



# **PLASTKO 2024**

**17. - 18. dubna 2024**

**Sborník příspěvků z konference**

## **EDITORI**

Ivana Bartoníková

Přemysl Strážnický

Zdeněk Hložek

Petr Večeře

Upozornění: Všechna práva vyhrazena. Rozmnožování a šíření této publikace je jakýmkoli způsobem bez výslovného písemného svolení vydavatele trestné. Příspěvky neprošly redakční ani jazykovou úpravou. Za jazykovou úpravu odpovídají autoři textů jednotlivých příspěvků.

© Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2024

ISBN 978-80-7678-231-0

## **VĚDECKÝ VÝBOR:**

Petr Sába (UTB ve Zlíně)  
Vladimír Sedlařík (UTB ve Zlíně)  
David Hausner (Plastikářský klastr z.s.)

## **ORGANIZAČNÍ VÝBOR:**

Jana Josefíková (UTB ve Zlíně, CPS)  
Ivana Bartoníková (UTB ve Zlíně, UNI)  
Petra Svěráková (UTB ve Zlíně, CPS)  
Přemysl Strážnický (UTB ve Zlíně, UNI)  
Zdeněk Hložek (UTB ve Zlíně, UNI)  
Petr Večeře (UTB ve Zlíně, UNI)

## **PREAMBULE**

Konference PLASTKO je nejstarší mezinárodní konferencí pořádanou na půdě Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Je založena na principech spolupráce mezi akademickou sférou a průmyslovou praxí.

Stěžejním tématem letošní konference jsou eko-inovace v oblasti plastikářských výrob. Významná pozornost je také věnována legislativě související s recyklací plastů a ekologické transformace, což je nyní velmi aktuální téma pro výzkum i praxi.

Jedná se o konferenci s dlouholetou plastikářskou tradicí, která přináší mnoho inspirace a dala vzniknout mnoha úspěšným spolupracím. Hlavním cílem konference je seznámit odbornou veřejnost s aktuálními trendy v oboru, sdílení dobré praxe, navázání spolupráce mezi podniky a akademickou sférou a prezentace vybraných výsledků výzkumu a vývoje.

Za organizační a vědecký výbor konference Plastko 2024 jsme rádi, že tato konference se těší stálému zájmu firem i akademiků a velmi děkujeme všem návštěvníkům za účast na konferenci.

Organizační výbor konference Plastko 2024

ve Zlíně 17. 4. 2024



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
Univerzitní institut



**Plastikářský**  
klastr



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

# CENTRUM TRANSFERU TECHNOLOGIÍ



 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně



**SVĚT**  **PLASTŮ**

**TECH** **news**

elektronický newsletter vydávaný ve spolupráce s časopisem

**SVĚT**  **PLASTŮ**

*Technický týdeník*



PolyEnvi21



**ALFA PLASTIK**   
since 1955

**ANAMET**  
ANALYTICAL & MEASURING & TESTING



*Caspro*

 **Compuplast**

**EKOTREND**

**FANUC**

 ***Forte*mix**

**MAPRO**



**Smartplast**



**SVOBODA**

rozdí l j e v k v a l i t ě

**TEKNIKUM**

**T**ERAMED  
**S.r.o.**

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

Národní centrum kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století Centrum kompetence PolyEnvi21 za zaměřuje na vývoj nových polymerních systémů zohledňující cíle udržitelného rozvoje, praktickou uplatitelnost a ekonomickou konkurenceschopnost. Klíčovou kompetencí PolyEnvi21 je oblast mechanické, chemické a biologické recyklace polymerních materiálů včetně návazných souvisejících procesů. Významná pozornost je věnována komplexnímu pojetí vyvíjených řešení pro naplnění principů cirkulární ekonomiky.



## ÚČASTNÍCI PROJEKTU

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Univerzitní institut, Centrum polymerních systémů • ASIO TECH, spol. s r.o. • Centrum organické chemie s.r.o. • Ethanol Energy a.s. • HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. • I N O T E X spol. s r.o. • Moravskoslezský automobilový klastr, z.s. • NANOPROGRES, z.s.p.o. • ORLEN UniCRE a.s. • Plastičářský klastr, z.s. • Simple Engineering s. r. o. • Svaz chemického průmyslu ČR • SYNPO, akciová společnost • TERAMED, s.r.o. • ZODPA s.r.o. • Fortemix produkce s.r.o. • Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí • Univerzita Palackého v Olomouci, Český institut výzkumu a pokročilých technologií • Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická • Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Centrum energetických a environmentálních technologií • Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemicko-inženýrská • Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická • ORLEN Unipetrol RPA, s.r.o.

## KOORDINÁTOR PROJEKTU

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Univerzitní institut, Centrum polymerních systémů, [www.cps.utb.cz](http://www.cps.utb.cz)



Národní centrum kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století je spolufinancováno se státní podporou Technologické agentury ČR (č. projektu TN02000051).

## KONTAKT

Prof. Ing. Vladimír Sedlařík, Ph.D.  
hlavní manažer centra  
[sedlarik@utb.cz](mailto:sedlarik@utb.cz)  
[www.polyenvi21.cz](http://www.polyenvi21.cz)  
[nck21@utb.cz](mailto:nck21@utb.cz)



# Objevte nový plně elektrický vstřikovací lis

FANUC

ROBOSHOT řada  $\alpha$ -SiB - Nejvyšší přesnost, opakovatelnost a spolehlivost



✓ VYSOCE VÝKONNÉ UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ FANUC PANEL  $i$ H

✓ UZÁVÍRACÍ SÍLY OD 50T DO 220T

✓ NOVÉ SOFTWAREVÉ FUNKCE JAKO STANDARD

✓ BEZPROBLÉMOVÁ PLUG-AND-PLAY INTEGRACE FANUC ROBOTŮ

✓ VYLEPŠENÉ AI FUNKCE PRO PREDIKTIVNÍ SLEDOVÁNÍ TĚSNOSTI A STAVU OPOTŘEBENÍ ZPĚTNÉHO VENTILU

[WWW.FANUC.CZ](http://WWW.FANUC.CZ)

# INSTITUT PRO TESTOVÁNÍ A CERTIFIKACI, a.s.

Institute for testing and certification



**Institut pro testování a certifikaci, a.s. (ITC)** is an independent testing, certification, calibration, inspection and standardization company providing the following services:

## TESTING | LABORATORIES

- Physical Testing Laboratory, Fire laboratory
- Construction Laboratory
- Laboratory of Analytical Chemistry and Microbiology
- Laboratory of hygiene properties
- Laboratory of electrical products | EMC | LVD
- Laboratory of Footwear and Personal protective equipments
- Testing Laboratory for Textile Materials and Products
- Laboratory of defectoscopy

## TESTING | PRODUCTS

- Automotive parts | components
- Piping systems, hoses
- Construction products
- Food-contact materials, Packaging
- RoHS, Waste, REACH
- Electrical Products – EMC, LVD
- Plastics, Rubber
- Footwear, Textiles
- Sanitary products
- Toys and Children's Products
- Furniture, Household Products
- Playground Equipment, Sports Surfaces

## CERTIFICATION OF PRODUCTS

- Construction products | CE
- Technical Assessment Body | TAB
- Medical devices
- Personal protective equipment
- Toys
- Electromagnetic compatibility – EMC, Electrical safety – LVD
- Voluntary products certification | Certification marks
- Pressure equipments
- Certification of products determined for children's care

## CERTIFICATION OF MANAGEMENT SYSTEMS

- ISO 9001 | ISO 13485 | ISO 14001 | ISO 45001

## OTHER SERVICES

- Calibration, Metrology
- Material failure analysis
- Tailor-made testing
- Gaming machines



itczlin.cz

+420 572 779 922

itc@itczlin.cz

**LABIMEX CZ**

[www.labimexcz.cz](http://www.labimexcz.cz)

[www.q-lab.com](http://www.q-lab.com)



## **TESTOVACÍ KOMORY PRO SLUNEČNÍ SIMULACE A TESTY ODOLNOSTI UV ZÁŘENÍ**

### **Q-SUN pro sluneční simulace xenonovým světlem**

- s pevnou zkušební plochou nebo otočným karuselem
- světelné spektrum pro INDOOR a OUTDOOR zkoušky
- regulace intenzity osvětlení, teploty a relativní vlhkosti
- možnost postřiku vzorků vodou nebo ponoru



Q-SUN XE3



Q-SUN XE 1



Q-SUN XE2

### **QUV testery ultrafialovým zářením**

- výběr spektra UV záření – lampy UVA, UVB, UVC, CW
- možnost postřiku vzorků vodou
- regulace intenzity osvětlení, teploty
- kondenzační testy se 100% relativní vlhkostí vzduchu

**Zajišťujeme prodej, servis, dodávky, instalace, školení,  
poradenství, kalibrace dle ISO 17025.**



QUV

LABIMEX CZ s.r.o.  
Počernická 96  
108 00 Praha 10  
Česká republika  
[info@labimex.cz](mailto:info@labimex.cz)  
[www.labimexcz.cz](http://www.labimexcz.cz)  
tel : +420 241 740 120

Dr. Ing. Milan Pražák  
[prazak@labimex.cz](mailto:prazak@labimex.cz)  
+420 602 366 407

Ing. Jan Kolačný  
[kolacny@labimex.cz](mailto:kolacny@labimex.cz)  
+420 727 835 669

Ing. Jozef Maco  
[ingjozefmaco@gmail.com](mailto:ingjozefmaco@gmail.com)  
+421 327 798 346  
+421 910 970 699  
Rakoľuby 697  
916 31 Kočovce  
Slovensko



**NÍZKOTEPLTNÍ  
PECE**

**SV 2400 MkII**



ART OF  
HEATING

Zpracujte plast, gumu, elektrické součástky, kompozity při nižších teplotách. Pořďte si komorovou či průběžnou nízkoteplotní pec LAC. Za více jak 30 let vývoje jsme získali značné know-how v sušení, vytvrzování, temperování, vypalování, vulkanizaci a předeřevu. Nabídneme vám léty prověřené sériové i zakázkové modely.



**PRŮBĚŽNÉ  
A ATYPICKÉ  
PECE**

**SV 25200**

**KOMOROVÉ  
SUŠÁRNY**

**S 250**



Téměř 20 000  
vyrobených pecí



6 zakázkových  
projektů měsíčně



Dodáváme do  
35 zemí světa

**LAC, s.r.o.**

Topolová 933  
Židlochovice  
667 01  
Česká republika  
+420 547 230 016  
info@lac.cz

**www.lac.cz**

Vyberte si pec či sušárnu ze široké nabídky sériových modelů nebo nás kontaktujte a navrhne vám zařízení na míru.

**PECE A SUŠÁRNY**

## Obsah

Přednášky .....	1
ESG STRATEGIE firmy – význam a jak na ni .....	2
CHEMICKÁ RECYKLACE PLASTŮ .....	14
JAK NA EU LEGISLATIVU! .....	15
METODY LASEROVÉ SPEKTROSKOPIE PRO IN-SITU KVANTIFIKACI TĚŽKÝCH KOVŮ V PROCESU RECYKLACE PLASTŮ .....	16
MOŽNOSTI UDRŽITELNÉ A NÍZKOEMISNÍ VÝROBY, PŘÍKLAD VYUŽITÍ BIODEGRADABILNÍCH MATERIÁLŮ .....	17
OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ 2021 – 2027 .....	19
OPTIMALIZACE RECYKLAČNÍHO PROCESU TECHNOLOGIEMI SPOLEČNOSTI KONSKILDE INDUSTRIES - SEPARACE A PNEUDOPRAVA .....	19
PCR MATERIÁLY VE STAVEBNICTVÍ .....	24
PLASTIC TRADING AND ITS FUTURE - USE CASE OF THE LARGEST RECYCLING MARKETPLACE IN THE EU .....	26
POKROČILÉ AUTOMATICKÉ TŘÍDĚNÍ PLASTŮ .....	27
PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI S IMPLEMENTACÍ CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY A RECYKLACE Z POHLEDU ZKUŠEBNICTVÍ .....	34
PYROLÝZNÍ TECHNOLOGIE A STRATEGIE VÝVOJE V TĚTO OBLASTI .....	35
RECYKLACE PLASTOVÝCH ODPADŮ – KROKY MŽP .....	37
RECYKLOVANÉ PLASTY V AUTOMOTIVE .....	39
REGION 47 A VISC - OJEDINĚLÝ PROJEKT CÍLENÝ NA TECHNOLOGICKÝ ROZVOJ, INOVACE A VZÁJEMNOU SPOLUPRÁCI MEZI FIRMAMI A ŠKOLAMI .....	41
SPOLUFINANCOVÁNÍ EVROPSKÉ UNIE ZAMĚŘENÉ NA POSÍLENÍ NAKLÁDÁNÍ S ODPADY V ČESKU .....	52
STABILITA VÝROBNÍHO PROCESU PŘI ZPRACOVÁNÍ RECYKLOVANÝCH PLASTŮ .....	55
UHLÍKOVÁ STOPA PLASTŮ NAPŘÍČ HODNOTOVÝM ŘETĚZCEM .....	57
ÚSPORNÁ ŘEŠENÍ VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ .....	61
VLIV TRANSFERU INOVACÍ A CHRÁNĚNÉHO DUŠEVNÍHO VLASTNICTVÍ NA ROZVOJ SPOLUPRÁCE UNIVERZITY S PRAXÍ .....	63
VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ – PRAKTICKÁ VÝROBA BEZ PLÝTVÁNÍ .....	65
Postery .....	71
ADHESION OF POLYAMIDE TREATED BY COLD PLASMA .....	72
ANITIMIKROBIÁLNÍ ÚPRAVA POVRCHU NANOVLÁKEN .....	73
BIOPOLYMERY PRO AGROCHEMICKÉ APLIKACE .....	75
FUNKČNÍ POLYURETHANOVÉ POLYMERY .....	78
CHARAKTERIZACE PRODUKTŮ REZIDUÁLNÍ LIGNOCELULÓZOVÉ BIOMASY PŘEDUPRAVENÉ POMOCÍ „STEAM EXPLOSION“ .....	80

MÉNĚ ČASU, NIŽŠÍ NÁKLADY = VYŠŠÍ KVALITA DÍLU .....	82
MIKROPYROLÝZNÍ REAKTOR JAKO ATRAKTIVNÍ NÁSTROJ RYCHLÉ IDENTIFIKACE PYROLÝZNÍCH PRODUKTŮ .....	89
POLYMER COMPOSITIONS OF POLY(3-HYDROXYBUTYRATE) WITH AN ALIPHATIC POLYURETHANE MODIFIER .....	91
PREPARATION OF POROUS BIOPOLYMERIC MATERIALS BY THERMALLY INDUCED PHASE SEPARATION: DISCOVERING SUITABLE SOLVENTS .....	93
RECYCLING AND UPGRADING OF POLYMER MATERIALS BY SOLVENT BASED METHODS.....	95
RELATIONSHIP BETWEEN THE CONCENTRATION OF DOPANT AND THE PROPERTIES OF ION TRANSPORT IN PLASTICIZED NACMC-PECTIN POLYBLEND ELECTROLYTE MEMBRANES.....	97
RENEWABLE POLY(LACTIC ACID) LIGNOCELLULOSE COMPOSITES FOR THE ENHANCEMENT OF THE WATER RETENTION CAPACITY OF SOIL.....	98
ROLE OF THE MATERIALS USED IN A CHARGER UNIT IN THE TRIBOELECTRIC SORTING OF PLASTIC WASTE .....	99
STUDIUM VLIVU OPAKOVANÉHO TERMOPLASTICKÉHO ZPRACOVÁNÍ POLYPROPYLENU NA TERMICKÉ VLASTNOSTI POMOCÍ DSC.....	100
SURFACE FUNCTIONALIZATION OF PLA SCAFFOLDS WITH FURCELLARAN DERIVATES.....	101
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF FOSSIL AND BIO-BASED POLYURETHANES FOR ENVIRONMENTAL APPLICATION .....	102
TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ ODPADNÍCH KALŮ Z RECYKLACE PLASTŮ....	103
THE USE OF GREEN SOLVENTS IN THE ELECTROSPINNING OF POLYMERS..	105
VPLYV FARBÍV NA REOLOGICKÉ VLASTNOSTI PRIPRAVENÝCH KONCENTRÁTŮ Z KYSELINY POLYMLIEČNEJ.....	107
VPLYV PODMIENOK PRÍPRAVY A OBSAHU ADITÍV NA VLASTNOSTI BIODEGRADOVATEĽNÝCH VLÁKIEN .....	111
VYUŽITÍ BIOPOLYMERNÍCH SUROVINOVÝCH ZDROJŮ 2. GENERACE PRO PRODUKTY S PŘIDANOU HODNOTOU (2GVALUE).....	120
VYUŽITÍ PRODUKTŮ CHEMICKÉ RECYKLACE POMOCÍ PLAZMOVÉ MODIFIKACE SUBSTRÁTU .....	122

# Přednášky

## ESG STRATEGIE firmy – význam a jak na ni

Jan Baláč

Fair Venture s.r.o., Coworking NODE 5, Radlická 180/50, 150 00 Praha 5 – Smíchov

Sídlo firmy: K Podkozí 72, Svárov, 27351

Korespondenční e-mail: jan.balac@fairventure.cz

## ESG strategie firmy – význam a jak na ni



17. dubna 2024

Jan Baláč, konzultant Fair Venture s.r.o.

[www.fairventure.cz](http://www.fairventure.cz)

 fair Venture

### O čem dnes budeme mluvit

#### Proč řešíme ESG a co si pod tím představít

Hlavní trendy v ESG

Strategie ESG – jak na ni



## Globální změny fyzické (znečištění, změny klimatu a další) vedou ke změnám společenským a politickým

Dopady hospodářského růstu

Globální politické dohody a závazky



Zdroj: Steffen et al. 2008 New Scientist; upravil Mgr. Jan Mareš



Strategie ESG – Konference Plastko 2024, Zlín

## Globální politické dohody jsou implementovány v EU v rámci balíčku Green Deal

Green Deal

Směrnice o reportování udržitelnosti (CSRD)



Povinnost vydávat zprávu o udržitelnosti od finančního roku 2025 na základě splnění 2 ze 3 podmínek:

- a) bilanční suma: 25 000 000 EUR,
- b) čistý obrát: 50 000 000 EUR,
- c) průměrný počet zaměstnanců během účetního období: 250

Strategie ESG – Konference Plastko 2024, Zlín

## ESG se v klíčových otázkách odlišuje od konceptu společenské odpovědnosti firem



## Tlak na udržitelnost ve firmách přichází ze tří směrů



## O čem dnes budeme mluvit

Proč řešíme ESG a co si pod tím představít

### Hlavní trendy v ESG

Strategie ESG – jak na ni

## 3+1 trend velkých společností v udržitelnosti

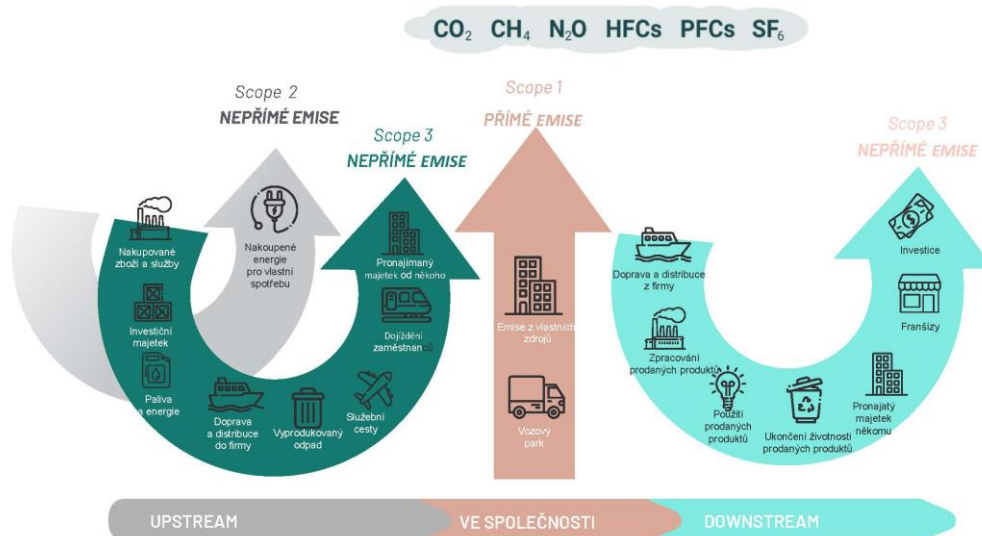
Počítání uhlíkové stopy

Analýzy dopadů a rizik

Reportování

Příprava strategií a cílů

## Uhlíková stopa: přímé a nepřímé emise organizace



Strategie ESG – Konference Plastko 2024, Zlín

## Analýza dopadů a rizik = výběr „materiálních témat“

**ANALÝZA DOPADŮ**  
Jaké má firma dopady na životní prostředí a společnost?



**ANALÝZA RIZIK A PŘÍLEŽITOSTÍ**  
Jakým rizikům nebo příležitostem spojeným s udržitelností (a dopadem na finanční výsledky) firma čelí?

Strategie ESG – Konference Plastko 2024, Zlín

## O čem dnes budeme mluvit

Proč řešíme ESG a co si pod tím představít

Hlavní trendy v ESG

**Strategie ESG – jak na ni**

Smyslem strategie ESG je eliminovat negativní dopady firmy a řešit rizika spojená s udržitelností.

Může mít ale větší význam.

## Kam se strategií udržitelnosti míříte?

- Nastavit udržitelnost jako **byznys model**
- Využít udržitelnost pro **inovace** ve firmě
- Řešit udržitelnost jako **risk management**

## Udržitelnost jako byznys model – principy udržitelnosti tvoří základní stavební bloky firmy.

U Everlane je to 1) transparentnost a 2) ohled na životní prostředí a pracovní podmínky

**EVERLANE**

What's New Best-Sellers Apparel Denim Shoes & Accessories

### Transparent Pricing

We publish what it costs us to make every one of our products. There are a lot of costs we can't neatly account for – like design, fittings, wear testing, rent on office and retail space – but we believe you deserve to know what goes into making the products you love.

Materials K216.34	Hardware K212.07	Labor K238.52	Duties K212.75	Transport K212.01
----------------------	---------------------	------------------	-------------------	----------------------

**Materials** 100% Organic Cotton (exclusive of ornamentation)  
This style uses GOTS-certified organic cotton, which is better for the soil and water, and safer for the workers.

**Care** Machine wash cold, tumble dry low

**Factory** Made in Kandy, LK  
[See the factory](#)

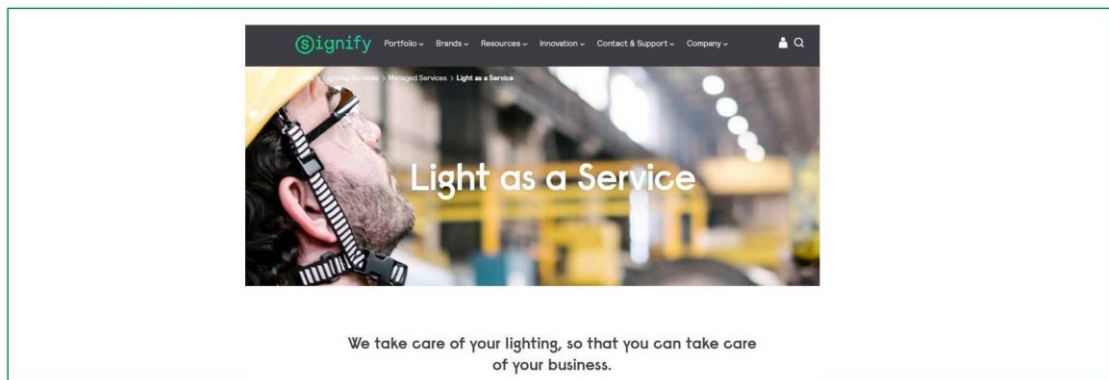
Less Detail ^

**Sustainability**

ORGANIC COTTON CLEANER CHEMISTRY

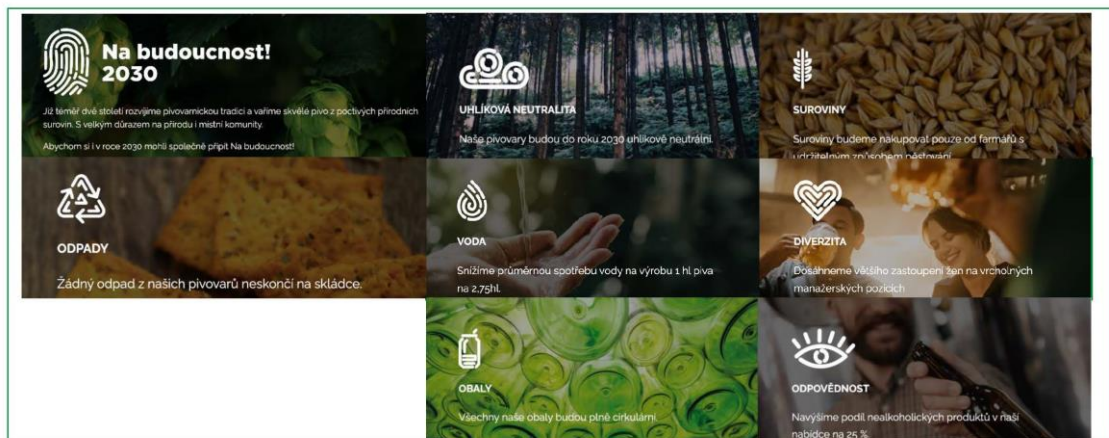
## Udržitelnost jako inovace - budování udržitelnějších produktů nebo business modelů při zachování těch stávajících

Philips (osvětlení) vytvořil novou firmu se zcela odlišným business modelem



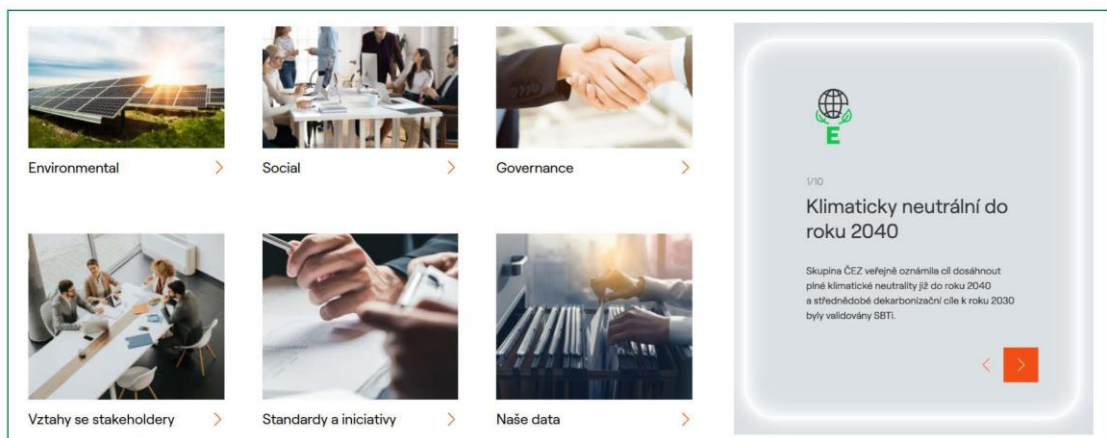
## Udržitelnost jako risk management – proaktivní

V Pilsner Urquell aktivně řeší významné společensky diskutované problémy



## Udržitelnost jako risk management – reaktivní

V ČEZ řeší udržitelnost ze široka, ale zvolna a pod tlakem legislativy. Zaměřuje se na kritéria zlepšující ESG rating



Strategie ESG – Konference Plastko 2024, Zlín

## Jak vidíte vaši firmu v oblasti ESG v roce 2030?

Zamyslete se, jaký je váš přístup

**1**

Lídr

**2**

Odpovědná firma

**3**

Držíme krok s legislativou

Strategie ESG – Konference Plastko 2024, Zlín



Cíle mají být konkrétní, dosažitelné a závazné pro vedení firmy. Mohou mít různou formu.

- **“papírové”**, např. ve formě analýzy nebo firemní směrnice
- **konkrétní „změnové“**, např. nahrazení zemního plynu elektřinou, změna vstupních materiálů atd
- **komplexní**, např. dosažení vybraného ratingu nebo certifikace

Zahrňte všechny úrovně plánování a dbejte na relevantnost pro byznysovou strategii

Dosažení společné hodnoty (shared value)			
Témata zájmu (materiální)	Změna klimatu	Pracovníci v dodavatelských řetězcích	Cirkulární ekonomika
Řešené dopady a rizika	Požadavek odběratelů na uhlíkovou neutralitu	Reputační riziko u zákazníků	Snížit dopad spojený se skládkováním
Cíle pro dosažení strategie	Podíl OZE 50 % do 2025 Klimatická neutralita do 2030	Žádná dětská práce do 2025 Důstojná mzda do 2030	50 % odpadu do 2025 Recyklovatelnost obalů do 2027
Politiky, Opatření, aktivity, projekty pro dosažení cílů	Nákup elektromobilů, investice do OZE, osvěta zaměstnanců, sběr dat od dodavatelů offseting...	Kodex pro dodavatele, kritérium pro výběr dodavatelů, zavedení auditů, využití certifikací...	Plán pro design výrobků, spolupráce s dodavateli a odběrateli, podpora výzkumu...

Alternativou může být jednodušší diskuze o cílech a krocích řešení

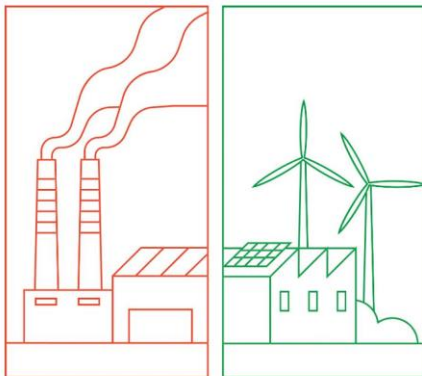
Snadná opatření (nízko visící ovoce)

Oblasti s největším dopadem / s nejvýznamnějšími riziky

Přicházející legislativu

Tipy a nápady zaměstnanců nebo jiných stakeholderů

## Strategie udržitelnosti – hlavní body



- Stanovení ambice
- Jak budete eliminovat dopady a snižovat rizika
- Cíle – čísla, termíny
- Plán opatření konkrétních kroků
- Rozpočet a odpovědnost



**Děkuji za  
pozornost**

**Jan Baláč**

Konzultant ESG

+420 702 026 643

[jan.balac@fairventure.cz](mailto:jan.balac@fairventure.cz)

# CHEMICKÁ RECYKLACE PLASTŮ

Radek Pjatkan<sup>1\*</sup>, Jiří Reiss<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Česká technologická platforma PLASTY, Rubeška 393/7, 190 00 Praha 9

<sup>2</sup>Svaz chemického průmyslu ČR, Rubeška 393/7, 190 00 Praha 9

\* Korespondenční e-mail: radek.pjatkan@schpccr.cz

## ABSTRAKT

Chemická recyklace plastů je bouřlivě se rozvíjející metodou materiálové recyklace. I přesto že již existuje relativně dlouhou dobu její skutečný průmyslový význam je aktuální až v současné době. Hlavním motorem jejího rozšiřování je především nutnost splnění cílů v enviromentální oblasti daných legislativou EU (dekarbonizace, snižování uhlíkové stopy...) ,ale v neposlední řadě i snaha o úspory fosilních surovin a zajištění nezávislosti na jejich dodatelích. Značnými změnami prochází díky tomu i celý recyklační průmysl v souvislosti s plánovaným zvyšováním podílu recyklace plastových odpadů až na 55% v roce 2040, ale především s požadavky na využívání recyklovaného materiálu například i v potravinářských aplikacích a to až v množství 30% i pro jiné plasty než PET. I přes významné pokroky v mechanických třídících linkách a zvažované možnosti využití značení polymerních materiálů pro zlepšení výsledku třídění je již dnes jisté že bez masivního nárustu skutečné chemické recyklace nebude možné tyto cíle splnit. Příspěvek si tak klade za cíl krátké shrnutí současných legislativních podmínek v rámci EU i ČR a možný dopad na plastikářský průmysl včetně probíhajících iniciativ České technologické platformy Plasty a Svazu chemického průmyslu ČR. Zmíněny budou i konkrétní příklady spolupráce s provozovateli jednotek chemické recyklace v ČR. Závěrem budou stručně představeny některé nové technologie, které si již našly cestu do průmyslové praxe.

## **JAK NA EU LEGISLATIVU!**

Lenka Mynářová

CirkArena – Circular Economy R&D Centre, Moravskoslezský kraj

\* Korespondenční e-mail: lenmyn@seznam.cz

### **ABSTRAKT**

Oběhové hospodářství je základem zelené tranzice, která je největší historickou výzvou pro celou EU. A týká se všech oblastí společnosti - včetně vědy, výzkumu a inovací. Legislativa vytváří zcela nový rámec pro všechny aktéry společnosti. A nově vytváří i poptávku. Bude to přechodný stav – co nebude odpovídat legislativě nebude na trhu. Nová legislativa je postavena na vědeckých základech. A proto je nutné pro všechny typy organizací pochopit jaké jsou budoucí výzvy a ve vazbě na ně připravovat vědecké a inovační projekty a nabídku expertních služeb. Firmy se bez nich neobejdou při realizaci svých strategií. Cílem přednášky je seznámit účastníky se základními fakty a poskytnou jim informace o možných zdrojích informací a synergiích s dalšími projekty – jako je např. CirkArena.

# METODY LASEROVÉ SPEKTROSKOPIE PRO IN-SITU KVANTIFIKACI TĚŽKÝCH KOVŮ V PROCESU RECYKLACE PLASTŮ

Pavel Pořízka<sup>1,2</sup>, Daniel Holub<sup>1</sup>, and Jozef Kaiser<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>CEITEC Brno University of Technology, Brno, Czech Republic

<sup>2</sup>Lightigo s.r.o., Brno, Czech Republic

Korespondenční e-mail: pavel.porizka@ceitec.vutbr.cz

## ABSTRAKT

Spektroskopie laserem buzeného plazmatu (LIBS) umožňuje rychlou kvalitativní a kvantitativní prvkovou analýzu. Díky své přístrojové robustnosti a jednoduchosti může být nasazena v off-line, a dokonce i v on-line provozu. LIBS již prokázala své výhody a potenciál při recyklaci a třídění kovového odpadu [1]. Její popularita roste také v několika průmyslových oblastech. Největšími výhodami LIBS jsou: žádná nebo minimální příprava vzorku, možnost měření in-situ, malé nebo žádné poškození vzorku a okamžité výsledky měření. Pokud jde o vzorky plastů, kromě možnosti klasifikace plastových vzorků lze LIBS využít jako spolehlivý indikátor nebezpečných prvků, jako je olovo (Pb), kadmium (Cd), chrom (Cr), nebo dokonce rtuť (Hg) ve vzorcích. Tato měření lze provádět rychle na povrchu vzorku s dalšími informacemi o rozložení prvků ve vzorku.

V této práci představujeme způsob, jak správně využít LIBS ke kontrole obsahu potenciálně nebezpečných prvků, jako je olovo (Pb). Získáním rozsáhlého souboru předzpracovaných vzorků plastů z průmyslové oblasti disponujeme vysoce kvalitním a různorodým souborem dat pro konstrukci vysoce přesného modelu pro kvantifikaci obsahu Pb. Díky referenci obsahu Pb pomocí optické emisní spektroskopie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) jsme schopni s minimální chybou předpovědět obsah Pb v nových vzorcích měřených pouze metodou LIBS.

[1] D. Holub, J. Buday, P. Pořízka a J. Kaiser, “Determination of Pb content in recycled plastic debris by laser-induced breakdown spectroscopy”, *Spectrochimica Acta B*, vol. 207, 2023, no. 106752.

# MOŽNOSTI UDRŽITELNÉ A NÍZKOEMISNÍ VÝROBY, PŘÍKLAD VYUŽITÍ BIO-DEGRADABILNÍCH MATERIÁLŮ

Michal Hrdina

FANUC Czech s.r.o.

K Bílému vrchu 3142/7, 193 00 Praha 9 – Horní Počernice, Česká republika

Korespondenční e-mail: [michal.hrdina@fanuc.eu](mailto:michal.hrdina@fanuc.eu)

## ABSTRAKT

V dnešní době je nezbytné zaměřit se na udržitelnou a nízkoemisní výrobu, aby bylo možné chránit naše životní prostředí a zároveň udržet průmyslovou efektivitu. Příspěvek “Možnosti udržitelné a nízkoemisní výroby, příklad využití bio-degradabilních materiálů” se věnuje právě této problematice a představuje inovativní řešení, která mohou vést k revoluci v průmyslové výrobě.

Hlavním bodem prezentace je představení společnosti FANUC, která je předním hráčem v oblasti automatizace a jejíž technologie ROBOSHOT umožňují výrobu plastových dílů s výrazně nižšími emisemi. Díky absenci oleje a vzduchu v procesu výroby jsou tyto stroje nejen efektivnější, ale také šetrnější k životnímu prostředí. Kromě toho, že jsou stroje ROBOSHOT energeticky úsporné, nabízejí také možnost využití bio-degradabilních materiálů, což představuje další krok k udržitelnosti.

Bio-degradabilní materiály jsou klíčové pro snížení dopadu plastového odpadu, protože se po použití rozloží na přirozené složky, které nezatěžují ekosystém. Využití těchto materiálů ve spojení s pokročilou technologií strojů FANUC ROBOSHOT otevírá nové možnosti pro průmysl, který se snaží o redukci své uhlíkové stopy.

V rámci přednášky bude prezentován i konkrétní příklad využití bio-degradabilních materiálů ve výrobě, což poskytne posluchačům lepší představu o praktickém uplatnění těchto materiálů. Diskutovány budou také výzvy a příležitosti, které přináší integrace udržitelných materiálů do moderních výrobních procesů.

Tento příspěvek má za cíl nejen informovat o aktuálních trendech a technologiích v oblasti udržitelné výroby, ale také inspirovat k dalšímu výzkumu a inovacím, které povedou k lepší budoucnosti pro nás všechny.



**OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ 2021 – 2027**  
**OPTIMALIZACE RECYKLAČNÍHO PROCESU TECHNOLOGIEMI**  
**SPOLEČNOSTI KONGSKILDE INDUSTRIES - SEPARACE A PNEUDOPRAVA**

Pavol Cacara

CASPRO-CZ s.r.o.

Vavrečkova 5262, 760 01 Zlín, Česká republika

Korespondenční e-mail: [cacara@aspro.sk](mailto:cacara@aspro.sk)



Optimalizace procesu recyklace, separace a pseudoprava – technologie společnosti Kongskilde Industries.

V současném prostředí průmyslové recyklace jsou efektivita, udržitelnost a nákladová efektivita prvořadé. Kongskilde Industries se stává lídrem v poskytování strojů a řešení na klíč přizpůsobených pro optimalizaci recyklačních procesů. S primárním zaměřením na pneumatickou dopravu a související separaci lehkých nečistot využívá Kongskilde své odborné znalosti ke zlepšení recyklačních operací po celém světě.

Tato prezentace se zabývá inovativními přístupy společnosti Kongskilde k pneumatické dopravě, integraci vysokotlakých dmychadel a rotačních ventilů, využití separačních a filtračních technologií. Objasněním strategií a technologií společnosti Kongskilde si tato prezentace klade za cíl poskytnout komplexní přehled toho, jak společnost optimalizuje recyklační procesy.

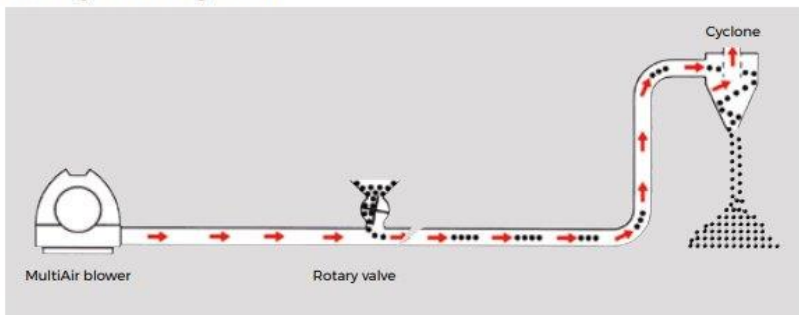
## Pneumatická doprava:

Jádrem optimalizační strategie společnosti Kongskilde je pneumatická doprava, metoda, která využívá tlak vzduchu k přepravě materiálů potrubním systémem. Tento přístup nabízí řadu výhod oproti tradičním mechanickým dopravníkům, včetně snížených požadavků na údržbu, zvýšené flexibility a lepších možností manipulace s materiálem.

Společnost Kongskilde v oblasti pneumatické dopravy charakterizuje využití vysokotlakých dmychadel, zejména jejich patentovaných modelů "Multiair" a "TRL". Tato dmychadla jsou navržena tak, aby poskytovala přesné průtoky vzduchu a úroveň tlaku, což zajišťuje optimální výkon v široké škále recyklačních aplikací. Díky výrobě vlastních dmychadel si společnost Kongskilde udržuje kontrolu nad kvalitou a přizpůsobením, což umožňuje řešení na míru, která splňují specifické potřeby každého recyklačního provozu.

Kromě dmychadel vyrábí Kongskilde rozmanitou škálu rotačních ventilů určených k dávkování materiálů do pneumatického dopravního systému. Tyto ventily jsou navrženy tak, aby byly tlakotěsné, minimalizovaly riziko úniku během přepravy a zajišťovaly efektivní přenos materiálů. Integrací vysoce kvalitních rotačních ventilů do svých řešení zvyšuje Kongskilde spolehlivost a výkon systému a usnadňuje plynulý tok materiálu od zdroje k cíli.

### Rotary Valve System



Kongskilde doplňuje svou nabídku komplexní řadu potrubí, přepínačů, odboček a cyklónů pro kompletní instalace pneumatické dopravy. Tyto komponenty jsou pečlivě navrženy a vyrobeny tak, aby odolaly náročným podmínkám recyklačního prostředí a zajistily odolnost a dlouhou životnost. Tím, že Kongskilde nabízí komplexní řešení pro pneumatická dopravní zařízení, zjednodušuje proces implementace pro recyklační operátory, minimalizuje dobu instalace a náklady a zároveň maximalizuje provozní efektivitu.

### **Separace lehkých nečistot:**

Ve spojení s pneumatickou dopravou využívá Kongskilde pokročilé separační technologie k účinnému odstraňování lehkých nečistot z recyklačních procesů. K tomuto účelu se používají dva primární stroje, a to "AirWash" a "KIA", které využívají proudy vzduchu k odsávání prachu a lehkých nečistot z proudu materiálu.

Stroje "AirWash" a "KIA" jsou navrženy tak, aby byly efektivní, minimalizovaly ztráty materiálu a spotřebu energie a zároveň maximalizovaly odstraňování nečistot. Tyto stroje využívají přesné systémy řízení průtoku vzduchu, aby zajistily účinnou separaci i těch nejmenších částic, čímž zvyšují kvalitu recyklovaných materiálů. Integrací těchto separačních technologií do recyklačních procesů umožňuje Kongskilde provozovatelům dosáhnout vyšší úrovně čistoty a vyšší hodnoty materiálu, což přispívá k celkové optimalizaci procesu.



### **Filtrační systémy:**

Kromě pneumatických dopravních a separačních zařízení nabízí Kongskilde komplexní filtrační řešení navržená pro další optimalizaci recyklačních procesů. Tato řešení sahají od malých jednotek instalovaných lokálně v blízkosti strojů až po velké systémy schopné zvládnout průtoky vzduchu až 100 000 m<sup>3</sup>/h v kompletních recyklačních závodech.

Proces filtrace začíná zachycením prachu a pevných částic z proudu vzduchu pomocí cyklónů a specializovaných filtrů. Filtry Kongskilde jsou pečlivě navrženy tak, aby účinně zachycovaly kontaminanty a zároveň umožňovaly průchod čistého vzduchu, čímž udržovaly optimální kvalitu vzduchu v recyklačním zařízení. Vypouštěním prachu na centralizované místo

zjednodušuje Kongskilde nakládání s odpady a snižuje riziko kontaminace okolního prostředí znečišťujícími látkami ve vzduchu.



Jednou z významných výhod filtračních řešení Kongskilde je jejich schopnost přinášet měřitelné úspory nákladů, zejména v zimních měsících. Recirkulací čistého vzduchu zpět do výrobního prostředí pomáhá Kongskilde udržovat optimální provozní podmínky a zároveň snižuje náklady na vytápění spojené s větráním. Filtrační proces navíc snižuje riziko výbuchu tím, že bezpečně zadržuje prachové částice, zvyšuje bezpečnost na pracovišti a dodržování předpisů.

**Prizpůsobení a optimalizace:**

Ústředním bodem přístupu společnosti Kongskilde je závazek k optimalizaci a přizpůsobení specifickým potřebám každého recyklačního provozu. Díky úzké spolupráci se zákazníky a důkladné analýze procesů navrhuje konstruktéři Kongskilde řešení, která maximalizují efektivitu, minimalizují odpad a podporují udržitelnost.

Ať už se jedná o jemné doladění vzorců proudění vzduchu, optimalizaci parametrů separace nebo integraci filtračních systémů do stávajících procesů, Kongskilde využívá své odborné znalosti k poskytování řešení na míru, která vedou k neustálému zlepšování. Optimalizací recyklačních procesů od začátku do konce umožňuje Kongskilde recyklačním operacím dosáhnout vyšší produktivity, lepší kvality produktů a snížení dopadu na životní prostředí.

### **Závěr:**

Závěrem lze říci, že Kongskilde Industries je průkopníkem v optimalizaci recyklačních procesů prostřednictvím inovativních řešení v oblasti separace a pneumatické dopravy. Využitím pokročilých technologií a závazku k přizpůsobení umožňuje Kongskilde recyklačním operátorům maximalizovat efektivitu, snížit množství odpadu a minimalizovat dopad na životní prostředí. Díky integraci vysokotlakých dmychadel, rotačních ventilů, separačních strojů a filtračních řešení dodává Kongskilde komplexní řešení na klíč, která řeší jedinečné výzvy, kterým čelí recyklační provozy po celém světě. Optimalizací recyklačních procesů od zdroje až po místo určení hraje Kongskilde klíčovou roli při prosazování udržitelnosti a utváření budoucnosti s efektivnějším využíváním zdrojů.



## PCR MATERIÁLY VE STAVEBNICTVÍ

Adam Milata

Fortemix s.r.o. Paskov

Korespondenční e-mail: milata@fortemix.cz

### ABSTRAKT

Příspěvek se zabývá našimi zkušenostmi s recyklací odpadních materiálů z elektráren a plastů pro výrobu stavebních materiálů. Společnost čelí výzvám v oblasti zdrojů, výroby a legislativy, ale pokračuje v inovacích a nachází nové způsoby využití odpadních materiálů. Mezi produkty společnosti patří abrazivní tryskací materiál, cementové podlahové systémy, PVC dlaždice a střešní krytiny.

Obecně by PCR ve stavebnictví měl být až druhou možností, protože strategie Cradle to Cradle (Z kolébky do kolébky) je ideálním způsobem recyklace materiálů. Tento koncept je založen na opětovném použití odpadu pro výrobu stejného výrobku. Ukázky tohoto modelu zahrnují například transformaci PET láhve na novou PET láhev, sklenice na novou sklenici, či nárazníku na nový nárazník. Tento postup by měl mít primární podporu a neměl by existovat scénář, kde je recyklát dražší než primární materiál.

Alternativou je námi prováděný Downcycling, což je strategie uplatňovaná v případech, kdy výše uvedená metoda není proveditelná. Hlavní myšlenkou je alespoň neukládat a nespálit odpad. Cílem je minimalizovat odpad tím, že se snižuje jeho kvalita pro využití v dalších výrobních procesech, kdy se takto recyklovaný materiál používá k výrobě produktu s nižší hodnotou.

PCR ve stavebnictví vyžadují specifické přístupy v různých oblastech. Dodavatelé v rámci našeho průmyslu vykazují značnou fragmentaci, jsou menší a významně méně systemizovaní ve svých řídicích a výrobních procesech, což úzce souvisí s nutností udržování osobních vazeb. V oblasti nákupu se potýkáme s absencí standardizace, což vyúsťuje v to, že každá dodávka má rozdílný charakter. Toto vyvolává nutnost fyzických kontrol, optimálně před samotnou nakládkou.

Ve výrobním segmentu je důležité přistupovat s větší volností k technologickým i kvalitativním procesům. Je zásadní brát v úvahu konstantní potenciál nečekaných problémů, například v podobě nových nečistot, různých legislativních požadavků, či výrobních komplikací.

Z hlediska personálního řízení je nezbytné zaměřit se na specifické schopnosti pracovníků, zejména na psychickou odolnost. Tato potřeba vyplývá z častých situací, kdy se nedaří dosáhnout očekávaných výsledků, nebo kdy je nutností relativně časté změny procesů. Tato dynamika ovlivňuje nejen pracovníky na výrobní úrovni, ale také obchodní, marketingové a další týmy.

V komunikaci s klienty je nezbytné zdůraznit ekologickou šetrnost našich výrobků, nicméně nízká cena je často účinnější faktor. Některým klientům může být obtížné porozumět, že některá kvalitativní kritéria, jako je vzhled nebo zápach, mohou být u produktů z odpadu kompromitovaná.

A konečně legislativa, jako je nařízení REACH, často nebere v potaz, že již máme vyrobené produkty obsahující škodlivé látky. Toto přináší řadu legislativních a regulačních výzev, které musíme řešit.

# **PLASTIC TRADING AND ITS FUTURE - USE CASE OF THE LARGEST RECYCLING MARKETPLACE IN THE EU**

Cyril Klepek

Cyrkl, Zdrojová platforma,s.r.o.. Krakovská 24, Praha 1, CZ

Corresponding email: [cyril.klepek@cyrkl.com](mailto:cyril.klepek@cyrkl.com)

## **ABSTRACT**

In an era where sustainability is paramount, the plastic trading industry stands at a crossroads, grappling with challenges of waste management and the imperative of circular economy principles. This presentation delves into the burgeoning field of plastic trading, highlighting the significant role of Cyrkl.com, the largest recycling marketplace in the EU, in transforming plastic waste into a valuable resource. Through an in-depth analysis of Cyrkl.com's operations, we elucidate how innovative digital tools and platforms are revolutionizing the recycling landscape by facilitating efficient trade of recyclable materials, enhancing supply chain transparency, and fostering a community of environmentally responsible businesses.

Furthermore, we explore the future trajectory of plastic trading, emphasizing the critical importance of standardization and rigorous compliance with EU legislation. These elements are pivotal in ensuring the sustainability and viability of recycling markets, driving the adoption of best practices across the industry, and ultimately contributing to the European Union's ambitious environmental goals. By examining Cyrkl.com's successful model, this presentation offers insights into the potential of digital marketplaces to spearhead the transition towards a more sustainable and circular plastic economy, underscoring the necessity of innovation, collaboration, and regulatory alignment in shaping the future of plastic trading.



# POKROČILÉ AUTOMATICKÉ TŘÍDĚNÍ PLASTŮ

Ing. Roman Hubálek

TOMRA Sorting s.r.o., Diaľničná cesta 5019/26, 903 01 Senec | Slovenská republika,

Korespondenční e-mail: [Roman.Hubalek@tomra.com](mailto:Roman.Hubalek@tomra.com)



## AGENDA

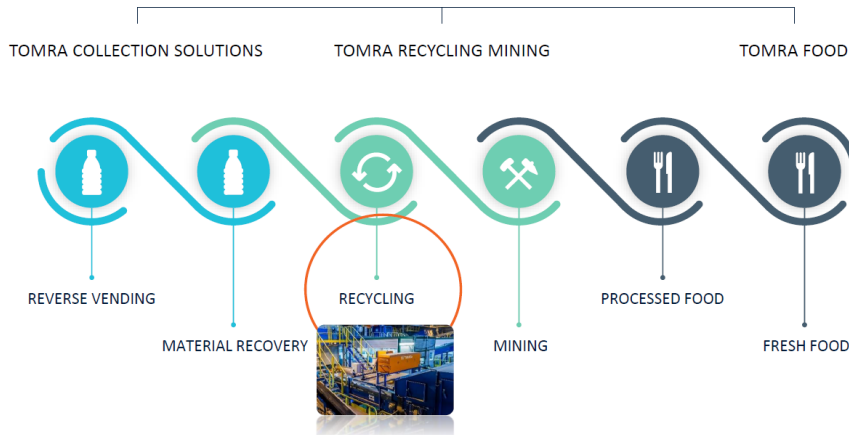
---

- TOMRA Sorting
- Portfolio
- Optické třídění plastů – sběr, pre-sorting a primární třídění
- Optické třídění plastů – dotřídění/dočištění materiálů po primárním třídění před samotnou recyklací

4300+  
zaměstnanců  
celosvětově

Publicly listed on Oslo Stock Exchange (OSEBX: TOM)

9.9  
BILLION NOK  
REVENUES in  
2020



**Výrobní závod  
Senec, Slovensko  
12.500 m<sup>2</sup>**

50 let na trhu zálohování a třídění

Více než **19,400** instalovaných zařízení \*





Test funkčnosti zařízení AUTOSORT

Test pneumatického systému

Watch the video

\*Souhrnný počet divízi TOMRA Food, Recycling and Mining

## Široká škála sortovacích zařízení pro recyklaci

<p>Recyklace plastů, papíru, textilu, dřeva, ...</p>  <p><b>AUTOSORT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FLYING BEAM®: continuous signal correction, integrated light source, enhanced light distribution</li> <li>• flexible sensor configuration (NIR/VIS/EM)</li> <li>• optimized sensor system</li> </ul>	<p>Čištění flaků PET, PVC, PO, ...</p>  <p><b>AUTOSORT FLAKE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simultaneous material, metal and color detection</li> <li>• FLYING BEAM®: continuous signal correction, integrated light source, enhanced light distribution</li> <li>• highest available sensor resolution</li> <li>• optimized sensor system</li> </ul>	<p>Recyklace skla, ...</p>  <p><b>AUTOSORT LASER</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Independent background system</li> <li>• Simultaneous single-point detection</li> <li>• Glass vs. transparent polymer recognition</li> <li>• Fully flexible sensor configuration</li> <li>• Unique mechanical design built for highest safety standards</li> </ul>	<p>Recyklace kovů, elektroodpadu, barevných, neželezných kovů...</p>  <p><b>COMBISENSE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FLUID COOL®</li> <li>• dual processing technology</li> <li>• auto-adjustable ejection module</li> </ul>
 <p><b>COMBISENSE CHUTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FLUID COOL®</li> <li>• dual processing technology</li> <li>• simultaneous single-point detection</li> <li>• double-sided detection</li> </ul>	<p>Recyklace kovů, dřeva, elektroodpadu,...</p>  <p><b>FINDER</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SUPPIX® technology</li> <li>• Z-TECT technology</li> <li>• IOR technology</li> </ul>	<p>Recyklace kovů, dřeva, organiky ...</p>  <p><b>X-TRACT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dual processing technology</li> <li>• Highest quality of secondary material in metal applications</li> <li>• largest installed base worldwide</li> </ul>	 <p><b>AUTOSORT/FINDER with LOD Feature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipment upgrade with minimal initial investment</li> <li>• Independent background system</li> </ul>



### SYSTEM S AKCELERAČNÍM PÁSEM PRO FRAKCE 40-350 MM

Automated sorting process using different sensors for different sorting tasks

- Špičkové senzory k identifikaci objektů na akceleračním pásu
- Vysoká rychlost zpracování informací (materiál, velikost, barva, tvar a poloha objektů)
- Precisní sortování prostřednictvím vzduchových trysek
- Návrh zařízení pro konkrétní produkt často zahrnuje více technologií pro maximalizaci efektivity třídění.

## SRDCE AUTOMATICKÝCH TŘÍDÍCÍCH LINEK ODPADU : AUTOSORT®

### THE TECHNOLOGY

AUTOSORT® combines leading-edge features and technologies in one sorting machine.

Compact and ultra-flexible in design, AUTOSORT® allows for seamless integration into existing and new plants. The multifunctional nature of the unit enables the combination of several different sensors to meet the bespoke needs of our customers. Highly sophisticated integrated and add-on technologies deliver commercial and operational benefits for our customers.

Designed with customer needs in mind

- Ultra compact
- Flexible and future-proof
- Reduced operational risks
- Easy to install and maintain
- Fully upgradeable
- High availability



#### FLYING BEAM® with SHARP EYE technology

- Integrated light source to project it from dead end and skirt, extending the beam
- Homogeneous light distribution across the entire belt width for stable and consistent detection
- Enhanced light efficiency ensures improved performance at low operating costs
- Real-time information about the unit's operating status by continuously monitoring the detection and sensor response to ensure a high system availability
- Low power consumption



#### GAIN (OPTIONAL ADD-ON)

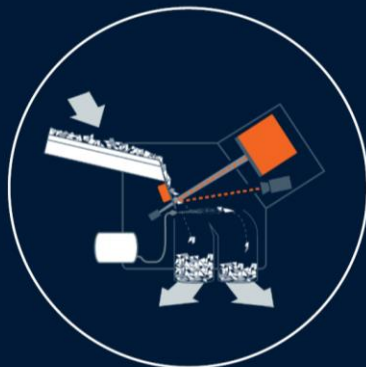
- Deep learning-based sensor to classify objects
- Sorts previously hard-to-sort objects
- Resolves complex sorting tasks and achieves high purity levels without compromising throughput speed
- Increases adaptability to new waste streams, future-proofing customer operations

#### DEEP LAISER® (OPTIONAL ADD-ON)

- Significantly increases the sorting throughput of AUTOSORT®
- Sets by shape and differentiates overlapping objects
- Sorts previously undetectable objects, e.g., black plastics and glass
- Smart segmentation distinguishes between two overlapping objects, enabling object-based recognition even at high throughput
- Can be configured and retrofitted as an additional sensor when required



## SYSTÉM SE SKLUZEM PRO FRAKCE 4-20 MM



- Špičkové senzory k identifikaci objektů na akceleračním pásu
- Vysoká rychlost zpracování informací (materiál, velikost, barva, tvar a poloha objektů)
- Precisní sortování prostřednictvím vzduchových trysek
- Návrh zařízení pro konkrétní produkt často zahrnuje více technologií pro maximalizaci efektivity třídění.



## • OPTICKÉ TŘÍDĚNÍ PLASTŮ – SBĚR, PRE-SORTING A PRIMÁRNÍ TŘÍDĚNÍ

### Automatické linky na směsný komunální odpad a separovaný odpad v ČR

#### OZO OSTRAVA s.r.o., CZ

- Kapacita >20 t/h SKO, (> 65.000 t/r) nebo 5 t/h separovaného obalového plástu (> 10.000 t/r)
- Komplexní technologie:
  - Rozbalikovač,
  - Bubnové síto,
  - Balistický separátor,
  - Separátory FE, nonFE kovů,
  - Optické třídiče AUTOSORT (AS):
    - 7x AS 2800 mm
    - 1x AS Online analyzátor
- Čistota polymerů:
  - ≥ 90% PET
  - ≥ 85% non-PET
- Produkty: PET dle barev, HDPE, PP, TETRA PE folie, papír, RDF
- Řádný provoz: 4.Q. 2023



#### SAKO BRNO a.s., CZ

- Kapacita 4,5 t/h separovaného obalového plástu (> 10.000 t/r)
- Komplexní technologie:
  - Rozbalikovač,
  - Bubnové síto,
  - Balistický separátor,
  - Separátory FE, nonFE kovů,
  - Optické třídiče AUTOSORT (AS):
    - 2x AS 2800 mm
    - 2x AS 2000 mm
- Čistota polymerů:
  - ≥ 90% PET
  - ≥ 85% non-PET
- Produkty: PET dle barev, HDPE, PP, TETRA PE folie
- Řádný provoz: 2.Q. 2023



### PRE-SORTING LINKA NA SKO PŘED ZEVO - STOCKHOLM EXERGI/SÖRAB, SWEDEN

- Zahájen provoz Q4 2020
- Pre-sorting SKO před ZEVO – vytřídí směs recyklovatelných plastů
- Kapacita 45 t/h, plně automatický závod
  - Míra vytřídění mix plastů >80%
  - Čistota mix plastů: 90-95 %
  - Výhřevnost vstupního SKO z 11-12 MJ/kg po vytřídění výhřevnost nižší o cca 1-2 MJ/kg
- Vytříděný směsný plast je pak dopraven do centrálního regionálního závodu na třídění plastů v Motala



## Sortování PET

### Správce zálohového systému n.o., Slovensko

Post consumer PET, 24/7, PET: 40 % čirá + 30% modrá + 15% zelená + 5% mix color světlý + 10% rest

Technologie (1 linka): 2x Autosort 2800 mm

Celkový výkon :

Účinnost: > 93% / track

Čistota PET (4-5 různých barev): 93 - 96 % Průchodnost linky: < 4,5 t/h



TOMRA

13

## Sortování PE fólie

### ATF, Polsko

Linka separovaného odpadu, 24/7, Post consumer PE fólie, 70-80% PE čirá + 20-30% PE barevná

Technologie (1 linka): Autosort Speedair 2000 mm + Autosort 2000 mm (čirá fólie) + Kabina (barevná fólie)

Celkový výkon :

Účinnost 1 stroje: 80-85%

Velikost vstupních fólií: 50-300mm

Čistota PE čirá: > 98 %

Průchodnost 1 linky: 2,5 t/h při použití 2000 mm strojů



TOMRA

## Sortování za pomoci strojového učení - PE silikonové kartuše / dřevo

### Akpol, Polsko

Recyklační linka pro separaci PE silikonových kartuší z toku PE materiálu.

Linka je nově dovybavena i technologií GAIN

GAIN je umělá inteligence pro hluboké učení, napodobující lidské učení.

Princip učení je ve vytvoření asociace s tím, co již bylo viděno dříve.



### Zagroda, Polsko

Recyklační linka pro separaci dřeva z toku velkoobjemového odpadu.

Linka je dovybavena technologií GAIN

Výsledná produkce: kvalita A dřeva pro opětovné využití v nábytkářských aplikacích

TOMRA

# • OPTICKÉ TŘÍDĚNÍ PLASTŮ – DOTŘÍDĚNÍ/DOČIŠTĚNÍ MATERIÁLŮ PO PRIMÁRNÍM TŘÍDĚNÍ PŘED SAMOTNOU RECYKLACÍ

## FLAKE SORTING

Druhy uplatnění:

Sortování PET

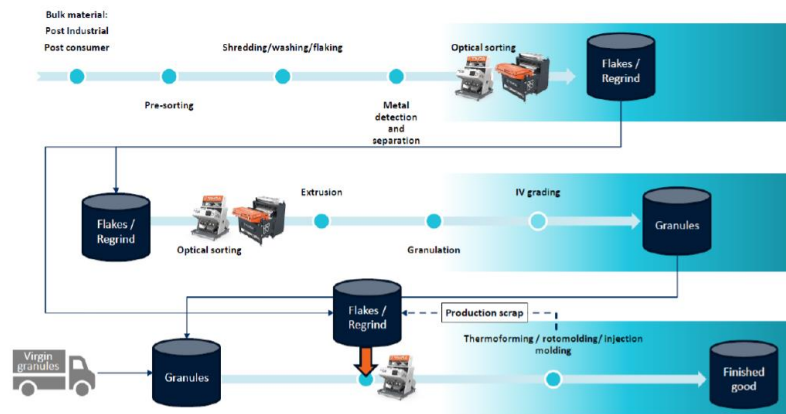
Sortování PO: separace PP/PE

Sortování dle barev

Rozvíjející se trhy: dominantní PET

EU: 50% PET / 50% PO

US: dominantně PO projekty



## INFORMACE A REPORTY

Děkuji za pozornost



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

Roman Hubálek  
 Area Sales Manager Czech republic and Slovakia  
 TOMRA Sorting s.r.o.  
 Diaľničná cesta 5019/26, 903 01 Senec |  
 Slovakia  
[Roman.Hubalek@tomra.com](mailto:Roman.Hubalek@tomra.com)  
[www.tomra.com](http://www.tomra.com)  
 M (SK): +421 915 575 116  
 M (CZ): +420 724 606 412

21

# PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI S IMPLEMENTACÍ CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY A RECYKLACE Z POHLEDU ZKUŠEBNICTVÍ

Jiří Samsonek

Institut pro testování a certifikaci, a.s., třída Tomáše Bati 299, 76302 Zlín, Louky, Česká  
republika

Korespondenční e-mail: [testing@itczlin.cz](mailto:testing@itczlin.cz)

## ABSTRAKT

Přednáška se zabývá aspekty implementace cirkulární ekonomiky z hlediska polymerního průmyslu. Poukazuje na zásadní rozdíly v recyklaci a znovu používání klasických (tradičních) materiálů, jako skla a kovů versus recyklace polymerních materiálů. Autor pracuje v laboratoři, která se zabývá testováním materiálů před uvedením na trh, tj. nových výrobků, kdy v poslední době pozoruje vzrůstající trend používání recyklovaných materiálů. Toto sebou ovšem přináší nové aspekty, zejména co se kvality výrobků týče. Proměnlivost recyklovaných polymerních materiálů a jejich chemické složení zásadně ovlivňuje výsledné vlastnosti výrobků nejen z hlediska užitého, ale i z hlediska chemického složení, zdravotní bezpečnosti a trvanlivosti. Autor v přednášce prezentuje vybrané případy, kdy použití recyklovaných materiálů zásadně ovlivňuje výsledné výrobky a popisuje rizika s tímto spojená. Součástí přednášky je rovněž výhled do budoucna, sumarizace možností a limitací cirkulace polymerních materiálů v ekonomice.



## PYROLÝZNÍ TECHNOLOGIE A STRATEGIE VÝVOJE V TÉTO OBLASTI

Jan Snow <sup>1\*</sup>, Robert Suchopa <sup>2</sup>, Jaromír Lederer <sup>1</sup>, Pavel Kuráš <sup>3</sup>

<sup>1</sup> ORLEN UniCRE a.s., Revoluční 1521/84, 400 01 Ústí nad Labem, Česká republika

<sup>2</sup> ORLEN Unipetrol RPA s.r.o., Záluží 1, 436 70 Litvínov, Česká republika

<sup>3</sup> Fakulta životního prostředí, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Pasteurova 3632/15, Ústí nad Labem, 400 96, Česká republika

\* Korespondenční e-mail: Jan.Snow@orlenunicre.cz

### ABSTRAKT

S rostoucími nároky na kvalitu a objem recyklovaných plastů rostou v současné době také nároky na dostupné technologie recyklace. V souladu s poptávkou a přicházející legislativou pracuje ORLEN Unipetrol jakožto producent polymerů na implementaci cirkulární ekonomiky do současných petrochemických procesů založených na zpracování fosilních surovin. Jednou z cest, jak toho dosáhnout, je chemická recyklace odpadních plastů a proces pyrolýzy, který se nyní začíná ve větším měřítku uplatňovat po celém světě. Dostupné technologie mají však stále poměrně vysoké nároky na kvalitu vstupní suroviny, což brání recyklaci mnoha odpadních materiálů s vysokým obsahem heteroatomů, které následně komplikují využití produktu v rámci petrochemie pro produkci nových virgin polymerů.

V rámci experimentálního výzkumu postaveném na současných vědeckých poznatcích byly zkoumány metody odstraňování heteroatomů, zejména halogenů, přímo v procesu pyrolýzy. Výsledky ukazují, že vysoké účinnosti lze dosáhnout programovaným zahříváním - krokovou pyrolýzou. Nově byla také identifikována příčina snížené účinnosti dechlorace v případě pyrolýzy komunálního plastového odpadu (obaly z drogerie), kterou byla přítomnost PET. Obdobný účinek byl zaznamenán také u celulózy a na základě analýz produktů byly navrženy pravděpodobné mechanismy. Kromě halogenů byl také sledován obsah ostatních heteroatomů v produktech pyrolýzy odpadů, jako je výmět z třídící linky nebo plasty z elektroodpadu. Jelikož často nebylo dosaženo limitů pro plánované využití pyrolýzní kapaliny v petrochemii, byla navržena a testována chemická činidla, která například snížila obsah chloru o 98,6 % u výmětu z třídící linky s vysokým podílem chloru (2,72 % ± 0,3 %). Výsledky poskytují

informace nejen o možnostech použití pyrolýzy pro komplexní odpadních toky, ale také o problematickém odstranění některých heteroatomů a případné nutnosti úprav kapalného produktu před jeho přimícháním do konvenčních petrochemických surovin.

# RECYKLACE PLASTOVÝCH ODPADŮ – KROKY MŽP

Mgr. David Surý

Ministerstvo životního prostředí



Ministerstvo životního prostředí

Korespondenční e-mail: zaneta.nedelkova@mzp.cz

## ABSTRAKT

Ministerstvo životního prostředí realizuje zásadní kroky ke zvyšování recyklace plastových odpadů. V letech 2021 – 2023 proběhlo schválení zásadních národních strategických dokumentů pro oběhové a odpadové hospodářství, které se týkají i plastových odpadů. Jedná se například o Aktualizaci Plánu odpadového hospodářství ČR 2015 – 2024 s výhledem do roku 2035 nebo Strategický rámec cirkulární ekonomiky ČR 2040.

Nová legislativa odpadového hospodářství schválená v letech 2020 – 2022 přinesla jasnou podporu hierarchii nakládání s odpady a recyklaci všech druhů odpadů (včetně plastových). Byl zaveden rovněž nový princip ekomodulace, který se týká placení poplatků od výrobců dle recyklovatelnosti obalů. Projednávaná evropská legislativa, zejména nařízení o obalech, přináší nová pravidla a povinnosti, které budou znamenat podstatné změny v nakládání s plastovými odpady.

V novém OPŽP 2021 - 2027 je podporována vysoce kvalitní třídění a recyklace. Jsou bonifikováni žadatelé, kteří budou využívat výrobky s obsahem recyklátu. Vypisované výzvy se orientují na vysoce kvalitní třídění a navyšování recyklačních kapacit.

MŽP aktuálně zveřejnilo data o recyklaci plastových obalových odpadů za rok 2022. Recyklace plastových obalových odpadů stoupla na úroveň 47 % (celková recyklace obalových odpadů přes 71 %)

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/informace\\_problematika\\_obalu/\\$FILE/OODP-Obaly\\_Recyklace\\_20240313.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/informace_problematika_obalu/$FILE/OODP-Obaly_Recyklace_20240313.pdf)

Plastové obaly se v České republice standardně recyklují a ČR je v této oblasti úspěšná v porovnání s jinými členskými státy EU.

V současnosti se MŽP zaměřuje na podrobné vymezení problematiky tzv. chemické recyklace, která je rovněž úzce provázána s plastovými odpady.

# RECYKLOVANÉ PLASTY V AUTOMOTIVE

Libor Dobeš

Moravskoslezský automobilový klastr, z.s.  
Technologická 372/2, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika  
(zkráceně Autoklastr)

Korespondenční e-mail: l.dobes@autoklastr.cz

## ABSTRAKT

Automotive/mobility ekosystém je jedním ze 14 klíčových ekosystémů v Evropské unii. Vývoj a výroba automobilů a jejich příslušenství jsou charakterizovány mj. vysokou mírou spotřeby ušlechtilých kovových materiálů a polymerních materiálů se specifickými fyzikálními a jinými vlastnostmi, které jsou požadovány unijními předpisy i specifickými požadavky výrobců automobilů. Hovoříme-li o ekologické udržitelnosti výroby a užívání automobilové techniky, pak jednu z hlavních rolí hraje cirkulární využití materiálů. S požadavkem na ekologickou udržitelnost v automotive se pojí s výrazné zaměření na použití lehčích a pevnějších materiálů, které jsou recyklovatelné, v případě výrobků z polymerních materiálů jsou pak stanovovány a sledovány parametry užití recyklátu v nových výrobcích. Zatímco originální polymerní granulát má výrobcem stanovené parametry jakosti, a přesto existuje variabilita parametrů jednotlivých šarží materiálu, pak v případě použití recyklovaných polymerů do směsi s originálním (virgin) materiálem se tato variabilita ještě zvyšuje. To je výzvou pro technologický výzkum a vývoj ve firmách, vyžadující spolupráci s vědeckovýzkumnou sférou, konstrukčním vývojem, řízením jakosti a nákupem (zajištění dodavatelů certifikovaných polymerních regranulátů) tak, aby výsledný výrobek vždy splňoval požadavky finálního zákazníka. Výrobní proces musí splňovat požadavky na sledovatelnost a návaznost, musí být stabilní, vysoce kvalitní a ekonomický. V prezentaci uvedeme vhodné příklady z praxe a odkazy na normotvornou základnu.

*Odkazy:*

[Mobility Transition Pathway \(europa.eu\)](https://europa.eu)

[Škoda Auto Sustainability \(skoda-auto.com\)](https://skoda-auto.com)

[Udržitelnost - Škoda Storyboard \(skoda-storyboard.com\)](https://skoda-storyboard.com)

[Reporting | Volkswagen Group \(volkswagen-group.com\)](https://www.volkswagen-group.com)

[Materials Management - Supply Chain Management | AIAG](#)

[daimler-environmental-check-mb-cla.pdf \(mercedes-benz.com\)](#)

# REGION 47 A VISC - OJEDINĚLÝ PROJEKT CÍLENÝ NA TECHNOLOGICKÝ ROZVOJ, INOVACE A VZÁJEMNOU SPOLUPRÁCI MEZI FIRMAMI A ŠKOLAMI

Petr Gabriel

Ray Service, a.s., Huštěnovská 2022, 686 03 Staré Město u Uherského Hradiště 3

Korespondenční e-mail: petr.gabriel@rayservice.com



The graphic features a background of blue and white geometric shapes. The VISC logo is prominently displayed in the center, with the letters 'V' and 'I' in blue and 'S' and 'C' in red. Below the logo, the text 'PARTNER INOVATIVNÍHO VZDĚLÁVÁNÍ' and the website 'www.visc.cz' are visible. A dark blue bar on the right contains the text 'VISC'. Below this, the text 'Založen 2016' is centered. Three blue boxes provide details about the founders, the mission, and the goal.

**VISC**

**Založen 2016**

**Zakladatelé**  
pan **Karel Mareček**,  
majitel společnosti BD  
SENSORS Buchlovice a  
pan **Petr Gabriel**,  
majitel společnosti  
Ray Service Staré  
Město.

**Záměr**  
Společným zájmem je  
udržení absolventů v  
regionu a uvědomění  
si přítomnosti  
špičkových firem v  
jejich bezprostředním  
okolí.

**Cíl**  
Co největší zapojení  
studentů do praxe tak,  
aby se vzdělávali na  
míru potřebám  
konkrétních firem.

## Kdo je VISC

- 01** VISC neboli VIRTUAL SCHOOL je vzdělávací zařízení pro neformální, zájmové a celoživotní vzdělávání.
- 02** VZDĚLÁVÁME A INSPIRUJEME Jsme partnery v oblasti inovativního vzdělávání pro školy, firmy i veřejnost.
- 03** PROPOJUJEME PRACOVNÍ A ŠKOLNÍ SVĚT pozitivně ovlivňujeme vztah k technickým oborům a moderním technologiím.
- 04** MÁME KOMPLEXNÍ PŘÍSTUP Kariérní poradenství a vzdělávací aktivity pro žáky, pedagogy i rodiče.

## Rok 2020

### Projekt Technologické centrum pro průmysl 4.0

Vybudovali jsme 3 specializovaná výuková pracoviště

1. robotické a měřicí centrum v BD SENSORS Buchlovice
2. unikátní interaktivní makety v Ray Service Staré Město
3. mobilní učebnu TECHNOLOGY TRUCK





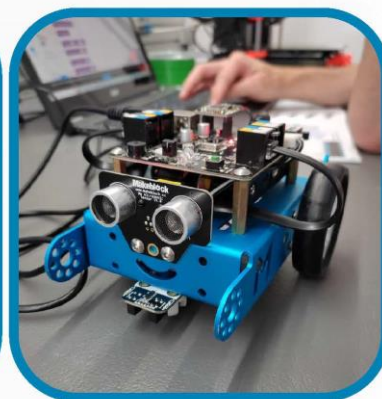
## Aktivity

### a. Organizujeme

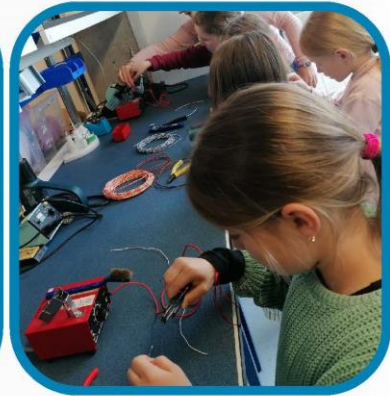
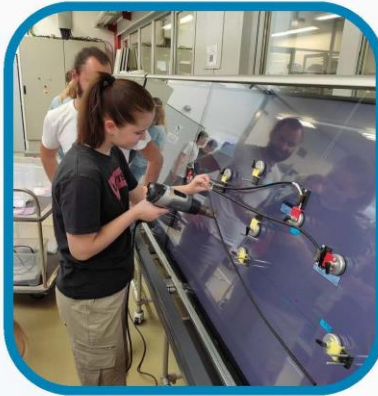
Exkurze, projektové dny, kroužky techniky, praxe, stáže, brigády, letní tábory

### b. Vyučujeme

Robotiku, 3D tisk, elektroniku, pneumatiku, elektro pneumatiku, hydrauliku



## Aktivität



## Aktivität



## TECHNOLOGY TRUCK



## TECHNOLOGY TRUCK



## Výsledky spolupráce

### VISC 2020 – 2024



- Více jak 5000 účastníků programů
- 5 partnerských škol
- 4 partnerské firmy
- 70 ostatních škol z regionu
- Ministerstvo průmyslu a obchodu
- obce a další subjekty

## Spolupráce se SŠ

### Ray Service a BD SENSORS 2020 – 2024



## STŘEDNÍ ŠKOLSTVÍ REGION47

---



### **MOTIV REALIZACE**

KLESAJÍCÍ DEMOGRAFICKÁ KŘIVKA, NEGATIVNÍ MIGRAČNÍ SALDO,  
NÍZKÉ A KLESAJÍCÍ REGIONÁLNÍ MAKROEKONOMICKÉ UKAZATELE

### **CÍLOVÝ STAV**

MODERNÍ, KONKURENČNĚ VYMEZENÝ, HOSPODÁŘSKY ROSTOUCÍ,  
SOCIÁLNĚ STABILNÍ, SPOLEČENSKY ATRAKTIVNÍ A BEZPEČNÝ REGION,  
PŘÍZNIVÝ PRO STUDIUM, PRÁCI I USÍDLENÍ

## STŘEDNÍ ŠKOLSTVÍ REGION47

---



### **VIZE – REGION V ROCE 2047**

- široká síť spolupracujících subjektů (veřejných a soukromých)
- rozvoj a růst vychází z reálných potřeb a příležitostí (společenský konsenzus)
- rozvinutá infrastruktura a využitý ekonomický potenciál (optimálně a efektivně)
- růst populace (důsledek rostoucí životní úroveň)

## STŘEDNÍ ŠKOLSTVÍ REGION47

---



### **VIZE – HLAVNÍ ROZVOJOVÉ TÉMA**

#### VZDĚLÁNÍ A VÝVOJ NA STŘEDOŠKOLSKÉ ÚROVNI

### **VIZE – SEKUNDÁRNÍ CÍL**

#### REGIONÁNÍ KAMPUS

(virtuální střední škola; vzdělávací a vývojové centrum)

## STŘEDNÍ ŠKOLSTVÍ REGION47



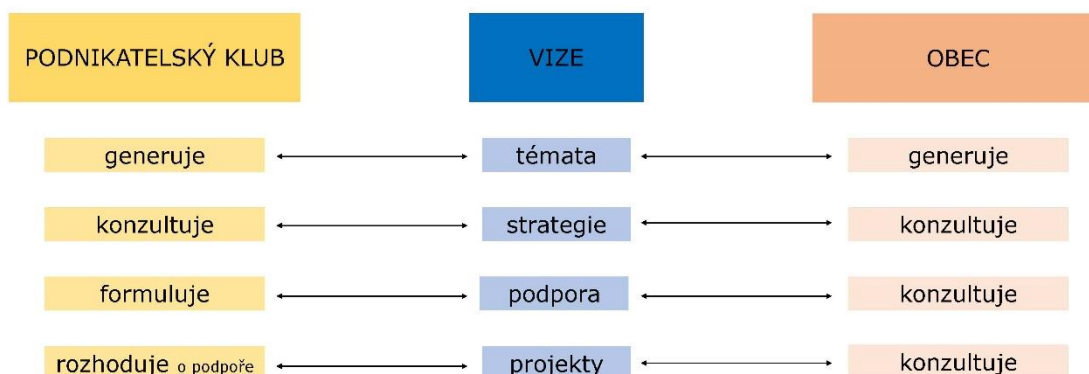
### VIZE – CÍLOVÉ HOSPODÁŘSKÉ OBORY

- strojírenství
- obranný průmysl
- kovoobrábění
- stavebnictví
- plastikářský průmysl
- zemědělství
- letecký a kosmický průmysl
- cestovní ruch
- státní správa

## STŘEDNÍ ŠKOLSTVÍ REGION47



### VIZE – ZAPOJENÍ HLAVNÍCH AKTÉRŮ



## STŘEDNÍ ŠKOLSTVÍ REGION47



### VIZE – ZAPOJENÉ SUBJEKTY

- zakladatelé:
  - firmy: 5M; ALTECH; BD SENSORS; COLORLAK; ČESKÁ ZBROJOVKA; KOVOKON; RAY SERVICE
  - veřejný sektor: pan Josef Bazala, senátor; pan Stanislav Blaha, poslanec; města: Kunovice, Staré město, Uherský Brod, Uherské Hradiště
- stálí hosté:
  - firmy: 3VaH; ALUCAST; C.S.O.; CZ AUTO SYSTEMS; EBZ HOFFMANN; EVEKTOR; KOVOPLAST; LINEA NIVNICE; MIPEXA; mmcité; MORAVIACANS; PEVEKO; SYNOT; TERMACUT; TRADIX; VISC
  - ostatní: ZK (OSR); KHK ZK; UTB; ÚP UH; SPRZK; NF Řemeslo pomáhá

## STŘEDNÍ ŠKOLSTVÍ REGION47



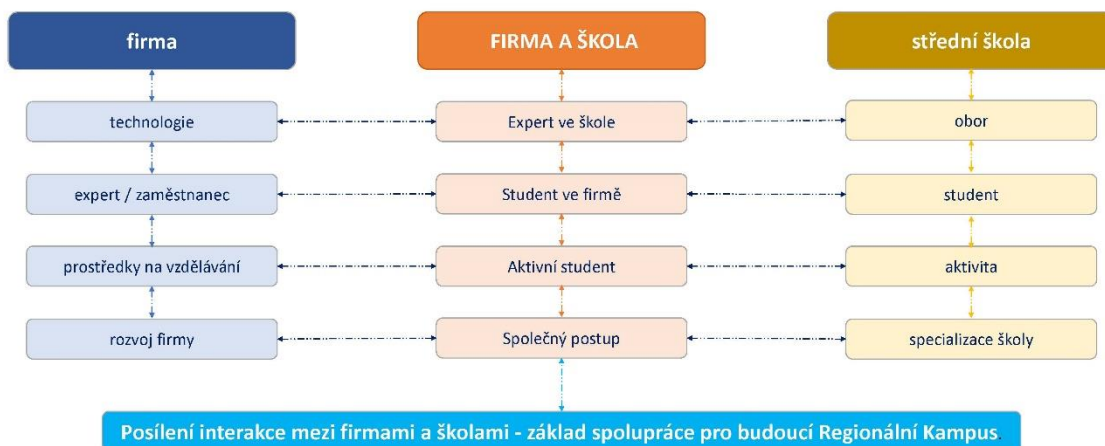
### PROJEKT „FIRMA A ŠKOLA“

<b>Ochota firem spolupracovat se SŠ</b>	➔	<b>projekt „FIRMA A ŠKOLA“</b>
1. zapojit se do výuky	➔	program „ <b>Expert ve škole</b> “
2. rozvinout praktickou výuku	➔	program „ <b>Student ve firmě</b> “
3. přispět na aktivity studenta, školy	➔	program „ <b>Aktivní student</b> “
4. podílet se na společných řešeních	➔	<b>Koordinovaný postup Region47</b>





## PROJEKT „FIRMA A ŠKOLA“ – schéma:



# SPOLUFINANCOVÁNÍ EVROPSKÉ UNIE ZAMĚŘENÉ NA POSÍLENÍ NAKLÁDÁNÍ S ODPADY V ČESKU

Jaromír Manhart

Státní fond životního prostředí ČR

Odbor odpadového hospodářství, Olbrachtova 2006/9, 140 00 Praha 4, Česko

Korespondenční e-mail: [jaromir.manhart@sfzp.cz](mailto:jaromir.manhart@sfzp.cz)

## ABSTRAKT

Cílem Operačního programu Životní prostředí 2021–2027 (dále „OPŽP“) je ochrana a zajištění kvalitního prostředí pro život obyvatel, přechod k oběhovému hospodářství a podpora efektivního využívání zdrojů, omezení negativních dopadů lidské činnosti na životní prostředí a klima, zmírňování dopadů změny klimatu a příspěvek k řešení problémů životního prostředí a klimatu na evropské a globální úrovni.

Specifická podpora přechodu z odpadového na oběhové hospodářství je určena pro spolufinancování aktivit vedoucích k zlepšení uplatňování hierarchie nakládání s odpady, a to prostřednictvím investic do prevence vzniku, znovupoužití výrobků a využívání odpadů.

V prevenci vzniku odpadů jsou podporovány zejména kompostéry pro předcházení vzniku komunálních odpadů (opatření 1.5.1), RE-USE centra pro opětovné použití výrobků, včetně aktivit pro opravy a prodloužení životnosti výrobků (1.5.2), podpora prevence vzniku odpadu budováním infrastruktury potravinových bank (1.5.3) a podpora prevence vzniku odpadů z jednorázového nádobí nebo jednorázových obalů (1.5.4). Cíl podpory je zveřejněn na internetových stránkách <https://opzp.cz/dokumenty/programovy-dokument/>.

V oblasti materiálového a energetického využití odpadů je podporována výstavba a modernizace sběrných dvorů, doplnění a zefektivnění systému odděleného sběru, a nebo svozu zejména komunálních odpadů včetně podpory door-to-door systémů a zavádění systémů PAYT (pay as you throw) (1.5.5), podpora třídících a dotřídovacích systémů, včetně úpravy pro separaci odpadů kategorie ostatní (1.5.6), budování zařízení pro úpravu a zpracování čistírenských odpadních kalů z čistíren odpadních vod (1.5.7), výstavba a modernizace zařízení

pro materiálové využití odpadů (1.5.8), výstavba a modernizace zařízení pro energetické využití odpadů, včetně bioplynových stanic pro zpracování odpadů (1.5.9), výstavba a modernizace zařízení pro chemickou recyklaci odpadů jen s materiálovou koncovkou (1.5.10), výstavba a modernizace zařízení pro sběr a nakládání s nebezpečnými odpady, vč. zdravotnických (1.5.11).

Cílem podpory je dosáhnout intenzivního přechodu odpadového hospodářství na principy oběhového hospodářství tak, aby byla splněna nově stanovená pravidla pro nakládání s odpady – závazné cíle pro recyklaci komunálních odpadů, závazné cíle pro omezení skládkování odpadů, nové povinnosti pro třídění komunálních odpadů, závazné cíle pro recyklaci obalových odpadů, závazné cíle v oblasti třídění jednorázových plastových výrobků vyplývající z evropské legislativy, a aby byla dodržována evropská hierarchie nakládání s odpady.

Základní podmínky podpory navržených projektů jsou soulad s hierarchií pro nakládání s odpady, soulad se závaznou částí Plánu odpadového hospodářství České republiky a především krajských plánů odpadového hospodářství v dané lokalitě žadatele. Pravidla pro žadatele a příjemce podpory jsou vždy zveřejněna u konkrétní vyhlášené tzv. Výzvy, a všeobecný dokument je k dispozici na této stránce <https://opzp.cz/dokumenty/pravidla-pro-zadatele/>.

U projektů materiálového využití odpadů musí být využito minimálně 50 % odpadů vstupujících do zařízení a 50 % hmotnosti vystupujícího ze zařízení musí být předáno k následnému materiálovému využití. Poměry jsou vždy vztaženy k roční plánové kapacitě odpadového zařízení a s vyhlášenými Výzvami se mohou a budou měnit. U specifických projektů na mechanicko-biologické úpravy odpadů bude podpora poskytována v závislosti na poměru vytríděného odpadu a jeho následném materiálovém využití.

V rámci OPŽP však nepodporujeme zařízení spadající do systému obchodování s emisními povolenkami (ETS), zařízení na energetické využití směsného komunálního odpadu (ZEVO) a projekty zaměřené na chemickou recyklaci s energetickou koncovkou jako je výroba paliva z odpadů nebo samotné energetické využití vzniklých pyrolýzních produktů. Není podporován žádný způsob nakládání se směsným komunálním odpadem

Hlavní cílové skupiny žadatelů o dotaci jsou konkretizovány v každé dílčí Výzvě pro předložení projektu. Mohou jimi být:

- obce jako původci komunálního odpadu, přičemž se může jednat o samotné obce, jejich svazky nebo obchodní korporace vlastněné veřejnými subjekty;
- subjekty podnikající v oblasti nakládání s odpady nebo nakládání s potravinami bez ohledu na jejich právní formu;
- subjekty podnikající v oblasti výroby a průmyslu bez ohledu na právní formu.

V rámci specifického cíle nejsou podporovány žádné aktivity přímo cílící na zajištění rovnosti, inkluze a nediskriminace. Nastavení podmínek podpory i proces výběru projektů bude nicméně respektovat obecné principy včetně rovnosti mužů a žen tak, aby poskytovanou podporou nedocházelo k vytváření nerovného a diskriminačního prostředí.

Odpadáři ze Státního fondu životního prostředí ČR zahájili administrace projektů po vyhlášení prvních Výzev v roce 2022. Další dvě vlny Výzev následovaly v roce 2023 a v lednu 2024 z třetího programového období OPŽP. V průběhu roku 2024 se předpokládá zaměření na odpadové projekty ve Výzvách č. 68 a č. 69 následovně:

- 68. Výzva - kompostéry; RE-USE centra; vratné nádoby a obaly, sběrné dvory, door-to-door systémy, PAYT s předpokladem vyhlášení v období 28. 8. 2024 - 28. 2. 2025;
- 69. Výzva - Podpora třídících a dotřídňovacích systémů, včetně úpravy, pro separaci ostatních odpadů s předpokladem vyhlášení v období 3. 6. 2024 - 29. 11. 2024; a
- právě probíhající 61. Výzva - Podpora pro energetické využívání odpadů, v období 31. 1. 2024 až 26. 4. 2024.

Ostatní Výzvy pro tento rok jsou již finančně vyčerpané. Avšak příprava výzev probíhá průběžně po konzultacích s Ministerstvem životního prostředí a mnoha obcemi. Konkrétní texty Výzev jsou a budou vyhlášeny online na profilu <https://opzp.cz/nabidka-dotaci/> s cílem připravit žadatele minimálně 30 dní předem na konkrétní zaměření odpadových projektů. Harmonogram se však může změnit a podrobnosti je třeba pravidelně sledovat na stránkách <https://opzp.cz/dokumenty/harmonogram-vyzev/>.

Státní fond životního prostředí ČR, odbor odpadového hospodářství je všem zájemcům o dotaci k dispozici a připraven konzultovat podmínky a naplnění jednotlivých projektů tak, aby k vzájemné spokojenosti obou stran byly finanční prostředky Operačního programu Životní prostředí 2021 – 2027 efektivně využity.

# STABILITA VÝROBNÍHO PROCESU PŘI ZPRACOVÁNÍ RECYKLOVANÝCH PLASTŮ

Petr Sůva

PLASTSIM s.r.o., Hrachovec 2113, 508 01 Hořice, Česká republika

Korespondenční e-mail: petr.suva@plastsim.cz

## ABSTRAKT

Použití regranulátů pro sériovou výrobu na první pohled snižuje náklady na výrobu plastového dílu, ale na druhý, podrobnější, pohled samotnou výrobu velmi často značně ztěžuje a někdy i zvyšuje výrobní náklady. Hlavním problémem zpracování regranulátů je kolísání jejich indexu tečení nejen v rámci jednotlivých výrobních šarží, ale i v rámci jedné výrobní šarže. Snížení rozptylu hodnoty indexu tečení je možné pomocí další, resp. vícenásobné, homogenizace materiálu. V praxi se tyto problémy nejčastěji projevují zhoršenou kvalitou vyrobeného plastového dílu. Abychom zajistili úplné naplnění tvarové dutiny, je často také potřeba použít vyšší vstřikovací tlak a většinou také i prodloužit čas cyklu. V některých případech je nutné použít i jinou vstřikovací jednotku nebo dokonce jiný vstřikovací stroj s vyšší uzavírací silou. To vše má vliv na čas cyklu a spotřebu vstřikovacího stroje a následně i na výrobní náklady. Připravit se na tyto problémy a zajistit dostatečné výrobní okno pro stabilní výrobní proces je nejvýhodnější již při konstrukci plastového dílu a vstřikovací formy. K tomuto účelu je možné použít simulační a optimalizační software od firmy Simcon. Vhodné je především využití optimalizačního systému VARIMOS, který dokáže názorně ukázat nejen vliv indexu tečení na technologické parametry, ale zároveň na sledovaná kritéria kvality. Ať se již jedná o tvarovou nebo povrchovou kvalitu dílu či o ekonomická kritéria. Jeho výsledky vás dopředu upozorní na možné problémy při výrobě plastového dílu a zároveň získáte i návrh jejich řešení.

Nejčastějším využitím optimalizačního systému VARIMOS je jeho využití při zajištění požadované tvarové a povrchové kvality plastového dílu. Pro její zajištění systém VARIMOS umí využít nejen technologické parametry, resp. doporučit výrobní technologické okno, ale také konstrukční parametry dílu i vstřikovací formy. Především se jedná o nastavení vhodné tloušťky stěny ve zvolených částech plastového dílu, stanovení polohy vtoků, dimenzování vtokového systému a také rozložení a dimenzování temperačního systému. Všechny tyto

možnosti, pokud se využijí ve správné fázi vývoje a výroby plastového dílu, přispívají ke zkrácení vývojového procesu dílu, minimálnímu počtu korekčních smyček vstřikovací formy, snížení spotřeby materiálu při hledání vhodného nastavení technologických parametrů a také zkrácení doby potřebné pro uvedení výrobku na trh.

V případě zájmu vám rádi možnosti, přínosy a využití simulačního programu CADMOULD a optimalizačního systému VARIMOS detailně představíme na již provedených projektech nebo přímo na vašich projektech.

# UHLÍKOVÁ STOPA PLASTŮ NAPŘÍČ HODNOTOVÝM ŘETĚZCEM

Vladimír Kočí

Ústav udržitelnosti a produktové ekologie VŠCHT Praha

Jankovcova 23, 170 00 Praha 7

Korespondenční e-mail: kociv@vscht.cz

## ABSTRAKT

Požadavky na zavádění udržitelnosti do průmyslové, a tedy i plastikářské praxe se stávají v posledních letech stále konkrétnější. Jedním z požadavků environmentální udržitelnosti je i monitoring a vyčíslování tak zvané uhlíkové stopy organizace. Nicméně, je důležité si uvědomit, že stanovení uhlíkové stopy má své nevýhody a není úplně komplexní. Proto je vhodné jej doplnit dalšími metodami posuzování udržitelnosti, jako například Life Cycle Assessment (LCA) vč. použití dalších indikátorů materiálové cirkularity nebo sociálních a ekonomických aspektů hodnocených systémů. V tomto příspěvku jsou diskutovány možnosti a slabiny určování uhlíkové stopy plastikářských organizací. Bude zdůrazněno, že stanovení uhlíkové stopy by mělo být pouze jedním z nástrojů pro hodnocení environmentální udržitelnosti organizace a mělo by být doplněno o další metody posuzování udržitelnosti.

## ÚVOD

Požadavky na zavádění udržitelnosti do průmyslové, a tedy i plastikářské praxe se v posledních letech stávají stále konkrétnějšími. Jedním z požadavků environmentální udržitelnosti je i monitoring a vyčíslování takzvané uhlíkové stopy organizace. Nicméně je důležité si uvědomit, že stanovení uhlíkové stopy má své limity a není úplně komplexní. Proto je vhodné jej doplnit dalšími metodami posuzování udržitelnosti, jako například Life Cycle Assessment (LCA) včetně použití dalších indikátorů materiálové cirkularity nebo sociálních a ekonomických aspektů hodnocených systémů.

Uhlíková stopa se dnes stává marketingovým zaklínadlem. Jelikož je stanovení uhlíkové stopy jedním z indikátorů udržitelnosti a jelikož se téma udržitelnosti stává úkolem pro PR oddělení mnoha organizací, dostává se na veřejnost tento termín velmi často v kontextu marketingu a méně v kontextu technického významu. Některá nešikovná mediální vyjádření vyvolávají dojem, že změřením uhlíkové stopy se organizace stává automaticky ekologicky šetrnou či snad

udržitelnou. Udržitelnost ovšem nerovná se uhlíková stopa a uhlíková stopa se nerovná ekologie. Rovněž nemusí platit, že organizace s vyšší uhlíkovou stopou je environmentálně méně udržitelná než obdobná organizace s nižší uhlíkovou stopou. Důvod je zřejmý – metodika určení uhlíkové stopy a význam tohoto indikátoru.

## CO JE TO UHLÍKOVÁ STOPA

Souslovím uhlíková stopa se obvykle míní souhrnný indikátor množství skleníkových plynů vypuštěný v rámci zvolených hranic sledovaného produktového systému. Jelikož CO<sub>2</sub> není jediným skleníkovým plynem ovlivňující klima na Zemi, vyjadřují se environmentální dopady technologií, materiálů či produktů nikoliv pouze pomocí emisí CO<sub>2</sub>, ale souborným indikátorem označovaným GWP (Global Warming Potential), který v sobě zahrnuje i příspěvky dalších skleníkových plynů (např. methan, N<sub>2</sub>O, freony, SF<sub>6</sub> a další plyny). GWP se někdy označuje jako indikátor klimatické změny (Climate change, kg CO<sub>2</sub> eq). Obsahově i terminologicky přesnější by bylo používat termín potenciál globálního oteplování, nicméně i na výrazy jako uhlíková stopa si budeme muset v odborné praxi zvyknout.

Uhlíková stopa se vyjadřuje v kg ekvivalentů CO<sub>2</sub> a obvykle se člení na podskupiny v závislosti na použité metodice. Metoda Evropské Komise Product Environmental Footprint používá členění na:

- Climate Change, biogenic [kg CO<sub>2</sub> eq.]
- Climate Change, fossil [kg CO<sub>2</sub> eq.]
- Climate Change, land use and land use change [kg CO<sub>2</sub> eq.],  
zatímco metodika ISO 14067
- GWP100, Air craft emissions [kg CO<sub>2</sub> eq.]
- GWP100, Biogenic GHG emissions [kg CO<sub>2</sub> eq.]
- GWP100, Biogenic GHG removal [kg CO<sub>2</sub> eq.]
- GWP100, Emissions from land use change (dLUC) [kg CO<sub>2</sub> eq.]
- GWP100, Fossil GHG emissions [kg CO<sub>2</sub> eq.]

s tím, že prosté sčítání těchto podskupin do souborného výsledku není vždy doporučováno. S tím, že určení uhlíkové stopy organizace je metodicky vázáno na různé technologické či organizační složky organizace, nemusí být výsledná uhlíková stopa jedno číslo, ale spíše soubor dat.



Hovoříme-li o uhlíkové stopě je vždy nutno zmínit, zda se jedná o uhlíkovou stopu produktu, tedy určitého výrobku či služby, a nebo zda se jedná o uhlíkovou stopu organizace. Produktová a organizační uhlíková stopa se liší ve svém pojetí, vypovídající hodnotě smyslu, i způsobu jejich určení. Podobně jako u teploty (koncentrací látek či jiných veličin) jsme naučení měřit „teplotu čeho, kde a za jakých podmínek“, musíme se naučit i u uhlíkové stopy vždy chápat hranice posuzovaného systému, geografický a časový rozsah, alokační pravidla a další podmínky za jakých byla určena.

Základním nástrojem určení uhlíkové stopy je vždy posouzení životního cyklu LCA vypracované v souladu s ČSN ISO 14040 a ČSN ISO 14044. Ač se odbornou veřejností zúžené studie LCA nedoporučují, jsou pro některé aplikace používány i zjednodušené reporty těchto studií, zaměřené jen na jeden environmentální problém. To je právě případ dnes v praxi stále častějších studií uhlíkových stop produktů či organizací, pro které je k dispozici ČSN ISO 14064 a ČSN ISO 14067. I v těchto případech se však jedná o studii LCA, jen je její interpretace zúžena na problematiku skleníkových plynů. Je evidentní, že uhlíková stopa není v podstatě u všech hodnocených systémů jediný relevantní environmentální indikátor.

Ačkoli má LCA již téměř 30letou historii, není dosud v České republice zkušenost s ní natolik rozšířena (jako v jiných zemích), aby mohla být aplikována interně ve všech organizacích, které ji v brzké době budou v rámci nefinančního reportingu (CSRD Directive (EU) 2022/2464) potřebovat. Pro rychlá a je třeba zdůraznit pro orientační výpočet uhlíkové stopy, se proto používají tak zvané konverzní faktory, pomocí kterých si organizace zjišťují, jakou hodnotu kg CO<sub>2</sub> ekv. Má například spotřebované 1 kWh elektrické energie, tepla či jiných vstupních a výstupních materiálů či produktů. Ačkoli je používání konverzních faktorů poměrně snadné, skrývá se v něm řada rizik pro získání nesprávného výsledku. Obecné konverzní faktory totiž sotva mohou poskytnout site-specific informaci o uhlíkové stopě daného produktu od určitého dodavatele či o specifických technologických podmínkách. Pro ukázkou uveďme jediný a poměrně jednoduchý příklad. 1 MJ tepla získaného ze zemního plynu mívá poměrně rozdílné hodnoty uhlíkové stopy nejen v závislosti na účinnosti konverze plynu na teplo, ale také v důsledku místa a způsobu těžby, distribuce či skladování samotného plynu. Na první pohled snadné používání konverzních faktorů v sobě skrývá nebezpečí nivelizace významu volby environmentálně šetrnějšího dodavatele. A právě potřeba na základě konkrétních dat zvýhodnit v dodavatelsko-odběratelských vztazích výrobce a dodavatele s lepšími environmentálními parametry je hlavní cíl aktivit souvisejících s ESG a nefinančním reportingem. Nebude-li tohoto cíle v praxi dosaženo, přijde veškeré úsilí, finance i čas strávený se zaváděním CSRD a uhlíkové stopy vniveč.

## ZÁVĚR

Při zavádění udržitelnosti v plastikářské praxi se objevují další výzvy vycházející z požadavků CSRD a ESG. Jednou z nich je zajištění environmentální udržitelnosti, která zahrnuje minimalizaci negativních dopadů na životní prostředí a snižování uhlíkové stopy. Další výzvou je zajištění sociální udržitelnosti, která se zaměřuje na zohlednění potřeb a zájmů místních komunit a zachování přístupu k čisté pitné vodě pro všechny obyvatele. Ekonomická udržitelnost je také důležitá, aby plastikářské organizace byly finančně stabilní a schopné investovat do modernizace a rozvoje infrastruktury.

Stanovení uhlíkové stopy je jedním z nástrojů pro hodnocení environmentální udržitelnosti plastikářských organizací. Je však důležité si uvědomit, že uhlíková stopa není úplně komplexní a měla by být doplněna o další metody posuzování udržitelnosti, jako je například Life Cycle Assessment (LCA). Použití těchto metod umožňuje posoudit nejen environmentální aspekty, ale také materiálovou cirkularitu a sociální a ekonomické aspekty výrobních systémů. Pouze komplexní hodnocení udržitelnosti umožní plastikářským organizacím přijímat informovaná rozhodnutí a přispívat k celkové udržitelnosti hospodářství.

Udržitelnost je proces. Není to stav, kterého když dosáhneme tak jsme s touto problematikou hotovi. Dosahování udržitelnosti je spíše o tom „jak“, než „co konkrétně“. Byť je samozřejmé, že se dosahování udržitelnosti skládá z konkrétních kroků, opatření, postupů.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Technologickou Agenturou České Republiky v rámci projektu TN02000051 Národní centrum kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století.

## REFERENCE

Kočí, V.: Posuzování životního cyklu pitné vody. Pitná voda 2008. W&ET Team, České Budějovice. str. 29-34, ISBN 978-80-254-2034-8

Kočí, V., Kořínek, R., Hnidáková, N.: Využití metody LCA pro optimalizaci environmentálních dopadů čistírenských technologií se zaměřením na odstraňování nutrientů. 8. Mezinárodní konference a výstava ODPADNÍ VODY 2009 5. - 7. května 2009 Plzeň. ISBN 978-80-254-4068-1, str. 178 – 186.

Matušík, J., Kočí, V.: Environmental impact of personal consumption from life cycle perspective – A Czech Republic case study. Science of The Total Environment, 646 (2019) 177-186. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.233

# ÚSPORNÁ ŘEŠENÍ VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Miloslav Zádrapa

MAPRO Solution a. s., Bystrovany 211, 77900 Olomouc, Česká republika

Korespondenční e-mail: zadrapa@mapro.cz

## ABSTRAKT

### PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI MAPRO SOLUTION A.S.



### PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI HAITIAN



## PREZENTACE „SMART“ FUNKCÍ V NOVÝCH GENERACÍCH STROJŮ HAITIAN A ZHAFIR



## SROVNÁNÍ SERVO-HYDRAULICKÝCH A ELEKTRICKÝCH POHONŮ



MAPRO

4

## NÁKLADY NA SERVIS STROJŮ HAITIAN A ZHAFIR (OBDOBÍ 5-TI LET)

MAPRO Service - Realizations

HAITIAN INTERNATIONAL



MAPRO

# VLIV TRANSFERU INOVACÍ A CHRÁNĚNÉHO DUŠEVNÍHO VLASTNICTVÍ NA ROZVOJ SPOLUPRÁCE UNIVERZITY S PRAXÍ

Dana Kreizlová, Ivana Bartoníková, Přemysl Strážnický

Centrum transferu technologií, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Nad Ovčírnou 3685,  
76001, Zlín, Česká republika

Korespondenční e-mail: kreizlova@utb.cz

## ABSTRAKT

Prezentace shrnuje a dokládá vývoj koncepce ochrany duševního vlastnictví na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně a intenzifikace jeho využívání v praxi. Kořeny systémového interního přístupu k duševnímu vlastnictví jak ve výrobních podnicích, tak ve výzkumných organizacích, obecně souvisejí se změnou legislativy týkající se průmyslových i autorských práv před více než 30 lety – 527/1990 Sb. Princip výlučné ochrany si vyžádal odpovídající nastavení interního systému nakládání s duševním vlastnictvím prostřednictvím vnitřních směrnic. Tak tomu bylo primárně u výrobních podniků a následně i u vědeckovýzkumných organizací – univerzit a výzkumných ústavů. Univerzita Tomáše Bati šla rovněž touto cestou a pro realizaci směrnice upravující uplatnění a ochranu práv duševního vlastnictví UTB vytvořila na počátku roku 2008 personální zázemí založením speciálního útvaru pro péči o ochranu a využívání duševního vlastnictví – Centra transferu technologií – CTT.

Působnost CTT prošla od založení fází postupné intenzifikace ochrany průmyslových práv, což dokládá výrazný růst počtu podaných přihlášek patentů, užitných a průmyslových vzorů i ochranných známek v období let 2011 až 2014, kdy v roce 2012 bylo podáno celkem 68 nových přihlášek průmyslových práv. Vlivem těchto aktivit se zvyšoval i počet získaných ochranných dokumentů – udělených patentů a zapsaných osvědčení, přičemž v roce 2012 UTB získala celkem 60 nových ochranných dokumentů, z nichž nejvíce byly zastoupeny užitné vzory (28) a průmyslové vzory EU (27). Již v této fázi byl kladen stále vyšší důraz na tvorbu a ochranu výsledků aplikovaného výzkumu s vysokým aplikačním potenciálem, u nichž pak navazovala jednání o reálném uplatnění v praxi.

Druhá fáze, se stále pokračujícím zajišťováním průmyslově právní ochrany kvalitních výstupů vědy a výzkumu, je charakteristická intenzivním transferem technologií. Za účasti a podpory CTT a velmi často z jeho přímé iniciativy probíhají licenční jednání, jejichž výsledky dokumentují počty uzavřených licencí a dalších smluv z oblasti transferu technologií – například v roce 2023 to bylo celkem 7 licenčních smluv. Za celé období let 2008 až 2023 byly uzavřeny za asistence CTT licence k více než 40 průmyslovým právům prostřednictvím celkem 50 smluv z oblasti transferu technologií, zahrnujících dále licence na know-how, autorské licence, ověřené technologie a metodiky, a také převody průmyslových práv.

Souvisejícím přínosem těchto aktivit je navazování nových kontaktů univerzity s průmyslovými partnery, prohlubování stávajících vazeb, monitorování potřeb a požadavků praxe, spolupráce na projektech. Vedle nesporného posilování image univerzity dochází na obou stranách k obohacování zkušeností z licenčních jednání. CTT se tak stalo významným pojítkem mezi univerzitou a průmyslovou praxí.

Z pozice ochrany a transferu duševního vlastnictví se CTT podílí také na řadě projektů zaměřených nejen na výzkum, ale také na vzdělávání v rámci studentských výukových programů i pro veřejnost, nebo vlastních seminářů pro zaměstnance i studenty, které CTT pořádá každoročně na aktuální témata. Univerzita Tomáše Bati je prostřednictvím Centra transferu technologií také členem celostátní organizace TRANSFERA a může tak aktivně přispívat na formování transferového ekosystému v České republice. Pro spolupracující firemní partnery i ostatní externí subjekty CTT poskytuje konzultační a rešeršní služby v oblasti ochrany duševního vlastnictví.

# VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ – PRAKTICKÁ VÝROBA BEZ PLÝTVÁNÍ

Ing. Jan Svoboda MBA

JAN SVOBODA s.r.o., Česká republika, Brno

Korespondenční e-mail: svoboda@jansvoboda.cz

## Úvod

Vstřikování plastů je komplexní disciplína, do které vstupuje značné množství faktorů. Na vstřikovací nástroj (formu) je možné se podívat pohledem tepelného výměníku – což je velmi dobrý způsob, jak optimalizovat proces vstřikování.

Nicméně jak se v průběhu času mění kvalita plastových granulátů, dostává se stále častěji do popředí pohled na nástroj, jako cyklicky zatěžované, tlakové zařízení. Nejbližší analogie je v tomto případě Dieselův motor. Do plastů se totiž stále častěji přidávají:

- Mazadla
- Plastifikátory
- Retardéry hoření
- Plnidla
- Antioxidanty
- UV stabilizátory
- Antimikrobiální přísady
- Vazebná činidla

Typický příklad vývoje (rozuměj změn) plastových materiálů je z archivu firmy JAN SVOBODA s.r.o.

### Vstupní podmínky:

Uživatel (vstřikovna) více jak deset (!) roků se kupoval stále stejně označený materiál PP Forma, která cca 10 let bez problémů vstřikovala díly z PP, přímým vstřikováním, do osmi dutin, bez jakýchkoliv problémů najednou začala vykazovat problémy.

### Popsané chování (problémy):

Po deseti letech bezproblémového vstřikování začalo docházet buď k tahání vlasů na jedné lince horkých trysek. Pokud se snížila teplota formy, tak se sice vyřešil problém tahání vlasů na jedné straně, ale na straně druhé se u vtoku začala objevovat zatuhnutá štěpinka zamrznuté plastu ve vstřikovacím otvoru. Systém nebylo možné vybalancovat. Buď tahání vlasů na jedné straně formy, nebo přemrznutý vstřikovací otvor na druhé straně formy.

### Postup řešení:

Postupně byly vyloučeny mechanické, teplotní a technologické problémy. Detailní rozbor vstřikovaného materiálu našel nově přidávané mazadlo do materiálu, kvůli lepší zatékavosti. Ačkoliv tedy byl materiál deklarován jako naprosto shodný, jeho vlastnosti byly jiné. Problém byl po zjištění této informace vyřešen.

Vstřikovaný materiál se tedy v čase mění. Co zůstává je, že stresovaný razantním tlakovým nárůstem během vstřiku, což je vždy provázeno enormním zvýšením teploty. Kombinace teploty a tlaku je příčina mnoha defektů na vstřikovaných dílech. Například oddělení sloučen s nízkou molekulovou hmotností, nebo tzv „weldline“ tedy studené spoje NE spojeného materiálu. Je nutné si uvědomit, že tlakové a teplotní namáhání se nachází před čelem taveniny a v vzduchové kapse, do které se vylučují spaliny ze zpracovávaného materiálu.



*Obrázek 1 oddělení sloučením s nízkou molekulovou hmotností*



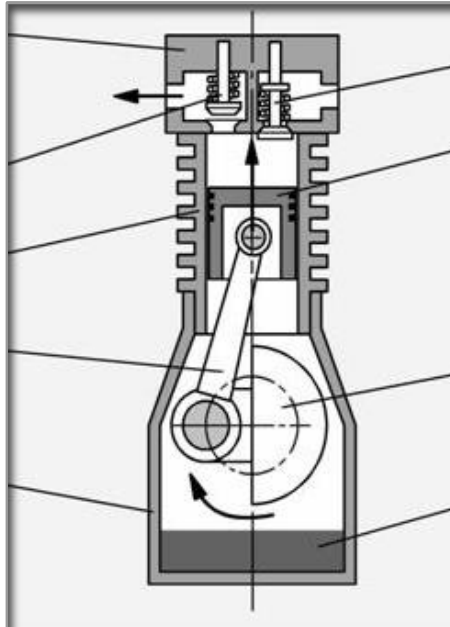
*Obrázek 2 Odloučení materiálu na čele taveniny a nespojený materiál za prolisem*

Také je potřeba si uvědomit, že degradace materiálu, má vliv nejen na výsledný výstřik, ale také na ocel samotného nástroje. Zanesené štěrby u čelistí, tlakové rez na dělicí rovině, změna lesku formy atd. Enormní přehřátí stlačeného vzduchu před čelem taveniny přehřívá právě čelo taveniny. Lokálně přehřátý materiál pak determinuje pálení materiálu, přestříky, vypálení formy atd.



### Definice problémů přes stavovou rovnici plynu

Pro základní uvědomení si problematiky degradace vstříkovaných materiálů právě díky aditivům přidávaných do základní matrice, kvůli zlepšení vlastností vstříkovaného dílu, nebo zjednodušení vstříkovacího procesu se dá velmi efektivně využít vlastnosti spalovacího dieselového motoru.



Obrázek 3 Komora spalovacího motoru

Už i název defektu „spáleného materiálu“ které mu se říká diesel efekt, jednoznačně odkazuje právě na zvyšování kompresního poměru v dutině formy (analogie naftového motoru) a s tím související navyšování tlaku a teploty.

Stavová rovnice plynu jednoznačně říká, že

$$pV=nRT \quad (1)$$

kdy  $n$  a  $R$  jsou konstanty daného plynu.  $P$  je tlak plynu,  $V$  je objem a  $T$  je teplota.

Jednoduchým převedením konstant na jednu stranu rovnice, pak velmi jednoduše ukáže problematiku chování zavřeného vzduchu o původně atmosférickém tlaku. Zjistíme, že jsou-li „ $n$ “ a „ $R$ “ konstanty, pak kalkulace proměnných „ $p$ “, „ $V$ “ a „ $T$ “ se musí rovnat této konstantě.

$$pV/T=nR \quad (2)$$

Jinak řečeno, měním-li objem vzduchu (snižuji), pak musí tlak i teplota narůstat.

Obecně se pro nastartování diesel efektu považuje zvednutí kompresního poměru zhruba 16 – 25x, v závislosti na dalších proměnných.

Odlučování aditiv ze vstřikovaného materiálu pak napomáhá „zahoření“ stlačeného vzduchu před taveninou.

Při vstřikování zkušební tělesa bylo dosaženo krátkodobého nárůstu tlaku na koncovém bodu plnění až k hranici 2.668bar a zároveň se zvedla teplota až k hodnotě 1.100°C!

Vyjdeme-li z analogie chování dieselového motoru s velmi podobným chováním vstřikovací formy (cyklické tlakové a tepelné namáhání) a uvědomíme si převedenou stavovou rovnici (2) pak je logicky dovoditelné, že problém s diesel efektem je v každé formě, včetně degresivní křivky efektivity výroby.

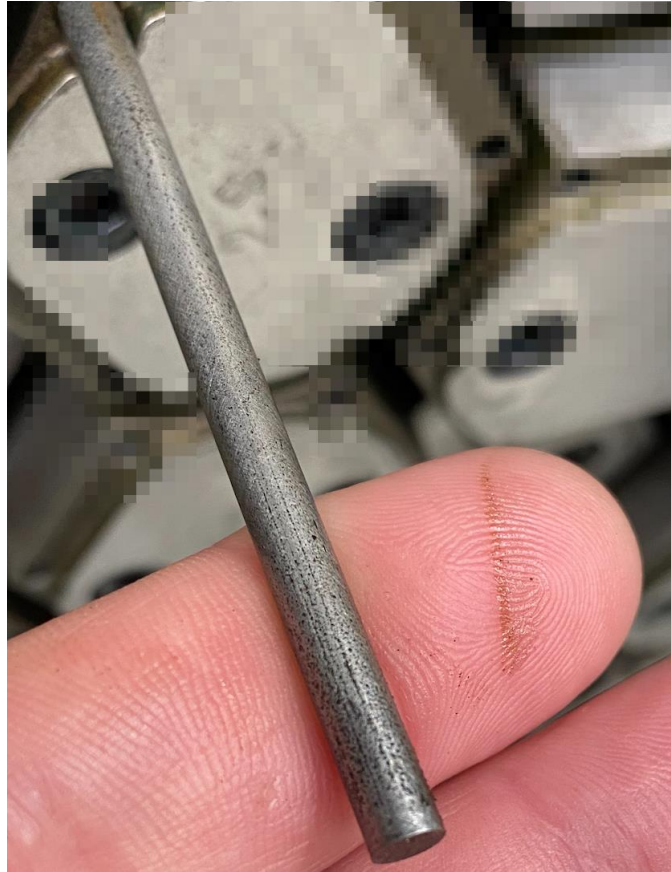
Nicméně jak bylo ověřeno pokusem s „fire piston“, ne vždy se diesel efekt projeví na straně materiálu (rozuměj – ne vždy materiál zahoří a ukáže problematiku spatného odvzdušnění.

Základní pravidlo odvzdušnění říká, že to, že nevidím na plastovém výstřiku diesel efekt, naprosto neznamená, že nemám problém s odvzdušněním! Problém diesel efektu se může projevit vypálenou formou, nebo zničeným vyhazováním – viz obrázek 4.

Pro eliminaci negativních jevů, souvisejících s cyklickým tepelným a tlakovým namáháním formy, spolu s únikem spalin je tedy nutné aplikovat dostatečně dimenzované odvzdušnění.

Nicméně POZOR! Stávající praxe jednoznačně dokládá nedostatečnou efektivitu standardního obvodového odvzdušnění. Ani ne tak z pohledu odvodu vzduchu (i když i tam jsou jednoznačné případové studie dokladující nízkou efektivitu „old-style perimetr gas venting“. Hlavní obtíž standardního odvzdušnění pomocí drážek v dělicí rovině okolo obvodu vstřikovaného dílu je mimo vysokou a narůstající zmetkovitost, primárně je up-time formy.

Jako typický příklad je možné uvést (interní archiv autora) tento příklad.



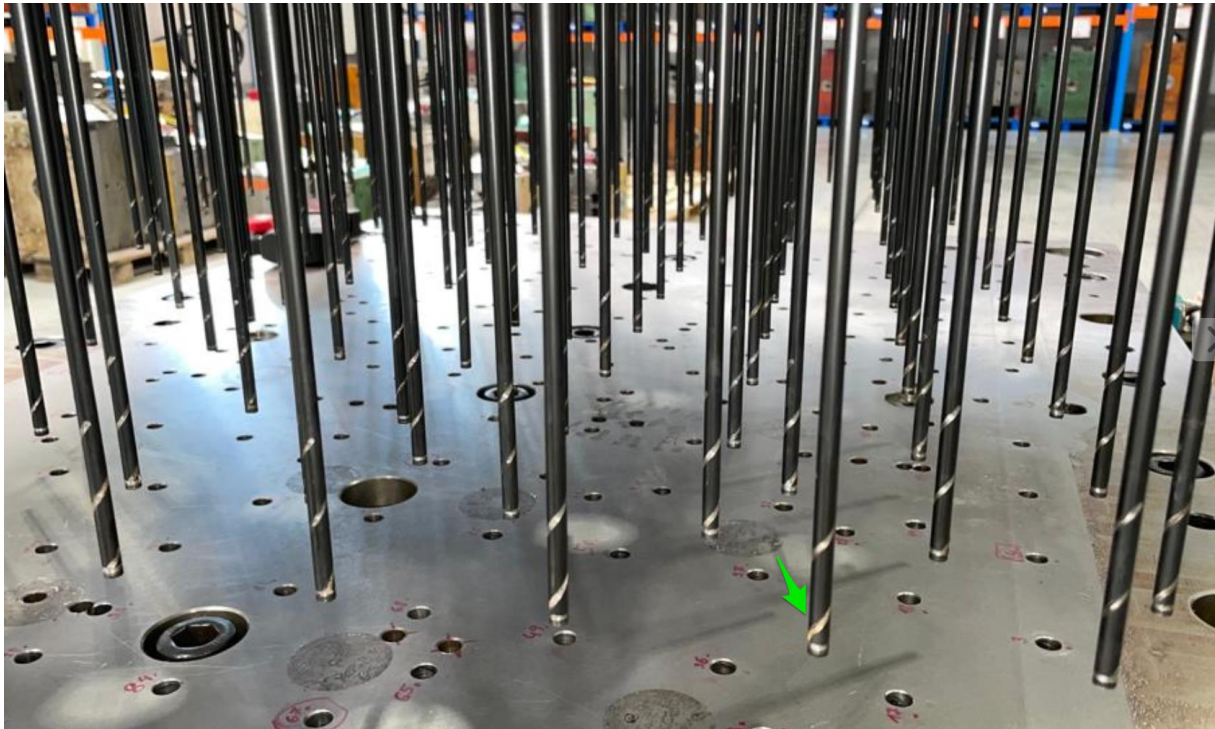
*Obrázek 4 Poškozený vyhazovač po cca 15.000 cyklech*

Vyhazovač na obrázku 4 vykazuje jasné znaky tlakového zadírání (galling), včetně kavitačního poškození. Při kavitaci vznikají dutiny (bublínky) vyplněné vakuem. Jinak řečeno tahové síly v kapalině překonají kohezní síly a začínají vznikat „bublínky vakua“. Tato dutina je tedy „vyplněna“ vakuem. Následně se začne plnit plyny z okolí. Při vyrovnání tlaku dojde k implozi (de-facto „vbuch“ – opak výbuchu) a vzniklá rázová vlna začne oddělovat (vytrhávat) základní materiál formy, nebo vyhazovače.

Narůstající počet poškozených forem, zkracování času mezi údržbami pak vedl firmu JAN SVOBODA, k vývoji nového typu odvzdušnění. Výsledkem je odvzdušňovací systém HelixPin, který má tyto zásadní výhody.

- Vynikající a stálý odvod plynů z dutiny formy
- Systém je samočistící a tím podstatně prodlužuje životnost formy
- Vynikající odolnost proti přemazání
- Protizadírací povlak eliminuje problematiku gallingu, pokud se namazat zapomene
- Tlaková odolnost umožňuje nasadit odvzdušnění i v blízkosti vstřikovacích bodů

Pro srovnání stejná forma se systémem HelixPin po 90.000 zdvích:



*Obrázek 5 preventivní prohlídka po 90.000 zdvihů*

Jak je vidět na obrázku 5, systém odvzdušnění HelixPin jednoznačně vyřešil problematiku tlakového zadírání a kavitace ve formě. Na místě označeném zelenou šipkou se je možné pozorovat lehké úsady spalin, které se nestihli vyčistit během posledních cyklů. V tomto případě stačilo vzít čistící utěrku a setřít úsadu přímo ve formě na stroji.

Takto inovovaná forma bez dalších problémů funguje a prodloužení výrobních dávek, bez nutnosti rozborky a sborky má pozitivní vliv na finanční zdraví vstříkovny.

### **Závěr**

Kombinace stále častěji přidávaných aditiv do plastů, predikuje diferentní chování forem a vyžaduje inovativní řešení a odlišný způsob návrhu a údržby forem. Zatímco chování plynu v dutině formy zůstává konstantní, aditiva v plastech podstatně mění rovnici a nutí firmy hledat ekonomické řešení problémů, která aditiva přinášejí.

Metody řešení odvzdušnění, které byly platné před padesáti lety jsou dnes z ekonomických důvodů nerentabilní. Praxe, determinovaná ekonomickým tlakem odsunula obvodové odvzdušnění na druhou kolej a ke slovu se stále častěji dostávají inovativní systémy odvzdušnění, jako je například Ecovent, SGDE ventil, nebo právě HelixPin.

# Postery

## ADHESION OF POLYAMIDE TREATED BY COLD PLASMA

Peter Jurkovič<sup>1</sup>, Igor Novák<sup>2</sup>, Ján Matyašovský<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VIPO, a.s., Gen. Svobodu 1069/4, 95801 Partizánske, Slovakia

<sup>2</sup> Polymer Institute, Slovak Academy of Sciences, 845 41 Bratislava 45, Slovakia

\*Corresponding e-mail: pjurkovic@vipo.sk

### ABSTRACT

The low surface energy of polyamide can be greatly increased by using various methods of surface modification by atmospheric discharge plasma. The application of polyamides in automotive, human medicine as well as in furniture production (e.g. foil surface finishing) needs to increase the surface free energy of the polymer using suitable modification method, e.g. by surface barrier discharge (SBD) plasma. Polyamide 6 (PA 6), is the most widely used semi-crystalline engineering thermoplastic polymer having good thermal stability, and mechanical properties. PA 6 macromolecules show amphoteric character due to two kinds of polar functional groups, i.e. amino, and carboxylic groups. PA 6 is classified as hydrophobic polymer in many applications. Modification of PA 6 by cold plasma is usually confined to several 10 nm, and does not influence the bulk properties of the polymer. Reactions between species of processing gases, and surface species of PA 6 produce new functional groups at the surface. Oxygen-containing plasma modification of the polymer leads to creation of various oxygenic functional groups significantly increasing the hydrophilicity of PA 6. The surface energy of polyamide foil is insufficient in some applications, e.g. bonding of foils for furniture applications with polyurethane dispersions at vacuum pressing and surface treatment of wood-based boards. Plasma treatment significantly improves surface properties. Experimental results showed an increase of the surface energy, peel strength and change of chemical composition of the foil surface.

**Key words:** adhesion, polyamide, modification, atmospheric discharge plasma, surface energy, foils for furniture applications, surface treatment of wood-based boards.

### Acknowledgement.

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contracts No. APVV-19-0269, APVV-20-0159, APVV-20-0593.

## ANITIMIKROBIÁLNÍ ÚPRAVA POVRCHU NANOVLÁKEN

Dominika Hanušová \*, Lenka Lovecká, Miroslava Kovářová, Zuzana Krchňáčková, Hana Pištěková, Miroslava Dušánková, Vladimír Sedlařík

Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin,  
tr. T. Bati 5678, 760 01 Zlin, Czech Republic

\*Korespondenční e-mail: d\_hanusova@utb.cz

### ABSTRAKT

Znečištění ovzduší je globálním závažným problémem. Jemné částice menší 2,5  $\mu\text{m}$  prokazatelně způsobují různá onemocnění jako je rakovina, fibróza a chronická plicní onemocnění [1]. V posledních letech bylo také zjištěno, že částice absorbují aerosoly s viry a umožňují jejich snazší šíření, díky svému velkému poměru plochy k objemu [2]. Toto zjištění vede k výzkumu nových filtračních materiálů, které mají i antimikrobiální účinky.

Nanovákené materiály se zdají být ideálním řešením, díky jejich pozoruhodným vlastnostem, jako je propojená pórovitá struktura, velký poměr plochy k objemu, kontrolovatelný průměr vláken a relativně vysoká hustota pórů s malým průměrem [3].

Tento příspěvek představuje antimikrobiálně funkcionalizovanými nanovláknými, jejich antimikrobiální aktivita byla dosažena elektrostatickým nasprejováním chitosanu. Chitosan je přírodní, biodegradovatelný polymer s nízkou rozpustností ve vodě [4], proto bylo potřeba k jeho rozpuštění použít ředěnou kyselinu octovou. Dále byl přidán polyethylen oxid, aby bylo zajištěno sprejování. Byly použity tři typy polymerních nanovlákných materiálů, dva typy polyuretanu a polylaktid, jako podklad pro nanosený chitosan.

Bylo docíleno antimikrobiální aktivity proti *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*. Tato vlákna jsou určena pro filtrační účely s antimikrobiálními vlastnostmi.

### PODĚKOVÁNÍ

V části poděkování prosím uveďte název a číslo projektu, kterému autoři děkují. Např.: Tato práce byla podpořena Ministerstvem školství a tělovýchovy České Republiky v rámci programu RP/CPS a Interní grantová agentura UTB ve Zlíně (projekt IGA/CPS/2024/003).

## REFERENCE

- [1] Givehchi, R.; Li, Q.; Tan, Z.;. Quality factors of PVA nanofibrous filters for airborne particles in the size range of 10–125nm. *Fuel*. 2016, vol. 181, p. 1273–1280. I
- [2] LEUNG, Wallace Woon-Fong a Qiangqiang SUN. Charged PVDF multilayer nanofiber filter in filtering simulated airborne novel coronavirus (COVID-19) using ambient nano-aerosols. *Separation and Purification Technology*. 2020, vol. 245, p. 116887.
- [3] JIANG, Shaohua, Yiming CHEN, Gaigai DUAN, Changtong MEI, Andreas GREINER a Seema AGARWAL. Electrospun nanofiber reinforced composites: a review. *Polymer Chemistry*. 2018, vol. 9(20), p.2685–2720. I
- [4] CHEBA, Ben amar. Chitosan: Properties, Modifications and Food Nanobiotechnology. *Procedia Manufacturing*. 2020, **46**, 13th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, In INTER-ENG 2019, Targu Mures, Romania, 2019.



## BIOPOLYMERY PRO AGROCHEMICKÉ APLIKACE

Soňa Kontárová<sup>\*1</sup>, Radek Přikryl<sup>1</sup>, Richard Zetek<sup>2</sup>, Kateřina Zetková<sup>3</sup>, Radana Bečvaříková<sup>4</sup>,  
Juraj Kosek<sup>5</sup>, Kamila Sirotná<sup>6</sup>, David Hausner<sup>7</sup>, Alena Krejčová<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Ústav chemie materiálů, Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova  
464/118, 612 00 Brno, Česká republika

<sup>2</sup> Ethanol Energy a.s. Školská 118, 285 71 Vrdy, Česká republika

<sup>3</sup> SYNPO a.s., S. K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice, Česká republika

<sup>4</sup> Centrum organické chemie, Rybitví 296, 533 54 Rybitví, Česká republika

<sup>5</sup> Ústav chemického inženýrství, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5,  
166 28 Praha 6, Česká republika

<sup>6</sup> Ústav udržitelnosti a produktové ekologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,  
Jankovcova 23, Praha 7, 170 00, Česká republika

<sup>7</sup> Plastikářský klastr z.s., Vavrečkova 5262, 760 01 Zlín, Česká republika

<sup>8</sup> Svaz chemického průmyslu České republiky, z.s., Rubeška 393/7, 190 00 Praha 9, Česká  
republika

\* Korespondenční e-mail: kontarova@fch.vutbr.cz

### ABSTRAKT

Hnojiva jsou nezbytná pro přežití rostoucí světové populace. Avšak vysoké koncentrace hnojiv a jejich nekontrolované uvolňování způsobují nežádoucí nárůst reaktivního, neasimilovaného dusíku, který vyvolává znečištění životního prostředí. Pomalu se uvolňující (slow-release) hnojiva pomáhají tento negativní dopad snížit. Tato práce si klade za cíl připravit slow-release hnojiva s biologicky odbouratelným povlakem pomocí výrobní metody přenositelné do průmyslu. Projekt také reaguje na aktuální požadavky legislativy v oblasti hnojiv s řízeným uvolňováním, zejména na nařízení EP a Rady (EU) 2019/1009, kterým se stanoví pravidla pro dodávání hnojivých výrobků EU na trh (EU Fertilizing Products Regulation - FPR), které stanovuje, že ode dne 16. července 2026 budou na trhu povoleny v hnojivech pouze polymery splňující požadavky na biologickou rozložitelnost. Pro povlak hnojiva byl proto využit biopolymer poly(3-hydroxybutyrát) (PHB). Tento biopolymer je plně mikrobiálně degradovatelný v sladkých i mořských vodách, kompostu i v půdě (v podmínkách, ve kterých přežívají běžné půdní organismy). Jakožto plně přírodní polymer extrahovaný z bakterií,

vyroběný fermentačním procesem primárních či odpadních cukrů, škrobů nebo potravinářských olejů pomocí sbírkových organismů (bez GMO) splňuje kritéria obnovitelného materiálu šetrného k životnímu prostředí, a navíc netvoří perzistentní mikroplasty. V rámci cirkulárního přístupu si tento projekt klade za cíl využít při výrobě povlaku hnojiva bio-based rozpouštědlo etyllaktát, na jehož výrobu z lokálních odpadních surovin se zaměřuje Ethanol Energy. Upscale laboratorně navržené technologie výroby etyllaktátu testuje Centrum organických syntéz. Pro výrobu slow-release hnojiv bude také testováno odpadní PLA, které vzniká při výrobě PLA z odpadních surovin, kterou nyní pro svoje potřeby navrhuje Synpo. Tento materiál je vhodným produktem jak pro výrobu bio-rozpouštědla, tak může být použit jako složka materiálu povlaku hnojiva. Navržený koncept výrobku i jeho technologie výroby bude hodnotit Vysoká škola chemicko-technologická v Praze LCA analýzou (Life Cycle Assessment).

Za účelem přípravy nové generace slow-release hnojiva povlakovaných vrstvou PHB byl úspěšně vyvinut nový systém povlakování v rotačním bubnu i s regenerací rozpouštědla. Pelety s různými poměry hnojiva močoviny a plniva poly-3-hydroxybutyrátu byly připraveny na čtvrt-provozním peletizéru a potaženy roztokem poly-3-hydroxybutyrátu s rozpouštědlem dioxolanem. Úspěšné bylo i povlakování komerčních granulí hnojiva LAD (dusičnan amonný) a DASA (dusičnan amonný se sírou). Potažované pelety a granule jsou nyní hodnoceny v testech ve vodném prostředí a v experimentech ve vegetačních nádobách Mitscherlich. Tyto testy sledují rychlost uvolňování hnojiva pro zjištění kvality povlaku a potvrzení dosažení slow-release parametrů ve vodném prostředí a rovněž vliv těchto slow-release hnojiv na vývoj a růst kukuřice a dynamiku uvolňování N v půdě. Další úspěšně odzkoušenou metodou bylo povlakování komerčně dodaného hnojiva LAD ve čtvrt-provozním fluidním reaktoru. Zde byly úspěšně připraveny slow-release hnojiva potažená vrstvou PHB při použití rozpouštědel dioxolanu i etyllaktátu.

Připravená slow-release hnojiva jsou nyní studována i za pomoci SEM (Scanning Electron Microscopy) a TGA (Thermogravimetric Analysis) pro zjištění struktury povrchu a tloušťky naneseného povlaku a kontrolu složení slow-release hnojiv (detekce případného zbytkového rozpouštědla). Probíhají také experimenty biodegradace povlaků v půdě pomocí respirometrické metody.

Výsledná úspěšně připravená slow-release hnojiva obalená vrstvou polyhydroxybutyrátu jsou slibnou náhradou slow-release hnojiv obalených biologicky nerozložitelnými a ekologicky

škodlivými materiály. Testy potvrdily zpomalené uvolňování dusíkatých hnojiv a schopnost těchto slow-release formulací vyživovat rostliny a snižovat ztráty dusíku. Za asistence Plastikářského klastru a Svazu chemického průmyslu České republiky nyní probíhají diskuse s potenciálními průmyslovými partnery zajímajícími se o tyto produkty.

## FUNKČNÍ POLYURETHANOVÉ POLYMERY

Eva Domincová Bergerová<sup>1\*</sup>, Lubomír Kubáč<sup>2</sup>, Tomáš Syrový<sup>3</sup>, Lenka Martinková<sup>4</sup>, Lucie Ligasová<sup>5</sup>, Radmila Horáková<sup>6</sup>

<sup>1</sup>CPS – Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, třída T. Bati  
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

<sup>2</sup>COC – Centrum organické chemie s.r.o., Rybitví 296, 533 54 Rybitví, Česká republika

<sup>3</sup>UPCE – Katedra polygrafie a fotofyziky, Univerzita Pardubice, Doubravice 41, 533 53  
Pardubice, Česká republika.

<sup>4</sup>Inotex spol. s r.o., Štefánikova 1208, 544 01 Dvůr Králové nad Labem, Česká republika

<sup>5</sup>NANOPROGRESS, z.s., Polabiny – Nová 306, 530 09 Pardubice, Česká republika

<sup>6</sup>Plastikářský klastr, Vavrečkova 5262, 760 01 Zlín, Česká republika

\* Korespondenční e-mail: [domincova\\_bergerova@utb.cz](mailto:domincova_bergerova@utb.cz)

Projekt Funkční polyurethanové polymery je řešen v rámci programu Národní centra kompetence Technologické agentury České republiky (č. projektu DP TN02000051/007). Je zaměřen na syntézu, přípravu aplikační formy a testování funkčních polyurethanových polymerů (PU). Hlavním záměrem je připravit polymery se zvýšenou odolností proti hořlavosti a polymery modifikované pro antistatické a disipativní aplikace. Tyto polymery jsou pak testovány ve formě nanovláken připravených pomocí elektrospinningu, ve formě zátěrů na textilních substrátech a ve formě povrchových úprav polymerních matric. Souběžně jsou řešeny funkční úpravy polymerů určených pro 3D tisk umožňující elektrickou a tepelnou vodivost těchto materiálů.

Testování hořlavosti připravených PU materiálů bylo provedeno dle ČSN 64 0757 (640757): Zkoušení plastů. Stanovení hořlavosti plastů ve formě folií dle UL-94: Norma pro bezpečnost hořlavosti plastových materiálů pro díly v zařízeních a zařízeních (mezinárodní norma pro akreditované laboratoře), harmonizována s IEC 60707, 60695-11-10, 60695-11-20 a ISO 9772 a 9773. Připravená nanovláknina ze vzorků polyuretanů s nehořlavou úpravou (disperze v DMF) na jetovém systému (DC) byly podrobeny SEM analýze a byly stanoveny průměry a distribuce průměrů nanovláken.

Do struktury PU byl v rámci syntézy zapracován komerční produkt, Fyrol, který výrazně omezuje hořlavost tohoto materiálu. Roztoky takto modifikovaného PU v DMF (dimethylformamid) byly použity pro přípravu tenkých fólií, nanovláken i vodných disperzí.

Modifikované materiály měly tendenci odvádět plamen do strany na rozdíl od vzorků nemodifikovaných. U vzorků PU s nehořlavou úpravou nanesených na netkané textilie z viskózy bylo pozorováno značné zpomalení hoření a zvýšení tendence k samozhášivosti. Vhodně připravené fólie s nehořlavým aditivem lze zařadit do třídy VTM-0, tj. nejvyšší třídy nehořlavosti podle UL-94, popř. do 2. třídy nehořlavosti dle kategorizace ČSN 64 0757. Roztoky PU s nehořlavou úpravou v DMF byly upraveny tak, aby je bylo možno použít pro elektrostatické zvlákňování, a to jak AC, tak DC technologií. Takto připravené nanovláknenné membrány vykazující odpovídající mechanické vlastnosti vyhověly testům odolnosti proti hoření.

Vodivost materiálů byla vyhodnocena dle ČSN EN 61340.2-3. Elektrostatika - Část 2-3: Metody zkoušek pro stanovení rezistence a rezistivity tuhých rovinných materiálů, používaných k zabránění akumulace elektrostatického náboje.

Podarila se připravit souvislá homogenní fólie PU (1% CNT/PEDOT) v poměru 1:1 na PET a na skleněnou podložku v oblasti disipace, popř. ve vodné disperzi PU o 0,1-0,3 % CNT v oblasti antistatiky až disipace. Byl navržen postup pro přípravu masterbatche (MB) s vodivým aditivem (směs mikronizovaného polymeru PE s CNT částicemi) pro jejich efektivnější dispergaci v polymerní matici při zachování vhodných mechanických vlastností.

Vodné zátěrové disperze byly aditivovány modifikovanými CNT tak, aby byl minimalizován jejich obsah a současně docílen plošný odpor odpovídající disipativním vlastnostem ošetřeného textilního substrátu.

Výsledné průmyslové aplikace uvedených funkčních polymerů např. v oblasti leteckého průmyslu by mohly přispět k eliminaci ekologicky citlivých materiálů jako jsou halogenované retardéry hoření nebo metalické materiály zabudované do polymerní matrice, které jsou při recyklaci obtížně separovatelné. Pozornost je orientovaná i na organické polymerní materiály, případně na modifikované uhlíkové nanomateriály, které umožní při nižších koncentracích vyšší míru přenosu náboje a tím i zefektivnění modifikace celého polymerního substrátu.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Technologickou agenturou České republiky v rámci programu Národní centrum kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století projekt č. TN 02000051-007.

# CHARAKTERIZACE PRODUKTŮ REZIDUÁLNÍ LIGNOCELULÓZOVÉ BIOMASY PŘEDUPRAVENÉ POMOCÍ „STEAM EXPLOSION“

Jakub Klaban<sup>1,\*</sup>, Tomáš Šopík<sup>1</sup>, Daniela Godina<sup>2</sup>, Kristīne Meile<sup>2</sup>, Ramūnas Tupčiauskas<sup>2</sup>,  
Andris Bērziņš<sup>2</sup>, Vladimír Sedlařík<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati,  
tř. Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín 1

<sup>2</sup> Latvian State Institute of Wood Chemistry, 27 Dzerbenes St., LV-1006, Riga, Latvia

\* Korespondenční e-mail: j\_klaban@utb.cz

## ABSTRAKT

Efektivní separace ligninu je důležitým faktorem pro využití složek lignocelulózové biomasy (LCB). V této studii byly zkoumány vlastnosti kapalné frakce po oddělení od vláknité složky u rákosu (*Phragmites australis*), pšeničných stébel (*Triticum aestivum*) a kukuřičných stonků (*Zea mays*) před-upravených ekologicky šetrnou autohydrolyzou – parní explozí (SE). Stanovení podmínek parní exploze bylo definováno severity factorem ( $\log R_0$ ) pro účinnou separaci vláken a tekutého podílu biomasy. Komplexní analýza složení kapalné fáze a těkavých organických látek (VOCs) ve vláknech získaných parní explozí poskytla detailní pohled na složení produktů. Moderní analytické metody, včetně GC-MS, GC-FID, GC-HS-FID, UHPLC-ELSD, GPC-RI a spektroskopických technik, umožnily charakterizaci organických sloučenin a jejich distribuci. Detekce VOCs ve vláknech, jako kyselina octová či furanové deriváty, zdůraznily významnost oddělení kapalné frakce od vláknité složky. Výsledky naznačují, že předúprava biomasy parní explozí má významný vliv na složení produktů pro využití v různých průmyslových odvětvích, včetně chemického, zdravotnického, plastikářského průmyslu a výroby biopaliv. Nejvyšší hodnoty jednoduchých sacharidů (C5 a C6) vhodných pro fermentaci biopaliv dosahovaly výtěžku 74.5 g/kg za podmínek  $\log R_0 = 3.25$ , a to u rákosové biomasy. Studium také identifikovalo několik necukerných sloučenin, jako jsou fenoly, furanové deriváty a různé kyseliny, s potenciálem pro průmyslové využití [1–3]. Tato studie nabízí cenné poznatky pro optimalizaci procesu SE a následné využití residuálních hospodářských surovin v rámci cirkulární ekonomiky.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Ministerstvem školství a tělovýchovy České republiky v rámci programu IGA UTB ve Zlíně [IGA/CPS/2024/003], Latvian Council of Science, project No. lzp-2021/1-0599 a EU H2020 MSCA-RISE project CELISE, grant agreement No 101007733.

## REFERENCE

- [1] PALMQVIST, Eva a Bärbel HAHN-HÄGERDAL. Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. II: inhibitors and mechanisms of inhibition. *Bioresource Technology* [online]. 2000, **74**(1), 25–33 [vid. 2023-11-15]. ISSN 0960-8524. Dostupné z: doi:10.1016/S0960-8524(99)00161-3
- [2] PANZELLA, Lucia. Natural Phenolic Compounds for Health, Food and Cosmetic Applications. *Antioxidants* [online]. 2020, **9**(5) [vid. 2023-11-15]. ISSN 20763921. Dostupné z: doi:10.3390/ANTIOX9050427
- [3] TECHIE-MENSON, Raynold, Charles K. RONO, Anita ETALE, Gift MEHLANA, James DARKWA a Banothile C.E. MAKHUBELA. New bio-based sustainable polymers and polymer composites based on methacrylate derivatives of furfural, solketal and lactic acid. *Materials Today Communications* [online]. 2021, **28**, 102721 [vid. 2023-11-15]. ISSN 2352-4928. Dostupné z: doi:10.1016/J.MTCOMM.2021.102721

## MÉNĚ ČASU, NIŽŠÍ NÁKLADY = VYŠŠÍ KVALITA DÍLU

Ing. Petr Sůva

PLASTSIM s.r.o., Hrachovec 2113, 508 01 Hořice, Česká republika

Korespondenční e-mail: petr.suva@plastsim.cz

Méně času potřebného pro vývoj dílu, rozběh formy a kratší samotný čas cyklu.

Úspora nákladů za dlouhý vývoj, následné úpravy formy a nižší spotřebu materiálu při zkoušení formy a výrobě dílu.

Vyšší kvalita dílu již při prvním vzorkování.

Zkráceně řečeno - Od první skici po sériovou výrobu plastového dílu v požadované kvalitě rychleji a s nižšími náklady.

To jsou základní přínosy digitalizovaného procesu vývoje a výroby plastového dílu, který usnadňuje, někdy i zcela odstraňuje i řešení dalších problémů, jakými jsou např. úzká toleranční pásma, nedostatečná kontrola předpokládané kvality dílu při jeho vývoji, požadavky na „beztokovou“ výrobu dílu (vtok nelze umístit na žádnou plochu). Tyto a další požadavky jsou dnes, bohužel, již „standardními“ požadavky na kvalitu vyráběného dílu. Dalším „standardním“ problémem je zvyšování požadavků na kvalitu dílu po kontrole prvních vzorků. Pro „urychlení“ vývoje je dnes také běžné přenášet řešení problémů do fáze výroby dílu. Vysvětlováno je to větami typu „To doženeme na lisu“, „To se dožene parametrami.“ nebo „To vyřešíme temperací.“. Ale většinou se tak nestane a forma se musí upravit. To jsou jen některé z důvodů, proč se ne vždy daří dosáhnout výroby dílu v požadované kvalitě. Tím, že se kontrole kvality a možnostem řešení případných problémů řádně věnujeme až po kontrole prvních dílů, si výrazně snižujeme šanci dosáhnout jejich požadované kvality. Zároveň si také úpravami formy a jejími dalšími vzorkováními zvyšujeme náklady na vývoj dílu a prodlužujeme čas uvedení výrobku na trh.

Lepším a vhodnějším způsobem pro předcházení a řešení problémů s kvalitou je přenesení kontroly kvality již do fáze vývoje dílu a využití simulačních a optimalizačních programů. V této fázi máme mnohem více možností, jak zajistit požadovanou kvalitu dílu. Pro dosažení



požadované kvality můžeme použít nejen technologické parametry, ale také konstrukční parametry. Ty mají na výslednou kvalitu dílu mnohem větší vliv.

Ve fázi vývoje dílu je pro dosažení a zajištění požadované kvality možné použít simulační programy a **optimalizační systémy s umělou inteligencí**. Pro nastavení cílů optimalizace, vyhodnocení výsledků kvality vypočítaného i vyrobeného dílu je vhodné využívat měřicí software. Jeho využitím získáme i více možností pro důkladnější kontrolu kvality. Výhodné je také definovat a přenášet požadovaná kvalitativní kritéria pomocí PMI nebo měřicího plánu. Minimalizuje se „ztrátovost“ informací nejen o požadavcích na kvalitu dílu a také to velmi usnadní práci, protože se kvalitativní kritéria definují pouze jednou. Přínosem také je, že deformace dílu se po celou dobu vývoje a výroby vyhodnocují se stejným ustavením dílu a se stejnými, jednou

definovanými, kritérii kvality. Pro snazší a příjemnější práci a bezztrátový přenos dat mezi jednotlivými programy je vhodné volit vzájemně propojené programy. Vzhledem k možnosti přenosu výsledků simulací a optimalizací přímo do rozhraní vstřikovacích strojů, tak je při jejich výběru vhodné zohlednit i tuto možnost. Správnou volbou programového vybavení a strojů můžeme dosáhnout plně a správně digitalizovaného procesu vývoje a výroby plastového dílu. Díky němu je možné při vývoji a výrobě plastového dílu ušetřit mnoho času, peněz a stresových situací při řešení a odstraňování problémů.

Využití cílené optimalizace již v etapě návrhu dílu nám zjednoduší správné rozhodování při řešení nejasností při konstrukci dílu a vstřikovací formy. Také nám ušetří mnoho času, nákladů a nepříjemných překvapení při výrobě prvních vzorků a kontrole jejich kvality. Výsledky optimalizace nám ukáží technologické okno zajišťující výrobu dílů splňujících všechna požadovaná kvalitativní kritéria. Toto zjištění nám pomůže při jednání s kolegy nebo zákazníky o nutnosti provést změnu konstrukce dílu, případně formy, aby byla dosažena požadovaná kvalita dílu. Dále nám ukáží **citlivost**, tedy velikost vlivu jednotlivých technologických a konstrukčních parametrů a vnějších vlivů na požadovaná kritéria kvality. S jakou pravděpodobností, resp. jak velkou máme šanci splnit požadované kritérium kvality nám ukáže

### ***Jaké lze nastavit cíle optimalizace?***

#### **• Technologická kritéria**

- úplné naplnění dílu
- rovnoměrné plnění dílu
- průběh plnění dílu
- dodržení požadované uzavírací síly
- ...

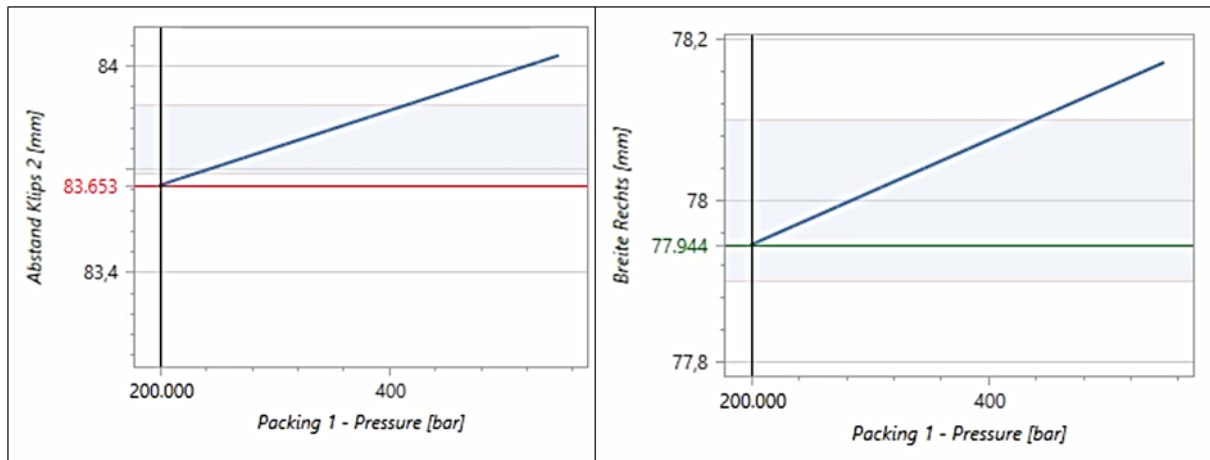
#### **• Kvalitativní kritéria**

- rozměry dílu
- tvar dílu (např. kruhovitost)
- čas plnění daného místa
- propadliny
- studené spoje
- ...

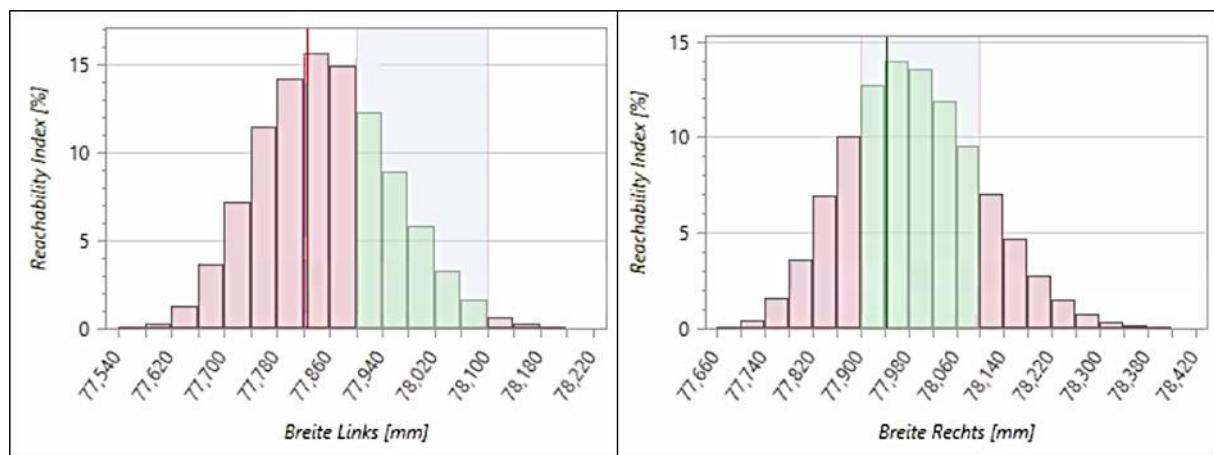
#### **• Ekonomická kritéria**

- čas cyklu
- váha dílu
- uzavírací síla
- spotřeba materiálu
- spotřeba stroje
- ...

**index dosažitelnosti.** Výsledky cílené optimalizace nám také pomohu při zjišťování a zajištění **stability a robustnosti** výrobního procesu dílu v požadované kvalitě.



*Obr. 1: Výsledky analýzy citlivosti – ukáží, které parametry jsou skutečně důležité a které mají malý nebo žádný vliv.*



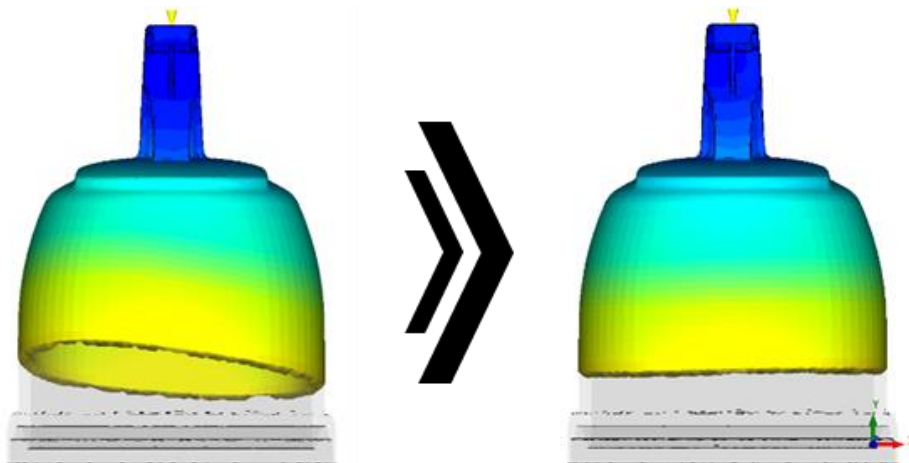
*Obr. 2: Index dosažitelnosti*

Pokud nelze požadovaná kritéria kvality dílu dosáhnout pouze vhodným nastavením **technologických parametrů**, můžeme cílenou optimalizací využít také pro nalezení potřebných změn v **konstrukci dílu nebo formy**. To znamená, že můžeme upravit hodnoty tloušťky stěn dílu, průměry vtokových kanálů a vtokových ústí, průběh, vyváženost a rovnoměrnost plnění, polohu a rozměry žeber, temperačních kanálů a dalších konstrukčních parametrů, které povedou k zajištění stabilní výroby dílu v požadované kvalitě.

Optimální hodnoty technologických nebo konstrukčních parametrů jsou navrženy umělou inteligencí s ohledem na stanovená kritéria kvality, která je možné automaticky převzít z **PMI** nebo z měřicího plánu. Případně je možné kvalitativní kritéria definovat ručně a poté je nastavit jako cíle optimalizace.

### *Jaké parametry lze využít k optimalizaci?*

- **Technologické parametry**
  - rychlost vstřikování
  - čas plnění
  - vstřikovací profil
  - teplota taveniny
  - teplota formy
  - dotlak – čas, hodnota, profil
  - čas ochlazování
  - průtok temperačního kanálu
  - teplota temperačního média v jednotlivých kanálech
  - materiál
  - ...
- **Konstrukční parametry**
  - poloha vtoku
  - tloušťka stěn v různých oblastech dílu
  - průměr vtokových kanálů
  - průměr vtokových ústí
  - průměr temperačních kanálů
  - průměr temperační věže
  - rozestup temperačních kanálů
  - vzdálenost temperačních kanálů od povrchu tvarové dutiny
  - poloha žeber
  - tloušťka žeber
  - ...



*Obr. 3: Zajištění kruhovitosti dílu pomocí rovnoměrnosti plnění*

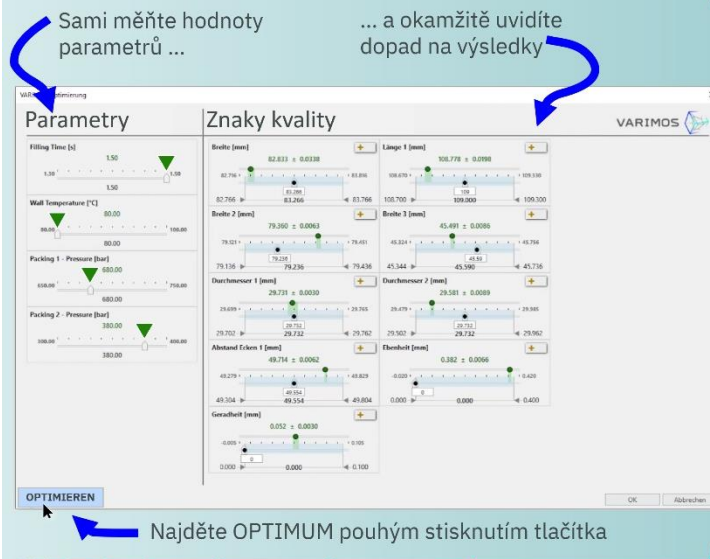
**Unikátním systémem**, který dokáže provádět plnohodnotné automatické cílené optimalizace, využívat možností PMI a měřicího softwaru, je systém **VARIMOS**.

Optimalizační systém VARIMOS Vám pomůže rychleji a s minimem vaší práce získat výsledky simulací a hlavně vám pomůže **souhrnně vyhodnotit výsledky vybraných simulací**. Výkonná **umělá inteligence** Vám také doporučí optimální řešení na základě vámi nastavených cílů kvality.

Pokud stále simulujete "starým dobrým" způsobem, iterujete manuálně. To znamená, že vytvoříte návrh, provedete simulaci, vyhodnotíte výsledky, něco změníte, znovu simulujete atd. Je to opakující se a zdlouhavý proces, který vede k „dostatečně dobrému“ výsledku. Systém VARIMOS opakující se části tohoto procesu automatizuje. Umožňuje rychle vytvořit mnoho variant návrhu, paralelně je simulovat a výsledky s pomocí **umělé inteligence** souhrnně analyzovat. VARIMOS vám nepředkládá pouze jediné "optimální" řešení navržené černou skříňkou. Spíše vám předloží návrh, se kterým si poté můžete „hrát“ – můžete libovolně měnit nastavení proměnných a sledovat, co a jak by se změnilo, kdybyste to udělali jinak. Tím vám šetří čas a poskytuje vám mnohem více informací o chování dílu.

Základními výsledky jsou okno s **interaktivním zobrazením výsledků**, graficky znázorněné **závislosti** a **citlivosti** požadovaných kritérií na měněných parametrech, zhodnocení indexu **dosažitelnosti** každého požadovaného kritéria a také návrh **vhodného nastavení** parametrů, pro dosažení požadovaných kvalitativních kritérií, stability a robustnosti výrobního procesu. Jaké další důležité informace vyčtete při práci s výsledky v interaktivním okně, záleží již jen na vás.

Změnou parametrů vlevo můžete vyzkoušet různé varianty „co by se stalo, když ...“, a vpravo okamžitě zjistit, jaký vliv budou mít navržené změny na výsledek.



• Lepší než bodový odhad: Zjistíte, jak **ZMĚNY PARAMETRŮ** ovlivní výsledek.

• Získáte představu o **TECHNOLOGICKÉM OKNĚ** a popis **CHOVÁNÍ DÍLU**.

• **CITLIVOST:** Zjistíte, které **PARAMETRY JSOU SKUTEČNĚ DŮLEŽITÉ** a které mají malý nebo žádný vliv.

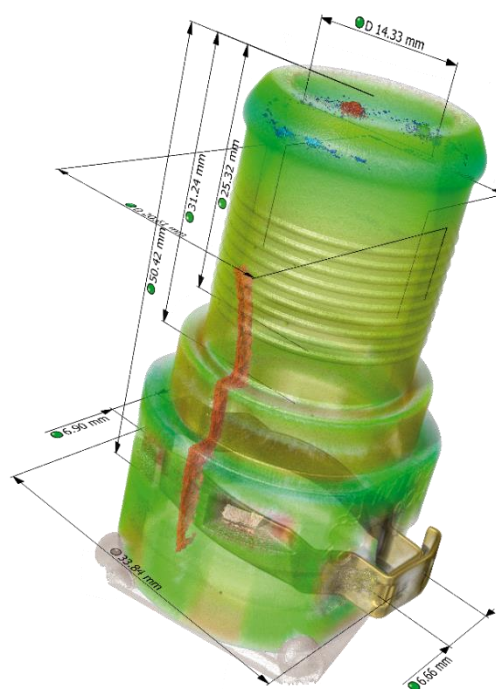
• **OVĚŘÍTE**, zda lze dosáhnout **POŽADOVANÝCH CÍLŮ** současně, a zjistíte **VZÁJEMNÉ VZTAHY**.

• Dynamické ovládání **UMOŽŇUJE LEPŠÍ DISKUZÍ** s kolegy a zákazníky.

Obr. 4: Základní okno s interaktivní zobrazením výsledků optimalizace pomocí systému VARIMOS

Provádění **optimalizací**, případně **korekčních smyček** virtuálně, tedy již ve **fázi vývoje dílu**, pokud možno v co největší míře, má ještě jeden **významný přínos** – **ekonomický**.

Virtuální optimalizace, korekce nebo experimenty a změny jsou rychlejší a levnější než fyzické korekční smyčky v dalším průběhu vývoje. Také přinášejí více možností, abyste se dostali za hranici pouze “dostatečně dobrého“ výsledku a získali optimální, tedy skutečně „dobrý“ výsledek.



Obr. 5: Ukázka výsledku kontroly vnější a vnitřní kvality vyrobeného dílu

Účel a přínos tohoto řešení je rychle, levně a důkladně prozkoumat a vyhodnotit více možností, aby bylo možné vyhnout se chybám, jejichž oprava je po zhotovení formy nákladná nebo dokonce nemožná. A také prozkoumat možnost lepších řešení, které by optimalizovaly parametry jako je doba cyklu, spotřeba materiálu a energie za dodržení všech požadavků na kvalitu dílu. Tedy bez obětování, snížení, jeho kvality. K tomu se využívá systematická virtuální optimalizace. Jejím nasazením před výrobou formy se dokážeme vyhnout nákladným, případně i nevratným chybám tím, že se předvídatelné problémy včas odhalí a opraví. Dalším cílem je optimalizovat současně konstrukci dílu, formy, procesní parametry a výběr materiálu. Tím minimalizujete pravděpodobnost nemilých překvapení při výrobě dílu a maximalizujete šanci na dosažení opravdu vynikajících výsledků.

Optimalizací nebo simulací doporučené hodnoty technologických parametrů mohou být také přeneseny přímo do vstřikovacího stroje a nastaveny jako výchozí hodnoty technologických parametrů při rozběhu formy. Tím se zkrátí čas vzorkování a dříve se dosáhne vyšší kvality prvních vzorků.

Bližší popis jednotlivých kroků a celkových výhod využití automatické cílené optimalizace vývoje a výroby plastových dílů najdete na našich webových stránkách [www.plastsim.cz](http://www.plastsim.cz).

V textu jsou použity obrázky z programů **CADMOULD**, **VARIMOS**, **VG METROLOGY** a **VG STUDIO MAX**, které jsou využívány při použití automatické cílené optimalizace při vývoji a výrobě plastových dílů.



Pokud byste měli zájem o bližší informace o těchto programech nebo jejich vyzkoušení na vašich projektech, neváhejte nás prosím kontaktovat na e-mailové adrese [petr.suva@plastsim.cz](mailto:petr.suva@plastsim.cz) nebo na telefonním čísle +420 777 899 169.

# MIKROPYROLÝZNÍ REAKTOR JAKO ATRAKTIVNÍ NÁSTROJ RYCHLÉ IDENTIFIKACE PYROLÝZNÍCH PRODUKTŮ

Lucie Oravová<sup>\*1</sup>, Ivana Barchánková<sup>1</sup>, Pavol Midula<sup>1</sup>, Pavel Kuráš<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakulta životního prostředí, Pasteurova 3632/15, 40096, Ústí nad Labem

\* Korespondenční e-mail: lucie.oravova@ujep.cz

## ABSTRAKT

Transformace plastového odpadu na užitečné chemikálie a pochopení mechanismů chemické přeměny je jedno z aktuálních témat v moderním aplikovaném výzkumu a důležité pro uplatnění konceptu oběhového hospodářství. Pyrolýza – tepelný rozklad materiálů bez přístupu kyslíku umožňuje zpracování odpadního plastového materiálu za získání několika produktů, z nichž kapalný produkt by mohl najít uplatnění v stávajících petrochemických procesech. Před jeho aplikací je nezbytné z něj odstranit nežádoucí a někdy i nebezpečné heteroatomy, jako jsou zejména halogeny, kyslík, dusík, síra a řada kovů, které mohou způsobovat korozi všech dotčených zařízení, snížení výtěžků žádaných frakcí uhlovodíků, významnou degradaci produktů nebo deaktivaci katalyzátorů. Jedna z možností odstranění heteroatomů z pyrolýzního produktu je v přímé katalytické konverzi během samotné pyrolýzy. Pro prvotní testování vlivu katalyzátorů je možné využít mikropyrolýzní reaktory (s navázkou vzorku řádově  $\mu\text{g}$ ) s nosičem katalyzátoru a jejich přímým napojením na vhodnou analytickou jednotku pro identifikaci pyrolýzních produktů a posouzení účinnosti katalyzátorů. Tandemová mikropyrolýzní jednotka (Frontier Lab) s přímým napojením na GCMS byla použita při testování katalytické konverze plastů z elektroodpadu za použití katalyzátorů na bázi zeolitů a to ZSM-5, zeolit Y a Beta. Samotnou pyrolýzou čistého elektroodpadu při 500 °C byly zjištěny přítomnosti heteroatomů na bázi dusíku a kyslíku. Po použití katalyzátorů došlo ve všech případech k jejich eliminaci s pozitivním umocněním uhlovodíkových frakcí.

## PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl vytvořen díky dílčímu projektu TN02000051/066 Pupyka v rámci Projektu TN02000051 Národní centrum kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století,

který je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní centra kompetence.



# POLYMER COMPOSITIONS OF POLY(3-HYDROXYBUTYRATE) WITH AN ALIPHATIC POLYURETHANE MODIFIER

Beata Krzykowska<sup>1</sup>, Anna Czerniecka-Kubicka<sup>2</sup>, Michał Longosz<sup>1</sup>, Miroslava Kovářová<sup>3</sup>,  
Iwona Zarzyka\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, Rzeszów University of Technology, Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów

<sup>2</sup>College of Medical Sciences, University of Rzeszów, ul. Kopisto 2a, 35-959 Rzeszów

<sup>3</sup>Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin, tr. T. Bati 5678, 76001 Zlin, Czech Republic

\* Correspondence e-mail: izarzyka@prz.edu.pl

## ABSTRACT

Due to the growing interest in biopolymers, biosynthesizable and biodegradable polymers currently occupy a special place. Unfortunately, the properties of native polymers are not satisfactory, so attempts are made to modify them in a tailored manner. The well-known biopolymer - poly(3-hydroxybutyrate), P3HB [1], is also subject to modifications to eliminate its disadvantages, i.e. stiffness and brittleness, and, above all, low thermal stability, only slightly higher than its melting point [2].

In this work, an attempt was made to improve the properties of P3HB using linear aliphatic polyurethane (PU) synthesized using 1,4-butanediol and 1,6-hexamethylene diisocyanate (Fig. 1).

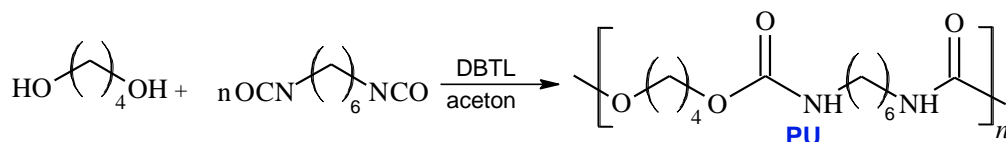


Fig. 1. Scheme of the synthesis of a polyurethane modifier

The tests carried out on the influence of the amount of polyurethane used (5, 10, 15 and 20% by mass) on the mechanical properties of polymer compositions showed an increase in tensile strength, relative stress at break and impact strength, as well as a decrease in hardness. The introduction of PU increases the thermal stability of the P3HB-PU compositions compared to native P3HB, and the difference between the melting point and the degradation temperature of

most of the obtained polymer compositions is above 100°C. In turn, analysis of the thermal properties of the produced polymer compositions by differential scanning calorimetry (DSC) showed a decrease in the glass transition temperature and the degree of crystallinity.

The P3HB-PU compositions containing the lowest amount of aliphatic linear polyurethane has the best mechanical and thermal properties.

### **REFERENCES**

[1] Ansari S.; Sami N.; Yasin D.; Ahmad N.; Fatma T.; Biomedical applications of environmental friendly poly-hydroxyalkanoates. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2021, vol. 183, p. 549–563.

[2] Palmeiro-Sánchez T.; O'Flaherty V.; Lens P.; Polyhydroxyalkanoate bio-production and its rise as biomaterial of the future. *J. Biotechnology*, 2022, vol. 348, p.10–25.

# PREPARATION OF POROUS BIOPOLYMERIC MATERIALS BY THERMALLY INDUCED PHASE SEPARATION: DISCOVERING SUITABLE SOLVENTS

Patrik Bouřa<sup>1</sup>, Lenka Krajáková<sup>1</sup>, Alexandr Zubov<sup>1</sup>, Juraj Kosek<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Ústav chemického inženýrství, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6 - Dejvice, Česká republika

\* Korespondenční e-mail: Juraj.Kosek@vscht.cz

## ABSTRACT

Porous biodegradable materials have diverse application possibilities either as a compostable alternative to non-biodegradable polymeric foams or as scaffolds in tissue engineering. Requested morphology and properties of such materials may, however, greatly differ based on the intended application. It is therefore essential to choose appropriate fabrication method, as different methods lead to different morphologies.

This contribution is focused on a fabrication method called thermally induced phase separation (TIPS) used for preparation of gels, microporous polymeric membranes, foams, and scaffolds. It is an unconventional method noteworthy due to its universality, as it can be used to prepare both basic types of morphologies: closed-cell structures as well as open-cell structures (as well as their combination).

TIPS is based on series of steps: (i) homogenization of polymer/solvent mixture by heating the system well above its critical temperature, (ii) rapid temperature quench well below systems freezing temperature causing phase separation and subsequent solidification forming solid porous structure, (iii) solvent removal by either lyophilization or extraction. The resulting morphology of the porous structure can be then controlled by altering the TIPS process parameters.

Unfortunately, there is a limited number of known solvents suitable for TIPS. The initial homogenized solution needs to be cooled down below its freezing temperature. However, cooling is expensive, and therefore the solvent's melting temperature ( $T_m$ ) needs to be ideally higher than 0 °C for the method to be economically viable in industrial applications. This condition excludes vast majority of the known polymer solvents, while the rest is often

carcinogenic or mutagenic, limiting the use of this method in medical applications, such as tissue engineering, due to the presence of toxic residues.

In order to rectify this unfortunate situation, a TIPS solvent finding tool presented in this contribution was created allowing methodical search for suitable TIPS solvents. It consists of 846 solvents and their Hansen solubility parameters (HSP), supplied by their respective  $T_m$  and boiling temperatures. Two different biopolymers: poly(lactic acid) (PLA) and poly( $\epsilon$ -caprolactone) (PCL) were studied as part of this contribution, while chosen chemicals were experimentally tested as potentially suitable polymer solvents.

Several solvents were found using this method and the system of PCL dissolved in methyl p-toluate was further used for sample preparation by TIPS. Samples from solution with different initial solution weight percentage (8%, 10%, 12%, 14%, 16%) of PCL were prepared. Their porous morphology was afterwards characterized by scanning electron microscopy and mercury porosimetry. We discuss the obtained results and applicability of the prepared porous materials as scaffolds in human tissue engineering.

# RECYCLING AND UPGRADING OF POLYMER MATERIALS BY SOLVENT BASED METHODS

Klimošek J., Řiháková L., Dendisová D., Jindrová K., Kosek J

University of Chemistry and Technology Prague

Department of Chemical Engineering, Technická 5, 16628 Prague, Czech Republic

\* Korespondenční e-mail: jakub.klimosek@vscht.cz

## ABSTRAKT

Plastic waste accumulation is a worldwide issue, and despite that, PET is the only polymer material that is now feasibly recycled. Polyethylene (PE) and polypropylene (PP) dominate plastic and waste production (they constitute half of the world's production of new polymers but also half of the world's plastic waste). Despite PE and PP fraction in polymer waste, we can mark PE and PP as environmentally friendly materials considering their chemical composition. Unfortunately, they are full of polymer additives containing a scale of problematic elements for recycling (nitrogen, oxygen, sulfur, chlorine, or fluorine). The purifying process can be stressful to polymer materials and polymer chains can degrade. For final processing we are developing a fractionation method to remove degraded fraction and rise the processed polymer value. Fractionation method is also an option to separate multi-layer or composite textile materials.

Small assembled stirred pilot apparatuses were designed for polymer purification and fractionation to set various experimental conditions (pressure up to 30 bar and temperature up to 150 °C). The apparatuses are equipped with glass windows for visual control, instrumental check of polymer-solvent dissolution, or determining the cloud point. Now we are assembling a bigger apparatus to purify larger amount of polymer sample to study the mechanical properties of processed polymers.

Pilot experiments were conducted with commercial plastic waste to proof that decolorizing is possible. The experiments were successfully repeated, but plastic waste is not suitable for systematic analysis due unknown composition of used polymer additives. We have built a small laboratory extruder to prepare set of defined polymer concentration granules to calibrate the instrumental FTIR and Raman spectroscopy methods.

The textiles recycling experiments were conducted with a set of selected solvents. The decolorized samples were inspected by digital microscopy to find out the degree of decolorization. The aim is to use the low processing temperature to prevent the fiber or polymer degrading and to enable the repeated polymer recycling.

# RELATIONSHIP BETWEEN THE CONCENTRATION OF DOPANT AND THE PROPERTIES OF ION TRANSPORT IN PLASTICIZED NACMC-PECTIN POLYBLEND ELECTROLYTE MEMBRANES

Riyadh Abdekadir Khellouf<sup>1\*</sup>, Vladimir Sedlarik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin, Tr. T. Bati  
5678,760 01 Zlin, Czech Republic

\*Correspondence email: Khellouf@utb.cz

## ABSTRACT

Due to the rapid evolution of modern technologies such as portable electronic devices, electric vehicles, and large-scale power sources, there is a growing imperative to develop low-cost and eco-friendly energy storage devices (ESDs). To date, there hasn't been a comprehensive examination specifically focused on biopolymer-based electrolytes for flexible energy storage and conversion devices. This research investigates the structural and electrical characteristics of sodium carboxymethyl cellulose (NaCMC)–pectin (PC)–glycerol–NH<sub>4</sub>Br electrolyte films and explores their potential uses in proton batteries. Films of plasticized solid polymer electrolyte (SPEs) were produced using the solution casting method. Fourier-transform infrared (FTIR) analysis confirmed the interaction between the salt and polymer blends. X-ray diffraction (XRD) results indicated that the inclusion of various salt concentrations (up to 25 wt%) enhanced the amorphous phase of the polymer blend. Similarly, EIS revealed that the sample containing the highest salt concentration (25 wt. %) showed the highest ionic conductivity measured at  $4.68 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ . According to LSV analysis, this sample demonstrated the capability to operate safely within a voltage limit of 2.4 V. This electrolyte was utilized to create a proton battery for energy storage purposes.

## Acknowledgments

This work was supported by the Internal Grant Agency of TBU in Zlin (IGA/CPS/2024/003) and the Ministry of Education Youth and Sports of the Czech Republic- DKRVO (RP/CPS/2022/002).

## **RENEWABLE POLY(LACTIC ACID) LIGNOCELLULOSE COMPOSITES FOR THE ENHANCEMENT OF THE WATER RETENTION CAPACITY OF SOIL**

Dalila Rubicela Cruz Fabian<sup>1\*</sup>, Silvie Durpekova<sup>1</sup>, Miroslava Dusankova<sup>1</sup>, Jaroslav Cisar<sup>1</sup>,  
Petra Drohsler<sup>1</sup>, Ondrej Elich<sup>2</sup>, Marketa Borkova<sup>2</sup>, Jarmila Cechmankova<sup>3</sup> and Vladimir  
Sedlarik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin, Tr. T. Bati  
5678, 760 01 Zlin, Czech Republic

<sup>2</sup> Dairy Research Institute, Ke Dvoru 12a, 160 00 Prague, Czech Republic

<sup>3</sup> Research Institute for Soil and Water Conservation, Zabovreska 250, 15627 Prague, Czech  
Republic

\* Correspondence e-mail: cruz\_fabian@utb.cz

### **ABSTRAKT**

This study describes the preparation and characterization of a renewable composite material intended as a water-retention soil conditioner based on low-molecular-weight poly(lactic acid) (PLA) and residual biomass (wheat straw and wood sawdust). The swelling properties and biodegradability of the PLA-lignocellulose composite under environmental conditions were evaluated as indicators of its potential for soil application. Its mechanical and structural properties were characterized by differential scanning calorimetry (DSC), thermogravimetric analysis (TGA), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and scanning electron microscopy (SEM). Results showed that incorporating lignocellulose waste material into PLA increased the swelling ratio of the composite by up to 300%. The application of the composite of 2 wt% in soil enhanced its capacity for water retention by 10%. In addition, the cross-linked structure of the material proved to be capable of repeatedly swelling and deswelling, indicating its good reusability. Incorporating lignocellulose waste in the PLA enhanced its stability in the soil environment. After 50 days of the experiment, almost 50% of the sample had degraded in the soil. Employing widely available, low-cost materials, no pre-treatments in the raw, underutilized cellulosic materials promotes not only the use of non-toxic materials in the crops but also the circular economy in the potential use of these composites as an alternative to synthetic hydrogels in agriculture.



## **ROLE OF THE MATERIALS USED IN A CHARGER UNIT IN THE TRIBOELECTRIC SORTING OF PLASTIC WASTE**

Jana Sklenářová, Marek Drápela, Mikuláš Vaszi, Jiří Perner, Juraj Kosek\*  
University of Chemistry and Technology Prague, Technická 5, 166 28 Praha 6, Czechia

\* Contact: [jkk@vscht.cz](mailto:jkk@vscht.cz)

### **ABSTRAKT**

Triboelectric separation of plastic waste is a method that has the potential to become an important member of the plastics recycling chain for many reasons, such as the low cost of the sorting process, no use of solvents and surfactants, possible separation of black materials, etc. It uses the charging of shredded waste by contact with other objects: different plastic materials obtain a different electrostatic charge by frictional contact with a suitable counter-material. Charged pieces are then separated during free fall between electrodes in the electrostatic separator. The choice of counter-material for charging is the most challenging task in designing a triboelectric separator, as it plays a crucial role in controlling the charge of individual plastic pieces. The tribocharging of dielectrics or insulators is still poorly understood, so predicting a suitable counter-material for different waste mixtures can be challenging, so most work has to be done experimentally. Our work focuses on improving electrostatic separation by finding suitable counter-materials to effectively separate multi-component plastic mixtures by separating one material per cycle and then recharging the remaining mixture with different counter-materials during the next cycle. We are also investigating the effect of additives on triboelectric separation - many additives are used in the polymer industry to improve products, but these substances can cause problems during recycling. Sorting plastic waste not only by bulk material but also by specific additive content can be valuable.

# STUDIUM VLIVU OPAKOVANÉHO TERMOPLASTICKÉHO ZPRACOVÁNÍ POLYPROPYLENU NA TERMICKÉ VLASTNOSTI POMOCÍ DSC

Jaroslav Císař<sup>1\*</sup>, Martin Novák<sup>1</sup>, Vladimír Sedlařík<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centrum polymerních systémů, Univerzitní institut, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída  
Tomáše Bati 5678, 760 01, Zlín, Česká republika

\* Korespondenční e-mail: jcisar@utb.cz

## ABSTRAKT

Cílem práce je detailní analýza změn v reorganizaci polymerních řetězců polypropylénu v důsledku opětovného termoplastického zpracování. Za tímto účelem byly vzorky polypropylénu opětovně zpracovány na dvojšnekovém extrudéru a následně analyzovány pomocí diferenční skenovací kalorimetrie (DSC). Výsledky ukázaly významný vliv počtu zpracovatelských cyklů na kinetiku, podíl a struktury krystalické fáze zkoumaných vzorků. Se zvyšující se mírou zpracování byla pozorována tvorba strukturních heterogenit, které se odrazily v záznamu z DSC analýzy.

## PODĚKOVÁNÍ

Práce byla financována z prostředků UTB ve Zlíně, rozvojového projektu CPS č.  
RP/CPS/2022/002.

# **SURFACE FUNCTIONALIZATION OF PLA SCAFFOLDS WITH FURCELLARAN DERIVATES**

Kateřina Štěpánková <sup>1\*</sup>, Kadir Ozaltın <sup>1</sup>, Petr Sáha <sup>1</sup>, Elif Vargun <sup>2</sup>, Eva Domincová-Bergerová<sup>1</sup>, Alenka Vesel <sup>3</sup>, Miran Mozetič <sup>3</sup> and Marián Lehocký <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre of Polymer Systems, Tomas Bata University in Zlin, třída Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín, Czech Republic

<sup>2</sup> Department of Chemistry, Mugla Sitki Kocman University, Kotekli, 48000 Mugla, Turkey

<sup>3</sup> Department of Surface Engineering, Jozef Stefan Institute, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

\* Corresponding e-mail: k1\_stepankova@utb.cz

## **ABSTRACT**

Insufficient bioactivity of poly(lactic acid) (PLA)-based scaffolds limits interactions between cells and the material, posing a challenge not only in the field of tissue engineering. This limitation can be overcome by functionalizing their surface using anionic polysaccharides similar to glycosaminoglycans, such as polysaccharides from marine algae. Therefore, the focus of this study was on creating highly porous PLA scaffolds using a solvent casting/particulate leaching method, where polyethylene glycol was used as a porogen at a mass ratio of 75%. The result was a well-connected porous structure with a thickness of 25  $\mu\text{m}$ . The surface of PLA scaffolds was activated using RF plasma, followed by deposition of sulfated and carboxymethylated furcellaran with varying degrees of substitution ( $DS = 0.8/0.3$ ) onto the modified surface. Identification of the sulfate/carboxymethyl groups was performed using elemental analysis and FT-IR spectroscopy. Successful surface functionalization of PLA scaffolds was confirmed by SEM and XPS analyses, which showed changes in topography and increased characteristic elements (N, S, Na) for surfaces treated with sulfated (SF) and carboxymethylated (CMF) furcellaran. Cytocompatibility was assessed using a mouse embryonic fibroblast cell line (NIH/3T3).

## **ACKNOWLEDGMENT**

This work was supported by the Ministry of Education and Sport of the Czech Republic under grant DKRVO RP/CPS/2022/005.

# SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF FOSSIL AND BIO-BASED POLYURETHANES FOR ENVIRONMENTAL APPLICATION

Simona Uhercová<sup>1\*</sup>, Muhammad Yasir<sup>1</sup>, Dušan Kimmer<sup>1</sup>, Miroslava Kovářová<sup>1</sup>, Lenka Lovecká<sup>1</sup>, Vladimír Sedlařík<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre of Polymer Systems, Tomas Bata University in Zlin,  
tr. Tomase Bati 5678, 760 01, Zlin 1, Czech Republic

\* Korespondenční e-mail: s\_dockalova@utb.cz

## ABSTRACT

This study reports on a comparison of the properties of polyurethanes (PU) made of soft segments from fossil polytetrahydrofuran (PTHF) diol with molar weight 2000 and bio-based polypropandiol (PPD) with molar weights 2000 and 500. The hard segments (60% by weight) were formed by 4,4' diphenylmethane diisocyanate (MDI) and 1,4 butanediol (1,4 BD). PU solutions were prepared using a one-shot synthesis method in dimethylformamide. Mechanical properties of prepared PU were characterized by the Tensile test to determine Young's modulus from stress vs. strain curves, surface wettability was determined by measured contact angles using the sessile drop method, and morphology was obtained from scanning electron microscopy (distribution of nanofiber diameter and relative % area porosity was calculated). Higher values of Young's modulus were assessed on PU with bio-based polymeric diol compared to fossil one. Nanostructures prepared from PU solutions were fabricated via an electrospinning process in a uniform electrostatic field. Variables such as used voltage, the distance between electrodes, the dosage of PU solution, speed of collecting substrate, relative humidity, and temperature were set at optimum values. The filtration properties (filtration efficacy and pressure drop) were measured by means of automatic filter tester TSI 3160. To further evaluate performance, the nanostructures with the same pressure drop and filtration efficacy were compared. Moreover, the effect of the hard and soft segment lengths on the filtration properties of nanostructures was evaluated, and it was found that PU-containing bio-based soft segments possessed better filtration properties.

## TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ ODPADNÍCH KALŮ Z RECYKLACE PLASTŮ

Lubor Laichman, Jaroslav Lev<sup>1\*</sup>, Eva Domincová Bergerová<sup>2</sup>, Kamila Sirotná<sup>3</sup>, Radek Příkryl<sup>4</sup>, Tibor Borbély<sup>5</sup>, Štěpán Smékal<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Název a ASIO TECH, spol. s r.o., Kšírova 552/45, 619 00 Brno, Česká republika

<sup>2</sup>CPS – Centrum polymerních systémů, třída Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín, Česká republika

<sup>3</sup> Ústav udržitelnosti a produktové ekologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Jankovcova 23, Praha 7, 170 00, Česká republika

<sup>4</sup> Ústav chemie materiálů, Fakulta chemická Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, Česká republika

<sup>5</sup>ZODPA s.r.o., Rybná 716/24, 110 00 Praha 1, Česká republika

<sup>6</sup>Fortemix s.r.o., Kirilovova 812, Paskov, 739 21, Česká republika

\* Korespondenční e-mail: laichman@asio.cz

### ABSTRAKT

V rámci provozu recyklačních linek plastů vznikají odpadní vody s významným podílem plastových částic, papírových vláken z etiket a nálepek a v případě recyklace znečištěných plastů i s podílem hlíny a písku. Výsledný kal vystupující z procesu čištění těchto odpadních vod je díky obsahu papíroviny velmi těžko zpracovatelný a je tím významně omezeno jeho možné druhotné využití. Projekt Technologie zpracování odpadních kalů z recyklace plastů, který je řešen v rámci programu Národní centra kompetence Technologické agentury České republiky (č. projektu TN02000051), se zaměřuje na vhodný způsob separace výše zmíněných znečišťujících nerozpuštěných látek z odpadních vod tak, aby bylo možné jejich další využití. Jde totiž o významný materiálový tok, který často končí nevyužitý na skládkách. Likvidace těchto odpadů představuje pro provozovatele recyklačních linek další finanční náklad. Nabízené řešení v rámci projektu tyto náklady na likvidaci nevyužitých odpadních proudů významně snižuje a zhodnocuje je v suroviny pro výrobu produktů s přidanou hodnotou z hlediska cirkulární ekonomiky.

Vhodným mechanickým předčištěním odpadních vod s následným odvodněním separovaného materiálu lze významně snížit znečištění před vstupem do samotného procesu čištění odpadních vod. Výsledkem zvolené technologie předčištění je téměř čistý plastový materiál. Druhým

výstupem procesu čištění odpadních vod je koncový kal tvořený papírovinou a anorganickým materiálem – hlinou, pískem – s minimálním obsahem větších plastových částic.

Kvalitativní a kvantitativní materiálové analýzy umožňují rychlé stanovení jednotlivých složek a ověření základních materiálových vlastností na testovacích foliích a tělesech. V rámci projektu je ověřována i míra mikrobiologického znečištění separovaných materiálů a řešena problematika záchytu a eliminace nebezpečných migrujících látek pomocí tzv. scavengerů a odstranění zápachu v odpadních materiálech pomocí tzv. odour scavengerů.

Praktické využití získaných plastů z mechanického předčištění bylo ověřeno při výrobě zkušebních sérií kazetové dlažby a střešní krytiny. Výsledkem ověření je probíhající investice do produkční technologie využívající tento typ materiálů. Uplatnění pro koncový kal z čištění odpadní vody se rýsuje v oblasti výroby stavebních materiálů, např. pálených cihel.

Katalytická mineralizace plastikářských kalů může představovat další vhodnou metodu zpracování komplikované matrice energetickou cestou.

Posouzení životního cyklu (LCA) by mělo potvrdit výhodnost nabízených technologických řešení z environmentálního pohledu.

Výsledky a technologické postupy získané v rámci projektu nabízí recyklačním firmám nejen efektivní způsob vyčištění odpadních vod a možnost jejich opětovného použití, ale také smysluplné využití všech odpadů vystupujících z procesu čištění. Z odpadní suroviny lze tak získat materiál pro výrobu dalších výrobků nebo pro energetické využití. Kaskádová recyklace v rámci systému „recyklační linka plastů – čištění odpadní vody – využití vznikajících odpadů“ je výhodným environmentálně-ekonomickým řešením v kontextu cirkulární ekonomiky a udržitelnosti k životnímu prostředí.

## THE USE OF GREEN SOLVENTS IN THE ELECTROSPINNING OF POLYMERS

Lenka Lovecká\*, Miroslava Kovářová, Dominika Hanušová, Vladimír Sedlařík

Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin,  
tr. T. Bati 5678, 760 01 Zlin, Czech Republic

\* Korespondenční e-mail: lovecka@utb.cz

### ABSTRACT

Electrospinning is a technology suitable for the preparation of nanofibrous structures with a wide range of applications in many industrial sectors, as well as in areas such as water treatment, pharmaceuticals or medicine. A wide range of polymers can be processed into nanofibrous materials using solution electrospinning [1]. Polymer solutions are often prepared using toxic solvents hazardous to the environment and human health. Such solvents include chloroform, N,N-dimethylformamide (DMF), N,N-dimethylacetamide (DMAc), dichloromethane (DCM), tetrahydrofuran (THF), hexafluoro-2-propanol (HFIP), N-methyl-2-pyrrolidone (NMP), etc. The European REACH Regulation has identified them as Substances of Very High Concern (SVHC) [2]. In the last decade, efforts to replace toxic solvents with green alternatives have been on the rise, including in the field of electrospinning [3,4].

The “greenness” of solvents, i.e. their environmental acceptability and safety for human health, is most often assessed using the 12 principles of green chemistry. On the basis of these principles, a number of solvents have been proposed that should be suitable substitutes for the aforementioned for dissolving a wide range of polymers [5].

The fact that a polymer solution can be prepared in a green solvent is no guarantee of electrospinnability. The additives that are added to the electrospinning solutions to modify their electrospinnability, in particular their electrical conductivity, must also be soluble in the chosen solvent or multisolvent system. The evaporation rate of the solvent must also be considered. A number of solvents for the preparation of polymer solutions processable on polymer membranes by phase separation are known from the literature, e.g. Cyrene (dihydrolevoglucosenone),  $\gamma$ -valerolactone (GVL), Rhodiasolv Polarclean (methyl 5-(dimethylamino)-2-methyl-5-oxopentanoate) or N butylpyrrolidinone (NBP). However, their evaporation rate is so high that they cannot be evaporated during the spinning process, or their residues remain in the fibres, which may exclude them from some applications such as medicine, pharmaceuticals or the

beverage industry. The recyclability of waste solvents is also an important issue, especially when considering the commercial application of electrospinning technology [6,7].

In order to make electrospinning a more attractive commercial technology, solvents that are economically affordable and comply with social and legal regulations, especially in terms of environmental and human health impacts, need to be used. At the same time, they must meet the condition of sufficient evaporation rate and solubility of the necessary additives.

### ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the Ministry of Education Youth and Sports of the Czech Republic – programme DKRVO (RP CPS) and Technology Agency of Czech Republic (project FW06010527).

### REFERENCE

- [1] Xue, J.; Wu, T.; Dai, Y.; Xia Y., Electrospinning and Electrospun Nanofibers: Methods, Materials, and Applications. *Chemical Reviews*, 2019, vol. 119, issue 8, p. 5298-5415.
- [2] Xie, W.; Li, T.; Tiraferri, A.; Drioli, E.; Figoli, A.; Crittenden, J.C.; Liu, B., Toward the Next Generation of Sustainable Membranes from Green Chemistry Principles. *ACS Sustain. Chem. Eng.*, 2021, vol. 9, p. 50-75.
- [3] Mehrabani, S. A. N.; Vatanpour, V.; Koyuncu, I., Green solvents in polymeric membrane fabrication: A review. *Sep. Purif. Technol.*, 2022, vol. 298, art. 121691.
- [4] Jordan, A.; Hall, C. G. J.; Thorp, L. R.; Sneddon, H. F., Replacement of Less-Preferred Dipolar Aprotic and Ethereal Solvents in Synthetic Organic Chemistry with More Sustainable Alternatives. *Chemical Reviews*, 2022, vol. 122, issue 6, p. 6749-6794.
- [5] Calvo-Flores, F. G.; Monteagudo-Arrebola, M. J.; Dobado, J. A., A Isac-García, Joaquín. Green and Bio-Based Solvents. *Topics in Current Chemistry*, 2018, vol. 376, issue 3, 40 p.
- [6] Casasola, R.; Thomas, N. L.; Georgiadou, S., Electrospinning of poly(lactic acid): Theoretical approach for the solvent selection to produce defect-free nanofibers. *Journal of polymer science, Part B: Polymer physics*, 2016, vol. 54, p. 1483–1498.
- [7] Kim, D.; Nunes, S. P., Green solvents for membrane manufacture: Recent trends and perspectives. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 2021, col. 28, art. 100427.



# VPLYV FARBÍV NA REOLOGICKÉ VLASTNOSTI PRIPRAVENÝCH KONCENTRÁTOV Z KYSELINY POLYMLIEČNEJ

Mária Petková\*, Marcela Hricová, Anna Ujhelyiová, Agáta Hudecová

Oddelenie plastov, kaučuku a vlákien, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie  
STU v Bratislave, Radlinského 9, 81237 Bratislava, Slovenská republika

\* Korespondenční e-mail: maria.petkova@stuba.sk

## ABSTRAKT

V dnešnej dobe sa spoločnosť venuje téme ako zmenšiť množstvo plastového odpadu v oveľa väčšej miere. Jedným zo spôsobov je recyklácia. No v dnešnej dobe sa výskum zameriava aj na biologicky degradovateľné polyméry a polyméry z obnoviteľných zdrojov. Medzi tieto polyméry môžeme zaradiť aj kyselinu polymliečnu (PLA). Môžeme sa s ňou stretnúť vo forme čistej PLA, ale mnoho výskumov sa zameriava na zmesi PLA s ďalšími prísadami. Nakoľko by bolo dobré preraziť aj v komerčnom používaní farebných biodegradovateľných polymérov, je potrebné nájsť vhodné farbivá, aby PLA, prípadne zmesi PLA, nestratili svoju biodegradovateľnosť (Európsky štandard EN 13432) a boli použiteľné v širokom spektre priemyselných odvetví. Z pohľadu zloženia môžeme farbivá rozdeliť do dvoch skupín na anorganické a organické. Možnosťou výberu medzi anorganickými pigmentami sú napríklad titánová beloba, či sadze, no pre väčšiu farebnú škálu sú potrebné aj ďalšie možnosti. Niektorí výrobcovia farbív ponúkajú aj niektoré organické farbivá ako biodegradovateľné. Preto sa náš výskum zamerlal na farebné možnosti pre biodegradovateľný polymér PLA a pigmenty použité na farbenie v hmote s anorganickými ako aj organickými farbivami. [1-3]

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

### Použitý materiál

Kyselina polymliečna Luminy L175, MFI 8 g/10 min pri 210°C (Total Corbion PLA B.V.)

Pigmenty:

1. anorganický pigment - železitý pigment Fepren TP 303M (F303M) (Precheza a.s.)
2. organický pigment - červený pigment PV Fast Red D3G-CN (FR) (Clariant Ltd, Switzerland)

Dispergačné činidlo - silikónový olej V350 (Azelis Slovakia, s.r.o.).

## Príprava koncentrátov

Boli pripravené koncentráty s 1 a 3% koncentráciou oboch pigmentov a dispergátora, a ako referenčná vzorka bola použitá čistá PLA. Koncentráty boli pretavené na laboratórnej linke s dvoj závitovým extrúderom ( $\varnothing$  28 mm), pri teplote 185-210°C. Tavenina bola chladená a následne peletizovaná na zariadení Drais. Zloženie pripravených zmesí je v Tabuľke 1.

Tab.1 Zloženie pripravených koncentrátov a referenčnej vzorky

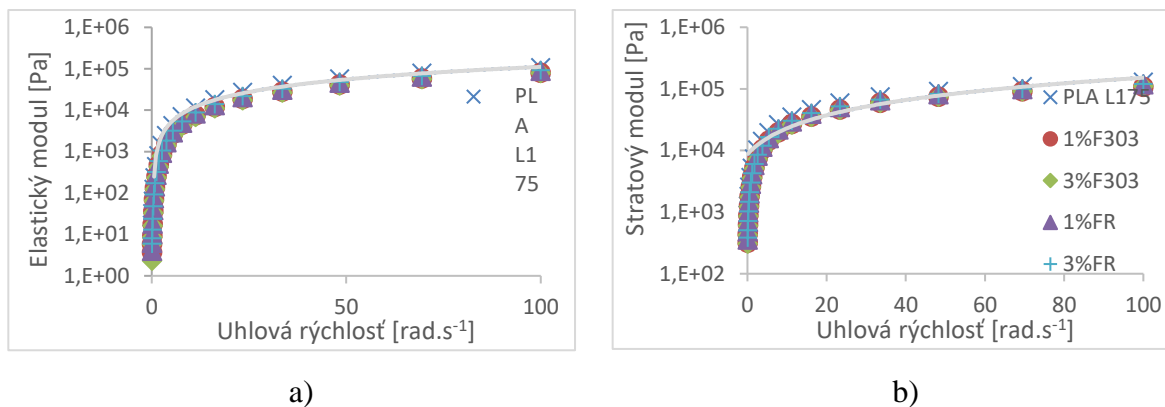
Vzorka	PLA [%]	Pigment [%]	Dispergátor V350 [%]
PLA L175	100	-	-
1%F303	98,7	1	0,3
3%F303	96,4	3	0,6
1%FR	98,7	1	0,3
3%FR	96,4	3	0,6

## Použité metódy

Pre ďalšie spracovanie a využitie farebných koncentrátov je potrebné poznať reologické správanie materiálu. Preto sme hodnotili reologické správanie čistej PLA vzorky ako aj pripravených koncentrátov na zariadení Physica MCR 101 reometer (Anton Paar, Rakúsko). Meranie bolo robené v atmosfére – vzduch. Boli použité meracie telieska doska – doska, s priemerom 25 mm. Meracia štrbina bola 1 mm. Všetky reologické merania boli spravené pri teplote 190 °C, pri napätí 1% a uhlovej rýchlosti 0,1 až 100 rad. s<sup>-1</sup>.

## Výsledky a diskusia

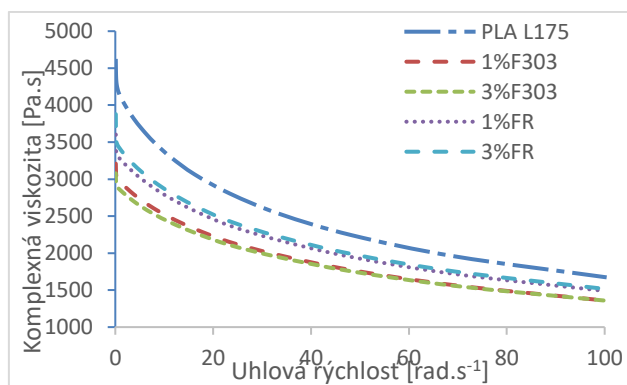
Elastický modul  $G'$  reprezentuje elasticú časť deformácie polymérneho materiálu. Ide o vratnú deformáciu. Kým stratový modul  $G''$  vypovedá o plastickej deformácii, ktorá je nevratná. Tangenciálna hodnota podielu stratového a elastickeho modulu môže byť od 0 po  $\infty$ , čo zodpovedá charakteristike materiálu od ideálne elastickeho po ideálne plastickeho materiálu. Čím je tento pomer bližšie k 1, tým viac predstavuje materiál s vyváženými viskoelastickejšími vlastnosťami. Koncentráty s pigmentami dosahujú tento stav pri vyššej uhlovej frekvencii. Pri nižších uhlových frekvenciách je plasticke správanie oveľa výraznejšie. V tekutom správaní koncentrátov s pigmentmi v porovnaní s čistou PLA neboli zaznamenané významné zmeny (Obr. 1 a, b).



Obr.1 Elastický (a) a stratový modul (b) v závislosti od uhlovej rýchlosti

Podobne, komplexná viskozita zahŕňa v sebe viskóznú aj elastickú zložku, kde môžeme vidieť pokles viskozity koncentrátov v porovnaní s čistou PLA (Obr. 2). Tiež je zjavné, že prídanie anorganického pigmentu v koncentrácii 1 aj 3%, viskozitu znížilo výraznejšie ako koncentráty s obsahom 1 a 3 % organického pigmentu.

Z tohto vyplýva, že oscilačné reometre poskytujú pomerne podrobný pohľad do dynamicko-mechanických vlastností polymérov. A preto je potrebné hodnotiť uvedené vlastnosti aj pre ďalšie spracovateľské postupy pripravených koncentrátov.



Obr.2 Viskozitná krivka vyjadrená závislosťou komplexnej viskozity od uhlovej rýchlosti

## Záver

Cieľom tejto práce bolo vyhodnotenie reologického správania PLA koncentrátov s anorganickým a organickým pigmentom, v dvoch koncentráciách, vzhľadom na priemyselné využitie a potrebu zachovania stavu biodegradovateľného zloženia. Koncentráty spĺňajú povolené limitné množstvá podľa platných STN a vplyv pigmentov na spracovateľské vlastnosti nie je taký veľký, aby znemožňoval použitie pigmentovaných koncentrátov na rôzne technologické použitia.

## **Pod'akovanie**

Túto prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-21-0172.

## **Referencie**

1. Gu S-Y., Zhang K., Ren J., Zhen H.: Melt rheology of polylactidel poly (butylene adipate-co-terephthalate) blends, *Carbohydrate Polymers* 79-85, 74(2008).
2. LeMarec P.E., Quantin J.-Ch., Ferry L., Bénézet J.-Ch., Guilbert S., Bergeret A.: Modelling of PLA melt rheology and batch mixing energy balance, *European Polymer journal*, 273-285, 60(2014).
3. Tomčíková Z., Ujhelyová A., Holcová K., Hricová M., Plavec R.: Applicative and rheological properties of PLA masterbatches with content of plasticizer and bioplasticizer, *fibres and Textiles*, 28(1),2021.

# VPLYV PODMIENOK PRÍPRAVY A OBSAHU ADITÍV NA VLASTNOSTI BIODEGRADOVATEĽNÝCH VLÁKIEN

Marcela Hricová\*, Mária Petková, Anna Ujhelyiová

Oddelenie plastov, kaučuku a vlákien, Ústav prírodných a syntetických polymérov,  
Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita v Bratislave,  
Radlinského 9, 812 37 Bratislava, SK

\* Korespondenční e-mail: marcela.hricova@stuba.sk

## ABSTRAKT

Potreba spoločnosti chrániť životné prostredie prispieva k snahe eliminovať syntetické polyméry a nahradiť ich novými, biologicky rozložiteľnými produktmi. Aplikácia biodegradovateľných polymérov a tiež polymérov z obnoviteľných zdrojov môže dopomôcť k znižovaniu odpadov na skládkach a zlepšiť stav súčasného znečistenia. Táto práca je zameraná na prípravu vlákien z kyseliny polymliečnej (PLA) a jej modifikácií (druhý polymér, nukleačné činidlo). V práci sa hodnotil vplyv podmienok prípravy a obsahu aditív na termo-mechanické vlastnosti a priemernú orientáciu pripravených PLA vlákien.

## ÚVOD

Polyméry na báze ropy sa v širokom rozsahu používajú pri výrobe produktov pre rôzne aplikácie vo všetkých odvetviach priemyslu. Avšak vyčerpávanie ropných zdrojov, kolísanie cien ropy ako aj environmentálne otázky sú celosvetovým problémom v súvislosti s výrobou syntetických polymérov. Polyméry na báze ropy vyvolávajú vážne obavy ochrancov životného prostredia, pretože väčšina z nich zostáva ako nerozložiteľné odpadové materiály v životnom prostredí. Úsilie na nápravu týchto problémov sa zameralo na výrobu biodegradovateľných polymérov z obnoviteľných zdrojov [1]. V posledných rokoch čoraz viac pozornosti priťahuje kyselina polymliečna, ako biologický a biodegradovateľný polyester. Získava sa z obnoviteľných zdrojov, ako napríklad kukurica, zemiaky, cukrová trstina a odpadu z ich produktov.

Biologická odbúrateľnosť kyseliny polymliečnej, ako aj jej atraktívne mechanické a fyzikálne vlastnosti (napr. vysoký modul, vysoká pevnosť, dobré bariérové vlastnosti) umožňujú jej použitie v komoditných a inžinierskych aplikáciách ako náhrada niektorých dôležitých

polymérov na báze ropy, ako je polypropylén (PP), polyetyléntereftalát (PET), polystyrén (PS) alebo polyetylén s vysokou hustotou (HDPE). Niektoré z týchto aplikácií zahŕňajú obalové materiály a fólie, vlákna a textil, alebo produkty pre automobily a stavebníctvo [2, 3].

Vďaka svojim vlastnostiam sú PLA vlákna vhodné pre široké spektrum technických aplikácií, na výrobu odevov ako aj ochranných odevov. Nízka absorpcia vlhkosti a jej rýchly odvod dávajú predpoklady pre využitie v športových odevoch. Nízka horľavosť a vysoká odolnosť voči UV žiareniu sú výhodou pre ochranné odevy. Nízky index lomu poskytuje vynikajúce farebné vlastnosti. Vďaka nízkej hustote sú PLA vlákna ľahšie ako väčšina syntetických vlákien. Tým, že vlákna pochádzajú z obnoviteľných zdrojov, ponúkajú výhody pre široké spektrum spotrebiteľov [4]. PLA vlákna sa stávajú jedným z najadekvátnejších biopolymérov pre textilný priemysel. Používajú sa v pletených a netkaných textíliách, plienkach, servítkach, utierkach do automobilov, pre domáce použitie a osobnú hygienu a pod. Výrobky z PLA vlákien s obsahom prírodných vlákien majú vylepšené tepelné vlastnosti a môžu sa využiť na výrobu produktov, ktoré sa dajú použiť pri vysokých teplotách, napr. v automobilovom priemysle ako vlákna pre vnútorné časti automobilov (strecha z plachtoviny, kobercové rohože atď.) [5]. Vďaka svojej biokompatibilite a netoxickým vlastnostiam sa PLA bežne zvažuje pre biomedicínske aplikácie, napr. pre tkanivové inžinierstvo, krvné cievy, na prenos liečiv, atď. [6].

Niektoré nedostatky, napr. vysoká tuhosť a krehkosť, nízka tepelná odolnosť a relatívne nízka miera kryštalizácie PLA, však bránia procesu jej širokého komerčného využitia [7]. Rôzne výskumy sú preto zamerané na modifikáciu PLA, napr. kopolymerizáciou alebo použitím rôznych aditív a modifikátorov, ako sú plastifikátory a nukleačné činidlá [8]. Poly(hydroxybutyrát) (PHB) patrí do skupiny polyhydroxyalkanoátov (PHA). Je to biologicky odbúrateľný, termoplastický polymér produkovaný bakteriálnymi typmi rôznych mikroorganizmov. PHB je tuhý a krehký, vysoko kryštalický polyester s vysokou teplotou topenia 173-180°C. Vysoká krehkosť, ktorá súvisí s obťažným spracovaním PHB vedie k hľadaniu nových spôsobov s cieľom rozšíriť jeho priemyselné aplikácie. Jednoduchým spôsobom, ako zlepšiť vlastnosti PLA a PHB je ich zmiešanie. Vďaka svojim vlastnostiam PHB zvyšuje kryštalinitu, hydrofóbnosť či bariérové vlastnosti PLA.

V polymérnych materiáloch sa nukleačné činidlá používajú najmä na zvýšenie rýchlosti kryštalizácie. Ich obsah v polyméroch sa najčastejšie pohybuje v rozmedzí 0,1-0,5%. Nedostatočná tepelná odolnosť PLA vlákien obmedzuje jej širšie uplatnenie. Pridanie nukleačného činidla podporuje kryštalizáciu PLA, čím zlepšuje jej tepelnú odolnosť a pomáha zvýšiť heterogénnu nukleáciu. Účinok nukleačného činidla na tepelnú odolnosť PLA závisí od

jeho množstva. Zvýšenie prídavku nukleačného činidla má taktiež vplyv na pevnosť PLA v ťahu. S vyšším obsahom nukleačného činidla sa produkujú väčšie množstvá mikrokryštálov, ktorých vzájomné pôsobenie zvyšuje intramolekulárne interakcie [9].

Táto práca bola zameraná na prípravu vlákien z kyseliny polymliečnej, ktoré by vďaka svojim vlastnostiam mohli byť potencionálnou náhradou za nedegradovateľné polymérne vlákna na báze ropy. Hlavným cieľom experimentálnej časti bolo sledovať a zhodnotiť vplyv podmienok prípravy vlákien (teplota dĺženia) a obsahu aditív na výsledné vlastnosti takto pripravených PLA vlákien.

## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### Použité materiály

Polyméry: kyselina polymliečna (PLA) a poly(hydroxybutyrát) (PHB)

Nukleačné činidlo: mastenec (M)

### Príprava vzoriek

Vzorky PLA koncentrátov s aditívami (s konečnou koncentráciou aditív na priame zvlákňovanie, t. j. PLA + 20 hm.% PHB + 0,25 alebo 0,5 hm.% M) boli pripravené na dvojzávitkovom extrúderi Labtech Scientific s priemerom  $D=28$  mm, pomerom  $L/D=40$  so súhlasne rotujúcimi závitovkami so vzájomným prekryvom, pri teplote  $190^{\circ}\text{C}$ .

Pred zvláknením sa čistá PLA aj koncentráty PLA/PHB/M sušili po dobu troch hodín pri teplote  $80^{\circ}\text{C}$ .

Takto pripravené vzorky PLA koncentrátov ako aj čistá PLA boli následne zvláknené na laboratórnom zvlákňovacom zariadení TS 32/16 (1-vretenový extrúder) s konštantným teplotným režimom  $T=190^{\circ}\text{C}$ . Všetky vzorky vlákien boli následne diskontinuálne vydĺžené na maximálny dĺžiací pomer  $\lambda_{\text{max}}$  pri štyroch rôznych teplotách 80; 90; 100 a  $105^{\circ}\text{C}$ . Zoznam a zloženie vzoriek je uvedené v *Tab. 1*.

### Metódy

Termo-mechanické vlastnosti PLA vlákien sa merali na prístroji TMA-50 (Shimadzu) v teplotnom rozmedzí  $30-100^{\circ}\text{C}$ , rýchlosť ohrevu  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , dĺžka vlákna 9,8 mm. Termo-mechanické vlastnosti – teplota deformácie a rozmerová stabilita vlákna (relatívne skrátenie resp. predĺženie) boli vyhodnotené zo závislosti deformácie od teploty programom ta60.

Na meranie priemernej orientácie vlákien metódou rýchlosti zvuku bol použitý prístroj DynamicModulusTester PPM-5 (H.M.MorganCo., INC, Cambridge, Mass., U.S.A). Keďže pre

kyselinu polymliečnu nepoznáme hodnotu rýchlosti šírenia zvuku v úplne neorientovanom vlákne, v experimentálnej časti práce sa nestanovoval priemerný faktor orientácie a PLA vlákna sa hodnotili len na základe nameranej rýchlosti zvuku.

Tab. 1 Zloženie a dosiahnuté dĺžiace pomery vzoriek PLA a PLA modifikovaných vlákien

vlákno	$\lambda_{\max}$			
	$T_{\text{dlž}} = 80^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{dlž}} = 90^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{dlž}} = 100^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{dlž}} = 105^{\circ}\text{C}$
PLA	2,0	2,4	2,7	3,0
PLA/PHB	2,7	3,2	3,5	3,5
PLA/PHB/0,25M	2,5	3,0	3,4	3,6
PLA/PHB/0,5M	2,6	3,0	3,5	3,3

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Termo-mechanické vlastnosti PLA vlákien

Pri príprave a spracovaní syntetických vlákien nastáva ich tepelné zaťaženie, čím dochádza k zmene molekulovej a nadmolekulovej štruktúry. Termo-mechanické metódy sa využívajú pri štúdiu fyzikálnych, chemických a fyzikálno-chemických zmien polymérov a vlákien v závislosti od teploty. Termo-mechanicou analýzou (TMA) sa hodnotila deformácia vzoriek PLA vlákien, ktoré boli zaťažené neoscilujúcou silou, pri riadenom teplotnom režime.

V Tab. 2 a na Obr. 1 sú uvedené výsledky z meraní a vyhodnotenia termo-mechanickej analýzy. U všetkých dĺžených PLA vlákien dochádza vplyvom zaťažujúcej sily a teploty k zmrašteniu vlákien pri teplotách 62-70°C. Najvyššie percento deformácie (zmraštenie) vykazujú dĺžené vlákna z čistej PLA (5,6-6,3%). Podobne ako u nedĺžených vlákien aj tu sa prejavil vplyv aditív a došlo k výraznému zníženiu deformácie vlákien a hodnoty zmraštenia sa pohybovali v rozsahu 1,1-2,8%. Tento trend je rovnaký pre všetky teploty dĺženia vlákien (Tab. 2, Obr. 1). Môže to byť spôsobené tým, že v okolí teploty sklovitého prechodu dochádza k relaxácii napätia, ktoré bolo vložené do vlákien pri dĺžení, makromolekuly majú tendenciu vrátiť sa do pôvodného stavu a tým dochádza k zmrašteniu vlákien.

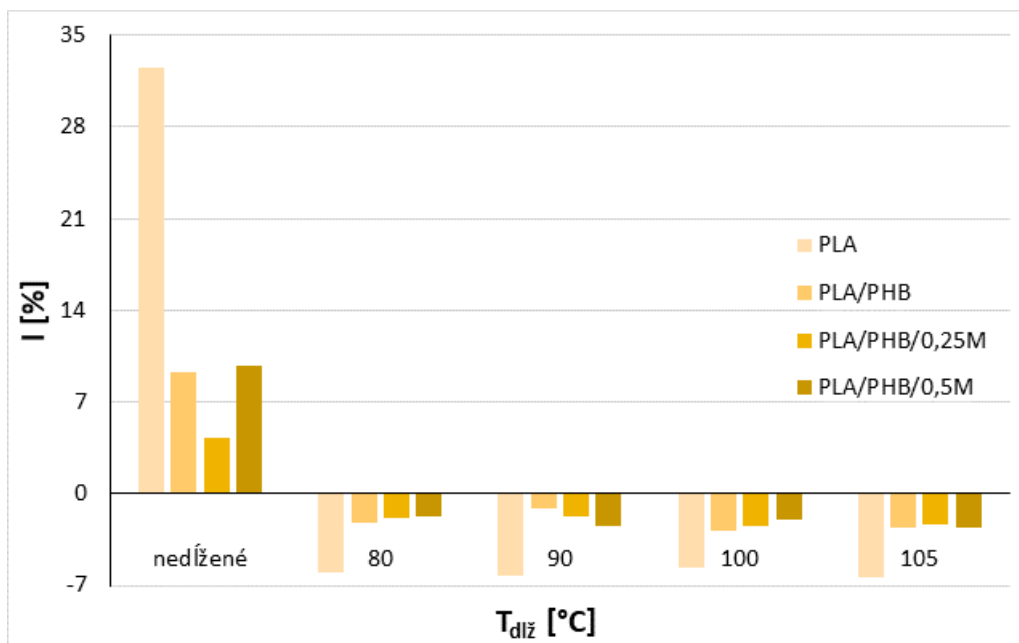


Tab. 2 Termo-mechanické vlastnosti PLA vlákien

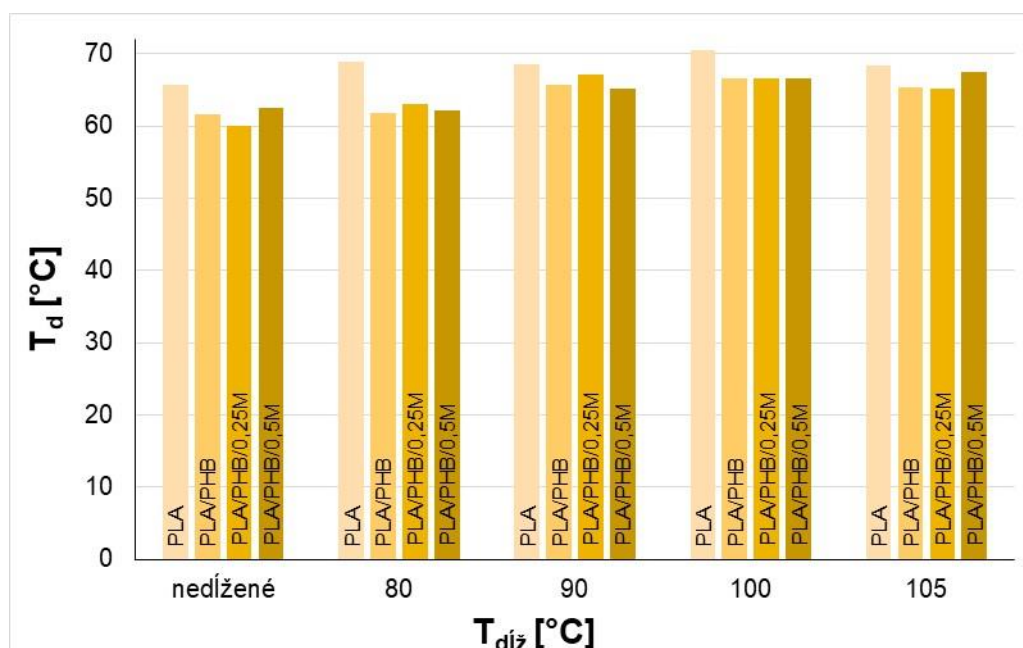
zloženie vlákien	T <sub>dĺž</sub> [°C]	λ <sub>max</sub>	l [%]	T <sub>a</sub> [°C]
PLA	<b>nedĺž</b>	-	32,53	65,71
PLA/PHB		-	9,26	61,66
PLA/PHB/0,25M		-	4,22	60,11
PLA/PHB/0,5M		-	9,76	62,55
PLA	<b>80</b>	2,0	-5,97	68,91
PLA/PHB		2,7	-2,27	61,80
PLA/PHB/0,25M		2,5	-1,81	62,96
PLA/PHB/0,5M		2,6	-1,71	62,20
PLA	<b>90</b>	2,4	-6,29	68,52
PLA/PHB		3,2	-1,06	65,70
PLA/PHB/0,25M		3,0	-1,70	67,13
PLA/PHB/0,5M		3,0	-2,47	65,16
PLA	<b>100</b>	2,7	-5,60	70,56
PLA/PHB		3,5	-2,85	66,57
PLA/PHB/0,25M		3,4	-2,52	66,66
PLA/PHB/0,5M		3,5	-1,95	66,62
PLA	<b>105</b>	3,0	-6,38	68,41
PLA/PHB		3,5	-2,64	65,43
PLA/PHB/0,25M		3,6	-2,29	65,19
PLA/PHB/0,5M		3,3	-2,57	67,48

U všetkých nedĺžených PLA vlákien dochádza k predĺžovaniu vlákien pri teplotách 60-65°C. Rozsah predĺženia u vlákien z čistej PLA bol 32%. U aditívovaných vlákien sa prejavil výrazný vplyv druhého polyméru a nukleačného činidla, pričom rozsah predĺženia bol iba 4-9%.

Vplyv aditív sa prejavil na znížení hodnôt teploty deformácie pri všetkých modifikovaných PLA vláknach v porovnaní s čistými PLA vláknami (Tab. 2, Obr. 2). Nenašiel sa ale výrazný vplyv koncentrácie jednotlivých aditív na termo-mechanické vlastnosti PLA vlákien. So zvyšujúcou sa teplotou dĺženia dochádza aj k nárastu hodnôt teploty deformácie jednotlivých PLA vlákien, pričom najvyššie hodnoty boli na merané u vlákien s T<sub>dĺž</sub>=100°C.



Obr. 1. Závislosť zmeny dĺžky nedĺžených a dĺžených PLA vláken od teploty dĺženia



Obr. 2 Závislosť teploty deformácie nedĺžených a dĺžených PLA vláken od teploty dĺženia

### Hodnotenie priemernej orientácie vláken metódou rýchlosti zvuku

Rýchlosť zvuku polymérnych vláken môže byť mierou ich anizotropie a zároveň aj fyzikálnou veličinou na výpočet mechanických vlastností, ako je napr. modul pružnosti. Rýchlosť zvuku stúpa so zvyšovaním orientácie vláken, pričom táto veličina je veľmi citlivá na hustotu vzájomného usporiadania segmentov reťazca makromolekuly, teda aj na zmenu podielu kryštalických častí. Mechanické vlastnosti vláken závisia na parametroch nadmolekulovej

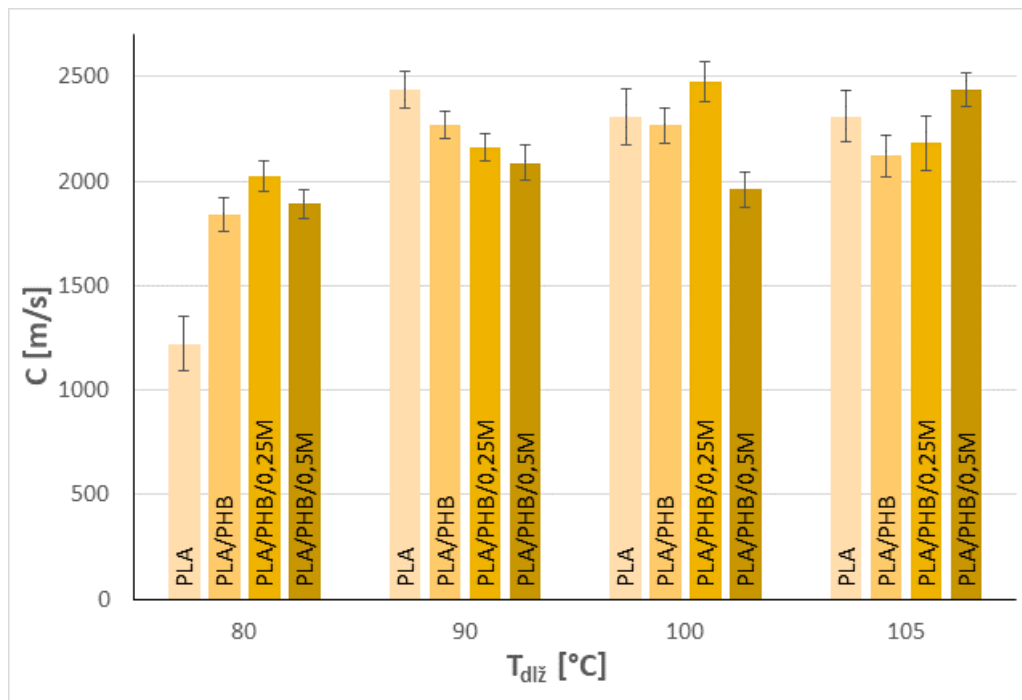
štruktúry, ktoré sú určujúce pre rýchlosť, ktorou sa šíria mechanické impulzy. Keďže nepoznáme hodnotu rýchlosti šírenia zvuku úplne neorientovaného PLA vlákna, nebolo možné vypočítať hodnotu priemernej orientácie a z tohto dôvodu sme pripravené PLA vlákna hodnotili iba na základe nameraných hodnôt rýchlosti zvuku.

Tab. 3 Rýchlosť šírenia zvuku v dĺžených PLA vláknach

zloženie vlákien	$T_{diz}$ [°C]	$\lambda_{max}$	$T_t$ [tex]	C [m/s]
PLA	<b>80</b>	2,0	62,5	1222
PLA/PHB		2,7	48,5	1841
PLA/PHB/0,25M		2,5	49,1	2025
PLA/PHB/0,5M		2,6	42,9	1891
PLA	<b>90</b>	2,4	47,0	2438
PLA/PHB		3,2	40,1	2272
PLA/PHB/0,25M		3,0	41,3	2161
PLA/PHB/0,5M		3,0	42,0	2088
PLA	<b>100</b>	2,7	45,1	2306
PLA/PHB		3,5	33,4	2266
PLA/PHB/0,25M		3,4	35,9	2478
PLA/PHB/0,5M		3,5	35,5	1960
PLA	<b>105</b>	3,0	39,1	2311
PLA/PHB		3,5	36,3	2121
PLA/PHB/0,25M		3,6	34,6	2183
PLA/PHB/0,5M		3,3	38,0	2435

Na základe nameraných hodnôt (Tab. 3) a z grafického znázornenia rýchlosti šírenia zvuku v PLA vláknach (Obr. 3) môžeme pozorovať rozptyl hodnôt v rozsahu 1222 - 2478 m/s. Najnižšie hodnoty rýchlosti zvuku boli namerané pri teplote dĺženia 80°C a to pre všetky hodnotené PLA vlákna.

Vlákna z čistej PLA dosahujú výrazne nižšiu rýchlosť šírenia zvuku pri teplote 80°C (1222 m/s). Pri ostatných teplotách dĺženia dosahuje rýchlosť šírenia zvuku čistých PLA vlákien hodnoty na úrovni hodnôt ostatných modifikovaných PLA vlákien, pričom najvyššia hodnota bola nameraná pri  $T_{diz}=90^\circ\text{C}$ . Vlákna s prídavkom PHB majú porovnateľný charakter s ostatnými aditivovanými vláknami a najvyššie hodnoty dosahujú pri teplote dĺženia 90 a 100°C.



Obr. 3 Závislosť rýchlosti zvuku v PLA vlákne od teploty dĺženia

Rýchlosť šírenia zvuku pre vlákna s koncentráciou mastenca 0,25% má mierne stúpajúci charakter v závislosti od teploty dĺženia, pričom najvyššia rýchlosť bola nameraná pri  $T_{dlz}=100^{\circ}\text{C}$ . Vlákno s koncentráciou mastenca 0,5% má taktiež stúpajúcu tendenciu, pričom najvyššiu rýchlosť šírenia zvuku dosahuje pri  $T_{dlz}=105^{\circ}\text{C}$ .

## ZÁVER

Na základe získaných údajov z termo-mechanickej analýzy a merania rýchlosti zvuku možno výsledky formulovať do nasledujúcich záverov:

Vplyv aditív sa u modifikovaných PLA vlákien prejavil znížením deformácie a tiež znížením hodnôt teploty deformácie týchto vlákien oproti vláknam z čistej PLA. Nenašiel sa ale výrazný vplyv koncentrácie jednotlivých aditív na termo-mechanické vlastnosti PLA vlákien. So zvyšujúcou sa teplotou dĺženia dochádza k miernemu nárastu hodnôt teploty deformácie čistých i modifikovaných PLA vlákien, pričom najvyššie hodnoty boli na merané u vlákien s  $T_{dlz}=100^{\circ}\text{C}$ .

Na základe metódy merania rýchlosti zvuku vo vláknach sa zistilo, že teplota dĺženia i obsah aditív ovplyvňujú orientáciu PLA vlákien. Pre vlákna čistej PLA a zmesné PLA/PHB vlákna sa najlepšie výsledky dosiahli pri teplote dĺženia  $90^{\circ}\text{C}$ . Najvyššia rýchlosť šírenia zvuku pre PLA/PHB/0,25M bola nameraná pri  $T_{dlz}=100^{\circ}\text{C}$  a pre vlákna PLA/PHB/0,5M pri  $T_{dlz}=105^{\circ}\text{C}$ .

## POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla za podpory Agentúry pre podporu vedy a výskumu, v rámci projektu APVV-21-0172.

## LITERATÚRA

- [1] Garlotta, D.: A literature review of poly (lactic acid), *Journal of Polymers and the Environment*, 2002, vol.9, pp. 63-84, <https://doi.org/10.1023/A:1020200822435>
- [2] Nofar, M.; Park, C.B.: Poly (lactic acid) foaming, *Progress in Polymer Science*, 2014, 39(10), pp. 1721-1741, <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2014.04.001>
- [3] Gupta, B.; Revagade, N.; Hilborn, J.: Poly(lactic acid) fiber: An overview, *Progress in Polymer Science*, 2007, 32(4), pp. 455-482, <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2007.01.005>
- [4] Imura, Y.; Hogan, R.M.C.; Jaffe, M.: 10 - Dry spinning of synthetic polymer fibers. *Advances in Filament Yarn Spinning of Textiles and Polymers*, Dong Zhang (Ed.), Woodhead Publishing, 2014, pp. 187-202, <https://doi.org/10.1533/9780857099174.2.187>
- [5] Serizawa, S.; Inoue, K.; Iji, M.: Kenaf-fiber-reinforced poly(lactic acid) used for electronic products, *Journal of Applied Polymer Science*, 2006, 100(1), pp. 618-624, <https://doi.org/10.1002/app.23377>
- [6] Saini, P.; Arora, M.; Kumar, M.N.V.R.: Poly(lactic acid) blends in biomedical applications, *Advanced Drug Delivery Reviews*, 2016, 107, pp. 47-59, <https://doi.org/10.1016/j.addr.2016.06.014>
- [7] Samantaray, P.K.; Little, A.; Haddleton, D.M.; McNally, T.; Tan, B.; Sun, Z.; Huang, W.; Ji, Y.; Wan, C.: Poly(glycolic acid) (PGA): A versatile building block expanding high performance and sustainable bioplastic applications, *Green Chemistry*, 2020, 22(13), pp. 4055-4081, <https://doi.org/10.1039/D0GC01394C>
- [8] Arrieta, M.P.; López, J.; López, D.; Kenny, J.M.; Peponi, L.: Effect of chitosan and catechin addition on the structural, thermal, mechanical and disintegration properties of plasticizers electrospun PLA-PHB biocomposites, *Polymer Degradation and Stability*, 2016, 13, pp. 145-156, <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2016.02.027>
- [9] Wang, L.; Wang, Y.N.; Huang, Z.G.; Weng, Y.X.: Heat resistance, crystallization behavior, and mechanical properties of polylactide/nucleating agent composites, *Materials & Design*, 2015, 66(A), pp. 7-15, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.10.011>

## VYUŽITÍ BIOPOLYMERNÍCH SUROVINOVÝCH ZDROJŮ 2. GENERACE PRO PRODUKTY S PŘIDANOU HODNOTOU (2GVALUE)

Tomáš Šopík<sup>1\*</sup>, Jakub Klaban<sup>1</sup>, Richard Zetek<sup>2</sup>, Kateřina Kunášková<sup>2</sup>, Kateřina Zetková<sup>3</sup>,  
Marie Nováková<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CPS – Centrum polymerních systémů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, třída T. Bati  
5678, 760 01 Zlín, Česká republika

<sup>2</sup>Ethanol Energy a.s., Školská 118, 285 71 Vrды

<sup>3</sup>SYNPO a.s., S. K. Neumanna 1316, 530 02 Pardubice

\* Korespondenční e-mail: [sopik@utb.cz](mailto:sopik@utb.cz)

### ABSTRAKT

Projekt Využití biopolymerních surovinových zdrojů 2. generace pro produkty s přidanou hodnotou (2GVALUE) je řešen v rámci programu Národní centra kompetence Technologické agentury České republiky (č. projektu DP TN02000051/015). Dílčí projekt 2GVALUE naplňuje principy zelené transformace v kontextu podpory vývoje technologií pro efektivní využití surovinových zdrojů druhé generace (2G) za účelem environmentálně šetrných výrob produktů s přidanou hodnotou. Mezi vstupní 2G suroviny patří lignocelulózová biomasa nebo dřeviny, zemědělské zbytky nebo odpady a také specializované nepotravinové energetické plodiny pěstované na okrajových půdách nevhodných pro produkci potravin. 2GVALUE se zaměřuje na vývoj technologií pro efektivní a ekologicky šetrnou transformaci 2G surovin na sacharidické substráty, které mohou být následně využity pro návazné technologie. Ty jsou v rámci projektu 2GVALUE reprezentovány vývojem poloprovozních technologií biotechnologických výrob např. kyseliny mléčné, případně etanolu či vyšších alkoholů. Navazující aktivitou bude vývoj čtvrt/poloprovozní jednotky na syntézu biorozložitelného polymeru kyseliny mléčné – polylaktidu, který může nacházet uplatnění primárně v aplikacích ekologického zemědělství či environmentálních a půdoochranných technologiích.

Vhodnou optimalizací hydrolyzačních podmínek (zředěná kyselina sírová anebo zředěná kyselina fosforečná s hydroxidem sodným) 2G suroviny na bázi lignocelulózového materiálu v kombinaci s enzymem Cellic<sup>®</sup> CTec3 HS (Novozymes) bylo dosaženo souhrnné koncentrace monosacharidů v rozmezí 1 – 1,5 g/100 ml (xylóza, fruktóza, glukóza). V případě použití 2G suroviny na bázi škrobu je výstupní koncentrace sacharidů po procesu ztekucení a zcukření

v rozmezí 4 – 5 g/100 ml (použité enzymy Alfa-amylasa, Alfa-amylasa + Proteáza, Glukoamyláza + Celuláza + Trehaláza alfa; Novozymes). Vzniklý sacharidický substrát je pak možné použít při fermentaci na etanol, anebo kyselinu mléčnou, která je prekurzorem PLA. Etanol získaný při fermentaci lze dále v procesu využít například při separaci kyseliny mléčné z fermentační břečky, resp. při procesu esterifikace, kdy vzniká vysoce čistá kyselina mléčná, termostabilní, vhodná pro výrobu PLA. Fermentace kyseliny mléčné z hydrolyzátů 2G biopolymerů je předmětem navazujícího zkoumání, nicméně předběžné výsledky nastiňují úspěšnost procesu hydrolýzy a fermentace vedoucí k produkci kyseliny mléčné v koncentraci 8% (v/v). Současně je optimalizován postup polymerace laktidu metodou ROP na kyselinu polymléčnou. Prozatím byla připravována především PLA o nízké molekulové hmotnosti (5-20 000 g/mol), která není tak náchylná na přítomnost vody a jiných nečistot.

### **PODĚKOVÁNÍ**

Tato práce byla podpořena Technologickou agenturou České Republiky v rámci programu Národní centrum kompetence polymerních materiálů a technologií pro 21. století projekt č. TN 02000051-015.

# VYUŽITÍ PRODUKTŮ CHEMICKÉ RECYKLACE POMOCÍ PLAZMOVÉ MODIFIKACE SUBSTRÁTU

Monika Strašáková<sup>1\*</sup>, Eva Domincová Bergerová<sup>1</sup>, Miroslava Kovářová<sup>1</sup>, Hana Pištěková<sup>1</sup>,  
Marián Lehocký<sup>1</sup>, Pavel Šťáhel<sup>2</sup>, Vladimír Sedlařík<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centrum polymerních systémů, třída Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín, Česká republika

<sup>2</sup>Ústav fyzikální elektroniky, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Kotlářská 2,  
611 37 Brno, Česká republika

\* Korespondenční e-mail: strasakova@utb.cz

## ABSTRAKT

Vzhledem k obrovskému nárůstu odpadních materiálů z fosilních, ale i biorozložitelných polymerů je kromě nalezení vhodného způsobu zneškodnění i snaha o efektivní využití vzniklých produktů rozkladných procesů plastů. Záměrem uvedené práce je vhodné využití esterů kyseliny polymléčné (etyl laktát a metyl laktát), jako produktů chemické recyklace PLA environmentálně přijatelnějším způsobem. Pomocí plazmové modifikace na zvolený substrát byly produkty recyklace deponovány na PET podložku. Při povrchové úpravě byl využit jako nosný plyn dusík a proces probíhal za atmosférického tlaku. Během experimentu byly optimalizovány podmínky deponace: průtok procesního plynu a monomeru. Chemické složení a morfologie ošetřených vzorků byly analyzovány pomocí metody ATR-FTIR a SEM. AFM analýza prokázala odlišnou topografii mezi vzorky po plazmové úpravě a bez ní. Hydrofilita materiálu byla studována na základě metody stanovení kontaktního úhlu. Byla prokázána hydrofilnost v případě deponace obou esterových produktů na podložku. Přitom uvedená úprava materiálu v případě etyl laktátu na více hydrofóbní PET substrát podpořila značně hydrofilnost materiálu oproti deponaci metyl laktátem. Modifikované vzorky byly dále podrobeny mikrobiologickému testování dle normy ISO 22196:2011. Bylo zjištěno, že plazmatem upravené vzorky jsou antibakteriální, neboť byly prokázány pozitivní výsledky na mikrobiologickou aktivitu vůči grampozitivním i gramnegativním bakteriím v porovnání samotného PET substrátu. Úprava vzorků pomocí plazmové deponace rozkladných produktů chemické recyklace biopolymerů tak přináší nový přístup pro jejich využití v rámci cirkulární ekonomiky a udržitelného rozvoje. Tímto přístupem lze získat materiály s novými prospěšnými vlastnostmi, např. pro filtraci vod, kde je antimikrobiální účinnost a hydrofilita žádaným faktorem.



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tato práce byla podpořena Ministerstvem školství a tělovýchovy České republiky v rámci programu IGA UTB ve Zlíně [IGA/CPS/2024/003].

PLASTKO 2024

Sborník příspěvků z konference

---

Editoři: Ivana Bartoníková, Přemysl Strážnický, Zdeněk Hložek, Petr Večeře

Vydavatel: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Rok vydání: 2024

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-7678-231-0

Vydáno elektronicky