


# **Digitalizovaný systém třídění plastů a jeho podpora pomocí cíleného značení**

**L. Kubáč, R. Kořínková, D. Hausner**  
**CENTRUM ORGANICKÉ CHEMIE s.r.o.**  
**Plastikářský klastr**

## Národní centrum kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století

- Koordinace  Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- 12 firem, 6 akademických pracovišť, 5 klastrů, 1 technologické centrum
- Probíhá řešení 15 dílčích projektů
- Řešení projektu zaměřeno na technologie a materiály umožňující vyšší míru recyklace, cirkulární ekonomiky a snížení uhlíkové stopy
- Doba řešení 2023 - 2028



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

## Dílčí projekt 001 - Systém značení polymerů pro digitalizovaný systém třídění odpadů

- Nastavení systému značení plastů a textilních materiálů pro zvýšení efektivity třídění a recyklace
- Harmonizace se současným systémem strojového třídění s automatickým řízením
- Harmonizace s legislativou
- Doba řešení 2023-2026



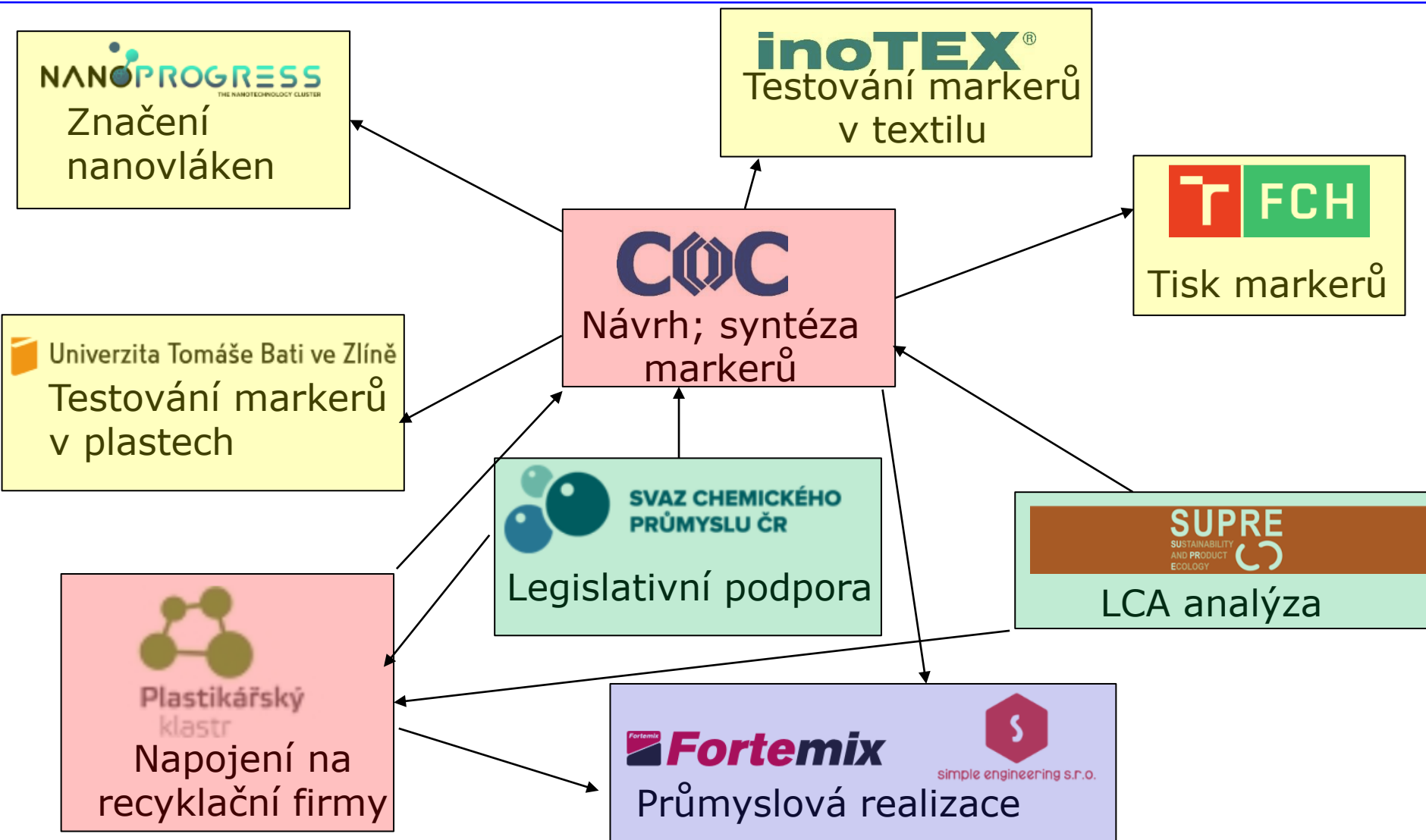
**Národní  
plán  
obnovy**

Projekt je podpořen ze zdrojů  
Národního plánu obnovy.



**Financováno  
Evropskou unií**  
NextGenerationEU

# Projekt NCK2 PolyEnvi21



# Třídění plastového odpadu

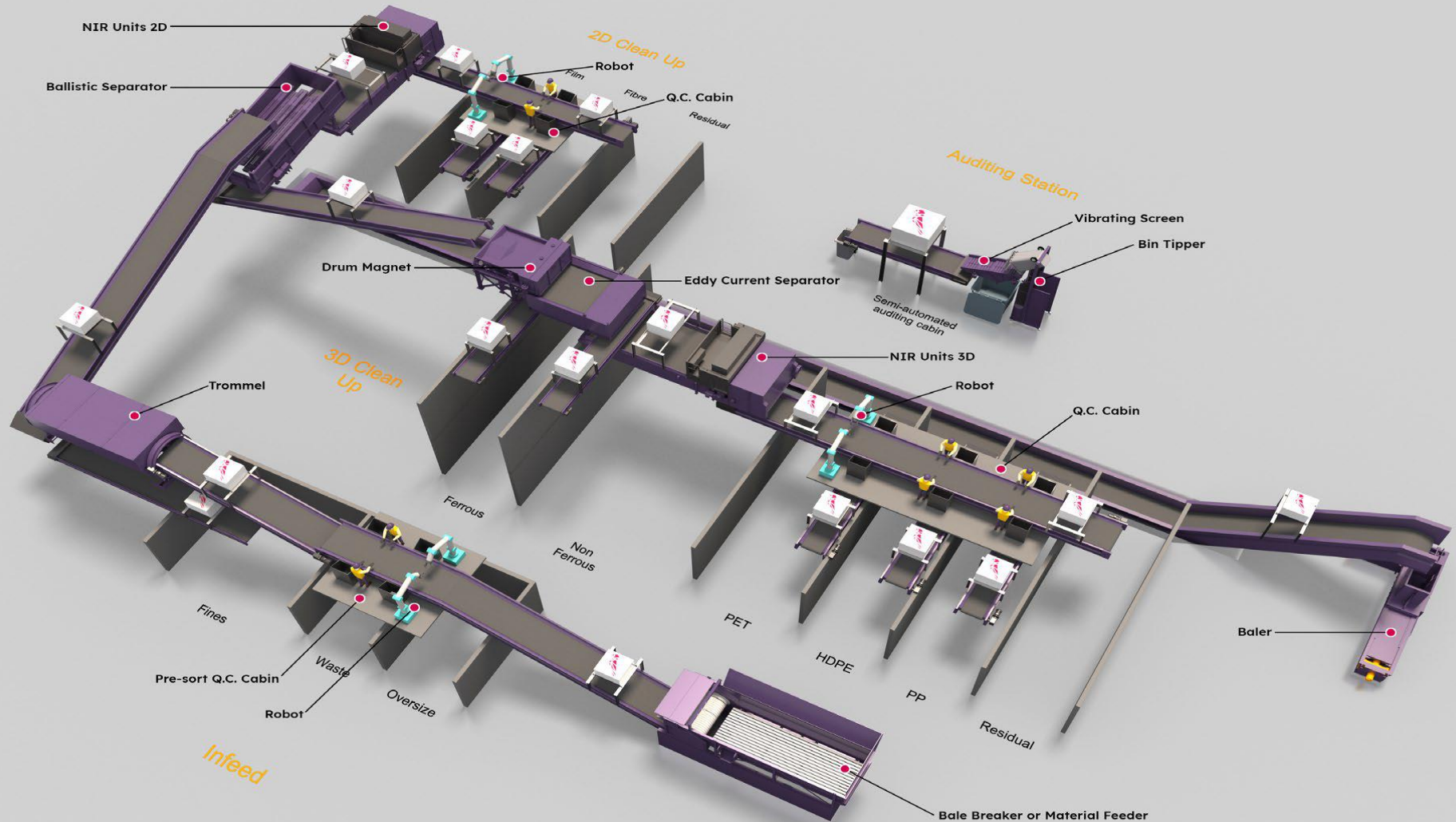


- Eliminace manuální práce
- Snížení chybovosti
- Zvýšení efektivity třídění
- Nepřetržitý provoz

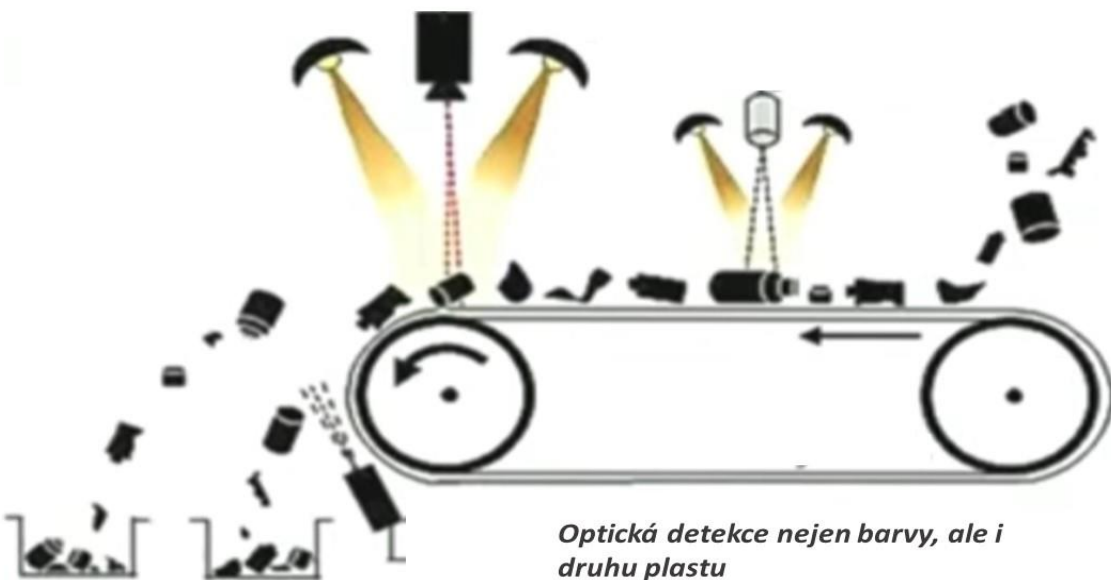




# Třídění plastového odpadu



- Identifikace druhu plastu – využití AI
- Kombinace NIR a VIS spektrálních metod
- Dodavatelé technologií nabízejí i metody měření fluorescence
- Markery nesmí rušit vizuální vjem



- 
- ```
graph LR; A[Čistý granulát] --> B[VÝROBA PLASTOVÉHO VÝROBKU]; C[Marker] --> B; B -- "Značený výrobek" --> D[POUŽÍVÁNÍ]; D -- "Odpad" --> E[AUTOMATICKÉ TRÍDĚNÍ ODPADU]; F[Další odpad] --> E; E -- "Vyříděný ostatní materiál + výměty" --> G[ ]; E -- "Vyříděný značený materiál" --> H[ÚPRAVA (MLETÍ, PRANÍ...)] ; H -- "Značený recyklát se známým původem se vrací do výroby" --> B
```
- The diagram illustrates a recycling process for plastic granules. It starts with 'Čistý granulát' (Clean granules) entering the 'VÝROBA PLASTOVÉHO VÝROBKU' (Production of plastic product) stage. A 'Marker' is added to this stage. The output is 'Značený výrobek' (Marked product), which goes to 'POUŽÍVÁNÍ' (Usage). From there, 'Odpad' (Waste) is sent to 'AUTOMATICKÉ TRÍDĚNÍ ODPADU' (Automatic waste sorting). 'Další odpad' (Further waste) also enters this stage. The output is 'Vyříděný ostatní materiál + výměty' (Sorted other material + residues). This material is then sent to 'ÚPRAVA (MLETÍ, PRANÍ...)' (Processing (Grinding, Washing...)). The final output is 'Značený recyklát se známým původem se vrací do výroby' (Marked recycled material with known origin returns to production), which loops back to the 'VÝROBA PLASTOVÉHO VÝROBKU' stage.

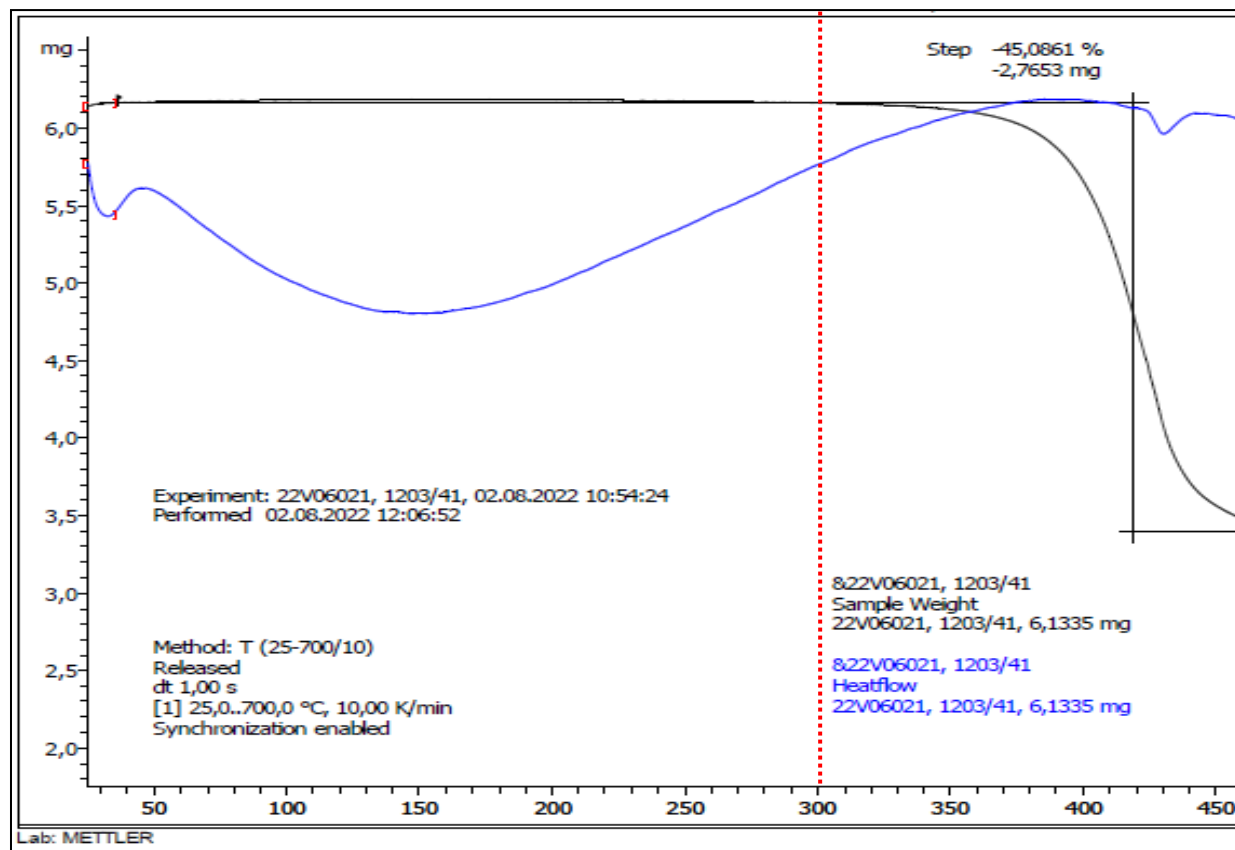


- Systém recyklace textilního odpadu se vytváří
- Směr recyklace „na východ a na jih“ je pod tlakem legislativy postupně opouštěn
- Převážná většina materiálů je směsných, z toho nejčastěji PES/BA
- Velká pestrost barevných odstínů komplikuje spektrální metody
- Markery nesmí být „viditelné“ a nesmí zvyšovat C stopu recyklátů
- V první fázi bude řešena otázka tkaniny vyrobené ze dvou typů přízí – PES/BA



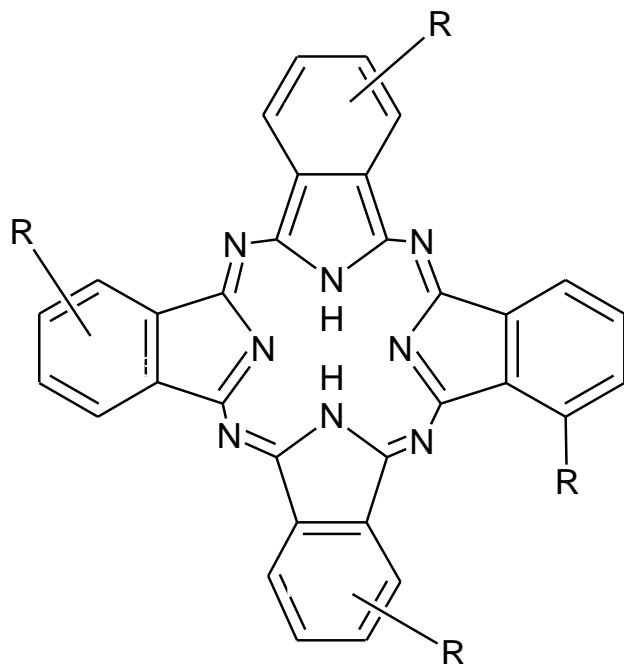
# Organické koloranty jako markery

- Látky s absorpčním maximem nad 700 nm schopné fluorescence v rozsahu 700 až 850 nm – NIR fluorescence
- Stablní v tavenině termoplastů – min. 300° C.
- Rozpustné v tavenině termoplastů
- Stabilita na světle
- Organické materiály jsou kompatibilní s plasty

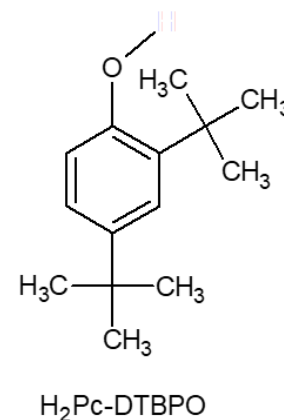
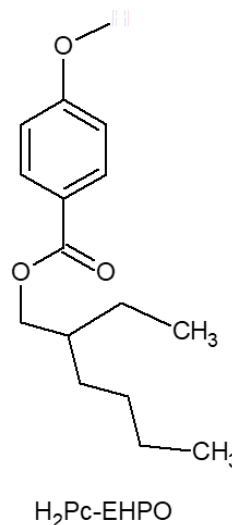


# Organické koloranty jako markery

## Bezkovové ftalocyaniny jako fluorescenční markery



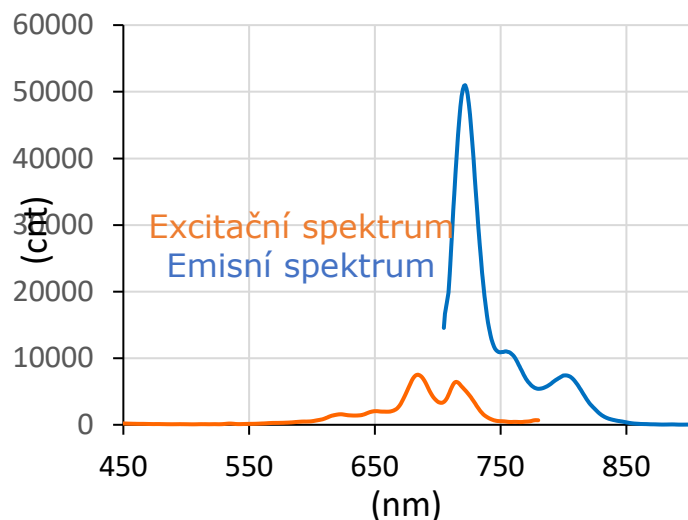
R =



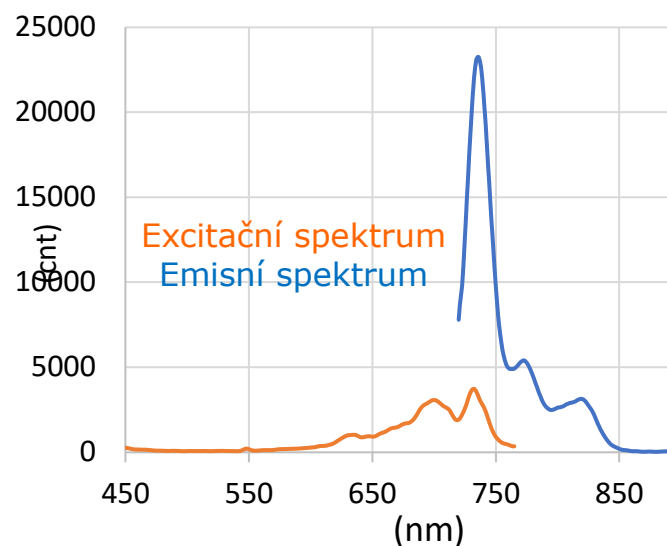
| Derivát                 | $\Phi_{\text{Fl}}$ | Absorpční maximum<br>v toluenu $\lambda_{\text{abs}}$ [nm] | Emisní maximum<br>v xylenu $\lambda_{\text{em}}$ [nm] |
|-------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| H <sub>2</sub> Pc-EHPO  | 0,55               | 713                                                        | 717                                                   |
| H <sub>2</sub> Pc-DTBPO | 0,42               | 727                                                        | 732                                                   |

# Organické koloranty jako markery

## Fluorescenční markery



| <b>H<sub>2</sub>Pc-EHPO</b>        | <b>1203/63</b> |
|------------------------------------|----------------|
| $\lambda_{\text{max}}$ (toluen)    | 713 nm         |
| $\phi_{\text{fluor.}}$ (xylen)     | 0,55           |
| $\lambda_{\text{em}}$ (polystyren) | 722 nm         |
| $\lambda_{\text{em}}$ (PMMA)       | 713 nm         |

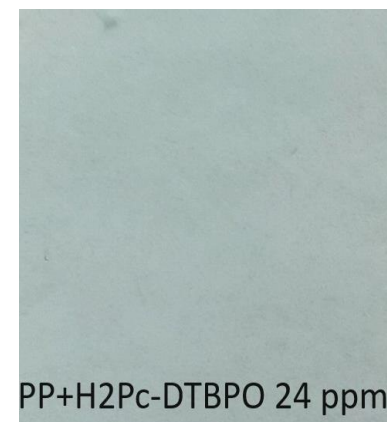
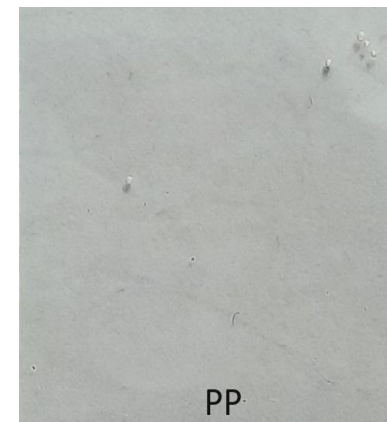
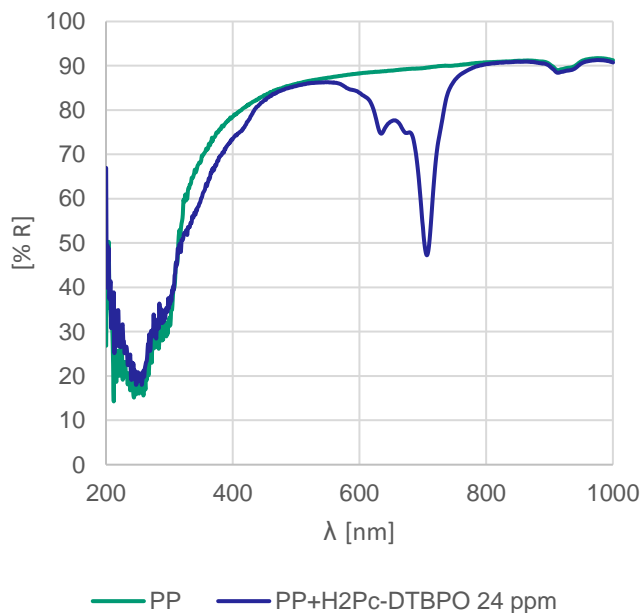
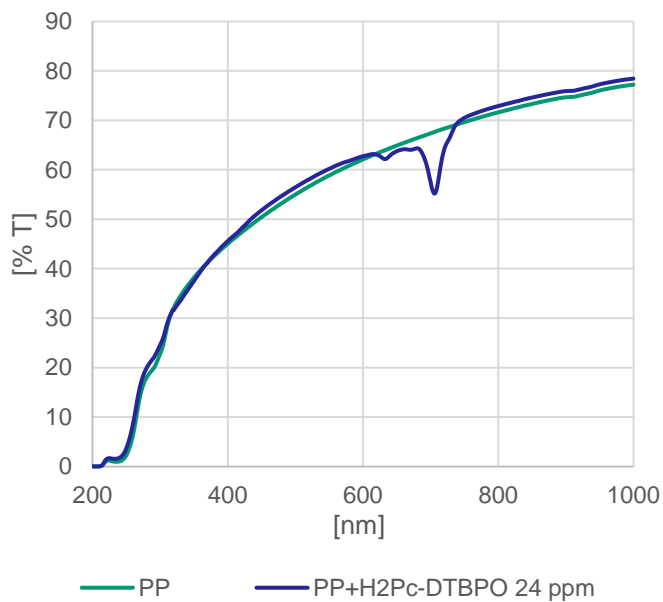


| <b>H<sub>2</sub>Pc-DTBPO</b>       | <b>1203/132</b> |
|------------------------------------|-----------------|
| $\lambda_{\text{max}}$ (toluen)    | 727 nm          |
| $\phi_{\text{fluor.}}$ (xylen)     | 0,42            |
| $\lambda_{\text{em}}$ (polystyren) | 735 nm          |
| $\lambda_{\text{em}}$ (PMMA)       | 729 nm          |

# Organické koloranty jako markery

## Aplikace FTC do PP

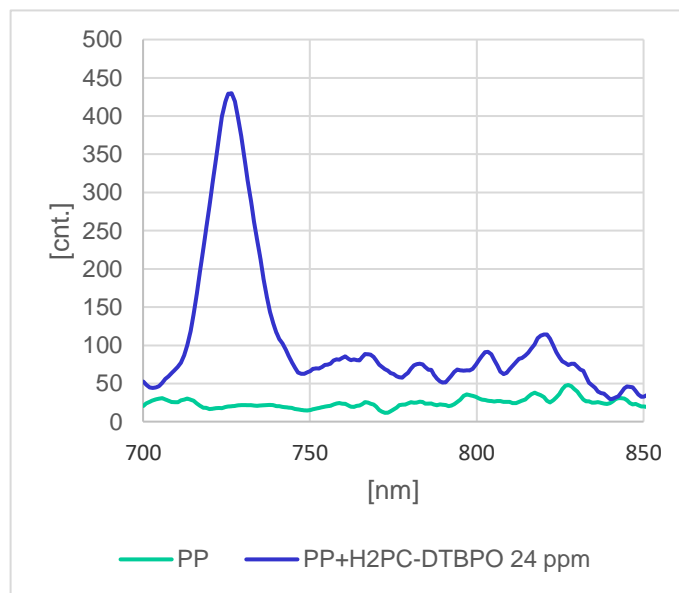
- Vizuální vjem je rušen omezeně v oblasti okolo 700 nm





# Organické koloranty jako markery

## Aplikace FTC do PP

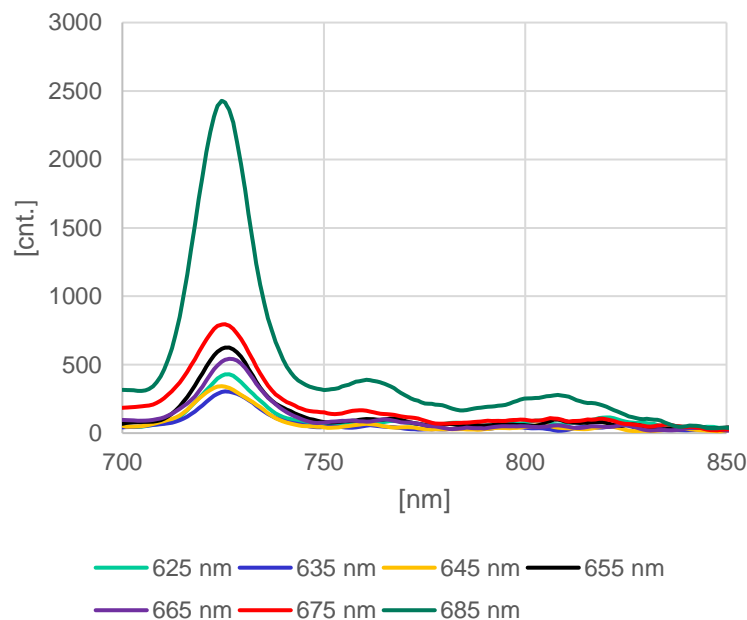
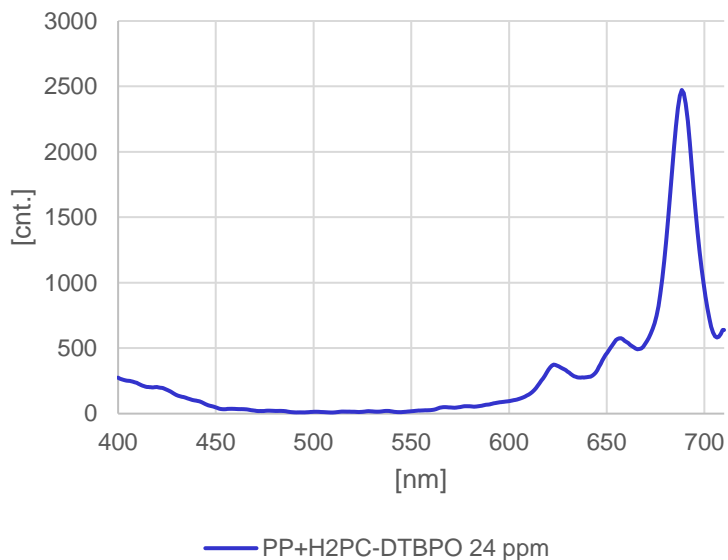


| PP+H2Pc-DTBPO 24 ppm |                            |              |
|----------------------|----------------------------|--------------|
| $\lambda_{exc}$ [nm] | $\lambda_{fluor-max}$ [nm] | Signál [cnt] |
| 625                  | 726                        | 429          |

# Organické koloranty jako markery

## Aplikace FTC do PP

- Zvýšení intenzity fluorescence – emisní záření při vlnové délce 685 nm
- Max. fluorescence při 725 nm



# Díličí závěry značení termoplastů

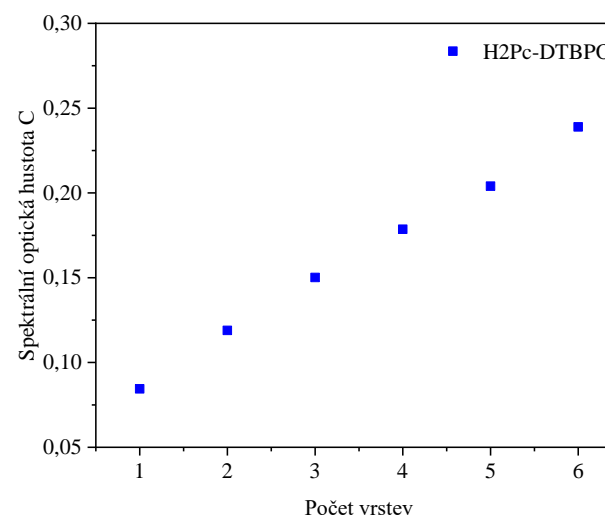
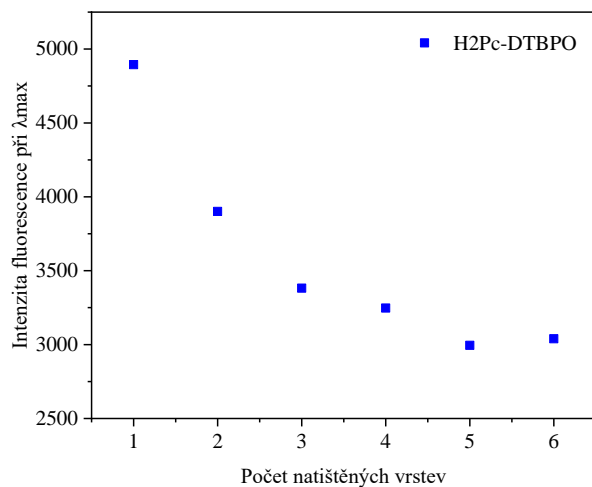
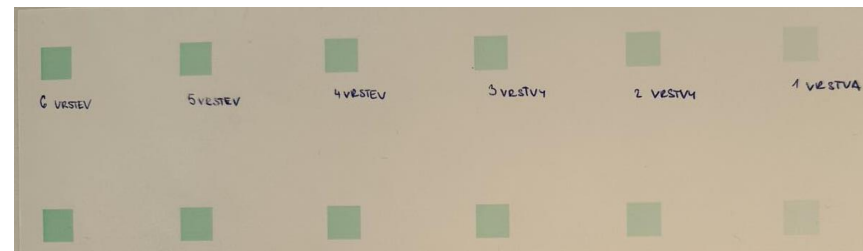
- Byl vytipován organický kolorant vhodný pro fluorescenční značení termoplastů ve hmotě
- Stabilní při teplotě min. 300 °C
- Navrženy podmínky detekce – vlnová délka excitačního a emisního záření
- V současné době probíhá měření stability v závislosti na dávkách UV záření a tepelné expozice
- Bude ověřena detekce v podmínkách třídění plastové drti

## Cílová oblast tiskového značení

- Výrobky obsahující obtížně oddělitelné vrstvy více druhů polymerů
- Separace od ostatních druhů odpadů
- Možnost značení tiskem při výrobě etiket
- Značka viditelná jako IR fluorescence

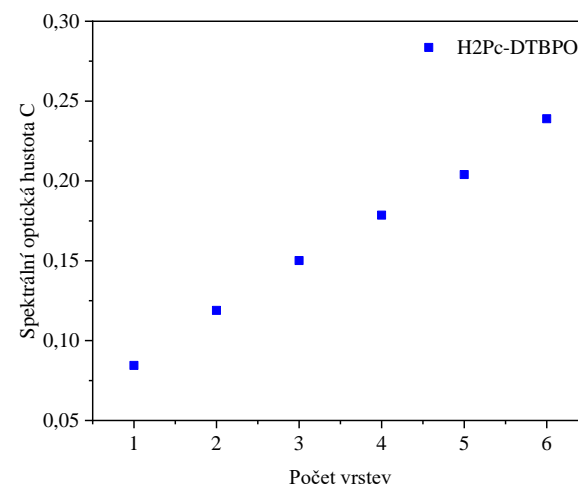
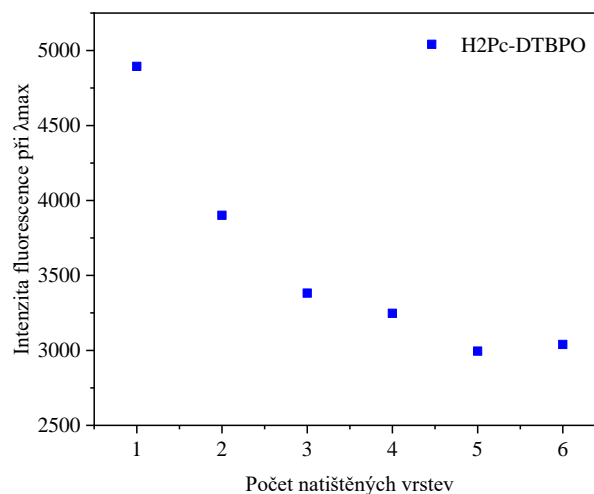
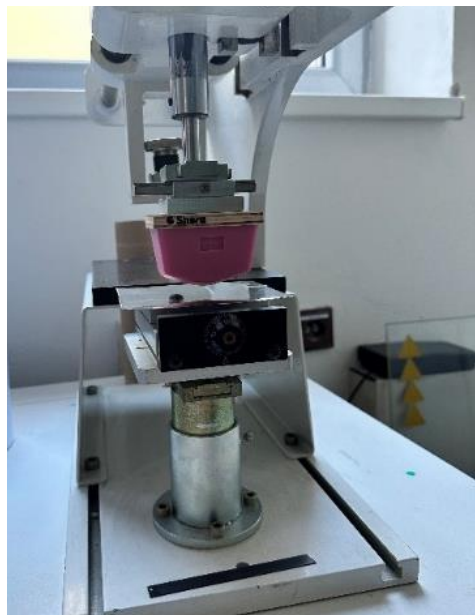


## Ink Jet – laboratorní testy





## Tamponový tisk – laboratorní testy



- Byl vytipován organický kolorant vhodný pro potisk jako marker s fluorescencí v NIR
- Laboratorní tiskové testy umožnily optimalizaci koncentrace markeru v tiskové formulaci
- Bude navržena průmyslově robustní tisková technika (flexotisk, sítotisk, hlubotisk), která je používaná v oblasti potisku etiket
- Bylo otevřeno jednání s výrobcí těchto etiket



## Postupy značení textilních materiálů

- Kladen důraz na značení PES přízí a tkanin
- Značení formou „disperzního barvení“
- Značení recyklované PES příže, stříže ve hmotě – postupy shodné se značením termoplastů

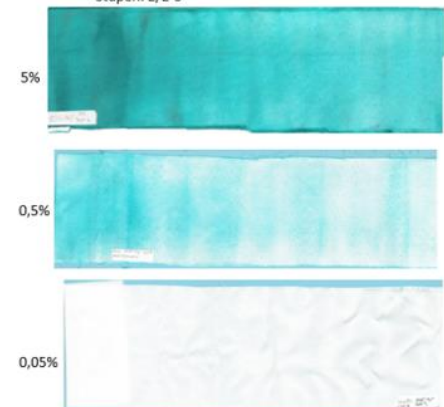


## Disperzní barvení PES

- Disperzní barvení  $H_2Pc$ -EHPO – stabilní disperze během barvení, stabilní na světle a v praní
- Závislost intenzity fluorescence na koncentraci markeru
- Probíhají testy stability v čase
- Aplikace do hmoty – Tesil Fibres Planá nad Lužnicí
- Dohodnuto provozní ověření vybraného markeru, bude nutno dodat koncentrát v PET pro produkci 1 t



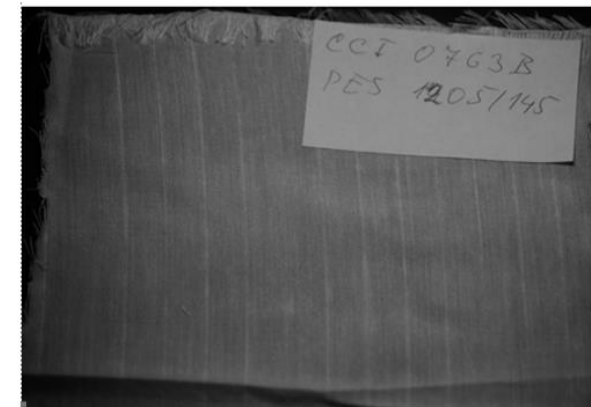
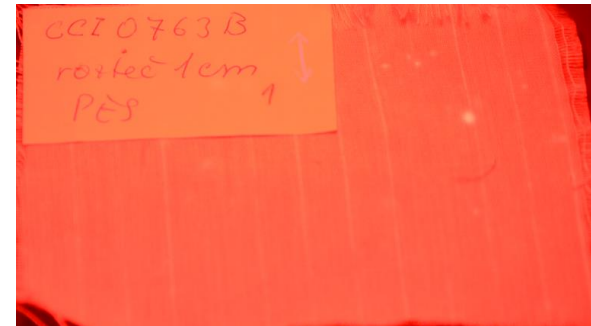
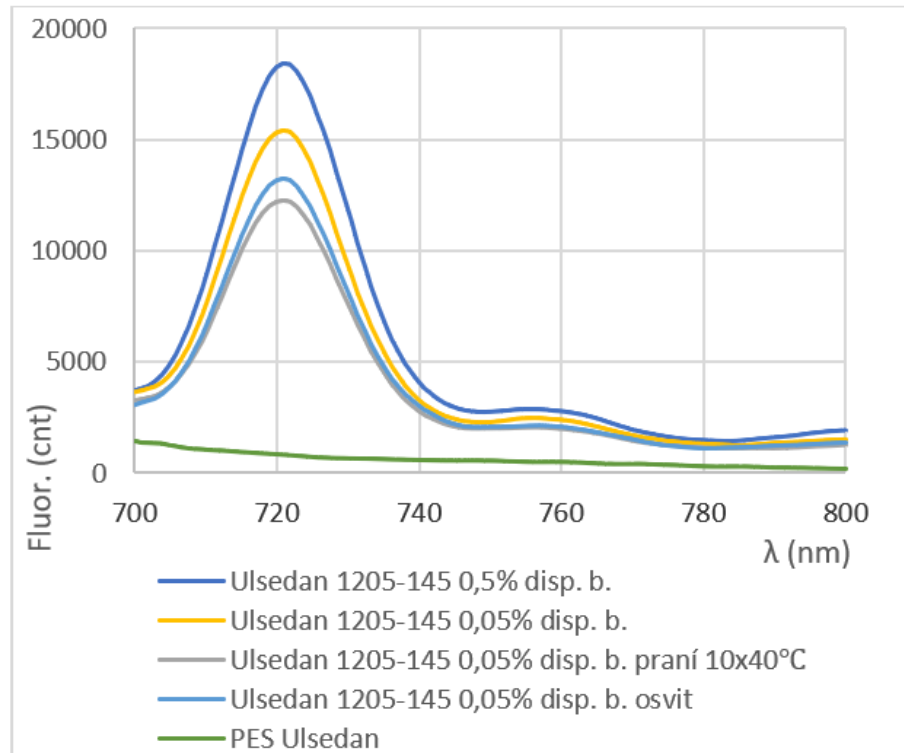
Barvivo: 1205/145  $H_2Pc$ -EHPO  
Disperbyk 2015  
Stupeň: 2/2-3



## Disperzní barvení PES - vyhodnocení

- Stanovena závislost na koncentraci markeru v barvicí lázni
- Navržena metoda detekce značené přize v textilní matrici

$\lambda_{exc.} = 625 \text{ nm}$





- Marker lze zpracovat do PES standardním postupem disperzního barvení
- Vytipován vhodný marker a nastavena optimální koncentrace barvicí lázně
- Pro PES recyklát bude ověřeno dávkování markeru ve hmotě shodným postupem jako u termoplastů
- Provozní ověření je připraveno



**Centrum organické chemie s.r.o.**

**Rybitví č.p. 296**

**533 54 Rybitví ČR**

**[www.coc ltd.cz](http://www.coc ltd.cz)**



**Ing. Lubomír Kubáč, Ph.D.**

**Telefon: +420 466 822 610**

**e-mail: [lubomir.kubac@coc ltd.cz](mailto:lubomir.kubac@coc ltd.cz)**