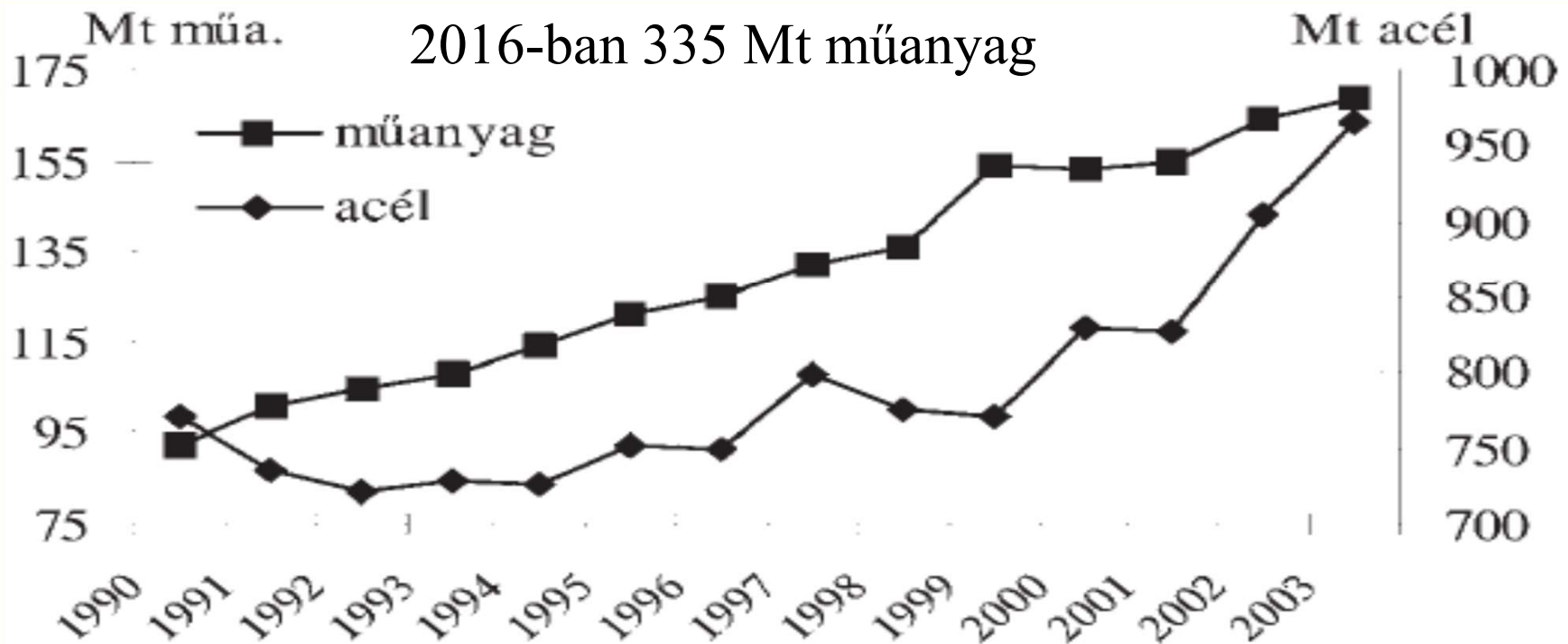


Műanyagok

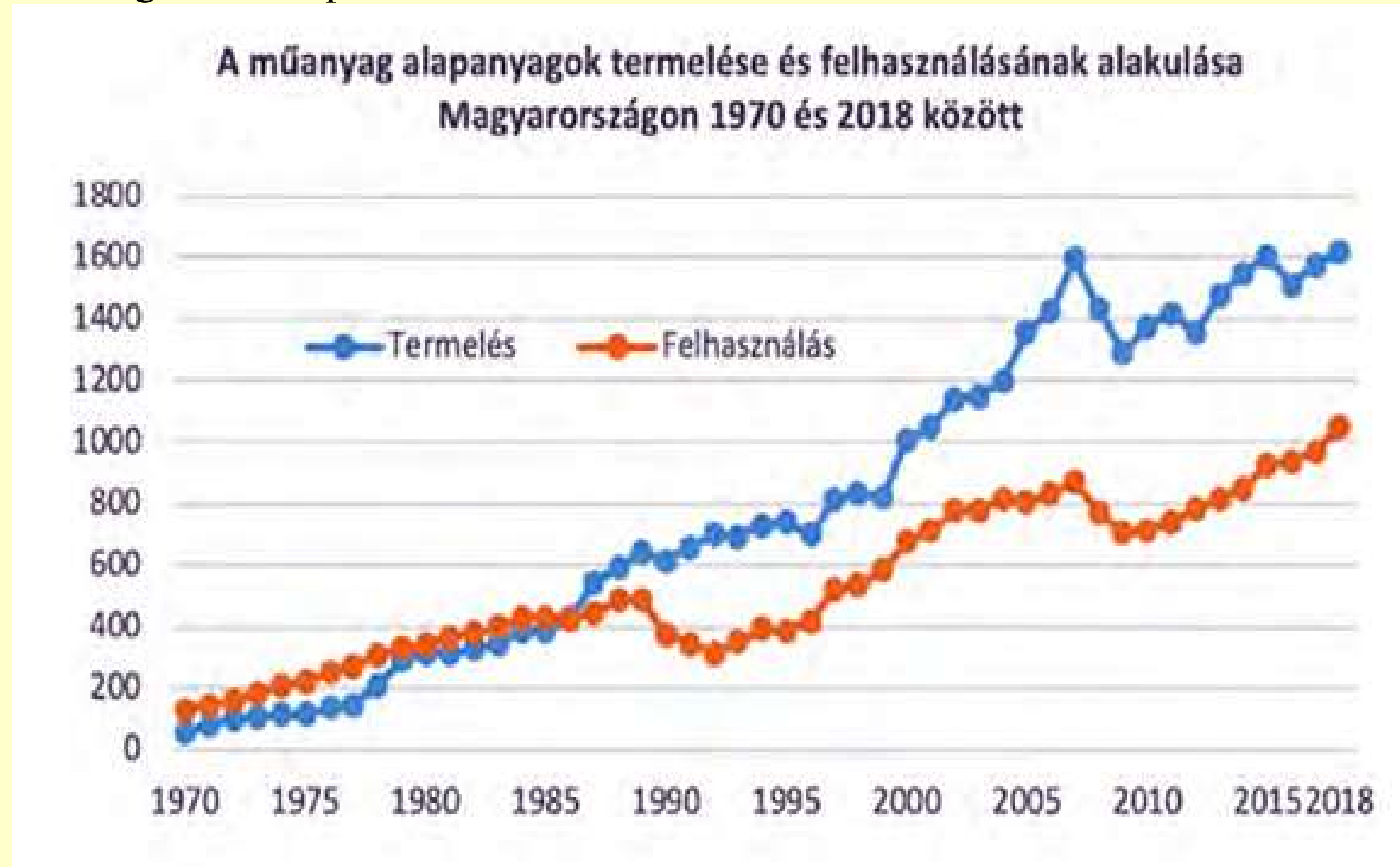
- A világ műanyagipara folyamatosan növeli termelését



| Termékcsoport | Mennyiség (Mt) | | | Becsült vált. (%) | | |
|----------------------|----------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
| | 2000 | 2010 | 2020 | 10/00 | 20/10 | 20/00 |
| Tömeg műanyagok | 155,0 | 287,0 | 510,0 | 6,4 | 5,9 | 6,1 |
| Műszaki műanyagok | 4,5 | 12,0 | 24,5 | 10,3 | 7,4 | 8,8 |
| Különleges műanyagok | 0,2 | 0,4 | 1,1 | 8,9 | 10,7 | 9,8 |
| Kompozitok | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 9,6 | 9,6 | 9,6 |
| Összesen | 159,8 | 299,6 | 536,1 | 6,5 | 6,0 | 6,2 |

Növekvő termelés – növekvő környezetszennyezés

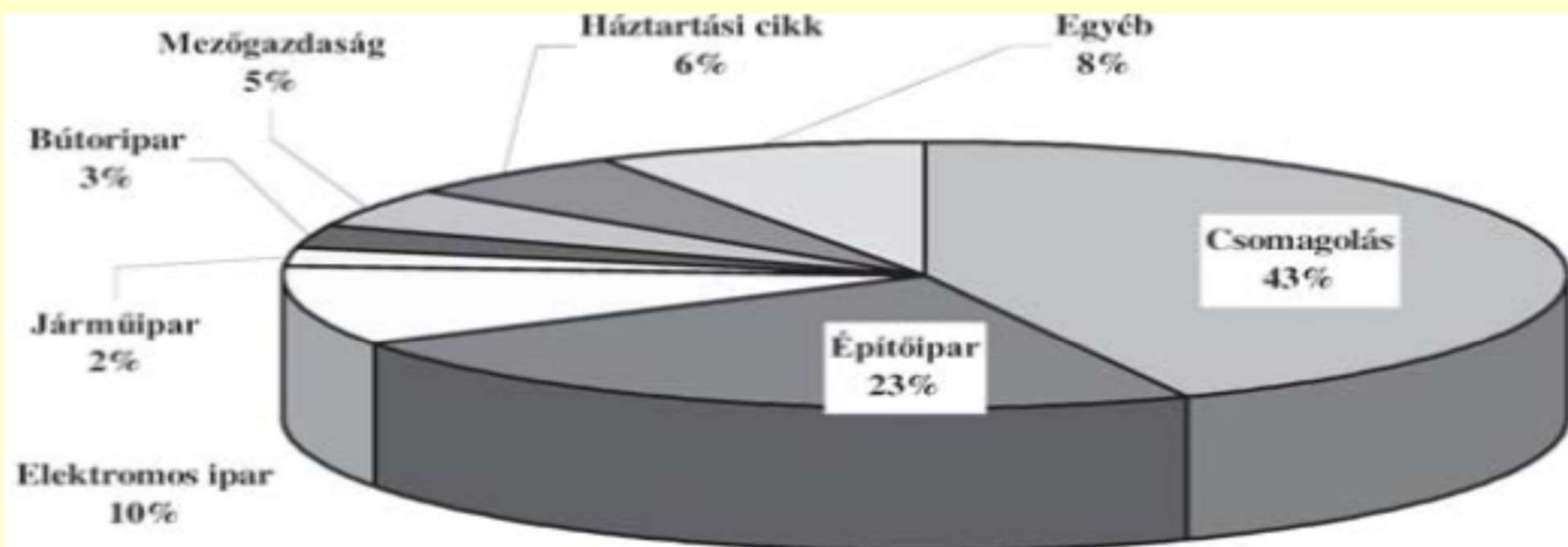
Szükségszerű a kapcsolat? -> https://www.tolner.hu/okt/lparkozl/Tolner_2019ea1/HTML5/demo



Műanyag

Magyarország műanyag-feldolgozása főbb polimer típusok szerint

| | | PVC-U | PVC-P | PE-LD | PE-HD | PP | PS | PET |
|------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 2001 | Mennyiség (kt) | 76,1 | 41,6 | 85,5 | 57,6 | 128,2 | 59,0 | 31,3 |
| | Részarány (%) | 14,3 | 7,8 | 16,1 | 10,8 | 24,1 | 11,1 | 5,9 |
| 2002 | Mennyiség (kt) | 79,0 | 50,1 | 94,4 | 60,4 | 128,7 | 55,2 | 34,2 |
| | Részarány (%) | 14,4 | 9,1 | 17,2 | 11,0 | 23,4 | 10,1 | 4,4 |
| 2003 | Mennyiség (kt) | 78,5 | 45,9 | 104,7 | 58,9 | 129,6 | 71,1 | 40,0 |
| | Részarány (%) | 13,2 | 7,7 | 17,6 | 9,9 | 21,9 | 12,0 | 6,7 |
| 2004 | Mennyiség (kt) | 79,4 | 54,9 | 107,8 | 65,9 | 149,0 | 69,3 | 40,8 |
| | Részarány (%) | 12,6 | 8,7 | 17,1 | 10,5 | 23,7 | 11,0 | 6,5 |

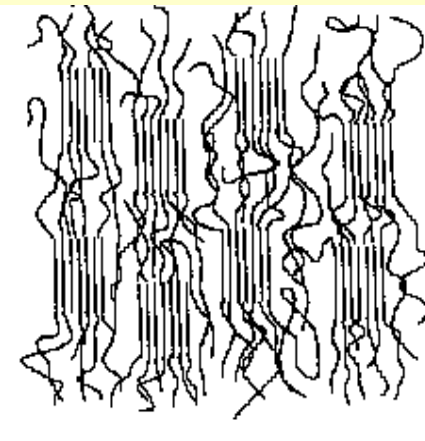
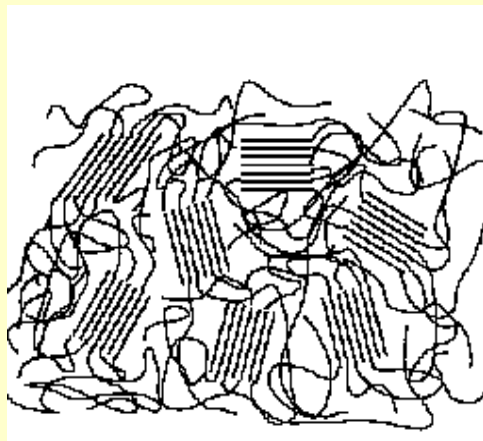
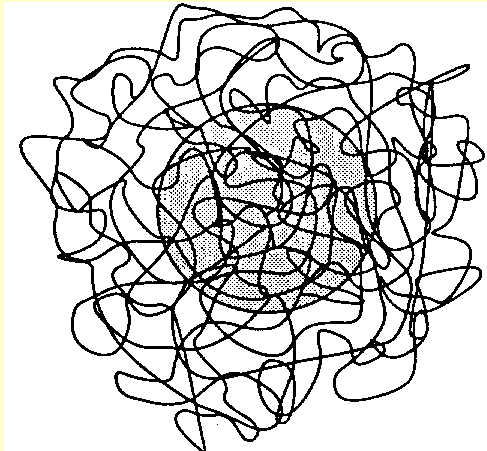


5. ábra. Műanyagfelhasználás 2004-ben

Műanyagok - Polimerek

Folyadék-fázisban a polimer láncok összefonódott csomókhoz hasonlíthatók (a).

Az úgynevezett szilárd fázisban ezek hasonlók maradnak vagy bizonyos körülmények között rendeződhetnek, kristályos szerkezetet formálnak (b, c)



a)

b)

c)

a) polimer láncok folyadékban, b) részben kristályos, de véletlenszerűen orientált, c) orientált szerkezet

Polimerek

Felépítésük szerint a polimerek lehetnek **lineárisak** és **térhálósok**.

A **lineáris** felépítésű polimerek hosszú molekulaláncai többé-kevésbé rendezetten fonódnak egymáshoz.

A **térhálós** polimerek minden irányban rendelkeznek kötésekkel.

Gyakorlailag egy tárgy – egy molekula.

Hőkezelési szempontból a polimer lehet **termoplasztikus** (hőre lágyuló) vagy **termoreaktív** (hőre keményedő).

Hőre lágyuló polimerek: polietilén, polisztirol, polivinilklorid, stb. Ezek újrahasznosítása (újraolvasztással) általában könnyebb.

Hőre keményedő pl. a bakelit, gumi. (a gyártásra vonatkozik, nem a felhasználásra)

Előállításuk egyszerű molekulák (**monomerek**) sorozatos összekapcsolásával:

Polimerizáció – nem képződik melléktermék

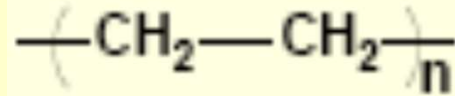
Polikondenzáció – melléktermék (víz, ammónia) is képződik

Kopolimerek – vegyes - kettő vagy többféle monomerből

Műanyaggyártás - polimerizációval

| MONOMER | MONOMEREGYSÉG | POLIMER |
|--|---|--|
| 1. $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ETILÉN | $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ | $\left(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\right)_n$ POLIETILÉN (PE) |
| 2. $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}$ PROPILÉN | $-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$ | $\left(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\right)_n$ POLIPROPILÉN (PP) |
| 3. $\text{CH}_2=\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}$ VINIL-KLORID | $-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$ | $\left(-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\right)_n$ POLIVINIL-KLORID (PVC) |

Polietilén



HDPE (High-density polyethylene) sűrűsége legalább 0,941 g/cm³.

A HDPE-t leggyakrabban termékek csomagolására, italos palackok, tisztítószeres flakonok, margarinos dobozok, szemetes konténerek és vízvezetékek előállítására használják.

MDPE (Midle-density polyethylene) sűrűsége 0,926 g/cm³ és 0,940 g/cm³ közötti. A HDPE-nél ütésállóbb és kevésbé repedezik.

Az MDPE-ből leggyakrabban gázvezeték, szerelvény, zsák, zsugorfólia, csomagoló fólia és hordtáska készül.

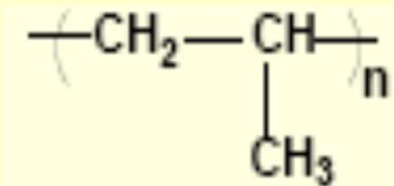
LDPE (Low-density polyethylene) sűrűsége 0,910 g/cm³ és 0,940 g/cm³ közötti.

Az LDPE-t leggyakrabban fóliának és műanyag zacskónak szokták használni.

Polipropilén PP

A polipropilént a polietilénhez hasonló területeken alkalmazzák.

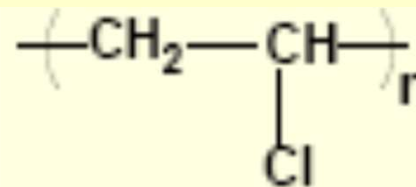
Nagyobb szilárdsági és termikus követelményeknek is eleget tesz.

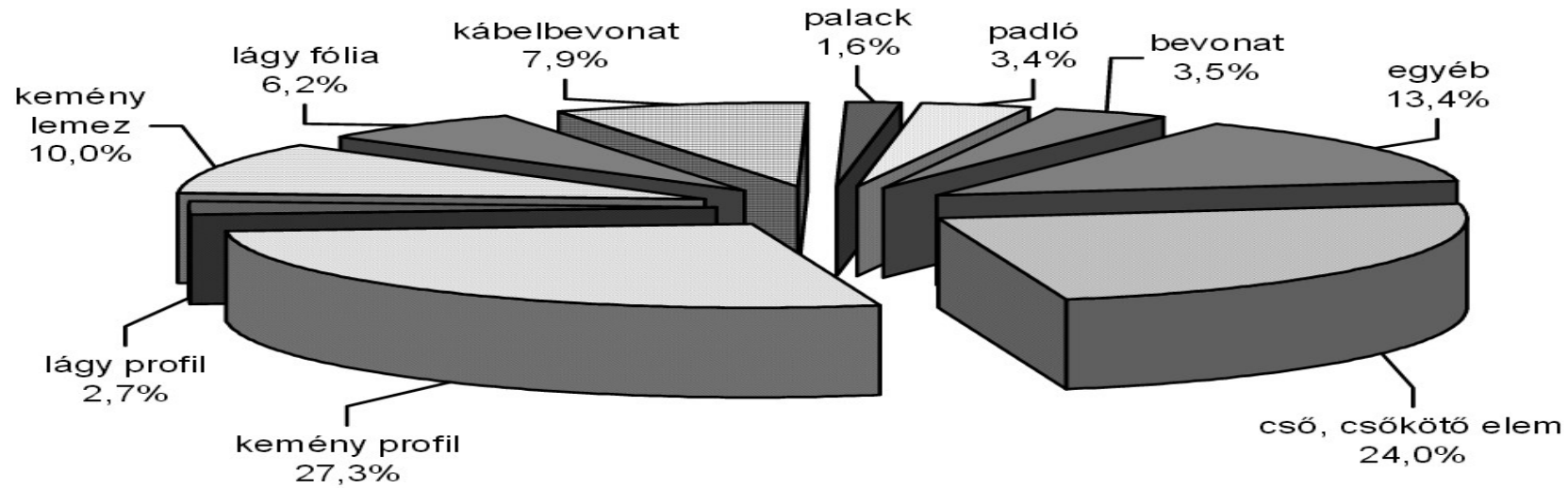


Polivinil-klorid PVC

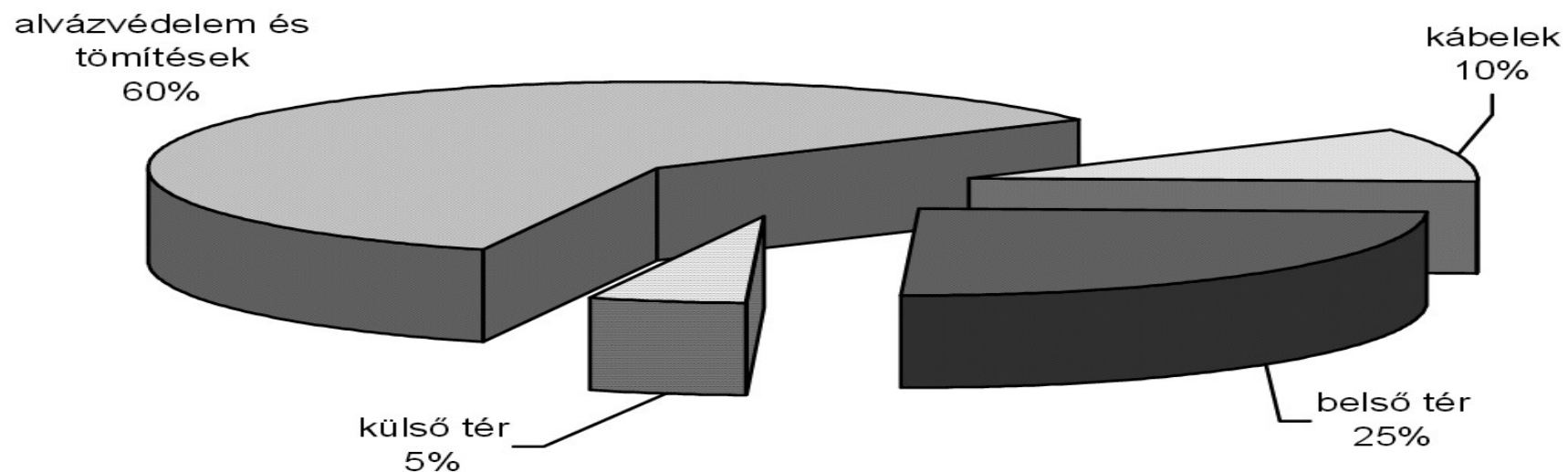
PVC-U kemény pl.: lefolyócső

PVC- P lágyított pl.: padlóburkolat, fólia



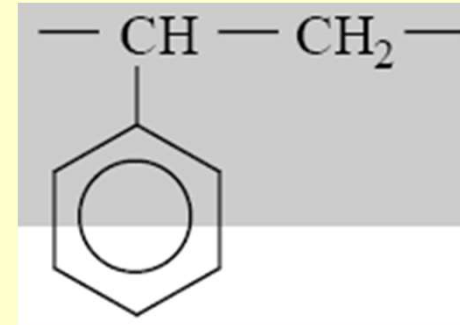


1. ábra A PVC-felhasználás megoszlása alkalmazási területek szerint Nyugat-Európában 2003-ban



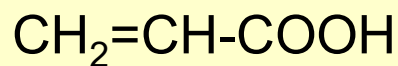
2. ábra Az európai autógyártásban felhasznált PVC megoszlása alkalmazási területek szerint

A **polisztirol** mérettartó, rideg, jó szigetelő anyag. Savak lúgok nem károsítják. Habosítva – kemény hab - jó hőszigetelő (Hugarocell). Szerves oldószerek károsítják. Gyenge hőállóság, nehezen éghető. Az anyag nem táptalaja a mikroorganizmusoknak, s a talajbaktériumok sem támadják meg. Képlete:

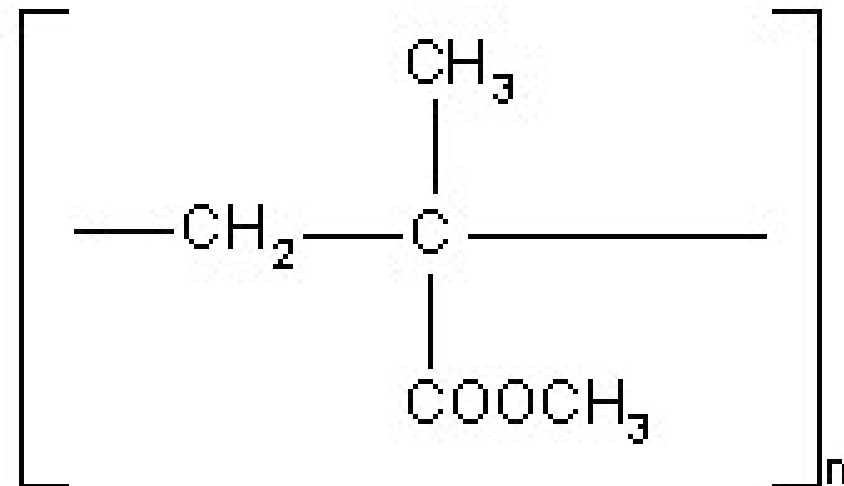
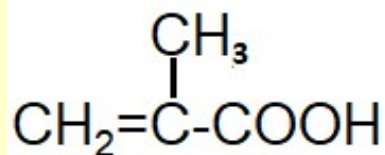


A **polimetilmetakrilátot** (szerves üveg, „plexi”) metakrilsav-észter polimerizációjával állítják elő. Jó optikai, elektromos és nem utolsó sorban mechanikai tulajdonságai miatt (100-150 °C–fokon már hajlik, de szobahőmérsékleten kemény) gyakran alkalmazzák különböző konstrukciós elemek, optikai alkatrészek, ablakok gyártásához.

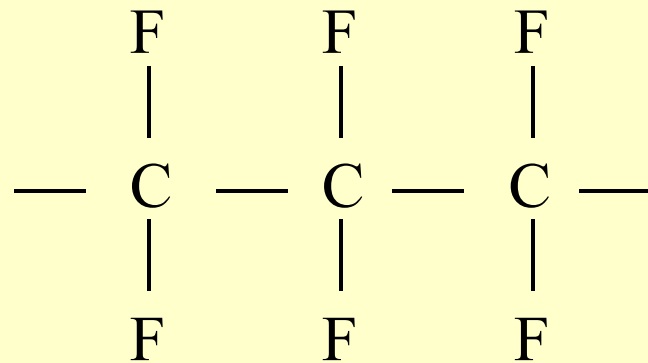
akrilsav



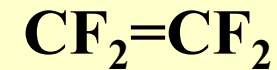
metakrilsav



Fluortartalmú szerves polimer,
poli(tertrafluor-etilén) (**teflon**) képlete:



tertrafluor-etilén



A teflon egy sor kiváló tulajdonsággal rendelkezik: vegyi ellenálló képessége jobb mint a nemesfémeké, nem ég, nem nedvesedik, aránylag hőálló (+250°C fokig). Hátrányai közé tartozik az, hogy aránylag lágy anyag, érzékeny a részecske-sugárzásra.

Háztartásban edények teflon bevonattal. Gyenge karcállóság.

Polikondenzáció. Víz vagy ammónia kilépés

Poliészterek

Alapanyagai kétértékű karbonsavak és kétértékű alkoholok

Kiváló mechanikai tulajdonságok, kopásálló, fagyálló. Kevert szálú textil.

Poliészter gyanta:

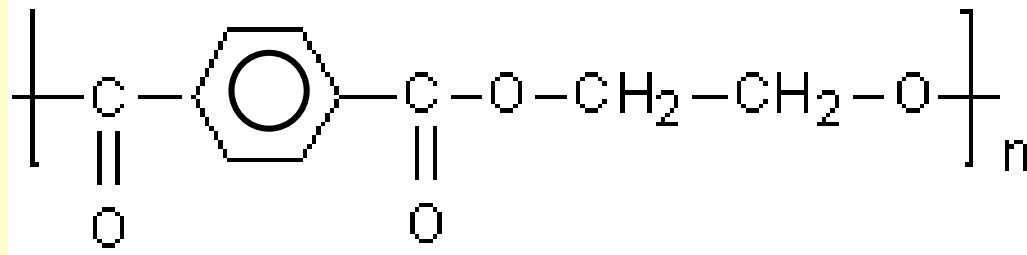
Telítetlen dikarbonsavak és glikolok kondenzációjával.

**Utólagos térhálósítás sztirollal vagy metilmetakriláttal:
üvegszál erősítésű poliészter**

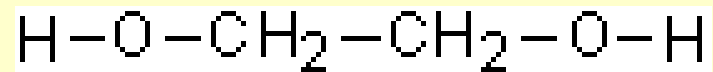


Műanyag és Gumi 46. évf., 6. szám *Száltekerceselési technológia elvi vázlat, b – száltekerceseléssel készült csatornacső bélés*

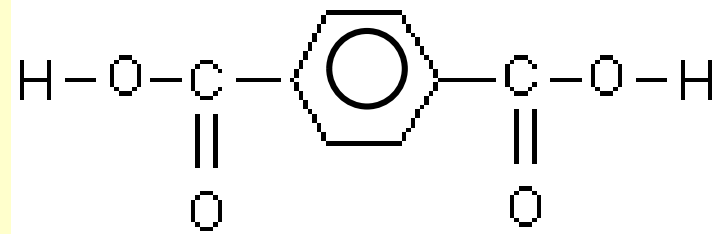
PET Polietilén-tereftalát



Monomerek: etilénlikol



tereftálsav



Poliészter - polikondenzáció

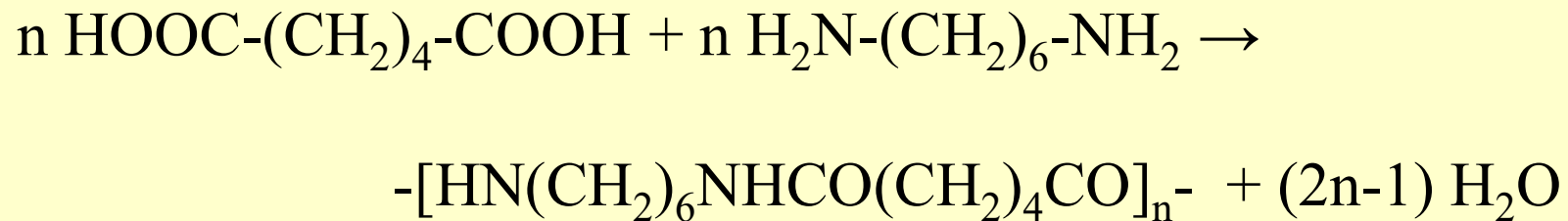
Lassú hűtéssel egészen magas fokú rendezettséget, nagyfokú kristályosságot kaphatunk.

A mindkét főirányban orientált PET szilárdsága nagy.
Vékonyfalú, pillekönnyű nyomásálló palackok.

A **poliamid** műanyagok a legszívósabbak (damil, danamid) rendkívül széles (-269 - + 300 °C) hőmérsékleti tartományban stabilak.

Alapanyagai kétértékű karbonsavak és kétértékű aminok

A *nylon 66* adipinsav és 1,6-diamino-hexán monomer



Műselyem (ejtőernyő, nylon harisnya), damil

Hasonlóak mint a természetben található legerősebb anyagok

Fehérjék: pókháló, hajszál, inak

Aromás poliamidok (aramidok)

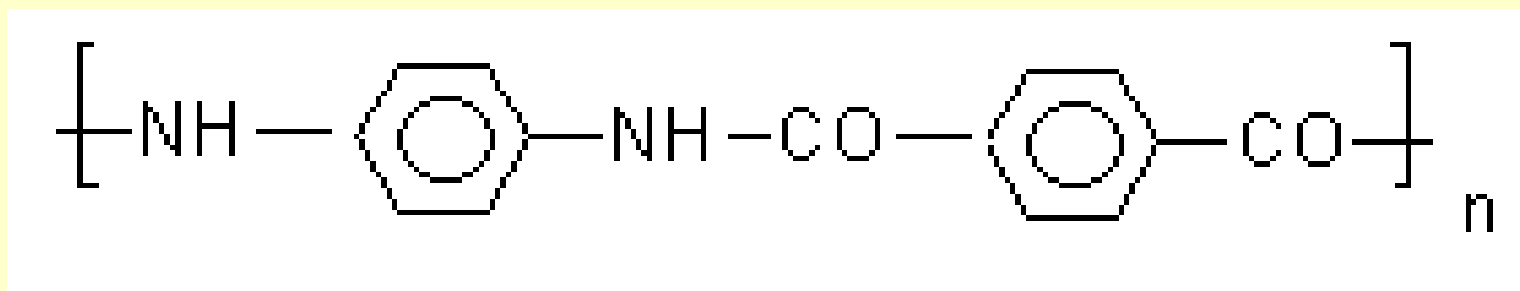
Céltudatos molekula-tervezés:

Hőállóság növelés, nedvesség-érzékenység csökkentés

Aromás gyűrű bevitele a polimerláncba megnöveli a lánc stabilitását.

A kívülről érkező hőenergia, sugárzó, mechanikai energia ugyanis eloszlik a benzolgyűrű különleges elektronrendszerében, mielőtt a lánc felszakításához szükséges mértékben koncentrálódhatna.

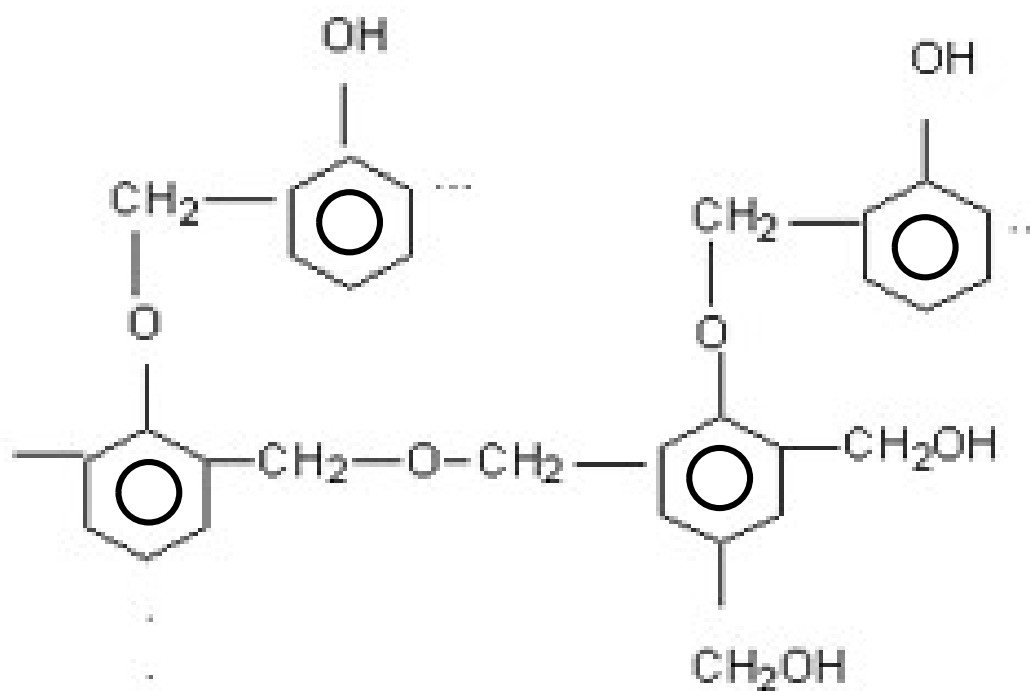
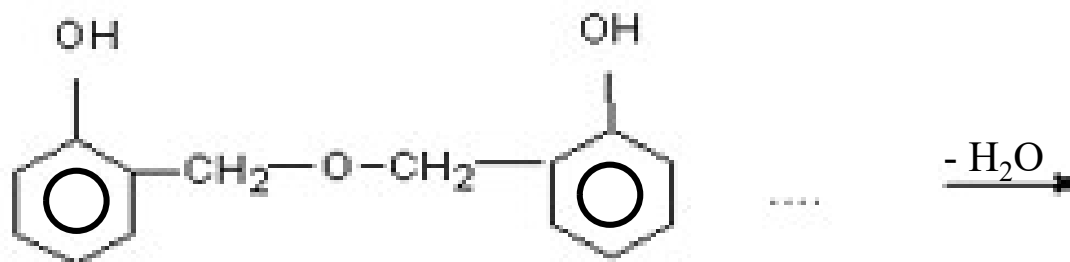
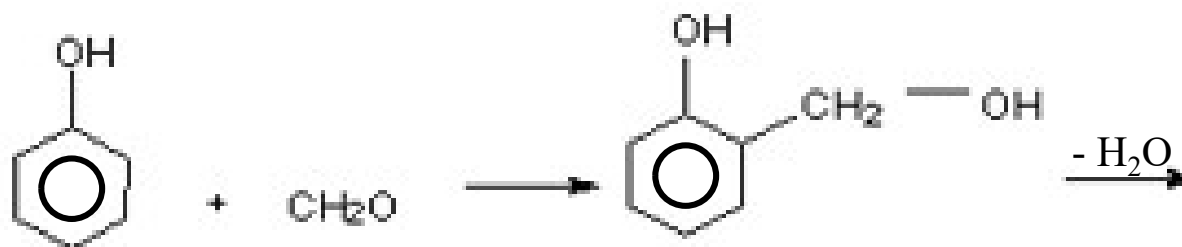
para-feniléndiamin-ftálsavamid, ismert márkaneve: KEVLAR



Termoreaktív
(hőre keményedő)

Bakelit

fenol, formaldehid
polikondenzáció
(vízki lépés)

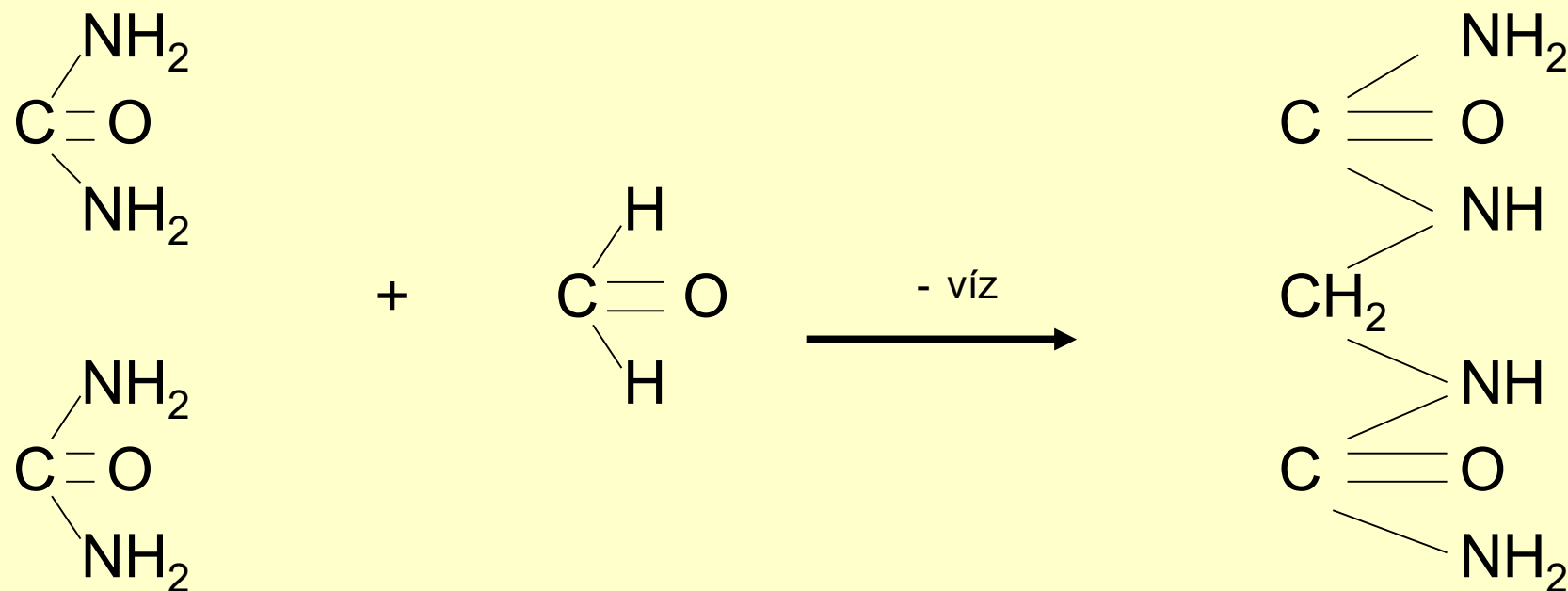


Karbamid-aldehid kondenzátumok

karbamid-formaldehid – fehér „bakelit”

(kisebb polimerizáció fokkal lassú hatású N műtrágya)

Ureaform, Nitroform stb. legalább 38% N



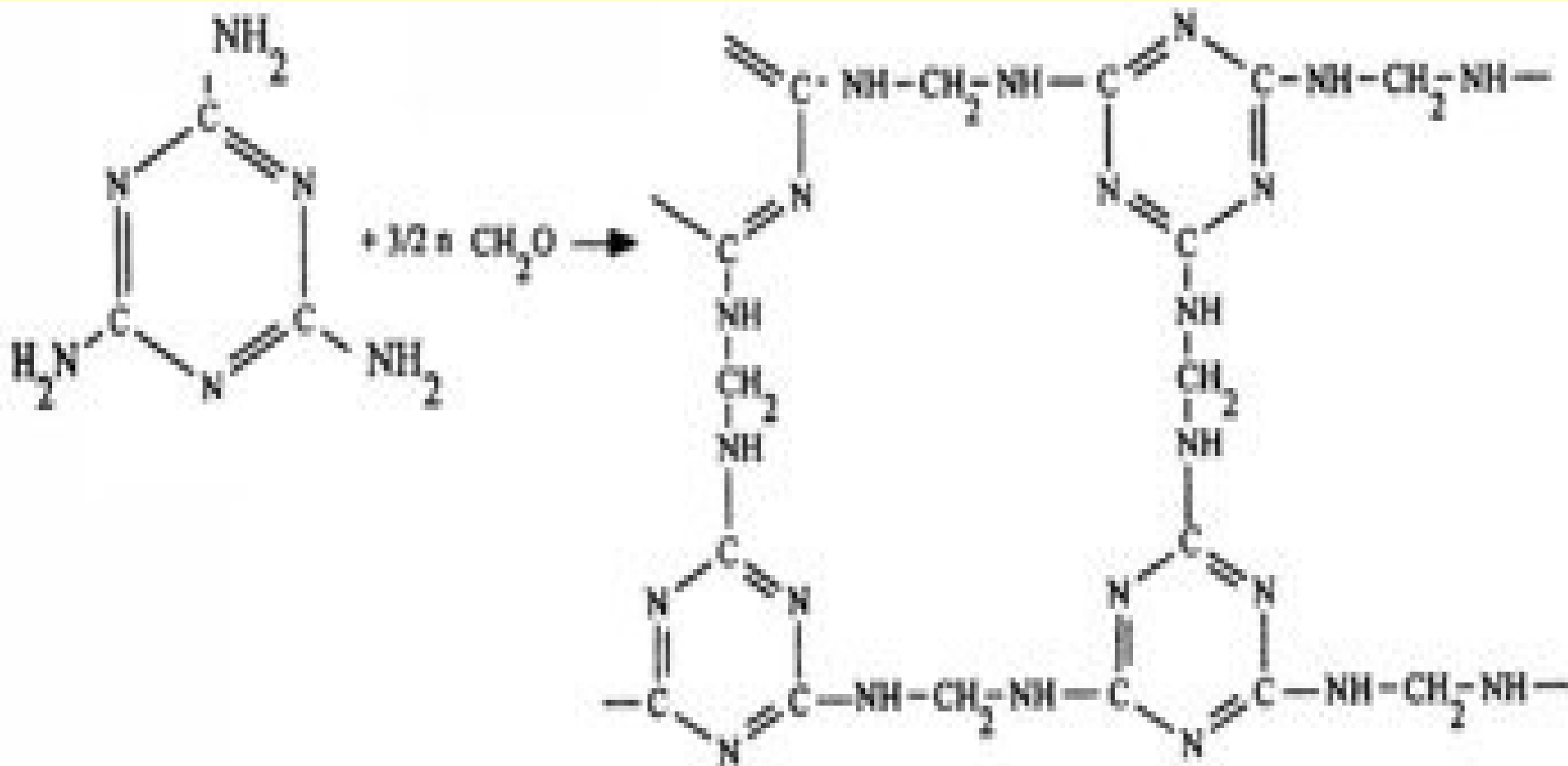
Az oldhatóság függ:

- mólaránytól (>2:1)
- lánchosszúságtól
- körülményektől (pH, hőmérséklet)

aminoplasztok :

a karbamid (*urea*)-formaldehid (UF)

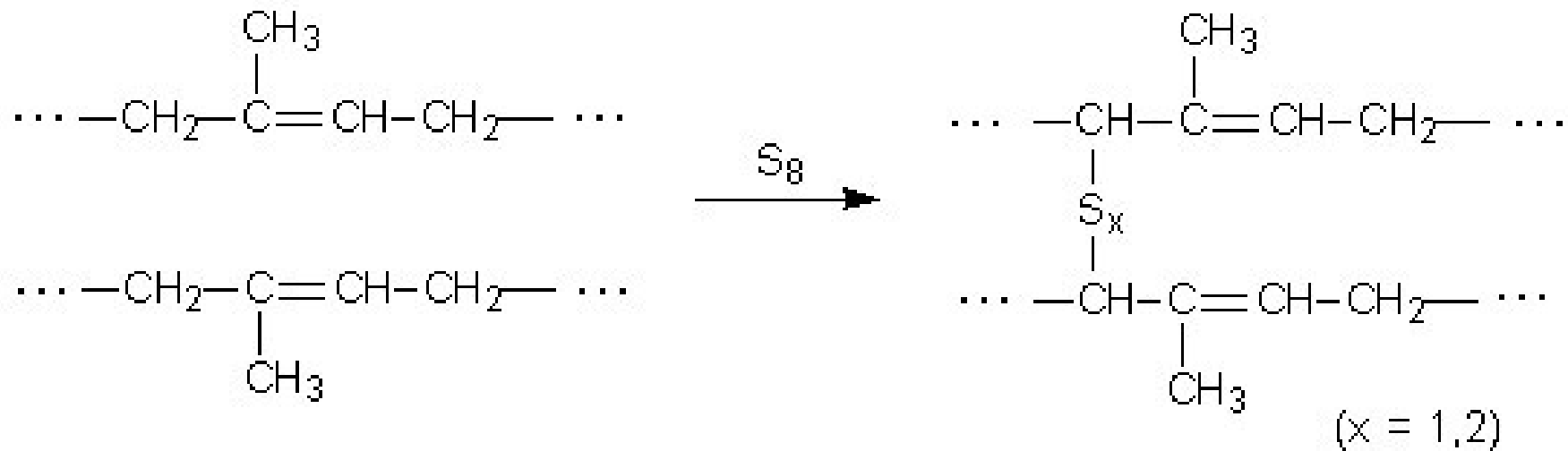
melamin-formaldehid (MF) gyanták (asztalosipari lakk, ragasztó)
(melamin mérgező! tejpor hamisítás!)



1. ábra Melamin és formaldehid kondenzációja

Gumigyártás

Természetes kaucsuk (poli-izoprén) - vulkanizálás - gumi



A műanyagok környezetterhelése

Az össztermelés mintegy kétharmadát a négy tömegműanyag (PE, PVC, PP, PS) adja.

A műanyagok környezetterhelése négy ciklusra bontható:

műanyaggyártás
műanyag-feldolgozás,
műanyag-felhasználás,
műanyag hulladékok.

A műanyaggyártás környezetterhelése

A műanyagok előállítására irányuló kémiai reakciók lehetnek homogén és heterogén fázisúak, végbemehetnek gáz, vagy folyadék (oldat, vagy ömledék) fázisban, de vannak határfelületi reakciók is.

Az ipari gyártás során nem csak a reakcióban résztvevő, hanem az összes jelenlévő anyag környezeti veszélyével számolni kell. Ezek lehetnek:

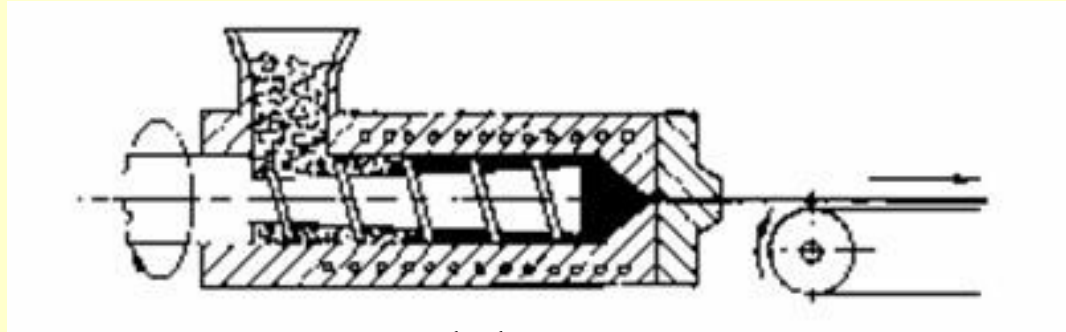
- a monomerek,
- a reakció iniciátorai és katalizátorai,
- oldószeres polimerizációnál az oldószeres,
- egyéb segédanyagok,
- a kész polimerek,
- az esetleges melléktermékek,
- a hűtő és fűtő közeg stb.

A környezeti veszélyek fajtái lehetnek:

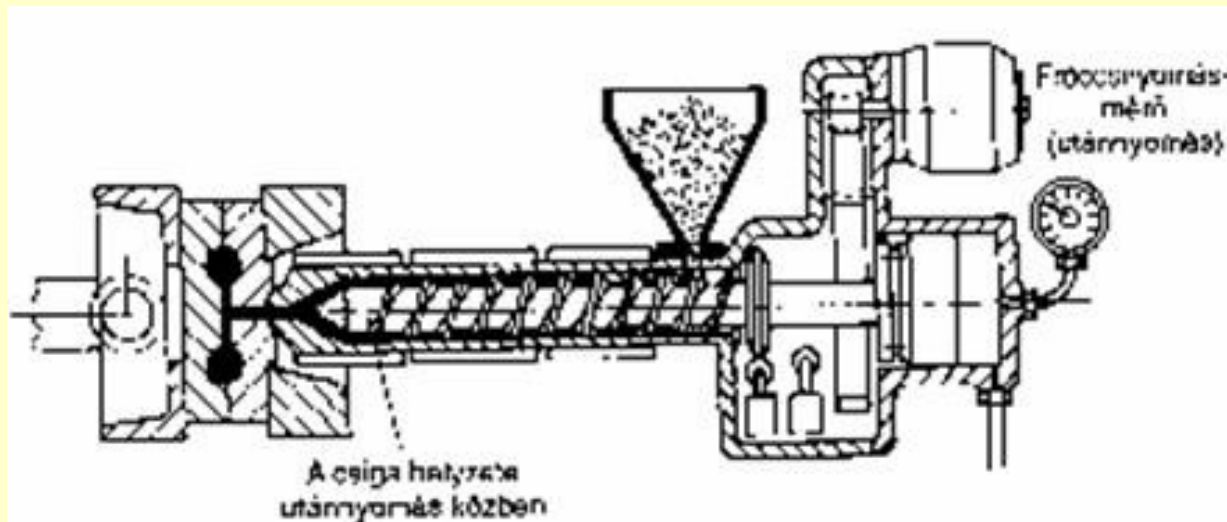
- egészségi ártalom,
- lég-, víz-, talajszennyezés,
- tűz- és robbanásveszély.

Műanyag-feldolgozás

A műanyagok közel kétharmadát extrudálással és fröccsöntéssel dolgozzák fel. (A hőre lágyuló műanyagok alkalmasak erre.)



extrudálás



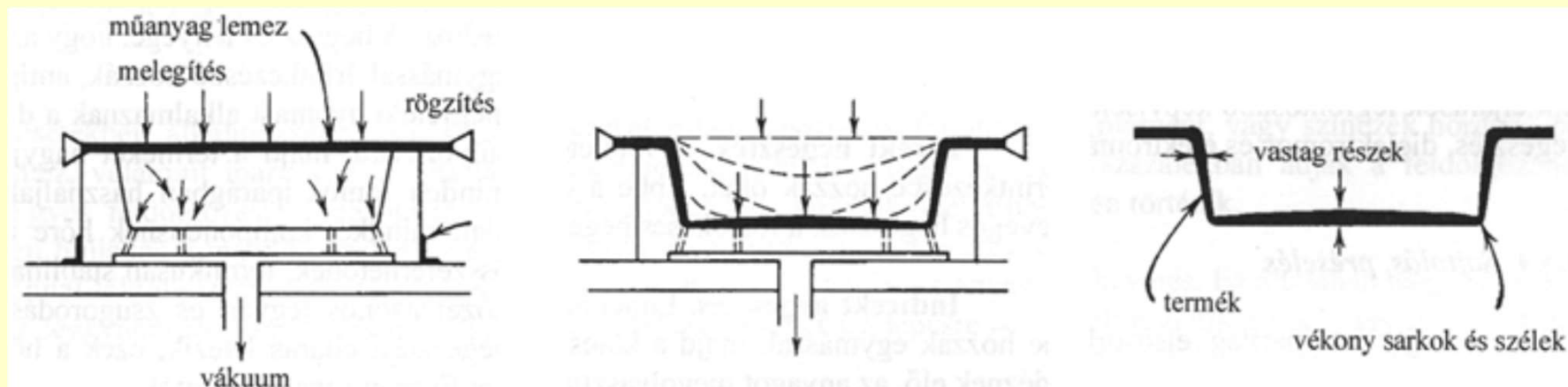
fröccsöntés



műanyag granulátum

Műanyag-feldolgozás

Nagyobb méretű tárgyak formázására gyakran használják vákuumformázást



A hőre keményedő műanyagok esetében a polikondenzációt jellemzően az adott tárgynak megfelelő formában végzik el (belesütik). Gyakran az alapanyagot olvasztható, vagy oldható állapotig előpolimerizálják és csak a végső térhálósítást végzik az adott formában.

Poliamidoknál tömböket, rudakat is képezhetnek, amelyből a tárgyak végső formáját a fémmegmunkáláshoz hasonlóan alakítják ki.

A feldolgozás környezetterhelése

Környezetszennyező források a műanyagok feldolgozása során:

- A polimer-feldolgozás zömében hőkezeléssel jár, így polimer bomlástermékek képződhetnek. A legtöbb monomer gázhalmazállapotú reakcióképes, mérgező, tűzveszélyes.
- A segédanyagok között szerepelnek oldószeres, lágyítók, stabilizátorok, töltő és erősítőanyagok, pigmentek, csúsztatók, antisztatikumok, habosítószeres stb, ezek illékony komponensei és bomlástermékei.

A műanyagok felhasználása

Nem jellemző, hogy a műanyagok felhasználásuk, alkalmazásuk során környezeti ártalmat okozzanak.

A műanyagok felhasználásának aránya évről-évre változik ugyan, de ez a változás nem nagymérvű.

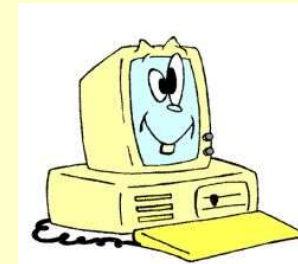
A legnagyobb felhasználó évek óta a csomagolás, és ezt követi az építőipar.

Az építőiparban világviszonylatban 25 Mt műanyagot használnak fel.

Tartósság! Kopás, UV fény – degradáció, „öregedés”

Műanyagok alkalmazása

- ◆ Csomagolás
- ◆ Közlekedés, járműipar
- ◆ Elektronika, számítástechnika
- ◆ Építőipar
- ◆ Mezőgazdaság
- ◆ Textilipar
- ◆ Gyógyászat
- ◆ Háztartás...



Műanyag hulladékok hasznosítása

A napjainkban évente gyártott többszáz millió tonna műanyag (adalékanyagokkal – lágyító-, töltő- és vázanyagokkal stb – megnövelt) mennyisége előbb-utóbb hulladékká válik.

A termelt műanyagok kb. egyharmadának (főleg a csomagolóanyagoknak) élettartama rövidebb egy évnél, más termékeknél 50-70 év is lehet.

A műanyagok, a megkívánt élettartam szempontjából három csoportba sorolhatók:

rövid élettartamúak ≤ 2 év

közepes élettartamúak 7 - 15 év

hosszú élettartamúak >25 év

A hosszabb élettartamú termékek sem jelentik a hulladék kérdés megoldását, legfeljebb csak elodázását.

A műanyag hulladékok általában biológiailag nem lebonthatók, nem komposztálhatók, s így a mezőgazdaságban sem hasznosíthatók. A talajba kerülő műanyag tárgyak a talaj művelésekor sok-sok év múlva is változatlanul fordulnak ki a földből.

A műanyag hulladékok felhalmozódásának elkerülése érdekében a műanyagok életútjának különböző fázisaiban képződő hulladékot célszerű szelektíven összegyűjteni, és hasznosítani.

A műanyag hulladékok hasznosításának eddig kialakult technológiái:
**a fizikai-mechanikai (reciklizáció),
kémiai (depolimerizáció, hidrolízis, hidrogénezés),
termikus (pirolízis, kohászat, égetés) eljárások.**

A reciklizáció és a termikus hasznosítás technológiai lépéseinek lényege a műanyag típustól függetlenül azonos.

A kémiai hasznosítás műanyag-specifikus.

Milyen műanyag hasznosítható újra?

Mit tehetünk a gyűjtőedénybe?

➤ **PET** Műanyag italospalackok (polietilén-tereftalát -- PET)
A kupak (polipropilén -- **PP**). Az összedarált anyag vizes mosása során sűrűségkülönbség alapján elválasztható.

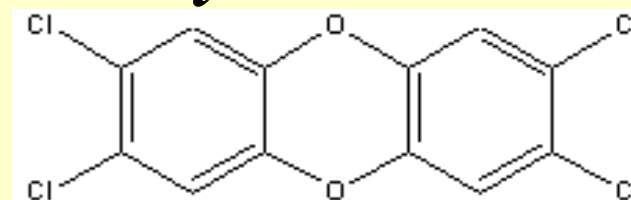
➤ Tejfölös- és joghurtospoharak, kitisztított flakonok (persze csak kiöblítve), anyaga polipropilén (**PP**), polietilén (**PE**) vagy polisztirol (**PS**).

➤ A tiszta műanyag fóliák, szatyrok (szintén **PE**) hasznosítása is megoldott.

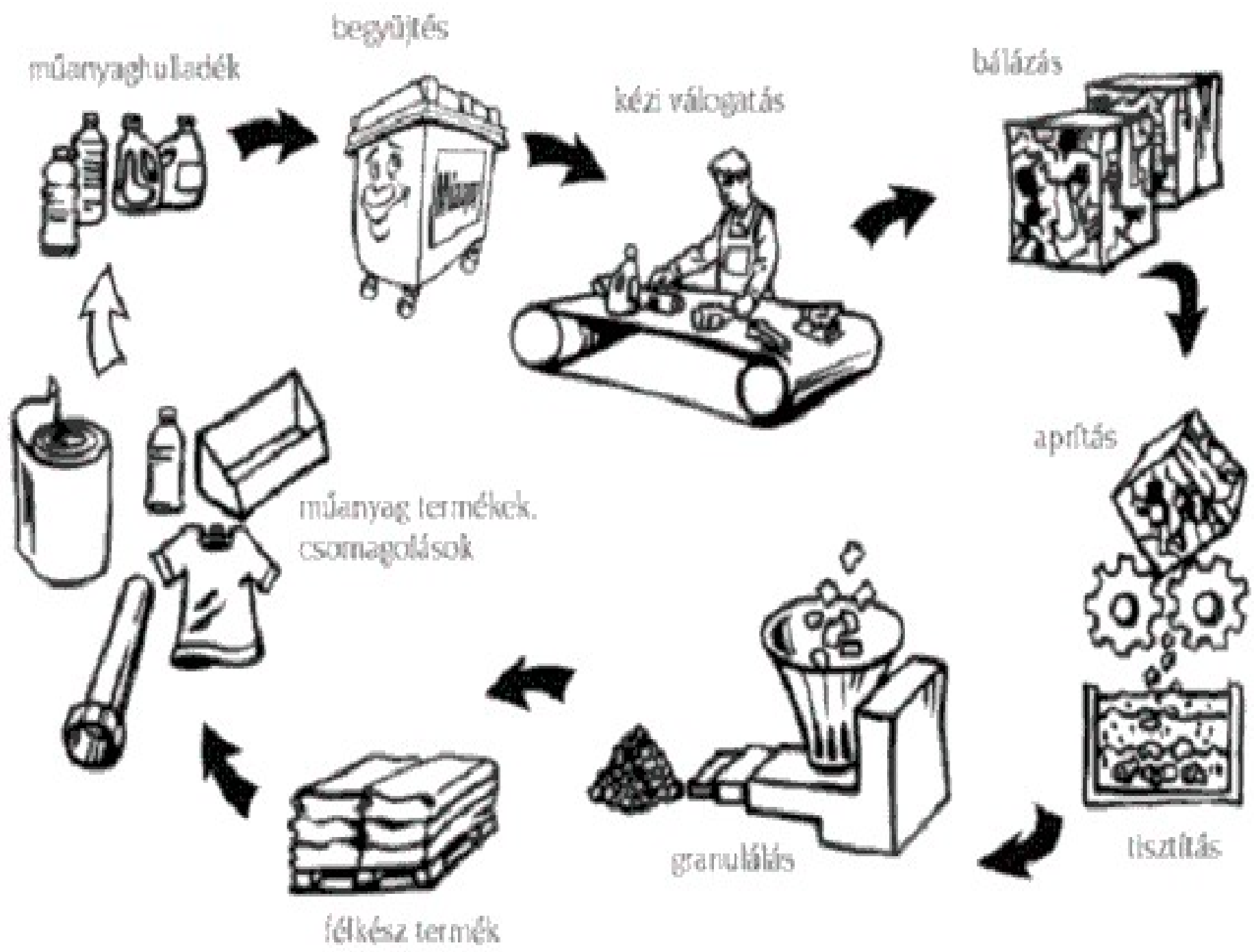
➤ Más típusú műanyagra azonban nincs kereslet és feldolgozókapacitás, ezért **PVC-t, kompaktlemezt (CD), műanyag játékokat ne dobjunk a gyűjtőedénybe!**

PVC égetéskor

dioxin keletkezhet:



Tetrachlorodioxin



PET palack gyűjtés



Egyetlen mozdulattal összepréselhetjük a PET palackot, így a hulladékgyűjtőben a tároló hely 95%-át megtakarítjuk.

BIOLÓGIAILAG BONTHATÓ POLIMEREK

CSOPORTOSÍTÁSUK:

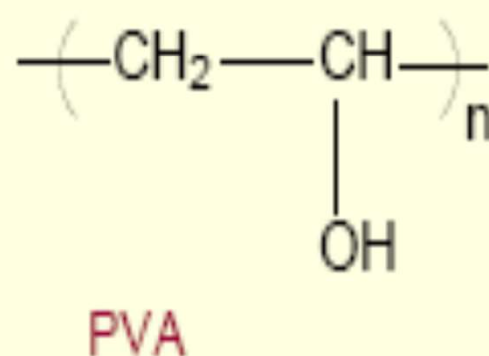
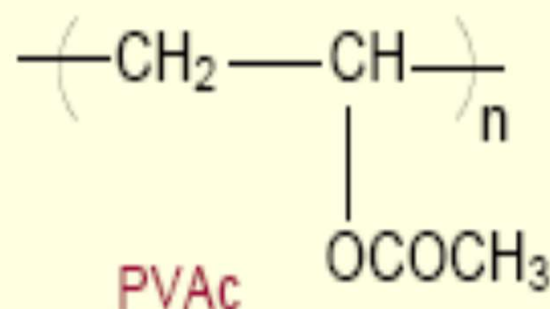
- **Természetes ill. bioszintetikus polimerek:** A számos bioszintetikus polimer közül műanyagipari jelentősége egyelőre még csak a poliszacharidoknak; ezen belül is a keményítőnek és a cellulóznak van.
- **Mesterségesen előállított biopolimerek:** Hagyományos polimer-kémiai, illetve enzimes úton szintetizált, nem kőolaj alapú, általában természetes nyersanyagforrásokra támaszkodó polimerek (pl. politejsav, polikaprolakton).
- **Mesterségesen előállított, társított biodegradálható anyagok:**
Kőolaj alapú, nagy mennyiségben gyártott polimerekből biológiailag lebomló polimerekkel való társítással, kopolimerizációval előállított, (esetleg csak részben) biodegradálódó anyagok.

Mesterségesen előállított biológiailag lebomló polimerek

Napjainkban egyre nagyobb jelentőségük van a mesterségesen előállított biológiailag lebomló polimereknek.

Ilyen polimerek a következők:

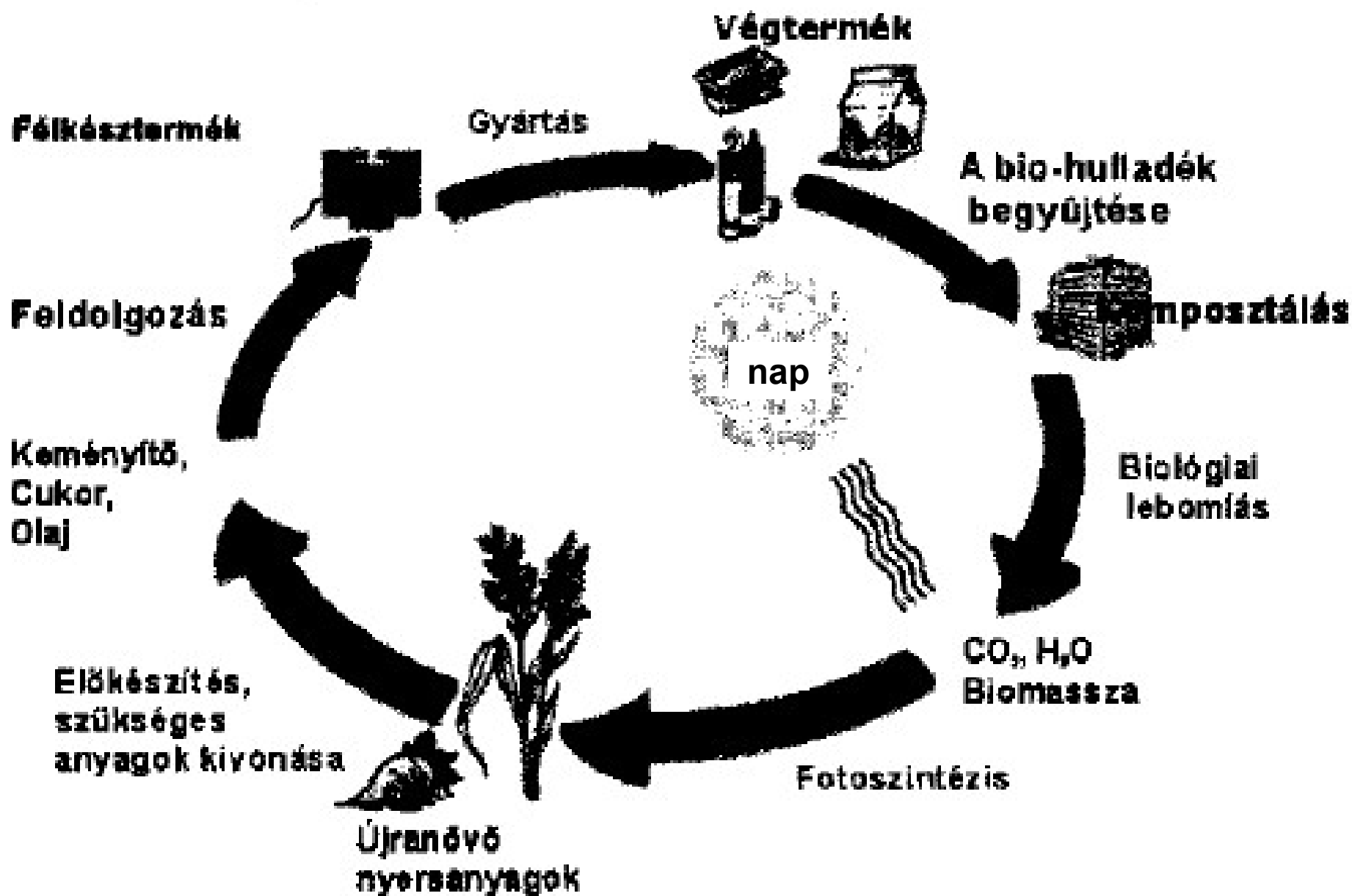
- alifás poliészterek, R-CO-O-R
- polivinil-észterek (pl. PVAc)
- polivinil-alkoholok (PVA)
- poliészter-amidok, R-CO-NH-R'
- polianhidridek, R-CO-O-CO-R'
- poliészter-uretánok, R-O-CO-NH-R'



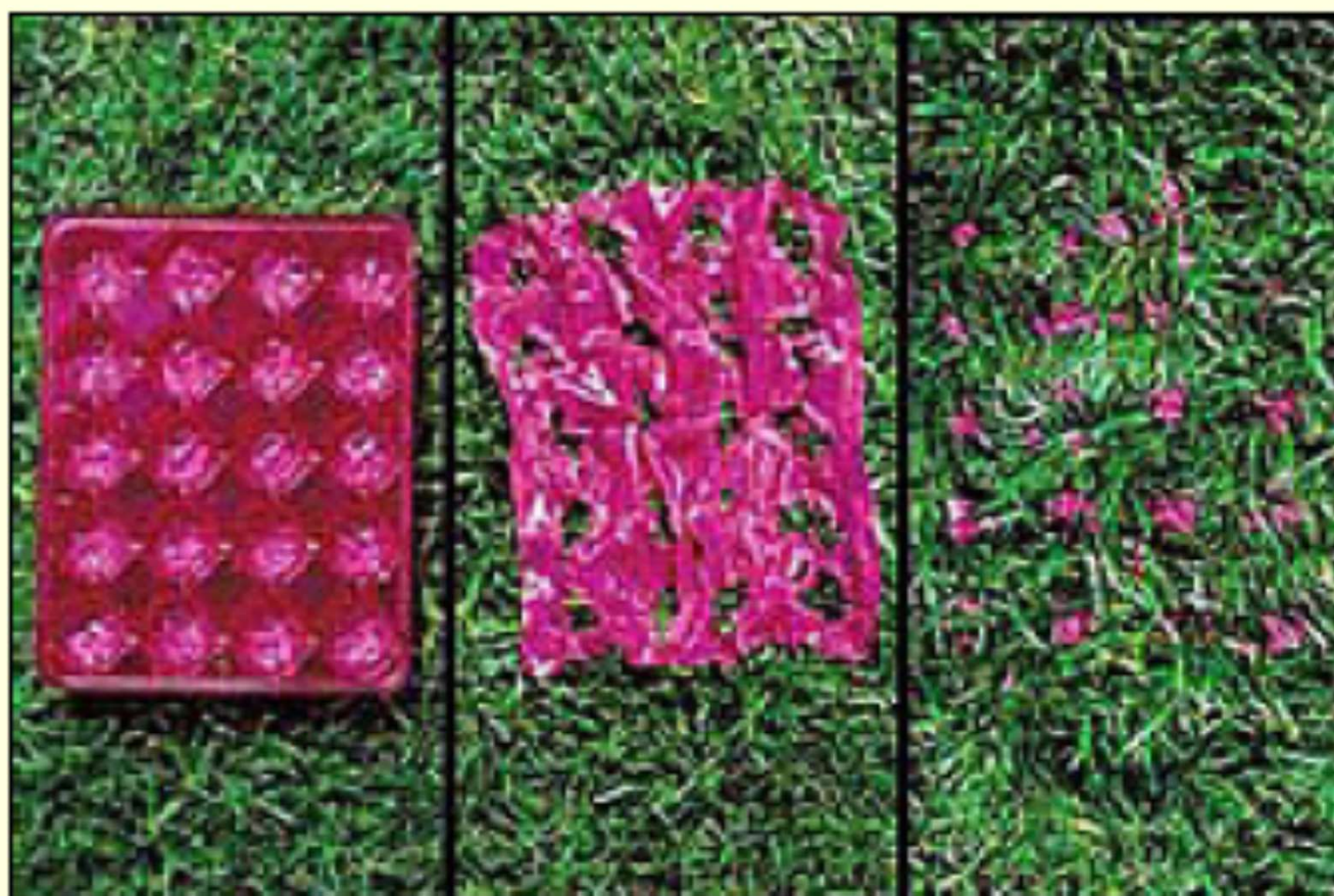
A biodegradálható műanyagok főbb felhasználási területei

| | |
|---------------------------|--|
| Csomagolás | hordtáskák; tasakok; szemetes zsákok; raklapok; fóliák; palackok; tégelyek; térkitöltő csomagolás; |
| Gyógyászat | gyógyszerhordozó kapszulák (szabályozott hatóanyag kibocsátás); mesterséges bőr és egyéb szövetek, szervek; felszívódó protézisek, implantátumok; sebkötöző anyagok; biodegradálódó varratok, kapcsok és egyéb rögzítők, sebészeti kellékek; |
| Fogyasztási cikkek | egészségügyi törülköző; pelenka; intim higiéniai termékek; takarító cikkek; eldobható evőeszközök; |
| Mezőgazdaság | műtrágyaszákok; fóliák; palántatartók; kötözőzsinórok; peszticid és herbicid szalagok, illetve adagolók; |
| Egyéb | vegyszerhordozók; bevonatok; vizek denitrifikációja; |

Körforgásos gazdálkodás biológiailag lebomló anyagokkal



Biológiai bomlás egy lebomló műanyagból készült termék esetében



Kukoricakeményítőből készült csomagolóanyag néhány hét alatt egyszerűen eltűnik: széndioxidra és vízre bomlik le.

Műanyag kukoricakeményítőből

Összetétel: kukoricakeményítő, kukorica terméscfal-örlemény, glicerín

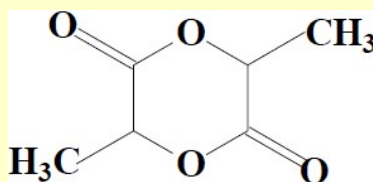
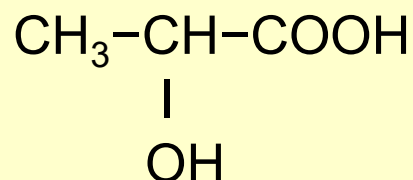
Szerkezet: A glicerín és a cellulóz hidroxilcsoportjai között kialakuló kötések térhálós polimert hoznak létre

Tulajdonságok: hőre lágyulnak, nagy szakítószilárdság, jó színezhetőség, formálhatóság, természetes úton lebomló, emészthető

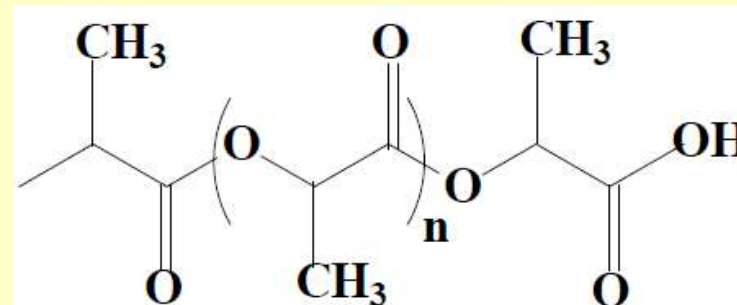
Felhasználás: kísérleti stádium, talajban elbomló virágcserepek

Recept: 32 g keményítő, 12 g kukorica terméscfal, 20 g glicerín keverékét összegyúrni, 160C°-on sajtolni, hűteni

Műanyag tejsavból



Laktid



Nagy molekulatömegű politejsav
($M_w > 100000$ g/mol)

Politejsav

Előállítás: a búzából, kukoricából és burgonyából kivont keményítőt hidrolizálják glükózzá, majd bioreaktorban erjesztik, ahol a tejsavbaktériumok tejsavvá alakítják

Szerkezet: a tejsavmolekulák gyűrűs formában dimerizálódnak kondenzációs folyamatban, majd a keletkező átmeneti termék polimerizálódik

Recept: 3 cm³ tejsavhoz melegítés közben adjunk késhegynyi kristályos ón(II)-kloridot és forrkövet! 5-10 perces lassú forralás után a kémcső tartalmát öntsük műanyag pohárba. Lehűlés közben szálakká húzható.

A szervezetben lebomló és szövetbarát műanyagok

- Több ezer éve is használtak pótló anyagokat az emberek testében: ókori Róma – urológiai katéter, Egyiptom – kaucsukban átitatott len sebkötöző, Aztékok – arany fogpótlás
- Megfigyelés: a II. világháborúban a sérült pilóták testében a műanyag forgácsok nem váltottak ki komolyabb immunreakciókat – implantációs anyagok kikísérletezése
- **sebvarró cérna**: *Vicryl*, 90% poliglikolsav, 10% L-tejsav kopolimere, amely elveszíti szakítószilárdságát, majd hidrolízissel alkotórészeire bomlik szét (5-10 hét)

- **Késleltetett oldódású tabletták:** A hatóanyag az emésztőrendszer megfelelő helyén kerülhet ki
- - a külső szilikon bevonat csak a gyomorban oldódik le
- - a belső hatóanyag-tartalom a lúgos vékonybélben képes felszívódni (pl. Kreon tablettá)
- **Testrészek pótlására** – szilikonok (orr, fül, pénisz, mell, arc, orr, szem, kontaktlencse)
- - a kovasavak és származékaik polikondenzációs termékei
- - nem nedvesednek, kémiai és hőhatásoknak ellenállnak, immunreakciókat nem váltanak ki
- **Gerincgyógyászat:** poliuretánok (Bryan-protézis)
- - a csigolyák közti porckorongok elkopásakor
- - alul-felül titán bevonat porózus – csontos benövés

- **Csont- és fogpótlás:** poliakrilsav-észterek (PMMA, plexi)
- - biológiai közömbösség
- **Fogtömő anyagok:**
- szobahőmérsékleten polimerizálódó ún. **önkötő akrilátok**
- A) polimer pora, katalizátor, színező anyagok
- B) monomert tartalmazó folyadék, stabilizátor, akcelerátor
- Összekeverve gyorsan szilárdul.
- Hátrány: pulpakárosító hatás, kis kopásállóság, nagy hőtágulás és zsugorodás – rossz széli záródás
- **Kompozíciós kötőanyagok** (kompozitok)
- A) szerves mátrix (metakrilátok)
- B) szervetlen töltőanyag (kvarc és alkálszilikátok)
- C) a kettőt összekapcsoló kötőanyag

- Fényre polimerizálódó kompozitok:
- - fotoiniciátort tartalmaznak, amely a fény hatására szétesik és beindítja a reakciót
- - első képviselők UV-re érzékenyek – szemkárosító-
ma már nem használják!
- - kb. 480 nm hullámhosszúságú fényre érzékeny
iniciátor – egypaszta rendszerű, a tömés azonnal
kidolgozható
- De: normál fényre is gyorsan polimerizál, és az
átvilágítás mélysége miatt csak rétegekben építhető
fel.

Műanyagok - vizsgakérdések

írásbeli - szóbeli

**Polietilén-, polipropilén-, polisztirol-, PVC-, gumigyártás
reakcióegyenletei**

Hőre lágyuló műanyagok gyártása és tulajdonságai.

Hőre keményedő műanyagok gyártása és tulajdonságai

A műanyaggyártás környezetterhelése

A műanyag-feldolgozás környezetterhelése

Műanyag hulladékok hasznosítási lehetőségei

Biológiailag bontható polimerek