



Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A3:Tvorba nových profesně zaměřených studijních programů

NPO_TUL_MSMT-16598/2022



Předmět: Řízení projektů

Přednáška č. 9: Polymery a recyklace

doc. Ing. Pavlína Hájková, Ph.D.

Cíl přednášky

Cílem přednášky je seznámit studenty se základními typy polymerů, jejich rozdělením, strukturou a výrobou. Podrobně se seznámí s termoplasty, reaktoplasty a elastomery. Věnovat se také budeme důležité otázce recyklace, jak fyzikální, tak chemické.

Technická keramika a její aplikace

1. Proč polymery
2. Použití polymerů
3. Co jsou polymery, základní pojmy
4. Rozdělení a výroba polymerů
5. Struktura polymerů
6. Termoplasty
7. Reaktoplasty
8. Elastomery
9. Recyklace

Polymery....



https://www.greenstore.cz/uploads/data/tasky-na-trideny-odpad-plasty-papir-sklo-sixtol_1.jpg

<https://www.lego.com/cdn/cs/set/assets/bltb357374dc682597e/10497.png>

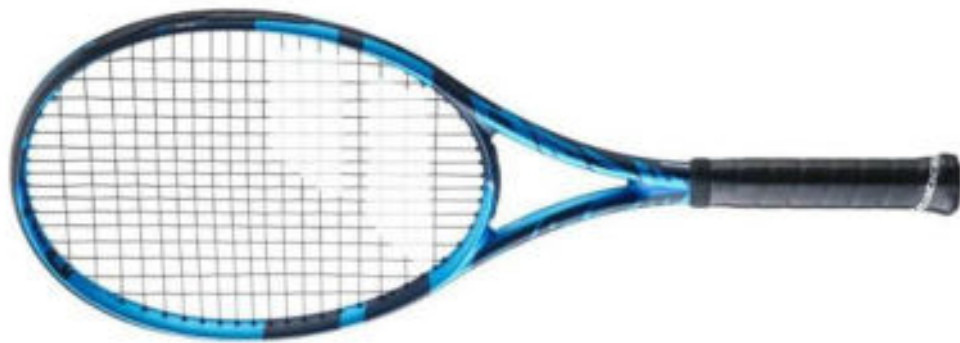
https://www.ikea.com/cz/cs/images/products/pruta-doza-na-potravinu-sada-17-ks-transparentni-zelena__0171912_pe316182_s5.jpg?f=m

<https://image.alza.cz/products/PVvi53/PVvi53.jpg?width=800&height=800>

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.obalcentrum.cz%2Fpet-lahve&psig=AOvVaw2s16Sao_vlunexz0kOrSje&ust=1696247697057000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CA8QjRxqFwoTCLCdm6DI

DFQAAAAAdAAAAABAG

Polymery....

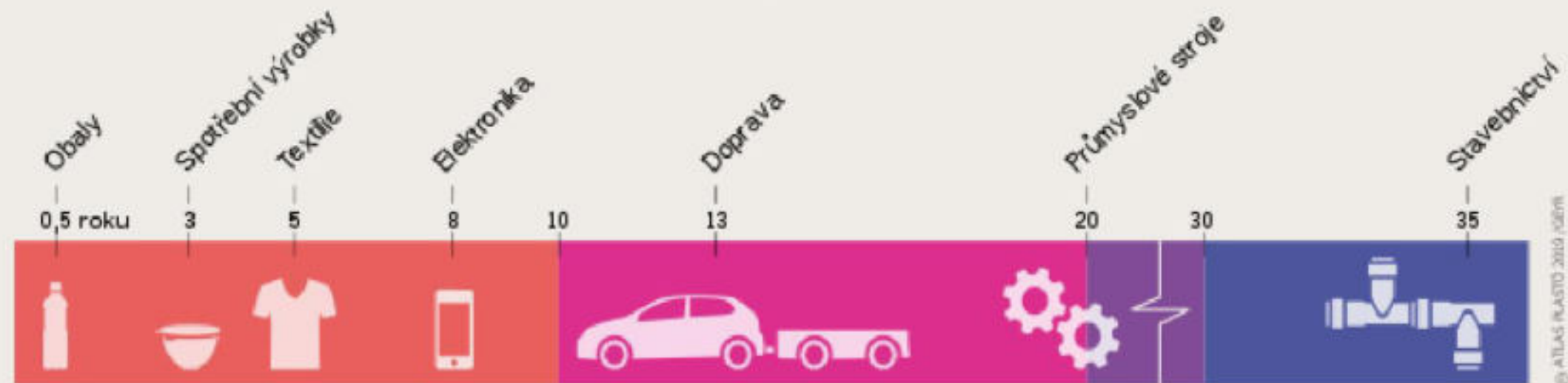


<https://www.lego.com/cdn/cs/set/assets/bltb357374dc682597e/10497.png>
<https://image.alza.cz/products/PVvi53/PVvi53.jpg?width=800&height=800>
<https://www.tenshop.cz/gallery/products/middle/90171.jpg>
https://www.f1budgetcap.com/uploads/large_F1_Carbon_fibre1_9f3747f7ef.png

Polymery....

ŽIVOT JE KRÁTKÝ

Průměrná doba použitelnosti různých plastových výrobků podle průmyslového sektoru (v letech)



Polymery.... ☹️



Použití polymerů

Plasty

- obalová technika
- stavebnictví
- strojírenství
- elektrotechnika, elektronika
- nábytkářství

PLAST = POLYMER
+
ADITIVA

Nátěrové hmoty

- film odborné polymery+ pigmenty+ plniva+ ředidla

Lepidla a tmely

- lepidla termoplastická a reaktivní

Vlákna

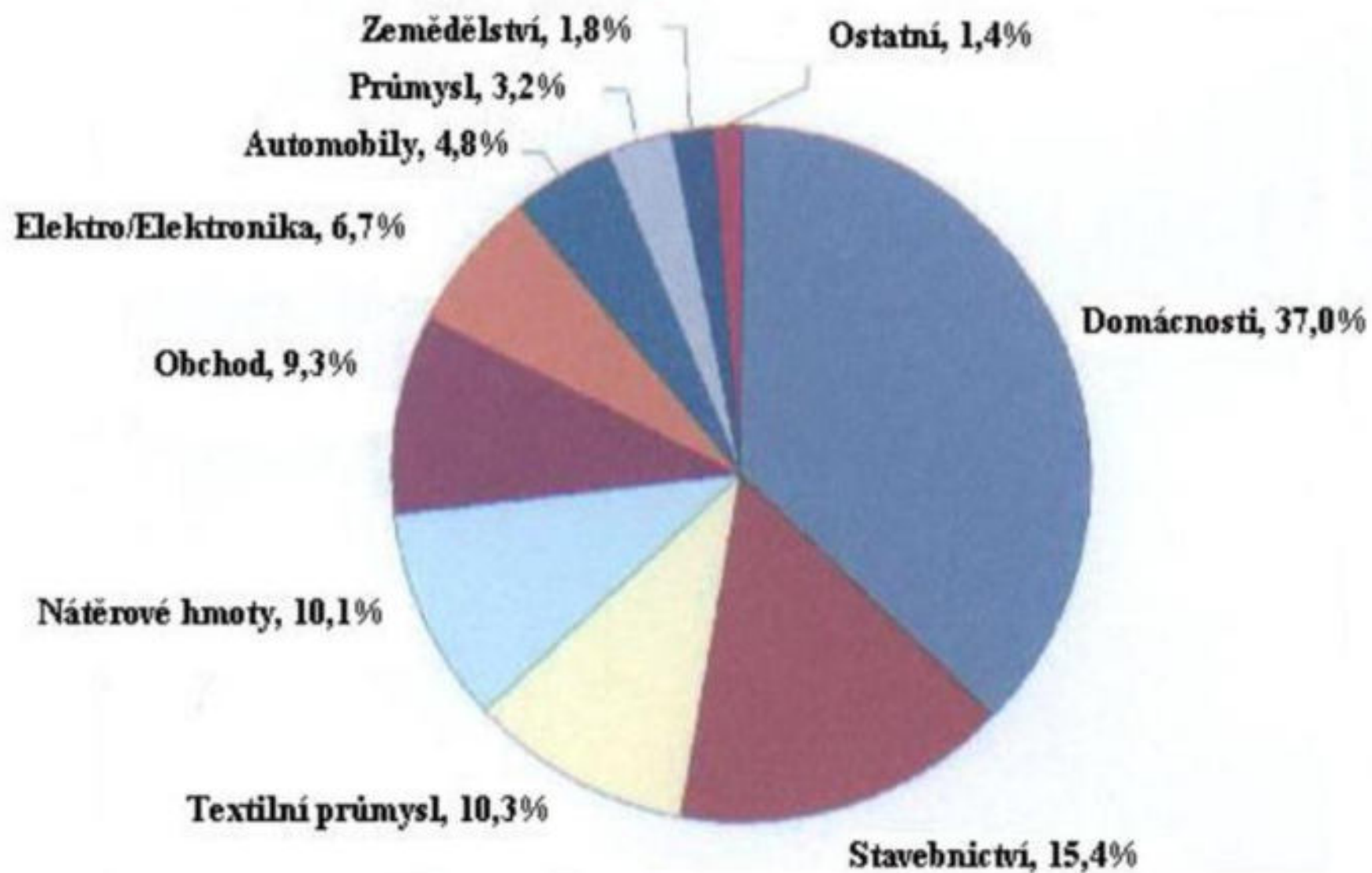
- přírodní, chemická

Kaučuky

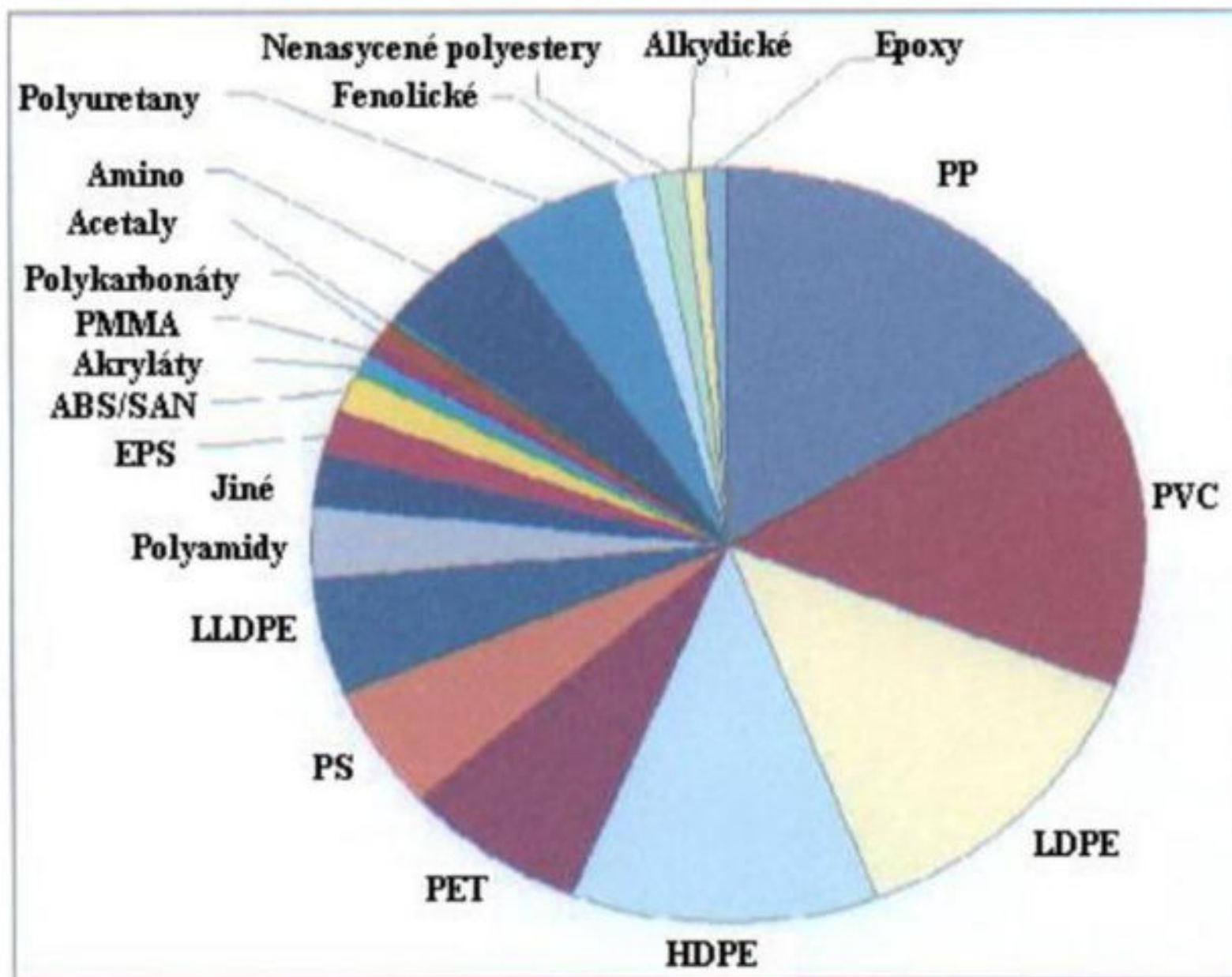
Vlastnosti polymerů

- Pevné nebo elastické
- Transparentní, průsvitné nebo neprůsvitné
- Tvrdé nebo měkké
- Odolné vůči povětrnostním vlivům nebo degradabilní
- Odolné vůči vyšší nebo nízké teplotě

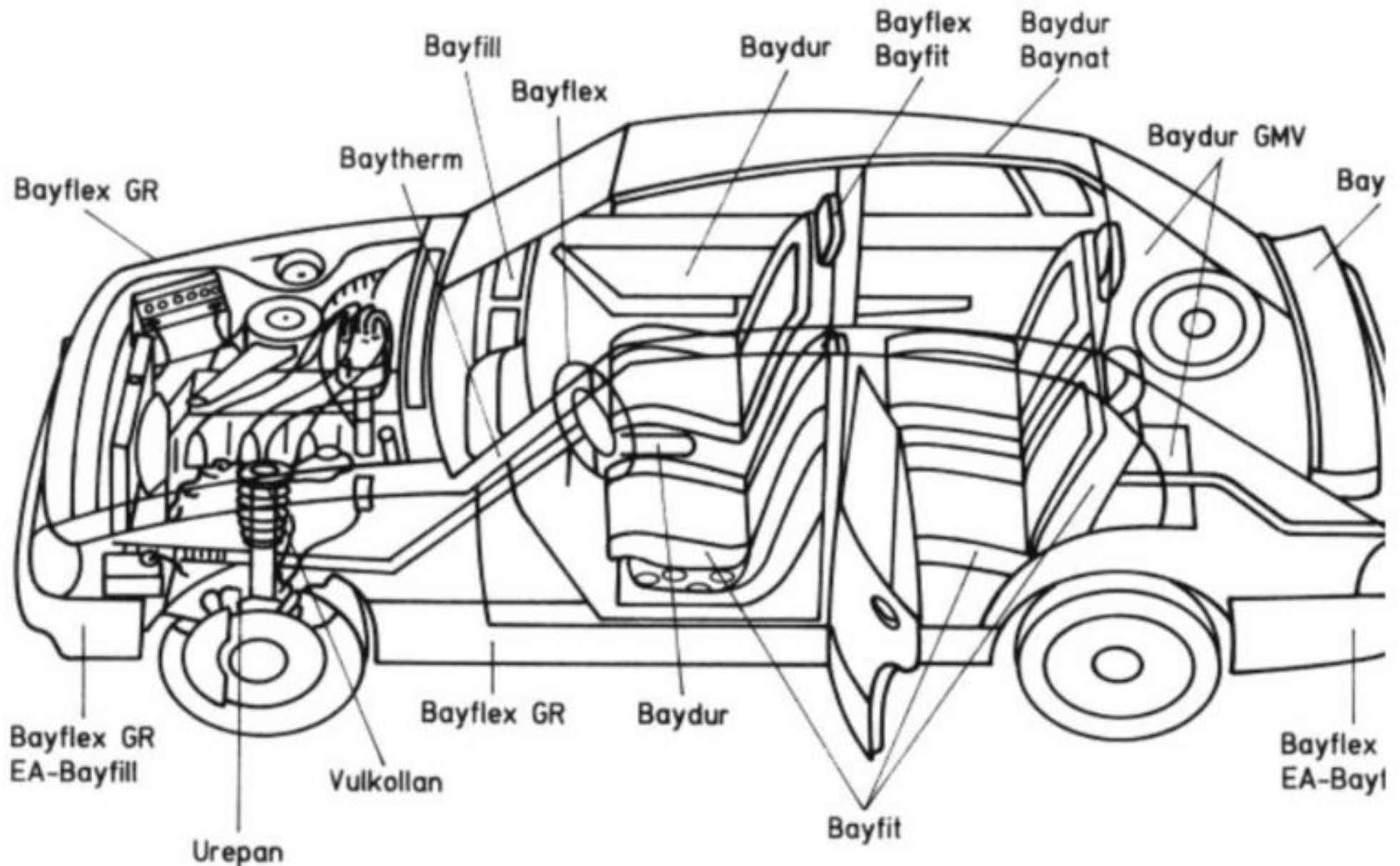
Použití polymerů



Použití polymerů



Použití polymerů – PUR v automobilech



Co jsou **poly**mersy?

Polymer je makromolekulární látka sestavená z molekul z jednoho nebo více druhů atomů nebo skupin spojených navzájem v tak velkém počtu, že řada fyzikálních a chemických vlastností této látky se nezmění přidáním nebo odebráním jedné nebo několika konstitučních jednotek.

- ✓ Od jiných materiálů je odlišuje řetězcová struktura jejich molekul
- ✓ Většina polymerů je syntetizována z monomerů, které jsou připravovány převážně z ropy.
- ✓ **Polymer** vzniká následným řazením **monomerů**
- ✓ Reakce probíhají za sebou – polyreakce.

Polymery obvykle vznikají

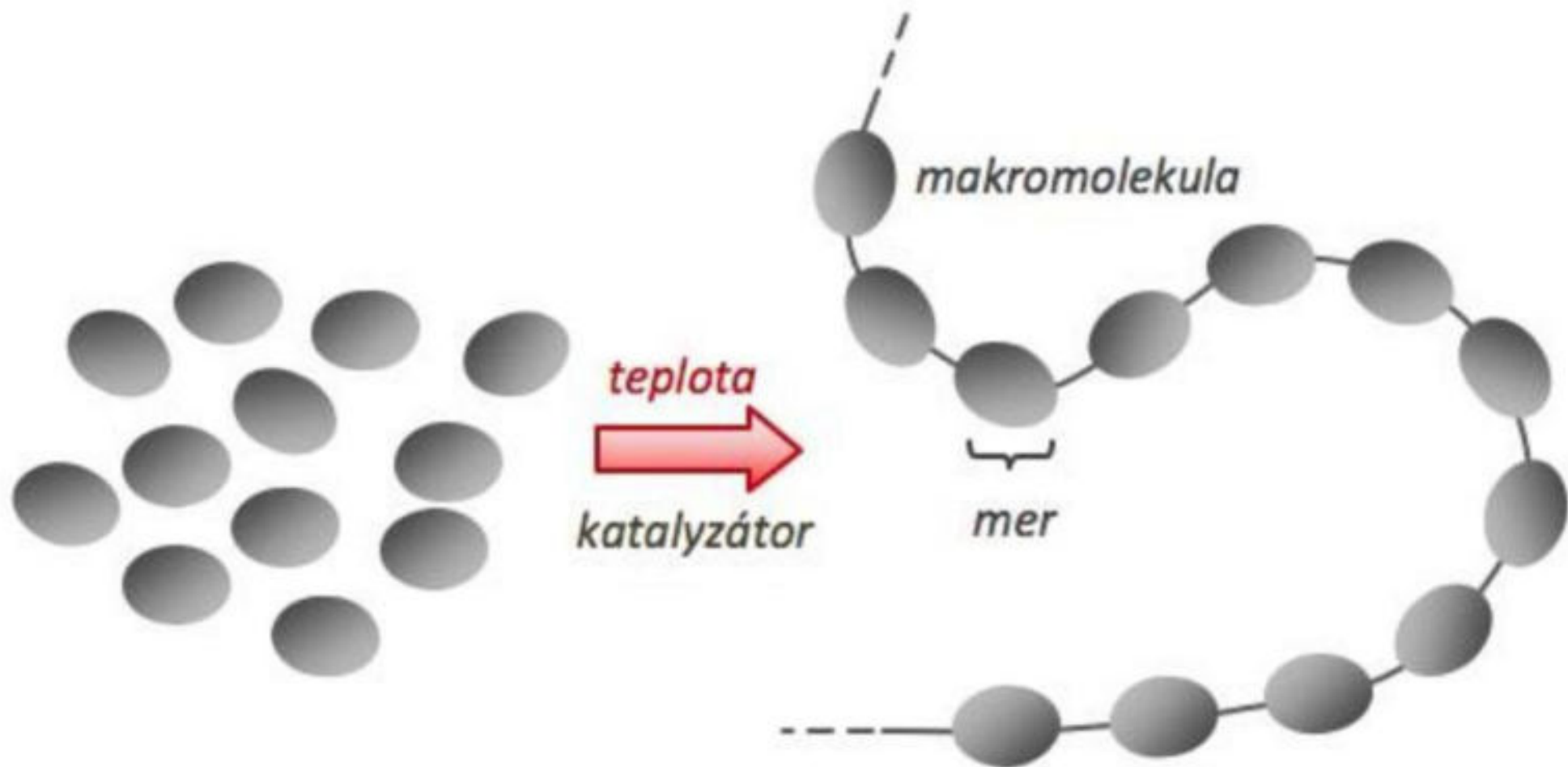
- **Polymerací**
- **Polyadicí**
- **Polykondenzací**

Monomer je skupina atomů, nízkomolekulární sloučenina, jejímž opakováním vzniká polymer.

- ✓ **Polymerní reakce - využití katalyzátorů!!!**

Co jsou polymery?

Polymer je makromolekulární látka sestavená z molekul z jednoho nebo více druhů atomů nebo skupin spojených navzájem v tak velkém počtu, že řada fyzikálních a chemických vlastností této látky se nezmění přidáním nebo odebráním jedné nebo několika konstitučních jednotek.

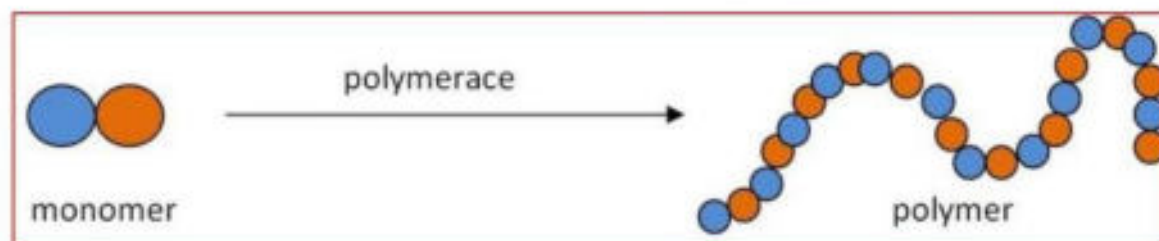
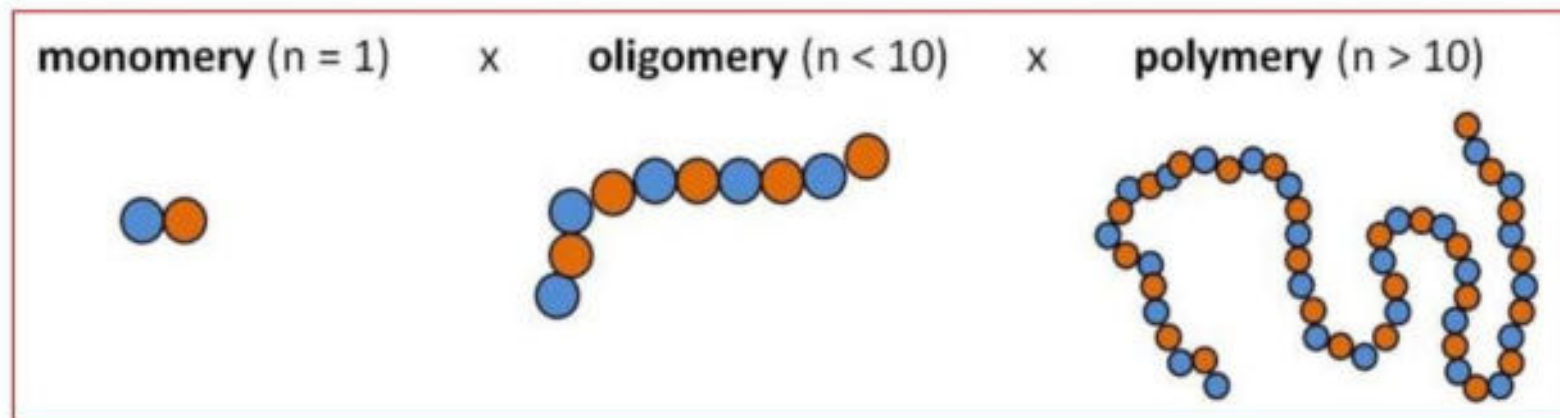


Názvosloví

- **Monomer** – molekula (*molekuly*) mající schopnost opakovaním reakce vytvářet lineární či větvenou makromolekulu či oligomer
- **Oligomer** – spojení 2 – 10 molekul (monomeru)
- **Makromolekula** – molekula vzniklá spojováním menších molekul (monomerů) ve velkou molekulu, > 10 jednotek monomeru
- **Polymer** – látka složená z makromolekul, látka bez aditiv

Správně řízení reakci

KATALYZÁTOR



Polymery základní pojmy

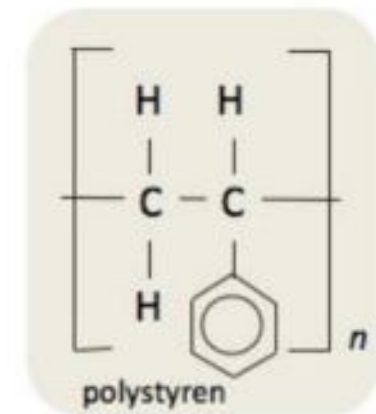
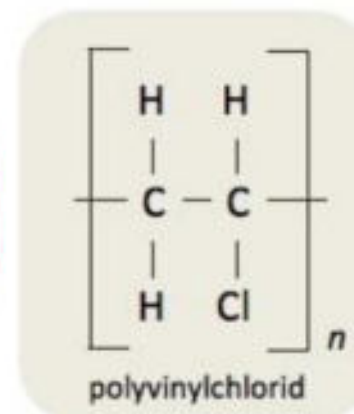
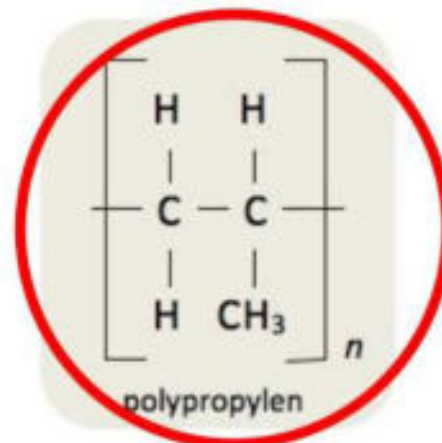
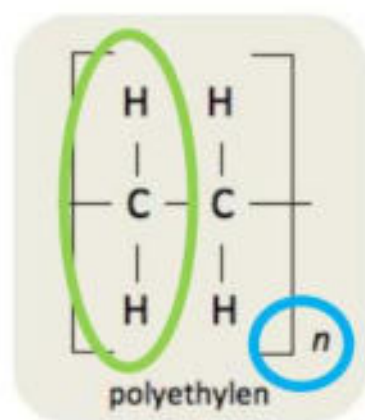
Polymerační stupeň n = počet strukturních jednotek, obsažených v jedné makromolekule

Strukturní jednotka = skupina atomů, které se opakují (CH_2)

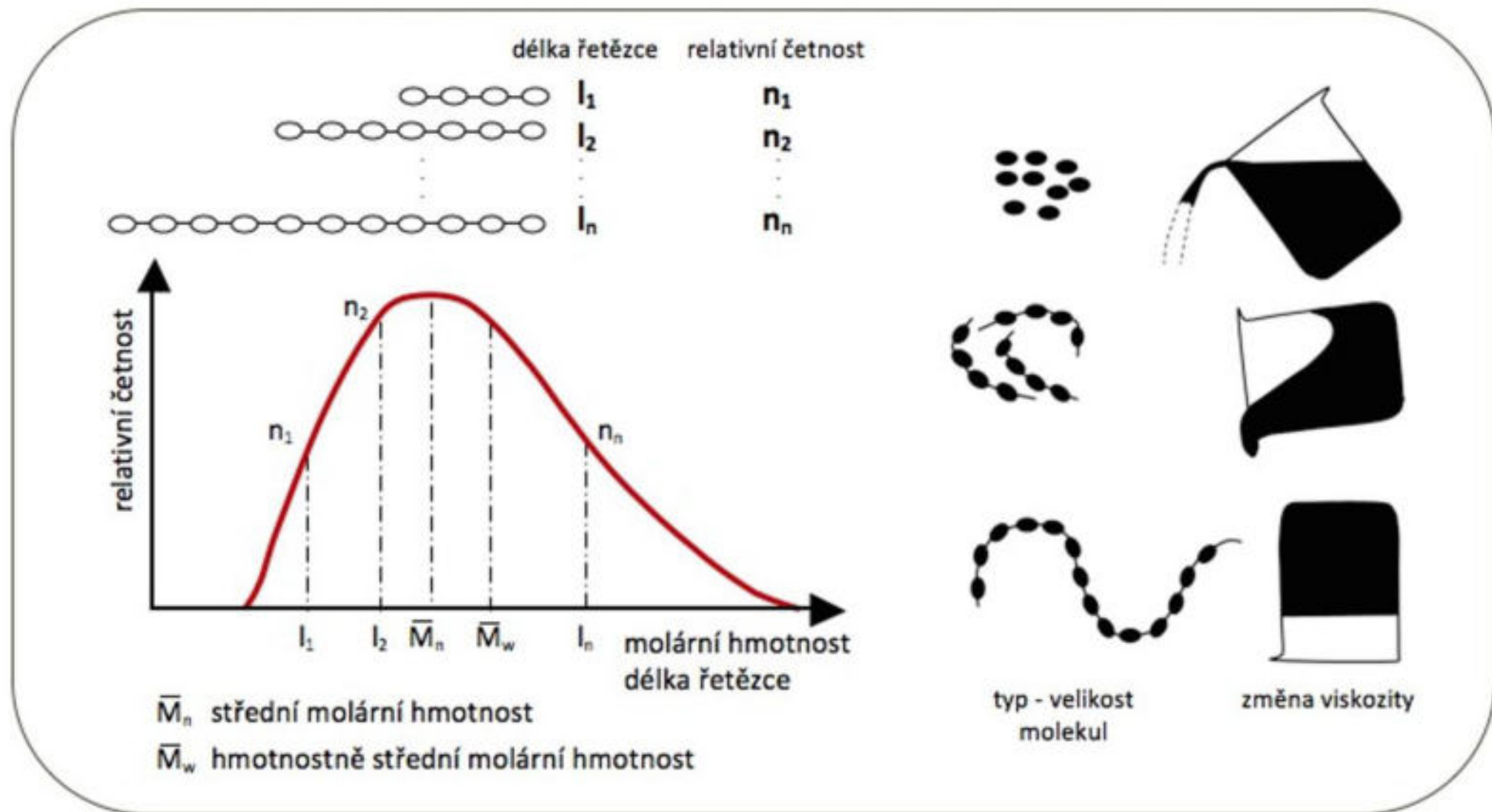
Stavební jednotka = monomer, jehož polyreakcí polymer vzniká

Molární hmotnost $M(\text{g/mol})$ patří k nejvýznamnějším strukturním charakteristikám.

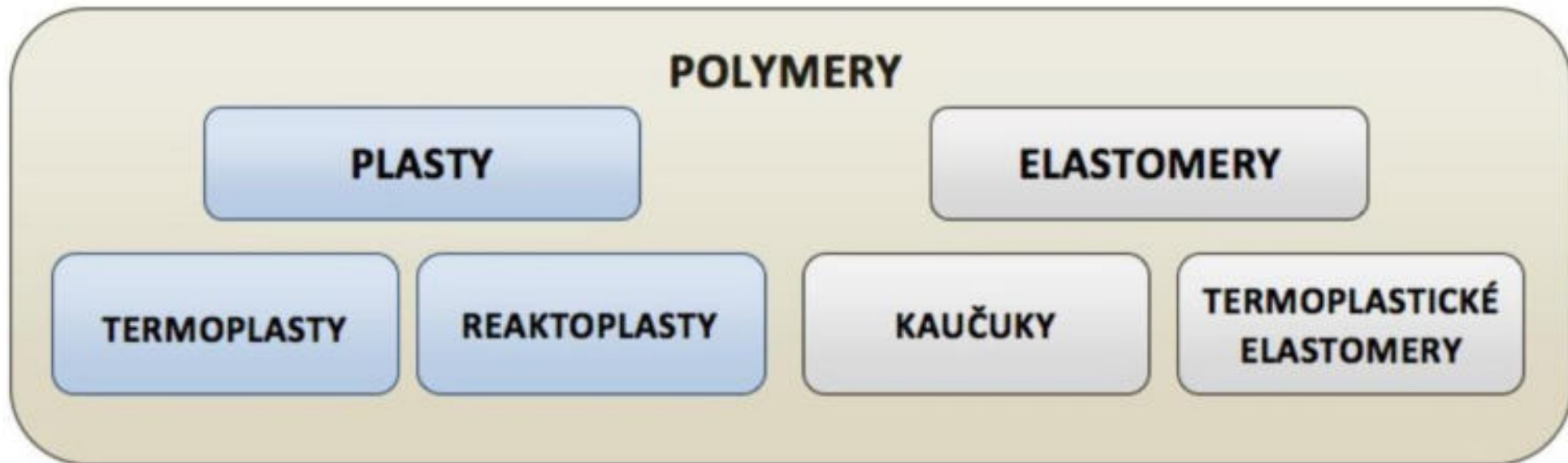
Polymery jsou tvořeny soubory makromolekul o různé velikosti molární hmotnosti $M(\text{g/mol})$ jsou tzv. polydisperzní. Tím se liší od nízkomolekulárních látek, u nichž jsou všechny molekuly stejně velké.



Polymery základní pojmy střední molární hmotnost



Dělení polymerů



ORGANICKÉ



ANORGANICKÉ



Amorfní
Semikrystalické

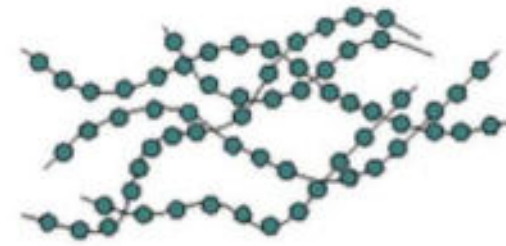
Syntetické
Přírodní

Dělení polymerů

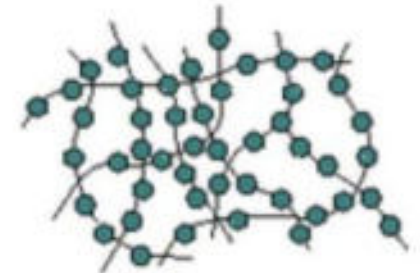
Termoplasty = mají schopnost **opakovaně ohřevem měknout** a ochlazením tuhnout v teplotním intervalu charakteristickém pro daný plast.

Reaktoplasty (termosety) = materiály, které mohou být převedeny **do netavitelného a nerozpustného** stavu účinkem tepla, záření nebo katalyzátoru. Při tomto pochodu se vytvářejí kovalentní příčné vazby mezi makromolekulami polymeru za vzniku struktury prostorové sítě. Pro síťování se v praxi používá pojem vytvrzování.

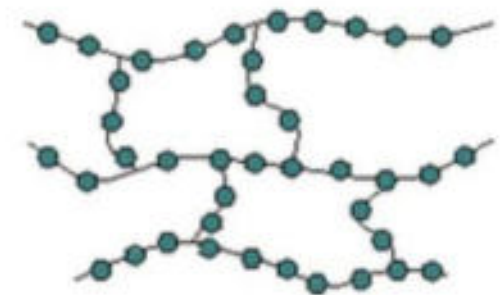
Elastomery – základní surovinou pro výrobu pryží jsou kaučuky - mají ve svých makromolekulárních řetězcích reaktivní místa (např. dvojná vazba), umožňující chemickou síťovací reakci (vulkanizaci). Vulkanizace probíhá při 150 °C až 200 °C za přítomnosti vulkanizačního činidla (např. síra) s nímž kaučuk spolu s dalšími přísadami (např. saze) tvoří kaučukovou směs. Při vulkanizaci se vytvářejí příčné vazby mezi původně lineárními makromolekulami kaučuku a plasticky tvárný kaučuk se mění na pryž, jejíž základní vlastností je schopnost velké elastické deformace při zatěžování v tahu (stovky %).



Thermoplastic



Thermoset

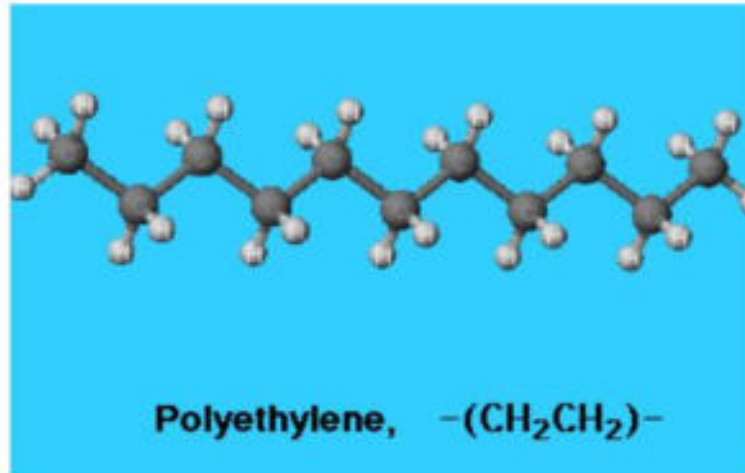


Elastomer

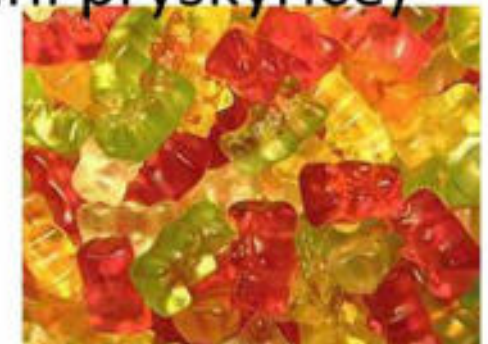


Dělení polymerů

Syntetické – ropa, v přírodě se nerozkládají, hlavní makromolekulární řetězec je tvořen jenom atomy C



Přírodní – polymery vznikají v přírodě biochemickými procesy, jejich výhodou je schopnost biodegradace – rozklad v přírodních podmínkách, podmínkou biodegradace je přítomnost atomů O, N, S v hlavním makromolekulárním řetězci (celulóza, želatina, přírodní pryskyřice)



<https://oenergetice.cz/wp-content/uploads/2015/02/Crude-Oil.jpg>

https://imageservice.production.denios.io/assets.production.denios.io/article/26866_2015040

[1-100537.jpg/inside:900x0.webp](https://imageservice.production.denios.io/assets.production.denios.io/article/26866_2015040_1-100537.jpg/inside:900x0.webp)

https://eluc.ikap.cz/uploads/images/13842/content_Gummy_bears.jpg

Struktura polymerů

Amorfní

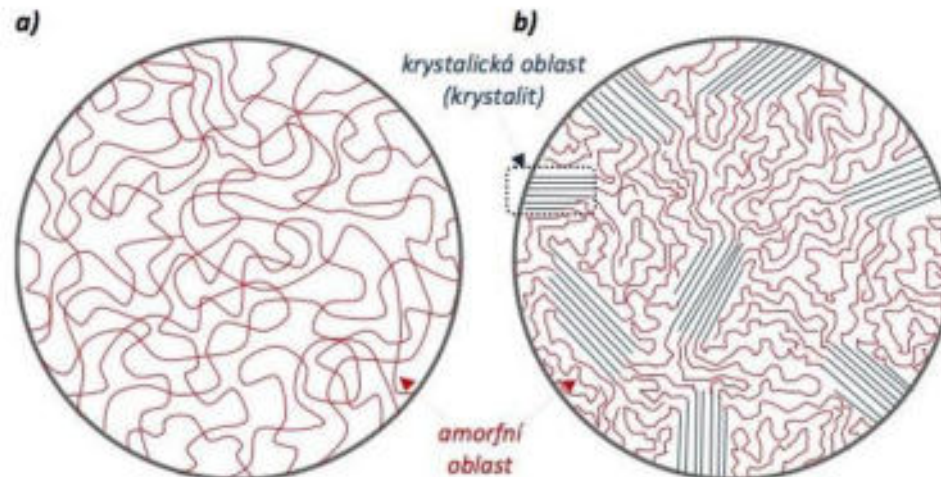
neuspořádaná struktura -
makromolekuly zauímají zcela
nahodilou pozici

- **průhledné**
- tvrdé a křehké
- malá tažnost
- vysoká pevnost
- dobře rozpustné v
organických rozpouštědlech
PS, PMMA, PC

Semikrystalické

určitý stupeň uspořádané struktury
vzniká krystalická struktura tím snadněji, čím je
molekula symetričtější, řetězce hladší a
pravidelnější

- **mléčně zakalené až bílé**
- houževnaté
- vysoká tažnost
- pevnost se zvyšuje s rostoucí krystalinitou
- v org. rozp. se rozpouštějí špatně nebo vůbec
- PE, PP, PA



Struktura polymerů

Semikrystalické

uspořádaná struktura vzniká krystalická struktura tím snadněji, čím je molekula symetričtější, řetězce hladší a pravidelnější

- **mléčně zakalené až bílé**
- houževnaté
- vysoká tažnost
- pevnost se zvyšuje s rostoucí krystalinitou
- v org. rozp. se rozpouštějí špatně nebo vůbec
- PE, PP, PA



https://res.cloudinary.com/sternwald-systems/image/upload/v1/hugopr/BILD/0023F116_04BD282C96DE/e8ebc2f22b2099931b41e7cef5f13c721a45871b

Amorfní

neuspořádaná struktura

- **průhledné**
- tvrdé a křehké
- malá tažnost
- vysoká pevnost
- dobře rozpustné v organických rozpouštědlech PS, PMMA, PC



https://plantagreenhouses.com/cdn/shop/files/25mm-3wall-clear_1_1.jpg?v=1688390186

Fyzikální vlastnosti polymerů

Značně závislé na obsahu vlhkosti

s vyšším obsahem vlhkosti klesá pevnost, tuhost a naopak se zvyšuje tažnost a rázová houževnatost

POLÁRNÍ náchylné k navlhání

polymery obsahující silně elektronegativní prvky, jako je: kyslík –O, dusík –N, chlor –Cl, křemík –Si a další, v důsledku nichž vzniká v makromolekule elektrický dipól, tedy soustava nábojů o stejné velikosti, opačného znamení (+) a (-), který podmiňuje vznik dipólového momentu a přitažlivých sil.

polykarbonát (PC), polyamidy (PA), fenol-formaldehydové pryskyřice (PF), kaučuky



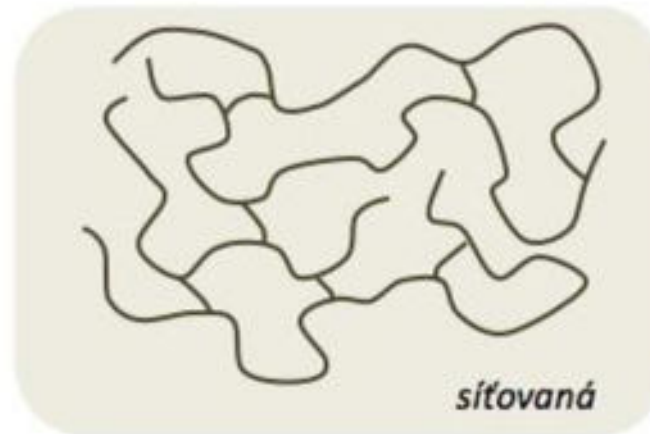
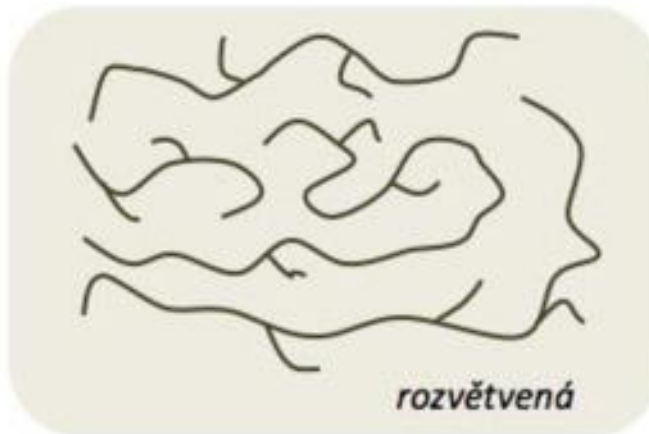
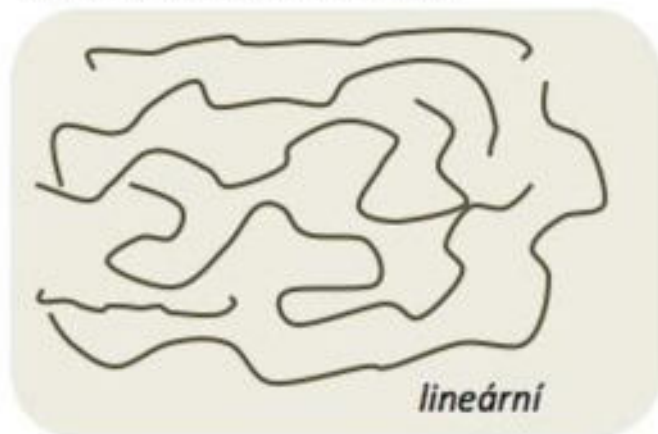
NEPOLÁRNÍ

nemají elektrický dipól, náboje jsou rozloženy symetricky.

polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS) a polytetrafluorethylen (PTFE)

Molekulární struktura polymerů

- Makromolekulární sítě vznikají spojováním lineárních nebo rozvětvených makromolekul, které obsahují dosud nevyčerpaná vazebná místa.



LINEÁRNÍ

- vyšší hustota materiálu
- vyšší pevnost
- vyšší modul pružnosti
- nižší tažnost
- vyšší teplotní odolnost
- dobrá tekutost taveniny
- snadná krystalizace

ROZVĚTVENÉ

- nižší hustota materiálu
- nižší pevnost
- nižší modul pružnosti
- vyšší tažnost
- nižší teplotní odolnost
- nižší tekutost taveniny
- nižší schopnost krystalizace

SESÍŤOVANÉ

- Vlastnosti závisí na hustotě sítě. S vyšší hustotou sítě se materiál vyznačuje zpravidla:*
- vysokou pevností
 - vysokým modulem pružnosti
 - vysokou teplotní odolností
 - velmi nízkou tažností

Teplota použití polymerů

T_g = teplota přeměny sklovitého stavu na gumovitou (teplota skelného přechodu)

T_m = teplota přeměny krystalického stavu na amorfní (teplota tání)

- Amorfní polymery jsou použitelné do teploty skelného přechodu T_g
 - Krystalické do teploty tání T_m
- to jsou však teoretické hranice, z praktických důvodů se teploty volí s ohledem k mechanickému namáhání a spolehlivé funkci součásti
- amorfní: $T_g - (10^\circ \text{C až } 20^\circ \text{C})$
- semikrystalické: $T_m - (20^\circ \text{C až } 40^\circ \text{C})$

	Polymer	Zkratka	Mezní teplota [°C]
Termoplast	Polyvinylacetát	PVAC	35
	Neměkčený polyvinylchlorid	PVC-U	60
	Vysokohustotní polyethylen	PE-HD	75
	Standardní polystyren	PS-GP	80
	Polyamidy	PA	80 + 120
	Polyoxymethylen	POM	90
	Polymethylmethakrylát	PMMA	90
	Polypropylen	PP	100
	Polybutylentereftalát	PBT	100
	Polykarbonát	PC	135
	Polytetrafluorethylen	PTFE	250
Reakto- plast	Aminoplasty		80 + 140
	Fenoplasty		100 + 150
	Epoxidové pryskyřice	EP	100 + 150
Vulkanizovaný elastomer	Přírodní kaučuk	NR	70
	Butadienový kaučuk	BR	80
	Butadien-styrenový kaučuk	SBR	80
	Chloroprenový kaučuk	CR	90
	Ethylen-propylenový kaučuk	EPM	120 + 140
	Akrylátový kaučuk	ACM	150 + 180
	Silikonové kaučuky	Q	180 + 200
	Fluorouhlíkový kaučuk	CFM	200 + 230

TERMOPLASTY

Typy termoplastů



PET



PE-HD



PVC



PE-LD



PP



PS



ostatní

Polyolefiny

Fluoroplasty

Vinylové plasty

Styrenové plasty

Akrylátové plasty

Polyestery

Polykarbonáty

Acetátové plasty

Polyamidy



73 % z celkového objemu výroby představuje jen 5 druhů plastů a to:

- ***polyethylen*** (PE),
- ***polypropylen*** (PP),
- ***polyvinylchlorid*** (PVC),
- ***polystyren*** (PS)
- ***polyethylentereftalát (PET)***.

Typy termoplastů

Polyolefiny



Fluoroplasty

Vinylové plasty

Styrenové plasty

Akrylátové plasty

Polyestery

Polykarbonáty

Acetátové plasty

Polyamidy

největší skupina - vznikají polymerací **uhlovodíků tzv. olefinů** (neboli alkenů), obsahující v molekulách jednu dvojnou vazbu

Mezi polyolefiny patří termoplasty i kaučuky. Nejznámějšími termoplasty jsou **polyethylen (PE) a polypropylen (PP)**. Syntetickým kaučukem z této skupiny je např. *polyisobutylen (PIB)*.

PE - Polyethylen



- semikrystalický termoplast
- **nepolární** = nenavlhavý plast
- **odolný polárním rozpouštědlům**, vodě, kyselinám, zásadám a solím
- výborné elektroizolační a dielektrické vlastnosti
- hustota menší než voda
- pevnostní charakteristiky jsou nejnižší ze všech termoplastů - nepoužívá se pro konstrukční aplikace.
- vykazuje značný kríp, ale odolnost proti rázovému namáhání je vynikající i za mrazu.
- **stále max. do 75 °C**
- **velmi citlivé na UV záření**
- vysoce hořlavé (ale nevznikají škodlivé látky ŽP)



PE - Polyethylen



dle tvaru makromolekul:

- vysokohustotní polyethylen (PE-HD) lineární,
- nízkohustotní polyethylen (PE-LD). rozvětvený,
polyethylenem s maximální molekulovou hmotností (PE-UHMW).

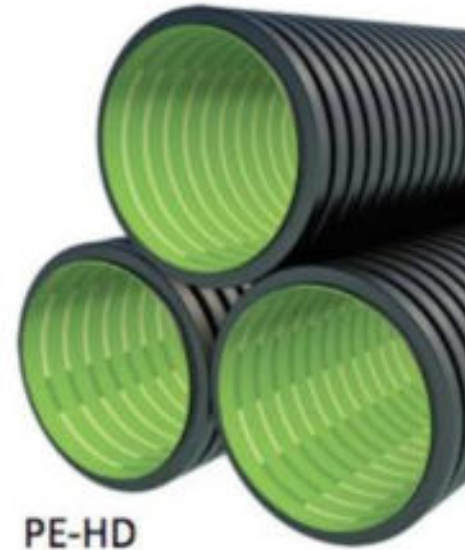
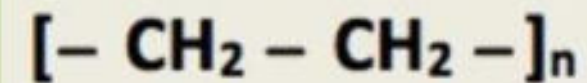


Polyethylen	Zkratka	Stupeň krystalinity [%]	Hustota [g/cm ³]	Teplota tání [°C]	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]
Vysokohustotní polyethylen	PE-HD	65 ÷ 90	0,940÷0,960	130÷135	700÷1400	18 ÷ 35
Nízkohustotní polyethylen	PE-LD	50 ÷ 70	0,914÷0,928	105÷115	200÷500	8 ÷ 23

Aplikace - nejrozšířenější obalový materiál

izolační pláště kabelů, potrubí pro zavlažovací systémy, fólie, tašky, pytle, lahvičky, ohebná víka (PE-LD), kanystry, nádoby, přepravky, vlnovce, potrubí pro rozvod plynů a vody, pro nádržky na brzdovou kapalinu nebo na tekutinu pro ostříkovače (PE-HD), pro extruzní povrstvování papíru, kartonu a hliníkových fólií (tetrapak, pytle na cement), nádrže na dešťovou vodu nebo žumpy (PE-LLD) apod. Polyethylen typu PE-UHMW je vzhledem k jeho vynikajícím kluzným vlastnostem používán pro kluzná vedení, pluhové radlice, ložiska apod.

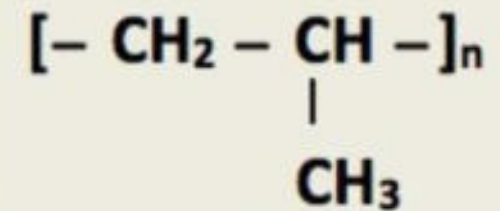
PE - Polyethylen



Aplikace - nejrozšířenější obalový materiál

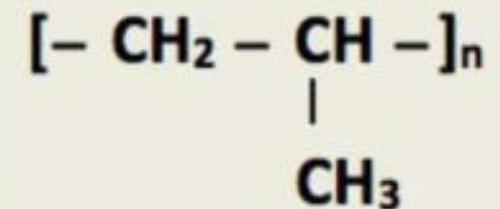
izolační pláště kabelů, potrubí pro zavlažovací systémy, fólie, tašky, pytle, lahvičky, ohebná víka (PE-LD), kanystry, nádoby, přepravky, vlnovce, potrubí pro rozvod plynů a vody, pro nádržky na brzdovou kapalinu nebo na tekutinu pro ostřikovače (PE-HD), pro extruzní povrstvování papíru, kartonu a hliníkových fólií (tetrapak, pytle na cement), nádrže na dešťovou vodu nebo žumpy (PE-LLD) apod. Polyethylen typu PE-UHMW je vzhledem k jeho vynikajícím kluzným vlastnostem používán pro kluzná vedení, pluhové radlice, ložiska apod.

PP - Polypropylen



- semikrystalický termoplast
- **nepolární** = nenavlhavý plast
- **odolný polárním rozpouštědlům**, vodě, kyselinám, zásadám a solím
- hustota (menší než voda) je nejnižší ze všech nelehčených plastů
- **velmi citlivé na UV záření** - - stabilizuje se 2,5 %sazí
- hořlavý plast
- **vlastnostmi se PP blíží HDPE**
 - má lepší tvarovou stálost za zvýšených teplot (dlouhodobě až 100 °C)
 - menší odolnost mrazu než HDPE
 - **má vyšší pevnost, tuhost, tvrdost a odolnost proti oděru**
 - lépe odolává vzniku napěťových trhlinek než polyethylen

PP - Polypropylen



Vlastnosti polypropylenu (PP) v závislosti na prostorovém uspořádání substituentů v makromolekule - **izotakticitě**

Polypropylen	Stupeň krystalinity [%]	Hustota [g/cm ³]	Teplota tání [°C]	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]
Izotaktický	60 + 70	0,905 + 0,920	160 + 176	1100 + 1500	34 + 38

Aplikace

spotřební průmysl - fólie, misky a jiné obalové materiály, vlákna (např. pro koberce)

lahve a další duté předměty.

součásti strojů a přístrojů ve strojírenství

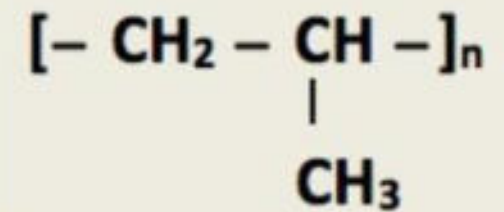
součástí kuchyňských přístrojů

automobily - nárazníky, díly klimajednotek, trubky, vodních armatury, spoilery, reflektory, mřížky chladiče, skříně akumulátorů, vrtule ventilátorů,

kanalizačních systémů, nádrže, septiky, čističky, bazény u domků, ač pro venkovní aplikace není vhodný.

injekčních stříkačky a další zdravotnická technika

PP - Polypropylen



Aplikace

spotřební průmysl - fólie, misky a jiné obalové materiály,
vlákna (např. pro koberce)
lahve a další duté předměty.

součásti strojů a přístrojů ve strojírenství
součástí kuchyňských přístrojů

automobily - nárazníky, díly klimajednotek, trubky, vodních armatury, spoilery,
reflektory, mřížky chladiče, skříně akumulátorů, vrtule ventilátorů,
kanalizačních systémy, nádrže, septiky, čističky, bazény u domků, ač pro venkovní
aplikace není vhodný.

injekčních stříkačky a další zdravotnická technika



Typy termoplastů

Polyolefiny

Fluoroplasty



Vinylové plasty

Styrenové plasty

Akrylátové plasty

Polyestery

Polykarbonáty

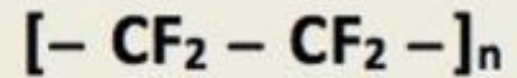
Acetátové plasty

Polyamidy

Ize strukturně porovnávat s polyolefiny. V jejich makromolekulách jsou vodíkové atomy nahrazeny atomy fluoru. největší objem produkce (ca. 70 %) **polytetrafluorethylen (PTFE)**, který je znám pod obchodním označením Teflon původního výrobce (DuPont).

<https://publi.cz/books/180/18.html>

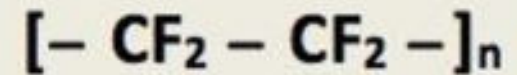
Polytetrafluorethylen (PTFE)



- nepolární, semikrystalický lineární termoplast
- výborné elektroizolační vlastnosti.
- Mají velmi vysoký stupeň krystalinity, avšak pevnosti poměrně nízké
- má **značný kríp** ($T_g = -80 \text{ }^\circ\text{C}$).
- **vynikající odolnost vůči chemikáliím a vysokým teplotám** (krátkodobě až $300 \text{ }^\circ\text{C}$, dlouhodobě $250 \text{ }^\circ\text{C}$)
- **Nehořlavý**
- chemickou odolností předčí vzácné kovy, sklo, korozivzdorné oceli, smalty apod.
- **velmi nízký koeficient tření.**

Stupeň krystalinity [%]	Hustota [g/cm^3]	Teplota tání [$^\circ\text{C}$]	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]
až 95	2,15 + 2,30	328	400	25 + 36

Polytetrafluorethylen (PTFE)



Aplikace:

- Jedinečné chemické, tepelné, elektroizolační a kluzné vlastnosti učinily tento typ plastu užitečným v mnoha aplikacích.
- Samomazná ložiska
- V domácnostech - teflonové pánve
- Ochrana kovových povrchů nástrojů, nádrží a potrubí, pracujících např. v agresivním prostředí (
- Nelze lepit - k vytváření povlaků používá technologie spékání jeho vodních disperzí
- Povlaky zlepšují chemickou odolnost kovů, snižují přilnavost materiálů k povrchu a snižují ření.
- Jako přísada k jiným polymerům pro zlepšení kluzných vlastností
- Různé druhy těsnění, např. spoje vodovodních potrubí se efektivně utěsňují páskami z teflonových fólií...
- Jeho výpary jsou jedovaté pro ptáky



Typy termoplastů



Polyolefiny

Fluoroplasty

Vinylové plasty →

Styrenové plasty

Akrylátové plasty

Polyestery

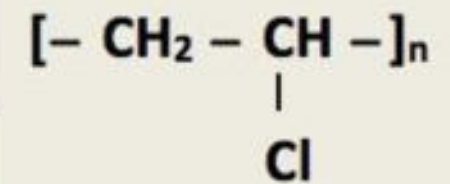
Polykarbonáty


Acetátové plasty

Polyamidy

Nejvýznamnějším představitelem skupiny je **polyvinylchlorid (PVC)**. Společně s polyethylenem (PE) a polypropylenem (PP) se jedná o nejmasověji vyráběný syntetický plast (třetí pořadí, s evropskou produkcí ca. 11%). Je dodáván ve formě prášku.

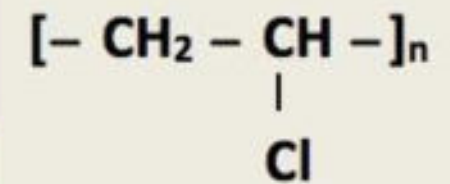
Polyvinylchlorid (PVC)



- 
- neměkčený*, tvrdý typ (PVC-U)
 - měkčený* (PVC-P)
 - zesíťený* (PVC-UX)
 - chlorovaný* (PVC-C)

- **amorfní termoplast**
- **polárních** atomy chloru - **lehce navlhavý**,
- **chemická odolnost srovnatelná s polyethylenem (PE)** (zhoršuje se změkčovadly)
- neodolává chlorovaným rozpouštědlům.
- Vzhledem k teplotě zesítnění ($T_g = 85 \text{ °C}$) je **za běžných teplot pevný, tuhý a křehký s malou rázovou houževnatostí a malým sklonem ke krípu.**
- Dlouhodobě odolává teplotě 65 °C (krátkodobě 75 °C).
- Vlivem chloru je **samozhášivý**.
- Bez stabilizace **neodolává UV záření**.

Polyvinylchlorid (PVC)

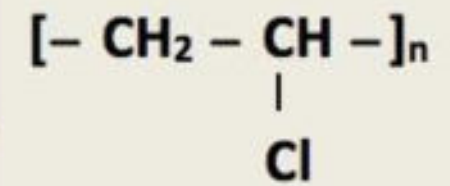


Polyvinylchlorid	Zkratka	Hustota [g/cm ³]	Teplota zesklenní [°C]	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Navlhavost [%]
Neměkčený polyvinylchlorid	PVC-U	1,38 + 1,55	85	1000+1350	50 + 75	0,04 + 0,40
Měkčený polyvinylchlorid	PVC-P	1,16 + 1,35	50 + 65	-	10 + 25	0,15 + 0,75



Velkou zásluhou na rozmachu výroby vinylových plastů má nepochybně kopolymerace. Vinylchlorid má schopnost kopolymerovat s velkým počtem monomerů a chemici tak získávají plast požadovaných vlastností na míru. Za všechny uvedme nejznámější *kopolymer vinylchloridu s vinylacetátem*, z něhož se vyráběly, resp. opět vyrábějí gramodesky, používá se k výrobě fólií, podlahovin, laků a barev (na základě roztoků v organických rozpouštědlech).

Polyvinylchlorid (PVC)



Aplikace:

neměkčený typ (PVC-U) - kanalizační roury, okapové žlaby, okenní rámy a vrchní fólie na podlahoviny,

měkčený typ (PVC-P) - hydroizolační fólie, izolace kabelů, těsnění, hračky, chirurgické rukavice, podlahoviny (linolea), obaly knih, ubrusy, pláštěnky, deštníky, ložní vložky a koženky.

chlorovaný typ (PVC-C) - je dodatečně chlorovaný (obsah Cl o 10 % až 15 % vyšší) - vyšší odolnost proti zvýšeným teplotám (krátkodobě 100 °C, trvale 85 °C) - trubky k rozvodu teplé vody.

zesíťovaný typ (PVC-UX) - náročnější aplikace využití.



Typy termoplastů



Polyolefiny

Fluoroplasty

Vinylové plasty

Styrenové plasty →

Akrylátové plasty

Polyestery

Polykarbonáty

Acetátové plasty

Polyamidy

polystyren (PS nebo také PS-GP) a jeho kopolymery:

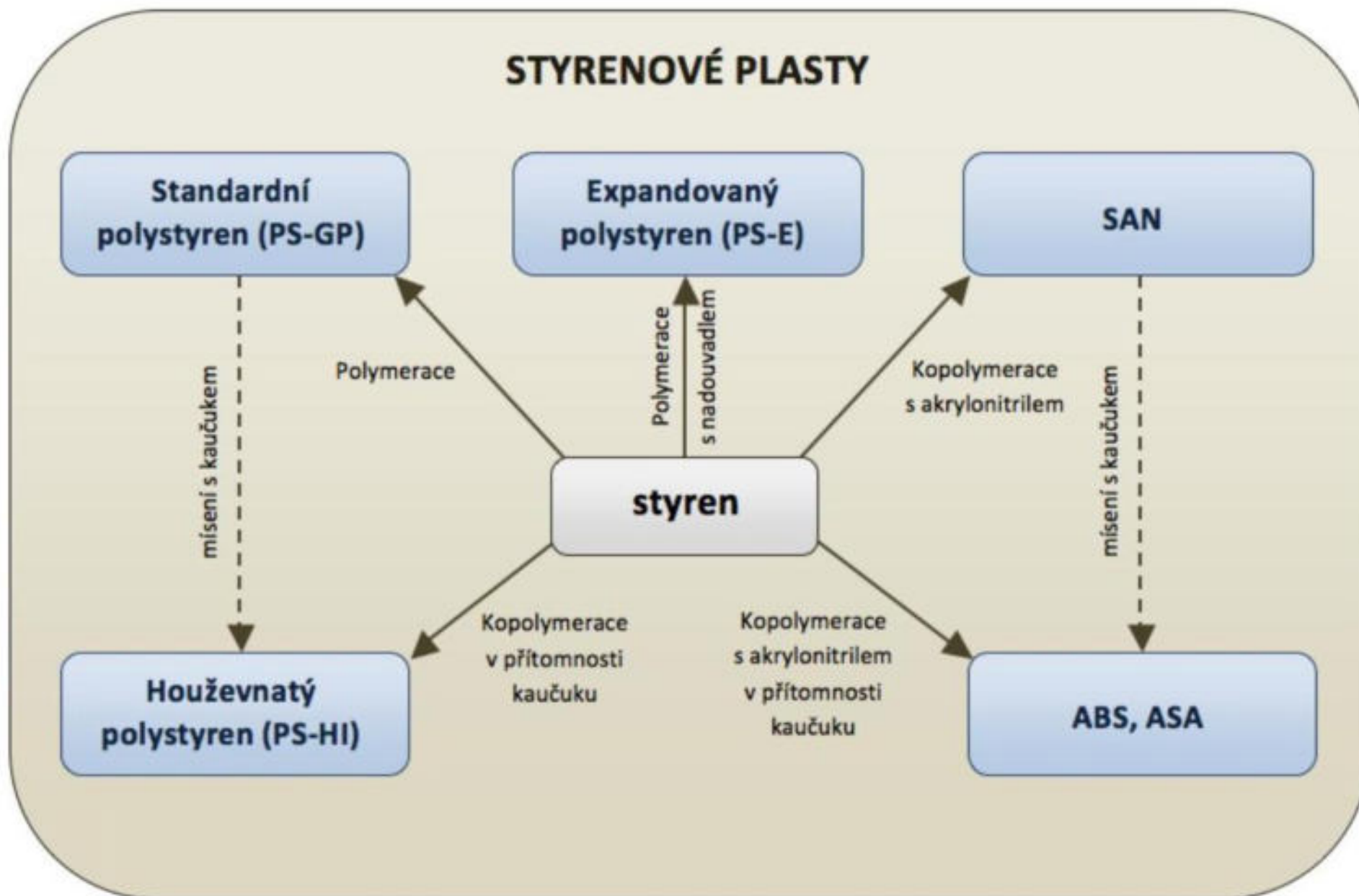
houževnatý polystyren (PS-HI)

akrylonitril-butadien-styren (ABS)

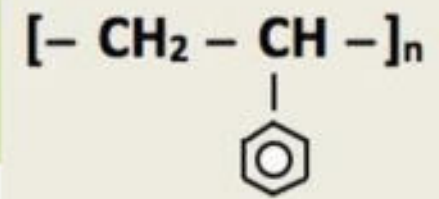
styren-butadien (SB)

styren-akrylonitril (SAN) a další typy, viz periodická tabulka termoplastů

Styrenové plasty

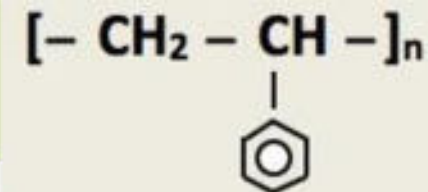


Polystyren standardní (PS, PS-GP)



- amorfní lineární termoplast s velmi dobrou propustností světla (až 90 %).
- nepolární, nenavlhavý
- vynikající izolační a dielektrické vlastnosti
- odolává účinkům alkoholu, minerálních olejů a zásad.
- neodolává většině rozpouštědel
- má sklon ke korozi za napětí (ke vzniku napěťových trhlinek)
- vzhledem k teplotě zesklnění ($T_g = 95 \text{ }^\circ\text{C}$) je za běžných podmínek pevný a křehký
- nevykazuje kríp a mezní teplota použití je $80 \text{ }^\circ\text{C}$
- je odolný vůči oxidaci, ale není doporučován na venkovní použití, neboť fotooxidací žloutne a křehne
- je hořlavý a tvoří saze.

Polystyren standardní (PS, PS-GP)



Styrenový plast	Zkratka	Hustota [g/cm ³]	Teplota zesklennění [°C]	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Navlhavost [%]
Polystyren standardní	PS-GP	1,05	95	3200	45 + 65	0,03
Polystyren houževnatý	PS-HI			2000+3000	40	0,03
Styren-akrylonitril	SAN	1,08	105	3600	75	0,10 + 0,30
Akrylonitril-butadien styren	ABS	1,05	105	1900+2700	30 + 45	0,20 + 0,45

Aplikace:

výhoda - transparentnost, nevýhoda - křehkost,
výroba nenáročného spotřebního zboží - kelímky, misky, podnosy, obaly na CD
expandovatelný polystyren (PS-E) - ve stavebnictví (izolace), ochrana přístrojů..



PS-GP



PS-E



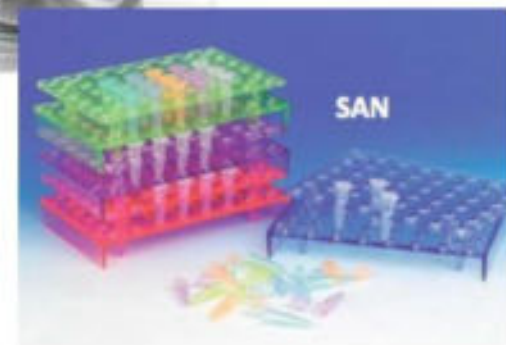
Polystyren houževnatý (PS-HI)

- Nižší pevnost a tuhost ale **zvyšuje se tažnost!!**
- **mléčně zakalený ač je amorfní**
- díly, které mají odolávat nárazům.



Styren-akrylonitril (SAN)

- tvrdší a transparentnější než PS-HI
- Houževnatý
- chemicky je nejodolnější ze styrenů
- dlouhodobě do 85 °C, krátkodobě do 95 °C
- nádoby mixérů, víka kuchyňských přístrojů, koncová světla automobilů...



Akrylonitril-butadien styren (ABS)

- chemická odolnost, houževnatost, pevnost, tuhost, rázová houževnatost
- konstrukční plast ve strojírenství, automobilovém průmyslu (interiérové a exteriérové díly), lodě, stavebnictví, spotřební průmyslu (skříně počítačů, monitorů, skenerů, domácích spotřebičů, radiové a televizní přijímače, fotoaparáty apod.).



Typy termoplastů



Polyolefiny

Fluoroplasty

Vinylové plasty

Styrenové plasty

Akrylátové plasty →

Polyestery

Polykarbonáty

Acetátové plasty

Polyamidy

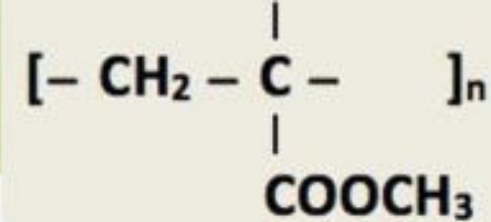
polyakrylát (PAK), který se používá jako nátěrová hmota, lepidlo anebo fólie,

polymethylmethakrylát (PMMA)

polyakrylonitril (PAN), který není termoplastický a z jehož roztoků se zpracovávají např. textilní vlákna.

- z akrylátových plastů je nejpoužívanější polymethylmethakrylát

Polymethylmethakrylát (PMMA)

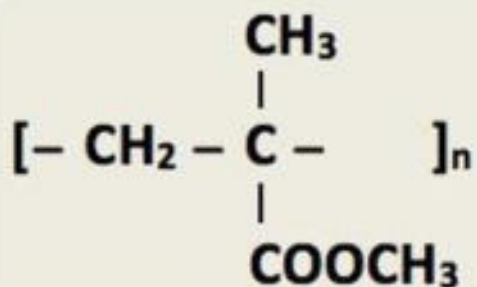


- organické sklo
- obchodním označením „Plexiglas (plexisklo)“
- **amorfní termoplast** propustnost světla (až 92 %).
- **polární plast - navlhavý**
- výborné mech. vlastnosti
- nízkou odolností silným kyselinám a rozpouštědlům
- **velmi dobře odolává povětrnosti a UV záření.**
- křehký a málo odolává rázům.
- trvalá teplotní odolnost až 100 °C.

Hustota [g/cm ³]	Teplota zeskenění [°C]	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Navlhavost [%]
1,17 + 1,20	110	2700 + 3200	50 + 77	0,2 + 0,4

Polymethylmethakrylát (PMMA)

- optické aplikace - kryty přístrojů nebo svítidel, k zasklívání verand, světlíků a oken sportovních letadel, kryty koncových světel automobilů, ochranné lišty zadních nárazníků
- vVe stavebnictví - střechy hal, průhledné protihlukové stěny
- Litý PMMA – vany
- zalévací hmota Dentakryl - metalografické výbrusy
- zubní protézy a umělé zuby
- pro přípravu nátěrových hmot



Typy termoplastů



Polyolefiny

Fluoroplasty

Vinylové plasty

Styrenové plasty

Akrylátové plasty

Polyestery



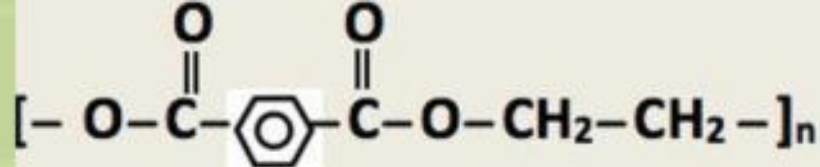
Polykarbonáty

Acetátové plasty

Polyamidy

- přítomnost *esterových* vazeb v hlavním řetězci makromolekuly
- *termoplasty* i *reaktoplasty*
- ***polytetrafluorethylen (PET)***
polybutylentereftalát (PBT)

Polyethylentereftalát (PET)

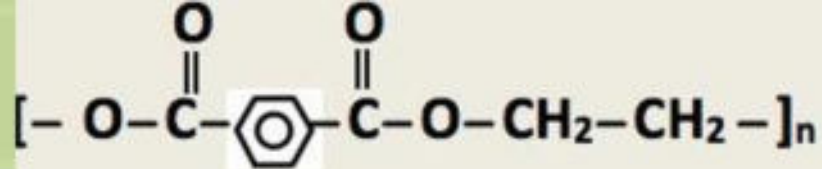


- špatně krystalizující termoplast
- možno i amorfní či semikrystalické
- velmi dobré mechanické vlastnosti
- Vzhledem k teplotě zesklennění ($T_g = 75 \text{ }^\circ\text{C}$) je za běžných podmínek **křehký** a dobře **odolává krípu**.
- velmi dobré kluzné vlastnosti
- Použití do $100 \text{ }^\circ\text{C}$ krátkodobě až do $200 \text{ }^\circ\text{C}$.
- **navlhavý** a za vyšších teplot může podléhat hydrolyze.

Polyester	Zkratka	Hustota [g/cm ³]	Teplota tání [°C]	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Navlhavost [%]
Polyethylentereftalát*	PET	1,27 ÷ 1,37	250 ÷ 260	2000 ÷ 3100	47	0,1
Polybutylentereftalát	PBT	1,31	225 ÷ 230	2000	40	0,1

* závisí na stupni krystalinity

Polyethylentereftalát (PET)



- určen především pro výrobu vláken a pro výrobu fólií.
- vlákna se spotřebovávají pro výrobu textilií, tkanin a lan
- výztuže polymerů (např. kordy na pneumatiky a dopravní pásy)
- nápojové lahve
- technické výlisky (zejména při vyztužení skleněnými vlákny), - vstřikované díly elektromotorů s dobrou izolační schopností a tuhostí.



Polybutylentereftalát (PBT)

- semikrystalický termoplast
- podobá se PET
- použití je obdobné jako u PET
- elektrotechnika
- Kompozity s přidavkem skleněných vláken, mletých minerálů, retardérů hoření aj.
-



Typy termoplastů

Polyolefiny

Fluoroplasty

Vinylové plasty

Styrenové plasty

Akrylátové plasty

Polyestery

Polykarbonáty

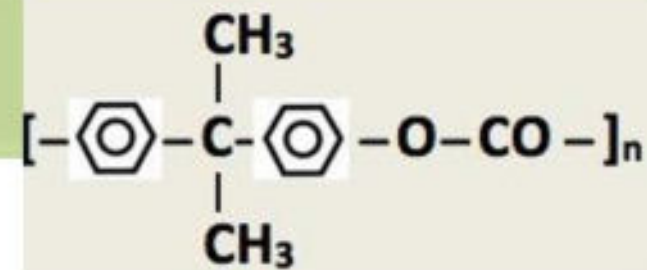


- **Polykarbonát (PC)**

Acetátové plasty

Polyamidy

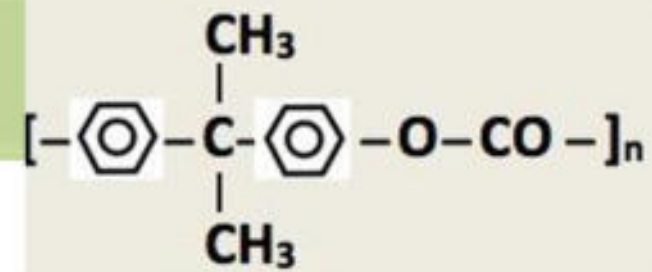
Polykarbonát (PC)



- z chemického hlediska rovněž polyester, ale řadí do samostatné skupiny. **amorfní**, dokonale **průhledný** termoplast
- **dobré mechanické vlastnostmi**,
- dobá pevnost a tuhost, tvrdost, **houževnatost** a **odolnost proti lomu** (těleso nepraskne ani při prudkém nárazu).
- Vzhledem k teplotě zeskenění ($T_g = 150\text{ °C}$) je **odolný proti krípu**
- dlouhodobě teplotně stálý do 135 °C .
- velmi dobré elektroizolační a dielektrické vlastnosti
- **částečně polární**
- **samozhášivý**

Hustota [g/cm ³]	Teplota zeskenění [°C]	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Navlhavost [%]
1,2	150	2100 + 2400	56 + 67	0,1 + 0,2

Polykarbonát (PC)



- výrobě brýlových skel, čoček fotoaparátů,
- střešní krytiny, boční, zadní a střešní okna automobilů (obvykle s tenkou vrstvou methakrylátu, který zvýší odolnost UV záření)
- zadní světla a „skla“ reflektorů, zejména u vozů vyšších cenových skupin,
- nárazníky
- výroba ochranných štítů motocyklů, které jsou používány policií, na rozdíl od štítů pro civilní motocykly, kde se používá převážně levnějších methakrylátů, které však případnou havárii nepřečkají.



Typy termoplastů

Polyolefiny

Fluoroplasty

Vinylové plasty

Styrenové plasty

Akrylátové plasty

Polyestery

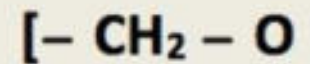
Polykarbonáty

Acetátové plasty →

Polyoxymethylen (POM)

Polyamidy

Polyoxymethylen (POM)

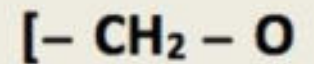


(= *polyformaldehyd* či *polyacetát*)

- **vysoce krystalický termoplast,**
- pro konstrukční aplikace
- **odolnost krípu a nárazům i velmi dobré kluzné vlastnosti**
- **mírně navlhavý**
- Rozkládají ho silné kyseliny a zásady.
- Rozpouštědlům odolává poměrně dobře.
- použit až do 120 °C, dlouhodobě do 110 °C
- nad 220 °C se rozkládá na toxický a těkavý formaldehyd
- **náchylné UV záření.**
- **hořlavý**

Hustota [g/cm ³]	Teplota tání [°C]	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Navlhavost [%]
1,41 + 1,42	165 + 185	2800 + 3200	62 + 70	0,22

Polyoxymethylen (POM)



- výroba ozubených kol, ložisek, šroubů, řetězů, svorek, krytů strojů a přístrojů,
- uzávěry benzinových nádrží
- tělesa palivových čerpadel
- zipy, balení kosmetických přípravků ...



Typy termoplastů

Polyolefiny

Fluoroplasty

Vinylové plasty

Styrenové plasty

Akrylátové plasty

Polyestery

Polykarbonáty

Acetátové plasty

Polyamidy



- vysoce hodnotné konstrukční semikrystalické termoplasty.
- pravidelně střídají amidové skupiny – CO–NH–s větším počtem methylenových skupin –CH₂–.
- nejčastěji PA-6; PA-66; PA-610; PA-11; PA-12 apod.
- Čísla = výchozí monomery podle počtu atomů uhlíku v molekulách
- přijímají velmi snadno vodu - silně polárním
- odolávají nepolárním rozpouštědlům
- v silných kyselinách se rozpouští
- vysoké pevnosti a vysoké teploty tání
- náchylné na kríp
- dobré kluzné vlastnosti.

Polyamidy

Polyamid	Hustota [g/cm ³]	Modul pružnosti [MPa]		Teplota tání [°C]	Navlhavost [%]
		Suchý stav	Navlhlý stav		
PA-6	1,10+1,14	1100+3500	1000+2500	215+225	2,5+3,0
PA-66	1,12+1,14	2600+3600	1000+2800	250+260	2,5+2,8
PA-610	1,06+1,08	2400	1500	215	1,4
PA-11	1,01+1,04	1200+1600	1000	175+187	1,0
PA-12	1,01+1,03	1300+2100	1200	170+180	0,9+1,8

- ozubená kola
- kluzná uložení a ložiska (např. klece kuličkových ložisek),
- kladky, řemenice, filtry, nádržky, vzduchová vedení, vlákna apod.
- pedály, kryty motorů, ručních vrtaček, brusek apod.



POLYMERNÍ SMĚSI

PP/PE, PC/ABS, PA/PP, PA/PE atd.

REAKTOPLASTY

REAKTOPLASTY



fenol-formaldehydové pryskyřice (PF).

sesítování - teplem nebo tvrdidly

plniva - dřevitá moučka, tkaniny, vlákna, břidličí moučka, slída, grafit či kaolin

Polární, špatně hoří, díky fenolu jsou tmavé

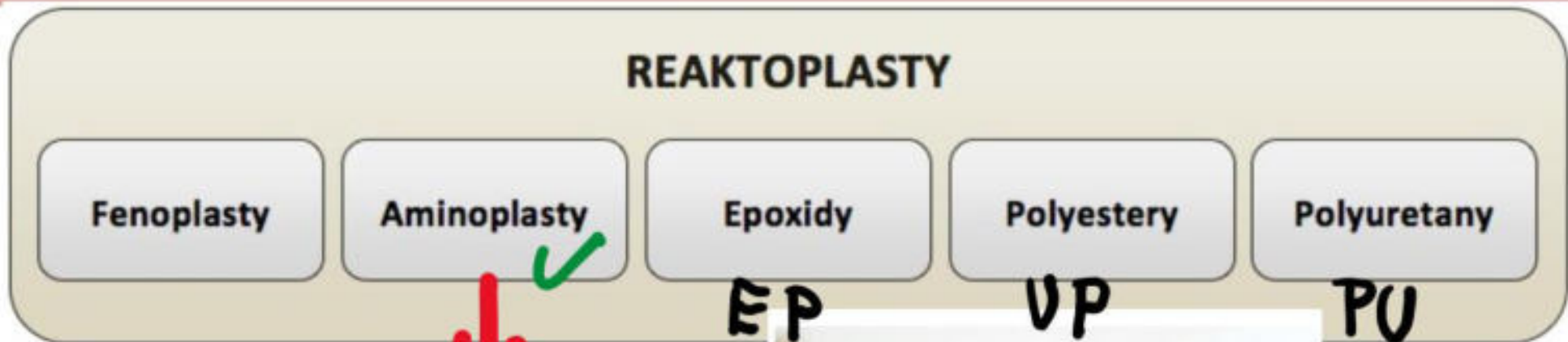
Aplikace

- lisovací hmoty, lamináty - **pojivo**
- tzv. tvrzené dřevo - modelárny
- pojiva při výrobě slévárenských pískových forem a brusných kotoučů
- jako **tmely, lepidla, licí pryskyřice, lakařské pryskyřice** apod

ve styku s potravinami - zdraví škodlivý!!!



REAKTOPLASTY



- *aminoskupiny* – NH_2
- vytvrzení - účinkem tepla nebo tvrdidel
- **močovinoformaldehydové (UF)**
- **melamin-formaldehydové (MF) pryskyřice**
- **zdravotně nezávadné**
- vyšší tuhost
- **bezbarvé.**
- **Aplikace:** pojivo nebo lisovací hmoty



REAKTOPLASTY

REAKTOPLASTY

Fenoplasty

Aminoplasty

Epoxidy ✓

Polyestery

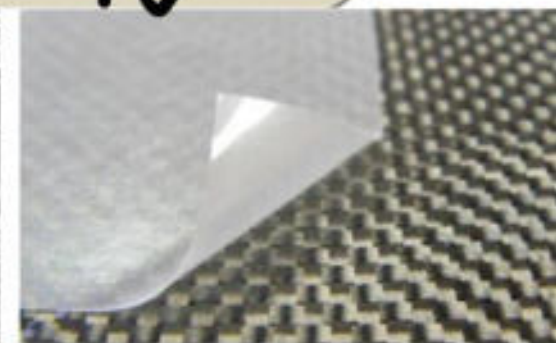
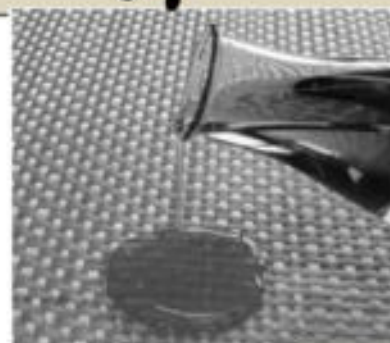
Polyuretany

EP

VP

PU

- **velká přilnavost** k většině materiálů
- **chemická odolnost**
- **minimální smrštění** při vytvrzování.
- **bezbarvé** (až nažloutlé)
- jako lepidla v tekutém nebo tuhém stavu
- vytvrzení tvrdidlem
- + zahřátím na předepsanou teplotu
- jako nátěrové a podlahové hmoty
- zalévací a lisovací pryskyřice,
- pojiva (matrice) skelných laminátů (kompozitů),
- konstrukční materiál v letecké technice.



REAKTOPLASTY



Polyesterové pryskyřice (UP)

nenasyčené polyestery rozpuštěné v reaktivním monomeru (nejčastěji styrenu)

bezbarvá až nažloutlá viskózní kapalina.

galanterní zboží (knoflíky)

bižuterie, zalévací hmoty, tmely, lepidla

nátěrové hmoty.

pojivo, např. k výr. umělého mramoru

z minerální drti, obkládaček nebo litých

podlah

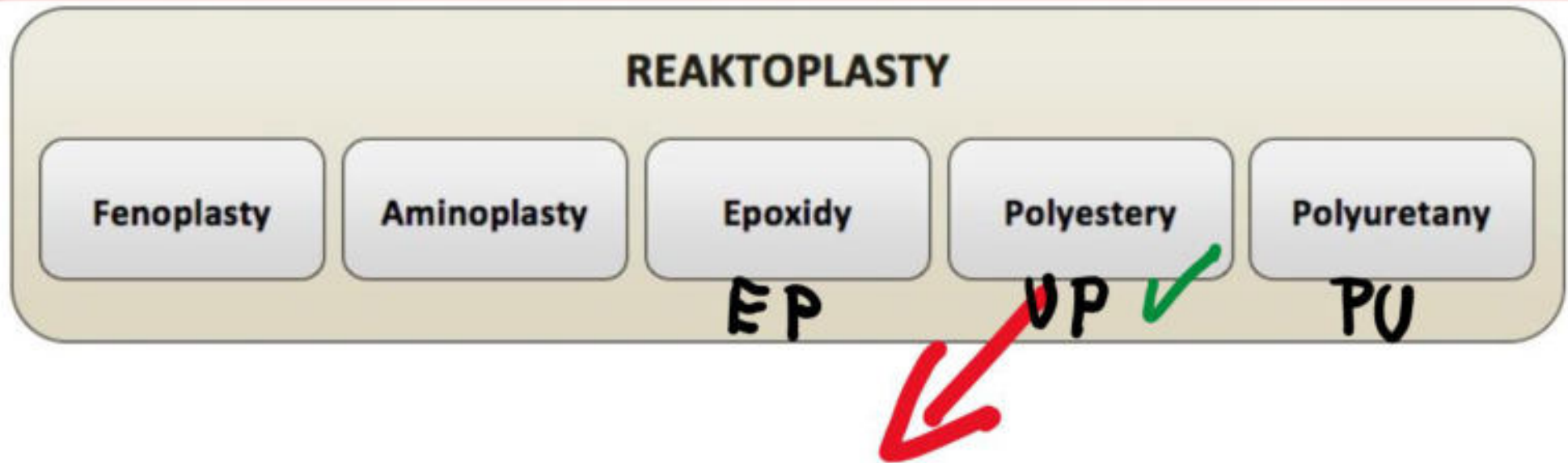
sklolamináty

střešní krytiny, lodě apod.

unikátní vlastnosti



REAKTOPLASTY



Materiál	Hustota [g/cm ³]	Mez pevnosti [MPa]	Modul pružnosti [MPa]
Sklolaminát *	2,10	1000 + 1400	45 000
Ocel	7,85	400 + 1200	210 000
Hliník	2,70	180	70 000
Polyvinylchlorid (PVC)	1,38	45 + 65	3 500

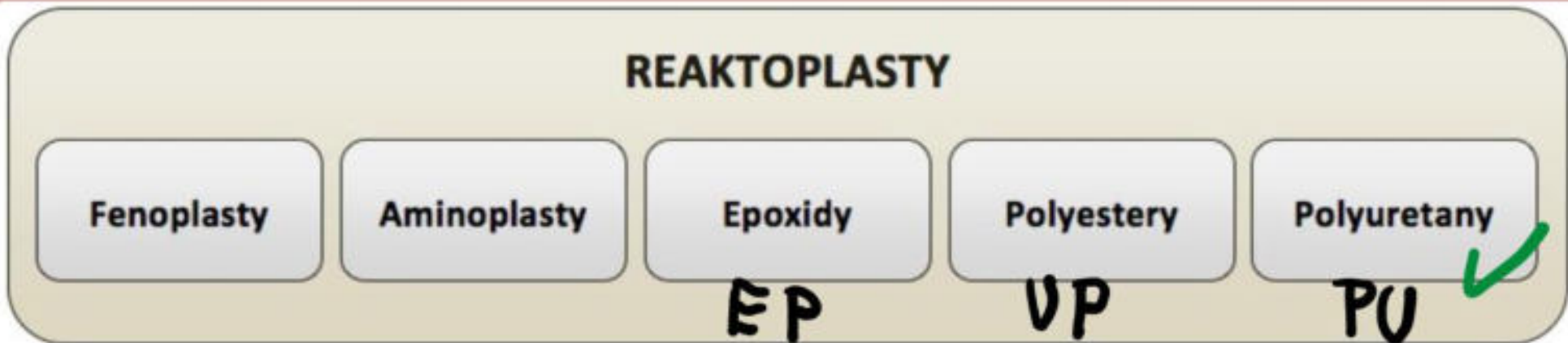
* Vlastnosti lze měnit typem a skladbou výztuže, poměrem množství výztuže a pryskyřice, včetně jejího typu.

REAKTOPLASTY



- lze připravit produkty nejrůznějších vlastností, termoplast, reaktoplast i elastomer.
- lehčené (pěnové) materiály
- - měkké, polotvrdé, tvrdé a integrální pěny (pórovité jádro, kompaktní povrch).
- Z isokyanátu a polyolu - vypění – po 10 ÷ 20 z formy vyjmut,

REAKTOPLASTY



- matrace, zdravotnické pomůcky, výplně sedadel, stropních panelů, hlavových a loketních opěr v automobilu, izolace
- Tvrdé integrální pěny - madla, židle, úchyty a opěrky v MHD
- hlavice řadicích pák, vnější lišty na dveře
- ochranné a bezpečnostní prvky v automobilu, ve stavebnictví pro tapetovací válečky nebo zednická hladítka.



1. Kaučuky pro všeobecné použití
2. Kaučuky pro speciální aplikace

Elastomery (Kaučuky)

= polymery, které lze *řídkým zesíťováním* převést na elastomer neboli *pryž*.

- **Kaučuky - přírodní**
 - *syntetické (z ropy)*.
- Proces síťování nazýváme *vulkanizací*. (při ca 140 ÷ 160) °C
- **amorfní**
- **pružné**

Potřeba síry - atomy síry vytváří příčné vazby (C-S-C) mezi původně lineárními makromolekulami kaučuku.

Kaučuky pro všeobecné použití

- nepolární
- odolnost proti oděru

Zkratka	Název	Poznámka
NR	Přírodní kaučuk	V hlavním řetězci makromolekul obsahují dvojně vazby, proto k jejich vulkanizaci používáme nejčastěji síru. Na druhou stranu vzhledem k těmto dvojným vazbám vyžadují ochranu proti degradaci.
BR	Butadienový kaučuk	
SBR	Butadien-styrenový kaučuk	
IR	Isoprenový kaučuk	
EPM	Ethylen-propylenový kaučuk	EPM neobsahuje dvojně vazby vůbec, EPDM jen výhradně v bočních řetězcích. Proto jsou výborně odolné proti stárnutí.
EPDM	Ethylen-propylen-dién-terpolymerový kaučuk	

- výroba technické pryže,
- spotřební a zdravotnické zboží,
- pneumatiky, hadice, dopravní pásy, golfové míčky, gumovou obuv, lepidla nebo nátěrové hmoty
- opláštění kabelů, jako těsnění u oken,
- k izolaci vodních nádrží (vzhledem k jejich nepolárnosti)



Kaučuky pro speciální aplikace



Olejevzdorné kaučuky
Silikonové kaučuky (Q)

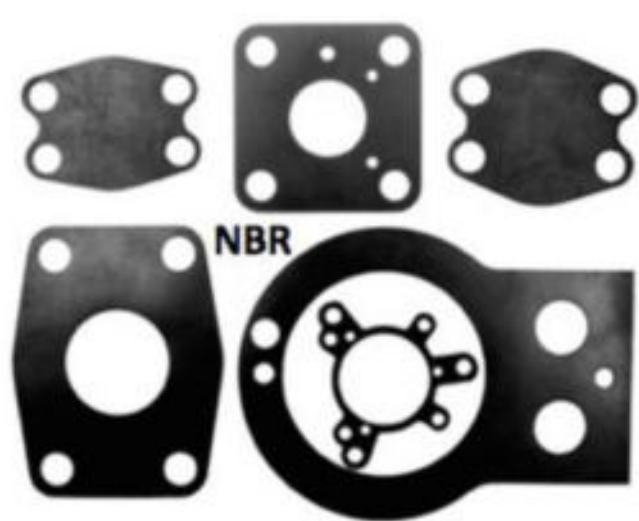
Zkratka	Název	Aplikace
CR	Chloroprenový kaučuk	Olejevzdorné
NBR	Butadien-akrylonitrilový kaučuk	
ACM	Akrylátový kaučuk	
OT	Polysulfidový kaučuk	
Q	Silikonové kaučuky	Teplovzdorné
FPM	Fluorouhlíkový kaučuk	

dlouhodobá **odolnost olejům** a **zvýšené teplotě**

Kaučuky pro speciální aplikace

Olejevzdorné kaučuky

- platí pravidlo čím polárnější olej, tím polárnější musí být kaučuk, z něhož vyrobená pryž má oleji odolávat. P
- pro nepolární oleje - chloroprenový kaučuk (CR),
- pro polárnější prostředí - butadien-akrylonitrilové kaučuky (NBR) nebo akrylátové kaučuky (ACM) či fluorouhlíkové kaučuky (FPM)
- výroba hadic, těsnění, obuvi a chloroprenový kaučuk také k výrobě kombinéz (neoprenů).



Kaučuky pro speciální aplikace

Silikonové kaučuky (Q)

mají v hlavním řetězci vazbu -Si-O-, j

jsou **tepluvzdorné** a současně i mrazuvzdorné (-90 ÷ 200) °C,

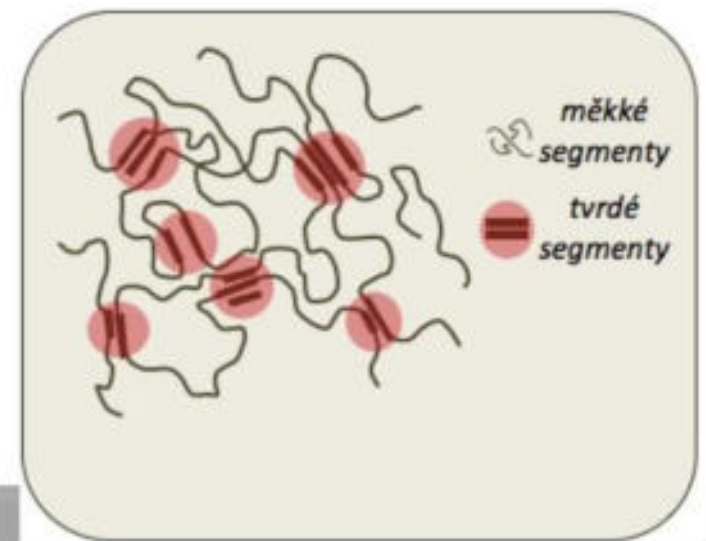
Neodolávají vlhkému prostředí, v

izolaci tepelně namáhaných vodičů,

pro tepelně namáhané součástky ve strojírenství a v automobilovém průmyslu (dudlíky, kousátka

v lékařství jako implantáty a také jako kontaktní čočky.





Termoplastické elastomery TPE

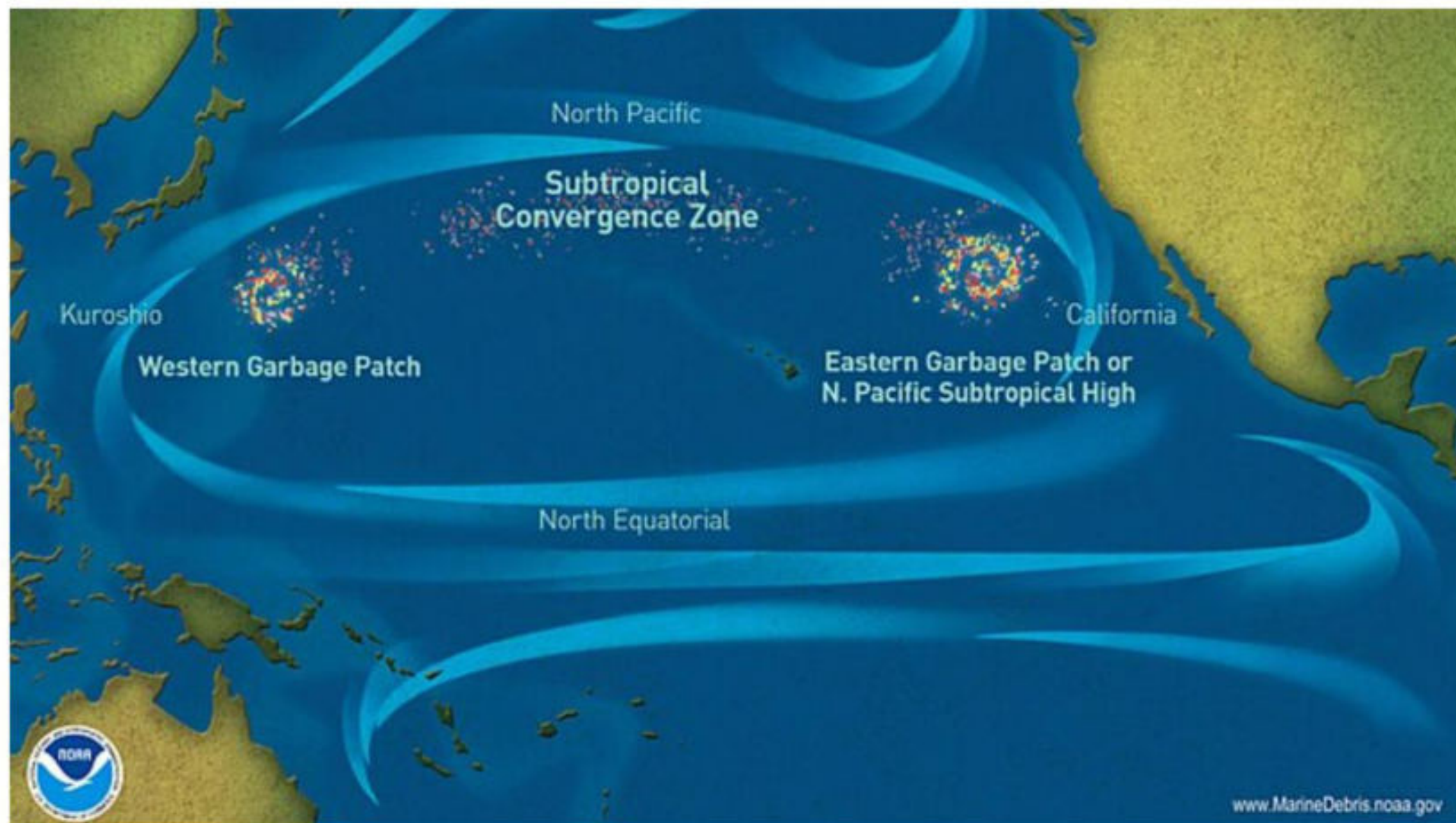
- Mají vlastnosti *elastomerů* (ohebnost, elasticitu) a zpracovatelské vlastnosti *termoplastů* (snazší zpracování a recyklovatelnost).
- ***Tvrdé a měkké segmenty musí být navzájem nemísitelné, aby tvořily oddělené fáze!***

RECYKLACE

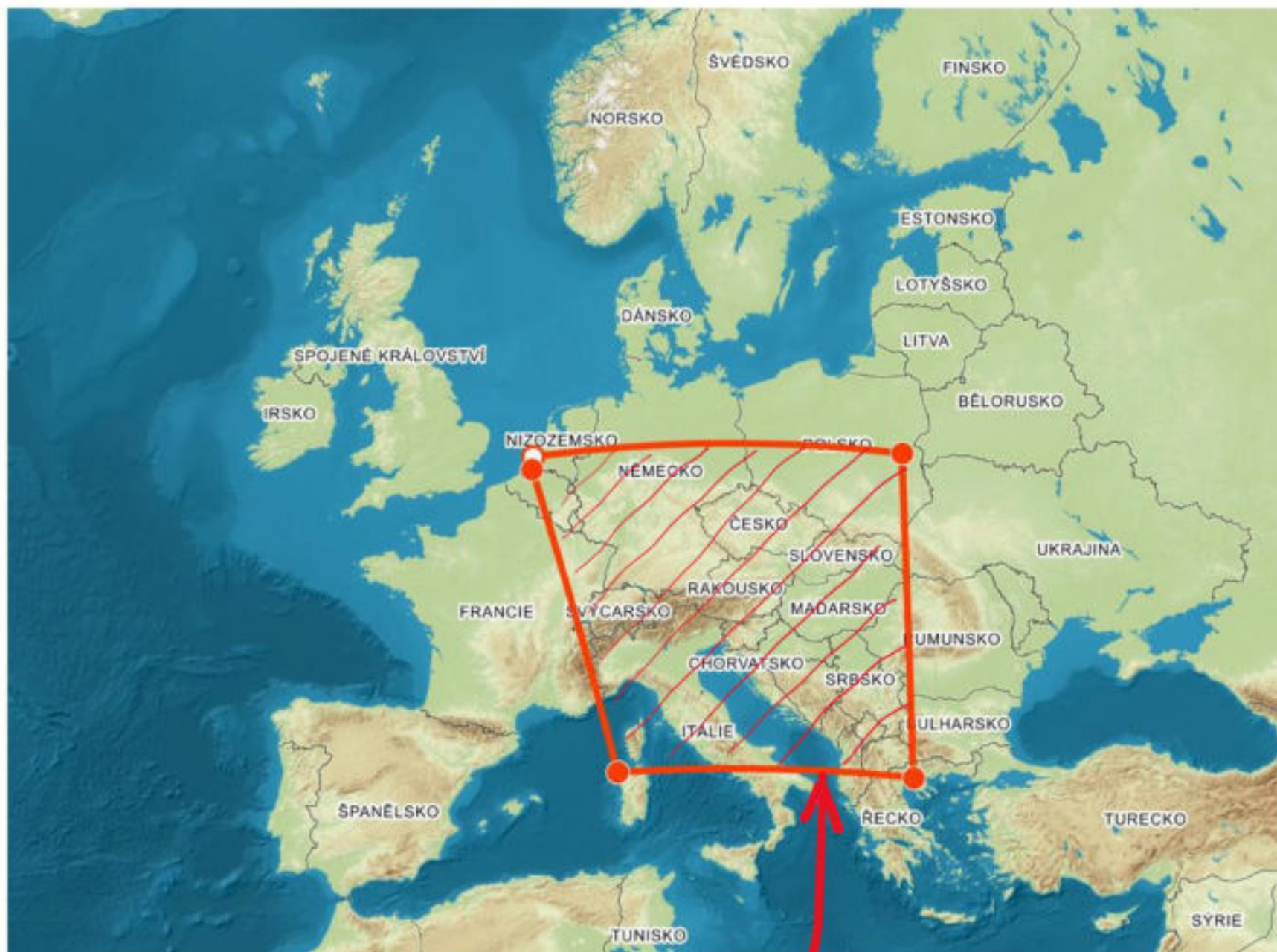


https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20181005STO15110/plasty-v-oceanech-fakta-dusledky-a-nova-opatreni-eu-infografika?at_campaign=20234-Economy&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=DSA&at_goal=TR_G&at_audience=&at_topic=Plastic_Waste&gclid=CjwKCAjw-KipBhBtEiwAWjgwrGpw4Knyq47Qmt1EqYw4C7czuMDq9HxDHMGKqKgx2YyyL89v3hrLnxoCLzkQAvD_BwE

1,6 mil km² plastového odpadu v Tichém oceánu



1,6 mil km² plastového odpadu v Tichém oceánu



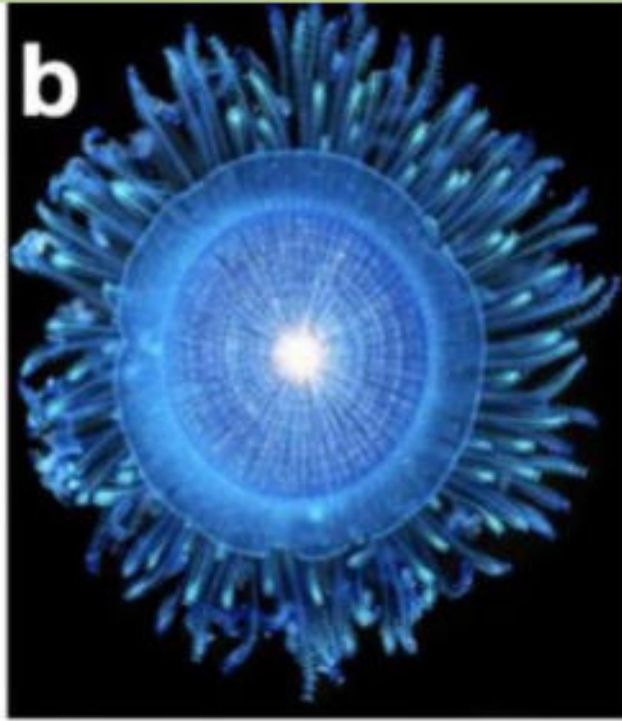
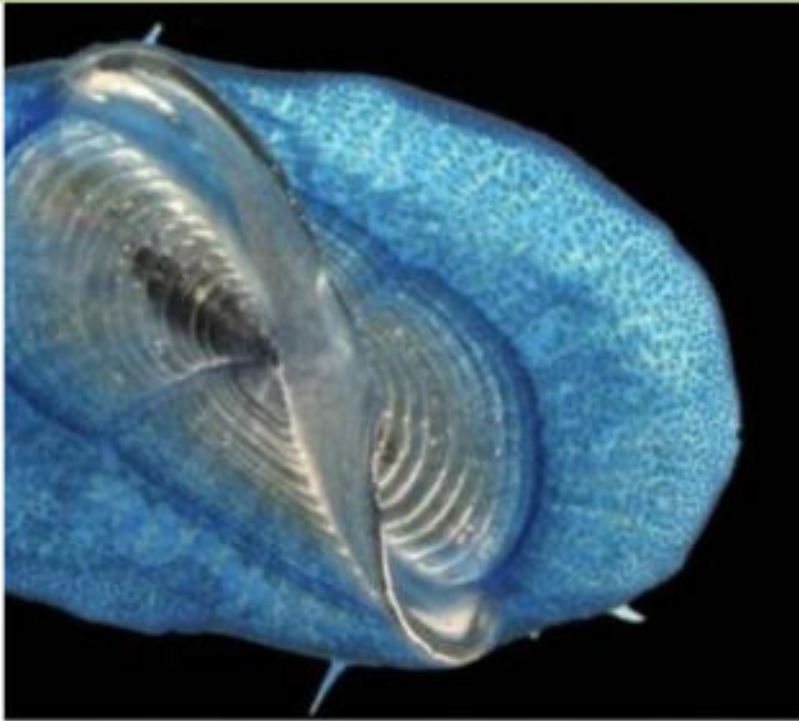
1,6 mil km²

Záběr z *Velké tichomořské odpadkové skvrny*



<https://www.evropa2.cz/clanky/zivot/ekologove-vytahli-40-tun-plastoveho-odpadu-z-ticheho-oceanu>

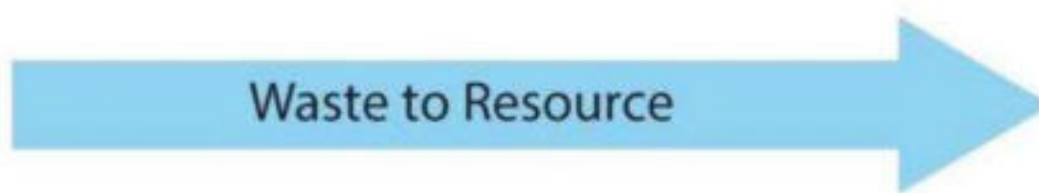
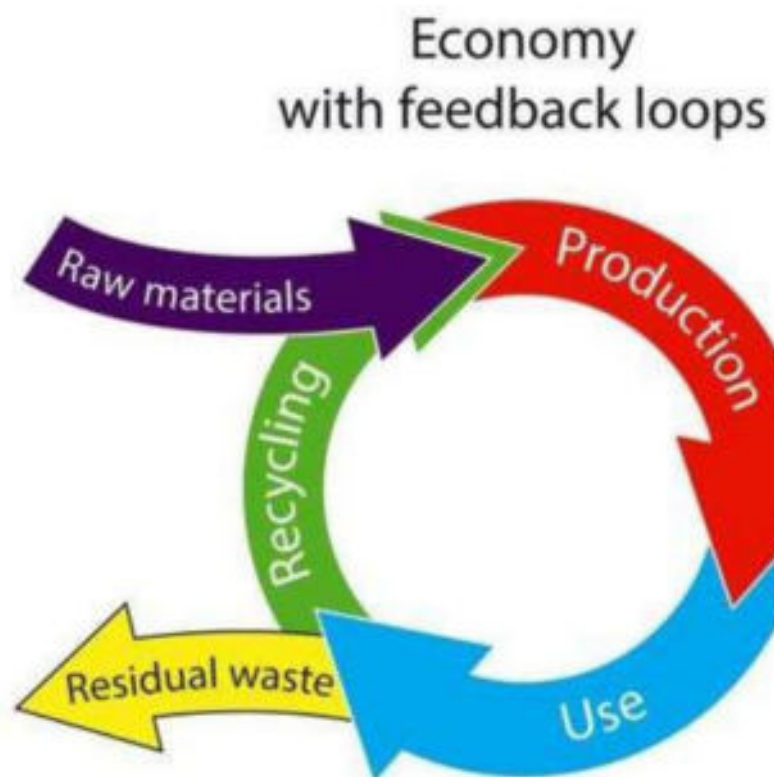
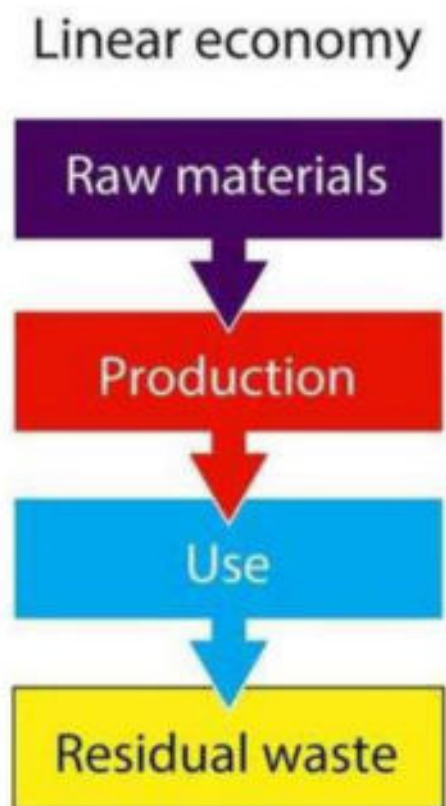
Nový život....



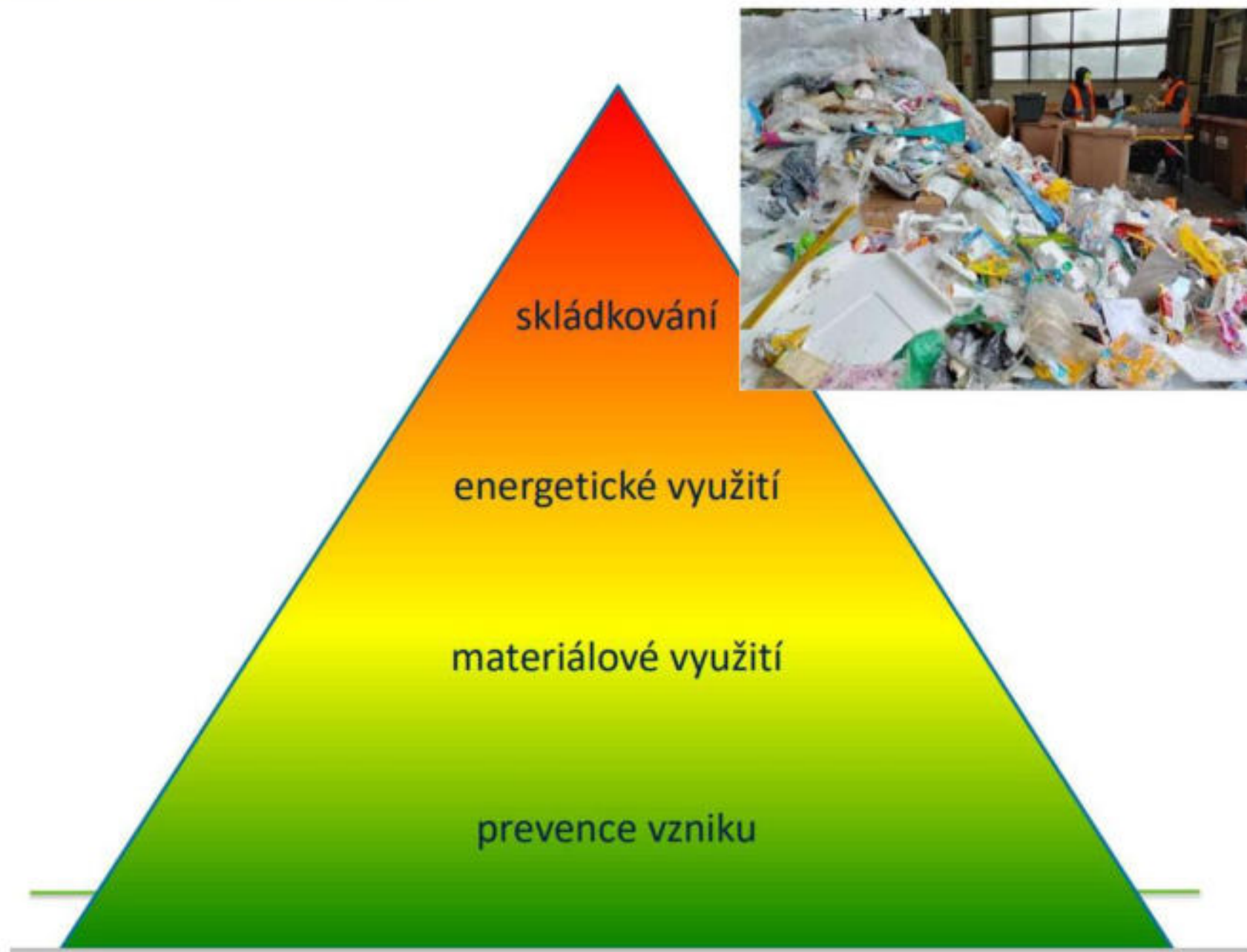
Organismy žijící v plastové skvrně

Zdroj: bioRxiv

Udržitelnost



Udržitelnost



Recyklace

Definice recyklace

Směrnice 2008/98/ES z 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic, čl. 3 (17):

(<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/2018-07-05>)

Recyklací se rozumí **jakýkoli způsob** využití, jímž je odpad znovu zpracován na výrobky, **materiály** nebo látky, ať pro původní nebo pro jiné účely.

Zahrnuje přepracování organických materiálů, ale **nezahrnuje** **energetické využití** a přepracování na materiály, které mají být použity jako **palivo** nebo jako zásypový materiál.



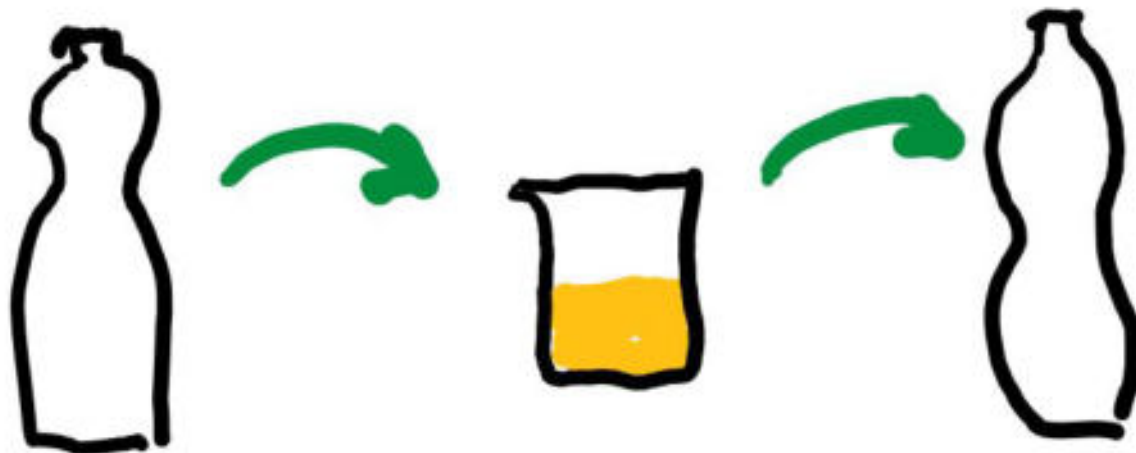
Recyklace

FYZIKÁLNÍ

CHEMICKÁ



B2B (bottle-to-bottle)



FYZIKÁLNÍ (MATERIÁLOVÁ) RECYKLACE

dodání tepelné a mechanické energie a aditiv

(stabilizátorů, barviv, případně i plniv), nutných pro přetvoření odpadní suroviny na nový materiál s mechanickými i estetickými vlastnostmi blízkými panenskému polymeru.

zahrnuje procesy:

- **mletí upotřebených výrobků**
- **tepelně-mechanické zpracování meliva na granulát**
- **další zpracování obvyklými plastikářskými technologiemi**

hlavními překážkami pro fyzikální recyklaci:

- **zbytky papírových etiket a lepidel**
- **světelná a termooxidační degradace polymeru**
- **příměs PVC**

FYZIKÁLNÍ RECYKLACE PET

1. drcení a horké praní (bez strukturálních změn)
2. vyčištěný PET recyklát
3. přímý vstupní materiál
 - balíky slisovaných lahví jsou rozdruženy a dopraveny k třídícímu pásu
 - na třídícím pásu jsou ručně odděleny zjevně cizorodé látky (např. papír, plastové fólie atd.) a pak jsou z hmoty odděleny kovy na detektoru kovů
 - PET láhve jsou pomlety
 - pomletý materiál vstupuje do procesu několikanásobného praní a oplachování
 - vypraná PET drť je usušena
 - z drtě jsou znovu oddělovány případné poslední nepatrné částice kovů
 - hotová drť je plněna do obřích vaků (big bagů)

FYZIKÁLNÍ RECYKLACE PET

Použití recyklovaného PET

- výroba vláken, konkrétně polyesterových vláken střížových. T
- výroba obalových fólií a vázacích pásek
- hygienické potřeby (např. dětské pleny)
- náplně do spacáků a bund
- sedačky do automobilů
- fleesové bundy
- střešní krytiny
- polyesterové pryskyřice
- hračky
- zahradní nábytek
- víka kanálů
- nové preformy PET lahví



CHEMICKÁ RECYKLACE

Cefic (Issue Team for Chemical Recycling):

(<https://cefic.org/library-item/cefic-position-paper-on-chemical-recycling>)

(<https://cefic.org/a-solution-provider-for-sustainability/chemical-recycling-making-plastics-circular/>)

Feedstock recycling, also known as chemical recycling, aims to **convert plastic waste into chemicals**. It is a process where the chemical structure of the polymer is changed and converted into chemical building blocks including monomers that are then used again as a raw material in chemical processes.

Feedstock recycling includes processes such as **gasification**, **pyrolysis**, **solvolysis**, and **depolymerisation**, which break down plastic waste into chemical building blocks including monomers for the production of plastics.

Na bázi rozpouštědel

Termochemické procesy

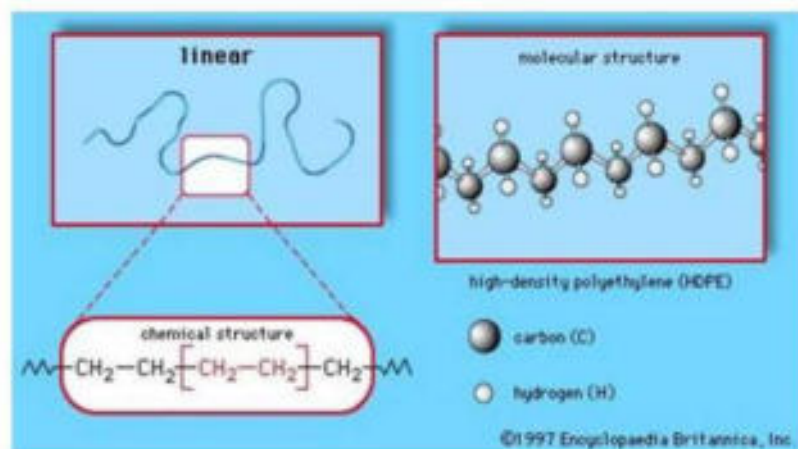
- pyrolýza

- zplyňování

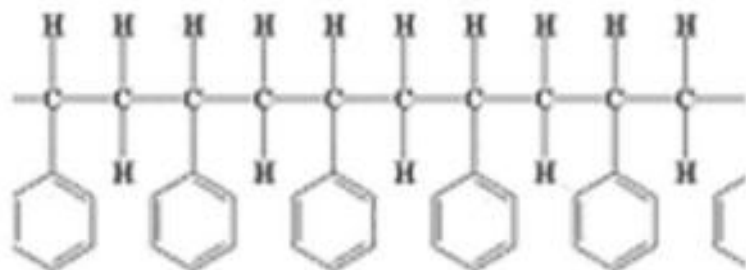
Pyrolýza

Pyrolýza – ideový postup

Tepelný rozklad polymerů zahříváním v inertní atmosféře



TEPLO,



Primární
zplodiny
Sekundární
produkty

Děkuji vám za pozornost