, amely a szükséges infrastruktúra és technológia fejlesztésével az elmúlt években jelentősen növekedett. Az acél pléh újrahasznosítása nem annyira elterjedt, mint más acélhulladék újrahasznosítása, mivel az acél pléh gyakran tartalmaz ón és króm rétegű szennyeződések.

Az acélhulladékból előnyert minőséges acél elérése érdekében az ónréteg hatékony eltávolítása szükséges. A folyamat a hulladék aprításából és a szennyeződések eltávolításából áll – az ón elektrolitikus eltávolítása előtt. Túl magas óntartalom ugyanis az újrahasznosított acél ridegségét okozhatja. Az ónréteg a modern technológiáknak köszönhetően igen vékony, ezért az abszolút mennyisége a bemenő hulladék mindössze 0,25–0,36%-át jelenti. Ennek ellenére a magas értéke miatt érdemes újrahasznosítani. Az ónréteg eltávolítása után a hulladékot megtisztítják, bálázzák és előkészítik az újraolvasztásra. A szerves szennyeződések nem jelentenek akadályt, hiszen a folyamat

alatt alkalmazott magas hőmérsékletnek köszönhetően elégnék (Radonjić, 2008).

12.3.2. Alumíniumcsomagolás újrahasznosítása

Az alumínium újrahasznosítása a magas nyersanyag- és energiaáraknak köszönhetően az alumíniumipar számára stratégiai fontosságúvá vált. Ellenkező esetben a hulladéklerakó-helyeken hatalmas mennyiségű értékes alumínium lenne, ugyanakkor a rendkívül igényes elsődleges alumínium gyártása miatt tovább szennyeznék a környezetet. Az alumínium-feldolgozók világszerte a termeléshez már átlagosan 1/3 újrahasznosított alumíniumot használnak (EAA, 2006).

Az alumínium csomagolási hulladék legfontosabb képviselői a fémdobozos üdítők, viszont az elmúlt években egyre inkább növekszik az újrahasznosított alumíniumfólia aránya is.

Agyakorlatban (nem csak a csomagolási hulladékot) a kémiai összetétel mellett, az alumínium hulladékot és azok ötvöztekeit típusa és mérete szerint, valamint a szennyeződések mennyisége és típusa szerint kell szelektálni. A minőséges újrahasznosított alumínium gyártásakor fontos jól ismerni a hulladék összetételét, mivel az a szerkezete és kémiai összetétele alapján igencsak különbözhet. Különbféle alkalmazások ugyanis különböző szintű ötvöző elemeket igényelnek.

A fémcsoomagolás hatékony újrahasznosításának általános feltételei:

- ☛ Kerülni kell azokat a nyomtatási formákat és bevonatokat, amelyek káros anyagokat tartalmaznak, vagy a környezetre ártalmas termelési folyamat eredményeként jöttek létre (lásd a 15. fejezetet).
- ☛ Kerülni kell a különböző féanyagok kombinációját (pld. alumínium fólia acél dobozon).
- ☛ Újrahasznosítási szimbólummal ellátott címke használata, könnyebb azonosítás érdekében (lásd a 23. táblázatot).

12.4. Papír- és kartoncsomagolás újrahasznosítása

A papírt és papírtermékeket nem lehet a végtelenségig újrahasznosítani, mivel a cellulóz szálak minden további ciklusnál rövidebbek. Ez hatással van az újrahasznosított papírból készült termékek minőségére. Az ilyen csomagolás ezért a szilárdság és más tulajdonságok eléréséhez több anyagot igényel, mint a friss anyagból készült. Ezért a papír típusától függően az újrahasznosított rostokhoz friss rostokat kell keverni. A ciklusok száma, amellyel többször alkalmazható a papír- és kartonhulladék újrahasznosítása, a papír típusától függ. Összességében úgy becsülik, hogy az említett termékeket 4-6-szor lehet újrahasznosítani (ERPA, 2007). A kartoncsomagolás tervezésekor ez elengedhetetlen tény, ezért jobb, ha az újrahasznosított papírt olyan felületeken alkalmazzuk, amelyek kevésbé vannak kitéve mechanikai hatásoknak. Az újrahasznosított papír rövidebb szálainak köszönhetően kevésbé áttetsző, ezért ezt a tulajdonságát figyelembe kell venni a kiegészítők és tinták kiválasztásakor. Ennek ellenére a piacon rengeteg, 100%-ban újrahasznosított papírból készült termék található.

A papírhulladék feldolgozásának fő problémája a szennyeződések tartalma, hiszen az eltávolításuk nagyon nehéz. Ezért az újrahasznosítás hatékonysága nagymértékben

az összegyűjtött papír minőségétől függ. Minőségesebbnek számít a papír típusa szerint gyűjtött papírhulladék, amely kisebb mennyiségű szennyeződéset tartalmaz. Ezért nagyon fontos, hogy a papír- és kartonhulladékot külön gyűjtsük, nemcsak az iparban, hanem a kereskedelmi tevékenységek esetében és a háztartásokban is. Ez az utóbbi esetben lehetséges azon papír- és kartoncsomagolással is, amely nem volt közvetlen érintkezésben az élelmiszerrel.

Tintához és színezékekhez hasonló tartozékok az újrafeldolgozáskor problémákat okozhatnak. Emellett problémát okozhatnak az öntapadó szalagok vagy címkék, a műanyaggal bélelt karton vagy a viasszal bevont karton is. Az ilyen hulladék kezelése, az új cellulóz szállakból készült papírral szemben, sokkal nehezebb és drágább (McDougall et al. 2001). Higiéniai okokból néha megkérdőjelezhető az ételmaradékokkal szennyezett papír- és kartonhulladék újrahasznosítása. A modern technológiák lehetővé teszik a papír- és kartonhulladék legkülönbözőbb szennyeződéseinek az eltávolítását. Az ilyen technológiák alkalmazása pedig az újrahasznosított papír későbbi használatától is függ.

A papír- és kartoncsomagolás hatékony újrahasznosításának általános feltételei:

- ☛ Kerülni kell a viasszal bevont és alumínium fóliával vagy műanyaggal bélelt módszereket.
- ☛ Fontos ellenőrizni, hogy a használt festékek és lakkok alkalmasak-e az újrahasznosításra.
- ☛ Egyéb anyagok minimalizálása vagy elkerülése (pld. műanyag rések a dobozon, fémszalagok, műanyag fogantyúk, hab töltőanyag).
- ☛ Nyomtatási eszközök minimális használata.
- ☛ Kerülni kell a nehézfémeket tartalmazó nyomtatási eszközöket és színezékeket.
- ☛ Ragasztók csökkentése vagy elhagyása és azok helyettesítése mechanikus rögzítőkkal.
- ☛ Vizes alapú ragasztók használata.
- ☛ Vízálló címkék elkerülése.
- ☛ Ha szükséges más címkéket használni, legyenek ezek is papírból.
- ☛ Újrahasznosítási szimbólummal ellátott címke használata, könnyebb azonosítás érdekében (lásd a 23. táblázatot).

Ásványi olajok: egyre nagyobb probléma a karton újrahasznosításakor

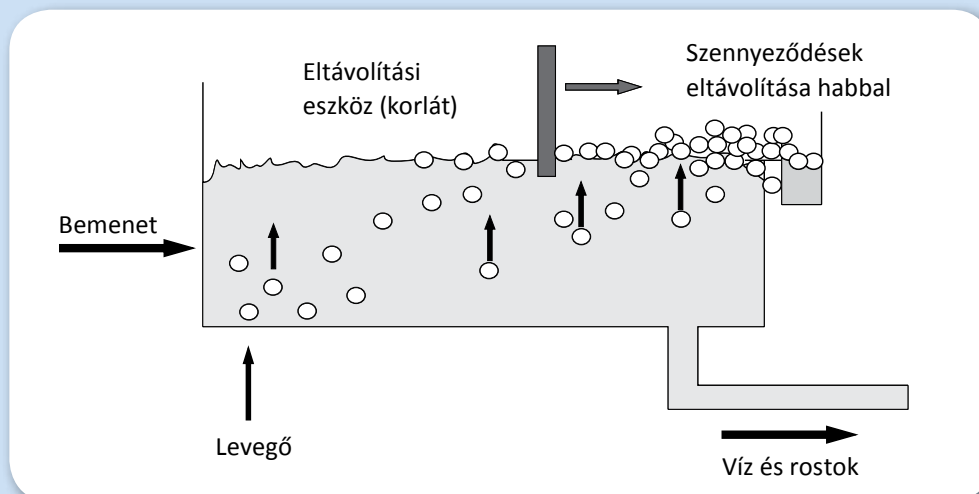
A kartoncsomagolás az utóbbi években többször szerepelt címlapon, mivel számos országban kiderült, hogy olyan ásványi olajokat tartalmazott, amelyek komoly szennyeződést okozhatnak a csomagolt élelmiszerekben, és ebből kifolyólag egészségügyi kockázatot és pénzügyi veszteséget eredményezett. Svájcban és Németországban 2011-ben a polcokról el kellett távolítani bizonyos élelmiszereket, amelyek újrahasznosított karton-, illetve papírcsomagolásban voltak. Az említett csomagolás ugyanis szénhidrogéneket tartalmazott – ásványi olaj formában, amelyek a csomagolásból az élelmiszerbe kerültek. Három csoport szerves vegyületről van szó: paraffin, naftén és aromás szénhidrogén. Az ilyen ásványi olajok károsítják a belső szerveket és rákkeltő hatásuk van. Nyomdafestékek összetevőjeként használatosak. A hulladék újságpapír összekeveredett más papír- és kartonhulladékkal, amelyet aztán karton élelmiszer csomagolásba dolgoztak fel, és így a káros anyagok a csomagolásból az élelmiszerbe kerültek (Anon. 2011b; Biedermann et al. 2011).

Festéktelenítési eljárás: pontozási rendszer

A papírhulladék újrahasznosítását követően – a homogenizálás, víztelenítés és szennyeződések eltávolítási művelete után – a festéktelenítési eljárás következik (angolul deinking), amellyel a nyomdafestéket távolítják el – flotációs eljárással (48. ábra). A festéktelenítési eljárás fontos, ha szeretnénk minőséges újrahasznosított papírt kapni (fehérség).

Az eljárás fontossága miatt ezért nem meglepő, ha az elmúlt években rengeteg erőfeszítést fektettek annak fejlesztésébe. Az Európai Papír-újrahasznosítási Tanács 2008-ban kidolgozta a festéktelenítési eljárás pontozási rendszerét, amellyel szeretnék növelni a papír- és kartonhulladék újrahasznosításának minőségét. Az említett pontozási rendszer a nyomtatók, kiadók és a papír értékláncában szereplő más személyek számára lehetővé teszi, hogy azonosítsák, mely papír- és kartontermékeknek van a legjobb újrahasznosítási képességük a festéktelenítési

eljárás során. A pontozás öt paraméteren alapul (fényesség, szín, tisztaság, nyomdafesték eltávolítása, szűrlet sötétítése), amelyet szabványos laboratóriumi vizsgálatokkal határoznak meg. Az eredmények négy csoportba sorolhatók – jó, elégséges, rossz, nem megfelelő a festéktelenítési eljárásra –, és numerikusan vagy grafikusán ábrázolhatók. Ahhoz, hogy a papírtermék megszerezze a festéktelenítéshez szükséges alkalmasságot, a pontozási rendszerben a 100 pontból legalább 51-et kell elérnie. Természetesen ez nem azt jelenti, hogy azon papír, amely nem éri el ezt a pontszámot, nem felel meg az újrahasznosításnak. Csak azt jelenti, hogy az újrahasznosított papír rosszabb minőségű lesz (ERPC, 2008).



48. ábra: A festéktelenítési eljárás sematikus ábrázolása (deinking) (North Carolina State University, 2012)

12.5. Újrahasznosítási szimbólumok

A csomagolási hulladék újrahasznosítási hatékonyságának alapvető tényezője a hulladék homogenitása. Ehhez nagy mértékben hozzájárul a hulladékok típusa szerinti szelektálása már a keletkezés helyén. Ezért fontos a csomagolás összetételének adatait előre megadni, tehát a csomagolás tervezése során. Az Európai Unió piacán forgalmazott termékeket kötelező megfelelő környezeti címkével ellátni, az előírások betartásának érdekében is. A csomagolás megjelölésére ezért nemzetközileg meghatározott azonosító jeleket, illetve újrahasznosítási szimbólumokat használnak.

A csomagolás jelölésének fő célja, hogy helyes és egyértelmű információt tartalmazzon arról, milyen anyagból készült a csomagolás.

A különböző anyagok azonosítása ugyanis az újrahasznosítási folyamat feltétele. Az ökológiai szigetekeken található tartályokban például különböző csomagolási hulladék gyűjtése folyik. Ez főleg a polimer anyagokra nézve fontos, amelyeknél az újrahasznosított műanyag minősége nagyjából az anyagok magas szintű homogenitásától függ. Szállítás után az ilyen csomagolást sokszor kézzel szelektálják, és ebben az esetben az azonosító jelek nagyon fontosak.

Sok olyan grafikus szimbólum létezik, amely jelzi, hogy az adott csomagolás megfelel-e az újrahasznosításnak vagy feldolgozásnak. A csomagolás öko-címkézéséről a Bizottság által 1997. január 2-án kiadott 97/129/EK határozat rendelkezik, amely a csomagolóanyagok azonosítási rendszerének létrehozásáról szól (European Commission, 2006b). Célja,

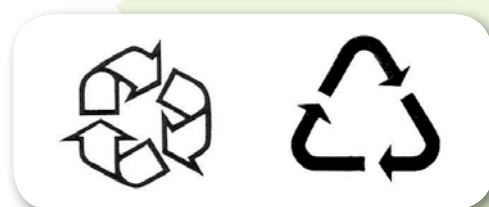
hogy meghatározza azokat a számozásokat és rövidítéseket, amelyeken a jelölési rendszer alapul. A megadott jelek és rövidítések használata egyelőre önkéntes. A rövidítések és számozások megtalálhatók a 24. táblázatban.

24. táblázat: A csomagolásra vonatkozó azonosítási rendszer az Európai Unióban.

MŰANYAG		
1	PET	polietilén-tereftalát
2	HDPE	nagy sűrűségű polietilén
3	PVC	poli(vinil-klorid)
4	LDPE	kis sűrűségű polietilén
5	PP	polipropilén
6	PS	polisztirol
PAPÍR ÉS KARTON		
20	PAP	hullámkarton
21	PAP	nem hullámos karton
22	PAP	papír
FÉMEK		
40	FE	acél
41	ALU	alumínium
FA		
50	FOR	fa
51	FOR	parafa
TEXTIL		
60	TEX	pamut
61	TEX	juta
ÜVEG		
70	GL	színtelen üveg
71	GL	zöld üveg
72	GL	barna üveg
KOMPOZITOK		
80	C*	papír és karton/különböző fémek
81	C*	papír és karton/műanyag
82	C*	papír és karton/alumínium
83	C*	papír és karton/ónozott doboz
84	C*	papír és karton/műanyag/alumínium
85	C*	papír és karton/műanyag/alumínium/ónozott doboz
90	C*	műanyag/alumínium
91	C*	műanyag/ónozott doboz
92	C*	műanyag/különböző fémek
95	C*	üveg/műanyag
96	C*	üveg/alumínium
97	C*	üveg/ónozott doboz
98	C*	üveg/különböző fémek

(*) Kompozitok: C és a domináns anyag rövidítése (C/).

Legelterjedtebb jel az ún. Möbius hurok (49. ábra). Az alapvető jelet egy háromszög jelképezi, amelyet 3 nyíl alkot. A Möbius hurok minden egyes szakasza (nyíl) az újrahasznosítás láncának egyikét képviseli: gyűjtés, újrahasznosítás és az újrahasznosított anyagból készült termék használata. Az USA-ban tervezték a múlt század hetvenes éveinek elején, az egyik legnagyobb papír-újrahasznosító kezdeményezésére. A Möbius hurok a MSZ EN ISO. 14020. (ISO 14020: 2000) szabványnak megfelelően standardizált és meghatározott – Környezeti címkék és nyilatkozatok. Gyakorlatban a Möbius hurok különböző grafikai megoldásait használják. A 49. ábrán látható baloldali szimbólum széles körben, különböző nyomtatási technikákkal használatos, míg a jobb oldalit a csomagolóanyagra történő közvetlen gravírozás esetében használják. Néha a Möbius hurokba vagy mellé egy szám kerül, amely az újrahasznosított anyag arányát jelenti az adott termékben, ahogy ez a 49. ábrán is látható (Radonjić, 2008).



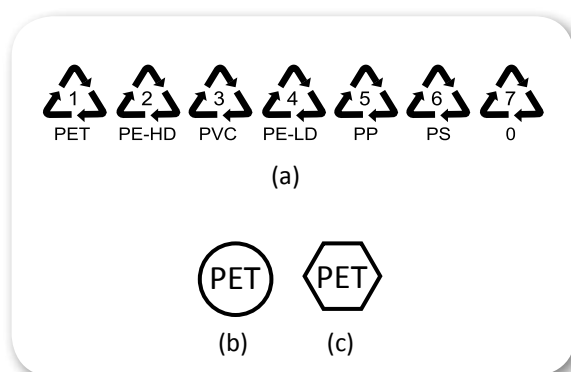
49. ábra: Csomagolóanyagok újrahasznosítási szimbóluma (Möbius hurok).

Bizonyos polimer anyagok esetében, amelyeket nem lehet vizuálisan vagy érintésre megkülönböztetni, különösen fontos az ilyen jellegű azonosítás. A műanyag csomagolás jelzéseit szimbólumok és számok 1-7 (EU-határozat javaslata) vagy 01-07 (a MSZ CR 14311:2002 szabvány szerint) alkotják (50. ábra). A gyakorlatban a jelölés mindkét változatát használják.

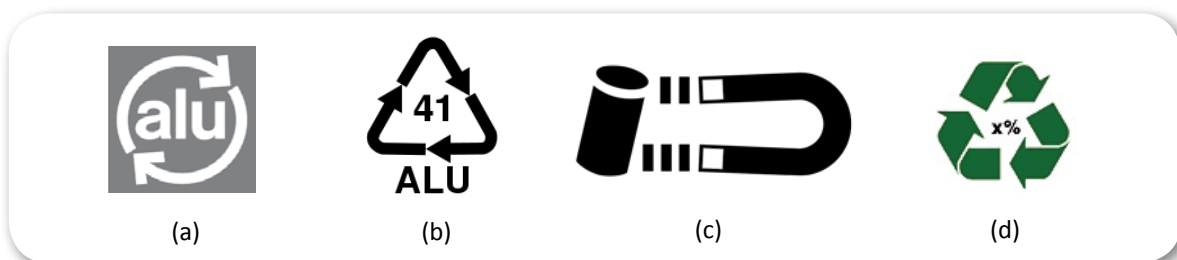
Fontos hangsúlyozni, hogy a fröccsöntéses csomagolást nem elég csak számmal jelölni, hiszen a csomagoláson gyakran megtalálhatók az öntőformák (szerszámok) számai, amelyek az anyag azonosítását nehezítik. Ha a csomagolás nagysága nem teszi lehetővé az adott jelzés nyomtatását vagy gravírozását, jobb a betűs jelzés használata.

Némely országokban a PET palackok jelölésére az említett jelölés mellett hexaéder vagy kör formájú jelölést használnak, amely közepén a PET jelölés található (50. ábra). Ezen a ponton érdemes megemlíteni, hogy az USA-ban az Európaitól kissé eltérő polimer rövidítéseket használnak: PET helyett PETE, PVC helyett V. Viszont Európában is a csomagolá-

son feltűnhetnek azonos anyagok különböző jelölései; ez főleg a polietilénre érvényes (LDPE vagy PE-LD). A többbrétegű műanyag csomagolóanyagokat vagy termékeket (pld. koextrudált fólia) a gyártók néha O betűvel és 7-es számmal jelölik, ahogy az a 50. ábrán is látható. Az említett polimer anyagok azonosító jelei mellett léteznek más jelek is, amelyeket a MSZ CR 14311:2002 szabvány engedélyez. Ezek a 51. ábrán láthatók.



50. ábra: Polimer anyagok azonosító jelei: (a) szabványosított jelölés, (b) és (c) a polietilén-tereftalát jelölése, amelyet szintén használnak a piacon.



51. ábra: A csomagolás azonosító és újrahasznosítási szimbólumai: (a) és (b) alumínium, (c) acél, (d) újrahasznosított anyag aránya.

Fontos a következőt megjegyezni:

A címkére nyomtatott azonosító jel zavart okozhat a szelektálásban, hiszen nem mindig egyértelmű, ha a címkére vagy az anyagra vonatkozik.



13. Újrahasznosítás-központú tervezés (visszatérő csomagolás)

A csomagolási hulladék arányának növekedésével erősödött a vissza nem térítendő csomagolásra irányuló kritika. Elkezdődtek a visszatérő csomagolás alkalmazására vonatkozó felszólítások. Ez utóbbit úgy kell tervezni, hogy használata után a fogyasztó megtarthassa és ismét felhasználhatja, vagy úgy, hogy a csomagolás visszaváltási rendszer szélesebb körébe tartozzon. A csomagolásról és csomagolási hulladék kezeléséről szóló rendeletben (SZK Hivatalos Lapja, 2006) a visszatérő csomagolást a következőképpen definiálták: az a csomagolás, amelynek garantált a körözése – betétdíj fizetése esetén vagy díjmentesen, méghozzá úgy, hogy minden egyes visszatérítése után biztosított annak újrafelhasználása. A rendelettel összhangban a visszatérő csomagolás közé tartoznak a fa raklapok is, amelyek szállítási csomagolásként szolgálnak, EUR jelzéssel. A vissza nem térítendő csomagolás pedig csak egyszeri használatra alkalmas.

Az említett rendelet visszatérő csomagolás esetén meghatározza az ún. visszatérő csomagolás ellenőrzését és zártkörű körforgását. A visszatérő csomagolás ellenőrzött körforgása a csomagolás újrafelhasználási és forgalmazási rendszerében történő körforgást jelenti, elérve a csomagolás visszatérítésének legmagasabb fokát, amelyből a csomagolást kizárólag ellenőrzési folyamat lehet eltávolítani. A zártkörű körforgás pedig a visszatérő csomagolás ellenőrzött körforgásában történő körforgást jelenti, amelynél a csomagoláshoz szükséges újrahasznosított anyagok többsége csomagolási

hulladékból származik, amely a csomagolás ellenőrzött körforgása folyamán keletkezik, úgy, hogy az új anyagok adaléka minimális, azaz műszakilag szükséges mennyiségű legyen. A visszatérő csomagolás zártkörű körforgásban 30 cikluson mehet keresztül, néhány esetben akár százon is. A visszatérítés és körforgás mértékétől függ a visszatérő csomagolás öko-profilja is (13. fejezet).

A csomagolóanyagok típusa és formája viszont nem lehet a visszatérő csomagolás körüli vita tárgya. A visszatérő csomagolás elsősorban az üdítőital-iparának hatáskörébe tartozik, kisebb mértékben megtalálható más élelmiszeripar-ágazatban is az EU-ban. Még alacsonyabb a visszatérő csomagolás aránya a nem élelmiszeripari ágazatokban, ahol csak kivételesen használják folyékony termékeket tartalmazó automata újratöltésére (pld. mosószerek, tisztítószerek, testápolási termékek) vagy bizonyos „öko-üzletekben” (Radonjič, 2008). A fogyasztói szokások változása miatt a visszatérő csomagolás piaci részesedése csökken. Ez nyilvánvaló azokon a területeken is, ahol valamikor a visszatérő csomagolás erős jelentőséggel bírt, ez pedig az italok szektora (ECOLAS-PIRA 2004; DEF-RA 2009).

Az italok szektorán kívül, melynek rendszerében a fogyasztó aktívan részt vesz, a visszatérő csomagolás az üzletpartnerek közti kereskedelemben is használatos. Erre tipikus példák a raklapok, vegyi anyagot tartalmazó hordók, (összecsukható) műanyag dobozok és ládák, kenyérnek és egyéb

pékárúnak szánt dobozok, műanyag légpárnák stb. Az 51. ábrán látható néhány példa a visszatérő csomagolás használatára. A gyümölcs és zöldség számára használt összecsukható műanyag dobozokkal/ládákkal a svájci szupermarketekben sikerült 60.000 tonna kartoncsomagolást megtakarítaniuk (Elander, 2009). Egy angol bútorgyártó a kartondobozokat a kárpitozott bútorok részére (kanapék) visszatérő műanyag zacskókra cserélte le. A csomagolás külső része polietilénből van, amely nem szőtt polipropilénnel van bélelve – a két réteg között pe-

dig légbuborékos réteg található. Az ilyen visszatérő csomagolással a vállalat évente 17 tonna kartont takarít meg (WRAP, 2010). Az 52. ábrán látható kozmetikumok csomagolását azzal a céllal tervezték, hogy oly módon vonzza a vásárlókat, hogy kiváltja belőlük azt a vágyat, hogy a terméket megtartsa a tartalma elhasználása után is. Az ötlet alapja, hogy a műanyag külső csomagolásba egy vékony műanyag krémmel töltött betét kerül, amely cserélhető. Az új tervezéssel jelentősen csökkentették a hozzá szükséges anyag mennyiségét (RMIT, 1997).



(a)



(c)



(b)

52. ábra: Visszatérő csomagolás példái: (a) gyümölcs csomagolására alkalmas dobozok a szupermarketekben, (b) zacskók a kanapéhoz, (c) kozmetikumok csomagolása.

Újratöltő rendszer

Az utóbbi években igen elterjedtek a tej és bor újratöltő rendszerek, az ún. tej- és borautomaták. A tejautomata rendszerét Svájcban fejlesztették ki, Olaszországban tökéletesítették, most pedig már Európa-szerte jelen van. A tejet az automatából a vásárló vagy saját vagy az automatán vett palackban veheti át. Ebben az esetben a csomagolásra vonatkozó higiéniai intézkedésekért az automata tulajdonosa felel. A borautomatánál hasonló az eljárás. A vásárló az ilyen automatáknál saját vagy a helyszínen vett csomagolásban veheti át a bort. Emellett a vásárlók a bort nagyobb csomagolásba is önthetik, és így tovább csökkentik a felesleges csomagolást.

13.1. A visszatérő csomagolási rendszer techno-gazdasági tényezői

Hogy az adott esetben a visszatérő, illetve vissza nem térítendő csomagolás használata gazdaságilag elfogadhatóbb vagy sem, az mindkét típusú csomagolás költségeitől függ, viszont nem szabad alábecsülni a piac hatását és más tényezőket sem. Amint azt számos, e területen elvégzett kutatás igazolja (PIRA-ECOLAS, 2005) – környezetvédelmi és gazdasági szempontból, két alapvető feltételnek kell eleget tenni, éspedig: az áru helybeli forgalmazása és a csomagolás visszatérítésének magasabb aránya a fogyasztótól a csomagolóig.

A szállítás esetén meg kell említeni, hogy az üveghordozó általában kevésbé használja ki a szállítási adottságokat, mint a többrétegű laminált csomagolás, amely lehetővé teszi, hogy több csomagolási egységet műanyag fóliával nagyobb kezelőegységbe csoportosítsunk. Ezért nagyon fontos a visszatérő csomagolás egyesítésének és szabványosításának szempontja, amelynek tartalmaznia kell a szállítási csomagolást is, hiszen így jelentősen javíthatunk a rendszer hatékonyságán, főleg a szállítást és a csomagolt áru kezelését illetően (Radonjič, 2008).

A visszatérő csomagolás hatékonyságára más – nem műszaki – tényezők is hatással vannak, amelyeket a visszatérő csomagolási rendszer tervezésekor figyelembe kell venni – a műszaki adatok mellett (fizikai és kémiai tulajdonságok); például a visszatérő csomagolási hálózat fejlettsége, a csomagolás és a csomagolt termék fogyasztása közti távolság, a csomagolt áru nagyobb differenciációja, és a már említett fogyasztók visszajelzése. A visszatérő palack, amelyet elvileg 100 ciklusra terveztek, sérülés miatt már akár 30 ciklus után a hulladékok között landolhat, ez viszont a vásárlókra visszataszítóan

hat, még akkor is, ha műszaki szempontból megfelelően látja el a funkcióját. Ugyanez vonatkozik az üvegpalackokra is.

A visszatérő csomagolás többször van mechanikai és egyéb külső hatásoknak kitéve, ezért ellenállóbbnak kell lennie, ami viszont növeli a vételárat. Ha azonban figyelembe vesszük, hogy a visszatérő csomagolást többször használják fel, a csomagolási egységenkénti vételár csökken – minél gyakrabban használják, annál jobban. A visszatérő és vissza nem térítendő csomagolás költségeinek összehasonlításakor a vételár mellett figyelembe kell venni más költségeket is, mint például a tárolási költségek, külső és belső szállítás költségei, a visszatérítés, újra címkézés, regisztráció, ellenőrzés és tisztítás költségei.

MEGJEGYZÉS: A visszatérő csomagolás költségeiről és gazdasági szempontjairól többet a Radonjič 2008-ban olvashat.

A visszatérő csomagolási rendszer létrehozása általában az ellátási lánc bizonyos módosításait igényli, valamint a vállalatokban történő gyűjtés és tárolás szervezését. Abban az esetben, amikor elvárják, hogy a fogyasztó aktív szerepet vállaljon, jó információs rendszer szükséges a csomagolás átadását illetően.

Mivel megváltoztak a vásárlási szokások és módszerek, ezért fontos, hogy a fogyasztókat ösztönözze arra, hogy aktívan vegyenek részt a visszatérő csomagolás rendszerében. A kérdés az, hogy hogyan viszonyulnak a fogyasztók a visszatérő, azaz vissza nem térítendő csomagoláshoz. Ezzel kapcsolatosan nem létezik általánosan elfogadott következtetés, mert a fogyasztók hozzáállása világszerte eltérő. Viszont ha a visszatérő csomagolási rendszer nem működik, és ha a fogyasztók nem működnek közre aktívan, a visszatérő palack azonnal, vagy néhány ciklus után a hulladékok közt találhatja magát. A fogyasztók tájékozottsága és aktív részvé-

tele a visszatérő csomagolás rendszerében világszerte különbözhet, ezért jó tudni és figyelembe venni, hogy a csomagolást, azaz a csomagolt árut milyen piacra szánták. A visz-

sza nem térítendő csomagolásról szóló gyakori döntések az egyszerű viselés, racionális helykihasználás, az italok gyors hűtésének és törésbiztosságának rovására mennek.

Visszatérő csomagolás tervezésének követelményei

- ◉ Az egyik legfontosabb követelmény a visszatérő csomagolás tartóssága, amelynek minél több cikluson kell átmennie. Leggyakrabban e célból növelik a csomagolás vastagságát (pld. üveg, műanyag palack), bizonyos esetekben pedig a hosszabb élettartamot megerősített élekkel és a dobozokban/ládákban lévő pótbordákkal érik el.
- ◉ A visszatérő csomagolás tartósságának elérése érdekében ajánlott a minimális anyagfelhasználás (dematerializáció). Ezzel nem csak csomagolóanyagot lehet megtakarítani, hanem a szállításhoz szükséges üzemanyag-fogyasztást is. Példa erre a többretegű, minőséges rostokból készült, erősebb hullámpapír vagy könnyebb „hullámos” műanyag panelek, konténerek számára.
- ◉ A visszatérő csomagolást úgy kell tervezni, hogy könnyen nyitható és zárható legyen, és hogy töltéskor/ürítéskor nem okoz sérülést.
- ◉ Át kell vizsgálni, van-e lehetőség összerakható visszatérő csomagolás használatára. Ebben az esetben világos utasításokat és a kezeléshez szükséges kódokat kell mellékelni (összeszerelés és szétszerelés).
- ◉ Biztosítani kell a címkék egyszerű eltávolítását és a ragasztók minimális használatát (a dokumentációt műanyag zacskókban kell mellékelni).
- ◉ Biztosítani kell a visszatérő csomagolás minél egyszerűbb tisztítását, amikor az szükséges. A tisztításhoz szükséges víz- és energiafogyasztásnak minimálisnak kell lennie.
- ◉ Érdemes elgondolkodni a visszatérő csomagolás moduláris szerkezetű felépítéséről (sérült részek cseréje, illetve javítása).
- ◉ Pontos dokumentáció vezetése a visszatérő csomagolásról, és a hatékonyságának folyamatos megfigyelése.

13.2. A visszatérő és vissza nem térítendő csomagolási rendszert összehasonlító környezeti elemzés

A visszatérő csomagolásnak a nyilvánosságban környezeti szempontból minden bizonnyal igen kedvező hírneve van. Ez valószínűleg abból a tényből ered, miszerint a környezet olyan csomagolásként ismeri, amely a vissza nem térítendővel szemben használata után nem eredményez nagy mennyiségű szilárd hulladékot, mivel vissza-

tér a gyártóhoz, illetve csomagolóhoz, és többször újrahasznosítják. Ebből kifolyólag kevesebb nyersanyagra van szükség a gyártás folyamán. De vajon a visszatérő csomagolás a vissza nem térítendővel szemben – környezeti szempontból – tényleg mindig jobb? Kétségtelenül ebben az esetben is előfordulnak sztereotípiák a környezetvédelmi alkalmasságot illetően, amelyek abszolút előnyben részesítik a visszatérő csomagolást.

Az LCA-módszert (amelyről részletesebben a 8. fejezetben esik szó) gyakran használ-

ták a környezetre mért hatások elemzésére a visszatérő és vissza nem térítendő csomagolás esetében (Németország, Ausztria, Dánia, USA stb.). Az eredmények gyakran ellentétben voltak a közhiedelemmel, hiszen a számítások kimutatták, hogy környezeti szempontból a visszatérő csomagolás az életciklusa során nem mindig a legmegfelelőbb. Az egyik legismertebb eset Németországból ered, ahol az LCA-módszer eredményeit a legmagasabb

illetékes állami intézményekben döntéshozatalra és intézkedések esetében szerették volna használni, a csomagolási hulladék kezelésének nemzetközi rendszerében. A példát szándékosan mutatjuk be részletesen azzal a céllal, hogy figyelmeztessünk a különböző csomagolási rendszerek összehasonlításának összetettségére, és arra, hogy nincsenek egyoldalú megoldások, amikor a visszatérő és vissza nem térítendő csomagolásról van szó.

Érdemes megjegyezni

Módszertani hiányosságok ellenére az egyetlen modern, nemzetközileg szabványosított módszer, amellyel lehetséges összehasonlítani a visszatérő és vissza nem térítendő csomagolás környezetre gyakorolt hatásait, az LCA-módszer (8. fejezet). Viszont tisztában kell lenni azzal, hogy az LCA-módszerrel kapott eredmények a peremfeltételektől és szubjektív feltételezésektől függenek, ezért az eredmények egyes rendszerek optimalizálásakor csak útmutatóként használhatók, nem alkalmazhatók viszont eszközként különféle csomagolási termékek kizárása, illetve preferálása esetében.

Egy német energia- és környezetvédelmi kutatóintézet (Institut für Energie- und Umweltforschung, IFEU) – egyedül vagy a partnerekkel együtt – a Szövetségi Környezetvédelmi Ügynökségnek (Umweltbundesamt) 1995 óta több, LCA-módszeren alapuló környezetvédelmi életciklus-elemzést készített el az italok csomagolására vonatkozóan. Az 1996-ban megjelent első tanulmányban (UBA I) a friss tej (beleértve a visszatérő üvegpalackot, polietilén zacskót és összetett többrétegű kartoncsomagolást) és a sör csomagolását (beleértve a visszatérő és vissza nem térítendő üvegpalackot és az alumínium és acél dobozokat) hasonlították össze. Az eredmények kimutatták, hogy a tej alternatív csomagolásai közül minimális környezeti hatása az egyszeri használatra alkalmas polietilén zacskónak van, ezt pedig a visszatérő üvegpalack követi. A sör csomagolásánál pedig arra a következtetésre jutottak, hogy a német körülményeknek megfelelően – környezeti szempontból – a visszatérő csomagolás a legmegfelelőbb. Az eredmények alapján a Német Környezet-

védelmi Ügynökség éves jelentésében az állt, hogy a visszatérő csomagolás alternatív megoldásként környezeti szempontból nem mindig a legmegfelelőbb (Schmitz et al. 1996; ECOLAS-PIRA, 2004).

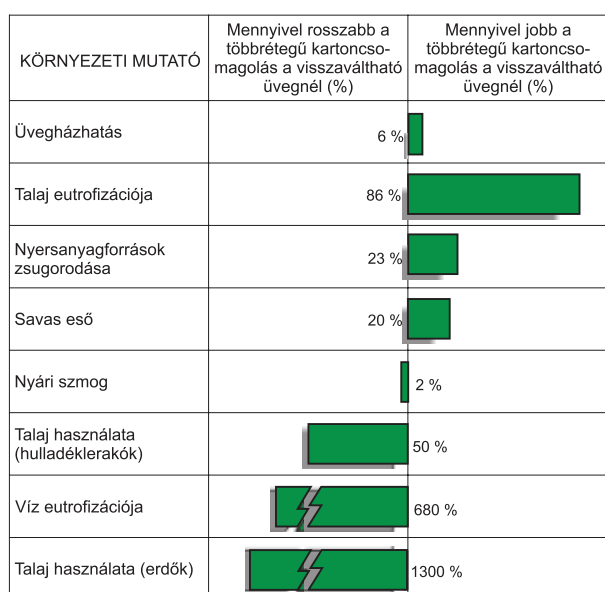
2000-ben az IFEU, a Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung (GVM), a Prognos Management és a PackForce által a Szövetségi Környezetvédelmi Hivatalnak elvégzett követéses – LCA módszeren alapuló – vizsgálatban (8. fejezet) az ISO 14040 szabványnak megfelelő környezetvédelmi életciklus-elemzést készítették el az ásványvíz, a bor, a gyümölcslevek és az alkoholmentes szénsavas italok csomagolására vonatkozóan. Az elemzésbe a következő környezeti kategóriákat vonták be: fotokémiai szmog, víz eutrofizációja, savasodás, emberek számára mérgező anyagok, ökoszisztémák számára mérgező anyagok, természeti erőforrások használata és az üvegházhatás (ECOLAS – PIRA, 2004). Ma a tanulmány UBA II név alatt ismert, az eredményeket pedig két részben

tették közzé (2000-ben és 2002-ben). A tanulmány során 28 különböző csomagolási rendszert vizsgáltak meg (ásványvíz, szénsavas és szénsavmentes italok, bor). Azokat a különbségeket szerették volna meghatározni, amelyeket az azonos csomagolt terméknel a különböző méretű és mennyiségű csomagolás okoz (0,25 l-től 1,5 l-ig). A második részben azokat a csomagolási rendszerek és termékek életciklusait tanulmányozták, amelyek az UBA I 1995-ben történő közzététele után jelentek meg a német piacon (PET palackok, 0,5 literes doboz, 1 literes „ultrakönnnyű” üvegpalack (FKN, 2006).

Az UBA II tanulmány és az 1995-ben végzett tanulmány között némi hasonlóságot fedeztek fel, amellyel megerősítették, hogy a visszatérő csomagolási rendszerek környezeti szempontból nem lehetnek automatikusan megfelelőbbek a vissza nem térítendő csomagolással szemben. Ezt a határozatot hozta meg a Német Környezetvédelmi Hivatal is (ECOLAS-PIRA, 2004). Az elemzéssel ugyanakkor meghatározták, melyek a visszatérő és vissza nem térítendő csomagolási rendszer életciklusait befolyásoló tényezők, azaz melyek annak szakaszai, és miben térnek el egymástól. Kiderült, hogy a visszatérő csomagolás életciklusa során a legnagyobb hatással a környezetre a forgalmazás, azaz

szállítás, valamint a csomagolás mosása volt, míg a vissza nem térítendő csomagolás esetében a környezeti hatásokhoz a legnagyobb mértékben a csomagolóanyag gyártása és a csomagolás tervezése járult hozzá. Az energiafogyasztás bizonyult a legfontosabb szempontnak a csomagolási rendszerek környezeti hatásait illetően.

Az UBA II tanulmány eredményei alapján a Német Környezetvédelmi Minisztérium a következő határozatot hozta meg: az ásványvíz és a szénsavas alkoholmentes üdítőitalok csomagolásához – környezeti szempontból – megfelelőbb a visszatérő PET palack használata – a visszatérő üvegpalack helyett. A szénsavas üdítőitalok esetében a vissza nem térítendő üvegpalackok és dobozok viszonylag nagyobb környezeti hatással bírnak, mint a visszatérő csomagolási rendszer. A visszatérő csomagolás és a többretegű kartoncsomagolás összehasonlítása többek közt kimutatta, hogy e két alternatíva közül környezeti szempontból egyik sem abszolút győztes (53. ábra). A kombinált többretegű kartoncsomagolás környezeti profilja javulásához az a tény is hozzásegített, hogy abban az időben Németországban jelentősen javult a bizonyos csomagolási hulladék újrahasznosításának hatékonysága.



53. ábra: LCA-módszeren alapuló elemzés eredményei – kombinált többretegű kartondoboz és visszatérő üvegpalack csomagolás összehasonlítására vonatkozóan. Az adatok a német piacra érvényesek (FKN, 2006).

Tekintettel arra, hogy bármely csomagolás környezeti profiljára jelentős hatással van a használata utáni kezelés hatékonysága (pld. újrahasznosítási folyamatok), az UBA II tanulmánnyal még egyszer bebizonyosodott, hogy a szállítási folyamatok, azaz az italok forgalmazásának módja és távolsága további befolyásoló tényezőként szerepel az LCA-rendszerben, a visszatérő és vissza nem térítendő csomagolást illetően. A visszatérő csomagolás esetében befolyásoló tényezőként szerepel a visszatérítés foka, azaz az adott csomagolás ciklusainak száma. Rövidebb szállítási távolságok esetében a visszatérő csomagolás általában környezeti szempontból alkalmasabb a vissza nem térítendő csomagolásnál, viszont ez utóbbi – az alacsony tömegének köszönhetően – a növekvő szállítási távolságok esetében – környezeti szempontból – jobbnak minősül. Az adott ország visszatérő csomago-

lási rendszerét ezért mindig alaposan meg kell vizsgálni, hiszen a nemzetközi visszatérő csomagolási rendszerek környezeti szempontból éppen a hosszú távolságok miatt kevésbé megfelelőek (PIRA-ECOLAS, 2005).

Az italok különböző csomagolási rendszereinek környezeti hatásai közti különbség nagyrészt a csomagolás térfogatától is függ, és ezzel a csomagolási egységenként előírt mennyiségtől. Erre a befolyásoló tényezőre figyelmeztettek a szakértők, akik részt vettek az UBA II német tanulmányban (Prognos AG, 2002). Kiderült ugyanis, hogy minél nagyobb a csomagolás térfogata, annál kisebbek a specifikus környezeti hatások (például 1000 L csomagolt italra átszámolva). Tehát a nagyobb térfogatú visszatérő és vissza nem térítendő csomagolás kisebb környezeti hatásokat okoz, mint az azonos anyagból készült, kisebb csomagolás.

Az LCA-elemzés, azaz az UBA II tanulmány fontos következtetése az volt, hogy nem létezik egy olyan bizonyos csomagolás minden adott helyzetre, amely környezeti szempontból mindig jobb vagy rosszabb lenne a többihez képest. Az elemzéseket kizárólag a német piacra vonatkozó adatok alapján készítették el. Minden országban más a szállítási távolság, az országok közt eltérések lehetnek az infrastruktúrában és a visszatérő csomagolási rendszer hatékonyságában, valamint az energiahatékonyságban is.

Az eredmények – várhatóan – nagy reakciót keltettek Németországban és más országokban is, kérdések merültek fel a tanulmány tárgyilagosságát és hitelességét illetően, különböző országos és nemzetközi csomagolóanyagok és termékek gyártói szólaltak fel (PETCORE, 2004; GDA, 2000). A PETCORE európai nonprofit szervezet, amely támogatja és fejleszti a PET csomagolás gyártását, 2003 májusában egy tanulmányt indított, amelyet a heidelbergi Energia- és Környezetvédelmi Kutatóintézet (IFEU GmbH) hajtott végre, tíz német italcsomagoló támogatásával (PETCORE, 2004). Kialakítottak egy recenzens csoportot is. A tanulmány tartalmazta a rendszer kiterjesztett határait,

és összehasonlította az ásványvizes vissza nem térítendő PET palack és az üdítőitalos visszatérő üvegpalack környezeti hatásait, a Németországban használatos kettős hulladékgazdálkodási rendszer alapján: a szelektív hulladékgyűjtési DSD-rendszerben (németül Duales System Deutschland) és a letét-visszatérítési rendszerben. Az eredményeket 1000 liter palackozott italra számították át. A felhasznált adatok kizárólag a német piacra jellemzőek. A legtöbb összegyűlt PET palack hulladékot ugyanis nem palackok újrahasznosítására használják, hanem más célokra, mint például poliéster rostok, szalagok, palackok stb. gyártására. Ezt viszont némely LCA-elemzés során nem vették figyelembe, így a

híres, 2000-ben elkészült UBA II tanulmány esetében sem. Ezért az említett tanulmány a szakértők ellenvetésébe botlott, akik úgy vélték, hogy a tanulmányban tárgyalt PET-et nem mutatták be objektíven.

Az LCA-elemzéssel kapott eredmények alapján – az ilyen kiterjedt rendszerek esetében – a következő határozatok születtek: a csomagolási hulladék szelektív gyűjtése esetében a PET palack és üvegpalack – életciklusa során – hasonló hatással van a környezetre, azaz nem létezik egyértelmű környezeti előny, ha műanyag vagy üvegpalackot használunk. A letét-visszatérítési rendszerben a vissza nem térítendő csomagolás környezeti hatása csökken, ami elsősorban annak köszönhető, hogy a legtöbb összegyűjtött PET palack újrahasznosítása a Távol-Keleten történik. Ha az újrahasznosítás Európában zajlana – mint ahogy azt az DSD-rendszerben gyűjtött palackokkal is teszik – a környezetre gyakorolt hatásokban nem lennének különbségek.

A kiegészített LCA-tanulmány kimutatta, hogy a német helyzetre nézve a vissza nem térítendő PET palackok környezeti szempontból ugyanúgy elfogadhatók, mint a visszatérő üvegpalackok, szelektív hulladékgyűjtés esetén. A tanulmány azt is megerősítette, hogy nincs különbség az eredményekben, ha a PET újrahasznosítása után textilszálakat, szalagokat vagy palackokat készítenek. Megerősödött, hogy az ilyen LCA-elemzés eredményeit befolyásolják a szállítási távolságok és az adott csomagolás súlya. Ez az eset világosan mutatja, hogy milyen bonyolult és összetett a csomagolás környezetre gyakorolt negatív hatásainak értékelése, és ugyanakkor arra utal, hogy a környezetvédelmi problematika azonosítása csupán a szilárd hulladékok használat utáni kezelésével helytelen és felesleges (PET-CORE, 2004; Radonjić, 2008).

A visszatérő és vissza nem térítendő csomagolással kapcsolatos német összehasonlító tanulmány nem az egyedüli e téren. A bemutatott német szituáció kiegészítő példája a sör visszatérő és vissza nem térítendő üvegpalack csomagolásáról szóló, LCA-módszeren alapuló tanulmány, amelyet Portugáliában készítettek (Mata és Costa, 2001). Az említett tanulmány, amely figyelembe vette a csomagolás teljes életciklusát, kimutatta, hogy a sörösüvegek visszatérő rendszere az újrahasznált palackok arányától és a rendszerben való körforgásától függ. E két paramétertől (feltéve, hogy a szállítási távolságok megegyeznek) függ az általános környezeti profil. Az 50%-os újrahasznosított és 50%-os új üvegpalack használati aránya által a visszatérő üvegpalack az üvegházhatáshoz, savasodáshoz, fitokémiai szmoghoz, mérgező anyagok mennyiségéhez és az energia- és nyersanyag-felhasználáshoz való hozzájárulása már a második ciklusban alacsonyabb, mint a vissza nem térítendő palackok esetében. A visszatérő palackok hozzájárulása az eutrofizációhoz és az ózonréteg lebomlásához magasabb volt, mint a vissza nem térítendő palackok esetében. A ciklusok számának növekedésével ez a különbség még nagyobb – a vissza nem térítendő palackok javára. Ennek okai az intenzív szállításban és a visszatérő csomagolás mosásában rejlenek.

Helyénvaló megemlíteni még egy tanulmányt, amelyet dr. Neil Kirkpatrick végzett el az Európai Csomagolási és Környezetvédelmi Szövetség (EUROPEN) részére. A tanulmány során dr. Kirkpatrick kilenc, LCA-módszerrel már átvizsgált tanulmány eredményeit hasonlította össze, amelyekben különböző visszatérő és vissza nem térítendő csomagolást elemzett, Európa különböző országaiból (Németország, Ausztria, Dánia, Belgium), a kormány és a szakmai szervezetek és intézmények részére 1993 és 2003 között.

Az összehasonlító tanulmány fő célja választ kapni arra a kérdésre, hogy lehet-e a már elvégzett kutatások eredményei alapján állítani, hogy a visszatérő csomagolás használata környezeti szempontból jobb, mint az újrahasznosított vissza nem térítendő csomagolásé. Az összehasonlító tanulmány végső megállapítása, hogy nem lehet egy általános, kizárólagos választ adni erre a kérdésre. Ismét bebizonyosodott, hogy legtöbb esetben a szállítási távolságok növekedésével a könnyű, vissza nem térítendő csomagolás környezeti szempontból alkalmasabb (Kirkpatrick, 2004).

A visszatérő csomagolási rendszer energiahatékonysága fontos szempont, amelyet figyelembe kell venni az ilyen rendszer kialakítása során – amikor környezeti hatásokról van szó. A visszatérő csomagolás esetében megtakarított források pozitív képét főleg a következők rombolhatják le: nehéz csomagolásba (ládák) csomagolt áru szállításához szükséges energia, amely-nél rossz a szállítási jármű kapacitásának a kihasználása; a visszatérő csomagolás – gyártóhoz való – szállításához szükséges energia (üzemanyag formájában); tisztításához szükséges energia (Radonjič, 2008).

A visszatérő és vissza nem térítendő csomagolásra vonatkozó összehasonlító tanulmányok több országban azt mutatják, hogy nem lehet egyoldalúan azt állítani, hogy környezeti szempontból a visszatérő csomagolás automatikusan jobb a vissza nem térítendőnél. Ezért minden esetet külön kell megvizsgálni. Néhány közös jellemző mutatkozott meg:

- A vissza nem térítendő csomagolás környezeti profilja a visszatérő csomagolással szemben nagyjából attól függ, mi történik az ilyen vissza nem térítendő csomagolással a használata után, tehát milyenek az eljárások, illetve az ilyen csomagolási hulladék kezelésének technológiai szintje.
- Több országban a tapasztalatok azt mutatják, hogy a visszatérő csomagolási rendszer akkor lehet hatékony, ha a csomagolás elegendő ciklusban vesz részt, azaz elég körforgást csinált, ha a szállítási távolságok rövidek, és ha folyamatosan elegendő összegyűlt visszatérő csomagolás áll rendelkezésre (Bridgewater és Lindgren, 1983; Giles, 1999).
- A visszatérő és vissza nem térítendő csomagolás környezeti életciklusának különböző analitikus elemzései megerősítették, hogy a legtöbb esetre érvényes, hogy rövidebb szállítási távolságok esetében (néhány 100 km) a visszatérő csomagolási rendszer környezeti szempontból kevésbé megterhelő, nagyobb távolságoknál viszont a vissza nem térítendő csomagolás alacsony tömegének köszönhetően környezeti szempontból alkalmasabb (ECOLAS-PIRA, 2004).
- Ha környezeti szempontból az egyik rendszer elsőbbséget élvez, a szállítási távolságot esetenként kell meghatározni.
- A visszatérő csomagolási rendszer energiahatékonysága fontos szempont, amelyet figyelembe kell venni az ilyen rendszer kialakítása során – amikor környezeti hatásokról van szó.



14. Komposztálásra tervezés

A hulladék **komposztálása** a hulladékok komposztba történő aerob mikrobiológiai átváltozása, amely hasznos a termőföldek termékenységének és minőségének javítására és trágyázására. Más szóval, a komposztálás az anyagok – levegő jelenlétében – történő biológiai bomlási folyamata, melynek eredménye a humuszhoz hasonló anyag. A csomagolásról és a csomagolási hulladékról szóló 94/62/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv a komposztálást és a biológiai lebomlást csak futólag említi. Viszont a csomagolás és a csomagolási hulladék kezeléséről szóló szlovén rendelet (SzK Hivatalos Lapja, 2006) a komposztálást az ún. szerves újrahasznosítás közé sorolja, beleértve a biometanizációt is, a csomagolási hulladék biológiai úton lebomló részeinek anaerobikus folyamatát. A rendelet azt is kimondja, hogy a komposztálásra alkalmas csomagolási hulladéknak olyan tulajdonságokkal kell rendelkeznie, amelyek lehetővé teszik a szelektív hulladékgyűjtést és lebomlást, anaerob vagy aerob folyamatok által. Összhangban a csomagolás és a csomagolási hulladék kezeléséről szóló rendelet (SzK Hivatalos Lapja, 2006) által kínált definícióval a biológiailag lebomló csomagolás az olyan csomagolás, amely fizikai, kémiai, termikus vagy biológiai úton történő lebomlása eredményeként széndioxidra, biomasszává vagy vízzé bomlik le.

A komposztálási folyamatok hatékonyságát számos feltétel határozza meg, mint például a hőmérséklet, a páratartalom, a hulladék szén és nitrogén aránya, illetve a mikroorganizmusok tápanyagának mennyisége és aránya, pH-érték, a részecskék nagysága, illetve a hulladék tömege és felszíne közti arány, a jelenlévő

oxigén mennyisége és a hulladék keverési aránya (Radonjič, 2008).

A komposztálást érintő alapvető problémák egyike a hulladék szennyeződése olyan anyagokkal, amelyek nem csak, hogy nem lebonthatók, hanem veszélyesek is lehetnek, és ezért a komposztban semmiféleképpen sem lehetnek jelen (pl. nehézfémek, toxikus szerves vegyületek). Ez esetben a komposzt minősége a mezőgazdaságban való használatra nem felel meg.

Komposztálásra alkalmas csomagolási hulladéknak főleg a papír, a karton és a fa számít, viszont a polimer műanyagok fejlődése új típusú, biológiai úton lebomló műanyagok gyártását eredményezi (5.4.2. fejezet). A nyilvánosság nem megfelelő tájékoztatása miatt csak ritkán tudják, hogy a hulladék csomagolóanyagok csak megfelelő környezetben alkalmasak a bomlásra. A zsúfolt hulladéklerakók, ahol az ilyen jellegű csomagolási hulladékot és egyéb hulladékot halmozunk, nem nyújtanak megfelelő környezetet a bomláshoz, és a hulladéklerakók terhelésének csökkenését sem idézik elő következetesen.

A komposztálhatóság a csomagolás (vagy műanyag) azon tulajdonsága, amely lehetővé teszi a komposztálás során történő lebomlást. Egy termék akkor komposztálható, ha kimutatták, hogy minden része komposztálható.

Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) az elmúlt években kiadott bizonyos szabványokat a csomagolási hulladék komposztálását illetően. Az EN 13432 számú európai

szabvány az ipari komposztálás feltételeit és követelményeit határozza meg, míg az EN 14995 számú szabvány a műanyag csomagolásra vonatkozó feltételeket szabja meg. Az EN 13432 és 14995 számú szabványok részletezik, mely tulajdonságoknak kell megfelelnie a csomagolásnak, hogy alkalmas legyen a komposztálásra. Ezek a tulajdonságok a következők:

- biológiai lebonthatóság, azaz az anyagok azon képessége, hogy mikroorganizmusok befolyása által CO₂-be változzanak (a komposztálási ciklus során, 6 hónap alatt a csomagolás legalább 90%-ának kell lebomlania);
- bomlási képesség, amely alatt az anyag töredezését (fragmentációját) értjük apró részecskékre, amelyek szabad szemmel nem láthatóak (EN 14045 szabvány);
- negatív környezeti hatások elkerülése a komposztálási folyamat alatt (ökotoxiciációs teszt);
- alacsony nehézfém tartalom (a törvényileg engedélyezett szint alatt), amely nagyon fontos a keletkezett komposzt minőségének szempontjából.

A csomagolás, amelyet megvizsgáltak és ellenőriztek, és amely megfelel az említett szabványoknak, hatékonyan komposztálható az e célt szolgáló létesítményekben.

A komposztálódó anyagnak tehát biológiailag lebonthatónak kell lennie, ennek ellenkezője viszont nem feltétlenül szükséges, mivel a komposztálási folyamatban további követelményeknek kell eleget tenni. Ebből ered, hogy a biológiai lebonthatóság a komposztálás alapfeltétele. A biológiai lebonthatóságot szinte teljes mértékben el kell érni, viszont ez csak a követelmények egyike, amely szükséges ahhoz, hogy jó minőségű komposzt készüljön.

A biológiailag lebomló polimerekből készült csomagolás (5.4.2. fejezet) fejlesztésekor és tervezésekor segítségünkre lehetnek a kérdőívek (angolul „checklists”), amelyek segítségével problémaorientált kérdéseket teszünk fel, az életciklus különböző szakaszaira vonatkozóan (8. fejezet), és amelyek segítenek a döntéshozatalban.

Bioműanyag tanúsítási rendszere

A piacon egyre több az olyan csomagolás, amely a „biológiailag lebontható”, „100%-osan lebomló” stb. címkét viseli. Noha a gyártónak csábító lehet az ilyen logó használata, ez még nem jelenti azt, hogy az ilyen termékek megfelelnek a komposztálásnak. Bizonyítékként speciális tanúsító védjeggyel kell ellátni a csomagolást, amely igazolja, hogy az anyag, azaz a termék megfelel a nemzetközi szabványoknak.

Európa-szerte több tanúsító szervezet működik, amely különböző tanúsító védjegyet ad ki. Köztük a legfontosabb a DIN Certco és a Vinçotte. Mindkét szervezet a komposztálható termékekre az ún. „seedling” (palánta) védjegyet adja ki. A védjegy biztosítja, hogy az anyag, azaz a termék megfelel az EN 13432 számú szabvány követelményeinek, és hogy e célra független intézmény által volt tesztelve (DIN Certco vagy Vinçotte). Az „OK Compost” jelzés több változatban érhető el, amelyek közlik, milyen környezet szükséges a komposztálás kivitelezéséhez (www.dincertco.de; www.okcompost.be/en/home/).



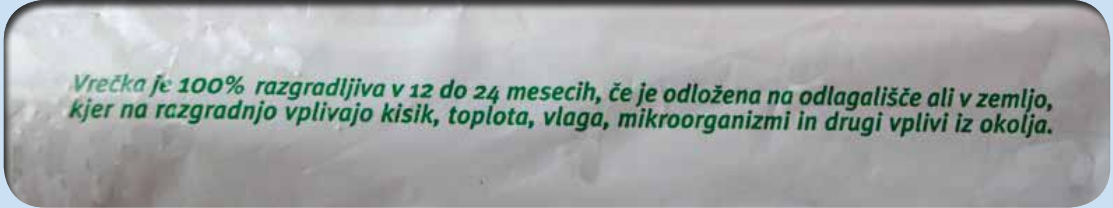
Az ilyen tanúsítási rendszer önkéntes. A komposztálható műanyag tanúsítása csak kész termékek esetében lehetséges. A megújuló anyagforrások esetében pedig tanúsíthatók az anyagok, félkész termékek, kiegészítők és kész termékek. Viszont az anyagok, félkész termékek és kiegészítők esetében a vállalatok nem kaphatják meg a komposztálás azonosító jelét. Csak igazolást kaphatnak arról, hogy megfelelnek a szabvány követelményeinek. A tanúsítvány és az azonosító jelzés ugyanis csak a késztermékre szerezhető meg, hiszen fontos szempont a lebonthatóság tanúsítványának megszerzésekor. Ez viszont összefüggésben van a végtermékkel és annak alakjával. Szlovéniában (a Plastics nemzetközi projekt keretében) a tanúsítási rendszerre vonatkozó fejlesztésekért a Slovak felelős, amely a német DIN Certco tanúsítási intézménnyel fog együttműködni (Horvat és Kržan, 2012).

A komposztálható termékek tanúsítása mellett a megújuló források (angolul „biobased”) által készült anyagok, adalékanyagok és termékek tanúsítása is létezik. A jelzések megerősítik, hogy az anyag teljesen vagy csak részben készült biomasszából. A logó mellett egy másik jel is található, amely a biológiai forrásokból nyert anyagok arányát jelzi.



Az ilyen jelzések nem csak a vásárlók tájékoztatását szolgálják, amelyek ezzel extra választási lehetőséget kapnak, hanem ugyanakkor információt adnak a csomagolás használatát követő megfelelő kezeléstről (pl. hulladékszelektálás) (54. ábra).

Példa a lebonthatóság nem megfelelő informálásáról azaz félretájékoztatásáról



Vrečka je 100% razgradljiva v 12 do 24 mesecih, če je odložena na odlagališče ali v zemljo, kjer na razgradnjo vplivajo kisik, toplota, vlaga, mikroorganizmi in drugi vplivi iz okolja.

A zacskón a következő felirat áll: „A zacskó 12-24 hónap alatt 100%-ban lebomlik, ha hulladéklerakóba vagy a földbe helyezzük, ahol a lebomlást oxigén, páratartalom, hőség, mikroorganizmusok és egyéb környezeti hatások segítik.”

A hordozható (bevásárló) zacskó gyártója a zacskókat a fenti képen látható üzenettel látta el. Számos aggály merült fel a felirat elégtelen és nem egyértelmű tájékoztatásával kapcsolatban. Az aggályok a következők:

- Nem világos, mit jelent, hogy a „zacskó lebomló, ha a földbe helyezzük”. Hol kellene a vásárlónak a földbe helyeznie a zacskót? A felirat arra ösztönözheti a vásárlót, hogy a zacskót eldobja vagy elássa a természetben. A felirat nem hívja fel a vásárló figyelmét arra, hogy ezt ne tegye meg. A lebomlás mechanizmusától függetlenül a lebomláshoz mindig külön feltételekre van szükség, és ezek nem elérhetők bárhol és bármikor. Ezért az üzenet a fogyasztónak azt üzeni, hogy ez a zacskó minden esetben le fog bomlani, ami viszont a fogyasztó félrevezetése. A fogyasztók azt a benyomást kaphatják, hogy az ilyen zacskókat gond nélkül eldobhatják a természetben.
- A felirat továbbá félrevezet azzal az információval is, hogy a zacskók a hulladéklerakókban 100%-ban lebomlanak. Bizonyos feltételek mellett, és hosszú expozíciós idő alatt a felszínen a zacskók elméletileg lebomlanak. Viszont gyakorlatban ez legtöbbször nem így van, hiszen a többi hulladékkal eltemetett zacskók nem jutnak elég oxigénhez és UV-sugárzáshoz, és ezért nem adottak a lebomlás feltételei.
- A biológiai úton lebomló zacskók a hulladéklerakókban uralkodó körülmények miatt legtöbbször lassabban bomlanak le, mint pl. a komposztokon. Ezért nem lehet általánosan kijelenteni, hogy minden hulladéklerakóban a zacskók 24 hónap leforgása alatt lebomlanak. Ha a zacskók ennek ellenére elkezdene lebomlani, az anaerob bomlás következtében a hulladéklerakókban üvegházhatású metán keletkezik. Maga a lebomlás ezért – ha nem ellenőrzött körülmények közt zajlik – a környezetre nézve több kárt okozhat, mint hasznot. Ebből kifolyólag a vállalatok azon érdeke, miszerint különböző intézkedésekkel csökkentenék a környezeti hatásokat, nem valósul meg.
- A „lebontható” kifejezést a fogyasztók felcserélhetik a „biológiailag lebontható” kifejezéssel. Viszont a zacskónak, illetve az anyagnak nem tesztelték a biológiai lebonthatóságát és komposztálhatóságát az EN 13432 számú szabvány követelményeinek megfelelően, és a zacskón nincs jelen a „palánta” logó (vagy egyéb más jel), amely bizonyítaná a tényleges biológiai lebonthatóságot (lásd az előző keretet). Néhány fogyasztó ezért tévesen azt gondolhatja, hogy az ilyen zacskó alkalmas a komposztálásra, és mit sem sejtve a biológiai hulladékok közé dobja, még akkor is, ha a zacskón nincs ott a komposztálás jele. A zacskón hiányzik a felirat, hogy nem tartozik a biológiai hulladékok közé.

Érdemes megjegyezni, hogy a gyártó a reklámozáshoz a zacskó alját választotta, amit a fogyasztók viszonylag kevés alkalommal néznek meg. Ily módon még a pontos és helyes információk sem jutnak el a fogyasztókhoz.

Bár nem kétséges, hogy a vállalat az új anyagból készült zacskóval szeretett volna hozzájárulni a csomagolás környezeti hatásainak csökkentéséhez, a példa azt mutatja, hogy az átmenet nem volt optimális. A csomagolóanyag helyettesítése más anyaggal nem elég, ha nem megfelelő a fogyasztó tájékoztatása. A fogyasztó ugyanis rendkívül fontos részét képezi a biológiailag lebontható hulladékok kezelésének, hiszen tőle függ, ha a biológiai lebomlásnak lesz-e hatása vagy sem.



54. ábra: Példa a biológiailag lebontható és komposztálható csomagolás jelölésére (FNR 2005).

Érdemes megjegyezni:

Az úgynevezett oxo-biológiailag lebomló műanyagot (5.4.7. fejezet) nem soroljuk a bioműanyagok közé. Egyelőre nem felelnek meg a nemzetközileg előírt komposztálási feltételeknek, hiszen még mindig nem világos, mik a bomlás termékei, szemcseméret és összetétel szerint.



15. A csomagolásban lévő káros anyagok kerülése

A csomagolás az elsődleges vagy másodlagos csomagolóanyagban grafikus feldolgozás vagy nyomtatás eredményeképp egészségre és környezetre káros anyagokat tartalmazhat. Különböző – a csomagolást összetevő vagy szennyező – anyagok migrációjának köszönhetően a csomagolásból az élelmiszerbe kerülhetnek. Ez komoly problémákat eredményezhet, mint ahogy azt számos példa is igazolja, például a 2011-es svájci eset, amikor a nyomdafestékek ásványi olajai átkerültek az újrahasznosított kartoncsomagolásból az élelmiszerbe (12.4. fejezet).

Az egészségre káros anyagok hatásainak mechanizmusai specifikusak, és eltérnek az egyéb környezeti hatásoktól. Ennek ellenére azonban a csomagolás modern tervezésekor és fejlesztésekor figyelembe kell venni ezt a tényezőt is. Az iparilag fejlettebb országokban az ilyen jellegű kérdéseket a csomagolás ökotervezésekor vitatják meg (Radonjič, 2008). Tény, hogy a csomagolásnak nem szabad befolyásolnia az élelmiszerek érzékszervi (organoleptikus) tulajdonságait, és – a különböző anyagok migrációja miatt – nem veszélyeztethetik a fogyasztók egészségét. Ugyanakkor a gyártók kötelesek a hatályos jogszabály alapján ügyelni arra, hogy az anyagok és termékek összetevői nem kerülnek át az élelmiszerbe olyan mennyiségbe, amely veszélyeztetheti az egészséget.

A továbbiakban felsorolunk néhány olyan anyagot, amelyek megtalálhatók a csomagolásban (csomagolóanyag típusától függően) és átkerülhetnek az élelmiszerbe (Golja, 2004).

Polimer anyagok: nem reagált monomerek maradványai (pld. ecetsav, adipinsav, akril és egyéb szerves savak észterei, biszfenol A, biszfenol S, kaprolaktám, formaldehid, melamin, tereftálsav, izocianátok, vinil-klorid, vinilidén-klorid, acetaldehid), a polimer anyagok kívánt tulajdonságát elősegítő adalékanyagok (pld. némely réz-, magnézium-, bárium-, lítium-, kobalt- és ónvegyületek, benzofenon és származékai, szalicilsav származékai és sói, aromás aminok stb.), polimerizációs katalizátorok maradványai (antimon, azaz antimon-oxid).

Fémcsomagolás: nehézfémek (ólom, kadmium, króm, higany, nikkel), védő lakkok összetevői (fenolok, formaldehid, aromás aminok, BADGE, BFDGE stb.).

Papírcsomagolás: nehézfémek, formaldehid, poliklórozott bifenilek, pentaklórfenol, diizopropil-naftalén, ftalátok, elsődleges aromás aminok, benzofenon, fluoreszkáló festékek stb.

Üvegcsomagolás: nehézfémek (főleg ólom és kadmium).

Facsomagolás: impregnáló anyagok rothadás és száradás ellen.

Külön figyelmet kell fordítani a nyomtatási eszközökre, amelyeket kizárólag a csomagolás felszínén lehet alkalmazni, és nem kerülhetnek közvetlen érintkezésbe az élelmiszerekkel. Ennek ellenére a tinták és színek (lágýtók, oldószerek, szárítók, pigmentek) és szennyeződései (pld. hexaklórbenzol) érintkeznek a csomagolóanyag rétegével, amely közvetlenül érintkezik az élelmiszerrel, és így a káros anyagok átkerülnek az élelmiszerbe.



Nem szabad megfeledkeznünk a kupakokról, ragasztókról, nyomtatott felületekről, azaz festékrétegekről, amelyek szintén migrációt okozhatnak. Papír- és kartoncsomagolás esetében a már említett ásványi olajok mellett a nyomdafestékekkel kapcsolatban állnak más összetevők is, mint például az izopropil-tioxanton (ITX), amelyet fotoiniciátorként használnak – színek rögzítésére. Műanyag csomagolás esetében speciális

adalékanyagok vagy a polimerizáció nem reagált termékei okozhatnak gondot, mivel a fémkupakok műanyag rétegéből szemikarbazid stb. kerülhet az élelmiszerbe. A migráció lehet fizikai (kémiai reakciók nélkül) vagy kémiai reakció által kísért folyamat, amely az élelmiszerben vagy a csomagolásban folyik. Függhet a hőmérséklettől, időtől, a közeg savasságától, illetve lúgosságától stb..

Nyomdafestékek – a csomagolás ökotervezésének egyre fontosabb eleme

A nyomdafestékek kötőanyagokból, színezékekből, azaz pigmentekből, oldószerekből és adalékanyagokból állnak. A nyomtatás sebességének növekedésével egyre nagyobbak a követelmények a nyomdafestékekkel kapcsolatosan. Figyelembe véve az egyre szigorúbb környezetvédelmi jogszabályokat és magát a tényt, hogy a festékek közel 70%-a oldószert tartalmazhat, fontos, hogy az oldószerek esetében azt választjuk, amely egészség- és környezetbarát. Kerülni kell az olyanokat, amelyek aromás vegyületeket, rövid szénláncú glikol-étereket vagy ketonokat tartalmaznak. A mérgező etilén-glikolt, amely a legújabb tanulmányok szerint károsíthatja a vérrendszert, már felváltotta a propilén-glikol. Bizonyos nyomdafestékek oldószerként alkoholt tartalmaznak, melynek használata alkalmasabb az élelmiszeriparban. Léteznek vízbázisú nyomdafestékek is (Černič et al. 2005; Radonjič, 2008).

A vízbázisú nyomdafestékek a vizet oldószerként tartalmazzák. Ahhoz, hogy vízalapúvá váljanak, legalább 85% vizet kell tartalmazniuk. Környezet- és egészségvédelmi szempontok miatt kezdték el gyártani őket, de szerepet játszottak a nyomtatási költségek is, hiszen esetükben a víz felváltja a drága és veszélyes szerves oldószereket. Ezzel elmarad az oldószerek visszanyerési folyamata. Ebből kifolyólag viszonylag nehezebb dolgozni velük, mivel növekszik az oldószerek korróziójának intenzitása, több energiát igényel a száradáshoz, ugyanakkor nagyobb gondot okoz a papír festéktelenítési eljárása során (angolul deinking). Csak a csomagolás felületén alkalmazhatók, amely nem kerül közvetlen érintkezésbe az élelmiszerrel.

A csomagolásban található veszélyes anyagok listája évről évre gyarapodik. Egyre több segédanyag esetében merül fel kétely, amelyhez igazodniuk kell a csomagolás gyártóinak, nyomdászoknak és fogyasztóknak. Az európai ragasztó és kötőanyag-gyártók nemzetközi szövetkezete kezdeményezte a di-izobutil-ftalát – amely egyes ragasztók lágyítójaként használatos a papír- és kartoniparban – használatának a törlését. A tanulmányok ugyanis kimutatták, hogy a di-izobutil-ftalátnak mérgező hatásai vannak, hiszen befolyásolja a szervezetünk reprodukív rendszerének működését. Külön hangsúlyozott az említett anyag használatának elkerülése az élelmiszerekkel érintkező csomagolások esetében. Ezért fontos figyelmet szentelni az újrahasznosított papír és karton használatának (FEICA, 2006).

PVC tömítésű kupakok és dugók

A kupakok és tömítőanyagok a csomagolóanyagok egyik legfontosabb kiegészítő csoportját képviselik. A tömítőanyaggal bevont PVC kupak – alkalmasságát és káros hatását illetően – már régóta vita tárgya. Az ilyen kupakokat és dugókat palackozott alkohol és alkoholmentes italok, ásványvíz stb. esetében használják. Használják őket befőttes üvegeknél is, amelyekből a lágyítók migrálhatnak, viszont ez az élelmiszerrel is függ. Néhány jól ismert gyártó és kereskedelmi vállalat (Unilever, Kraft Foods, Walmart) már

dolgozik a PVC tömítőanyag megszüntetésén. A PVC tömítések első kísérleti csereanyaga a hőre lágyuló elasztomerek.




Nanorészecskék és nanocsomagolás

Az aktív és intelligens csomagolás fejlesztése során egyre gyakrabban alkalmaznak nanoanyagokat, így ma már a szakmai körökben ismertté vált a nanocsomagolás fogalma. Olyan csomagolásról van szó, amely a funkcionális tulajdonságok javítása érdekében nanoanyagokat tartalmaz. Ezzel a csomagolás területére is a nanotechnológia áttörése ígérkezik. A nanotechnológia az anyag tulajdonságainak meghatározása, és a velük történő manipuláció, illetve eszközök készítése 100 nanométernél kisebb léptékben (nem annyira az új tulajdonságok elérése érdekében).

A csomagolás céljára használt nanoanyagok befolyásolják a csomagolás antimikrobiális és akadályozó tulajdonságait, valamint hatással vannak a mechanikai és optikai tulajdonságaira. Az élelmiszer az ultraibolya sugárzástól védik. Ezzel hosszabb az élelmiszerek minőségmegőrzési ideje, a nanocsomagolásban pedig az élelmiszerek megőrzik érzékszervi tulajdonságaikat. Az ezüstnek köszönhető antimikrobiális tulajdonságokkal rendelkező anyagok már megtalálhatók a piacon. A csomagolóipar a nanorészecskék használata felé hajlik, amelyek műanyagok töltőanyagaként vagy filmek, lemezek és tartályok feszíni bevonataként ismertek. Újdonság az öntisztító felületű csomagolás.

Jelentős kilátások ellenére (nem csak a csomagolás területén) a nanotechnológia ellentmondásos terület, különösen az egészség és környezet védelmének tekintetében. Az anyagok tulajdonságának javítása mellett új kockázatok merülnek fel a nanorészecskék egészségre gyakorolt hatása miatt, mégpedig a gyártás és a nanoanyagokból készült termékek használata esetén.



Az anyagok tulajdonságai, amelyek nagyobb méretekben ártalmatlanok, a nanorészecskék szintjén drasztikusan változhatnak. A részecskék reakcióképessé válnak, ugyanakkor kis méretüknek köszönhetően megnő a sejtekben és szövetekben történő mobilitásuk. Könnyebben hatolnak a szervezetbe a bőrön keresztül, belégzéssel, vagy az emésztőrendszeren keresztül. Hogy az aggodalom egyáltalán nem felesleges, azt számos tanulmány erősíti meg, amellyel a nanorészecskék lehetséges káros hatásait határozták meg.

Ma a rengeteg különböző nanoanyag (a számuk egyre növekszik) potenciális káros hatásairól és felhalmozódásáról nagyon keveset tudunk. Nagyon kevés terméket teszteltek nanorészecskékkel való mérgezés gyanúja miatt. Minden terméknek, amely a piacra kerül, különböző vizsgálatokon kellene átesnie, viszont nem létezik jogszabály a nanorészecskék területén, ezért a biztonsági tesztelésre azokat az adatokat használják fel, amelyeket a vegyületek kémiai összetételének vizsgálata során kaptak, a részecskék méretének figyelembevétele nélkül (Remškar, 2006; Radonjič, 2008).



16. Fogyasztói tudatosságot növelő tervezés

A csomagolás egyik fő funkciója az információ-hordozás (3. fejezet). Segít megteremteni a kommunikációt a fogyasztóval, hiszen a kereskedelmi csomagolás információt hordoz a csomagolt termékről, használati utasításról és biztonsági figyelmeztetésekről. A csomagoláson különböző ököcímkék lehetnek, amelyek vagy a csomagolt termékre vagy a csomagolásra érvényesek (pld. EU-virág, kék angyal, Zöld Pont, széndioxid lábnyom stb.). Emellett a csomagoláson feltűnhetnek

explicit és közvetlen üzenetek is, amelyek a fogyasztó környezettudatos magatartására vonatkoznak. Az ilyen üzenetek azért fontosak, mert a fogyasztók nagy része még mindig nincs tisztában azzal, hogy döntéseikkel és életmódjukkal milyen negatív hatást gyakorolnak a környezetre. A társadalom sokszor nem ismeri fel a környezeti következményeket, amelyeket tevékenységükkel maguk okoznak.

„Zárd el a csapot, amíg engem használsz!”

A német T.D.G. Vetriebs vállalat kifejlesztett egy természetes kozmetikumsorozatot, közvetlen üzenettel: „Zárd el a csapot, amíg engem használsz!” (Stop the water while using me). A felhívás a korlátozott vízkészlet tudatból származik, és a gyártó a csomagoláson keresztül hívja fel a fogyasztót a víz gondos használatára. Természetesen a termék (sampon, tusfürdő) használatakor szükség van vízre, viszont az alapvető kérdés az, hogy milyen módon, és mekkora mennyiségben fogyasztjuk. A csomagolás újrahasznosítható.



(<http://stop-the-water-while-using-me.com>)

Zuhanyzás közben gondolj a környezetre!

A francia L'Oréal kozmetikai cég tulajdonában lévő Garnier márka néhány samponjának csomagolását felhívással látta el, amellyel szeretné felhívni ügyfelei figyelmét arra, hogy aktívan vegyenek részt az újrahasznosítási folyamatban, és hogy racionálisan használják a vizet. E célból a csomagolás címkéjére rövid üzenetet nyomtattak arról, hogy az egyének zuhanyzás közben kis erőfeszítéssel jelentősen hozzájárulnak az alacsonyabb vízfelhasználáshoz. A projekt keretében az Eco-Emballages, csomagolási hulladék kezelésével foglalkozó céggel működtek együtt (L'Oréal, 2008).





17. A csomagolás környezetvédelmi megfelelőségére vonatkozó szabványok

Mivel a környezeti tényezők bevonása a csomagolás fejlesztési és tervezési fázisába egyre nagyobb nemzetközi jelentőséggel bír, az elmúlt években számos nemzetközi szabványt hoztak létre – az említett tényezők beiktatásának érdekében – ezzel eleget téve az Európai Parlament és a Tanács 94/62/EK számú irányelvének. Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) e célból számos európai szabványt (EN) és jelentést (angolul Committee Report – CR) hozott létre. Ezek segítik értékelni az európai uniós szabványoknak való megfelelést, hogy csökkentsék a csomagolás

környezeti hatásait, és megakadályozzák a nemzetközi árucseré akadályait. Az említett szabványok alkalmazása ugyan önkéntes, 2005-ben pedig az Európai Bizottság harmonizált szabványokká nevezte ki őket. Ez azt jelenti, hogy feltételezik, hogy a harmonizált EU-szabványok által fejlesztett csomagolás megfelel a csomagolásról és csomagolási hulladékok kezelésének szabályairól szóló EU-irányelvnek is. A szabványok ezen csoportját Szlovéniában szlovén szabványokként fogadtuk el (SIST) (Radonjič, 2008).

SIST EN 13427:2004 Csomagolás – A csomagolásra és a csomagolási hulladékokra vonatkozó európai szabványok alkalmazásának követelményei.

SIST EN 13428:2004 Csomagolás – Külön követelmények a gyártásra és összetételre - Megelőzés anyagfelhasználás-csökkentéssel.

SIST EN 13429:2004 Csomagolás – többszöri alkalmazás.

SIST EN 13430:2004 Csomagolás – Az alapanyagkénti hasznosítással visszanyerhető csomagolás követelményei.

SIST EN 13431:2004 Csomagolás – Energetikailag hasznosítható csomagolások követelményei, beleértve a legkisebb alsó fűtőérték meghatározását is.

SIST EN 13432:2001 Csomagolás – Komposztálással és biológiai lebomlással újrahasznosítható csomagolás követelményei – A csomagolások végleges átvételére vonatkozó vizsgálati módszer és értékelési kritériumok.

A felsorolt szabványok mellett pedig léteznek még más releváns nemzetközi szabványok és jelentések, amelyek az ökotervezés beiktatását segítik, és jobb környezetvédelmi teljesítményt biztosítanak a csomagolás és csomagolási hulladék területén:



SIST EN 13437:2003 Csomagolás – Csomagolás és alapanyagkénti hasznosítás – Az anyag hasznosítási módszereinek kritériumai – Az anyag hasznosítási eljárásai és a folyamatábrák leírása

SIST EN 13440:2003 Csomagolás – Az anyag hasznosítási aránya – Meghatározás és számítási módszer

SIST CR 1460:1998 Csomagolás – Használt csomagolásból nyert energia

SIST CR 13910:2002 Csomagolás – Csomagolás életciklus-elemzésének kritériumairól és módszereiről szóló jelentés

SIST CR 13686:2002 Csomagolás – Csomagolási hulladék energetikai hasznosításának optimalizálása

SIST CR 13504:2001 Csomagolás – Anyag felhasználás– Az újrafeldolgozott anyag legkisebb mennyisége

SIST CR 13688:2001 Csomagolás – Anyag újrahasznosítás – Anyagokról szóló jelentés az újrahasznosítás állandó korlátainak a megakadályozása érdekében

SIST CR 13695-1:2001 Csomagolás – A csomagolásban lévő négy nehézfém és más veszélyes anyagok mérésére és igazolására, valamint a környezetbe történő kibocsátásukra vonatkozó követelmények – 1. rész: A csomagolásban lévő négy nehézfém és más veszélyes anyagok mérésére és igazolására vonatkozó követelmények

SIST CR 13695-2:2005 Csomagolás – A csomagolásban lévő négy nehézfém és más veszélyes anyagok mérésére és igazolására, valamint a környezetbe történő kibocsátásukra vonatkozó követelmények – 2. rész: A csomagolásban lévő veszélyes anyagok mérésére és igazolására, valamint a környezetbe történő kibocsátásukra vonatkozó követelmények

SIST CR 14311:2002 Csomagolás – Jelölő és anyagazonosító rendszer

A csomagolás ökotervezésével foglalkozó szabványok és jelentések közül főleg a SIST EN 13428:2001, SIST EN 13430:2001 és SIST CR 13688:2001 szabványok érdekesek. Az első meghatározza a csomagolás értékesítésének folyamatát anyagfelhasználáscsökkentés esetében, funkcióinak optimális ellátására. E célra meghatározza az ún. csomagolás kritikus területének fogalmát – az elsődleges használatára való tekintettel. Az ilyen kritikus terület azonosításával megakadályozzuk a túlzott tömeg/térfogat csökkentést (Radonjić, 2008).

A SIST EN 13430:2001 azon általános tényezőket határozza meg, amelyek által tulajdonképpen a csomagolást újrahasznosíthatónak nevezhetjük, követelményeket ír elő, hogy a csomagolás tervezésének folyamatába, csomagolóanyagok kiválasztásakor és a gyártási folyamatoknál olyan tevékenységeket kell alkalmazni, amelyek lehetővé teszik, azaz megalapozzák a későbbi újrahasznosítást. Ez a szabvány kifejezetten előírja a csomagolás megfelelő gyűjtését, szelektálását és újrahasznosítását (ugyanott).

A SIST CR 13688:2001 jelentés példákat és utasításokat ad azon anyagokról, csomagolóanyagokról és összetevőkről, amelyeket érdemes figyelembe venni már a csomagolás tervezésekor és ellenőrzésekor is, az újrahasznosítási nehézségek elkerülése érdekében. Táblázatban ábrázolja azokat az általános tényezőket, amelyeket már a tervezés során jó figyelembe venni, az alkatrészek meghatározását, az anyagok kompatibilitását, a feldolgozási folyamatokat és az újrahasznosítási folyamatok toleranciáját illetően. Ily módon kiegészíti, és részletesebben meghatározza a SIST 13430:2001 szabvány követelményeit (ugyanott).

Létezik néhány olyan csomagolóanyagra vonatkozó szabvány is (pl. alumínium, műanyag, papír stb.), amely – némely esetben – más követelmények mellett környezetvédelmi szempontokból részletesebben határozza meg a követelményeket, főleg az újrahasznosítással kapcsolatosakat.

A környezetbarát, illetve fenntartható csomagolás fejlesztését a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet-ISO is támogatja, ahol az elmúlt években számos olyan szabványt adtak ki, amelyek főleg a csomagolás környezetvédelmi szempontjaival foglalkoznak:

ISO/DTR 16218 Packaging and the environment – Chemical recovery

ISO/DTR 17098 Packaging material recycling – Report on substances and materials which may impede recycling

ISO 18601 Packaging and the environment – General requirements for the use of ISO standards in the field of packaging and the environment

ISO 18602 Packaging and the environment – Optimization of the packaging system

ISO 18603 Packaging and the environment – Reuse

ISO/PRF 18604 Packaging and the environment – Material recycling

ISO 18605 Packaging and the environment – Energy recovery

ISO/FDIS 18606 Packaging and the environment – Organic recycling

(Megjegyzés: Mivel a könyv írásakor a fenti szabványok nem voltak lefordítva, a címeket angol nyelvben tüntetjük fel.)



18. A csomagolás ökotervezéséről szóló kérdőívek

Ahhoz, hogy a csomagolás környezetvédelmi tervezésével kapcsolatos problémákat gyorsabban és egyszerűbben oldják meg, a vállalatoknak különféle támogatási módszerek, eszközök illetve irányelvek állnak rendelkezésükre, amelyek segítik a környezetbarát tervezés bevezetését. Mielőtt a vállalatban bármely analitikus módszert elkezdenek alkalmazni, szükséges a vezetőség támogatását megszerezni, emellett pedig szükséges értékelni az egyes módszereket, és a vállalat és termék tulajdonságai és igényei alapján kiválasztani a legmegfelelőbbet. Az ilyen eszközök egyike az ún. kérdőív (angolul check-lists).

A környezetbarát csomagolás esetében a tervezők speciális kérdőívekkel segíthetnek maguknak, amelyek különösen alkalmasak az ökotervezés első fázisaiban. A kérdőíves módszernél célorientált kérdések listájáról van szó, amelyek a termékek (csomagolás) környezeti problémáival foglalkoznak, az életciklus minden szakaszában, különböző tevékenységi területeken. A hiányosságok ellenére az ilyen jellegű ellenőrző listák gyakran az ökotervezés alapvető eszközét jelentik. Irányítják a figyelmet és a tevékenységet, és ugyanakkor segítik a környezetvédelmi szempontokról való gondolkodást. A kérdőívek különböznek egymástól; az egyszerű kérdőívektől, ahol a feltett kérdésekre igenlő vagy nemleges választ lehet adni; a specifikus kérdőívekig. Az említett módszer a tervezés előzetes módszerének is számít, hiszen gyakran más, bonyolultabb kvalitatív és kvantitatív módszer előtt el lehet végezni (Radonjič, 2008).

A kérdőívek az igények elemzésével kezdődnek, ahol a kérdések a termék működésére vonatkoznak. Az igények elemzésének fő kérdése az, hogy a termék milyen mértékben felel meg a fő- és kiegészítő funkcióinak. Erre a kérdésre még a részletesebb környezeti kérdések előtt kell választ adni. Az igények elemzését követően olyan kérdések következnek, amelyek a csomagolás életciklusának meghatározott fázisaira vonatkoznak.

Fontos figyelembe venni, hogy a kérdőíves módszer használatával csak korlátozott információkhoz juthatunk, amelyek alapot adnak az adott tényező fontosságának a meghatározásához. Például: vajon fontosabb csökkenteni a csomagolási hulladék mennyiségét, vagy biztosítani a csomagolás használatát utáni újrahasznosítást?

A csomagolás tervezésekor a következő kérdéseket tehetjük fel (Radonjič, 2008):

- ◉ Elkerülhető-e a csomagolás használata?
- ◉ Elkerülhető-e a csomagolás néhány alkatrészének és a csomagolási segédanyagok használata?
- ◉ Hogyan csökkentjük a csomagolóanyagok mennyiségét?
- ◉ Vajon a csomagolást többször is fel lehet használni, és vajon erre a célra optimálisan tervezett?
- ◉ Helyettesíthetők-e a csomagolóanyagok biológiailag lebomló anyagokkal?
- ◉ Helyettesíthetők-e a friss anyagok újrahasznosított anyagokkal?
- ◉ Vajon a csomagolás megfelelően jelölt az újrahasznosításra? Tartalmazza-e az újrahasznosítás jelét?
- ◉ Vajon az újrahasznosítás jelei láthatók, és kinek szánták őket: fogyasztó, gyűjtő, feldolgozó?
- ◉ Vajon a modern technológiák segítségével elkerülhetők az etikett jelölések (angolul in-mould jelölések)?

Az ilyen kérdések első ránézésre talán egyszerűnek tűnhetnek, de ennek ellenére a környezetbarát csomagolás alapjaihoz vezetnek. Nem csak az a fontos, hogy megválaszoljuk őket, hanem el kell gondolkodni

azon is, hogy hogyan változtatnánk a negatív válaszokat pozitív válaszokra.

Az életciklus bizonyos fázisaiban, mint amilyen a csomagolási hulladék feldolgozása, részletes kérdések tehetők fel:

- ◉ Vajon a már használt anyagokat újra fel lehet dolgozni?
- ◉ Vajon a csomagolás lehetővé teszi a tartalom maradékának hatékony eltávolítását?
- ◉ Vajon a csomagolási hulladék szelektálásában kulcsfontosságú szerepet játszik a fogyasztó?
- ◉ Összhangban van-e a csomagolás összetétele és szerkezete a gyűjtési és szelektálási rendszerrel?
- ◉ Alkalmas-e a csomagolás kombinált anyaghasználata és szerkezete az újrafelhasználásra?
- ◉ Segít-e a csomagolás összetétele és szerkezete, valamint a komponensek szétválasztása az újrahasznosítás során keletkezett környezeti hatások csökkentésében?
- ◉ Segít-e a csomagolás gyártásának és töltésének vezérlési módja az újrahasznosítás során keletkezett környezeti hatások csökkentésében?
- ◉ Segít-e a csomagolási hulladék gyűjtési és szelektálási módja az újrahasznosítás során keletkezett környezeti hatások csökkentésében?

Biológiai úton lebomló műanyag használatakor érdemes a következő kérdéseket feltenni:

- ◉ Vajon a biológiai úton lebomló műanyag csomagolásnak kisebb tömege lesz, mint a mostaniaknak?
- ◉ Hol válik a csomagolás hulladékká? Vajon ez a boltban, a lakásban, vagy a kiszolgálás közben történik? Ha az ételmaradékokkal együtt van kidobva, nem szükséges-e kiüríteni, és ezek után a biohulladékkal együtt komposztálható.
- ◉ Ha a csomagolás a lakásokban, egyéni vásárlóknál válik hulladékká, vajon tudják, hogy hogyan kell kezelni azt a használata után? Milyen ebben az esetben a valószínűség, hogy a biológiai úton lebomló hulladék összekeveredik más műanyag csomagolási hulladékkal?
- ◉ Van-e rá lehetőség, hogy a biológiailag lebontható csomagolás a hulladéklerakóba kerüljön? Ha erre nagy a lehetőség, akkor valószínűleg anaerob bomlásnak leszünk tanúi, amelynél az üvegházhatású metán kibocsátására kerül sor. Ezzel épp az ellenkezőjét érjük el annak, amiért a biológiailag lebontható műanyagot használjuk (átvéve INCPEN, 2008).

Káros anyagok kibocsátásának csökkentése, illetve megszüntetése esetében érdemes a következő kérdéseket feltenni:

- ◉ Vajon törvényileg korlátozott a nehézfémek tartalma?
- ◉ Használhatunk-e fehérítetlen, illetve TCF, azaz ECF jelzésű papírt (lásd: 5.2. fejezet)?
- ◉ Használhatunk-e olyan nyomdafestékeket, amelyek nem vagy csak kis mennyiségben tartalmaznak illékony szerves vegyületeket?
- ◉ Oldószeres ragasztók helyett használhatunk-e vizes alapú ragasztókat vagy meleg hegesztést?
- ◉ Fontoljuk meg a PVC alapú anyagok használatát.
- ◉ A szállítótól megkaptunk minden adatot a segédanyagok összetételéről?
- ◉ Készítettünk-e LCA–elemzést, és meghatároztuk azokat az arányokat, amelyeket a segédanyagok okoznak a csomagolás környezetterhelésekor.

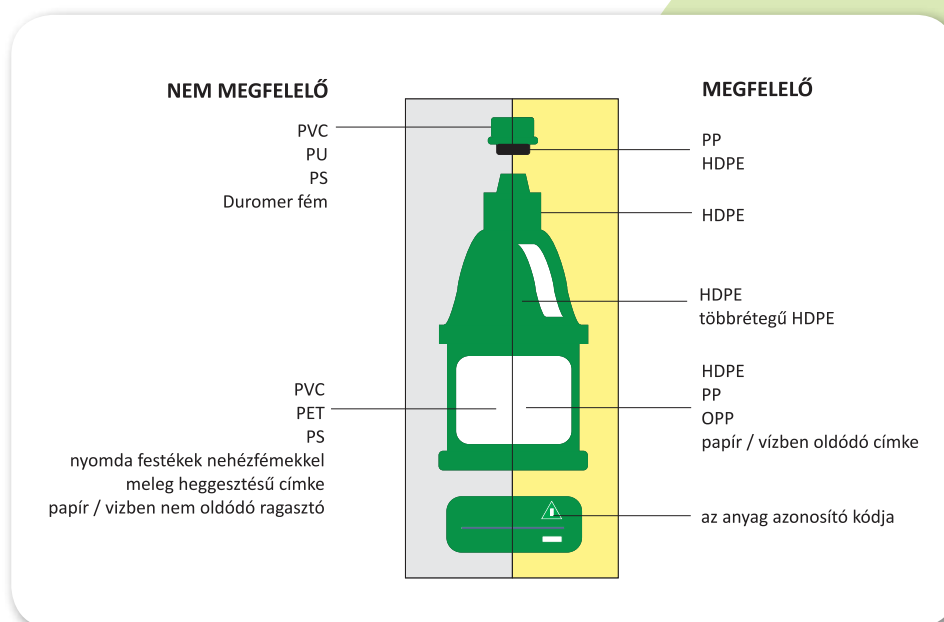


19. A csomagolás ökotervezésének példái

A továbbiakban a csomagolás ökotervezésének példáit fogjuk bemutatni. Bizonyos csomagolóanyagok és csomagolási termékek csoportján belül olyan különlegességek léteznek, amelyekkel tisztában kell lennünk. A példákon keresztül nem kívánjuk az anyagokat kritizálni vagy azokat előnyben részesíteni, viszont az optimális választást mindig esetről esetre kell megvizsgálni. Megerősíthető azonban, hogy a csomagolás ökotervezése nagyon széles körben alkalmazható, és hogy az ökotervezés helyes megközelítése a megelőzés jó alapja.

Palack ökotervezése: különböző anyagok kombinálása

Az 55. ábrán egy példa látható arra, hogy melyik követelményeket kell figyelembe venni a környezetbarát műanyag csomagolás tervezésekor, nagy sűrűségű polietilén (PE-HD) alapanyag esetén (APME, 1996). A vállalat legfőbb célját ebben az esetben az anyagfelhasználás csökkentése és a hatékonyabb újrafelhasználás képezi. E célok elérése érdekében fontos, hogy az anyagok azonosítása és az alkatrészek elkülönítése gyors és megfelelő legyen. Az ilyen palackok ökotervezése ebben az esetben a felhasznált anyagok és segédanyagok kompatibilitásán alapul, ugyanakkor szükség van a felhasznált műanyagok megfelelő azonosítási rendszerére és az újrahasznosított anyagok előrelátható használatának meghatározására (figyelembe véve az anyagok termo-mechanikus lebomlását, a csomag tartalma okozta szennyezettség szintjét, a polimerek kompatibilitását). A környezeti tényezők így nem csak az alapanyag megfelelő kiválasztásának kérdésével foglalkoznak, hanem hangsúly kerül a kupakra és a címkére is. Például a különböző sűrűségű műanyagok vizes közegben történő szelektálása során a kupakban lévő túlzott színezék növelheti annak tömegét, amely aztán megközelíti az alapanyag tömegét, és ezáltal lehetetlen szelektálni (lásd a következő példát). A piacon még mindig sok olyan csomagolás található, amelynél az ökotervezés szempontjait (újrahasznosítás-központú tervezés) nem vették figyelembe (56. ábra). Ha a csomagolást ellátjuk az újrahasznosítás jelével, ez még nem elegendő a hatékony újrahasznosítási folyamathoz.



55. ábra: A PE-HD ökotervezésű palack néhány eleme. (Bal oldalon a nem megfelelő, jobb oldalon a megfelelő anyagok láthatók; APME, 1996.)



56. ábra: Joghurt csomagolása: a különböző műanyagok kombinációja ebben az esetben nem felel meg a csomagolás ökotervezési szempontjainak.

Palack ökotervezése: mesterkeverék figyelembe vétele

A műanyag csomagolás technikailag hatékony és gazdaságos újrahasznosítása érdekében a csomagolásnak azonos jellegűnek kell lennie, azaz a polimer típusa szerint kell szelektálni. E célból különböző szelektálási technológiákat használnak, beleértve a polimerek sűrűsége alapján történő szelektálást (12.1. fejezet). A műanyag csomagolás színezéséhez ún. mesterkeveréket használnak (angolul „masterbatch”), amelyet az alap polimerhez adnak hozzá. Az adott mesterkeverék 4%-on felüli koncentrációja a műanyag sűrűségét $0,03 \text{ g/cm}^3$ -rel növeli, ez pedig már a különböző sűrűségű anyagok keveredését okozhatja, és következetesen a kevésbé hatékony szelektáláshoz vezethet.

A PET palackok ökotervezésének néhány aspektusa

Kupakok és tömítések anyagának kiválasztása

Ajánlott a PP vagy PE-HD használata. Szénsavas italokkal töltött műanyag palackok esetében elfogadható a PE-LD használata is. Alumínium használata erre a célra nem ajánlott. A színezék-tartalom legyen minél alacsonyabb, így nem növekszik a sűrűség, máskülönben a nagyobb tömeg kihat a vizes közegben történő szelektálásra (lásd a felső keretet). Jó ismerni a palackok újrahasznosítása során alkalmazott szelektálási folyamatokat. Ugyanakkor ajánlott a kupak teljes elválasztása a palacktól (egy darabban), azaz hogy a palackon nem maradnak gyűrűk és más részek. Szükséges elkerülni a PVC használatát, hiszen már a kis mennyiségű PVC is jelentősen csökkentheti a PET minőségét.

Palackok dekorálása

Az enyhén színezett és matt palackoknak jelenleg nagyon alacsony a piaci értékük. Színtelen műanyag palack szennyeződését keltik. Ugyanez érvényes minden közvetlen nyomtatásra a palackon. A nem színezett PET palacknak van a legnagyobb és legelterjedtebb újrahasznosítási értéke, legnagyobb piaci értéke, és ezáltal lehetővé teszi a szélesebb körű újrahasznosítást.

Címkék

A PP (vagy OPP) és a PE címkék a megfelelőek. A papír ugyan elfogadható, viszont nem a legoptimálisabb, hiszen a rostok potenciális keveredése miatt növeli a PET szennyeződését. A PS címkék gyakran elfogadhatók, amennyiben a sűrűségük alacsony, ami fontos a vizes közegben történő flotációs eljárás esetében, természetesen csak akkor, ha ez a technológia a rendelkezésünkre áll. A ragasztók használata legyen minimális. Ezeknek vízben oldódónak vagy 60-80°C hőmérsékletnél eltávolíthatónak kell lenniük. Ugyanakkor szükséges elkerülni az intenzív nyomtatást és az olyan nyomdaszínek használatát, amelyek nehézfémeket tartalmaznak.

Többrétegű palackok

A többrétegű, különböző anyagokból készült palackok nem teljesen kompatibilisak a jelenlegi újrahasznosítási technológiákkal. A többrétegű palackokat ugyanis nehéz, sőt lehetetlen gazdaságosan szelektálni, ugyanakkor kedvezőtlen hatással vannak az újrahasznosított PET minőségére. Ez viszont nem feltétlenül érvényes azon többrétegű palackokra, melyeknek belső rétegük újrahasznosított anyagból, a külső rétegük pedig azonos friss anyagból készült.

Palack ökotervezése: alakváltoztatás

A Svéd Cubis vállalat létrehozott egy teljesen új, kocka alakú PET palackot, ún. „flip-top” kupakkal. Az ilyen palack egyik legfontosabb előnye, hogy összerakható. Ennek a tulajdonságának köszönhetően nincs szükség további ládák vagy rekeszek használatára. Három, 0,25 L térfogatú Cubis palack szállításkor a polcon körülbelül ugyanannyi helyet foglal el, mint egy 0,5 L PET palack. Ennek köszönhetően alkalmasabbak a szállításra, hiszen az azonos mennyiségű ital szállításához kevesebb teherautó szükséges. Ugyanakkor kevesebb helyet foglalnak el a boltok polcain is. A kocka alakú palackok újrahasznosítható anyagból készülnek. Zöld kávé és guarana alapú, svéd energiatallal töltik őket (Cubis, 2009).



(www.cubis.se)

Csomagolás ökotervezése: Anyagfelhasználás és a hulladék mennyiségének csökkentése („Kicsi okos táska”)

A cipős kartondobozok évente nagy mennyiségű hulladékot jelentenek. A Puma ismert sportfelszerelés gyártó olyan csomagolást fejlesztett ki, amellyel szeretnék volna jelentősen csökkenteni a csomagolási hulladék mennyiségét és más környezeti hatásokat. A csomagolás több használatra alkalmas bevásárló táskát tartalmaz, amely helyettesíti az egykor használt kartondobozt, ugyanakkor felváltja a műanyag bevásárló táska használatát. Minimális mennyiségű karton kerül felhasználásra, az évi megtakarításuk pedig eléri a 8.500 tonnát. Ebből kifolyólag 20 millió MJ-val csökken a csomagolás termeléséhez szükséges energiafelhasználás, 1 millió literrel csökken a víz és fűtőolaj használata, és mindemellett évente 275 tonnával csökken a műanyag hulladék mennyisége. A vállalatnál LCA-elemzést végeztek, amellyel szeretnék volna meghatározni, milyen változásokat hoz a csomagolás életciklusában az új tervezésű csomagolás, melyek a legkritikusabb területek, és hol ígérkeznek a legnagyobb megtakarítások (Puma, 2010).



(www.puma.com/cleverlittlebag)

Csomagolás ökotervezése: Multifunkcionális kupakok

A kupakok a csomagolt termék részét képezik, ugyanakkor azonban évente jelentős mennyiségű hulladékot termelnek. A kupakok nagy jelentőséggel bírnak, viszont használatuk után elveszítik értéküket. Az ökotervezés átfogó megközelítése azonban tartalmazza a kupakkal és más kiegészítő csomagolóanyaggal kapcsolatos elmélgedéseket. A műanyag kupakok tervezésére vonatkozó öko-innovációjának példáját a junkk.com vállalat mutatta be, és Re:Tie név alatt számos elismerésben részesült. Amikor a kupakot eltávolítjuk a csomagolásról, egy részét elektromos vezetékek vagy zacskók összekötésére lehet felhasználni.



(www.junkk.com)

Csomagolás ökotervezése: műanyag- és üvegpalackok papírral történő helyettesítése

A folyadékok csomagolási szektorában a papír és karton többrétegű kartoncsomagolásként van jelen, amelyet viszont nehéz újrahasznosítani. A többkomponensű italcsomagolás új koncepcióját a papír- azaz kartonrostból készült „burkolat” képezi, amelybe vékony műanyag fóliából készült betétet helyeznek. A csomagolás burkolata nyitható, a műanyag betétet pedig használat után el lehet távolítani.

Az 57. ábrán az említett csomagolás két példája látható. Az első esetben a négyszögletű tej csomagolási burkolatához újrahasznosított irodai papírt használtak, betétként pedig a biológiai úton lebomló műanyag szolgált. A burkolat újrahasznosítható, a betét pedig komposztálható. A csomagolást „Green Bottle”-nak nevezték el, és a brit Asda supermarket-lánc polcain található meg. Az erőforrások védelmének érdekében fontos a tej kiöntésének módja, hiszen megakadályozza a kiömlést, ami viszont néhány más tejcsomagolásnál jelen van.

Hasonló példa az Ecologic Brands által kifejlesztett mosószer csomagolása is. A külső része 70%-ban újrahasznosított kartonból és 30%-ban régi újságpapírból készült, ami lehetővé teszi az akár 7-szeri újrahasznosítást vagy komposztálást. A betét polietilénből készült, amely 80%-ban újrahasznosított anyagból készült.



(www.greenbottle.com)



(www.ecologicbrands.com)

57. ábra: Többkomponensű karton és műanyag csomagolás.

Csomagolás ökotervezése: Különböző anyagok egyszerűbb szétválasztása

Az elmúlt években az élelmiszeriparban megjelenő újrahasznosítás egyik hatékony módja a műanyag pohár (PP vagy PS) és alacsony négyzetméter-tömegű karton kombinációja. A kartonbevonatot úgy tervezték meg, hogy a műanyag pohárról – használata után – egyszerű letekerni. A karton ugyanis csak néhány helyen van a pohárhoz ragasztva. Ezzel műanyagot takaríthatunk meg, és elkerülhetjük a felületének a felesleges nyomtatását. A nyomtatást a karton burkolatán végezzük, mégpedig mindkét felén, ami további előnyt jelent, hiszen ezáltal a fogyasztó több információhoz juthat, áttekinthető formában. A kartonréteg újrahasznosítható, és – mivel a műanyag pohár nem tartalmaz nyomtatást – egyszerűbb az újrahasznosítása. Az ilyen termékeket a megszokottnál nagyobb csomagolási egységekben kínálják. Ezért a terméket a vékony alumíniumkupak mellett szintelen műanyag kupakkal is ellátják, ami a csomagolás lezárásához szolgál abban az esetben, ha a tartalmát nem fogyasztjuk el azonnal. Ezzel meghosszabbítható az élelmiszerek eltarthatósága. Az ökotervezés részeként ilyenkor jó figyelembe venni a karton előállításához használt fa eredetét, nyomdafestéket és a ragasztók fajtáját (pld. vizes alapú).



Csomagolás ökotervezése: Palack magokkal

A visszatérő, azaz újrahasznosítható csomagolás koncepciója számos kreatív lehetőséget kínál a tervezőknek. Érdekes megemlíteni a „palack magokkal” elnevezésű koncepciót (angolul Seeds in the bottle) (58. ábra). A termék vásárlóját meglepetés várja, hiszen a címke mögött egy kis bemélyedés található, amelyben különböző gyógynövény magok vannak. Ha a címkét kilyukasztjuk, a bemélyedésből kiszedhetjük a magot, és elvethetjük a palackba szórt földbe (magába a palackba vagy az erre kifejlesztett speciális kupakba). A palack részei új funkciót kapnak, és virágcserepként szolgálnak, a vásárló pedig lassan kis gyógynövénykertet alakíthat ki (Yanko Design, 2009).



58. ábra: Palack magokkal (Yanko Design, 2009).



20. Átfogó üzleti gyakorlat környezetbarát csomagolás tervezéséhez

Annak ellenére, hogy az alábbi példák többsége a jó üzleti gyakorlat példáját mutatja nagy vállalatok esetében is (némely korporatív jellegű), számos intézkedések mégis univerzálisak lehetnek. Ez azt jelenti, hogy bevezethetők és alkalmazhatók a vállalat nagyságától függetlenül. Példák továbbá rámutatnak arra is, hogy milyenek világszerte a nagyobb vállalatok elvárásai a beszerzőktől.

Példa: Nike vállalat

A Nike vállalat 2007-ben a termékei csomagolásának beszerzői elé számos követelményt állított. A beszerzőknek azóta egy nyilatkozatot kell aláírniuk, miszerint tisztában vannak a követelményekkel, elfogadják őket, és igazolásokkal bizonyítják a követelményeknek való megfelelést. Ezek közé tartozik a minimális újrafeldolgozott anyagtartalom a csomagolásban. Ugyanakkor a Nike vállalat a beszerzőit a változások nyilvántartásának vezetésével és a csomagolást illető környezeti információk közlésével bízza meg, amellyel bizonyítják a követelményeknek való megfelelést. Ezek pedig a következők (a követelmények részletesebben a vállalat műszaki dokumentációjában található) (Nike, 2007):

- a 2007-ben létrehozott tiltott anyagok listája és a csomagolás tervezésének követelményei, beszerzők és tervezők részére;
- minden beszerzőnek igazolnia kell, hogy a csomagolása újrahasznosítható, komposztálható vagy elégethető az EU szabványainak megfelelően (pld. az összes kupaknak, címkének és ragasztónak kompatibilisnek kell lennie a dobozok újrahasznosítási rendszerével);
- az összes műanyag csomagolást legalább 25%-ban újrahasznosított anyagból kell gyártani;
- az összes papír- és kartoncsomagolásnak legalább 50%-ban kell újrahasznosított anyagot tartalmaznia;
- a papír- és kartoncsomagolás gyártói csak fenntarthatóan kezelt erdőből származó fából készíthetik a csomagolást;
- bizonyos típusú csomagolás a hatékonyabb újrahasznosítás miatt csak egyrétegű, legfeljebb kétrétegű lehet;
- további követelmények a csomagolásban megengedett üres rések arányára vonatkozóan;
- követelmények a nehézfémek, formaldehid, PVC és más anyagok tartalmáról;
- expandált polisztirolhab csomagolóanyagként való használatának a betiltása;
- a beszerzőknek meg kell felelniük az EN csomagolás környezetvédelmi szabványainak.



Példa: Wal-Mart vállalat

Az amerikai Wal-Mart vállalat a világ legnagyobb kereskedelmi vállalata. Intenzíven vesz részt a környezetbarát, azaz fenntartható csomagolás globális trendjeinek és mutatóinak létrehozásában. Kitűzött általános céljai közül két cél emelkedik ki igazán: „hulladékmentes vállalattá” válás és környezetbarát termékek értékesítése. Az ilyen környezetpolitikában a csomagolás fontos szerepet játszik. A célok egyike a csomagolás 5%-os csökkentése 2013-ig (Wal-Mart, 2008). A csomagolással kapcsolatos legfontosabb intézkedések a következők:

- 2005: együttműködés a beszerzőkkel; 300 különböző játék számára kidolgozott csomagolás minimális mennyiségű anyag felhasználásával;
- 2006: a csomagolás 50%-os csökkentése a digitális eszközök területén; kapcsolatteremtés az Apple vállalattal az iPodok könnyebb, 100%-ban újrahasznosított anyagból kidolgozott csomagolása érdekében;
- 2006: a „Packaging Scorecard” bevezetése a csomagolás beszerzői számára, a csomagolás értékelése érdekében a 7R elvnek megfelelően: „Remove-Reduce-Reuse-Recycle-Renew-Revenue-Read”; 2007-ben a Packaging Scorecard követelményeit több mint 60.000 beszerzőnek továbbítják, és egy éves határidőt tűznek ki a követelmények eléréséhez;
- 2007: döntés arról, hogy a folyékony mosószereket, koncentrált és kompakt mosószerekre cserélik le, és ezáltal nagy mennyiségű kartont és műanyag csomagolást takarítsanak meg;
- 2008: a „Packaging Scorecard” használata a beszerzők értékelése érdekében, a csomagolás környezetvédelmi kritériumai alapján, ami a környezeti elemzés átfogó részeként és az ellátási lánc optimalizálásaként ismert; 2008 januárjában a Wal-Mart üzletek polcain több mint 97.000 olyan csomagolás volt található, amely megegyezett a Packaging Scorecard követelményeivel;
- külső partnerekkel kifejlesztik az ún. „Package Modeling” szoftver eszközt, a környezetbarát csomagolás támogatása és a környezeti hatások bemutatása érdekében;
- kitűzött cél: a csomagolás használatának 5%-os csökkentése, amely évente körülbelül 255.000 m³ üzemanyag megtakarítását jelenti.

Példa: Stonyfield Farm vállalat

Az amerikai Stonyfield Farm vállalat biotejtermékek és joghurtok híres gyártója. Joghurtok csomagolására évente több millió pohárra van szükség. A nagy mennyiségű csomagolás okozta környezeti problémák és költségek csökkentése érdekében átfogóan láttak hozzá a csomagolás optimalizálásához (Stonyfield, 2006; Stonyfield, 2011). A leírt példa a környezetbarát csomagolás fejlesztésének aktív stratégiáját mutatja be. A vállalat módszeresen, modern eszközök segítségével (LCA-módszer) közelítette meg a stratégiát. Nyilvánvaló a fokozatos változások és fejlesztések bevezetése is, de előtérben főleg a rendszerszemléletű megközelítés áll, nemcsak a csomagolási hulladék újrahasznosításának lehetősége.

Nyolcvanas évek közepe

A környezetvédelmi követelmények integrálásának első komolyabb megközelítése. A csomagolási hulladéknak meghatározó szerepe volt, ezért ebben az időben a legfontosabb követelményt a csomagolási hulladék újrahasznosítása jelentette. Idővel rádöbrentek, hogy ez csak a környezeti elemek egyike, és hogy nem elegendő.

1992

- A csomagolási hulladék újrahasznosításának lehetősége ugyan még mindig fontos követelmény, viszont a prioritás az erőforrások ésszerű felhasználására irányul. A Michigani Egyetem szakemberei segítségével a vállalatnál LCA-elemzést végeztek a joghurt csomagolását illetően, amelynél különböző csomagolóanyagok összehasonlító elemzését készítették el (üveg, bevonatos karton, különböző polimer anyagok).
- Az LCA-elemzés eredményei alapján, a PE-HD joghurtok csomagolóanyagát polipropilénre (PP) cserélték. Ha a PP helyett nagy sűrűségű polietilént (PE-HD) választottak volna, számításaik szerint évente 100 tonnával több anyagok használtak volna el (a csomagolt élelmiszerek azonos védelme esetében), és ezzel a káros anyagok nagyobb kibocsátását okozták volna. Az üvegcsomagolást – jó újrahasznosítási tulajdonsága ellenére – azért nem választották, mert lényegesen nagyobb a tömege, és ez rontaná az LCA-elemzés teljes öko-profilját.
- Egészség- és környezetbarát nyomdafestékek és ragasztók használata a kupakoknál.

2000

- A Michigani Egyetem szakemberei segítségével a vállalatnál LCA-elemzést végeztek a teljes csomagolási rendszerre vonatkozóan (fogyasztói, gyűjtő és szállítási csomagolás). Az eddigi erőfeszítések központjában az alapvető csomagolóanyagok és a fogyasztói csomagolás, azaz a joghurtos poharak voltak. Az ilyen csomagolást a vásárló használata után kidobja. E csomagolást azonban – a csomagolt élelmiszerekkel együtt – kartondobozokba csomagolják, raklapokra rakják, és műanyag fóliával vonják be. Az LCA-módszer keretében az alternatív csomagolóanyagok összehasonlító elemzését is elvégezték, mégpedig a következő anyagokra: PE-HD, bevont, fehérítetlen karton és politejsav (PLA) (biológiailag lebontható polimer). Az eredmények kimutatták, hogy a csomagolási rendszer átfogó környezeti elemzése jó döntésnek bizonyult, hiszen kizárólag a fogyasztói csomagolásra való összpontosítással szem előtt tévesztettek volna egy nagyobb, szállítási csomagolás okozta környezeti hatást (Brachfeld et al. 2001).
- Megállapították, hogy a végső környezeti profilokra – teljes ellátási láncban belül – számos döntések hatnak ki, a csomagolás alakját és térfogatát illetően (döntés arról, hogy kisebb vagy nagyobb csomagolást használjanak). Bebizonyosodott tehát, hogy nem csak az alapvető csomagolóanyag kiválasztása a fontos. Az LCA-tanulmány a felelős személyeket megtanította, hogy a csomagolással kapcsolatos problémákat mindig szélesebb szempontból kell megközelíteni.
- Létrehozták a joghurtos poharak gyűjtésének rendszerét. Egyes üzletekben gyűjtőhelyeket alakítottak ki, a vásárlóknak pedig lehetőségük volt postán elküldeni az összegyűjtött joghurtos poharakat. Az első évben így sikerült körülbelül 2,9 millió poharat összegyűjteniük.
- Kapcsolatot teremtenek a műanyag hulladék feldolgozóival, azaz az újrahasznosított anyagból készült termékek gyártóival.

- ◉ Az ilyen együttműködés eredménye fogkefetartók és borotva fogantyúk fejlesztése és gyártása, amelyet a joghurtos csomagolási hulladékból gyártanak. Ez még a mai napig folyik (lásd az alsó ábrát).

2003

- ◉ A Michigani Egyetem szakemberei segítségével a vállalatnál LCA-elemzést végeztek a joghurtos poharak kupakjait illetően (Smith és Keoleian, 2002). Az ilyen környezeti optimalizálás alapjaként (a védelmi funkció mellett), kiválasztották a legmegfelelőbb anyagot a kupakok gyártásához, és ezzel 270 tonna csomagolóanyagok takarítottak meg.
- ◉ A vállalatnál bevezették az új multipack csomagolást, és ezzel egyharmadával kevesebb energiát fogyasztottak el.

2006

Bevezetik a nyolc kritériumon alapuló pontozási rendszert, amellyel a csomagolás területén történő javulásokat mérik.

2010

- ◉ Hagyományos műanyagok részleges helyettesítése biológiailag lebontható anyagokkal. A polisztirol (PS) multipack csomagolást felváltja a PLA.
- ◉ A „smoothie” palackok gyártásához cukornádból készült polietilént használnak (lásd az 5.4. fejezetet).
- ◉ Célkitűzésük: elérni, hogy 2015-ig minden csomagolásuk megfeleljen a fenntartható csomagolás követelményeinek.



(www.stonyfield.com; www.recycline.com)

Példa: Mercator vállalat

- ◉ A Mercator kereskedelmi vállalatban 2004-ben vezették be a csomagolási hulladék kezelésének új módját. Gyűjtő és szállítási csomagolásról van szó, amely a termékek üzletpolcaira történő elhelyezéskor keletkezik. Évente körülbelül 12.500 tonna csomagolási hulladékot gyűjtenek össze, amelyet a hulladék-feldolgozó cégnek továbbítanak, melynek ők a társalapítói. A csomagolási hulladékot fajtánként elkülönítve gyűjtik – több mint 700 helyszínen. 2008 és 2012 között a vállalatnak sikerült több mint 43.000 tonna karton csomagolási hulladékot, 6.000 tonna műanyag fóliát és rekeszt, és több mint 9.000 tonna fa csomagolási hulladékot összegyűjtenie.
- ◉ A csomagolás mennyiségének csökkentése érdekében visszatérő gyűjtő és szállítási csomagolást használnak (visszatérő raklapok és gyümölcsrekeszek a CHEP és IFCO alapján).
- ◉ Különböző tevékenységeket hajtanak végre a bevásárló zacskók mennyiségének csökkentése érdekében, mégpedig a Környezetbarát szomszédok (2008) akció keretén belül minden háztartásnak többször felhasználható zacskót ajándékoztak, valamint különböző más akciók során (pld. 10 EUR-on feletti vásárlás) szintén ilyen zacskóval lepték meg a vásárlót. A bevásárló zacskók mennyisége az eladások számát figyelembe véve 5%-kal (ebből a rugalmas fogantyús zacskók 22%-kal) csökkent. 2012-ben a szlovén piacon a műanyag zacskók mennyiségét 50 tonnával csökkentették.
- ◉ A környezetbarát bevásárló táskák optimalizálása területén a PE-LD táskák gyártásához 30-50% újrahasznosított anyagot, a papír táskák esetében 70% újrahasznosított anyagot, a hosszú élettartamú PP anyagból készült táskáknál pedig 30% újrahasznosított anyagot használnak.
- ◉ Részt vesznek egy EU-projektben, amelynek célja a biológiai úton lebomló műanyagból és megújuló energiaforrásokból készült fenntartható csomagolóanyagok promóciója (Mercator, 2013).



21. Csomagolás a fenntartható fejlődés részeként

A fenntartható fejlődés alapja a gazdasági, szociális és környezeti terület összehangolt működése. A környezetvédelem ebben az esetben összhangban van a gazdasági és szociális mutatókkal. A fenntartható fejlődés számos kérdést vet fel: hogyan lehet a modern ipari társadalmat szociálisan és gazdaságilag felelős

közösséggé alakítani úgy, hogy a termelés és a fogyasztás a Föld kapacitásain belül maradjon, továbbá hogyan lehet a harmadik világ országainak azonos hozzáférési lehetőséget biztosítani a világ gazdaságához, és hogy ez mit jelent a kulcsfontosságú tényező, a gazdasági növekedés esetében?

A fenntartható fejlődés definíciója

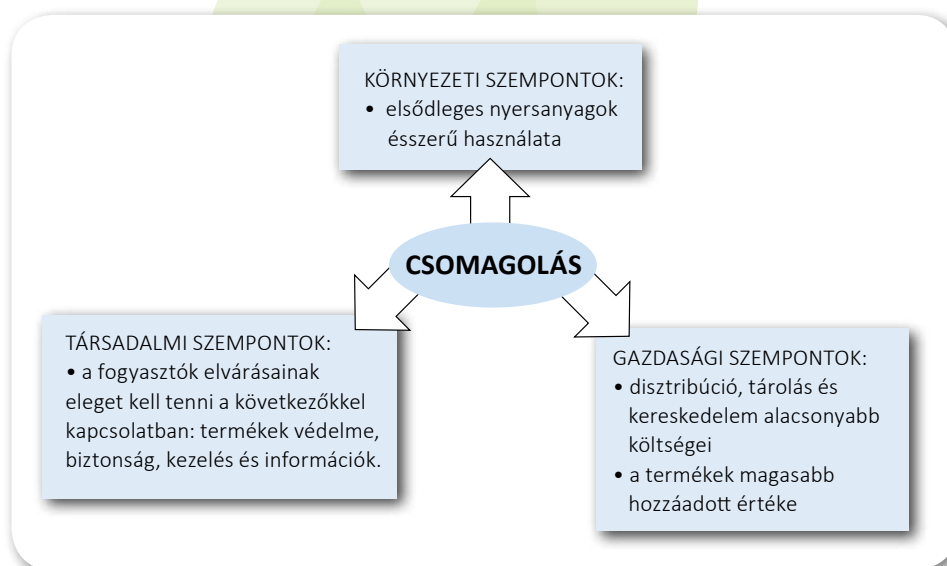
A fenntartható fejlődés legelterjedtebb definíciója a Környezet és Fejlődés Világbizottság által 1987-ben meghatározott definíció: „Olyan fejlődés, amely úgy elégíti ki a generációk igényeit, hogy közben nem befolyásolja károsan a következő generációk ugyanazon igényeinek kielégítését.”

Emellett ismert még a Nemzetközi Természetvédelmi Unió (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources – IUCN) által meghatározott definíció is: „A *fenntartható fejlődés oly módon javítja az életminőséget, hogy ezáltal nem veszélyezteti a **Föld kapacitását** – a természeti erőforrások kimerülését és hulladék befogadását illetően.*”

A fenntartható fejlődés koncepciója tartalmazza az elsődleges források racionális felhasználásának kérdéseit is. Az erőforrások egyenlőtlen felosztottsága a civilizáció egyik legaggasztóbb tulajdonsága. Az energiaforrások, ásvány nyersanyag készletek, művelésre alkalmas földterület, éghajlati feltételek és még számos más tulajdonság egyenlőtlenül oszlik meg, és jelentős hatással van a különböző területek fejlesztési szintjére és jellegére. Ezt még tovább bonyolítja az a tény, hogy a népesség kulturális és történelmi okok miatti megoszlása nem egyezik meg a források felosztásával.

Milyen szerepe van ebben az esetben a csomagolásnak? Az elmúlt években a környe-

zetbarát csomagolás fogalma mellett a fenntartható csomagolás fogalma is egyre népszerűbb lett. A „fenntartható” melléknévvel – a csomagolás területén – igyekeztek hangsúlyozni, hogy a csomagolás szerepe a társadalomban sokkal fontosabb és tágasabb, mint ahogy azt általában gondoljuk. A 4. fejezetben bemutatásra került a csomagolás komplex szerepe és előnyei a társadalomban. Ez megerősíti a csomagolás szerepét a fenntartható fejlődés céljainak elérése területén. Természetesen figyelembe kell venni a csomagolás sajátosságait a gazdasági, szociális és környezeti területre való bekapcsolódáskor, amely a funkcióival és a társadalomban betöltött szerepeivel van összekötésben (59. ábra) (Bickerstaffe, 2007).



59. ábra: A csomagolás szerepe a fenntartható fejlődés céljainak elérésékor (Bickerstaffe, 2007).

A fenntartható csomagolás fogalma a szakirodalomban és egyéb forrásokban különféle kontextusban van jelen. Nem létezik szélesebb körben elfogadott konszenzus arról, hogy a „fenntartható csomagolás” kifejezés tulajdonképpen mit is tartalmazzon. Miként a nyolcvanas években nehéz volt definiálni a

környezetbarát csomagolás fogalmát, úgy ma a fenntartható csomagolás fogalmát nehéz meghatározni. A Fenntartható Csomagolás Koalíció (Sustainable Packaging Coalition) a következő kritériumokat határozta meg, amelyeket a csomagolásnak el kell érnie ahhoz, hogy fenntarthatóvá minősítsék:

Fenntartható csomagolás követelményei:

- hasznos, biztonságos és egészséges az egyének és tágabb közösség számára, teljes életciklusa során;
- gyártása, használata és költségei megfelelnek a marketing követelményeinek;
- nyersanyag kitermelésekor, gyártáskor, szállításkor és újrahasznosításkor megújuló energiaforrásokat alkalmaznak;
- hozzájárul a megújuló források és újrahasznosított anyagok optimális felhasználásához;
- tisztább termelés és a lehető legjobb technikák kritériumainak megfelelően gyártják;
- olyan anyagokból készült, amelyek nem károsak az egészségre;
- oly módon tervezett, hogy csökkenti az anyag- és energiafelhasználást;
- hatékonyan fel lehet dolgozni és biztosítja a körforgást.

(Sustainable Packaging Coalition, 2011)

A „fenntartható” csomagolás tervezésekor szükséges figyelembe venni a csomagolás és a csomagolt áru teljes környezeti életciklusára vonatkozó információkat, a csomagolás szerepét a források fenntartható

használatát illetően (a csomagolt árut beleértve), megfelelni az anyagokkal és hulladékkal kapcsolatos jogszabályi követelményeknek, valamint jól ismerni a csomagolási hulladék kezelésének rendszerét.

A szakirodalomban több vélemény alakult ki afelől, hogy a „fenntartható csomagolás” fogalma túl széles ahhoz, hogy gyakorlati jelentőséggel bírjon (Pricewaterhouse Coopers, 2012). Arra figyelmeztetnek, hogy a csomagolást nem lehet a csomagolt árutól elválasztani, és hogy a fenntartható termékek irányában kell gondolkodni, amelyek a termékrendszer és fenntartható vállalati stratégiák szerves részét képezik. Ettől függetlenül a csomagolás területén is szükség van olyan kritériumokra, amelyek alapján a csomagolást több szinten lehetséges értékelni (környezeti, szociális és gazdasági). Környezeti szempontból minden bizonynyal nagy szerepet játszik majd a környezeti életciklus koncepciója (8. fejezet).

A felsorolt kritériumok meglehetősen általánosak. A részletesebb mutatókat, amelyekkel értékelhetjük a fenntartható fejlődés egyes elemeit (környezeti, gazdasági, szociális) a jövőben pontosabban kell meghatározni. Közülük egyelőre a környezeti kritériumok meghatározása a legpontosabb, holott ezek is bővülnek. A csomagolással kapcsolatosan jóval kisebb mértékben jelennek meg a szociális kritériumok.

Az európai csomagolási és környezetvédelmi szervezetnél (EUROPEN) szintén igyekeznek elkerülni a fenntartható csomagolás kifejezést, hiszen úgy vélik, hogy a csomagolás csak egyike azon elemek közül, amely segít a vállalatoknak a fenntartható fejlődés szélesebb politikájának elérésében (EUROPEN, 2009). Ehelyett inkább az „uniós fenntartható fejlődési stratégia általános céljai elérését segítő” csomagolásról beszélnek. Definiálták az említett csomagolás általános kritériumait, amelyek a következők:

- a csomagolt termékkel együtt kell tervezni úgy, hogy csökkentse a környezeti hatásokat;
- felelős módon megszerzett forrásokból kell gyártani;
- úgy kell tervezni, hogy teljes életciklusa során hatékony és biztonságos legyen;
- gyártása, használata és költségei megfeleljenek a marketing követelményeinek;
- nagyobb választási lehetőséget kínáljon a fogyasztók számára, és feleljen meg az elvárásaiknak;
- használata után legyen hatékonyan újrahasznosítható.



LCA-elemés (angolul Life Cycle Assessment) egy olyan módszertani eszköz, amely meghatározza a termékek környezeti hatását – teljes életciklusuk során, a termék optimalizálása céljából. A termék hatásrendszeréhez tartozó bemenet, kimenet és a potenciális környezeti hatások összegyűjtésével és értékelésével foglalkozik – annak teljes életciklusa során.

Biológiai úton történő lebomlás egy olyan folyamat, amelynél az anyag bomlását a természetben előforduló mikroorganizmusokkal való kölcsönhatás eredményezi, és a végeredmény víz, széndioxid vagy biomassa. Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) által meghatározott definíció szerint akkor beszélünk biológiailag lebontható anyagokról, amikor az a mikroorganizmusok okozta reakciók hatására bomlik le, és ez jelentős változást okoz a kémiai szerkezetében.

Bioműanyagok esetében olyan polimer anyagokról van szó, amelyek biológiai úton lebonthatók, és/vagy amelyeknek az összetevői teljesen vagy részben biomasszából származnak. Az European Bioplastics e.v. definíciója alapján a bioműanyag fogalma alatt azokat a polimereket értjük, amelyek megújuló erőforrásokon alapulnak, valamint biológiai úton lebontható és komposztálható polimereket – nyersanyag származásától függetlenül.

Biológiai lebonthatóság az anyagok azon képessége, melynek következtében – mikroorganizmusok hatására – CO_2 keletkezik (a komposztálási folyamat során 6 hónap alatt a csomagolásnak legalább 90%-ban kell lebomlania). A biológiai lebonthatóság a komposztálás alapfeltétele.

Az **ökotervezés** (termékek környezetbarát tervezése) környezetvédelmi szempontok integrálása a termék tervezésébe azzal a céllal, hogy az energiával kapcsolatos termék egész életciklusát figyelembe véve növeljék annak környezetvédelmi teljesítményét.

Széndioxid egyenérték (CO_2 -egyenérték) egy tonna CO_2 vagy azzal megegyező globális éghajlatmódosító potenciálnak megfelelő mennyiségű üvegházhatású gáz. Az ilyen átszámítás lehetővé teszi, hogy a különböző üvegházhatású gázok átváltott összege kifejezi a széndioxid-lábnyomot. Széndioxid egyenérték egységében fejezzük ki (CO_2 -ekv).

A **csomagolás** bármilyen anyagból készült termék, amelyet arra a célra fejlesztettek, hogy az árut – függetlenül attól, hogy nyersanyagról vagy termékről van szó – körülveszi és összetartja tárolás, védelem, kezelés és szállítás érdekében – a csomagolótól a fogyasztóig.

Forest Stewardship Council (FSC) egy nemzetközi, nonprofit szervezet, amit azzal a céllal hoztak létre, hogy elősegítse a világ erdeinek felelősségteljes kezelését, és a faanyag eredetének nyomon követését.

Komposztálás a biohulladék ellenőrzött körülmények között, oxigén jelenlétében történő lebomlása, melynek eredménye a humusz, CO_2 és H_2O .

Komposztálhatóság a csomagolás (vagy műanyag) azon tulajdonsága, amely lehetővé teszi a komposztálás során történő leb-

omlást. A terméket akkor tekinthetjük komposztálhatónak, ha minden összetevője komposztálható.

A **kritikus teljesítmény-ismérvnek (kritikus terület)** meghatározó szerepe van az anyagfelhasználás minimális alsó korlátjának meghatározásában.

Széndioxid-lábnyom az ökológiai lábnyom részeként egy személy, szervezet, termék vagy rendezvény üvegházhatású gáz kibocsátását jelenti. Az üvegházhatású gázok üvegházhatást okoznak, amikor a légkörbe kerülnek. Ezek a gázok a következők: széndioxid (CO_2), metán (CH_4), dinitrogén-oxid (N_2O), fluorozott szénhidrogének (HFC vegyületek), perfluorkarbonátok (PFC vegyületek) és a kén-hexafluorid (SF_6).

Oxidatív biológiai úton lebomló műanyagok a hagyományos (nem lebomló), kőolajból származó (PE és PP) műanyagok és speciális adalékanyagok (általában kobalt, nikkel, mangán cink sói) kombinációja, amelyek lehetővé teszik, hogy az alap polimer anyag külső tényezők hatására (hő vagy UV-fény) mikroszkopikus részecskékre bomlik le.

A **polimerek** ismétlődő szerkezeti egységekből (monomerek) felépülő láncszerkezetek, azaz nagy molekulák (makromolekulák). A polimer anyagok legszélesebb csoportját minden bizonnyal a polimer műanyagok képezik, népszerű nevén plasztika.

A **globális felmelegedési potenciál (GWP)** az üvegházhatású gázok éghajlat-melegedést okozó, széndioxidhoz viszonyított potenciálja, amelynek kiszámítása segít meghatározni egyes üvegházhatású gázok arányát – az üvegházhatás estében.

A **kereskedelmi csomagolás** körülveszi és védi az árut az eladás helyén.

A **nemzetközi erdőtanúsítási rendszer (PEFC; Programme of the Endorsement of Forest Certification Schemes)** független, nonprofit szervezet, amely a harmadik fél által végzett tanúsítások alapján világszerte támogatja a fenntartható erdőgazdálkodást.

A **csomagolási hulladék újrahasznosítása** a csomagolási hulladék feldolgozásának folyamatát jelenti, új csomagolóanyagok vagy egyéb célokra való gyártására, beleértve a csomagolási hulladék szerves újrahasznosítását.

Gyűjtőcsomagolás (másodlagos) a csomagolás azon típusa, amely körülveszi és összefogja a kereskedelmi csomagolás több azonos vagy eltérő egységét.

A **szállítási (harmadlagos) csomagolás** másodlagos csomagolásból áll, legtöbb esetben raklap.

A **visszatérő csomagolás** többszöri használatra szánt csomagolóeszközzel kialakított csomagolás, amelynek garantált a körzése – betétdíj fizetése esetén vagy díjmentesen –, méghozzá úgy, hogy minden egyes visszatérítése után biztosított annak újrahasznosítása.

A **termék életciklusa** a következő fázisokat foglalja magába: nyersanyagok kitermelése és előkészítése, termékek gyártása, forgalmazás, szállítás, felhasználás és az életciklus vége.



ACP – Advisory Committee on Packaging. 2008. Packaging in Perspective. London, Reading.
Elérhető: www.incpen.org

Aigner, C. 2012. Invisible Barrier Features. Kunststoffe International, No. 7: 6–11.

Alcion Plasticos. 2012. Plastic Bottle and Container Development.
Elérhető www.alcion.com/research-development-innovation-bottles-containers-plastic.html

Alvarez-Chavez, C. R., S. Edwards, R. Moure-Eraso in K. Greiser. 2012. Sustainability of Bio-based Plastics: General Comparative Analysis and Recommendations for Improvement. Journal of Cleaner Production, 23. 47–56.

Amazon. 2010. Amazon Certified Frustration-Free Packaging. Elérhető: www.amazon.com

ANEC/BEUC/ECOS/EEB. 2009. “Sizing Up Product Carbon Footprinting – Joint Position”. Brussels.
Elérhető: www.eeb.org/activities/product_policy/Product_carbon_footprinting.pdf

Anon. 2001. Unverderbliche Frische: Aktive Verpackungsmaterialien Verlängern die Haltbarkeit von Sensiblen Lebensmitteln auch auf Langen Distributionswegen. PackReport, No. 6: 18–20.

Anon. 2011. World’s First 100 % Plant-Based PET Bottle. Bioplastics Magazine, 6: 25.

Anon. 2011a. PLA for Paper Coating. Bioplastics Magazine, 6: 34–37.

Anon. 2011b. Recycled Cartonboard: Questions Emerged Over Mineral Oil Scare. Packaging News, May 2011.

APEAL – Association of European Producers of Steel for Packaging. 2006. Steel for Packaging.
Elérhető: www.apeal.org

APME – Association of Plastics Manufacturers in Europe. 1996. Design for Recycling, Brussels.

APME – Association of Plastics Manufacturers in Europe. 1997. PVdC: Barrier Solutions. Summary Report 4013/GB, Brussels.

APME – Association of Plastics Manufacturers in Europe. 1999. Plastics: A Material of Choice for Packaging, Brussels.

Ashby, M. F. 2009. Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice. Amsterdam: Elsevier

Bickerstaffe, J. 2007. European Perspective on Packaging and Sustainability. PSC Sustainable Conference, Pleasanton, May 2007.

Biedermann, M., Y. Uematsu in K. Grob. 2011. Mineral Oil Contents in Paper and Board Recycled to Paperboard for Food Packaging. Packaging Technology and Science, 24: 61–73.

Bolwig, S. in P. Gibbon. 2009. Counting Carbon in the Marketplace. Overview Paper. Paris:OECD.

Brachweld, D., T. Dritz, S. Kodama, A. Phipps in E. Steiner. 2001. Life Cycle Assessment of the Stonyfield Farm Product Delivery System. Ann Arbor: University of Michigan.

Brandt, B. in H. Pilz. 2011. The Impact of Plastic Packaging on Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in Europe. Vienna: Denkstatt.

Braskem. 2011. Green Products. Elérhető: www.braskem.com.br/plasticoverde/eng/default.html

Brezet, H. in C. van Hemel. 1997. Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption. Paris: UNEP – United Nations Environmental Programme.

Bridgewater, A. V. in K. Lindgren. 1983. Energy in Packaging and Waste. Wokingham: Van Nostrand Reinhold.

Bugnicourt, E., M. Schmid, O. McNerney, J. Wildner, A. Lazzeri in P. Cinelli. 2012. A Promising Future for Whey-coated Films. Packaging Films, 3: 6–7.

BUWAL – Bundesamt für Umweltschutz, Wald und Landschaft. 1998. Life Cycle Inventories for Packaging. Vol. 1. Environmental Series No. 250/I. Bern: BUWAL (SAEFL).

Bürkle, D. H. 1998. Optimising Packaging: Fitness for Purpose, Together with Ecological and Economics Aspects, must be Part of the Equation. V: Product Innovation and Eco-efficiency, Chapter 27, J. E. M. Klostermann in A. Tukker (Eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Carbon Trust. 2008. Product Carbon Footprinting: The New Business Opportunity. Experience From Leading Companies. London.

CEN – European Committee for Standardization. 2000. CR 13910: Packaging – Report on Criteria and Methodologies for Life Cycle Analysis of Packaging, November 2000.

Coca-Cola. 2012a. What is Plant Bottle Packaging?
Elérhető: www.coca-cola.co.uk/faq/environment/what-is-plantbottle-packaging.html

Coca-Cola. 2012b. Plant Bottle – Frequently Asked Questions.
Elérhető: www.coca-colacompany.com/stories/plantbottle-frequently-asked-questions

Cubis. 2009. Square in a Good Way. Stocholm. Elérhető: www.cubis.se

Černič, M., F. Mivšek, L. Scheicher, P. Kosmač, V. Kranjec, A. Kozjek in V. Rutar. 2005. Embalaža iz kartona in valovitega kartona. Ljubljana: Gospodarska zbornica Slovenije, Inštitut za celulozo in papir.

Daily Mail. 2010. It's war on store waste: Landmark case will force supermarkets to end needless packaging. Elérhető: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-1312599/Sainsburys-landmark-case-force-supermarkets-end-needless-packaging.html>

Dainelli, D., N. Gontard, D. Spyropoulos, E. Zondervan-van den Beuken in P. Tobback. 2008. Active and Intelligent Food Packaging: Legal Aspects and Safety Concerns. Trends in Food Science and Technology, 19: S103–S112.

DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2009. Making the Most of Packaging – A Strategy for a Low-Carbon Economy. London.

DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2010. Assessing the Environmental Impacts of Oxo-degradable Plastics Across Their Life Cycle. London.

De Monte M., E. Padoano in D. Pozzetto. 2005. Alternative Coffee Packaging: An Analysis from a Life Cycle Point of View. Journal of Food Engineering, 66: 405–411.

Detzel, A. in J. Mönckert. 2009. Environmental Evaluation of Aluminium Cans for Beverages in the German Context. International Journal of LCA. 14:S70–9.

Detzel, A., F. Wellenreuther in S. Kunze. 2009. LCA of Waste Bags. Heidelberg: Institut für Energie und Umweltforschung.

DKR – Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling. 2004. Product Manual: What Happens to Plastics Packaging with the Green Dot?. Köln.

DuPont. 2012. 2012 Survey of Future Packaging Trends: A Study by Packaging World Magazine and DuPont Packaging and Industrial Polymers. October 2012.

EAA – European Aluminium Association. 2006. Aluminium Recycling: The Road to High Quality Products. Brussels. Elérhető: www.eaa.net

ECOLAS – PIRA. 2004. Implementation of Packaging Directive. Prevention and Reuse – Draft, Annexes 03/07884, April 2004. Antwerpen, Surrey.
Elérhető: http://europa.eu.int/comm/environment/waste/pdf_comments/040702interim_report.pdf

Economy Watch. 2010. Packaging Industry Report.
Elérhető: www.economywatch.com/world-industries/packaging/report.html

Edwards, C. in J. Meyhoff Fry. 2011. Life Cycle Assessment of Supermarket Carrier Bags. Bristol: Environment Agency.

EEA – European Environment Agency. 2012. Generation and Recycling of Packaging Waste. Copenhagen. Elérhető: www.eea.eu

Elander, M. 2009. European Experience of Packaging Waste Reduction – Reusable Packaging, Packaging Taxes and Deposit Systems. Berlin: Deutsche Umwelt Hilfe.

Enders, H. J. in A. Siebert-Raths. 2009. Technische Biopolymere. Munich: Carl Hanser Verlag.

Enders, H. J., M. Bengs, C. Schulz in A. Siebert-Raths. 2011. Biopolymers – Market Opportunities, Land Use Requirements and Future Developments. Kunststoffe International, 9: 54–58.

Erema/WES. 2008. Recycling Milk Bottles. Kunststoffe International, No. 8: 47–48.

Erlov, L., C. Lofgren in A. Soras. 2000. Packaging – A Tool for Prevention of Environmental Impacts. Stockholm: Packforsk- Institute for Packaging and Distribution.

ERPA – European Recovered Paper Association. 2007. Facts and Figures. Paper Recovery and Recycling in Europe. Brussels. Elérhető: www.paperrecovery.org

ERPC – European Recovered Paper Council. 2008. Print Product Recyclability.
Elérhető: www.paperrecovery.eu

Essel, R. in M. Carus. 2012. Meta-analysis of 30 LCAs. Bioplastics Magazine, 7: 46–49.

EuroCommerce. 2004. The Use Plastic Bags in an IPP Context. A Report. Brussels, September 2004.

EuPR – European Plastic Recyclers. 2009. Oxo-degradable Additives are Incompatible with Mechanical Recycling. Press release, 10th June 2009. Brussels. Elérhető: www.plasticsrecylers.eu

European Commission. 2006a. On the Implementation of the Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste and its Impact on the Environment, as well as on the Functioning of the Internal Market. Report from the Commission to the Council and the European Parliament COM (2006) 767 Final. Brussels, December 2006.

European Commission. 2006b. Packaging and Packaging Waste. Brussels.
Elérhető: http://ec.europa.eu/environment/waste/packaging_index.htm

European Commission. 2008. Commission Coordination Meeting on the Carbon Footprint Measurement of Products. Meeting Report, 4 March 2008, Brussels: DG Environment. Elérhető: http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/about_ecolabel/carbon/carbon_footprint_report.pdf

European Bioplastics. 2011. Better Packaging With Bioplastics – Information on Technology and Market Development. Elérhető: www.european-bioplastics.org

EUROPEN. 1999. Use of LCA as a Policy Tool in the Field of Sustainable Packaging Waste Management. Brussels. Elérhető: www.europen.be/issues/lca/lca_revised

EUROPEN. 2009. What is Sustainable Packaging? Our Vision. Elérhető: www.europen.be

Eurostat. 2011. Packaging Waste Statistics. Brussels. Elérhető: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

Farley, D. 2009. The Not So Green Skies. Scientific American, September 2009: 12.

FEICA – Fédération Européenne des Industries de Colles et Adhésifs. 2006. Initiative of the European Adhesives and Sealants Manufacturers (FEICA) on the Reduction of Di-iso-butylphthalate (DiBP) in Paper and Board. Brussels. Elérhető: www.feica.com/library/industry-guidelines/dibp-in-packaging

FKN – Fachverband Kartonverpackungen für Flüssige Nahrungsmittel e.V. 2006. Ökobilanz: Getränkekartons auf dem Prüfstand. Wiesbaden.

FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. 2005. Biokunststoffe – Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. Gülzow.

Forest Stewardship Council. 1996. FSC International Standard: Principles and Criteria for Forest Stewardship. Elérhető: www.fsc.org

Freedonia Group Inc. 2011. World Green Packaging – Industry Study with Forecast for 2015 and 2020. Cleveland: August 2011.

Furness, A. 2007. Intervju. Ambalaža, marec: 13–15.

GDA - Gesamtverband der Deutschen Aluminiumindustrie e.V. 2000. Comments on the German Federal Environmental Agency's Life Cycle Assessment of Drinks Packaging (UBA II study). Düsseldorf.

Gerngross, T. U. in S. C. Slater. 2000. How Green Are Green Plastics? Scientific American, August: 25–29.

Giles, G. S. 1999. Handbook of Beverage Packaging. Sheffield: Sheffield Academic Press.

Golja, V. 2004. Vpliv embalaže na živila, V: Zbornik predavanj 14. mednarodnega sejma embalaže, tehnik pakiranja, grafike, logistike in transporta INPAK 2004. Marec 2004: 96–99.

Greenpeace. 2011. Toying with Extinction. Elérhető: www.greenpeace.org/international/en/campaigns/forests/asia-pacific/sinar-mas-under-investigation/

Grilj, A. 2010. Splošno o sistemih FSC in PEFC v Sloveniji in svetu. Seminar FSC in PEFC sledenja lesa. Bureau Veritas: Ljubljana.

Guardian. 2012. Marks & Spencer Breaks Mould with Packaging for Longer-living fruit. Elérhető: www.guardian.co.uk (6. 1. 2012)

Gustavsson, J., C. Cederberg, U. Sonesson, R. van Otterdijk in A. Meybeck. 2011. Global Food Losses and Food Waste – Extent, Causes and Prevention. Study conducted for the International Congress Save Food at Interpack Düsseldorf. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gyekye, L. 2012. M&S extends Fruit Life with 'Clay' Strip. Packaging News, February: 16.

Heinz. 2012. Plant Bottle Packaging. Elérhető: www.heinzketchup.com/plant-bottle-packaging.aspx

Hekkert, M. P., L. A. J. Joosten, E. Worrell in W. C. Turkenburg. 2000. Reduction of CO₂ Emissions by Improved Management of Material and Product Use: The Case of Primary Packaging. Resources, Conservation and Recycling, 29: 33–64.

Hekkert, M. P., L. A. J. Joosten in E. Worrell. 2000a. Reduction of CO₂ Emissions by Improved Management of Material and Product Use: The Case of Transport Packaging. Resources, Conservation and Recycling, 30: 1–27.

Heller, M. C. in G. A. Keoleian. 2003. Assessing the Sustainability of the US Food System: A Life Cycle Approach. Agricultural Systems, 76: 1007–1041.

Hernandez, R. J., S. E. M. Selke in J. D. Culter. 2000. Plastics Packaging: Properties, Processing, Applications, and Regulations. Munich: Hanser Publishers.

Horvat, P. in A. Kržan. 2012. Certificiranje bioplastike. Elérhető: www.plastice.org

Huang, Y., S. Chen, X. Bing, C. Gao, T. Wang in B. Yuan. 2011. Nanosilver Migrated into Food-Simulating Solutions from Commercially Available Food Fresh Containers. Packaging Technology and Science, 24: 291–297.

Humbert, S., V. Rossi, M. Margni, O. Joliet in Y. Loerincik. 2009. LCA of Two Baby Food Packaging Alternatives: Glass Jars vs. Plastic Pots. International Journal of LCA, 14: 95–106.

IBAW – International Biodegradable Polymers Association and Working Groups. 2005. Highlights in Bioplastics. January 2005. Elérhető: www.european-bioplastics.org

IBAW – International Biodegradable Polymers Association and Working Groups. 2006. Position on Degradable PE Shopping Bags. June 2006. Elérhető: www.european-bioplastics.org

IK – Industrieverband Kunststoffverpackungen e.V. 1998. Verpacken in Kunststoff. Bad Homburg.

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 1995. Packaging Reduction: Doing More with Less. Reading (updated 2003). Elérhető: www.incpen.org

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 1996. Environmental Impact of Packaging in the UK Food Supply System. Reading.

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2001. Towards Greener Households – Products, Packaging, Energy. Reading.

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2006. Packaging in the Supply Chain – Research Facts. Reading. Elérhető: www.incpen.org

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2007. Shrink Wrap – Necessary? – An Investigation by the CGA. Reading.

Elérhető: www.incpen.org/pages/userdata/incp/cucumberwrapapril2007.pdf

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2008. A Guide to Packaging Eco-design. Reading. Elérhető: www.envirowise.gov.uk

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2011. Why Products Are Packaged the Way They Are. Reading. Elérhető: www.incpen.org

ISO. 2011. ISO 14006 – Environmental Management Systems – Guidelines for Incorporating Ecodesign. International Standardization Organization.

Kirkpatrick, N. 2004. Reuse and Recycling – Role of Life Cycle Assessment (LCA) to Inform Decision-Making. A Review of LCA Studies Commissioned by EUROOPEN. London: URS Corporation Ltd.

Kooijman, J. M. 2000. The Use of Packaging in Dutch Households. II. Survey of Products, Quantities and Energy Use. Gouda: Food Technology Consulting, December 2000.

Kooijman, J. M. 2000a. Environmental Impact of Packaging: Performance in the Household. Gouda: Food Technology Consulting.

Kržan, A., S. Hemjinda, S. Miertus, A. Corti in E. Chiellini. 2006. Standardization and Certification in the Area of Environmentally Degradable Plastics. *Polymer Degradation and Stability*, 91: 2819–2833.

Levis, J. A. in M. A. Berlaz. 2011. Is Biodegradability a Desirable Attribute for Discarded Solid Waste? *Environmental Science and Technology*, 45: 5470–5476.

Liptow, C. in A. M. Tillman. 2012. A Comparative Life Cycle Assessment of Polyethylene Based on Sugarcane and Crude Oil. *Journal of Industrial Ecology*, 16: 420–435.

Loughborough University. 2010. The View. Leicestershire. Elérhető: www.lboro.ac.uk

L'Oréal. 2008. Sustainable Development Report 2008. Elérhető: www.loreal.com

Mata, T. M. in C. A. V. Costa. 2001. Life Cycle Assessment of Different Reuse Percentages for Glass Beer Bottles. *International Journal of LCA*, 6: 307–319.

Mattel. 2011. Mattel Announces Sustainable Sourcing Principles. Elérhető: <http://corporate.mattel.com/about-us/playingresponsibly/index.aspx>

Matthews, V. 1995. Plastics Consumption and Plastics Waste in Western Europe – A Statistical Survey. V: Recycling and Recovery of Plastics, J. Brandrup (Ur.). Munich: Hanser Publishers.

McDougall, F., P. White, M. Franke in P. Hindle. 2001. Integrated Solid Waste Management – A Life Cycle Inventory. Oxford: Blackwell Publishing Co.

Mercator. 2013. Embaláža v Mercatorju, d.d. (korespondenca avtorja s podjetjem).

Milà i Canals, L., S. Sim, T. Garcia- Suárez, G. Neuer, K. Herstein, C. Kerr, G. Rigarlsford in H. King. 2011. Estimating the Greenhouse Gas Footprint of Knorr. *International Journal of LCA*, 16: 50–58.

Muñoz, I., C. Gazulla, A. Bala, R. Puig in P. Fullana. 2009. LCA and Ecodesign in the Toy Industry: Case Study of a Teddy Bear Incorporating Electric and Electronic Components. *International Journal of LCA*, 14: 64–72.

Murphy, R. J., G. Davis in M. Payne. 2008. Life Cycle Assessment (LCA) of Biopolymers for Single-use Carrier Bags. Final Report. London: Imperial College.

Nike. 2007. Packaging Restricted Substances List and Design Requirements. September 2007.

North Carolina State University. 2012. Mini-Encyclopedia of Papermaking Wet-End Chemistry. Elérhető: <http://www4.ncsu.edu/~hubbe/DEIN.htm>

Novak, G. 1998. Papir, karton, lepenka. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta.

Novak, G. 2004. Grafični materiali. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta.

Oki, Y. in H. Sasaki. 2000. Social and Environmental Impacts of Packaging (LCA and Assessment of Packaging Functions). Packaging Technology and Science, 13: 45–53.

Olsnats, C. 2002. The Business Mission of Packaging – Packaging as a Strategic Tool for Business Development Towards the Future. Abo: Abo Academy University Press.

OVAM. 2006. Comparative LCA of 4 Types of Drinking Cups Used at Events. Mechelen: Openbare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaamse Gewest.

Pant, R. et al. 2008. Standardisation Efforts to Measure Greenhouse Gases and Carbon Footprinting for Products. International Journal of LCA, 13:87–8.

PepsiCo. 2011. PepsiCo Develops World's First 100 % Plant-Based, Renewably Sourced PET Bottle. Elérhető: www.pepsico.com

PETCORE. 2004. World Largest PET Life Cycle Assessment – One-way PET Levels With Refillable Glass. Brussels.

PETCORE. 2012. Post Consumer PET Recycling in Europe 2011 and Prospects to 2016. Brussels.

Petersen, K., P. Vaeggemose Nielsen, G. Bertelsen, M. Lawther, M. B. Olsen, N. H. Nilsson in G. Mortensen. 1999. Potential of Biobased Materials for Food Packaging. Trends in Food Science and Technology, 10: 52–68.

PIRA – ECOLAS. 2005. Study of the Implementation of Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste and Options to Strengthen Prevention and Re-use of Packaging, Final Report. Surrey, February 2005. Elérhető: <http://ec.europa.eu/environment/pubs/studies.htm>

PIRA – INCPEN. 1998. Packaging's Place in Society – Resource Efficiency of Packaging in the Supply Chain for Fast Moving Consumer Goods. Surrey. Elérhető: www.incpen.org

PlasticsEurope. 2005. Discover Plastics – Plastics Families – PET. Brussels. Elérhető: www.plasticseurope.org

PlasticsEurope. 2006. Facts and Figures. Elérhető: www.plasticseurope.org

PlasticsEurope. 2008. "The Carbon Footprint – An Unreliable Indicator of Environmental Sustainability." Position paper, Brussels, 18th February 2008. Elérhető: <http://www.plasticseurope.org>

PlasticsEurope. 2011. Polyethylene Terephthalate (PET) (Bottle Grade). Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers. Brussels.

PlasticsEurope. 2012. Plastic Packaging: Born to Protect. Brussels. Elérhető: www.plasticseurope.org

Platt, D. K. 2006. Biodegradable Polymers. Market Report. Shrewsbury: Smithers Rapra Ltd.

Potočnik, E. 2004. Kovinska embalaža. Ljubljana: Saturnus.

Procter & Gamble. 2011. Pantene Announces First Shipment of Innovative More Sustainable Bottles Made from Plant-based Plastics. Elérhető: <http://news.pg.com/press-release/pg-corporate-announcements/pantene-announces-first-shipment-innovative-more-sustainable>

Pregrad, B., V. Musil in B. Žerjal. 1992. Tehnološki sistemi in proizvodi. 1. del. Maribor: Ekonomsko-poslovna fakulteta Maribor.

Pregrad, B. in V. Musil. 2000. Proizvodi in zagotavljanje kakovosti. Maribor: Ekonomsko-poslovna fakulteta.

Pricewaterhouse Coopers. 2012. Sustainable Packaging: Myth or Reality. Elérhető: www.pwc.co.uk

PRO EUROPE. 2004. Effective Packaging – Effective Prevention. Brussels. Elérhető: www.pro-e.org

PRO EUROPE 2009. Fact Sheet on Bioplastics. March 2009. Elérhető: www.pro-e.org

PRO EUROPE. 2010. Uniformity in Diversity. Brussels. Elérhető: www.pro-e.org

Prognos AG. 2002. Conclusions published by PROGNOS AG in October 2002 Following the Last Results of Phase II of the UBA II Project LCA for Drinks Packaging. Elérhető: www.apeal.org/Contents/Environment/PROGNOS.pdf

Puma. 2010. All About Clever Little Packaging. Elérhető: www.puma.com/cleverlittlebag

Radonjič, G. 2004. Ocenjevanje vplivov embalaže na okolje. V: Zbornik predavanj 14. mednarodnega sejma embalaže, tehnik pakiranja, grafike, logistike in transporta INPAK 2004. Marec 2004: 59–64.

Radonjič, G. 2006. Integriranje okoljskih kriterijev pri oblikovanju embalaže – ekodizajn embalaže. V: Zbornik predavanj 15. mednarodnega sejma embalaže, grafike, tehnike in tehnologije pakiranja ter logistike INPAK 2006. Marec 2006: 81–87.

Radonjič G. 2008. Embalaža in varstvo okolja – Zahteve, smernice in podjetniške priložnosti. Maribor: Založba Pivec.

Radonjič, G. 2010. Ocenjevanje vplivov na okolje v celotnem življenjskem ciklu izdelka z metodo LCA. V: J. Volfand (Ur.) Odpadki v Sloveniji. Celje: Fit media.

Radonjič, G. 2012. Carbon Footprint: A Comparison of Different Aspects of Product Evaluation in Commodity Science. V: Merli, Roberto (Ed.). Technology and Innovation for a Sustainable Future: A Commodity Science Perspective: Proceedings. Roma: ENEA.

Radonjič, G. 2012a. Ogljični odtis in okoljski profil proizvodov: vabljeno predavanje na 21. letni konferenci Slovenskega združenja za kakovost in odličnost "Odgovor je kakovost", Portorož, 8. 11. 2012. Ljubljana: Slovensko združenje za kakovost in odličnost.

Rathje, W. L. 1991. Once and Future Landfills. National Geographic, May, 179: 116–134.

Recoup. 2009. Plastics Packaging – Recycling by Design. Peterborough: Recycling of Used Plastics Ltd.

Remškar, M. 2006. Magični nanodelci so lahko toksični. Delo (priloga Znanost), 1. junij: 25.

- Rink, M., H. Meyer, P. Orth in D. Schauf. 1995. Recycling und Design. Kunststoffe, 85: 245–249.
- RMIT. 1997. Introduction to EcoReDesign – Improving the Environmental Performance of Manufactured Products. Melbourne: Royal Melbourne Institute of Technology.
- Robertson, G. L. (1993). Food Packaging – Principles and Practice. New York: Marcel Dekker.
- Royt, E. 2006. Corn Plastic to the Rescue, <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/plastic.html>
- Rujnić-Sokele, M. 2008. Biorazgradljiva ambalaža – etičko pitanje. Ambalaža, 2: 76–80.
- Rujnić-Sokele, M. 2009. Još malo o bioplastici. Polimeri, 30: 147–148.
- Rutar, V. 1995. Papir, karton in lepenka – Embalažni materiali za prihodnost? V: Zbornik ETE 3, Mednarodni kongres o embalaži. Bled, 19.–21. april 1995, 75–86.
- Schmitz, S. 1996. Life Cycle Assessment for Drinks Packaging Systems. Berlin: Umweltbundesamt.
- Shen, L., J. Haufe in M. K. Patel. 2009. Product Overview and Market Projections of Emerging Bio-based Plastics. Final Report. Group Science, Technology and Society, Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Utrecht University. Elérhető: www.copernicus.uu.nl
- Silvestre, C., D. Duraccio in S. Cimmino. 2011. Food Packaging Based on Polymer Nanomaterials. Progress in Polymer Science, 36: 1766–1782.
- SIST CR 13688:2001. Embalaža – Snovno recikliranje – Poročilo o zahtevah za snovi in materiale za preprečevanje trajnih ovir za recikliranje. Ljubljana: Slovenski inštitut za standardizacijo.
- SIST EN ISO 14040:2006. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri. Ljubljana: Slovenski inštitut za standardizacijo.
- Smith, V. M. in G. A. Keoleian. 2002. Evaluation of Alternative Closure Options for Stonyfield Farm Product Delivers System. Supplement to the Report: Life Cycle Assessment of the Stonyfield Farm Product Delivery System. Ann Arbor: University of Michigan (Center for Sustainable Systems), May 2002. Elérhető: www.stonyfield.com/AboutUs/WeveBlownOurCover.cfm
- Smithers Pira. 2012. Global Packaging Industry Expected to Reach 820 Billion USD by 2016. Elérhető: www.smitherspira.com/global-packaging-industry-expected-to-reach-820-billion-by-2016.aspx
- Snoj, B. 1981. Embalaža – sestavina politik izdelkov in komuniciranja v marketingu. Ljubljana: ČGP Delo – Gospodarski vestnik.
- Soroka, W. 2002. Fundamentals of Packaging Technology, 3rd Edition. Naperville: Institute of Packaging Professionals.
- Stephen, M. Razgradljivi plastični materiali. Ambalaža, 2: 52–54.
- Stevens, E. S. 2002. Green Plastics: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics. Princeton: Princeton University Press.
- Stilwell, E. J., R. C. Canty, P. W. Kopf in A. M. Montrone. 1991. Packaging and the Environment: A Partnership for Progress. New York: Amacom.
- Stonyfield. 2006. Earth Actions. Using the Best Environmental Practices. Elérhető: www.stonyfield.com
- Stonyfield. 2011. Sustainable Packaging. A Continual Journey. Elérhető: www.stonyfield.com

Sustainable Packaging Coalition and Packaging Digest. 2008. Member and Subscriber Survey. Charlottesville. Elérhető: www.sustainablepackaging.org

Sustainable Packaging Coalition. 2011. Definition of Sustainable Packaging. Charlottesville. Elérhető: www.sustainablepackaging.org

Tabone, M. D., J. J. Clegg, E. J. Beckman in A. E. Landis. 2010. Sustainability Metrics: LCA and Green Design in Polymers. *Environmental Science and Technology*, 44: 8264–8269.

Telegraph. 2010. Sainsbury's is to be Taken to Court for Using too Much Packaging. Elérhető: <http://www.telegraph.co.uk/finance/newsbysector/retailandconsumer/8006654/Sainsburys-taken-to-court-over-excess-packaging.html>

Twede, D. in R. Goddard. 1998. *Packaging Materials*, 2nd Edition, Surrey: Pira International.

Uradni list RS. 2006. Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo. Št. 84: 9178.

Uradni list RS. 2006a. Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže. Št. 32: 3351.

Uradni list. 2011. Uredba o zelenem javnem naročanju. Št. 102: 13611.

Vercalsteren, A., C. Spirinckx in T. Geerken. 2010. Life Cycle Assessment and Eco-efficiency Analysis of Drinking Cups Used at Public Events. *International Journal LCA*, 15: 221–230.

Verghese, K., H. Lewis in L. Fitzpatrick. 2012. *Packaging for Sustainability*. London: Springer.

Vermeiren L., F. Devlieghere, M. van Beest, N. de Kruijf in J. Debevere. 1999. Developments in the Active Packaging of Foods. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 77–86.

Vorspohl, K. in J. Bruder. 2004. Plastic Packaging Today: A Lightweighting Champion. *Kunststoffe Plast Europe*, June: 40–45.

Vujković, I., K. Galić in M. Vereš. 2007. *Ambalaža za pakiranje namirnica*. Zagreb: Tectus.

Wal-Mart. 2008. Wal-Mart is Taking the Lead on Sustainable Packaging. Elérhető: www.walmartstores.com/download/2339.pdf

Weiss, M., J. Haufe, M. Carus, M. Brandao, S. Bringezu, B. Hermann in K. Patel. 2012. A Review of the Environmental Impacts of Biobased Materials. *Journal of Industrial Ecology*, 16: S169–S180.

Wheylayer. 2012. Barrier Polymers for Sustainable Packaging. Elérhető: www.wheylayer.eu

Wiles, D. M. in G. Scott. 2006. Polyolefins with Controlled Environmental Degradability. *Polymer Degradation and Stability*, 91: 1581–1592.

Worell, E., A. P. C. Faaij, G. J. M. Philipsen in K. Blok. 1995. An Approach for Analysing the Potential for Material Efficiency Improvement. *Resources, Conservation and Recycling*, 13: 215–232.

WRAP. 2008. Food We Waste (Food Waste Report). Banbury: Waste and Resources Action Plan. Elérhető: www.wrap.org.uk

WRAP. 2009. Seal Integrity and the Impact on Food Waste. Banbury: Waste and Resources Action Plan. Elérhető: www.wrap.org.uk



WRAP. 2009a. Efficient Use of Resources in Hot Drinks Packaging Design. Banbury: Waste and Resources Action Plan. Elérhető: www.wrap.org.uk

WRAP. 2009b. Efficient Use of Resources in Pet Food Packaging Design. Banbury: Waste and Resources Action Plan. Elérhető: www.wrap.org.uk

WRAP. 2009c. Efficient Use of Resources in Breakfast Cereal Packaging Design. Banbury: Waste and Resources Action Plan. Elérhető: www.wrap.org.uk

WRAP. 2010. Reusable Sofa Bag for Home Deliveries Protects the Product and Builds Brand Perception. Banbury: Waste and Resources Action Plan: Elérhető: www.wrap.org.uk

Yanko Design. 2009. Bottling Water with a Surprise.
Elérhető: www.yankodesign.com/2009/09/03/seeds-in-the-bottle-by-yun-hwan-sung/