

# Az újrahasznosítás kémiája

- készült Kalinovits Márk segítségével -

**Horváth István Tamás**

*istvan.t.horvath @att.net*

*istvan.t.horvath @cityu.edu.hk*

*Department of Biology and Chemistry*

*City University of Hong Kong*

*[www.hit-team.net](http://www.hit-team.net)*



## Az újrahasznosítás kémiája

- Az otthonok, üzletek, iskolák, építkezések szilárd hulladékot termelnek minden nap.
- Egy fenntartható jövőhöz ezt minimalizálni kell, és minél nagyobb hányadát újra kell hasznosítani.

| Ország             | Tonna hulladék/fő/év |
|--------------------|----------------------|
| USA                | 0,88                 |
| Kanada             | 0,50                 |
| Japán              | 0,35                 |
| Németország        | 0,34                 |
| Franciaország      | 0,26                 |
| Egyesült Királyság | 0,25                 |
| Olaszország        | 0,24                 |
| Spanyolország      | 0,22                 |

## Az újrahasznosítás kémiája

- Az Egyesült Államok 1995-ben 208 millió tonna kommunális hulladékot termelt:

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Papír és karton              | 37,6 % |
| Levél és fü (kerti hulladék) | 15,9 % |
| Muanyag                      | 9,3 %  |
| Fém                          | 8,3 %  |
| Üveg                         | 6,6 %  |
| Fa                           | 6,6 %  |
| Egyéb                        | 9,0 %  |

- A tároló és csomagoló eszközök a hulladék 34,1% -át teszik ki.
- Egy átlagos amerikai irodai dolgozó évente 125 kg papírt használ.

## Az újrahasznosítás kémiája

- Az Egyesült államokban a keletkező hulladék mindössze 27% -át hasznosították újra 1995-ben.

|                           |      |
|---------------------------|------|
| Papír és karton           | 40 % |
| Tároló és csomagoló anyag | 38 % |
| Alumínium                 | 52 % |
| Acél                      | 54 % |
| Papír                     | 52 % |
| Üveg                      | 27%  |
| Muanyag -csomagolások     | 10 % |
| Fa                        | 14 % |

## Az újrahasznosítás kémiája

- Az újrahasznosítási arány New Jerseyben 45% (az USA államai közül a legjobb), San Jose (Kalifornia), Seattle (Washington) és Portland (Oregon) rátája meghaladja az 50% -ot.
- Ezek mindegyikében vagy kötelező újrahasznosítás vagy "hulladék-adó" van érvényben.
- Egy Long Island-ról (New York állam) készült tanulmány szerint néhány évvel ezelőtt már 84%-os hulladék-újrahasznosítást valósítottak meg.

## Az újrahasznosítás kémiája

- A nem hasznosított hulladékból 70% lerakókba és 30%-a égetőkbe kerül.
- Mindkét módszer környezetszennyezéshez vezethet.
- A hulladéktárolók kilyukadhatnak.
- A hulladékból képződő metánt el kell távolítani égetéssel vagy megfelelő szellőztetéssel.
- Némely lerakó értékes lápok helyére épült.

## Az újrahasznosítás kémiája

- Hulladék-égetők hidrogén-kloridot, dioxinokat, nitrogén-oxidokat, higanyt illetve finom hamut bocsátanak ki, melyek gáztisztító berendezésekkel nehezen eltávolíthatók.
- A hamú tartalmazhat mérgező nehézfémeket, mint ólom, nikkel, kadmium, stb.
- Ezen módszerek nagy hátránya, hogy olyan hasznos, értékes anyagokat is kibocsát, melyeknek újbóli beszerzése plusz terhet jelent a természet energia és nyersanyag forrásaira.

## Újrahasznosítás - Bevezeto

- A hulladék forrásnál történő szelektálása az újrahasznosítás sikerének kulcsa. Az üveg-visszaváltó egy ilyen rendszer!
- A probléma egy része abból adódik, hogy a megvásárolható termékek több mint egyféle anyagból készülnek.
- Például a szódás üveg és kupak más-más polimerekből készülnek.
- A polipropilén filmeket legtöbbször polivinil-klorid réteggel fedik.
- A papír, acél, alumínium, üveg, műanyag, stb. sokféle összetételben kerül felhasználásra, mindig az adott feladatra optimalizálva.

## Újrahasznosítás - Bevezeto

- Az alumínium ötvözet egy pántban és egy italos dobozban különbözik, ez utóbbiban más anyagú az oldalfal illetve a fedő rész is.
- Az üveg mint tárolóeszköz és mint ablak szintén eltérő összetételű anyag.
- Egyes műanyag dobozok több különböző polimer illetve alumínium rétegből állnak.
- A gumiabroncsok általában több típusú gumit tartalmaznak. Az oldalfalon, a futófelületen és az abroncs belső felületén a levegő benttartására is más keveréket alkalmaznak.
- A műanyagok közötti változatosságot hozzáadott stabilizátorokkal, színező anyagokkal lehet elérni.

# Újrahasznosítás - Bevezeto

- A hulladék szétválasztásra már sikeresen alkalmazott eljárások:

Az acél elválasztása mágnessel.

Üvegpor ülepítéses vagy úsztatásos technikával.

- Mivel a legtöbb esetben az elválasztás nem teljesen szelektív, az újrahasznosított anyag kisebb tisztasága miatt csak annak megfelelő ismételt felhasználásra alkalmas.



# Újrahasznosítás - Bevezeto

## Mit jelentenek a számok?

### 1 - PET (polietilén tereftalát)

Újonnan: üdítő üveg,ogyorókrémes bödön ...

Újrahasznosítva: hálósák bélés, szonyeg szál, kötél, párna ...

### 2 - HDPE (nagy-suruségú polietilén)

Újonnan: tejesüveg, vajas bödön, mosószer és olajos üveg ...

Újrahasznosítva: virágcserep, szemeses kosár, forgalom irányító bója, mosószeres flakon ...

### 3 -- V (polivinil klorid vagy PVC)

Újonnan: samponos flakon, süto olajas üveg, gyorséttermi e voeszk özők ...

Újrahasznosítva: vízvezeték csövek ...



# Újrahasznosítás - Bevezető

Mit jelentenek a számok?

## 4 - LDPE (kis-suruségu polietilén)

**Újonnan:** fuzseres zacskó, kenyeres zacskó, margarinos doboz teto...

**Újrahasznosítva:** fuzseres zacskó (!) ...

## 5 - PP (polipropilén)

**Újonnan:** joghurtos doboz, lekváros üveg, flakon kupak....

**Újrahasznosítva:** plastic lumber, autó akkumulátor-doboz, manhole steps ...

## 6 - PS (polisztirol)

**Újonnan:** eldobható kávés pohár, csomagoló eszközök, húsos tálca ...

**Újrahasznosítva:** épuletanyagok, magnó kazetta, tok, virágcserep ...

## 7 - Egyéb

Általában egyéb muanyagok keveréke: ketchupos üveg, mikrohullám-álló tányérok...





## Újrahasznosítás - Papír

### Újrahasznosítás vagy hulladék égetés?

- A papír újrahasznosítása több energiát spórol meg mint amennyit ugyanannak a papírnak az elégetésével kaphatunk. Új papír előállításához fa kell, a fát fel kell nevelni, ki kell vágni, el kell szállítani és fel kell dolgozni .....
- Az újrahasznosítás folyamata háromszor annyi munkaerőt igényel, mint az égetés.
- Az újrahasznosított papír az eredeti anyag közel 100% -át tartalmazza, szennyvíz kibocsátás nélkül.
- Néhány esetben ez lehetséges.
- A legnagyobb feladat mégis a papír-fogyasztás visszaszorítása.
- A papíráru-fogyasztás 1996-ban immár az egymást követő 11. évben nőtt (81,8 millió tonna).



## Újrahasznosítás - Papír

### Tinta eltávolítás

- Míg egyes papírfajták újrahasznosíthatók különleges eljárások nélkül WC papírrá, addig a legtöbb csak a tinta eltávolítása után dolgozható fel.
- Egy tipikus tinta eltávolító oldat összetétele a következő: 0,8 - 1,5% nátrium-hidroxid, 1-3% nátrium-szilikát, 0,25 - 1,5% felületaktív anyag, 0,5 - 2,0% hidrogén-peroxid és 0,15 - 0,4% dietilén-triamino-pentaecetsav.
  - A papír rostok feldagadnak a nátrium-hidroxidtól, csökkentve a tinta és papír közti adhéziót.
  - A nátrium-szilikát meggátolja, hogy a tinta ionjai újra lerakódjanak.
  - A hidrogén-peroxid ellensúlyozza a sárgulást.
  - A dietilén-triamino-pentaecetsav megköti a fém-ionokat, amik elbonthatnák a hidrogén-peroxidot.
  - A tintát a pép mosásával és/vagy lebegtetéssel távolítják el.
  - Mechanikai hatásokkal (a rostok forgó tárcsák közti áteresztésével vagy ultrahanggal csökkenthető a tinta eltávolításához használt vegyszerek mennyisége.





## Újrahasznosítás - Papír

### „Ragacsok”

- Az újra feldolgozott papír tartalmazhat nyomásálló, olvadt kötőanyagokat, viaszt, műanyag szalagokat, polisztirol ablakokat a borítékokon, stb. amik megakadályozzák a papír újra pépesítését, azzal, hogy összeragasztják azt.
- Azoknak a “ragacsoknak” nem távolíthatók el szurással, általában csökkentik a ragadó képességét, felhalmozzák, vagy elosztatják. A ragadás mértékét zsírkovel lehet csökkenteni.
- Diszperzitek, mint a zsírsav-etoxilátok és naftalin-szulfonátok, a “ragacsokat” kolloid állapotban tudják tartani, ahol már nem zavarják a pépesítést.



## Újrahasznosítás - Papír

### „Ragacsok”

- A nagy molekula-tömegű kationos polimerekkel kiváltott csomósítás egyes esetekben használható eljárás. Kevert hulladék-papírral végzett kísérletekben 1% ásványi sav, 1,22% nátrium-szilikát és 3% nátrium-hidroxid felhasználásával sikerült úgy kezelni a ragasztó anyagokat, hogy azok csak a tintát kössék meg, majd szurhetők legyenek.
- A papírokkal együtt használt polimerek újratervezésével csökkenthető vagy akár meg is szüntethető a “ragacs” probléma.
- A néhány százalékos sztearinsav és néhány tized százalékos (hosszú szénláncú) alkohol etoxiláttal készült viasz újra szétoszlik az alkáli pépesítés során.



## Újrahasznosítás - Papír

### „Ragacsok”

- Az eltávolítható tintákhoz készült kötőanyagok olyan ftálsav-anhidrid, neopentilalkohol poliészterek, amik a pépesítés során hidrolizálnak.
- Az átlátszó szilika bevonat helyettesítheti a viaszt, polietilént és a polivinil-kloridot a papír és muanyag cikkeken.
- A kötőanyagokban és papíron használt akrilsav, metakrilsav vagy maleinsavanhidrid alapú kötőanyagok a pépesítés során oldódhatnak.
- A poliészter ablak problémája pergamen ablakkal, vagy egyszeruen egy lyuk kivágásával megoldható.
- A bélyeg nyomásálló kötőanyaga kiváltható a régebben használt vízzoldható (nyalós) ragasztóval.



## Újrahasznosítás - Papír

### Egyéb szempontok

- Nincs szükség a tinta eltávolításához használt vegyszerekre, ha a régi újságpapírt cellulózzal pépesítik.
- Az enzimekkel elősegített szín eltávolítás, növeli a papír tisztaságát, javítja a szennyvíz minőségét és megorzi a rostok integritását.
- Az újrahasznosított papír általában nagyobb részben tartalmaz finom szemcséket és rövid szálakat. Száradás közbeni mechanikai behatások csökkentik a rostok közti kötődést.
- Mechanikai behatásokkal elérhető, a szálak feldűsülése a felszínen, ezzel visszanyerhető a szárítás és újranedvesítés közben elvesztett szilárdság.



## Újrahasznosítás - Papír

### Egyéb szempontok

- Az angol Bridgewater Paper átlagban 95%-ban újrahasznosított papírra nyomtatja újságjait.
- Néhány városi mini-gyár régi hullámpapír dobozok 100% -os újrafeldolgozásával papír-alátéteket készít, zárt rendszerben szennyvíz nélkül!
- A papírgyarak üledékét karton, cserép, muanyag eloállításban (mint szuro) lehet hasznosítani.
- Az iszapban aromás co-polimerek hozzáadásával tarthatjuk benn a legtöbb anyagot a kiindulási papír ből.



## Újrahasznosítás - Papír

### Egyéb szempontok

- Azzal, hogy nem fából állítjuk elo a papírt, hanem más növényekbol csökkenthetjük az erdokra nehezedo nyomást.
- Papírt eloállíthatunk bambusznádból, kenderbol, hibiszkuszból, búzából, szalmából, rizs szalmából, cukornádból és füvekbol.
- Sok, a füvekben lévo rostok közül rövidebb, mint a fa rostjai, ezért a megfelelo szilárdság eléréséhez ezeket fa-rostokkal keverve alkalmazzák.
- A hibiszkusz és a kender természetok egy éves ciklusokban is, a fenyó 20-25 éves ciklusával szemben. A hibiszkuszból 15-25 tonna/hektár biomassa termelodik egy év alatt, kétszer annyi mint a fenyobol. A hibiszkusz újságpapír olyan tartós mint ha fából készült volna, világosabb, lassabban sárgul és kevésbé érzékeny a tinta eltávolító technikákra és az iszaposodásra.



# Újrahasznosítás - Papír

## Egyéb szempontok

Sokféle keverék anyagot állítanak elő különböző módszerekkel:

- 1) A formálhatóság érdekében polietilénnel, polipropilénnel keverik a papír rostokat ajtó-panel, csomagtartó fedél és mufa kialakításához.
- 2) Egy nem-szövet háló akár a papír szálak 90%-át is összetarthatja szintetikus szálakkal, a szálak összegabalyításával, vagy hokezelés közbeni kötés kialakulással.
- 3) Fa, papír-rost és gipsz kompozitok.
- 4) Építési papír termékek nedvesen-formázott ostyaszzerű elemekből készülnek.

A felaprított hulladék papírt állatok fekhelyéhez és polisztirol tömítések helyett.

Kaphatók újrahasznosított papírból készült ceruzák is.





## Újrahasznosítás - Muanyag

- A világ vásárlói 107 millió tonnát használtak az öt legszélesebb körben használt muanyagból 1996-ban. Ebből 41% polietilén, 23% polivinil klorid, 21% polipropilén, 11% polisztirol és 4% sztirol-akrilonitril co-polimer.
- A világ polietilén-tereftalát termelése 1996-ban 4,9 millió tonna volt és évente 15-20% -kal no.
- A muanyagok kevesebb mint 10%-át hasznosítják újra, ami, az üveg (második leggyengébb kategória) egy harmada!
- Az egyik probléma a tiszta újrahasznosítandó alapanyagok biztosítása. Van néhány siker, mint a visszaváltható polietilén-tereftalát üvegek. Ezekből habszigetelés, anyag szál, zuhanyzó függöny, ecset, stb. készül.
- Egy kevés polivinil-klorid üveg is komoly szennyezés lehet egy más anyagú tételben.



## Újrahasznosítás - Muanyag

### Problémák

- Az autó akkumulátorok borítására használt polipropilén újrafeldolgozása jól megoldott.
- Az eldobható kiserelésben kapható muanyagok nehezen kezelhetők. Bárhol előfordulhatnak vékony rétegeként élelmiszer szennyezéssel vagy anélkül.
- Csak az üvegek automatikus válogatása megoldott, de a gyurótt filmeknél, lemezeknél, kábelhüvely szálaknál, polimer keverékeknek nem.
- Új tárgyak újra feldolgozott muanyagból való előállítása lehetséges hosszabb ideig tartó vagy magas hőmérsékletre való hevítés nélkül, hogy elkerüljük az anyag degradációját.
- Szükség lehet stabilizátorok hozzáadására.



## Újrahasznosítás - Muanyag

### Módszerek

- A szonyegek felső és alsó oldala általában két különböző polimerből készül.
- Hoechst-Celanese kifejlesztett egy olyan szonyeget, amely teljes egészében poliészterből készült, így könnyebb újrahasznosítani az élettartam lejártával.
- DuPont egy üvegyapattal megerősített formázó elegyet forgalmaz melyet használt szódás üvegekből és Röntgen-filmből (erről az emulziót eltávolították) készült. Ezen újrafelhasználás kulcsa, hogy megelőzzük a molekulatömeg degradációját, az alapanyagok szárazon tartásával elkerüljük a polimer hidrolízisét, valamint minimalizáljuk az oxidatív degradációt az újrafeldolgozás, valamint a rendszeren kívül való tárolás folyamán.



## Újrahasznosítás - Muanyag

### Kompatibilitást segítő anyagok és keverékek használata

- A legtöbb polimer nem kompatibilis egymással!
- Néhány elegy kompatibilitása fokozható adalékok hozzáadásával (átalakítja vagy gátolja a polimerhez hasonló kopolimert) vagy *in situ* létrehozásával.
- A malleinsav-anhidriddel kezelt polipropilén reakcióba lép a nylon terminális amino-csoportjával, így egy kompatibilis nylon-polipropilén elegyet kapunk.
- A cél egy jó kompatibilitás növelő szer megtalálása a városi hulladékban található muanyagokhoz. Ezzel új tárgyak készítésére nyílna lehetőség, a muanyagok szelektálása nélkül.
- PE, PET, PVC keverékből készült palackok (melyeket Olaszországban használnak) egy sztirol, etilén, 1,3-butadién co-polimer elasztomerrel tettek képlékennyé, így javítva annak mechanikai tulajdonságain.

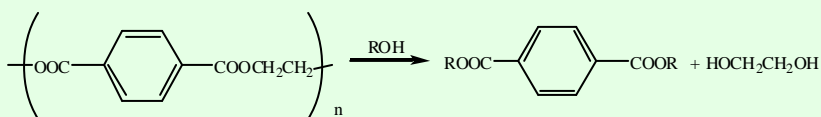


## Újrahasznosítás - Muanyag

Kémiai reakciók használata az újrahasznosításban

- Minden kondenzációs polimer tartalmaz észter, karbonát, amid, imid, uretán, stb. csoportokat, amik vízzel, alkohollal, stb. kezelhetők miáltal visszkapjuk a monomereket, oligomereket, vagy egyéb alkotó részeket, amikből újra építhetünk azonos vagy más polimereket.

- Hogy a PET-ot ételmisszerrel való érintkezéshez megfelelően újrahasznosítsuk, hidrolízissel, metanolízissel, glikolízissel föl kell darabolni, meg kell tisztítani (fém komponensek, színező anyagok, stb.) és újra kell szintetizálni.

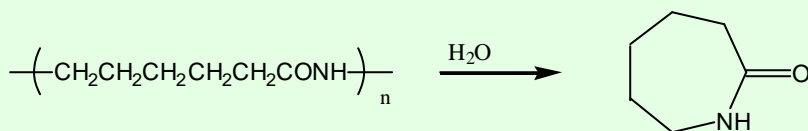


## Újrahasznosítás - Muanyag

Kémiai reakciók használata az újrahasznosításban

- A technika alkalmazható a kereszt-kapcsolt üvegyapot poliészter gyantáknál (sztirollal kezelt telítetlen poliészterből állítják elő). Ebben az esetben az alkoholban oldódó termék alkalmas új nagy-méretű elegyekben való használatra.

- A nylon 6 (kárpitok) hulladékot kaprolaktámmá hidrolizálják foszforsav katalizátorral.





## Újrahasznosítás - Muanyag

### Pirolízis

- A nylon 6 visszaalakítható kaprolaktámmá, a gyuru-nyitási reakció (ezzel történik a polimerizáció) megfordításával.
- A monomer előállítható polimetilmetakrilátból (PMMA) 92-100% -os tisztaságban, poli-alfa-metilsztirolból 95-100% os tisztaságban, teflonból 97-100% tisztaságban pirolízissel.
- Sztírol >99% -os tisztasággal előállítható szilárd fázisú katalízis fluidizált ágyán való áteresztéssel (400-700°C és ido<60 mp).
- Más poliolefinek nem tisztán olefinekké depolimerizálódnak. A polipropilén savas zeolitokon történő pirolízise els odlegesén C<sub>4</sub>-C<sub>9</sub> olefineket szolgáltat. Kevert muanyagok fluidizált ágyon történő pirolízise 25-45% -ban gázt és 30-50% -ban aromás vegyületekben (benzin, toluol, xilolok) gazdag olajat eredményez
- Ez egy sokkal jobb mint, a muanyag elégetés, és nem helyettesíti azt a folyamatot melyben a szerves anyagból újra és újra ugyan azt vagy hasonló terméket állítunk elő.



## Újrahasznosítás - Muanyag

### Polimerek biodegradációja

- Néhány ember a biológiailag lebontható polimereket támogatja, hogy megoldják a hulladék problémát és a komposztálást ajánlják mint a muanyag hulladéktól való megszabadulásra való megoldást.
- A belőlük készült tárgyakat külön kell gyujteni a komposztáláshoz az egyéb szerves anyagoktól (az újságpapír nem bomlik le a szeméttelen).
- A baktériumok le tudják bontani a keményítőt a keményítővel telített polietilénben, de a polietilént nem.
- Az 50-50% -ban burgonya-keményítóból és polikaprolaktámból készült szemeteszsákok vízhatlanok, és biológiailag lebonthatók, ám háromszor drágábbak, mint a polietilénből készültek.





## Újrahasznosítás - Muanyag

### Polimerek biodegradációja

- A Michigan-i Biotechnológiai Intézet olyan karton bevonat kifejlesztésén dolgozik, ami kiválthatja a polietilén és viasz bevonatokat.
- A papír felületén lévő biológiailag lebontható polimereket olyannak kell megtervezni, hogy a pépesítés során leváljanak. Az újrahasznosítható muanyagok nagy részét ki kell zárunk, az alacsonyabb bomlási hőmérséklet gátolhatja az újraformázási folyamatot.



## Újrahasznosítás - Muanyag

### Poliészter regeneráció

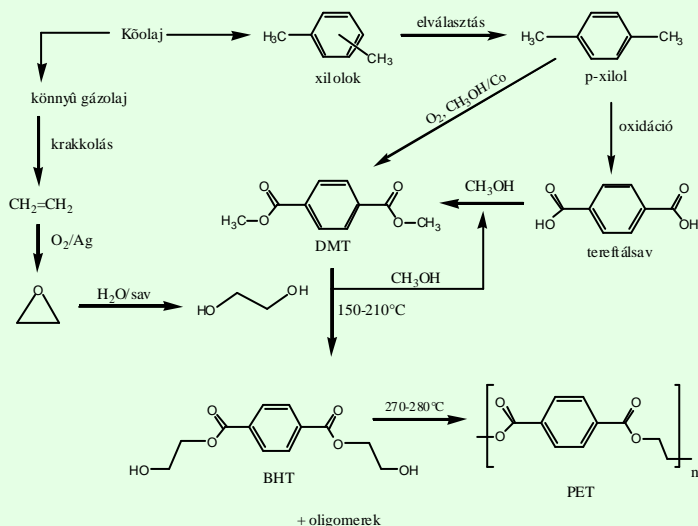
- A polietilén-tereftalát (PET) az egyik leggyorsabban növekvő polimer család; az USA-ban és Kanadában több mint 2 millió tonnát termeltek 1997-ben.
- A PET-et sok különböző termékben használják, élelmiszer- illetve egyéb tárolóeszközök, autók, teherautók, hajók, film- és magnószalagok, ruhák kötelek anyagaként is hasznosítják.
- 1939-ben W.H. Carothers (a nylon kitalálója) találta fel, mikor a DuPontnak dolgozott. 1953 óta elsősorban mint szálát (rost) alkalmazzák.
- A hetvenes évekre sikerült megoldani a PET formázhatóságának kezdeti problémáit, így lehetővé vált a tárolóeszközként való felhasználás. A kétliteres szódás üveg a PET sikerének legjobb példája (2,2 milliárd). Könnyen felismerhetők a PET-ből készült tárgyak, ezeken az újrahasznosíthatóságot jelző ábrán egy 1-es látható.



# Újrahasznosítás - Muanyag

## Poliészter regeneráció

Eloállítás:



# Újrahasznosítás - Muanyag

## Poliészter regeneráció

- Ezzel az eljárással millió tonna számra állítanak elő PET-ot különféle termékekhez.
- Több millió tonna kőolajat (meg nem újuló nyersanyag) használnak fel a PET előállítása során.
- Rádásul, sok termék szemétként hulladéklerakóban, vagy égetőben végzi.
- Ennek ellenére a PET újrahasznosítására már van lehetőség (az üdítő flakonok 26% -át dolgozták fel újra 1996-ban az USA-ban).
- Az újrahasznosítás során nem történhet élelmiszer-tárolás célú felhasználás, az anyag nem megfelelő tisztasága miatt. A kezelés hőfoka nem elegendő a fertőtlenítéshez. Sok termékben egyéb komponensek is találhatóak (festék, más polimerek; magnó-, videó szalagokban), így ezek a hagyományos értelemben nem újrahasznosíthatók.

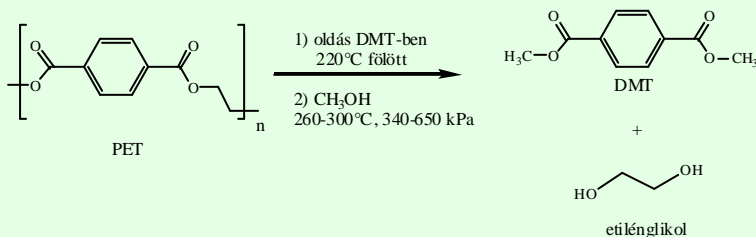


# Újrahasznosítás - Muanyag

## Poliészter regeneráció

### A Petretec eljárás

- A Petretec eljárás a hulladék PET-et visszaalakítja dimetil-tereftalát (DMT) és etilén-glikol monomerekké.



- A más anyagokkal szennyezett PET termékek is kezelhetők az eljárással, melynek végén tiszta monomereket kapunk, amikből újra első osztályú polimer gyártható
- A technológia nem csak a termék regenerációt valósítja meg, de a koolajból készült szuszpenzió és etilén-glikol felhasználást is csökkenti.



# Újrahasznosítás - Muanyag

## Poliészter regeneráció

• 220°C fölött dimetil-tereftalátban oldják a hulladék PET-ot, majd metanolízis reaktorba töltik és 260-300°C-on 340-360 kPa nyomáson metanolt buborékoltatnak keresztül. Ilyen körülmények között a PET DMT-vá alakul.

• Termék izolálás és tisztítás.

• A DMT, az etilén-glikol, és a fölös metanol gozként lép ki a metanolízis reaktorból. A metanolt metanol eltávolító oszlopokkal lehet elválasztani és ismét visszavezetni a reaktorba.

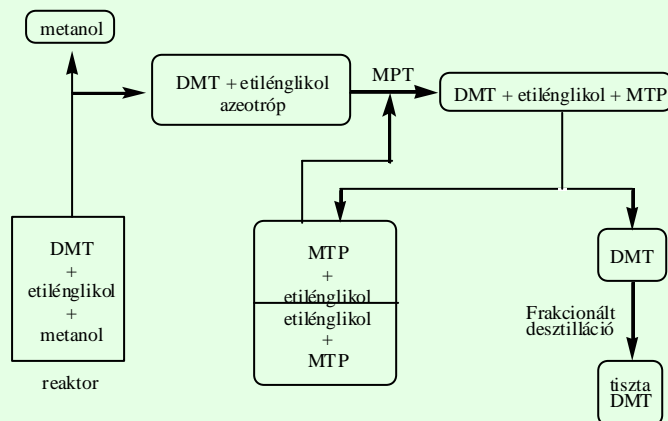
• A DMT és etilén-glikol szétválasztását megnehezíti, hogy alacsony forráspontú azeotróp elegyet alkotnak. A probléma orvosolható metil p toluát (MPT) hozzáadásával. Az MPT és etilén-glikol azeotróp elegy forráspontja alatta marad a DMT forráspontjának, így azok elválaszthatók.



## Újrahasznosítás - Muanyag

### Poliészter regeneráció

- A DMT-t ezután frakcionált desztillációval tisztítják tovább.



- A tisztított DMT és etilén-glikolból első osztályú PET állítható elő.



## Újrahasznosítás - Muanyag

### Poliészter regeneráció

#### Alkalmazott zöld kémia

- A DuPont Cape Fear Plant Wilmington melletti üzeme 1996 óta Petretec metanolízis eljárással működik. A gyár kapacitása 50 ezer tonna/év és ez viszonylag könnyen növelhető.
- Az eljárást az FDA (Federal Drug Administration) jóváhagyta, így a nyersanyagokból első osztályú PET készíthető.
- Minden kilogramm Petretec folyamattal előállított DMT fél kilogramm p-xilolt spórol meg, ami csökkenti a hűtési igényt.



## Újrahasznosítás - Gumi

- A gumi újrahasznosítása legnagyobb részben a használt gumiabroncsok kezelésének problémáját hivatott megoldani.
- 1996-ban körülbelül 250 millió gumiabroncsot dobtak ki az USA-ban. Az újrahasznosítás aránya, ami magában foglalja az eromuvekben történő égetést is, elérte a 82% -ot, a maradék 8% -ot újra futóztak.
- A busz és teherautó abroncsok 2-3 alkalommal javíthatók és a repülőgép kerekeknél ezt akár 12 alkalommal is megtehetik.
- A legjobb dolog amit egy használt gumiabronccsal tehetünk, hogy újrafutózzuk.

## Újrahasznosítás - Gumi



- Ahhoz, hogy kevesebb gumit használjunk elengedhetetlenek a “tömör” városok és a jobb terület.
- Az abroncsok problémát jelentenek a hulladéklerakóban is. A felszínen maradványok otthont adhat a szúnyogoknak.
- Kb. 12 millió abroncsot használnak visszatartó-falnak, mesterséges zátonynak, védokorlátnak, tornaszonyegnek, stb.
- Kb. további 6 milliót talajtakar áshoz, játszótéri felületekhez, stb.

## Újrahasznosítás - Gumi

- Az utak aszfalt-gumi keverékből készülnek, így tartósabbak és kevesebb a közúti zaj.
- A Composite Products, Inc. reaktív gázok elegyeit használja, mint fluor és oxigén, hogy oxigén tartalmú csoportokat tudjon beépíteni (mint hidroxid vagy karboxil) az abroncsokból a poros aszfalt felületére. Ezek a részecskék akár 40%-ban is tartalmazhatnak poliuretánt lehet tulajdonságainak elvesztése nélkül, ráadásul költség hatékony módon, mióta a kezelt gumi olcsóbb mint más polimerek.
- A hulladék gumit többféle módon lehet de-vulkanizálni a gumi újrahasznosításához. Az egyik legjobb terméket előállító módszer, egy forró, ultrahangos csavar-présen ereszt át a gumit. A terméket újra feldolgozhatják, formálhatják, vulkanizálhatják, akár csak az új gumit.
- Önmagában sárhányóként, kárpit aljzatként, ragasztónak, hangszigetelő anyagnak és torna szonyegnek használható.
- A visszanyert és szűz gumi keverékből új abroncsok gyárthatók.



## Újrahasznosítás - Fémek

- Alumíniumot, ólmot, acélt hasznosítják újra elsősorban.
- Az alumínium főleg ital dobozokból származik. 130 milliárd fémdobozt használnak az USA-ban évente, ebből 99 milliárd alumíniumból készül.
- Az autók a hulladék-vas legfőbb forrásai.
- Az ólom autó akkumulátorokból származik.
- A fémek ellentétben a szerves anyagokkal minimális veszteséggel, vagy veszteség nélkül újra és újra felhasználhatók.
- Acélgyárak közel 100%-ban hulladék-acél felhasználásával képesek működni, pl. betonhoz erősítő rudakat gyártanak, vagy más egyéb tárgyakat. Az acél dobozok újrahasznosított fémekből való gyártása 60-70%-kal olcsóbb mint, ha vasércből indulnánk.
- Az alumínium dobozok így 95%-kal olcsóbban előállíthatók, mint bauxitból. Az újrahasznosításos technológia 95%-kal csökkenti a füst- és 97%-kal a vízszennyezést.



## Újrahasznosítás - Üveg

- Az USA-ban évente 40 milliárd üvegedényt gyártanak.
- Másik 800000 tonna import érkezik szintén évente.
- A legtöbb újrahasznosított üveg befőttesüveg illetve palack, amiből ismét befőttesüveg és palack lesz.
- Ablaküveg, villanykörte és kerámia edények más-más kémiai összetétellel rendelkeznek, és máshogy is kell őket kezelni.
- Minden üvegnek azonos színűnek kell lennie: tiszta, barna, zöld.
- Általában homokot, mészkövet, nátrium karbonátok adnak a használt üveghez (üvegcserep) olvasztáskor ,mert az adalékok csökkentik az elegy olvadáspontját, így energiát spórolnak meg és megnövelik a kohó élettartamát.
- Kevert színű üvegből készíthető aszfalt útburkolatnak (mint Baltimorban) vagy üvegyapot szigetelés.

## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

- A legjobb megoldások fontossági sorrendben:

csökkenteni, újrafelhasználni, újrahasznosítani.

- Egy termelő számára a nyersanyag-csökkentés általában egyet jelent azzal, hogy ugyan azt a terméket kevesebb anyagból hozza létre. Ez jelentheti egy erősebb mugyanta használatát, mert nagyobb vagy jobb eloszlású a molekulatömege vagy esetleg optimálisabb szerkezete.
- Egy két-literes polietilén-tereftalát üdítő palack 1978-ban 100 g súlyú volt és 0,48 dollárba került. Ma 50g és 0,10-0,12 dollárba kerül.
- Az évek során az alumínium italdobozok 50% -kal lettek könnyebbek, jelenleg 64 darab nyom 1 kg-t.
- Az autók gumiabroncsai kétszer annyi út megtételére képesek mint 20 évvel ezelőtt.

## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

- A vásárló számára a nyersanyag-csökkentés annyit tesz, hogy ugyan annak a terméknek a megszerzése kevesebb hulladékkal jár.
- A legfontosabb, hogy az egyszer-használatos, eldobható tárgyakat újrahasznosíthatóakkal helyettesítsük.
- Kérdéses, hogy az olyan dolgoknak, mint borotva, fényképezőgép, italos üveg, író toll, stb. miért kell eldobhatóknak lenniük.. Túl sok dologból lesz hulladék, mert valami újat szeretnénk, ki megy a divatból, kinyújtjuk, kifogyunk belőle, nem tároljuk megfelelően, vagy egy kisebb javítást igényelne.
- Lehetséges lenne közösségen belüli csere vagy újra árusítási programok kialakítására, vagy szervizek üzemeltetése, hogy ezek az áruk használatban maradjanak.
- Ahelyett hogy lenne egy alig-használt saját eszköze az embernek, például egy láncfűrész, megoszthatná a szomszédjával, vagy kölcsön adhatná egy civil szervezetnek, kölcsönözhetné ha szükség van rá vagy föl bérelhetne valakit a munkára.



## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

- A városi hulladék 34% -át a tároló és csomagolóeszközök teszik ki. Sok lehetőség van ennek csökkentésére a higiénias viszonyok romlása nélkül.
- Több üzlet többszöri felhasználásra alkalmas dobozokra állt át, termékeik szállításánál. De van lehetőség a csomagolás csökkentésére a fogyasztói oldalon is.
- A Giant üzletlánc több mint 100 különféle élelmiszert kínál olcsóbban nagy kiszereleésben mint előre csomagoltan.
- A nagy dobozban árult gabonapelyhek 78% -kal olcsóbbak és 54% -kal kevesebb szemetet termelnek, mint az egyéni kiszereleésük.
- Egyes textil öblítő koncentrátumként is lehet kapni, amivel az eredeti edényt újratölthetjük.

## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

- Az italos dobozok a városi hulladék 5% -át teszik ki. AZ újratölthető üvegek vagy polietilén-tereftalát palackok 25 kört is megtesznek, 91-93% -kal kevesebb nyersanyagot fogyasztanak és 95% -kal kevesebb kerül belőlük a hulladék közé.
- Az a vásárló aki eldobható dobozú italt vesz üvegenként 0,10-0,12 dollárt dob ki az ablakon, alumínium dobozonként pedig 0,057-et. Egy 1997-es Newarkban (Delaware) készült felmérés szerint ez akár az ital árának 14-29% -át is elérheti.
- A polietilén-tereftalát szódásüvegeket az USA-ban nem itallal töltik újra a szennyeződések miatt. Európában kifinomult gázkromatográfiás eljárásokkal szurik ki a szennyezett palackokat.

## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

- A tejet és narancslevet két literes *biszfenol A polikarbonát* korsókban árulják. Az edények 1,10 dollárba kerülnek, ám 40-60 alkalommal használhatók. A beváltáskor kapott 0,25 dollár biztosítja a nagy visszaváltási arányt. Az élettartam lejártával a gyártó (General Electric) visszaveszi az üvegeket, rekeszek illetve egyéb tárgyokban való újrahasznosításhoz.
- A műanyag üvegekben áruelt víz népszerű, ma az Egyesült Államokban nem jobb mint a városi vízszolgáltatás. Nem tartalmaz elég a fogak számára szükséges fluort.

## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

- A amerikai háztartások 1,5 tonna papírt fogyasztanak évente. Évente 4 millió tonnányi hirdetői levelet kap, melynek 47% -a fölbontatlanul kerül a szemétké. Ez csökkenthető lenne az ezeket érintő postaköltség emelésével.
- Különböző módszerek születtek az irodai hulladék csökkentésére, mint a papírlapok mindkét oldalának használata, kisebb formátumú cetlik használata a rövid emlékeztetőkhez, e-mailes emlékeztető küldése, címlapok elhagyása, keskeny margó használata, kevesebb fénymásolat készítése, stb.
- Az e-mail és a komputer megjelenésével nem csökkent a papírfelhasználás. Az e-mailben terjesztett újságokkal tett kísérletek eddig kudarcot vallottak.
- Némiképpen elérhető lenne, ha a vásárló, alacsonyabb áron megvehetné az számára érdekes részét az egész helyett.

## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

- A nem független szervezetek (pl. kormány) által hitelesített gazdasági adatok félrevezetőek lehetnek.
- A muanyag árak újrahasznosításról szóló kijelentéseket a legtöbb muanyag kis százaléku újrahasznosításának fényében kell figyelembe vennünk.

## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

- Az Ekoparkok olyan gyárak csoportja, ahol az egyikben keletkezo hulladék a másik számára alapanyagként szolgál.
- Egy kiváló példa erre a holland Kalundborg-i telep.
- A villamos eromu hulladék-hojét gozként vezetik a Statoil finomítóba, a Novo Nordisk üzembe és a városi távfutésbe.
- Azt a kevés gázt is elégetik amit a finomító a szabadba engedne. A többlet meleget egy halfarm hasznosítja.
- A szénben lévo energia 90% -át hasznosítják.
- Az eromu gáztisztítójából a kéndioxidot kalcium-szulfiddá alakítják amit építőanyagként használnak fel.
- A halfarm és a Novo Nordisk enzim üzemének iszapját trágyaként hasznosítják.
- Az eromu hamuját cementhez, utakhoz alkalmazzák.

## **Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra**

- Az újrafelhasználásnak van értelme gazdaságilag.
- Seattleben a nem újrahasznosítható városi hulladék egy tonnájának kezelése 1995-ben átlagosan 105 dollár volt.
- Egy tonna újrahasznosítható hulladék gyűjtése és felhasználása 28 dollárba kerül
- Az újrahasznosítás jobban előtérbe kerülhetne, ha a nyersanyagok kimerülését és az okozott környezeti károkat is tartalmazná a szemétkébe kerülő anyagok ára. Vagy ha az eldobható tárgyakkal, a nem megújuló alapanyagokkal kapcsolatos adók bevezetése kerülnének és a szusz alapanyagok támogatása megszűnne.

## **Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra**

- Mainben a visszaváltó rendszernek hála a sörös és üdítő dobozok 92% -át visszahozzák. Ez jóval meghaladja a jelenlegi alumínium és üveg újrahasznosításának mértekét.
- A Németországban használt rendszer kötelezi a gyártókat termékeik utókezelésére.

# Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

## Következtetések

- Egy fenntartható jövő érdekében több dolgot kell megújuló alapanyagokból és kevesebbet nem megújulókból készítenünk.
- Ez jelenti papír használatát minden lehetséges esetben, kivéve, ha megújuló alapanyagú műanyagról van szó.
- Le kell mondanunk az “eldobálás” szokásáról, a hosszú életűnek, könnyen javíthatónak és egyszerűen újrahasznosíthatónak tervezett tárgyak javára.
- A 100% -ban hulladék anyagokból készült termékeknek jóval elterjedtebbé kell válnia mint ma.

# Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

## Következtetések

- Még senki nem találta meg az ipari társadalmakra jellemző túlzott fogyasztás visszaszorításának módját.
- Először is a társadalomnak el kell fogadni, hogy ez egy szükséges és elengedhetetlen cél.
- Aztán, egy olyan rendszert kell létrehozni, ami az embereket a minél kevesebb fogyasztásra ösztönzi.

**Az újrahasznosítás kémiája**

*- készült Kalinovits Márk segítségével -*