



Recyklace plastů: možnosti a limity jednotlivých metod

Od výroby plastů přes mechanickou a chemickou recyklaci až po energetické využití.

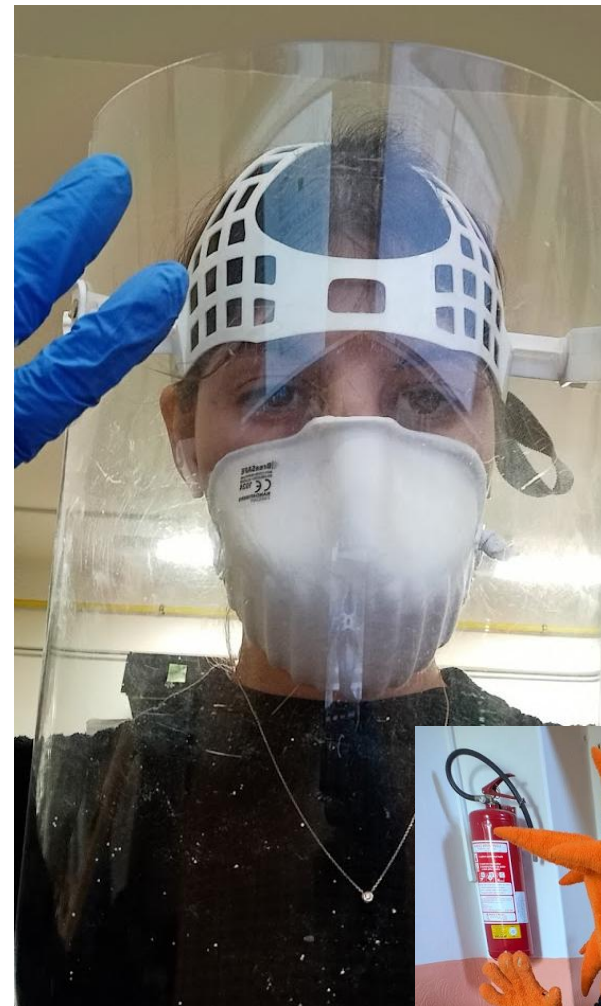
Jana Sklenářová, VŠCHT v Praze

Jana.Sklenarova@vscht.cz

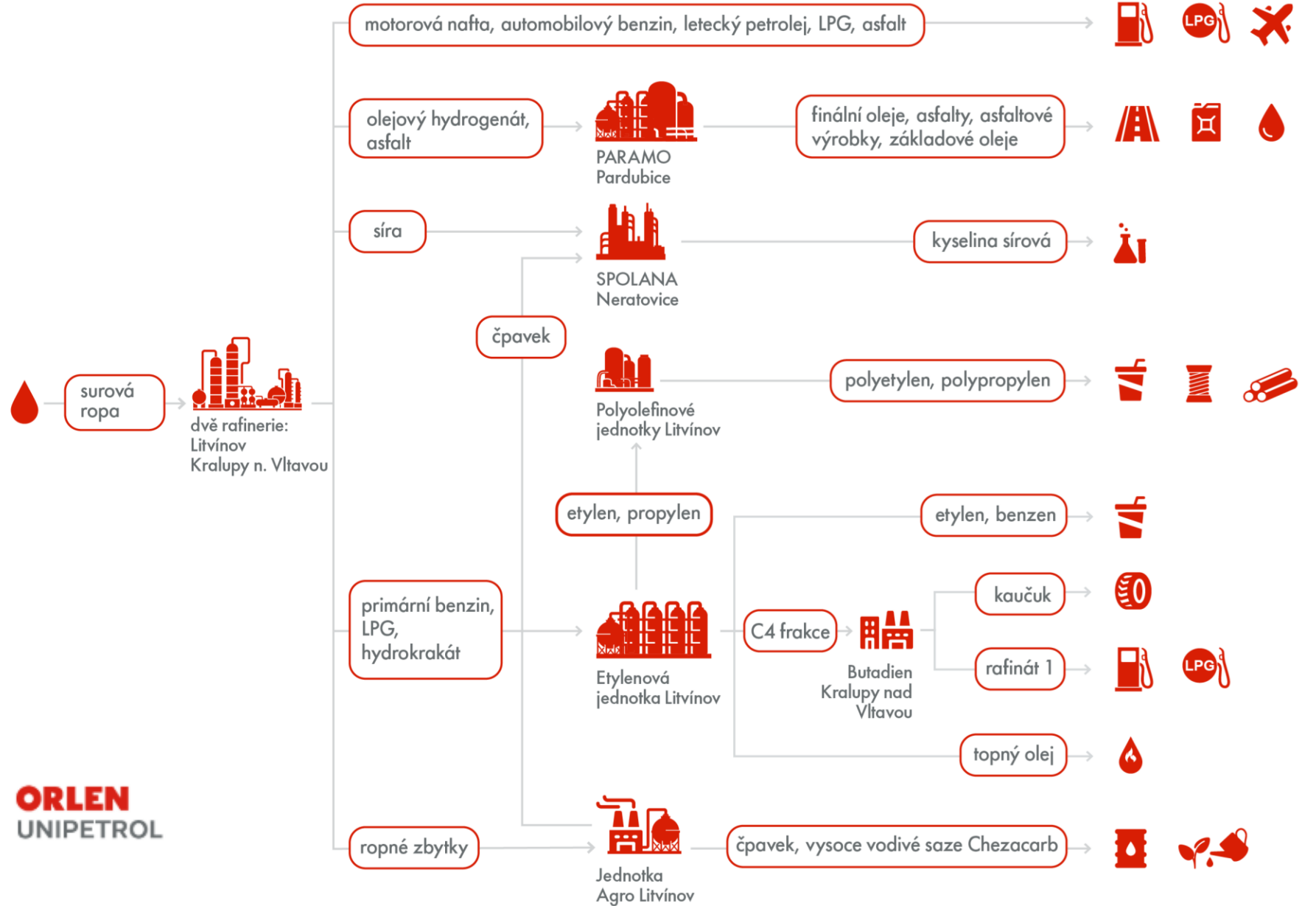
4. 6. 2026



- 1 Výroba plastů
- 2 Kolik plastu se recykluje?
- 3 Životní cyklus plastů a možnosti recyklace
- 4 Mechanická recyklace
- 5 Chemická recyklace
- 6 Energetické využití plastů
- 7 Bioplasty
- 8 Aditiva
- 9 Textil
- 10 Vícevrstvé plastové produkty
- 11 Design

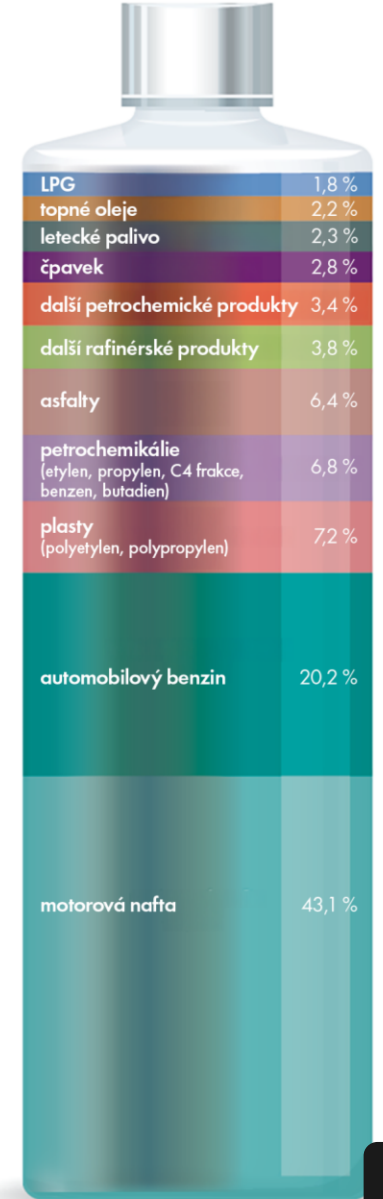


1 Výroba plastů

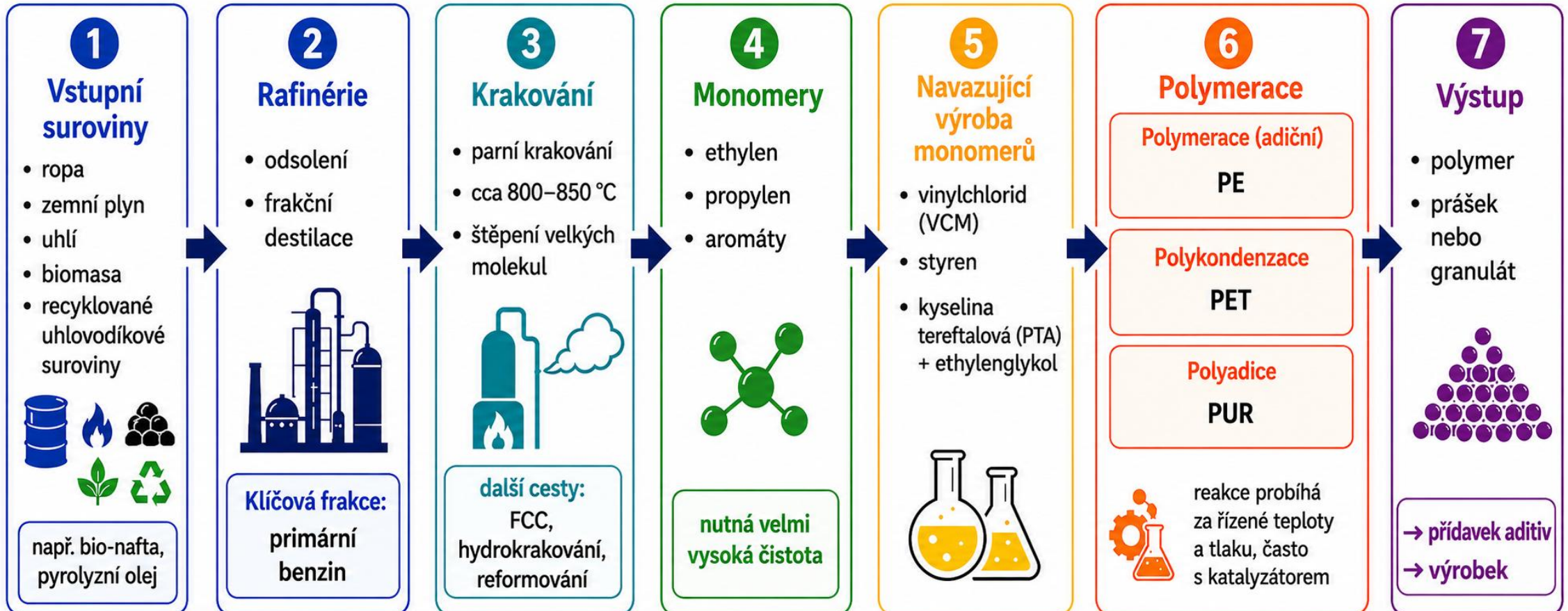
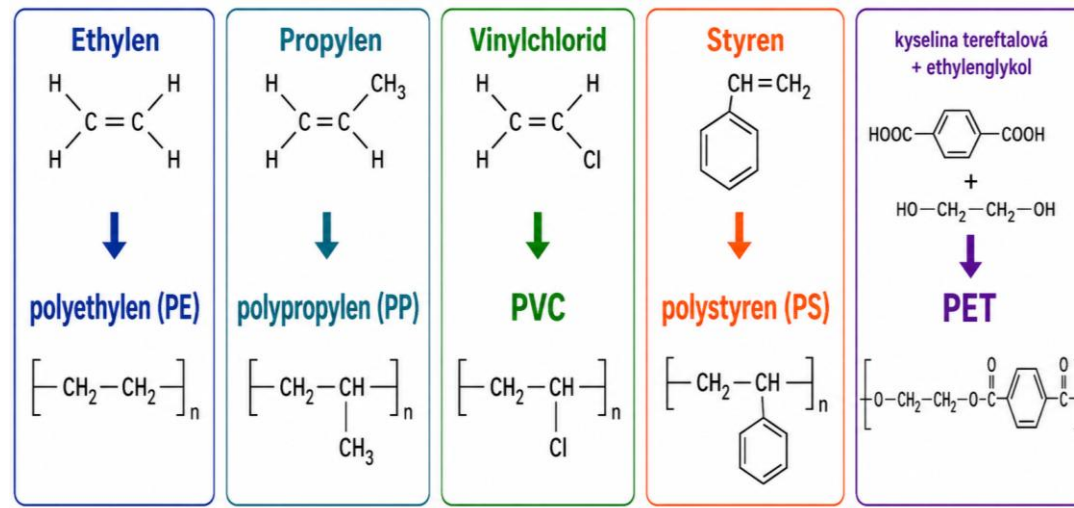


FINÁLNÍ PRODUKTY

CO VYROBÍME Z 1 LITRU ROPY



1 Výroba plastů





1 Výroba plastů: vysokohustotní polyethylen (HDPE)

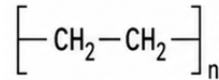
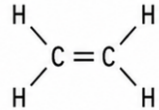
ethylen (plyn)



polyethylen (pevná látka, prášek)



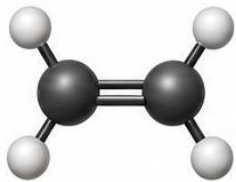
polyethylen & aditiva (granulát)



1 PŘÍPRAVA SUROVINY

Ethylen je přečištěn, vysušen a upraven na požadovanou čistotu pro polymeraci.

Ethylen
 $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$



2 POLYMERACE

Ve fluidním reaktoru probíhá polymerace ethylenu za přítomnosti katalyzátoru. Vzniká práškový polyethylen.

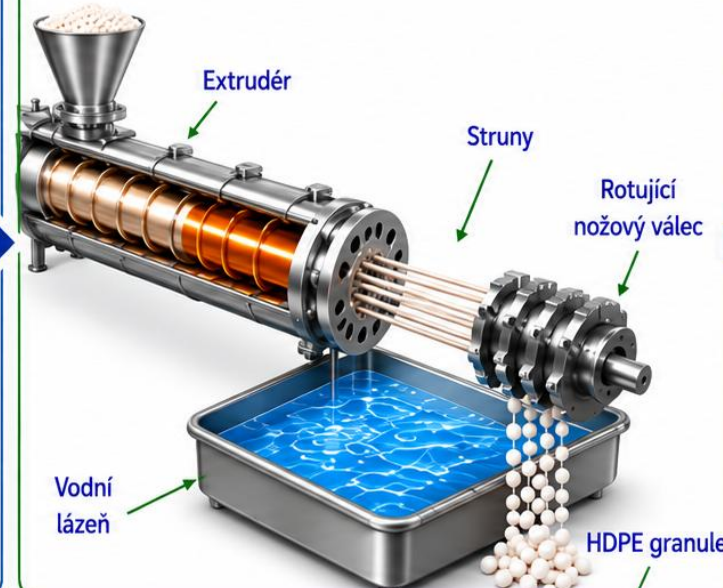
ETHYLEN
(PLYN)



POLYETHYLEN
(PRÁŠEK)

3 STRUNOVÁ GRANULACE

Tavenina vystupuje z extrudéru jako souvislé struny. Struny se ochladí ve vodní lázni, osuší a nasekají na granule.



4 HDPE GRANULÁT

Výsledkem je homogenní HDPE granulát připravený pro další zpracování, například vytlačování lahví.



1 Výroba plastů: lahvička na šampon z HDPE

TECHNOLOGIE EXTRUZNÍHO VYFUKOVÁNÍ (EBM)

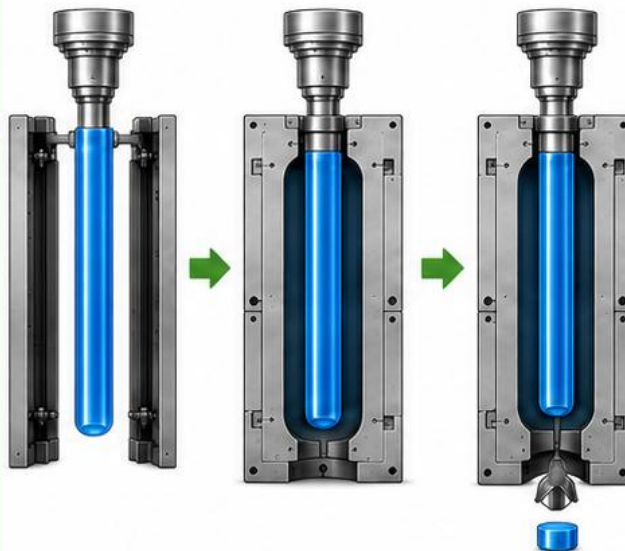
1 EXTRUDER – PŘÍPRAVA PARISONU

HDPE granulát se v extrudéru roztaví.
Vzniká dutá trubice – **parison**.
Parison vstupuje mezi otevřené poloviny formy.



2 SEVŘENÍ FORMY A UZAVŘENÍ PARISONU

Forma se sevře kolem parisonu.
Spodní část se uzavře.
Přebytečný materiál se odřízne.



3 VYFUKOVÁNÍ

Do parisonu se vhání stlačený vzduch.
Plast přilne ke stěnám formy.
Po ochlazení se forma otevře a láhev se vyjme.



HOTOVÁ LÁHEV



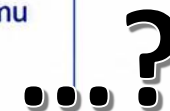
Zdroj: vlastní
ilustrace vytvořená
pomocí AI
(ChatGPT/OpenAI),
2026.

HDPE LÁHEV NA ŠAMPON

- ✓ Lehká
- ✓ Odolná
- ✓ 100% recyklovatelná
- ✓ Vhodná pro kosmetiku



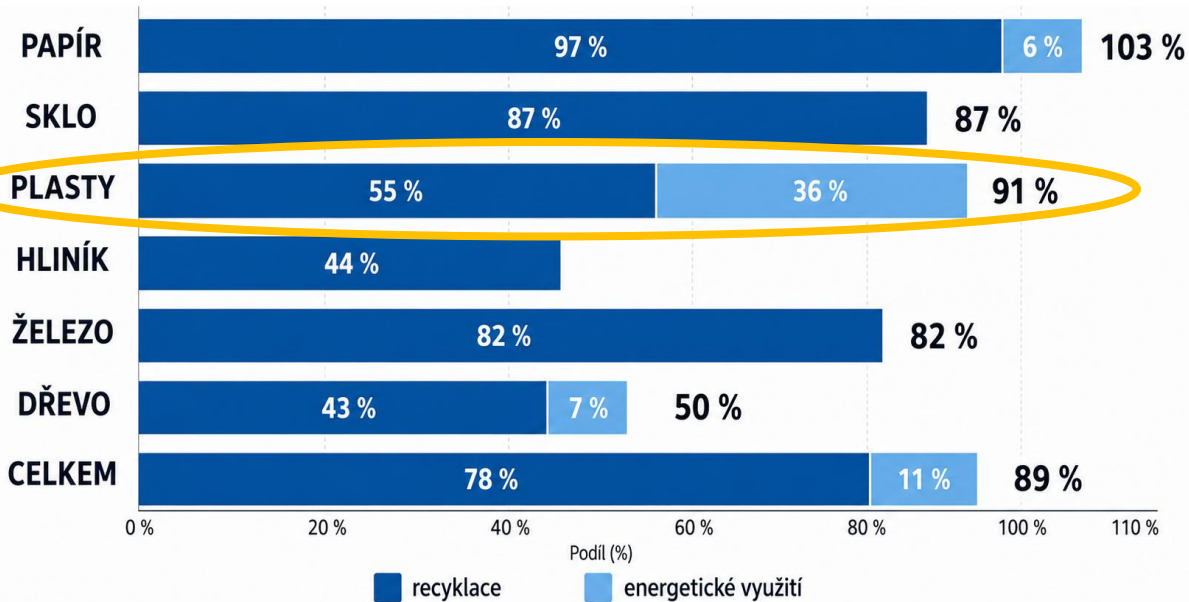
HDPE je plně recyklovatelný
materiál šetrný k životnímu
prostředí.



2 Kolik plastu se recykluje?

EKO-KOM

- Recyklace a energetické využití obalových odpadů v ČR
- jen **obaly**, vztaženo k obalům uvedeným na trh

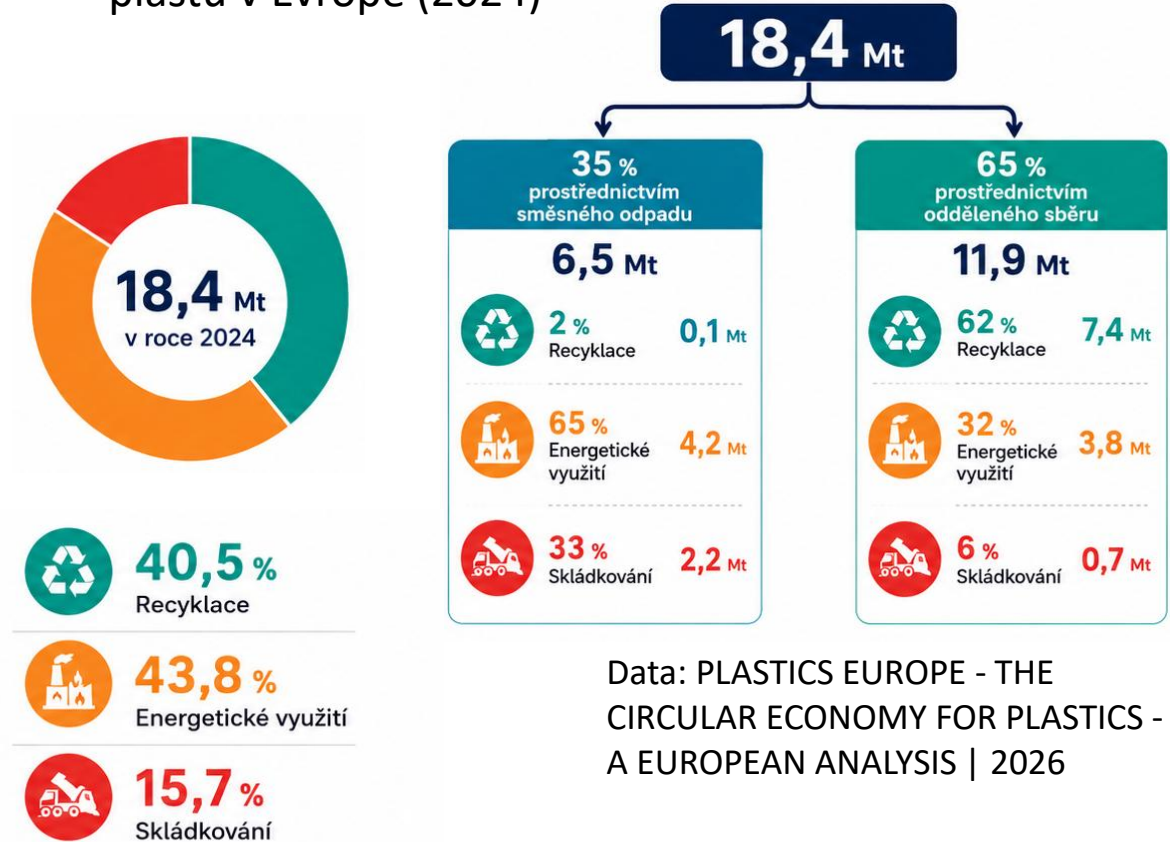


Data: EKO-KOM, a.s. – Výsledky systému 2025

- Plasty se používají i v dalších odvětvích: stavebnictví, automobilový průmysl, elektronika, zemědělství...

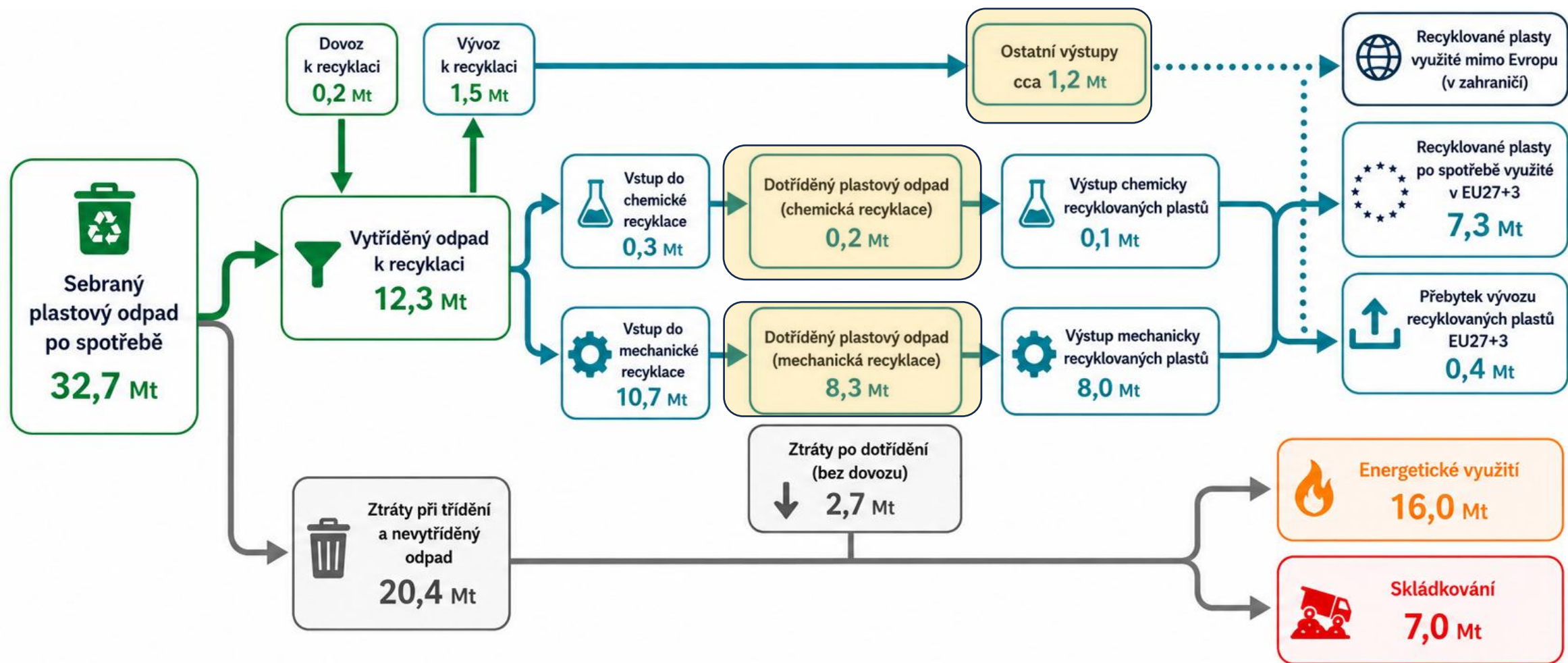
Plastics Europe

- Recyklace a energetické využití obalových plastů v Evropě (2024)



Data: PLASTICS EUROPE - THE CIRCULAR ECONOMY FOR PLASTICS - A EUROPEAN ANALYSIS | 2026

2 Kolik plastu se recykluje?



...9,7 Mt v Evropě v roce 2024

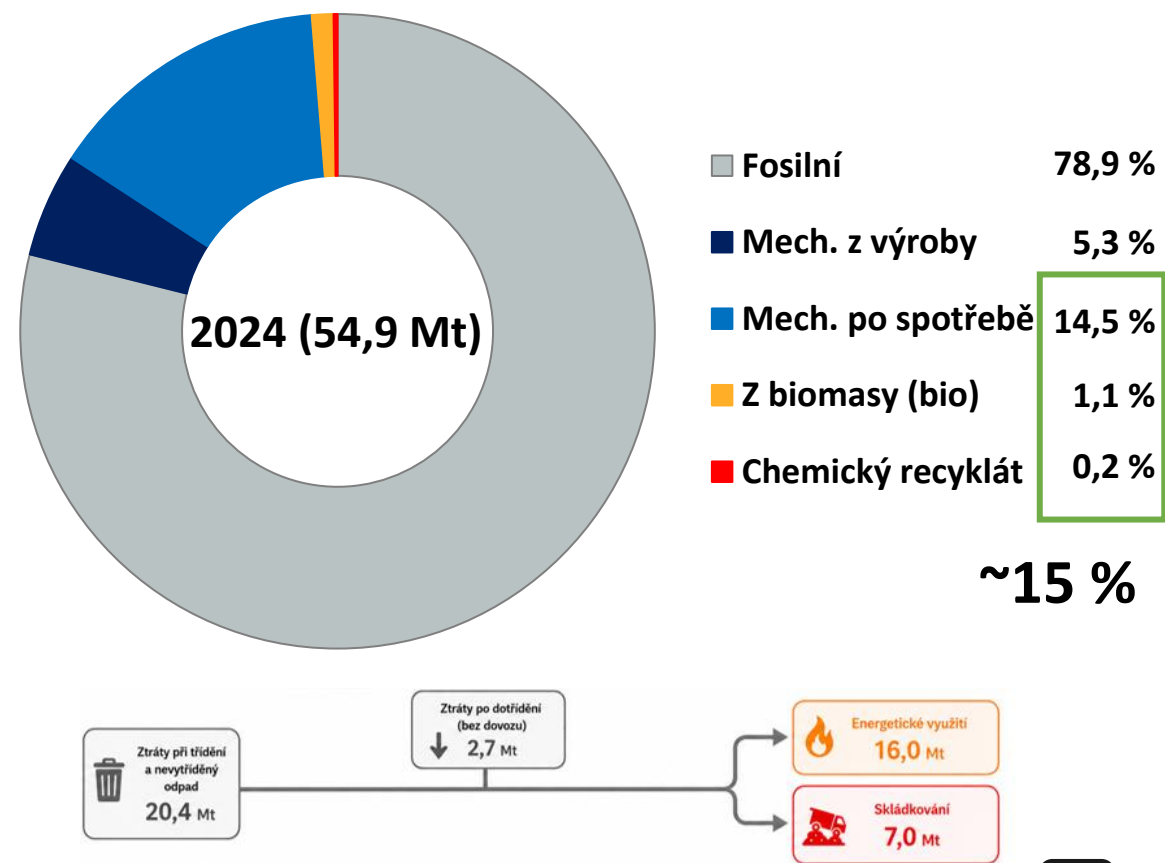
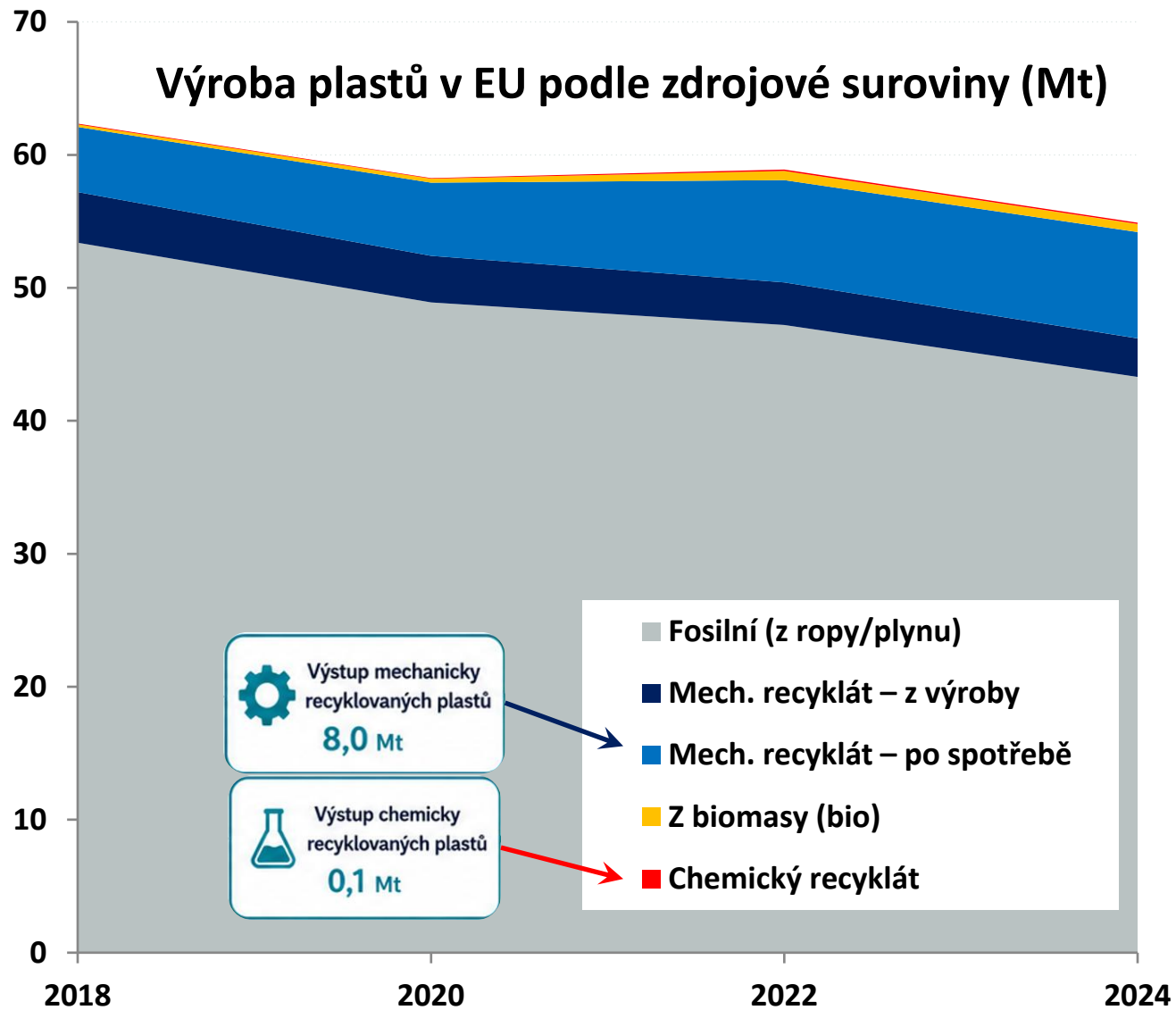
Stačí to?

2

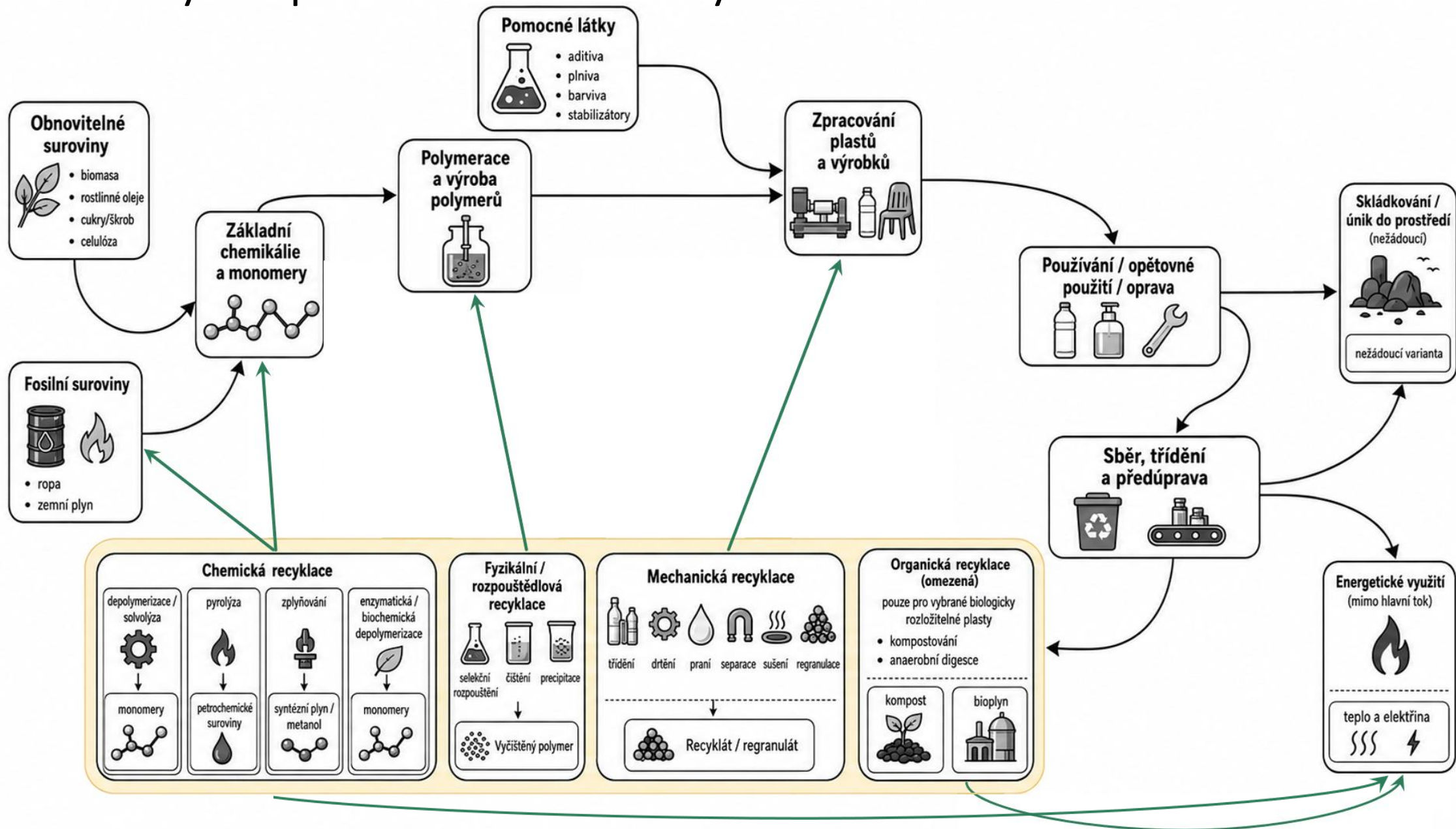
Kolik plastu se recykluje?

...9,7 Mt v Evropě v roce 2024

Stačí to?



3 Životní cyklus plastů a možnosti recyklace



4 Mechanická recyklace

Proces, při kterém z plastového odpadu vzniká nová surovina **bez chemické změny** materiálu.

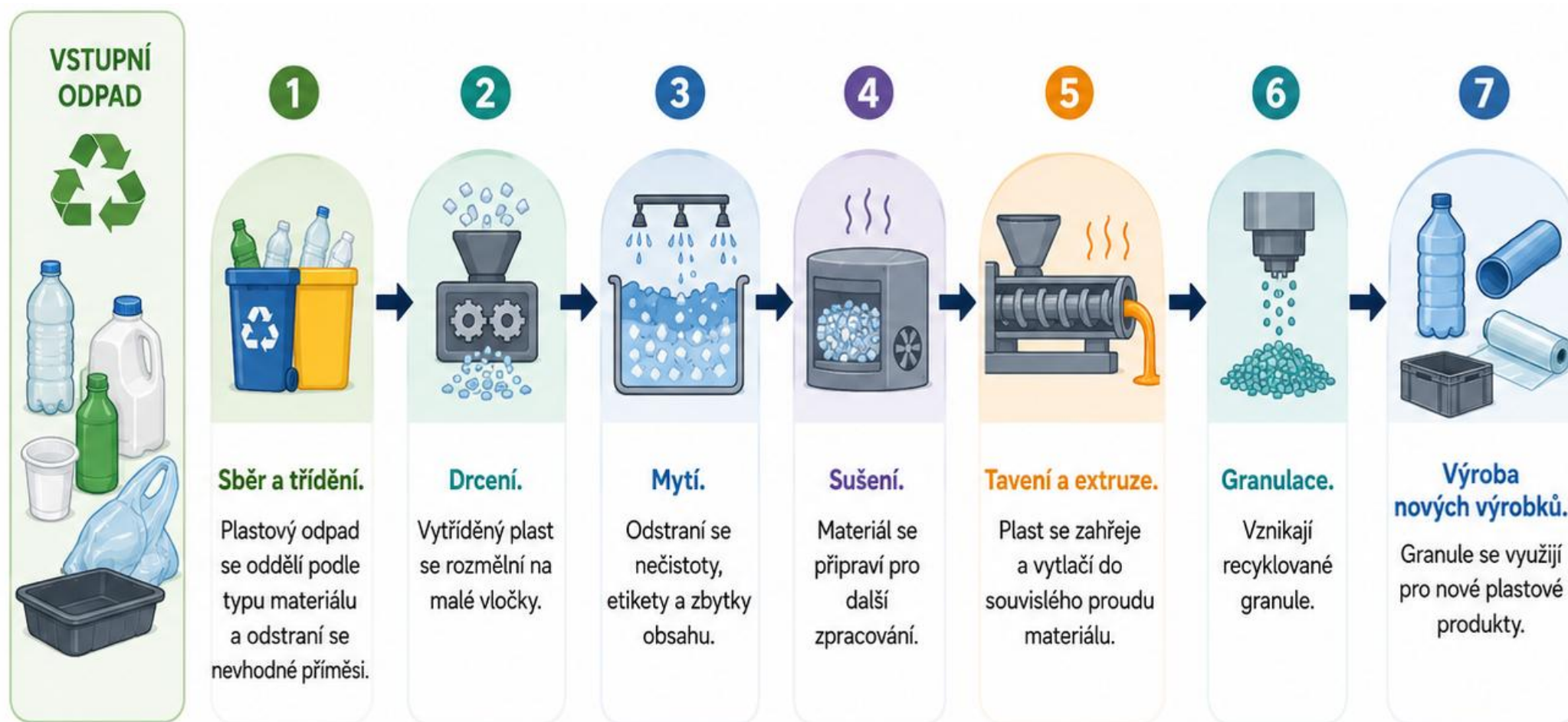
Polymerní řetězce zůstávají zachovány.

Primární:

- jednodruhové plasty
- stejná nebo podobná kvalita
- bottle-to-bottle (PET)

Sekundární:

- směsné, kompozity,...
- downcycling
- lavičky, plotovky, palety



	Technologická vyzrálост a spolehlivost lety ověřená, dobře zvládnutá technologie.
	Nízká energetická i finanční náročnost ve srovnání s chemickou recyklací.
	Úspora primárních (neobnovitelných, ropných) surovin a s tím spojené snížení emisí CO ₂ .
	Zachování molekulární struktury materiálu – není potřeba znovu syntetizovat polymer.
	Odklon odpadu od skládek v ČR je od ledna 2021 zákonem zakázáno ukládat na skládky plasty ze žlutého kontejneru.
	Široká dostupnost kapacit a zavedená sběrná infrastruktura.



	Postupná degradace materiálu při každém přetavení dochází ke štěpení polymerních řetězců a zhoršování mechanických vlastností. Většinu plastů proto nelze recyklovat donekonečna; obvykle se po několika cyklech kvalita sníží natolik, že je nutné materiál „kaskádovat“ do méně náročných aplikací.
	Nutnost čistých, jednodruhových vstupů kontaminace a směsi kvalitu zásadně snižují.
	Náročné a nákladné třídění kvalita recyklátu stojí a padá s kvalitou separace.
	Estetická omezení přetavený směsný recyklát má často černošedou barvu, takže z něj nelze vyrábět výrobky v jasných barvách. Granule mohou mít také nepříjemný zápach, který může přejít na výrobek.
	Zhoršené mechanické vlastnosti směsných recyklátů (nutnost přísadky tzv. kompatibilizátorů pro zlepšení mezifázové adheze).
	Ekonomická nejistota cena recyklátu konkuruje (často levnějšímu) novému plasty; poptávka po recyklátu bývá kolísavá a omezená.
	Regulační a provozní zátěž recyklačních provozů (emisní limity, hygienické a bezpečnostní předpisy).

✓ Vhodné materiály

Mechanická recyklace je vhodná především pro termoplasty, tedy plasty, které lze opakovaně tavit.
Nejlépe recyklovatelné jsou jednodruhové, čisté toky.

Plast	Zkratka	Typické využití
Polyethylentereftalát	PET (1)	nápojové láhve
Polyethylen vysokohustotní	HDPE (2)	láhve od mléka, drogerie
Polypropylen	PP (5)	kelímky, obaly, autodíly
Polyethylen nízkohustotní	LDPE (4)	fólie, sáčky

✗ Nevhodné nebo problematické materiály

	1 Reaktoplasty (termosety) Po vytvrzení je nelze znovu roztavit, například pryskyřice.
	2 Vícevrstvé a kompozitní obaly Vrstvy z různých, vzájemně nemísitelných polymerů, případně s hliníkem, nelze prakticky oddělit. Recyklace je technicky možná, ale nákladnější než výroba nového plasty.
	3 Silně kontaminovaný odpad Znečištění potravinami, chemikáliemi nebo lepidly.
	4 Směsné, druhově netříděné plasty Směs mnoha nemísitelných polymerů výrazně snižuje kvalitu i využitelnost recyklátu.
	5 Tmavé a černé plasty Optické (NIR) separátory je obtížně detekují.

5 Chemická recyklace

Rozklad plastového odpadu na molekulární úrovni.

Výstupy: monomery, oligomery, oleje, plyny.

Z výstupů lze vyrábět nové polymery a chemikálie.

Zpracuje i odpady nevhodné pro mechanickou recyklaci. U depolymerizace výstup s kvalitou srovnatelnou s panenským plastem.

1. Rozpouštěcí recyklace

bez štěpení řetězce



Princip

Selektivní rozpuštění polymeru.

Podskupiny

- Extrakce rozpouštědlem
- Rozpuštění a srážení



Hlavní výhoda

Nízká energetická náročnost



Klíčový limit

Velká spotřeba a nutná regenerace rozpouštědel

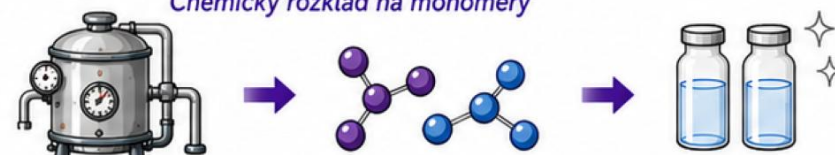


Vhodné pro

PS, PP, PE

2. Depolymerizace

Chemický rozklad na monomery



Princip

Štěpení vazeb vodou, alkoholem nebo glykolem

Podskupiny

- Hydrolyza
- Glykolýza
- Metanolýza
- Acidolýza
- Aminolýza



Hlavní výhoda

Monomery s kvalitou pro nový plast



Klíčový limit

Hlavně pro polykondenzáty; ne pro polyolefiny



Vhodné pro

PET, PUR pěny, polyamidy

3. Pyrolýza

Termální krakování

Bez přístupu kyslíku



Princip

300–700 °C; rozklad na kratší uhlovodíky

Podskupiny

- Termická pyrolýza
- Katalytická pyrolýza



Výstupy

- Pyrolýzní olej
- Pyrolýzní plyn
- Pevný zbytek



Hlavní výhoda

Zpracuje směsné plasty

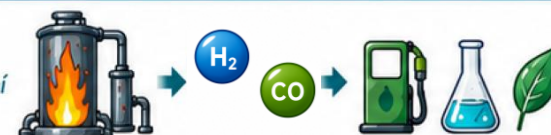


Klíčový limit

PVC škodí; vzniká HCl

4. Zplyňování

Vysokoteplotní zplyňování



Princip

Nad 1000 °C; omezený kyslík nebo pára



Výstup / využití

Syntézní plyn (H₂ + CO); methanol, čpavek, paliva



Hlavní výhoda

Zpracuje i silně kontaminovaný odpad



Klíčový limit

Velmi vysoká energetická a investiční náročnost



Vhodné pro

Prakticky jakýkoli plastový odpad

Přehledové srovnání metod

Metoda	Výstup	Čistota vstupu	Energetická náročnost	Typické použití
Rozpouštěcí recyklace	Čistý polymer	Vysoká	Nízká	PS, PP, PE
Depolymerizace	Monomery / chemikálie	Střední	Střední	PET, PUR, polyamidy
Pyrolýza	Pyrolýzní olej	Nízká	Vysoká	Směsné polyolefiny
Zplyňování	Syntézní plyn (H ₂ + CO)	Velmi nízká	Velmi vysoká	Kontaminované směsi

5 Chemická recyklace

VHODNÉ vs. NEVHODNÉ PLASTY



VHODNÉ

PET



depolymerizace
(metanolýza,
glykolýza,
hydrolýza)

SMĚSI PP + PE



vhodné
pro pyrolýzu

SMĚSNÉ, ZNEČIŠTĚNÉ,
VÍCEVRSTVÉ PLASTY



vhodné pro
zplyňování, pyrolýzu



NEVHODNÉ / PROBLEMATICKÉ

PVC



uvolňuje chlor,
korozivní a toxické
látky

PET v pyrolýze



patří do
depolymerizace

VYSOKÝ PODÍL
NEČISTOT



snižuje kvalitu
a výtěžnost

VÝHODY



Zpracování „nercyklovatelných“
odpadů (směsná, kontaminovaná,
vícevrstvá).



Vysoká kvalita výstupu
(u depolymerizace), vhodné
pro styk s potravinami.



Teoreticky neomezený
počet cyklů (návrat na
úroveň monomeru).



Doplnění kapacit pro plnění
cílů EU.



Zájem investorů – plánované
investice v Evropě až 8 mld. €
do roku 2030.

NEVÝHODY A OMEZENÍ



Vysoká energetická
náročnost.



Nízká „plast-to-plast“ výtěžnost –
často výstup jako palivo,
nikoli nový plast.



Emise a toxické vedlejší
produkty, složité čištění.



Technologická a ekonomická
nejistota, kolísavá poptávka
(po 2024–2025 klesá).



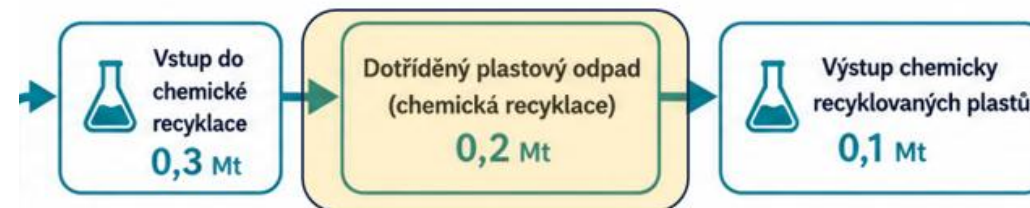
Riziko „greenwashingu“ –
zaměňování recyklace
se spalováním.



Vysoké investiční náklady,
závislost na rafinérských
provozech.

Kde a jak se používá?

5 Chemická recyklace



Zplyňování:

- žádná komerční, pouze testovací jednotky

Pyrolýza:

- ExxonMobil, Quantafuel (+BASF), OMV (+Borealis)

Využití pyrolyzního oleje:

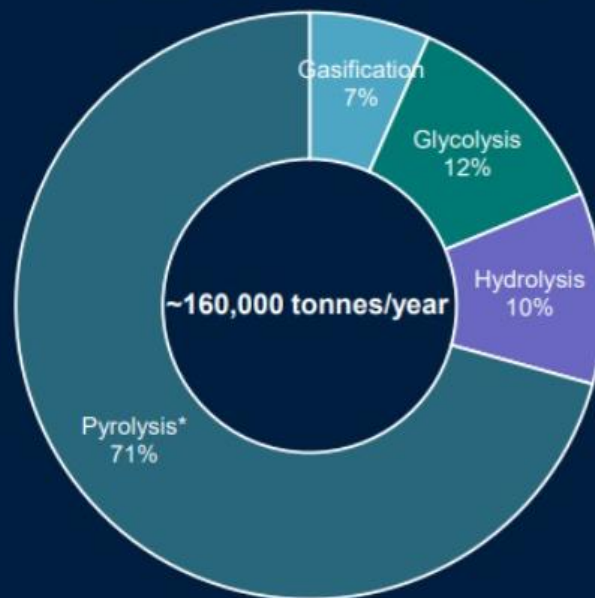
- SHELL, BASF (ChemCycling®) – hmotnostní bilance, SABIC (TRUCIRCLE™)

Několik zrušených projektů

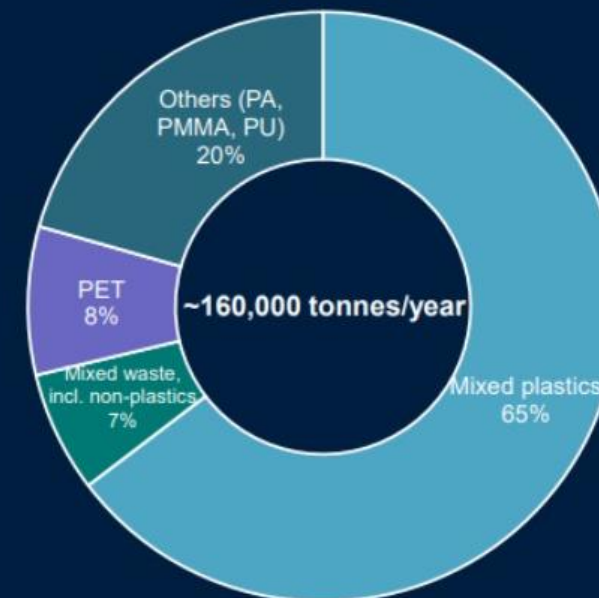
ZDROJ: R. Pjatkan, ČTP PLASTY, PLASTKO 2026, Zlín, 22. 4. 2026.

Chemical recycling capacity in Europe is largely represented by pyrolysis at the moment

Total installed (input) capacity, Europe, operating (as of Apr 2024)
By technology



Total installed (input) capacity*, Europe, operating (as of Apr 2024)
By feedstock



* Includes pyrolysis-based projects (all types, for all relevant polymers), excludes tire pyrolysis

** Includes pyrolysis-based projects (all types, for all relevant polymers), gasification, glycolysis and hydrolysis projects.

Source: ICIS Recycling Supply Tracker – Chemical, 2024

ICIS is part of the LexisNexis® Risk Solutions portfolio of brands.
Copyright © 2023 LexisNexis Risk Solutions

Contact ICIS for more details on the Recycling Supply Trackers:
[Recycling supply tracker | Chemical | ICIS](#)

5 Chemická recyklace

Češi vyvinuli “termochemickou recyklaci” – vyřeší to problém s plastem?

- „První na světě“
- „Komerční“ vs. „vědecký provoz“
- „Veškerý obsah žluté popelnice“
- Produktem je olej pro petrochemii → otázka, zda jde o recyklaci nebo energetické využití.

<https://www.ecoista.cz/cesi-vyvinuli-termochemickou-recyklaci-vyresi-to-problem-s-plastem/> (29. 4. 2024)

- Termochemická recyklace: slibný způsob zpracování plastů nevhodných pro mechanickou recyklaci.
- Silné formulace – kontext startupové komunikace.
- Nejde o kritiku firmy ani pyrolýzy, spíše o obecné limity dané fází vývoje technologie:
 - hůře si poradí s PVC a PET,
 - uváděná výtěžnost se vztahuje ke vstupní surovině, ne k celému obsahu popelnice,
 - Přínos pyrolýzního oleje závisí na tom, zda poslouží k výrobě nového plastu nebo jako palivo.

Česká společnost Green Future jako první na světě představila funkční komerční jednotku na termochemickou recyklaci plastů. Tato technologie zvládne zpracovat veškerý obsah „žluté popelnice“, který dnes z velké části končí ve spalovnách.

Zakladatel Green Future Michal Pivrnec se spojil s českými vědci ze společnosti Enress a společnými silami se jim podařilo dokončit dlouholetý vývoj. Jejich revoluční technologie zvládne zrecyklovat až 90 % vstupního plastu. Zbytek se z 5 % změní na inertní uhlíkatý zbytek použitelný v gumárenství nebo zemědělství a z dalších 5 % na energetický plyn. Ten je možné použít pro výrobu elektřiny, využitelné pro komunitní energetiku nebo pohon jednotky.

PYROLÝZNÍ OLEJ
Kvalita oleje závisí na složení vstupu. Před dalším využitím je nutné čištění.
PVC → chlor, PET → kyslík
Olej obsahuje heteroatomy: Cl, O, S, N
Přímé použití ne; nutný upgrading (odstranění Cl/O/S/N)
Spálení jako palivo = energetické využití, ne recyklace
Kolísání kvality podle vstupu → potřeba samostatných čistících jednotek

6 Energetické využití plastů

CO TO JE?



- Získání tepla a elektřiny ze spalování plastového odpadu, který již nelze nebo se nevyplatí materiálově recyklovat.



- Plasty mají vysokou výhřevnost, srovnatelnou s uhlím či ropou.



- **Energetické využití není recyklace.**



- Spalování je energetickým využitím jen tehdy, když je energie skutečně využita a zařízení splňuje požadavky účinnosti; jinak jde o odstranění odpadu.



MÍSTO V HIERARCHII ODPADŮ



1. Předcházení vzniku
2. Opětovné použití
3. Recyklace
4. Energetické využití
5. Odstranění (skládování)



Energetické využití je až za recyklací.

PROČ JSOU PLASTY VHODNÝM PALIVEM?



- Vysoká výhřevnost daná ropným původem.



- Náhrada fosilních paliv v cementárnách a teplárnách.



- Redukce objemu odpadu a odklon od skládek.



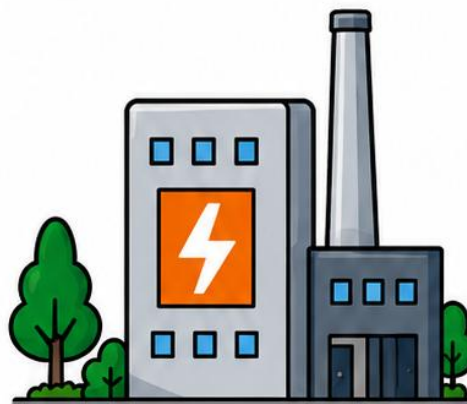
- Zpracují i znečištěné, vícevrstvé a směsné plasty.



- Problematické jsou plasty s chlorem, např. PVC – kvůli emisím HCl a provozním problémům.

1

ZEVO



- Spalují zbytkový směsný komunální odpad po odděleném sběru využitelných složek.
- Vyrábějí teplo a elektřinu.
- Poradí si i s inertní složkou odpadu.
- Vzniká struska a popílek – nutnost dalšího zpracování nebo uložení.

6 Energetické využití plastů

TUHÁ ALTERNATIVNÍ PALIVA (TAP / SRF / RDF)



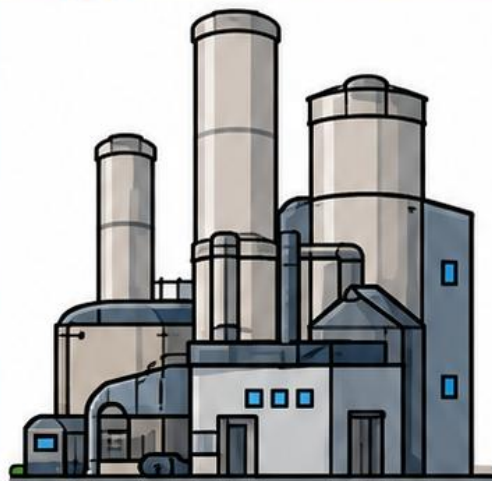
- Vznikají úpravou nerecyklovatelného odpadu.
- Ze směsného odpadu se vytrídí spalitelná, energeticky bohatá frakce a oddělí se inertní složky.
- Mají definovanou výhřevnost a složení.
- Představují částečnou náhradu uhlí.
- Zpracování odpadu na TAP se nepovažuje za recyklaci, ale za energetické využití.
- Ne celý směsný odpad lze na TAP přeměnit.

1 ZEVO



- Spalují zbytkový směsný komunální odpad po odděleném sběru využitelných složek.
- Vyrábějí teplo a elektřinu.
- Poradí si i s inertní složkou odpadu.
- Vzniká struska a popílek – nutnost dalšího zpracování nebo uložení.

2 SPOLUSPALOVÁNÍ V CEMENTÁRNÁCH



- Spalují tuhá alternativní paliva (TAP) z nerecyklovatelných plastů a dalších odpadů.
- Vysoká teplota a dlouhá doba hoření.
- Na rozdíl od ZEVO nevzniká samostatná struska.
- Minerální podíl paliva se převážně zabuduje do slínku.
- Nutná přísná kontrola složení paliva a emisí.

3 TEPLÁRNY A ELEKTRÁRNY (SPOLUSPALOVÁNÍ)



- Spoluspalování TAP v teplárnách a energetice.
- Pomáhá nahrazovat uhlí a plnit klimatické cíle.
- Omezené počtem zařízení, která umí TAP bezpečně spoluspalovat.

6 Energetické využití plastů

VÝHODY



- Odklon od skládkování.



- Výroba tepla a elektřiny z odpadu.



- Náhrada fosilních paliv.



- Hygienické zneškodnění zbytkového odpadu.



- Energetická soběstačnost a stabilní zdroj tepla pro města.

NEVÝHODY A RIZIKA



- Ztráta materiálu – lineární konec.



- Fosilní emise CO₂.



- Další emise a zbytky – nutnost čištění spalin a nakládání se struskou či popílkem.



- Riziko konkurence recyklaci.



- Ekonomika třídění – někdy se nevyplatí dotřídňování méně hodnotných plastů.



1 AKTUÁLNÍ STAV V ČR



- V provozu jsou přibližně 4 velká ZEVO (Praha, Brno, Liberec, Plzeň-Chotíkov), další v přípravě.



- Energeticky se využívá zhruba 12 % komunálního odpadu; cílem je kapacity zvýšit.



- Cementárny spotřebují stovky tisíc tun TAP ročně; využití v energetice roste.



- Energetické využití, včetně TAP, je v ČR uznáváno jako legitimní způsob nakládání s nerecyklovatelnými plasty.

2 EVROPSKÝ KONTEXT A DEBATA



- Zařazení spaloven do EU ETS
- Debata o klimatických nákladech spalování vs. odklonu odpadu od skládek.

ZASTÁNCI ZAŘAZENÍ:

- ✓ Zviditelnění klimatických nákladů spalování.
- ✓ Motivace k prevenci a recyklaci.
- ✓ Nástroj ke snižování emisí CO₂.

ODPŮRCI ZAŘAZENÍ:

- ✗ Složení odpadu nelze snadno rozlišit.
- ✗ Hrozí růst nákladů obcí a export odpadu.
- ✗ ETS nemusí vést ke snížení množství odpadu.

7 Bioplasty

Co znamená bio?



Biobased

= z obnovitelných zdrojů.



Biologicky rozložitelné

= rozklad působením mikroorganismů za vhodných podmínek.



Biobased ≠ biologicky rozložitelné



Bioplast ≠ automaticky kompostovatelný plast



Bioplasty tvoří přibližně 1 % světové produkce plastů.

Jak se bioplasty dělí

KATEGORIE	PŮVOD	ROZLOŽITELNOST	PŘÍKLADY	POZNÁMKA
A. Drop-in bioplasty	obnovitelný	nerozložitelné	bio-PE, bio-PP, bio-PET	Chemicky stejné jako běžné PE/PET → recyklace ve stávajících tocích.
B. Biobased + biologicky rozložitelné	obnovitelný	ano	PLA, PHA, PBS, škrobové směsi	Často vyžadují průmyslové kompostování.
C. Fosilní + biologicky rozložitelné	fosilní	ano	PBAT, PCL	—

Nejvýznamnější materiály



PLA

Nejrozšířenější bioplast; obaly, kelímky, 3D tisk; obvykle průmyslový kompost.



PHA

Rozložitelný i v širších podmínkách; zatím dražší.



Bio-PE / Bio-PET

Obaly a lahve; vhodné do běžné recyklace.



PBAT

Často ve fóliích a sáčcích; fosilní, ale rozložitelný.

Konec životnosti a vztah k recyklaci



Kompostování: většina biodegradabilních bioplastů potřebuje průmyslovou kompostárnu.



Domácí kompost ani příroda často nestačí.



Kontaminace recyklace: PLA v PET toku může znehodnotit recyklát.



Moderní NIR třídění umí bioplasty rozpoznat a oddělit.



Chemická recyklace / upcyklace existuje, zatím okrajově.



Výhody

- nižší závislost na ropě
- potenciál nižší uhlíkové stopy

- u části materiálů biologická rozložitelnost

- drop-in varianty fungují ve stávajících recyklačních tocích

- široké využití: obaly, textil, medicína



Nevýhody a kontroverze

- matoucí terminologie
- riziko kontaminace recyklačních toků
- chybějící infrastruktura pro sběr a kompostování

- vyšší cena
- konkurence s potravinami o půdu a vodu
- nejistý reálný environmentální přínos



bio-PET



bio-PE

Vyrobeno z
cukrové třtiny

7 Bioplasty



Papírový kelímek kraft Vegware 250 ml průměr 80 mm 50 ks

5,00 ★★★★★ [2 hodnocení](#)

155 Kč
SMART

Ekologické produkty Evropy

Šálky na kávu Vegware 250 ml, průměr 80 mm 50 ks

Papírové kelímky o objemu 250 ml a průměru 80 mm.

Vnitřní část je vystlaná vrstvou PLA (plast na bázi kukuřičné moučky), která zajišťuje dodatečnou těsnost!

Tyto hrnky se skvěle hodí na kávu, čokoládu, čaj nebo studené nápoje.

POZNÁMKA:

Na hrncích je charakteristický potisk „s želvou“, který informuje o tom, že výrobek obsahuje plast (je to vidět na fotografii) – Evropská unie tak klasifikovala materiál PLA, kterým jsou hrnky polstrované. Souvisí to se vstupem v platnost plastové směrnice (1. července 2021).

PLA (plast na bázi kukuřičné moučky) je však materiálem přírodního původu a je 100% kompostovatelný a bezpečný pro životní prostředí.

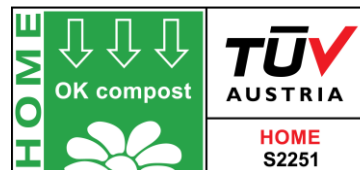
Greenwashing:

- „Plast tam není“.... Takže do papíru? Do lesa?
- Proto je tam ŽELVA: plast je plast, nehledě na zdroj materiálu.



PLA fólie:

- rozloží se **pouze v průmyslové kompostárně**
- potřebuje teplotu nad 55 °C, až 12 týdnů
- patří do speciálního sběru bioodpadu
- hnědá popelnice → kompostárna
- pozor: kompostárna s rychlým cyklem (4–8 týdnů) – PLA se nestihne rozložit



ZEVO:

- PLA má výrazně nižší výhřevnost (cca **18–19 MJ/kg**)
 - klasické ropné plasty jako PE nebo PP mají cca **42–46 MJ/kg**
- při spalování PLA vznikne méně energie

Jiné využití PLA:

- v lidském těle rozklad na kyselinu mléčnou (6–24 měsíců)
- zdravotnictví: implantáty, nosiče léčiv, tkáňové inženýrství

DRUHY ADITIV A JEJICH FUNKCE		
Skupina aditiv	Funkce	Příklady
Změkčovadla (plastifikátory)	zvyšují pružnost a ohebnost	ftaláty (v PVC)
Stabilizátory	brání rozkladu vlivem tepla, světla, a kyslíku	tepelné a UV stabilizátory, antioxidanty
Zpomalovače hoření	snižují hořlavost	bromované (BFR), fosforové
Barviva a pigmenty	dodávají barvu	saze (carbon black), organické, anorganické pigmenty
Plniva	zlevňují, modifikují vlastnosti	uhličitan vápenatý, mastek
Vyztužující složky	zvyšují pevnost	skleněná vlákna
Procesní aditiva	usnadňují zpracování	kluzná aditiva, maziva



Credit: Chones/Shutterstock; Courtesy of The Coca-Cola Company



<https://www.kofola.cz/aktuality/i-drobne-zmeny-v-obalech-mohou-usetrit-stovky-tun-materialu-rocne>

ADITIVA KOMPLIKUJÍ RECYKLACI

① TŘÍDĚNÍ

Některá aditiva ruší automatickou separaci.

Příklad: saze (carbon black) pohlcují IR záření → optické separátory je špatně detekují.

② VARIABILITA MATERIÁLU

Stejný polymer (např. PP) má kvůli různému složení aditiv odlišné vlastnosti.

Směs recyklátu má nepředvídatelnou kvalitu.

③ NEBEZPEČNÁ A „LEGACY“ ADITIVA

- BFR – perzistentní, spojované s hormonálními účinky, vývojovými poruchami, karcinogenitou (hlavně z elektroodpadu).
- Ftaláty – narušování endokrinního systému.
- Těžké kovy (Pb, Cd) ve starším PVC.

④ „TOXICKÝ RECYKLAČNÍ KRUH“

Nebezpečná aditiva se mohou z recyklátu vracet do nových výrobků.

Nalezeny BFR v dětských hračkách, kuchyňských pomůckách z recyklátu.

Hlavní zdroj: recyklát z elektroodpadu.

⑤ LIMITY DANÉ LEGISLATIVOU

Nadlimitní obsah BFR (orientačně > 2000 mg/kg bromu) → nelze recyklovat, míří ke spálení.

Aditiva tak odklánějí část odpadu z recyklace.

⑥ MIGRACE A STYK S POTRAVINAMI

Zbytková aditiva mohou migrovat do okolí.

U obalů pro styk s potravinami jsou požadavky na čistotu recyklátu přísnější.

8 Aditiva



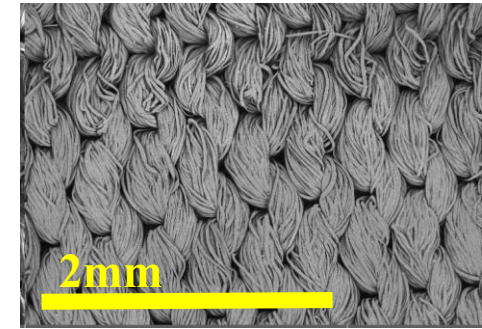
UCT PRAGUE

1. Rozpuštěcí recyklace
bez štěpení řetězce

Princip Selektivní rozpuštění polymeru.	Podskupiny • Extrakce rozpouštědlem • Rozpuštění a srážení	Hlavní výhoda ✓ Nízká energetická náročnost	Klíčový limit ⚠ Velká spotřeba a nutná regenerace rozpouštědel	Vhodné pro PS, PP, PE
---	---	---	--	---------------------------------



Limonene



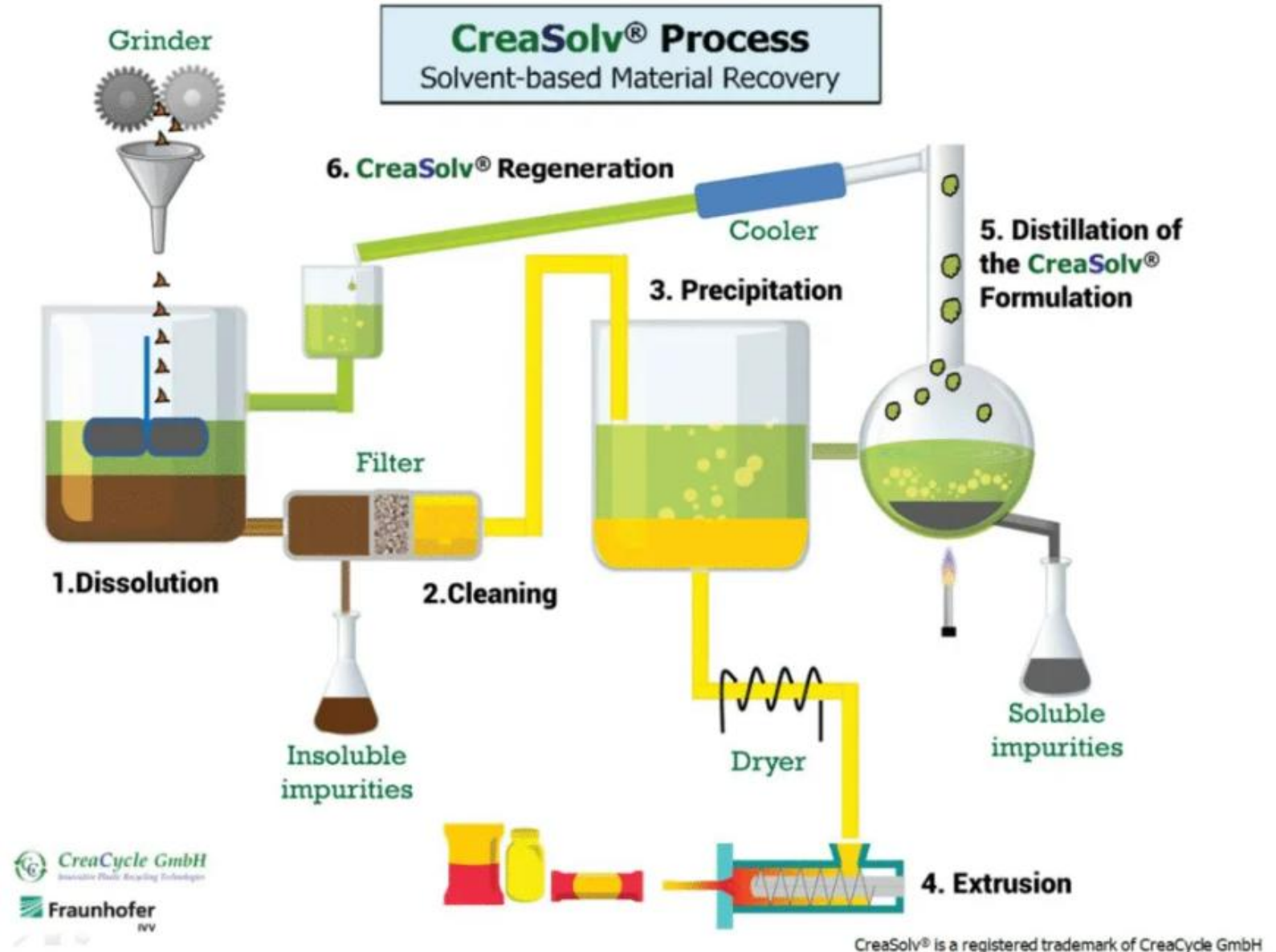
8 Aditiva

③ NEBEZPEČNÁ A „LEGACY“ ADITIVA

- BFR – perzistentní, spojované s hormonálními účinky, vývojovými poruchami, karcinogenitou (hlavně z elektroodpadu).
- Ftaláty – narušování endokrinního systému.
- Těžké kovy (Pb, Cd) ve starším PVC.

BFR:

- zpomalovače hoření, bromované, nachází se např. v polystyrenu – stavebnictví
- lze je z polystyrenu odstranit, kolik to ale stojí, jaká je ekologická zátěž?



Alternativní zpomalovače hoření:
např. na bázi antimonu – dražší než samotný plast...

9 Textil

- Polyesterové vlákno (PET) je dnes nejrozšířenější textilní vlákno.
- Většina „recyklovaného polyesteru“ v oblečení nepochází ze starého textilu, ale z PET lahví.
- Praní a UV degradují vlákno – kvalita pro další použití klesá.

1) Vstupní materiál

-  Použité oblečení.
-  Bytový textil.
-  Výrobní zbytky.
-  Obuv a doplňky jen omezeně.

2) Hlavní problém

-  Směsi vláken.
-  Barviva, potisky, úpravy.
-  Zipy, knoflíky, elastan.
-  Kolísající kvalita vstupu.






3) Hlavní cesty

-  **Opětovné použití**
třídění, čištění, second-hand.
-  **Mechanická recyklace**
rozvláknění, kratší vlákna, výplně, izolace, netkané textilie.
-  **Chemická recyklace**
rozklad na suroviny; vhodná hlavně pro polyester a nylon.

4) Vhodné materiály

	Bavlna	mechanická recyklace.
	Polyester	mechanická i chemická recyklace.
	Vlna	znovupoužití, mechanická recyklace.
	Nylon	hlavně chemická recyklace.

5) Problematické materiály

-  Směsi bavlna/polyester.
-  Textil s elastanem.
-  Vícevrstvé textilie, membrány, lamináty.
-  Silně znečištěný textil.
-  Nízká kvalita rychlé módy.

6) Klíčové sdělení

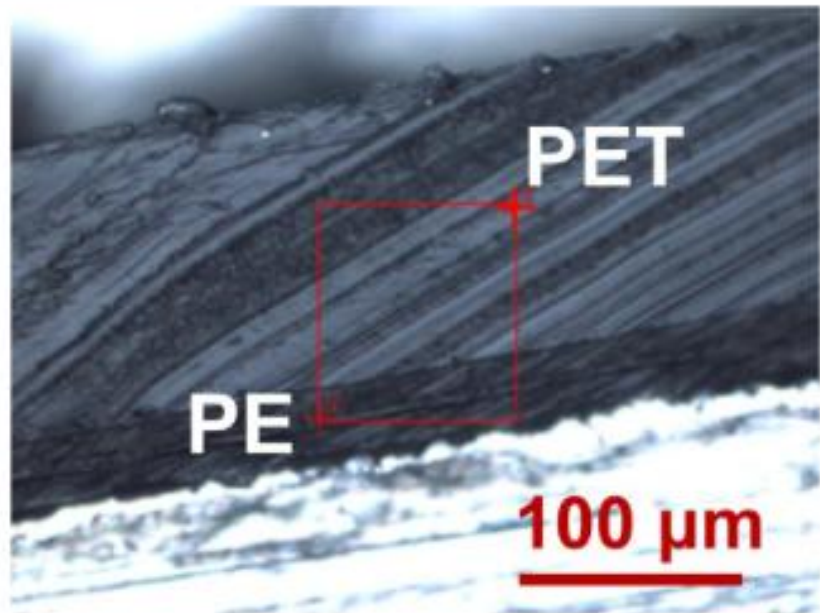
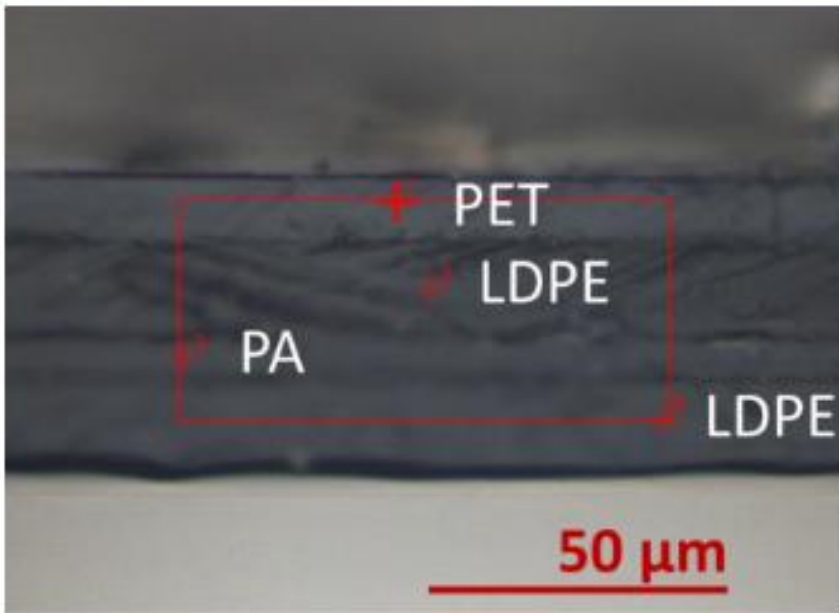
Nejlepší je předcházet vzniku odpadu: méně nakupovat, déle používat, opravovat a znovu využít.



Recyklace pomáhá, ale u textilu ji často komplikují směsi vláken a nízká kvalita vstupu.



10 Vícevrstvé plastové produkty



JURAJ KOSEK
Research Group_{CZ}


11 Design



Credit: Chones/Shutterstock; Courtesy of The Coca-Cola Company

CO POMÁHÁ RECYKLACI ✓	CO RECYKLACI KOMPLIKUJE ✗
 jednodruhový materiál	 vícevrstvé obaly
 světlé nebo čiré plasty	 směsi nemísitelných plastů
 snadno oddělitelné části	 tmavé a černé plasty
 jasné označení materiálu	 silná kontaminace
 méně aditiv a příměsí	 pevně spojené různé materiály

KLÍČOVÉ ZÁSADY DESIGNU

 Navrhuj jednoduše.	 Omezuj kombinace materiálů.	 Usonadni třídění a demontáž.	 Mysli na recyklaci už při návrhu.
--	---	--	---

 Nejlépe recyklovatelný výrobek je jednoduchý, čistý a monomateriálový.

✓ Co si odnést



Recyklační symbol není záruka. To, že je na obalu „panáček“, neznamená, že se obal opravdu zrecykluje – rozhoduje materiál, čistota a roztrídění.



Energetické využití ≠ recyklace. Spálit plast s využitím tepla je lepší než skládka, ale materiál je tím nenávratně ztracen.



„Bio“ neznamená „rozloží se kdekoli“. Rozložitelné plasty (např. PLA) často potřebují průmyslovou kompostárnu – ne domácí kompost a rozhodně ne les.



Nejlépe se recykluje jednoduchý, čistý, jednodruhový výrobek. Vícevrstvé obaly, směsi materiálů a tmavé plasty recyklaci komplikují.

Různé metody třídění a recyklace plastů

- Každá metoda má své výhody a limity.
- Řada úhlů pohledu: ekologie, cena, využití...

VŽDY PLATÍ:

- Recyklace plastového odpadu je extrémně závislá na úspěšnosti třídění plastového odpadu.

Nejlepší odpad je ten, který nevznikne.



Zdroje

DATA A STATISTIKY

EKO-KOM, a.s. – Výsledky systému 2025

Plastics Europe – The Circular Economy for Plastics (2024, 2026)

ČAOH; MŽP ČR – energetické využití a kapacity ZEVO

ICIS Recycling Supply Tracker (převzato z R. Pjatkan, ČTP Plasty, PLASTKO 2026)

VÝROBA A TECHNOLOGIE

Orlen Unipetrol – schéma zpracování ropy a výroby plastů

CreaCycle GmbH / Fraunhofer IVV – proces CreaSolv®

J. Klimošek et al., KosekGroup, VŠCHT Praha – rozpouštědlová recyklace (projekt PolyEnvi21)

LEGISLATIVA A RÁMCE

Evropská komise – směrnice o EU ETS, SUPD, PPWR

CE Delft; CEWEP – debata o zařazení spaloven do ETS

ECHA – REACH; nařízení EU o POPs / Stockholmská úmluva

European Bioplastics; ČSN EN 13432 – kompostovatelnost

PŘÍKLADY A ILUSTRACE

ecoista.cz; kofola.cz – konkrétní příklady z praxe

Infografiky a schémata: vytvořeno s pomocí AI (ChatGPT/OpenAI), 2026

Vlastní foto a mikroskopie: VŠCHT Praha