

6.3 | Az elektronikai és elektromos ipari 6.4 | műanyag hulladék hasznosítása 4.3

Tárgyszavak: EU-direktíva; E+E hulladék; hulladékhasznosítás; rendelet; berendezések anyagösszetétele; hasznosítási lehetőségek.

A hulladékhasznosítás európai szabályozása – új direktívák

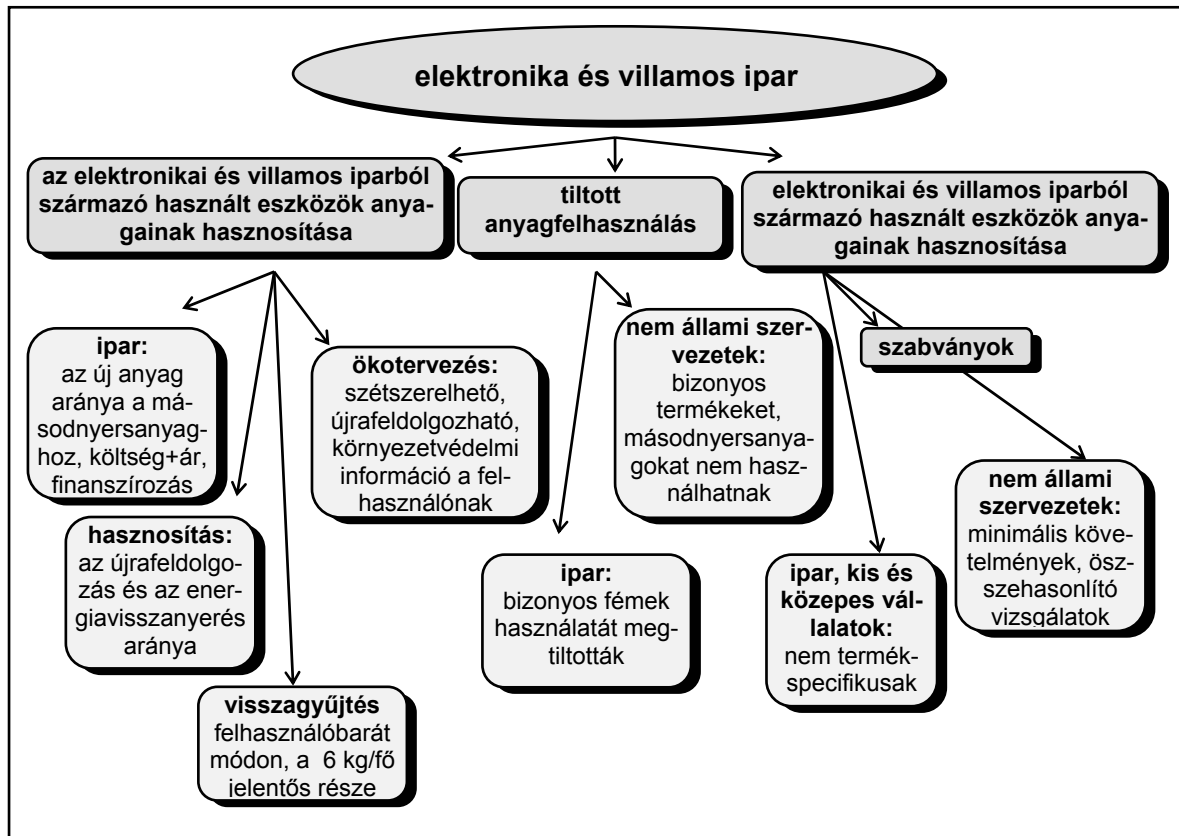
Az elektronikai és elektromos ipari (E+E) alkalmazásokban a műanyagok kulcsszerepet játszanak. Az ezekre az anyagokra vonatkozó új európai szabályozás (WEEE direktíva az E+E ipari hulladékok újrafelhasználásáról, ill. ROE direktíva a káros anyagok korlátozott felhasználásáról E+E berendezésekben) meg fogja változtatni az iparág fejlesztési, termelési és eladási szokásait, mert a berendezésgyártóknak a jövőben figyelembe kell venniük a törvényt. A WEEE direktíva előírja az E+E hulladék elkülönített gyűjtését, és az újrahasznosításra célszámokat határoz meg. 2006-ban 1,5 M t E+E hulladékot kell begyűjteni, amelyből kb. 300 E t a műanyag. 2008-tól számos adalékanyag, többek között a polibrómozott bifenilek és három polibrómozott bifenil-éter égésgátló betiltását tervezik. A törvény bevezetésének fontosabb következményeit az 1. ábra érzékelteti.

Az ilyen eredetű termékekből származó műanyag hulladék sok tekintetben különbözik az egyéb ipari területekről (pl. autóipar, csomagolás) származó műanyag hulladékoktól. Ez igaz nem csak az anyagi összetételre (pl. műszaki műanyagok felhasználása), hanem egyéb szempontokból is:

- az E+E iparban felhasznált műanyagok a felhasználás során pl. az erős sugárzás, hő stb. hatására szerkezetükben jelentősen megváltozhatnak,
- az E+E ipar műanyag hulladékai erősen szennyezettek lehetnek (pl. fémekkel, üveggel).

A kedvezőtlen fizikai változások között említhető a láncszakadás (ridegedés), a kisebb szakítószilárdság és a kémiai változások (akár új anyagok is képződhetnek a polimer mátrixban). Bár a kémiai átalakulás mértéke általában nem nagy, mégis figyelembe kell venni az újrafeldolgozási vagy hasznosítási technológiák kiválasztásakor. A degradációra különösen akkor

kell tekintettel lenni, ha anyagában akarják újra felhasználni a műanyagot. Későbbé fontos ez a szempont akkor, ha nyersanyagként kezelik, petrokémiai vegyszerekké alakítják vagy energiatartalmát hasznosítják. A szennyezésekre azonban bármilyen hasznosítás esetében oda kell figyelni. A fémtartalom, nehézfém-tartalom, halogéntartalom határozza meg a hasznosítás optimális módszerét.



1. ábra Az elektronikai és elektromos iparban alkalmazott műanyagok újrahasznosítására (WEEE) és a veszélyes anyagok korlátozására (ROE) vonatkozó szabályozás várható hatása

Külön tanulmányozták a viszonylag nagy tömegű műanyag házak és burkolatok újrahasznosítását, mert ez alkotja a hulladék legnagyobb hányadát, és ezek hasznosításával lehet legkönnyebben teljesíteni a törvény által előírt újrafeldolgozási hányadokat. Az 1.–3. táblázatban található adatok a tv-készülékek, híradástechnikai eszközök, monitorok, számítógépek műanyag házaiból származó hulladék átlagos összetételére. Ezen belül is külön kell figyelni a kritikus szennyezések mennyiségére. A fémek mennyisége nem túl nagy, de sok köztük a nehézfém. Próbálkoztak a fémek (különösen a nehézfémek) eltávolításával is a zúzott műanyagból, de ez a módszer nem bizonyult igazán hatékonynak.

1. táblázat

Használt tv-k és távközlési berendezések (IT) házából
nyert zúzalékok jellegzetes összetétele

Zúzalék eredete	Sor- szám	Fűtő- érték MJ/kg	Hamu %	C %	H %	N %	S %	O %	Fémek %
Tv-készülék, kevert frakció (1)	1	31	11	67	7	3	0,1	8,2	2,4
Tv-készülék, kevert frakció (2)	2	25	19	57	6	3	0,1	8,2	6,3
Tv-készülék, hátlap (1)	3	38	1	82	7	1	0,03	1,1	<0,5
Tv-készülék, hátlap (2)	4	36	1	81	7	1	0,02	3,2	0,5
Nyomtatott áramköri lap	5	16	48	54	6	2	0,08	8,4	10,4
Monitor	6	29	5	70	6	2	<0,1	6,4	0
IT-készülék, kevert frakció (1)	7	31	9	65	6	<1	0,2	12	<0,5
IT-készülék, kevert frakció (2)	8	24	7	63	6	<1	0,1	14	0,5

2. táblázat

Tv-készülékek műanyag házaiból nyert zúzalékok nyomelemtartalma ppm
egységben (parts per million, rész millió részben)

Nyom- elem	Tv (1)	Tv (2)	Hátlap (1)	Hátlap (2)	Hátlap (3)	Hátlap (4)	Monitor
Cr	57	99	46	16	27	22	5
Mn	40	400	7	<5	<20	<12	<5
Fe	1040	18 400	600	195	640	225	70
Ni	48	1660	44	18	30	34	90
Cu	19 500	57 300	16	20	60	136	54
Zn	580	1490	186	400	305	220	48
As	15	18	54	30	24	20	30
Br	13 100	17 400	34 900	26 600	26 600	25 000	31 000
Rb	6	7	<5	<5	50	14	<8
Sr	47	97	5	4	14	10	2
Mo	6	95	6	5	5	5	3
Cd	68	112	72	20	22	13	43
Sb	6 950	7 180	23 980	14 540	13 000	10 900	19 970
Sn	580	935	170	70	80	310	1 130
Ba	380	250	130	145	290	135	44
Hg	0,6	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Pb	510	3500	240	150	115	80	270

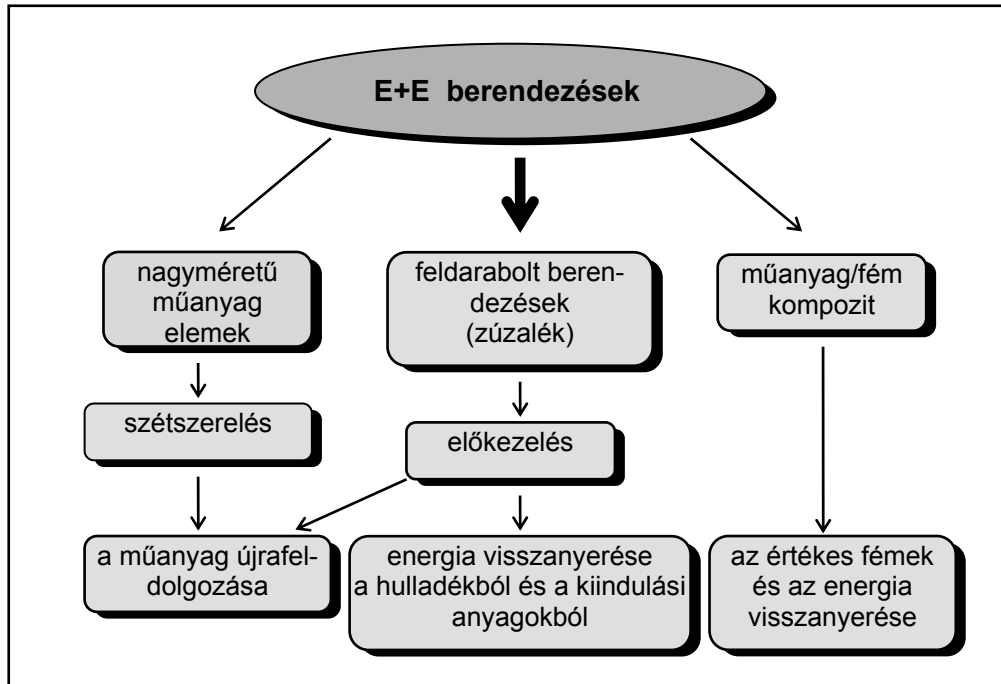
Zúzott személyi számítógépek házáinak nyomelemtartalma
(mg/kg egységben).

Nyomelem (fém)	1. minta	2. minta
Cd	99	24
Tl	<1	<1
Hg	9,5	0,9
Sb	120	63
As	2	<1
Pb	250	280
Cr	41	13
Co	1	1
Cu	200	340
Mn	94	94
Ni	250	58
V	<2	<2
Sn	630	5400
Zn	1800	1500

A direktíva által megszabott hasznosítási lehetőségek

A műanyag hulladékot a WEEE direktíva hatáskörébe tartozó anyagokkal együtt vagy egy átfogó hulladék- és nyersanyag-gazdálkodás keretében kell hasznosítani. A hasznosítás módját a meglehetősen szigorú újrahasznosítási hányadok határozzák meg. Sok tanulmány foglalkozik a környezeti hatások kérdésével, de az ennek során feltételezett paramétereken és határfeltételeken még a szakemberek is sokat vitatkoznak. Az ár/használati érték viszony megállapítását célzó tanulmányok szélesebb körben próbálják meg figyelembe venni a társadalmi szintű költségeket és előnyöket. A 2. ábra gyakorlatias megközelítésben mutatja a lehetséges hasznosítási módokat. A 2006-tól érvénybe lépő WEEE direktíva előírásainak teljesítésére három út áll rendelkezésre:

- a nagyobb műanyag alkatrészek anyagában történő hasznosítása,
- a műanyagot is tartalmazó zúzalékfrakció nyersanyagként való hasznosítása, ill. energiatartalmának hasznosítása,
- a társított fém/műanyag rendszerekből az értékes fémtartalom kinyerése.

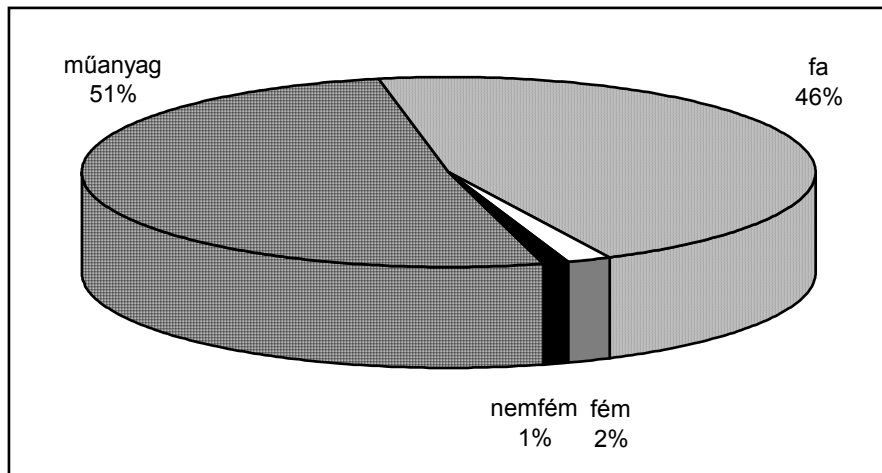


2. ábra Elektromos és elektronikus berendezések hulladékának hasznosítási lehetőségei

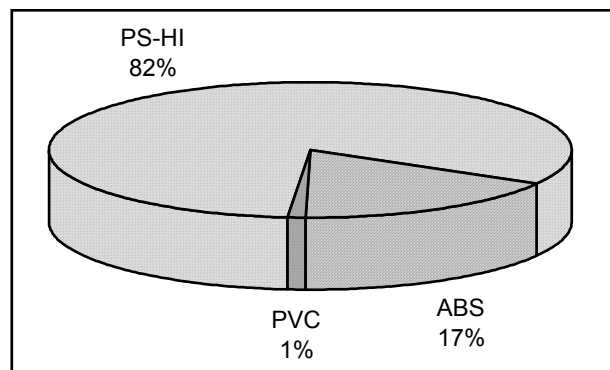
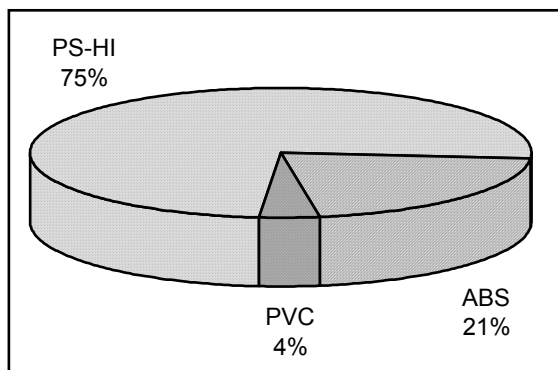
A műanyagokra és üvegre előírt mai visszanyerési hányadok kisebb berendezésekből és tv-készülékekből csak nagy erőfeszítéssel és drágán teljesíthetők.

Tv-készülékek újrahasznosítása

Nyugat-Európában egy tv-készüléket általában 10–15 évig használnak. A WEEE direktíva a tv-készülékekre meglehetősen magas újrahasznosítást ír elő (az üvegtartalomra 65%-ot), és a házakban levő műanyagoknak szinte teljes mennyiségét hasznosítani kellene. A mai hulladéknak még mintegy 50%-a fa. Mivel még mindig sok a fából készített tv-ház, elég kockázatos 2006 és 2015 között kötelező műanyag-újrahasznosítási hányadot előírni. Az azonban biztos, hogy a későbbiekben szétszedett tv-készülékek között egyre több olyan lesz, amelynek háza ütésálló polisztirolból, ABS-ből vagy PC/ABS ötvözetből készült, ezért (legalábbis amíg a mostani képcsőtechnológia fennmarad) fel kell készülni a használt tv-készülékekből származó műanyag hulladék hasznosítására. Egy 200 készülék bontásával végzett vizsgálat szerint meglehetősen homogén anyagokhoz lehet jutni a tv-készülékek hasznosításával (3. és 4. ábra).



3. ábra 200 tv-készülék házának átlagos összetétele



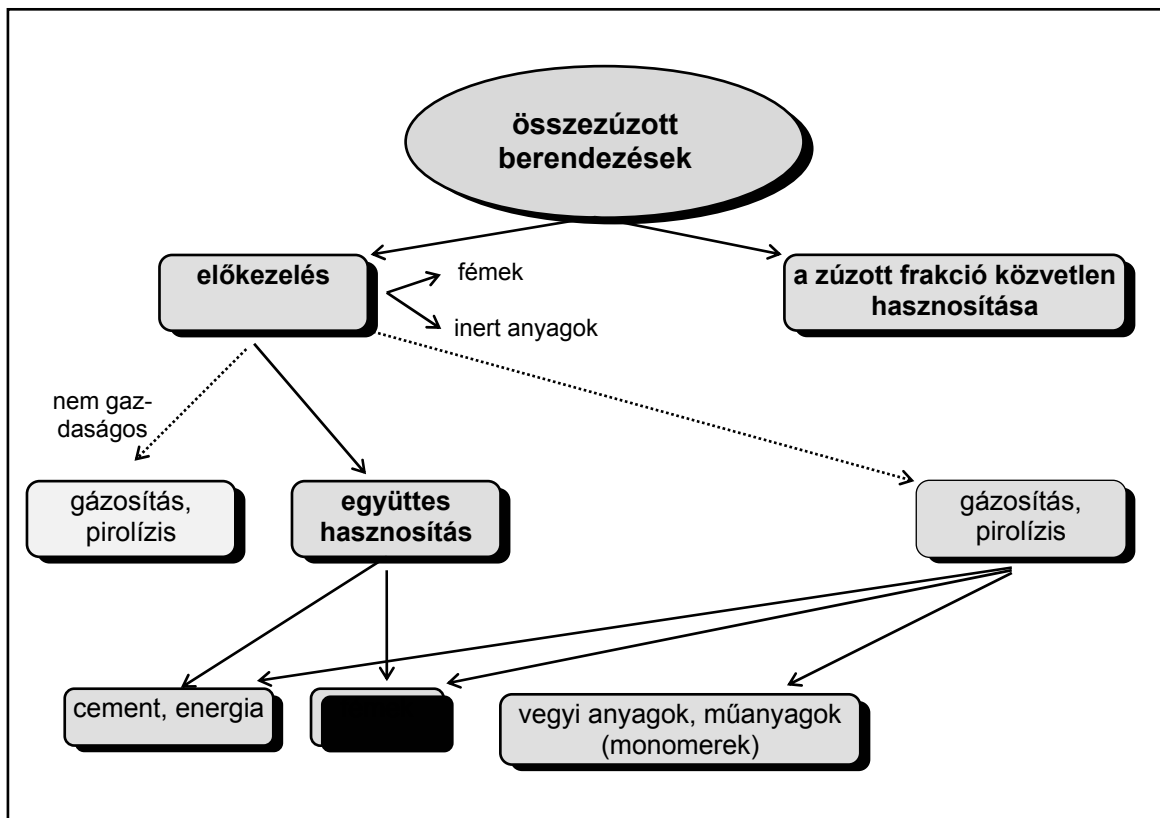
4. ábra Tv-készülékek házának elülső (bal oldali kép) és hátulsó (jobb oldali képek) részének műanyagtartalma

Kisebb gépek anyagainak hasznosítása

A kisebb háztartási gépeket másképpen kell megközelíteni, mert ezek anyagai (az esetleges elemeket és akkumulátorokat leszámítva) nem jelentenek veszélyt a környezetre. Többségük nem tartalmaz nagy mennyiségben értékes anyagot (pl. műanyagot vagy fémet), ezért környezeti szempontból kielégítő a bezúzás, és utólag a vas- és a színesfémek elkülönítése. A környezeti hatás, a logisztika és a feldolgozhatóság szempontjából a kis és közepes berendezéseket egy kategóriába érdemes sorolni.

A nagyobb háztartási gépek (fehéráru) anyagainak hasznosítása

A nagyobb háztartási gépek (mosógépek, szárítók, mosogatógépek) hulladéka sok fémet, műanyagot és üveget tartalmaz. Az ilyen berendezések zúzásához erősebb gépekre van szükség. A zúzalék összetétele emlékeztet más nagy berendezésekre, és azzal egyesíthető a nyersanyagként való újrahasznosítás során. Ez alól csak a hűtőgépek és a mélyhűtők jelentenek kivételt, amelyek ózonkárosító anyagait egy külön EU rendelkezés értelmében ki kell nyerni vagy meg kell semmisíteni.



5. ábra Autóipari és villamos + elektronikai iparból származó zúzalék hasznosítási lehetőségei. (Kérdés, hogy az anyagában történő hasznosítás vagy az energiavisszanyerés a fontosabb cél?)

A műanyagok újrahasznosítási lehetőségei

Az autóipari és a E+E iparból származó zúzalék hasznosítási lehetőségeit az 5. ábra vázolja. A konkrét út megválasztásához a következő tényezőket célszerű figyelembe venni:

- zavarmentes üzemeltetés,
- a termékre gyakorolt hatás,
- melléktermékek és/vagy visszamaradó, deponálásra váró hulladékok mennyisége.

Komoly szerepe van annak, hogy az adott hasznosítási technológia a direktíva szerint melyik kategóriába tartozik (hasznosítás, energia-visszanyerés, eltávolítás). Sok esetben egy bonyolult összetételű zúzalékfrakció hasznosítása több partner együttműködését igényli, amelynek során lerakandó hulladék és hasznos termék (pl. cement) is képződik, de figyelni kell a károsanyag-kibocsátásra is (pl. nehézfém-határértékek).

Az újrahasznosított anyagok piaca

2000-ben Nyugat-Európában az elektronika és az elektromos ipar (a kábelipart nem számítva) mintegy 1,48 M t műanyagot használt fel. Ha a 4,4 M t-ás E+E hulladék műanyagtartalmát 1,7%-ra becsülik, akkor a WEEE előírás hatálya alá eső műanyag hulladék mennyiségét 780 E t-ra lehet becsülni. Ma még nem lehet tudni, hogy ebből mennyi lesz az anyagában, ill. a nyersanyagként való hasznosítás, és mennyi az energetikai hasznosítás. A csomagolásban használt műanyagok hulladékának „második élete” biztosítottnak látszik. A visszaforgatott anyagok korlátozott felhasználási lehetőségei mindenképpen gátat jelentenek az újrahasznosítás számára. A nyersanyagként történő hasznosításkor a már működő gyártóberendezések költségeit kell összevetni az építendő berendezésekével. A zúzalék hasznosítására alkalmas nagyipari berendezéseket csak akkor fogják megépíteni, ha remény van a beruházás megtérülésére, és bizonyos haszonra is. A nyersanyagként történő hasznosítás kockázata minimális, de ilyen berendezések csak 2006-2008 között készülnek el – addig a meglévőkkel kell dolgozni. Egy tanulmány szerint az elhasználandó autókból származó zúzalék mennyisége 1,8 M t volt. A zúzalékfeldolgozás utáni maradék mintegy 50%-a autókból, 15–20%-a fehér-áruból származik.

Az elgázosításhoz és a pirolízishez használt technológiák elég fejlettek, és ezek segítségével a zúzalékból pl. szintézisgázt (CO/H₂) lehet előállítani a vegyipar számára. Ezt fel lehet használni a műanyaggyártásban vagy a metallurgiában. Az ilyen speciális berendezések azonban meglehetősen drágák. Az energetikai hasznosítás lehetőségeit még nem aknázták ki kellőképpen, mert egyrészt az emissziós normák nagyon szigorúak, másrészt egyelőre még olcsóbb a deponálás.

A WEEE rendelet bevezetésének nehézségei

A WEEE direktíva előkészítése rendben folyik, de bevezetése bizonyos tagállamokban komoly nehézségekbe fog ütközni. Ma még az E+E hulladék

96%-át lerakókban helyezik el, de ezt a törvény meg fogja tiltani. A műanyag alkatrészeket gyártók számára a legnehezebb kérdés az lesz, hogy hogyan tudják leghatékonyabban és leggazdaságosabban hasznosítani lejárt termékeiket. Németországban és Hollandiában erőteljesen készülnek a direktíva bevezetésére, de pl. az Egyesült Királyságban még nagyon keveset tettek ennek érdekében. Az Európai Műanyaggyártók Szövetsége ugyancsak megkezdte a rendelkezésre álló technológiák értékelését. A WEEE direktíva hasonló nehézségeket fog okozni, mint a használt autókra bevezetett korábbi szabályozás. A nagyobb, homogén műanyag alkatrészeknél (pl. készülékházak) megoldást jelent a szétszerelés és a mechanikai aprítás, de a kevert műanyagot tartalmazó hulladék esetében ez nem járható út, itt a vegyi nyersanyagokká való átalakítás lehet a követendő cél. A brómtartalmú égésgátló anyagok azonosítása és elkülönített kezelése külön logisztikai nehézséget jelent az újrafeldolgozók számára. Vannak ugyan bizonyos technológiák (pl. a közeli infravörös spektroszkópia), amelyek alkalmasak a fő műanyag komponensek és bizonyos adalékok azonosítására, ezek többsége azonban még inkább csak laboratóriumi módszer. Mivel a brómtartalmú égésgátlókat gyakran alkalmaznak kisebb alkatrészekben (pl. nyomtatott áramkörökben vagy kábelekben), elkülönítésük a hulladékáram többségétől nem mindig megoldható. Ha kötelezővé teszik a brómtartalmú hulladék elkülönítését, az nagyon megdrágíthatja az eljárást. Németországban és Hollandiában tanulmányozzák a brómtartalmú égésgátlót is tartalmazó műanyagok pirolitikus feldolgozásának vagy elégetésének lehetőségeit is. Az Egyesült Királyságban azt szeretnék elérni, hogy az E+E berendezések tervezői és gyártói azzal járuljanak hozzá a WEEE direktíva megvalósításához, hogy már a tervezés és gyártás során figyelembe veszik annak előírásait. Minél kevesebb fajta műanyagot kell használni a konstrukciókban, vagy olyanokat, amelyek egymással keveredve is használható ötvözetet alkotnak (pl. PC + ABS). A rögzítő elemeket is lehetőleg ugyanabból az anyagból kell előállítani, mint a rögzített alkatrészeket, mert ez is megkönnyíti az újrahasznosítást. Európában is minél hamarabb be kell vezetni egy olyan jelölési rendszert, mint Japánban, amely segíti és tájékoztatja az újrahasznosító cégeket a berendezésekben használt anyagok összetételéről.

(Bánhegyiné Dr. Tóth Ágnes)

Mark, F. E.: Verwerten von Altkunststoffen aus E+E. = Kunststoffe, 92. k. 9. sz. 2002. p. 22–27.

Sall, K.: Electrical storm. = European Plastics News, 30. k. 1. sz. 2003. jan./febr. p. 19.