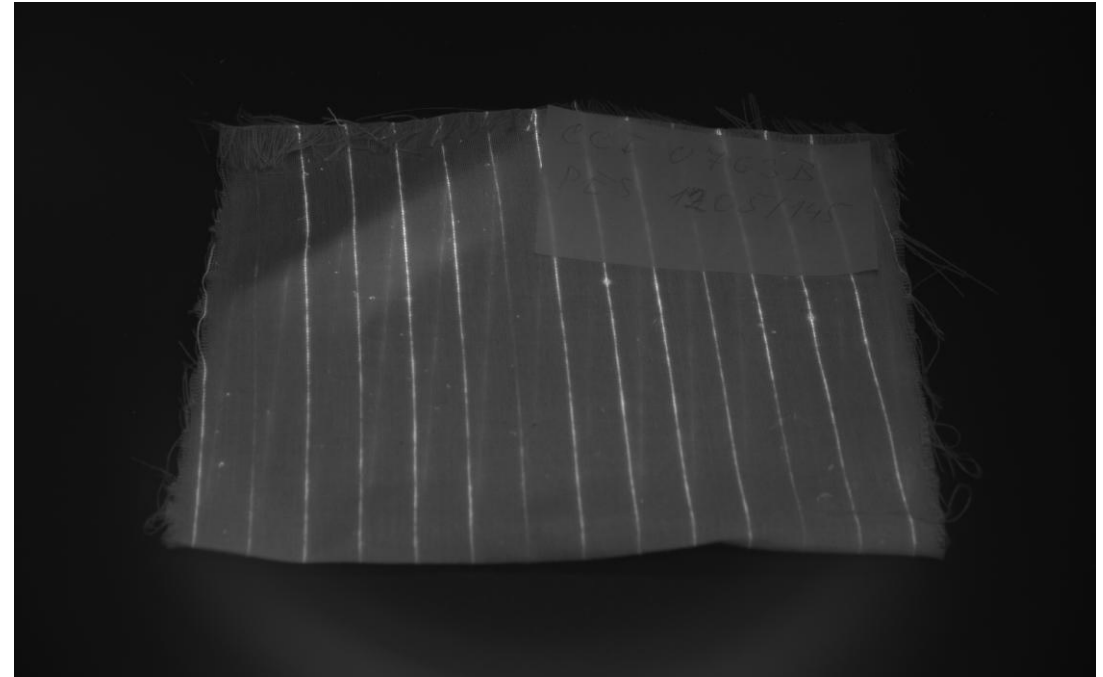
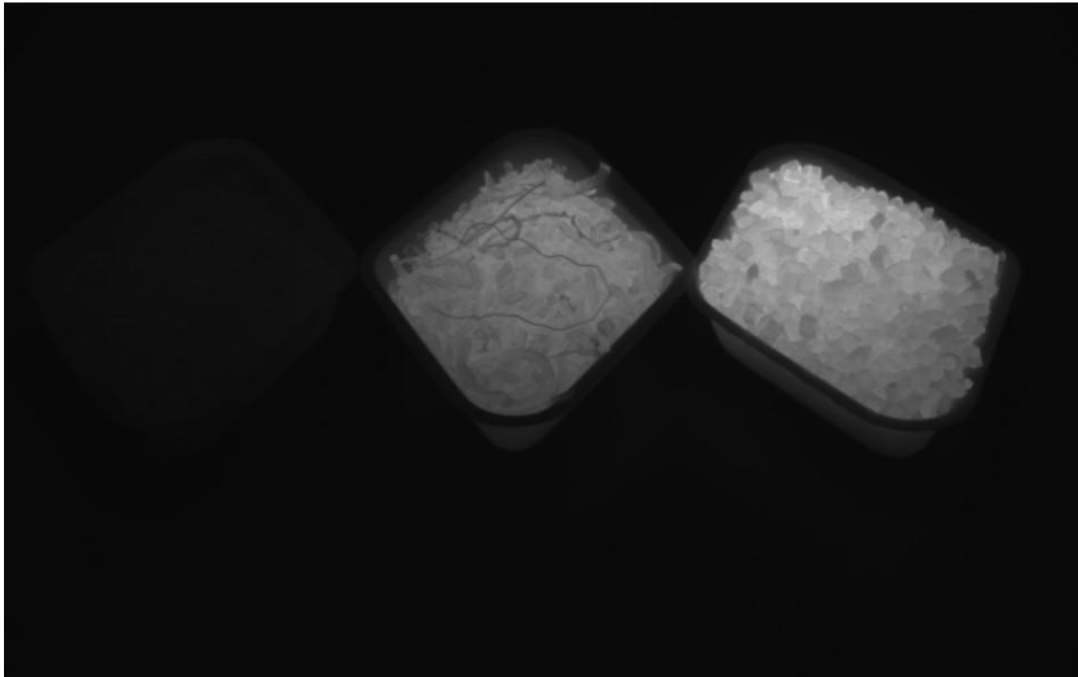


Chemické změny termoplastů jako klíčový parametr pro opakovanou recyklaci

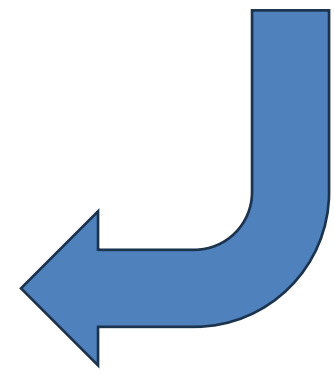
Lubomír Kubáč, Ondřej Štrympl, Klára Jindrová, Petr Kužela, David Hausner, Lenka Martinková

Značení kvalitních regranulátů – rok 2025

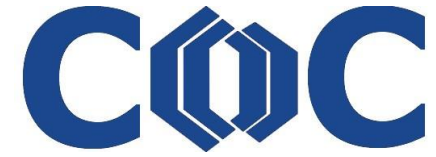
- V loňském roce byl prezentován výzkum zaměřený na možnosti značení recyklovaných termoplastů
- Výsledek je připraven k realizaci, ale ta je podmíněna efektivním systémem třídění a identifikace kvalitních recyklátů



Podmínky pro využití regranulátu



Podmínky pro využití regranulátu



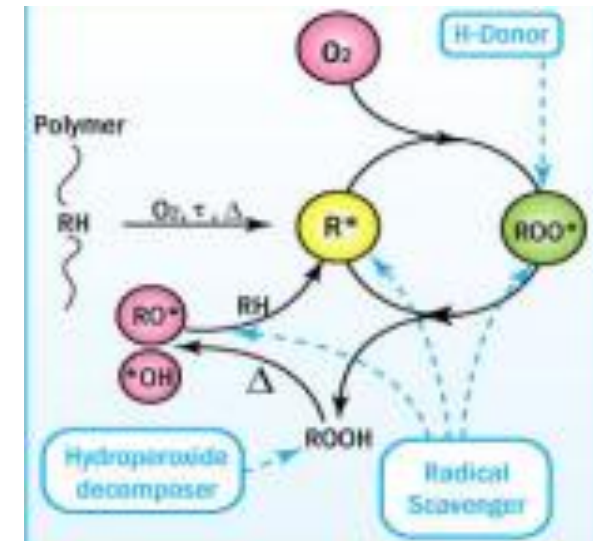
- **Regranulát musí být druhově čistý** – optimalizace systému třídění.
- **Obsah regranulátu ve výrobku je limitovaný** – očekává se obsah 5 až 20 %.
- **Původ regranulátu je známý** - digitální pasy, použití regranulátu z vlastní produkce
- **Regranulát bude mít známou kvalitu** – bude přesně deklarována úroveň kvality oproti výchozímu polymeru, regranulát nebude obsahovat frakce, které by měly fatální vliv na celou produkci, bude možno přesně stanovit jaký obsah regranulátu může výrobek mít, aby si zachoval požadovanou kvalitu



Vliv na kvalit regranulátu

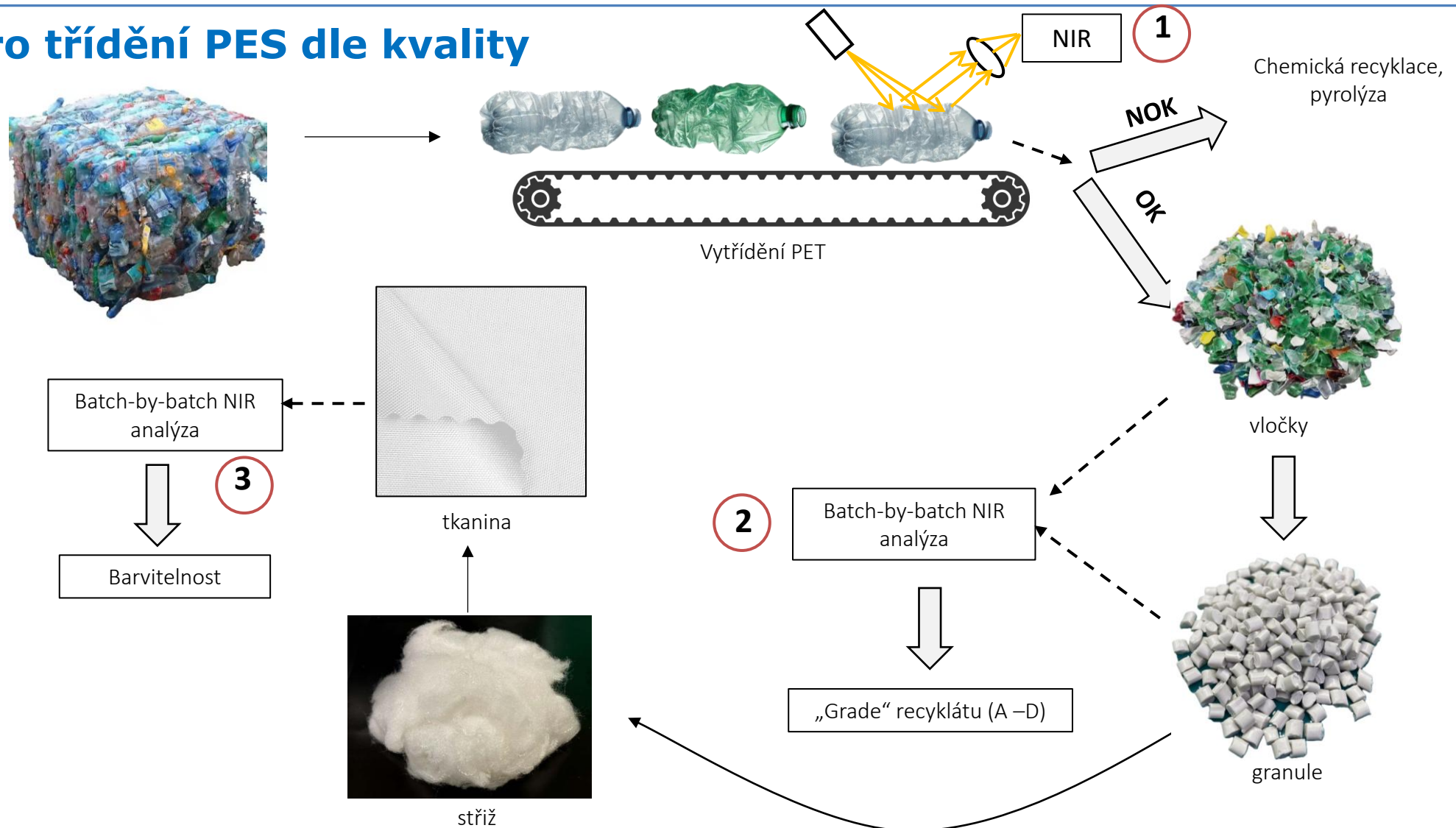
- **Počet recyklačních cyklů** – tepelné zpracování recyklátu negativně ovlivňuje kvalitu.
- **Podmínky použití** - vliv UV záření (skladování v exteriéru), teplotní zátěž, doba užití ovlivňují kvalitu – degradace stabilizátorů a následně polymerní struktury.
- **Obsah aditiv** - obsah pigmentů, stabilizátorů, změkčovacích činidel apod. mohou diskvalifikovat recyklát z dalšího použití

Výrobce regranulátu a jeho uživatele primárně zajímá jeho kvalita a ne předchozí zpracování



Optimalizovaný systém separace

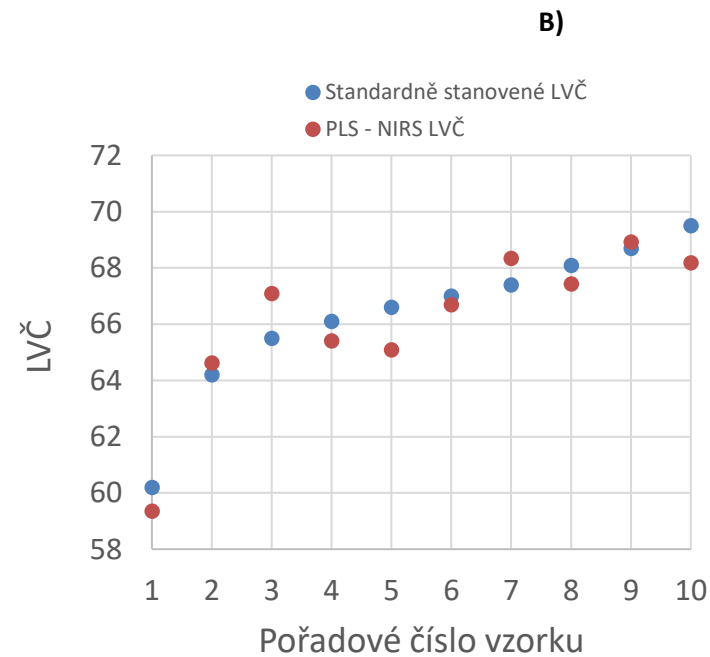
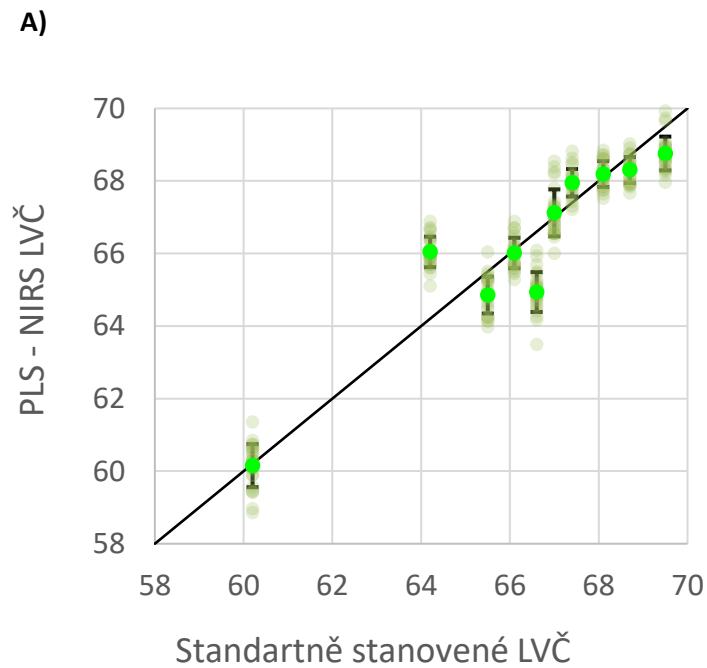
Systém pro třídění PES dle kvality



Měření stability PES

PES stříž se vyrábí z recyklovaného PET

- Standardně se měří „limitní viskozitní číslo“ pro definici kvality taveniny, nižší viskozita, nižší kvalita
- Granulát s rozdílnou viskozitou vykazuje rozdílnou NIR odezvu



Měření stability PES

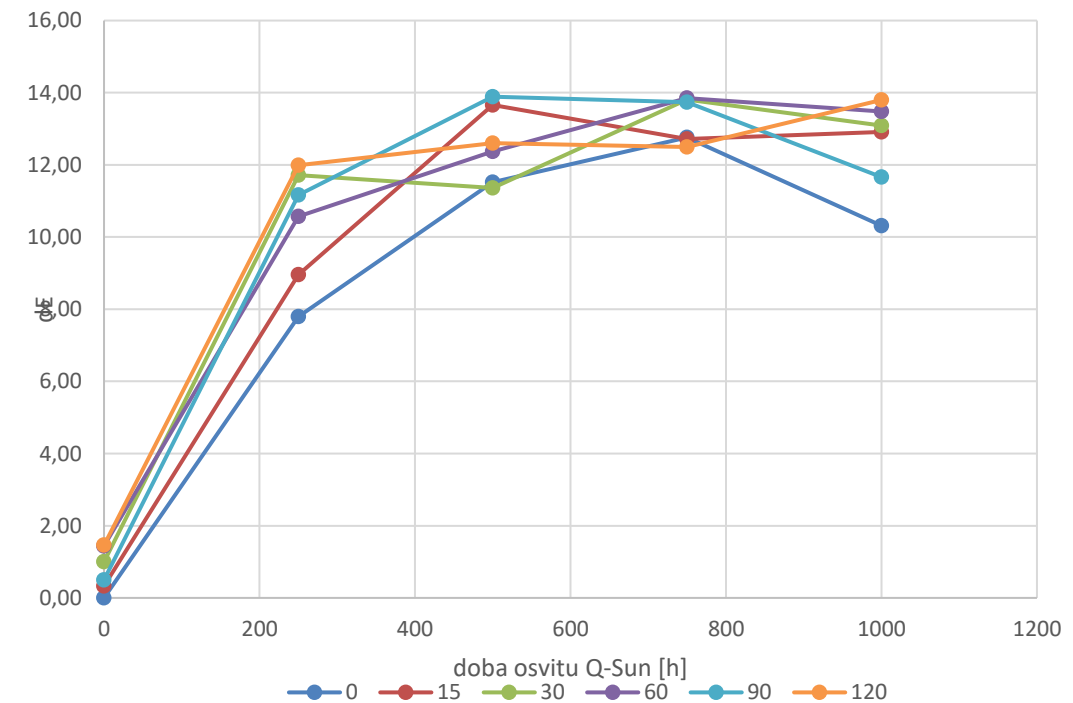


PES tkaniny – stability v praní a na světle

- PES tkaniny byly podrobeny opakovanému praní (120 cyklů) a jednotlivé vzorky světelné expozici v Q-Sun
- Rozklad polymerní struktury se projevuje zlepšenými vlastnostmi vybarvení. Egální vybarvení má limit dE^* 2,0.

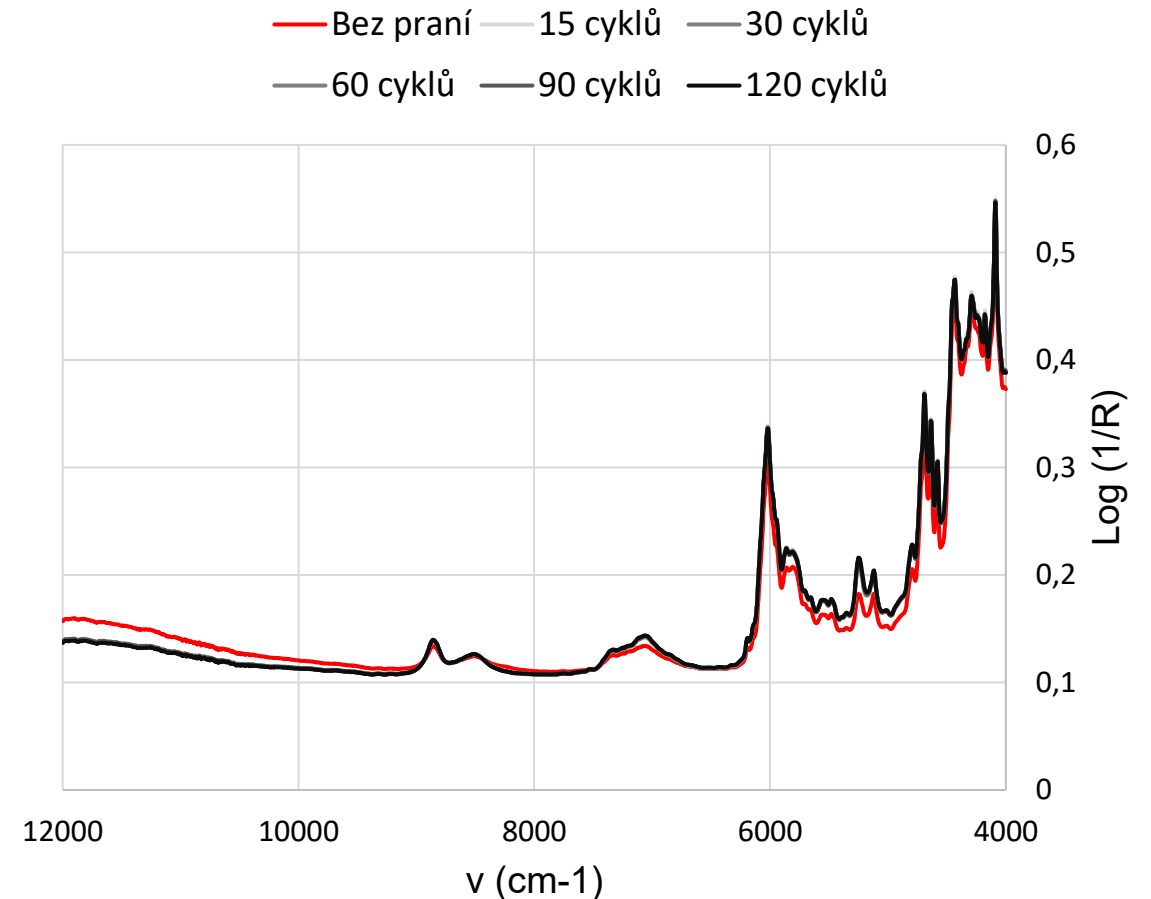
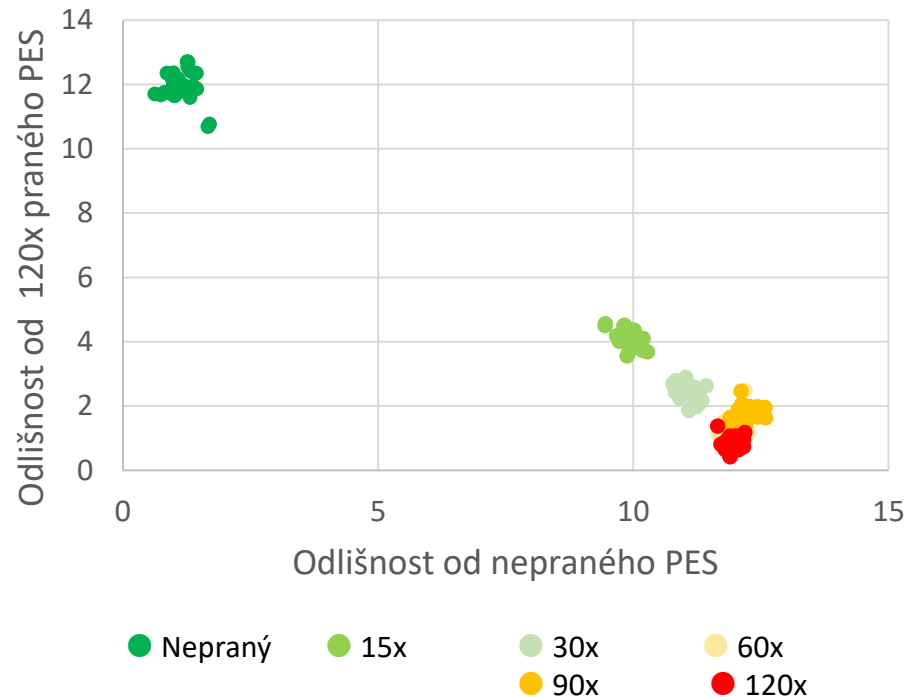
	0h	250h	500h	750h	1000h
bez praní	1A 100 $dE^* = 0$ (ref.)	1B 156,68 $dE^* = 7,80$	1C 193,39 $dE^* = 11,52$	1D 202,44 $dE^* = 12,76$	1E 175,77 $dE^* = 10,31$

	6A 108,98	6B 204,40	6C 208,63	6D 196,08	6E 216,22
120x	 $dE^* = 1,46$	 $dE^* = 11,99$	 $dE^* = 12,60$	 $dE^* = 12,50$	 $dE^* = 13,80$



PES tkaniny – stability v praní – vyhodnocení v NIRS

- Nepraný materiál se liší od všech ostatních
- Spektra praných materiálů si jsou podobná

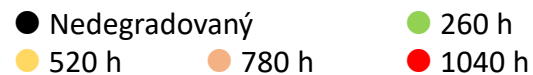
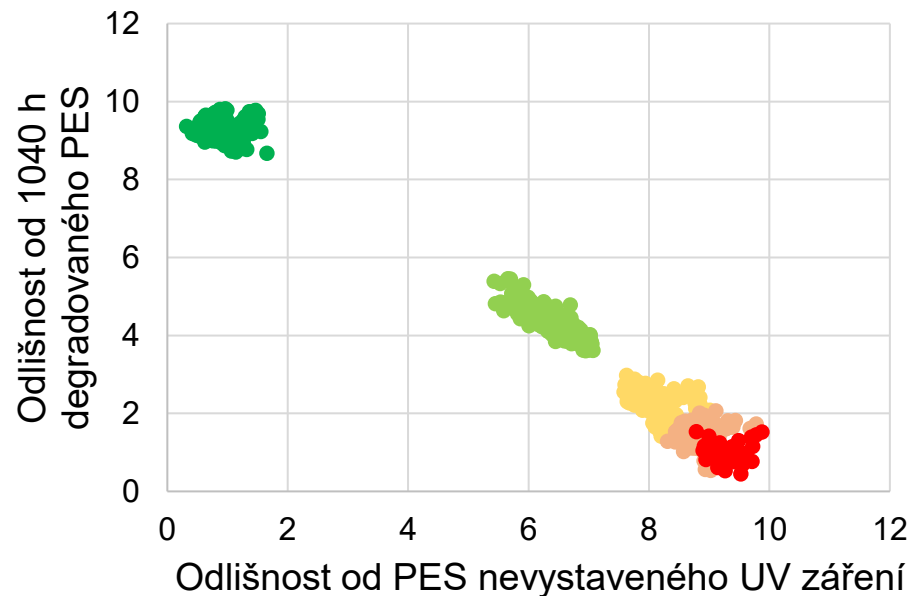


Měření stability PES

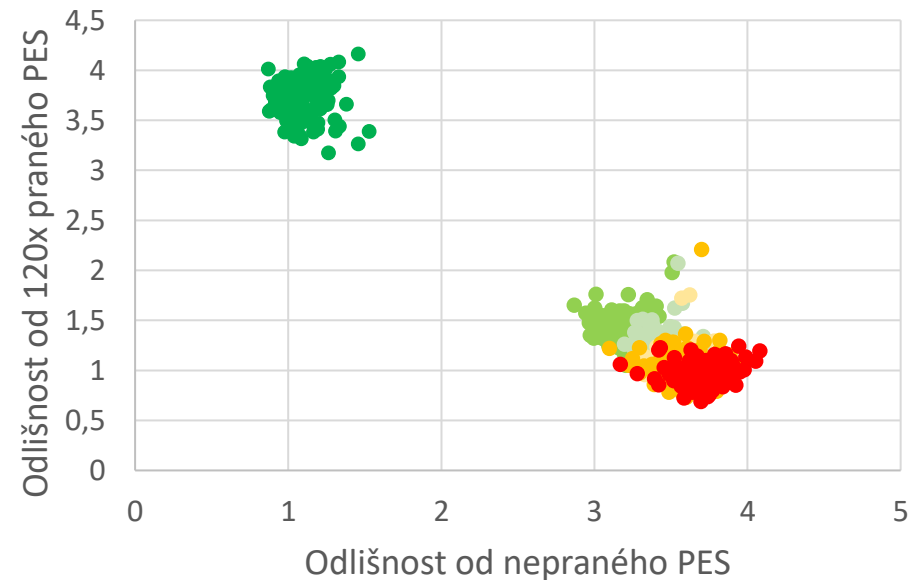


PES tkaniny – stability na světle – vyhodnocení v NIRS

- Vliv světla na chemické změny není výrazně detekovatelný
- Větší míru vykazuje vliv praní, vliv světla se projevuje jen na povrchu, praní v celé hmotě

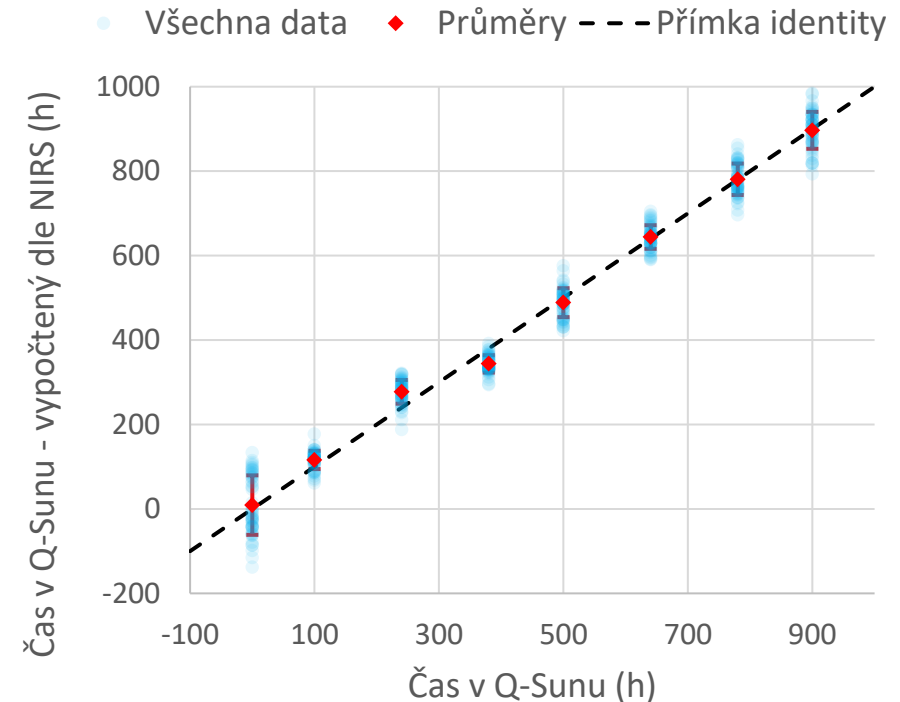
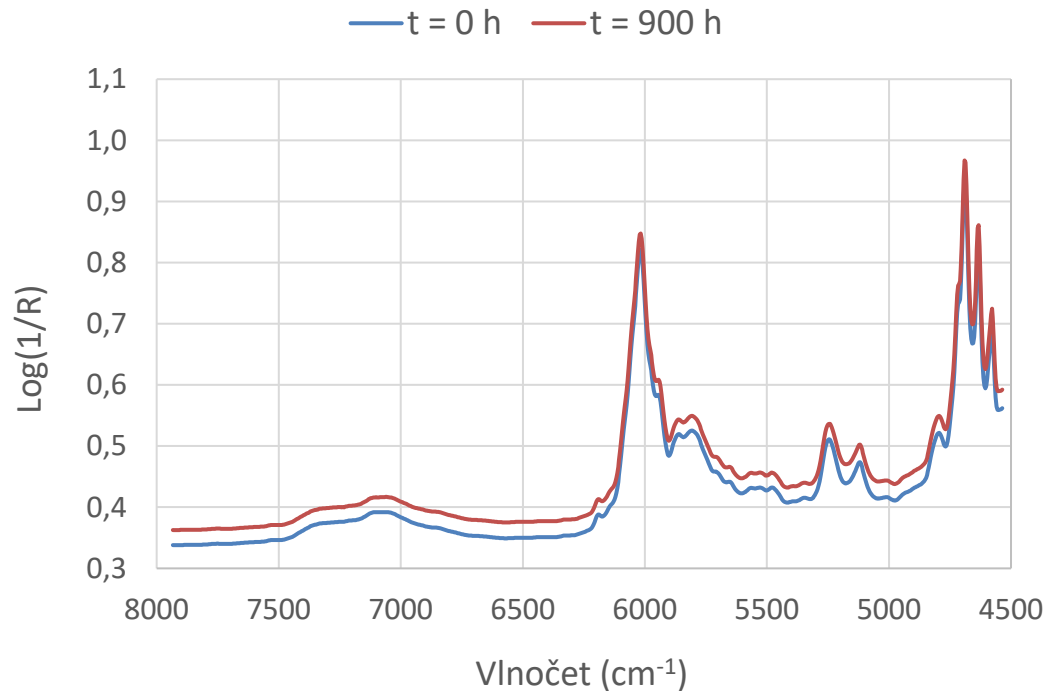


0–1040 h UV (různá degradace)



PET destičky po iradiaci v Q-Sun – vyhodnocení v NIRS

- PET destičky o tloušťce 500 μm byly podrobeny exteriérovým testům v Q-Sun, UVA o vlnové délky cca 330 nm je absorbováno v prvních 100 μm .
- NIR prozáří celou tloušťku – vliv na výsledné změny.

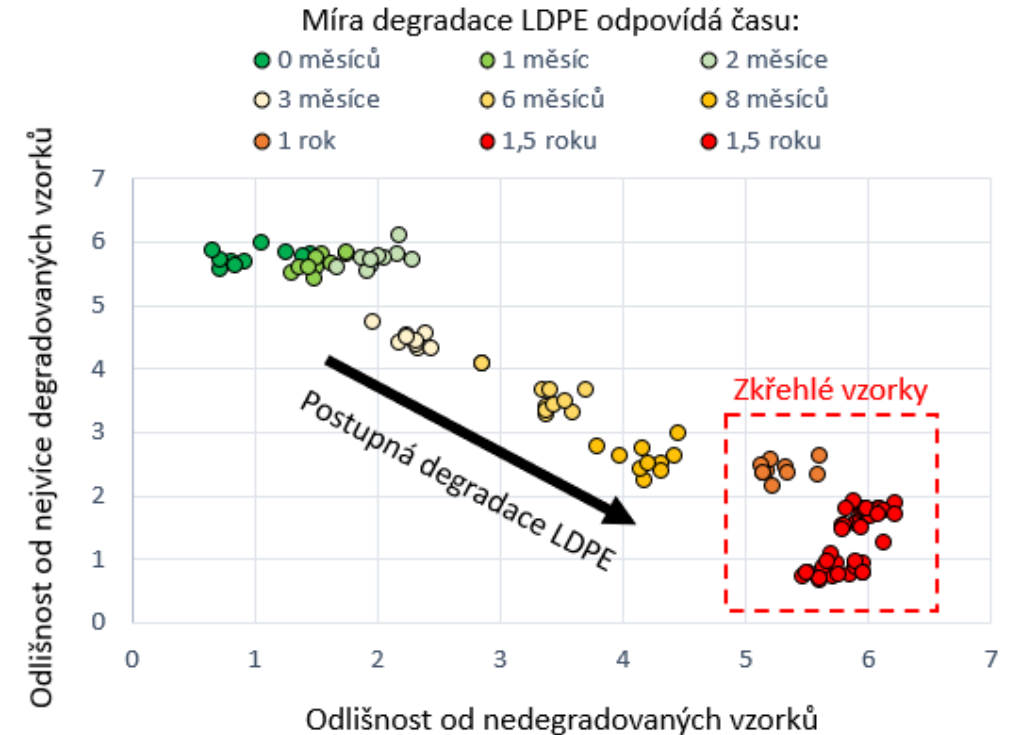
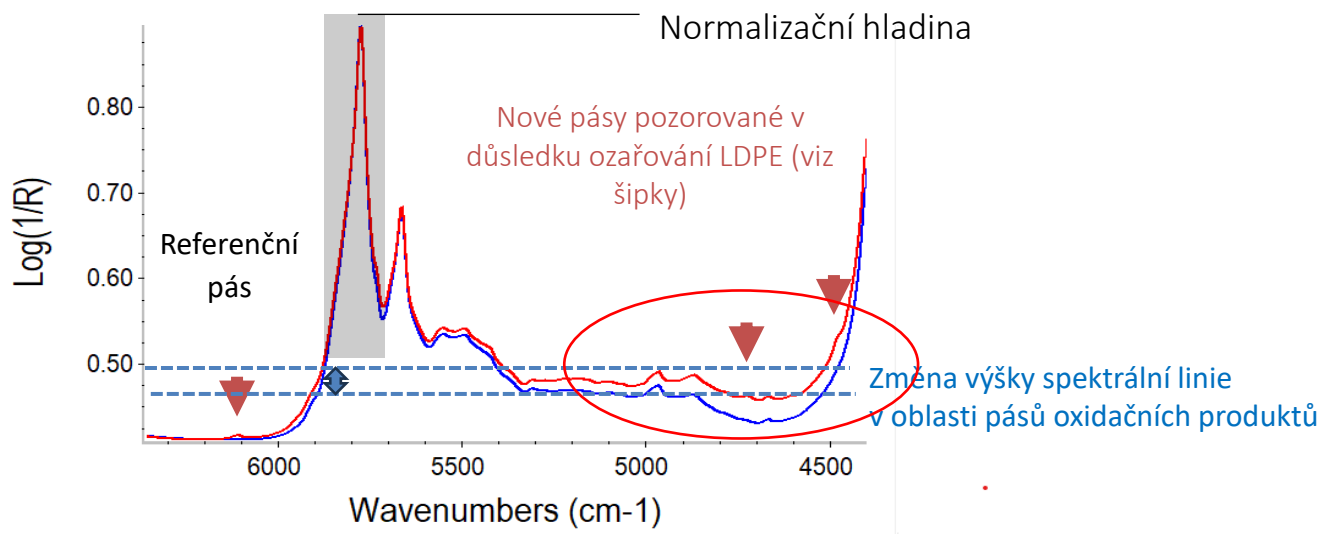


NIR detekce PE regranulátu



Umělé stárnutí v Q-Sun

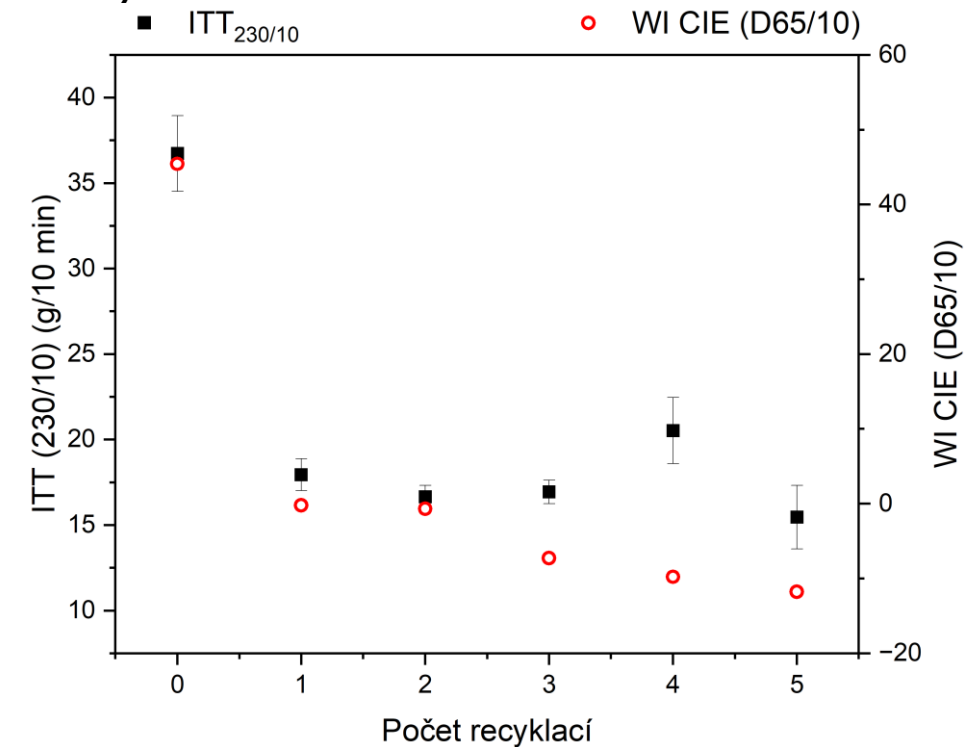
- PE fólie byly vloženy na 1 000 h do Q-Sun – simulace exteriérového skladování.
- Po 500 h pozorována křehkost a sklon k mechanické degradaci
- Změna měřeny pomocí NIRS



NIR detekce PE regranulátu

Umělé stárnutí v opakovaných cyklech regranulace

- LDPE bylo opakovaně bez dodatečného přídavku stabilizátorů podrobena regranulaci v extrudéru.
- Pozorována vizuální změna – pokles indexu bělosti (WE CIE)
- Pokles viskozity dle normy ISO 1133

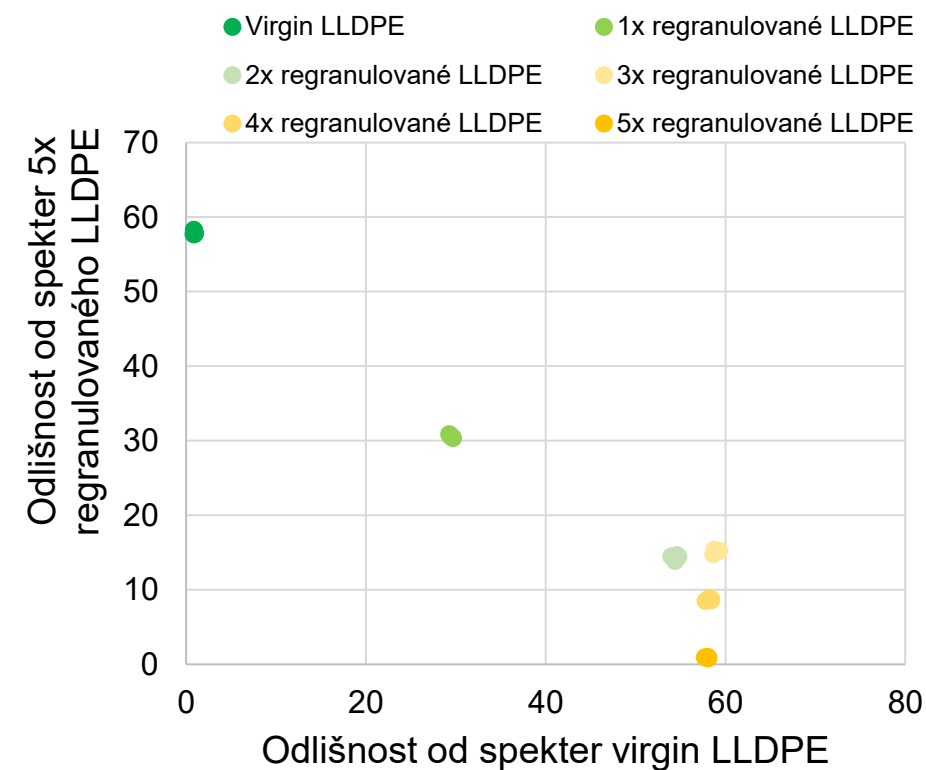
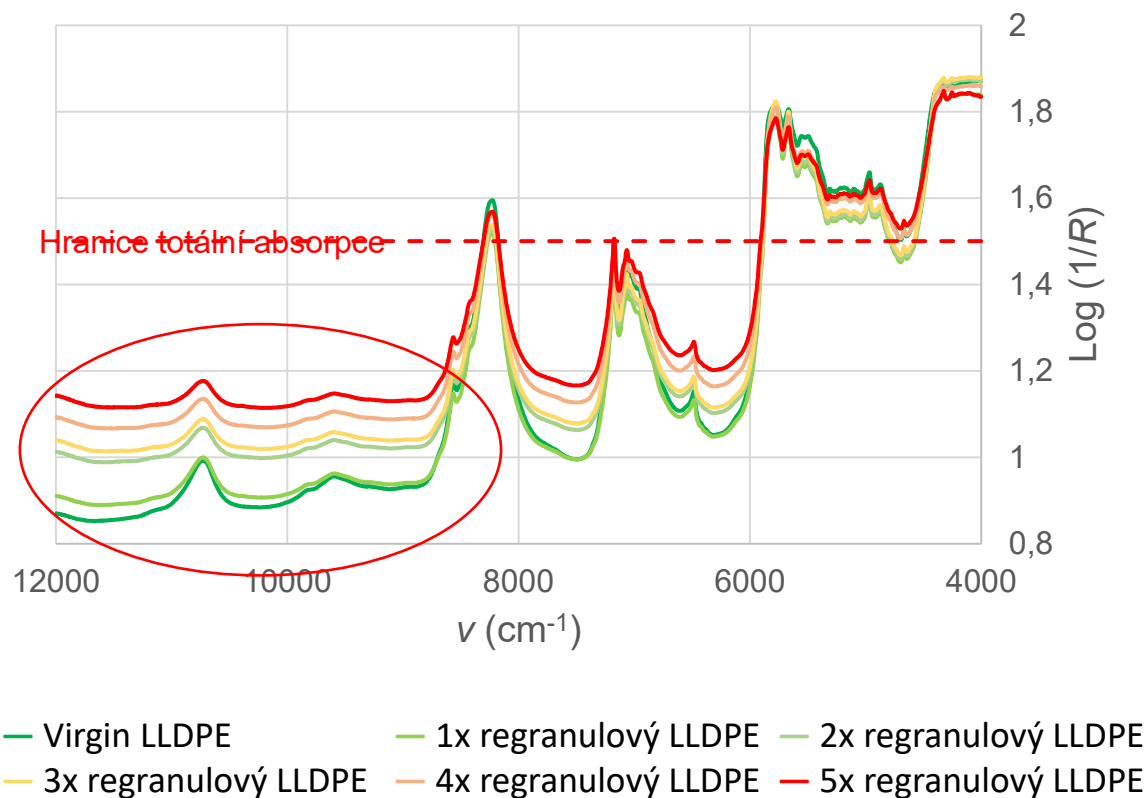


NIR detekce PE regranolátu



Umělé stárnutí v opakovaných cyklech regranolace – vyhodnocení v NIRS

- Není pozorována chemická změna a vznik nových chemických struktur v důsledku oxidace
- Je detekovatelná barevná změna, zvýšení viskozity v důsledku přítomnosti síťovaných entit



Recyklace polykarbonátu

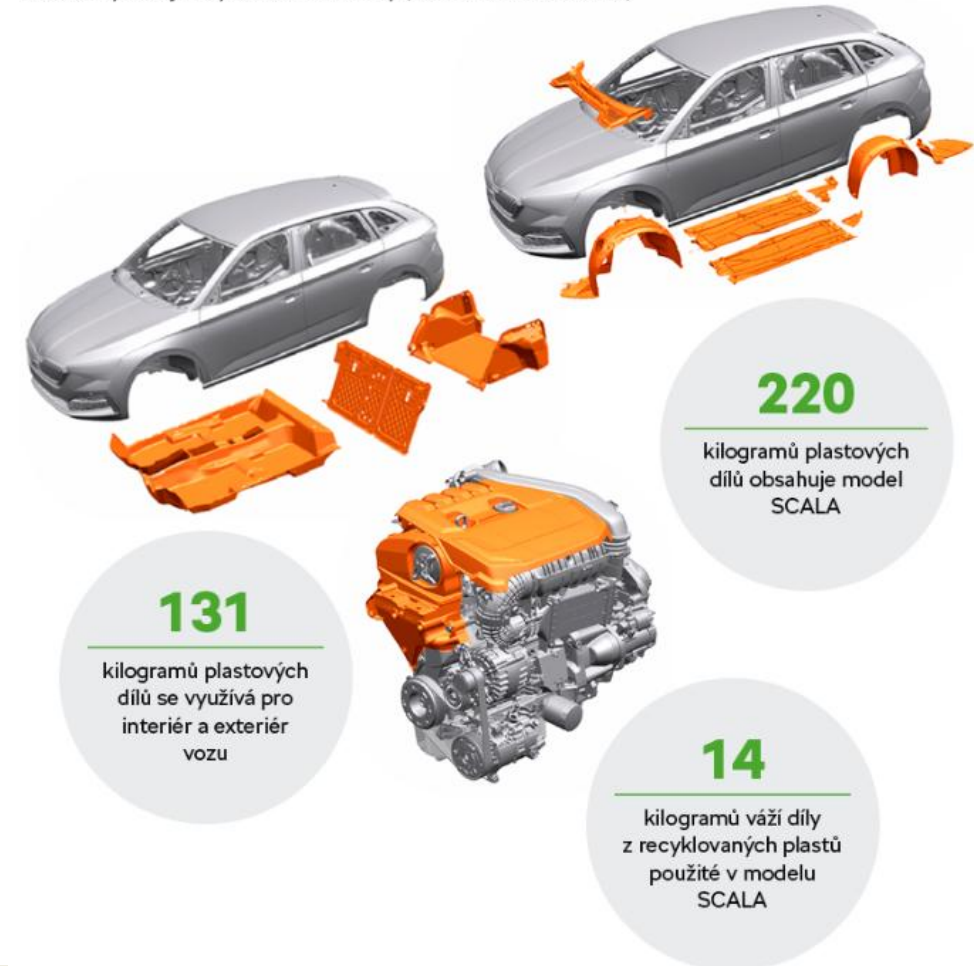


- Důležitý materiál pro automobilový průmysl.
- Řada recyklačních omezení pro pohledové díly
- Černé díly nejde měřit NIRS
- Testování pomocí Ramanovy spektrometrie
- Recyklace postkonzumního odpadu zatím nemyslitelná



ŠKODA SCALA a recykláty

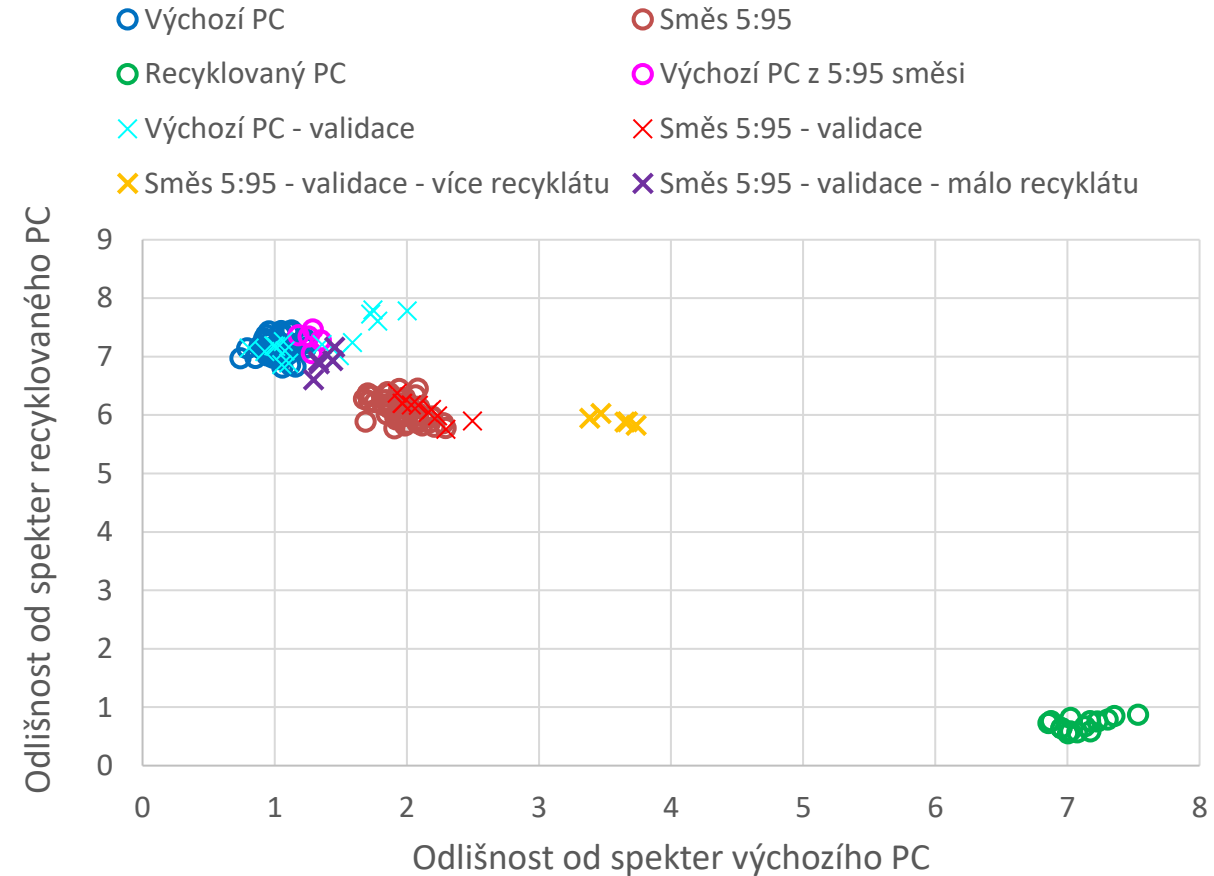
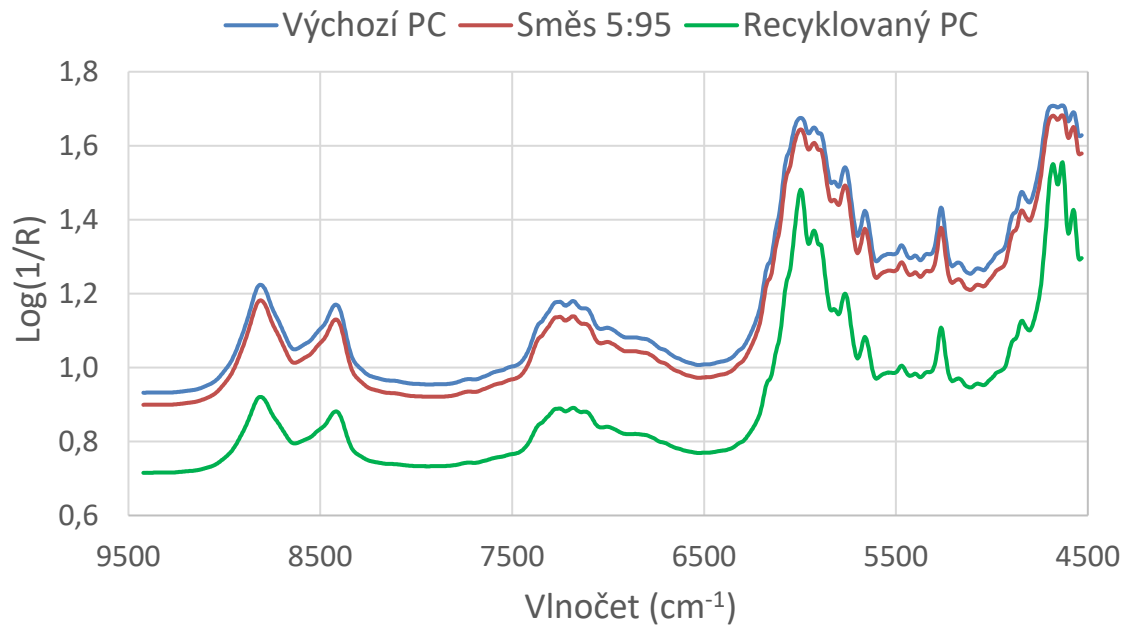
Kde všude a v jaké míře se v modelu ŠKODA SCALA už dnes využívají recyklované materiály (na obrázcích oranžově)



Recyklace polykarbonátu



- Identifikace recyklátu v novém PC
- Směs od výrobce – odlišení pomocí NIRS

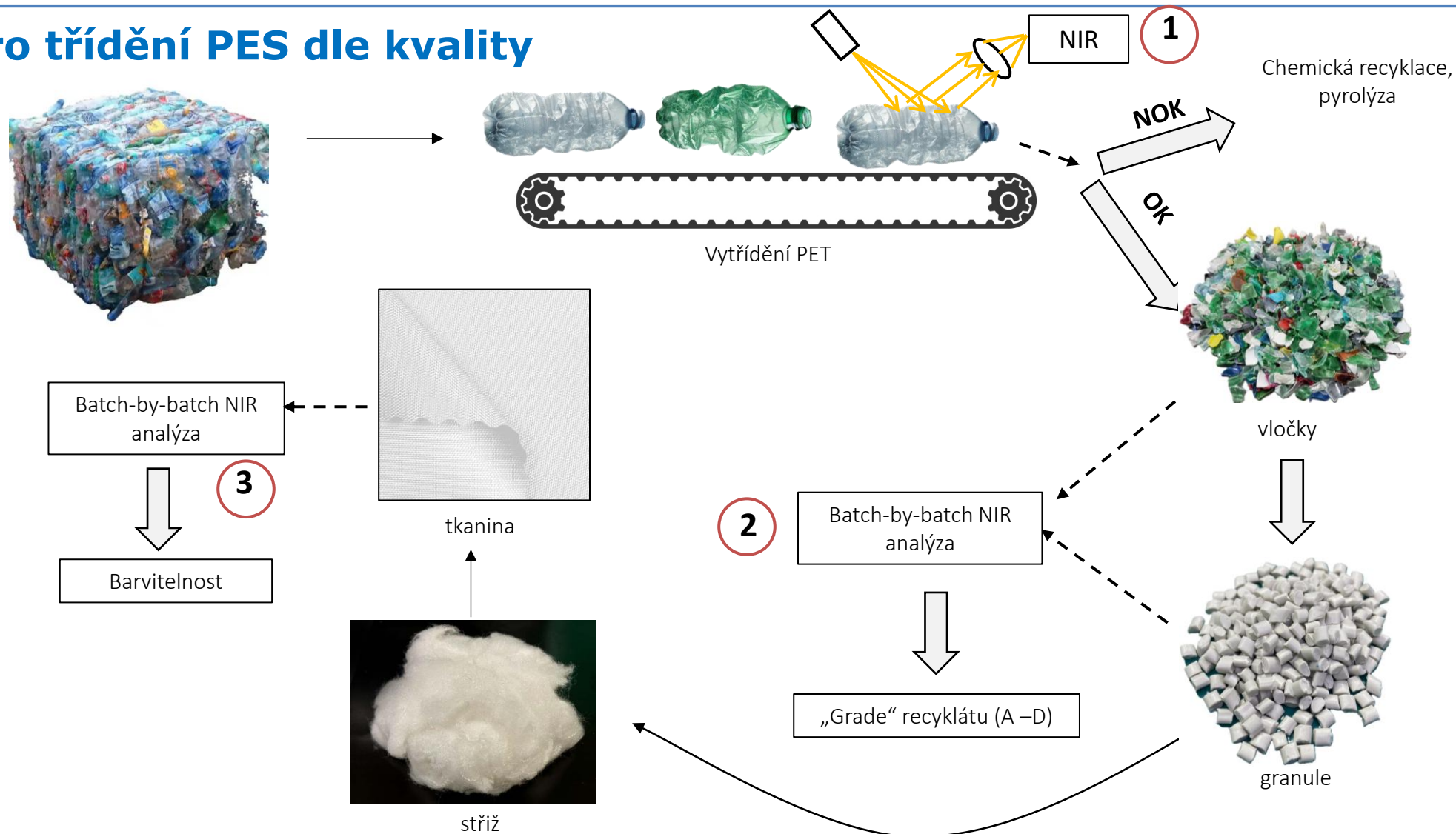


Jaký je závěr a další postup

- NIRS je schopna detekovat chemické změny u základních typů polymeru – PE, PET, PC
- Byly identifikovány vlivy zpracování a užívání termoplastů na jejich chemické změny
- Je nutno sejmout od uživatelů limity, které jsou ze zpracovatelského hlediska limitní
- V procesu třídění je nutno vyřadit recykláty, které nejsou vhodné pro mechanickou recyklaci – zavedení do třídících linek
- Následně bude zpracována metodika – spolupráce s MPO ČR
- Implementace výstupy by měla přinést zefektivnění práce s recykláty a zvýšení důvěry jejich zpracovatelů
- Cílem je zavést metodiku u výrobců regranulátu, případně v rámci vstupní kontroly kvality zpracovatelů regranulátu
- Zavedení metodiky přinese ekonomický efekt.

Realizace výstupů

System pro třídění PES dle kvality



Centrum organické chemie s.r.o.
Rybitví č.p. 296
533 54 Rybitví ČR
www.coc ltd.cz



T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou
Technologické agentury ČR v rámci Programu
Národní centra kompetence (č. projektu TN02000051).