



**FAKULTA EKOLÓGIE A
ENVIRONMENTALISTIKY**
TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE



DREVÁRSKA FAKULTA
TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE



FAKULTA TECHNIKY
TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Environmentálne vplyvy drevných kompozitov s obsahom recyklovaných plastov na vodné prostredie

Helena Hybská - Dagmar Samešová - Iveta Čabalová - Jozef Krilek

Fakulta ekológie a environmentalistiky, katedra Environmentálneho inžinierstva,

Drevárska fakulta, katedra Chémie a chemických technológií,

Fakulta techniky, katedra Environmentálnej a lesníckej techniky

Technickej univerzity vo Zvolene

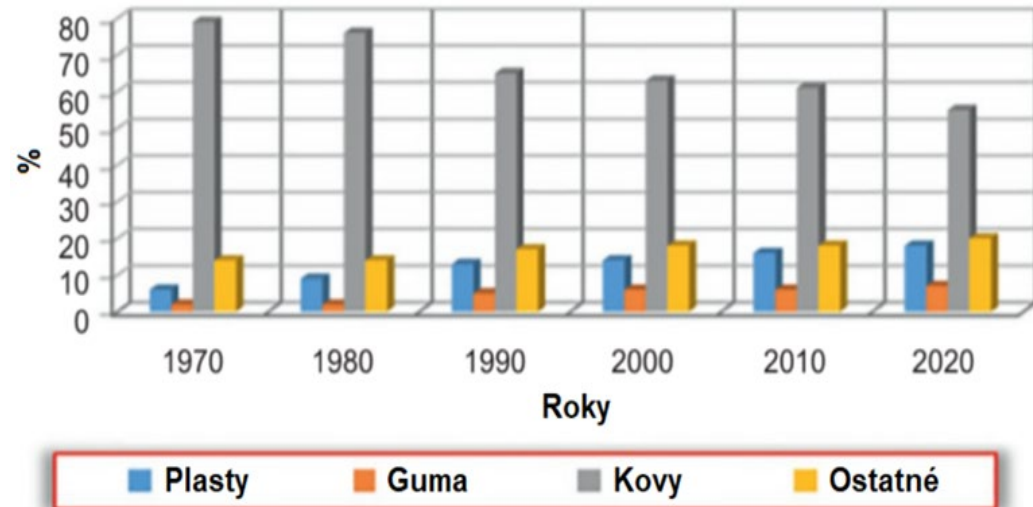
Obsah

- Odpadové plasty a odpadová guma
- Drevotriekové dosky – kompozity s obsahom odpadov
- Príprava vodných výluhov
- Stanovenie vybraných fyzikálno-chemických vlastností
- Ekotoxikologické testovanie
- Zhodnotenie

Združenie UNIVNET:

- univerzitnú a priemyselnú výskumno-edukačnú platformu recyklujúcej spoločnosti (UNIVNET) tvorí päť univerzít a Zväz automobilového priemyslu s cieľom je vytvoriť Národnú platformu pre recyklačné technológie v oblasti automobilového priemyslu.

Projekt APVV: Valorizácia odpadových polymérov z automobilového priemyslu pre produkciu priemyselne zaujímavých kompozitov s vylepšenými vlastnosťami



Obr. % podiel materiálov použitých v automobiloch

(GREENE, J. P. 2021. Automotive Plastics and Composites: Materials and Processing. UK: William Andrew Publishing, 2021. ISBN 978-0-12-818008-2).

Guma je elastický materiál vyrobený vulkanizáciou prírodného kaučukovníka alebo synteticky (z ropných produktov): pneumatiky.

Plasty - umelé polymérne materiály vytvorené chemickou úpravou ropy, zemného plynu alebo biomasy: palivové nádrže (polyetylén - PE), nárazníky – PP(polypropylén), (lakované a nelakované), tesnenia a koberce, odpadové káble (horľavé a nehorľavé)...



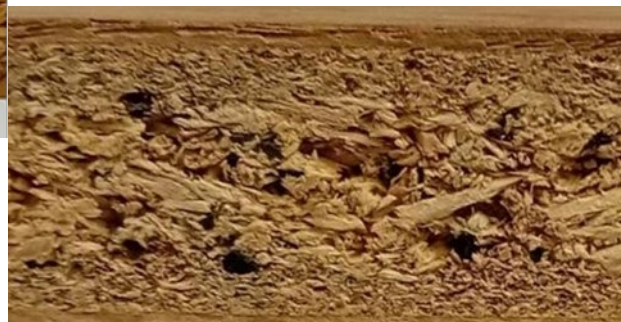
Trojvrstvové drevotrieskové dosky

Vzorky obsahovali 10 %:

- odpadového gumového a plastového granulátu v strednej vrstve.



Označenie vzorky	Zloženie drevotrieskových dosiek
DTD	čistá drevotriesková doska
P10	DTD s obsahom granulátu z odpadových pneumatík
TK10	DTD s obsahom granulátu z odpadových tesnení a kobercov
LN10	DTD s obsahom granulátu z odpadových lakovaných nárazníkov
NN10	DTD s obsahom granulátu z odpadových nelakovaných nárazníkov
PN10	DTD s obsahom granulátu z nádrží na odpadové palivo
KVN10	DTD s obsahom granulátu z odpadových nehorľavých káblov
KSH10	DTD s obsahom granulátu z odpadových horľavých káblov
P10G10	DTD s obsahom granulátu z odpadových pneumatík a grafitu
TK10G10	DTD s obsahom granulátu z odpadových tesnení, kobercov a grafitu



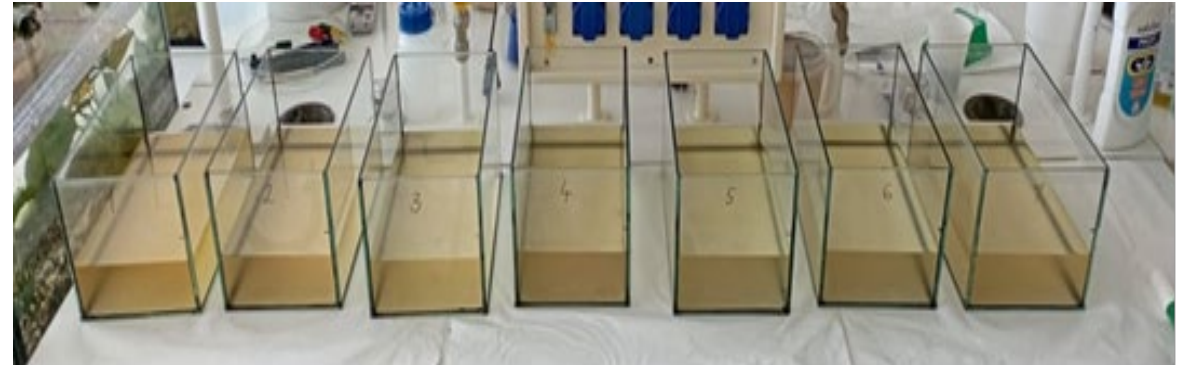
Výroba vzoriek DTD

- v jadrovej vrstve boli drevené častice veľkosti 0,25 - 4,0 mm
- v povrchovej vrstve jemnejšie častice (0,25 -1,0 mm)
- plasty boli drvené na granule (drvič plastov DP 11–240/350 -Profing, SK) na veľkosť častíc (1 - 4 mm) s preosiatím na AS 200 digit cA, Retsch
- spojivo bola močovinoformaldehydová (UF) živica (Kronores CB 1100 F) s obsahom pevných látok 67,1 %, viskozitou 460 mPa.s a dobou gélovatenia 55 sekúnd s pH 8,6
- vytvrdzovanie: tvrdidlo NH_4NO_3 s konc. 47 hm. % + 30 % parafínovou emulziou na zlepšenie vodeodolnosti a trvanlivosti konečného výrobku
- výrobný proces sa riadil technológiou výroby DTD (v. Mancel et al., Utilization of Waste Rubber Materials After the End of Their Life Cycle in the Production of Three-Layer Particleboards—Physical and Mechanical Properties. *Polymers* **17**(7), 998 (2025). <https://doi.org/10.3390/polym17070998>)

Príprava vodného výluhu

- vzorky mali tvar kvádra – výpočet plochy
- lúhovadlo – demineralizovaná voda – objem za dodržania pomeru 1: 5 povrchu vzorky a lúhovadla
- doba lúhovania - 24 hodín (TNI CEN/TR 17105 (2017)

Construction products - Assessment of release of dangerous substances – Guidance on the use of ecotoxicity tests applied to construction products; European community for standardization: Brussels, Belgium, 2017).



Vybrané fyzikálne-chemické ukazovatele:

- pH (STN EN ISO 10523: 2010. Water quality. pH determination (ISO 10523)
- CHSKCr (STN ISO 15705:2005 Water quality - Determination of the chemical oxygen demand index)

Stanovenie ekotoxicity

- predbežné testy akútnej toxicity:

- Test inhibície (stimulácie) rastu žaburinky menšej

(*Lemna minor*) (STN EN ISO 20079: 2008; OECD 221)

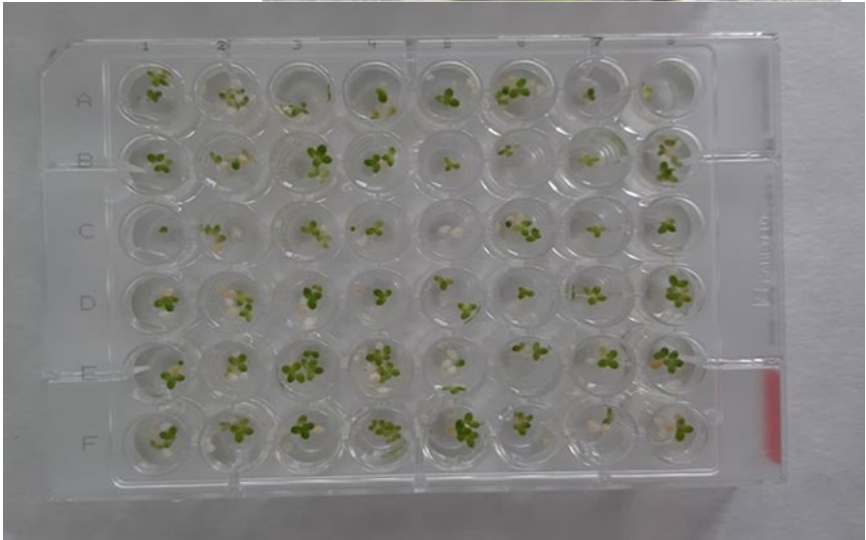
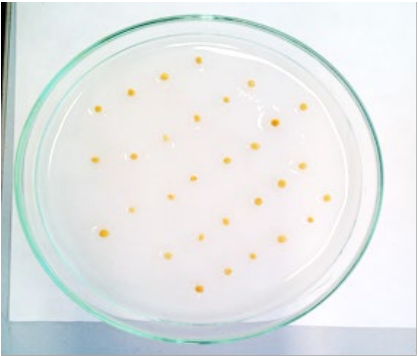
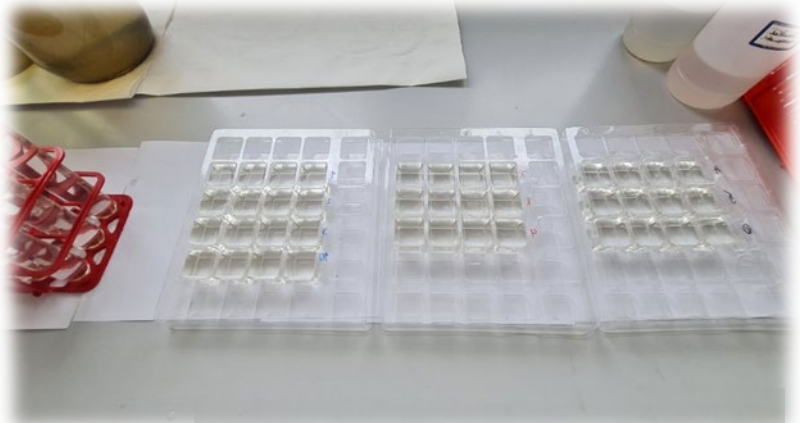
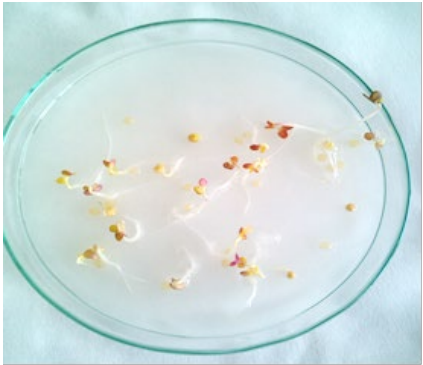
- Test akútnej toxicity na perloočkách (*Daphnia magna*)

(STN EN ISO 6341: 1999; STN ISO 10706: 2004; OECD 202)

- Test inhibície rastu koreňa rastu koreňa vyššej kultúrnej rastliny (*Sinapis alba*) (STN 83 8303:1999)



BIOTESTY



Výsledky – pH a CHSK_{Cr}

Nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd: CHSK – 35mg/l; pH 6 – 8,5

CHSK: celkové množstvo oxidovateľných organických látok prítomných vo výluhu

Tab. Výsledky FCH ukazovateľov

Vzorka	DTD	P10	TK10	LN10	NN10	PN10	KVN10	KSH10	P10G10	TK10G10
pH	6,07	6,31	7,29	6,05	6,20	5,54	5,96	5,86	5,57	5,56
CHSK-Cr mg/l	936,70	1133,90	1084,60	1281,80	345,10	493,00	542,30	591,60	443,70	443,80

Vysvetlivky: DTD - čistá drevotrieková doska; DTD s obsahom: P10 - s obsahom granulátu z odpadových pneumatík; TK10 - s obsahom granulátu z odpadových tesnení a kobercov; LN10 - s obsahom granulátu z odpadových lakovaných nárazníkov; NN10 - s obsahom granulátu z odpadových nelakovaných nárazníkov; PN10- s obsahom granulátu z odpadu z nádrží na palivo; KVN10 - s obsahom granulátu z odpadových nehorľavých káblov; KSH10- s obsahom granulátu z odpadových horľavých káblov; P10G10- s obsahom granulátu z odpadových pneumatík a grafitu; TK10G10- s obsahom granulátu z odpadových tesnení, kobercov a grafitu

Test inhibície rastu koreňa vyššej kultúrnej rastliny *Sinapis alba*

Tab.: Výsledky testu inhibície rastu žaburinky menšej (*Lemna minor*) – producent

Vzorky	% imobilizovaných jedincov
DTD- Kontrola	25
DTD +10% granulátu z pneumatík	40
DTD +10% granulátu z tesnení a kobercov	65
DTD +10% granulátu z lakovaných nárazníkov	75
DTD +10% granulátu z nelakovaných nárazníkov	20
DTD +10% granulátu z palivových nádrží	85
DTD +10% granulátu z nehorľavých káblov	20
DTD +10% granulátu z horľavých káblov	25
DTD +10% granulátu z pneumatík a grafitu	50
DTD +10% granulátu z tesnení, kobercov a grafitu	90



Konvenčný test



Phytotoxkit

Ak je výsledok predbežného testu:

IC \geq 30 % a $<$ 50 % alebo stimulácia \geq 75 %

v porovnaní s kontrolou – negatívny

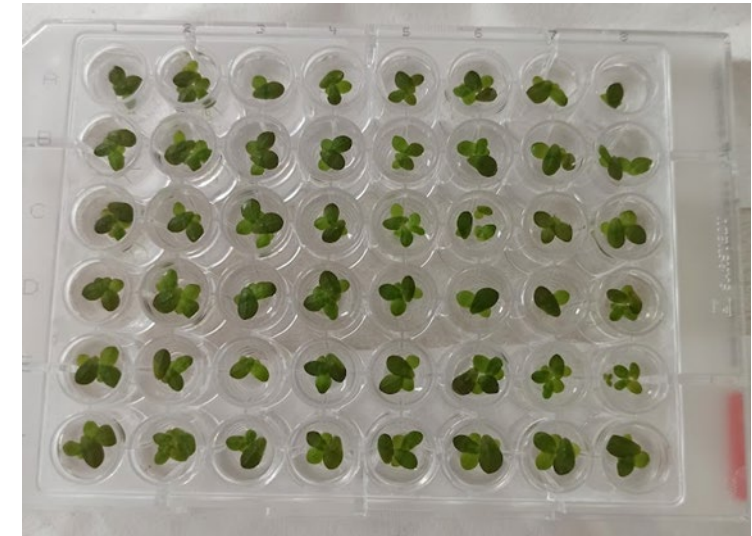
$>$ 75 % - pozitívny

Test inhibície (stimulácie) rastu žaburinky menšej (*Lemna minor*)

Tab. Výsledky testu s producentom *Lemna minor*

Vzorky	I _μ , %	
	Priemer	STDEV
DTD- Kontrola	82,84	0,64
DTD +10% granulátu z pneumatík	94,11	1,62
DTD +10% granulátu z tesnení a kobercov	87,50	0,71
DTD +10% granulátu z lakovaných nárazníkov	63,16	1,27
DTD +10% granulátu z nelakovaných nárazníkov	76,60	0,56
DTD +10% granulátu z palivových nádrží	77,58	0,58
DTD +10% granulátu z nehorľavých káblov	78,68	1,76
DTD +10% granulátu z horľavých káblov	82,80	2,24
DTD +10% granulátu z pneumatík a grafitu	84,04	1,31
DTD +10% granulátu z tesnení, kobercov a grafitu	76,84	2,82

- test je pozitívny, ak inhibícia rastu riasovej kultúry je $\geq 30\%$ alebo stimulácia je $\geq 75\%$ v porovnaní s kontrolou.

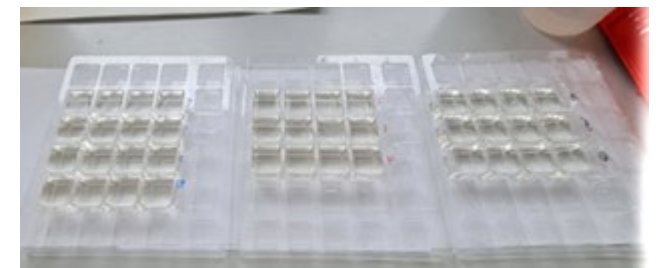
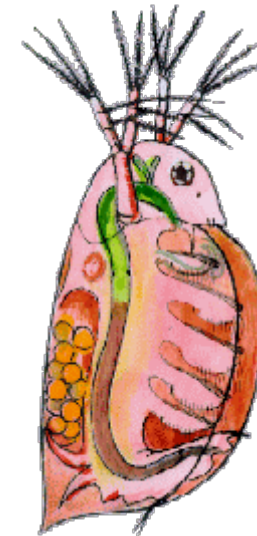


Test akútnej toxicity na perloočkách (*Daphnia magna*)

Tab.: Výsledky testu s použitím testovacích organizmov (*Daphnia magna*) - konzument

Vzorky	% imobilizovaných jedincov
DTD- Kontrola	25
DTD +10% granulátu z pneumatík	40
DTD +10% granulátu z tesnení a kobercov	65
DTD +10% granulátu z lakovaných nárazníkov	75
DTD +10% granulátu z nelakovaných nárazníkov	20
DTD +10% granulátu z palivových nádrží	85
DTD +10% granulátu z nehorľavých káblov	20
DTD +10% granulátu z horľavých káblov	25
DTD +10% granulátu z pneumatík a grafitu	50
DTD +10% granulátu z tesnení, kobercov a grafitu	90

- test je **pozitívny**, ak v priebehu testu došlo k úhynu alebo imobilizácii $\geq 50\%$ perloočiek v porovnaní s kontrolou
- **negatívny**, ak v priebehu testu došlo k úhynu alebo imobilizácii $< 50\%$ perloočiek v porovnaní s kontrolou



Zhodnotenie

- uvoľňovaniu látok z odpadov pochádzajúcich z automobilového priemyslu do ŽP možno zamedziť minimalizáciou, opätovným využívaním - recykláciou odpadov v zmysle zákona o odpadoch č. 79/2015 Z.z.
- jednou z možností recyklácie odpadov je aj ich použitie vo výrobe drevotriekových dosiek,
- využitie biotestov –nástroj pre stanovenie environmentálnej bezpečnosti kompozitov -poukazujú na reálne biologické účinky látok vylúhovaných z drevných kompozitov v porovnaní s kontrolou (čistá DTD),
- z poznatkov získaných vo výskume vyplýva, že výroba trojvrstvových DTD s obsahom odpadu z automobilového priemyslu je spôsobom recyklácie odpadov, pri ktorých si kompozit zachováva úžitkové vlastnosti pri 10% obsahu odpadu,
- trojvrstvové DTD: 10% granulátu z nelakovaných nárazníkov, z palivových nádrží, z nehorľavých káblov, z horľavých káblov, granulátu z pneumatík a grafitu a z tesnení, kobercov a grafitu- najnižšie hodnoty znečistenia organickými látkami (CHSK),
- **10% granulátu z nelakovaných nárazníkov- najmenej toxický vplyv na vodné prostredie pri 10% obsahu odpadu v DTD,**
- 10% granulátu: z nelakovaných nárazníkov, z nehorľavých káblov, z horľavých káblov, granulátu z pneumatík a grafitu – negatívne testy s *Daphnia magna* (považovaný za najcitlivejší test. organizmus),
- zistenia zdôrazňujú dôležitosť kombinácie chemických a biologických metód hodnotenia pri hodnotení vplyvu kompozitných materiálov obsahujúcich recyklovaný odpad na životné prostredie,
- pre bezpečnosť vodného prostredia vyplýva – použiť nižšie % odpadu do DTD - bezpečnosť môže ovplyvniť povrchová úprava DTD.



Ďakujem za pozornosť
hybska@tuzvo.sk