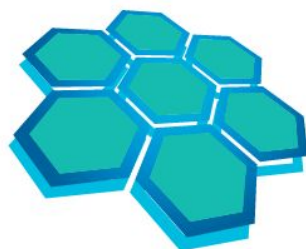




Stav a vízie zhodnocovania odpadov z automobilového priemyslu SR

SPEKTRUM
STU



univnet

Stav a vízie zhodnocovania odpadov z automobilového priemyslu SR

Editor

Dr.h.c. prof. Ing. Ľubomír Šooš, PhD.

Bratislava, júl 2020

Stav a vízie zhodnocovania odpadov z automobilového priemyslu SR

UNIVNET – Univerzitná a priemyselná výskumno-edukačná platforma recyklujúcej spoločnosti

Členovia združenia UNIVNET:

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Ekonomická univerzita v Bratislave

Technická univerzita v Košiciach

Žilinská univerzita v Žiline

Technická univerzita vo Zvolene

Zväz automobilového priemyslu SR

Editor: Dr.h.c. prof. Ing. Ľubomír Šooš, PhD.

Recenzenti:

prof. Ing. Dušan Šebo, PhD., SEBEX Slovakia, s.r.o., Košice

prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSc., European Science and Research Institute, Zvolen

prof. Ing. Vladimír Hlavňa, PhD. Nám. Ľ. Fullu 14, 010 08 Žilina okres: Žilina

Technická úprava: Mgr. Henrich Hipča, ZAP SR

Grafická úprava: Zuzana Gališinová, BA

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve SPEKTRUM STU

ISBN: 978-80-227-5039-4

UNIVNET, Bratislava, júl 2020

Stav a vízie zhodnocovania odpadov z automobilového priemyslu SR

Úvod	vii
1 Analýza procesu recyklácie starých vozidiel	2
1.1 Environmentálne a spoločenské prínosy	2
1.2 Predpokladaný počet vyradovaných vozidiel ročne určených na spracovanie	4
1.3 Materiálové zloženie jednotlivých dielov a ich množstvo	4
1.4 Technologické zariadenia potrebné na spracovanie resp. zneškodňovanie odpadov	
1.4.1 Sklo lepené	9
1.4.2 Plastové diely	10
1.4.3 Pneumatiky	11
1.4.4 Koberce , textilie, obloženia interiéru ap.	12
1.4.5 Molitany – PUR peny	14
1.5 Logistika zberu a prepravy materiálov na ďalšie spracovanie	14
1.6 Námet na vytvorenie informačného systému sledovania toku odpadov zo starých vozidiel	15
1.7 Príloha č.1 ZOZNAM AUTORIZOVANÝCH SPRACOVTEĽOV	16
1.8 Príloha č. 2	18
1.9 Príloha č. 3	19
1.10 Príloha č. 4	19
2 Dopady automobilového priemyslu na Slovenskú republiku ako recyklujúcu spoločnosť	22
2.1 Zhrnutie (Executive summary)	22
2.2 Kľúčové trendy v motorizácii a životnom cykle automobilov vo svete a v SR	23
2.3 Národohospodárske efekty automobilového priemyslu v SR.	27
2.3.1 Identifikované efekty na produkciu	28
2.3.2 Efekty na zamestnanosť v SR	29
2.3.3 Dovoz pre automobilový priemysel a trendy v jeho substitúcií	30
2.3.4 Zhrnutie, hlavné výsledky a súčasné výzvy	30
2.4 Zhodnocovanie jednotlivých prúdov odpadov z likvidácie a prevádzky automobilov	32
2.4.1 Prognostické scenáre vývoja prúdov zo spracovania vozidiel skupiny M a N po dobe životnosti do roku 2020	32
2.4.2 Nástroje krajín OECD na podporu miery zhodnotenia prúdov odpadov najmä z automobilového priemyslu	36
2.4.3 Optimalizáciu priestorového rozloženia autorizovaných pracovísk na spracovania vozidiel po dobe živnosti v SR	39
2.4.4 Toky prúdov odpadov počas doby používania osobných motorových vozidiel	39
2.5 Zameranie výskumu, navrhované aktivity, výskumné otázky a navrhované výstupy riešiteľov z EUBA pre roky 2020 až 2023	42
2.6 Použitá literatúra	45

3 SmartOdpady – Integrovaná informačná a inovačná platforma recyklačných technológií	48
3.1 Executive summary	48
3.2 Úvod	49
3.3 Informačné toky v odpadovom hospodárstve SR	52
3.4 SmartOdpady – integrovaná informačná a inovačná platforma recyklačných technológií	55
3.4.1 Vývoj integrovanej platformy recyklačných technológií	57
3.4.2 Východiská návrhu integrovanej platformy „SmartOdpady“	61
3.4.3 Základné funkcionality integrovanej platformy „SmartOdpady“	62
3.4.4 Vnútoraná štruktúra integrovanej platformy „SmartOdpady“	65
3.4.5 Konceptcia štruktúry dát integrovanej platformy „SmartOdpady“	68
3.5 Prínosy integrovanej platformy „SmartOdpady“	69
3.6 Literatúra	71
4 Recyklácia vrstveného skla – Analýza technických a technologických možností	74
4.1 Úvod	74
4.2 Stav nakladania s odpadmi zo skla	77
4.2.1 Vrstvené lepené sklo	78
4.2.2 Charakteristika vrstvených lepených skiel	79
4.2.3 Materiály medzivrstiev – fólie vrstvených skiel	80
4.2.4 Mechanizmus adhézie systému laminát „sklo – PVB fólia“	81
4.2.5 Množstvá vrstvených lepených skiel vo svete a v SR	84
4.3 Metódy a technológie oddeľovania vrstveného skla	88
4.3.1 Mechanické oddeľovanie	88
4.3.2 Termodynamické oddeľovanie	89
4.3.3 Chemické oddeľovanie	89
4.3.4 Kombinované oddeľovanie	89
4.3.5 Analýza patentových riešení recyklácie vrstvených skiel	90
4.3.6 Existujúce technológie spracovania vrstvených skiel	94
4.4 Recyklácia vrstveného skla a materiálové zhodnocovanie jednotlivých zložiek	96
4.4.1 Recyklácia skla	97
4.4.2 Uplatnenie odpadového skla na trhu	97
4.4.3 Recyklácia medzivrstvy PVB	100
4.4.4 Uplatnenie odpadovej PVB fólie na trhu	101
4.5 Konceptcia navrhovaného postupu recyklácie vrstveného lepeného skla	103
4.6 Záver	106
4.7 Použitá literatúra	108
5 Materiálová recyklácia kovonosných odpadov s obsahom definovaných nedostatkových kovov do predajných	112
5.1 Úvod	112
5.2 Súčasný stav	112
5.3 Materiálové zloženie motorových vozidiel	115

5.4	Zhrnutie	117
5.5	Návrhy riešení	119
5.6	Navrhované komodity pre recykláciu z vyradených vozidiel	120
5.6.1	Lítiové batérie a akumulátory	120
5.6.2	Typy batérii a akumulátorov	121
5.6.3	Mechanická predúprava	125
5.6.4	Hydrometalurgické spracovanie	125
5.6.5	Pyrometalurgické spracovanie	125
5.6.6	Priemyselné spracovanie použitých lítiových batérií a akumulátorov	126
5.6.7	Zhrnutie problematiky spracovania a recyklácie použitých lítiových batérií a akumulátorov	126
5.7	Možnosti recyklácie kovov z vysokou pridanou hodnotou	128
5.7.1	Spoločná recyklácia Mg šrotu/odpadu a Nd šrotu za účelom získavania čistého Mg prášku a čistého neodýmu	128
5.7.2	Idea spoločného spracovania a recyklácie Mg a Nd odpadu s cieľom získať čisté kovy	131
5.7.3	Navrhovaný procesu recyklácie kovových odpadov s obsahom Mg a Nd	132
5.7.4	Zhrnutie uvažovaného procesu	133
5.7.5	Výstupy aktivity	134
5.7.6	Potenciálne prínosy aktivity	134
5.7.7	Recyklácia gália z vyradených vozidiel	135
5.7.8	Výstupy aktivity projektu	136
5.7.9	Potenciálne prínosy	137
5.7.10	Potenciálne úzke miesta	137
5.8	Celkový záver	137
5.8.1	Recyklácia lítiových batérií a akumulátorov.	138
5.8.2	Recyklácia neodýmu	138
5.8.3	Recyklácia gália	139
5.9	Využitelnosť infraštruktúry Ústavu recyklačných technológií FMMR TUKE pre potreby projektu UNIVNET	139
5.10	Literatúra	141
6	Vývoj technológií a techník na zhodnocovanie odpadov do zvukovo a tepelnoizolačných produktov	146
6.1	Úvod	146
6.2	Legislatíva v predmetnej oblasti	146
6.2.1	Zhrnutie	149
6.2.2	Legislatíva SR	150
6.3	Analýza súčasného stavu danej problematiky	152
6.3.1	Materiály vhodné na recykláciu na báze gumy a polymérov	152
6.3.2	Identifikácia komponentov v automobile s potenciálom ich využitia v zvukovo a tepelnoizolačných produktoch	153
6.3.3	Charakteristika identifikovaných materiálov	156
6.3.4	Recyklácia textilu	158

6.3.5	Regenerácia odpadového textilu	158
6.3.6	Triedenie textilu	160
6.3.7	Etapy spracovania textilného odpadu pred mechanickou recykláciou	162
6.3.8	Recyklácia tkaného textilu v strojných zariadeniach	163
6.3.9	Sekanie starých textílií	163
6.3.10	Rozvlákňovanie textilného odpadu	164
6.3.11	Výroba netkaných textílií mechanickým spôsobom	169
6.3.12	Ultrazvuková technológia rozvlákňovania materiálov	171
6.3.13	Recyklácia kobercov	171
6.3.14	Recyklácia kože	173
6.3.15	Recyklácia molitanu – PUR peny	174
6.3.16	Recyklácia textilu z plastov	177
6.3.17	Recyklácia pneumatík	178
6.3.18	Nakladanie s opotrebovanými plášťami pneumatík	180
6.4	Vývoj eko inovatívnych zvukovo a tepelnoizolačných produktov	185
6.4.1	Analýza súčasných prístupov pre hodnotenie akustických vlastností materiálov prostredníctvom impedančnej trubice	185
6.4.2	Prístrojové, softvérové a ďalšie vybavenie	187
6.4.3	Návrh metodiky merania vybraných akustických deskriptorov pre vyvíjané akustické materiály	189
6.4.4	Vyhodnotenie nameraných hodnôt	192
6.5	Návrh merateľných výskumných a akademických ukazovateľov pre ďalšie riešenie	194
6.6	Literatúra	195
7	Recyklácia a zhodnocovanie gumy, kaučuku a plastov do nových výrobkov	200
7.1	Úvod	200
7.2	Legislatíva v oblasti odpadov z automobilového priemyslu	200
7.3	Recyklácia gumy a plastov	203
7.3.1	Zhodnotenie gumových odpadov a pneumatík	203
7.3.2	Spracovanie opotrebovaných pneumatík na Slovensku	205
7.3.3	Zhodnotenie plastov v automobiloch	206
7.4	Životný cyklus odpadových pneumatík a plastov v automobilovom priemysle	212
7.4.1	Posudzovanie životného cyklu odpadových pneumatík	213
7.4.2	Posudzovanie životného cyklu plastov	214
7.5	Dostupné technológie spracovania gumy a plastov a ich uplatnenie	223
7.5.1	Pneumatiky	224
7.5.2	Technológie na opakované použitie – protektorovanie	226
7.5.3	Technológie na opakované použitie – prerezávanie pneumatík	226
7.5.4	Technológie na recykláciu pneumatík	227
7.5.5	Zdroje plastov v automobile	227
7.6	Literatúra	229
8	Energetické zhodnocovanie odpadov z automobilového priemyslu	236
8.1	Úvod	236

8.2	Súčasný stav problematiky energetického zhodnocovania odpadu z automobilov po dobe životnosti	237
8.3	Energetické zhodnotenie odpadu z automobilov po dobe životnosti vo vybraných krajinách EÚ	238
8.3.1	Slovenská republika	238
8.3.2	Česká republika	241
8.3.3	Nemecko	242
8.3.4	Taliansko	242
8.4	Druhy odpadov zo starých vozidiel podľa katalógu odpadov a spôsoby ich energetického zhodnocovania	242
8.4.1	Energeticky využiteľný odpad z recyklácie automobilov	243
8.4.2	Energetické zhodnotenie prevádzkových kvapalín	244
8.4.3	Energetické zhodnotenie starých pneumatík a gumy	244
8.4.4	Energetické zhodnotenie plastov	245
8.5	Spôsoby energetického zhodnocovania odpadov z automobilového priemyslu	245
8.5.1	Spaľovanie	246
8.5.2	Emisie zo spaľovania odpadov	256
8.5.3	Základné druhy spaľovacích zariadení na zneškodňovanie odpadov	257
8.5.4	Splyňovanie	262
8.5.5	Splyňovanie odpadov v plazmovej peci	264
8.5.6	Výboje v plynoch	265
8.5.7	Pyrolýza	267
8.6	Očakávaný vývoj v oblasti energetického zhodnocovania odpadov z automobilov po dobe životnosti	270
8.7	Ciele energetického zhodnocovania odpadov z automobilového priemyslu	271
8.8	Literatúra	276
	Obrázky	279
	Tabuľky	284

Stav a vízie zhodnocovania odpadov z automobilového priemyslu SR

Úvod

Vážení čitatelia, priatelia,

dostáva sa vám do rúk publikácia, ktorú vypracovalo združenie „Univerzitná a priemyselná výskumno-edukačná platforma recyklujúcej spoločnosti (ďalej „UNIVNET“), ako svoju vstupnú štúdiu k stavu a k víziám zhodnocovania vybraných druhov odpadov, najmä z automobilového priemyslu SR. UNIVNET vznikol na základe podpisu dohody medzi MŠVVaŠ a lídrom združenia – Slovenskou technickou univerzitou v Bratislave (STU BA). Okrem STU BA sú členmi združenia ďalšie štyri univerzity a Zväz automobilového priemyslu Slovenskej republiky. Hlavným cieľom združenia sú prognostické a výskumno-vývojové aktivity pri hľadaní nových technológií a techník maximálne efektívneho zhodnocovania odpadov, najmä v automobilovom priemysle, s cieľom minimalizovať negatívne dopady na životné prostredie a šetriť primárne energetické a surovinové zdroje.

Politika odpadového hospodárstva Európskej únie sa vyvíja už viac ako tridsať rokov prostredníctvom série environmentálnych akčných plánov a legislatívneho rámca. Jej hlavným cieľom je znižovanie negatívnych vplyvov odpadu na životné prostredie a zdravie ľudí a zároveň zvyšovanie efektívneho a účinného využívania zdrojov európskeho hospodárstva. V Tematickej stratégii predchádzania vzniku odpadu a jeho recyklovania, ktorá je jednou zo siedmich stratégií Environmentálneho akčného plánu EÚ, Únia definovala nielen svoje prioritné ciele, ale zaviedla aj kľúčové pojmy ako sú recyklujúca spoločnosť, uvažovanie v dimenziách životného cyklu výrobku, rozšírená zodpovednosť výrobcu, hierarchia odpadového hospodárstva, či predchádzanie vzniku odpadu a zhodnotenie odpadu ako zdroja druhotnej suroviny alebo energie. Ide o prístupy a princípy, ktoré sa uplatňujú pri tvorbe rámcových koncepcií politík nakladania s odpadmi.

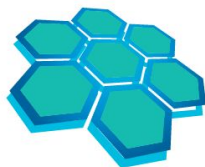
Dôležitou etapou v napredovaní EÚ smerom k trvalej udržateľnosti a recyklujúcej spoločnosti bolo prijatie programu Smerom k obehovému hospodárstvu: Program nulového odpadu pre Európu. Prechod na obehové hospodárstvo je základom plnenia efektívneho využívania zdrojov, stanoveného v rámci stratégie s názvom Európa 2020 – Stratégia na zabezpečenie inteligentného, udržateľného a inkluzívneho rastu. Základným predpokladom zvyšovania efektívnosti využívania zdrojov a uzatvorenia cyklu v rámci obehového hospodárstva je premena odpadu na zdroj. Prechod na obehové hospodárstvo si vyžaduje realizovať zmeny v celých hodnotových reťazcoch, od návrhu výrobku po nové obchodné a trhové modely, vrátane nových spôsobov premeny odpadu na zdroje až po zmenu spotrebiteľského správania. Predpokladá to úplnú systémovú zmenu a inováciu nielen v oblasti technológií, ale aj v organizácii, spoločnosti, metódach financovania a vo formulácii politík.

Slovenská republika v súčasnosti čelí mnohým environmentálnym výzvam. Máme problémy s kvalitou ovzdušia, nízkou mierou recyklácie odpadu, ale aj s ochranou ekosystémov. Základnou víziou, definovanou v Stratégii environmentálnej politiky Slovenskej republiky do roku 2030, je dosiahnuť lepšiu kvalitu životného prostredia a udržateľné obehové hospodárstvo, založené na dôslednej ochrane zložiek životného prostredia a iba minimálnom využívaní neobnoviteľných prírodných zdrojov a nebezpečných látok. Ochrana životného prostredia a udržateľná spotreba sa stali súčasťou všeobecného povedomia občanov aj tvorcov politík. Medzi prioritné výzvy životného prostredia na Slovensku a preferované oblasti environmentálnej politiky do roku 2030 patrí aj problematika odpadového hospodárstva.

Vážení odborníci, technická a laická verejnosť: celá monografia je rozdelená do ôsmich, na seba logicky nadväzujúcich kapitol. Prvá kapitola je expertíza súčasného stavu spracovania starých vozidiel. Kapacity na spracovanie starých vozidiel v Slovenskej republike sú dostatočné, problémom sú zastaralé technológie na ich spracovanie a následné zhodnotenie niektorých druhov odpadov. Významným výstupom tejto expertízy je definovanie odpadov, ktoré nezhodnocujeme alebo zhodnocujeme len v minimálnej miere. Cieľom druhej kapitoly sú prognózy množstiev odpadov pri rôznych modelových scenároch. Autori kapitoly sa zameriavajú nielen na počet spracovaných starých vozidiel, ale čiastočne sa venujú aj odpadom vznikajúcim pri výrobe a využívaní automobilov. Tretia kapitola je venovaná vyvíjanému informačnému systému „[Smart odpady](#)“. Autori kapitoly si plne uvedomujú význam prehľadnosti materiálových tokov pri nakladaní s odpadmi. Ďalšie kapitoly vychádzajú z výsledkov expertízy prvej kapitoly. Sú venované príslušným technológiám a súčasnému stavu zhodnocovania problémových odpadov. Postupne sa jednotlivé kapitoly venujú vrstveným sklám, kovonosným odpadom, zvukovo a tepelnoizolačným odpadom, recyklácii gumy, kaučuku a plastov, a nakoniec možnostiam energetického zhodnocovania odpadov.

Milí čitatelia, ľudia, ktorým leží na srdci zdravé životné prostredie. Verím, že v tejto publikácii nájdete veľa námetov a inšpirácií pre minimalizáciu vzniku a efektívne zhodnocovanie odpadov. Som presvedčený, že všetci môžeme prispieť k ochrane našej planéty pre budúce generácie.

Dr.h.c.prof. Ing. Ľubomír Šooš, PhD.
Editor



univnet



Analýza procesu recyklácie starých vozidiel



Riešiteľský kolektív

Hlavný riešiteľ:

Ing. Milan Novotný, AUTO Martin engineering s.r.o.

Riešitelia:

Ing. Ján Pribula, ZAP SR

Mgr. Henrich Hipča, ZAP SR

Mgr. Viktor Marušák, ZAP SR



univnet



Dopady automobilového priemyslu na Slovenskú republiku ako recyklujúcu spoločnosť



Riešiteľský kolektív projektu

prof. Ing. Pavol Ochotnický, CSc.*
Dr.h.c. prof. Ing. Rudolf Sivák, PhD.**
doc. Ing. Martin Lábaj, PhD.
prof. Ing. Ivan Brezina, PhD.

*Hlavný riešiteľ tímu Ekonomickej univerzity v Bratislave v platforme UNIVNET

**Kordinátor projektu a člen koordinačnej rady platformy UNIVNET



univnet



SmartOdpady

Integrovaná informačná a inovačná platforma recyklačných technológií



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
STROJNICKA FAKULTA

Riešiteľský kolektív

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Strojnícka fakulta

Hlavný riešiteľ:

prof. Ing. Marcela Pokusová, CSc.

Riešitelia:

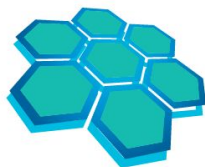
prof. Ing. Ľubomír Šooš, PhD.

doc. Ing. Juraj Úradníček, PhD.

doc. Ing. Miloš Matúš, PhD.

Ing. Iveta Onderová, PhD.

doc. Ing. Juraj Beniak, PhD.



univnet



Recyklácia vrstveného skla

Analýza technických a technologických možností



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
STROJNICKÁ FAKULTA

Riešiteľský kolektív

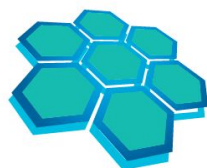
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Strojnícka fakulta STU

Hlavný riešiteľ:

prof. Ing. Ľubomír Šooš, PhD.

Riešitelia:

doc. Ing. Miloš Matúš, PhD.
prof. Ing. Marcela Pokusová, CSc.
Ing. Juraj Ondruška, PhD.
Ing. Viliam Čačko, PhD.
Ing. Jozef Babics



univnet



Materiálová recyklácia kovonosných odpadov s obsahom definovaných nedostatkových kovov do predajných produktov



Riešiteľský kolektív

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie
Ústav recyklačných technológií

Hlavný riešiteľ:

prof. Ing. Tomáš Havlík, DrSc

Riešitelia:

prof. Ing. Andrea Miškuřová, PhD.
doc. Ing. Dušan Oráč, CSc.



univnet



Vývoj technológií a techník na zhodnocovanie odpadov do zvukovo a tepelnoizolačných produktov



Riešiteľský kolektív

Technická univerzita v Košiciach

Strojnícka fakulta

Katedra proseného a environmentálneho inžinierstva

Hlavný riešiteľ:

Dr.h.c. mult. prof. Miroslav Badida, PhD.

Riešitelia:

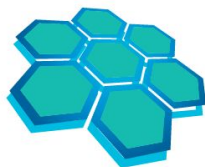
doc. Ing. Lýdia Sobotová, PhD.

Ing. Marek Moravec, PhD.

Ing. Tibor Dzuro, PhD.

doc. Ružena Králiková, PhD.

Ing. Míriama Piňosová, PhD.



univnet



Recyklácia a zhodnocovanie gumy, kaučuku a plastov do nových výrobkov



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Riešiteľský kolektív

Technická univerzita vo Zvolene

Fakulta techniky

Katedra environmentálnej a lesníckej techniky,

Hlavný riešiteľ:

doc. Ing. Jozef Krilek, PhD.

Riešitelia:

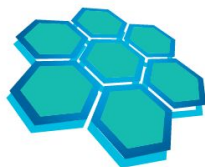
prof. Ing. Dagmar Samešová, PhD.

doc. Ing. Iveta Čabalová, PhD.

doc. Ing. Marek Potkány, PhD.

doc. Ing. Miroslav Dado, PhD.

doc. Ing. Marián Kučera, PhD.



univnet



Energetické zhodnocovanie odpadov z automobilového priemyslu



Riešiteľský kolektív
Žilinská univerzita v Žiline
Strojnícka fakulta
Katedra energetickej techniky

Hlavný riešiteľ:
Ing. Marek Patsch, PhD.

Riešitelia:
prof. Ing. Jozef Jandačka, PhD.
Prof. RNDr. Milan Malcho, PhD.
Ing. Peter Pilát, PhD.

Obrázky

Obr. 1.1 Znečisťovanie životného prostredia vyhadzovaním plastov, gúm a pod. do prírody	2
Obr. 1.2 Kovový šrot	5
Obr. 1.3 Farebné kovy	5
Obr. 1.4 Plasty	5
Obr. 1.5 Molitan, koženky, textilie	5
Obr. 1.6 Pneumatiky	6
Obr. 1.7 Guma ostatná	6
Obr. 1.8 Olej ,pohonné hmoty, chladiaca kvapalina, brzdová kvapalina	6
Obr. 1.9 Katalyzátor, batéria	6
Obr. 1.11 Elektronika	7
Obr. 1.10 Svietidlá	7
Obr. 1.12 Sklo	7
Obr. 1.13 Podiel hmotnosti hlavných dielov	7
Obr. 1.14 Hmotnosti podľa druhu materiálov	7
Obr. 1.15 Gumová dlažba pre detské ihriská a športové povrchy	11
Obr. 1.16 Pneumatiky a gumový odpad	11
Obr. 1.17 Koberce , textilie, obloženia interiéru ap.	13
Obr. 1.18 Výrobky STERED pre priemysel, pre domácnosť, pre dopravu	13
Obr. 1.19 Izolačné panely	14
Obr. 2.1 Miera motorizácie vo svete (celkový počet automobilov na tisíc obyvateľov) Zdroj: Vlastná úprava z OICA, http://www.oica.net .	23
Obr. 2.2 Vývoj počtu evidovaných vozidiel v SR. Zdroj: Ochotnický a kol. (2017).	24
Obr. 2.3 Štruktúra evidovaných hlavných skupín vozidiel v SR (počet). Zdroj: Spracované z evidencie MV SR.	25
Obr. 2.4 Životný cyklus výrobkov a automobilov. Zdroj: Fluence and Fluence Z.E. Life cycle assessment, RENAULT 2011.	25
Obr. 2.5 Regionálne rozloženie výrobcov automobilov a ich dodávateľov. Zdroj: Luptáčik a kol., Národohospodársky význam automobilového priemyslu na Slovensku, EUBA 2013.	28
Obr. 2.6 Produkcia generovaná vývozom komponentov v mil. Eur. Zdroj: Luptáčik a kol., Národohospodársky význam automobilového priemyslu na Slovensku, EUBA 2013.	29
Obr. 2.7 Štruktúra zamestnanosti v automobilovom priemysle Zdroj: Luptáčik a kol., Národohospodársky význam automobilového priemyslu na Slovensku, EUBA 2013.	30
Obr. 2.8 Výskumná platforma zhodnocovania odpadov z automobilového priemyslu [16]	32
Obr. 2.9 Celkové zhodnotenie odpadov z VPŽ za rok 2013 v krajinách Európy	33
Obr. 2.10 Plnenie cieľov zhodnotenia a recyklácie odpadov z VPŽ za rok 2012 v EÚ	33
Obr. 2.11 Zdroje odpadu z prevádzky motorových vozidiel	40
Obr. 2.12 Schéma hodnotenia dopadov životného cyklu automobilov na ekonomiku Upravené	z:
http://isoconsultantpune.com/wp-content/uploads/2016/09/Life-Cycle-Assessment.pdf	42
Obr. 3.1 Vývoj vzniku odpadov [8]	50
Obr. 3.2 Vznik odpadov podľa NACE, 2018 [8]	51

Obr. 3.3 Vývoj počtu starých vozidiel odovzdaných na spracovanie do autorizovaných zariadení podľa MŽP SR a systému eZAP v rokoch 2006 až 2012	54
Obr. 3.4 ISOH – Informačný systém odpadového hospodárstva MŽP SR [12]	55
Obr. 3.5 Koncepcia integrovaného informačného systému odpadového hospodárstva (model 2011)	58
Obr. 3.6 Funkčná schéma výskumnej platformy (model 2015)	60
Obr. 3.7 Architektúra informačnej platformy	63
Obr. 3.8 Integrovaná platforma „SmartOdpady“ s interaktívnou mapou a vyhľadávaním	64
Obr. 3.9 Grafické rozhranie informačnej platformy	64
Obr. 3.10 Koncepcia vnútornej štruktúry integrovanej platformy „Smart Odpady“	65
Obr. 3.11 Základná navigácia platformy	66
Obr. 3.12 Štruktúra funkcionality „nakladanie s odpadom“ informačného subsystému integrovanej platformy „SmartOdpady“	66
Obr. 3.13 Interaktívne vyhľadávanie v katalógu odpadov	67
Obr. 3.14 Štruktúra funkcionality vyhľadávania partnera pre výskum a vývoj	67
Obr. 3.15 Registre a zdrojové tabuľky	68
Obr. 3.16 Základná schéma záznamu zariadenia na spracovanie odpadu	69
Obr. 3.17 Štruktúra záznamu v registri zariadení na spracovanie odpadu	69
Obr. 4.1 Príklady vrstveného plochého skla	80
Obr. 4.2 Schéma postupu výroby vrstveného skla	80
Obr. 4.3 Chemická štruktúra PVB [3]	82
Obr. 4.4 Mechanizmus vzniku väzby v systéme sklo – PVB (chemical bond – chemická väzba; attraction by hydrogen bonding – priťahovanie vodíkovou väzbou; glass – sklo)	82
Obr. 4.5 Závislosť pevnosti v šmyku od teploty spracovania v autokláve (compressive shear – pevnosť v šmyku; temperature – teplota)	83
Obr. 4.6 Závislosť pevnosti v šmyku od teploty spracovania v autokláve (compressive shear – pevnosť v šmyku; temperature – teplota)	83
Obr. 4.7 Adhézia po rozbití (pummel unit) v závislosti od obsahu vody vo fólii (sheet moisture content)	84
Obr. 4.8 Čelné sklá z automobilov pred recykláciou	87
Obr. 4.9 Čelné sklá z automobilov po recyklácii tradičnými technológiami s mierou zhodnotenia 50 až 60 %	87
Obr. 4.10 Valce na drvenie skla podľa patentu EP0249094(A2)	90
Obr. 4.11 Valce na drvenie skla podľa patentu US8220728	91
Obr. 4.12 Zariadenie na spracovanie odpadového skla podľa patentu SK286370	91
Obr. 4.13 Proces separácie vrstveného skla podľa patentu EP 0792730 (A2)	92
Obr. 4.14 Proces separácie vrstveného skla podľa patentu EP0567876 (A1)	92
Obr. 4.15 Proces separácie vrstveného skla podľa patentu EP 1 950 019 A1	93
Obr. 4.16 Proces separácie vrstveného skla podľa patentu JP 4173030 B2	93
Obr. 4.17 Proces separácie vrstveného skla podľa patentu JP2004181321A	94
Obr. 4.18 Linka Shark Solution A/S	94
Obr. 4.19 PVB fólia po mechanickej separácii	94
Obr. 4.20 Schéma recyklačnej linky na spracovanie vrstveného skla	95
Obr. 4.21 Recyklačná linka LUREDERRA	96

Obr. 4.22 Oddelená čistá PVB fólia	96
Obr. 4.23 Mechanické oddelenie 70 % skla	96
Obr. 4.24 Chemicko-mechanické čistenie medzivrstvovej fólie	97
Obr. 4.25 Tabuľa z penového skla	98
Obr. 4.26 Stôl z materiálu GLASILEX	99
Obr. 4.27 Porovnanie hmotnostných zmien nového a recyklovaného PVB metódou TGA [3]	101
Obr. 4.28 Napät'ový diagram pre nový a recyklovaný PVB [4]	102
Obr. 4.29 Zložky koberca a PVB disperzia	103
Obr. 4.30 Návrh koncepcie technológie na spracovanie vrstvených skiel	105
Obr. 4.31 Minimálna konfigurácia linky	106
Obr. 4.32 Moduly dekompozičnej linky	106
Obr. 4.33 Príklad širokej konfigurácie linky	106
Obr. 5.1 Rast počtu motorových vozidiel v SR [1]	113
Obr. 5.2 Kritické suroviny pre Európsku úniu [6]	114
Obr. 5.3 Materiálové zloženie elektromobilu [10]	116
Obr. 5.4 Umiestnenie akumulátora v elektromobile	117
Obr. 5.5 Akumulátor elektromobilu Tesla	117
Obr. 5.6 Diagram obehovej ekonomiky [11]	118
Obr. 5.7 Použitie Nd-Fe-B magnetov	129
Obr. 5.8 Fázový binárny diagram Mg-Nd	130
Obr. 5.9 Fázový binárny diagram Mg-Fe	131
Obr. 5.10 Fázový binárny diagram Fe-Nd	132
Obr. 5.11 Schéma aparatury použitej pre extrakciu neodýmu horčikom	133
Obr. 5.12 Dva scenáre vzrastu dopytu po gáliu	136
Obr. 6.1 Materiály vhodné na recykláciu a príklady úpravy u spracovateľa	152
Obr. 6.2 Materiály vhodné na recykláciu	153
Obr. 6.3 Dekompozícia predného automobilového sedadla	154
Obr. 6.4 Umiestnenie zvukovo a tepelnoizolačných materiálov v automobile	155
Obr. 6.5 Automobilové koberce	155
Obr. 6.6 Bezpečnostné pás	156
Obr. 6.7 Airbag	156
Obr. 6.8 Interiér automobilu zo syntetickej kože	158
Obr. 6.9 Prehľad možných tokov industriálneho a spotrebiteľského textilného odpadu [10]	159
Obr. 6.10 Materiálový a chemický odpadový tok počas výroby odevov a použitia [10]	160
Obr. 6.11 Všeobecne platný postup spracovanie textílií starých textílií [9]	163
Obr. 6.12 Model spracovania starých [9]	163
Obr. 6.13 Sekacie textilné stroje [13]	164
Obr. 6.14 Nasekaný textil [13]	164
Obr. 6.15 Spracovanie bezpečnostných pásov [14]	164
Obr. 6.16 Stroj Novatex RS II [9]	165
Obr. 6.17 Rozmery rozvlákňovacieho stroja Novatex RS II [9]	165
Obr. 6.18 Princíp rozvlákňovania textilu [12]	165

Obr. 6.19 Schéma rozvlákňovania textilu [9]	166
Obr. 6.20 Princíp mykania textilu [15]	166
Obr. 6.21 Jednovalcový recyklačný stroj pre textilný odpad [17]	167
Obr. 6.22 Dvojvalcový recyklačný stroj GM 250 [16]	167
Obr. 6.23 Viacvalcová linka LIDEM [18]	167
Obr. 6.24 Schéma 4 valcovej rozvlákňovacej linky GM- 400-4 [18]	167
Obr. 6.25 Pohľad na celu rozvlákňovaciu linku LIDEM [18]	167
Obr. 6.26 Rozvlákňovacia linka s podávacím zariadením [19]	168
Obr. 6.27 Príklady rozvlákňovacích hrotov na doskách [18]	168
Obr. 6.28 Rozvlákňovací valec a rozvlákňovacia linka	168
Obr. 6.29 Príklady rozvlákňovacích hrotov na valcoch [19]	169
Obr. 6.30 Pred procesom spracovania [19]	169
Obr. 6.31 Po procese spracovania mykaním [19]	169
Obr. 6.32 Vpichovací stroj s podávačom [9]	170
Obr. 6.33 Vstupný materiál, použitá netkaná textília a jej spracovanie, Výstup zo spracovania, rozvlákňovaná textília tvorí jednoliatu hmotu [20]	170
Obr. 6.34 Lepenie netkanej textílie na druhý textilný podklad [21]	171
Obr. 6.35 Lisovanie netkaných textílií [22], [23]	171
Obr. 6.36 Ultrazvuk pre netkané textílie [24]	172
Obr. 6.37 Prierez kobercom [12]	172
Obr. 6.38 Zber, triedenie a spracovanie kobercov [12]	173
Obr. 6.39 Postup pri recyklácii kože [25]	173
Obr. 6.40 Kožené odrezky a výsledný produkt po recyklácii [26]	174
Obr. 6.41 Rezanie, delenie molitanu pomocou drviacich strojov [27]	174
Obr. 6.42 Príklad sít na triedenie veľkosti zrn molitanu [27]	175
Obr. 6.43 Príprava molitanu a vkladanie do drviaceho stroja [28]	175
Obr. 6.44 Ukážka rozdrveného molitanu [28]	175
Obr. 6.45 Rozdrvené drobné časti molitanu – detail [28]	175
Obr. 6.46 Čistenie a pranie špinavého molitanu [29]	176
Obr. 6.47 Umývacie, oplachovanie a sušenie molitanu v linke [29]	176
Obr. 6.48 Molitan pred čistením [29]	176
Obr. 6.49 Polyuretánová pena po čistení [29]	176
Obr. 6.50 Zhodnocovanie plastov a integrované nakladanie so zdrojmi [30]	177
Obr. 6.51 Zhodnocovanie plastov a integrované nakladanie so zdrojmi [30]	178
Obr. 6.52 Prístroj DeltaNu, RAPID•ID [31]	179
Obr. 6.53 Testovanie materiálu [31]	179
Obr. 6.54 Materiálové porovnanie [31]	179
Obr. 6.55 Grafická závislosť skúšaných materiálov [31]	179
Obr. 6.56 Prierez pneumatiky [32]	180
Obr. 6.57 Recyklačná linka gumového odpadu – mechanické drvenie pri teplote okolia [9]	181
Obr. 6.58 Schéma mechanického spracovania plášťov pneumatík pri teplote okolia [9]	181
Obr. 6.59 Kryogénny systém recyklácie gumového odpadu [9]	182

Obr. 6.60 Schéma kryogénneho systému recyklácie opotrebovaných plášťov pneumatík [9]	182
Obr. 6.61 Postup výroby gumových rohoží, príprava lisovacej formy a plnenie formy [32]	183
Obr. 6.62 Postupnosť spracovania opotrebovaných pneumatík [32]	183
Obr. 6.63 Granuláty – rôzne veľké frakcie a farby [32]	184
Obr. 6.64 Textilné vlákna a oceľový kord [32]	184
Obr. 6.65 Využitie na športové a detské ihriská [32]	185
Obr. 6.66 Využitie pneumatík pre armádu a na stavbu chodníkov [32]	185
Obr. 6.67 Impedančná trubica	189
Obr. 6.68 Metodika merania vybraných akustických deskriptorov	190
Obr. 6.69 Ekomolitan	191
Obr. 6.70 Recyklovaná guma	191
Obr. 6.71 Nobasil	191
Obr. 6.72 Zobrazenie koeficientu zvukovej pohltivosti pre materiál Ekomolitan o hrúbke 4 cm (4 grafy)	192
Obr. 6.73 Zobrazenie koeficientu zvukovej pohltivosti pre materiál Ekomolitan o hrúbke 4 cm (4 grafy)	192
Obr. 7.1 Podiel jednotlivých plastov v automobile	211
Obr. 7.2 Množstvo opotrebovaných pneumatík v tonách [34]	214
Obr. 7.3 História využitia materiálov v automobiloch [25]	216
Obr. 7.4 Hlavné fázy životného cyklu LCA [22]	217
Obr. 7.5 Príklad rozsahu a hraníc systému pri posudzovaní životného cyklu pneumatiky [60]	220
Obr. 7.6 Distribúcia majoritných polutantov emitovaných počas životného cyklu pneumatiky [75]	221
Obr. 7.7 Zloženie pneumatík pre osobnú dopravu [28, 54]	224
Obr. 7.8 Proces drvenia pneumatík a separácia materiálu [54, 62]	225
Obr. 7.9 Recyklačné zariadenie na výrobu gumového granulátu [38]	227
Obr. 7.10 Druhy plastov v exteriéri [36]	228
Obr. 8.1 Technologická schéma spaľovne [11]	247
Obr. 8.2 Hlavné zlúčeniny a produkty vznikajúce v procesoch termického spracovania odpadov [2]	248
Obr. 8.3 Technologická schéma spaľovne [11]	249
Obr. 8.4 Tuhé alternatívne palivo - TAP [36]	249
Obr. 8.5 Schéma čistenia spalín	256
Obr. 8.6 Spaľovňa so spaľovacím roštom [11]	258
Obr. 8.7 Schéma kotla s príslušenstvom [11]	260
Obr. 8.8 Spaľovňa s rotačnou pecou [11]	261
Obr. 8.9 Popis princípu činnosti rotačnej pece	262
Obr. 8.10 Všeobecná schéma možnosti splyňovania pri energetickom zhodnocovaní odpadov [11]	264
Obr. 8.11 Všeobecná schéma možnosti pyrolýzy pri energetickom zhodnocovaní odpadov [11]	269

Tabuľky

Tab. 1.1 Priemerné množstvá materiálov získaných z jedného vozidla	8
Tab. 2.1 Vývoj vybraných multiplikátorov pre automobilový priemysel. Zdroj: Luptáčik a kol., Národohospodársky význam automobilového priemyslu na Slovensku, EUBA 2013	31
Tab. 2.2 Výpočet celkového objemu spracovaných vozidiel	35
Tab. 2.3 Predpokladané objemy hlavných prúdov odpadov	35
Tab. 2.4 Počty autorizovaných spracovateľov starých vozidiel pri jednotlivých stratégiách (pri súčasnej existujúcej sieti 40 autorizovaných spracovateľov starých vozidiel)	39
Tab. 2.5 Premenné zdroje odpadu Zdroj: Vlastné spracovanie [16,25]	41
Tab. 4.1 Typy materiálov medzivrstiev vrstvených skiel a ich náchylnosť na delamináciu	81
Tab. 4.2 Priemerné materiálové zloženie starých automobilov [2,7,10,11,12]	86
Tab. 5.1 Stav vozidlového parku k 31.12.2019 (len elektrické vozidlá) [2]	112
Tab. 5.2 Kritické kovy pre Európsku úniu (od roku 2017)	114
Tab. 5.3 Ceny kritických kovov [20.2.2020]	115
Tab. 5.4 Organizácie zodpovednosti výrobcov pre batérie a akumulátory na Slovensku [16]	123
Tab. 5.5 Prehľad priemyselného spracovania odpadov lítiových batérií a akumulátorov	127
Tab. 6.1 Záväzné limity a termíny pre rozsah opätovného použitia častí starých vozidiel	150
Tab. 6.2 Materiálová štruktúra priemerného európskeho automobilu [7]	153
Tab. 6.3 Percentuálne zastúpenie textílií v automobile	157
Tab. 6.4 Namerané hodnoty meraných vybraných deskriptorov pre materiály o hrúbke 4 cm	193
Tab. 7.1 Produkcia odpadu z dopravných prostriedkov (v tonách) [65]	201
Tab. 7.2 Počet dopravných prostriedkov po dobe životnosti (v tonách) [67]	202
Tab. 7.3 Energetická charakteristika vybraných odpadov	209
Tab. 7.4 Faktory environmentálneho hľadiska	218

Stav a vízie zhodnocovania odpadov z automobilového priemyslu SR

UNIVNET – Univerzitná a priemyselná výskumno-edukačná platforma recyklujúcej spoločnosti

Editor: Dr.h.c. prof. Ing. Ľubomír Šooš, PhD.

Technická úprava: Mgr. Henrich Hipča, ZAP SR

Grafická úprava: Zuzana Gališinová, BA

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve SPEKTRUM STU, Bratislava, Vazovova 5, v roku 2020

Rozsah 285 strán, 192 obrázkov, 21 tabuliek, 39,6 AH, 39,6 VH, náklad 150 výtlačkov 1 vydanie

ISBN: 978-80-227-5039-4