

A PET palackok visszagyűjtése, anyaguk visszaforgatása az EU néhány országában

Az EU-ban a csomagolási hulladék visszaforgatására kötelező kvótát írnak elő. Ez a legkönnyebben a kiürült PET palackok begyűjtésével és anyaguk másodnyersanyaggá alakításával érhető el. A tagállamokban ezért használt palackokat gyűjtő hálózatokat szerveztek. A PET hulladékok újrafeldolgozására most egy újabb eljárást kínálnak, amely a kifejlesztők szerint gyorsabb, energiatakarékosabb és általa jobb tulajdonságú regranulátumot lehet előállítani.

Tárgyszavak: műanyag hulladék; csomagolás; PET palack; újrahasznosítás; gyűjtőrendszerek; EU országok; reciklálás; technológia.

Gyűjtőrendszerek az EU-ban

A kiürült PET palackok gyűjtését és anyaguk újrahasznosítását korábban kezdték meg, mint a többi műanyag csomagolóeszközét. Ennek oka, hogy ezek könnyen begyűjthetők és szétválogathatók. A következőkben a Németországban, Franciaországban, Olaszországban, Lengyelországban és Csehországban bevezetett eljárásokat mutatjuk be.

Az EU-ban 1991-ben hozták meg azt a csomagolásokra vonatkozó törvényt, amelyben először mondták ki, hogy a gyártó felelős a termékeiért annak elhasználódása után is. Azaz a gyártó köteles az elhasználódott terméket visszavenni és anyagának újrahasznosításáról gondoskodni. Ezt követték a 94/62/EG, majd a 2008/98/EG irányelvek, amelyekben a csomagolóanyagok hulladékáról is rendelkeztek. Az utóbbiban előírták, hogy 2008. végéig meg kell oldani a műanyag csomagolások 22,5%-ának újrahasznosítását. Ennek nyomán építették ki Németországban a Der Grüne Punkt elnevezésű gyűjtőrendszert, amely a háztartásokat arra kötelezte, hogy a műanyag csomagolóanyagokat az erre a célra kiosztott „sárga zsákban” elkülönítsék a háztartási hulladéktól.

Egyes országokban hamar felismerték, hogy a követelményt üreges testek – PET és PE-HD palackok – visszagyűjtésével és anyaguk visszaforgatásával könnyebben tudják elérni, mint ha (Németországhoz hasonlóan) az összes műanyag hulladékot gyűjtenék. Emiatt az 1990-es évek közepén pl. Franciaországban több PET-palackot gyűjtöttek vissza, mint Németországban. Ez csak akkor változott meg, amikor a Coca Cola az 1990-es évek végén PET-palackban kezdte forgalmazni italait, és ezekre Né-

metországban betétdíjat vetettek ki. Korábban a PET palackokat a sárga zsákokból kellett kiválogatni.

Az 1990-es évek végétől kezdve alakították ki az EU egyes országaiban a gyűjtőrendszereket és ezek finanszírozási rendszereit. Az egyes országokban eltérő megoldásokat alkalmaznak, de *valamennyi országban a PET palackok visszagyűjtése a fő cél.*

Németország

Az 1970-es és 1980-as években korlátozni próbálták a csomagolási hulladék képződését, mert ez tette ki a lerakókban elhelyezett háztartási hulladék 50%-át. A PET palackban forgalmazott Coca Cola tovább növelte ezt a hányadot. A csomagolóanyagokra vonatkozó 1991-es törvény szerint a forgalmazóknak, kereskedőknek, importőröknek vissza kellett volna venniük és hasznosítaniuk kellett volna az elhasznált csomagolóanyagokat, amivel nehezen birkóztak volna meg. Ezért 1990-ben megalapították a *Duales System Deutschland GmbH*-t, és erre a nonprofit szervezetre hárították át ezeket a kötelezettségeket. Liberalizációs követelések hatására a vállalat monopolhelyezete megszűnt, illetve 2005-ben feladatait a Deutsche Umwelt Investment AG (DUL) vette át, amely a nyereségorientált amerikai Investors Kohlberg Kravis Roberts & CO. leányvállalata volt. 2010 óta a Solidus Partners ennek a vállalatnak a tulajdonosa, és *jelenleg az országban tíz jóváhagyott Duális Rendszer működik.* A rendszerek tevékenységének (begyűjtés, válogatás, hasznosítás) költségeit a forgalmazók, kereskedők, importálók stb. licencdíjak befizetésével fedezik. A begyűjtőrendszer azért kapta a „Duális Rendszer” elnevezést, mert a települések háztartási hulladékának meglévő gyűjtőrendszere mellett egy újabb rendszert jelentett. Ezáltal megnyitotta az utat a németországi hulladékgazdálkodás privatizációja előtt.

A csomagolási törvény azt is előírta, hogy a többször felhasználható (többutas) palackok részaránya érje el a 72%-ot. Hogy ezt elérjék, az egyutas palackokért betétdíjat számoltak fel. Az utóbbiak részaránya ennek ellenére nőtt, ezért 2003 októberében valamennyi italt tartalmazó palackra kötelező betétdíjat vezettek be. Ennek eredményeképpen a PET palackok többsége kikerült a sárga zsákból, ahonnan azokat korábban ki kellett válogatni. Ez nemcsak többletmunkát jelentett, hanem azt is, hogy az italos palackok mellett más, élelmiszereket (kechup, majonéz) vagy háztartási vegyszereket tartalmazó, nemkívánatos flakonok is bekerültek a PET anyagáramába. A kötelező betétdíj bevezetése óta Németországban a PET csomagolóeszközök két anyagáramot alkotnak: az egyiket a betétdíjért visszaváltott egy- és többutas palackok, a másikat a szelektív hulladékgyűjtés sárga zsákjaiba dobott, PET-ből készült bármilyen csomagolóeszközök. Az utóbbi hulladékot legtöbbször automatikusan választják szét, ezért a PET frakcióba nemcsak palackok, hanem idegen anyaggal szennyezett tálcák, hőformázott csomagolóeszközök, buboréksomagoások stb. is bekerülnek, amelyek szennyeznek és megnehezítik az italos palackok anyagának feldolgozását.

A gazdaság és a nyersanyagok körforgására elkötelezett németországi társaság (DKR, Deutsche Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft und Rohstoffe mbH) már koráb-

ban kidolgozta a szétválasztott hulladékfrakciók specifikációját. Ennek megfelelően elkészítette a PET csomagolások ma használt specifikációját is.

Franciaország

Franciaországban a háztartásokból kikerülő csomagolási hulladékok kezelése 1993-óta az állam által támogatott *Eco-Emballages* rendszer feladata. A teljes országot lefedő rendszer kiépítése 10 évig tartott. 2002-óta a teljes országra kiterjedve biztosítják a hálózat működését. A szervezet az egyes területeken működő mintegy 36800 testülettel (települési önkormányzatokkal, községi eljáróságokkal, hulladékgyűjtő társulatokkal stb.) kötött szerződést arra, hogy összegyűjtik és a megállapodás szerinti specifikációnak megfelelően szétválogatják a területükön képződő csomagolási hulladékot. Ehhez alkalmas szortírozóberendezéseket kapnak. Munkájuk ellentétéleként a szervezettől anyagi támogatásban részesülnek.

A területi testületek ezt a munkát elvégezhetik saját szervezésükben, de kiadhatják magánvállalkozónak is, ha az elfogadja a testület által kialakított rendszert, pl. hogy neki kell a hulladékért mennie, hozzá kell a hulladékot hozni, vagy mindkét eset előfordulhat. A szortírozóberendezés működtetését célszerű magánvállalkozóra bízni.

A műanyag csomagolási hulladékot eredetileg három anyagáramba: PVC, PE-HD és PET frakcióra különítették el. Mivel a PVC termékeket a 90-es években a PET-ből gyártottak csaknem teljesen kiszorították, a PVC gyűjtését abbahagyták, majd a PET-et két anyagáramba: átlátszó (színtelen és világoskék), illetve színes frakcióra osztották. A „színes” frakció többségében zöld, emellett kék, piros, barna vagy átlátszatlan palackokat tartalmaz.

Franciaországban 2012-ben 235 ezer tonna PE-HD, PP és PET palackhulladékot gyűjtöttek be, a teljes forgalom 54%-át. Ennek 71%-a PET, 5%-a PP, 24%-a PE-HD volt. A PET palackok 80%-a színtelen vagy világoskék. Többutas italos palackokat Franciaországban nem alkalmaznak.

A begyűjtött PET palackok túlnyomó hányadába ásványvizet, CO₂-t tartalmazó üdítőitalt, illetve gyümölcslevet töltöttek. Más célokra, például élelmiszerekre, továbbá háztartási vegyszerek forgalmazására kevés PET csomagolóeszközt alkalmaznak, ezek aránya viszont gyorsan nő.

A Franciaországban is végbement liberalizálás óta az önkormányzatoknak csomagolási hulladékuk leadására három lehetősége van:

- garanciális szerződést kötnek a Valorplast AS-sel a hulladék átvételére. A szerződés futamideje 3 év, hathónapos felmondási idővel,
- az átvevő lehet egy hulladékeltávolító vagy egy hulladékhasznosító egyesülés tagja, amely ugyancsak garanciális szerződést kínálhat. Ha a szerződött tag kiesik, a helyébe más lép,
- a területi testület maga is eladhatja a hulladékot.

Korábban csak a Valorplast SA keretei között lehetett vállalkozni a közvetlen értékesítésre. Időközben ez a cég elkészítette a PET palackok hulladékának specifikációját, amelynek betartása a közvetlen eladás feltétele.

Az Eco-Emballages illetősége jelenleg csak a háztartásokból származó csomagolási hulladékok hasznosítására terjed ki. A németországi gyakorlattal szemben ez az illetőség merevebb, és a „házon kívül” megjelenő hulladék sorsát a törvényhozó nem szabályozta, megoldása a közigazgatásra hárul. Az Eco-Emballages önkormányzatoknak nyújtott támogatásának nagyságát a felek megállapodása tartalmazza, amelyet három évenként felülvizsgálják és ezt a francia környezetvédelmi minisztérium hagyja jóvá.

Olaszország

Az EU csomagolóanyagokra vonatkozó 94/62 jelzésű irányelveit Olaszországban 1997 februárjában Decreto Ronchi (22. dekrétum) néven emelték be a nemzeti törvények közé. A jogszabályt végrehajtási utasításokkal egészítették ki.

A hulladékok visszaforgatásának és újrahasznosításának koordinálása céljából konzorciumot létesítettek (*Conai, Consorzio Nazionale Imballagi*), amely a begyűjtésért és a hulladék hasznosításáért felelős nonprofit szervezeteket alapított. A vállalatok és forgalmazók a Conainak licencdíjat fizetnek. Ennek fejében a konzorcium szavatolja a hulladék elszállítását, és a nonprofit szolgáltatókkal is a konzorcium számol el.

A csomagolási hulladékokat kezelő rendszeren belül a műanyagokkal a *Corepla (Consortio per la raccolta, il riciclaggio e il recupero degli imballaggi in plastica)* szervezet foglalkozik. A Coreplának 2012-ben már 2685 tagja volt, amelyek műanyagot vagy műanyag csomagolóeszközt állítanak elő, műanyag csomagolóeszközöket használnak vagy ilyeneket hasznosítanak. A Corepla átveszi a szortírozóberendezésekkel elkülönített PET palackokat, és árverés keretében felkínálja azokat a regisztrált újrahasznosítóknak. A Conai már említett licencdíjaiból a Corepla is részesül, de ennek egy részét átadja a hulladékot összegyűjtő közösségeknek és a válogatóközpontoknak. A hozzá kerülő palackok elárverezéséből befolyt pénz viszont hozzájárul a szervezet működési költségeihez.

Az összegyűjtött műanyag csomagolási hulladék mintegy 30%-a PET palack. Az árverésre kerülő PET palackok megfelelnek a Corela által meghatározott specifikációnak. A hulladékot összegyűjtő közösségek maguk választhatják meg, hogy a válogatóba maguk juttatják azt el, vagy elszállítását igénylik.

Lengyelország

Az EU csomagolóanyagokra vonatkozó irányelvei Lengyelországban 2002. január 1-én léptek hatályba. A szabályozás részint azonos a számos más európai országban alkalmazottal, de számos esetben eltér azoktól. A lengyel jogalkotók célja egy lehetőleg olcsó megoldás megteremtése volt. Ezért többféle rendszer alkalmazását engedélyezték. A pontos törvényi szabályozás hiánya miatt viszont a lengyel rendszer gyenge hatékonysággal működött.

2012-ben hozták meg a törvényt „A települések tisztaságáról és rendjéről”. A 2013. július 1-től kötelező szabályok szerint a háztartásokból kikerülő hulladékok tu-

lajdonosai az önkormányzatok, és a lengyel polgárok kötelesek a hulladékokat szétválogatni. Az önkormányzatok magánvállalatokat bízhatnak meg a hulladékok összegyűjtésével és szétválogatásával, közöttük a PET hulladékok elkülönítésével.

A begyűjtés módjáról az önkormányzatok döntenek. A begyűjtésre kvótákat határoztak meg, a kvótákat az önkormányzatok kötelesek betartani. A szétválogatott hulladékokat hasznosító vállalatoknak adják el. A hulladékfrakciók specifikációját kétoldalúan rögzítik. Az értékesítés során kapott összegeken túlmenően az önkormányzatok költségeik fedezésére az *Ökofonds* elnevezésű alapból is kaphatnak támogatást.

A csomagolóeszközök belföldi forgalmazói a hulladékok visszaforgatása terén együttműködhetnek valamelyik visszavásárlási rendszerrel, pl. például a *Recopolt*-tal vagy a *Polski System Recyklingu*-val. Ezek a szervezetek kötelesek a hulladékot a partnereik számára előirányzott kvóták mértékéig, a műanyagok esetében 23,5%-ig átvenni. A forgalmazók saját tevékenységük körében maguk is megszervezhetik az újrahasznosítást.

Csehország

A Cseh Köztársaságban az EU csomagolóanyagokra vonatkozó előírásait saját jogrendjükben *477/2001 jelzéssel* ratifikálták. Ebben, az országban a csomagolóanyagok és -eszközök gyártóinak és felhasználóinak kezdeményezésére már 1997-ben megalapították az *Eko-Kom* nevű szervezetet, hogy kiépítsen egy hálózatot az iparban és a háztartásokban képződő csomagolási hulladék begyűjtésére és hasznosítására. Az elfogadott EU irányelvek törvényi alapot adtak a szervezet munkájának.

Csehországban a háztartásokból kikerülő csomagolási hulladékok összegyűjtése és hasznosítása az önkormányzatok feladata, az ipari hulladékokkal kapcsolatos feladatokat pedig az *Eco-Kom*mal partneri viszonyban álló magánvállalatok végzik. Az önkormányzatok hulladékkezelő tevékenységét az *Eko-Kom* finanszírozza, ezek választhatnak a hulladékot helybe vivő vagy elszállítást igénylő rendszer között.

Az összegyűjtött hulladékot magánvállalatok válogatják szét, a frakciókat is ezek adják el. Az elkülönített PET palackokra vonatkozó általános specifikáció nincs, ebben az eladó és az átvevő kétoldalú megállapodása érvényesül.

Az egyes országokban lévő különbségek hatásai

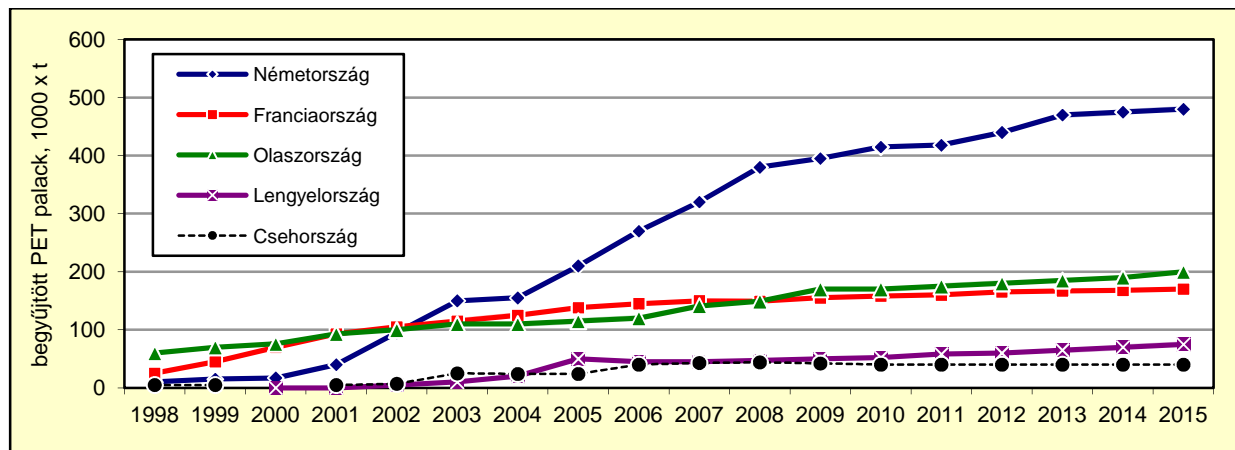
A vizsgált országokban a hulladékok kezelésének eltérő rendszerei miatt a PET palack hulladékok gyűjtésének mennyiségi és minőségi jellemzői is különböznek.

Németországban az 1990-es évek végén jelentősen megnőtt a kiürült PET palackok száma, és akkor kezdődött meg kiválogatásuk a hulladékáramból. Franciaországban és Olaszországban jóval több használt PET palackot gyűjtöttek be ebben az időszakban, mint Németországban (*1. ábra*). Miután az utóbbiban a 21. század első éveiben ugrásszerűen megnőtt a PET palackban forgalmazott italok mennyisége, majd 2003-ban elsőként bevezették a PET palackokra a betétdíjat, a németek begyűjtése megelőzte a franciákét és az olaszokét, ahol a PET felfutása lassúbb volt. Még mar-

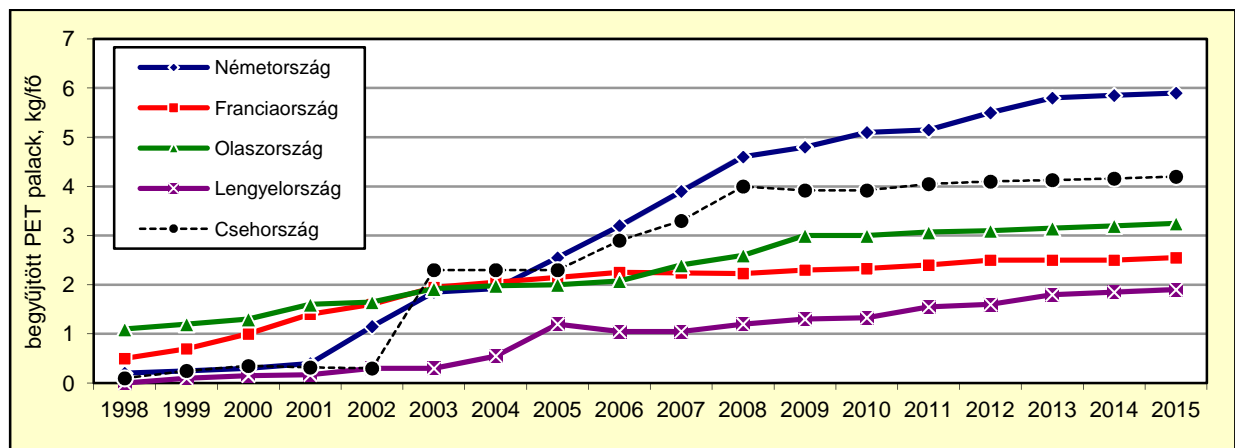
kánsabban látszik a betétdíjak bevezetésének eredménye, ha a visszagyűjtött palackok egy főre jutó tömegét hasonlítják össze az évek függvényében (2. ábra).

A begyűjtés sikerét érdemes az újrahasznosított palackok tömegének a forgalomba hozott palackok tömegéhez viszonyított arányában értékelni (1. táblázat).

Érdekes megfigyelés, hogy az olaszok majdnem annyi PET palackban forgalmazott italt fogyasztanak, mint a németek, bár jóval kevesebben vannak. Emiatt az egy főre jutó összes palack mennyisége jóval meghaladja a németekét. A további sorrend: Németország, Lengyelország, Franciaország, Csehország.



1. ábra Az EU öt országában évente begyűjtött PET palackok tömege 1998–2015 között



2. ábra Az EU öt országában évente begyűjtött PET palackok egy főre eső tömege 1998–2015 között

A palackok visszagyűjtésében a németek megközelítik a 100%-ot. Feltehető, hogy ez az eredmény a betétdíjnak köszönhető. A francia rendszer hatásosabb, mint az olasz, ami alighanem az előbbi ország területének jobb lefedettségével magyarázható. Lengyelország gyen-

gébb hatásfokát a hazai törvényhozók is észlelték, és a begyűjtés szigorításával próbálják a hulladék hasznosítását növelni. Csehországban a csomagolási hulladék gyűjtése csak a közelmúltban indult meg, ehhez képest viszonylag magas arányt értek el. Az egyes országokban visszaforgatott PET-nek nemcsak a mennyiségében, hanem a minőségében is vannak eltérések. Míg Németországban, Franciaországban és Olaszországban a PET palackokat meghatározott minőségi követelmények, „specifikáció” szerint kell elkülöníteni, Lengyelországban és Csehországban ez a specifikáció az átadó és az átvevő megállapodásának függvénye.

Németországban ugyan csak a Duális Rendszerből származó palackokra van érvényes specifikáció, a betétdíj révén visszakerülőkre nincs ilyen. Az utóbbiakat bálákban vagy nagy zsákokban ömlesztve kínálják eladásra, és a minőségi követelményeket a vásárló szabhatja meg. Az ilyen hulladékba gyakran kerülnek oda nem való anyagok vagy csomagolóeszközök. A hulladék feldolgozásakor elsősorban az $>1 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű szennyeződések okoznak gondot (ilyen az üveg, a kő, a fém) vagy az idegen polimerek, a PE, a PP.

1. táblázat

A PET palackok újrahasznosításának néhány 2013-as jellemzője a vizsgált öt országban

Jellemző	Egység	Németo.	Franciao.	Olaszo.	Lengyelo.	Cseho.
Összes PET	ezer t	496,8	300,6	449,0	212,0	57,0
Begyűjtött PET	ezer t	466,0	168,3	190,0	68,0	39,8
Összes PET	kg/fő	6,18	4,60	7,56	5,50	1,48
Begyűjtött PET	kg/fő	5,80	2,58	3,20	1,76	1,03
Begyűjtött/összes	%	94	56	42	32	70
Szennyeződés ^{1/}						
PVC	ppm	16,4	313,8	387,1	198,0	592,7
PA	ppm	32,1	4,1	6,5	1,5	19,9
Egyéb ^{2/}	ppm	29,4	136,2	542,4	192,1	122,9

^{1/} Szennyeződés a visszanyert PET pehelyben (reciklátumban); ^{2/} PS, PMMA, PLA, gumi, fa stb.

A PET palackok visszaforgatását elemzők azt is vizsgálták, hogy milyen mennyiségű és minőségű szennyeződést tartalmaz az egyes országokban a PET palackokból visszanyert és újrafeldolgozásra kínált másodnyersanyag, a PET pehely. Az 1. táblázatból látható, hogy PVC-ből a legkevesebb a németországi reciklátumban van. Ez annak köszönhető, hogy a betérendszer csak az italt tartalmazó palackokra terjed ki, ezért háztartási vegyszereket, pl. tisztítószereket tartalmazó PVC flakonok nem kerülnek be ebbe az anyagáramba. Ugyanez az oka annak is, hogy Németországban mutatnak ki legkevesebb „egyéb” szennyeződést. A német reciklátumban volt viszont a legtöbb poliamid. Ez valószínűleg abból adódik, hogy a visszaváltó automaták gyűjtőzsákjait poliamidból készített kábelkötözővel zárják le, és mivel ennek is 1 g/cm^3 -nél

nagyobb a sűrűsége, a sűrűség alapján végzett szétválasztáskor a PET frakcióba kerül. A PA másik forrása a többrétegű PET palackok falának középső zárórétegeként beépített poliamid lehet.

Európa

Összefoglalásként megállapítható, hogy a németországi betétes rendszerrel más rendszereknél nagyobb arányban és jobb minőségben tudják az elhasznált PET palackokat összegyűjteni és anyagukat visszaforgatni, függetlenül attól, hogy ezt a tevékenységet közösségi szervezetek vagy magánvállalatok végzik.

2013-ban az Európai Unióban, hozzáértve Svájcot és Norvégiát, összesen 1 640 500 t kiürült PET palackot gyűjtöttek be. Ebből az érintett országokból 158 500 t-t exportáltak és 100 500 t-t importáltak, az anyagában újrafeldolgozható PET-ből tehát 1 582 500 t állt rendelkezésre. A vizsgált országokban összesen 92 azonosított hulladékhasznosító cég összesített névleges kapacitása 2013-ban 1 908 000 t volt és 2014-re ezt 1 963 800 t-ra növelték. Ez azt jelenti, hogy 2013-ban 325 500 t kapacitás, a teljes kapacitás 17%-a nem volt kihasználva.

Európának tehát további erőfeszítéseket kell tennie, hogy fokozza a palackok visszagyűjtését a már meglévő kapacitások jobb kihasználására, amelyek a jövőben még bővülni is fognak.

Új eljárás a PET visszaforgatására

A PET-et a többi poliészterhez hasonlóan nem polimerizációval, hanem egy speciális kémiai eljárással, polikondenzációval állítják elő. A feldolgozás és a felhasználás során a PET-ben molekulatördelődés lép fel, ezért a hulladék visszaforgatásakor polikondenzációs eljárással (észteresítéssel) ismét megnövelik a molekulaláncok hosszát, ezáltal növelik a PET molekulatömegét, amelyet a belső viszkozitással – angol nevén intrinsic viscosity, röviden IV – jellemeznek. Az így kezelt hulladékból kapott reciklátum tulajdonságai visszanyerik, esetleg felül is múlják az eredeti granulátum tulajdonságait.

A jelenlegi eljárásban (SSP, solid state polycondensation) a kristályos PET granulátumot szilárd állapotban nitrogén védőgázt tartalmazó reaktorban vákuum alatt több óra hosszat 200–240 °C-on hőkezelik. A vákuum és a nitrogéngázzal végzett átöblítés a granulátumban lévő szennyeződést is eltávolítja, ezért a reciklált PET (rPET) élelmiszeripari felhasználásra is alkalmassá válik. Ennek az eljárásnak a hátránya, hogy a szilárd fázisú polikondenzáció nagyon lassú, a PET IV értéke óránként legfeljebb 0,01–0,02 dl/g-mal növekszik.

Egy ausztriai cég, a Next Generation Recyclingmaschinen GmbH, NGR (Feldkirchen) kifejlesztette a PET hulladék ömledékállapotú polikondenzációját (LSP, liquid state polycondensation). Az ömledékben a molekulák mozgékonyasága, ennek következtében a reakcióképességük sokkal nagyobb, mint szilárd fázisban. Az LSP eljárásban az ömledék kis méretű, vákuum alatt tartott speciális reaktoron áramlik át, amelyben az ömledék térfogata és felülete optimális arányban van, ami nagyon fel-

gyorsítja a polikondenzációt. Az ömledék IV értéke általában néhány perc alatt 0,01 dl/g-mal növekszik.

A térfogathoz viszonyított nagy felület és a nagy reakciósebesség a szennyeződés eltávolítását is felgyorsítja, amit a Fraunhofer IVV (Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung) a Challenge-teszttel is bizonyított. Ebben a vizsgálatban a PET palackokat előre meghatározott vegyi anyagokkal szennyezik, majd átvezetik őket az ellenőrzendő technológiai folyamaton, utána pedig mérik a visszamaradó szennyezőanyag mennyiségét. Az LSP eljárásban a vegyi anyagok (toluol, klór-benzol, kloroform, metil-szalicilát, fenil-ciklohexán, benzofenon, metil-sztearát) 100%-ban vagy ahhoz közeli mértékben távoztak el a PET-ből, ami által jóval túlteljesítették az európai élelmiszerbiztonsági hatóság (EFSA, European Food Safety Authority) követelményeit. Az LSP eljárásban kapott reciklátumot a USA élelmiszer- és gyógyszerügyi hatósága (FDA, Food and Drug Administration) is élelmiszerekkel közvetlenül érintkező csomagolóeszközök céljára alkalmasnak ítélte.

Az LSP eljárást jelenleg egy 400 kg/h teljesítményű kísérleti reaktorban végzik, amely kevés helyet igényel, ezért a hulladék visszaforgatásához szükséges más berendezésekkel (daráló, extruder) együtt bárhol felállítható, és utólag is beilleszthető egy már meglévő újrahasznosító rendszerbe. A hulladék aprításától függően a reaktorban sokféle PET termék dolgozható fel. Ha az előkészítő műveleteket és a reaktort összehangolják, a felaprított PET megömlesztés után közvetlenül vezethető tovább az LPS eljárásba. Ez csökkenti a megőrölt anyag szennyeződésének lehetőségét és javítja a visszaforgatás energiamérlegét.

Egy ilyen hulladékhasznosító gépsor első eleme az aprítóberendezés, amelynek etetőrendszere és aprítási technológiája függ a feldolgozandó terméktől. Ez lehet vastag falú darab (pl. palack-előforma), fólia, lemez, szalag, granulátum stb. A felaprított PET egy extruderben ömlik meg, eközben áthalad az ömledékszűrőn. Az LSP reaktorba ömledékszivattyú hordja be a megolvadt műanyagot, ahol az a kívánt IV-növekedésnek megfelelő (percekben mért) ideig tartózkodik. A polikondenzált PET innen közvetlenül a termékgyártó gépbe táplálható vagy későbbi feldolgozáshoz granulálható.

Az NGR egyik kísérletében nyújtott és felvágatlan szálakat dolgoztak fel, amelyek nedvességtartalma 3950 ppm volt. Ezt az ipari hulladékot aprító-betápláló-extrudáló rendszerben megömlesztették. Az aprító lassú futású kései és a kis vágónyomás megkímélte a szálakat a pontszerű felmelegedéstől, amelyek az extruderben egyenletesen melegedtek fel, és a gáznemű anyagokat is leadták. Az ömledékszűrőn átjutott ömledék alkalmas volt ahhoz, hogy az LSP reaktorba szivattyúzzák. A reaktorban az ömledék folyamatos átkeverés mellett viszonylag nagy felületen oszlott el. A szálak eredeti IV értéke 0,62 dl/g volt, a kapott regranulátumé 0,70 dl/g. Az anyag a reaktorban néhány percig tartózkodott, a berendezés 350 kg/h teljesítménnyel dolgozott. A reaktor vákuum alatti terében eltűnt a szálakat eredetileg szennyező kb. 0,2% orsóolaj is. A több órás kísérletben bebizonyosodott az eljárás stabilitása: az IV érték ingadozása $\pm 0,01$ dl/g-nál jóval kisebb volt. Az előkészítő műveletek (az aprítástól az ömledék reaktorba szivattyúzásáig) fajlagos energiefelhasználása 0,28 kWh/kg, az

LSP reaktoré és a granulálóé 0,12 kW/h, az egész folyamaté összesen 0,40 kW/h, ami az eredeti szálak magas nedvességtartalmát és a berendezés kapacitásának nem teljes kihasználását tekintve jó eredménynek számít.

Összeállította: Pál Károlyné

Snell, H.; Nassour, A.; Nelles, M.: PET-Recycling in Europa = Kunststoffe, 105. k. 8. sz. 2015. p. 36–42.

Pichler, Th.; Brzezowsky, K. stb.: Molekülbeweglichkeit ausgenutzt = Kunststoffe, 104. k. 2. sz. 2014. p. 64–66.