

## DEGRADÁCIA NÁKUPNÝCH TAŠIEK Z PLASTOVÝCH OBALOV POUŽÍVANÝCH VO VYBRANÝCH OBCHODNÝCH REŤAZCOCH

Anita MITAŠOVÁ - Miroslav RUSKO

### DEGRADATION OF SHOPPING BAGS FROM PLASTIC PACKAGING USED IN SELECTED RETAIL CHAINS

#### ABSTRAKT

Plastový odpad predstavuje aj plastový obal, v ktorom je zabalený výrobok. Niekedy je tých obalov je aj viac ako je potrebné, nehovoriac o obaloch, ktoré slúžia iba na prepravu tovaru. Dnes je plastový odpad vážnym environmentálnym problémom. Biodegradovateľné plastové obalové materiály predstavujú novú generáciu obalových materiálov, ktorých hlavnou prednosťou je skutočnosť, že celý cyklus týchto obalových materiálov sa orientuje na ochranu životného prostredia. Predstavujú novú alternatívu pre špeciálne obalové účely s cieľom vyhovieť čoraz náročnejším environmentálnym kritériám. Dôležitým, najmä pre konečných zákazníkov je jednoznačné značenie takýchto výrobkov.

**KLúčové slová:** plasty, degradácia, biodegradovateľné plasty, kompostovanie

#### ABSTRACT

Plastic waste is also a plastic container in which the product is packaged. Sometimes the packaging is also more than is necessary, not to mention the packaging, which serve only to transport goods. Today, the plastic waste is a serious environmental problem. Biodegradable plastic packaging materials represent a new generation of packaging materials, whose main advantage is the fact that the entire cycle of these packaging materials is aimed at protecting the environment. Represent a new alternative for the special purpose of packaging in order to meet increasingly stringent environmental criteria. Important, especially for end customers is a clear marking of such products.

**Keywords:** plastics, degradation, biodegradable plastics, komposting

#### Úvod

Napriek tomu, že využitie plastov v rôznych priemyselných odvetviach je prínosom z hľadiska energetického a ekonomického, nemožno zabúdať na fakt, že aj polymérne materiály sa stávajú významným odpadom. Množstvo vyrábaných plastov ako aj odpadov z nich stále narastá, voľná kapacita skládok klesá, náklady na ukladanie úmerne rastú - preto treba dlhodobo i z ekonomických dôvodov hľadať nové lepšie riešenia. Príkladom môžu byť odpady z plastov a hľadanie riešenia aj v perspektívnych biodegradovateľných plastoch (BDP). Vývoj produktov z biodegradovateľných plastov, ktoré spĺňajú požadované vlastnosti pre danú aplikáciu a po využití sú biologicky rozložiteľné, je významný aj z hľadiska hodnotenia ich životného cyklu. Rieši sa nielen otázka surovín ale odpadá aj problém s ich následnou likvidáciou. [3]

Plasty sú ľahko tvarovateľné, dajú sa z nich vytiahnuť tenké fólie alebo ich použiť na výrobu predmetov bežnej spotreby. Sú najnovšími materiálmi, ktoré sa používajú na obaly a balenia.

Plastové obalové materiály predstavujú významný fenomén spájaný s nákupmi najmä v obchodných centrách a obchodných reťazcoch.

#### Označovanie obalov podľa právnej úpravy Slovenskej republiky

Označenie obalu podľa materiálového zloženia (príloha vyhlášky MŽP SR 91/2011 zo 14.3.2011) alebo označenie obalu údajom o materiálovom zložení obalu (zákon č. 119/2010 Z.z.) je v slovenských predpisoch používaný výraz pre skratku alebo číslovanie (a prípadne aj symbol), ktoré označuje na obale charakter použitého obalového materiálu a slúži na uľahčenie zberu, opätovného použitia a zhodnocovania vrátane recyklácie ako to požaduje okrem iného čl. 8 smernice 94/62/ES v platnom znení. [10], [11]

Označenie teda slúži na jednoduché označenie materiálu alebo viacerých materiálov, z ktorých bol vyrobený výrobok, na ktorom je kód umiestnený.

Alfanumerická časť označenia sa neformálne občas označuje ako recyklačný kód/kód recyklácie. "Výtvarná" časť označenia (t.j. trojuholník tvorený tromi šípkami) sa neformálne označuje aj ako recyklačný symbol/symbol recyklácie/recyklačný znak, jeho prítomnosť v označení však v EÚ nie je povinná (slovenská vyhláška ich použitie charakterizuje ako "ďalšiu možnosť" označenia obalu podľa materiálového zloženia).

V Európe alfanumerickú časť pod opisným označením číslovací a skratkový systém stanovuje rozhodnutie Komisie 97/129/ES. [7] Skratky látok sú pôvodne prebrané z normy ISO 1043. Časť číslovania je pôvodne prebraná z amerického systému SPI resin identification coding system z roku 1988. Podobné alebo rovnaké číslovania, skratky a symboly sa používajú aj mimo Európy.

V zmysle zákona č. 119/2010 Z. z. o obaloch, povinná osoba t. j. výrobca a dovozca obalov alebo balených výrobkov zabezpečí označenie obalu o:

- materiáloch, z ktorých je obal vyrobený,
- tom, či ide o opakovane použiteľný obal alebo zálohovaný obal, ktorý nie je opakovane použiteľný,
- spôsobe nakladania s obalom.

## Značky na označovanie obalov

Značky na označovanie obalov ustanovuje príloha č. 5 k vyhláške č. 91/2011 Z. z. o vykonaní niektorých ustanovení o obaloch. Táto vyhláška predpisuje čo sa pokladá za obalový materiál a čo sa za obal nepokladá. Medzi obaly zaraďujeme aj plastové tašky.



Obr. 1 Grafické označovanie plastových obalov

Značka (obr. 1) znamená, že obal možno zhodnotiť. Súčasťou značky je označenie materiálu, z ktorého je obal vyrobený. Výrobcovia pre uľahčenie označujú obaly grafickými značkami, ktoré sú doplnené písomnými a číselnými údajmi.

Pri obaloch, ktoré sú vyrábané z plastov sa používajú písomné skratky doplnené číselným údajom (tab. 1).

Tab. 1 Označovanie plastov

| Plasty                     |                   |                   |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| Materiál                   | Číselné označenie | Písomné označenie |
| Polyetylén tereftalát      | 1                 | PET               |
| Polyetylén vysokej hustoty | 2                 | HDPE              |
| Polyvinylchlorid           | 3                 | PVC               |
| Polyetylén nízkej hustoty  | 4                 | LDPE              |
| Polypropylén               | 5                 | PP                |
| Polystyrén                 | 6                 | PS                |

Okrem týchto informačných symbolov sa na plastových obaloch nachádza aj grafický znázornený panáčik odhadzujúci nepotrebný obal do zbernej nádoby (obr. 2).



Obr. 2 Značka, ktorá znamená, že obal po použití treba dať do zbernej nádoby [9]

V tab. 2 sú uvedené príklady použitia niektorých plastov. Syntetické plasty ako obalové materiály sú najviac používané v potravinárstve, farmaceutickom priemysle, kozmetike a drogérii, no v neposlednej rade aj ako obaly chemikálií.

Tab. 2 Prehľad aplikácií niektorých syntetických plastov

| Plast                 | Aplikácia                                                                                                        |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Polyetylén            | plastové tašky, fľaše na mlieko a vodu, potravinová fólia, hračky, vodovodné potrubia, nádoby na benzín          |
| Polypropylén          | uzávery fliaš, slamky, lekárske nádoby, autosedadlá, autobatérie, nárazníky, striekačky, podložky kobercov       |
| Polystyrén            | plastové kelímky, obalové materiály, laboratórne pomôcky, elektronika                                            |
| Polyvinylchlorid      | poťahy na sedadlá, závesy sprchovacích kútov, pláštenky, fľaše, tienidlá, podrážky, striekačky, elektrické káble |
| Polyetylén tereftalát | PET - fľaše, textilné vlákna, plnivo pre spacie vaky                                                             |
| Nylon                 | ložiská, súčiastky tachometra, stierače, hadice na vodu, futbalové helmy, padáky, celofán                        |
| Polytetrafluoretylén  | elektronika, teflónové panvice                                                                                   |
| Poyluretán            | pneumatiky, tesnenia, nárazníky, izolácie, záchranné vesty                                                       |

## Plasty ako odpad

Plasty sa vyrábajú chemickými postupmi z ropy. Napriek tomu, že výroba plastov je pomerne jednoduchý proces, nedá sa to vôbec povedať o ich likvidácii. Všetky produkty však raz stratia svoju funkčnosť a stávajú sa nepotrebnými, stanú sa odpadom. Plastový odpad predstavuje aj plastový obal, v ktorom je zabalený výrobok, nehovoriac o obaloch, ktoré slúžia iba na prepravu tovaru. Dnes je plastový odpad vážnym problémom, pretože každý z nás vyprodukuje niekoľko kilogramov plastového odpadu ročne. Denne v domácnostiach vzniká obrovské množstvo odpadov z plastov a vzniká problém s ich odstránením. [4]

## Degradácia plastov

Degradácia znamená fyzikálnu alebo chemickú zmenu ako výsledok environmentálnych faktorov (svetlo, teplo, vlhkosť, chemické podmienky alebo biologická aktivita).

Procesy zahŕňajúce zmeny vo vlastnostiach polyméru (deteriorácia funkcionality) v dôsledku chemických, fyzikálnych alebo biologických reakcií vedúcich k štiepeniu väzby a následným chemickým premenám, sú kategorizované ako polymérna degradácia. Degradácia sa odzrkadľuje v zmenách materiálových vlastností (mechanické, optické alebo elektrické charakteristiky), v praskaní, pukaní, erózii, zmene farby, fázovej separácii alebo delaminácii. Zmeny zahŕňajú štiepenie väzieb, chemickú transformáciu a tvorbu nových funkčných skupín.

Degradácia je buď fotodegradácia, termodegradácia alebo biologická degradácia. [8] Pri degradácii treba oddeliť úlohu termickej oxidácie, hydrolýzy a biologickej aktivity. V prostredí kompostu sú možné všetky cesty degradácie polyméru. Bez ohľadu na iniciačný krok degradácie sa pravdepodobne tvoria menšie fragmenty molekúl, ktoré ľahšie podliehajú biologickej aktivite a teda vedú k účinnejšej biodegradácii polyméru [2]

Termická degradácia polymérov je charakterizovaná ako molekulová deteriorácia v dôsledku prehrievania. Pri vysokých teplotách sa môžu zložky dlhého hlavného reťazca polyméru začať oddeľovať (molekulové štiepenie) a reagovať s inými, čím sa zmenia vlastnosti polyméru. Termická degradácia sa všeobecne týka zmien molekulovej hmotnosti a distribúcie molekulových hmotností polyméru aj zmien žiaducich vlastností typických pre polymér. [8]

Termooxidácia je zložitý autooxidačný a autoakcelerujúci reťazový proces, ktorý prebieha aj bez prítomnosti svetla (všeobecne žiarenia), ale takmer neprebieha v neprítomnosti kyslíka. V autooxidačnej schéme vzniká iniciačnou reakciou polymérny radikál, a to homolytickým rozštiepením väzby C-H pôsobením tepla, prípadne v kombinácii s mechanickým namáhaním. V propagačnom kroku reaguje radikál s kyslíkom a vzniknutý radikál odtrháva ďalší vodík. Mechanizmus sa uzatvára vznikom nereaktívneho produktu v terminačnej reakcii. [6]

Citlivosť polymérov na fotodegradáciu je spojená so schopnosťou absorbovať škodlivú časť troposférickej slnečnej radiácie. To zahŕňa UV-B terestrické žiarenie (~295-315 nm) a UV-A žiarenie (~315-400 nm) zodpovedné za priamu fotodegradáciu (fotolýza, iniciovaná foto- oxidácia). Viditeľná časť slnečného svetla (400-760 nm) urýchľuje polymérnu degradáciu teplom. Infračervené žiarenie (760-2500 nm) urýchľuje termálnu oxidáciu. Väčšina plastov má tendenciu absorbovať vysoko-energetické žiarenie v ultrafialovej oblasti spektra, čo aktivuje ich elektróny na vyššiu reaktivitu a spôsobuje oxidáciu alebo inú degradáciu.

Oxo-biodegradačný proces využíva dve metódy na spustenie biodegradácie: fotodegradácia (UV) a oxidácia. UV degradácia využíva UV svetlo na degradovanie konečného produktu. Oxidačný proces využíva čas a teplo na rozklad plastu. Obe metódy redukujú molekulovú hmotnosť plastu a umožňujú jeho bio- rozklad. [8]

## Degradácia a biodegradácia plastov

Treba odlišiť biodegradáciu od degradácie. Degradácia fázy sa zastavujú na fragmentácii polymérov. To sa odohráva účinkom tepla, vlhkosti, slnečných lúčov alebo enzýmov, ktoré skracujú a zoslabujú polymérne reťazce, čo vedie k fragmentácii zvyškov, pričnému viazaniu a tvorbe nepoddajnejších perzistentných zvyškov. Iba ak sú fragmenty konzumované mikroorganizmami ako zdroj potravy a energie, považujeme polymér za biodegradovateľný. [5]

## Biodegradácia plastov

Biodegradácia je proces, ktorým sú organické látky rozkladané živými organizmami. Organický materiál môže byť rozkladaný aeróbne (kyslíkom) alebo anaeróbne (bez kyslíka). Niektoré plasty sú aeróbne biodegradované vo voľnej prírode, anaeróbne v sedimentoch a podzemných skládkach odpadu a súčasne čiastočne aeróbne a čiastočne anaeróbne v kompostoch a v pôde. S biodegradáciou súvisí pojem biomineralizácia, ktorou je organická hmota premenená na minerálne zlúčeniny. CO<sub>2</sub> a voda sú produkované počas aeróbnej biodegradácie; CO<sub>2</sub> spolu s vodou a metánom sa tvoria počas anaeróbnej biodegradácie.

Všeobecne mineralizácia polymérov vyžaduje niekoľko odlišných organizmov. Jedny rozkladajú polymér na jeho konštitučné monoméry, jedny sú schopné využiť monoméry a ako produkty vylučujú jednoduchšie odpadné zlúčeniny a jedny by mali byť schopné využívať tento vylučovaný odpad. Biodegradácia teda spočíva na urýchlennom rozklade heterogénnej organickej hmoty ako následok sérií metabolických interakcií medzi rôznymi skupinami mikroorganizmov zmiešanej populácie. Mikroorganizmy (baktérie a huby) sa zúčastňujú degradácie prírodných aj syntetických plastov. Výťažok biodegradácie plastov je určený rôznymi faktormi (charakteristiky polyméru, pôdne podmienky, typ organizmu a podstata procesov). [5]

Počas degradácie je polymér najprv prevedený na jeho monoméry, potom sú tieto monoméry mineralizované. Väčšina polymérnych molekúl je príliš veľká, aby prešli cez bunkové membrány mikroorganizmov; preto musia byť najprv

depolymerované na menšie monoméry predtým, ako môžu byť absorbované a biodegradované vnútri mikrobiálnych buniek. Rozpad polyméru môže byť iniciovaný rozličnými fyzikálnymi silami (zahrievanie, zmrazovanie, ich kombinácia atď.) a biologickou cestou (pôsobenie mikrobiálnych enzýmov).

Najvýznamnejšou iniciačnou reakciou environmentálnej degradácie syntetických polymérov je abiotická hydrolýza. [8]

Všeobecne vedie nárast molekulovej hmotnosti k poklesu degradability polyméru mikroorganizmami. Vysoké molekulové hmotnosti vedú k výraznému poklesu v rozpustnosti, čo je nepriaznivé pre mikrobiálny atak, pretože baktérie vyžadujú asimilovaný substrát na prenos cez bunkovú membránu, aby mohli byť degradované bunkovými enzýmami. Najmenej dve kategórie enzýmov sa aktívne zúčastňujú biologickej degradácie polymérov: extracelulárne a intracelulárne depolymerázy. Exoenzymy počas degradácie lámu komplexné polyméry a získavajú sa tak menšie molekuly (oligoméry, diméry, monoméry) schopné prechodu polopriepustnými vonkajšími bakteriálnymi membránami a potom sú využité ako zdroje uhlíka a energie. Treba podotknúť, že biodeteriorácia a degradácia polymérneho substrátu môže zriedka dosiahnuť 100 %. Dôvodom je, že malá časť polyméru sa začlení do mikrobiálnej biomasy, humusu a iných prírodných produktov. [8]

### Biodegradovateľné plasty

Vývoj environmentálne degradabilných polymérov a plastov bol zahájený začiatkom 80tych rokov minulého storočia. Dôvodom bolo masívne a stále zvyšujúce využívanie plastových výrobkov a problémy s vyprodukovanými plastovými odpadmi, ako to bolo spomenuté a vysvetlené v prvej kapitole. Degradácia plastov prebieha rôznymi mechanizmami a ich kombináciami až do úplnej degradácie uskutočnenej biologickými procesmi, čo sa označuje ako mineralizácia. Biodegradovateľné polyméry a plasty nachádzajú uplatnenie v mnohých odvetviach od poľnohospodárstva, spotrebných produktov až po medicínu. V súčasnej dobe sa začali používať aj na výrobu poľnohospodárskych mulčovacích fólií, kuchynského riadu, ale hlavne sa uplatňuje aj na výrobu nákupných tašiek. [1]

Biodegradovateľné plastové obalové materiály predstavujú novú generáciu obalových materiálov, ktorých hlavnou prednosťou je skutočnosť, že celý cyklus týchto obalových materiálov sa orientuje na ochranu životného prostredia a zdravia obyvateľstva. Kladú si za cieľ postupne nahradiť doteraz hromadne vyrábané a používané plastové obaly z polyolefínov a predstavujú novú alternatívu pre špeciálne obalové účely s cieľom vyhovieť čoraz náročnejším environmentálnym kritériám. Vývoj a výroba nových plastových obalov je podmienená prísnyim dodržiavaním environmentálnych princípov v ich celom životnom cykle, tj. pri výrobe základných polymérov a aditív, pri spracovaní týchto polymérov na konkrétne plastové obaly (extrúziou, vstrekaním, vyfukovaním, tepelným tvarovaním apod.), cez distribúciu obalov až po ich využitie u konečného spotrebiteľa. Hoci v týchto fázach životného cyklu možno hodnotiť plastové obalové materiály takmer vždy pozitívne, reálne problémy vznikajú vo fáze ich zneškodňovania. Tieto problémy čiastočne riešia biodegradovateľné plastové obalové materiály. [9]

Ministerstvo životného prostredia SR v rámci Národného programu environmentálneho hodnotenia a označovania výrobkov v Slovenskej republike vydalo smernicu č. 0013/2000 pre environmentálne hodnotenie výrobkov a udelenie práva používať značku: Environmentálne vhodný výrobok pre biodegradovateľné plastové obalové materiály. Táto smernica sa vzťahuje na plastové obalové materiály, ktoré sú v dôsledku biologických procesov schopné biologického odbúrania. Táto smernica definuje pojmy ako : plastové obalové materiály alebo aj užitočné vlastnosti plastových obalov.

Biodegradovateľnosť (biologická odbúrateľnosť) je definovaná ako schopnosť materiálu v kontakte s biologicky aktívnym prostredím (kvasinky, huby, plesne a iné mikroorganizmy) rozkladať sa na nízkomolekulové produkty pôsobením mikroorganizmov nachádzajúcich sa v pôde, vode, v skládkach komunálneho odpadu apod. Zároveň tieto obalové materiály musia spĺňať aj iné nároky ako je napríklad zdravotná neškodnosť. Musia byť funkčne uspokojené pre uspokojenie potrieb spotrebiteľov, spĺňať požiadavky platných technických predpisov, predpisy v oblasti ochrany zdravia ľudí, ochrany spotrebiteľa a predpisy týkajúce sa ochrany a tvorby životného prostredia. Je potrebné, aby mali také fyzikálno - mechanické vlastnosti, aby vhodne chránili výrobok. [9]

Environmentálne degradovateľný plastový obal sa pre účely smernice rozdeľuje na :

- čiastočne biodegradovateľný, ktorého biologicky odbúrateľný podiel je minimálne 30 % objemových, pričom polovica teoreticky odbúrateľného podielu sa vo vhodnom prostredí musí odbúrať maximálne za 6 mesiacov. V prípade, že ide o zmes viacerých komponentov, každá zložka s obsahom nad 5 % musí samostatne spĺňať toto kritérium.
- úplne biodegradovateľný, ktorého biologicky odbúrateľný podiel je minimálne 95 % objemových, pričom polovica teoreticky odbúrateľného podielu sa vo vhodnom prostredí musí odbúrať maximálne za 12 mesiacov. V prípade, že ide o zmes viacerých komponentov, každá zložka s obsahom nad 5 % musí samostatne spĺňať toto kritérium. [9]

### ZÁVER

Plastové obalové materiály zaujímajú v súčasnosti takmer monopolné postavenie v priemysle obalovej techniky s výnimkou skla, dreva a papiera.

Biodegradovateľné plastové obalové materiály predstavujú novú generáciu obalových materiálov, ktorých hlavnou prednosťou je skutočnosť, že celý životný cyklus týchto obalových materiálov sa orientuje na ochranu životného prostredia a zdravia obyvateľstva. Kladú si za cieľ postupne nahradiť doteraz hromadne vyrábané a používané plastové obaly z polyolefínov a predstavujú novú alternatívu pre špeciálne obalové účely s cieľom vyhovieť čoraz náročnejším environmentálnym kritériám.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] CORTI, A. et al., 2006: Standardization and certification in the area of environmentally degradable plastics. In: *Polymer Degradation and Stability*. No. 91, s. 2819 - 2833.
- [2] DAY, M. et al., 1997: Degradable polymers: the role of the degradation environment. In: *Journal of Environmental Polymer Degradation*. No. 5, s.137 - 151
- [3] LEŠINSKÝ, D., 2003: *Environmentálne degradovateľné plasty v odpadovom hospodárstve*. Zvolen: TU, s. 6, 13 - 14
- [4] MITAŠOVÁ, A., 2013: Verifikácia degradácie nákupných tašiek z biodegradovateľných plastových obalov používaných vo vybraných obchodných reťazcoch [Diplomová práca] – Slovenská technická univerzita v Bratislave. Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave. Trnava: MTF STU, 86 s.
- [5] MOHEE, R. et al., 2008: Biodegradability of biodegradable/degradable plastic materials under aerobic and anaerobic conditions. In: *Waste Manage.* No.28. s.1624 - 1629
- [6] PODEŠOVÁ, J. - KOVÁŘOVÁ, J., 2010: Možnosti přípravy makromolekulárních antidegradantů pro polymery. In: *Chemické listy*. No. 104
- [7] Rozhodnutie Komisie 97/129/ES z 28.januára 1997, ktoré ustanovuje identifikačný systém pre obalový materiál v zmysle smernice Európskeho parlamentu a Rady 94/62/ES o obaloch a odpadoch z obalov (Ú. v. ES L 50, 20.2.1997)
- [8] SHAH, A. et al., 2008: Biological degradation of plastics. In: *A comprehensive review, Biotechnological Advisory*. No. 26. s. 246 - 245
- [9] Smernica MŽP SR č. 0013/2000 pre environmentálne hodnotenie výrobkov
- [10] Vyhláška MŽP SR 91/2011 zo 14.3.2011 o vykonaní niektorých ustanovení zákona o obaloch
- [11] Zákon č. 119/2010 Z.z. z 3. marca 2010 o obaloch a o zmene zákona č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov
- [12] Smernica EP a Rady 94/62/ES. z 20. decembra 1994 o obaloch a odpadoch z obalov.

## ADRESY AUTOROV:

**Ing. Anita MITAŠOVÁ**, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, Trnava, Slovenská republika

**RNDr. Miroslav RUSKO, PhD.**, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, ÚBEK, Botanická 49, Trnava, Slovenská republika, e-mail: miroslav.rusko@stuba.sk

### RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

### REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.