

APVV.SK

SK



AGENTÚRA  
NA PODPORU  
VÝSKUMU A VÝVOJA



MINISTERSTVO  
ŠKOLSTVA, VEDY,  
VÝSKUMU A ŠPORTU  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

SK

ISBN 978-80-99991-08-9



9 788099 991089

2023 VÝSKUMNÉ PROJEKTY S VÝNIKAJÚCOU ÚROVŇOU

Vydané v roku **2023**  
VÝSKUMNÉ  
PROJEKTY  
S VÝNIKAJÚCOU  
ÚROVŇOU

# OBSAH

<b>Príhovor</b>	4	/ APVV-17-0008	24	Implementácia princípov 4. priemyselnej revolúcie v príprave komponentov automobilových plášťov	44	/ APVV-17-0310	44	<b>Lekárske vedy</b>		/ APVV-17-0232	82
<b>Úvod</b>	6	Výskum priameho spájania keramických a kovových materiálov pomocou aktívnych spájkovacích zliatin	26	Vývoj žiaruvzdorných pyrochlórnych fáz pre vysokoteplotné aplikácie neoxidovej keramiky	46	/ APVV-17-0025	26	Plúcny surfaktant ako modulátor odpovede organizmu na expozíciu endotoxínu: efekty a mechanizmy	66	Hodnotenie novodobých zmien a vývojových trendov poľnohospodárskej krajiny Slovenska	84
<b>Prírodné vedy</b>		Nové sklené a sklokeramické fosfory na báze hlinitanov vzácnych zemín pre aplikácie v pevnolátkových energiiu šetriacich svetelných zdrojoch vyžarujúcich biele svetlo (pc-WLED diódy)	28	Kaskádové zhodnocovanie dreveného odpadu z veľkomestských aglomerácií	48	/ APVV-17-0049	28	Metylácia DNA ako cieľ epigenetického editovania a jej využitie pri personalizácii diagnostiky a terapie u melanómu uvey	68	Podpora čitateľskej gramotnosti v materinskom a cudzom jazyku	90
Algoritmus kolektívnej inteligencie: Interdisciplinárne štúdium swarmového správania netopierov	10	Polymérne systémy z obnoviteľných zdrojov pre vlákna a textilie	30	Zvyšovanie efektívnosti lisovania a spájania dielov hybridných karosérií	50	/ APVV-17-0116	10	Nové malé molekuly a bioaktívne nanočastice pre terapiu zápalových a degeneratívnych ochorení kostí a kĺbov	70	Tvorba vedeckých informácií na podporu politik trhu práce/ APVV-17-0329	92
Dôsledky disrupcie cirkadiálneho systému umelým svetlom v noci na fyziologické a behaviorálne procesy	12	Injektovateľné hybridné kompozitné biocementy	32	Termická modifikácia dreva sýtou vodnou parou za účelom cielenej a stabilnej zmeny farby drevenej hmoty	52	/ APVV-17-0178	12	Testikulárne nádory zo zárodočných buniek rezistentné na cisplatinu: ich premena na liečiteľné ochorenie	72	Ludsko-právne a etické aspekty kybernetickej bezpečnosti	94
Metrické a spektrálne invarianty grafov a ich aplikácie pri modelovaní sietí, molekúl a iných štruktúr	14	Monitoring ciest farmaceutík z čistiarenských kalov do pôd, rastlín a podzemných vôd	34	Detekcia erózných účinkov pulzujúceho vodného prúdu na materiál	54	/ APVV-17-0428	14	Nové malé molekuly a bioaktívne nanočastice pre terapiu zápalových a degeneratívnych ochorení kostí a kĺbov	72	Zefektívnenie právnej úpravy verejného obstarávania a jej aplikácie v kontexte práva Európskej únie	96
Smart chromogénne heterocykly	16	Nanotechnológia prípravy MIS fotoelektród s oxidmi kovov pre systémy na výrobu solárnych palív	36	Tribologické vlastnosti 2D materiálov a príbuzných nanokompozitov	56	/ APVV-17-0513	16	Testikulárne nádory zo zárodočných buniek rezistentné na cisplatinu: ich premena na liečiteľné ochorenie	72		
Mechanizmus pozičnej signalizácie v rastlinách - pochopenie DEK1 dráhy	18	Odolné mobilné siete na doručovanie obsahu	38	Výskum strešnej krytiny s integrovanou funkciou výmenníka tepla	58	/ APVV-17-0570	18	Urgentné počítanie pre Exascale dáta	60		
<b>Technické vedy</b>		Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inovácii a optimalizácii produkčných tokov	40	Vývoj REBCO supravodičov pre biomedicínske aplikácie	62						
Systematický prístup k štúdiu zmien parametrov požiaru s využitím progresívnych analytických a forenzných metód	22	Selektívna konverzia odpadovej biomasy chemickými a biotechnologickými procesmi	42								
Vývoj nových biodegradovateľných kovových zliatin určených pre medicínske a protetické aplikácie											

# PRÍHOVOR

Milí priatelia,

radi by sme vás pozvali k prečítaniu už siedmeho vydania publikácie Výskumné projekty s vynikajúcou úrovňou, ktorou Agentúra na podporu výskumu a vývoja prezentuje výsledky riešenia projektov dosahujúcich vynikajúcu úroveň. Publikácia by tak mala slúžiť vám všetkým, ktorí máte záujem vedieť viac o podpore výskumu na Slovensku.

V publikácii sa dočítate o realizácii a výsledkoch niekoľkoročnej práce slovenských odborníkov na projektoch za obdobie rokov 2018 až 2022 v základnom a aplikovanom výskume a vývoji v prírodných, technických, lekárskech, pôdohospodárskych, spoločenských a humanitných vedách.

Samozrejme, že publikácia svojim obsahom môže ťažko konkurovať a byť porovnávaná s elektronickými zdrojmi najnovších informácií, ktoré sú podstatne rýchlejšie a aktuálnejšie. Má však niekoľko predností, keďže nám umožnila zhrnúť a bilancovať, čomu sa celé riešiteľské kolektívy a spoluriešiteľské organizácie vo vedeckej komunite na Slovensku venovali. Pretože ide už o siedmu publikáciu svojho druhu, veríme, že môžeme opäť o niečo jasnejšie prezentovať pokrok v jednotlivých vedných odboroch, v ktorých boli realizované projekty prezentované v tejto publikácii.

Agentúra na podporu výskumu a vývoja sa od svojho vzniku stala významnou súčasťou štátneho systému podpory základného a aplikovaného výskumu a vývoja na Slovensku. Na teritóriu výskumu a vývoja sa dnes veľmi ťažko nájde niekto, kto by nepoznal názov našej agentúry, čo nás veľmi teší. Je však naďalej naším cieľom sa každý rok zlepšovať a podporovať viac projektov, ktoré skončia na vynikajúcej úrovni riešenia.

Na záver naše poďakovanie patrí všetkým riešiteľom projektov prezentovaných v publikácii, a tiež všetkým tým, ktorí prispeli k príprave siedmeho vydania publikácie Výskumné projekty s vynikajúcou úrovňou 2023.



JUDr. Stanislav Mydlo  
riaditeľ APVV

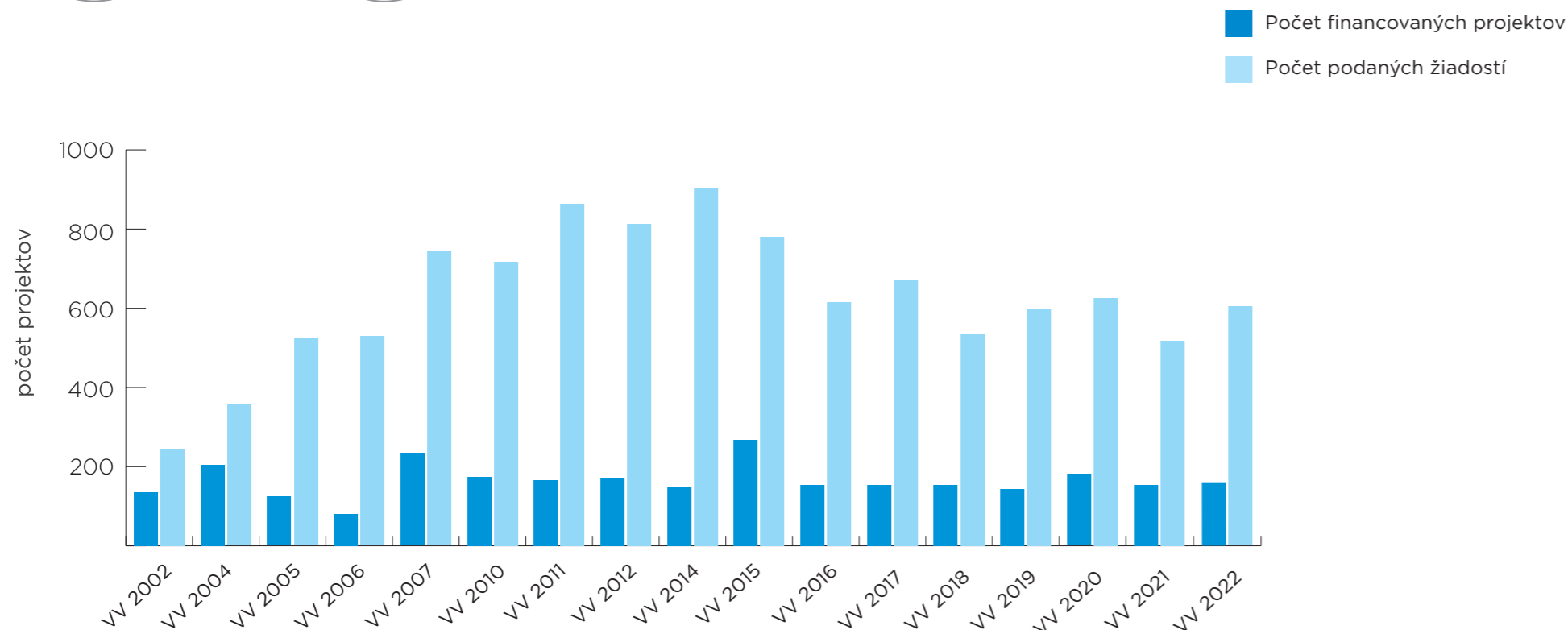


Dr. Ing. Robert Mistrík  
predseda predsedníctva APVV



# ÚVOD

## Prehľad podaných žiadostí a podporených projektov vo všeobecných výzvach v rokoch 2002 až 2022



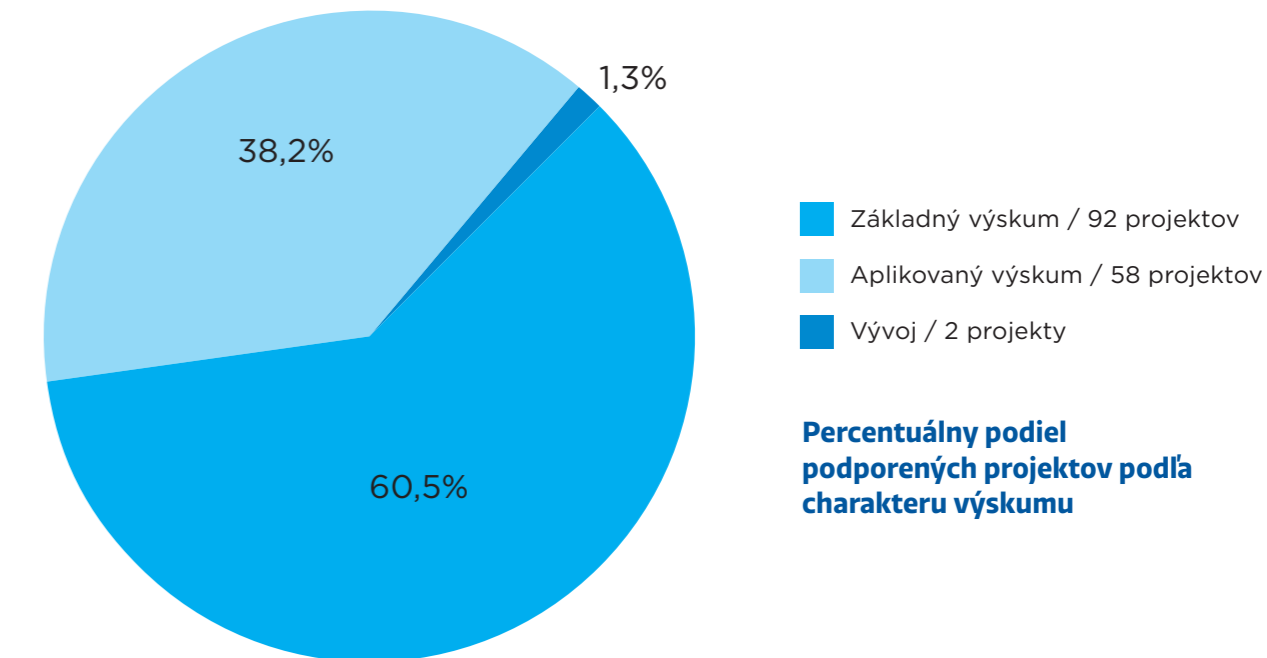
Odbor vedy a techniky	Zaregistrované žiadosti	Financované projekty	Úspešnosť (%)
Prírodné vedy	125	30	24,0%
Technické vedy	226	48	21,2%
Lekárske vedy	65	13	20,0%
Pôdohospodárske vedy	79	17	21,5%
Spoločenské vedy	116	26	22,4%
Humanitné vedy	60	18	30,0%
Spolu	671	152	22,7%

Úspešnosť podporených žiadostí VV2017 podľa vedných odborov.

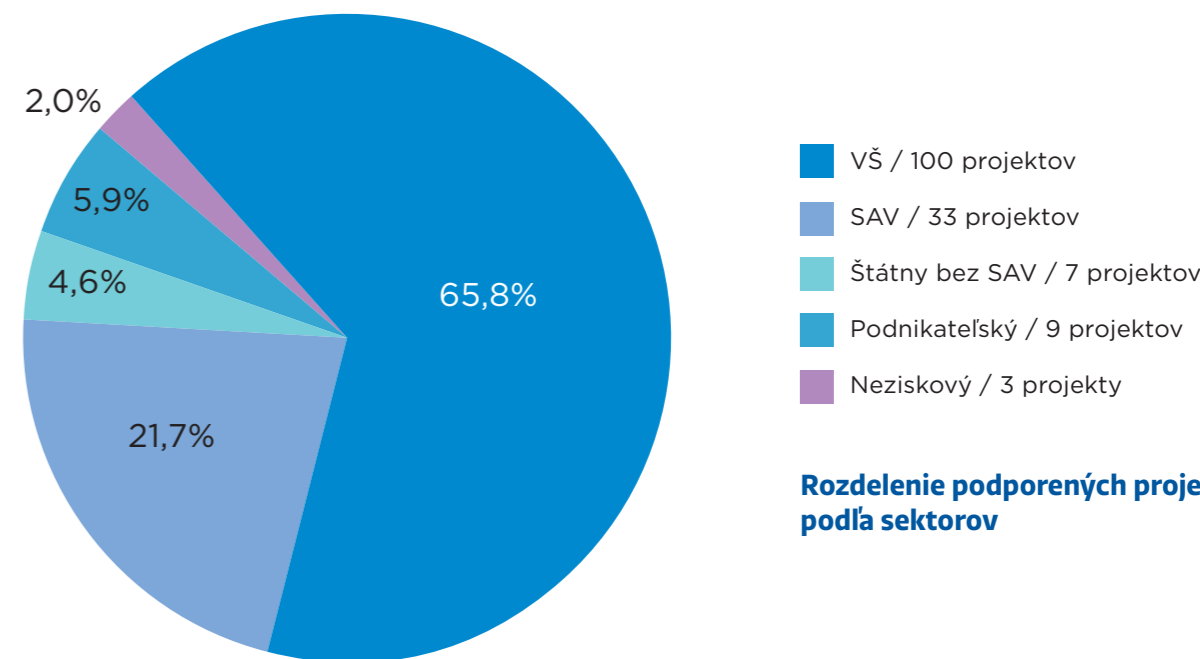
Projekty prezentované v tejto publikácii boli podané v rámci všeobecnej výzvy Agentúry na podporu výskumu a vývoja s označením VV 2017. Všeobecná výzva VV 2017 nemala žiadne obmedzenia týkajúce sa vecného zamerania projektov.

Konkrétne zameranie, ciele a vecnú náplň výskumu a vývoja určoval sám žiadateľ. Žiadosti mohli predkladať právnické osoby a fyzické osoby – podnikatelia bez obmedzenia príslušnosti k sektoru výskumu a vývoja. V rámci verejnej výzvy VV 2017 bolo celkovo prijatých a zaregistrovaných 671 žiadostí o finančné prostriedky na riešenie projektov výskumu a vývoja a podporených bolo 152 žiadostí. Začiatok riešenia projektov bol 1.7.2018. Najneskorší dátum ukončenia riešenia projektov bol 31.12.2022. V roku 2023 následne prebehlo vyhodnotenie ukončených projektov jednotlivými odborovými radami na základe predložených záverečných správ o riešení projektov, ktoré predkladajú zodpovední riešitelia do 30 dní od ukončenia riešenia.

Touto publikáciou Agentúra na podporu výskumu a vývoja prezentuje výber najúspešnejších ukončených a následne vyhodnotených projektov zo všeobecnej výzvy VV 2017.



Percentuálny podiel podporených projektov podľa charakteru výskumu



Rozdelenie podporených projektov podľa sektorov

PRÍRODNÉ  
VEDY



## Algoritmus kolektívnej inteligencie: Interdisciplinárne štúdium swarmového správania netopierov

### Predmet výskumu

Viacero algoritmov umelej inteligencie inšpirovaných reálnymi biologickými mechanizmami sa úspešne uplatnilo v živote ľudskej spoločnosti. Spoločný výskum vedeckých pracovísk s odlišným základom, metodológiou a predmetom bádania (biológia, matematika, informatika, technológia) sa zamerlal na interdisciplinárne štúdium sociálneho samoorganizačného správania stromových druhov netopierov s cieľom vyvinúť novú meta-heuristickú metódu na prehľadávanie priestoru.

### Ciele projektu

Hlavným cieľom projektu bolo objasniť úlohu ranného rojenia (swarmingu) ako mechanizmu transferu informácií medzi netopiermi a pochopiť spôsob toku týchto informácií. Pokúsili sme sa aj formálne reprezentovať swarmové správanie a sociálnej agregácie na základe pozorovaní reálneho biologického systému pomocou počítačového agentového modelu. Na základe toho sme chceli vytvoriť novú metódu na prehľadávanie priestoru autonómnych mobilných robotov na princípe fungovania netopierov.

### Dosiahnuté výsledky

Dokázali sme, že netopiere ako organizmy s vyššou nervovou aktivitou a rozvinutými kognitívnymi schopnosťami využívajú komplexný sociálny mechanizmus na udržanie jedincov v skupine pri častom striedaní stromových dutín. Tento špecifický mechanizmus je založený na swarmovom správaní a vykazuje vlastnosti fission-fusion dynamiky. Zistili sme, že časový priebeh a intenzita tohto správania závisia od pohlavia, veku (skúsenosti), genetickej vzdialenosti jedinca ku kolónii a príbuznosti medzi jedincami a tiež hormonálnej aktivity konkrétnych jedincov v sociálnej skupine. Výsledkom interdisciplinárneho výskumu je počítačový model swarmového správania SkyBat. V algoritme tohto agentového modelu sú zhrnuté základné prístupy

k matematickej formalizácii a sociálnej agregácii. Algoritmus je založený na multiagentovom správaní netopierov s cieľom efektívne prehľadávať neznámy priestor. Princípy algoritmu sú priamo motivované správaním biologickej predlohy, a to či už na úrovni skupiny alebo jedinca.

### Prínos pre prax

Projekt má potenciál nielen pre oblasti teoretickej biológie, behaviorálnej a evolučnej ekológie vďaka získaným unikátnym poznatkom o mechanizmoch kolektívnej inteligencie v sociálnych štruktúrach biologických organizmov, ale aj pre oblasti výskumu umelej inteligencie. Konkrétne, napr. v ochrane prírody je to simulácia zmien prirodzeného prostredia lesných druhov netopierov a identifikácia kritického množstva potenciálnych úkrytov pre zachovanie kolónie. Na druhej strane v oblasti robotiky, sa výsledky môžu využiť pri nasadení množstva jednoduchých samostatných robotov pre prehľadávanie neznámeho priestoru a vyhľadávanie dynamických objektov záujmu.

### zodpovedný riešiteľ

Mgr. Kaňuch Peter, PhD.

### riešiteľská organizácia

Ústav ekológie lesa SAV, v. v. i.

### spoluriešiteľské organizácie

Slovenská technická univerzita v Bratislave

- Fakulta elektrotechniky a informatiky

Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave

- Fakulta prírodných vied,

Ústav informatiky SAV, v. v. i.

### termín riešenia

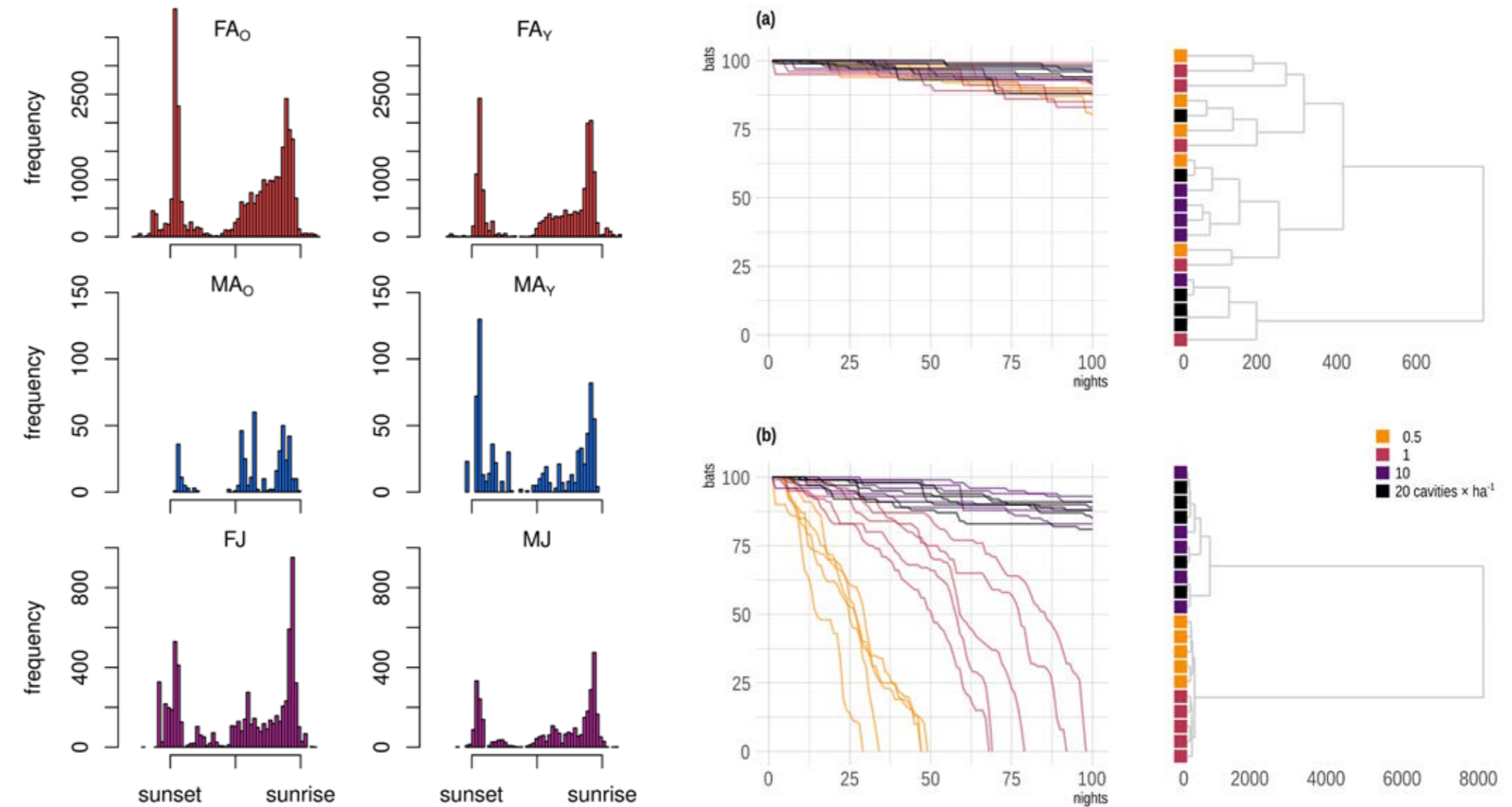
08/2018 - 12/2022

### finančné prostriedky z APVV

238 000 €

### číslo projektu

APVV-17-0116



Obr. 1

Obr. 2

Obr. 1. / Frekvencia swarmovacích záznamov jedincov rozdelených podľa pohlavia a veku vo vzťahu k západu a východu Slnka (kódy: F = samica, M = samec, A = dospelý jedinec, O = starý, Y = mladý, J = mláďa).

Obr. 2. / Výsledky simulácií SkyBat modelu zobrazujúce zmenu počtu netopierov v čase v prostredí s rôznou hustotou potenciálnych stromových úkrytov. Veľkosť skupiny, v ktorej bol nútený jedinec stráviť aspoň jeden deň počas posledných piatich dní, tzv. pravidlo "minimálneho sociálneho kontaktu" bola stanovená za účelom udržania členstva v kolónii: (a)  $\geq 5$  jedincov, (b)  $\geq 10$  jedincov.

# Dôsledky disruptie cirkadiálneho systému umelým svetlom v noci na fyziologické a behaviorálne procesy

## Predmet výskumu

Svetelné znečistenie je jedným z najmarkantnejších dôsledkov ľudskej aktivity a v súčasnosti až 90 % obyvateľstva žije v miestach, ktoré sú ovplyvnené umelým svetlom v noci (ALAN). Očakáva sa zvyšovanie jeho intenzity a epidemiologické údaje poukazujú na negatívne dôsledky na zdravie ľudí. Terénny výskum zasa demonštruje negatívne dôsledky na biodiverzitu, ale väčšina štúdií je korelatívna a nie je jednoduché oddeliť príčinu od dôsledku.

## Ciele projektu

V našom projekte sme sa preto zamerali na univerzálne mechanizmy, ktorými ALAN môže narušiť fyziologické procesy, a ktoré môžu vysvetľovať negatívne dôsledky svetelnej kontaminácie. V projekte sme sa zamerali na modelové organizmy, ako aj človeka.

## Dosiahnuté výsledky

Významným výstupom projektu je práca "Light pollution, circadian photoreception and melatonin in vertebrates", ktorá vznikla spoluprácou 11 svetových kolektívov. Demonštruje, že citlivosť jednotlivých systematických skupín stavovcov na svetelnú kontamináciu je oveľa vyššia ako je zahrnutá do noriem. Publikácia bola citovaná viac ako 130x, slúži ako referenčný zdroj v danej oblasti a aj pre pripravovanú legislatívu v Nemecku.

Experimentálne výsledky demonštrovali vplyv tlmenej ALAN (2 lx) na cirkadiánu organizáciu, lipidový metabolizmus a imunitný systém potkanov. ALAN potlačil generovanie rytmov expresie hodinových génov (Per1, Per2 a Nr1d1), v centrálnom oscilátore ako aj génu pre arginín vazopresín, ktorý predstavuje výstup centrálnych hodín. Rytmus expresie Per1 bol potlačený v jadrách hypotalamu, ktoré prenášajú cirkadiálne signály na endokrinné a behaviorálne rytmy, čo sa prejavilo varušeným rytmom kortikosterónu a eliminovaným rytmom vazopresínu, testosterónu a „nočného“ hormónu melatonínu. Bol zmenený denný profil príjmu potravy a vody

a eliminovaný nárastu pitia pred nástupom odpočinku, čo naznačuje narušenú cirkadiánu kontrolu smädu a následne vodnej rovnováhy počas spánku. ALAN narušil lipidový metabolizmus a vyvolal akumuláciu triacylglycerolov v pečeni s rizikom vzniku steatózy pečene. Na molekulárnej úrovni sme zistili upreguláciu génov zapojených do syntézy mastných kyselín a zvýšenú hepatálnu expresiu transportérov pre glukózu a mastné kyseliny. Narušená rovnováha biosyntézy lipidov môže predstavovať jeden z príčinných mechanizmov vysvetľujúcich vzťah medzi ALAN a metabolickými ochoreniami. Ďalším kauzálnym negatívnym faktorom chronodisrupcie je narušenie imunitných mechanizmov, ktoré sú pod cirkadiánu kontrolou. Naše výsledky ukázali, že expozícia ALAN vedie k porušeniu dennej variability hlavných populácií leukocytov v cirkulácii, čo môžu súvisieť s prestupom leukocytov do tkanív. Naznačuje to zmenenú génovú expresiu makrofágového markera Cd68 a chemokínu Ccl2 v kôre obličky. Zároveň sme demonštrovali narušenú renálnu redoxnú a imunitnú rovnováhu.

Z translačného hľadiska je významné, že už nízka intenzita svetla v noci (1 lx) interferuje s kvalitou spánku mladých ľudí, bez ovplyvnenia hladín melatonínu, ktorého pokles sme zaznamenali pri intenzite 5 lx, ale iba pri individuálnom porovnaní probandov pred a po expozícii ALAN. To naznačuje, že hodnotenie vplyvu ALAN na hladiny melatonínu na skupinovom základe je neadekvátne, pretože podstatne znižuje signifikantnosť výsledkov kvôli vysokej interindividuálnej variabilite citlivosti ľudí na umelé svetlo v noci.

Výsledkov projektu sme prezentovali vyžiadanými prednáškami na konferenciách ako napr. „Artificial light at Night“ (2020, Španielsko), EALPO (2019 a 2022, Poľsko) a ČSEI (2022, Brno). Ocenená bola prednáška doc. Okuliarovej na svetovom kongrese "EBRS" (2022, Zürich, Švajčiarsko) spojená s finančným grantom. Cestovný grant na prezentáciu výsledkov z projektu získala doktorandka Mgr. Rumanová na podujatie Metabolism in Action" (2022, Kodaň, Dánsko).

**zodpovedný riešiteľ**  
 prof. RNDr. Zeman Michal, DrSc.  
**riešiteľská organizácia**  
 Univerzita Komenského v Bratislave  
 - Prírodovedecká fakulta  
**termín riešenia**  
 08/2018 - 11/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
 238 000 €  
**číslo projektu**  
 APVV-17-0178

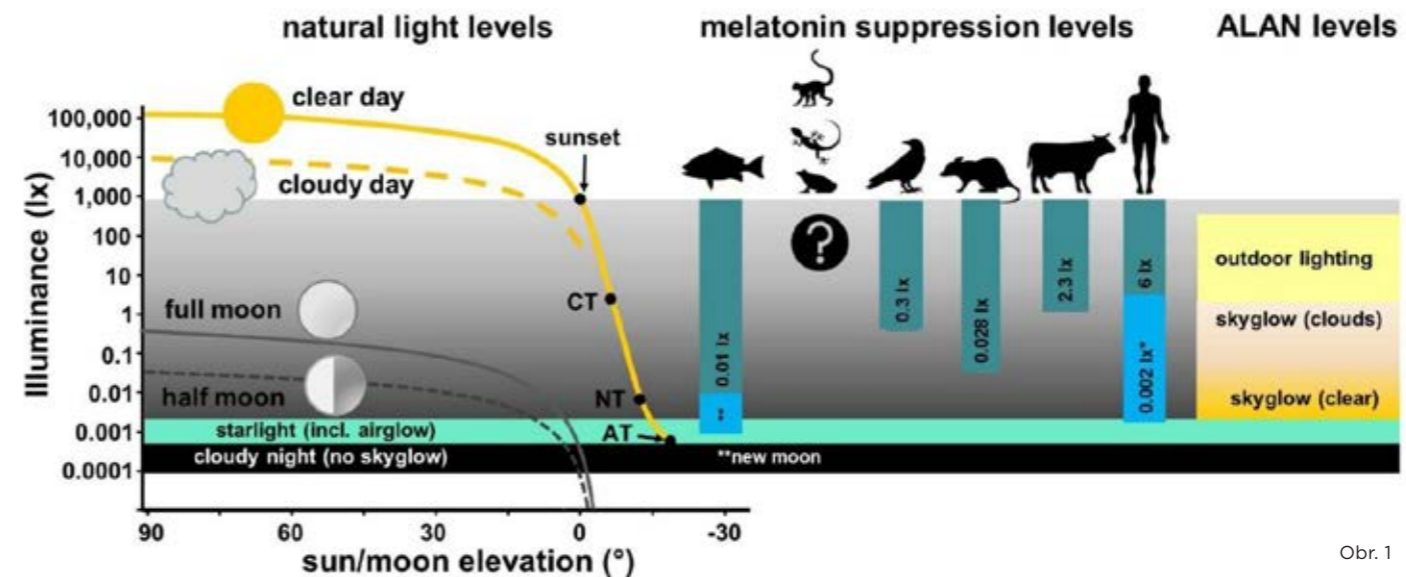
## Prínos pre prax

Projekt má charakter základného výskumu a jeho výstupom bolo 24 prác vo vedeckých časopisoch, ktoré boli citované viac ako 250 x. Problematika je dôležitá aj pre širokú verejnosť a bola popularizovaná masmédiách (SRo, TV JOJ). Výsledky boli prezentované pracovníkom samospráv na seminári organizovanom MŽP SR a aj na pôde MŽP ČR. Podieľali sme sa na realizácii dokumentárneho filmu "Vo svetle noci", ktorý je prístupný na "https://fns.uniba.sk/kzf/". Prínosom projektu bola aj výchova študentov na všetkých troch stupňoch VŠ vzdelávania, úspešne ukončili štúdium 4 doktorandky a ďalšie 4 v štúdiu pokračujú.

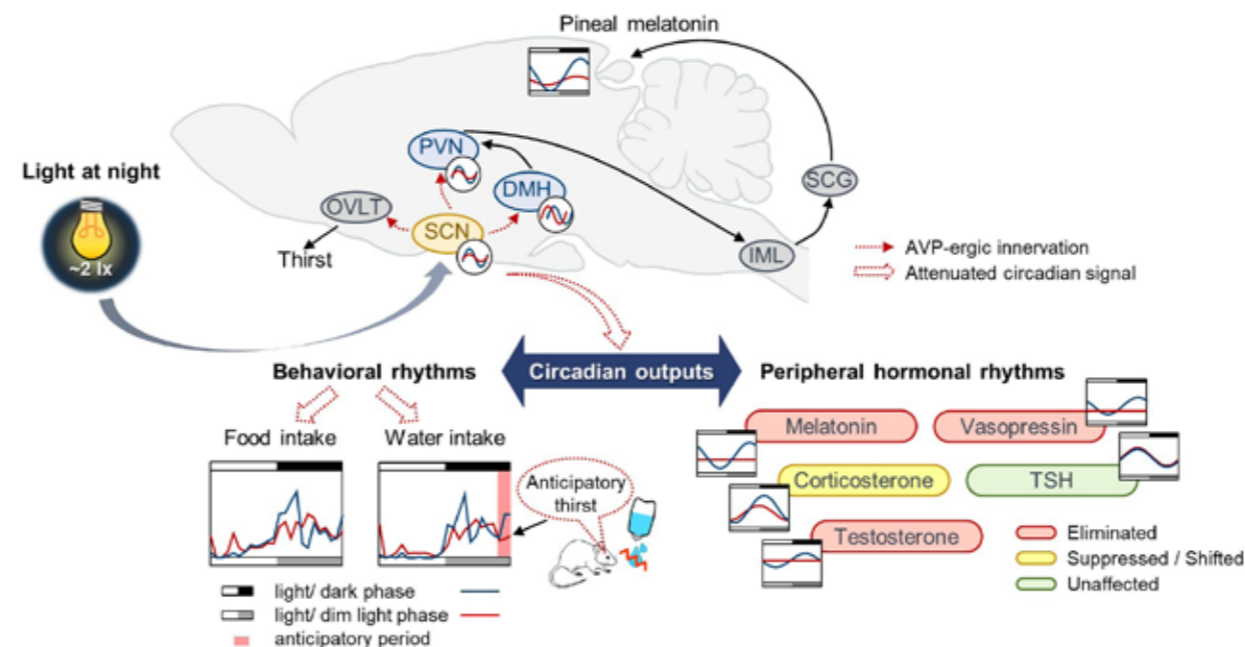
Obr. 1 / Minimálne úrovne osvetlenia potrebné na potlačenie biosyntézy melatonínu u rôznych systematických skupín stavovcov vo vzťahu k prírodným úrovňam osvetlenia a osvetleniu z umelých zdrojov (ALAN).

Obr. 2 / Cirkadiálne výstupné dráhy narušenej tlmenej svetlom v noci. Tlmene svetlo v noci potláča rytmickú expresiu hodinových a hodinami regulovaných génov v suprachiazmatických jadrách hypotalamu (SCN). Potlačený rytmus vazopresínu (AVP) má za následok oslabený prenos cirkadiálnych informácií do podriadených mozgových štruktúr, ktoré dostávajú rytmický signál prostredníctvom vazopresinergickej inervácie (červené prerušované čiary) z SCN. napr. PVN, DMH a OVLT (organum vasculosum lamina terminalis), ktoré riadi príjem vody.

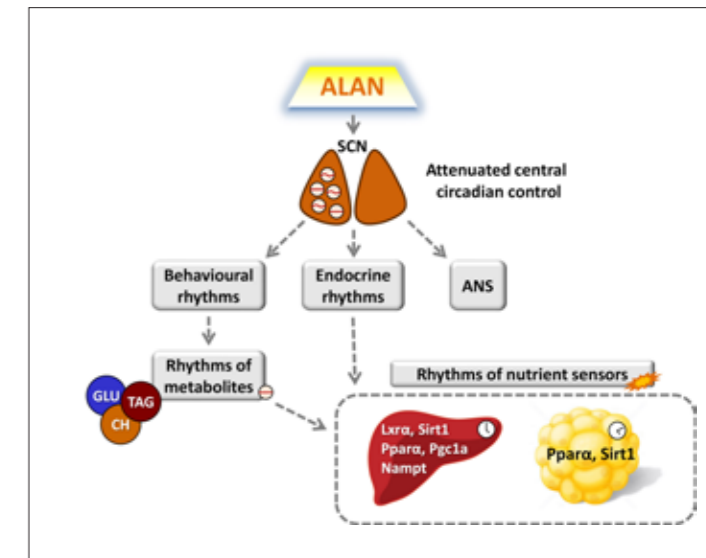
Obr. 3 / Schéma mechanizmov, ktorými umelé svetlo v noci (ALAN) narušuje reguláciu metabolizmu v pečeni a tukovom tkanive. ANS-autonómny nervový systém; GLU-glukóza, TAG-triacylglyceroly; CH-cholesterol; metabolické gény.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

## Metrické a spektrálne invarianty grafov a ich aplikácie pri modelovaní sietí, molekúl a iných štruktúr

### Predmet výskumu

Projekt bol zameraný na metrické a spektrálne invarianty grafov a ich aplikácie pri modelovaní a analýze vlastností sietí, molekúl a iných štruktúr. Tie sa pomocou grafov modelujú prirodzeným spôsobom tak, že uzly (alebo atómy, atď.) sú reprezentované vrcholmi grafu a spojovacie prvky siete (resp. chemické väzby, atď.) medzi dvoma uzlami sú reprezentované hranami grafu. Pod metrickými a spektrálnymi invariantmi grafov sa rozumejú numerické a štrukturálne parametre odvodené od pojmu vzdialenosti v grafoch a od spektier, teda od sústav vlastných čísel a vlastných podpriestorov matic reprezentujúcich grafy. Výskum bol špecializovaný najmä na štúdium invariantov, ktoré sú vyvolané aplikáciami v chémii a v navrhovaní rôznych druhov komunikačných sietí. Takými invariantmi sú rôzne typy topologických indexov (Wienerov, Balabanov, atď.) a spektrálne medzery vyjadrujúce väzbovú energiu molekúl, ako aj na invarianty s výpovednou hodnotou v aplikáciách pri štúdiu a návrhu komunikačných sietí, akými sú napríklad priemer a obvod grafov. Špeciálnu úlohu v uvedených prípadoch hrajú symetrie, ktorých prítomnosť môže významne napomôcť v procese analýzy a konštrukcie modelov rôznych štruktúr. Uvedené aspekty boli v minulosti úspešne skúmané (aj členmi navrhovaného riešiteľského kolektívu) najmä metódami algebraickej teórie grafov. V tomto rámci bol predmet skúmania projektu súhrnne vymedzený nasledovne:

*Základným predmetom skúmania projektu boli metrické a spektrálne invarianty grafov ako modelov rôznych typov sietí, molekúl a iných diskretných štruktúr, s dôrazom na použitie algebraických metód na analýzu a predikciu vlastností modelov z hľadiska aplikácií.*

### Ciele projektu

Cieľom projektu bolo prispieť k prehĺbeniu matematického poznania vo vyššie opísanom predmete výskumu v troch základných oblastiach, ktoré zodpovedajú trendom vývoja vo svetovom meradle. Konkrétne ciele boli nasledujúce:

(a) Dosiahnutie nových závažných výsledkov v skúmaní topologických indexov (Wienerovho, Balabanovho, Graovacovho-Pisanského, a prípadne ďalších majúcich výpovednú hodnotu v chemických aplikáciách) nielen pre konkrétne nekonečné triedy grafov, ale aj z hľadiska rozvoja príslušnej teórie v skúmaní vzťahov medzi rôznymi (často veľmi zložito definovanými) indexami.

(b) Dosiahnutie nových a zásadných výsledkov v oblasti invertovania grafov a v príslušných spektrálnych odhadoch, ako aj v konštrukciách nových nekonečných tried invertovateľných grafov doteraz nepoužitými technikami (napríklad pomocou nakrývajúcich priestorov), a vyvinutie novej metodológie „invertovania“ grafov so singulárnymi pridruženými maticami (v zmysle invertovania nenulovej časti ich spektra).

(c) Dokázanie nových a vplyvných výsledkov v oblasti extrémnych konštrukcií cayleyovských a vrcholovo tranzitívnych grafov (a vo všeobecnosti grafov, ktorých grupa automorfizmov má relatívne málo orbit na vrcholoch v porovnaní s rádom grafu) v probléme stupňa a priemeru, resp. obvodu.

### Dosiahnuté výsledky

Riešenie projektu vygenerovalo 34 publikácií, z toho 17 v tzv. CC časopisoch, 14 v recenzovaných vedeckých časopisoch v zahraničí a 3 sú v recenzovaných zborníkoch, resp. odborných časopisoch v zahraničí. Výstupmi sú viaceré závažné výsledky z algebraickej teórie grafov a máp, metrickej teórie grafov a teórie dizajnov, a uvádzame z nich nasledujúci výber:

- vplyvné výsledky dosiahnuté pri skúmaní nanotrubiiek [V. Andova, M. Knor, R. Škrekovski, Distance based indices in nanotubical graphs: part 3. J. Math. Chemistry 59 (2021), 250-263 (CC)]

### zodpovedný riešiteľ

prof. RNDr. Širáň Jozef, DrSc.

### riešiteľská organizácia

Slovenská technická univerzita v Bratislave

- Stavebná fakulta

### termín riešenia

08/2018 - 07/2022

### finančné prostriedky z APVV

93 175 €

### číslo projektu

APVV-17-0428

- klasifikáciu symetrických máp bez Gorenstein-Walterovej vety [M. Conder, J. Širáň, Classification of regular maps of prime characteristic revisited: Avoiding the Gorenstein-Walter theorem, J. Algebra 548 (2020), 120-133 (CC)]

- výsledky v mnohých prácach M. Knora a spol. o Wienerovom a Graovac-Pisanského indexe, napr. [S. Bessy, F. Dross, K. Hriňáková, M. Knor, R. Škrekovski, The structure of graphs with given number of blocks and the maximum Wiener index, J. Combinat. Optim. 39 (2020), 170-184 (CC)]

- konštrukcie tzv. nut-grafov daného stupňa [N. Bašič, M. Knor, R. Škrekovski, On 12-regular nut graphs, Art Discrete Applied Math. 5 (2022) #P2.01, 7s (CC)]

- klasifikácia hranovo-biregulárnych máp na plochách charakteristiky -p [O. Reade, J. Širáň, Classifying edge-biregular maps of negative prime Euler characteristic, The Art of Discrete Applied Mathematics 5 (2022), #P3.08, 29s (CC)]

### Prínos pre prax

Projekt bol zameraný na získanie teoretických výsledkov.



## Smart chromogénne heterocykly

### Predmet výskumu

Smart heterocyklické zlúčeniny majú podstatnú úlohu pri vzniku a zachovaní života v prírode a spoločnosti. V súčasnosti sú hlavnými výzvami existencie ľudskej spoločnosti zachovanie potravinovej dostatočnosti s dobrou úrovňou zdravia, zachovaním a obnoviteľnosťou energetických a surovinných zdrojov. Riešený projekt dáva nádej pre udržateľnosť života v dvoch oblastiach – energia a zdravie.

### Ciele projektu

Dizajn, syntéza, optimalizácia vlastností a spektroskopických charakteristík nových dostupných chromogénnych heterocyklických systémov, t.j. bio-, foto-, termo-, magneto- a piezochrómnych heterocyklov a ich aplikácie. Syntetická metodológia týkajúca sa de-novo syntézy chromogénnych heterocyklických kruhových systémov ako sú tiofény, pyroly, rôzne azoly vrátane pyrazolov, izoxazolov a ich benzoanalógov. Štúdium nových a alternatívnych syntetických stratégií užitočných  $\pi$ -konjugovaných organických molekúl ako stavebných jednotiek a štúdium fyzikálno-chemických a biologických vlastností novopripravených zlúčenín. Hľadanie a dizajnovanie chromogénnych štruktúr na základe požiadaviek kooperujúcich domácich a zahraničných pracovníkov.

### Dosiahnuté výsledky

Najdôležitejším výsledkom sú publikácie v slovenských a zahraničných časopisoch – spolu 19 a 140 citácií, ktoré hovoria o kvalite a ohlase týchto publikácií. Riešením projektu vzniklo 9 vedeckých prác publikovaných v recenzovaných vedeckých časopisoch v SR a 2 v zahraničí, 16 vedeckých prác publikovaných v nerecenzovaných odborných časopisoch a zborníkoch v SR a 10 v zahraničí, 5 vedeckých monografií, 2 vysokoškolské učebnice.

Pripravené heterocykly sa ukázali byť ideálnymi materiálmi pre štúdium rôznych vlastností resp. aplikácií (smart chromogenicitu). V nasledujúcej časti uvádzame vybrané výsledky výskumu:

Aktivované aromáty a alkény môžu poskytovať vhodné substráty aj pre nukleofilné substitúcie. Reakcie vhodnými nukleofilmi vedú k zaujímavým produktom či intermediátom organickej syntézy (obr. 1).

Bol popísaný nový spôsob prípravy (hetero) arylnitrilol založený na fragmentácii zodpovedajúcich pentafluórfenylhydrazónov so stredne dobrými výťažkami (prístup metódou „zelenej chémie“)(obr. 2).

Publikovali sme objav a detailný prieskum netradičného fotospínacieho mechanizmu metalofullerénov, v ktorom energia fotónu absorbovaného uhlíkovou klietkou  $\pi$ -systému je zmenená na mechanický pohyb endohedrálneho clusteru spojená s akumuláciou spinovej hustoty na atómoch kovu. Komplexné foto fyzikálne a EPR štúdiá rozšírené o teoretické modelovanie sa uskutočnili s cieľom objasniť fenomén svetlom indukované foto-spínanie a dynamiku tripletového stavu spinu (obr. 3).

Redox-aktívne resorcin[4]arén-chinón kavitandy boli modifikované tioéterovými funkčnými skupinami na spondom okraji kavity, pre ľahšie ukotvenie na rôzne povrchy. Preskúmali sme ich funkčnosť ako elektro-kontrolovateľných prepínačov, ktoré menia konformáciu v reakcii na zmeny aplikovaného elektrického potenciálu (obr. 4).

Berberín ako biologicky aktívny alkaloid dráča obyčajného sme regioselektívne de-O-metylovali a následne halogenalkylovali. Našli sme podmienky, ako pripraviť mostíkové konjugáty berberín – mostík – ciprofloxacín (obr. 5) a zistili sme, že nové berberínové deriváty sú potenciálne inhibítory rastu HeLa a HL-60 nádorových bunkových línií.

**zodpovedný riešiteľ**  
prof. Ing. MILATA Viktor, DrSc.  
**riešiteľská organizácia**  
Slovenská technická univerzita v Bratislave  
- Fakulta chemickej a potravinárskej technológie  
**termín riešenia**  
08/2018 – 12/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
240 000 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0513

### Prínos pre prax

Projekt bol zameraný na smart chromogenicitu heterocyklických zlúčenín, čo v rámci základného výskumu prináša ďalší potenciál uplatnenia výsledkov výskumu získaných riešením projektu pre aplikácie v praxi. Časť prác je zameraná na prípravu vybraných typov zlúčenín. Štúdium ich štruktúry a vlastností je základným východiskom pre budúce aplikácie.

Využitie pripravených zlúčenín je vo viacerých oblastiach, ktoré sme študovali teoreticky i prakticky ako potenciálne polovodiče, fotovoltaické, magnetické materiály či biologicky aktívne zlúčeniny. Potenciál na absorpciu vodíka na grafénoch bol študovaný aj v súvislosti s našimi súčasnými štúdiami azagrafénov.

Rozvinutie spolupráce očakávame v novopodanom projekte APVV v spolupráci práve s NBÚ SAV (APVV-22-0028). Teoretické štúdium potenciálnych antivirových štruktúr nami syntetizovaných v predchádzajúcom období a v blízkej budúcnosti v rámci zamerania nášho projektu (smart chromogenicitu) prebieha v projektoch APVV-20-0213 a Project no. 313011ASS8 (ERDF).

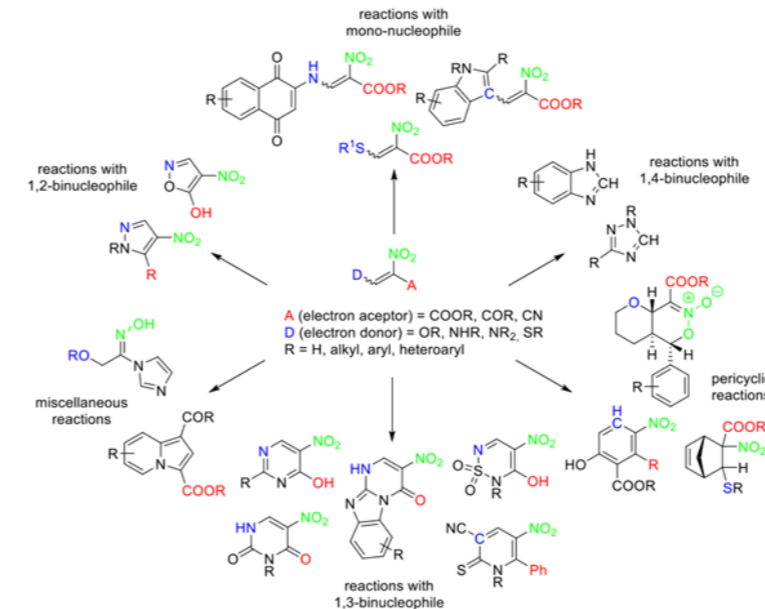
Obr. 1. / Syntetický potenciál trisubstituovaných a,b-nenasýtených nitrozlučenín

Obr. 2. / Príprava a reakcie pentafluórfenylhydrazónov

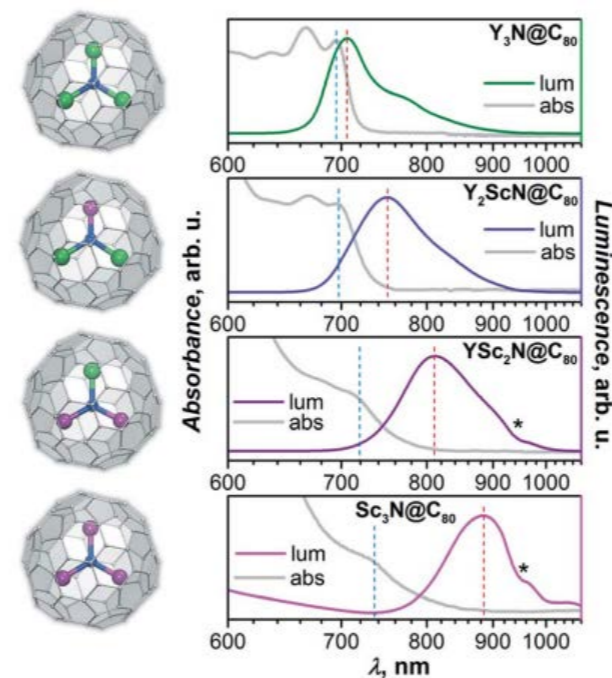
Obr. 3 / Molekulové štruktúry  $Y_xSc_3-xN@C_{80}$  (x = 0-3; Y – zelená, Sc – magenta, N – modrá, C – bledosivá) a ich luminiscenčné a nízkoenergetické absorpčné spektrá

Obr. 4 / Prepínanie medzi otvorenou a uzavretou konformáciou kavidandu ukotveného na Au povrchu pri redukcii z chinónu(Q) na semi-chinón(SQ) (DFT-optimalizovaný model)

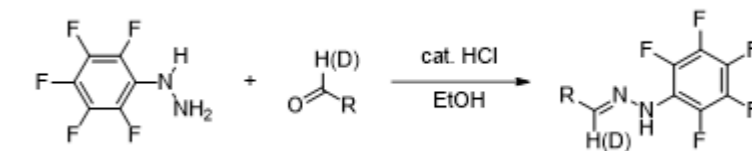
Obr. 5 / Berberín a jeho deriváty



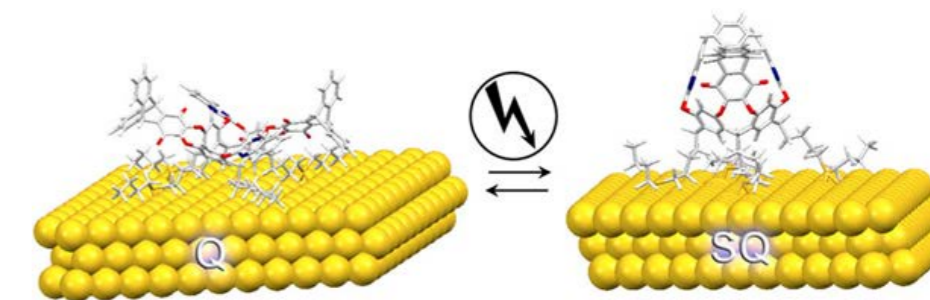
Obr. 1



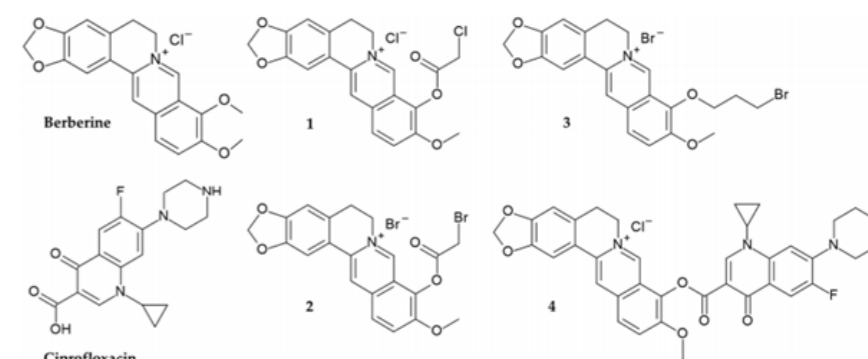
Obr. 3



Obr. 2



Obr. 4



Obr. 5

## Mechanizmus pozičnej signalizácie v rastlinách – pochopenie DEK1 dráhy

### Predmet výskumu

Pozičná signalizácia je kľúčová pre rast a vývin rastlín. Pozičné signály určujú aký typ bunky sa v danom mieste vytvorí a do akej veľkosti daná bunka narastie. Tieto faktory v konečnom dôsledku určujú veľkosť, tvar a anatomickú štruktúru rastlinných orgánov. Genetické analýzy v obilninách odhalili mnohodoménový membránový proteín DEFECTIVE KERNEL 1 (DEK1) ako významný regulátor od pozície-závislej špecifikácie aleurónových buniek v semenách. Tieto bunky predstavujú významný zdroj na energiu-bohatých proteínov, olejov a enzýmov, a okrem ich nutričnej hodnoty sú dôležité v priemysle. Neskôr sa ukázalo, že DEK1 je nevyhnutný pre akýkoľvek organizovaný rast rastlín už od skoršej embryogenézy. Ide zároveň o jediný typ kalpainovej proteázy identifikovaný v rastlinách. Napriek esenciálnym funkciám DEK1 sú mnohé aspekty jeho fungovania neznáme. V našom výskume využívame rozličné prístupy a technológie s cieľom zistiť akým spôsobom je DEK1 regulovaný a odhaliť konkrétne molekuly a bunkové komponenty ktoré DEK1 svojou aktivitou priamo ovplyvňuje. Mechanistické objasnenie funkcie DEK1 prinesie dôležité informácie o molekulárnych princípoch vývinu rastlín s implikáciami pre poľnohospodárstvo a biotechnológie.

### Ciele projektu

Ciele projektu boli rozdelené do niekoľkých oblastí. V rámci genetických analýz bolo cieľom popísať význam predikovaných funkčných miest a domén v regulácii aktivity DEK1 vo vzťahu k rastu a vývinu rastlín. Využitím transkriptomických, proteomických a bioinformatických dát identifikovať a testovať potenciálne substráty a interaktory DEK1. V rámci snáh o determináciu 3D štruktúry DEK1 proteínu bolo cieľom produkovať a purifikovať jednotlivé domény využitím viacerých expresných systémov.

### Dosiahnuté výsledky

V modelovej rastline *Physcomitrium patens* sme technikou „knock-in“ pripravili línie s fluorescenčným proteínom vo fúzii s natívnym DEK1. Vďaka týmto líniám sme po prvý-krát popísali polárnu distribúciu DEK1 v bunkách *P. patens*. Zaujímavá bola tiež rozdielna distribúcia DEK1 vo vzťahu k vývinovému štádiu a stupňu diferenciácie buniek v rámci jednotlivých anterídií, pričom signál z týchto buniek mizne v dospelom štádiu a je naopak výrazný v samčích pohlavných bunkách – spermatozoidoch.

Cieľom mutagenézou sme pripravili viacero mutantných rastlín *P. patens* s modifikáciami DEK1 proteínu. Fenotypová analýza týchto mutantov poukázala na význam jednotlivých domén a predpokladaných funkčných miest DEK1 v konkrétnych vývinových procesoch. Päť vybraných línií *P. patens* s vybranými modifikáciami DEK1 (delécia DEK1, nadexpresia DEK1, interné delécie domén DEK1) sme použili pre rozsiahle transkriptomické a bioinformatické analýzy s cieľom identifikovať molekulárne ciele DEK1 kalpainu. Analýzou získaných génových regulačných sietí sme sme identifikovali regulóny v ktorých DEK1 pozitívne alebo negatívne reguluje expresiu konkrétnych génov. Ako jeden významných regulónov kontrolovaných DEK1 aktivitou sme identifikovali tzv. APB-CLAVATA-CLE regulón, ktorý zohráva kľúčovú úlohu pri kontrole rastlinných meristémov (zóny intenzívneho bunkového delenia).

V oblasti produkcie rekombinantných proteínov sme optimalizovali protokoly pre expresiu a purifikáciu vybraných domén DEK1 proteínu. Výsledky predstavujú základ pre prípravu vzoriek za účelom kryštalografickej determinácie 3D štruktúry DEK1.

### zodpovedný riešiteľ

Mgr. Demko Viktor, PhD.

### riešiteľská organizácia

Univerzita Komenského v Bratislave

### spoluriešiteľská organizácia

Centrum biológie rastlín a biodiverzity SAV, v. v. i.

### termín riešenia

08/2018 – 12/2022

### finančné prostriedky z APVV

239 000 €

### číslo projektu

APVV-17-0570

### Prínos pre prax

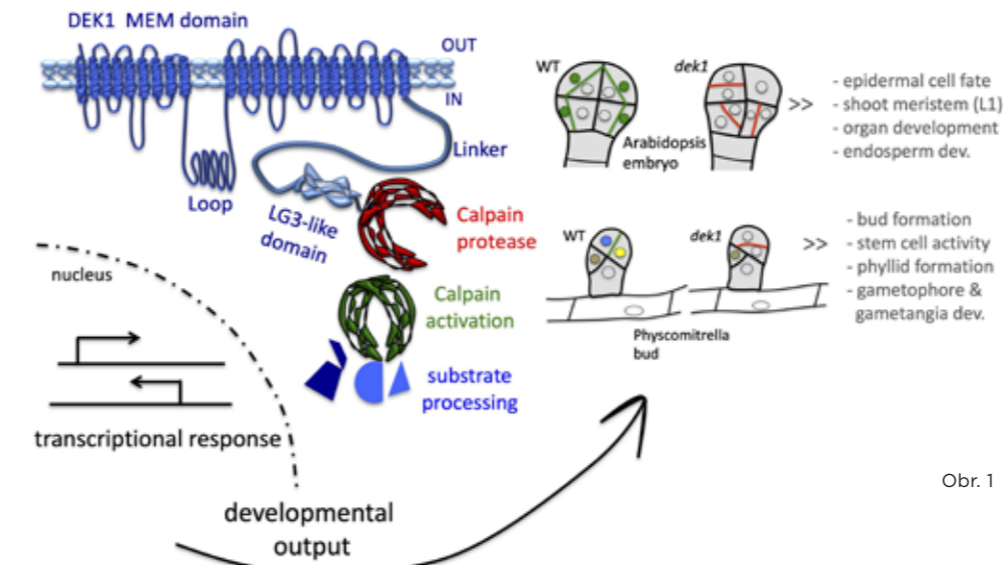
Analýzy DEK1 proteínu vo vzťahu k pozičnej signalizácii predstavujú základný výskum fundamentálnych molekulárnych princípov vývinu rastlín. Pochopenie „DEK1 dráhy“ má však jasné implikácie pre poľnohospodárstvo a biotechnológie. Naše analýzy génových regulačných sietí poukázali na možnosti predikcie zmien vo vývinových a rastových znkoch (*traits*) po cieleňých zásahoch v konkrétnych génoch. Zároveň priniesli novú koncepciu funkcie jediného rastlinného kalpainu DEK1 pri kontrole bunkovej identity v rastlinných orgánoch. Projekt takisto prispel k implementácii progresívnych molekulárno-biologických techník v oblasti rastlinnej experimentálnej biológie a umožnil tak vytvoriť platformu pre kvalitné vzdelávanie mladých vedeckých pracovníkov.

Obr. 1 / Vľavo schematické znázornenie DEK1 proteínu s jednotlivými doménami a predpokladaným spôsobom aktivácie. Vpravo schematické znázornenie embryí *A. thaliana* a púčikov *P. patens* v divých typoch (WT) a *dek1* mutantoch.

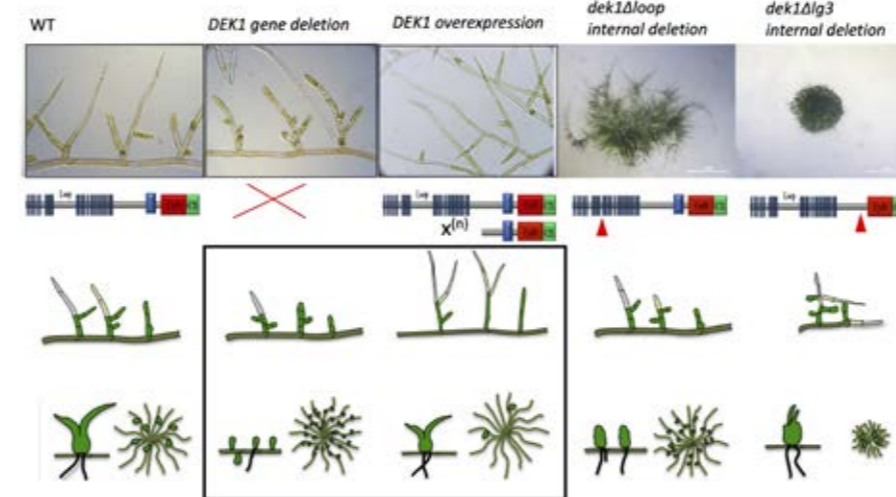
Obr. 2 / Lokalizácia DEK1-tdTomato vo fylidoch (vľavo) a samčích pohlavných orgánoch (vpravo) *P. patens*.

Obr. 3 / Línie *P. patens* s genetickými modifikáciami DEK1. V spodnej časti schematické znázornenie fenotypových prejavov jednotlivých mutácií.

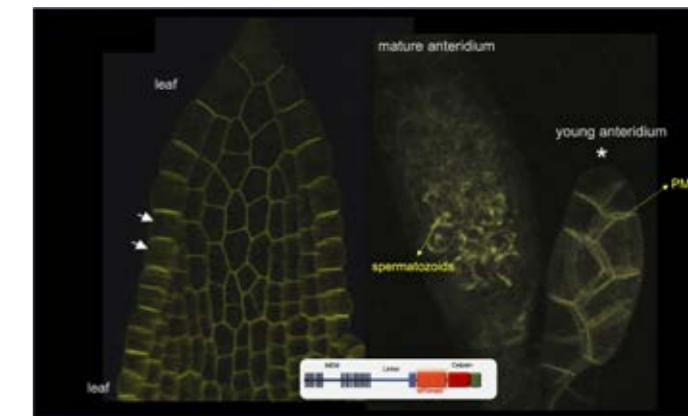
Obr. 4 / Analýza génových regulačných sietí *P. patens*. Vo štvorcoch sú znázornené regulačné vzťahy medzi identifikovanými transkripčnými faktormi a cieľovými gémi pre jednotlivé subsiete vo vzťahu k aktivite DEK1.



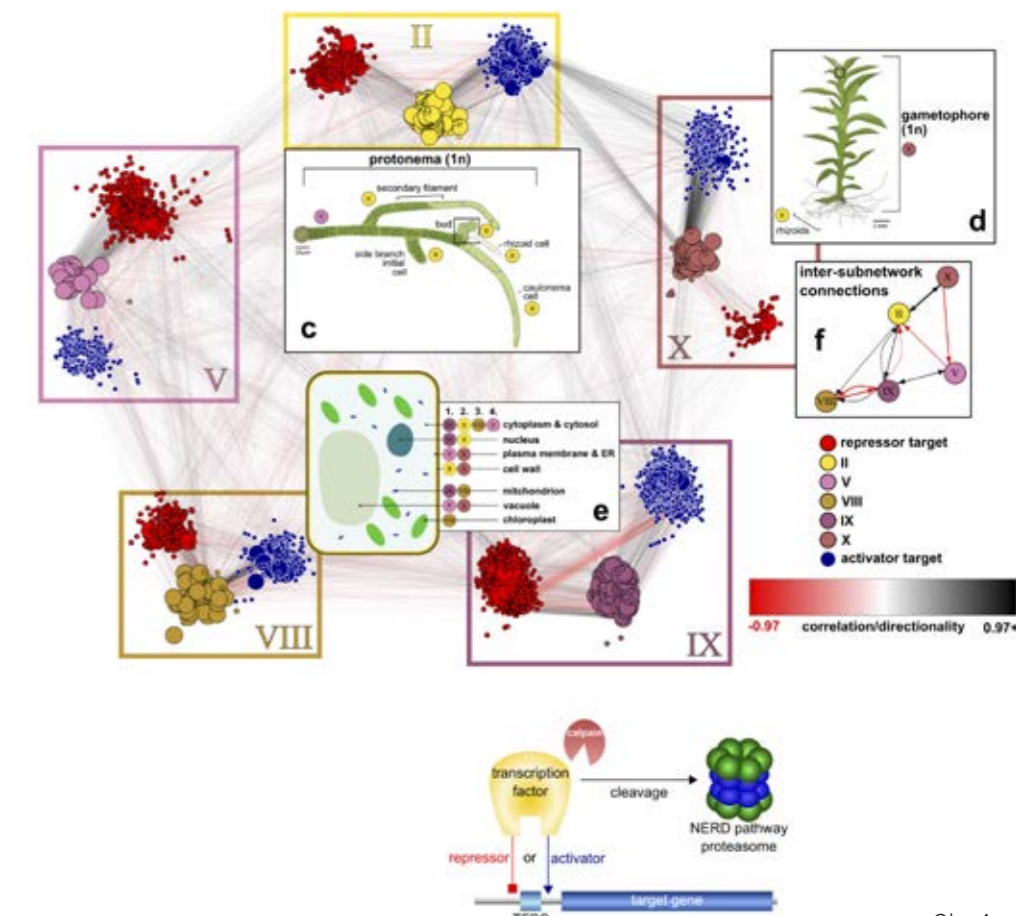
Obr. 1



Obr. 3



Obr. 2



Obr. 4

# TECHNICKÉ VEDY



## Systematický prístup k štúdiu zmien parametrov požiaru s využitím progresívnych analytických a forenzných metód

### Predmet výskumu

Výskum v oblasti požiarneho inžinierstva v súlade so svetovými trendmi využitia progresívnych metód na stanovenie významných požiarotechnických a materiálových charakteristík pre potreby výpočtov a modelovania vnútorných požiarov. Využitie najnovších poznatkov požiarneho inžinierstva a príbuzných vedných disciplín. Prínosom bola implementácia aktuálnych vedeckých postupov v požiarnej inžinierstve a využitie jeho výsledkov v požiarnej prevencii, v hodnotení protipožiarnej úprav materiálov a výrobkov a pri znižovaní negatívnych environmentálnych a socioekonomických dôsledkov požiarov.

### Ciele projektu

Hlavný vedecký cieľ: Vypracovanie a verifikácia metodiky pre aplikáciu systematického prístupu k štúdiu zmien parametrov vnútorných požiarov na základe matematického modelovania a výpočtov s originálnymi vstupnými parametrami, získanými prostredníctvom aplikácie progresívnych analytických a forenzných metód.

Čiastkové ciele: Charakterizácia vybraných progresívnych testovacích metód, materiálov a podmienok skúšok; Viacrozmerové testovanie reprezentatívnych materiálov, vybraných konštrukčných prvkov a stavebných konštrukcií; Tvorba, validácia a verifikácia modelov požiarov; Návrh oblastí implementácie výsledkov projektu.

### Dosiahnuté výsledky

Tvorivé využitie a modifikácia progresívnych laboratórnych metód v kombinácii s normovými metodikami na zisťovanie požiarotechnických a materiálových charakteristík dreva a materiálov na báze dreva. Metódy boli validované a využívané pri získavaní originálnych výsledkov projektu.

Progresívne metódy boli použité na laboratórne testovanie zmien makromolekulových charakteristík hlavných zložiek dreva a na identifikáciu prebehnutých chemických reakcií

ako dôsledku tepelného zaťaženia. Ďalšie progresívne laboratórne metódy boli použité na hodnotenie účinku retardérov horenia ako doplnkové metódy k normovému a nenormovému stanoveniu požiarotechnických charakteristík.

Boli vyvinuté nové metódy na stanovenie rýchlosti odhorenia, stanovenie zuhoľnatej vrstvy dreva a požiarnej odolnosti drevených nosníkov. Výsledky malorozmerových laboratórnych testov skúšobných vzoriek boli využité pri verifikácii výpočtového modelu teplotných profilov v dreve. Strednorozmerové testy boli zamerané na zisťovanie vplyvu charakteristík konštrukcií na priebeh požiaru a požiarnej odolnosti. Výsledky boli ďalej aplikované na posúdenie zmien konštrukcií drevestavieb pri požiaroch. Ďalšie stanovenia materiálových charakteristík umožnili posúdenie protipožiarnej úprav horľavých materiálov používaných v konštrukčných prvkoch.

Databáza originálnych požiarotechnických a materiálových charakteristík polymérnych materiálov bola aplikovaná do počítačom podporovaného modelovania pre potreby zisťovania príčin požiaru a protipožiarnej bezpečnosti stavieb. Modelovanie bolo zamerané na odhad hrúbky zuhoľnatej vrstvy dreva a stavebných prvkov po zaťažení tepelnými tokmi zodpovedajúcimi fáze rozvoja vnútorného požiaru. Modelovanie priebehu požiarov bolo rozšírené na vonkajší, lesný požiar. Vstupné údaje do modelovania boli získané vlastným terénnym výskumom a následne progresívnymi laboratórnymi metódami charakterizácie odobratého paliva.

Identifikovanou oblasťou implementácie výsledkov projektu je úsek zisťovania príčin vzniku požiaru, napr. presnejšie určenie ohniska požiaru a použitie akcelerátora horenia. Meranie zuhoľnatej vrstvy má hlavnú aplikáciu v oblasti požiarneho skúšobníctva (riešenie zostatkových účinných prierezov), ale aj v oblasti zisťovania príčin vzniku požiarov (miesta s najvyššími teplotami v blízkosti miesta vzniku požiarov). Výsledky počítačom podporovaného modelovania priebehu požiarov majú využitie pri posudzovaní protipožiarnej bezpečnosti a protipožiarnej úprav.

**zodpovedný riešiteľ**  
prof. RNDr. Kačíková Danica, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Technická univerzita vo Zvolene – Drevárska fakulta  
**spoluriešiteľská organizácia**  
Ministerstvo vnútra SR – Požiarotechnický  
a expertízny ústav  
**termín riešenia**  
08/2018 – 12/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
248 820 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0005

Vypracovaná metodika aplikácie systematického prístupu k štúdiu zmien parametrov vnútorného požiaru (materiálové charakteristiky – strednorozmerové testy – veľkorozmerové testy a využitie počítačom podporovaného modelovania a výpočtov) bola aplikovaná aj pre vybrané prírodné požiare.

### Prínos pre prax

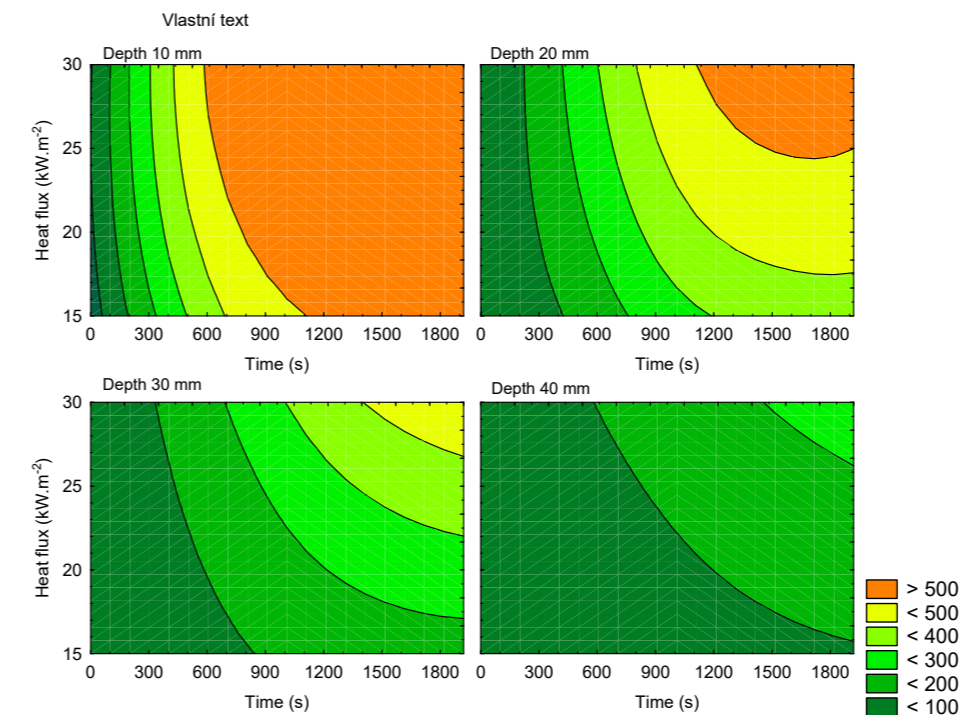
Originálne výsledky nájdu uplatnenie: v požiarom skúšobníctve (napr. komplexné posúdenie zmien materiálov po termickom zaťažení a horení spojením normových a progresívnych laboratórnych metód, resp. vypracované nové laboratórne metodiky na odber a analýzu produktov termického rozkladu), v hodnotení príspevku materiálov a výrobkov k požiaru, v požiarom inžinierstve (napr. doplnenie databázy požiarotechnických a bezpečnostných charakteristík materiálov a ich využitie v počítačom podporovanom modelovaní).

Obr. 1 / Tvorba zuhoľnatej vrstvy v smrekovom dreve pri zaťažení radiačným tepelným zdrojom

Obr. 2 / Snímky SEM pôvodného a vodným sklom upraveného dreva duba a EDX spektrá

Obr. 3 / Počítačová simulácia – jedľový guliač po zaťažení radiačným zdrojom

Obr. 4 / Rez vzorkou jedľového guliača po zaťažení radiačným zdrojom

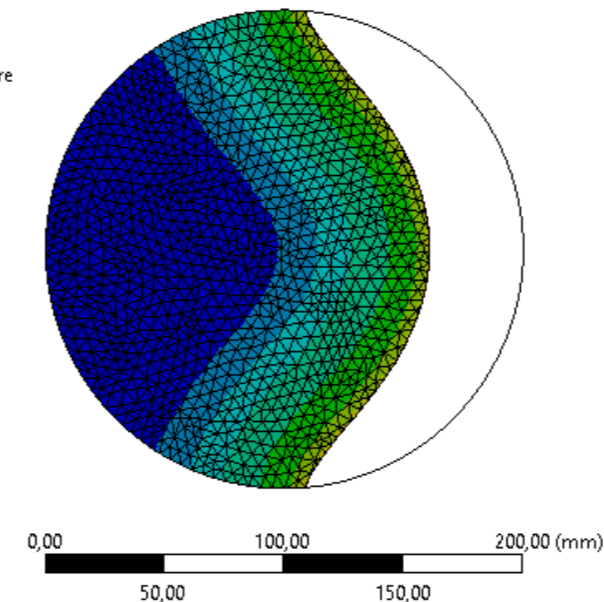


Obr. 1

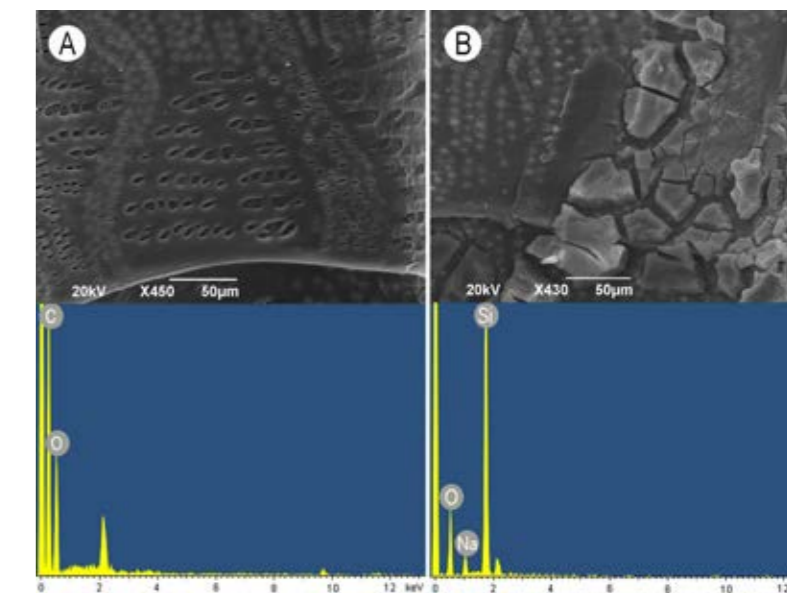
### F: Smrek guliač

0cm  
Type: Temperature  
Unit: °C  
Time: 3600  
20. 6. 2021 19:53

1000 Max  
640,09  
409,71  
262,25  
167,87  
107,45  
68,777  
44,023  
28,179  
18,037 Min



Obr. 3



Obr. 2



Obr. 4

## Vývoj nových biodegradovateľných kovových zliatin určených pre medicínske a protetické aplikácie

### Predmet výskumu

Kovové sklá sú podskupinou zliatin kovov, ktorých vnútorná štruktúra je neusporiadaná (amorfná). Perspektívnu skupinou sú amorfné zliatiny na báze vápnika, vďaka ich zaujímavým vlastnostiam z pohľadu využitia v medicíne či chirurgii. Binárne ako aj ternárne systavy typu Ca-Mg, Ca-Zn, Ca-Mg-Zn, Ca-Mg-Sr a Ca-Mg-Zn-X, X=(Sr, Si, Zr, Li) pozostávajú výhradne iba z bioabsorbovateľných kovov a teda je zaručená ich biokompatibilita s ľudským organizmom. Bioabsorbovateľné kovy/zliatiny pozostávajú z prvkov už existujúcich v ľudskom tele, organizmus má na nich prirodzenú toleranciu, postupne sa v tele hostiteľa rozpúšťajú (*in vivo*), majú priaznivý účinok na proces hojenia a ich prítomnosť v tele pacienta končí bez zvyškov.

### Ciele projektu

Hlavným cieľom projektu bolo vyvinúť a charakterizovať sériu ultraľahkých amorfných zliatin vyrobených z bioabsorbovateľných prvkov (Ca, Mg, Zn, Sr, Si, Zr, Li), teda prvkov, ktoré sa v ľudskom organizme nachádzajú a voči ktorým má telo prirodzenú biokompatibilitu. Využitie týchto materiálov je smerované do oblasti medicíny - na prípravu vnútrotelových implantátov s cieľnou biodegradáciou v tele pacienta ako sú: osteosyntetické skrutky, platničky, nity, klince používané v procese rekonštrukcii osteoporotických zlomenín.

### Dosiahnuté výsledky

S cieľom získať kovové amorfné materiály bolo navrhnutých (aj prostriedkami umelej inteligencie) a pripravených celkovo 70 úplne nových zliatin systémov Ca-Mg-Au, Mg-Zn-Sr, Mg-Zn-Ca a Ca-Mg v tvare tenkých pásov. U týchto zliatin bola charakterizovaná makro a mikroštruktúra, teplotná stabilita, mechanické vlastnosti štandardnými metódami používanými v materiálomom výskume ako aj chemické vlastnosti a korózna odolnosť v prostredí roztokov simulujúcich telesné tekutiny.

Atómová štruktúra vybraných bioabsorbovateľných kovových skiel bola hodnotená aj pokročilými metódami s využitím zdrojov synchrotrónneho (príp. neutrónového) žiarenia. Získané experimentálne dáta boli vstupom modelovania neusporiadaných štruktúr metódou Reverse Monte Carlo, ktorej cieľom je hľadať také atómové usporiadanie, ktoré by čo najviac vyhovovalo dostupným experimentálnym dátam.

Na základe komplexného rozboru pripravených zliatin, za najvýznamnejší výsledok tohto projektu možno považovať detailne popísanú atómovú štruktúru kovového skla  $Mg_{66}Zn_{30}Ca_4$ , ktorá bola podrobená komplexnej topologickej analýze. Tá identifikovala v zliatine tzv. husto obsadené polyédre - objemy zliatiny, ktoré potláčajú vnútornú difúziu atómov, a tým prispievajú k veľkej (5 mm) prekaliteľnosti tejto zliatiny do amorfnej fázy. Jej medza pevnosti v jednoosovom tlaku je až 662 MPa, čo vysoko prevyšuje požiadavky na materiál implantátu pri traumatickom poškodení (požadovaných je 300 MPa). Táto zliatina má zároveň 1.4% mieru elastickej deformácie, čo je viac ako 10 násobok hodnot konvenčných dnes používaných Mg zliatin. Hustota 2.9 g/cm<sup>3</sup> je mierne vyššia oproti hustote kortikálnej kosti 1.6 - 2 g/cm<sup>3</sup>. Modul pružnosti 46 GPa je viac ako dvojnásobný oproti hodnotám (6 - 20 GPa) uvádzaným pre kortikálnu kosť. Hodnoty pevnosti nami vyrobeného materiálu, porovnaním s konvenčnými materiálmi dnes používanými v ortopédii, dosahujú pevnosti titánových zliatin, ale na rozdiel od nich sú plne biodegradovateľné s odhadovanou mierou rozpustnosti 2 roky. Na báze tohto ternárneho systému boli pripravené kvaternárne zliatiny prídavkom yttria, u ktorých sme overovali vytvrdzovací účinok a zvýšenie plastickej deformácie. Zliatiny  $Mg_{64}Zn_{32-x}Ca_4Y_x$  (x = 0, 2, 3 a 4 at.%) boli pripravené vo forme masívnych odliatok priemeru 3 mm a dĺžky 12 mm a následne u nich boli stanovené funkčné vlastnosti: mechanické vlastnosti v jednoosovom tlaku, korózna odolnosť a rozpúšťacie testy v roztoku blízkom telesným tekutinám. Experimentálne sa nám podarilo verifikovať predpoklad zvýšenia mechanickej pevnosti v jednoosovom tlaku pri súčasnom zvýšení miery plastickej deformácie až na 0.45%. Zlepšená je aj korózna odolnosť ytriom obohatených zliatin.

### zodpovedný riešiteľ

Ing. Saksl Karel, DrSc.

### riešiteľská organizácia

Ústav materiálového výskumu SAV, v. v. i.

### spoluriešiteľské organizácie

Technická univerzita v Košiciach

Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

### termín riešenia

08/2018 - 06/2021

### finančné prostriedky z APVV

249 996 €

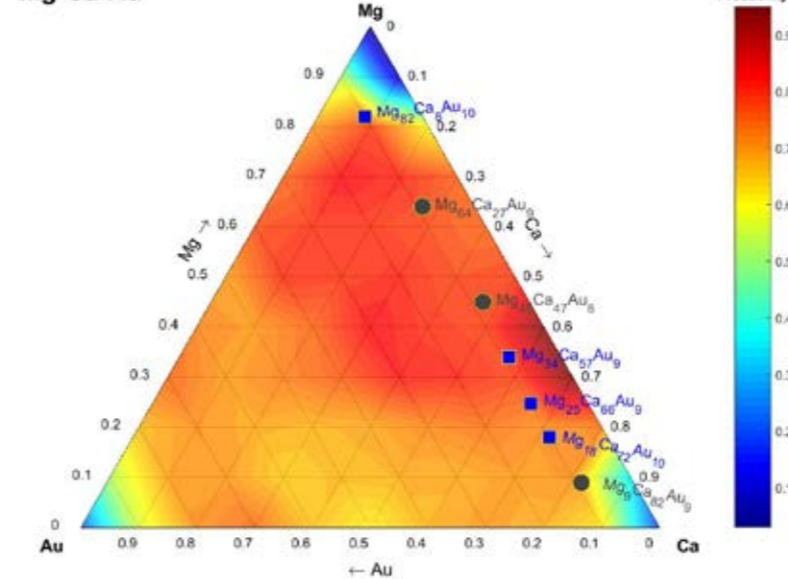
### číslo projektu

APVV-17-0008

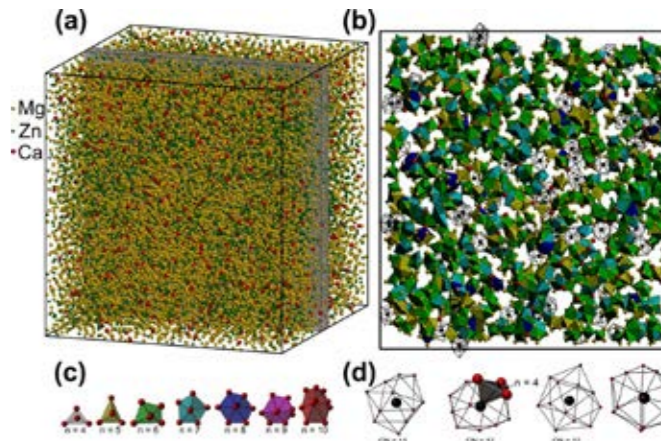
### Prínos pre prax

Získané výsledky ukazujú, že kovové amorfné materiály systémov CaMg a MgZnCa predstavujú moderné typy zliatin, s ktorými je potrebné v budúcnosti počítať predovšetkým v medicínskej praxi, pričom využitie týchto materiálov je smerované do oblasti medicíny na prípravu vnútrotelových implantátov s cieľným rozpúšťaním sa v tele pacienta.

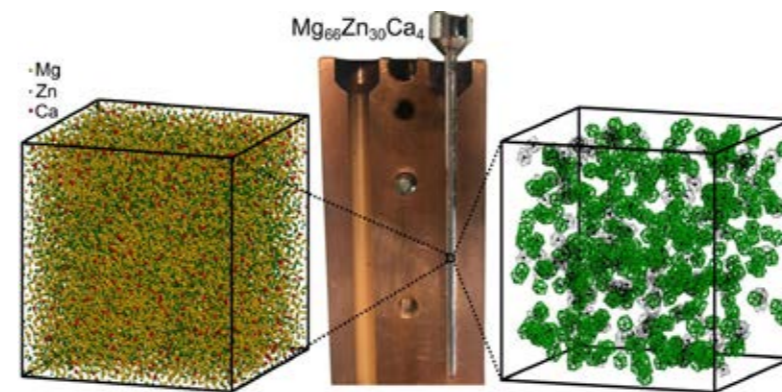
### Mg-Ca-Au



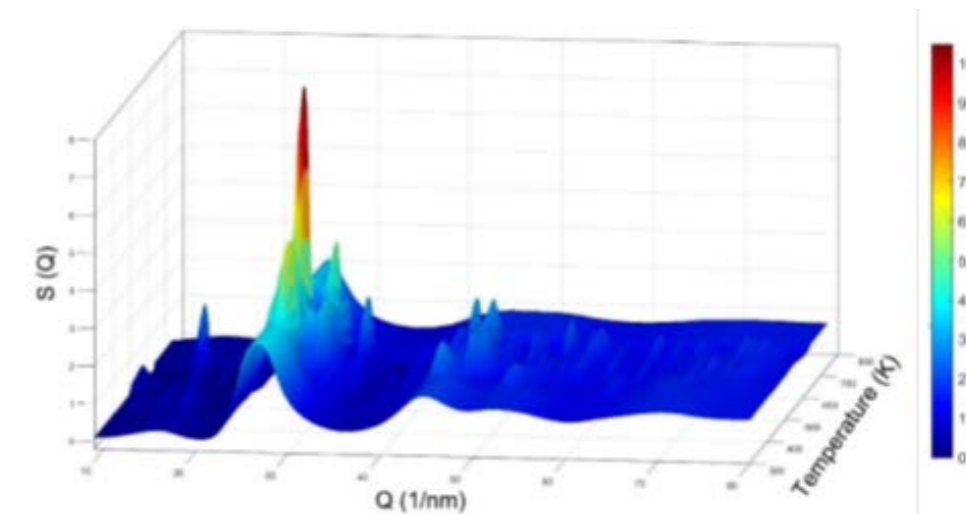
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4

Obr. 1 / Ternárny diagram Mg-Zn-Au s farebným rozlíšením pravdepodobnosti tvorby kovového skla

Obr. 2 / 3D atómová konfigurácia amorfnej zliatiny  $Mg_{66}Zn_{30}Ca_4$  získaná Reverse Monte Carlo modelovaním z difrakčných dát. Táto štruktúra pozostáva z viac husto obsadených tetraedrických útvarov. Tieto útvary sú chemicky viazané a v štruktúre zliatiny pôsobia ako prekážky pre difúziu atómov. To potláča kryštalizáciu a teda zvyšuje schopnosť tvorby amorfnej fázy.

Obr. 3 / V strede odliatok zliatiny  $Mg_{66}Zn_{30}Ca_4$ , vľavo model atómovej štruktúry v objeme - 8,7 nm<sup>3</sup> obsahujúcej 30 000 atómov. Vpravo je zobrazené rozdelenie husto obsadených oblastí do špeciálneho ikosahedrálného tvaru. Tieto útvary sú zodpovedné za efektívne potlačenie difúzie atómov v zliatine, čím prispievajú k zlepšenej prekaliteľnosti zliatiny do amorfného stavu (glass-forming ability).

Obr. 4 / 3D grafické znázornenie zmien štruktúrneho faktora s teplotou vzorky  $Mg_{66}Zn_{30}Ca_4$  získané z dát *in situ* vysokoteplotnej RTG difrakcie.

## Výskum priameho spájania keramických a kovových materiálov pomocou aktívnych spájkovacích zliatin

### Predmet výskumu

Projekt sa zaoberal výskumom priameho spájania keramických a kovových materiálov pomocou aktívnych spájkovacích zliatin. Navrhnuté a experimentálne pripravené boli nové aktívne spájkovacie zliatiny. Hlavná báza bol Sn a In legované aktívnym kovom hlavne Ti, ale aj Sr. Predpokladalo sa, že aktívny prvok bude v procese spájovania reagovať s povrchom substrátu a zabezpečí tak zmáčavosť spájky na keramickom alebo inak ťažkospájkovateľnom materiáli. Na ohrev sa použili laser a elektrónový lúč. Zistovala sa materiálová spájkovateľnosť nových spájkov.

### Ciele projektu

Ciele projektu rešpektujú nové svetové trendy v spájkovaní materiálov, ako je použitie bezolovnatých prídavných materiálov a beztavivového spájovania. Ďalším je univerzálnosť technológie spájovania, kde sa vyžaduje priame spájovanie nekovových, keramických a kovových materiálov navzájom a ich kombinácií. Na základe týchto aspektov a na predchádzajúcich skúsenostiach riešiteľov boli navrhnuté uvedené ciele projektu:

1. Výskum a experimentálna príprava nových aktívnych zliatin mäkkých spájkov na báze Sn a In. Návrh a výroba nových spájkovacích zliatin s cieľom ich použitia pri beztavivovom spájkovaní širokej škály kovových (Cu, Ni, Ag, Au, Al, Ti a pod.), nekovových (Si, Ge, C a pod.), keramických ( $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ , SiC, AlN,  $Si_3N_4$  a pod.) a kovokeramických materiálov, ktoré majú významné postavenie v elektronike, mikroelektronike, ale aj v strojárskom priemysle.

2. Výskum priameho beztavivového spájovania s využitím lasera, elektrónového lúča a výkonového ultrazvuku. Výskum procesov a podmienok vytvárania spojov progresívnymi beztavivovými technológiami spájovania a vytvorenie súboru poznatkov o týchto procesoch.

3. Štúdium interakcií na rozhraní substrát/spájka a zisťovanie mechanických vlastností spájkovaných spojov. Výskum prechodových oblastí na rozhraní kovových a keramických materiálov. Identifikácia vzniku a rastu intermetalických komponentov. Objasnenie mechanizmu vzniku spoja.

### Dosiahnuté výsledky

Predmetom výskumu a patentovaného riešenia v praxi je nová aktívna spájkovacia zliatina na báze Sn-Sb-Ti. Spájka je špeciálne určená na ultrazvukové spájovanie kovových, nekovových, keramických či kompozitných materiálov. Uplatnenie si nájde hlavne v oblasti výroby špičkových výkonových elektronických súčiastok pracujúcich pri vyšších prevádzkových teplotách. Prínos spočíva v efektívnosti a spoľahlivosti vo výrobe spájkovaných spojov pre oblasť elektronického a mikroelektronického priemyslu. Použitím progresívnych technológií spájovania bezolovnatými spájkami beztavivovým spôsobom sa splňajú najnovšie environmentálne požiadavky pre ekologické a zároveň ekonomicky výhodné spájovanie širokej škály materiálov. V súčasnosti sa táto spájka vyrába vo forme drôtu, fólie a ingotov. Možná je aj výroba vo forme prášku. Naša spájka je legovaná aktívnym kovom (Ti). Aktívny kov zabezpečuje zmáčavosť keramických materiálov pri vysokoteplotnej aktivácii vo vákuu alebo použitím ultrazvukových vibrácií na vzduchu. Je použiteľná bez tavia a neobsahuje olovo ani kadmium, čím zodpovedá požiadavkám pre bezolovnaté spájovanie (RoHS atď.).

### Prínos pre prax

Spájka je priamym konkurentom komerčných spájkov spoločnosti S-Bond s globálnym odberateľským potenciálom, ktorá ponúka aktívne spájky na báze Sn-Ag legované aktívnym prvkom. Výhodou našej spájky je možnosť spájkovať priamo a tým vylúčiť potrebu povlakovania keramických povrchov spájkovateľným povlakom. Výhodou sú aj vyššie šmykové

### zodpovedný riešiteľ

prof. Ing. Koleňák Roman, PhD.

### riešiteľská organizácia

Slovenská technická univerzita v Bratislave

- Materiálovotechnologická fakulta, Trnava

### spoluriešiteľská organizácia

PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a.s.

### termín riešenia

08/2018 - 07/2022

### finančné prostriedky z APVV

250 000 €

### číslo projektu

APVV-17-0025

pevnosti spájkovaných spojov približne o 30 - 50 %. Je možné priamo spájkovať kovové, keramické, kompozitné materiály a ich kombinácie. Naša spájka je okrem toho lacnejšia, keďže cena Sb na svetových burzách je v porovnaní s Ag približne o 77 % nižšia. V roku 2022 prebiehalo rokovanie s francúzskou firmou Métaux Blancs Ouvrés (<https://mbosolder.com/>), ktorá je celosvetovým dodávateľom spájkovacích zliatin pre elektroniku. Firma MBO podpísala licenciu na výrobu a distribúciu tejto spájkovacej zliatiny. Spájkovacia zliatina sa začne vyrábať a distribuovať v roku 2023. Spájkovacia zliatina bola patentovaná na Úrade priemyselného vlastníctva na Slovensku aj na Európskom patentovom úrade v Nemecku.

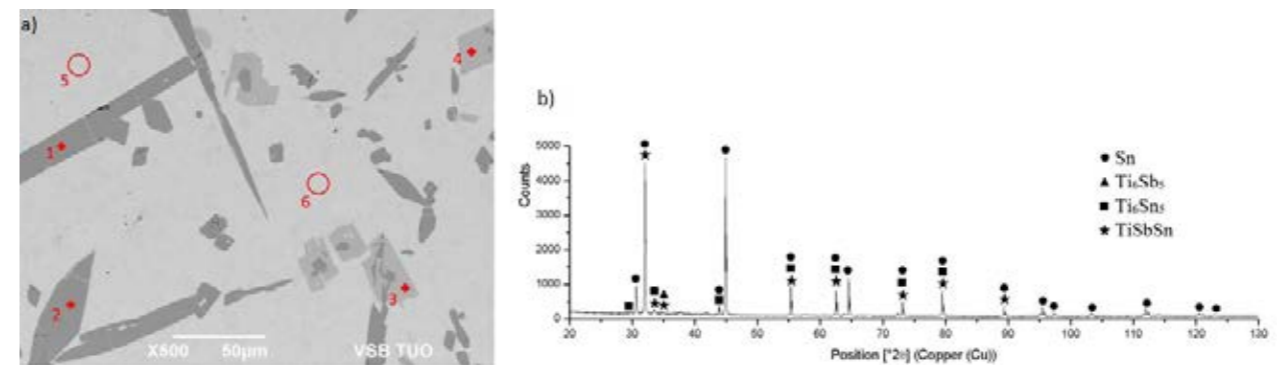
Obr. 1 / a) Analýza mikroštruktúry spájky SnSb5Ti3, b) XRD analýza spájky SnSb5Ti3

Obr. 2 / Mapa prvkov Ti, Sn, Sb v mikroštruktúre spájky SnSb5Ti3

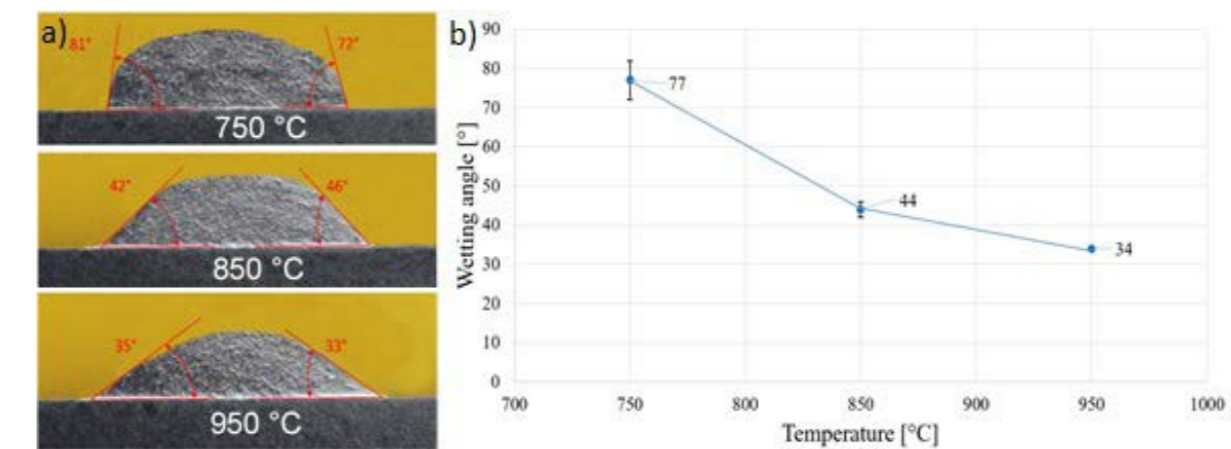
Obr. 3 / Zmáčavosť keramiky SiC spájkou SnSb5Ti3 pri teplotách 750, 850 a 950 °C a) uhly zmáčania, b) priebeh merania zmáčavosti

Obr. 4 / a) Skúšobná vzorka na skúšku šmykom a schéma vzorky v prípravku pri skúške šmykovej pevnosti, b) šmyková pevnosť spojov so spájkou SnSb5Ti3

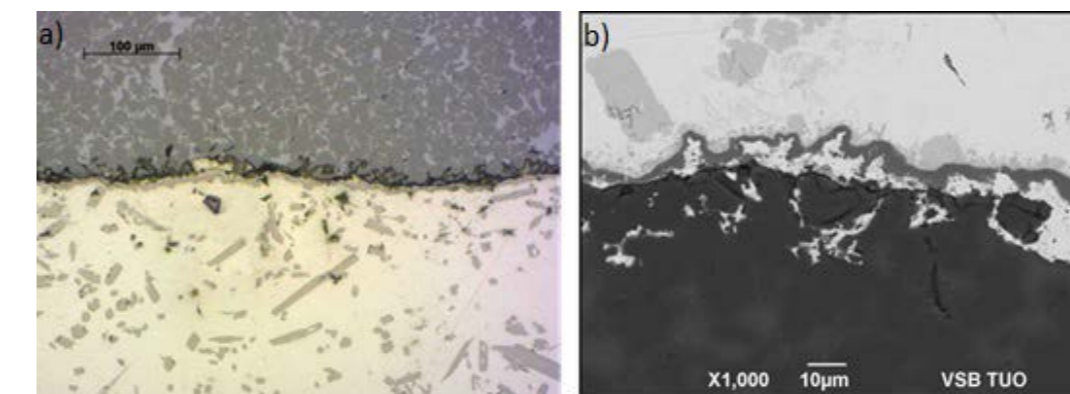
Obr. 5 / Mikroštruktúra rozhrania SiC-SnSb5Ti3 vzorky zmáčavosti spájkovanej pri teplote 850 °C a) zo svetelného mikroskopu, b) zo SEM



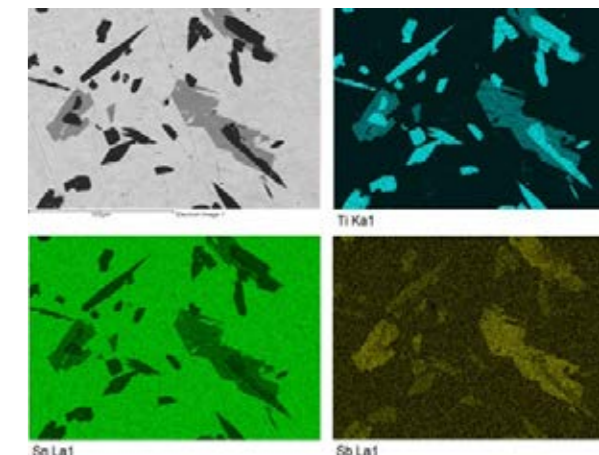
Obr. 1



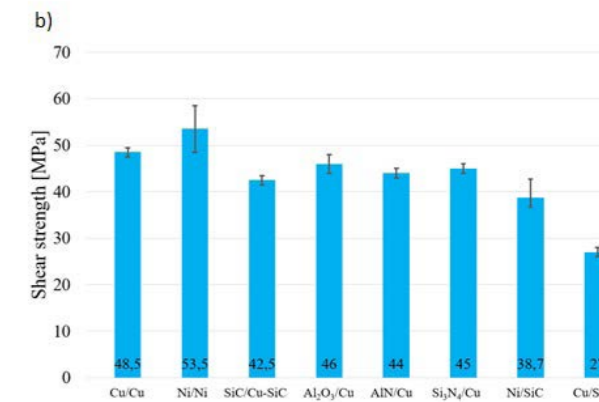
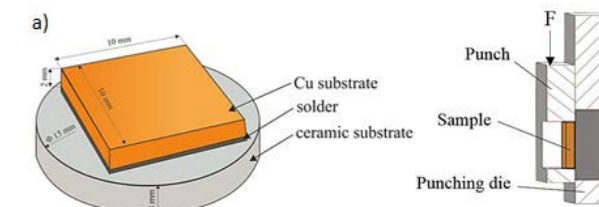
Obr. 3



Obr. 5



Obr. 2



Obr. 4

## Nové sklené a sklokeramické fosfory na báze hlinitanov vzácnych zemín pre aplikácie v pevnolátkových energií šetriacich svetelných zdrojoch vyžarujúcich biele svetlo (pc-WLED diódy)

### Predmet výskumu

Znižovanie energetickej náročnosti výrobných procesov a bežnej spotreby energie (významnú časť tvorí spotreba energie na osvetlenie) najmä v súčasnom období energetickej krízy je veľmi naliehavé. S tým úzko súvisí aj výrazný nárast cien materiálových vstupov. Preto vývoj nových účinných luminiscenčných materiálov pre aplikácie v LED osvetľovacej technike s nižším obsahom prvkov vzácnych zemín, respektíve ich substitúcia lacnejšími alternatívami, napr. prechodnými prvkami alebo inými prvkami, má v súčasnosti veľký význam. Riešený projekt bol zameraný na vývoj nových sklených, sklokeramických a keramických luminiscenčných materiálov na báze  $Al_2O_3$  a  $RE_2O_3$  pre aplikácie v LED diódach emitujúcich biele svetlo.

### Ciele projektu

Cieľom projektu bol vývoj nových sklených, sklokeramických a keramických luminiscenčných materiálov dopovaných iónmi vzácnych zemín (RE) a prechodných prvkov (TM) pre aplikácie v LED polovodičových svetelných zdrojoch, excitovateľných najmä v NUV (blízkej UV) oblasti. Pozornosť sa venovala hlavne príprave materiálov s homogénnou distribúciou dopantu v hostiteľskej matici a určení vzťahu medzi štruktúrou a morfológiou materiálu a jeho emisnými spektrálnymi vlastnosťami pri excitácii modrým svetlom ako aj NUV (blízka UV) žiarením, a optimalizácii prípravy a charakterizácii PiG kompozitov vo forme tenkých platničiek vhodných pre priamu aplikáciu na excitačný LED čip.

### Dosiahnuté výsledky

V rámci projektu sa vyvinuli nové ytрито-hlinitanové sklené a sklo-kryštalické materiály jednak v práškovej forme (sklené mikrogulôčky) ako aj vo forme PiG kompozitov s dobrou emisíou bieleho svetla pri excitácii žiarením v NUV oblasti a to pri znížení obsahu luminiscenčne aktívnych prvkov vzácnych zemín v hostiteľskej matici. Pripravené nové sklené a sklo-kryštalické materiály boli detailne charakterizované z pohľadu štruktúry, termických vlastností, morfológie

a luminiscenčných vlastností. Optimalizovaná bola syntéza prekurzorov a príprava hlinitanových skiel (nedopovaných, ako aj dopovaných luminiscenčne aktívnymi iónmi Eu, Er, Ce, Tb, Dy, Mn, Cr) v sústavách  $RE_2O_3-Al_2O_3$  ( $RE=Y, Yb, La$ ). Získané boli cenné poznatky o tepelnej stabilite, mechanizme kryštalizácii a časovo-teplotnom vývoji fázového zloženia počas kryštalizácii hlinitanových skiel. Spektroskopických metódami, MAS NMR, IČ a Ramanovou spektroskopiou sa podarilo identifikovať a kvantifikovať štruktúrne motívy existujúce v hlinitanových sklách, ako aj nestabilné fázy vznikajúce počas kryštalizácie hlinitanových skiel. Emisia bieleho svetla bola dosiahnutá s jedným luminiscenčne aktívnym prvkom (Eu) pri jeho nízkej koncentrácii v hostiteľskej matici, pričom bolo možné zvýšiť podiel červenej zložky emitovaného svetla zmenou excitačnej vlnovej dĺžky.

Vyvinuté boli aj luminofory vykazujúce emisíu teplého bieleho svetla pri NUV excitácii s nahradením vzácnych zemín lacnejšími dopantami. Kombináciou vhodných dopantov RE/TM v jednej matici bolo možné ladiť farbu emitovaného svetla od zelenej, cez žltú, bielu až po červenú, teda v širokom spektrálnom rozsahu, v závislosti od excitačnej vlnovej dĺžky.

### Prínos pre prax

Výsledky a poznatky nadobudnuté počas riešenia projektu sú uplatniteľné najmä v oblasti polovodičových svetelných zdrojov (LED) emitujúcich biele svetlo s vysokým svetelným výkonom ako aj pri príprave nových luminiscenčných materiálov a PiG kompozitov s nižším obsahom prvkov vzácnych zemín.

### zodpovedný riešiteľ

Ing. Klement Robert, PhD.

### riešiteľská organizácia

Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne

### spoluriešiteľské organizácie

Ústav anorganickej chémie SAV, v. v. i.

Ústav materiálového výskumu SAV, v. v. i.

### termín riešenia

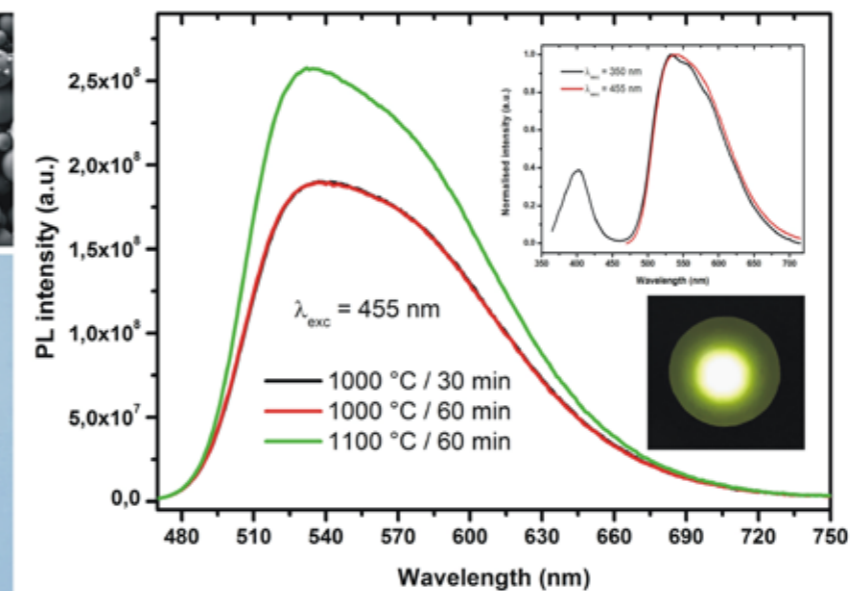
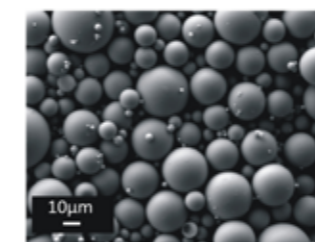
08/2018 - 12/2022

### finančné prostriedky z APVV

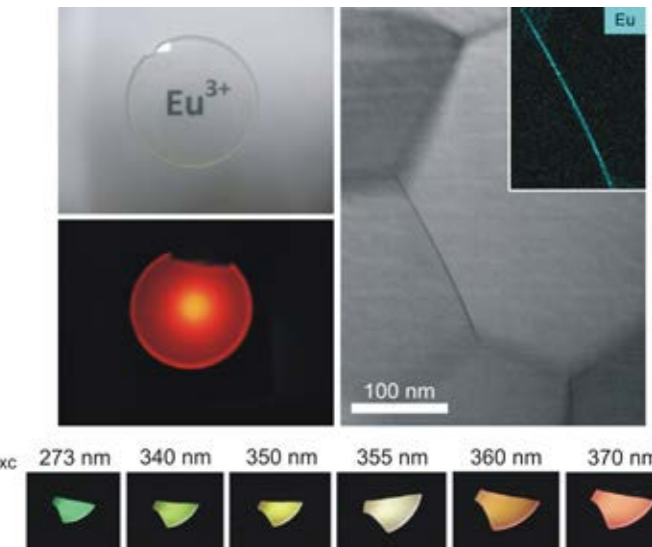
180 045 €

### číslo projektu

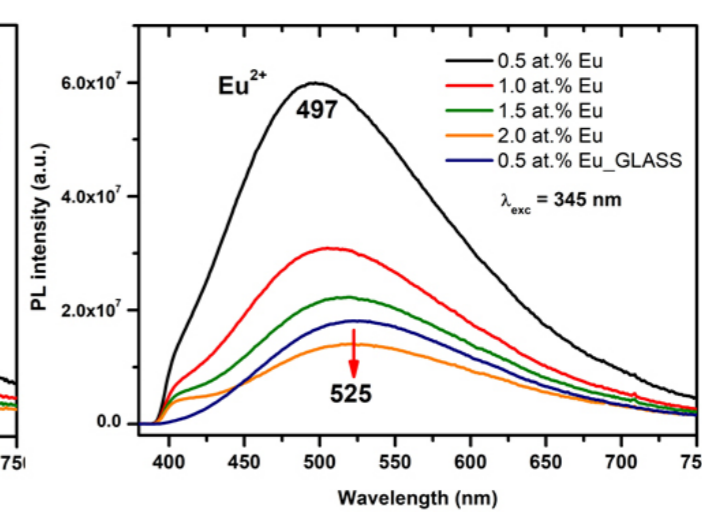
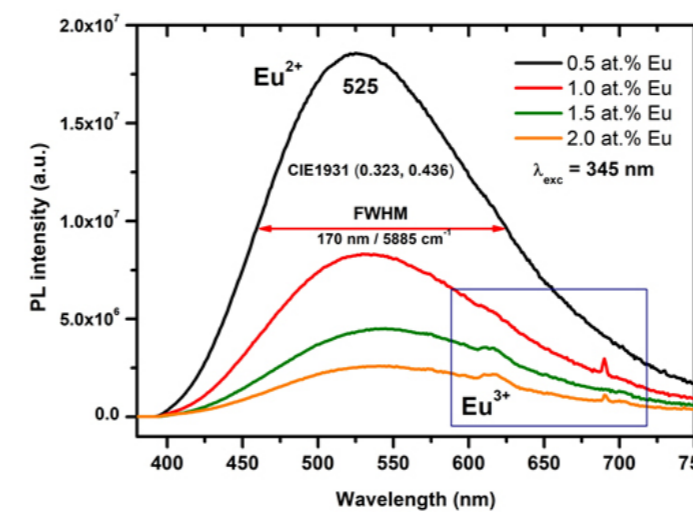
APVV-17-0049



Obr. 1



Obr. 3



Obr. 2

Obr. 1 / Translucentná sklokeramická vzorka ( $\varnothing 10$  mm s hrúbkou 0.5 mm) pripravená spekaním mikrogulôčok vo vákuu pri 1000°C/1h pod aplikovaným tlakom 40MPa (vľavo). Emisné spektrá kompakto pripravených pri rôznych podmienkach pre eutektické zloženie s koncentraciou 1 at.%  $Ce^{3+}$  (vpavo).

Obr. 2 / PL emisné spektrá vzoriek skiel (mikrogulôčok) so zložením  $A60Y40:xEu^{2+}$  redukovaných v atmosfére  $H_2/N_2$  (10 v/v) pri teplote 750°C/24h (vľavo), následne skryštalizovaných v redukčnej atmosfére pri teplote 1050°C/24h (v strede). PiG kompozit pripravený žiarovým lisovaním pri excitácii NUV 345 nm (v pravo).

Obr. 3 / Fotografia  $Al_2O_3:Eu^{3+}$  keramického kompaktu (0.075 at.%) pri excitácii NUV a mikrofotografia z TEM/EDS analýzy hraníc zrn vzorky 0.075 at.%  $Al_2O_3:Eu^{3+}$  (hore). Fotografie emitovaného svetla  $Al_2O_3:Tb^{3+}/Cr^{3+}$  co-dopovanej transparentnej keramiky pri excitácii rôznymi vlnovými dĺžkami (dole).

## Polymérne systémy z obnoviteľných zdrojov pre vlákna a textilie

### Predmet výskumu

Predmetom riešeného projektu bola príprava vlákien zo zmesných systémov PLA, PHB a špeciálnych aditív, hodnotenie ich štruktúry, termických, mechanických a koloristických vlastností. Zároveň bolo potrebné študovať vplyv zloženia zmesných systémov na ich spracovateľnosť a s tým súvisiace stanovenie podmienok zvláknovania a dĺženia.

### Ciele projektu

Projekt bol zameraný na štúdium nových systémov na báze polymérov z obnoviteľných zdrojov (kyselina polymlieč-na-PLA, polyhydroxybutyrát-PHB), určených pre prípravu orientovaných vláknitých materiálov z pohľadu ich materiálového zloženia a podmienok prípravy. Riešenie projektu bolo zamerané na optimalizáciu zloženia polymérnych vláknitých zmesí na báze rôznych typov PLA, PHB a špeciálnych aditív s cieľom zabezpečenia ich dobrej spracovateľnosti vo zvláknovacom poli a v procese jednosmernej orientácie/dĺženia, ako aj ich dlhodobej termickej, hydrolytickej a oxidačnej stability. Ďalšou úlohou bolo pripraviť bikomponentné vlákna typu C/S z PLA, PHB a špeciálnych aditív v plášti vlákna a z PP v jadre vlákna. Cieľom projektu bolo aj štúdium povrchového farbenia pripravených vlákien a porovnanie ich stálosti vyfarbenia s vláknami vyfarbenými v hmote.

### Dosiahnuté výsledky

Významným výsledkom riešenia projektu je určenie materiálového zloženia PLA/PHB zmesi s prídavkom nukleačného činidla, ktoré umožnilo prípravu vlákien z PLA/PHB zmesi s akceptovateľnými štruktúrnymi parametrami a fyzikálno-mechanickými vlastnosťami. Pre určenie materiálového zloženia PLA/PHB zmesi bolo zistené, že PLA vlákna z L105, L130 a L175 majú významne vyšší kryštalický podiel ako vlákna z I6202, stabilita procesu dĺženia klesá v poradí I6202, L130, L175 a L105 a dĺžené vlákna vykazujú nižší prejav studenej kryštalizácie. Naopak parametre nadmolekulovej štruktúry a fyzikálno-mechanické vlastnosti sú lepšie u vlákien z L175 ako u vlákien z L130, L105 a I6202.

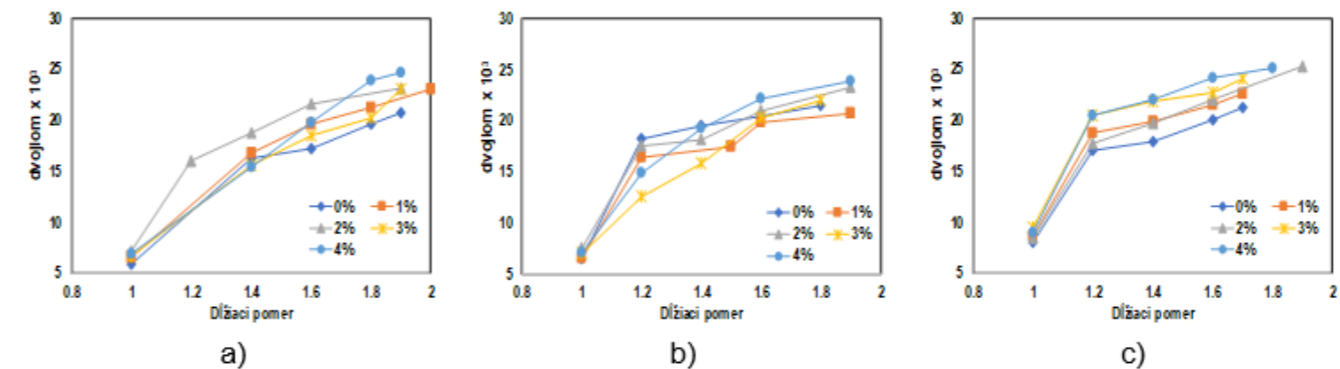
Positívnym výsledkom bolo zistenie, že sledované vlastnosti pripravených vlákien sa v závislosti od času starnutia nemenia. Ďalej bolo zistené, že vlákna dĺžené pri nižšej teplote (80°C) je potrebné dĺžiť na vyšší dĺžiaci pomer a vlákna dĺžené pri vyššej teplote dĺženia (100°C) na nižší dĺžiaci pomer. Prídavok mastenca zlepšuje fyzikálno-mechanické vlastnosti týchto vlákien. V rámci riešenia projektu boli tiež pripravené bikomponentné PP/PLA vlákna s určením obsahu jednotlivých zložiek v jadre a plášti tak, aby pripravené vlákna mali požadované fyzikálno-mechanické vlastnosti. Významným výsledkom riešenia projektu bolo získanie poznatkov o možnosti vyfarbenia pripravených PLA vlákien s rôznou koncentráciou zmäkčovadiel, PLA/PHB vlákien a bikomponentných PP/PLA vlákien. Zistilo sa, že pri farbení PLA vlákien bez a so zmäkčovadlom sa stabilita vyfarbenia zhoršuje so zvýšením obsahu zmäkčovadla. Po vyfarbení vlákien z PLA/PHB v hmote i povrchovo sa zistilo, že kým u vlákien vyfarbených v hmote bez nukleačného činidla, prídavok PHB znižuje stálosti v prani po 5 i 20 praniach, tak u povrchovo vyfarbených vlákien prídavok PHB zvyšuje stabilitu vyfarbenia po 5 praniach, ale po 20 praniach je stabilita vyfarbenia nižšia ako u PLA/PHB vlákien vyfarbených v hmote. Vyššia účinnosť farbenia bola dosiahnutá pri povrchovom farbení bikomponentných PP/PLA vlákien s vyšším obsahom PLA zložky.

### Prínos pre prax

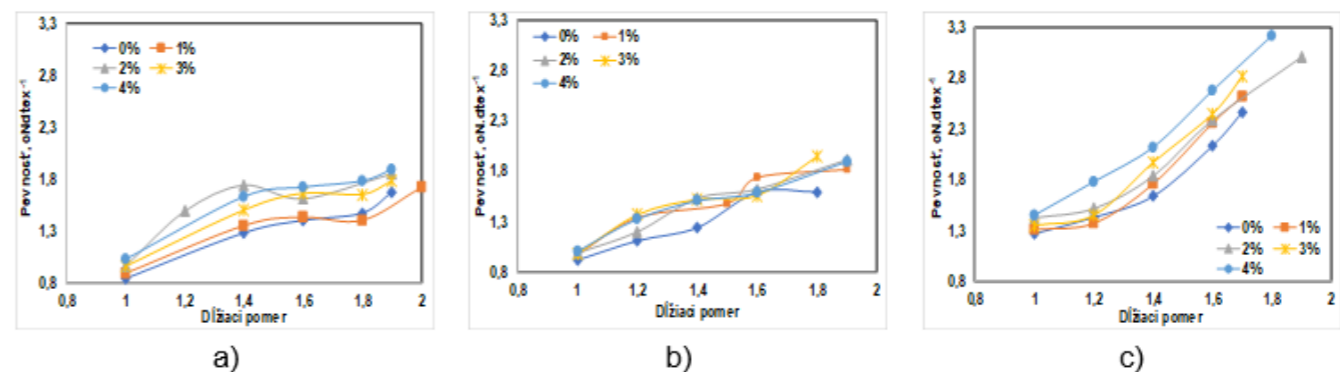
V rámci riešenia projektu boli pripravené PLA, PLA/PHB a BICO PP/PLA vlákna s rôznym obsahom zmäkčovadla, nukleačného činidla a kompatibilizáta. Vlákna s vyšpecifikovaným zložením boli zvláknované klasickým postupom z taveniny na laboratórnej linke s požadovanou štruktúrou, termickými a fyzikálno-mechanickými vlastnosťami. Tento výsledok poukazuje na fakt, že vlákna z PLA, PLA/PHB, prípadne bikomponentné PP/PLA vlákna môžu byť potenciálne zavedené do výroby a následne použité na prípravu plošných textilných produktov, najmä netkaných textílií. Ďalším významným výsledkom je zistenie, že pripravené vlákna

**zodpovedný riešiteľ**  
doc. Ing. Ujhelyiová Anna, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Slovenská technická univerzita v Bratislave  
- Fakulta chemickej a potravinárskej technológie  
**spoluriešiteľská organizácia**  
ENVIROCARE, s.r.o.  
Výskumný ústav chemických vlákien, a.s.  
**termín riešenia**  
08/2018 – 06/2021  
**finančné prostriedky z APVV**  
249 606 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0078

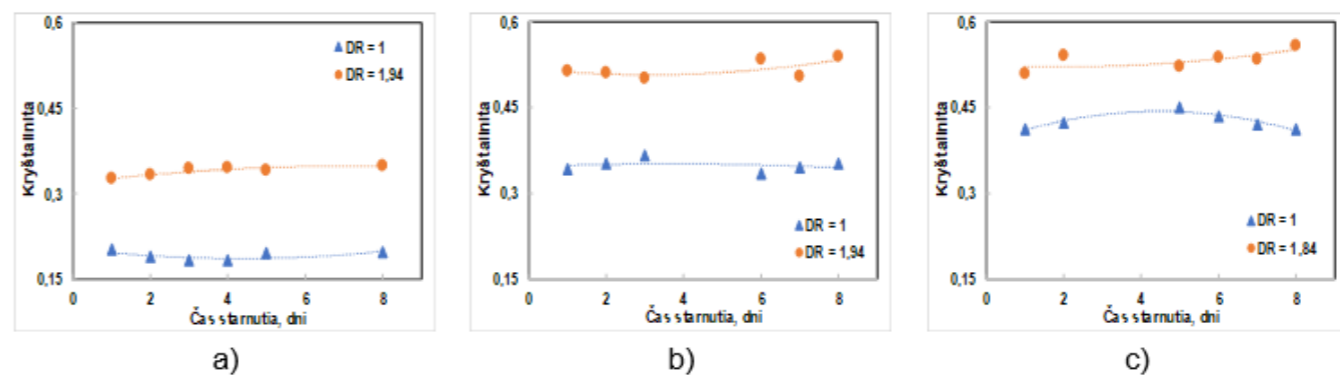
je možné vyfarbiť farbivami používanými pri povrchovom farbení PES vlákien a vyfarbitelnosť z kúpeľa ako aj stabilita vyfarbenia pripravených vlákien bez zmäkčovadla je na požadovanej úrovni. Získané koloristické vlastnosti vyfarbených vlákien a ich stabilita dávajú predpoklad zaradenia týchto vlákien aj do odevného priemyslu. Výsledky získané v rámci riešenia projektu boli publikované v domácich i zahraničných časopisoch a prezentované vo forme prednášok a posterov na zahraničných a domácich konferenciách. Ďalším výstupom z výsledkov riešenia projektu bol aj úžitkový vzor.



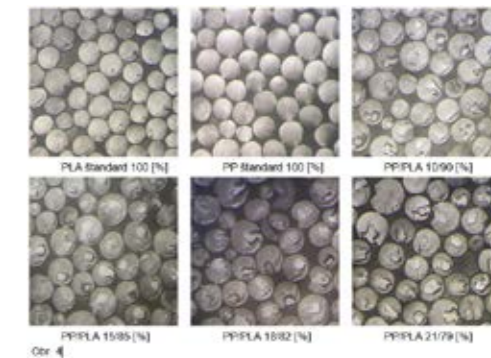
Obr. 1



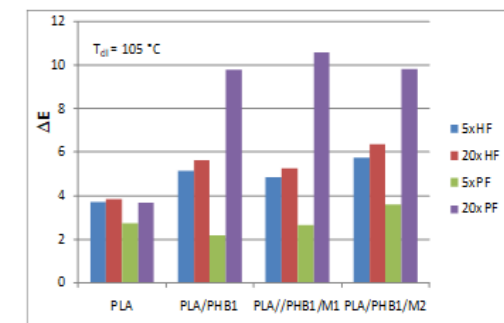
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

Obr. 1 / Závislosť dvojlomu od dĺžiaceho pomeru vlákien z rôznej PLA - I6202 (a), L130 (b), L175 (c) s rôznym obsahom špeciálneho aditíva

Obr. 2 / Závislosť pevnosti od dĺžiaceho pomeru vlákien z rôznej PLA - I6202 (a), L130 (b), L175 (c) s rôznym obsahom špeciálneho aditíva

Obr. 3 / Závislosť kryštalinity od času starnutia vlákien nedĺžených a dĺžených na maximálny dĺžiaci pomer z rôznej PLA - I6202 (a), L130 (b), L175 (c) s rôznym obsahom špeciálneho aditíva

Obr. 4 / Priečny prierez vlákien z PLA (a) a PP (b) a vlákien BICO PP/PLA (c-f) typu C/S (jadro/plášť) s rôznym obsahom

Obr. 5 / Vplyv počtu praní (5x a 20x prani) a obsahu aditíva (M1-0,25 a M2-0,5) na farebnú odchýlku pre vlákna z PLA, PLA/PHB, PLA/PHB/M1-2 farbené v hmote (HF) a farbené povrchovo vyťahovacím postupom z kúpeľa (PF);  $T_{dl}$  je teplota dĺženia



## Injektovateľné hybridné kompozitné biocementy

### Predmet výskumu

Projekt bol zameraný na štúdium nových typov injektovateľných hybridných kalcium fosfátových biocementov s požadovanými vlastnosťami pre lekárske aplikácie napr. využitie v liečbe kostných defektov a fraktúr, regenerácii a rekonštrukcii kostných poranení v tvárovej časti.

### Ciele projektu

Cieľom projektu bola syntéza, príprava a charakterizácia modifikovaných a nových typov injektovateľných hybridných biocementov s vysokou bioaktivitou, štruktúrnou a chemickou biokompatibilitou s kostným tkanivom, pričom okrem analýzy materiálových vlastností bolo realizované in vitro a in vivo testovanie biocementových systémov s cieľom charakterizovať novovytvorené tkanivá po aplikácii cementov do umelo vytvorených defektov kostí.

### Dosiahnuté výsledky

Z hľadiska tvorby kostí bol charakterizovaný nový modifikovaný biocementový systém, ktorý obsahoval aj dodatočný prírodný zdroj fosforečnanov vo forme kyseliny fytovej. Podarilo sa potlačiť inhibičný účinok kyseliny fytovej na transformáciu biocementu a vyvinúť nový typ kalcium fosfátových biocementov aj v injektovateľnej forme použitím polyelektrolytovej aniónovej zmesi karboxymetyl celulózy/kyseliny polyakrylová. Tuhnutie bolo dosiahnuté uvoľnením anorganickéj fosfátovej skupiny z kyseliny fytovej pomocou enzýmu – fytázy. Dokázali sme, že je možné riadiť proces tuhnutia biocementu a získať úplne injektovateľné pasty, vysoko odolné voči rozpadu vo vodných roztokoch so zachovaním výbornej in vitro viability buniek, proliferácie a ALP aktivity osteoblastov, kde prítomnosť kyseliny fytovej podporila in vitro tvorbu kalciových depozitov produkovaných osteoblastami a zvýšila génovú expresiu osteogénnych markerov v bunkách.

Študovali sme systém kalcium fosfátová biocementová zmes/fibroin, kde hodvábný fibroin je predstaviteľom prírodných proteínových biopolymérov. Rozpracovali sme nový spôsob prípravy kompozitov umožňujúci v princípe primiešať akékoľvek prídavky fibroínu so zachovaním jeho schopnosti pozitívne ovplyvniť tokové vlastnosti cementovej pasty po zmiešaní s kvapalnou zložkou. Prídavok fibroínu zabezpečil úplnú injektovateľnosť pasty, odolnosť voči rozpadu vo vodných roztokoch a vynikajúcu proliferáciu buniek na povrchu kompozitu s vysokou expresiou osteogénnych génových markerov.

Významným výsledkom projektu bola analýza materiálových vlastností a in vivo výsledkov experimentálnych prác na zvieracích modeloch umelo vytvorených kostných a osteochondrálnej defektov v kolenných kĺboch liečených pomocou vyvinutých rýchlo tuhnutých biocementových systémov typu tetrakalcium fosfát/monetit s pridanou aminokyselinovou komplexnou zložkou, v ktorých sa kalcium fosfátové zložky transformujú na kalcium deficitnú formu hydroxyapatitu. Po in vivo aplikácii neboli pozorované žiadne zápalové procesy v mieste hojenia defektov a kvalita novovytvorených tkanív (hyalínna chrupka, subchondrálnej kosti) v zvieratách bola porovnateľná s pôvodnými tkanivami a bola zachovaná aj po 12 mesiacoch od aplikácie. Identifikovali sme výbornú integráciu novovytvorenej hyalínnej chrupky s okolitým tkanivom a vynikajúce prepojenie medzi hyalínou chrupkou a novovytvorenou subchondrálnou kosťou.

Efektivita tetrakalcium fosfát/monetitového cementového systému na hojenie subchondrálnej cystickej lézie bola otestovaná na modeli koňa trpiaceho uvedeným typom poškodenia, ktoré sa pomerne často vyskytujú u ľudí. Radiologická analýza potvrdila úspešnú tvorbu kostného tkaniva, ktoré úplne nahradilo pôvodnú oblasť kostného defektu obsahujúceho cystu, pričom cement sa v procese hojenia zresorboval.

### zodpovedný riešiteľ

Ing. Medvecký Lubomír, PhD.

### riešiteľská organizácia

Ústav materiálového výskumu SAV, v. v. i.

### spoluriešiteľská organizácia

Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach

### termín riešenia

08/2018 – 06/2021

### finančné prostriedky z APVV

247 022 €

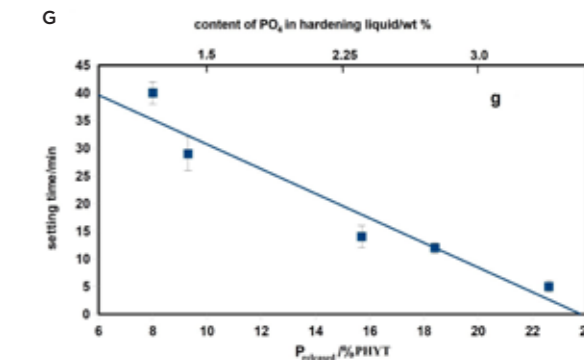
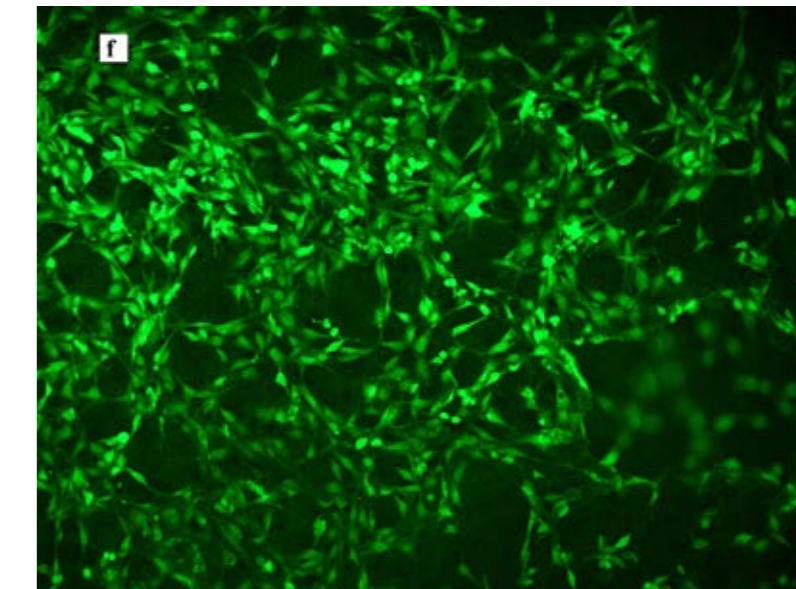
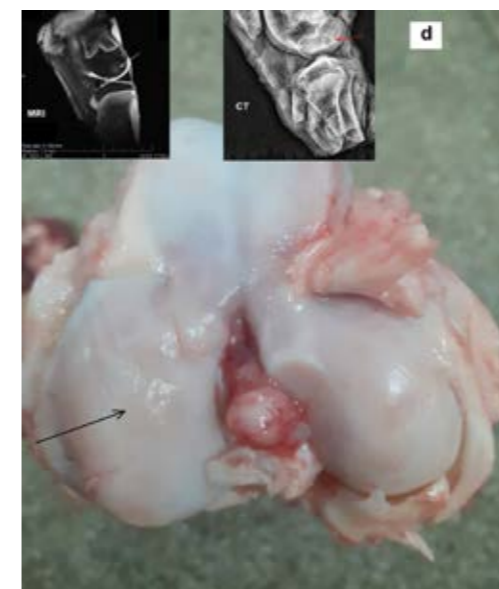
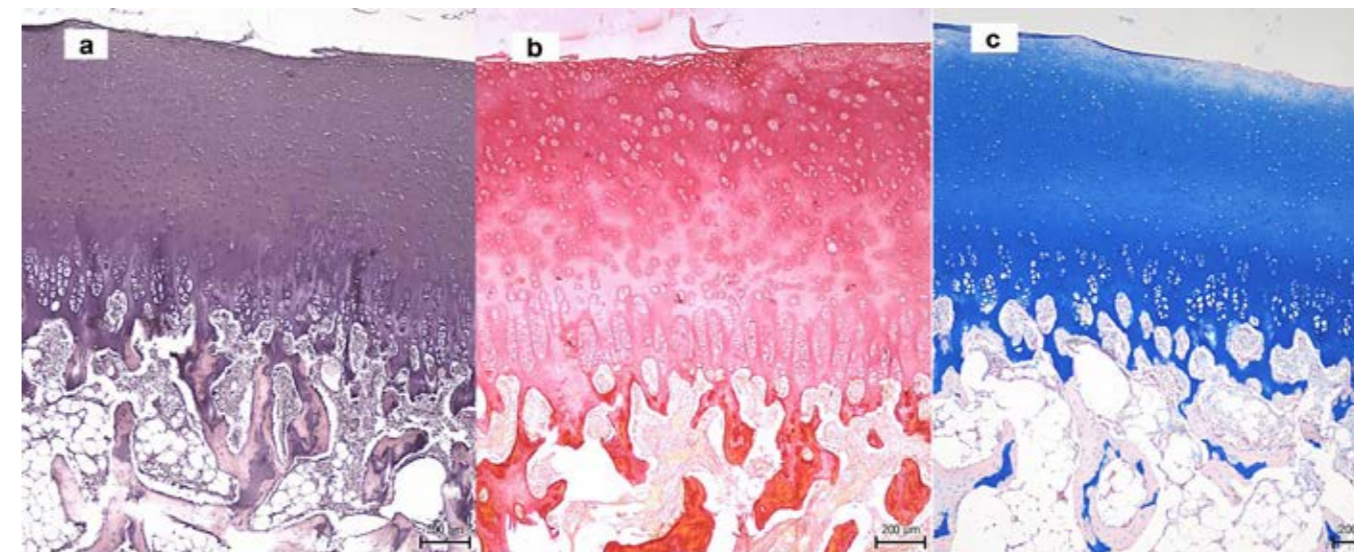
### číslo projektu

APVV-17-0110

### Prínos pre prax

Degenerácia a porušenie celistvosti chrupavky v ťažších prípadoch až subchondrálnej kosti v dôsledku primárnych genetických faktorov alebo sekundárnych faktorov (metabolické, zápalové, poúrazové) predstavuje v súčasnosti pomerne významný celospoločenský problém. Ochorenie postihuje 10-15% populácie, pričom progresivita stúpa vo vyššom veku (až do 50-80%) a prejavuje sa zväčša chronickou bolesťavosťou a obmedzením hybnosti končatín a častí tela. Výsledky projektu z predklinického in vivo testovania poukázali na fakt, že defekty liečené prostredníctvom vyvinutých biocementových systémov môže predstavovať jednoduché a sľubné riešenie pre pacientov trpiacich poškodením kolenných kĺbov (osteoartritída, osteoporóza, úrazy). Podobne aj v prípade cystických lézií kostí by vyvinutá cementová zmes mohla byť užitočná na úspešné liečenie uvedených typov patologických poškodení kostného tkaniva.

Obr. / Histologická analýza tkaniva svine v umelo vytvorenom poškodení kolena po 3 mesiacoch hojenia využitím biocementovo/aminokyselinového systému (farbenie: hematoxylin & eozin (a), Pikrosíriusová červená (b) a Alcianová modrá (c)) potvrdzujúca kvalitu vytvoreného chrupkového tkaniva; makroskopické a MRI snímky vyhojeného osteochondrálneho defektu kolenného kĺbu svine po 12 mesiacoch od aplikácie dokumentujúca úplnú resorpciu biocementu, hladký povrch hyalínnej chrupky a celistvosť s rovnakou kvalitou ako má pôvodné tkanivo (d,e); živé/mŕtve farbenie buniek na povrchu necytotoxických biocementov obsahujúcich kyselinu fytovú po 9 dňoch kultivácie (f) a graf vyjadrujúci možnosť kontroly doby tuhnutia cementu pomocou enzymatickej hydrolýzy kyseliny fytovej fytázou (g).



## Monitoring ciest farmaceutik z čistiarenských kalov do pôd, rastlín a podzemných vôd

### Predmet výskumu

Významnou skupinou mikropolutantov v odpadových vodách sú farmaceutiká, kam patrí široká škála liečiv, hormónov, drog a pod.. Zdrojom farmaceutik v životnom prostredí sú predovšetkým komunálne odpadové vody, ktoré aj po prechode čistiarenskými procesmi obsahujú ešte pomerne vysoké koncentrácie týchto látok a kontaminujú tak povrchové vody a ovplyvňujú biologické procesy v nich. Trochu podceňovaným zdrojom kontaminácie farmaceutikami sú však aj čistiarenské kaly, ktoré viažu na seba značné množstvo týchto mikropolutantov. Postupným rozkladom kalu na pôde a desorpciou mikropolutantov do vodnej fázy mikropolutanty prechádzajú do podzemných vôd alebo ich prijímajú rastliny pestované na pôde. Takto sa mikropolutanty dostávajú cez rastliny a zvieratá do potravy pre človeka a tak priamo môžu ovplyvňovať zdravotný stav obyvateľstva. Tento pohyb mikropolutantov je veľmi slabo popísaný v odbornej literatúre, sorpcia a desorpcia farmaceutik na čistiarenské kaly je limitovaná komplikovanými analytickými postupmi, ale aj podceňovaním tejto citlivej témy.

### Ciele projektu

Významným cieľom projektu bolo zmonitorovať aktuálnu situáciu s obsahom farmaceutik v odpadových vodách a čistiarenských kaloch na Slovensku. V rámci tohto cieľa bolo dôležité definovať aké druhy liečiv a v akých množstvách sa viažu na čistiarenské kaly, definovať ich stabilitu v procesoch nakladania s kalmi, schopnosť ich uvoľňovania do pôdy, vstup do rastlín, prenikanie do zdrojov podzemných vôd a pod.

Druhým nosným cieľom projektu bolo definovať možné spôsoby odstraňovania farmaceutik v procesoch v jednotlivých stupňoch ČOV, a teda aj účinnosť odstraňovania týchto látok v súčasných a budúcich technológiách ČOV.

### Dosiahnuté výsledky

**Monitoring farmaceutik v čistiarenských kaloch.** V rámci projektu sme realizovali stovky odberov surových aj vyčistených odpadových vôd, resp. kalov. Definovali sme dominantné farmaceutiká, ktoré sú prítomné v odpadových vodách a čistiarenských kaloch. Okrem toho boli analyzované taktiež fragmenty DNA vírusu CoV-19, pričom na základe dynamiky obsahu vírusu v odpadových vodách sme dokázali predikovať prítomnosť vírusu u obyvateľov v sledovanom meste. Z odpadových vôd sme dokázali získať aj informácie o nových syntetických drogách alebo o spotrebe alkoholu vo vybraných mestách.

**Odstraňovanie farmaceutik z vôd a kalov.** Významnou súčasťou výsledkov projektu bolo aj aplikácia oxidačných postupov na odstraňovanie liečiv z odpadových vôd a kalov. Úspešne boli otestované procesy s využitím železanov, bórom dopovaných diamantových elektród, ozónu a sorpcie. Z ďalších výsledkov je zrejmé, že termické odstraňovanie farmaceutik z kalov je účinné aj pri nízkoteplotných termických procesoch, avšak iba procesmi nad 500 oC je možno dosiahnuť takmer 100 % účinnosť odstránenia týchto látok.

Podrobne bolo sledované aj **správanie sa kalov na pôdnych systémoch**, uvoľňovanie liečiv a ich transport do pôdy, rastlín a podzemnej vody. Boli sledované hydroponické rastliny, ktoré boli v kontakte s reálnou odpadovou vodou obsahujúcou liečivá a drogy. Potvrdila sa akumulácia diklofenaku a kofeínu priamo v bunkách žeruchy aj šalátu. Potvrdili sa nám niektoré skúsenosti zo zahraničia, že koreňové (prírodné) ČOV majú schopnosť akumulovať resp. rozkladať niektoré liečivá vo svojom enzymatickom systéme efektívnejšie, ako je to pri klasických aktivačných systémoch.

**zodpovedný riešiteľ**  
prof. Ing. Bodík Igor, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Slovenská technická univerzita v Bratislave  
- Fakulta chemickej a potravinárskej technológie  
**termín riešenia**  
08/2018 - 07/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
219 537 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0119

V priebehu riešenia projektu sme sa zamerali aj na efektívne odstraňovanie potenciálne rezistentných typov bakteriálnych kmeňov, pričom jednou z možností, kde sme sledovali tieto procesy bolo napr. použitie železanov. Pri odstraňovaní potenciálne infekčných fragmentov RNA a DNA sa aplikácia železanu draselného formou tablety ukázala ako účinný degračný postup schopný odstrániť sledované parametre až na úrovni 75 %. Účinok odstránenia baktérií bol dokonca nad 99 %, pričom prítomnosť rezistentných typov baktérií sa v odpadovej vode po aplikácii železanu nepotvrdila.

### Prínos pre prax

Dosiahnuté výsledky majú pre prax význam hlavne v rovine poznania reálnej prítomnosti farmaceutik v splaškových odpadových vodách a čistiarenských kaloch. Významným poznatkom pre prax bolo aj definovanie možných technologických postupov pre odstraňovanie farmaceutik z vôd a kalov. Tieto výsledky (spolu s aktivitami ostatných výskumných skupín v EÚ) viedli k formulovaniu legislatívnych požiadaviek na odstraňovanie farmaceutik z odpadových vôd v novej EU smernici o čistení komunálnych odpadových vôd.

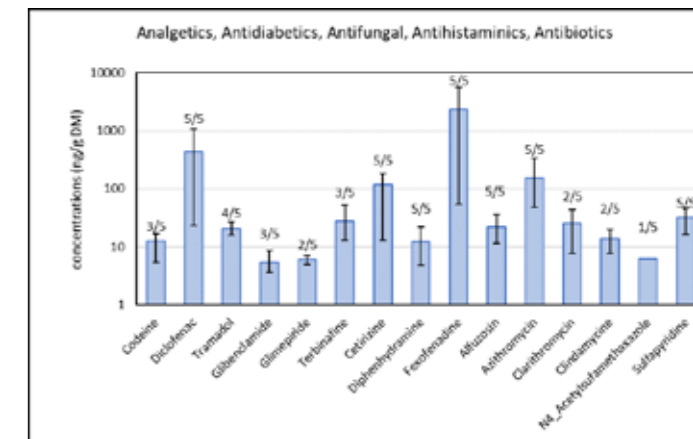
Obr. 1 / Cesta farmaceutik od obyvateľstva na poľnohospodársku pôdu.

Obr. 2 / Koncentrácie vybraných farmaceutik v čistiarenských kaloch na slovenských ČOV (priemer, minimum, maximum a početnosť z piatich ČOV).

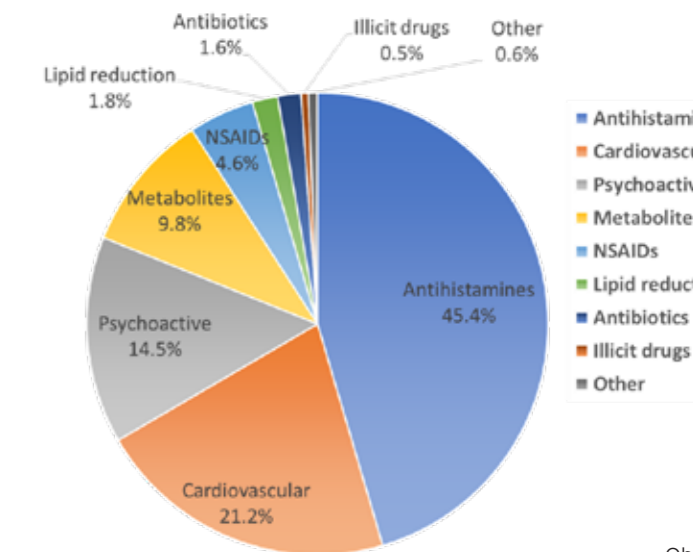
Obr. 3 / Zastúpenie vybraných terapeutických skupín v čistiarenských kaloch Slovenska.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

## Nanotechnológia prípravy MIS fotoelektród s oxidmi kovov pre systémy na výrobu solárnych palív

### Predmet výskumu

Efektívne získavanie energie z obnoviteľných zdrojov hrá dôležitejšiu úlohu z hľadiska udržateľnej, energetickej sebestačnosti a ekológie. V projekte sme sa zamerali na prípravu a analýzu vysokostabilných a účinných štruktúr kov-izolant-polovodič (MIS) s dielektrickými ochrannými vrstvami pre fotoelektrochemický (PEC) rozklad vody. Takéto štruktúry tvoria kľúčový prvok pre stabilné systémy, ktoré umožňujú premenu energie slnečného žiarenia na chemickú energiu tzv. solárnych palív s vysokou energetickou hustotou, napríklad vodíka a kyslíka. Tento spôsob využitia a uskladnenia energie získaného zo slnka predstavuje vysoko perspektívny koncept obnoviteľného a udržateľného energetického hospodárstva.

### Ciele projektu

Projekt bol zameraný na prípravu vysoko účinných štruktúr kov-izolant-polovodič pre fotoelektrochemický rozklad vody (MIS PEC) a skúmanie možností kvalitatívne zlepšiť ich optické a elektrické vlastnosti a stabilitu v korozívnom prostredí. Nové poznatky výskumu mali za cieľ prispieť k príprave MIS PEC štruktúr s čo najväčšou veľkosťou fotonapätia, fotoprúdu a stability pre účinnú generáciu vodíka a kyslíka. Dosiadnutie tohto cieľa si vyžadovalo a) prípravu dielektrických vrstiev MIS PEC štruktúr s vhodne nastaveným zvodom, b) realizáciu vhodnej pasivácie rozhrania ochrannej dielektrickej vrstvy s kremíkom a c) prípravu a optimalizáciu prijateľnej katalytickej transparentnej vodivej oxidovej vrstvy transportu nosičov cez dielektrické vrstvy a cez pasivačné vrstvy SiO<sub>2</sub>, úlohu katalytického hradla v tomto transporte a simulácia možného antireflexného prispôsobenia TCO k MIS PEC elektróde pre maximalizáciu fotoprúdu.

### Dosiadnuté výsledky

V rámci riešenia projektu sa podarilo úspešne optimalizovať ALD rast tenkých dielektrických vrstiev oxidov kovov TiO<sub>2</sub> a HfO<sub>2</sub> hrúbok jednotiek nanometrov. Zároveň sa úspešne preskúmali pasivačné možnosti SiO<sub>2</sub> vrstiev použitých na rozhraní kremíka a dielektrickej vrstvy pripravených viacerými technológiami, pričom pre MIS PEC technológiu sa ako najperspektívnejšia ukázala SiO<sub>2</sub> vrstva pripravená procesom ozónovania v ALD reaktore. Transport nosičov náboja cez MIS PEC štruktúru tvorenú pasivačnými a dielektrickými vrstvami bol popísaný novým modelom založeným na pascami asistovanom tunelovaní. V rámci projektu sa podarilo úspešne narásť katalytické oxidové vrstvy RuO<sub>2</sub> a RuO<sub>2</sub>-IrO<sub>2</sub> pomocou MOCVD a vrstvy NiO pomocou magnetronového naprašovania a optimalizovať ich parametre z hľadiska dosiahnutia vhodných optických vlastností a vodivosti. Prostredníctvom simulácie boli tieto vrstvy analyzované z hľadiska antireflexného prispôsobenia ku kremíkovému substrátu. Skúsenosti pri optimalizácii jednotlivých vrstiev boli využité pri príprave MIS PEC štruktúr s RuO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub>-IrO<sub>2</sub> a NiO katalytickými vrstvami. Počas riešenia projektu sa podarilo vytvoriť MIS PEC štruktúry s parametrami fotonapätia ~0,5V a fotoprúdu ~30 mA/cm<sup>2</sup>, ktoré využívajú vrstvy RuO<sub>2</sub>. Tieto štruktúry bolo možné pripraviť s vysokou reprodukovateľnosťou, čo hovorí o dobre zvládnutej technológii. Vrstvy vykazovali stabilitu pre fotoelektrochemický rozklad vody pri aplikovaní redoxného potenciálu oxidácie vody v 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### Prínos pre prax

V rámci projektu boli optimalizované technológie rastu tenkých dielektrických vrstiev TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> a katalytických vrstiev RuO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub>-IrO<sub>2</sub>, NiO, ktoré nájdu priame uplatnenie pri vývoji MIS PEC štruktúr a vývoji vodíkových a kyslíkových elektrolyzerov. Pripravené fotocitlivé MIS štruktúry s katalytickými vrstvami spájajú výhody slnečných článkov a elektrolyzerov v jednej štruktúre. Tieto štruktúry majú perspektívu využitia pri návrhu a konštrukcii generátorov vodíka/kyslíka pracujúcich na princípe rozkladu vody, ktoré využívajú premenu slnečného žiarenia na energiu viazanú vo vodíku. Takto pripravený vodík môžeme považovať za zelený vodík. V projekte sme ukázali využiteľnosť vyvinutých fotocitlivých MIS štruktúr v spojení s dodatočnými slnečnými článkami s perspektívou dosiahnutia 15% účinnosti premeny energie slnečného žiarenia na vodík.

### zodpovedný riešiteľ

Ing. Mikolášek Miroslav, PhD.

### riešiteľská organizácia

Slovenská technická univerzita v Bratislave

- Fakulta elektrotechniky a informatiky

### spoluriešiteľské organizácie

Centrum pre využitie pokročilých materiálov SAV, v. v. i.

Centrum vedecko-technických informácií SR

### termín riešenia

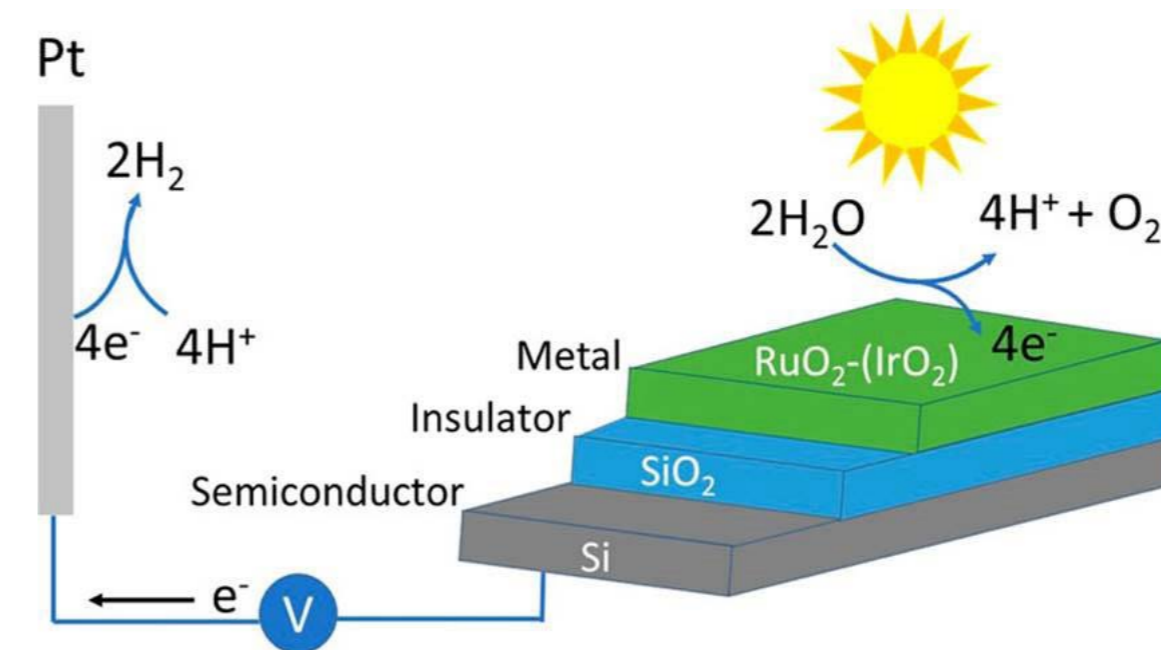
08/2018 - 12/2021

### finančné prostriedky z APVV

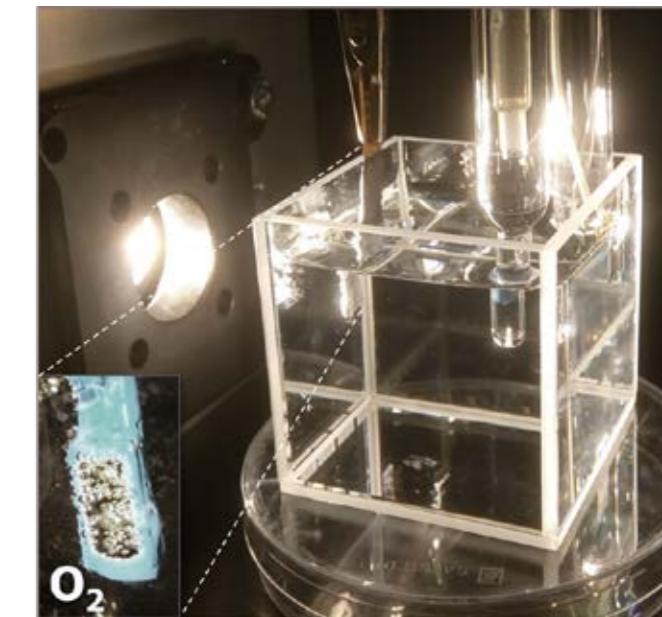
250 000 €

### číslo projektu

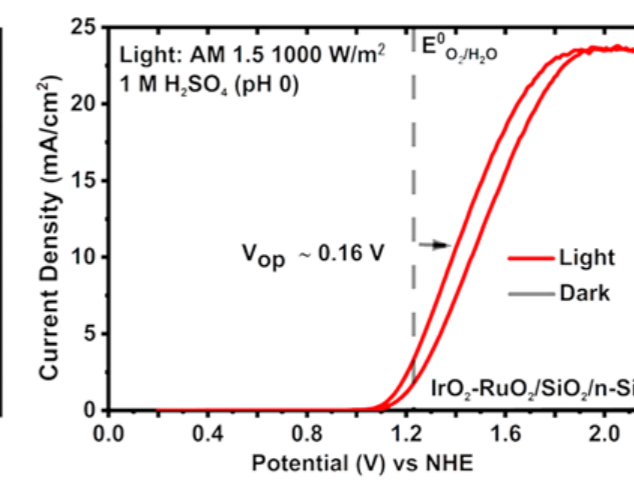
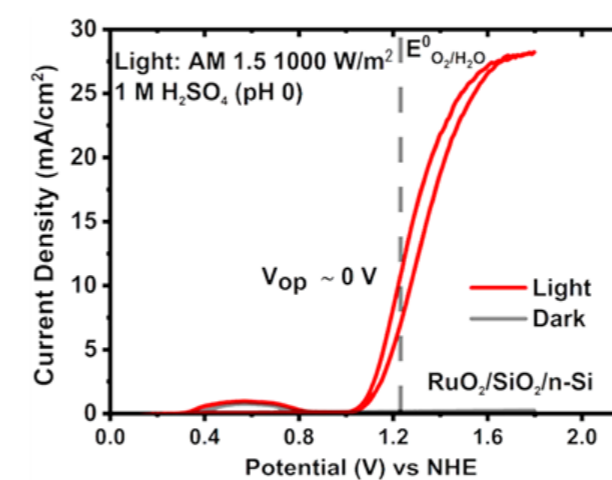
APVV-17-0169



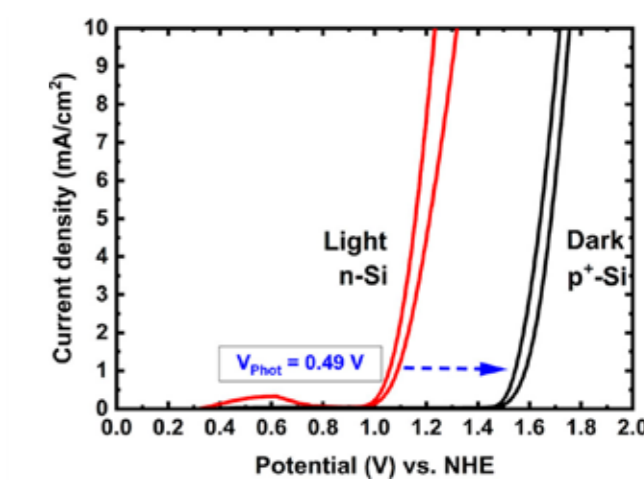
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4

Obr. 1 / Schematické znázornenie princípu rozkladu vody pomocou štruktúry MIS PEC

Obr. 2 / Rozklad vody na O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> počas osvetlenia MIS PEC štruktúry slnečným simulátorom.

Obr. 3 / Porovnanie výkonnosti štruktúr RuO<sub>2</sub> a IrO<sub>2</sub>-RuO<sub>2</sub> MIS PEC v tme a pri osvetlení slnečným simulátorom.

Obr. 4 / Stanovenie fotonapätia 0,49 V generovaného počas osvetlenia pre štruktúru MIS PEC na báze RuO<sub>2</sub>.

## Odolné mobilné siete na doručovanie obsahu

### Predmet výskumu

Projekt s akronymom REMONET bol zameraný na základný výskum umožňujúci odolnú dátovú komunikáciu v mobilných dátových sieťach s viacerými skokmi. Aplikácie týchto sietí budú poskytovať doručovanie informačného obsahu nielen v prostredí Smart City, ale aj krízovým scenárom, ktoré budú spôsobené prírodnými alebo technologickými katastrofami.

### Ciele projektu

Cieľom projektu bol základný výskum odolnej dátovej komunikácie prostredníctvom mobilných viacpreskokových dátových sietí využiteľných nielen v prostredí inteligentných miest (Smart Cities), ale aj v krízových situáciách. Projekt sa zamerával na tri hlavné oblasti výskumu. Prvá oblasť sa zaoberala novými smerovacími technikami a protokolmi. Druhá časť sa venovala vysokorychlostnému prenosu dát a tretia časť výskumu riešila samotný proces doručovania obsahu v danom type sietí. Výskum bol zameraný na kooperáciu sensorových sietí (WSN / MESH), mobilných ad-hoc sietí (MANET), sietí tolerujúcich oneskorenie (DTN), ako aj dronových sietí (DRONET). Cieľom kooperácie bolo vytvorenie odolnej viacpreskokovej siete, ktorá bude poskytovať odolné a efektívne metódy doručovania obsahu. Cieľom projektu bolo aj vytvorenie nového modelu end-to-end komunikácie, ktorý bol založený na myšlienke, že nasledujúci skok medzi jednotlivými uzlami nie je vopred známy. V rámci projektu sme sa zamerali na inovatívne využitie viacpreskokových sietí, ktoré vytvoria jednotnú mobilnú sieť bez potreby infraštruktúry. Projekt bol inovatívny vo využívaní jednotlivých typov sietí, ako aj metód spracovania dát, ktoré umožnia odolnú dátovú komunikáciu aj v prípadoch, kedy existujúce siete s infraštruktúrou nebudú schopné poskytovať dané typy služieb.

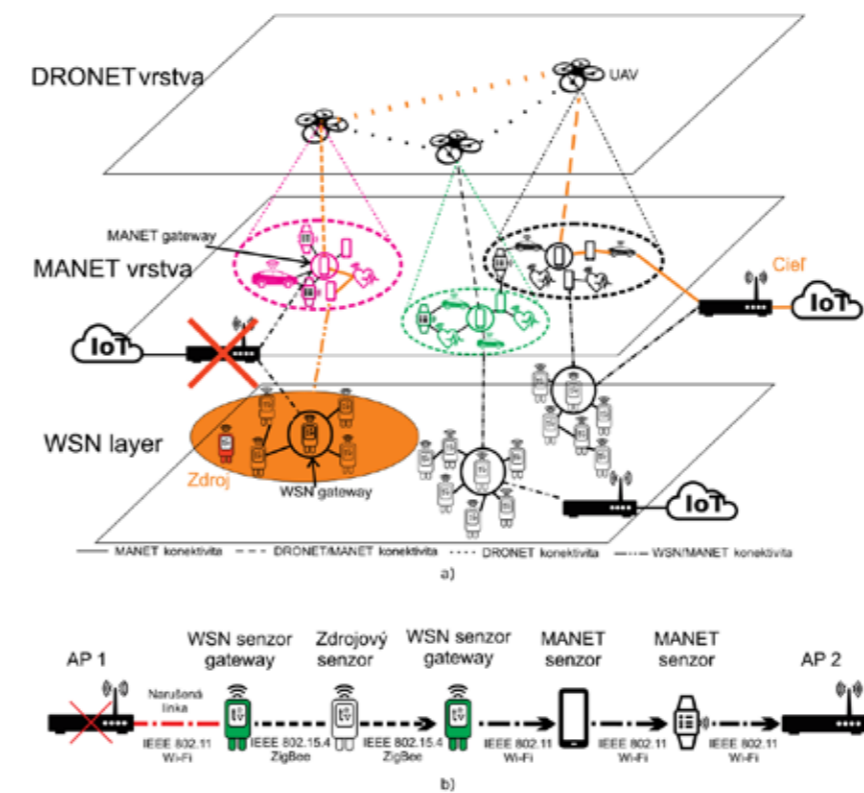
### Dosiahnuté výsledky

Projekt bol zameraný na základný výskum oblasti odolnej dátovej komunikácie využívajúcej rozličné typy viacpreskokovej siete bez potreby využívania infraštruktúry. Bol navrhnutý model viacpreskokovej siete integrujúci rozličné typy mobilných viacpreskokových sietí (MANET, DTN, DRONET a WSN) na prenos dát nielen v rámci jednotlivých sietí, ale aj medzi jednotlivými typmi sietí. Pre daný model boli navrhnuté efektívne metódy samotného delenia mobilných uzlov do klastrov ako aj smerovacie algoritmy umožňujúce 2D a 3D smerovania využívajúce teóriu hier či fuzzy logiku. Boli navrhnuté algoritmy na efektívny a odolný prenos dát s dôrazom kladeným na efektívne využívanie dostupného komunikačného spektra prostredníctvom fuzzy logiky, teórie hier a iných inteligentných metód. Dôležitým prvkom navrhnutého modelu boli aj metódy prepínania, získavania a zaznamenávania dát, ktoré sú potrebné pre správnu predikciu prepínania liniek na báze strojového učenia (napr. RSSI), na návrh automatizovaného učiaceho sa systému pre tvrdé prepínanie linky na báze strojového učenia, ako aj na návrh automatizovaného učiaceho sa systému pre tvrdé prepínanie hybridnej FSO/RF linky. Pre daný model bol navrhnutý aj antikolízny systém aplikovaný do DRONET sietí, ktoré sú využívané na prenos a doručovanie informačného obsahu medzi danou sieťou. Navrhli sa algoritmy spracovania viacpohľadového videa, ktoré bude slúžiť nielen na prenos dát, ale bude využité aj ako antikolízny systém s aplikovaním virtuálnej reality.

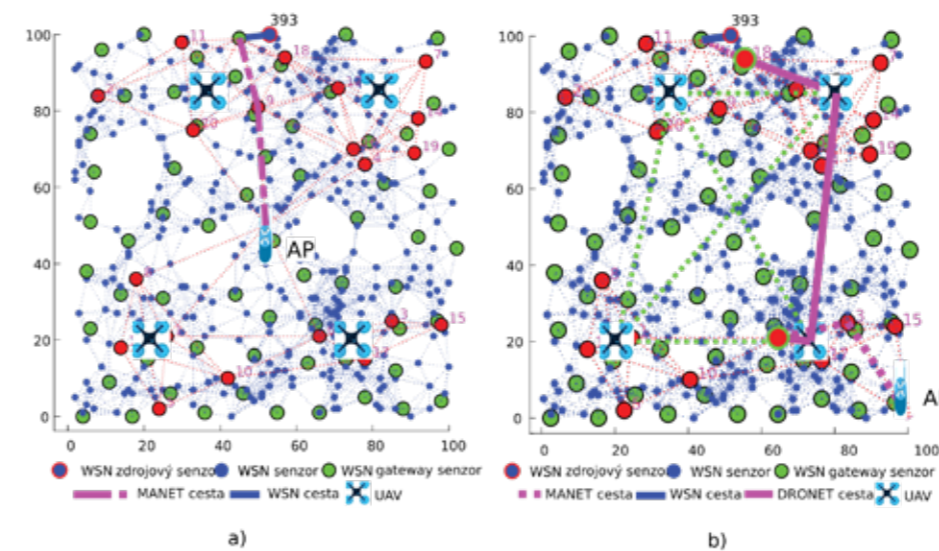
**zodpovedný riešiteľ**  
doc. Ing. Papaj Ján, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Technická univerzita v Košiciach  
- Fakulta elektrotechniky a informatiky  
**termín riešenia**  
08/2018 - 12/2021  
**finančné prostriedky z APVV**  
123 342 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0208

### Prínos pre prax

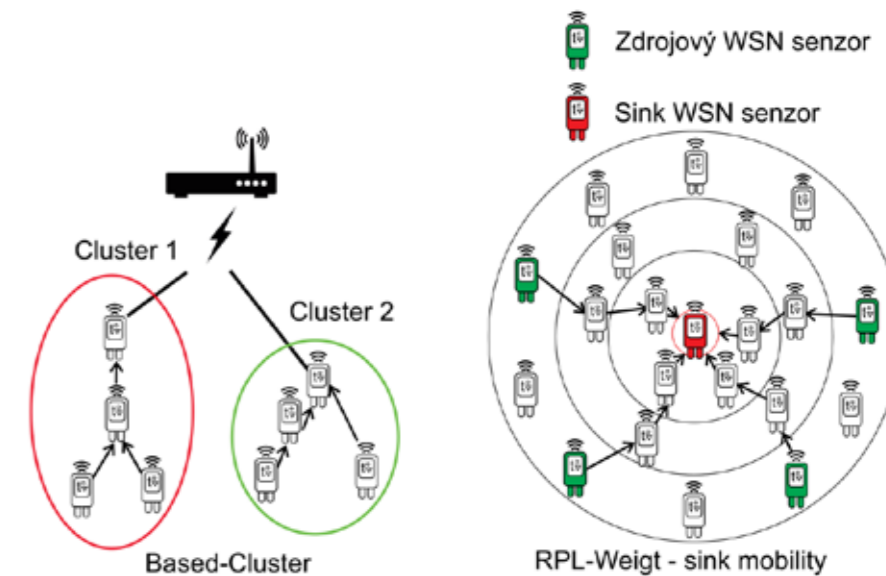
Navrhované riešenie nájde uplatnenie v oblasti rozličných inteligentných komunikačných technológií, inteligentných miest, či inteligentných parkovacích a dopravných systémov. Jeho nasadenie bude možné aplikovať najmä v sieťach piatej a šiestej generácie, kde budú využívané ako jedna z kľúčových technológií na prenos IoT dát a na rozšírenie komunikačného dosahu systémov s infraštruktúrou. Získané výsledky zároveň otvárajú nové možnosti využívania a aplikovania rôznych vedeckých oblastí, ako je napríklad umelá inteligencia, s cieľom optimalizovať dané riešenia z pohľadu efektívnosti, spoľahlivosti a bezpečnosti. Následne sa môžu využiť v krízových situáciách vyvolaných nielen živelnými katastrofami, ale aj v oblastiach s poškodenou infraštruktúrou, kde budú poskytovať odolnú dátovú komunikáciu.



Obr. 1



Obr. 3



Obr. 2



Obr. 4

Obr. 1 / a) Model viacpreskokovej mobilnej siete poskytujúci odolnú dátovú komunikáciu, b) Príklad komunikácie medzi uzlami v sensorovej sieti, bránami v sensorovej sieti a MANET uzlami

Obr. 2 / Príklad mechanizmov smerovania založených na klastrovacích a RPL-Weight algoritmoch

Obr. 3 / Príklad výberu optimálnej komunikačnej cesty v sieti WSN-MANET-DRONET: a) prostredníctvom WSN a MANET. b) prostredníctvom WSN, MANET a DRONET vrstvy.

Obr. 4 / Príklad implementácie hybridného prenosového systému FSO/RF so systémom merania počasia

## Aplikácia prvkov digitálneho inžinierstva pri inovácii a optimalizácii produkčných tokov

### Predmet výskumu

Metodika riešenia projektu pozostávala zo štyroch etáp: 1. analýzy aktuálneho stavu vypracovanej na základe skúsenosti tímu riešiteľov v oblasti návrhov a úpravy procesov v heterogénnych priemyselných podnikoch, 2. návrhu riešenia aplikácií pre reálne a simulačné systémy zameraná na definovanie parametrov akceptovateľnosti pre simulačné modely. Návrh riešenia bol vypracovaný na základe niekoľkoročných skúseností pracoviska zodpovedného riešiteľa v danej oblasti, 3. programovanie a testovanie navrhovaných systémových a aplikačných funkcií metodiky za pomoci testovacích scenárov realizovaných na základe skúseností tímu riešiteľov, 4. integrácia, ktorej výsledkom bolo zakomponovanie vyskúmaných vzťahov definovaných na základe vybraných parametrov do navrhnutých simulačných modelov a ich overenia v laboratórnych tak podmienkach priemyselnej praxe.

### Ciele projektu

Hlavným cieľom predkladaného projektu bolo navrhnuť komplexnú metodiku pre projektovanie nového typu produkčného systému za podpory prvkov digitálneho inžinierstva v súlade so stratégiou inteligentnej špecializácie RIS3. Bola vytvorená unikátna metodika, ktorá využíva nástroje digitálneho inžinierstva v oblasti projektovania, inovovania a optimalizácie produkčných tokov existujúcich typov priemyselných výrob. Hlavnými podpornými nástrojmi pre zabezpečenie kvalitného zberu informácií boli najmodernejšie softvérové nástroje, ktorými disponujeme na riešiteľskom pracovisku a umožnili overenie korekcií zo získaných údajov.

### Dosiahnuté výsledky

Zásadným výsledkom predkladaného projektu bolo vytvorenie unikátnej metodiky, ktorá je použiteľná vo virtuálnom prostredí pri prerode na digitálnu výrobu podporenú aplikáciou najnovších softvérov. Bolo zistené množstvo nedostatkov, ktoré je možné buď parametrizovať, alebo korigovať zavedením zmenového manažmentu skokovo, alebo reinžinieringom existujúcich podnikových aktivít navrhnutím komplexnej

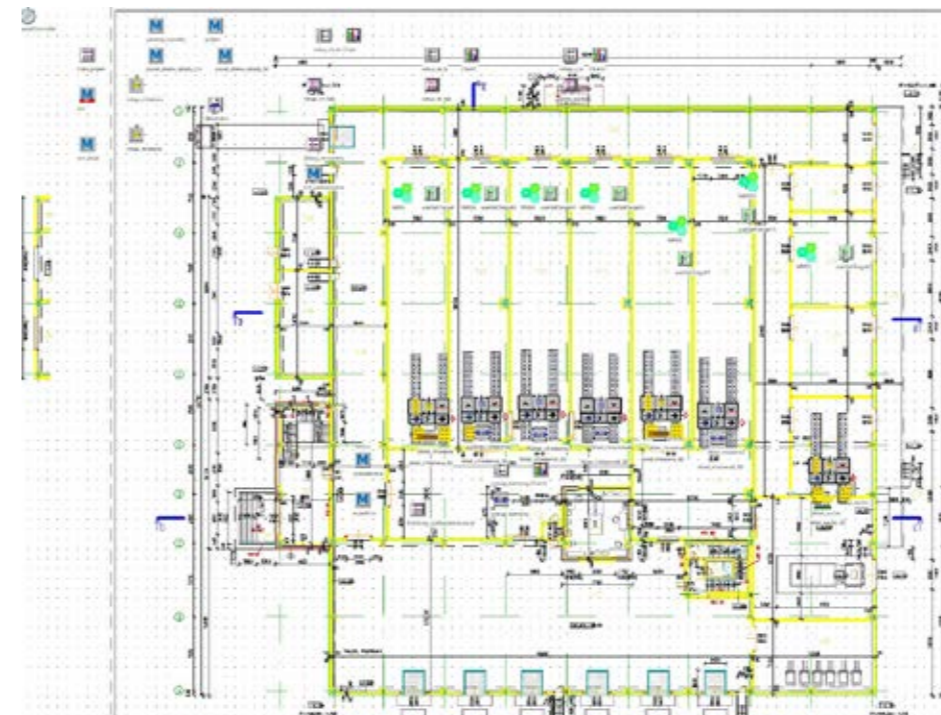
metodiky pre projektovanie nového produkčného systému, v ktorom sú integrované nástroje ako konvenčné modelovanie zmeny parametrov výrob, simulácia produkčných tokov, animácia zmenového konania, virtuálna, rozšírená realita a reverzné inžinierstvo. To umožnilo overenie korekcií zo získaných údajov a následné vytvorenie metodiky, ktorá veľa ráz absentuje pri rozhodovacích procesoch organizácií na Slovensku, ale aj v zahraničí. Navrhnutá metodika bola testovaná a odladovaná v laboratórnych podmienkach pracoviska riešiteľa. Toto pracovisko prešlo v minulom období radikálnou transformáciou reagujúc na požiadavky a výzvy priemyselnej praxe, čo sa v konečnom dôsledku odrazilo nielen na vytvorení nových a zosilnení existujúcich väzieb s podnikmi priemyselnej praxe, ale taktiež na vytváraní sietí v uvedenej oblasti s vedeckými inštitúciami doma i v zahraničí.

### Prínos pre prax

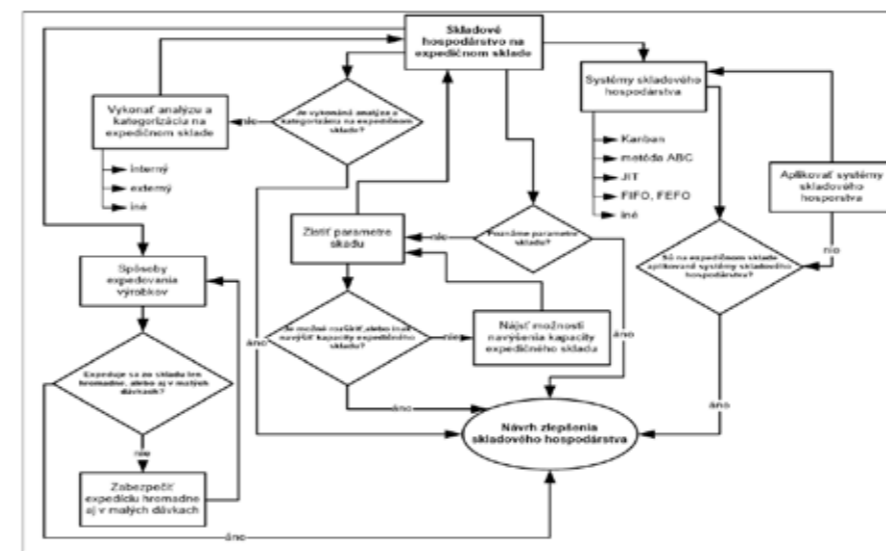
Zásadnejší vplyv na tvorbu komplexnej metodiky bol spracovaný v podobe digitálnych, virtuálnych a 3D modelov skúmaných pracovísk. Koncipovanie tohto digitálneho modelu a všetkých jeho atribútov bolo mimoriadne dôležité pre overenie a komparáciu doteraz preskúmaných väzieb digitálnych interakcií v rámci podnikových procesov strojárskej výroby, v konečnom dôsledku vedúcich k tvorbe virtuálnych návodiek a analýze výrobných a pracovných priestorov zo všetkými ich parametrami, ktoré je možné modifikovať podľa aktuálnych požiadaviek priemyselnej praxe. Modely následne poslúžili ako podklad pre spracovanie digitálnych layoutov, ktoré umožnili rekonfiguráciu na základe aktuálnych vedecko-výskumných požiadaviek. Bola spracovaná komplexná metodika optimalizácie výrobnéj linky a materiálového toku pomocou softvérového modulu Tecnomatix Plant Simulation a Process Simulate. Uvedená metodika bola postavená na báze simulačnej úlohy pre spoločnosť Eco-bags, s.r.o., návrh digitálneho simulačného modelu skladu hotovej výroby spoločnosti Calmar (Tauris Group, a.s.), ktorého výstavba aktuálne prebieha podľa navrhnutého riešenia zo strany

**zodpovedný riešiteľ**  
prof. Ing. Trebuňa Peter, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Technická univerzita v Košiciach – Strojnícka fakulta  
**termín riešenia**  
08/2018 – 12/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
249 164 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0258

zodpovedného riešiteľa a vybraných členov riešiteľského kolektívu ako i digitalizovaný model pracoviska PAIC SJF TUKE. Prvým spôsobom bola digitálna virtuálna prehliadka cez virtuálnu náhlavnú súpravu podľa presných dát získaných z navrhovaného pôdorysného riešenia, druhým bol kapacitný prepočet stavu hotovej a rozpracovanej výroby, ktorý umožnil rekonfiguráciu na základe vedecko-výskumných požiadaviek samotného projektu. Modularita riešenia umožňuje rekonfiguráciu vstupných parametrov podľa požiadaviek zadávateľa.



Obr. 4



Obr. 1

Obr. 1 / Algoritmus pre zlepšenie skladového hospodárstva na expedičnom sklade

Obr. 2 / Návrh riešenia rozšírenia existujúcej výroby požitím digitalizačných metód a techník

Obr. 3 / Digitálny simulačný model výrobného priestoru spoločnosti (layout)

Obr. 4 / 2D simulačný model navrhovaného skladového priestoru

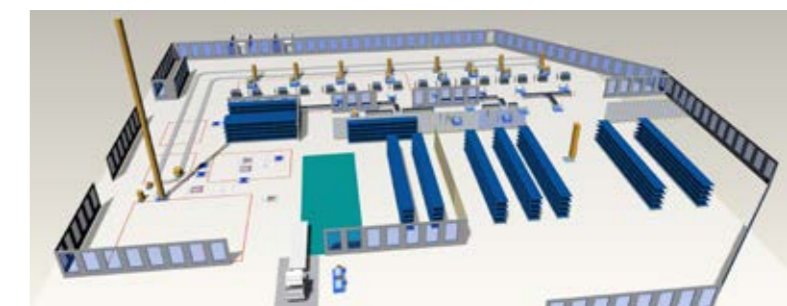
Obr. 5 / 3D simulačný model navrhovaného skladového priestoru



Obr. 5



Obr. 3



Obr. 2

## Selektívna konverzia odpadovej biomasy chemickými a biotechnologickými procesmi

### Predmet výskumu

Projekt bol orientovaný na konverziu odpadových lignocelulózových materiálov a ich následných produktov chemicko-biotechnologickými postupmi. Katalytická konverzia hemicelulózy, celulózy a ich oligomérov bola zameraná na tvorbu cenných chemikálií tradične získavaných z fosílnych surovín. Dôraz bol kladený na technologické aspekty procesu, dosahovanie najväčších výťažkov, konverzií a selektívnych reakcií ako aj na minimalizáciu odpadu použitím recyklovateľných nanoštruktúrovaných heterogénnych katalyzátorov. Taktiež bol zameraný aj na biotechnologické spracovanie xylózy, glukózy a ich oligomérov z hemicelulózy a celulózy rastlinnej biomasy získaných chemickými procesmi. Biotechnologické procesy boli zamerané na kultiváciu rôznych typov tukotvorných mikroorganizmov a na optimalizáciu účinnosti konverzie sacharidov na mikrobiálny intracelulárny olej s atraktívnym komerčným využitím.

### Ciele projektu

Ciele projektu boli zamerané na:

- Selektívnu frakcionáciu lignocelulózy s cieľom maximálnej separácie jednotlivých zložiek a minimalizáciu tvorby produktov negatívne ovplyvňujúcich biochemické procesy
- Selektívnu konverziu hemicelulózy na produkty doteraz vyrábaných z fosílnych palív
- Mikrobiologickú (biotechnologickú) konverziu hemicelulózy, glukózy a gluko-oligomérov na mikrobiálne oleje obsahujúce atraktívne biologicky aktívne metabolity napr. polynenasýtené masťné kyseliny, karotenoidné pigmenty, koenzým Q10
- Neenzymatickú konverziu celulózy na glukózu a gluko-oligoméry, optimalizáciu reakčných podmienok a použitých katalyzátorov hlavne recyklovateľných s cieľom dosiahnutia maximálnej premeny na žiadané produkty, a pritom s minimálnou tvorbou látok ovplyvňujúcich mikrobiologické procesy
- Selektívnu konverziu celulózy najmä na kyselinu mravčiu
- Vývoj selektívnej katalytickej premeny bioetanolu (produkt konverzie glukózy a gluko-oligomérov) na butadién.

### Dosiahnuté výsledky

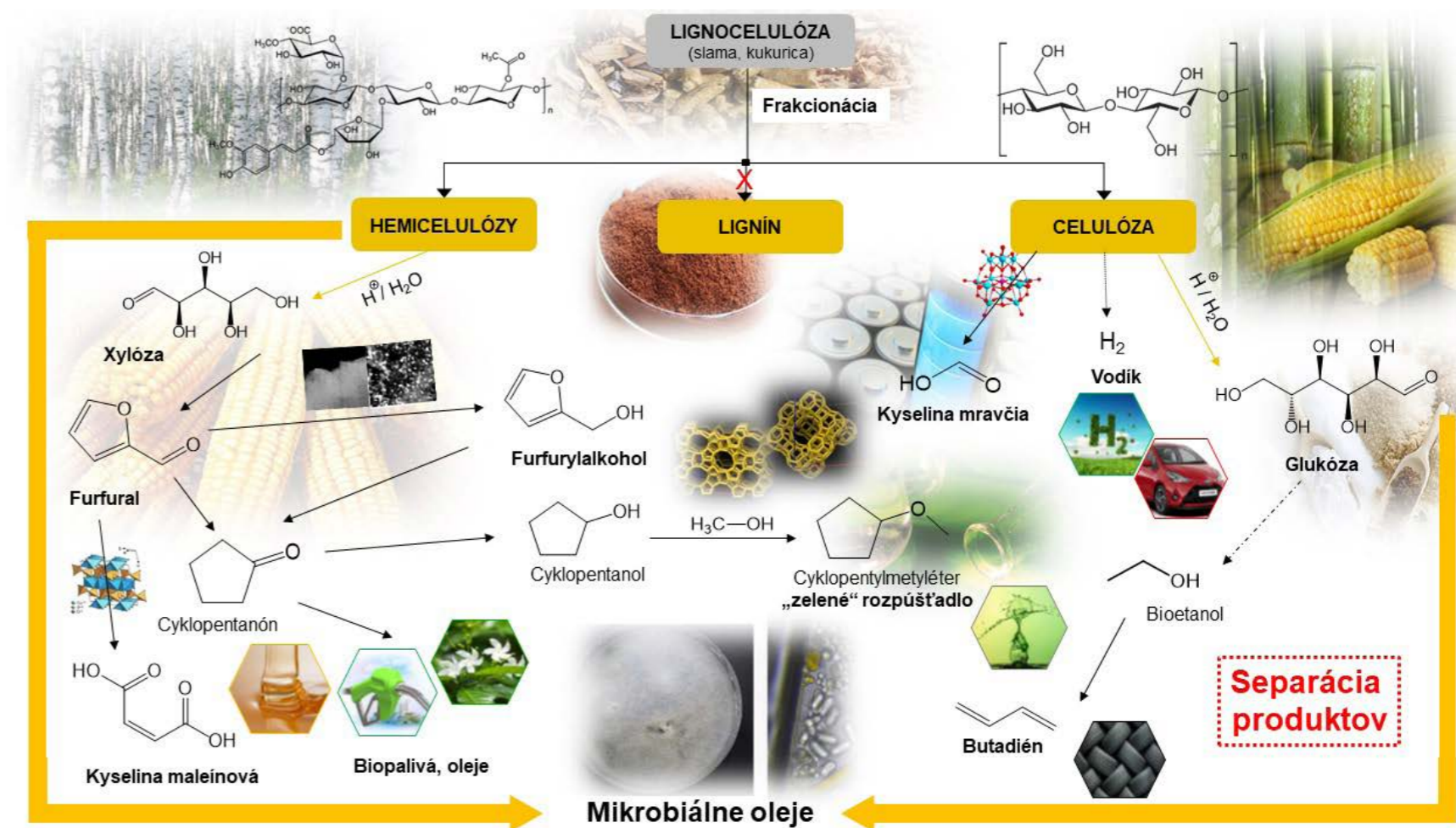
Biotechnologická časť projektu bola orientovaná na prípravu hydrolyzovaných lignocelulózy (hydrolyza kyslá, zásaditá a enzymatická) a na ich biokonverziu tukotvornými mikroorganizmami syntetizujúcich atraktívne lipidy. Slama a smrekové piliny sa po optimalizácii hydrolyzy a kultivačných podmienok javia ako potenciálne substráty pre ich biotechnologické zhodnotenie a produkciu biologicky aktívnych polynenasýtených masťných kyselín pomocou nižších vláknitých húb. V chemickotechnologickej časti projektu sa študovali sa rôzne typy materiálov so štruktúrou na úrovni nanočastíc, ktoré našli uplatnenie ako aktívne a selektívne katalyzátory na transformáciu lignocelulózy na cenné chemikálie, ktoré sa doteraz vyrábajú na petrochemickej báze. Cieľovou zmenou spôsobu a podmienok prípravy katalyzátorov, ich modifikáciou a použitím nosičov s rozdielnymi acido-bázickými vlastnosťami sme dokázali ovplyvňovať ich katalytické vlastnosti s cieľom získať požadované reakčné produkty. Charakterizáciou pripravených materiálov a štúdiom vzťahu ich štruktúry vs. účinnosti sme prispeli k hlbšiemu pochopeniu katalytickej transformácie lignocelulózy na žiadané chemikálie. Mnohé nanoštruktúrované katalyzátory v študovaných procesoch preukázali stabilitu a vysokú katalytickú účinnosť, čím sme získali požadované cenné produkty s vysokou selektivitou.

### Prínos pre prax

Hydrolyzáty lignocelulózy sú atraktívne substráty z pohľadu ekonomiky procesu pre ich biotechnologické zhodnotenie pomocou tukotvorných mikroorganizmov syntetizujúcich bioaktívne polynenasýtené masťné kyseliny. Biotechnologická transformácia hydrolyzovaných lignocelulózy je tak významným príspevkom k riešeniu problému spracovania agroindustriálnych odpadov prirodzenou cestou. Výsledky štúdií publikovaných vo svete naznačujú, že zužitkovanie biomasy selektívnymi katalytickými konverznými procesmi rýchlo napreduje a má v súčasnosti obrovský potenciál. Nami získané výsledky štúdií priniesli nové poznatky a prispeli k hlbšiemu pochopeniu problematiky katalytickej transformácie lignocelulózy na

**zodpovedný riešiteľ**  
doc. Ing. Soták Tomáš, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Slovenská technická univerzita v Bratislave  
- Fakulta chemickej a potravinárskej technológie  
**termín riešenia**  
08/2018 - 12/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
250 000 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0302

vybrané produkty za prítomnosti rôznych typov nanoštruktúrovaných katalyzátorov. Ukázalo sa, že vzhľadom na nedostatok a vysokú cenu fosílnych zdrojov by uvedené procesy mohli byť v budúcnosti alternatívnym spôsobom výroby priemyselne významných látok nezávislých od petrochemie.



Obr. 1

Obr. 1 / Študované možnosti využitia odpadovej lignocelulózy chemickými a biotechnologickými procesmi na hodnotné produkty.

Obr. 2 / Kultivačná banka s vláknitou hubou *Actinomicor elegans*.

Obr. 3 / Vlákňitá huba *Actinomicor elegans* na Petriho miske; Mikroskopická snímka mycélia s mikrobiálnym olejom.



Obr. 2



Obr. 3

## Implementácia princípov 4. priemyselnej revolúcie v príprave komponentov automobilových plášťov

### Predmet výskumu

Vytvorenie systému stavového monitoringu a proaktívnej údržby výrobného zariadenia a nástrojov na interaktívnu komunikáciu užívateľa zariadenia s dodávateľom.

### Ciele projektu

- návrh prostriedkov získavania, prenosu, ukladania a analýzy dát na vyhodnocovanie technického stavu zariadenia
- systém analýzy údajov o technickom stave zariadenia s implementáciou umelej inteligencie
- vytvorenie interaktívnych 3D modelov umožňujúcich interaktívny prístup k modulom zariadenia
- návrh komunikačného prepojenia interaktívnych grafických modelov modulov zariadenia s databázami servisného centra

### Dosiahnuté výsledky

Významnosť jednotlivých mechanických a elektronických modulov liniek na výrobu pätkových lán pre monitorovanie technického stavu sa stanovila na základe databázy údajov o výskyte porúch za rok 2017 u výrobcu automobilových plášťov, ktorý prevádzkuje 5 navíjajúcich liniek od rôznych výrobcov. Na posúdenie významnosti jednotlivých modulov sa použila vizualizácia dát a štatistické analýzy umožňujúce objektívne kvantifikovať mieru významnosti jednotlivých faktorov, hlavne Paretova analýza, frekvenčné analýzy a Fourierova analýza.

Systému zberu a ukladania dát bol vypracovaný v alternatívnej lokálnej platformy fungujúcej u užívateľa zariadenia i v alternatívnej vzdialenej spracovania v centralizovanom servisnom centre. Na riešenie špecifických úloh zberu, ukladania a analýzy dát bola zvolená platforma IoT ThingWorx. Ako rozhodujúce technologické charakteristiky zariadení na navíjanie pätkových lán boli identifikované priemer, resp. obvod pätkového lana a hrúbka pogumovania drôtu.

Na kontinuálnu kontrolu priemeru navíjaných pätkových lán bola vyvinutá nepriama metóda merania množstva drôtu

spotrebovaného na navínutie lana inkrementálnym snímačom podľa prihlášky patentu PP 34-2023 „Zariadenie na kontrolu linky na výrobu pätkových lán“.

Koncept stanovenie priemeru pätkových lán optickým snímaním bol rozpracovaný do dvoch riešení. Prvé riešenie vychádza z analytického výpočtu parametrov všeobecne polohovanej elipsy aproximujúcej pätkové lano na základe súradníc bodov nachádzajúcich sa na vnútornom obvode pätkového lana.

Druhé riešenie sa zakladá na aproximácii pätkového lana pomocou uzavretého dvojrozmerného útvaru, ktorý sa otáča pozdĺž uzavretej eliptickej dráhy. Táto metóda sa použila na konštrukciu prototypu meracieho zariadenia.

Počas riešenia bol identifikovaný pokles hrúbky pogumovania drôtu z rastúcou rýchlosťou drôtu a zvýšenie rovnomernosti pogumovania drôtu s rastúcou dĺžkou pogumovacieho prievlaku. Bol vyvinutý návrh riešenia pogumovacej hlavy, ktoré je predmetom patentu SK289019 „Priečna hlava na extrúzne pogumovanie drôtu na výrobu pätkových lán pneumatík“.

Na identifikáciu závislostí v súboroch dát z technologických experimentov sa použila metóda neurónových sietí. Štruktúra neurónovej siete obsahovala vo vstupnej vrstve štyri neuróny pre vstupné veličiny, desať neurónov pre prvú skrytú vrstvu, dvadsať neurónov pre druhú skrytú vrstvu a jeden neurón pre výstupnú veličinu vo výstupnej vrstve. Výpočty ukázali, že po natrénovaní neurónovej siete dosiahol koeficient korelácie hodnotu  $R=0.97$ .

Proaktívny servisný systém výrobného zariadenia predstavuje prostredie, ktoré obsahuje stavový monitoring, analýzu dát a predikčné modely, digitálnu integráciu údržby a virtuálne tréningy operátorov / servisného personálu.

Súčasťou proaktívneho servisného systému sú 3D grafické modely zariadení vytvorené v systéme Vuforia Augmented Reality. Táto funkcionality umožňuje, že virtuálny objekt sa javí ako súčasť fyzickej reality.

Systém rozšírenej reality má schopnosť interaktívne riadiť fyzické zariadenie pomocou užívateľského grafického rozhrania implementovaného vo Vuforia View.

### zodpovedný riešiteľ

Ing. Meluš Pavol, PhD.

### riešiteľská organizácia

VIPO a.s.

### spoluriešiteľská organizácia

Žilinská univerzita v Žiline – Strojnícka fakulta

### termín riešenia

08/2018 – 12/2020

### finančné prostriedky z APVV

209 845 €

### číslo projektu

APVV-17-0310

Servisný systém výrobných zariadení na základe IoT umožňuje vzdialenú technickú podporu operátorov a servisného personálu pomocou dátových okuliarov s hlasovým vstupom. Technická podpora sa realizuje ako internetový rozhovor medzi expertom (výrobca zariadenia) a pracovníkom, ktorý má dátové okuliare nasadené.

Počas rozhovoru môže expert navigovať pracovníka pri linke a vďaka integrovanej kamere môže servisný pracovník komunikovať s expertom a zdieľať aktuálny pohľad na zariadenie.

### Prínos pre prax

- úplný stavový monitoring výrobných systémov
- analýza a interpretácia dát získaných stavovým monitoringom
- integrácia a vizualizácia dát s hierarchickým prístupom
- implementácia nástrojov virtuálnej reality v prevádzke výrobných zariadení

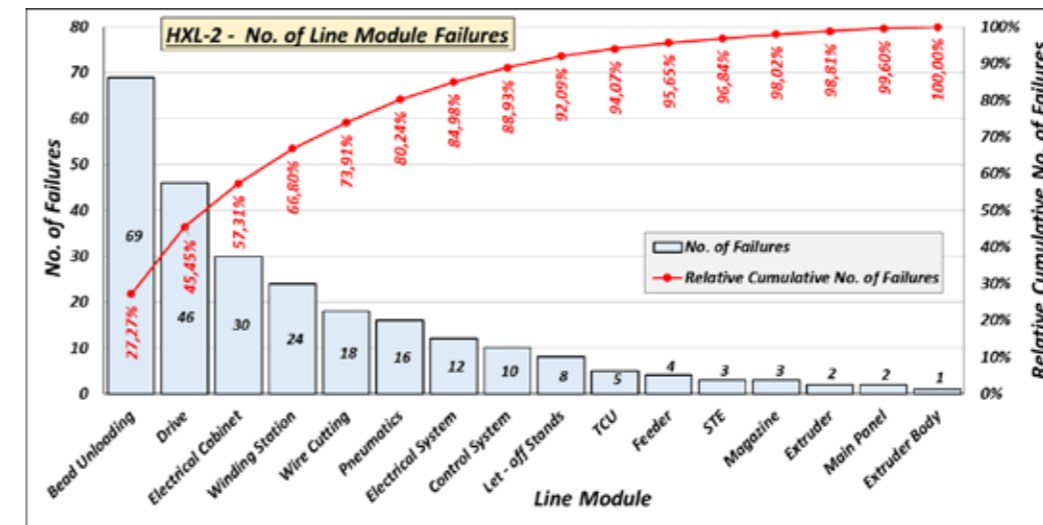
Obr. č. 1 / Paretova analýza počtu porúch konštrukčných modulov navíjajúcej linky

Obr. č. 2 / Prototyp zariadenia na meranie priemeru pätkového lana

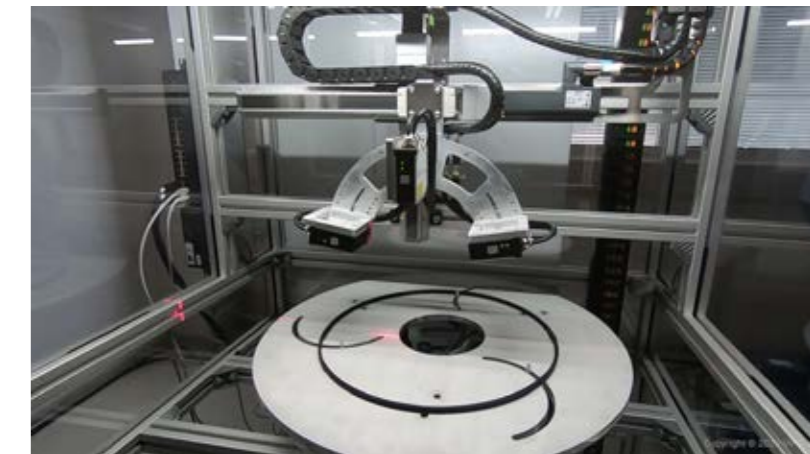
Obr. č. 3 / Štruktúra neurónovej siete – analýza vplyvu technologických faktorov na hrúbku pogumovania

Obr. č. 4 / Virtuálny model odvíjacieho modulu linky na navíjanie pätkových lán vložený do reálneho prostredia

Obr. č. 5 / Konferenčný rozhovor prostredníctvom zariadenia RealWear HMT-1



Obr. 1

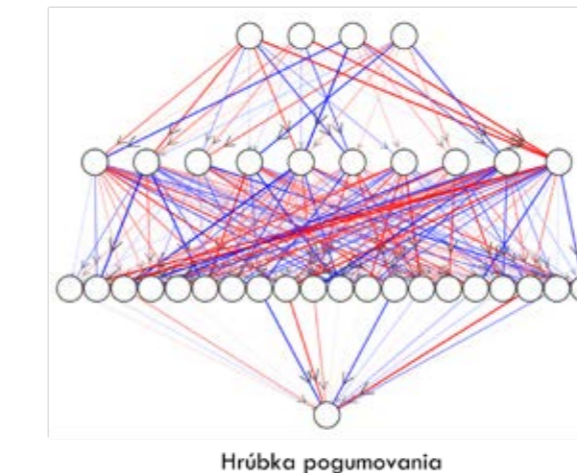
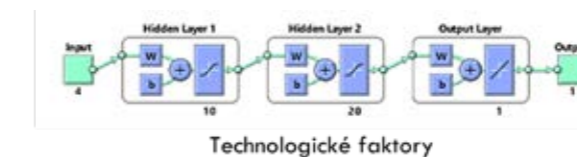


Obr. 2

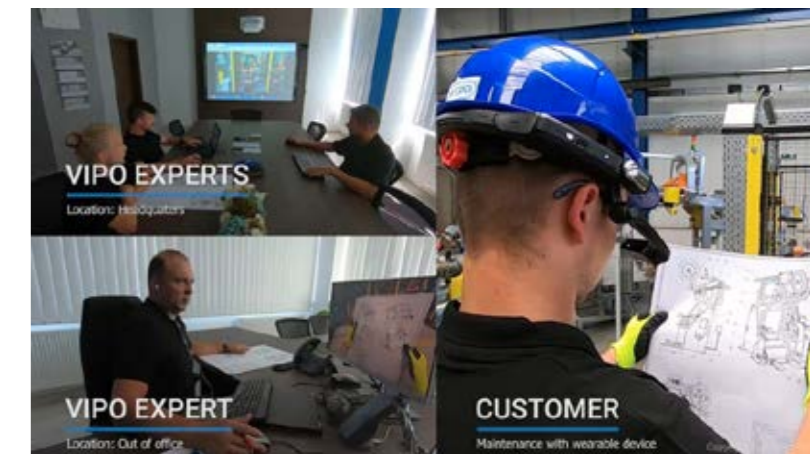


Obr. 4

### FFNN – regresná úloha



Obr. 3



Obr. 5

## Vývoj žiaruvzdorných pyrochlórnych fáz pre vysokoteplotné aplikácie neoxidovej keramiky

### Predmet výskumu

Hlavným predmetom výskumu bola systematická štúdia vplyvu prísad rôznych prvkov vzácnych zemín (RE), na spekanie, tvorbu mikroštruktúry, a hlavne vysokoteplotné vlastnosti keramiky na báze  $ZrB_2$ . Tieto materiály sú z dôvodu ich výbornej kombinácie vlastností a relatívne nízkej hustote najviac študované materiály pre systémy tepelnej ochrany (angl. Thermal Protection System – TPS) nadzvukových vesmírnych vozidiel. Monolitný  $ZrB_2$  však nedokáže odolávať teplotám nad  $2000^\circ C$ . Inovatívnou myšlienkou projektu bola „in-situ“ tvorba pyrochlórnych fáz  $RE_2Zr_2O_7$  počas spekania alebo oxidácie, pričom hypotézou bolo, že prvky vzácnych zemín s malou veľkosťou kationov  $RE^{3+}$  (s vyšším atómovým číslom, napr. Yb a Lu) by mali zvýšiť náchylnosť oxidačnej vrstvy na fázovú separáciu a zvýšiť jej viskozitu, čo by malo viesť k výraznému zníženiu oxidačnej rýchlosti.

### Ciele projektu

Hlavným cieľom projektu bolo vyvinúť novú generáciu diboridovej keramiky na báze prechodných prvkov ( $ZrB_2$ ) s výrazne zlepšenými vysokoteplotnými vlastnosťami a dlhodobou tepelno-chemickou odolnosťou. Pri riešení projektu bolo stanovených niekoľko čiastkových úloh, pričom tými najdôležitejšími boli: 1) Objasnenie spoločného vplyvu odlišných typov a množstiev prísad RE a SiC na spekanie, vývoj mikroštruktúry a mechanické vlastnosti  $ZrB_2$ ; a 2) Pochopenie a objasnenie vplyvu prvkov RE na tvorbu žiaruvzdorných fáz s pyrochlórnu štruktúrou, a ich vplyvu na odolnosť materiálov proti oxidácii a ablácii.

### Dosiahnuté výsledky

Riešením projektu bolo získaných veľa nových poznatkov, ktoré výraznou mierou posunuli stav poznania v danom vednom odbore. V prvom kroku sa študoval vplyv troch rôznych prísad oxidov prvkov vzácnych zemín ( $Eu_2O_3$ ,  $Yb_2O_3$  a  $Lu_2O_3$ ), ktoré boli pridávané do matrice  $ZrB_2$ -25vol.%SiC v rôznych množstvách (2, 5, a 10 hmot.%). Podrobnou analýzou sa podarilo potvrdiť hypotézu, že prvky RE s menšou

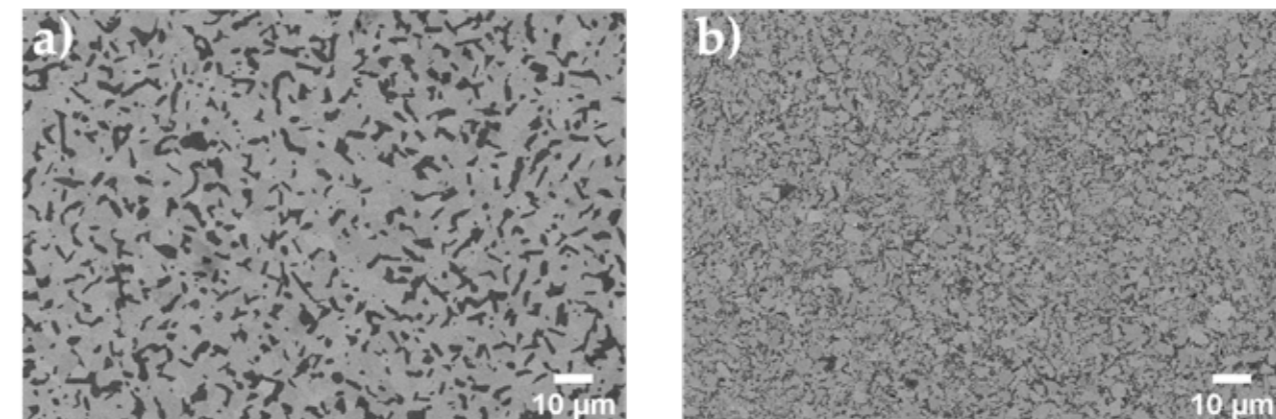
veľkosťou kationu  $RE^{3+}$  majú výraznejší vplyv na odolnosť materiálov proti oxidácii a ablácii, ktorá sa zvyšovala s rastúcim obsahom týchto prísad. Pri použití 10 hmot.%  $Yb_2O_3$  bola pozorovaná trojnásobne vyššia ablačná odolnosť materiálu v porovnaní s referenčným materiálom bez prídavku prvku RE. To bolo spôsobené tvorbou žiaruvzdornej, tzv. pyrochlórnej fázy  $Yb_2Zr_2O_7$  počas spekania materiálu. Nakoľko k tvorbe pyrochlórnej fázy dochádzalo už počas procesu spekania, riešiteľský kolektív prišiel s inovatívnou myšlienkou použiť priamo pyrochlórnu fázu  $Yb_2Zr_2O_7$  ako spekáciu prísadu namiesto  $Yb_2O_3$ . Za účelom zníženia teploty spekania, boli tieto materiály s rôznym obsahom  $Yb_2O_3$  a  $Yb_2Zr_2O_7$  pripravené spôsobom reakčného spekania. U tohto spôsobu je finálne zloženie  $ZrB_2$  - SiC tvorené in-situ počas spekania reakciou medzi  $ZrSi_2$ ,  $B_4C$  a C. V porovnaní s konvenčným („nereakčným“) spekaním sa tým podarilo znížiť teplotu spekania o  $450^\circ C$  z pôvodných  $2050^\circ C$  na  $1600^\circ C$ . Nižšia teplota spekania, ako aj in-situ tvorba zrn  $ZrB_2$  a SiC boli príčinou výrazne jemnozrnejšej mikroštruktúry ako v prípade nereakčného spekania, čo viedlo k výrazne lepším mechanickým vlastnostiam pri izbovej teplote, ako aj lepšej odolnosti proti oxidácii/ablácii. Bolo preukázané, že prídavok  $Yb_2O_3$  viedol k stabilizácii tetragonálnej (t.j. vysokoteplotnej) modifikácie  $ZrO_2$  v oxidačnej vrstve, čo viedlo k najlepšej odolnosti tohto materiálu proti ablácii.

### Prínos pre prax

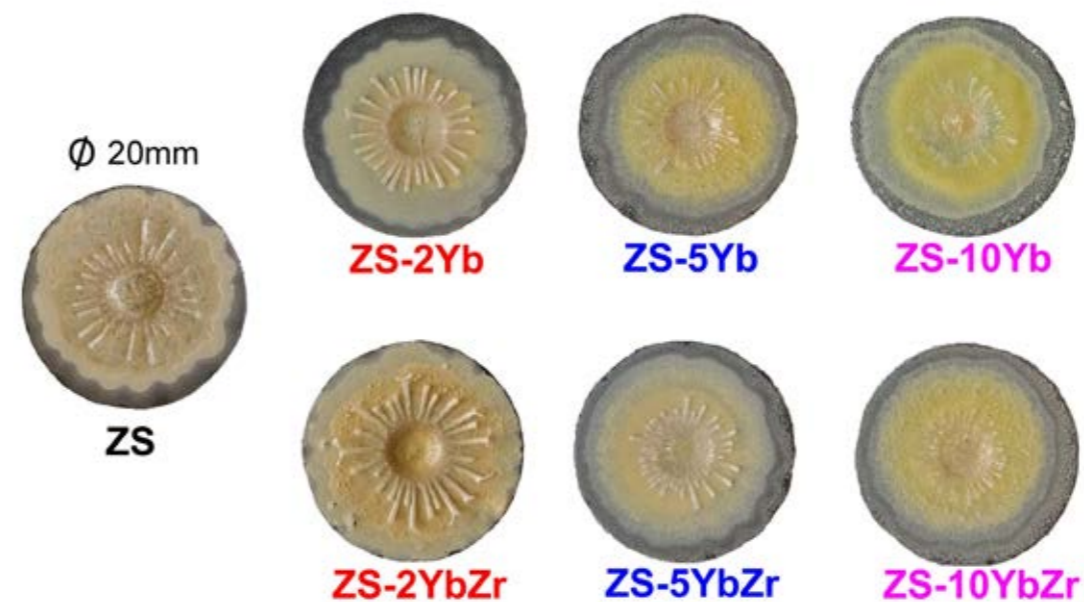
Rozsiahlou štúdiou sa podarilo objasniť vplyv prísad na báze prvkov vzácnych zemín na prípravu, fázové zloženie, mikroštruktúru, mechanické a vysokoteplotné vlastnosti materiálov na báze  $ZrB_2$  s prídavkom 25 obj.% SiC. Výsledky projektu budú využité prevažne odbornou verejnosťou pri vývoji nových keramických materiálov pre aplikácie v extrémnych podmienkach, akými sú silne oxidačné prostredie pri teplotách vyšších ako  $2000^\circ C$ . Za jeden z významných výsledkov riešenia projektu je považovaná skutočnosť, že rovnaký materiál s identickým chemickým zložením, jemnozrnejšou mikroštruktúrou a lepšími mechanickými vlastnosťami bol

**zodpovedný riešiteľ**  
Ing. Tatarko Peter, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Ústav anorganickej chémie SAV, v. v. i.  
**spoluriešiteľská organizácia**  
Ústav materiálového výskumu SAV, v. v. i.  
**termín riešenia**  
08/2018 – 12/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
249 985 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0328

reakčným spekaním pripravený pri teplote o  $450^\circ C$  nižšej ako v prípade štandardného, nereakčného spekania ( $1600^\circ C$  vs.  $2050^\circ C$ ). Tým sa podarilo vyvinúť inovatívny spôsob prípravy týchto materiálov, ktorý v konečnom dôsledku znižuje výrobné náklady materiálov využiteľných vo vesmírnom priemysle a iných extrémnych aplikáciách. Táto skutočnosť výrazne zvyšuje aplikačný potenciál výsledkov tohto projektu základného výskumu.



Obr. 1

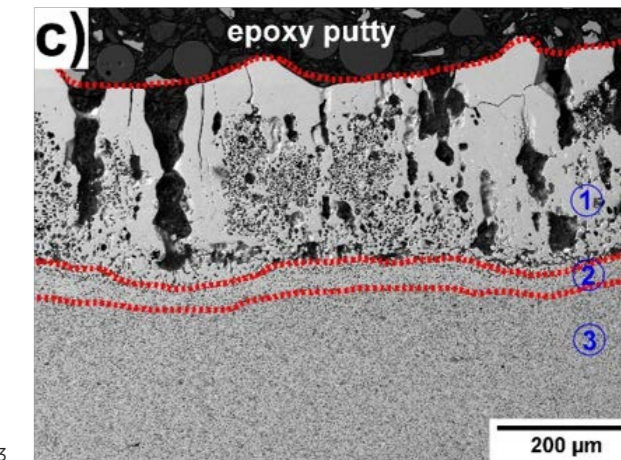
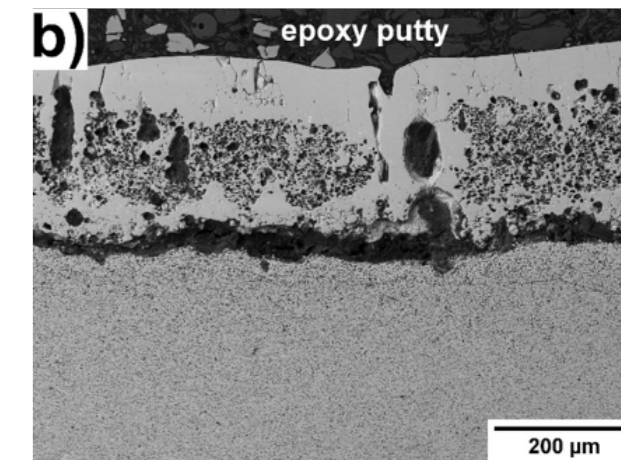
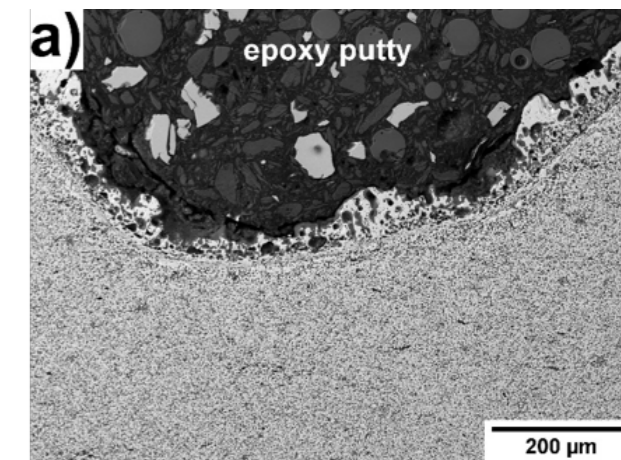


Obr. 2

Obr. 1 / Mikroštruktúra  $ZrB_2$ -25obj.%SiC materiálu spekaného a) konvenčným nereakčným spekaním pri  $2050^\circ C$  a tlaku 70 MPa, a b) reakčným spekaním pri teplote  $1600^\circ C$  a tlaku 70 MPa.

Obr. 2 / Makrosnímky povrchov vzoriek  $ZrB_2$ -25obj.%SiC reakčne spekaných s rôznym obsahom  $Yb_2O_3$  (ZS-2Yb, ZS-5Yb a ZS-10Yb) a  $Yb_2Zr_2O_7$  (ZS-2YbZr, ZS-5YbZr, ZS-10YbZr) po ablačných skúškach kyslíkovo-acetylénoým plameňom pri teplote  $2700^\circ C$  a čase 60 s.

Obr. 3 / SEM mikroštruktúry prierezných rezov reakčne spekaných vzoriek  $ZrB_2$ -25obj.%SiC: a) bez spekácií prísad; b) s 10 hmot.%  $Yb_2O_3$ ; a c) 10 hmot.%  $Yb_2Zr_2O_7$  po ablácii pri  $2700^\circ C$  a čase 60 s. U všetkých boli pozorované 3 oblasti: 1-oxidačná vrstva na báze  $ZrO_2$ , 2- $ZrB_2$  materiál ochudobnený o SiC, 3-neovplyvnený materiál



Obr. 3



## Kaskádové zhodnocovanie drevného odpadu z veľkomestských aglomerácií

### Predmet výskumu

Projekt bol zameraný na vytvorenie a implementáciu modelu kaskádového zhodnocovania odpadového dreva a starých prebytočných drevených výrobkov, pre ktoré neexistuje iné systémové riešenie ako je spaľovanie, hlavne pre ich volumínóznosť a chemickú kontamináciu. Projekt priniesol nový prístup ku klasifikácii drevného odpadu a návrh metód jeho ďalšieho mechanického, termomechanického a hydrotermomechanického spracovania podľa stupňa chemickej kontaminácie. Kaskádové zhodnocovanie tak vytvára vyšší stupeň pridanej hodnoty ako sa dá dosiahnuť energetickým zhodnotením, čo korešponduje s presadzovanou koncepciou nulového odpadu.

### Ciele projektu

Načasovanie implementácie projektu v pred covidových rokoch, ktoré priali rozvoju zelenej ekonomiky aj u nás, pomáhalo naplniť strategický cieľ, ktorým bolo zvýšiť objem recyklovaného dreva aj s inkorporovaním procesu predspracovania málo chemicky kontaminovaných materiálov na báze dreva do procesu existujúceho systému recyklácie dreva v kontexte kreovania cirkulárnej a nízkouhlíkovej ekonomiky. Špecifické ciele projektu zohľadňovali jeho výskumno-vedecký charakter a boli zamerané na laboratórnu optimalizáciu podmienok predspracovania odpadového dreva s cieľom zohľadniť triedy chemickej kontaminácie, na návrh ďalších separačných metód na odstránenie nežiaducich chemických substancií z drevnej hmoty a na návrh nových technológií recyklácie odpadového dreva pre ich implementáciu v existujúcich drevospracujúcich výrobných.

### Dosiahnuté výsledky

V rámci riešenia boli charakterizované toky drevného odpadového materiálu z domácnosti aj z priemyslu, v podmienkach jeho maximálnej koncentrácie, vo veľkomestskej spádovej oblasti. Projekt prihladal na vytvorenie synergie medzi municipálnou a industriálnou politikou. Vypracované modely zhodnocovania nábytku a modely separovaného

zberu drevených výrobkov po skončení doby jeho používania majú multiplikačný efekt, avšak nemusia byť do budúcnosti prijaté vzhľadom na vývoj environmentálneho správania v spoločnosti, na ich absenciu však bolo potrebné poukázať. Navrhované stratégie boli doplnené o vypracované vlastné vedecké postupy na rýchle stanovenie vybraných kontaminácií v odpadovom dreve a výskumné aktivity pri jeho triedení a recyklácii v rámci prípadovej štúdie. Aplikačná časť projektu bola sústredená na výskum v oblasti tvorby nových tenkostenných a plošne lisovaných drevo-plastových materiálov na báze odpadového drevného vlákna a drevných častíc, tvorbu škrupín ale aj odľahčených materiálov.

### Prínos pre prax

Spoločenským prínosom bolo pomocou dosiahnutých výstupov poukázať na málo riešenú problematiku odpadového dreva a hlavne výrobkov na báze dreva po ukončení ich životnosti. Hlavným zámerom je zvýšiť recyklačný stupeň a obmedziť energetické využitie hneď v prvom stupni bez opätovného použitia resp. recyklácie, ak je technicky uskutočniteľná. V rámci projektu bol vykonaný monitoring materiálových tokov odpadového materiálu na báze dreva s tým, že jeho ďalšie materiálové zhodnotenie sa odhadlo na 23%. Pre laboratórne orientovanú etapu bola vypracovaná teoretická štúdia zisťovania chemickej záťaže inkorporovanej v priebehu posledných 50 rokov. Praktickými výstupmi boli dva spôsoby rýchleho stanovenia formaldehydu a močoviny pomocou HPLC priamo na mieste (Obr. 1). Pri tvorbe referenčných skupín odpadového dreva a procesov jeho materiálového zhodnotenia bola uskutočnená prípadová štúdia, kde sa navrhlo členiť surovinu do 4 referenčných skupín podľa typu odpadového produktu, pričom sa tento jednoducho predtrieduje a ďalej separuje na 3 až 4 materiálové skupiny. Definovanie kaskád pre tvorbu vyššej pridanej hodnoty predstavovalo typickú akademickú časť projektu, kde bolo cieľom, na základe malých laboratórnych experimentov, demonštrovať princíp kaskádového využívania dreva (príklady dobrej praxe) (Obr. 2). Získané výsledky boli

**zodpovedný riešiteľ**  
Ing. Ihnát Vladimír, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Výskumný ústav papiera a celulózy a.s.  
**termín riešenia**  
08/2018 – 06/2021  
**finančné prostriedky z APVV**  
249 484 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0330

publikované a dosahujú uspokojivú citovanosť. Posledná praktická etapa bola zameraná na konkrétne riešenia ako zvýšiť recyklačný stupeň odpadového dreva, pričom boli pre špecializované zberné dvory vypracované dva organizačné modely. Záver riešenia bol venovaný príprave systémového riešenia spracovania odpadového dreva, pre ktoré bola zvolená skupina drevoplastových výrobkov s masívnym spracovateľským potenciálom do budúcnosti. V rámci riešenia bola podaná jedna patentová prihláška pre oblasť ľahčených stavebných materiálov (Obr. 3), vytvorený jeden nový výrobok a v poloprevádzke overené dve technológie (Obr. 4 a 5).

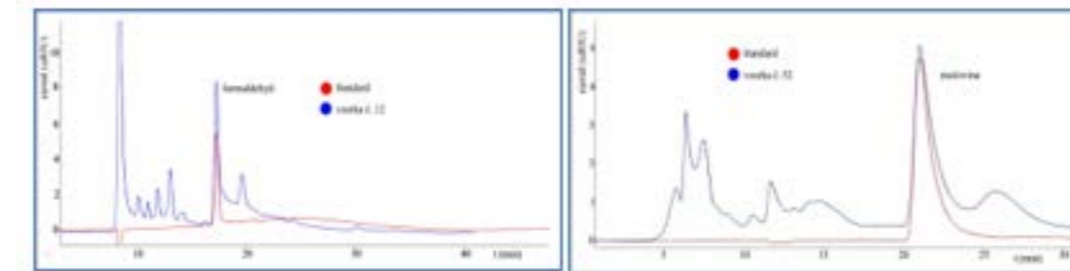
Obr. 1 / Stanovenie formaldehydu na kolóne Rezex ROA H+ pri teplote 30°C (vľavo) a močoviny na kolóne Rezex ROA Pb2+ pri teplote 80°C (vpravo) metódou vnútorného štandardu.

Obr. 2 / Schéma laboratórneho experimentu multi-kaskádového modelu zhodnocovania odpadového dreva.

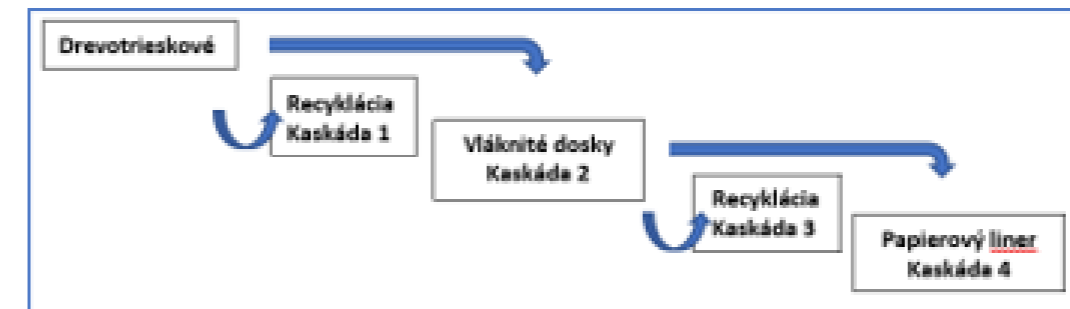
Obr. 3 / Vyľahčené dosky s prídavkom plastu 10% s tvrdou škrupinou a mäkkým jadrom (vpravo), vrstvený koberec (vľavo).

Obr. 4 / Tuhé škrupiny drevovláčno/plast (kombinácia vlákna a prášku), hrúbka 1,5 mm. Drevný dekor (obsah plastu sprava 10%, 15% a 20%) (vľavo), tvarovanie pomocou teplovzdušnej pištole (obsah plastu 35%) (vpravo).

Obr. 5 / Vyrobené tenké kompozity drevné vlákno/plast hrúbky 3,2 mm, obsah plastu 5, 10, 15, 20, 30 a 40% (vľavo), porovnanie drevoplastových dosiek -vláknitej a hoblinovej (vpravo).



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

## Zvyšovanie efektívnosti lisovania a spájania dielov hybridných karosérií

### Predmet výskumu

Predmetom výskumu bola optimalizácia podmienok lisovania a spájania ocelových plechov a plechov z hliníkových zliatin určených pre výrobu dielcov hybridných karosérií. Súčasné obdobie je charakteristické neustálym tlakom na znižovanie emisií produkovaných automobilmi. Jednou z možných ciest znižovania množstva emisií automobilov je znižovanie hmotnosti karosérií. Cestou pre znižovanie hmotnosti automobilu je koncept hybridnej karosérie, kde sa využívajú rôzne druhy materiálov na báze ľahkých zliatin, kompozitných materiálov a vysokopevných ocelových plechov. Riešenia spojené s takýmito návrhmi hybridných konštrukcií karosérií musia byť adresované jednak do oblasti tvárnenia a jednak do oblasti následného spájania týchto dielcov multi-materiálovej koncepcie. Dôležitá je tak optimalizácia podmienok lisovania plechov z hliníkových zliatin a vysokopevných ocelových plechov s cieľom zvýšiť efektívnosť procesu. Na základe výsledkov analýzy napäťovo-deformačných stavov na výliskoch bola navrhnutá zodpovedajúca technológia spájania. Výstupom je porovnanie únosnosti spojov po rôznych veľkostiach deformácií a po pretvorení rôznymi napäťovo-deformačnými stavmi.

### Ciele projektu

Ciele projektu vychádzali zo systémového a komplexného prístupu k riešeniu problematiky lisovania a spájania ocelových plechov a plechov z hliníkových zliatin rôznych akostí. Originálny prístup k riešeniu projektu spočíval v plánovaných experimentoch, ktorými je zabezpečený dostatok informácií o procese lisovania a spájania plechov z hliníkových zliatin a ocelových plechov. Tieto poznatky umožnia zvýšiť efektívnosť lisovania a spájania plechov hybridných karosérií automobilov.

### Dosiahnuté výsledky

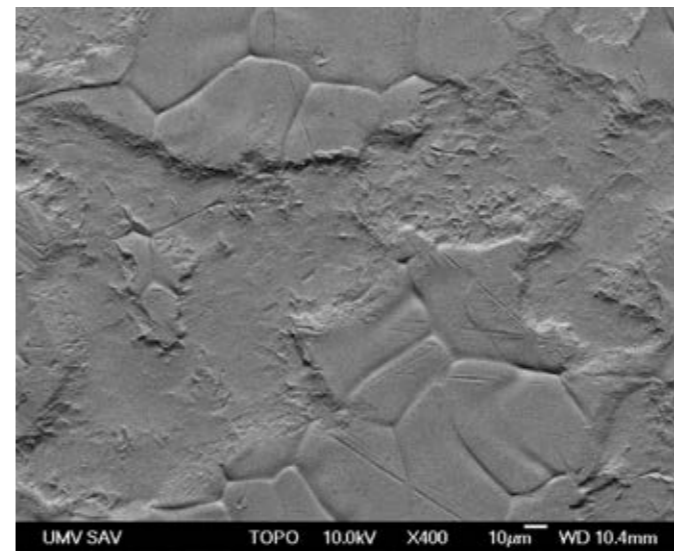
V rámci riešenia projektu boli využité FEM analýzy pre určenie napäťovo-deformačných stavov reálnych častí výliskov spájaných rôznymi technológiami. Adekvátnosť použitých výpočtových a simulačných metód bola potvrdená a u reálnych výliskov optimalizovaná podľa výsledkov komplexnej materiálovej analýzy týchto výliskov (mechanické skúšky, svetelná a elektrónová mikroskopia a RDX difrakcie, tribologické skúšky na simulátore trenia a iné). Na základe výsledkov oboch prístupov k analýze napäťovo-deformačných stavov reálnych častí výliskov bola navrhnutá zodpovedajúca technológia pre experimentálnu prípravu testovacích vzoriek s analogickými napäťovo-deformačnými stavmi. Takto pripravený experimentálny materiál s požadovaným napäťovo-deformačným stavom bol experimentálne lisovaný a spájaný s cieľom zefektívniť proces lisovania a spájania a zvýšenia únosnosti spojov. Na zvýšenie trvanlivosti nástrojov boli použité rôzne druhy PVD povlakov. Originálnosť projektu ďalej spočívala v lokálnej úprave topografie parametrov mikrogeometrie povrchu plechov z hliníkových zliatin s cieľom obmedziť (potlačiť) nalepovanie (galling) hliníka na povrch nástroja pre spájanie. Účelom týchto úprav bolo zmenšenie kontaktnej plochy medzi nástrojom a spájaným plechom a zároveň zabezpečenie kontinuálneho mazania počas spájania.

### Prínos pre prax

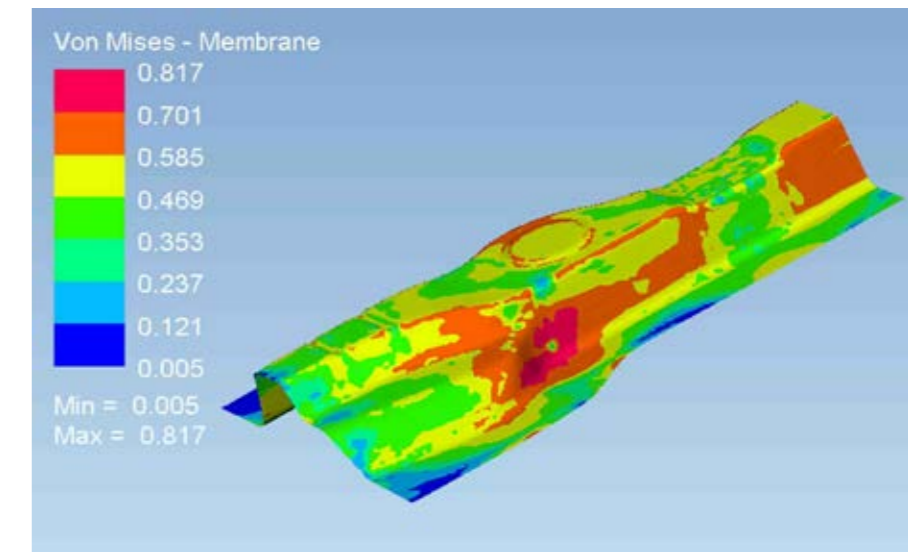
Výsledky projektu sú aplikovateľné najmä u spracovateľov tenkých hliníkových a ocelových plechov zaoberajúcich sa tvárnením a spájaním. Optimalizácia podmienok lisovania vedie k zvýšeniu trvanlivosti a životnosti lisovacích nástrojov znížením trecích pomerov medzi spracovanými plechmi a funkčnými časťami lisovacieho nástroja vhodnou úpravou povrchu lisovacích nástrojov. Výsledky získané pri skúmaní optimalizácie procesov spájania materiálov zo železných a neželezných materiálov umožnia zvýšiť únosnosť spojov. Výsledky sú využiteľné najmä pri optimalizácii procesov

**zodpovedný riešiteľ**  
prof. Ing. Spišák Emil, CSc.  
**riešiteľská organizácia**  
Technická univerzita v Košiciach – Strojnícka fakulta  
**spoluriešiteľská organizácia**  
Ústav materiálového výskumu SAV, v. v. i.  
**termín riešenia**  
08/2018 – 05/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
249 010 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0381

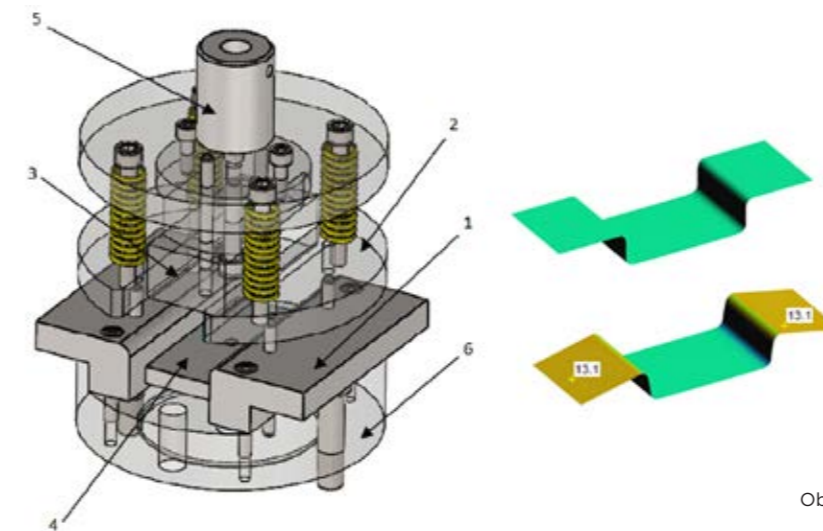
lisovania a spájania s dôrazom najmä na výrobu dielcov hybridných karosérií automobilov. Odberateľom výsledkov riešenia môžu byť všetci výrobcovia komponentov pre automobilový priemysel na Slovensku, prípadne aj podniky zamerané na výrobu komponentov a výrobkov najmä pre spotrebný priemysel. Výsledky môžu byť využité pri znižovaní hmotnosti výrobkov s dôrazom najmä na výrobu automobilových karosérií a komponentov. Pri využití procesov mechanického spájania spočíva ekonomický prínos v znížení energetických nákladov na výrobu spojov a vo zvýšení ekologickej procesov spájania v porovnaní s procesmi zvráňania.



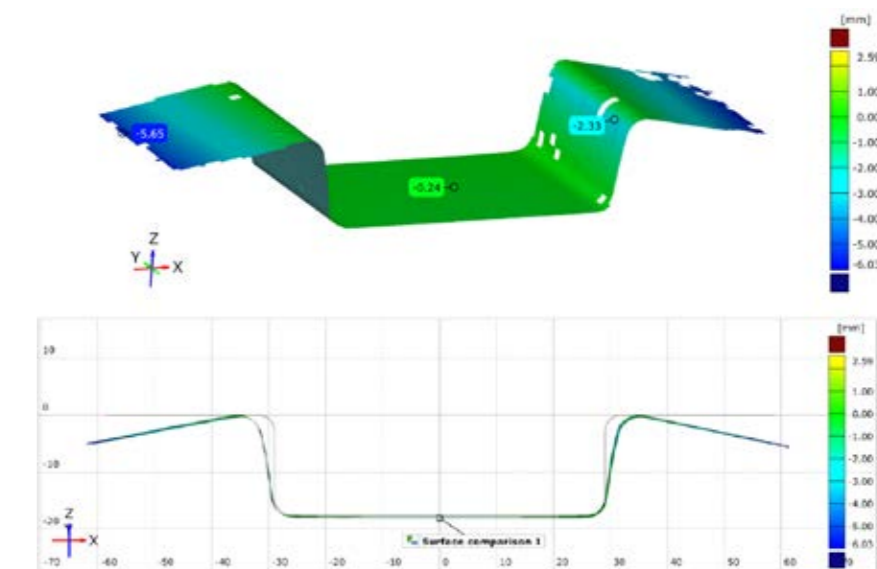
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

Obr. 1 / Stochastická topografia zinkového povlaku

Obr. 2 / Von Misesové napätia na výlisku

Obr. 3 / Prípravok na skúmanie odpruženia plechov

Obr. 4 / Meranie odpruženia na vzorke

Obr. 5 / Mechanický spoj kombinácie ocelového a hliníkového plechu

## Termická modifikácia dreva sýtou vodnou parou za účelom cielenej a stabilnej zmeny farby drevnej hmoty

### Predmet výskumu

Projekt bol zameraný na výskum zmien fyzikálno-chemických vlastností dreva v procese termickej modifikácie sýtou vodnou parou v intervale teplôt  $t = 105 - 135 \text{ }^\circ\text{C}$ , so zameraním na analýzy vplyvu hydrolyzy hemicelulózy a amorfnej časti celulózy na zmenu acidity dreva, ktorou je iniciovaná deštrukcia chromoformného systému dreva vyvolávajúca zmenu farby dreva.

### Ciele projektu

Hlavným cieľom projektu bol návrh technológie modifikácie farby dreva – procesom parenia bukoveho, brezového, javorového a jelšového dreva do netradičných farebných odtieňov pre zvýšenie farebnej pestrosti dreva v stavebnostolárskych výrobkoch a 3D dekoratívnych predmetoch.

### Dosiahnuté výsledky

Experimentálnym výskumom boli vo farebnom priestore CIE  $L^*a^*b^*$  identifikované farby termicky modifikovaného dreva. Mieru stmavnutia a zhnednutia dreva dreviny *Fagus sylvatica* L. zobrazuje Obr. 1. Z nameraných hodnôt poklesu acidity dreva pH a vzrastu hodnôt celkovej farebnej diferencie  $\Delta E^*$  boli pre analyzované dreviny odvodené závislosti  $\Delta E^* = f(\text{pH})$ . Pre drevinu *Fagus sylvatica* L. je uvedená závislosť zobrazená na Obr. 2.

Analýzy zmien chemického zloženia dreva vyvolané parením pomocou FTIR-ATR spektroskopie poukazujú na zmeny v absorpčných pásoch lignínovej makromolekuly pri vlnových 1592, 1504, 1420 a  $1461 \text{ cm}^{-1}$ , ktoré zodpovedajú deformačným vibráciám C-H v skupinách  $\text{CH}_2$  a  $\text{CH}_3$  aromatického kruhu. Pozoruhodný je pokles intenzity absorpčného pásu pri vlnovke  $1648 \text{ cm}^{-1}$ , ktorý s rastom teploty parenia narastá. Uvedený jav je vysvetľovaný zánikom  $\alpha$ -karbonylových skupín z dôvodu reaktivity bočných reťazcov lignínu so susednými benzénovými jadrami za tvorby chinínových štruktúr.

Sledovaním vplyvu UV žiarenia formou urýchleného starnutia v Xenoteste Q-SUN Xe-3-HS bol preukázaný pozitívny vplyv deštrukcie chromoformného systému dreva spôsobený parením na odolnosť pareného dreva voči fotochemickým reakciám dreva a UV žiarenia. Výstižne to dokumentuje rozdielne stmavnutie a zhnednutie nepareného a pareného dreva. Rozdielnosť farieb vyjadrená farebnou diferenciou  $\Delta E^*$  pre javorové drevo je na Obr. 3. Kým celková farebná diferenciac vyvolaná UV žiarením nepareného dreva je  $\Delta E^* = 18,5$ , tak celková farebná diferenciac vyvolaná UV žiarením pareného dreva vodnou parou s teplotou  $t = 135 \text{ }^\circ\text{C}$  je  $\Delta E^* = 7,2$ . Reaktivnosť pareného dreva voči fotochemickým reakciám dreva vyvolaných UV žiarením je cca o 2/3 nižšia.

Výsledky projektu boli publikované v 2 vedeckých monografiách a v časopisoch: CCC – 12, WOS – 17, ostatné – 14.

### Prínos pre prax

Na základe výsledkov z experimentálneho výskumu boli navrhnuté režimy parenia dreva pre celoobjemovú zmenu farby do netradičných farebných odtieňov: ružovo-žltej farby, červeno-hnedej a tmavej hnedo-sivej. Kontrasty farebných odtieňov jarného a letného dreva, či zvýraznenie textúry dreva jednotlivých drevín obohacujú domáci trh a zahraničný export o rezivo a prírezy v nových atraktívnych farbách. Navrhnuté režimy sú do praxe zavedené vo firme Sundermann s.r.o. Banská Štiavnica.

Poloprevádzkovými skúškami bola overená technológia nízkoteplotných režimov sušenia bez zmeny farby dreva v procese sušenia. Navrhnuté režimy sa od klasických režimov sušenia líšia tým, že odparovanie vody voľnej z dreva je realizované pri teplote vzduchu v sušiarňi  $t \leq 45 \text{ }^\circ\text{C}$  čím je zabránené iniciácii chemických reakcií a zmien v chromoformnom systéme dreva.

**zodpovedný riešiteľ**  
prof. Ing. Dzurenda Ladislav, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Technická univerzita vo Zvolene – Drevárska fakulta  
**spoluriešiteľská organizácia**  
VIPO a.s.  
**termín riešenia**  
08/2018 – 12/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
249 840 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0456

Na pracovisku VIPO a.s. Partizánske v spolupráci s Drevárskou fakultou vo Zvolene bol preukázaný pozitívny vplyv prídavku aditíva - biopolyméru keratínu do polykondenzačných UF živíc na uvoľňovanie formaldehydu. Reakciami keratínu s UF živicou sa počas vytvrdzovania UF lepidla formaldehyd na lepidlo viaže a vytvára stabilné metylénové väzby a znižuje emisiu formaldehydu o 40 %.

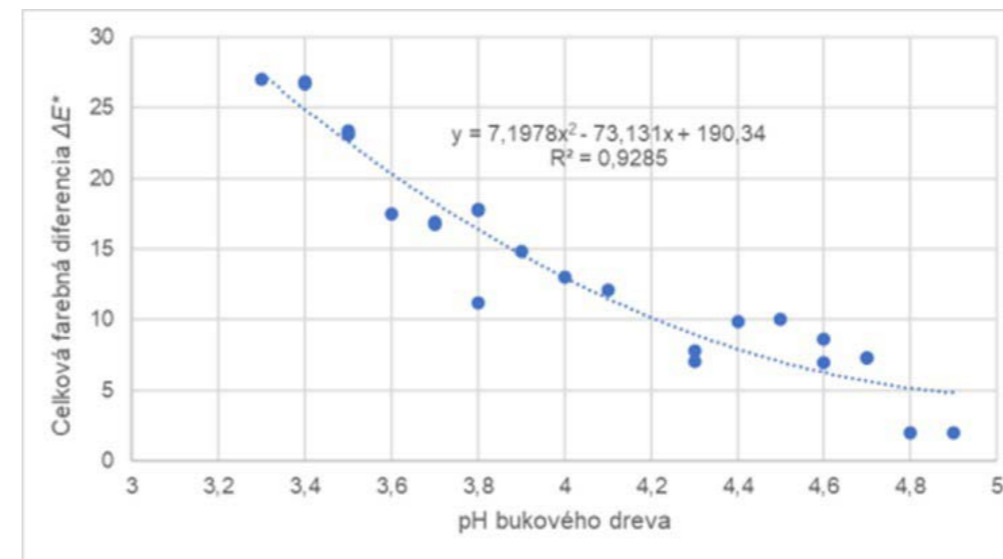
Výsledky projektu sú chránené 1 patentovou prihláškou, 1 úžitkovým vzorom, 2 novými výrobkami a 4 overenými technológiami.



Obr. 1



Obr. 4



Obr. 2

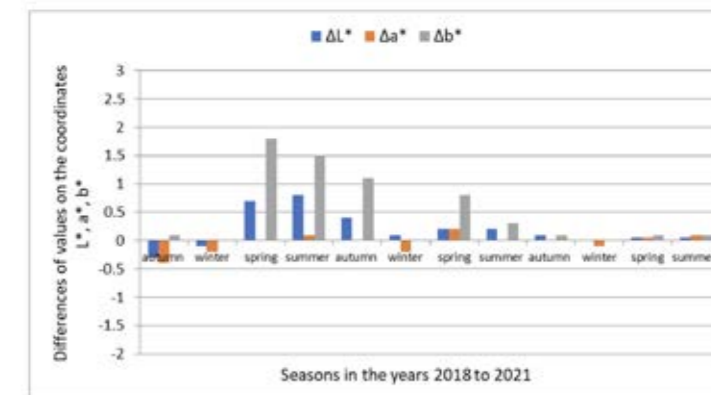
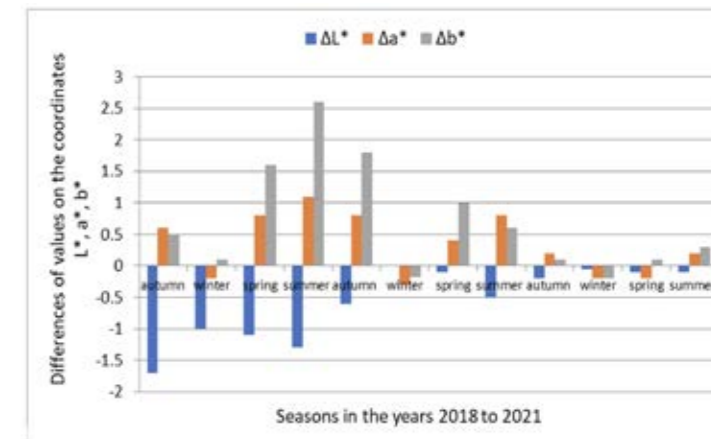
Obr. 1 / Farba bukoveho dreva v procese parenia v závislosti na teplote a čase.

Obr. 2 / Závislosť farebnej diferencie  $\Delta E^*$  na acidite pH bukoveho dreva.

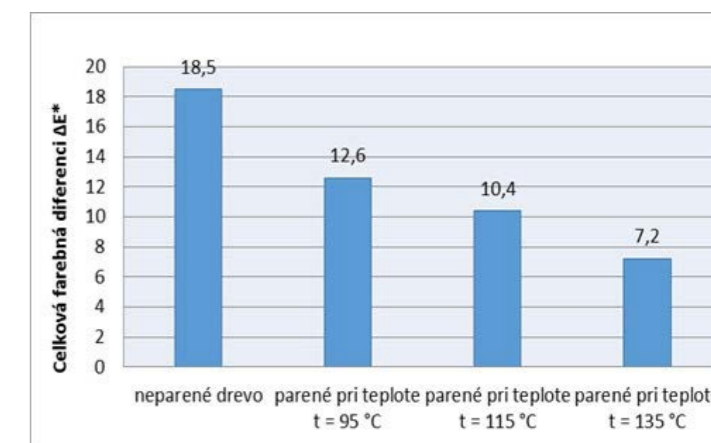
Obr. 3 / Vplyv UV žiarenia na veľkosť farebnej diferencie  $\Delta E^*$  nepareného a pareného javorového dreva.

Obr. 4 / Farba nepareného a pareného bukoveho dreva pred a po UV žiarení.

Obr. 5 / Veľkosti zmien  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  nepareného (hore) a pareného bukoveho dreva (dole) v priebehu 36 mesačnej expozície slnečného žiarenia.



Obr. 5



Obr. 3

# Detekcia erózných účinkov pulzujúceho vodného prúdu na materiál

## Predmet výskumu

Všeobecne sa erózia vodnými kvapkami považuje za prítlačujúci jav. Predstavuje špecifický degradačný proces, vedúci k deformácii a strate hmoty. Objasnenie javov súvisiacich s interakciou kvapiek s povrchom materiálu je možné využiť na kontrolovanú úpravu a dezintegráciu rôznych materiálov.

## Ciele projektu

- Porovnanie erózných účinkov pulzujúceho vodného prúdu (PWJ) pri rôznych metódach generovania pulzov.
- Predpoveď erózneho účinku vodných kvapiek.
- Hodnotenie topografie povrchu.
- Popísanie štrukturálnych a fyzikálnych zmien v povrchovej vrstve.
- Určenie hĺbky, stupňa a charakteru spevnenia materiálu v podpovrchovej vrstve.
- Detekcia veľkosti a priebehu zvyškových napätí.

## Dosiahnuté výsledky

Boli vytvorené nové metodické postupy ladenia ultrazvuku do rezonancie pre efektívnejšie prejavy erózných účinkov kvapiek pre frekvencie 20 kHz alebo 40 kHz. Pomocou vibračnej emisie boli získané exaktné údaje o mechanickej odozve materiálu v reálnom čase, pričom sa stanovili erózne intervaly zahŕňajúce inkubačné, akceleračné, kulminujúce a terminálne štádium. Inkubačné a akceleračné štádium je možné využiť pre úpravu povrchov, pre ktoré je typické zvýšenie hustoty dislokácií, čo má za následok spevnenie podpovrchovej vrstvy. Takýmto spôsobom je možné zvýšiť únavovú odolnosť súčiastok, čo potvrdili výsledky predbežných experimentov. Pomocou röntgenového  $\mu$ -CT bola pod povrchom zistená sieť mikrodutín pripomínajúci fraktálnu štruktúru. Schopnosť penetrácie PWJ nekonečným vytváraním drážky, ale pokračuje do jadra materiálu vo forme mikrotryskania, tunelovania alebo prepichovania. Z tohto hľadiska boli identifikované dva typy týchto dutín, slepé a prechodné. Ich priemer je niekoľko mikrometrov. Tento výsledok naznačuje, že účinok laterálneho prúdenia spôsobuje rozsiahle hydrodynamické mikrotunelovanie pod

drážkou. Kontinuálny vodný prúd takéto dutiny v materiáli nespôsobuje. Tento výsledok viedol následne k ďalším rozsiahlym experimentom a to riadených povrchových úprav titánového povrchu. Zistilo sa, že zdrsnený povrch sa vďaka prítomnosti mikrokanálov vyznačuje vysokým stupňom kapilárnej elevácie. Preto je takýto erodovaný povrch účinný pri absorbovaní energie ďalších kvapiek vody. Po dvojnásobne opakovanej expozícii erózia pokračuje pomalšie. Podľa Sapovalovej teórie ide o takzvaný samostabilizačný systém a je príkladom negatívnej spätnej väzby. V ďalšej časti projektu sme analyzovali modifikované morfológie a integritu titánovej zliatiny Ti6Al4V pomocou dopadu vodných kvapiek generovaných PWJ pri štartovacích frekvenciách  $f_s = 20$  kHz a 40 kHz. Kvapky vody boli distribuované pozdĺž lineárnej trajektórie posuvu. Porovnali sa dve prechodové metódy na výrobu modifikovaných povrchových morfológií, jedna s jedným prechodom a druhá s dodatočným sekundárnym priečnym prechodom. Výsledky pozitívne podporujú počiatočné náznaky, že povrchová úprava PWJ by bola výhodnejšou alternatívou ako iné konvenčné techniky. Tieto sú založené na použití abrazíva - pevných častíc, ktorých artefakty môžu kontaminovať povrch. Navyše tieto procesy úprav povrchov je možné uskutočňovať pri tlakoch, ktoré sú nižšie ako 100 MPa, čo je výhoda oproti konvenčnému abrazívnemu vodnému prúdu, ktorý je generovaný pri cca 400 - 600 MPa.

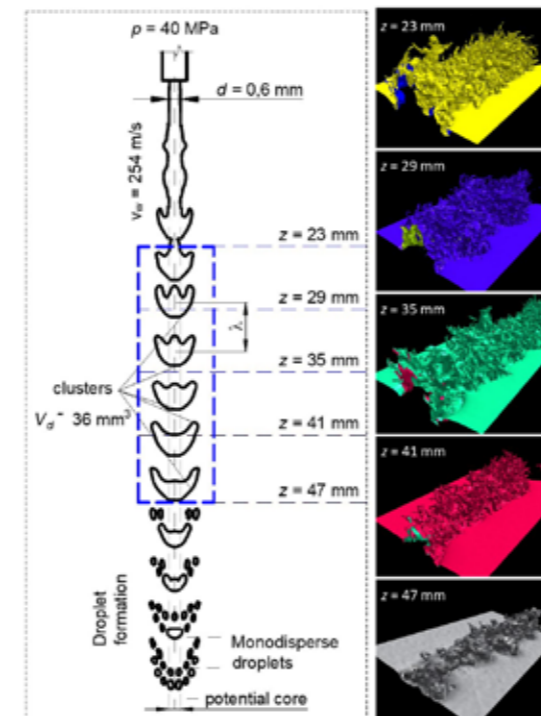
## Prínos pre prax

Rozpracovaním hypotézy o mapovaní interakcie PWJ s definovanou frekvenciou, projekt:

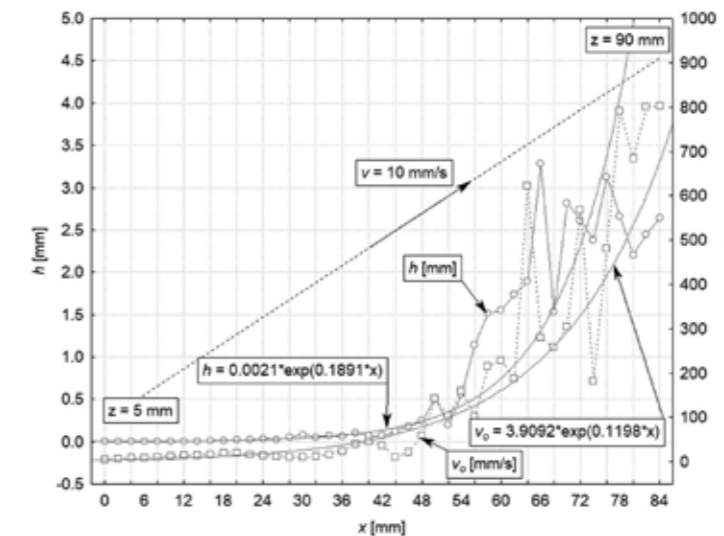
- vytvoril nové experimentálne postupy zamerané na PWJ a jeho interakcie s materiálom a rozšíril možnosti PWJ s výrazným interdisciplinárnym presahom v strojárstve, materiálovom inžinierstve a v medicíne,
- rozpracoval možnosti využitia pulzujúceho vodného prúdu pre zvyšovanie životnosti súčiastok cestou lepšej mechanickej odolnosti povrchovej vrstvy,
- otvoril nový smer výskumu minimálne invazívnej, selektívnej a netepelnej techniky pre on-line riadené chirurgické

**zodpovedný riešiteľ**  
 prof. Ing. Hloch Sergej, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
 Technická univerzita v Košiciach  
 - Fakulta výrobných technológií, Prešov  
**termín riešenia**  
 08/2018 - 12/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
 242 355 €  
**číslo projektu**  
 APVV-17-0490

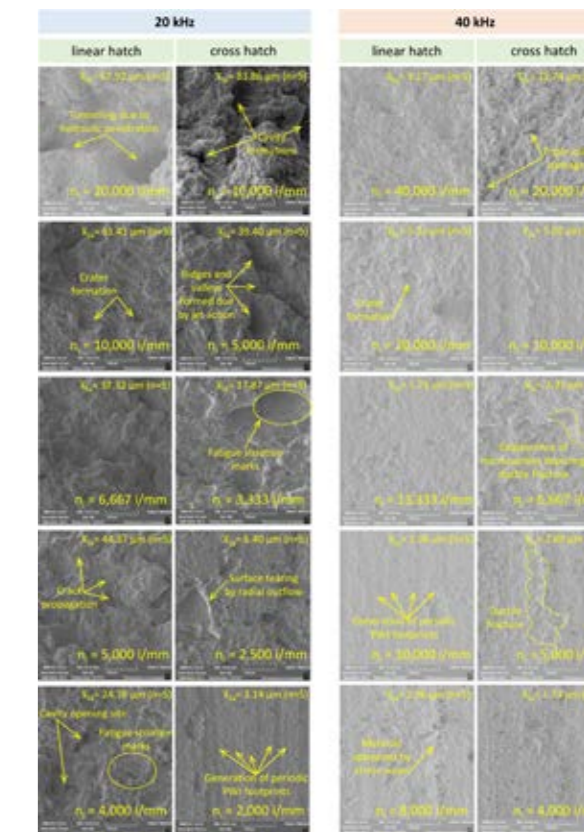
procesy odstraňovania kostného cementu, počas reoperácie veľkých kĺbov bez ohrozenia štrukturálnej integrity okolitých tkanív, s obmedzeným vizuálnym prístupom, prieniesol možnosť rýchleho stanovenia eróznej odolnosti materiálov ako novej skúšobnej techniky so zameraním na materiály používané v lopatkách vo veterných elektrárnach a v turbínach prúdových lietadiel, naznačil možnosť výskumu pri skúšaní eróznej odolnosti aplikovaných a novovyvíjaných ochranných vrstiev pre pieskovicové reliéfy na ochranu kultúrneho dedičstva, umožnil pomocou viacnásobného kvapôčkového dopadu na povrchu titánových zliatin vytvoriť povrch s vysokou kapilárnou eleváciou, ktoré je možné využiť napr. pre drieky endoprotéz.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 4

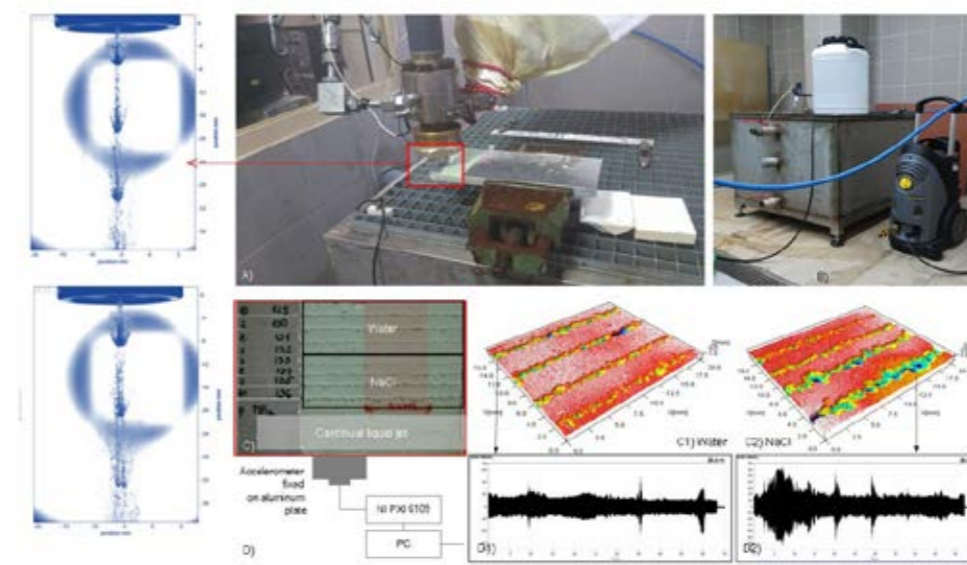
Obr. 1 / Podpovrchová sieť dutín, so vzormi zodpovedajúcimi tvaru fraktálu, identifikovaná pomocou CT progresívneho rezu, vytvorená s periodickými nárazmi 20 000 i/mm z odstupovej vzdialenosti z a) 23 mm, b) 29 mm, c) 35 mm, d) 41 mm a d) 47 mm (DOI: 10.1016/j.wear.2021.204176)

Obr. 2 / Vývoj hĺbkového profilu, kde a) b) prechodový režim, c) hĺbka prieniku, d) hĺbka periodických fluktuácií v dôsledku bočného prúdu prúdiaceho v opačnom smere ako je rýchlosť posuvu (DOI: 10.1016/j.wear.2019.03.015)

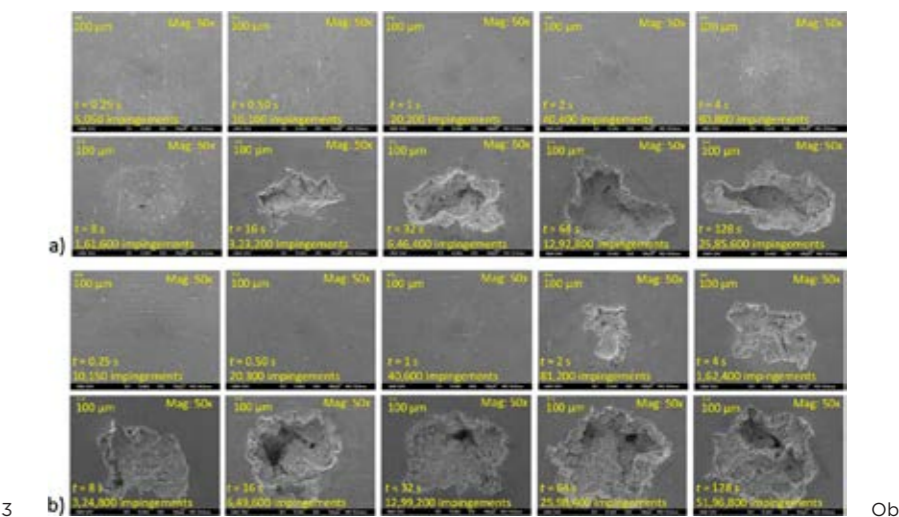
Obr. 3 / On-line meranie a monitorovanie pulzujúceho fyziologického roztoku počas dezintegrácie kostného cementu s frekvenciou 20 kHz (DOI: 10.1016/j.measurement.2019.07.056)

Obr. 4 / SEM snímky Ti6Al4V povrchov vystavených ultrazvukovému pulzujúcemu vodnému prúdu. (DOI: 10.1016/j.jmapro.2023.02.013)

Obr. 5 / Erózný vývoj tantalu exponovaného PWJ s  $f = 20$  kHz,  $d = 0.3$  mm,  $p = 20$  MPa a b)  $f = 40$  kHz,  $d = 0.5$  mm,  $p = 40$  MPa s rôznou časovou expozíciou  $t = 0.25$ -128 s. (DOI: 10.1016/j.wear.2021.203893)



Obr. 3



Obr. 5

## Tribologické vlastnosti 2D materiálov a príbuzných nanokompozitov

### Predmet výskumu

Podľa odhadov sa na celosvetovej spotrebe energie podieľajú až 23 % tribologické efekty (trenie a opotrebovanie). Na ich zníženie sa vo veľkej miere využívajú pokročilé nízkotrecie povlaky nazývané tiež tuhohlátkové lubrikanty. V moderných technológiách je využívaný celý rad tuhohlátkových lubrikantov ako sú TiN, TiC, či grafit. V poslednom období sa intenzívne skúma využitie 2-dimenzionálnych (2D) materiálov, teda vrstevnatých materiálov s atomárne tenkou hrúbkou vrstiev. 2D materiály majú popri tradičným povlakom niekoľko výhod ako extrémne nízke trenie, nezmáčavosť a odolnosť voči oxidácii. Zatiaľ však chýbajú priemyselne dostupné technológie pre prípravu 2D materiálov na väčších plochách ako aj hlbšie porozumenie mechanických vlastností 2D materiálov pre ich využitie v oblasti nízkotrecích povlakov.

### Ciele projektu

Projekt si kládol za cieľ rozvoj technológií prípravy 2D materiálov so zameraním na výskum ich trecích vlastností na mikro a makroškále, za účelom vývoja ultratenkých nízkotrecích povlakov. V oblasti technológie rastu sme mali za cieľ najmä rozvoj techník sulfurizácie a selenizácie ako aj chemickej depozície z pár (CVD) pre prípravu dichalkogenidov prechodových kovov ( $\text{MoS}_2$ ,  $\text{MoSe}_2$ ,  $\text{PtSe}_2$ , a iné) na veľkoplošné podložky. V oblasti výskumu tribologických vlastností týchto materiálov bolo cieľom rozvoj techniky mikroskopie trecích síl (FFM) s využitím atomárnej silovej mikroskopie (AFM) na mikroúrovni s cieľom hlbšieho pochopenia interakcie medzi 2D materiálom a substrátom. Najvhodnejšie technológie mali byť následne transferované na prakticky využiteľné substráty.

### Dosiahnuté výsledky

Riešenie projektu prispelo k vývoju technológie depozície vrstiev 2D materiálov pomocou sulfurizácie a selenizácie s riadenou orientáciou fliačikov voči substrátu v prípade ultratenkých vrstiev  $\text{MoS}_2$  a  $\text{PtSe}_2$ . Našli sme podmienky, ktoré viedli k rastu horizontálne alebo vertikálne orientovaných mikrofliačikov týchto materiálov voči substrátu, čo

má výrazný vplyv na ich tribologické vlastnosti. Prispelo aj k rozvoju depozície ultratenkých vrstiev  $\text{MoS}_2$  deponovanými CVD. Okrem toho sme sa venovali príprave ultratenkých vrstiev Mxénov na báze  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  pripravených pomocou modifikovanej Langmuir-Schaeferovej (LS) metódy. Tieto materiály zaznamenali významný záujem vedeckej komunity až počas riešenia projektu a výskumu ich tribologických vlastností sme sa venovali nad rámec stanovených cieľov.

Intenzívne sme vyšetrovali nanotribologické vlastnosti mono- (ML) a niekoľko-atomárne (FL) tenkých vrstiev 2D materiálov. Zamerali sme sa na efekt uhlovej anizotropie trecích síl medzi AFM hrotom a fliačkmi ML a FL  $\text{MoSe}_2$  vrstiev rasteých CVD. Ďalej sme skúmali zmeny trecích síl FL vrstiev  $\text{MoS}_2$  s podobnou povrchovou topografiou ale odlišnou orientáciou voči povrchu substrátu, kde sme pozorovali zreteľne odlišné tribologické správanie vertikálne a horizontálne orientovaných  $\text{MoS}_2$  fliačikov na mikro- aj makroúrovni. Medzi najvýznamnejšie práce patrí výskum nanotribologických vlastností ML a FL MXénov na báze  $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$  deponovaných modifikovanou LS metódou na  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  substrát. Pozorovali sme vynikajúce lubrikačné vlastnosti týchto vrstiev a ukázali sme, že trecia sila monovrstiev je vyššia v porovnaní s dvoj a trojvrstvovými fliačkmi. Originálnou metodikou sme určili koeficient trenia (COF) skúmaných Mxénových vrstiev.

Úspešne sme ukončili aj výskum transferu ultratenkých povlakov na priemyselne využívané substráty ocelí. Ukazuje sa, že použitie aj ultratenkých (niekoľko nm) Mxénových povlakov v kombinácii s mäkkším ocelovým substrátom výrazne znižuje trenie v porovnaní so substrátom vo vzduchu aj vo vákuu. Takýto povlak teda môže byť využitý ako suchý lubrikant v otvorených rozhraniach mikromechanických systémov. Konečne, identifikovali sme možné využitie ultratenkých povlakov na báze 2D materiálov pre zariadenia mikroaktuátorov pracujúcich vo vzduchu aj vo vákuu.

### zodpovedný riešiteľ

Ing. Ľapajna Milan, PhD.

### riešiteľská organizácia

Centrum pre využitie pokročilých materiálov SAV, v. v. i.

### spoluriešiteľská organizácia

Elektrotechnický ústav SAV, v. v. i.

Fyzikálny ústav SAV, v. v. i.

Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, v. v. i.

### termín riešenia

08/2018 – 10/2022

### finančné prostriedky z APVV

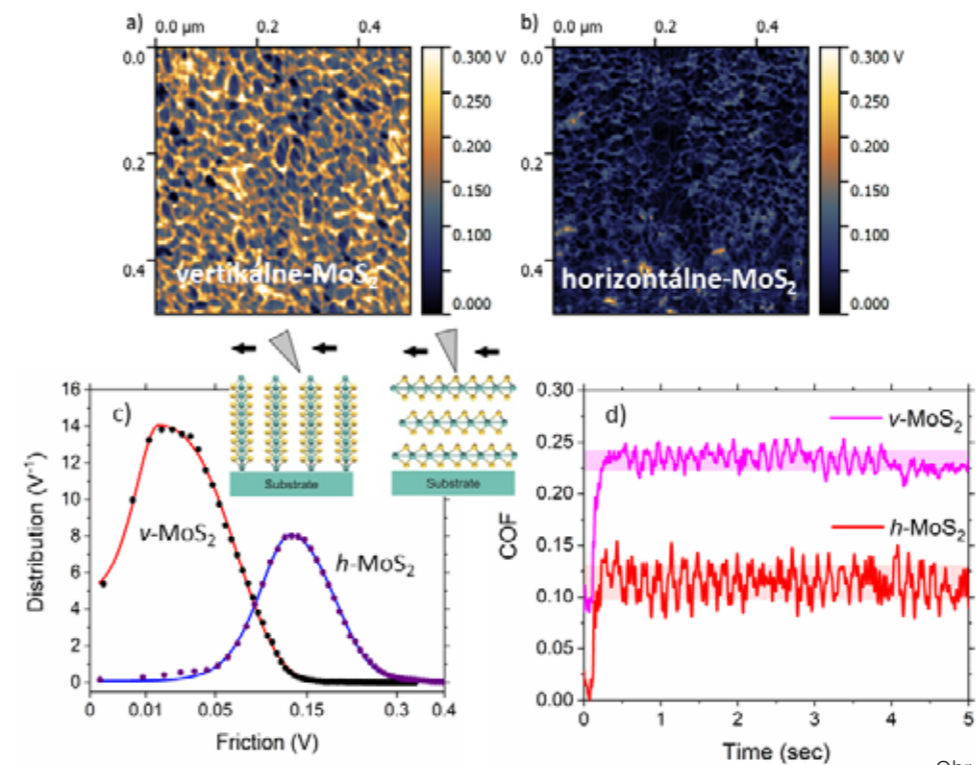
249 599 €

### číslo projektu

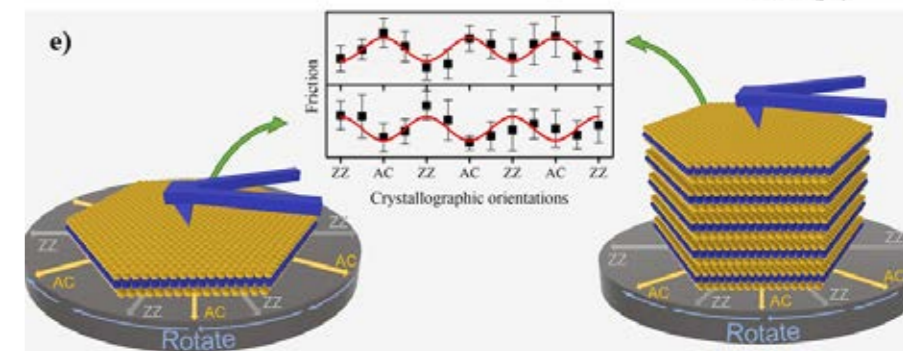
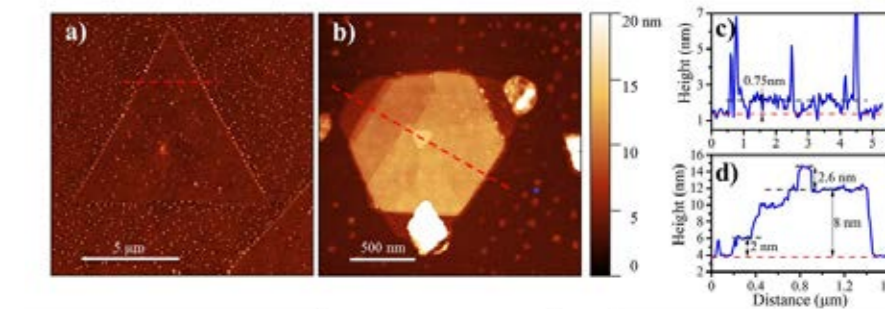
APVV-17-0560

### Prínos pre prax

Naše výsledky ukázali možnosti depozície tenkých vrstiev  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{MoSe}_2$  a  $\text{PtSe}_2$  na veľkoplošné substráty s možnosťou riadenia orientácie kryštalických mikrofliačikov. Pozorovali sme, že ultratenké Mxénové povlaky v kombinácii s mäkkším ocelovým substrátom sú využiteľné v rôznych prostrediach (nízke tlaky). Za významný poznatok považujeme aj identifikáciu možného využitia ultratenkých povlakov na báze 2D materiálov pre zariadenia mikroaktuátorov pracujúcich vo vzduchu aj vo vákuu, akými sú napríklad STM mikroskopy.



Obr. 1



Obr. 2

Obr. 1 / Záznamy mikroskopie trecích síl meraných na ultratenkých vrstvách  $\text{MoS}_2$  s vertikálne (a) a horizontálne (b) orientovanými mikrofliačkmi voči substrátu a výsledná distribúcia trecích síl určená z (a) a (b). Porovnanie koeficientu trenia (COF) meraním na rovnakých vzorkách pomocou tribometra (pin-on-disk).

Obr. 2 / (a) Topológia monovrstvy (ML), (b) a niekoľko-atomárne tenkej vrstvy (FL), (c) mikrofliačikov  $\text{MoSe}_2$  narastených pomocou CVD meraná pomocou AFM spolu s výškovými profilmi meranými pozdĺž čiarkovaných čiar (c, d). (e) zobrazuje nameranú uhlovú anizotropiu trecích síl v rôznych smeroch.

Obr. 3 / Schematické znázornenie trendu trecích síl a adhézie FL fliačikov  $\text{PtSe}_2$ . Trecie sily sú najvyššie pre vertikálne orientované fliačky, klesajú pre horizontálne orientované fliačky, pričom sú najnižšie pre lepšie kryštalizované fliačky.

Obr. 3

## Výskum strešnej krytiny s integrovanou funkciou výmenníka tepla

### Predmet výskumu

Cieľom projektu RoofFoam bolo vyvinúť veľkoplošný exteriérový výmenník tepla zabezpečujúci efektívne a environmentálne atraktívne získavanie požadovaného tepla z okolia resp. odvod prebytočného tepla do okolia budovy. Vzhľadom na to, že ide o teplo s malým teplotným potenciálom, ktorý je v dôsledku striedania dňa a noci dostupný v okolí budovy prakticky počas väčšiny roka, môže navrhovaný systém v kombinácii s vhodným sezónnym zásobníkom tepla (napr. základovou doskou domu) zabezpečovať teplotný komfort v obytnom priestore bez nárokov na dodávky elektrickej energie resp. tepla zo spalovania paliva takmer počas celého roka.

### Ciele projektu

Cieľom projektu bolo vyvinúť pre účely stavebnej praxe strešnú krytinu, ktorá využíva unikátnu schopnosť penového hliníka zabezpečovať veľmi dobrý prestup tepla medzi povrchom krytiny a kvapalným teplotnosným médiom. Vzhľadom na súčasné technické možnosti krátkodobej akumulácie tepla v interiérových stropných paneloch bolo cieľom vývojových prác dosiahnuť značné úspory nákladov na zabezpečenie dostatočného tepelného komfortu v bytových aj v nebytových priestoroch počas studených zimných, ako aj horúcich letných dní bez potreby využívať súčasné konvenčné klimatizačné zariadenia a vykurovaciu techniku.

### Dosiahnuté výsledky

Termofyzikálne vlastnosti navrhovanej tepelne aktívnej strešnej krytiny boli v reálnych podmienkach odpovedajúcich zimnej aj letnej prevádzke v miernom klimatickom pásme dôkladne otestované na prototypoch vyrobených v rámci riešenia projektu (obr. 1 a 2). Experimentálne boli termofyzikálne vlastnosti vzoriek panelov z penového hliníka rozmerov 600 × 600 × 11 mm a následne aj troch prototypov vyvinutej strešnej krytiny preskúmané v klimatickej komore určenej na modelovanie synergických javov transferu tepla, difúzie vodnej pary a filtrácie vzduchu (obr. 3 a 4). Výsledky

testov schopnosti strešnej krytiny s integrovanou funkciou výmenníka tepla pohlcovať solárne žiarenie preukázali vhodnosť využitia navrhovaného konceptu za účelom zníženia nákladov na výstavbu a prevádzku budúcich energeticky nezávislých domov a budov pokrytých krytinami šikmých striech.

### Prínos pre prax

V stavebnej praxi sú známe systémy, ktoré využívajú možnosť akumulácie tepla získaného zo slnečného žiarenia najmä počas horúcich letných dní pri vysokej teplote do tepelne aktívnej základovej dosky alebo do zásobníkov tepla zabudovaných v zemi v tesnej blízkosti budov. Systémy, ktoré by boli schopné veľkoplošne z celého povrchu šikmej strechy budov s nízkymi nákladmi získavať energiu v podobe tepla pri nižšej teplote, a zároveň v prípade potreby v lete odvádzať nežiaduce teplo do okolia budovy, sa doposiaľ v stavebnej praxi nepoužívajú. V rámci projektu RoofFoam bola vyvinutá strešná krytina, ktorá využíva unikátnu schopnosť penového hliníka zabezpečovať veľmi dobrý prestup tepla medzi povrchom krytiny a kvapalným teplotnosným médiom. Na základe dôkladnej analýzy výsledkov experimentálnych meraní termofyzikálnych vlastností troch prototypov vyvinutej strešnej krytiny s integrovanou funkciou výmenníka tepla sa dá v dohľadnej dobe očakávať využitie navrhovaného konceptu v stavebnej praxi. Použitie vyvinutej strešnej krytiny pri stavbe nových budov s takmer nulovou spotrebou energie by viedlo k úsporám nákladov na zabezpečenie dostatočného tepelného komfortu v bytových aj v nebytových priestoroch počas studených zimných, ako aj horúcich letných dní. Znížili by sa tým náklady na spotrebu energie pri využívaní súčasných konvenčných klimatizačných zariadení a vykurovacej techniky. Od úspešnej budúcej komercializácie vyvinutej tepelne aktívnej strešnej krytiny v stavebnej praxi sa dá očakávať predovšetkým zníženie nákladov na výstavbu a prevádzku budúcich energeticky autonómnych domov a budov.

### zodpovedný riešiteľ

Dr. Ing. Jerz Jaroslav

### riešiteľská organizácia

Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, v. v. i.

### spoluriešiteľská organizácia

Slovenská technická univerzita v Bratislave

- Stavebná fakulta

### termín riešenia

08/2018 - 12/2021

### finančné prostriedky z APVV

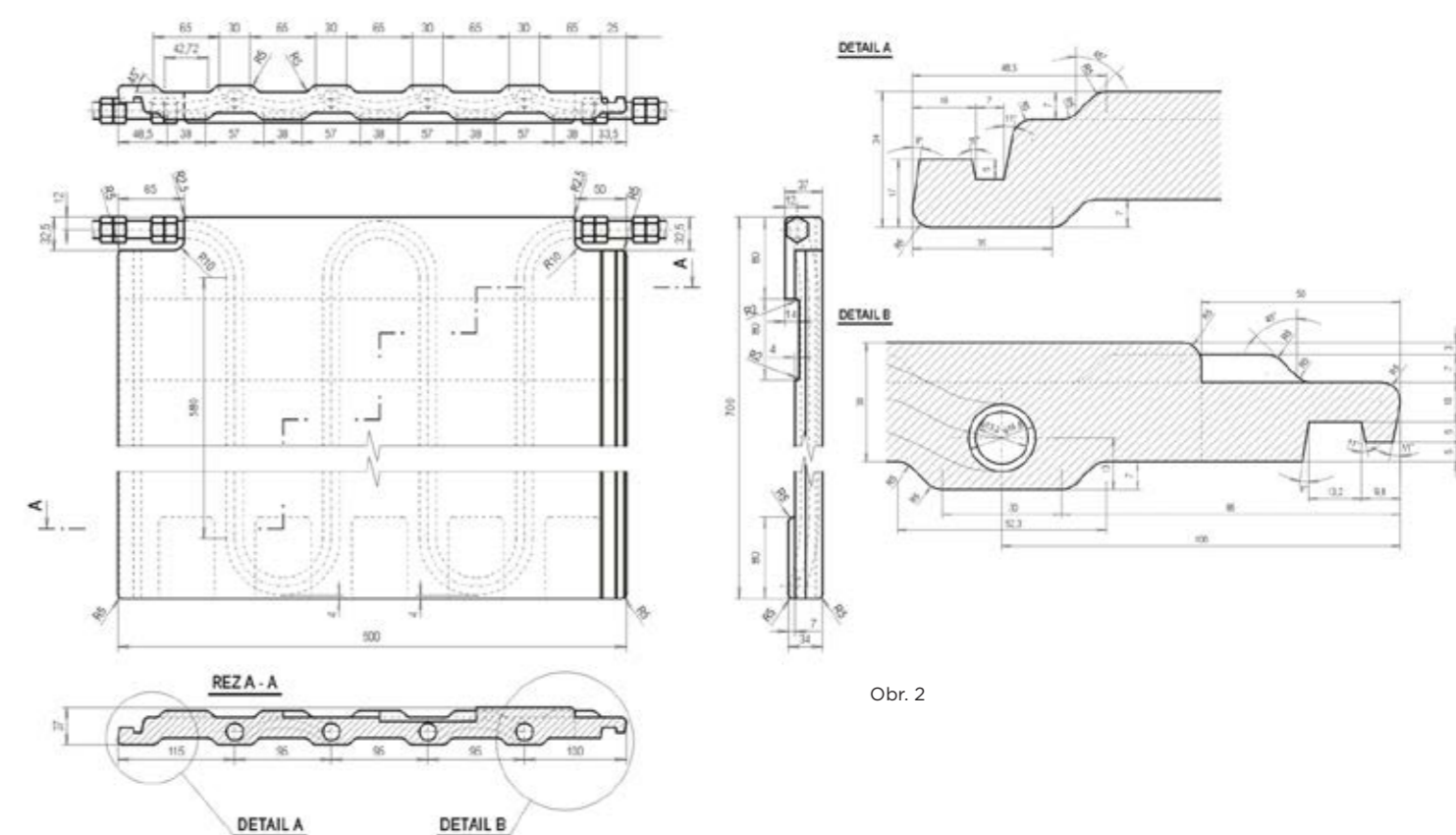
250 000 €

### číslo projektu

APVV-17-0580



Obr. 1



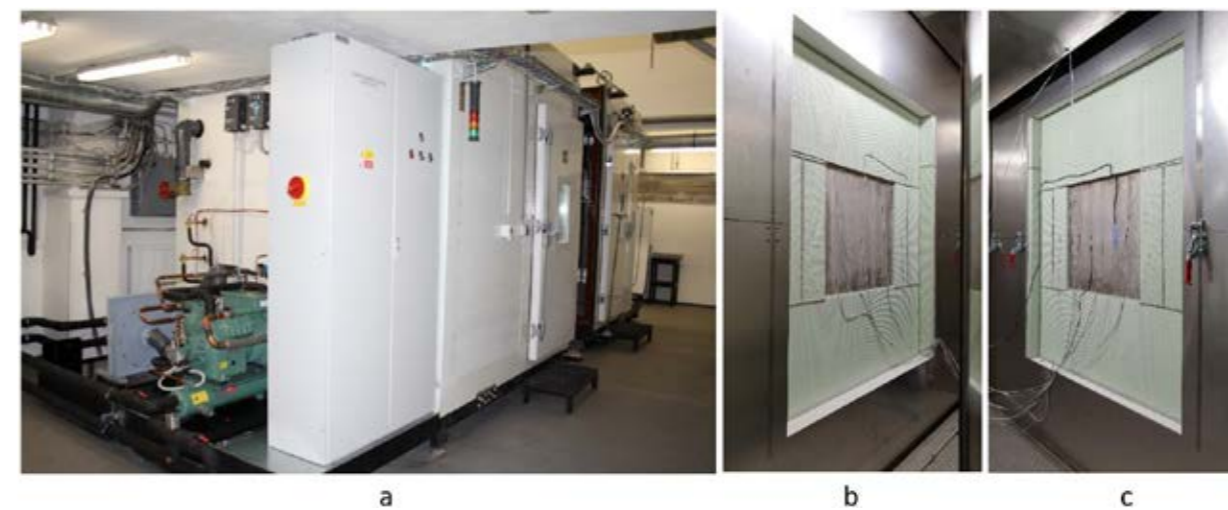
Obr. 2

Obr. 1 / Prototypová vzorka jedného dielu tepelne aktívnej strešnej krytiny rozmerov 700 × 500 × 37 mm vyrobená ako monolitný odliatok z penového hliníka (na obrázku vľavo je pohľad na prototypovú vzorku zo strany exteriéru).

Obr. 2 / Konštrukčný návrh jedného z troch vyvinutých prototypov tepelne aktívnej strešnej krytiny z penového hliníka, ktorých termofyzikálne vlastnosti boli dôkladne preskúmané v reálnych podmienkach odpovedajúcich klimatickým pomerom v miernom klimatickom pásme.

Obr. 3 / Klimatická komora pre modelovanie synergických javov transferu tepla, difúzie vodnej pary a filtrácie vzduchu (a), pohľad na testovanú vzorku panelu z penového hliníka rozmerov 600 × 600 × 11 mm v klimatickej komore zo strany interiéru (b) a exteriéru (c).

Obr. 4 / Termosníмка dvoch prototypových dielov tepelne aktívnej strešnej krytiny pri testovaní v klimatickej komore simulujúcej reálne poveternostné podmienky počas letnej prevádzky.



Obr. 3



Obr. 4

## Urgentné počítanie pre Exascale dáta

### Predmet výskumu

Schopnosť používať exascale systémy (systémy pracujúce s dátami v rádoch exabyte) na podporu krízového rozhodovania kriticky závisí od schopnosti superpočítačových centier implementovať urgentné výpočty ako nový režim fungovania. Ako koncepčný základ urgentné výpočty definujeme ako paradigmu ponúkajúcu technické a organizačné prístupy, ktoré umožňujú rýchle presmerovanie IT, softvéru a dátových a výpočtových zdrojov smerom k novému problému s cieľom poskytnúť pre jeho riešenie relevantné výpočtové prostriedky v predvídateľných, zvyčajne krátkych časových lehotách. Urgentné počítanie sa stáva službou poskytovanou európskymi výskumnými výpočtovými centrami na špičkovej úrovni, ako aj menšími a pružnejšími lokálnymi výpočtovými centrami. To má dvojaký prínos okamžitého poskytnutia spoločenských výhod používania systémov s najlepším výkonom (v akomkoľvek čase) a následnej schopnosti optimalizovať návrh budúcich operačných centier podporujúcich urgentné počítanie.

### Ciele projektu

Cieľom projektu bolo zlúčenie architektúr orientovaných na služby, technológie klaudového počítania a sémantických webových technológií, ktoré dokážu poskytnúť platformu s jedinečnými prednosťami - interoperabilitou, škálovateľnosťou a porozumením službám a dátam. Aplikáciou sémantických webových technológií na webové služby sme poskytli strojovo spracovateľné opisy údajov vymieňaných medzi službami ako i služieb samotných. Jasná definícia štandardov vo webových službách nám umožnila zaobchádzať s ontológiami definujúcimi sémantické koncepty služieb. Používanie klaudu ako základnej infraštruktúry nakoniec prinieslo škálovateľnosť. Verejne dostupné elektronické služby boli cieľová oblasť projektu. Zahŕňajú celý rad veľmi odlišných aktérov - poskytovateľov a klientov. Digitálne agendy sa uplatňujú po celej Európe, aby uľahčili prechod celoeurópskej verejnej správy zo starej byrokratickej paradigmy na modernú politiku orientovanú na služby.

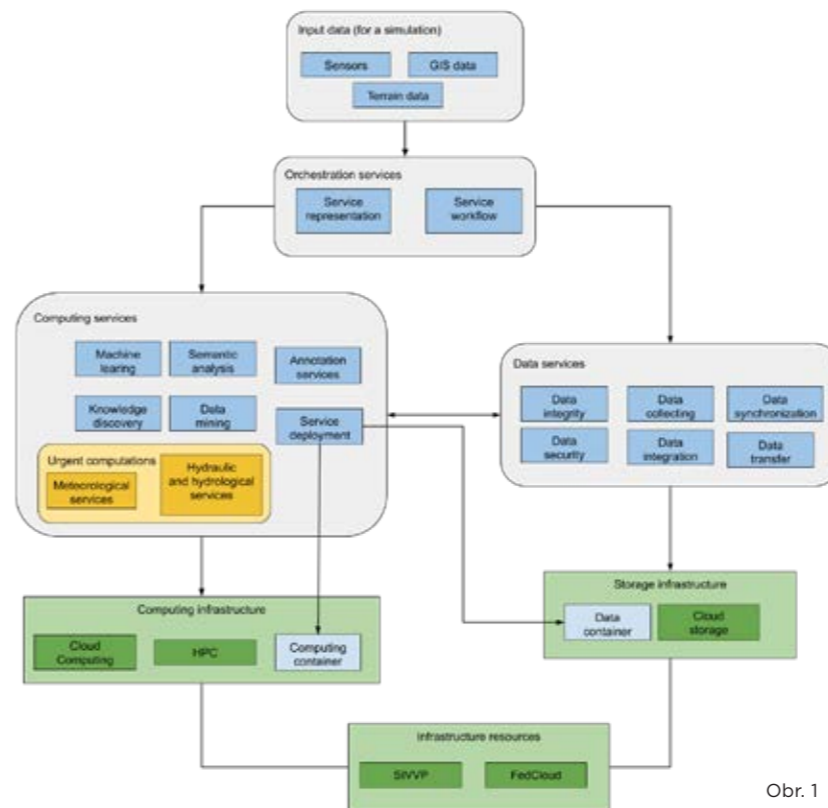
### Dosiahnuté výsledky

Výskum projektu bol zameraný na tri základné smery: pokročilé metódy dátovo-centrického počítania, kontajnerizácia softvérových modulov a využitie klaudovej infraštruktúry a rýchle balansovanie zdrojov pridelených výpočtovým úlohám. Počas projektu bol vykonaný výskum vo všetkých troch týchto oblastiach. Boli navrhnuté kľúčové časti architektúry pre urgentné počítanie, ktoré boli následne detailne popísané. Navrhnutá architektúra bola validovaná na reálnych exa-škálovateľných cloudových aplikáciách. Bola navrhnutá, implementovaná a overená klaudová služba pre zber dát od používateľov v reálnom čase do informačných kanálov, ktoré je možné ďalej agregovať, štatisticky a graficky analyzovať a následne vyhodnotiť. Bol preskúmaný inteligentný manažment distribuovaných dát - takýto spôsob spracovania dát umožňuje využívať pan-európsku výskumnú infraštruktúru a splňa požiadavky európskych výskumných komúnít.

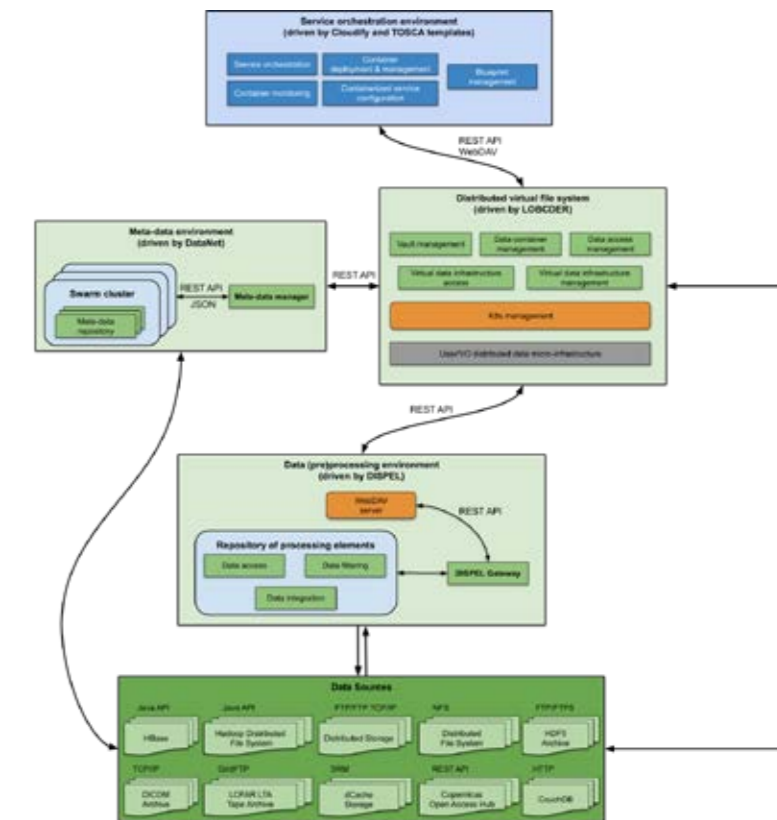
### Prínos pre prax

Navrhnutý a overený systém spracovania veľkých súborov dát s možnosťou urgentného využitia výpočtových prostriedkov pre riešenie neodkladných výpočtových úloh má prínos najmä v oblasti reakcie na krízové udalosti, napríklad pri modelovaní následkov živelných pohrôm a hľadani vhodných reakcií na ne. Zároveň vytvorený systém umožňuje metodickým spôsobom, automatizovane, zhromažďovať a analyzovať veľké množstvá dát od mnohých poskytovateľov. Použitie metódy sémantického popisu použitých webových služieb umožní dátovým centrom zlepšiť poskytované služby a zapájať ich do rozsiahlych infraštruktúr vyššieho rádu. Využitie moderných metód práce v klaudovom prostredí, najmä kontajnerizácie, dáva možnosť všetky dosiahnuté výsledky projektu a implementované softvérové časti využívať modulárne a škálovateľne.

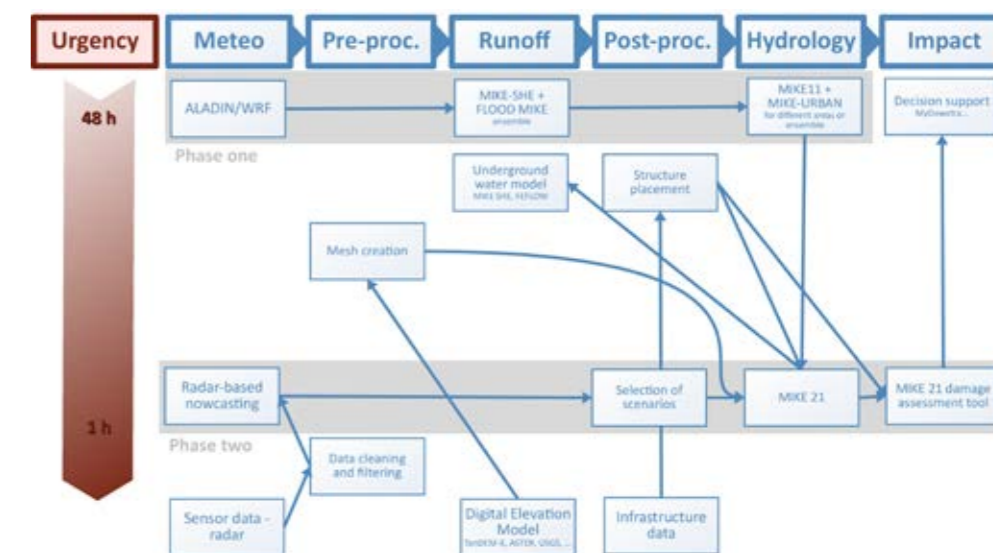
**zodpovedný riešiteľ**  
doc. Ing. Hluchý Ladislav, CSc.  
**riešiteľská organizácia**  
Ústav informatiky SAV, v. v. i.  
**termín riešenia**  
08/2018 - 12/2020  
**finančné prostriedky z APVV**  
200 000 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0619



Obr. 1



Obr. 3



Obr. 2

Obr. 1 / Architektúra systému pre urgentné počítanie pomocou kompozície webových služieb v klaude.

Obr. 2 / Schéma scenára pre kompozíciu a urgentné riešenie modelovania živelných pohrôm - povodne.

Obr. 3 / Schéma služieb pre sprístupnenie a spracovanie distribuovaných heterogénnych dát.

## Vývoj REBCO supravodičov pre biomedicínske aplikácie

### Predmet výskumu

Materiálový výskum supravodičov

### Ciele projektu

Hlavným cieľom projektu bol výskum a vývoj REBCO (najmä YBCO, GdBCO a SmBCO) masívnych monokryštálických supravodičov (MMS) s vysokou kritickou prúdovou hustotou a zachyteným magnetickým poľom pri teplotách nižších ako je teplota kvapalného dusíka. Podrobné ciele boli zamerané na:

- Optimalizácia parametrov rastu masívnych REBCO kryštálov s vybranými legúrami alebo s prídavkom nanovláčiek.
- Charakterizácia vplyvu parametrov prípravy a legovania na štruktúru a mikroštruktúru pripravených REBCO MMS.
- Charakterizácia vzťahu medzi mikroštruktúrou pripravených REBCO MMS a ich mikroskopickými a makroskopickými supravodivými vlastnosťami.
- Optimalizácia zloženia, parametrov prípravy a supravodivých vlastností REBCO MMS za účelom dosiahnutia vysokých hodnôt zachyteného magnetického poľa a levitačnej sily.
- Ochrana pôvodných výsledkov výskumu patentovými prihláškami a publikovaním výsledkov v kvalitných medzinárodných časopisoch.

### Dosiahnuté výsledky

YBCO, SmBCO a GdBCO MMS sme pripravili pomocou metód TSMG (Top Seed Melt Growth) a TSIG (Top Seed Infiltration Growth). Fázové prechody, fázové zloženie, štruktúra a mikroštruktúra v študovaných systémoch s vybranými dopantmi boli charakterizované termickou analýzou, optickou a elektrónovou mikroskopiou a röntgenovou difrakčnou analýzou. Charakterizovali sme mikroskopické supravodivé vlastnosti (kritická teplota, kritická prúdová hustota a jej závislosť od magnetického poľa) na základe magnetizačných meraní od 4,2 K do 77 K. Makroskopické supravodivé vlastnosti (zachytené magnetické pole, levitačná sila) boli merané pri teplote 77 K a pri teplotách pod 77 K v spolupráci s University of

Caen Normandy. Pri tomto výskume sme spolupracovali aj s University of Cambridge, SJTU Shanghai, SIT Tokyo a CAN Superconductors ČR.

Ako prví sme ukázali, že pridaný CeO<sub>2</sub> potláča substitúciu bária gadolínium v kryštálovej mriežke zlúčeniny Gd(Ba<sub>1-y</sub>Gd<sub>y</sub>)<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>x</sub> a tým zvyšuje kritickú teplotu do supravodivého stavu a reguluje koncentráciu nanometrových centier pinningu magnetických tokočiar. Zistený efekt je predmetom patentovej prihlášky a otvára nové možnosti optimalizácie supravodivých vlastností LREBCO MMS (LRE - light rare earths).

Vyvinuli sme novú technológiu na výrobu GdBCOAg MMS s prídavkom nanokryštálického BaCeO<sub>3</sub>, ktorý je chránený patentovou prihláškou. Masívne kryštály pripravené touto technológiou rastú na vzduchu bez potreby použitia riadenej atmosféry. Kryštály zároveň prerastú celú vzorku, čím ušetria drahé suroviny.

V spolupracujúcej inštitúcii (ÚMV SAV) boli metódou elektrostátického zvlákňovania pripravené polymérne vlákna obsahujúce vybrané katióny a optimalizovaný proces tepelného spracovania s cieľom odstraňovania organických zložiek a tvorby oxidov. Do systému GdBCO sme pridal nanovláčna TiO<sub>2</sub> a pripravili MMS.

Výsledky štúdia vplyvu prídavku nanokryštálického BaCeO<sub>3</sub> na zjemnenie pinnig centier magnetických siločiar vo forme YBaCuO<sub>5</sub> častíc ukázali, že aj nízke koncentrácie prídavku zabezpečujú submikrónovú veľkosť častíc, čo vedie k výraznému zvýšeniu hodnôt zachyteného magnetického poľa.

### Prínos pre prax

Výsledky, ktoré sme dosiahli v rámci projektu, je možné aplikovať pri výrobe masívnych monokryštálických supravodičov REBCO. V oblasti silnoprúdovej elektrotechniky sa MMS využívajú vo forme supravodivých permanentných magnetov

### zodpovedný riešiteľ

Ing. Diko Pavel, DrSc.

### riešiteľská organizácia

Ústav experimentálnej fyziky SAV, v. v. i.

### spoluriešiteľská organizácia

Ústav materiálového výskumu SAV, v. v. i.

### termín riešenia

08/2018 - 12/2022

### finančné prostriedky z APVV

249 686 €

### číslo projektu

APVV-17-0625

na stavbu točivých elektrických strojov, beztrečích ložísk, levitačných transportných zariadení, zásobníkov zotrvačnej energie, zariadení na magnetický transport liečiv, čistenie odpadových vôd, a podobne. V rámci projektu sme vyvinuli novú technológiu výroby GdBCOAg MMS s prídavkom nanokryštálického BaCeO<sub>3</sub>, ktorý je chránený patentovou prihláškou. Pomocou nami vyvinutej novej technológie sme vyrobili GdBCOAg MMS a poskytli ich spoločnosti Cryosoft, sro. Košice, realizátorovi výsledkov projektu, ktorý ich využije pri vývoji biomedicínskych aplikácií v spolupráci s Ústavom lekárskej a klinickej biofyziky LF UPJŠ Košice.

Rozvinuli sme spoluprácu so spoločnosťou CAN Superconductors s.r.o. výrobcou REBCO MMS. Spoločný výskum bol zameraný najmä na GdBCOAg a EuBCOAg MMS. Tu sme vykonali komplexnú analýzu mikroštruktúry GdBCOAg a EuBCOAg MMS so systémom umelých otvorov. Dospeli sme k záveru, že najvýznamnejším pozitívnym vplyvom na zvýšenie zachyteného magnetického poľa je zníženie pórovitosti študovaného MMS. Výsledky budú aplikované pri výrobe REBCO MMS v CAN Superconductors a prispievajú k získaniu nového aplikačného APVV projektu, ktorého výsledky budú implementované v CAN Superconductors.

Obr. 1 / 10 GdBCO kryštálov MMS pripravených v jednom procese.

Obr. 2 / Mikroštruktúra EuBCO MMS s otvormi a bez otvorov.

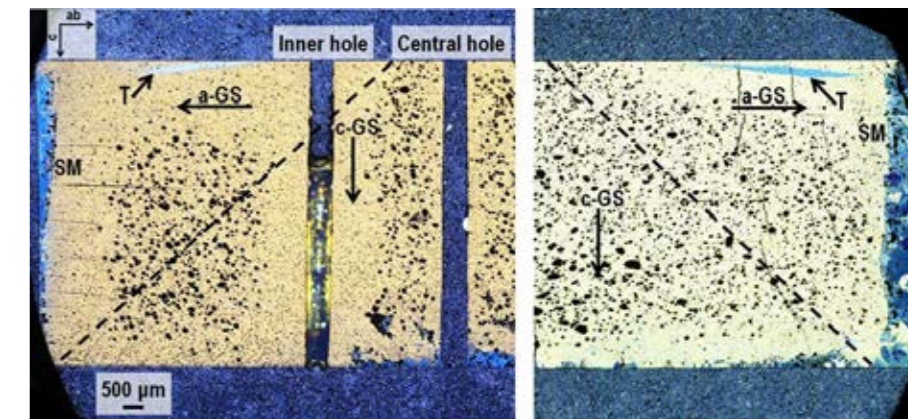
Obr. 3 / Profil zachyteného magnetického poľa v EuBCO MMS s otvormi a bez otvorov.

Obr. 4 / Vyššia kritická prúdová hustota v EuBCO vzorke s otvormi ako vo vzorke bez otvorov.

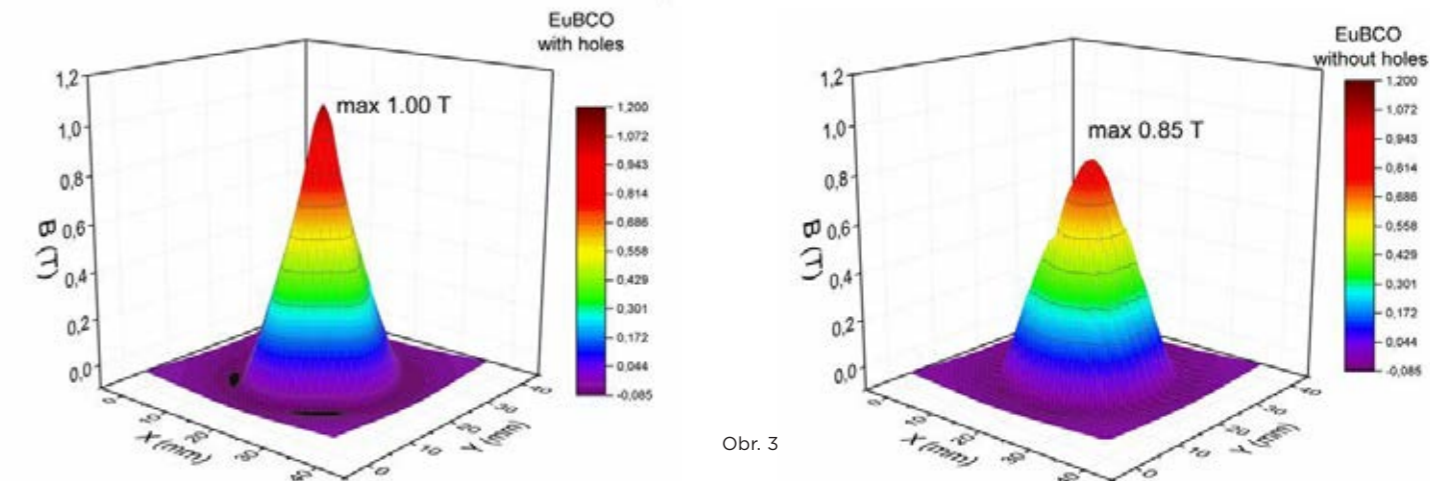
Obr. 5 / Svetlé Ag častice v štruktúre GdBCO-Ag MMS.



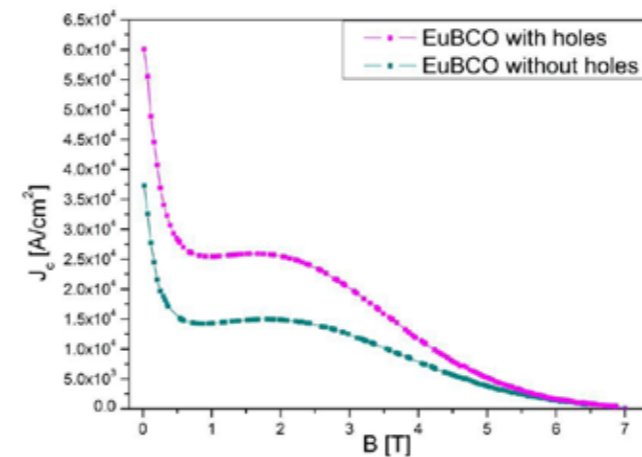
Obr. 1



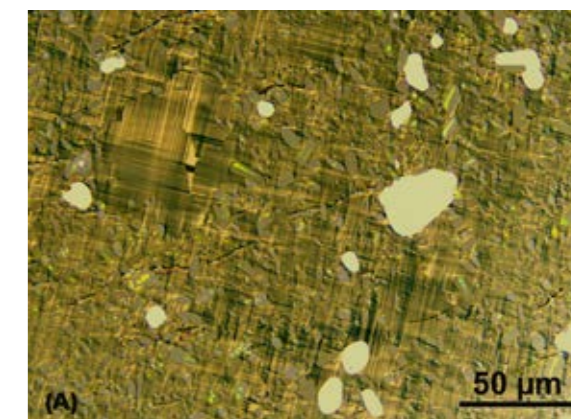
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



LEKÁRSKE  
VEDY



## Plúcny surfaktant ako modulátor odpovede organizmu na expozíciu endotoxínu: efekty a mechanizmy

### Predmet výskumu

Plúcny surfaktant, látka lipoproteínovej povahy, sa nachádza v plúcnych mechúrikoch a malých dýchacích cestách, kde znižuje povrchové napätie a zabraňuje kolapsu pľúc. Za určitých okolností môže byť inaktívovaný endotoxínom (lipopolysacharidom, LPS) z membrán Gram-negatívnych baktérií, čo vedie k respiračnému zlyhávaniu. Cieľom projektu bolo prispieť k poznatkom o úlohe surfaktantu v lokálnych obranných mechanizmoch pľúc. Vplyv LPS na respiračný systém sa študoval komplexne, a to modelovaním na zvieratách, testovaním na hladkom svale dýchacích ciest a využitím kultúr alveolárnych buniek. Mechanizmy interakcie surfaktant vs. LPS sa študovali v surfaktometri na princípe pulzujúcej bubliny, zmeny fluidity fluorescenčnou spektroskopiou a štruktúrne zmeny malouhlovou (SAXD) a širokouhlovou (WAXD) röntgenovou difrakciou. Pre vizualizáciu štruktúrnych zmien na úrovni buniek bola použitá rtg kryo-tomografia. Výsledky získané širokým spektrom experimentálnych metód mali za cieľ vytvoriť celistvý obraz o vplyve endotoxínu na respiračný systém, jeho interakcii so surfaktantom a nových možnostiach liečby.

### Ciele projektu

Projekt bol členený na niekoľko častí, ktorých spoločným menovateľom bola hlbšia analýza stavov spojených s inaktíviáciou plúcneho surfaktantu pri vniknutí endotoxínu do organizmu cez respiračný systém alebo krvnou cestou a možnosť zmiernenia poškodenia aplikáciou exogénneho surfaktantu samého alebo v kombinácii s inou farmakoterapiou. Ďalším cieľom bolo zistiť vplyv endotoxínu na jednotlivé štruktúry respiračného systému (alveolárny epitel, endotel plúcnych kapilár a hladký sval dýchacích ciest) a zistiť, akú úlohu v interakcii jednotlivých štruktúr s endotoxínom zohráva plúcny surfaktant.

### Dosiahnuté výsledky

Klinicky relevantné modely potvrdili vhodnosť terapie exogénnym surfaktantom a overili kombinácie s látkami ako N-acetyl cystein, NAC a polymyxín B, PxB. Získali sa originálne výsledky o vplyve LPS na bunky alveolo-kapilárnej membrány. Dlhodobá kultivácia A549 buniek viac podporuje fenotyp ATII buniek a zdá sa byť vhodnejším modelom, najmä pre štúdie týkajúce sa tvorby surfaktantu. Štúdie zamerané na relaxačný vplyv surfaktantu na hladký sval dýchacích ciest (HSDC) potvrdili zapojenie leukotriénových a histamínových receptorov. Meranie tuhosti buniek HSDC pomocou atómovej silovej mikroskopie naznačuje, že EP<sub>4</sub> receptor pre relaxačný prostaglandín PGE<sub>2</sub> môže byť zapojený do mechanizmu relaxácie HSDC surfaktantom prostredníctvom interakcie surfaktantu s epitelom dýchacích ciest. Fyzikálno-chemické štúdie zároveň monitorovali vzájomné interakcie exogénneho surfaktantu s ďalšími liečivami a biologicky významnými molekulami. Objasnili sa interakcie na molekulovej úrovni pre potenciálne využitie exogénneho surfaktantu ako nosiča liečiv pri intratracheálnom podaní. Boli študované aj interakcie exogénneho surfaktantu exponovaného LPS s vybranými liečivami (PxB, NAC). Fyzikálno-chemické štúdie naznačujú možný liečebný benefit pri obohatení exogénneho surfaktantu nízkym obsahom PxB pri intratracheálnom podaní pri infekcii vyvolanej LPS. NAC neovplyvňuje štruktúru surfaktantu nežiadúcim spôsobom, naopak NAC pri nízkom obsahu (< 20 hm%) má stabilizačný efekt na štruktúru surfaktantu vo fluidnom stave.

### Prínos pre prax

Stavy spojené s inaktíviáciou telu vlastného plúcneho surfaktantu ako akútny syndróm respiračnej tiesne (ARDS)/ akútne poškodenie pľúc (ALI), majú výraznú zápalovú zložku a sú spojené s vysokou chorobnosťou a úmrtnosťou. Lepšie pochopenie patofyziologických mechanizmov a včasná liečba ARDS môžu zlepšiť prežívanie pacientov so závažným poškodením pľúc, pričom výsledky projektu môžu slúžiť ako podklad k plánovaniu ďalších predklinických a klinických štúdií, posudzujúcich vplyv liečby na ťažké

**zodpovedný riešiteľ**  
prof. MUDr. Čalkovská Andrea, DrSc.  
**riešiteľská organizácia**  
Univerzita Komenského v Bratislave  
**termín riešenia**  
08/2018 - 11/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
249 560 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0250

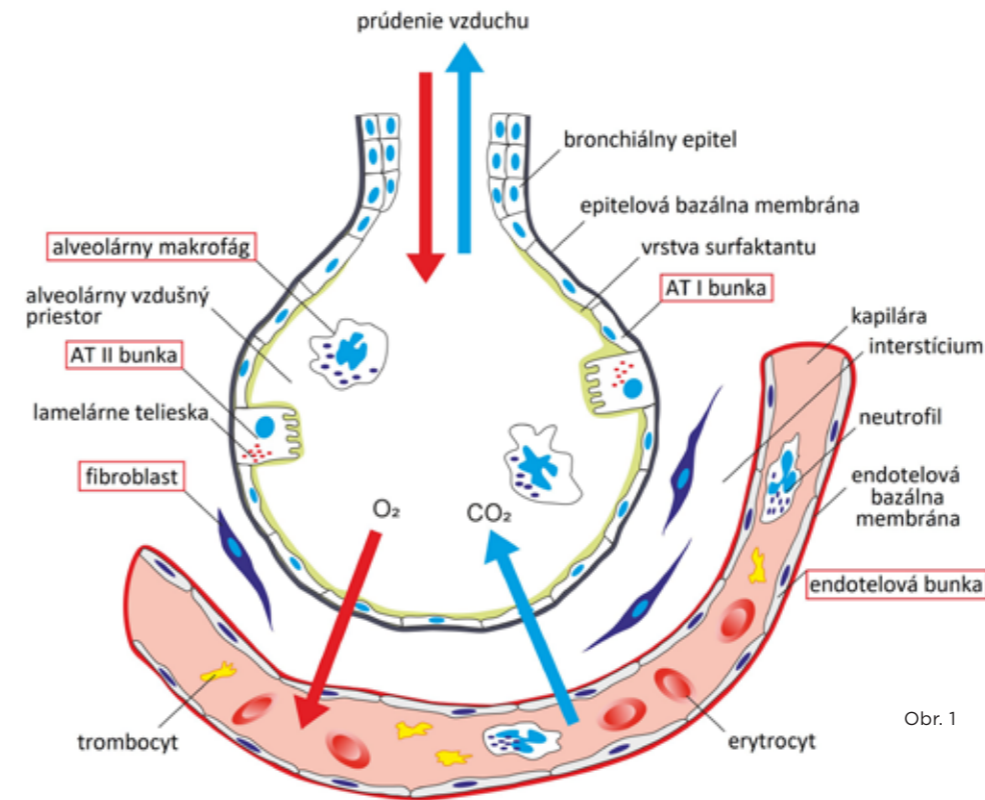
poškodenie pľúc. Kriticky choré zvieratá na umelej pľúcnej ventilácii ako aj dvojité poškodenie pľúc (hyperoxia a lipopolysacharid) sú modely, ktoré sa využívajú málo, hoci sa viac približujú multifaktoriálnej príčine ARDS u pacientov. Vedecký prínos projektu spočíva v originálnych výsledkoch získaných v experimentoch na zvieratách, tkanivách, bunkách a fyzikálno-experimentálnymi štúdiami. Spoločenský prínos je aj v zapojení mladých vedeckých pracovníkov, doktorandov, diplomantov, ako aj pregraduálnych študentov v rámci študentskej vedeckej odbornej činnosti.

Obr. 1 / Usporiadanie plúcnych buniek súvisiacich s alveolo-kapilárnou membránou, ktoré môžu prichádzať do kontaktu s lipopolysacharidom (z Nova et al., IJMS 2019)

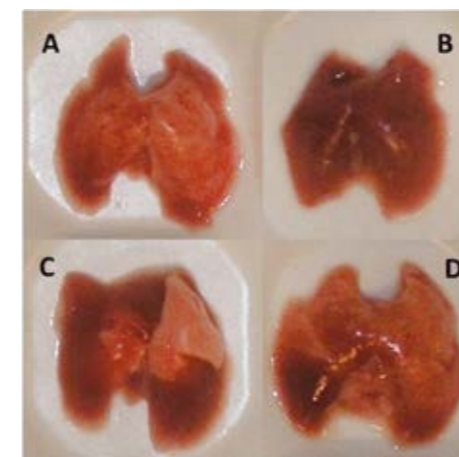
Obr. 2 / Vkladanie prúžku hladkého svalu dýchacích ciest do komôrky s následnou možnosťou testovania látok (z PhD. práce J.Hanusrichterovej)

Obr. 3 / Charakteristika liečiv pomocou metódy SAXS (malouhlového rozptylu röntgenového žiarenia) bravčového plúcneho surfaktantu (PSUR); PSUR a lipopolysacharidu (LPS) 5 %; PSUR a LPS 10 % inkubovaných počas 2 hodín; PSUR/LPS 10 % a polymyxínu B (PxB) 2 %; PSUR/LPS 10 % a PxB 3 % pri 37 °C. Metóda širokouhlového rozptylu röntgenového žiarenia (WAXS) PSUR, PSUR/LPS 10 %, PSUR/LPS 10 % a PxB 3 % (37 °C) (z Kolomaznik et al., IJMS 2018)

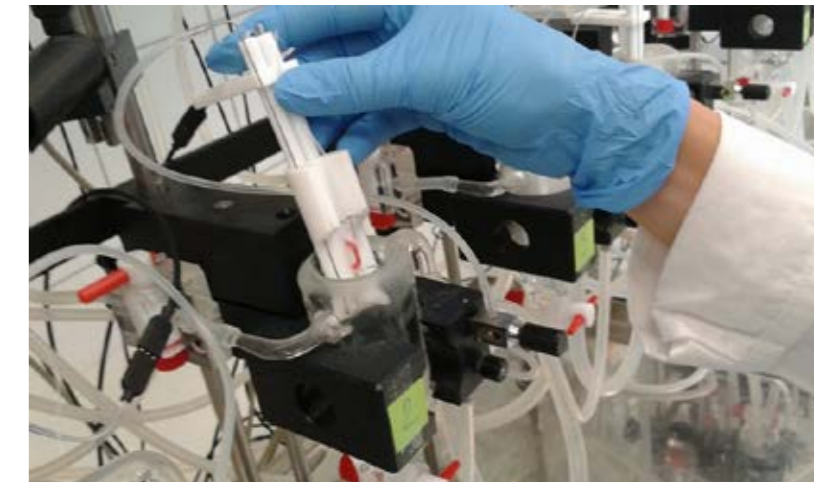
Obr. 4 / Makroskopický vzhľad pľúc predčasne narodených králikov po podaní fyziologického roztoku a surfaktantu (A), lipopolysacharidu (LPS) bez ďalšej liečby (B), LPS a surfaktantu (C) a LPS a surfaktantu s polymyxínom B (PxB) (D) (Čalkovska et al., Sci Rep 2021)



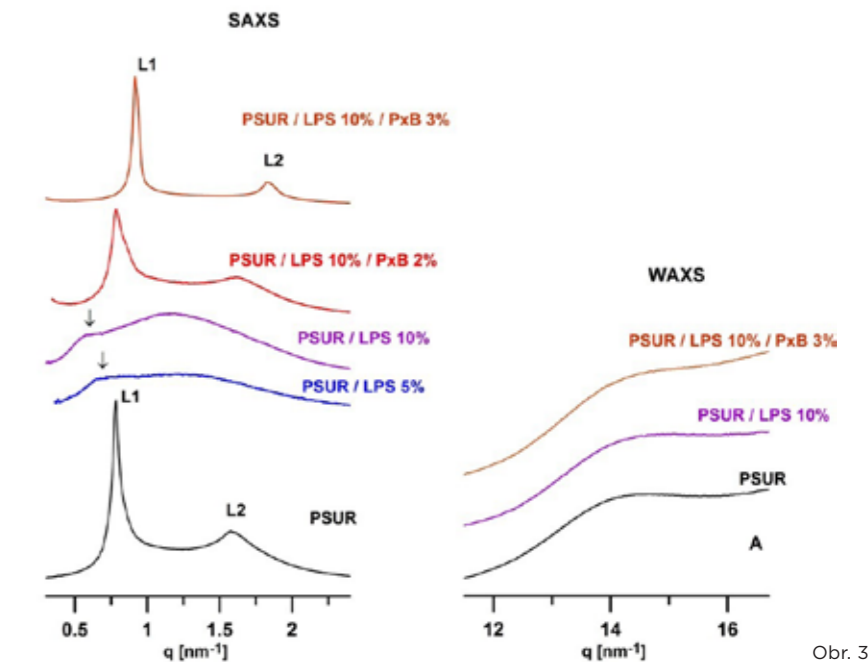
Obr. 1



Obr. 4



Obr. 2



Obr. 3

## Metylácia DNA ako cieľ epigenetického editovania a jej využitie pri personalizácii diagnostiky a terapie u melanómu uvev

### Predmet výskumu

Maligný melanóm uvev (MU) je najčastejší primárny vnútroočný nádor oka. Hlavnou príčinou mortality je metastatický rozsev, ktorý sa vyskytuje u takmer polovice pacientov. Keďže je dostupnosť liečby pre pokročilé štádiá chorená limitovaná, väčšina pacientov preživa menej ako 12 mesiacov po diagnóze metastáz. Okrem dobre preskúmaných genetických abnormalít, ku ktorým patrí monozómia chromozómu 3, amplifikácia dlhého ramena chromozómu 8 a mutácie génov BAP1 a SF3B1, môžu metastatické riziko významnou mierou ovplyvniť aj epigenetické zmeny. Deregulácia metylácie DNA, ktorá je jedným z hlavných mechanizmov regulácie génovej expresie, patrí ku kľúčovým atribútom zlej prognózy u MU. Pochopenie epigenetických procesov a signálnych dráh, podieľajúcich sa na zvýšení metastatického rizika pacientov s MU by mohlo priniesť identifikáciu nových terapeutických cieľov pre vývoj účinnej liečby. Zavedenie senzitivných metód na identifikáciu nádorových markerov v periférnej krvi pacientov (tekutá biopsia) by umožnilo personalizáciu terapeutických prístupov.

### Ciele projektu

Cieľom projektu bola identifikácia zmien metylácie DNA asociovaných s vysokým rizikom metastázovania u pacientov s MU a zavedenie senzitivných metód na detekciu prognostických metylačných markerov v periférnej krvi. K čiastkovým cieľom patrili 1) identifikácia špecifických metylačných profilov v nádoroch pacientov celogenómovou analýzou, 2) výber signálnych dráh a kandidátnych génov relevantných pre hematogénne metastázovanie, 3) zvýšenie analytickej senzitivity pri detekcii nádorovo-špecifických metylačných markerov v periférnej krvi a 4) vývoj vhodných predklinických modelov pre testovanie účinnosti terapie.

### Dosiahnuté výsledky

Na úrovni celého genómu sme potvrdili rozsiahle preprogramovanie génovej expresie vo vysoko rizikových nádoroch (Obr.1) (Clin Transl Med, doi: 10.1002/ctm2.1317). Medzi odlišne exprimovanými génmi sme identifikovali aj 60 epigenetických modifikátorov, proteínov so zásadnou úlohou v regulácii metylácie DNA, modifikácii histónov a remodelácii chromatinu. V nádoroch s vysokým rizikom metastázovania sme detegovali 44 398 odlišne metylovaných CpG dinukleotidov, s častejším výskytom hypometylácie. Na základe výsledkov integratívnej analýzy sme vybrali 9 prognostických markerov s vysokou senzitivitou a špecifickosťou (Obr.2), ktoré majú významný potenciál pre klinické využitie. Zaviedli sme niekoľko metód na identifikáciu cirkulujúcich nádorových buniek a cirkulujúcej nádorovej DNA v periférnej krvi pacientov (IJMS, doi:10.3390/ijms21249651). Ukázali sme potenciál metód digitálnej dropletovej PCR pre skorú identifikáciu metastatického procesu využitím hotspot mutácií. V rámci riešenia projektu sa nám podarilo vyvinúť myší model nádorových xenograftov odvodených od pacienta (z angl. patient derived xenografts, PDX), ktoré boli bližšie charakterizované na celogenómovej úrovni. Uskutočnili sme aj pilotnú analýzu prestavby chromatinu v PDX získaných z primárneho nádoru a metastáz. Jedným z úspešných terapeutických prístupov, ktorý sme testovali na bunkových modeloch a primárnych kultúrach derivovaných z nádorov pacientov je génová terapia sprostredkovaná exozómami (Obr.3). Vylučované extracelulárne vezikuly sme charakterizovali z hľadiska ich biologickej aktivity, schopnosti zacieľovania na nádor a ich terapeutickú účinnosť (JC, doi:10.1002/ijc.33188; IJMS, <https://doi.org/10.3390/ijms241612957>).

Celkovo sme na základe dosiahnutých výsledkov projektu publikovali 8 prác v časopisoch indexovaných v Current Contents Connect databáze (kumulatívny IF 45). Výsledky sme prezentovali na viacerých vedeckých konferenciách a pripravili sme knižnú publikáciu pre odbornú verejnosť. V rámci riešenia projektu boli obhájené 2 diplomové a dve dizertačné práce.

### zodpovedný riešiteľ

Mgr. Smolková Božena, PhD.

### riešiteľská organizácia

Biomedicínske centrum SAV, v. v. i.

### spoluriešiteľská organizácia

Univerzita Komenského v Bratislave

### termín riešenia

08/2018 – 12/2022

### finančné prostriedky z APVV

249 000 €

### číslo projektu

APVV-17-0369

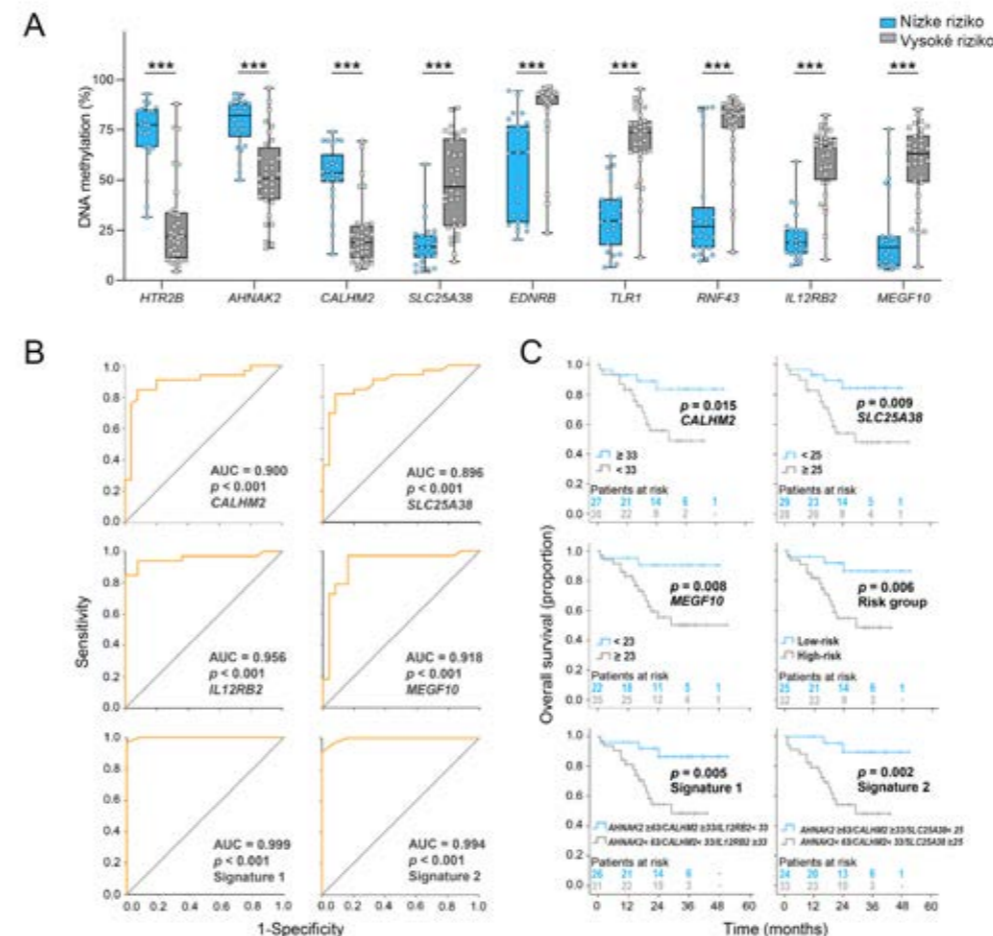
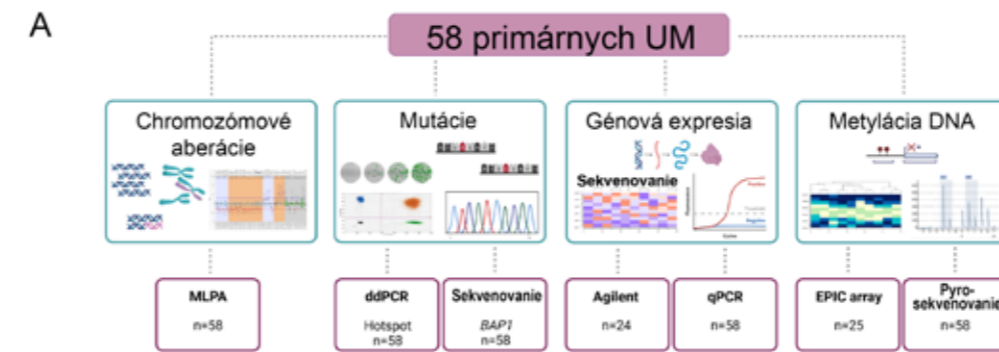
### Prínos pre prax

Riešenie projektu viedlo k získaniu presvedčivých dôkazov o význame úlohy metylácie DNA v progresii MU reguláciou expresie génov zapojených do kritických biologických procesov ako je únik imunitnému systému, homeostáza vápnika, adhézia a migrácia. Dokázali sme tiež, že stav metylácie DNA starostlivo vybraných CpG má potenciál slúžiť ako spoľahlivý a metodologicky dostupný prognostický biomarker, čo podčiarkuje klinický význam analýzy metylácie DNA v MU. Metylácia DNA ponúka výkonný nástroj na stratifikáciu pacientov, ktorý môže pomôcť pri personalizovanej terapii. Testovaná génová terapia sprostredkovaná exozómami je inovatívny terapeutický prístup, ktorý má po overení jeho účinnosti a bezpečnosti in vivo nezanedbateľný terapeutický potenciál.

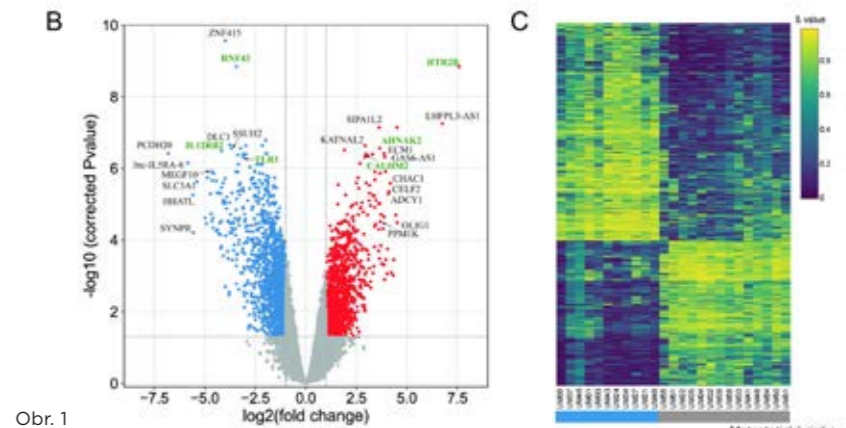
Obr. 1 / Hodnotenie stupňa deregulácie metylácie DNA u MU so zlou prognózou a výsledky celogenómových analýz v súbore 25 nádorových vzoriek. A) Použité metodické postupy. B) Volcano plot znázorňujúci rozdiely v génovej expresii vysokorizikových voči nízkorizikovým MU. C) Grafické zobrazenie rozdielov v metylácii DNA 5000 najviac odlišne metylovaných CpG.

Obr. 2 / Verifikácia výsledkov celogenómových analýz v rozšírenom súbore 58 pacientov pyrosequenovaním. A) Hodnoty metylácie DNA vybraných génov. B) Analytická senzitivita a špecifickosť. C) Asociácia s preživaním.

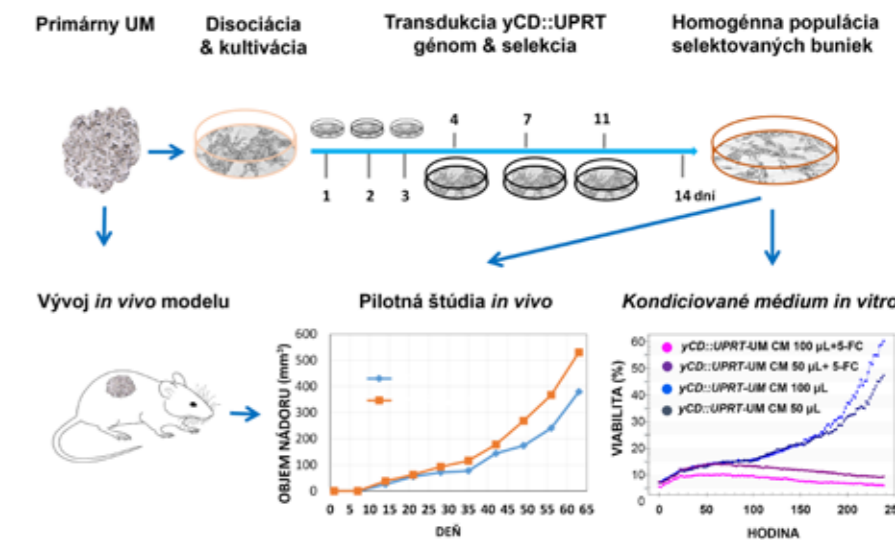
Obr. 3 / Metodický postup využitý pri vývoji liečby génovou terapiou sprostredkovanou exozómami. Bunky primárnych nádorov sú transdukované génom yCD::UPRT, ktorého génový produkt metabolizuje toxické predliečivo 5-fluorocytosín (5FC) na toxické chemoterapeutikum 5-fluorouracil (5FU). Do kondicionovaného média (CM) produkujú exozómy schopné metabolizovať 5FC na 5FU a inhibovať rast nádorových buniek in vitro a in vivo.



Obr. 2



Obr. 1



Obr. 3

## Nové malé molekuly a bioaktívne nanočastice pre terapiu zápalových a degeneratívnych ochorení kostí a kĺbov

### Predmet výskumu

Projekt nadväzuje na významné výsledky získané pri riešení projektu APVV-0516-12, ktorý bol ukončený k 30. októbru 2017. Časť týchto výsledkov základného výskumu ako aj zlúčeniny, ktoré boli v rámci neho syntetizované, charakterizované a testované tvoria základ pre projekt aplikovaného výskumu a vývoja v oblasti zlúčenín s antimikrobiálnym, protizápalovým účinkom a samoagregujúcimi vlastnosťami ako aj systémami obsahujúcimi stabilizované nanočastice. Výskum bol v spolupráci s medicínskymi pracovníkmi zameraný na ovplyvnenie niektorých degeneratívnych ochorení pohybového systému, predovšetkým na kĺby, kosti a chrupavky. Zistilo sa, že niektoré funkčné skupiny umožňujú bunkám nalepiť sa na kolagén, iné zasa napomáhajú kryštalizácii vápnika. Vyvinula sa štruktúra, ktorá v jednej molekule spĺňa všetky tieto požiadavky a ktorá je schopná samoorganizovane napomáhať liečbe osteoporetických zmien. Kľúčovými štruktúrami pre liečbu sú však nanočastice Au a Ag dispergované gemini kationovými tenzidmi (GKT).

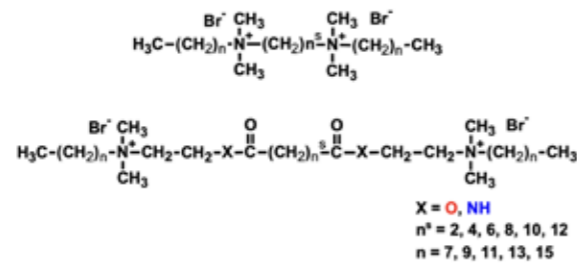
### Ciele projektu

- Prenos výsledkov základného výskumu do praxe
- Testovať využitie zlúčenín so synergickým antimikrobiálnym a protizápalovým účinkom
- Pripraviť a otestovať také malé molekuly a nanočastice, ktoré by boli vhodné pre liečbu niektorých ochorení kostí a kĺbov
- Vytvoriť preparát s biologickou aktivitou, špecificky cieleň na vyššie uvedené tkanivá (s dominantným regeneračným efektom na kĺbovú chrupavku)
- Vytvoriť preparát, ktorý zároveň v mieste aplikácie ostáva v kontakte s cieľovým tkanivom, čím je využitá jeho maximálna efektívnosť
- Snaha vytvoriť preparát s biologickou aktivitou, s dobrou afinitou ku kostnému tkanivu, prienikom cez kostné tkanivo, s dostatočnou retenciou v mieste podania (za predpokladu minimálnych nežiaducich účinkov a nízkej toxicity pre organizmus)
- Zvýšiť kvalitu života dotknutých pacientov

### Dosiahnuté výsledky

Výnimočné výsledky s významným potenciálnym prínosom pri liečbe zápalových a degeneratívnych ochorení kĺbov sa dosiahol v dvoch oblastiach výskumu nanočastíc Ag a Au:

- pripravili sme nanočastice Ag a Au (Obr. 1) stabilizované GKT



### Štruktúra GKT použitých ako stabilizátorov nanočastíc

- použité stabilizátory ovplyvnili veľkosť formovaných agregátov (Obr. 2)
- pripravili sme vysoko stabilné nanočastice (v porovnaní s tými bez stabilizátorov), ich stabilita bola potvrdená plazmónovým rezonančným efektom (Obr. 3)
- antimikrobiálna aktivita Ag nanočastíc preukázala synergický účinok Ag nanočastice a stabilizátora
- cytotoxicita nanočastíc bola závislá od štruktúry stabilizátora (obr. 4), ako najvhodnejšie sa ukázali byť tie, ktoré boli stabilizované GKT s krátkym spojovacím reťazcom
- testy biologickej aktivity preukázali významný účinok antiartritickej aktivity na modelových zvieratách prejavujúci sa ich zvýšenou kvalitou života (obr. 5).

Mimoriadne významným výsledkom projektu sú aj tri patentové prihlášky zaoberajúce sa nanočasticami Au ako aj Ag stabilizovanými GKT. Prípravky obsahujúce Au našli aj medicínsku odozvu a výskum v tejto oblasti reprezentovaný patentovou prihláškou (PP 57-2022) týkajúcou sa nanočastíc Au sa stal víťazom súťaže "Transfer technológií na Slovensku

### zodpovedný riešiteľ

prof. Ing. Devínsky Ferdinand, DrSc.

### riešiteľská organizácia

Univerzita Komenského v Bratislave – Farmaceutická fakulta

### spoluriešiteľská organizácia

Univerzita Komenského v Bratislave – Lekárska fakulta

Univerzita Komenského v Bratislave – Prírodovedecká fakulta

### termín riešenia

08/2018 - 11/2022

### finančné prostriedky z APVV

250 000 €

### číslo projektu

APVV-17-0373

2022" v kategórii "Inovácie" tradične vyhlasovanej CVTI SR. V rámci riešenej projektu bola podaná aj patentová prihláška PP 120-2022 zameraná na biologický účinok Ag nanočastíc a tiež medzinárodná patentová prihláška PCT/SK2023/050011.

### Najvýznamnejšie zverejnené výsledky:

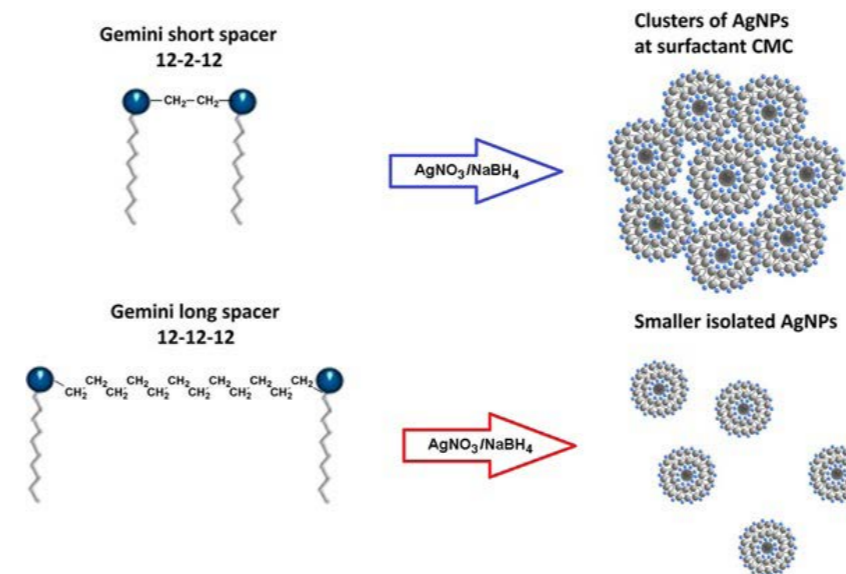
Patentová prihláška: PP 57-2022 Nanoformulácie zlata pre terapiu zápalových a degeneratívnych ochorení kostí, kĺbov a chrupaviek.

Patentová prihláška: PP 120-2022 Nanoformulácie striebra pre terapiu zápalových a degeneratívnych ochorení mäkkých a pevných tkanív.

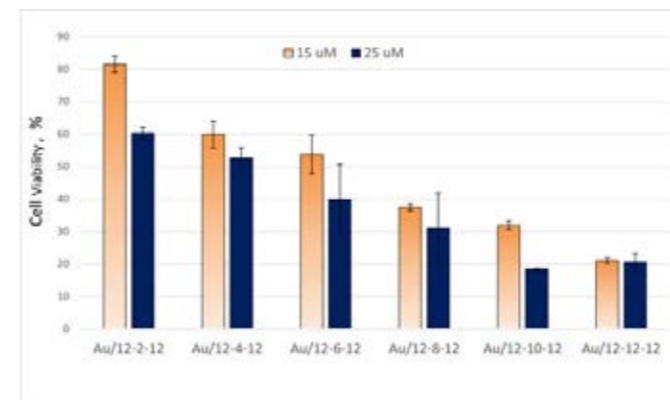
Medzinárodná patentová prihláška: PCT/SK2023/050011 Gold and Silver Nanoformulations for Therapy of Inflammatory and Degenerative Diseases.

### Prínos pre prax

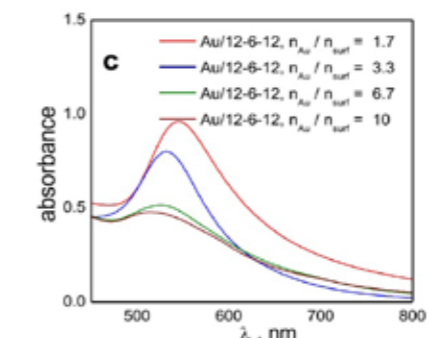
Pripravené stabilizované nanočastice Au a Ag vykazovali dobrú antimikrobiálnu aktivitu a predstavujú základ na prípravu liečiv s vysokou účinnosťou v protizápalových terapiách pohybového ústrojenstva. Dispergované nanočastice Au okrem protizápalového účinku majú aj chondroprotektívnu aktivitu, sú schopné aktivovať proliferáciu chondrocytov a reparovať zápalom a degeneráciou postihnuté kĺbové chrupavky. Dispergované nanočastice Ag majú protizápalový účinok a zároveň aj antimikrobiálnu aktivitu a ukázali sa byť vhodné v liečbe zápalových ochorení mäkkých aj pevných tkanív. Oba typy patentovaných nanosystémov sa vyznačujú unikátnym a ceneným duálnym účinkom.



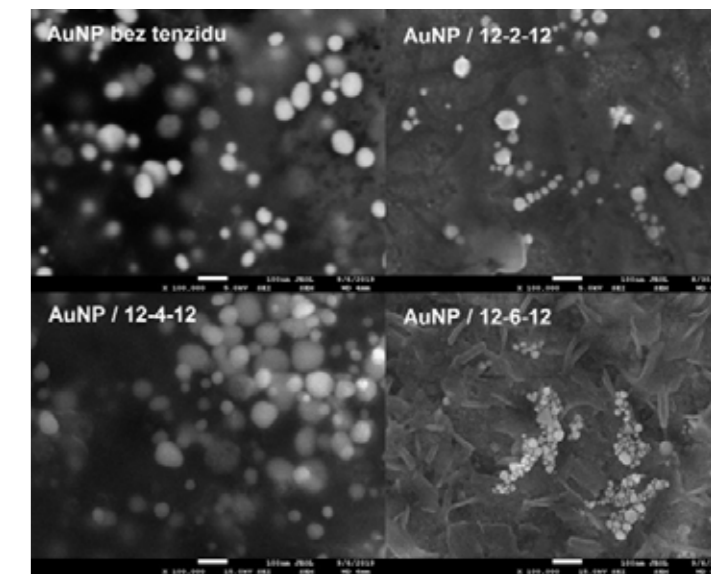
Obr. 1



Obr. 4



Obr. 3



Obr. 2

Obr. 1 / Schématické znázornenie tvorby nanočastíc Ag. Podobným spôsobom boli pripravené Au nanočastice z HAuCl<sub>4</sub>

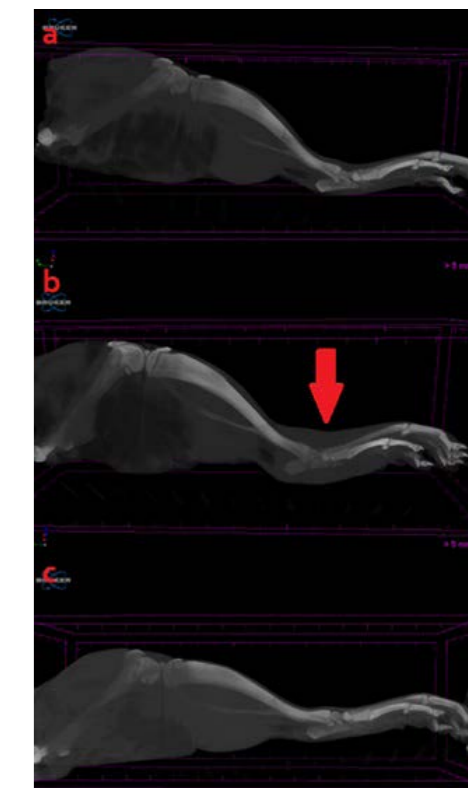
Obr. 2 / Elektrónovomikroskopické fotografie nanočastíc Au stabilizovaných GKT s rôznou dĺžkou spojovacieho reťazca a bez stabilizátora

Obr. 3 / Grafické znázornenie plazmónového rezonančného efektu Au nanočastíc stabilizovaných 12-6-12

Obr. 4 / Závislosť cytotoxickej aktivity Au nanočastíc v závislosti od použitého stabilizátora 12-X-12

Obr. 5 / Antiartrické pôsobenie Au nanočastíc stabilizovaných 12-2-12. Experiment bol uskutočnený na potkanoch. Na obrázkoch je vidieť ľavé labky potkanov: a) kontrolná labka bez artrózy; b) labka, na ktorej bola experimentálne vyvolaná artróza, na obrázku je vidieť opuch (červená šípka); c) labka s experimentálne vyvolanou artrózou liečenou Au nanočasticami stabilizovanými 12-2-12, na obrázku nie je vidieť pretrvávajúci opuch, ktorý sa prejavil aj stratou krivania na danú končatinu

Obr. 5



## Testikulárne nádory zo zárodočných buniek rezistentné na cisplatinu: ich premena na liečiteľné ochorenie

### Predmet výskumu

Mechanizmy odpovede buniek testikulárnych nádorov zo zárodočných buniek (TGCT) na liečbu prostredníctvom cisplatinu (CDDP).

### Ciele projektu

Cieľom projektu bolo (i) zistiť rozdielnosť expácie mRNA a miRNA medzi bunkovými líniami TGCT citlivými a rezistentnými na CDDP (z nich vybrať kandidátov pre ďalšiu analýzu a overiť ich klinickú relevantnosť), (ii) analyzovať možnosť epigenetickej regulácie vybraných kandidátov, (iii) korelovať hladinu mRNA s hladinou proteínu pre vybrané kandidátne mRNA, (iv) korelovať hladinu endogénneho poškodenia DNA s nestabilitou genómu u pacientov s TGCT a (v) dešifrovať úlohu hladiny proteínu XPA pri predikcii liečby u pacientov s TGCT.

### Dosiahnuté výsledky

Počas riešenia projektu boli získané výsledky, ktoré po implementácii do klinickej onkologickej praxe môžu prispieť k ešte lepšej liečiteľnosti pacientov s TGCT tým, že zabezpečia liečiteľnosť aj tej ich časti, ktorá má zlú prognózu v dôsledku vysokého rizika refraktérnosti alebo relapsu ochorenia. Zistili sme, že hladina poškodenia DNA u pacientov s TGCT, ktorí ešte nepodstúpili chemoterapiu, inverzne koreluje s ich prognózou. Preto sme navrhli, že hladina poškodenia DNA môže slúžiť ako nezávislý prognostický faktor pri tejto malignite. Ak sa súčasne skombinuje s klasifikáciou prognózy podľa IGCCCG (International Germ Cell Cancer Collaborative Group), predstavuje hladina endogénneho poškodenia DNA pridanú prognostickú hodnotu. Ďalej sme zistili, že hladina poškodenia DNA inverzne koreluje s hematologickou toxicitou u pacientov s TGCT, ktorí podstúpili prvoliniovú chemoterapiu. Hladina endogénneho poškodenia DNA nezávisle koreluje s počtami niektorých špecifických subpopulácií imunitných buniek, ako sú NK (natural killer) bunky, CD16-pozitívne dendritové a regulačné T bunky. Koreláciu počtu jednotlivých subpopulácií imunitných buniek s klinickými

parametrami sme zistili, že zastúpenie neutrofilov, eozinofilov, dendritových buniek typu 2, lymfocytov a cytotoxických T lymfocytov signifikantne asocuje s dĺžkou prežitia bez progresie ochorenia (progression-free survival, PFS), zatiaľ čo zastúpenie neutrofilov a neklasických monocytov a celkový počet lymfocytov asocuje s celkovou dĺžkou prežitia (overall survival, OS) pacientov s TGCT. Tiež sme ukázali, že prognóza u pacientov s TGCT inverzne koreluje s hladinou expácie kľúčových proteínov nukleotidovej excíznej opravnej dráhy, predovšetkým proteínu XPA. Zvýšená expácia tohto proteínu, predikujúca zhoršenú prognózu, bola najdená pri pacientoch s neseminomatóznym histologickým podtypom, pacientoch so zlou prognózou klasifikovanou podľa IGCCCG, pacientoch s vyšším štádiom choroby a pri pacientoch majúcih plúčne, pečeneové a neplúčne viscerálne metastázy. Použitím seminómov klinického štádia I (S-CS I), sme identifikovali 64 proteínov, ktoré asociujú s procesom invázie do rete testis (RTI). Z nich sme na kohorte pacientov s S-CS I validovali proteíny 14-3-3 $\gamma$ , ezrín, filamín A, deglykzáza 7 spojená s parkinsonizmom (PARK7), vimentín a vinkulín. Zistili sme, že expácia proteínov PARK7 a filamín A znižuje riziko RTI, zatiaľ čo expácia 14-3-3 $\gamma$  ho zvyšuje. Na bunkových líniah TGCT sme identifikovali genetické biomarkery, ktoré asociujú s ich odpoveďou na CDDP. 281 génov bolo rozdielne exprimovaných v CDDP-rezistentných v porovnaní so CDDP-senzitívnymi bunkovými líniami TGCT. Gény DNMT3L, GAL, IGFBP2, IGFBP7, LITD1, NANOG, NTF3, POU5F1, SOX2, WNT6, ZFP42, ID2, PCP4, SLC40A1 a TRIB3 vykazovali najvyššiu zmenu expácie, keď sa všetky CDDP-rezistentné bunkové línie TGCT párovo spojili so všetkými CDDP-citlivými líniami. Produkty identifikovaných génov sú faktory pluripotencie, alebo sú zapojené do procesov, ako je bunkový metabolizmus, proliferácia alebo migrácia. Navrhli sme, aby po klinickom overení tieto gény slúžili ako prognostické biomarkery na včasnú detekciu odpovede CDDP u pacientov s TGCT.

### zodpovedný riešiteľ

Mgr. Chovanec Miroslav, PhD.

### riešiteľská organizácia

Biomedicínske centrum SAV, v. v. i.

- Ústav experimentálnej onkológie

### termín riešenia

08/2018 - 12/2021

### finančné prostriedky z APVV

250 000 €

### číslo projektu

APVV-17-0384

### Prínos pre prax

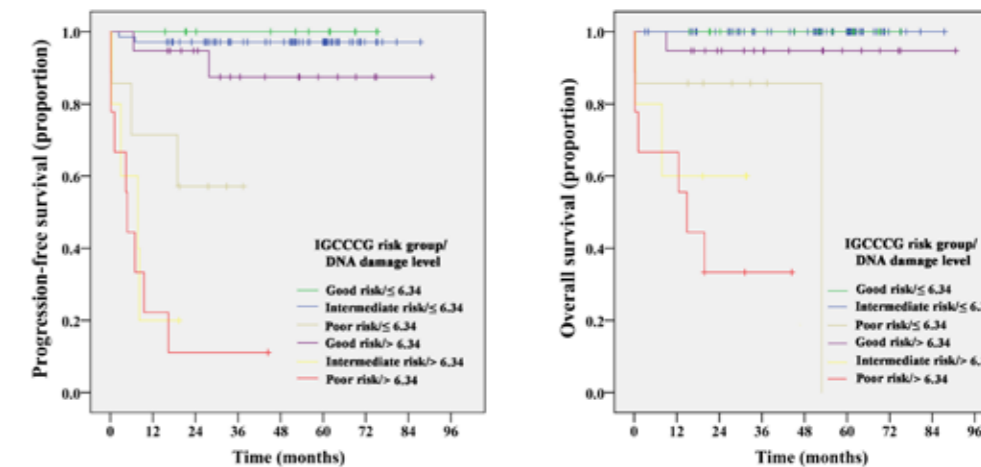
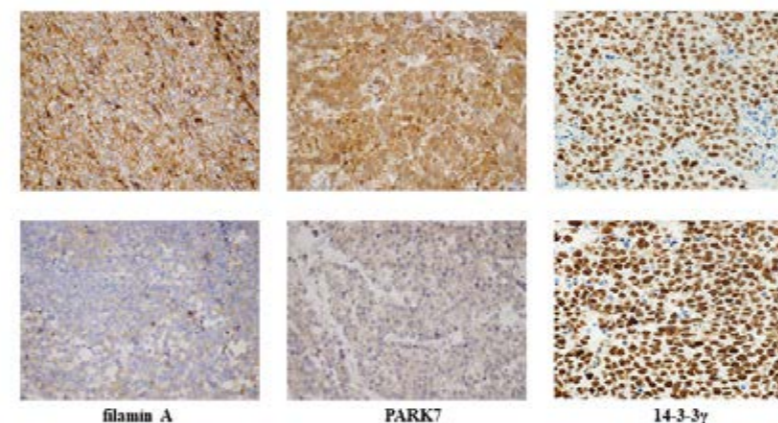
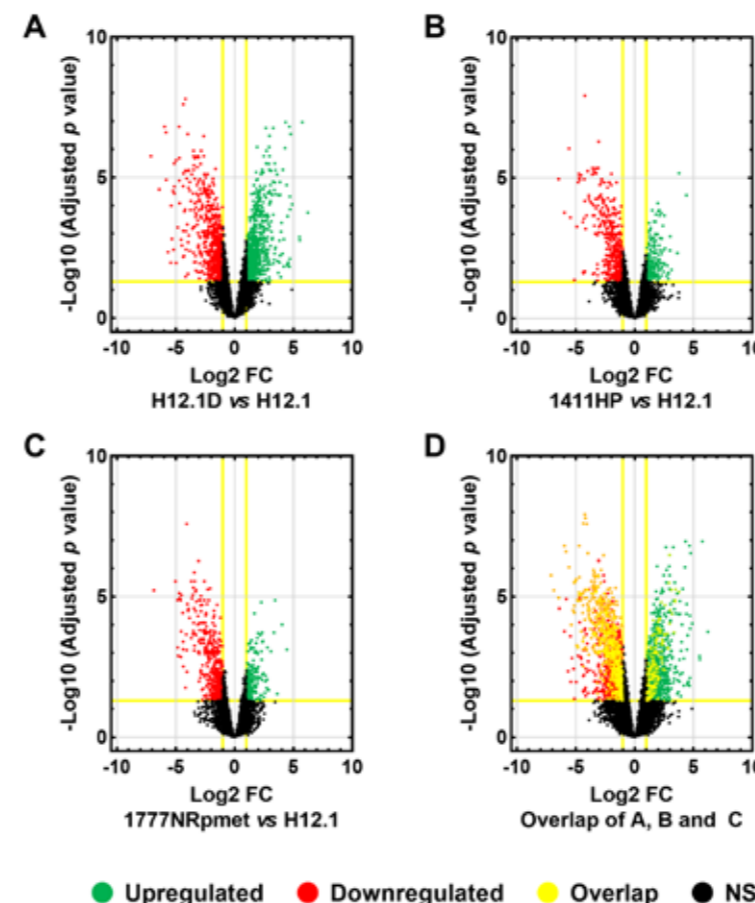
Získané výsledky majú charakter nových originálnych zistení, ktoré majú potenciál prispieť k novým smerovaniam, inováciám a koncepciám v oblasti klinickej onkológie pri pacientoch s TGCT. Predovšetkým sa jedná o ich uplatnenie pri včasnej stratifikácii pacientov s TGCT a identifikácii pacientov so zlou prognózou. Získané výsledky by tiež mohli prispieť k vývoju nových terapeutických stratégií, pretože cieleň ovplyvnenie študovaných faktorov a mechanizmov by mohlo zlepšiť prognózu relabujúcich a refraktérnych pacientov s TGCT.

Obr. 1 / Expácia génov v CDDP-rezistentných bunkových líniah TGCT sa porovnávala s expáciou génov v CDDP-citlivej bunkovej línii H12.1. H12.1D vs H12.1 (A), 1411HP vs H12.1 (B) a 1777NRpmet vs H12.1 (C). Prekrytie všetkých troch CDDP-rezistentných bunkových línii TGCT vs. H12.1 (D).

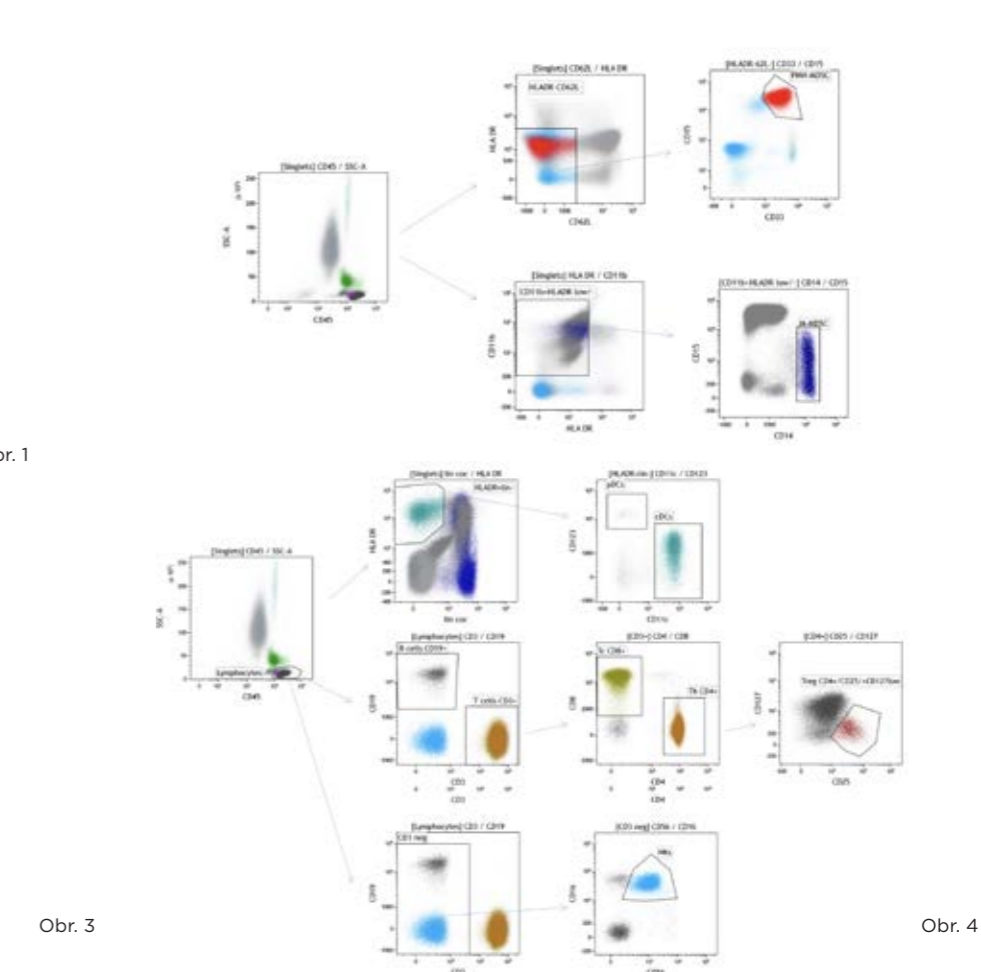
Obr. 2 / Kaplan-Meierové krivky PFS (A) a OS (B) pre pacientov s TGCT stratifikovaných podľa hladiny endogénneho poškodenia DNA (hladina poškodenia > 6,34 / hladina poškodenia  $\leq$  6,34) a prognózy podľa IGCCCG (dobrá / stredná / zlá prognóza). PFS a OS boli signifikantne skrátené u pacientov so zlou a strednou prognózou a súčasne hladinou poškodenia DNA vyššou ako 6,34 ( $p < 0,001$  pre PFS aj OS).

Obr. 3 / Imunohistochemické stanovenie expácie proteínov 14-3-3 $\gamma$ , filamín A a PARK7 vo vzorkách pacientov s RTI-negatívnym (vrchná časť) a RTI-pozitívnym (spodná časť) S-CS I. Zväčšenie 40 $\times$ .

Obr. 4 / Stratégia použitá pri imunofenotypizácii vybraných subpopulácií leukocytov u pacientov s TGCT.



Obr. 1



Obr. 3

Obr. 4

Obr. 2

PÔDOHOSPO-  
DÁRSKE  
VEDY



## Ochrana ohrozených slovenských plemien hospodárskych zvierat v podmienkach ex situ

### Predmet výskumu

Ochrana živočíšnych genetických zdrojov má dosah na súčasnú aj budúcu kvalitu života a významný vplyv na potravinovú bezpečnosť. Efektívna ochrana genetických zdrojov v podmienkach ex situ (kryokonzervovanie) u niektorých druhov hospodárskych zvierat zatiaľ nie je úplne zvládnutá. Výsledkom je napríklad znížená prežívateľnosť alebo znížená kvalita zmrazených/rozmrazených spermií, embryí alebo kmeňových buniek hospodárskych zvierat. Cieľom predkladaného projektu je optimalizácia vybraných metodík získavania, kryochovávania a hodnotenia kvality spermií, embryí a kmeňových buniek prioritne tých plemien hospodárskych zvierat, ktorých počet jedincov na základe monitoringu pokladáme za ohrozený či rizikový. Medzi takéto plemená patria pinzgauský dobytok, dve plemená králikov (holíčsky modrý a slovenský sivomodrý rex) a jedno plemeno oviec (pôvodná valaška). Získané výsledky umožnia rozšíriť kryochovávaný biologický materiál v živočíšnej génovej banke, perspektívne budovanej na pracovisku NPPC VÚŽV Nitra v spolupráci s SPU v Nitra.

### Ciele projektu

Cieľom predkladaného projektu je optimalizácia vybraných metodík získavania, kryochovávania a hodnotenia kvality spermií, embryí a kmeňových buniek prioritne tých plemien hospodárskych zvierat, ktorých počet jedincov na základe monitoringu pokladáme za ohrozený či rizikový. Medzi takéto plemená patria aj pinzgauský dobytok, dve plemená králikov (holíčsky modrý a slovenský sivomodrý rex) a jedno plemeno oviec (pôvodná valaška). Získané výsledky umožnia rozšíriť kryochovávaný biologický materiál v živočíšnej génovej banke, perspektívne budovanej na pracovisku NPPC VÚŽV Nitra v spolupráci s SPU v Nitra.

### Dosiahnuté výsledky

Optimalizácia metodík kryochovávania (čas ekvibrácie spermií pre zmrazovaním - baranie spermie, aplikácia Ficollu ako kryoprotektívnej látky - králičie spermie, prietoková cytometria - precíznejšie hodnotenie kvality sledovaných buniek.....) umožnila úspešne zmrazovať sledovaný reprodukčný biologický materiál slovenských národných plemien hospodárskych zvierat. Výsledkom je dosiahnutá vysoká progresívna motilita 85% spermií po rozmrazení a prežívateľnosť kmeňových buniek (90%), čo je jeden z dôležitých faktorov hodnotenia kvality spermií a kmeňových buniek. Metódy ako CASA, prietoková cytometria, prípadne využitie elektrónovej mikroskopie nám umožnili precíznejšie hodnotenia kvality čerstvých a rozmrazených spermií a kmeňových buniek. Všetky analyzované slovenské národné plemená v uvedenom projekte sú vo forme zmrazených spermií, prípadne kmeňových buniek zamrazené a uložené v génovej banke na NPPC VÚŽV Nitra na dlhodobé kryochovávanie. Vzorky boli zároveň registrované v medzinárodnej databáze. www.cryoweb.com. Plánované ciele, vrátane výstupov sme počas troch rokov riešenia splnili.

### Prínos pre prax

Napriek charakteru projektu - základný výskum, výstupom pre prax sú konkrétne zamrazené vzorky spermií a kmeňových buniek slovenských národných plemien (králiky, barany, sliepky) pre účely národnej génovej banky SR, všetky vzorky sú registrované v medzinárodnej databáze (www.cryoweb.com).

### zodpovedný riešiteľ

prof. Ing. Chrenek Peter, DrSc.

### riešiteľská organizácia

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum  
- Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra

### spoluriešiteľská organizácia

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre  
- Fakulta biotechnológie a potravinárstva

### termín riešenia

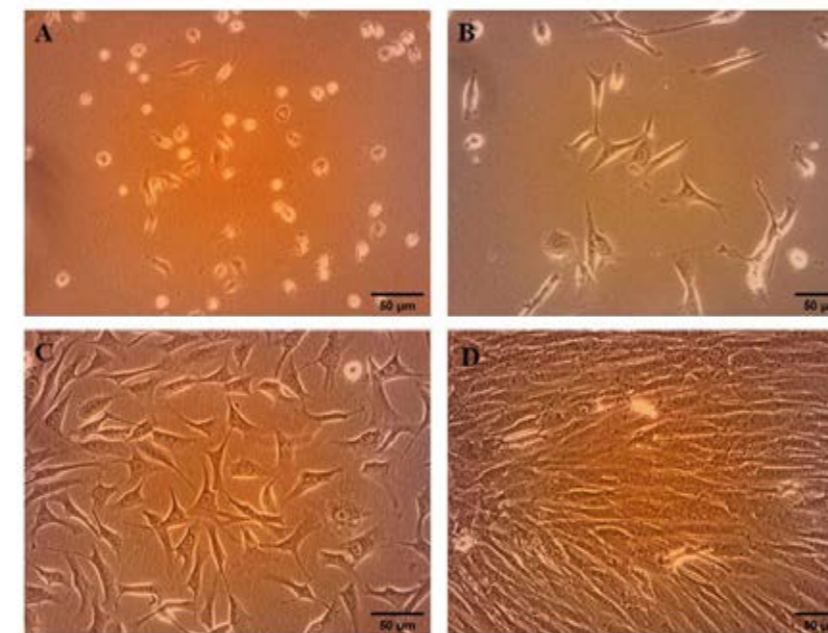
08/2018 - 06/2021

### finančné prostriedky z APVV

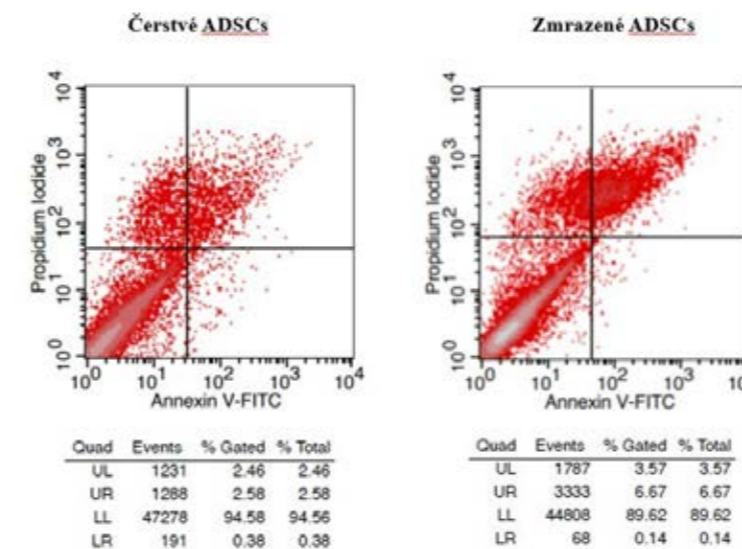
249 684 €

### číslo projektu

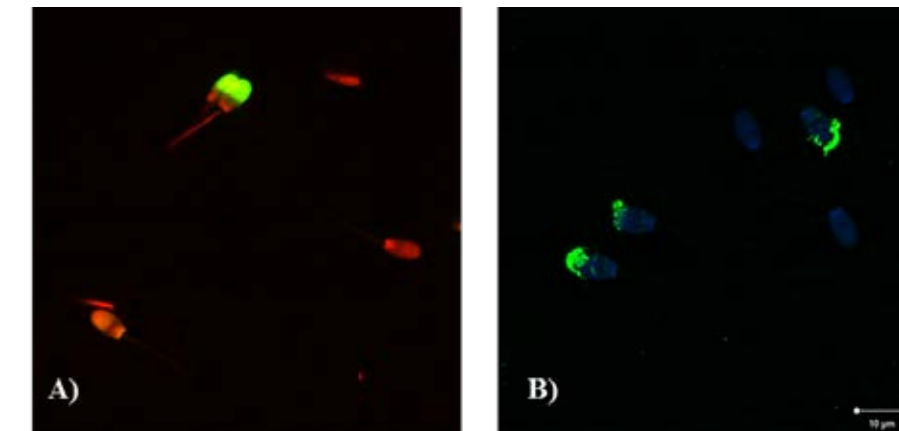
APVV-17-0124



Obr. 1



Obr. 3



B) Detekcia ROS požívnych spermií

B) Detekcia ubiquitínovaných spermií

Obr. 2



Obr. 4

Obr. 1 / Morfológia buniek ADSCs. (A) 24 hodín po izolácii bunky začínajú adherovať, vykazujú guľovitý tvar. (B) 72 hodín po izolácii sa bunky zoskupujú do malých kolónií, tvar buniek sa mení na vretenovitý. (C) 4 dni po izolácii je konfluencia približne 50 - 60%, bunky vykazujú tvar podobný fibroblastom. (D) 7 dní po izolácii dosahujú bunky konfluenciu 90 - 100%. Pozorujeme súvislú monovrstvu buniek. (Zväčšenie 20x; scale bar = 50  $\mu$ m).

Obr. 2 / Ilustratívny záber z konfokálnej mikroskopie baraních spermií

Obr. 3 / Reprezentatívne zobrazenie hodnotenia viability buniek prietokovou cytometriou

Obr. 4 / Pôvodná valaška

## Potenciál kremíka na zmiernenie toxicity arzénu a antimónu pri kultúrnych rastlinách

### Predmet výskumu

Znečistenie antimónom (Sb) a arzénom (As) je významným environmentálnym problémom nielen v niektorých krajinách sveta s vysokým stupňom industrializácie alebo poľnohospodárstva, ale aj u nás doma na Slovensku, a to najmä vďaka intenzívnej banskej aktivite v minulosti, či skládkovaniu elektrárenských popolov so zvýšeným obsahom As. Preto miesta kontaminované týmito prvkami nájdeme naprieč celým Slovenskom, počnúc od Malých Karpát, regiónu hornej Nitry, Liptova, až po okolie Košíc na východe krajiny. Hoci ťažba antimónových rúd na našom území bola zastavená koncom 20. storočia, stále v prírode nájdeme jej pozostatky v podobe starých banských hald, odvalov a odkalísk, ktoré slúžia ako zdroj kontaminácie okolia a predstavujú serióznu hrozbu pre obyvateľstvo žijúce v týchto regiónoch. Obidva prvky, As aj Sb sú pre živé organizmy, vrátane rastlín, neesenciálne. Napriek tomu ich rastliny prijímajú a akumulujú v relatívne vysokých koncentráciách vo svojich orgánoch. Na druhej strane vieme, že jedným z možných spôsobov potlačenia toxicity niektorých ťažkých kovov (najmä kadmia) na rastliny môže byť exogénna aplikácia kremíka (Si). Napriek intenzívnemu výskumu v posledných rokoch stále nebolo dostatočne preskúmané pôsobenie a fytotoxicita As a Sb, ako aj interakcia toxických (As, Sb) a prospešných (Si) polokovov v rastlinách navzájom, čo bolo hlavnou témou výskumu projektu.

### Ciele projektu

Hlavným cieľom prekladaného projektu bolo prispieť k pochopeniu a objasneniu mechanizmov interakcie prospešného prvku kremíka a toxických, pre rastliny neesenciálnych prvkov (arzén a antimón) v procese rastu a vývinu vybraných kultúrnych a dôležitých poľnohospodárskych plodín.

### Dosiahnuté výsledky

V rámci projektu sme realizovali veľké množstvo experimentov s rôznymi plodinami a kultúrnymi rastlinami pestovanými pri veľkom spektre experimentálnych podmienok, čo prinieslo úrodu v podobe cenného množstva informácií a poznatkov, ktoré sa za tento čas získali. Väčšinu z nich sme stihli aj publikovať formou dvanástich originálnych a prehľadných (review) článkov, ako aj formou príspevkov a vystúpení na domácich a zahraničných konferenciách. Za hlavné výsledky projektu považujeme získané cenné poznatky o negatívnom vplyve antimónu a arzénu na rast a tvorbu biomasy, tvorbu chlorofylu a fungovanie fotosyntetického aparátu, ako aj antioxidačnú odpoveď rastlín vystavených stresu z týchto prvkov. Pochopenie toxického pôsobenia týchto dvoch polokovov bolo nevyhnutné pre správnu aplikáciu kremíka a štúdium vzájomnej interakcie týchto prvkov. V rámci naplnenia deklarovaných cieľov sa nám tiež podarilo porovnať mieru fytotoxicity As a Sb s účinkami iných toxických prvkov a ťažkých kovov a doplniť mozaiku chýbajúcich informácií o toxických účinkoch As a Sb na rast a vývin mnohých kultúrnych rastlín, najmä kukurice, ciroka, pšenice, tabaku, fazule mungo ako aj topoľa a druhu Arundo donax. Jedným zo zaujímavých zistení bolo tiež objasnenie príjmu a depozície kremíka do koreňových pletív palmy datľovej. Získali sme originálne výsledky ukazujúce pletivovú špecifickú lokalizáciu Si depozitov v tzv. stegmatách, bunkách, ktoré sú úzko asociované so sklerenchymatickými pletivami. Realizovali sme tiež experimenty zamerané na objasnenie potenciálnej úlohy kremíkových transportných proteínov LSi v prijímaní Sb do koreňov. V neposlednom rade sme objasnili viaceré otázky ohľadom funkčného zapojenia Si do jednotlivých fyziologických a biochemických procesov v rastlinách vystavených účinku toxických prvkov a čiastočne sa nám podarilo overiť vhodnosť aplikácie Si na poľnohospodárske plodiny pestované v pôdach z kontaminovaných oblastí Slovenska.

### zodpovedný riešiteľ

RNDr. Vaculík Marek, PhD.

### riešiteľská organizácia

Univerzita Komenského v Bratislave

- Prírodovedecká fakulta

### spoluriešiteľské organizácie

Centrum biológie rastlín a biodiverzity SAV, v. v. i.

Chemický ústav SAV, v. v. i.

### termín riešenia

08/2018 - 12/2022

### finančné prostriedky z APVV

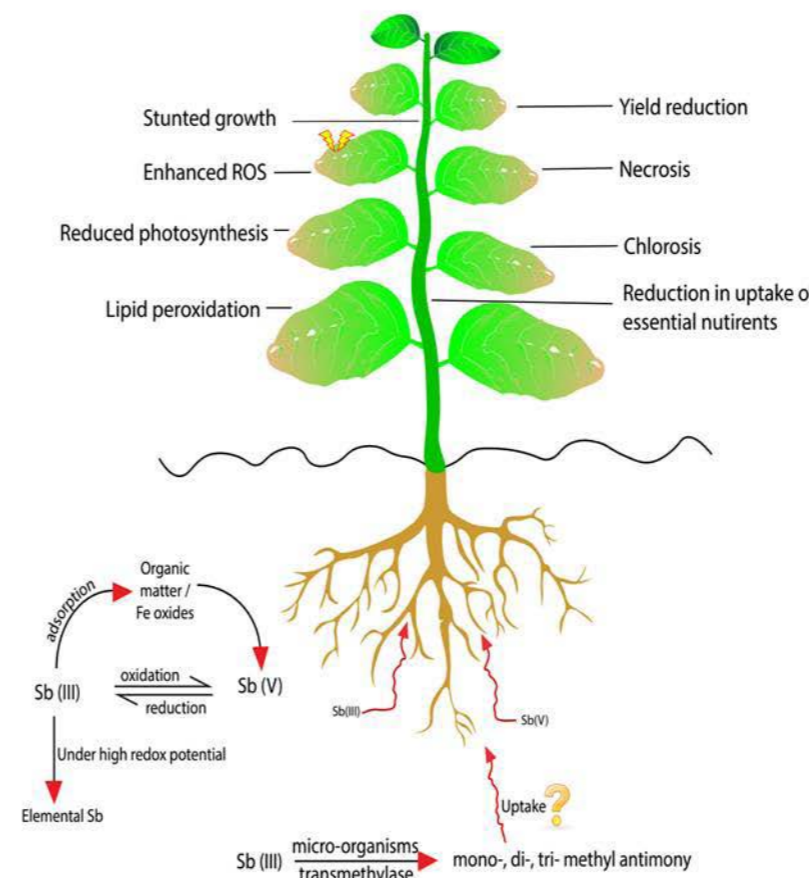
250 000 €

### číslo projektu

APVV-17-0164

### Prínos pre prax

Výsledky projektu nájdú široké uplatnenie ako v oblasti základného výskumu a vývoja, tak aj vo výchovno-vzdelávacom procese, najmä pri experimentálnych a postupových prácach študentov a tiež v praxi. Získané výsledky o toxickom pôsobení arzénu a antimónu a možnostiach zmiernenia ich toxicity pomocou kremíka môžu byť využité v poľnohospodárstve pri pestovaní plodín, ich vhodnom výbere a ochrane pred pôsobením abiotického stresu, ďalej v potravinárskom priemysle pri produkcii zdraviu bezpečnejších potravín, ako aj v oblasti ochrany prírody a krajiny a pri posudzovaní negatívnych vplyvov abiotických stresových faktorov, najmä pôsobenia ťažkých kovov a polokovov, na jednotlivé zložky životného prostredia.



Obr. 2



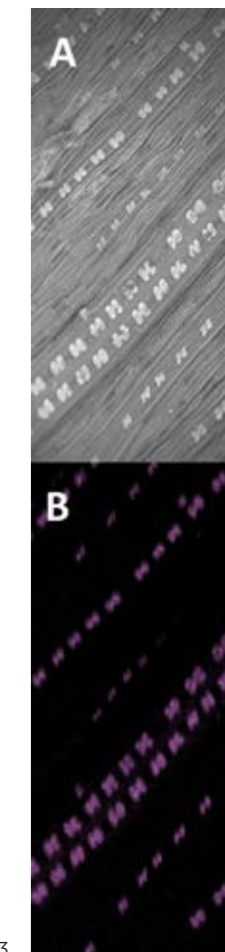
Obr. 1

Obr. 1 / Histochemická vizualizácia peroxidu vodíka (A) a superoxidu (B) v koreňoch kukurice rastúcej v kontrolných podmienkach a v prítomnosti As a Si.

Obr. 2 / Mechanizmy príjmu antimónu v bunkách a pletivách koreňov a jeho negatívne účinky na rast a vývin rastlín (podľa Vidya et al., 2022).

Obr. 3 / Kremičitanové fytolity v listoch druhu Arundo donax vizualizované pomocou skenovacej elektrónovej mikroskopie (A) spojenej s detekciou kremíka pomocou EDX analýzy (B).

Obr. 3





## Bioaktívne látky rakytníka rešetliakového a ich uplatnenie vo funkčných potravinách

### Predmet výskumu

Projekt bol zameraný na identifikáciu, charakterizáciu stability bioaktívnych látok rakytníka rešetliakového (*Hippophae rhamnoides*) a ich uplatnenie vo funkčných potravinách. Aplikovaný výskum zahŕňal činnosti od pestovania rakytníka, cez využitie vedľajších produktov jeho spracovania až po výrobu inovatívnych druhov potravinárskych výrobkov s rakytníkom. Projekt bol realizovaný na NPPC Výskumnom ústave potravinárskom v spolupráci s Fakultou chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave a s partnermi z praxe PD Tvrdošovce, Celpo, s.r.o., Očová a Mlyn Kolárovo, a.s.

### Ciele projektu

Vstupná surovina plodov rakytníka rešetliakového odrody Leikora z rakytníkového sadu PD Tvrdošovce bola počas 3 sezón podrobne charakterizovaná (2018-2021). Na základe analýzy obsahu biologicky cenných zložiek (vitamínov, flavonoidov, polyfenolov a ďalších zložiek s antioxidačným účinkom) a morfológických a senzorických parametrov boli charakterizované a porovnané jednotlivé štádiá zrelosti, ktoré boli podkladom pre odporúčania pre zber a následné spracovanie plodov. Osobitná pozornosť bola venovaná možnostiam využitia výliskov - vedľajších produktov z výroby rakytníkovej šťavy, ktoré sú hodnotným zdrojom bioaktívnych látok.

### Dosiahnuté výsledky

Sušené výlisky rakytníka rešetliakového boli použité na fortifikáciu cereálnych produktov, ktoré sú bežnou a obľúbenou potravínou pre rôzne skupiny spotrebiteľov. Boli vyvinuté nové receptúry pre cereálne výrobky so zvýšenou nutričnou hodnotou, v ktorých bol charakterizovaný obsah biologicky cenných zložiek počas ich spracovania a skladovania. Kompozitné zmesi múk pozostávajúce z cereálnych, pseudocereálnych a strukovinových zdrojov s prídavkom jemne mletého sušeného rakytníka boli použité na prípravu nových produktov (chlieb, koláče, sušienky a pufované chlebičky) so zvýšeným obsahom vlákniny, proteínov, karotenoidov, rutínu,

vitamínov a ďalších zdraviu prospešných zložiek. Produkty boli charakterizované z hľadiska kvality, nutričnej hodnoty a prítomnosti bioaktívnych látok, ale tiež z hľadiska obsahu kontaminantov vznikajúcich pečením výrobkov. Zistilo sa, že rakytníkové výlisky sú výnimočným zdrojom zdraviu prospešných bioaktívnych látok, ale na druhej strane aj významným potenciálnym zdrojom nežiaduceho potenciálne karcinogénneho akrylamidu. V ďalšom kroku bol preto navrhnutý inovatívny spôsob enzymatickej predúpravy výliskov rakytníka a múk pomocou asparaginázy, ktorý viedol k účinnej eliminácii vzniku nežiaducich procesných kontaminantov počas pečenia, pričom benefity pochádzajúce z rakytníka zostali zachované. Podobný princíp eliminácie akrylamidu bol uplatnený aj pre nutrične hodnotné cereálie (ovos a raž) použité na tepelne spracované trvanlivé výrobky.

### Prínos pre prax

Spôsoby získania surovín s nízkou dispozíciou pre vznik akrylamidu boli uplatnené ako úžitkové vzory na ÚPV SR, resp. ako prihláška európskeho patentu. Počas projektu vzniklo 9 vedeckých publikácií v zahraničných a domácich impaktovaných časopisoch s celkovým ohlasom 203 citácií, 29 príspevkov v odborných časopisoch a zborníkoch na Slovensku, 27 príspevkov na zahraničných konferenciách uverejnených v zborníkoch, 2 zapísané úžitkové vzory v SR, 1 prihláška európskeho patentu, 5 nových výrobkov, 1 overená technológia. Bolo realizovaných 10 diplomových a 3 doktorandské práce, vznikli 2 doktorandské miesta, bolo zverejnených 5 elektronických dokumentov, usporiadaných 15 popularizačných aktivít, bolo podaných 5 žiadostí o nové projekty v rámci SR, z toho 3 boli podporené, 4 žiadosti medzinárodných COST projektov, z toho 2 boli podporené a boli realizované ďalšie medzinárodnej spolupráce i spolupráce s podnikateľským sektorom. Kolektív riešiteľov NPPC VÚP pod vedením Ing. Zuzany Ciesarovej, PhD. spolu s realizátorom projektu Celpo, s.r.o., Očová, získal cenu za transfer technológií na Slovensku 2020 v kategórii Inovácia. Za systematický prístup k transferu technológií boli nominovaní v kategórii Inovátor/Inovátorka aj v roku 2021.

### zodpovedný riešiteľ

Ing. Ciesarová Zuzana, PhD.

### riešiteľská organizácia

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum

- Výskumný ústav potravinársky

### spoluriešiteľská organizácia

Slovenská technická univerzita v Bratislave

- Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

### termín riešenia

08/2018 - 12/2021

### finančné prostriedky z APVV

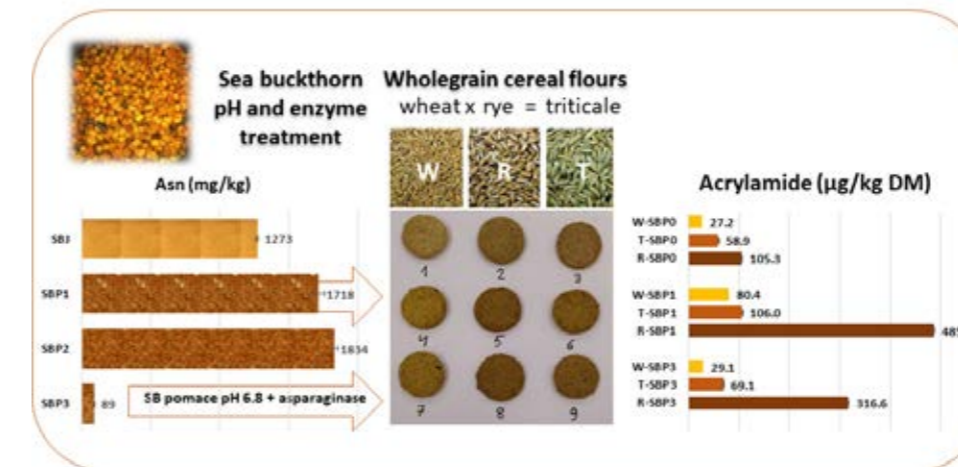
247 724 €

### číslo projektu

APVV-17-0212

### Kľúčové publikácie:

1. Ciesarová, Z. et al., Food Research International. 133, (2020), 109170. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109170. IF: 4.972.
2. Kreps, F. et al., Food Packaging and Shelf Life. 29, (2021), 100739. doi: 10.1016/j.fpsl.2021.100739. IF 6.429.
3. Ciesarová, Z. et al., Food Chemistry. 365 (2021), 130491. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130491. IF 7,514.
4. Ciesarová, Z. et al., Foods 12 (2023), 3170. https:// doi.org/10.3390/foods12173170. IF 5,42.



Obr. 1



Obr. 1 / Graphical abstract FOODS\_2023: Inovatívne sušienky fortifikované rakytníkom so zníženým obsahom akrylamidu. Publikované v: Ciesarová, Z.; Kukurová, K.; Jelemenská, V.; Horváthová, J.; Kubincová, J.; Belovič, M.; Torbica, A. Asparaginase Treatment of Sea Buckthorn Berries as an Effective Tool for Acrylamide Reduction in Nutritionally Enriched Wholegrain Wheat, Rye and Triticale Biscuits. Foods 2023, 12, 3170. https:// doi.org/10.3390/foods12173170. Impact factor: 5,42.

Obr. 2 / Ocenenie: Cena COINTT 2020 za Transfer technológií na Slovensku v kategórii Inovácia

Obr. 3 / Rakytníkový sad v PD Tvrdošovce

Obr. 4 / Výroba inovatívnych pufovaných chlebičkov v CELPO, s.r.o. Očová

Obr. 3

## Intellectual property protection



Obr. 2



Obr. 4

## Testovanie nových politík a podnikateľských modelov na zabezpečenie vybraných ekosystémových služieb lesa

### Predmet výskumu

Ekosystémové služby, ktoré poskytujú lesy a lesné hospodárstvo, zahŕňajú benefity lesov vo vzťahu k ochrane biodiverzity, produkcii a ochrane vody, ľudskému blahobytu, či prispôbeniu a zmierneniu zmeny klímy. Veľká pozornosť sa venuje dôležitosti ekosystémových služieb lesa a ich optimálnemu využívaniu vzhľadom na potreby spoločnosti. Predmetom výskumu bolo otestovať na prípadových štúdiách s využitím dostupných dát a metodických postupov možnosti tvorby nových politík a podnikateľských modelov podporujúcich zabezpečenie vybraných ekosystémových služieb lesa.

### Ciele projektu

Strategickým cieľom projektu bolo prispieť k trvalo udržateľnému rozvoju Slovenskej republiky zvýšením stimulov pre poskytovanie ekosystémových služieb lesa (ESL). Hlavným cieľom projektu bolo pomocou prípadových štúdií vyvinúť nové politiky a podnikateľské modely na posilnenie koordinácie politík pre produkciu dreva, ochranu biodiverzity, sekvestráciu uhlíka, rekreáciu a ESL spojené s vodou. Zároveň bolo cieľom v spolupráci s odberateľmi výsledkov výskumu prezentovať možnosti zvoleného výskumného postupu pri argumentácii s ďalšími odborníkmi a zvyšovaní povedomia o ESL vo verejnosti.

### Dosiahnuté výsledky

Na základe rešerše literatúry o vzájomných prepojeniach medzi politikami, podnikateľskými modelmi a poskytovaním ESL sa vybrali vhodné postupy na testovanie v prípadových štúdiách. Prípadové štúdie boli zvolené na základe spolupráce s odberateľmi výsledkov výskumu a predstavovali regióny s rôznymi prioritami apožiadavkami na plnenie ESL (lesný celok Bratislava, mestské lesy Banská Bystrica a časť TANAPu - okolie Štrbského plesa). S využitím rôznych metód sa z dostupných dát o prírodnom prostredí, stave lesa a súčasnom hospodárení vytvorili prognózy manažmentu lesa v danom regióne podľa zvolených priorit ESL. Priority ESL boli určené participatívne v spolupráci s rôznymi aktérmi/

záujmovými skupinami v dotknutom regióne. Výsledky modelovania zmeny hospodárenia (obmedzenia produkcie dreva) boli premietnuté do modelov platieb za ESL kompenzujúcich stratu na príjmoch za produkciu dreva. Testovanie uskutočniteľnosti a akceptácie zmeny manažmentu na úrovni prípadovej štúdie prebehlo v regiónoch pre všetky vybrané ESL na základe priorit identifikovaných aktérmi. Testovanie akceptácie navrhnutých platobných schém (PES) viedlo vo všetkých regiónoch k preferencii verejných platobných mechanizmov. Syntéza výsledkov umožnila návrh lepšej politickej koordinácie poskytovania ESL a lepšej akceptácie zmeny hospodárenia v dotknutých lesných porastoch. Výsledky výskumu boli publikované v 11 karentovaných a Scopus článkoch a 2 knižných publikáciách (monografia a zborník). Zároveň výsledky boli využité na disemináciu v rámci medzinárodnej spolupráce, 5 popularizačných aktivít a prezentované viac ako 160 účastníkom rôznych podujatí vrátane nefomálneho vzdelávania v praxi a formálneho vzdelávania na univerzite.

### Prínos pre prax

Výsledky projektu prispeli k rozvoju zavádzania nových politických mechanizmov a podnikateľských modelov pre lepšie využitie ESL na Slovensku. V rámci participatívneho procesu tvorby Národného lesníckeho programu sa navrhli medzirezortné opatrenia na podporu platieb za ESL. Na úrovni regiónu sa prezentovala možnosť pripraviť regionálnu podpornú schému v rámci všetkých dotknutých sektorov a aktérov (prípadová štúdia Bratislava), alebo koordinovať aktivity smerujúce k posilneniu plnenia a využívania ESL v rámci opatrení verejnej politiky mesta (prípadová štúdia Banská Bystrica, a Tatry). Komunikačné a disemináčnne aktivity sa uskutočňovali počas celého trvania projektu, ale významne boli ovplyvnené koronakrízou. Niektoré aktivity sa odohrávali v online priestore, čo umožňovalo ich záznam a ďalšie zdieľanie. Plánované výstupy boli dosiahnuté až prekročené v každom ukazovateli. Aktivity zamerané na zdieľanie výsledkov pokračujú aj po skončení trvania projektu a v rámci informovanosti prostredníctvom webstránky projektu <http://www.ipoles.sk/testpesles/> a medzinárodnej spolupráce.

**zodpovedný riešiteľ**  
Ing. Sarvašová Zuzana, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Národné lesnícke centrum  
**spoluriešiteľská organizácia**  
Technická univerzita vo Zvolene – Lesnícka fakulta  
**termín riešenia**  
08/2018 – 12/2021  
**finančné prostriedky z APVV**  
249 899 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0232

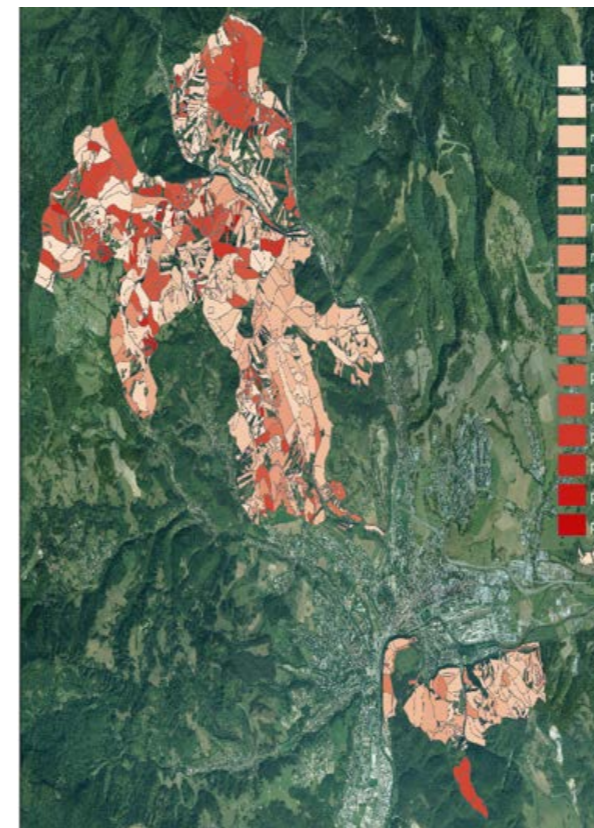


Obr. 1 / Logo projektu TestPESLes

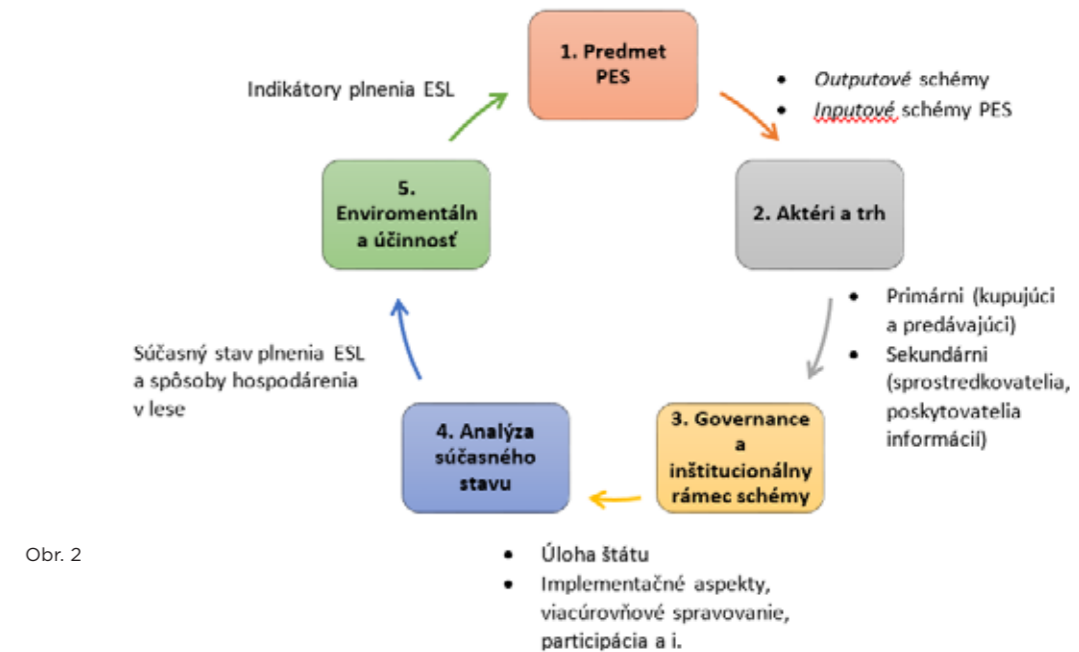
Obr. 2 / Participatívny workshop so zainteresovanými aktérmi v Banskej Bystrici

Obr. 3 / Variant zmeny hospodárenia v mestských lesoch Banská Bystrica podľa priorit záujmových skupín

Obr. 4 / Model návrhu platobných schém za ekosystémové služby lesa (PES)



Obr. 3



Obr. 2



Obr. 4

## Hodnotenie novodobých zmien a vývojových trendov poľnohospodárskej krajiny Slovenska



### Predmet výskumu

Hlavnou motiváciou projektu bolo nedostatočné poznanie novodobých zmien poľnohospodárskej krajiny (PK) a ich dopadov na prírodu a spoločnosť, a to napriek kľúčovej úlohe PK z hľadiska produkcie potravín, poskytovania ekosystémových služieb, ale aj stavu životného prostredia značnej časti obyvateľov Slovenska. Reálne priestorové pôsobenie týchto zmien a zákonitosti v podmienkach Slovenska nevieme dostatočne identifikovať, kvantifikovať ich rozsah, intenzitu a dopady na plnenie základných funkcií a ekosystémových služieb PK. Tiež chýba predikcia vývoja PK v budúcnosti a jeho dopady na štruktúru a funkcie PK. Na tieto otázky sa riešený projekt zamerá.

### Ciele projektu

Hlavným cieľom projektu bolo zhodnotiť rozsah a priestorové rozmiestnenie novodobých zmien využívania poľnohospodárskej krajiny Slovenska, ich trendov a dopadov na plnenie hlavných funkcií poľnohospodárskej krajiny a od nich závislých ekosystémových služieb. Čiastkové ciele:

- Vyvinúť ucelený systém metód, postupov a indikátorov na detekciu, mapovanie a analýzu novodobých zmien využívania PK Slovenska na lokálnej a národnej úrovni,
- Zhodnotiť priestorové rozmiestnenie a rozsah pôsobenia významných zmien a procesov a ich dopadov na plnenie funkcií a ekosystémových služieb PK,
- Navrhnuť opatrenia, nástroje a postupy pre informované a participatívne rozhodovanie a plánovanie udržateľného využívania PK na národnej a miestnej priestorovej úrovni.

### Dosiahnuté výsledky

Hlavným výsledkom projektu je komplexné zhodnotenie zmien využívania PK Slovenska po r. 1990 - ich rozsahu, trendov, rozmiestnenia, dopadov na plnenie funkcií krajiny a poskytovania ekosystémových služieb. Originálnymi črtami projektu sú komplexný prístup s analýzou a hodnotením

prírodných i socio-ekonomických faktorov, dôraz na využitie medzinárodne zavedených indikátorov, analýza trendov vývoja s formulovaním možných budúcich scenárov, prepojenie viacerých priestorových úrovní, kombinácia analytických postupov s empirickými poznatkami a zapojenie zainteresovaných skupín spoločnosti.

V úvodnej fáze sme zhodnotili hnacie sily, tlaky a indikátory zmien PK v medzinárodnom a národnom kontexte, vyhodnotili zmeny PK na národnej úrovni a interpretovali ich ako procesy. Na lokálnej úrovni sme následne urobili analýzu stavu a zmien PK v siedmich modelových územiach v rôznych typoch krajiny. Výsledkom sú krajinnokoekologické štúdie pre každé územie s rozsiahlymi informáciami využiteľnými napr. pre plánovanie ďalšieho rozvoja týchto obcí a regiónov. Na národnej úrovni boli vyhodnotené ekosystémové služby PK. Záverečná fáza bola zameraná na interpretáciu, zovšeobecnenie výsledkov a návrhy - okrem porovnania národných a lokálnych trendov sme formulovali návrhy a opatrenia pre ďalší vývoj PK Slovenska.

Výstupmi projektu je 13 karentovaných a 15 iných recenzovaných publikácií, 1 vedecká monografia v zahraničí a množstvo iných aktivít. Projekt inicioval 14 domácich a zahraničných projektov a rôzne formy medzinárodnej spolupráce. Výsledky a výstupy projektu zabezpečili splnenie hlavného cieľa aj troch čiastkových cieľov.

### Prínos pre prax

**Veda a výskum:** Projekt rozpracoval viaceré aktuálne témy, vyžadujúce rozvoj nových metód hodnotenia, napr. hodnotenie dopadov globálnych megatrendov na PK, environmentálne dopady zmien využívania PK, hodnotenie zmien ekosystémových služieb, negatívne vplyvy urbanizácie, dôsledky klimatickej zmeny, degradácia prírodných zdrojov. Použité metódy môžu byť metodickým prínosom pre ďalší výskum v oblasti ekológie, environmentálnej a pôdohospodárstva. V projekte boli zdokonalené aj tzv. participatívne

### zodpovedný riešiteľ

RNDr. Halada Luboš, CSc.

### riešiteľská organizácia

Ústav krajinnnej ekológie SAV, v. v. i.

### spoluriešiteľská organizácia

Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

### termín riešenia

08/2018 - 12/2022

### finančné prostriedky z APVV

240 223 €

### číslo projektu

APVV-17-0377

metódy výskumu, dôležité pre úspešné zapojenie zástupcov zainteresovaných skupín (stakeholdrov) do výskumu.

**Výchova a vzdelávanie:** Vedecká monografia „A Catalogue of Ecosystem Services in Slovakia“ (Springer 2020) a pripravovaná vysokoškolská učebnica „Poľnohospodárska krajina Slovenska“ budú slúžiť ako didaktické pomôcky na vysokých školách, ale aj ako zdroj poznatkov pre ďalší výskum, projekčnú prax a rozhodovacie procesy.

**Aplikačná prax:** Výsledky sú využiteľné na národnej úrovni napr. pri hodnotení Strategického plánu rozvoja Slovenska a tvorbe nového plánu, pre formulovanie priorít a opatrení Spoločnej poľnohospodárskej politiky. Využiteľné sú aj pre tvorbu regionálnych a lokálnych strategických a plánovacích dokumentov aj pre environmentálne hodnotenie PK. Užívateľmi môžu byť samosprávy, odborné organizácie ochrany prírody a krajiny, pôdohospodárstva, projekčné inštitúcie, ale aj farmári, záujmové organizácie, miestne akčné skupiny a pod.

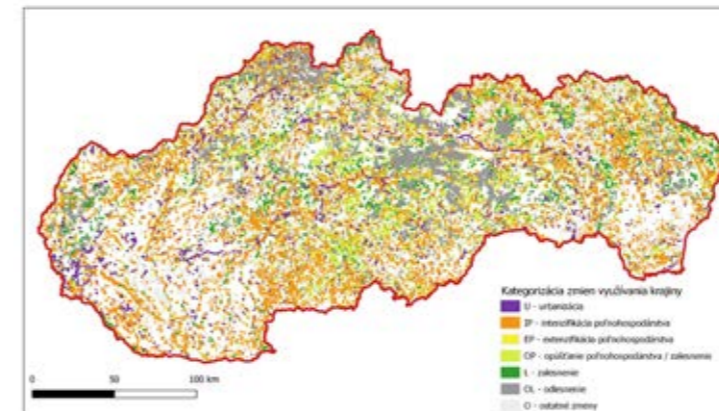
Obr. 1 / Mapa zmien vo využívaní krajiny Slovenska v období 1990 - 2020

Obr. 2 / Zmeny krajiny a jej využívania 1990-2003-2018 na príklade obce Skerešovo

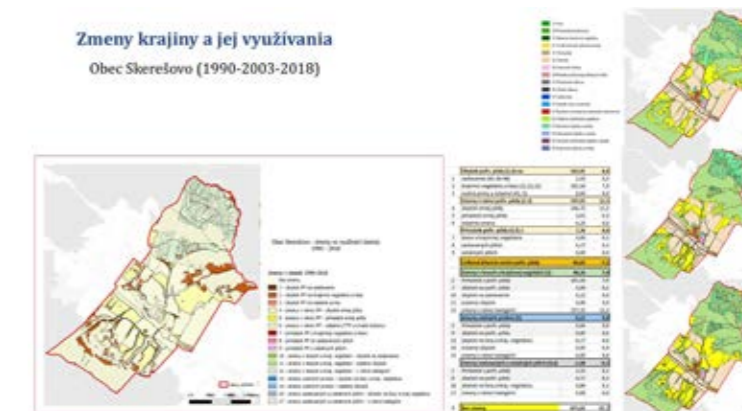
Obr. 3 / Názory respondentov v 7 modelových územiach na príčiny zmien vo využívaní krajiny od roku 1990

Obr. 4 / Celková kapacita krajiny Slovenska pre poskytovanie ekosystémových služieb

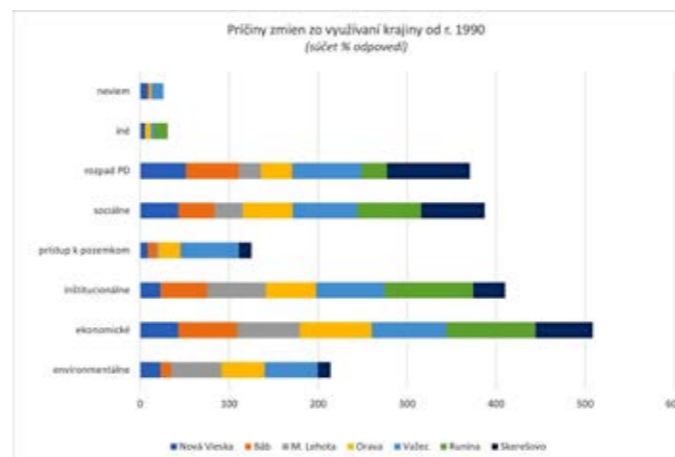
Obr. 5 / Štruktúra návrhov projektu - koncept udržateľného rozvoja vidieckej krajiny Slovenska



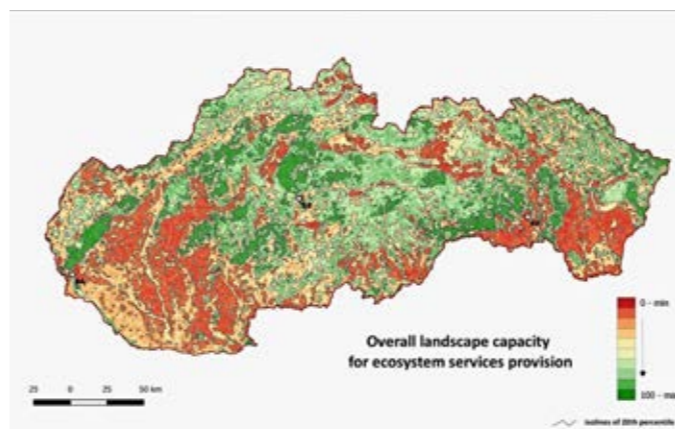
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



# SPOLOČENSKÉ VEDY



## Ústava liberálno-demokratického štátu a radikalizácia politickej kultúry

### Predmet výskumu

Tento projekt skúmal ako môžu ústavy liberálno-demokratických štátov reagovať na radikalizáciu politickej kultúry, ktorej nárast badať tak v tranzitívnych ako aj vo vyspelých demokraciách. Projekt porovnával inštitúty tzv. militantnej demokracie s benevolentným prístupom k politickému radikalizmu. Výskum sa zamerlal predovšetkým na dva hlavné inštitúty militantnej demokracie – trestanie nenávisťných prejavov a rozpúšťanie politických strán. Tieto inštitúty podrobil normatívnej analýze, v rámci ktorej skúmal ich súlad so slobodou prejavu a slobodou politickej súťaže.

### Ciele projektu

V prvej fáze projektu sa výskum orientoval na popis skúmaného problému, teda identifikáciu symptómov a príčin radikalizácie politickej kultúry. V druhej fáze sa výskum zamerlal na rámcovanie, analýzu a obhajobu vybraných riešení skúmaného problému. Riešiteľský kolektív porovnával americký a európsky prístup, represívne a nerepresívne prostriedky ochrany demokracie a hľadal priestor pre ústavnokonformné obmedzenia slobody prejavu a demokratickej politickej súťaže

### Dosiahnuté výsledky

Z formálneho hľadiska riešenie projektu viedlo k publikovaniu troch vedeckých monografií a vyše štyridsiatich časopiseckých alebo zborníkových výstupov. Z obsahového hľadiska riešiteľský kolektív dospel k záveru, že trestanie nenávisťných prejavov a rozpúšťanie politických strán je súladné s ústavou demokratického a právneho štátu, zvlášť ak sa tieto represívne inštitúty chápu ako prostriedky ultima ratio. Vhodné použitie represie nevylučuje použitie nerepresívnych metód (vzdelávanie, diskusia...), ktorých účinok sa však prejavuje až v dlhodobom časovom horizonte. Vhodnosť konkrétneho mixu opatrení proti radikalizmu je závislá od spoločenského kontextu, do ktorého patrí napr. náchylnosť spoločnosti k šíreniu škodlivých stereotypov, historická skúsenosť s holokaustom, pretrvávajúca štrukturálna diskriminácia, záruky nezávislého súdnictva, procesné kódexy favorizujúce slobodu na úkor represie a pod.)

**zodpovedný riešiteľ**  
doc. Mgr. Káčer Marek, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Trnavská univerzita v Trnave – Právnická fakulta  
**termín riešenia**  
08/2018 – 06/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
157 124 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0056

### Prínos pre prax

Viacere zo záverov projektu možno použiť ako kritérium pri výbere štátnych politik, resp. ako návod na ich koncipovanie v legislatívnom procese. Niektoré zo záverov možno použiť aj pri riešení interpretačných problémov vznikajúcich pri stíhaní a trestaní nenávisťných prejavov a pri rozpúšťaní politických strán.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

Obr. 1 / Ludská dôstojnosť: Filozoficko-právna reflexia - obálka monografie

Obr. 2 / Materiálne jadro v slovenskom ústavnom práve - obálka monografie

Obr. 3 / Obmedzovanie slobody prejavu v radikalizujúcej sa spoločnosti - obálka monografie

Obr. 4 / Parlamentná kultúra - obálka zborníka

Obr. 5 / Rozpúšťanie politických strán ako prejav militantnej demokracie - obálka zborníka

## Podpora čitateľskej gramotnosti v materinskom a cudzom jazyku

### Predmet výskumu

Predmetom výskumu bolo rozvíjanie čitateľskej gramotnosti z hľadiska podpory porozumenia čítaného textu v materinskom a cudzom jazyku prostredníctvom intervencie, konkrétne Intervenčného programu čítania s porozumením (IP). Intervencia spočívala v stimulovaní prediktora (pozornosť, pamäť, percepcia, kognitívna štruktúracia, inferenčné myslenie, divergentné myslenie, tolerancia nejednoznačnosti, kritické myslenie), v práci s textom (lineárne a nelineárne texty, extenzívne a intenzívne čítanie) a v podpore rôznych čitateľských stratégií. IP bol zostavený so zámerom pomôcť učiteľom pri príprave žiaka na porozumenie textu.

### Ciele projektu

Hlavným cieľom projektu bolo vytvorenie a overenie IP pre materinský a cudzí jazyk na základe zistenia prediktora čítania s porozumením. V rámci tohto cieľa projektu bolo zohľadnených viacero aspektov: sociologický, lingvistický, metodický a aplikačný vzhľadom na materinský jazyk (slovenský - SJ, maďarský - MdJ) a cudzí jazyk (anglický - AJ, nemecký - NJ, francúzsky - FJ a španielsky - ŠJ). Porozumenie čítaného textu v materinskom jazyku bolo zisťované na úrovni základnej školy - ZŠ (4. a 7.ročník). Porozumenie čítaného textu v cudzom jazyku bolo zisťované na stredných školách - SŠ (3.ročník). Zohľadnená bola aj úroveň ovládania jednotlivých jazykov podľa Spoločného európskeho referenčného rámca pre jazyky. Stanovená úroveň AJ (prvý cudzí jazyk) je A2 a B1, úroveň NJ, FJ a ŠJ (druhý cudzí jazyk) je A2.

### Výskum sa realizoval na troch úrovniach:

1. tvorba a validácia nástroja na zisťovanie čítania s porozumením v materinských a cudzích jazykoch; 2. zisťovanie prediktora čítania s porozumením; 3. tvorba a overovanie modulov IP.

Na výskume participovali ZŠ a SŠ v rámci celej Slovenskej republiky (viac ako 40 ZŠ a 40 SŠ).

### Dosiahnuté výsledky

V prvej etape výskumu sa vytvoril a validoval nástroj na meranie čítania s porozumením. Riešitelia projektu pripravili batériu výskumných metód a zisťovali prediktory čítania s porozumením. Ukazuje sa, že latentné premenné charakterizujúce rodinné zázemie žiaka (emočne-komunikačné prostredie, kultúrny kapitál rodiny) sa javia ako najsilnejšie sociologické prediktory, tolerancia nejednoznačnosti (faktor komplexnosť, novosť) a potreba štruktúry (faktor želanie štruktúry) ako najsilnejšie kognitívno-osobnostné prediktory v AJ, FJ a ŠJ, lexikálna a gramatická kompetencia, jazyková a sociolingválna kompetencia ako jazykové prediktory v NJ, SJ a MdJ.

Na základe prediktora čítania s porozumením bol vytvorený a overovaný IP. Javí sa, že intervencia zameraná na rozvíjanie porozumenia textu v AJ, NJ a ŠJ podporila čítanie s porozumením žiakov, prejavil sa účinok IP ako aj tendencia rastu porozumenia a sila väzby. Na stredných odborných školách bol nárast porozumenia v NJ štatisticky významný, ale tendencia rastu a sila väzby sa neprejavila. Vo FJ sa zistila účinnosť IP, ale aj účinnosť klasického vyučovania, pričom trvácnosť a tendencia rastu porozumenia sa prejavila iba u žiakov, ktorí absolvovali IP. Účinok IP sa prejavil tiež na ZŠ v AJ, SJ a MdJ. V niektorých skupinách sa zistilo, že žiaci potrebujú dlhší časový úsek na prácu s intervenciou.

Vedecká prezentácia výsledkov projektu bola realizovaná v časopisoch v databázach WoS alebo Scopus (viac ako 20), vo vedeckých a odborných časopisoch doma a v zahraničí (viac ako 25), zborníkoch (viac ako 35), monografiách (6) a učebniciach (10). Výsledky projektu boli prezentované na viacerých vedeckých a odborných doma i v zahraničí (Portugalsko, Španielsko, Nemecko, Uzbekistan, Kazachstan, Brazília, a i.), v rôznych vzdelávacích inštitúciách, z ktorých viaceré participovali aj na ich tvorbe a overovaní IP. Významným výsledkom bola aj organizácia medzinárodnej vedeckej konferencie. Do riešenia projektu boli v širokom rozsahu zapojení doktorandi a študenti, ktorí výsledky výskumu analyzovali v záverečných prácach (z toho 8 dizertačných prác).

### zodpovedný riešiteľ

prof. PaedDr. Stranovská Eva, PhD.

### riešiteľská organizácia

Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

### termín riešenia

08/2018 - 12/2022

### finančné prostriedky z APVV

200 000 €

### číslo projektu

APVV-17-0071

### Prínos pre prax

Výsledky projektu sa uplatnili v edukačnom procese na ZŠ, SŠ ako aj VŠ. Vypracovaných a overených bolo 9 modulov IP: AJ (2), NJ (1), FJ (1), ŠJ (1), SJ (2) a MdJ (2). Jednotlivé moduly IP sú publikované v učebniciach. Moduly IP nachádzajú uplatnenie aj v hospodárskej sfére, pretože IP pripravuje budúcich zamestnancov na komunikáciu v cudzom jazyku v rôznych pracovných sférach. V rámci projektu boli vyškolené desiatky učiteľov z celého Slovenska na aplikáciu IP v školskej praxi. Na základe uskutočnených testových meraní a pozorovaní bol zistený pozitívny dopad programu na porozumenie textov žiakmi.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

Obr. 1 / Workshop Intervenčného programu čítania s porozumením pre učiteľov slovenského jazyka

Obr. 2 / Aplikácia Intervenčného programu čítania s porozumením pre slovenský jazyk v primárnom vzdelávaní - ukážka práce učiteľa so žiakmi

Obr. 3 / Workshop riešiteľského tímu

Obr. 4 / Vybraný súbor učebníc Intervenčného programu čítania s porozumením



Obr. 4

## Tvorba vedeckých informácií na podporu politik trhu práce

### Predmet výskumu

Tvorba vedeckých informácií na podporu politik trhu práce

### Ciele projektu

Hlavným cieľom projektu je podpora tvorby politik v oblasti trhu práce prostredníctvom relevantných vedeckých informácií. Tento cieľ bol, v súlade s projektovým návrhom, naplnený v dvoch tematických oblastiach/aktivitách projektu:

- I. Vyhodnocovanie dopadov opatrení aktívnej politiky trhu práce (AFTP)
- II. Modelovanie ponuky práce pomocou mikrosimulačného modelu

### Dosiahnuté výsledky

V rámci projektu boli vypracované štúdie dopadov jednotlivých opatrení AFTP na Slovensku. Konkrétne vzdelávacieho programu REPAS, Absolventskej praxe, Aktivačných prác a Aktivačných prác formou dobrovoľníckej služby. Identifikácia dopadov účasti v týchto opatreniach na úspešnosť účastníkov na trhu práce využíva administratívne dáta poskytnuté Ústredím práce, sociálnych vecí a rodiny (ÚPSVaR).

V rámci tejto aktivity projektu boli tiež vytvorené automatizované reporty vyhodnocujúce dopady celkovo desiatich opatrení AFTP na základe vzorky účastníkov z roku 2017. Reporty sú generované automaticky na základe údajov ÚPSVaR a databázy politik trhu práce administrovanej Európskou komisiou.

Účinnosť opatrení je definovaná dopadom na absenciu z registra nezamestnaných osôb. Kvantifikovaná je kvázi-experimentálnym prístupom, porovnaním výsledkov účastníkov a ex-post vybranej kontrolnej skupiny počas obdobia troch rokov po účasti na opatrení.

Okrem aplikovaných výstupov boli v tejto tematickej oblasti projektu publikované články vo vedeckých časopisoch, konkrétne v Journal of Applied Econometrics, The Econometrics Journal, či Econometrics and Statistics.

V rámci druhej aktivity prebiehal vývoj dynamického mikrosimulačného modelu SLAMM. Ide o model slovenskej ponuky práce, ktorý umožňuje simulovať vývoj ponuky práce v detailnom členení podľa pohlavia, veku, vzdelania, či statusu na trhu práce. Ide o nástroj modelujúci dopady starnutia na trh práce.

Dokumentácia modelu bola publikovaná v časopise Medzinárodnej mikrosimulačnej spoločnosti. Publikovaných bolo aj viaceré aplikácie modelu. V rámci tejto aktivity sa publikovali vedecké články v impaktovaných časopisoch, konkrétne v Eastern European Economics, International Journal of Microsimulation, International Journal of Comparative Sociology, či Ekonomickom časopise.

### Prínos pre prax

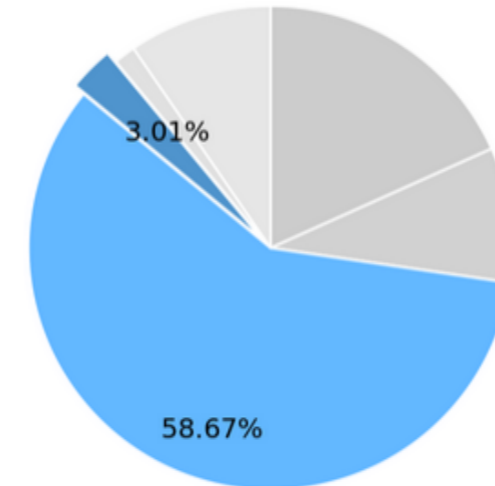
Okrem automatizovaných reportov mapujúcich účinnosť nástrojov AFTP boli v rámci projektu vypracované aj detailnejšie dopadové štúdie jednotlivých nástrojov. Napríklad pri vyhodnotení programu REPAS sme navrhli metodiku a odhadli účinnosť pre Inštitút sociálnej politiky Ministerstva práce, sociálnych vecí a rodiny (ISP). Výsledky boli publikované v komentári ISP „Kto chce žať, musí siať“, aj v rámci vedeckého článku v zahraničnom impaktovanom časopise Labour.

Na základe požiadavky odberateľa výstupov projektu, ÚPSVaR, bola vytvorená metodika vyhodnocovania výkonnosti regionálnych Úradov práce.

**zodpovedný riešiteľ**  
Mgr. Mgr. Štefánik Miroslav, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Ekonomický ústav SAV, v. v. i.  
**spoluriešiteľské organizácie**  
Univerzita Komenského v Bratislave – Filozofická fakulta  
Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici  
– Fakulta prírodných vied  
**termín riešenia**  
08/2018 – 12/2021  
**finančné prostriedky z APVV**  
160 000 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0329

V prípade tvorby mikrosimulačných modelov boli dve verzie mikrosimulačného modelu využité aj v rámci spolupráce s deciznou sférou. Riešitelia pomocou modelu generovali predikcie na základe vyžiadania Útvaru hodnoty za peniaze pri tvorbe revízií výdavkov s názvom „Zamestnanosť a mzdy vo verejnej správe,..“ Druhá, dlhodobejšia, spolupráca bola nadviazaná s Inštitútom vzdelávacej politiky pri Ministerstve školstva, vedy výskumu a športu (IVP), kde riešitelia projektu vytvorili mikrosimulačný nástroj na predikovanie počtu študentov a dopytu po učiteľoch na regionálnej úrovni. Výsledky prognózy boli publikované v komentári IVP „Prognóza počtu žiakov a učiteľov podľa okresov do roku 2030“. K danému mikrosimulačnému modelu riešitelia projektu poskytli aj školenia, ktoré zaručujú jeho využitie pracovníkmi IVP aj po skončení projektu.

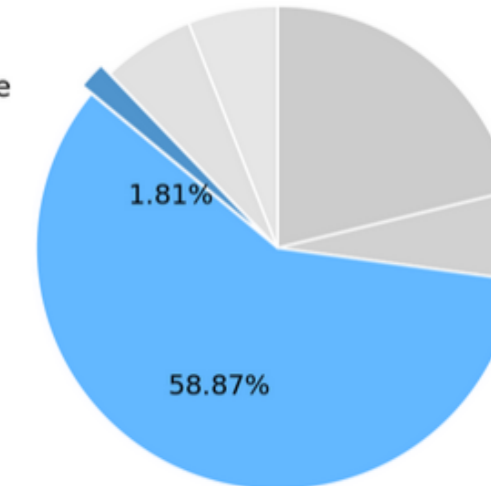
## Účastníci



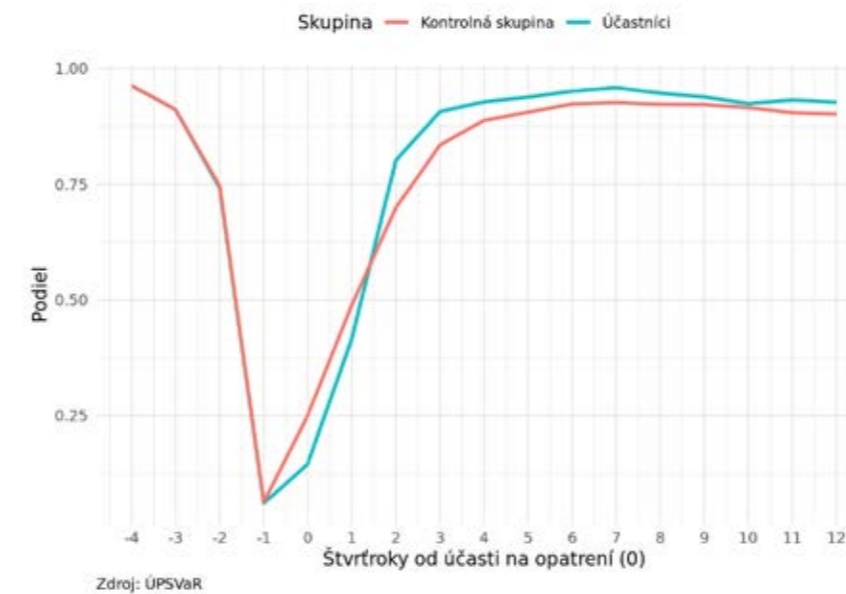
## Klasifikácia LMP a nástrojov

- Chránené a podporované zamestnávanie a rehabilitácia
- Podpora tvorby pracovných miest
- Stimuly k zamestnávaniu
- Stimuly k zamestnávaniu: Príspevok na vykonávanie absolventskej praxe
- Stimuly pre novovzniknuté podniky
- Vzdelávanie

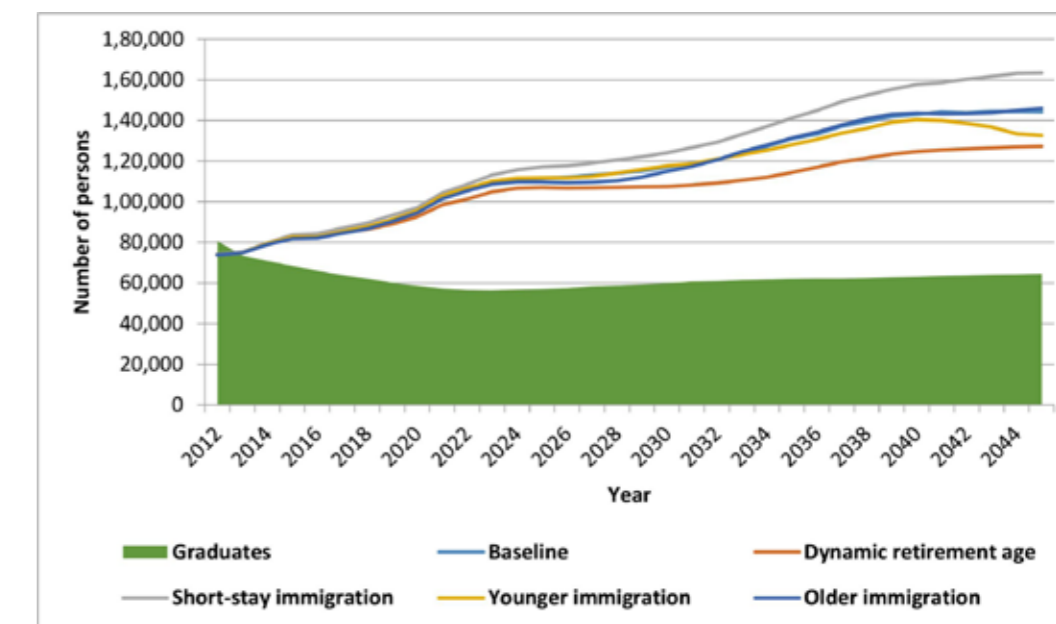
## Výdavky



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

Obr. 1 / Zdroje programu Príspevok na vykonávanie absolventskej praxe počas 2017. Zdroj: Labour Market Policy Database/grafy z automatizovaných reportov

Obr. 2 / Podiel účastníkov a kontrolnej skupiny mimo evidencie nezamestnaných UoZ (proxy pre mieru zamestnanosti)  
Zdroj: ÚPSVaR/graf z automatizovaných reportov

Obr. 3 / Dlhodobý vývoj ponuky práce na Slovensku  
Zdroj: Eurostat / EUROPOP / Model SLAMM

## Ľudsko-právne a etické aspekty kybernetickej bezpečnosti

### Predmet výskumu

Vedeckovýskumná činnosť realizovaná v rámci projektu sa sústreďovala na problematiku informačnej a kybernetickej bezpečnosti, ktorá predstavuje dôležitý verejný záujem nielen na národnej úrovni, ale aj európskej. Význam skúmanej problematiky je neustále potvrdzovaný stúpajúcim počtom kybernetických útokov vedúcich k bezpečnostným incidentom ovplyvňujúcich nielen štát a jeho služby, ale aj život bežných občanov. Náročnosť skúmanej oblasti viedla k vytvoreniu riešiteľského kolektívu zloženého z odborníkov z oblasti práva, informatiky a matematickej štatistiky, čoho cieľom bolo poskytnúť interdisciplinárny a komplexný pohľad na informačnú a kybernetickú bezpečnosť a jej právnu reguláciu.

### Ciele projektu

Definované ciele projektu zahŕňali vytvorenie ľudsko-právneho a etického rámca pre preventívne, reaktívne a výskumné činnosti v oblasti informačnej a kybernetickej bezpečnosti ako aj určenie miery dopadu ľudsko-právneho a etického rámca na operatívne a výskumné činnosti v oblasti informačnej a kybernetickej bezpečnosti.

### Dosiahnuté výsledky

Dosiahnuté výsledky riešiteľského kolektívu spočívajú v posúdení právnych a etických aspektov vytvárania bezpečnostného povedomia, rozsahu a oprávnenosti monitorovania kybernetických bezpečnostných hrozieb prostredníctvom bezpečnostných zariadení, testovania kybernetických bezpečnostných zraniteľností informačných systémov, ako aj vytvorenie kooperácie tímov v oblasti zdieľania bezpečnostných kybernetických incidentov a iných údajov (preventívne činnosti). Vo vzťahu k samotnému riešeniu kybernetických bezpečnostných incidentov (reaktívne činnosti) sa riešitelia zamerali na otázky uchovávaní údajov o kybernetických bezpečnostných incidentoch a možnostiach ich analýzy s ohľadom na ochranu jednotlivca pred zásahom do jeho práv v kybernetickom prostredí. V tejto súvislosti

bola skúmaná možnosť aktívnej obrany voči pôvodcovi kybernetického bezpečnostného útoku, ako aj realizácia digitálnej forenzej analýzy. Súčasne bol analyzovaný vplyv daného prostredia na štatistické metódy, metódy strojového učenia a hĺbkovej analýzy údajov v rámci výskumných, ale aj operatívnych činností v oblasti kybernetickej bezpečnosti. Posúdené boli aj otázky nutnosti anonymizácie, resp. pseudoanonymizácie údajov, použitie údajov získaných v rámci operatívnych činností v rámci výskumných činností a pod. Taktiež bola za účelom kvantifikácie vplyvu ľudsko-právneho a etického rámca na efektivitu operatívnych a výskumných činností v oblasti kybernetickej bezpečnosti zo štatistického a ekonomického hľadiska porovnaná informativnosť zozbieraných dát pre kybernetickú bezpečnosť a boli analyzované informačné straty z údajov, ktoré nie je možné z etických alebo ľudsko-právnych dôvodov zbierať a používať na analýzu.

### Prínos pre prax

Výsledky dosiahnuté v rámci projektu majú vzhľadom na vysokú aktuálnosť skúmanej problematiky výrazný potenciál uplatniteľnosti vo viacerých oblastiach, a to:

1. v ďalšom vedeckom výskume právnej úpravy kybernetickej bezpečnosti, u ktorej možno vzhľadom na jej povahu predpokladať jej ďalšie budúce novelizácie;
2. v aplikačnej praxi – konkrétny spôsob využitia výsledkov projektu je viditeľný predovšetkým v operatívnej činnosti vládnej jednotky CSIRT.SK a akademickom bezpečnom tíme CSIRT-UPJS. Osobitne významným aplikačným výstupom je aj príspevok časti riešiteľského kolektívu k diskusii o novelizácii právnej úpravy, a to zákona č. 69/2018 Z. z. o kybernetickej bezpečnosti, k obsahu ktorej bolo vypracované odborné stanovisko reprezentujúce expertné zhodnotenie návrhu predloženej novely, ktoré bolo predložené zákonodarcovi na posúdenie v rámci prebiehajúceho legislatívneho procesu;

**zodpovedný riešiteľ**  
doc. JUDr. Dobrovičová Gabriela, CSc.  
**riešiteľská organizácia**  
Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach  
**termín riešenia**  
08/2018 – 12/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
209 708 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0561

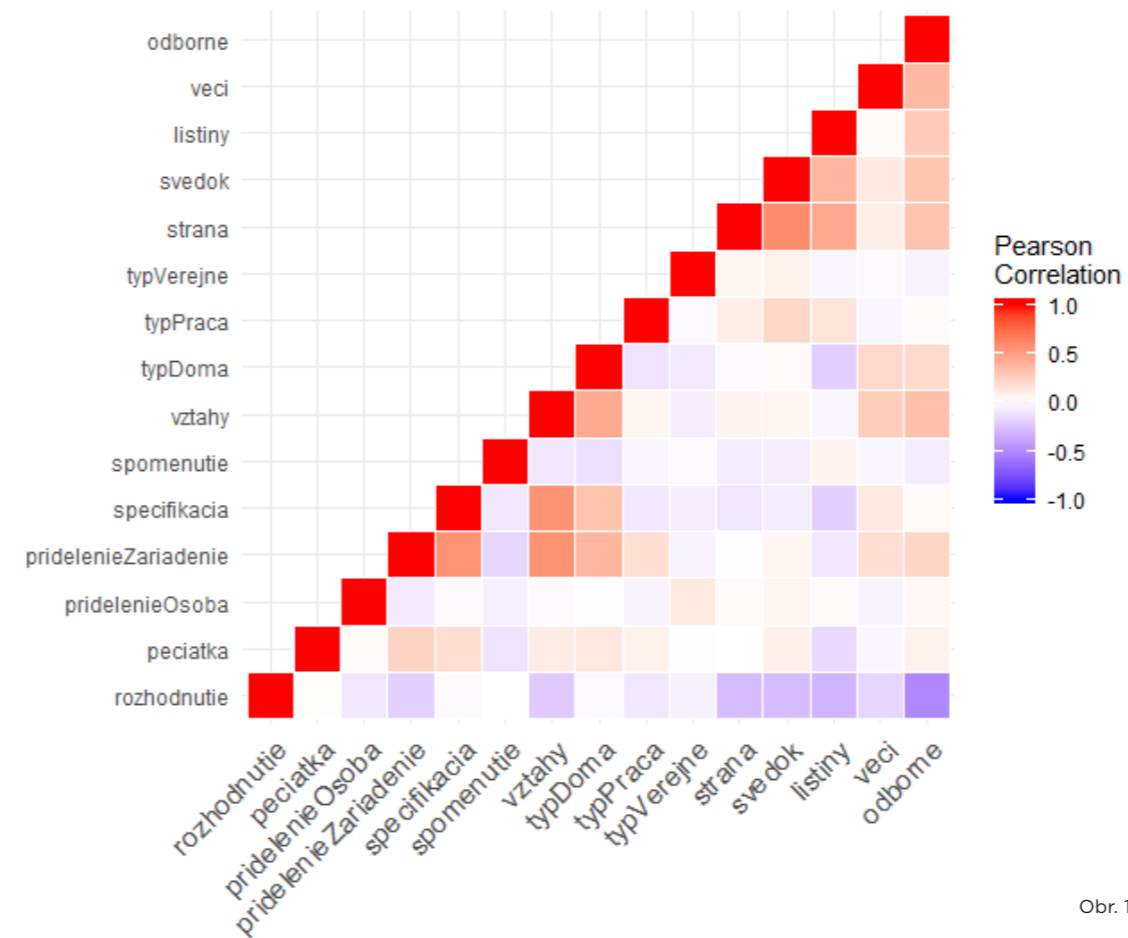
3. v pedagogickom procese, a to predovšetkým zaradením tém spadajúcich do rámca problematiky kybernetickej bezpečnosti do výučby, napr. v rámci predmetu Úvod do práva informačných a komunikačných technológií vyučovaného na Právnickej fakulte UPJŠ, ako aj organizáciou osobitných vzdelávacích podujatí, kam patrí napr. Letná škola kyberkriminality pravidelne organizovaná členmi riešiteľského kolektívu zameriavajúca sa na študentov práva a informatiky zo slovenských i českých univerzít, ktorej cieľom je vytvorenie priestoru pre kooperáciu študentov pri riešení technických a právnych problémov v oblasti kybernetickej bezpečnosti;
4. v popularizácii témy vo vzťahu k odbornej i laickej verejnosti na rôznych podujatiach.

Obr. 1 / Analýza súdnych rozhodnutí obsahujúcich IP adresy ako digitálne stopy v trestných veciach.

Riešitelia sa v rámci projektu zamerali aj na súdne rozhodnutia obsahujúce IP adresu ako digitálnu stopu v trestných veciach. Výsledky ich úsilia boli publikované v medzinárodnom časopise Forensic Science International: Digital Investigation. Na obrázku je zobrazená tzv. heatmapa popisujúca vzťah medzi jednotlivými atribútmi súdnych rozhodnutí.

Obr. 2 / Letná škola kyberkriminality 2020  
Popis: V rámci projektu sa organizovala aj Letná škola kyberkriminality, ktorá jedinečným spôsobom spája oblasť informačnej a kybernetickej bezpečnosti a najmä trestného a IT práva. Letná škola je zameraná na riešenie kybernetických incidentov a vyšetrovanie kybernetickej kriminality. V rámci projektu slúžila ako priestor pre posun výsledkov projektu do vzdelávacieho procesu.

Obr. 3 / Workshop: Riešitelia APVV projektu na workshope Transforming Privacy Law into Practice v Oxforde)



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



## Zefektívnenie právnej úpravy verejného obstarávania a jej aplikácie v kontexte práva Európskej únie

### Predmet výskumu

Podstatná časť verejných investícií je použitá prostredníctvom verejného obstarávania (okolo 2 triliónov EUR za rok, čo predstavuje 14% EÚ HDP), pričom kvalita verejných služieb závisí od moderného, dobre manažovaného a efektívneho obstarávania. Skvalitnenie procesov verejného obstarávania môže priniesť veľké úspory: dokonca aj zvýšenie efektívnosti o 1% by mohlo ušetriť 20 miliárd EUR ročne. Verejný sektor môže použiť verejné obstarávanie na zvýšenie zamestnanosti, zdroj rastu a investícií a vytvoriť hospodárstvo, ktoré je inovatívnejšie, efektívne využívajúce zdroje a energiu a je sociálnejšie a inkluzívnejšie.

Boli identifikované tri kľúčové okruhy problémov aplikačnej praxe prejavujúce sa v rôznych fázach procesov verejného obstarávania (príprava, obstarávanie, realizácia zákazky, kontrolné a revízne mechanizmy).

### Ciele projektu

Hlavným cieľom projektu bolo vypracovať konkrétne návrhy zlepšenia právnej úpravy v oblasti verejného obstarávania pre aplikačnú prax, a teda na základe výsledkov výskumu poskytnúť rámcové i konkretizované legislatívne návrhy v oblasti právnej úpravy verejného obstarávania v Slovenskej republike, ako aj právnej úpravy Európskej únie.

### Čiastkovými cieľmi je bolo poskytnutie návrhov a odporúčaní v troch základných okruhoch otázok:

1. súťažné podklady a súťažné podmienky,
2. deformity trhu spôsobené verejnoprávnymi subjektami
3. procesy vo verejnom obstarávaní.

Komplementárnym cieľom projektu bolo identifikovanie zlyhaní súčasnej slovenskej zákonnej úpravy a právnej úpravy verejného obstarávania Európskej únie.

### Dosiahnuté výsledky

Cieľ projektu bol naplnený nasledujúcimi spôsobmi:

#### A. Návrhy de lege ferenda obsiahnuté

- a) v správe pre Úrad pre verejné obstarávanie
- b) v jednotlivých publikáciách, ktoré boli priložené k danej správe a boli publikované v rámci projektu

#### B. Pripomienkovanie legislatívnych návrhov v priebehu trvania projektu.

V rámci prvého čiastkového cieľa boli vypracované návrhy zmluvných vzorov.

V rámci druhého čiastkového cieľa boli vypracovaný návrh usmernení o štátnej pomoci a verejnom obstarávaní. V rámci tretieho čiastkového cieľa bolo publikovaných množstvo diel s návrhmi de lege ferenda týkajúcich sa procesov vo verejnom obstarávaní, nezávislosti ÚVO a PMÚ SR, uplatňovania princípov verejného obstarávania, vzťahu hospodárskej súťaže a verejného obstarávania, environmentálnych a sociálnych aspektov verejného obstarávania a účasti malých a stredných podnikov na verejnom obstarávaní, právnej úpravy registra partnerov verejného sektora, účinnosť sankcií a právnych následkov porušenia pravidiel verejného obstarávania, ako aj spracované pripomienky k legislatívnym návrhom. V rámci tejto časti výskumu reagoval aj na otázky vyvolané pandemiou COVID-19.

### Prínos pre prax

Výskumný tím projektu pripravil pre Úrad pre verejné obstarávanie (ÚVO) oponovanú výskumnú správu, ktorá predstavuje sumarizáciu zásadných zistení z priebehu riešenia projektu.

Táto správa prináša návrhy na zlepšenie právnej úpravy v rôznych aspektoch verejného obstarávania, pripraviť návrhy metodiky pre vyhodnotenie vzťahu štátnej pomoci a verejného obstarávania a zmluvné vzory, ktoré môžu pomôcť verejným obstarávateľom pri definovaní niektorých typov zákaziek.

### zodpovedný riešiteľ

doc. JUDr. Blažo Ondrej, PhD.

### riešiteľská organizácia

Univerzita Komenského v Bratislave - Právnická fakulta

### termín riešenia

08/2018 - 12/2021

### finančné prostriedky z APVV

170 550 €

### číslo projektu

APVV-17-0641

Ďalej sa správa zameriava na dva aspekty hodnotenia aktuálnej právnej úpravy a návrhy de lege ferenda, konkrétne práva úprava registra partnerov verejného sektora a sekundárne politiky vo verejnom obstarávaní (s osobitným dôrazom na zelené verejné obstarávanie). Napokon sa správa zameriava na návrhy a usmernenia pre verejných obstarávateľov, konkrétne usmernenia týkajúce sa vzťahu verejného obstarávania a štátnej pomoci, ako aj vzorové zmluvné podmienky.

Na základe zmluvy medzi ÚVO a PraF UK sa PraF UK, inter alia, zaviazala vypracovať konkrétne návrhy na zlepšenie právnej úpravy v oblasti verejného obstarávania pre aplikačnú prax, a teda na základe výsledkov výskumu poskytnúť rámcové i konkretizované legislatívne návrhy v oblasti právnej úpravy verejného obstarávania v SR, ako aj právnej úpravy EÚ, a to v rámci osobitnej správy pre ÚVO alebo súboru článkov a iných vedeckých prác a prezentácií v rámci konferencií, a ÚVO sa zaviazalo v prípade reálnej aplikovateľnosti výsledkov riešenia zabezpečiť ich využitie v praxi v oblasti svojej pôsobnosti, a to pri rešpektovaní platnej legislatívy v rámci svojej činnosti.

Obr. 1 / Obálka monografie "Sekundárne ciele verejného obstarávania"

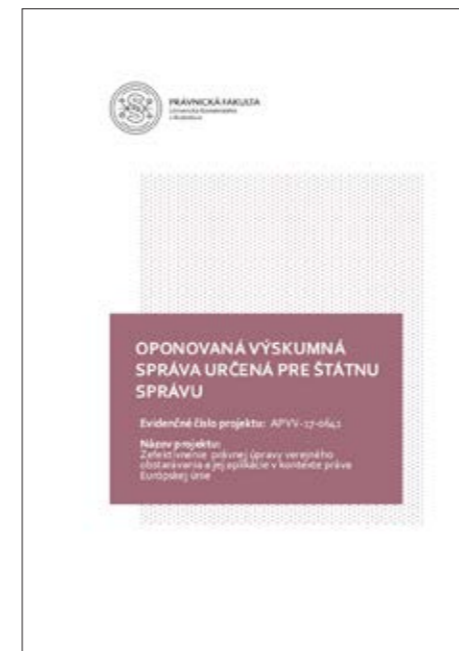
Obr. 2 / Obálka monografie "Harmonizácia pravidiel verejného obstarávania v práve medzinárodného obchodu"

Obr. 3 / Úryvok tlačovej správy o spolupráci PraF UK a ÚVO. Zdroj: TASR: <https://www.teraz.sk/slovensko/verejne-obstaravanie-sa-od-jesene/342248-clanok.htm>

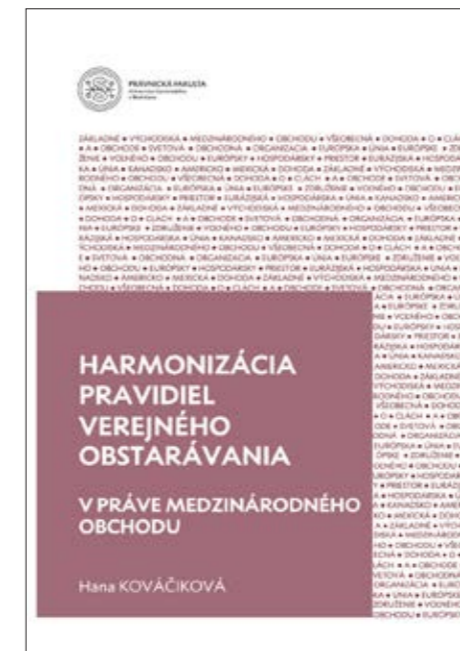
Obr. 4 / Obálka "Oponovanej výskumnej správy určenej pre štátnu správu" predloženej Úradu pre verejné obstarávanie



Obr. 1



Obr. 4



Obr. 2



Spravodajský portál Tlačovej agentúry Slovenskej republiky

< sekcia Slovensko

## Verejné obstarávanie sa od jesene stane súčasťou vedy



- 5.8.2018

**Projekt ÚVO a Právnickej fakulty Univerzity Komenského je pokračovaním spolupráce, ktorú obe strany nadviazali v januári tohto roka.**

Autor: TASR  
12. augusta 2018 12:58

Bratislava 12. augusta (TASR) - Úrad pre verejné obstarávanie (ÚVO) a Právnická fakulta Univerzity Komenského v Bratislave budú od jesene spolupracovať na spoločnom projekte. Agentúra na podporu výskumu a vývoja vybrala a schválila financovanie ich spoločného projektu s názvom Zefektívnenie právnej úpravy verejného obstarávania a jej aplikácie v kontexte práva Európskej únie. TASR o tom informovala hovorkyňa ÚVO Janika Zvončeková.

"Naším zámerom je pozrieť sa na našu legislatívu inak, komplexne, po prvý raz v tejto oblasti prepojiť prax s vedou a výskumom. A keďže sme v európskom priestore, v kontexte európskeho práva budeme hľadať ďalšie návrhy na vyčistenie našej legislatívy," vysvetlil predseda ÚVO Miroslav Hivák.

Obr. 3

# HUMANITNÉ VEDY



## Komentár ku Knihe žalmov II a III

### Predmet výskumu

Projekt spočíval vo vytvorení vedeckého komentára ku Knihe žalmov, ktorý obsahuje preklady žalmov z hebrejskej pôvodiny a z gréckeho prekladu (Septuaginty), filologické a textové poznámky ku každému prekladu, súčasný odborný komentár, rabínsky komentár, patristický komentár a komentár klasickej spirituality k jednotlivým veršom a výrazom, analýzu formy, žánru a štruktúry daného žalmu, teologickú, liturgickú a pastoračnú aplikáciu každého žalmu. Výstup projektu bude aplikovaný v školách so zameraním na teológiu a náboženskú výchovu ako vzdelávací materiál, v cirkevných a náboženských inštitúciách na duchovné a kultúrne obohatenie, aj ako podklad k štúdiu semitských jazykov, klasickej filológie, slovenskej filológie, starovekej a stredovekej histórie, filozofie a teológie.

### Ciele projektu

Cieľom projektu bolo preložiť a okomentovať jednotlivé žalmy po jazykovednej, teologickej a pastoračnej stránke tak, aby im lepšie rozumeli odborníci aj široká verejnosť. Výsledkom tejto vedecko-výskumnej činnosti sú preklady žalmov z hebrejskej pôvodiny a z gréckeho prekladu (Septuaginty), filologické a textové poznámky ku každému prekladu, súčasný odborný komentár, rabínsky komentár, patristický komentár a komentár klasickej spirituality k jednotlivým veršom a výrazom, analýza formy, žánru a štruktúry daného žalmu, teologická, liturgická a pastoračná aplikácia žalmu.

### Dosiahnuté výsledky

Za 4 roky členovia riešiteľského tímu publikovali 8 monografií a 17 štúdií v domácich a zahraničných karentovaných časopisoch, v spolupráci so Slovenským rozhlasom a rozhovory v podobe aplikačných výstupov vyšli na 2 CD. Členovia tímu APPV- Komentáre k žalmom na základe spolupráce na tomto projekte utvorili dva nové riešiteľské tímy, ktoré sformulovali dva nové projekty a ktoré boli podané na zhodnotenie v APVV. Aplikačné výstupy projektu sa postupom

času objavujú v médiách ako Slovenský rozhlas, TV Lux, Rádio Lumen, Rádio Mária a iné. Zároveň sa ukázalo dôležité prepojenie projektu s prebiehajúcim projektom židovsko-kresťanského dialógu na Slovensku. V roku 2017 bol projekt ocenený cenou Dominika Tatarku a v roku 2023 cenou Fides et Ratio.

### Prínos pre prax

Výstup projektu má byť aplikovaný v školách so zameraním na náboženskú výchovu ako základný vzdelávací materiál, ale aj v cirkevných a rôznych denominačných náboženských inštitúciách na vedecké, duchovné a kultúrne obohatenie, aj ako podklad k štúdiu semitských jazykov, klasickej filológie, slovenskej filológie, starovekej histórie, filozofie a teológie, a v neposlednom rade aj podpore ekumenického a medzináboženského dialógu. Celý projekt prebiehal v predpokladanej nadväznosti v dialogickej forme pluralitného premýšľania a formovania jednotnej lexiky a konfesiónálnych vyjadrení v duchu ekumenizmu. Komentáre sa postupom času stanú povinnou súčasťou formačného kurikula budúcich reprezentantov ako Katolíckej, tak aj protestantských cirkvi, teda kňazov, pastorov, katechetov, seminaristov, formačných lídrov aj zo strany židov, teda rabínov. Oslovení teológovia kresťanských denominácií rátajú s týmito komentármi pri započatí práci tvorby nových dogmatických traktátov, ktoré by vychádzali z týchto najnovších vedeckých poznatkov.

**zodpovedný riešiteľ**  
ThLic. doc. Lichner Miloš, PhD.  
**riešiteľská organizácia**  
Trnavská univerzita v Trnave – Teologická fakulta, Bratislava  
**termín riešenia**  
08/2018 – 12/2022  
**finančné prostriedky z APVV**  
200 000 €  
**číslo projektu**  
APVV-17-0001



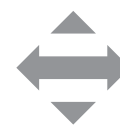
Obr. 1



Obr. 2

Obr. 1 / Odovzdanie prvej časti komentára pápežovi sv. otcovi Františkovi

Obr. 2 / Celá rada komentárov k Starému a Novému zákonu



SLOVAK RESEARCH  
AND DEVELOPMENT  
AGENCY

titul	Výskumné projekty s vynikajúcou úrovňou
vydavateľ	Agentúra na podporu výskumu a vývoja, Mýtna 23, 811 07 Bratislava <a href="http://www.apvv.sk">www.apvv.sk</a> , <a href="mailto:agentura@apvv.sk">agentura@apvv.sk</a>
rok vydania	2023
dizajn a DTP	Creatívna agentúra RICHIE.. s. r. o., Richard Kučera Guzmán
ISBN	

Publikácia bola vydaná aj v anglickej mutácii.