

## Az újrahasznosítás kémiája

Horváth István Tamás  
istvan.t.horvath@hit-team.net

- készült Kalinovits Márk segítségével -

Kémiai Intézet, ELTE, Budapest



www.hit-team.net

## Az újrahasznosítás kémiája



## Újrahasznosítás - Bevezető

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

<u>Ország</u>	<u>Tonna hulladék/fo/év</u>
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

## Újrahasznosítás - Bevezető

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

Papír és karton	37,6 %
Levél és fa (kerti hulladék)	15,9 %
Műanyag	9,3 %
Fém	8,3 %
Üveg	6,6 %
Fa	6,6 %
Egyéb	9,0 %

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

### Újrahasznosítás - Bevezető

- 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 %

### Újrahasznosítás - Bevezető

- Az újrahasznosítási arány New Jerseyben 45% (az USA államai közül a legjobb), San Jose (Kalifornia), Seattle (Washington) és Portland (Oregon) városok rátája meghaladja az 50% -ot. Ezek mindegyikében vagy létező az 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.

- A nem hasznosított hulladék 70% lerakóba és 30% -a égetőbe kerül.

- Mindkét módszer környezetszennyezéshez vezethet.

- A hulladék tárolók kilyukadhatnak.

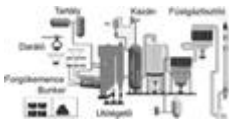
- A hulladékól lépződo metánt el kell távolítani égetéssel vagy megfelelő szellőztetéssel.

- Némely lerakó értékes lápok helyére épült.

### Újrahasznosítás - Bevezető

- Hulladék égetők hidrogén-kloridot, dioxinokat, nitrogén-oxidokat, higanyt illetve finom hamut bocsátanak ki, melyek gázisztító berendezésekkel nehezen de eltávolíthatók.

-A hulladékégető (<http://www.gyhk.hu/hu/fm02hu.htm>) folyamatábrája:



- A hamú tartalmazhat mérgező nehézfémeket, mint ólom, nikkel, kadmium, stb.
- Ezen módszerek nagy káránya, hogy olyan hasznos, értékes anyagokat is kibocsát, melyeknek újból beszerzése plusz terhet jelent a természet energia és nyersanyag forrásaira.

### Újrahasznosítás - Bevezető

- A hulladék forrásnál történő szelektálás 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 készül.

- A polipropilén filmeket legtöbbször polivinil-klorid réteggel fedik.

- A papír, acél, alumínium, üveg, muanyag, stb. sokféle összetételben kerül felhasználásra, mindig az adott feladatra optimalizálva.

- Az alumínium ötvözet egy pánban 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.

## Újrahasznosítás - Bevezető

- 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 közti változatosságot hozzáadott stabilizátorokkal, színező anyagokkal lehet elérni.
- A hulladékok szétválasztására már sikeresen alkalmazott eljárások:
  - Az acél elválasztása mágnessel.
  - Üvegpor ülepítéssel vagy úsztatószóval.
- Mivel a legtöbb esetben az elválasztás nem teljesen szelektív, az újrahasznosított anyag kisebb tisztasága miatt csak annak megfelelő ismételt felhasználásra alkalmas.

## Újrahasznosítás - Bevezető

Mit jelentenek a számok?

### 1 - PET (polietilén tereftalát)

Újonnan: üdítő üveg,ogyorókrém bödön ...

Újrahasznosítva: hálózsák bélése, szőnyegszál, kötél, párna ...

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

Újonnan: tejeseveg, vajás bödön, mosószer és olajos üveg ...

Újrahasznosítva: virágserép, szemes kosár, forgalomirányító bóják, mosószeres flakon ...

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

Újonnan: samponos flakon, sütőolajos üveg, gyorséttermi evőeszközök ...

Újrahasznosítva: vízvezetékcsövek ...

## Újrahasznosítás - Bevezető

Mit jelentenek a számok?

### 4 - LDPE (kis-sűrűségű polietilén)

Újonnan: fűszerezacskó, kenyerezacskó, margarinos doboztető ...

Újrahasznosítva: fűszerezacskó (!) ...

### 5 - PP (polipropilén)

Újonnan: joghurtos doboz, lekváros üveg, flakonkupak ...

Újrahasznosítva: műanyaglumber, autókumulátordoboz, manhole steps ...

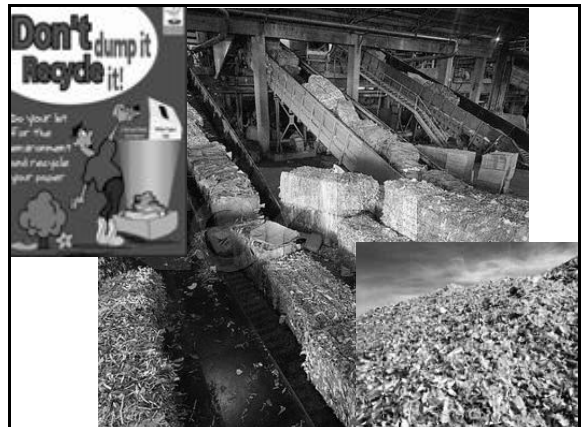
### 6 - PS (polisztirol)

Újonnan: eldobható kávés pohár, csomagolóeszközök, hűsőtálca ...

Újrahasznosítva: épületanyagok, magnókazetta, tok, virágserép ...

### 7 - Egyéb

Általában egyéb műanyagok keveréke: ketchupos üveg, mikrohullámmállótányérok ...





### Újrahasznosítás - Papír

#### Újrahasznosítás vagy hulladékégetés?

- 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 dolgozni .....
- Az újrahasznosítás folyamata háromszor annyi munkaerőt igényel, mint az égetés.
- Az újrahasznosított papír az eredeti anyag közel 100%-át tartalmazza, szennyíz kibocsátás nélkül.
- A legnagyobb feladat a papír-fogyasztás visszaszorítása.
- A papíráru-fogyasztás 1996-ban már 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% NaOH, 1-3% nátrium-szilikát, 0,25 - 1,5% felületaktív anyag, 0,5 - 2,0% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> és 0,15 - 0,4% dietilén-triamino-pentaecetsav.
  - A papír rostok feldagadnak a nárium-hidroxidtól, csökkentve a tinta és papír közötti adhéziót.
  - A nátrium-szilikát meggátolja, hogy a tinta ionjai újra lerakódjanak.
  - A hidrogén-peroxid ellensúlyozza a sárgulást.
  - A dietilén-triamino-pentaecetsav megkötö a fém-ionokat, amik elbonthatják a hidrogén-peroxidot.
  - A tintát a pép mosásával és/vagy lebegtetéssel távolítják el.
  - Mechanikai hatásokkal (a rostok forgó tárcsák közötti 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, azaz, hogy összeragasztják azt.
- Azok a „ragacsok” amelyek nem oldhatóak el szűrővel, általában csökkentik a ragadó képességét, felhalmozódnak, vagy eloszlatják. A ragadás mértékét zsírrel 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% NaOH felhasználásával sikerült úgy kezelni a ragasztó anyagokat, hogy azok csak a tintát kössék meg, majd szűrhetőek legyenek.
- A papírokkal együtt használt polimerek újratervelésével csökkenthető vagy akár meg is szüntethető a „ragacs” probléma.
- A néhány százalékos sztearinsav és néhány tízedes százalék (hosszú szénláncú) alkohol etoxiláttal készült viasz újra széteszik az alkáli pépesítés során.



### Újrahasznosítás - Papír „Ragacsok”

- Az eltávolítható tintához készült lőtoanyagok olyan ftalsav-anhidrid, neopentilalkohol poliszterek amik a pépesítés során hidrolizálnak.
- Az átlátszó szilika bevonat helyettesítheti a viaszt, polietilént és a polivinil-kloridot a papír és muanyag cikkekben.
- A lőtoanyagokban és papíron használt akrilsav, metakrilsav vagy maleinsavanhidrid alapú lőtoanyagok a pé pestés során oldódhatnak.
- A poliészter ablak problémája pergamen ablakkal, vagy egyszerűen egy lyuk kivágásával megoldható.
- A helyeg nyomásálló lőtoanyaga kiváltható a régebben használt vízdoldható (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 észben tartalmaz finom szemcséket és rövid szálakat. Száradás közben mechanikai behatások csökkentik a rostok közötti lőtoedést.
- Mechanikai behatásokkal elérhető, a szálak feldúsulása 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 nélküli!
- A papírgyárak üledékét karton, cserép, muanyag előállításban (mint szuro) lehet hasznosítani.
- Az iszapban aromás kopolimerek hozzáadásával tarthatjuk benn a legtöbb anyagot a kiindulási papírból.



### Újrahasznosítás - Papír Egyéb szempontok

- Azzal, hogy nem fából állítjuk elő a papírt, hanem más növényekből csökkenthetjük az erdőkre nehezedő nyomást.
- Papírt előállíthatunk bambusz nádából, kenderből, hibiszkuszából, búzából, szalmából, rizs szalmából, cukorrádból és füvekből.
- Sok, a füvekben lévő rostok közül rövidebb, mint a fa rostjai, ezért a megfelelő szilárdság eléréséhez ezeket farostokkal keverve alkalmazzák.
- A hibiszkusz és a kender természetek egy éves ciklusokban is, a fenyő 20-25 éves ciklusával szemben. A hibiszkuszból 15-25 tonna/hektár biomassza termelődik egy év alatt, kétszer annyi mint a fenyőből. A hibiszkusz újságpapír olyan tartós mint ha fából készült volna, világosabb, lassabban árnyul 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 hőkezelés közbeni kötés kialakulásával.
- 3) Fa, papír-rost és gipsz kompozitok.
- 4) Építési papír termékek nedvesen-formázott osztászerű 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% stírol-akrilonitril co-polimer.

- A világ polietilén-tereftalát terméke 1996-ban 4,9 millió tonna volt és évente 15-20%-kal nő.

- 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 kiszerekben kapható muanyagok nehezen kezelhetők. Bárhol előfordulhatnak vékony rétegeként ételmyszer szennyezéssel vagy anélkül.

- Csak az üvegek automatikus válogatása megoldott, de a gyurított filmeknél, lemezeknél, külső üvegy szájaknál, polimer keverékekénél 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 sznyegek felső és alsó oldala általában két különböző polimerből készül.
- Hoechst-Celanese kifejlesztett egy olyan szőnyeget, amely teljes egészében poliészterből készült, így könnyebb újrahasznosítani az élettartam lejártával.
- A DuPont cég egy üveggypottal megerősített formázó elegyet forgalmaz melyet használt sződas üvegekből és Röntgen-filmből (melyről az emulziót eltávolították) készült. Ezen újrafelhasználás kulcsa, hogy megelőzzük a molekulák degradációját, az alapanyagok szárazon tartásával elkerüljük a polimer hidrolízist, valamint minimalizáljuk az oxidatív degradációt az újrafeldolgozás, valamint a rendszeren kívüli való tárolás folyamán.



## Újrahasznosítás - Muanyag

### Kompatibilitást segítő anyagok és keverékek használata

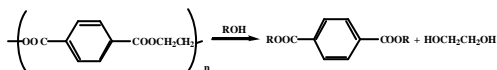
- A legtöbb polimer nem kompatibilis egymással!
- A kompatibilitás fokozható adalékok hozzáadásával (átalakítja vagy gátolja a polimerhez hasonló kopolimert) vagy *in situ* létrehozásával.
- A malleinsav-anhidriddel kezelt polipropilén reakcióba lép a nylon terminális amino-csoportjával, így egy kompatibilis nylon-polipropilén elegyet kapunk.
- A cél egy jó kompatibilitást növelő szer kifejlesztése 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 sztírol, etilén, 1,3-butadién kopolimer elasztomerrel tettek képlékennyé, így javítva annak mechanikai tulajdonságait.



## Újrahasznosítás - Muanyag

### Kémiai reakciók használata az újrahasznosításban

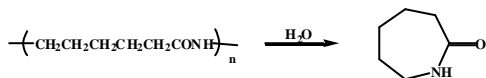
- Minden kondenzációs polimer tartalmaz észter, karbonát, amid, imid, uretán, stb. csoportokat, amik vízzel, alkohollal, stb. kezelhető műtárral visszacapjuk a monomereket, oligomereket, vagy egyéb alkotó részeket, amikből újra építhetünk azonos vagy más polimereket.
- Hogy a PET-et élelmiszerrel való 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 üveggypot poliészter gyantáknál (sztírolal kezelteletlen 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.
- A nylon 6 visszaalakítható kaprolaktámmá, a gyuru-nyitási reakció (ezzel történik a polimerizáció) megfordításával.





### Újrahasznosítás - Muanyag Pirólízis

- A kiindulási monomer előállítható polimetilmetakrilátból (PMMA) 92-100%-os, poli-alfa-metilstirolból 95-100%-os és teflonból 97-100%-os tisztaságban pirólízissel.
- Sztírol >99%-os tisztasággal előállítható szilárd katalizátor fluidizált ágyán való átvezetéssel (400-700°C és idő < 60 mp).
- Más poliolefinnek depolimerizációja nem eredményez tiszta olefint. A polipropilén savas zeolitokon történő pirólízise elsődlegesen C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> olefineket szolgáltat. Kevert muanyagok fluidizált ágyon történő pirólízise 25-45%-ban gázt és 30-50%-ban aromás vegyületekben (benzin, toluol, xilolok) gazdag olajat eredményez.
- Noha ez egy fokkal jobb mint a muanyag elégetés, de nem helyettesíti azt a folyamatot melyben a szerves anyagból újra és újra ugyanazt vagy hasonló terméket állítunk elő.



### Újrahasznosítás - Muanyag Polimerek biodegradációja

- Vannak akik a biológiailag lebontható polimereket támogatják hogy megoldják a hulladék problémát és a komposztálást ajánlják mint a muanyag hulladék től való megszabadulásra való megoldást.
- A biológiailag lebontható polimerekből készült tárgyakat külön kell gyűjteni az egyéb szerves anyagoktól (például az újságpapír nem bomlik le a szeméttelen).
- A baktériumok csak a keményítőt tudják lebontani a keményítőt tartalmazó polietilénből, de magát a polietilént nem.
- Az 50-50%-ban burgonya- keményítőből és polikaprolaktámból készült szemeteszsákok vízhatlanok, és biológiailag lebonthatók, ám háromszor drágábbak, mint a polietilénből készütek.



### Újrahasznosítás - Muanyag Polimerek biodegradációja

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



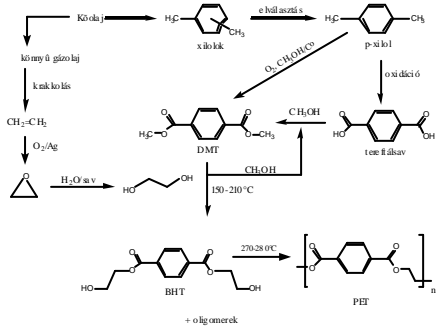
### Újrahasznosítás - Muanyag Poliészter regenerálás

- A polietiléntereftalát (PET) az egyik leggyorsabban növekvő mennyiségben alkalmazott polimer; 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 és 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 regenerálás



### Újrahasznosítás - Muanyag Poliészter regenerálás

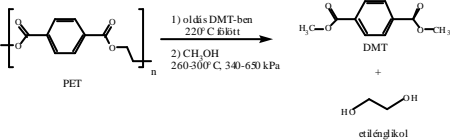
- Ezzel az eljárással millió tonna számban állítanak elő PET-et különféle termékekhez.
- Több millió tonna hulladékot használnak fel a PET előállításakor.
- Ráadásul, sok termék szemétként hulladéklerakóban, vagy égetőben végzik.
- Ennek ellenére a PET újrahasznosítására már van lehetőség (az üdítősfolyadékok 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 (festékek, más polimerek; magnó-, videó szalagokban), így ezek a hagyományos értelemben nem újrahasznosíthatók.



### Újrahasznosítás - Muanyag Poliészter regenerálás

#### 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, melyekből újra első osztályú polimer gyártható.
- A technológia nem csak a termék regenerációt valósítja meg, de a hulladékot is újra alapanyag p-xilol és etilén-glikol felhasználást is csökkenti.



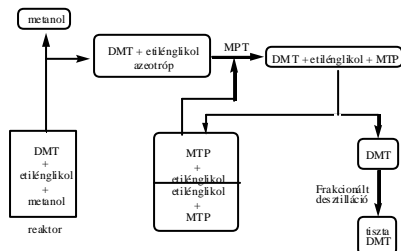
### Újrahasznosítás - Muanyag Poliészter regenerálás

- $220^\circ\text{C}$  fölött dimetil-tereftalátban oldják a hulladék PET-et, majd a metanolízis reaktorba töltik és  $260-300^\circ\text{C}$ -on 340-360 kPa nyomáson metanol buborékoltatnak keresztül. Ilyen körülmények között a PET-ből DMT és etilén-glikol keletkezik.
- Termék izolálás és tisztítás.
- A DMT, az etilén-glikol, és a feleslegben alkalmazott metanol gozdnak ki a metanolízis reaktorból. A metanolt oszlopokkal lehet elválasztani és ismét visszavezetik 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 regenerálás

- A DMT-t ezután frakcionált desztillációval tisztítják tovább.



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



## Újrahasznosítás - Muanyag Poliészter regenerálás

### 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 kőolaj-igényt.

The Permanent, Profitable Solution For Global rubber tire Recycling

## Újrahasznosítás - Gumi

- A gumi újrahasznosítása legnagyobb részben a használt gumibroncsok kezelésének problémáját hivatott megoldani.
- 1996-ban körülbelül 250 millió gumibroncsot dobtak ki az USA-ban. Az újrahasznosítás aránya, ami magában foglalja az eromuvekben őríténo égetést is, elérte a 82%-ot, a maradék 8%-ot újra futózták.
- A busz és teherautó broncsok 23 alkalommal javíthatók és a repülőgépek kerekeknél ezt akár 12 alkalommal is megtehetik.
- A legjobb dolog amit egy használt gumibronccsal tehetünk, hogy újrafutózzuk.

## Újrahasznosítás - Gumi

- Ahhoz, hogy kevesebb gumit használjunk elengedhetetlenek a "tömör" városok.



- Az abroncsok problémát jelentenek a hulladéklerakóban is. A felszínen maradvá otthont adhat a szennynek.

- Kb. 12 millió abroncsot használnak visszatartó-falnak, mesterséges zátonynak, védokorlátnak, tornaszőnyegnek, stb.

- Kb. további 6 milliót talajtakaráshoz, játszótéri felületekhez, stb.

## Újrahasznosítás - Gumi

- Az utak aszfalt-gumi keverékből készülnek - tartósabbak és csöndesebbek.

- 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, másodul 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 eresztik át a gumit. A terméket újra feldolgozhatják, formálhatják, vulkanizálhatják, akár csak az új gumit.

- Önmagában árhányóként, kárpit aljzatként, ragasztónak, hangszigetelő anyagnak és torna szőnyegnek 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 alumínium dobozok így 95%-kal olcsóbban előállíthatók, mint bauxitból. Az újrahasznosítási technológia 95%-kal csökkenti a lég- és 97%-kal a vízszennyezést.

- Az autók a hulladékvas legfőbb forrásai. Acélgyárak lépcsők közel 100% hulladékacél felhasználásával működni, pl. betonhoz erősítő rudakat gyártanak, vagy más egyéb tárgyakat. Az acél dobozok újrahasznosított fémbe való gyártása 60-70%-kal olcsóbb mint, ha vasércből indulnak.

- Az ólom autók akkumulátorokból származik.

- A fémek ellentétben a szerves anyagokkal minimális veszteséggel, vagy veszteség nélkül újra és újra felhasználhatók.



## 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 máshog 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 megnyújtják a kohó élettartamát.

- Kevert színű üvegből készülhet aszfalt útburkolatnak (mint Baltimoreban) vagy üvegyapot szigetelés.

### Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

- A legjobb megoldások fontosságuk sorrendben:

csökkenteni – újrafelhasználni – újrahasznosítani

- Egy termék számára a nyersanyag-csökkentés általában egyet jelent azzal, hogy ugyan azt a terméket kevesebb anyagból hozza létre. Ez jelentheti egy erősebb magyanta 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, amíg 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 gumibroncsai 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, ényképezőgép, italos üveg, író toll, stb miért kell eldobhatóknak lenniük.. Túl sok dologból lesz hulladék, mert valami újat szeretnénk, ki megy a divatból, kinyújuk, kifogyunk belőle, nem tároljuk megfelelően, vagy egy kisebb javítást igényelne.
- Lehetséges lenne bizósságon 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 kölcsönözhetné 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 kiszerekesben mint előre csomagoltan.
- A nagy dobozban árut gabonapelyhek 78%-kal olcsóbbak és 54%-kal kevesebb szemetet termelnek, mint az egyéni kiszerekesek.
- 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 írt 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 öltik újra a szennyeződések miatt. Európában kifinomult gázkromatográfias eljárásokkal szűrki 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 tárgyakban 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 főlbonatlanul kerül a szemétkbe. Ez csökkenthető lenne az ezeket érintő postaköltség emelésével.
- Különbözo módszerek születtek az irodai hulladék csökkentésére, mint a papírlapok mindkét oldalának használata, kisebb formátumú cetlik használata a rövid emlékeztetokhöz, e-mail-es emlékeztető küldése, úmoldalak 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.
- Némi csökkenés elérhető lenne, ha a vásárló, alacsonyabb áron megvehetné az számára érdekes részét az egész helyett.

### 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 kalundborgi telep.
- A villamos eromu hulladék lehojét gozként vezetik a Statoil finonítóba, a Novo Nordisküzembe és a városi távfűtésbe.
- Azt a kevés gázt is elégetik amit a finonító a szabadba engedne. A többlet meleget egy halfarm hasznosítja.
- A szénben lévő energia 90%-át hasznosítják
- Az eromu gáztisztítójából a kéndioxidot kalcium-szulfidá 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 tonnjának kezelése 1995-ben átlagosan 105 dollár volt.
- Egy tonna újrahasznosítható hulladék gyűjtése és felhasználása 28 dollárba kerül.
- Az újrahasznosítás jobban elbérbe kerülhetne, ha a nyersanyagok kimerülését és az okozott környezeti károkat is tartalmazná a szemétkbe kerülő anyagok ára. Vagy ha az eldobható tárgyakkal, a nem megújuló alapanyagokkal kapcsolatos adó k bevezetése kerülnének és a szaz alapanyagok támogatása megszűnne.
- Main-ben a visszaváltó rendszernek híla a sörös és üdítő dobozok 92%-át visszahozzák. Ez jóval meghaladja a jelenlegi alumínium és üveg újrahasznosításának mértékét. A Németországban használt rendszer kötelezi a gyártókat termékeik utókezelésére.

## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

### Következtetések

- A 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 életűek, könnyen javíthatóak és egyszerűen újrahasznosíthatóak tervezett tárgyak javára.
- A 100%-ban hulladék anyagokból készült termékeknek jóval elterjedtebbeké kell válnia mint ma.
- Még senki nem találta meg az ipari társadalmakra jellemző túlzott fogyasztás visszaszorításának módját.
- Eloszor 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.

## Okok és lehetőségek a nyersanyagokkal való spórolásra

### Következtetések

- Még senki nem találta meg az ipari társadalmakra jellemző túlzott fogyasztás visszaszorításának módját.
- Eloszor 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.