

# Polymery a plasty v praxi

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

[pospisil@polymer.cz](mailto:pospisil@polymer.cz)

[pospisil@gascontrolplast.cz](mailto:pospisil@gascontrolplast.cz)

[29716@mail.muni.cz](mailto:29716@mail.muni.cz)

<b>Kde pracuji</b>	
<del>POLYMER INSITUTE BRNO, Brno</del>	GASCONTROPLAST , Havířov
<b>Čím se zabývám</b>	
<del>POLYMER INSITUTE BRNO</del> <del>Brno</del>	<i>Materiálový výzkum, koncentráty pro zpracování termoplastů</i>
<b>GASCONTROPLAST</b> <b>Havířov</b>	<b>Technologický výzkum – výroba trubek a desek</b>
<b>Kde a co učím</b>	
<i>VUT, FCH, Ústav chemie materiálů</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Recyklace a likvidace polymerního odpadu</i></li> <li>• <i>Navrhování výrobků z plastů</i></li> </ul>
<b>MU, Fakulta přírodovědecká, obor chemie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Recyklace plastů a pryží</b></li> <li>• <b>Polymery a plasty v praxi</b></li> <li>• <b>Přírodní polymery</b></li> <li>• <b>Cvičení z chemie polymerů</b></li> </ul>

<b>LEKCE</b>	<b>datum</b>	<b>téma</b>
1	16.II.	<b>Úvod do předmětu - Základy syntézy polymerů. Struktura a názvosloví polymerů</b>
2	23.II.	Polyetylén a kopolymery etylénu
3	2.III.	Polypropylén a kopolymery propylénu
4	9.III.	Polyvinylchlorid, měkčené a neměkčené PVC
5	16.III.	Styrénové termoplasty
6	23.III.	Polyamidy
7	30.III.	Polyestery
<b>8</b>	<b>6.IV.</b>	<b>VELIKONOCE</b>
9	13.IV.	Fenolformaldehydové pryskyřice
10	20.IV.	Epoxidové pryskyřice, Polyuretany
11	27.IV.	Polyesterové pryskyřice, Degradace polymerů – základní informace
12	4.V.	Silikony, Síťované elastomerní materiály
<b>13</b>	<b>11.V.</b>	<b>KOLOKVIUM</b>

# E - LEARNING

<b>Přednášky</b>	<b>Budou vystaveny na e-learning</b>
<b>Chřipková epidemie a podobné problémy</b>	<b>Přednáška bude vystavena na e-learning</b>
<b>Dotazy a připomínky</b>	<b>Zasílat na moji FAKULTNÍ Intranetovou adresu</b>

## Co byste měli předem vědět („Prerequisites“)

<b>Organická chemie</b>	<b>Názvosloví monomerů</b>
<b>Fyzika</b>	<b>Základní pojmy o vztahu mechanického napětí tělesa a jeho deformaci</b>

# Cíle předmětu

Seznámit studenty se základními syntetickými polymerními materiály, jejich vlastnostmi a použitím. Důraz bude kladen na **použití** v práci konzervátora a restaurátora. Otázkám mechanismu polymerací bude věnována minimální pozornost, protože toto pokrývá přednáška **MAKROMOLEKULÁRNÍ CHEMIE**.

# Vztah tohoto předmětu k jiným předmětům

**Polymery a plasty v praxi** – základní informace o názvosloví, vlastnostech a hlavně **POUŽITÍ**

**MAKROMOLEKULÁRNÍ CHEMIE** - pokročilá informace o mechanismu a kinetice vzniku syntetických polymerů (**POLYREAKCE**) a **FYZIKA POLYMERŮ**

**Technologie zpracování plastů** > VUT FCH, Ústav chemie materiálů

**Navrhování výrobků z plastů** > VUT FCH, Ústav chemie materiálů

**Degradace a stabilizace polymerů** > VUT FCH, Ústav chemie materiálů

# Co si můžeme představit pod pojmem „ **Polymery a plasty v praxi** “?

- **Výtvarné hledisko** > průmyslové výtvarnictví (*design*) > příklad PET láhev
- **Konstrukční hledisko** > „klasický přístup“  
X MKP (*FEM*)
- **Technologické hledisko** > nástroj, výroba
- **Materiálové hledisko** > volba hmoty  
na daný výrobek a aplikaci > **POUŽITÍ**

# Literatura

- **Mleziva J., Šňupárek J.:** Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití, ISBN 80-85920-72-7, Sobotáles, Praha , 2000, 2, vydání
- **Štěpek J., Zelinger J., Kuta A.:** Technologie zpracování a vlastnosti plastů, SNTL Praha, 1989
- **Mleziva J., Kálal J.:** Základy makromolekulární chemie, SNTL Praha, 1986
- **Zelinger J., Heidingsfeld V., Kotlík P., Šimůnková E.:** Chemie v práci konzervátora a restaurátora, ACADEMIA Praha, 1987
- **Schätz M.:** Polymery ve výtvarné praxi, SPN Praha, 1984
- **Schätz M.:** Moderní materiály ve výtvarné praxi, SNTL Praha, 1982
- **Nicholson J. W.:** The Chemistry of Polymers, ISBN 0-85186-413-9, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1991
- **Allen N. S., Edge M., Hoire. C. V.:** Polymers in Conservation. Royal Society of Chemistry 1992



SCIENCE FOR CONSERVATORS

**Volume 1**

**An Introduction to  
MATERIALS**

Conservation Science Teaching Series



THE CONSERVATION UNIT

16.2.2015

POLYMERY A PLASTY V PRAXI  
1-2015

SCIENCE FOR CONSERVATORS

**Volume 2**

# CLEANING

Conservation Science Teaching Series



THE CONSERVATION UNIT

16.2.2015

POLYMERY A PLASTY V PRAXI  
1-2015

10

# SCIENCE *FOR* CONSERVATORS

VOLUME

# 3

Adhesives

and

Coatings

MUSEUMS &  
GALLERIES  
COMMISSION



CONSERVATION SCIENCE TEACHING SERIES

# Bez názvosloví to nepůjde

- **IUPAC – STRUKTURNÍ NÁZEV** > ZMÍNÍME POUZE KRÁTCE > podrobněji v předmětu „Makromolekulární chemie“ (doc. Ing. Šindelář, Ph.D.)
- **TRIVIÁLNÍ NÁZEV** > toto budeme používat
- **ZKRATKA POLYMERU** > toto budeme používat
- **OBCHODNÍ NÁZEV** > toto budeme ČASTO používat

# Příklad názvosloví 1

- **STRUKTURNÍ NÁZEV** - poly(ethylen)
- **TRIVIÁLNÍ NÁZEV** – polyethylen  
(*polyetylén*)
- **ZKRATKA POLYMERU** – LDPE  
(*nízkohustotní – LD, polyethylen – PE*)
- **OBCHODNÍ NÁZEV** - Bralen NA 7-25  
(*NA – zkratka použití, 7-25 – číselný kód vlastností*)

## Příklad názvosloví 2

- **STRUKTURNÍ NÁZEV** - poly(1-fenylethylen)
- **TRIVIÁLNÍ NÁZEV** - polystyrén
- **ZKRATKA POLYMERU** – PS
- **OBCHODNÍ NÁZEV** – Krasten 552  
(552 – použití & číselný kód vlastností)

# Jak se v tom vyznat?

- **STRUKTURNÍ NÁZEV** - musí mít každý polymer!
- **TRIVIÁLNÍ NÁZEV** – mají jen v praxi běžně používané polymery
- **ZKRATKA POLYMERU** – mají spíše jen průmyslově běžně používané polymery, ale jsou VÝJÍMKY
- **OBCHODNÍ NÁZEV** – mají jen průmyslově VYRÁBĚNÉ MATERIÁLY

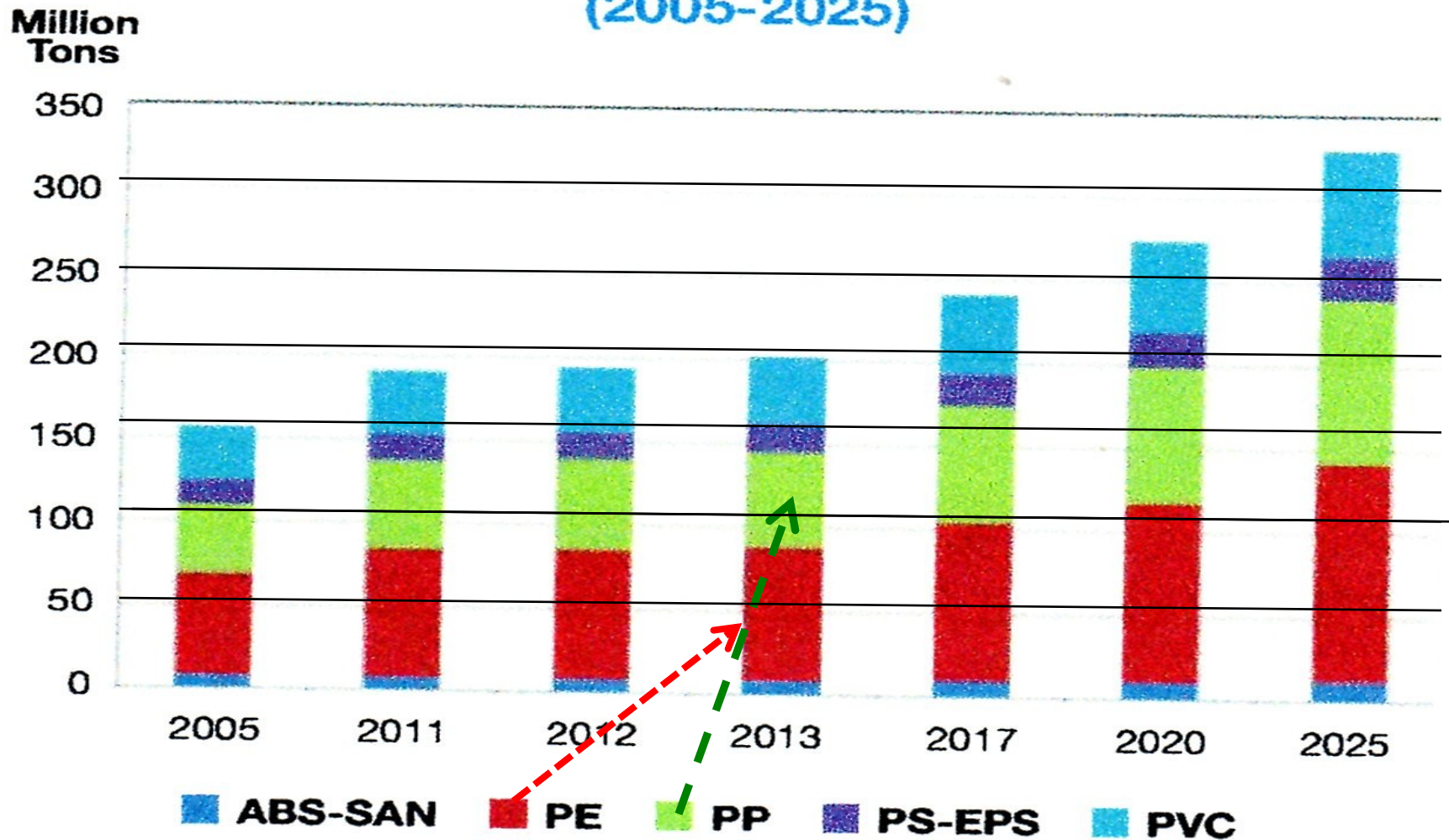
# Na co se spotřebovává ropa?

- **Kolik tun ropy spotřebuje cca. ročně ČR?**
- **Jaký podíl ropy se spotřebuje na plasty v ČR?**
- **Jaké plasty vyrábíme v ČR?**

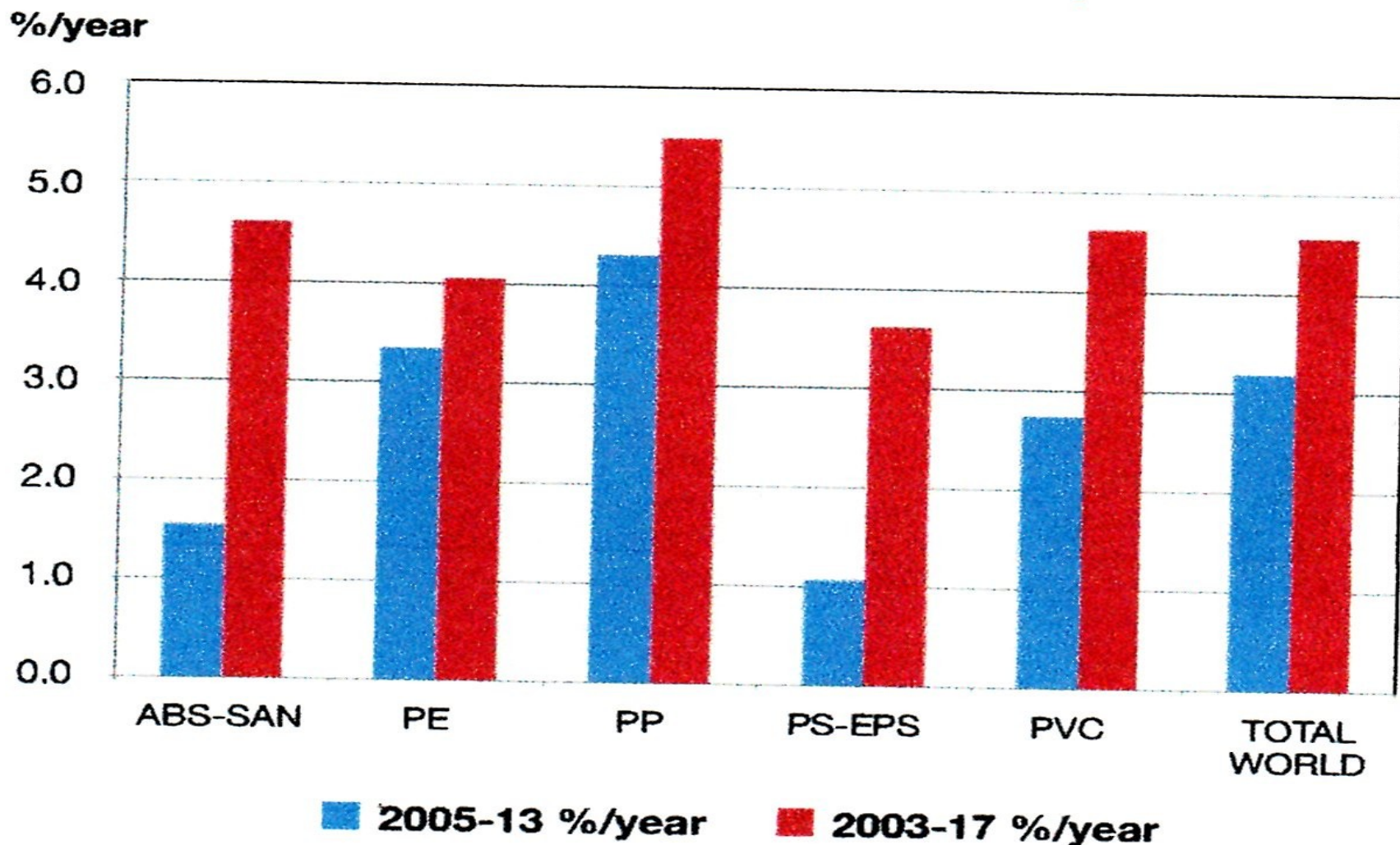
- ..... **t/rok**
- ..... **%**
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....



## Major Thermoplastics – World Demand Distribution, by Polymer (2005-2025)



# Major Thermoplastics – World Consumption Growth Rate, by Polymer (2005-2013 vs 2013-2017)



# Rozdělení

## Monomer, oligomer, makromolekula, polymer, plast

- **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

# Rozdělení

- **PLAST** – polymer + aditiva (*EXISTUJÍ VÝJÍMKY*)
- **Plasty**
  - TERMOPLASTY
  - TERMOSETY
- ***Vulkanizáty***
  - ***Kaučuk***
  - ***Kaučuk + VULKANIZEČNÍ PŘÍSADY***  
***> PRYŽ = VULKANIZOVANÝ***  
***KAUČUK***

# TROCHU CIZOJAZYČNÉ TERMINOLOGIE 1

Polymer	Polymer
Polymerace	Polymerization
Název podle Americké chemické společnosti (liší se od IUPAC názvu)	ACS name ( <i>American Chemical Society Name</i> )
Plast, obvykle TERMOPLAST	<u>Plastic</u> , <u>Thermoplastic</u> ( <u>Resin am.</u> )
Pryskyřice, TERMOSET ( <u>rozdíl od např. přírodních pryskyřic</u> )	<u>Thermoset</u> , <u>Thermosetting plastic</u> , ( <u>Resin am.</u> )
Tavenina	Melt
Zpracování	Processing
Vlastnost	Property
Tuhost	Stiffness
Tvrдость	Hardness
Průhlednost	Transparency, Optical clarity
Houževnatost	Impact strength

# SLOVNÍKY

## Slovníky

### Elektronické

**Lingea Lexikon**, 2. vydání,  
včetně technického a  
ekonomického slovníku

### Tištěné

- **Slovník vstřikování plastů**  
ISBN 80-7225-153-8
- **Anglicko – český**  
**automobilový slovník** ISBN  
80-7226-52-9
- **Anglicko – český letecký**  
**slovník** ISBN 80-85927-92-6
- **Anglicko – český velký**  
**chemický slovník** ISBN 978-  
80-7080-793-4

# Je to tvrdé nebo je to měkké

## Je to tvrdé

„Je to tvrdé, tak je to  
BAKELIT“

Toto je typický laický  
výraz, kterého by se  
měl kvalifikovaný  
chemik (alespoň Bc.)  
VYVAROVAT

Vynálezce Leo Hendrik  
Baekeland >  
fenolformaldehydová  
pryskyřice (TERMOSET)

## Je to měkké

„Je to měkké, tak je to  
IGELIT“

Toto je typický laický  
výraz, kterého by se  
měl kvalifikovaný  
chemik (alespoň Bc.)  
VYVAROVAT

Výrobce IG Farben >  
měkčené PVC  
>obchodní název s ®  
(firma už NEXISTUJE!)

# Vzhůru k názvosloví 1!

## Polymer

Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)

Acrylic (PMMA)

Celluloid

Cellulose acetate

Polyurethane (PU)

Ethylene-Vinyl Acetate (EVA)

Ethylene vinyl alcohol (EVOH)

Fluoroplastics (PTFE, alongside with FEP, PFA, CTFE, ECTFE, ETFE)

Polyvinyl acetate (PVA)

Polyoxymethylene (POM or Acetal)

Polyphenylene oxide (PPO)



# Vzhůru k názvosloví 2!

## Polymer

Polyamide (PA or Nylon)

Polybutadiene (PBD)

Polybutylene (PB)

Polycaprolactone (PCL)

Polyethylene terephthalate (PET)

Polycarbonate (PC)

Polyethylene (PE)

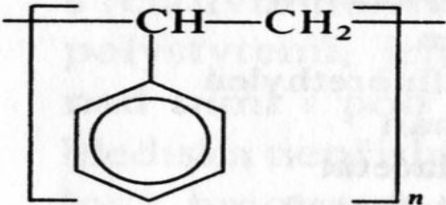
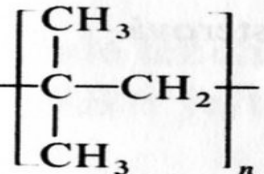
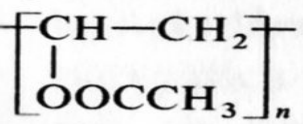
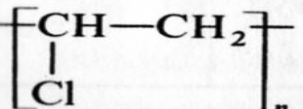
Polyactic acid (PLA)

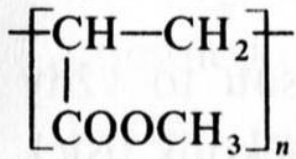
Polypropylene (PP)

Polystyrene (PS)

Polyvinyl chloride (PVC)

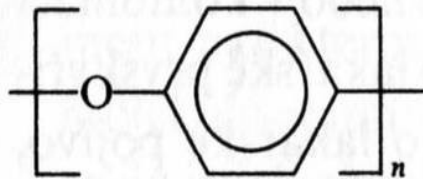
Tab. 1.3 Nomenklatura polymerů

Struktura polymeru	Triviální název	Strukturní název
$-\text{[CH}_2\text{]}_n-$	polymethylen	poly(methylen)
$-\text{[CH}_2\text{CH}_2\text{]}_n-$	polyethylen	poly(ethylen)
	polystyren	poly(1-fenylethylen)
$-\text{[CH(OH)-CH}_2\text{]}_n-$	polyvinylalkohol	poly(1-hydroxyethylen)
$-\text{[CH(CN)-CH}_2\text{]}_n-$	polyakrylonitril	poly(1-kyanoethylen)
$-\text{[OCH}_2\text{]}_n-$	polyformaldehyd	poly(oxymethylen)
$-\text{[OCH}_2\text{CH}_2\text{]}_n-$	polyethylenoxid	poly(oxyethylen)
	polyisobutylen	poly(1,1-dimethylethylen)
$-\text{[CH=CH-CH}_2\text{CH}_2\text{]}_n-$	polybutadien	poly(1-butenylen)
	polyvinylacetát	poly(1-acetoxyethylen)
	polyvinylchlorid	poly(1-chlorethylen)



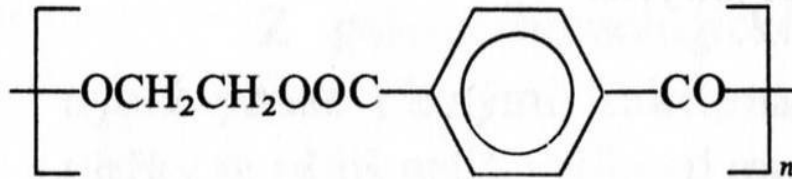
polymethylakrylát

poly[1-(methoxykarbonyl)ethylen]



polyfenylenoxid

poly(oxy-1,4-fenylen)



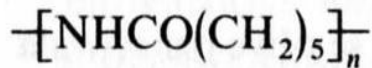
polyethylen-  
tereftalát

poly(oxyethylenoxy-  
tereftaloyl)



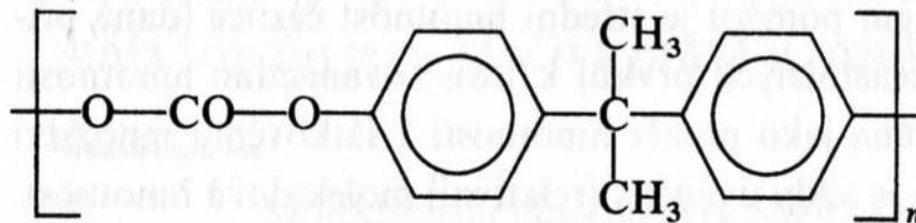
polyhexamethylen-  
adipamid

poly(iminohexamethylen-  
iminoadipoyl)



poly-6-kaprolaktam

poly[imino(1-oxohexa-  
methylen)]



polykarbonát  
z dianu

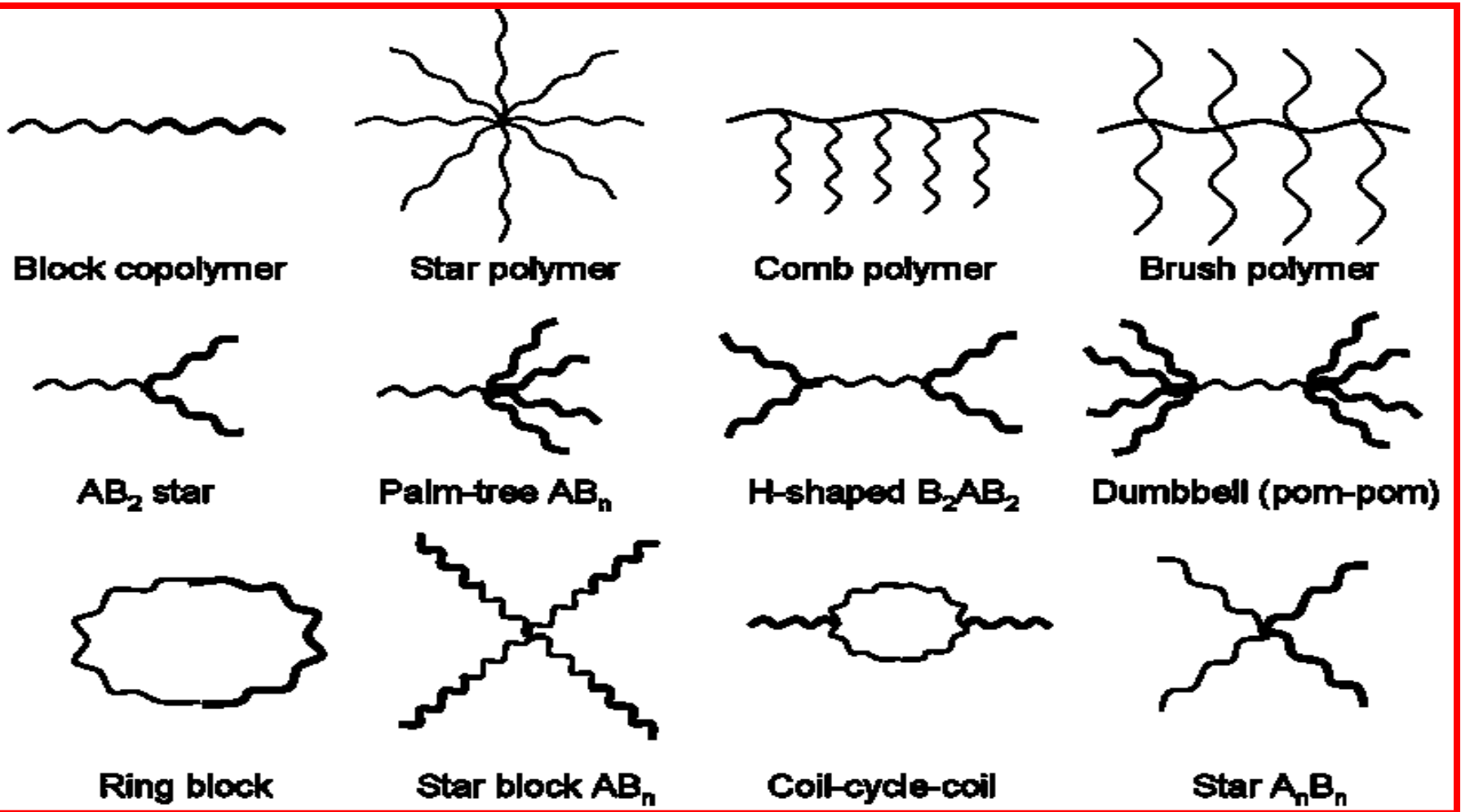
poly(oxykarbonyloxy-  
-1,4-fenylen-isopropyliden-  
-1,4-fenylen)

*Tab. 1.4* Zkratky nejvýznamnějších polymerů

CA	– acetát celulosy	POM	– polyformaldehyd
CAB	– acetobutyrát celulosy	PP	– polypropylen
CMC	– karboxymethylcelulosa	PPO	– polyfenylenoxid
CN	– nitrát celulosy	PPOX	– polypropylenoxid
EC	– ethylcelulosa	PS	– polystyren
EP	– epoxidová pryskyřice	PTFE	– polytetrafluorethylen
MF	– melaminformaldehydová pryskyřice	PUR	– polyurethan
PA	– polyamid	PVAC	– polyvinylacetát
PAN	– polyakrylonitril	PVAL	– polyvinylalkohol
PC	– polykarbonát	PVB	– polyvinylbutyral
PCTFE	– polychlortrifluorethylen	PVC	– polyvinylchlorid
PDAP	– polydiallylftalát	PVDC	– polyvinylidenchlorid
PE	– polyethylen	PVF	– polyvinylfluorid
PEOX	– polyethylenoxid	PVFM	– polyvinylformal
PETP	– polyethylentereftalát	SI	– silikony
PF	– fenolformaldehydová pryskyřice	UF	– močovinoformaldehydová pryskyřice
PIB	– polyisobutylen	UP	– nenasycená polyesterová pryskyřice
PMMA	– polymethylmethakrylát		

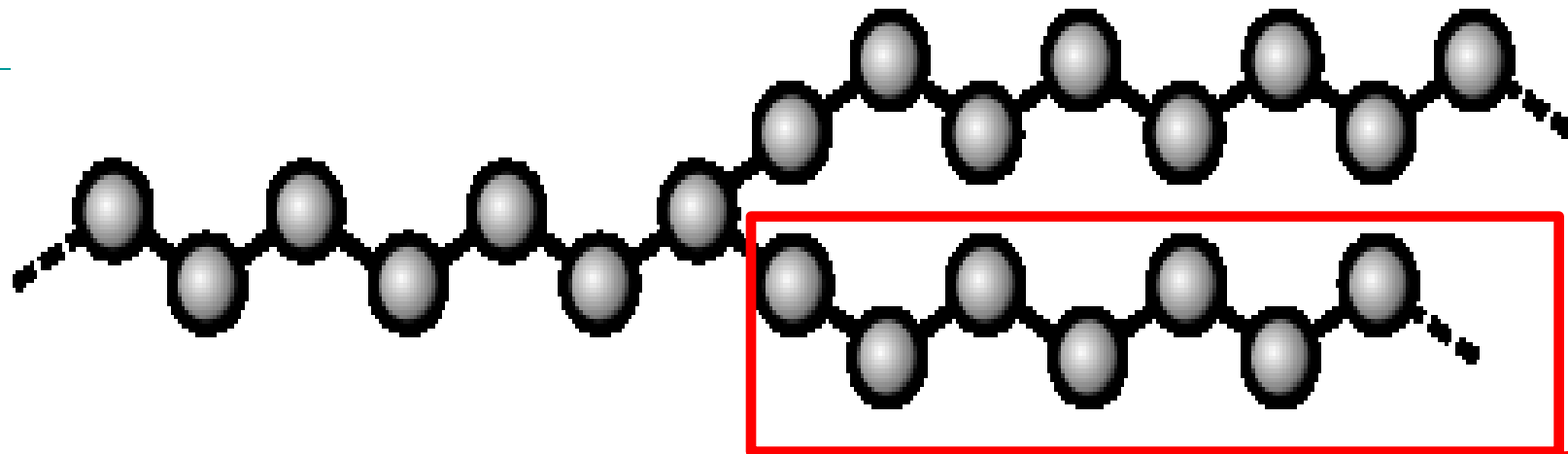
<b>ABS</b>	– terpolymer akrylonitril-butadien-styren
<b>E/P</b>	– kopolymer ethylen-propylen
<b>S/B</b>	– kopolymer styren-butadien
<b>E/VAC</b>	– kopolymer ethylen-vinylacetát
<b>SAN</b>	– kopolymer styren-akrylonitril
<b>VC/VAC</b>	– kopolymer vinylchlorid-vinylacetát

# STRUKTURA Polymerů 1

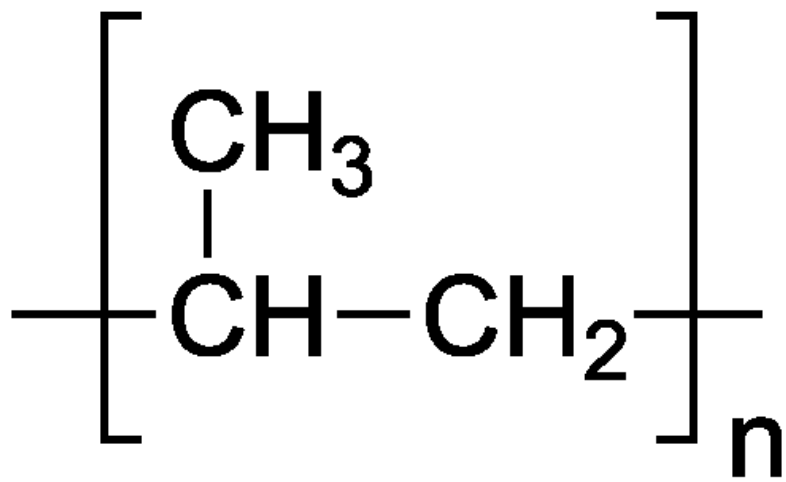


To přenecháme do MAKROMOLEKULÁRNÍ CHEMIE

# STRUKTURA Polymerů 2

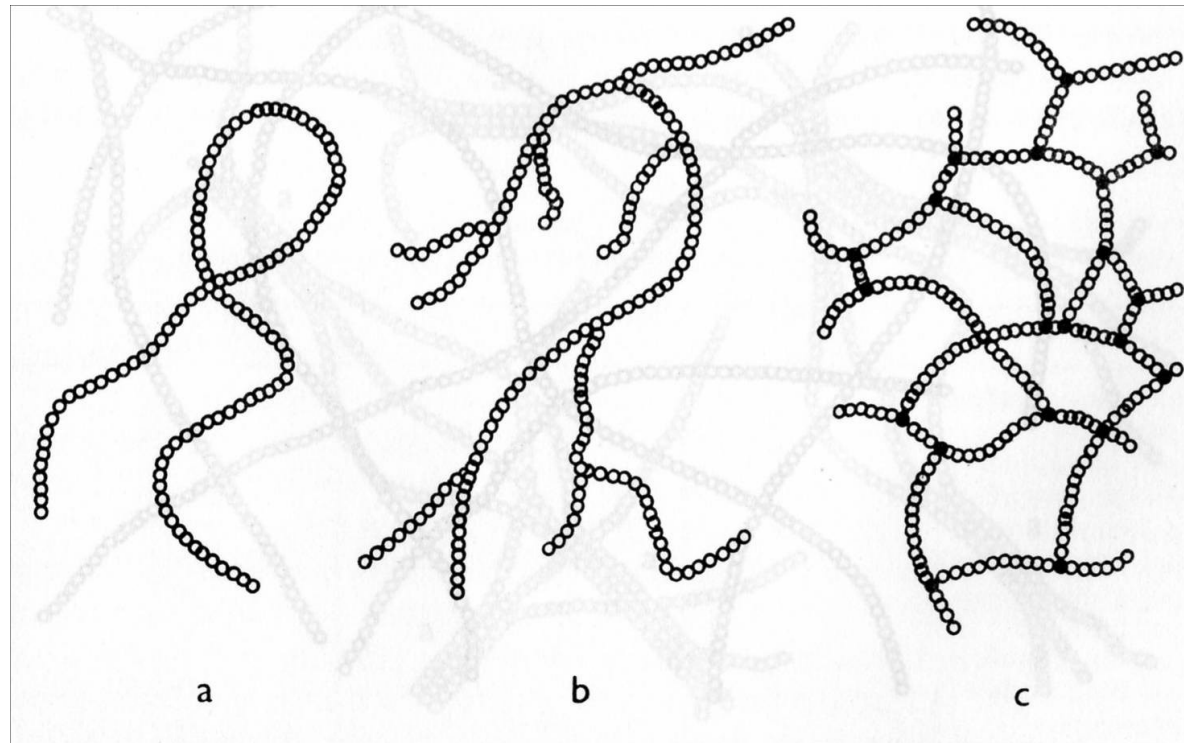


Větvení makromolekuly



**POLYPROPYLEN –  
obvykle není větvený**

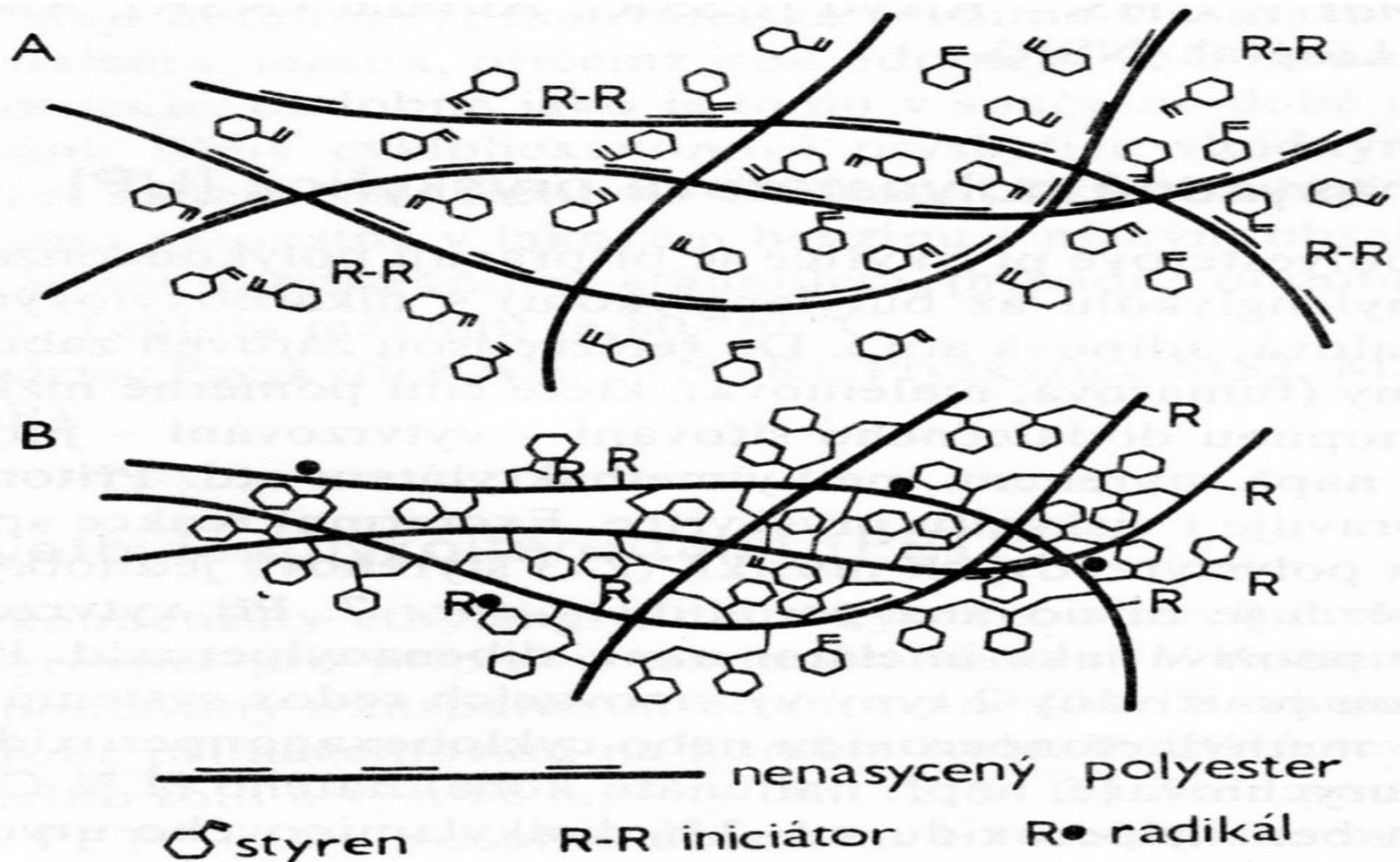
# STRUKTURA Polymerů 3



**a – lineární, b – větvená, c - síťovaná**

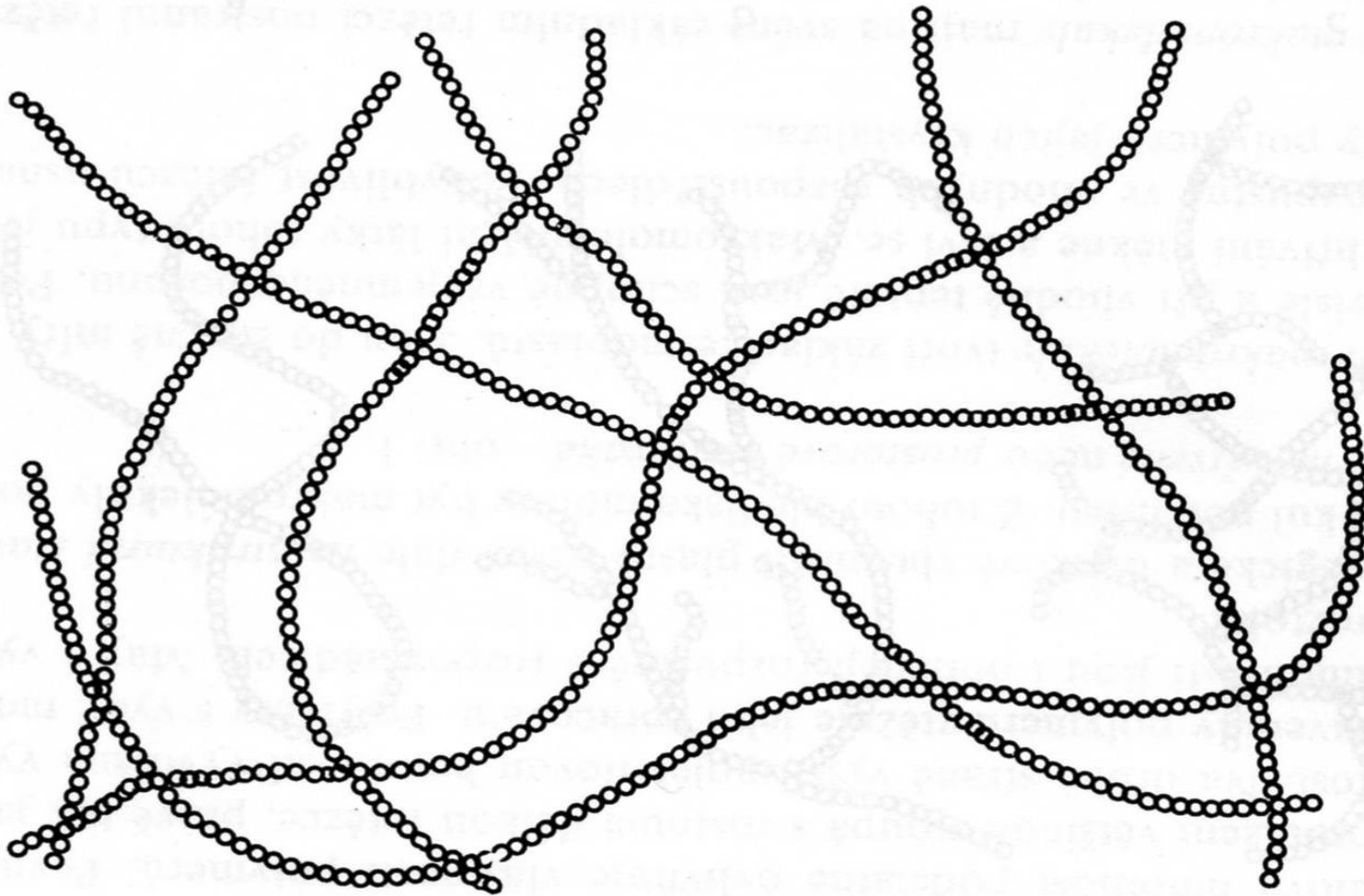


# STRUKTURA Polymerů 4



## Sít'ovaná struktura polyestery

# STRUKTURA Polymerů 5



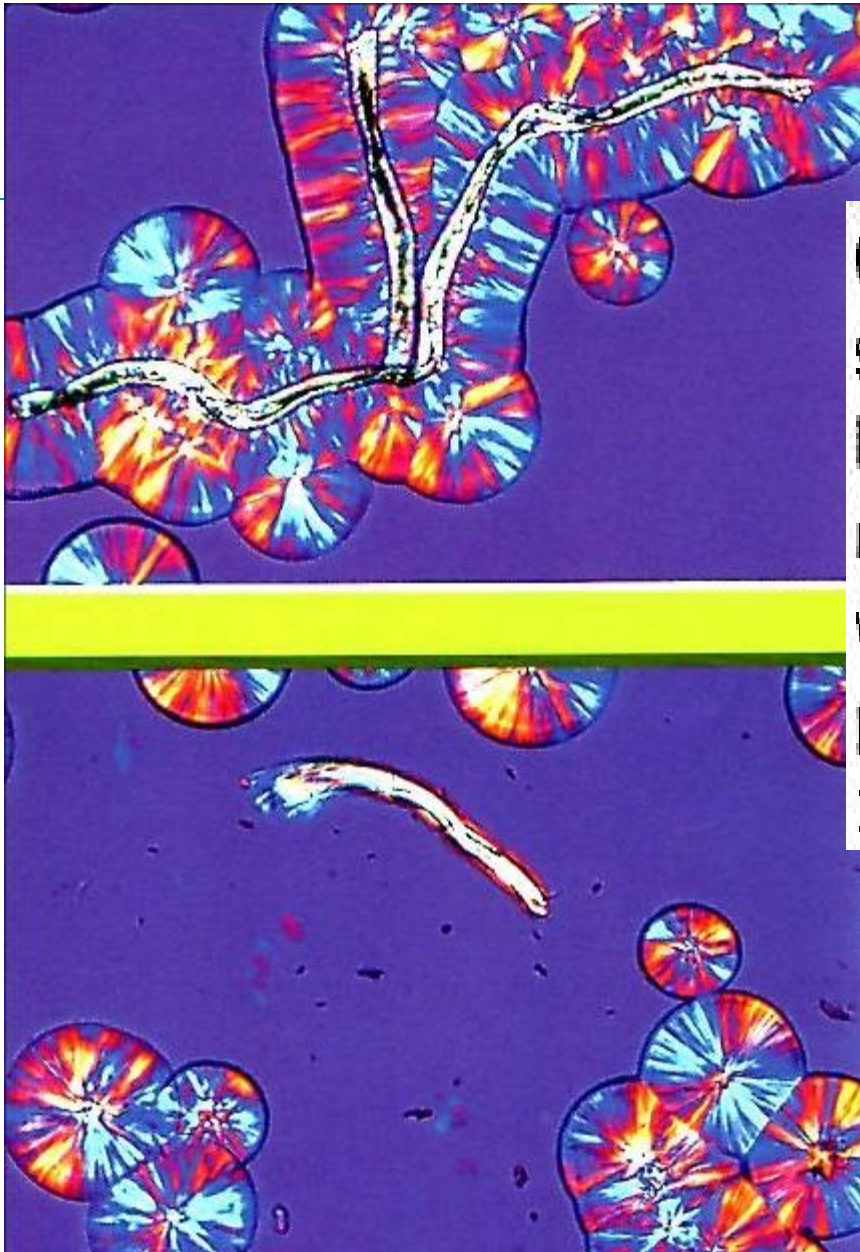
**Lineární amorfní polymer - struktura**

# STRUKTURA Polymerů 6/1

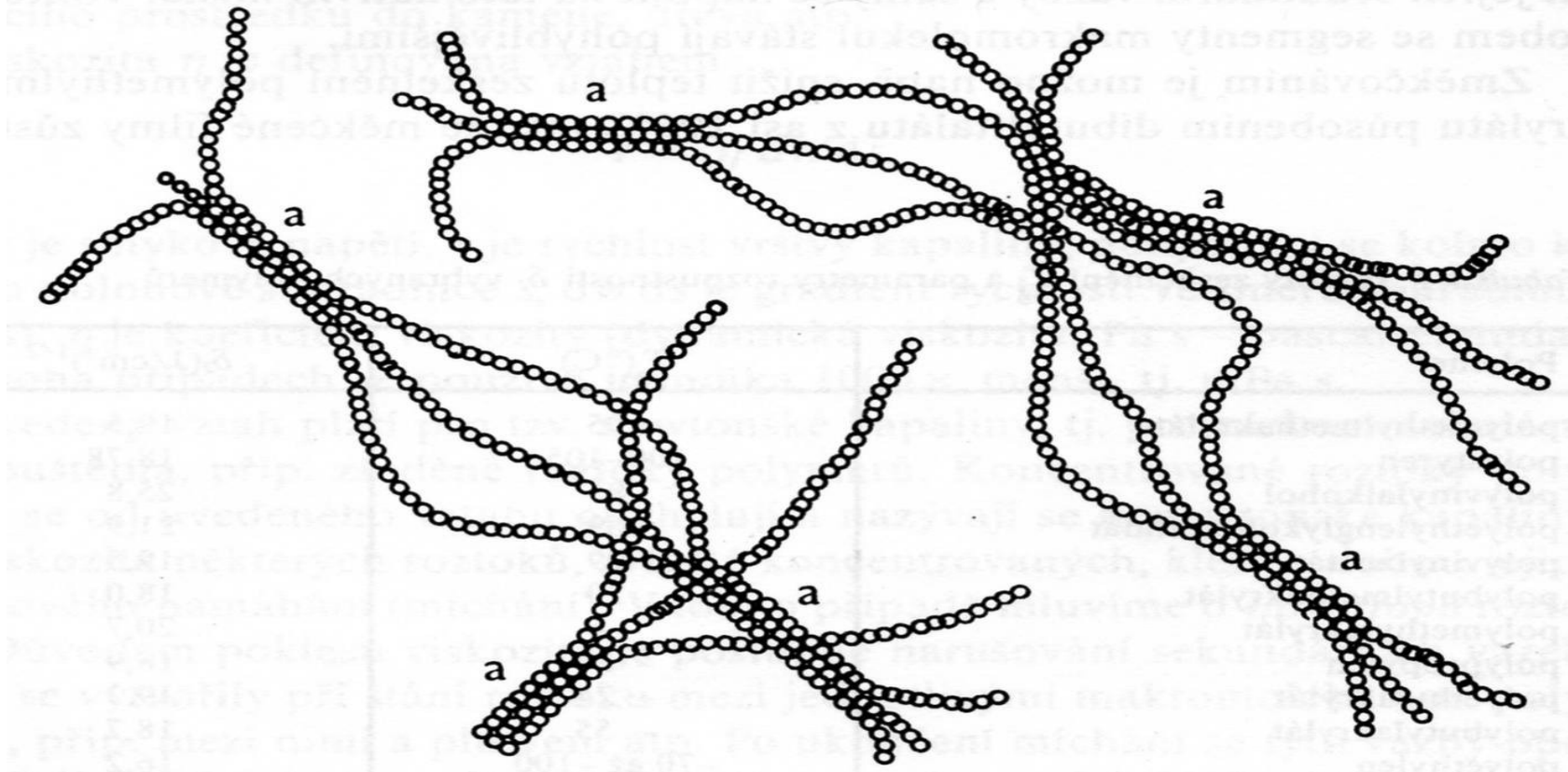
**Obrázky na titulní straně:** Janiček, M. Mikroskopické snímky izotermní krystalizace polypropylenu s využitím hot-stage při teplotě - stav po 5 min při 130 °C. Nahoře nukleační aktivita celulózového vlákna, která vyúsťuje v růst transkrystalické vrstvy, dole potlačení tohoto jevu po esterifikaci povrchu kyselinou dekanovou. Zvětšeno 100krát.

**Barvy jsou udělány digitálním zpracováním obrazu!  
Může to vypadat výtvarně zajímavě.**

Krystalizace v podobě tzv. **SFÉROLITŮ**. Ty jsou v **objemu kulovité**, ale v **ploše kruhové**.



# STRUKTURA Polymerů 6/2



Lineární semikrystalický polymer –  
struktura (**a** – krystalické domény)

# STRUKTURA Polymerů 7 - PE

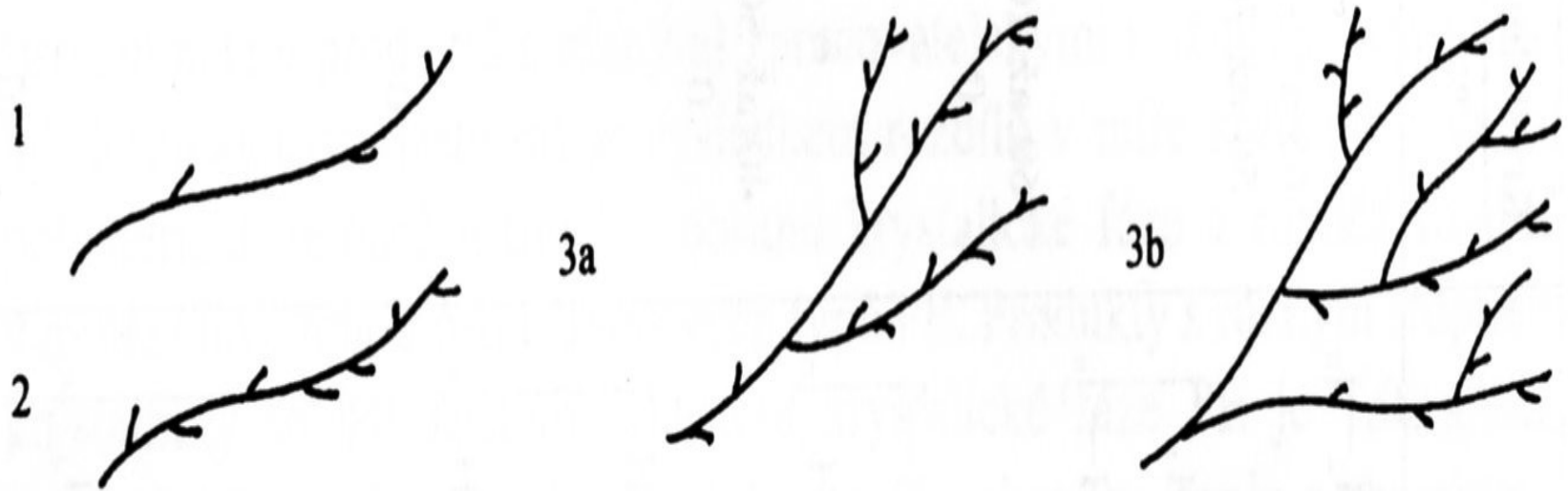
**Může se to lišit v různých knihách!**

Tab. 2.2. Třídění PE podle hustoty

Typ	Zkratka	Hustota (g/cm <sup>3</sup> )
PE s velmi nízkou hustotou	ULDPE (Ultra-Low Density)	0,888–0,915
PE s nízkou hustotou	LDPE (Low Density)	0,910–0,955
Lineární PE s nízkou hustotou	LLDPE (Linear Low Density)	0,918–0,955
PE se střední hustotou	MDPE (Medium Density)	0,925–0,940
PE s vysokou hustotou	HDPE (High Density)	0,941–0,954
PE s vysokou molekulovou hmotností	HMW-HDPE (High Molecular Weight HDPE)	0,944–0,954 MH = 200 000–500 000
PE s ultravysokou molekulovou hmotností	UHMW-HDPE (Ultra-High Molecular Weight HDPE)	0,955–0,957 MH = 3 000 000–6 000 000

## Typický semikrystalický plast

# STRUKTURA Polymerů 8 - PE



Obr. 2.1. Struktura makromolekul různých typů PE: 1 – HDPE, 2 – LLDPE (krátké větvení), 3 – LDPE (dlouhé a krátké větvení, *a* – trubkový reaktor, *b* – autokláv)

## Typický semikrystalický plast

# STRUKTURA Polymerů 9

- **Nízkomolekulární krystalická látka** – krystaly velikosti mm až cm, krystalinita  $\gg 100$  % hmot.
- **Semikrystalický polymer** – krystaly velikosti  $10^2$  nm až  $10^3$  nm, krystalinita  $< 100$  % hmot., typicky okolo  $50 \pm 30$  % hmot.
- **Amorfní polymer** – krystalinita  $0$  % hmot.

# Typický semikrystalický plast - PE

Typ PE	Hustota (g/cm <sup>3</sup> )	Obchodní název
<b>LDPE</b>	<b>0,921</b>	<b>Bralen NA 7-25</b>
<b>HDPE</b>	<b>0,962</b>	<b>Liten MB 72</b>
<b>UHMWPE</b>	<b>0,940</b>	<b>GUR 4113 UHMW-PE</b>
<b>LLDPE</b>	<b>0,925</b>	<b>Flexirene MT 40 A</b>







# POLYMERY A PLASTY V PRAXI - **BIRD NESTING**

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

**The construction kit for the bird nesting boxes supplied by the Dutch company Wilnest is a clever application of Luran S (ASA), a styrene-acrylonitrile copolymer impact modified with acrylic rubber. The double-walled and hence well insulated plastic structure consists almost completely of the lightweight and weather-resistant material.**

**The copolymer from the PlasticsPlus family of Basf is especially suitable for outdoor applications thanks to the high chemical resistance, impact strength and UV resistance. No woodpecker or squirrel can harm this robust material.**

**The smooth surface of Luran S also prevents the chicks from leaving the nest too soon and increases their survival prospects. The nesting boxes are injection moulded at AKG Mouldings (Netherlands) and, if required, the box can be converted to a feeding place.**



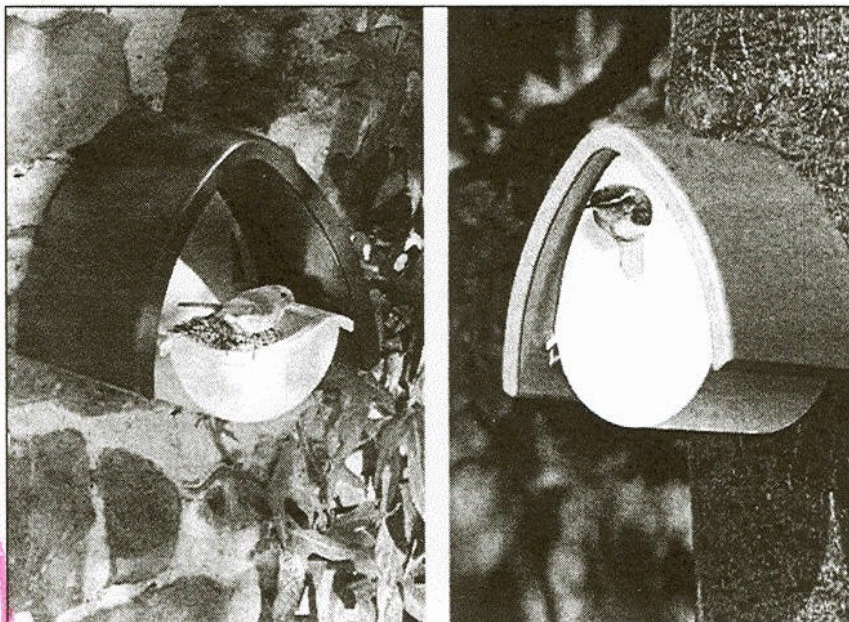
[www.basf.com](http://www.basf.com)

# Slovníček

Squirrel	veverka
Woodpecker	datel
Chicks	ptáčátka
Feeding place	krmítko
nesting	hnízdiště, ptačí budka

## Plastové ptačí budky

Nizozemská firma Wilnest použila ASA (kopolymer akrylesteru, styrenu a akrylonitrilu) k výrobě dvoustěnných ptačích budek. Použila k tomu LURAN S od firmy BASF. Zmíněný plast se vyznačuje velmi dobrou odolností vůči povětrnostním vlivům, UV záření a většině chemikálií. Je houževnatý a podle výrobce má oboustranně hladký povrch.



Ptačí budka z kopolymeru ASA

Hladkost vnější strany brání mláďata před většími nepřáteli (veverkami a většími ptáky) a vnitřní hladký povrch znemožňuje mláďatům, aby sama opustila hnízdo, pokud jsou příliš malá.