

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

Analýza rizik nebezpečných látek vznikajících při hoření pneumatik

diplomová práce



Autor práce: Bc. Petra Matějovská
Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Civilní nouzová připravenost

Vedoucí práce: prof. RNDr. Jiří Patočka, DrSc.

Datum odevzdání práce: 21. 5. 2012

Abstrakt

Analýza rizik nebezpečných látek vznikajících při hoření pneumatik.

Tato práce se zabývá dnes již celosvětovým problémem nadměrné produkce pneumatik, a to především v souvislosti se vznikajícím velkoobjemovým odpadem po skončení jejich životnosti. Jejím cílem bylo zmapovat možnosti likvidace starých pneumatik a zhodnotit jejich využitelnost pro praxi. Další její náplní je porovnání produkce opotřebených pneumatik s množstvím pneumatik, se kterými je nějakým způsobem nakládáno jako s odpadem v rámci České republiky za posledních devět let. V neposlední řadě se práce zabývá požáry pneumatik na území ČR v letech 2006-2011, které jsou nebezpečné jak pro zasahující hasiče, tak i pro okolní obyvatele a životní prostředí.

Statistika produkce ojetých pneumatik a nakládání s nimi ukázala, že v posledních letech dochází k velkému nárůstu jak produkce pneumatik, tak i metod a způsobů, jak se jich účinně zbavit poté, co se stanou odpadem. V další části práce je shrnuto, kterým metodám nakládání a odstranění pneumatik bychom měli dát přednost, a kterým bychom se měli do budoucna vyhýbat. V poslední části práce je uvedena statistika požárů pneumatik za posledních 6 let na území ČR a zhodnocení nejohroženějších lokalit a nejčastějších příčin vzniku těchto požárů.

Abstract

Risk analysis of hazardous substances resulting from burning tires.

This paper deals with the current world-wide problem of excessive production of tires, especially in the context of emerging high-volume waste after the end of their life. It aims to map the possibilities of how to dispose of old tires and to assess their applicability in practice. Another task is to compare the tire production process with how the tires are treated as a waste product in the Czech Republic over the last nine years. Finally, it is discussed tire fires in the Czech Republic between 2006-2011, which have been dangerous for local residents and the environment.

Statistics of production of used tires and treatment with them have shown that in recent years there has been a large increase in both the production of tires, as well as methods and ways to effectively get rid of them once they become waste. The next section outlines the methods which the loading and removal of tires occur, and which should be avoided in the future. The last part contains statistics on tire fires in the last 6 years in the Czech Republic and an evaluation of the most endangered sites and the most common causes of these fires.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 21. 5. 2012

.....
Petra Matějovská

Poděkování

Ráda bych zde poděkovala svému vedoucímu práce prof. RNDr. Jiřímu Patočkovi, DrSc., který mi kdykoli ochotně poradil a pomohl mi najít správný směr mé práce.

Také děkuji Ing. Vladimíru Vonáskovi z Generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, který mi poskytl statistické údaje o požárech pneumatik v České republice a dalším pracovníkům Hasičských záchranných sborů jednotlivých krajů, kteří mi k těmto údajům poskytli doplňující materiály.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala svým přátelům, kteří mi při sepisování této práce byli psychickou oporou.

Obsah

Obsah.....	6
Úvod.....	7
1. Současný stav.....	8
1.1. Pneumatiky.....	8
1.2. Pneumatiky jako odpad.....	15
1.3. Hoření a požáry pneumatik.....	17
2. Cíl práce a hypotézy.....	28
2.1. Cíl práce.....	28
2.2. Hypotézy.....	28
3. Metodika.....	29
3.1. Získání a třídění statistických dat.....	29
3.2. Literární rešerše.....	31
3.3. Požáry pneumatik v letech 2006-2011.....	31
4. Výsledky.....	32
4.1. Statistika produkce a nakládání s odpadními pneumatikami	32
4.2. Hlavní způsoby využití vysloužilých pneumatik.....	41
4.3. Požáry pneumatik v letech 2006 až 2011.....	55
5. Diskuze.....	59
5.1. Statistika produkce a nakládání s odpadními pneumatikami	59
5.2. Hlavní způsoby využití vysloužilých pneumatik.....	60
5.3. Požáry pneumatik v letech 2006 až 2011.....	61
6. Závěr.....	63
7. Klíčová slova.....	65
8. Seznam použitých zdrojů.....	66
9. Přílohy.....	74

Úvod

V dnešní moderní době se s pneumatikami setkává člověk skoro na každém kroku. Závislost lidí na dopravních prostředcích se neustále zvyšuje a úměrně s ní narůstá rok od roku i počet vyráběných, používaných a především ojetých pneumatik. Opotřebené pneumatiky představují v současnosti značný problém, a to především díky jejich obrovskému množství, a ne zrovna ideálním možnostem jejich následné likvidace či dalšího využití.

Současným standardem je v rozvinutých zemích používání 2-3 aut na rodinu, přičemž musíme počítat s tím, že auto má 4 pneumatiky, často ve dvou sadách (letní a zimní) a k výměně pneumatik za nové dochází při častém ježdění již po 4 letech. Výsledné ohromné množství ojetých pneumatik má za následek to, že se s nimi můžeme setkat téměř všude okolo nás, a to často na místech, která k tomu nejsou vůbec určena, např. v lesích, řekách, na skládkách i jinde.

Ve své práci jsme se mimo jiné zabývala stanovením množství ojetých pneumatik vznikajících na území České republiky a cestami jejich dalšího osudu.

Otázkou, kterou jsem se dále snažila zodpovědět, bylo, jak nejlépe s vysloužilými pneumatikami nakládat. Rozebrala jsem nejčastější způsoby likvidace či využití pneumatik jako odpadu. Pokusila jsem se porovnat tyto jednotlivé způsoby a stanovit jejich výhody a nevýhody, finanční či energetickou náročnost a šetrnost k životnímu prostředí. Zabývala jsem se i nově vznikajícími produkty recyklace pneumatik a možnostmi jejich dalšího využití.

V další části mé práce jsem se zaměřila na nekontrolované spalování pneumatik a požáry, při kterých došlo k hoření většího množství pneumatik. Shromáždila jsem data za dobu šesti let a podrobněji jsem se zabývala příčinami těchto požárů, jejich zdravotním rizikem ve formě vznikajících nebezpečných látek a snažila jsem se lokalizovat možná místa ohrožená vznikem těchto požárů.

1. Současný stav

1.1. Pneumatiky

Pneumatiky mají v běžném životě dnešní společnosti významné postavení. Slouží lidem již řadu let, a to jak v pracovním tak i soukromém životě - osobní a nákladní dopravní prostředky, letecká doprava, jízdní kola a další. Nárůst spotřeby pneumatik je očekáván i v dalších letech, a proto je nezbytné se jimi podrobněji zabývat. Hlavními problémy souvisejícími s jejich používáním jsou značná spotřeba neobnovitelných zdrojů používaných při výrobě pneumatik a velké množství odpadu vznikajícího po skončení jejich životnosti (Odpadové fórum, 2004).

Historie

První pneumatika podobná těm dnešním byla vynalezena již v roce 1845 Robertem Williamem Thomsonem. Tato pneumatika se skládala z několika nafouknutých duší v koženém obalu a její jedinou výhodou bylo to, že potřebovala proražení na několika místech, aby se stala nepoužitelnou. Dalším, již úspěšnějším pokusem byla pneumatika vyrobená Johnem Boydem Dunlopem ze zahradní hadice, a to přibližně roku 1888. Tyto prvotní pneumatiky procházely rychlým vývojem a položily základy těm dnešním. Pneumatika se stala vysoce technologickým výrobkem, který se po celá léta zdokonaluje a výrobci i v dnešní době přichází s dalšími vylepšeními (Gavendová, 2010).

Členění a typy pneumatik

Pneumatiky se rozlišují na několik typů, které se od sebe liší hmotností, materiálovým složením i zastoupením výztužných materiálů. Klasicky uváděné rozdělení typů pneumatik je dle skupin dopravních prostředků, kdy rozdělujeme

pneumatiky na osobní, dodávkové, nákladní, autobusové a ostatní (Odpadové fórum, 2004). Každá pneumatika se jako celek skládá z několika součástí z různých materiálů s velmi odlišnými vlastnostmi, které můžeme vidět na obr. 1. Přesné složení jednotlivých vrstev a postup jejich výroby se u různých výrobců často odlišuje.



Obr. 1 Členění vrstev pneumatiky (zn. Michelin)

Zdroj: Michelin, 2012.

1. Vnitřní butylová vrstva - vzduchotěsná vrstva syntetické pryže, je ekvivalentem dříve užívaných duší.

2. Kostra z textilních vláken - vyrobena z rovnoběžně uložených, tenkých, textilních vláken, která jsou zalita do pryže. Kostra hraje klíčovou roli pro pružnost pneumatiky a její odolnost vůči tlaku.

3. Patka - místo, kterým pneumatika dosedá do ráfku. Její úlohou je přenášet točivý moment motoru a brzdné síly z ráfku pneumatiky až na kontaktní plochu pneumatiky s vozovkou.

4. Patkové lano - vyztužuje pneumatiku a pomáhá ji udržovat v ráfku. Každá pneumatika obsahuje dvě patní lana.

5. Bočnice - chrání pneumatiku před nárazy, které by mohly poškodit plášť.

6. Kovové nárazníky - jemná a velmi pevná ocelová lanka mezi dvěma vrstvami

pryže.

7. Ochranná vrstva - snižuje zahřívání při tření a při vysokých rychlostech pomáhá udržovat tvar pneumatiky. Obsahuje mimo jiné zpevněná nylonová vlákna, a to po celém obvodu pneumatiky.

8. Vrstva běhounu - místo, kde se pneumatika dostává do kontaktu s vozovkou, na povrchu je vzorek (Michelin, 2012).

Složení

Jak je zřejmé již z výše popsaného členění pneumatik, skládají se pneumatiky z mnoha rozličných materiálů. Hlavní podílové zastoupení ve složení pneumatik tvoří směs pryže z vulkanizovaných přírodních a syntetických kaučuků, sazí a dalších posilujících přísad a zpevňovacích materiálů, kterými jsou především ocel a textilní vlákna (Amari et al., 1999). Procentuální příklad materiálového složení osobních a nákladních pneumatik je uveden v Tabulce 1 (Odpadové fórum, 2004).

Tabulka 1: Složení pneumatik pro osobní a nákladní automobily v EU v %

Materiál	Osobní automobil	Nákladní automobil
Guma/elastomer	47,0	45
Saze	21,5	22
Kov	16,5	25
Textil	5,5	0
Oxid zinečnatý	1,0	2
Síra	1,0	1
Přísady	7,5	5

Zdroj: Odpadové fórum, 2004.

Elastomery (kaučuk)

Elastomery používané pro výrobu pneumatik dělíme podle původu na přírodní a syntetické.

Přírodní kaučuk se získává z keřů a stromů v tropických oblastech, a to naříznutím

jejich kůry, ze které vytéká ve formě bílé tekutiny – latexu (Kříženecký, 2008). V dnešní době se tyto stromy pěstují na plantážích, které mají roční průměrný výnos kaučuku cca 2.000 kg/ha. Potřeba nahrazovat přírodní kaučuk syntetickým vzešla především v období světových válek, kdy poptávka po pryžových produktech vzrostla natolik, že ji nebylo možno přírodními cestami pokrýt.

Syntetických kaučuků existuje mnoho rozličných druhů, které se liší především svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Celosvětově nejrozšířenější a nejpoužívanější je styren-butadienový kaučuk (SBR), který vzniká syntézou styrenových a butadienových monomerů pocházejících z ropy (ECO trend, 2004).

Rozdíl mezi přírodním a syntetickým kaučukem spočívá především v jejich rozdílné teplotní odolnosti. Přírodní kaučuk má větší citlivost na působení olejů a teplot, při nízkých teplotách je tvrdý a křehký, a za vysokých teplot se naopak stává měkkým a mazlavým. Syntetický kaučuk oproti tomu odolává nízkým i vysokým teplotám velmi dobře, a tím převyšuje při výrobě pneumatik svoji přírodní formu. Pryž používaná pro výrobu pneumatik vzniká vulkanizací směsi kaučuků, procentuální poměr zastoupení jednotlivých typů elastomerů v nejčastějších skupinách pláštěů je uveden v tabulce 2 (Kříženecký, 2008). Kaučuk propůjčuje pneumatice vysokou flexibilitu i při nízkých teplotách a nízkou termoplastičnost při zvýšených teplotách. Díky tomu pneumatiky odolávají silné dynamické i mechanické námaze (Mleziva & Šňupárek, 2000).

Tabulka 2: Materiálové složení pryže pneumatik dle typu dopravního prostředku

Skupina pláštěů	Typ elastomeru v kaučukové směsi
Osobní	55 % SBR, 30 % BR, 15 % NR
Lehké nákladní	40 % SBR, 30 % BR, 30 % NR + IR
Těžké nákladní	20 % SBR, 25 % BR, 55 % NR + IR
Zadní traktorové	40 % SBR, 30 % BR, 30 % NR + IR

Vysvětlivky: SBR – styrenbutadienový kaučuk, BR – polybutadienový kaučuk, NR – přírodní kaučuk, IR – polyisoprenový kaučuk (analog přírodního)

Zdroj: Kříženecký, 2008.

Příklady do kaučukové směsi

Pro zlepšení vlastností kaučukové směsi se přidává mnoho rozličných přísad. K posílení odolnosti pneumatiky proti oděru se do ní přidává až 30 % sazí (Amari et al, 1999). Při vulkanizaci se dále přimíchává síra, aktivátory, plniva, ztužovadla, antioxidanty, antiozonanty a oxidy křemíku.

Přírodní a chemická vlákna

Pogumovaná vlákna se používají jako kordy pneumatik (Kříženecký, 2008). Původně byla v pneumatikách používána především čistá bavlna. Vývojem byly přírodní materiály nahrazeny nejdříve umělým hedvábím a v současnosti jsou používána téměř výhradně umělá vlákna jako nylon a polyester (Amari et al, 1999). V některých speciálních pláštích je textil dále nahrazován ocelovými vlákny (Odpadové fórum, 2004).

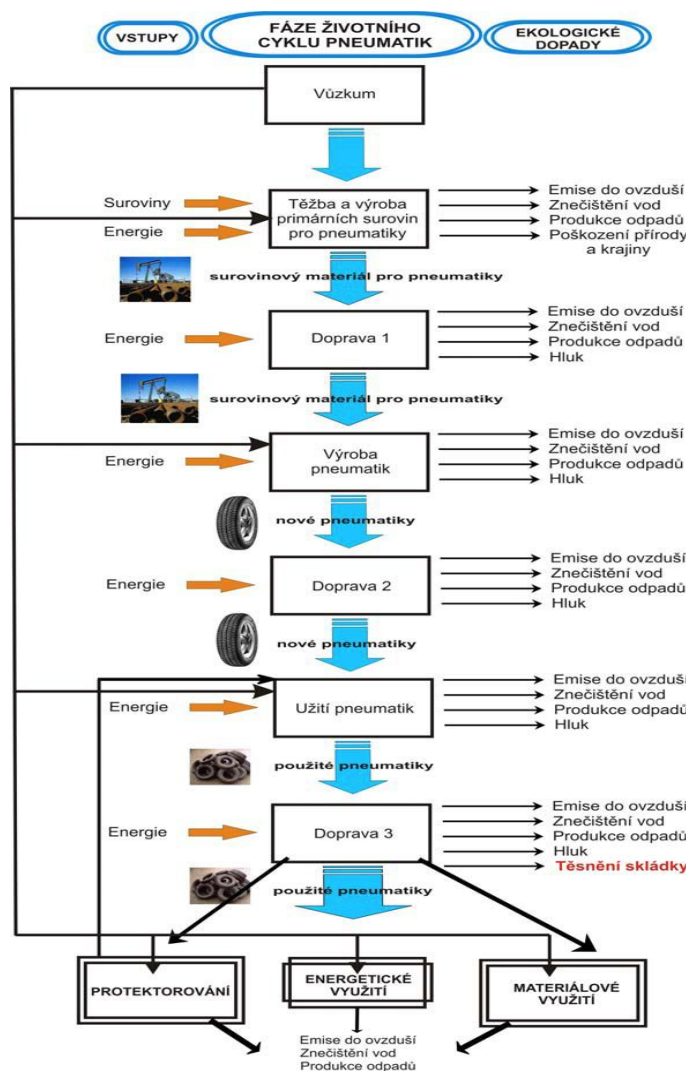
Ocel

Ocel se v pneumatice vyskytuje především v podobě ocelových drátků, ze kterých jsou vyrobeny nárazníky pneumatiky a patní lana. Tyto ocelové konstrukce jsou v pneumatice používány pogumované (Kříženecký, 2008).

Životní cyklus pneumatik

Takzvaný životní cyklus pneumatik můžeme členit do 4 základních fází, jsou jimi: vývoj, výroba, spotřeba - užití a odpad (využití, odstranění). Tyto jednotlivé fáze na sebe vzájemně navazují a každá z nich má své specifické, pozitivní i negativní vlivy na životní prostředí. Vztahy mezi těmito fázemi, jejich vazby a klíčové vlivy na životní prostředí jsou znázorněny na obrázku 1. Pochopení a studium vztahů mezi těmito

fázemi nám může pomoci při hledání účelného a optimálního způsobu využití či odstranění použitých pneumatik.



Obrázek 2: Fáze životního cyklu pneumatik

Zdroj: ECO trend, 2004.

Výzkum

Výzkum v oblasti vývoje pneumatik silně ovlivňuje celý jejich životní cyklus a naopak i ostatní fáze životního cyklu zpětně ovlivňují směr vývoje a výzkumu. V této fázi se rozhoduje o vstupních surovinách a materiálech, probíhá zde snaha o zlepšení fyzikálních i chemických vlastností pneumatik, prodloužení jejich životnosti a v neposlední řadě zde probíhá i výzkum související s ochranou životního prostředí v souvislosti s využíváním pneumatik.

Výroba pneumatik

Tuto část životního cyklu pneumatik lze rozdělit na dvě fáze: získání potřebných surovin a vlastní výroba pneumatik.

Suroviny potřebné pro výrobu pneumatik tvoří jednak suroviny pro výrobu pryže, kam patří kaučuky, saze, antioxidanty, změkčovadla, vulkanizační činidla a další. Druhou skupinu tvoří suroviny potřebné k výrobě samotné pneumatiky, kam se řadí především textilie a ocel.

Vlastní výroba pneumatiky je složitý proces sestávající z mnoha samostatně probíhajících operací, jedná se o výrobu kaučukových směsí, pogumovaného kordu, běhounů, bočnic, patních lan a nárazníků. Na konci této fáze dochází ke kompletaci jednotlivých částí a následuje vulkanizace. Při vulkanizaci dochází za působení teploty asi 175°C k přechodu kaučukové směsi ze stavu plastického do stavu elastického a pneumatika při ní získá svůj tvar a vnější dezén.

Tuto fázi můžeme výzkumem značně ovlivnit a přijmout opatření k větší ochraně životního prostředí. Jedná se například o používání surovin z obnovitelných zdrojů či recyklovaných materiálů, snížení vzniku emisí a odpadů při výrobě, či používání technologií a postupů, které usnadní budoucí recyklaci.

Spotřeba - užití pneumatik

Během této fáze slouží pneumatiky ke svému základnímu účelu. Dochází při něm k jejich opotřebení, a to především formou mechanického oděru. Jedním z hlavních cílů fáze výzkumu je proto snaha o prodloužení životnosti pneumatik zlepšením jejich fyzikálních a chemických vlastností. Zvýšení životnosti se pozitivně odráží v celkové spotřebě používaných surovin pro výrobu pneumatik. Odolnost pneumatik díky lepším fyzikálním a chemickým vlastnostem pozitivně ovlivňuje i jejich přímý dopad na životní prostředí při jejich užívání, ve formě nižší prašnosti a hlučnosti.

Ukončení životnosti pneumatik

Pneumatiky se stávají odpadem ve chvíli, kdy přestávají plnit funkci, pro kterou byly vyrobeny (ECO trend, 2004). Následuje celá řada možností jejich dalšího osudu.

1.2. Pneumatiky jako odpad

Po ukončení prvního životního cyklu pneumatik se z nich stává velkoobjemový odpad se značnými potencionálními riziky pro životní prostředí. V dnešní době existuje velká řada možností dalšího využití tohoto odpadu. Díky svému materiálovému složení a specifickým vlastnostem představují vysloužilé pneumatiky významný zdroj materiálu, energie a surovin (Odpadové fórum, 2004).

Zpětný odběr

Na pneumatiky se vztahuje povinnost zpětného odběru vyplývající z § 38 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Povinnost zajistit zpětný odběr použitých pneumatik má tzv. povinná osoba, kterou je právnická či fyzická

osoba oprávněná k podnikání, která pneumatiky vyrábí nebo je v České republice uvádí na trh od zahraničního výrobce. Povinná osoba musí také zajistit způsob informování spotřebitelů o způsobu jakým je zpětný odběr zajišťován. Zpětný odběr musí být prováděn bezplatně a bez vázání odebrání použitých pneumatik na nákup nových.

Možnosti využití opotřebovaných pneumatik

Hlavní možnosti dalšího osudu vysloužilých pneumatik si můžeme rozdělit do 4 kategorií dle výstupních produktů jednotlivých metod (Odpadové fórum, 2004):

1. opětovné použití výrobku - jedná se o regeneraci pneumatik, kterou je možno použít u pneumatik, které mají sjetý běhoun, avšak zbytek pneumatiky není poškozen, patří sem především protektorování a prořezávání (Kříženecký, 2008).

2. opětovné použití materiálu - při tomto způsobu dochází k použití celých, řezaných nebo sekaných pneumatik k účelu pro který nebyly zhotoveny, řadí se sem využití pneumatik jako konstrukčních prvků skládek, ochranných bariér, lodních nárazníků apod.

3. materiálové zhodnocení - do této kategorie spadá především recyklace pneumatik, regenerace surovin a pyrolýza. K tomuto účelu se využívají pneumatiky, které jsou znehodnoceny natolik, že je nelze dále používat k původnímu účelu.

4. energetické zhodnocení - řadí se sem téměř každé spalování pneumatik, mezi nejčastější způsoby patří spalování pneumatik v cementářských pecích a využití granulátu jako paliva (Odpadové fórum, 2004).

Dalším bohužel stále ještě poměrně častým způsobem likvidace ojetých pneumatik je pohození pneumatiky v přírodě, což má za následek vznik tzv. černých skládek. Samovolný proces rozpadu je zde velice pozvolný a trvá mnoho desítek let. Jiným

naprosto nevhodným způsobem likvidace pneumatik je jejich úmyslné spalování, například při různých akcích (Kříženecký, 2008).

Podrobně jsem jednotlivé metody a jejich výhody či nevýhody rozebrala formou literární rešerše, jejíž závěry jsou uvedeny v samostatné kapitole ve výsledcích mé práce.

1.3. Hoření a požáry pneumatik

Požár se charakterizuje jako nekontrolované hoření v předem neohrazeném prostoru, které vzniklo přímým zapálením či nekontrolovatelným šířením ohně (Kvarčák, 2005).

Požáry většího množství pneumatik, které lze v posledních letech stále častěji pozorovat především na skládkách, představují významný toxikologický i ekologický problém. Většina produktů vznikajících během hoření pneumatik má významné negativní účinky na zdraví i životní prostředí (Sikora, 2007).

Hoření a vznikající produkty

Podstatou hoření je chemická reakce, při které dochází k uvolňování tepla, vyzařování světla a produkci zplodin. Pro vznik hoření je potřeba dosáhnout specifických podmínek: je nutná přítomnost hořlavé látky, oxidačního prostředku (okysličovadla) a tepla jako zdroje zapálení. Působením tepla na hořlavý materiál za přístupu vzdušného kyslíku jako okysličovadla se rozbíhají fyzikální děje a chemické reakce, které mají za následek vznik tepelného hoření (Šeba, 2010). Během hoření dochází u hořícího materiálu k chemickým změnám, při kterých probíhá přeměna jedné látky na látku jinou, která má již odlišné vlastnosti. Při hoření vzniká několik základních produktů. Hovoříme zde hlavně o teple, světle, kouři, hořlavých nespálených plynech a

popelu (Modráčková, 2010).

Teplota je jedním z hlavních produktů hoření a jeho intenzita závisí na velikosti plamenů. Je jednou z primárních příčin dalšího šíření ohně a také příčinou ohrožení zdraví osob (popálení, dehydratace, poranění dýchacích cest).

Hořící plyny a páry tvoří vlastní plamen ohně. Koncentrace kyslíku v okolním vzduchu určuje teplotu a svítivost plamene. Svítivost a barva plamene je ovlivněna také druhem hořící látky.

I kouř a jeho složení jsou ovlivněny typem hořící látky. Kouř může obsahovat stovky různých chemických látek a jejich sloučenin. Některé materiály produkují při svém hoření větší množství kouře, než jiné (např. hustý černý kouř při hoření minerálních olejů, nafty, gumy a plastů) (Lukeš, 2012).

Množství a složení produktů hoření závisí na chemické skladbě hořlaviny a na druhu oxidačního prostředku (Modráčková, 2010). V závislosti na materiálu, který hoří jsou vznikající zplodiny více či méně toxické. Mezi nejčastější toxické produkty hoření patří oxid uhelnatý, oxid uhličitý, oxid siřičitý, oxidy dusíku, fosgen, benzen, polycyklické uhlovodíky a další (Šeba, 2010).

Požáry pneumatik

Požáry pneumatik jsou nejen v České republice v posledních letech stále častějším jevem. Nejčastěji k nim dochází na skládkách, kde se nachází velké množství pneumatik a v zařízeních, která se zabývají likvidací či recyklací vysloužilých pneumatik. Tyto požáry jsou velmi těžko uhasitelné a představují velké zdravotní i bezpečnostní riziko, jak pro zasahující hasiče, tak i pro osoby vyskytující se v jejich blízkosti. Vznikají při nich zplodiny a škodliviny, kontaminující vzduch, půdu i vodní toky a plochy (FEMA, 1998).

Faktory ovlivňující riziko vzniku požáru

Hlavní faktory ovlivňující riziko vzniku požáru pneumatik jsou například rozsah

plochy, na které se pneumatiky nacházejí, jejich množství, způsob uskladnění, zabezpečení objektu a dodržování požárních a bezpečnostních předpisů (Rings of fire, 2012). Podrobnějším rozbohem těchto faktorů můžeme významně ovlivnit riziko vzniku požáru v zařízeních, ve kterých se větší množství pneumatik nachází. Základní charakteristika nejběžnějších opatření vedoucích ke snížení rizika požáru je uvedena v kapitole o prevenci vzniku požárů.

Možná rizika a dopady zásahu při požáru pneumatik

Při likvidaci požáru velkého množství pneumatik hrozí zasahujícím hasičům spousta rizik. Pneumatiky jsou často nahromaděny ve velkém množství a v několika vrstvách. Pokud tedy dojde ke vzniku požáru, může být jeho uhašení velice problematické. Oheň i plameny mohou dosahovat značných rozměrů a hasiče ohrožují i vznikající toxické zplodiny (FEMA, 1998).

Teplota v požářišti dosahuje až tisíce stupňů Celsia. Při takovéto teplotě se taví plasty a odkapává hořící pryž, což může mít za následek popáleniny a příškvarky, a může to být i příčinou dalšího šíření požáru.

Samotné hašení většího množství pneumatik je složité vzhledem k vysokým teplotám i vlastní povaze pneumatiky. Teploty často brání použití běžných hasicích prostředků, jelikož dochází k jejich okamžitému vypaření. Skutečnost, že pneumatika není dobrým vodičem tepla, ale naopak spíše tepelným izolantem nahrává dalším problémům s jejich úplným uhašením. Pokud již pneumatika hoří, tak v sobě nakumuluje velké množství tepla, kvůli kterému i po jejím zdánlivém uhašení hrozí riziko opětovného vznícení. K tomu dochází i vzhledem ke specifickému tvaru pneumatiky, která často hoří uvnitř, což hašení komplikuje. Jsou známy i případy, kdy se pneumatika namočená do vody po několika minutách opět vznítla. I tak je ponoření pneumatiky pod hladinu vody asi nejlepším způsobem jejího uhašení, avšak v praxi při požárech velkého množství pneumatik je to většinou neproveditelné. Dalším využívaným způsobem hašení je zahrnutí hořících pneumatik zeminou. To má za následek utlumení plamenů a omezení vzniku toxických plyných zplodin.

Pneumatiky ovšem i pod vrstvou zeminy dále hoří, dokud nedojde k vyčerpání kyslíku. Po dohoření a vychladnutí, ke kterému dochází mnohdy až za několik dnů či týdnů, je nutné zbylé nedohořené pneumatiky odvézt a provést rozbor půdy v okolí (Kratochvíl & Nývlt, 2007). Při hoření pneumatik totiž dochází i ke vzniku pyrolytického oleje, který je tvořen především směsí ropných látek. Ten společně s velkým množstvím vody, použitým při zásahu, volně odtéká a může docházet ke kontaminaci půdy, vodních toků a ploch, i podzemní vody, čímž vzniká významná ekologická zátěž nejen v místě požáru (Sikora, 2007).

Další problematickou situací jsou případy tzv. černých skládek. U takovýchto lokalit dochází k zakázanému hromadění pneumatik např. v lesích, starých opuštěných objektech, plochách apod. Málokdy se podaří zjistit původce těchto odpadů, a tudíž je složité zajistit jejich bezpečnou likvidaci. Právě zde často dochází k úmyslnému zapálení pneumatik, za účelem jejich odstranění. Mnohdy značně zarostlý a nepřehledný terén ztěžuje následnou likvidaci požáru, jelikož hoření je podporováno okolní vegetací a těžce přístupný terén nedovoluje efektivní využití veškeré hasící techniky (Rings of fire, 2012).

Vzhledem ke složitému zdolávání požárů pneumatik a jejich značnému nepříznivému dopadu nejen na životní prostředí, je vhodné se zabývat možnostmi prevence jejich vzniku.

Prevence vzniku požárů pneumatik

Ke snížení rizika vzniku požárů je zapotřebí dobrá spolupráce mezi zástupci hasičských záchranných sborů a vlastníky objektů a ploch, ve kterých dochází k hromadění většího množství pneumatik. Je zapotřebí stanovit základní bezpečnostní podmínky takového skladování a dohlížet na jejich dodržování (Rings of fire, 2012). K tomuto slouží základní dokumenty, které musí každá osoba provozující takovéto zařízení vypracovat a další náležitosti, které musí tato osoba splnit, chce-li takovéto zařízení provozovat. Povinnost zpracovat základní požární dokumentaci vyplývá z § 15 odst. 1 zákona č. 133/1985 Sb. o požární ochraně. Jednotlivé druhy dokumentace

požární ochrany a jejich obsah jsou stanoveny prováděcím právním předpisem, konkrétně vyhláškou č. 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a o výkonu státního požárního dozoru. Dalšími dokumenty, které mimo jiné řeší nezbytná bezpečnostní opatření, jsou Provozní řád a Provozní deník zařízení sloužícího k využívání, odstraňování, sběru nebo výkupu odpadů. Tyto dokumenty jsou zpracovávány dle požadavků stanovených vyhláškou č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady. Před začátkem své činnosti musí tyto osoby dále u krajského úřadu požádat o souhlas k provozování zařízení k využívání, odstraňování, sběru nebo výkupu odpadů. Obsah této žádosti je podrobně specifikován ve vyhlášce č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady.

Mezi základní preventivní opatření patří například:

- stanovení rozsahu a vhodné umístění ploch pro skladování pneumatik
- určení limitů pro maximální skladované množství pneumatik, včetně podrobné specifikace jejich ukládání na jednotlivých plochách, vzhledem k dobré přístupnosti při případném zásahu
 - dodržení bezpečných vzdáleností mezi pneumatikami a hořlavými materiály či okolní vegetací
 - vytvoření nepřetržitě přístupných požárních cest
 - stanovení pravidel vstupu do objektu a chování se v objektu (manipulace s ohněm, zákaz vstupu nepovolaných osob, atd.)
 - zajištění kontroly při příjmu pneumatik
 - dobrá dostupnost zdrojů vody pro případný zásah
 - zabezpečení celého objektu před vstupem cizích osob (Rings of fire, 2012).

Zplodiny vznikající při nekontrolovaném hoření pneumatik

Pneumatiky hoří žlutým čadivým plamenem za vzniku velkého množství hustého černého dýmu (Kratochvíl & Nývlt, 2007). Při požáru vzniká obrovské množství

toxických látek, řádově až stovky. Většina hořícího materiálu se přemění na oxidy uhlíku a saze. Vzhledem k tomu, že nejčastěji používaným materiálem pro výrobu pneumatik je butadien-styrenový kaučuk, patří mezi hojně zastoupené zplodiny monomery 1,3-butadien a styren. Mezi další významné produkty hoření pneumatik se řadí alifatické uhlovodíky (alkeny, alkadieny) a aromatické uhlovodíky, především benzen, toluen, ethylbenzen, fenylacetylen, xyleny a další. V pneumatikách obsažená síry se hořením přeměňuje hlavně na oxid siřičitý a také sirné deriváty (thiofen, methylthiofen, benzothiofen atd.). Mimo tyto látky se při hoření pneumatik uvolňují i oxidy kovů, například hořčíku, zinku a olova (Sikora, 2007).

Zplodiny vznikající při požárech, tedy nekontrolovaném hoření pneumatik, se ukazují být mnohem toxičtější, než emise vzniklé při spalování pneumatik za účelem výroby energie. Mezi významně toxické látky, které vznikají při požárech pneumatik patří především: oxid uhelnatý, oxid siřičitý, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), dioxiny, benzen, polychlorované bifenyly (PCB) a těžké kovy, jako arsen, kadmium, rtuť, chrom a další. Tyto látky uvolňující se během hoření pneumatik představují velké zdravotní riziko pro zasahující hasiče a osoby zdržující se v blízkosti požáru. Mezi nepříznivé zdravotní účinky těchto látek patří dráždivost pro kůži, oči a sliznice, dýchací potíže, poruchy nervového systému a rakovina. Rozvoj těchto potíží u zasažených lidí závisí na době, po kterou byli těmito látkám vystaveny a také na koncentraci těchto škodlivin ve vzduchu (Reisman, 1997). Nejzávažnější nepříznivé účinky jednotlivých látek na zdraví a životní prostředí jsou uvedeny v následujícím přehledu.

Oxid uhelnatý

Jedná se o bezbarvý hořlavý plyn bez zápachu, který vzniká přímou oxidací uhlíku za nedostatku kyslíku či vzduchu. Při vdechování tvoří stabilní komplex s krevním barvivem hemoglobinem, který je až 300-krát pevnější než komplex hemoglobinu s kyslíkem. Touto vazbou zabraňuje oxid uhelnatý přenosu kyslíku červenými krvinkami (Greenwood & Earnshaw, 1993). Důsledkem otravy proto dochází k udušení.

Při vysokých koncentracích dochází ke smrti již po několika vdechnutích. Dalšími účinky této látky jsou bolesti hlavy, závrať, silná nevolnost, ospalost, pocit slabosti, stavy zmatenosti a rozrušení, záchvaty dušení, bezvědomí, křeče a obrna dechu (Medis Alarm, 2011).

Oxid siřičitý

Oxid siřičitý je bezbarvý jedovatý plyn. Velmi silně dráždí oči, dýchací cesty i plíce, u kterých může dojít při velkém zasažení až k plicnímu edému, a to i se zpožděním až 2 dnů. V důsledku vdechování dochází také k poškození hlasivek a dráždivému kašli (Medis Alarm, 2011). Velký zájem je této látce věnován i v souvislosti se znečišťováním ovzduší a poškozováním životního prostředí. Uvolňováním oxidu siřičitého do ovzduší dochází ke vzniku tzv. kyselých dešťů, které mají za následek ohrožení a poškození rostlin, vody jezer a vodních živočichů (Greenwood & Earnshaw, 1993).

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Jedná se o velmi rozsáhlou skupinu látek, které ve své molekule obsahují více kondenzovaných aromatických jader. Mezi nejznámější zástupce této skupiny patří naftalen, pyren, antracen, fenantren, chrysen, benzo(a)pyren a další. PAU jsou toxické látky způsobující rakovinu, poruchy reprodukce a mutace. Jedním z hlavních důvodů jejich nebezpečnosti je schopnost odolávat přirozeným rozkladným procesům - perzistence (MŽP, 2012). Při analýze výskytu PAU ve vzorcích získaných po požárech pneumatik (otěry ze země, hasební voda v příkopech) bylo nalezeno 165 různých polyaromatických uhlovodíků. Následným kvantitativním rozbohem byly stanoveny nejvíce zastoupené PAU, patřili mezi ně např. etylbenzen, xylen, antracen, pyren, benzo(a)pyren, C₀-C₄ naftalen a další (Wang et al., 2007). Jako příkladný zástupce této skupiny se nejčastěji uvádí benzo(a)pyren .

Benzo(a)pyren - jedná se o karcinogenní a mutagenní látku s negativními účinky

na reprodukční schopnost a na vývoj plodu v těle matky. Při krátkodobém působení na kůži, oči či dýchací cesty způsobuje podráždění, při dlouhodobém účinku rakovinu (Medis Alarm, 2011).

Dioxiny

Jako dioxiny označujeme skupinu polychlorovaných dibenzodioxinů (PCDD) a dibenzofuranů (PCDF). Je známo asi 200 těchto molekul, lišících se počtem a polohou chlorů v molekule. Toxikologicky důležitou vlastností dioxinů je jejich lipofilní charakter, díky čemuž se hromadí především v tělech živočichů, jejich tukové tkáni, játrech a mléce. Hlavním výsledkem přítomnosti dioxinů v buňce je zmnožení enzymů skupiny cytochromu p450, které se podílejí na syntéze steroidních hormonů a umožňují četné metabolické přeměny. Dioxiny způsobují poškození kůže a jater, vyvolávají některé neurologické účinky a poruchy imunity. Dioxiny mají za následek i snížení hladiny mužských pohlavních hormonů a inzulínu, ovlivňují hladinu hormonů štítné žlázy, glukokortikoidů a melatoninu (Rajdl, 1999).

Benzen

Benzen se při hoření pneumatik uvolňuje v podobě dráždivého plynu, jehož nadýchání se ve vysokých koncentracích způsobuje podráždění dýchacích cest a očí (Medis Alarm, 2011). Specifikum toxicity benzenu je založeno na vzniku metabolitů, p-benzochinonu a hydrochinonu, schopných poškozovat alkylací strukturu proteinů a DNA. Jejich působením dochází k inhibici buněčné replikace (Štěpánová, 2007). Benzen také poškozuje centrální nervovou soustavu, imunitní systém a krevetvorbu. Mezi hlavní projevy otravy benzenem patří závratě, bolesti hlavy, euforie a zmatenost. Benzen může způsobit až smrt, ke které dochází v důsledku selhání dýchání a srdeční arytmie (MŽP, 2012).

Polychlorované bifenyly (PCB)

Mezi polychlorované bifenyly se řadí skupina více než 200 látek. Jejich hlavní nebezpečnost spočívá ve veliké schopnosti perzistence, kvůli které dochází ke zvyšování jejich koncentrace v životním prostředí. Nejvíce ohroženy jsou vodní ekosystémy, které často slouží jako tzv. zásobníky PCB. Polychlorované bifenyly mají tendenci akumulovat se v tukových tkáních. Tím dochází k jejich hromadění se v potravinových řetězcích. Nejvyšší koncentrace PCB se vyskytují u vrcholových predátorů. U lidí dochází ke kontaminaci PCB především z potravy (ryby, ptáci, hospodářská zvířata). PCB v lidském organismu ovlivňuje mozek, oči, srdce, imunitní systém, játra, ledviny, reprodukční systém a štítnou žlázu. U těhotných žen může způsobit snížení porodní váhy a neurologické poruchy dětí (MŽP, 2012).

Těžké kovy

Do této skupiny se řadí kovy o hustotě vyšší než 5 g / cm^3 , patří mezi ně např. arsen, železo, zinek, chrom, nikl, kadmium, olovo a rtuť. Některé z nich jsou pro živé organismy nezbytné, tzv. esenciální, jiné jsou vysoce toxické (Šedlbauer, 2012).

- **Arsen** - toxicita arsenu závisí na typu sloučeniny, ve které se do těla dostane a dále na její rozpustnosti. Například téměř nerozpustný sulfid arsenitý je netoxický. Stejně tak i kovový arsen je nejedovatý, ale v organismu se metabolizuje na jiné toxické látky. Všechny ostatní sloučeniny s obsahem arsenu jsou jedovaté. Do lidského organismu vstupuje arsen z 70 % v potravě, z 29 % v pitné vodě a jen 1 % ze vzduchu. Arsen je karcinogenní prvek, který způsobuje rakovinu plic a kůže a zvyšuje riziko vzniku nádorů jater, ledvin a močového měchýře (MŽP, 2012). Při akutní toxicitě způsobené arsenem dochází ke gastrointestinálním potížím, obrně dýchání, nefritidě a dermatitidě. Chronická otrava arsenem má za následek především poruchy CNS, dermatitidy, ekzémy, otoky, hyperpigmentaci pokožky, gangrény, břišní koliky a anémie (Pavliš, 2005).

- **Kadmium** - jedná se o teratogen a karcinogen. Nejčastějším vstupem do organismu je ingesce. K jeho hlavní kumulaci v těle dochází v kůře nadledvinek, játrech a kostech (Pavliš, 2005). Kadmium v lidském těle nejvíce poškozuje ledviny. Kvůli jeho vysoké schopnosti akumulace je detoxikace velice pomalá a tudíž u něj hrozí riziko chronických otrav. V důsledku otravy kadmiem dochází také k poškození plodu v těle matky (MŽP, 2012).

- **Rtuť** - toxicita sloučenin rtuti je závislá hlavně na jejich rozpustnosti ve vodě. Mezi nejrizikovější patří sloučeniny dvojmocné rtuti Hg^{2+} . Oproti tomu je elementární rtuť prakticky neškodná, jelikož se jen obtížně dostává do organických tkání (MŽP, 2012). Podstata vysoké toxicity rtuti spočívá především v její afinitě k -SH skupinám organických látek v těle. Tím dochází k narušení funkčnosti některých enzymů, což má za následek mimo jiné změny propustnosti membrán a vede k celkovému rozvratu metabolismu. Projevy akutní otravy rtutí se liší dle typu sloučeniny a cesty vstupu do organismu. Nejčastější následky jsou poškození plic (po inhalaci), krvavé průjmy, zvracení, poleptání sliznic (po ingesci), selhání ledvin, poškození CNS (třes, poruchy sluchu, vidění). Chronická toxicita nastává nejčastěji po pravidelném přijímání rtuti v potravě. Rtuť má velkou schopnost bioakumulace, její organické sloučeniny jsou vysoce lipofilní a ukládá se nejčastěji v rybách. Mezi projevy dlouhodobé otravy rtutí patří únava, slabost, bolesti hlavy, poruchy trávení, poškození CNS (Pavliš, 2005).

- **Chrom** - na jedné straně je chrom v oxidačním stavu Cr^{3+} esenciálním stopovým prvkem potřebným pro správný chod metabolismu savců (v malém množství), oproti tomu sloučeniny Cr^{6+} jsou výrazně toxické. Krátkodobé vystavení se vysokým dávkám způsobuje mimo jiné vředy na kůži při dotyku, podráždění nosní sliznice a perforace nosní přepážky při inhalaci a podráždění trávicího ústrojí po orální expozici. Může také nepříznivě působit na ledviny a játra. Vdechování prachu s obsahem sloučenin Cr^{6+} vyvolává astmatické potíže. Chronická otrava chromem se projevuje tvorbou vředů a nádorů nosní dutiny, plic a zažívacího traktu, v některých

případech dochází až k proděravění nosní přepážky. Chrom je také klasifikován jako lidský karcinogen, způsobující rakovinu plic (MŽP, 2012).

Míra rizika

Riziko skutečného ohrožení osob zplodinami vznikajícími při hoření pneumatik závisí především na rozsahu požáru, použití osobních ochranných pomůcek a meteorologické situaci. Hoří-li menší množství pneumatik dochází obvykle k rychlému rozptýlení škodlivin do ovzduší a naměřené koncentrace sledovaných škodlivin bývají minimální. Problém nastává při požárech, kde hoří až několik tisíc tun pneumatik a tudíž dochází již k významnému zamoření ovzduší toxickými látkami. V těchto případech jsou nejčastěji ohroženými osobami zasahující hasiči, jelikož se nacházejí v bezprostřední blízkosti ohniska požáru.

Ačkoli hasiči jsou vybaveni ochrannými pomůckami (např. dýchací přístroje), byla v některých expozičních urologických testech zjištěna přítomnost polycyklických aromatických uhlovodíků. Osobám nevybaveným ochrannými pomůckami pobývajícím v blízkosti takového požáru mohou hrozit již významné zdravotní komplikace.

Ohrožení dalších osob je do značné míry ovlivněno také současnou meteorologickou situací. Šíření zplodin závisí na větru, tlaku vzduchu, dešti a dalších faktorech. Jako základní indikátor znečištění ovzduší může sloužit přítomnost kouře a zápachu. Asi nejnepříznivější situace nastává při inverzi, kdy se zplodiny drží při zemi a jejich koncentrace může představovat riziko i pro osoby nacházející se ve větší vzdálenosti od požáru (Sikora, 2007).

2. Cíl práce a hypotézy

2.1. Cíl práce

Cílem práce je zmapovat možnosti likvidace starých pneumatik a zhodnotit jejich využitelnost pro praxi, a to z hlediska toxikologického, ekologického a ekonomického.

2.2. Hypotézy

- a) Pneumatiky představují obtížně likvidovatelný odpad.
- b) Pneumatiky obsahují velké množství složek, které se dají likvidovat ekologicky.
- c) Spalování pneumatik je nejméně vhodnou formou jejich likvidace, protože při něm vzniká velké množství toxických látek.

3. Metodika

3.1. Získání a třídění statistických dat

Ve své diplomové práci jsem provedla statistické zpracování produkce a nakládání s vysloužilými pneumatikami na území České republiky za roky 2002 až 2010. K tomuto účelu jsem používala data získaná z Informačního systému odpadového hospodářství (dále jen „ISOH“). ISOH je spravován pod záštitou Ministerstva životního prostředí. V tomto systému jsou uvedena data o produkci a nakládání s odpady v rámci České republiky, včetně vývozu a dovozu odpadů mimo území ČR. Odpady jsou zařazovány podle § 5 a § 6 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech pod katalogová čísla stanovená ve vyhlášce 381/2001 Sb. (Katalog odpadů).

Pneumatiky jsou zařazeny pod katalogovým číslem 16 01 03. Na základě tohoto čísla jsem si vyhledala všechna příslušná data. Z těchto údajů jsem dále filtrovala údaje dle Kódu nakládání s odpadem, které jsou stanoveny ve vyhlášce č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady.

Pro statistiku produkce odpadů jsem filtrovala data pod Kódy:

1. **A00** - Produkce odpadu (vlastní vyprodukovaný odpad)
2. **BN30** - Převzetí zpětně odebraných některých výrobků nebo zpětně odebraných elektrozařízení od právnické osoby nebo fyzické osoby oprávněné k podnikání, která zajišťuje zpětný odběr podle § 37k nebo § 38 zákona (o odpadech) nebo převzetí odpadů od nepodnikajících fyzických osob - občanů (dále jen „Zpětný odběr“).

Pro statistiku způsobů nakládání s pneumatikami jako s odpadem jsem filtrovala data pod Kódy:

- **N15** - Protektorování pneumatik

- **R1** - Využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie (dále jen „Energetické využití“)
- **D10** - Spalování na pevnině
- **R3** - Získání/regenerace organických látek, které se nepoužívají jako rozpouštědla - včetně biologických procesů mimo kompostování a biologickou dekontaminaci (dále jen „Materiálové využití“)
- **R4** - Recyklace/znovuzískání kovů a kovových sloučenin (dále jen „Materiálové využití“)
- **R5** - Recyklace/znovuzískání ostatních anorganických materiálů (dále jen „Materiálové využití“)
- **N1** - Využití odpadů s výjimkou kalů podle vyhl. 382/2001 Sb. na terénní úpravy apod. (dále jen „Terénní úpravy“)
- **N12** - Ukládání odpadů jako technologický materiál na zajištění skládky (dále jen „Ukládání na skládky jako technologický materiál“)
- **R10** - Aplikace do půdy, která je přínosem pro zemědělství nebo zlepšuje ekologii (dále jen „Aplikace do půdy jako přínos pro ekologii“)
- **D1** - Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu - skládkování (dále jen „Skládkování“)
- **N11** - Využití odpadu na rekultivace skládek (dále jen „Rekultivace skládek“)
- **N7** - Přeshraniční přeprava odpadu do členského státu EU z ČR (dále jen „Vývoz z ČR“)
- **N17** - Vývoz odpadu do státu, který není členským státem EU (dále jen „Vývoz z ČR“)

Pro vzájemné porovnání celkového vstupu pneumatik do odpadového hospodářství ČR a nakládání s nimi, jsem následně k produkci přidala data pod Kódy:

- **BN6** - Přeshraniční přeprava odpadu z členského státu EU do ČR (dále jen „Dovoz do ČR“)
- **BN16** - Dovoz odpadu ze státu, který není členským státem EU (dále jen

„Dovoz do ČR“)

Tato data jsem zpracovala do tabulky v programu OpenOffice.org Calc. Následně jsem provedla jejich grafické vyhodnocení a vzájemné porovnání.

3.2. Literární rešerše

V další části mé práce jsem zpracovala literární rešerši zabývající se hlavními způsoby využití vysloužilých pneumatik. Zabývala jsem se hlavní podstatou každé metody a snažila se postihnout její výhody a nevýhody. Na závěr jsem z této rešerše vytvořila přehledovou tabulku, ve které jsou tato data stručně vyzdvížena a pro každou metodu je utvořen krátký závěr o její vhodnosti a možnosti využití.

3.3. Požáry pneumatik v letech 2006-2011

Ke zpracování statistiky požárů pneumatik v letech 2006-2011 jsem využila data poskytnutá Generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru České republiky a dále data poskytnutá jednotlivými Hasičskými záchrannými sbory krajů.

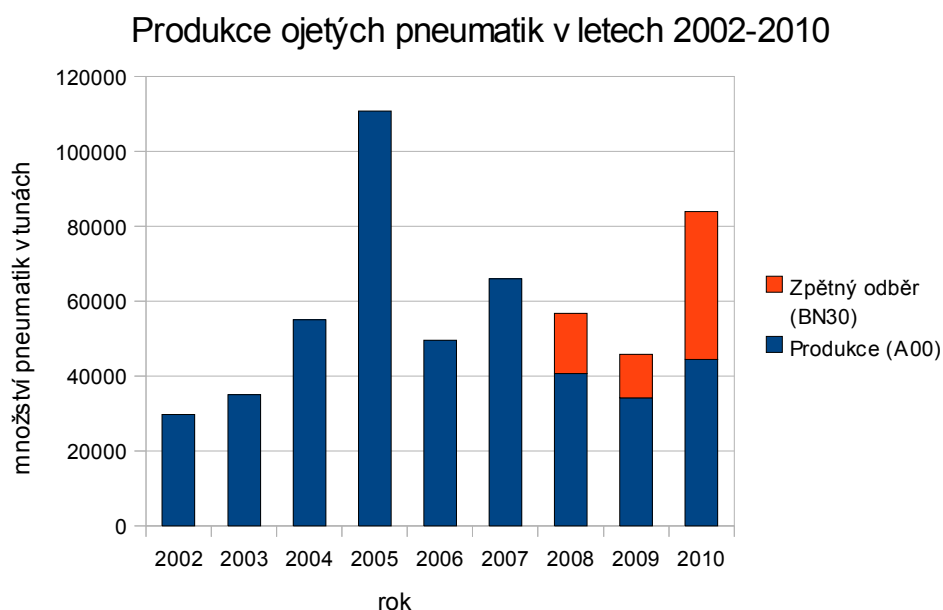
Data jsem dále třídila podle počtu požárů v jednotlivých letech, podle lokality, ve které požár vznikl a podle příčiny vzniku požáru. Takto upravená data jsem poté zpracovala do tabulky v programu OpenOffice.org Calc. a následně jsem provedla jejich grafické vyhodnocení a interpretaci.

4. Výsledky

4.1. Statistika produkce a nakládání s odpadními pneumatikami

Do statistiky produkce pneumatik jako odpadu v České republice za roky 2002 až 2010 jsem započítala pneumatiky, které vznikly jako vlastní vyprodukovaný odpad a dále pneumatiky, které byly převzaty v rámci zpětného odběru. Průměrná produkce pneumatik v rámci ČR v letech 2002-2010 činí 59170 tun pneumatik za rok. Výkyvy v jednotlivých letech jsou vidět v grafu č. 1.

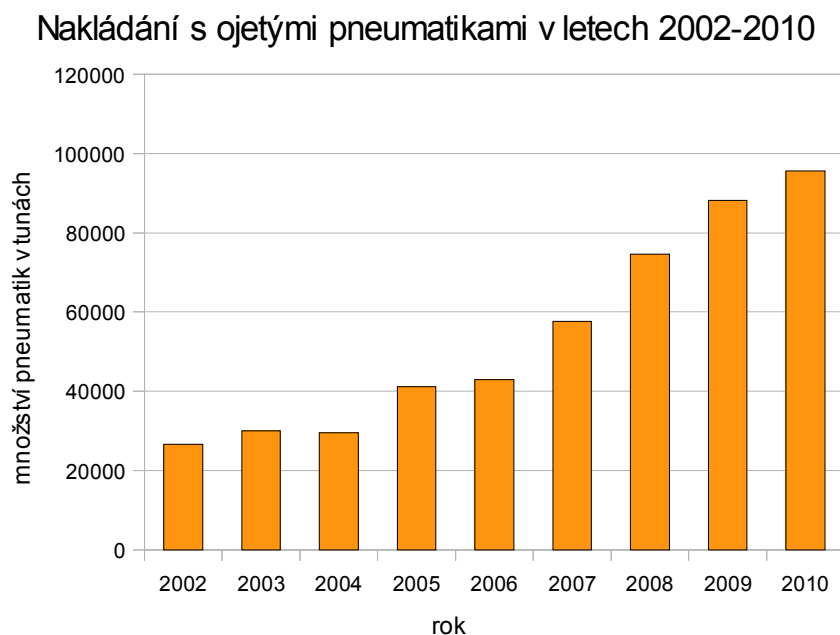
Graf č. 1 Produkce ojetých pneumatik v letech 2002-2010



K potvrzení či vyvrácení hypotézy, že „Pneumatiky představují obtížně likvidovatelný odpad.“, jsem se dále zabývala způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v jednotlivých letech. Vytvořila jsem statistiku celkového množství pneumatik, se kterými bylo nějakým způsobem nakládáno jako s odpadem, která je graficky znázorněna v grafu č. 2. Z tohoto grafu je jasně patrné, že každým rokem je

zpracováváno čím dál větší množství pneumatik. Od roku 2002 do roku 2010 se množství pneumatik, se kterými bylo nakládáno jako s odpadem znásobilo více než 3,5-krát.

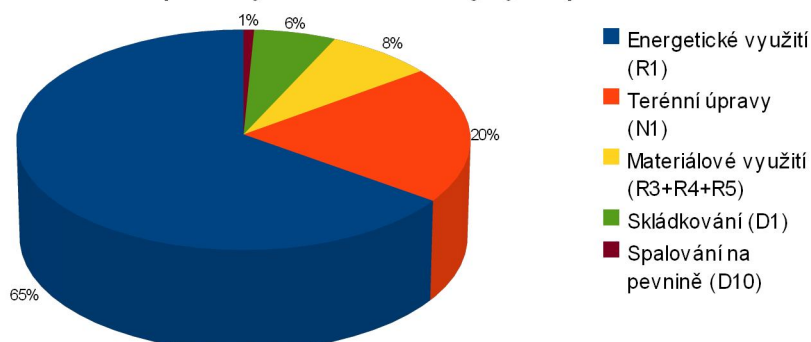
Graf č. 2 Nakládání s ojetými pneumatikami v letech 2002-2010



Z této statistiky ovšem není patrné, jakým způsobem bylo s pneumatikami vlastně nakládáno. Vytvořila jsem tedy pro každý rok samostatný přehled, na kterém je vidět srovnání využití jednotlivých způsobů nakládání s pneumatikami. Tyto přehledy jsou znázorněny na grafech č. 3 až č. 11.

Graf č. 3 Způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v roce 2002

Rok 2002 - způsoby nakládání s ojetými pneumatikami

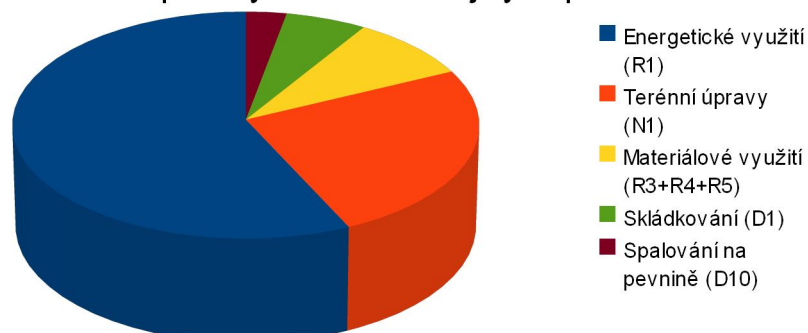


Dlouhodobě stále nejvyužívanějším způsobem využití ojetých pneumatik je Energetické využití pneumatik jako paliva či jinak za účelem výroby energie. V letech 2002 až 2010 bylo ročně tímto způsobem zpracováno v průměru 26361 tun pneumatik.

Ačkoli i v posledních letech je energeticky využívána stále největší část pneumatik v odpadovém hospodářství, dostávají se do popředí i jiné způsoby nakládání.

Graf č. 4 Způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v roce 2003

Rok 2003 - způsoby nakládání s ojetými pneumatikami



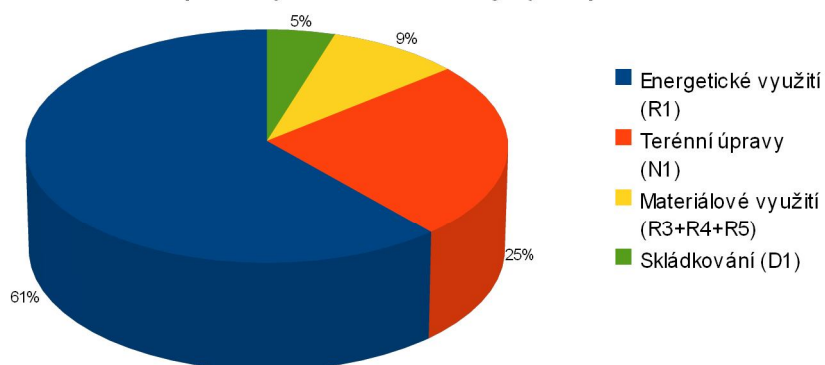
Druhým dlouhodobě nejvíce zastoupeným způsobem využití ojetých pneumatik je jejich používání k Terénním úpravám. V letech 2002 až 2010 bylo ročně tímto způsobem zpracováno v průměru 10621 tun pneumatik. Pneumatiky jsou takto využívány buď celé nebo mechanicky zpracované (nařezané, nadrcené či namleté).

Tento způsob doplňuje také využití pneumatik nazývané Aplikace do půdy jako

přínos pro ekologii. Dle názoru inspektorů z České inspekce životního prostředí jsou tyto pneumatiky využívány téměř obdobným způsobem a pouze záleží na způsobu zanesení dat do ISOHu odpovědnou osobou. V letech 2002 až 2010 bylo ročně tímto způsobem zpracováno v průměru 5531 tun pneumatik.

Graf č. 5 Způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v roce 2004

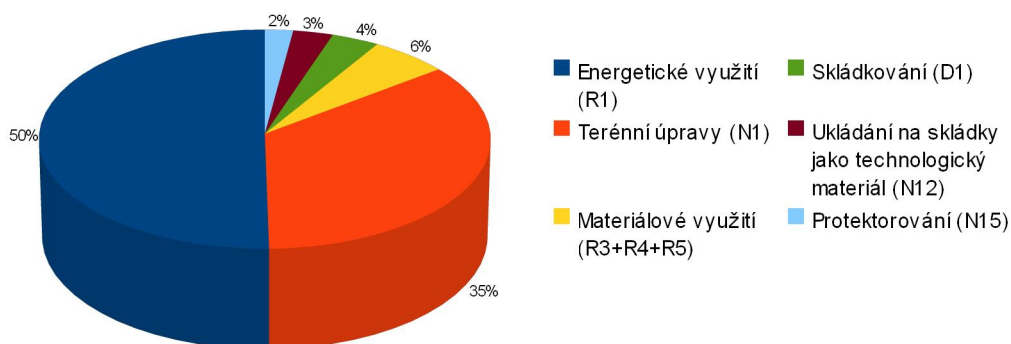
Rok 2004 - způsoby nakládání s ojetými pneumatikami



Dramatický nárůst zaznamenalo v posledních letech Materiálové využití pneumatik. Od roku 2002 do roku 2010 došlo k více než zdesetinásobení množství takto využívaných pneumatik. Za sledované období bylo ročně tímto způsobem zpracováno v průměru 7323 tun pneumatik. V roce 2010 již šlo o druhý nejvyužívanější způsob odstranění vysloužilých pneumatik.

Graf č. 6 Způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v roce 2005

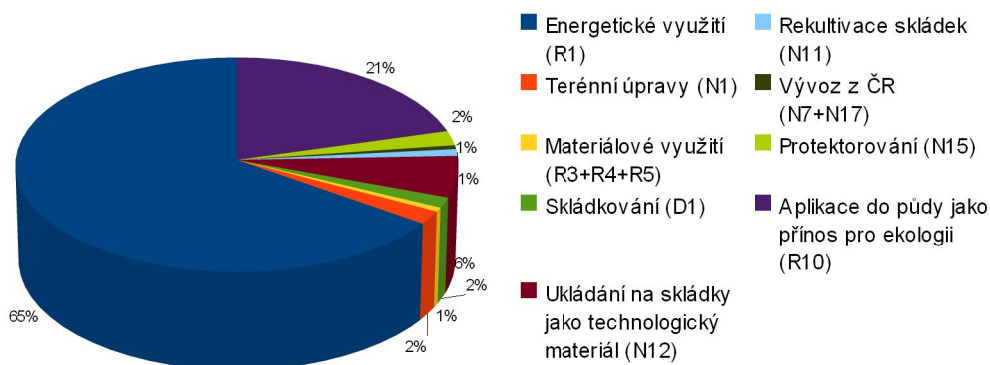
Rok 2005 - způsoby nakládání s ojetými pneumatikami



Asi posledním významnějším způsobem likvidace pneumatik je jejich Ukládání na skládky jako technologický materiál. Tento způsob zaznamenal nárůst až od roku 2005 a v průměru bylo tímto způsobem za sledované období ročně využito 1869 tun ojetých pneumatik.

Graf č. 7 Způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v roce 2006

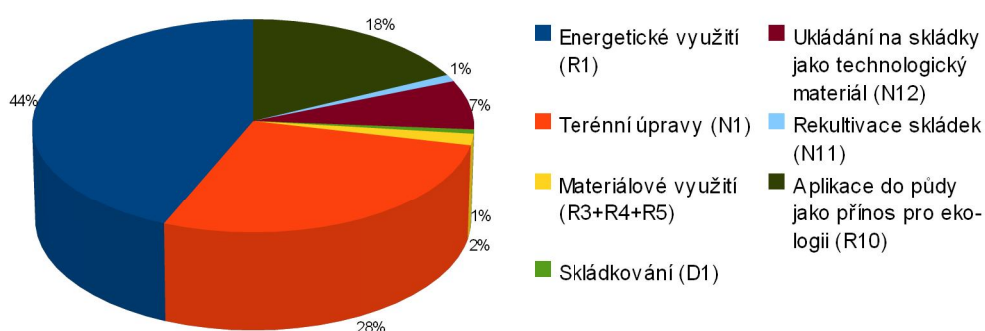
Rok 2006 - způsoby nakládání s ojetými pneumatikami



Za nárůst předchozího způsobu likvidace pneumatik může především zákaz jejich přímého Skládkování, který platí od roku 2003. Dodnes se sice v ISOHu tento způsob likvidace pneumatik objevuje, ale dle názorů inspektorů z České inspekce životního prostředí se opět jedná o nevhodně přiřazený kód. V letech 2002 až 2010 bylo ročně uloženo na skládky v průměru 1127 tun pneumatik.

Graf č. 8 Způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v roce 2007

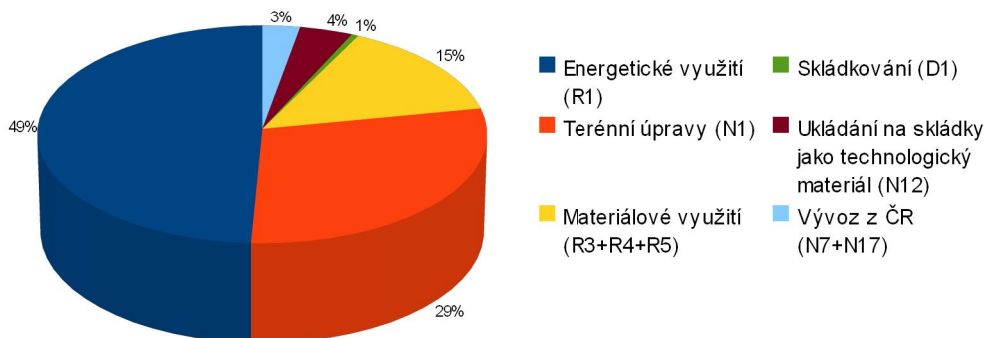
Rok 2007 - způsoby nakládání s ojetými pneumatikami



K těmto způsobům využití můžeme přiřadit ještě pneumatiky použité na Rekultivaci skládek. K této metodě se ovšem nedá ročně využít nijak významné množství pneumatik. V letech 2002 až 2010 bylo ročně tímto způsobem zpracováno v průměru 248 tun pneumatik.

Graf č. 9 Způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v roce 2008

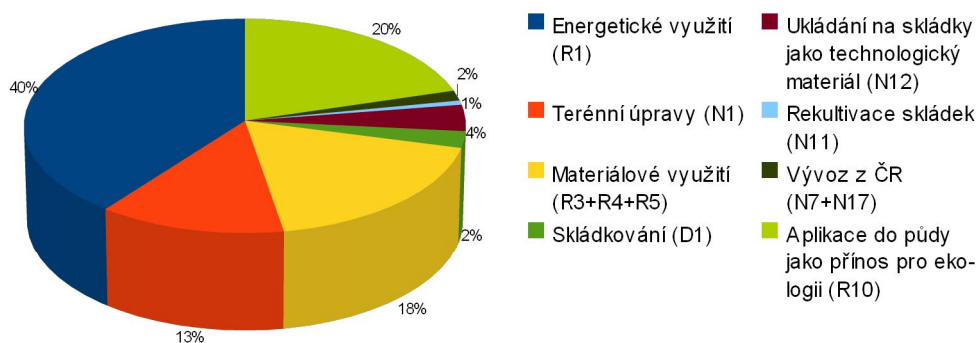
Rok 2008 - způsoby nakládání s ojetými pneumatikami



Protektorování, je velmi vhodným způsobem využití ojetých pneumatik. K této metodě se ovšem hodí jen velmi malé množství pneumatik, což je vidět i v jejím malém zastoupení mezi způsoby nakládání s ojetými pneumatikami. V letech 2002 až 2010 bylo ročně tímto způsobem zpracováno v průměru 247 tun pneumatik.

Graf č. 10 Způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v roce 2009

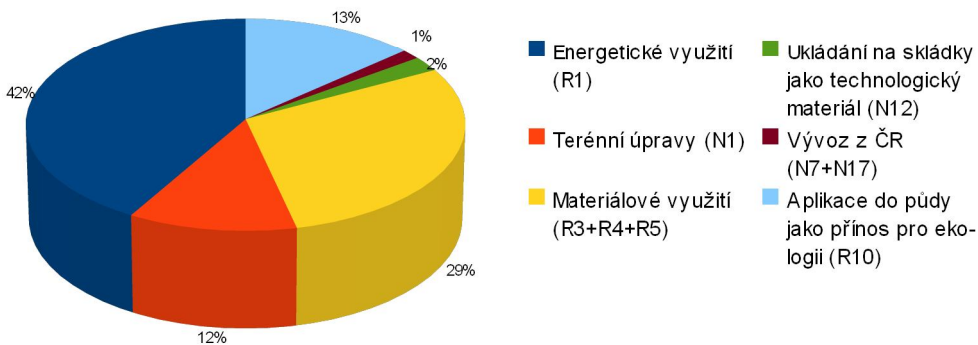
Rok 2009 - způsoby nakládání s ojetými pneumatikami



Zcela odlišným způsobem nakládání s pneumatikami je jejich Vývoz z České republiky. Pneumatiky jsou takto vyváženy za účelem jejich dalšího zpracování, velice často právě Protektorováním. V průměru bylo vyvezeno z ČR za sledované období ročně 586 tun ojetých pneumatik.

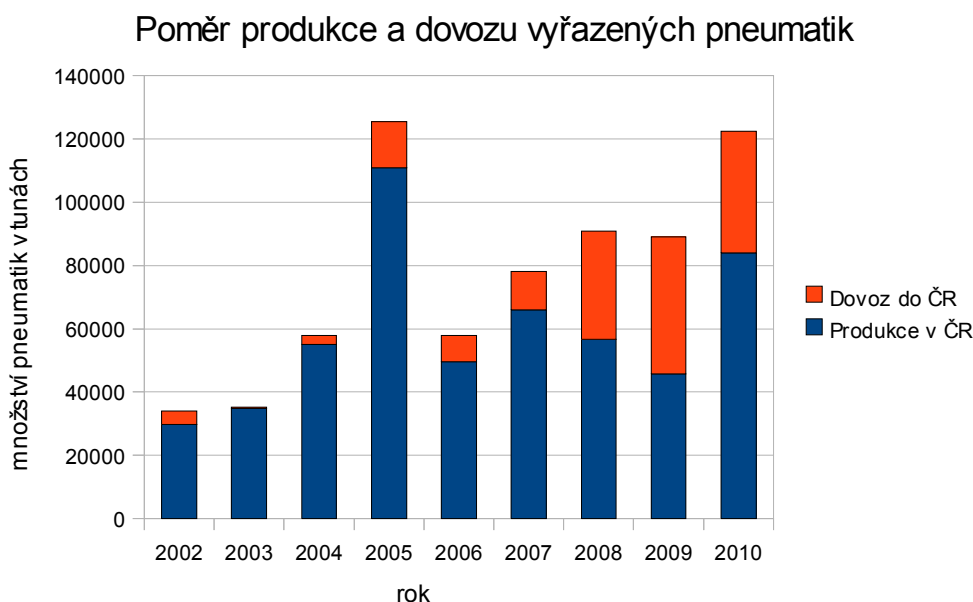
Graf č. 11 Způsoby nakládání s ojetými pneumatikami v roce 2010

Rok 2010 - způsoby nakládání s ojetými pneumatikami



Aby bylo možné porovnat množství pneumatik vstupujících do systému odpadového hospodářství České republiky a množství pneumatik se kterými bylo nakládáno jako s odpadem, je potřeba k celkové produkci pneumatik přiřadit ještě vysloužilé pneumatiky dovezené do ČR. Tyto pneumatiky jsou totiž v České republice následně zpracovávány některým z výše uvedených způsobů (vyjma skládkování). Poměr vlastní produkce odpadních pneumatik v ČR a pneumatik dovezených do ČR je uveden v grafu č. 12. Ročně bylo v průměru za sledované období dovezeno do ČR 17599 tun ojetých pneumatik, což není vzhledem k roční produkci zanedbatelné číslo.

Graf č. 12 Poměr produkce a dovozu vyřazených pneumatik

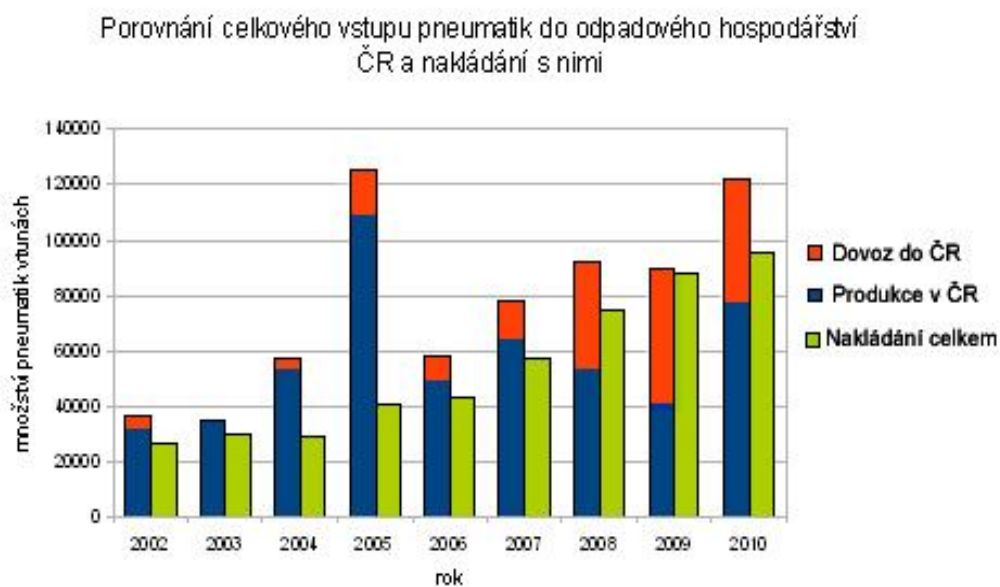


Data uvedená v grafu č. 12 jsem následně spojila s grafem č. 2, abych vytvořila porovnání celkového množství vysloužilých pneumatik vstupujících do systému odpadového hospodářství České republiky a množství pneumatik, se kterými bylo v rámci ČR nakládáno jako s odpadem. Toto porovnání je uvedeno v grafu č. 13.

Z tohoto porovnání vyplývá, že v České republice zaznamenalo nakládání s pneumatikami značného nárůstu. V posledních letech nakládání dokonce převyšuje přímou produkci odpadních pneumatik v ČR a tudíž dochází i k nárůstu dovozu vysloužilých pneumatik ze zahraničí. Závody zpracovávající odpadní pneumatiky, mají

totiž mnohdy velmi drahý provoz, který musí běžet kontinuálně a proto, je nedostatek pneumatik vznikajících u nás doplňován dovozem ze zahraničí. Je tedy zřejmé, že pokud se zavedou vhodné systémy pro likvidaci pneumatik, není obtížné velký objem pneumatik vznikajících v ČR účinně zlikvidovat. Hypotéza „Pneumatiky představují obtížně likvidovatelný odpad.“ byla tedy tímto vyvrácena.

Graf č. 13 Porovnání vstupu pneumatik do odpadového hospodářství ČR a nakládání s nimi.



4.2. Hlavní způsoby využití vysloužilých pneumatik

Jak jsem již uvedla v kapitole Současný stav, dají se možnosti využití pneumatik rozdělit do několika kategorií dle výstupních produktů. Každá kategorie dále obsahuje větší či menší množství metod, které k tomuto účelu slouží. Vytvořila jsem základní přehled všech kategorií a podrobněji jsem popsala jednotlivé metody.

Opětovné použití výrobku

V tomto případě se nejedná o vlastní využití pneumatik, ale spíše o jejich regeneraci, kdy výsledný produkt slouží k původnímu účelu. Řadí se sem především dvě základní metody, kterými jsou protektorování a prořezávání (Kříženecký, 2008).

Protektorování

Protektorování je proces, při kterém dochází k obnově části běhounu pneumatiky. Nejprve je broušením odstraněn zbytek opotřebeného běhounu v podstatě až k vnější stěně pláště. Takto obroušený plášť je následně pokryt novým dezénem z velmi kvalitních materiálů (Ireland & Getz, 1973). Dobře vyrobené protektory splňují nejvyšší kvalitativní kritéria a jsou svými parametry srovnatelné s kvalitou nových pneumatik. Protektorováno je v průměru asi 80 % nákladních a 20 % osobních pneumatik (Borecký, 2009). K protektorování se využívají především dvě základní metody.

Protektorování za studena

Tato metoda probíhá při nižší teplotě než je obvyklá vulkanizační teplota gumárenských materiálů. Její rozmezí se pohybuje kolem 100°C, především kvůli tomu, že při této teplotě nedochází k tepelné degradaci materiálu (ECO trend, 2004). Celý proces studeného protektorování má sedm částí a zahajuje ho vizuální kontrola

pneumatiky na prohlížecím stroji, která má odhalit různá poškození a drobné vady. Následně dochází k drásání a broušení plochy pneumatiky za neustálého chlazení, aby nedocházelo k tepelné degradaci. Po drásání dochází k přeměření obvodu pneumatiky, aby bylo možno připravit nový dezén. Plášť pneumatiky dále prochází ultrazvukovou kontrolou, aby byly odhaleny skryté vady a následně dochází k jejich opravě ve třech fázích. Na dalších pracovištích dochází ke stříkání vulkanizačním cementem, opravám patek a dalším opravám pomocí opravných vložek, čímž je ukončena příprava pneumatiky k položení nového dezénu. Nový běhoun je již předvulkanizovaný a jeho spojení s pláštěm probíhá za teploty 110-115°C a tlaku 450-500 kPa (Kříženecký, 2008).

Protektorování za tepla

Hlavní rozdíl metody za tepla od studeného protektorování spočívá v tom, že k vulkanizaci nově naneseného dezénu dochází v protektorovacím lisu společně s celou pneumatikou. Vulkanizační proces dává pneumatice její požadovaný tvar a probíhá v rozmezí teplot od 125°C (vnitřní část pneumatiky) do 160°C (vnější část pneumatiky). Dochází při něm k dokonalému spojení nových vrstev pneumatiky s těmi starými a celou kostrou (Vest, 1996).

Výhody protektorování

Jedná se z hlediska účinků na životní prostředí o nejvhodnější způsob recyklace ojetých pneumatik (ECO trend, 2004). Pneumatiky jsou takto využívány opětovně ke svému původnímu účelu. Dochází tím, k největší úspoře materiálu potřebného k jejich výrobě a zároveň i k velké úspoře energie. Výroba protektorů spotřebuje pouze 15 % ropy potřebné k výrobě nových pneumatik. Tím dochází i ke snížení ceny až o 45 % bez ztráty kvality (Vest, 1996). Protektorováním pneumatik dochází také ke snížení množství jinak vznikajícího odpadu. Letecké pneumatiky můžeme protektorovat až osmkrát za jejich životní cyklus, autobusové třikrát a nákladní tři- až

čtyřikrát (Odpadové fórum, 2004).

Nevýhody protektorování

Protektorování by bylo ideálním způsobem regenerace pneumatik, pokud by ovšem u pryže nedocházelo k degradaci v důsledku stárnutí. I pneumatika, která se nevyužívá je po 6-7 letech pokládána z bezpečnostního pohledu za nevyhovující (Kříženecký, 2008). Dalším problémem u protektorů bývá mnohdy jejich špatné přijetí zákazníky, kteří mohou mít pocit, že protektory jsou horší kvality než nové pneumatiky a nechtějí do nich investovat svoje peníze. Nesnází, která také provází protektorování, je špatná dostupnost pneumatik, které by se ještě k výrobě protektorů daly využít. Lidé se často snaží využívat pneumatiky co nejdéle a tudíž je sjíždějí až za hranice bezpečnosti, kdy se dále tyto pneumatiky již k protektorování nedají využít, jelikož je pneumatika příliš poškozená a ojetá (Vest, 1996). Pneumatiky pro osobní vozy se dají většinou protektorovat pouze jedenkrát za životní cyklus (Odpadové fórum, 2004).

Prořezávání

Prořezávání je způsob prodloužení životnosti pneumatik především u nákladních vozidel. Spočívá ve vyřezání nových drážek do vrstvy běhounu pod vzorkem. Provádí se v okamžiku, kdy zbývají 2-4 mm dezénu (Michelin, 2007). Takto upravovat se dají pouze některé typy pneumatik, které umožňují dodatečné prohloubení dezénových drážek (Kříženecký, 2008).

Výhody prořezávání

Dochází ke zvýšení kilometrové životnosti pneumatiky o 20-25%. Dále prořezání příznivě ovlivňuje i spotřebu paliva a zvyšuje přilnavost pneumatiky k povrchu (Michelin, 2007). Jedná se o nejlevnější způsob regenerace ojetých pneumatik.

Nevýhody prořezávání

Takto upravovat lze jen malou část ojetých pneumatik, především nákladních (Kříženecký, 2008). Prořezání dále nelze provést pokud je běhoun pneumatiky viditelně poškozen, např. vrypy a řezy, nebo pokud je běhoun příliš sjetý. Příliš hluboké prořezání může způsobit předčasné znehodnocení pláště pneumatiky (Michelin, 2007).

Opětovné použití materiálu

Pneumatiky jsou tímto způsobem využívány buď celé nebo nařezané a to k účelu, ke kterému nebyly vyrobeny (Odpadové fórum, 2004). Řadí se sem způsoby nakládání s pneumatikami označené jako Terénní úpravy, Ukládání odpadů jako technologický materiál na zajištění skládky, či Využití odpadu na rekultivace skládek. Nejčastěji jsou tyto pneumatiky využívány jako konstrukční materiály skládek, ochranné bariéry závoďišť a silnic, protihlukové stěny, zpevnění příkrých svahů a vozovek, lodní nárazníky na přístavních zdech, výplň betonových bloků, protipovodňové ochranné hráze či jako zátěž krycích fólií stohů a siláží (Rulfová & Görig, 2012).

Výhody opětovného použití materiálu

Materiál pneumatik, který by se stal velkoobjemovým odpadem, je použit k účelu, ke kterému by jinak musely být využívány dražší výrobky.

Nevýhody opětovného použití materiálu

Tímto způsobem lze využít pouze omezené množství pneumatik ročně (Vest, 1996).

Materiálové zhodnocení

Mezi způsoby využití pneumatik materiálovým zhodnocením se řadí především recyklace pneumatik s následnou regenerací či využitím vznikajících surovin a pyrolýza (Odpadové fórum, 2004).

Recyklace pneumatik

Abychom mohli znovu využít suroviny či materiál z opotřebených pneumatik musíme zvolit vhodnou metodu, která nám požadovaný produkt pomůže získat. Mezi tyto metody se řadí především mechanické a kryogenní drcení (Vest, 1996). Základním principem těchto metod je především narušení struktury pneumatiky za působení vnějších sil. Jejich cílem je rozmělnění materiálu na drobné fragmenty a jednotlivé materiály, které mohou být dále využity různými způsoby. Kromě mechanického a kryogenního drcení se k recyklaci využívá také působení ultrazvuku, mikrovlnného záření či tepelně-mechanického rozpadu. Tyto metody jsou ovšem zatím využívány pouze velmi okrajově (Adhikari et al., 2000). Celkem novou a ojedinělou metodou recyklace pneumatik je rozpad pryže za pomoci působení ozonu (Poul, 2008).

Mechanické drcení

Při mechanickém zpracování pneumatik dochází k destrukci struktury pneumatiky jako takové. Tento děj probíhá na několika úrovních. Nejdříve jsou z pneumatiky odstraněny kovové dráty z patek pláště, bočních stěn a běhounů a pneumatiky jsou rozřezány na menší části. Následně jsou tyto kusy přemístěny do stacionárních či mobilních zařízení, ve kterých jsou systémem nožů nařezány a nakrájeny na pravidelné či nepravidelné kousky o velikosti cca od 10 do 300 mm. Tyto jsou dále zmenšovány, a to buď rozmělněním za normální teploty či kryogenní metodou popsanou níže. Při mechanickém rozmělnění systémem dalších nožů dochází také k další separaci kovových součástí magnetem. Pro další zmenšení velikosti částic slouží

granulátory. Následně je vzniklá jemná drť prosévána a zbavována nečistot. Profukováním vzduchem jsou dále odstraňována textilní vlákna. Výsledný granulát je tvořen částicemi nepravidelného tvaru (ECO trend, 2004). Takto vyrobený granulát si zachovává původní strukturu pryže se všemi jejími vlastnostmi, jako je vysoká elasticita, pevnost a odolnost proti opotřebení, což je výhodné při dalších možnostech jeho využití (Adhikari et al., 2000).

Kryogenní drcení

Základním materiálem pro kryogenní drcení jsou pneumatiky rozřezané na menší části pomocí mechanického zpracování. Tyto jsou následně chlazeny tekutým dusíkem ve speciální mrazicí komoře na teplotu kolem $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zchlazené kousky pryže jdou velice snadno lámat či řezat. Jsou tedy přemístěny do drtící komory, ve které dochází ke zmenšení jejich velikosti. Poté dochází k odstranění textilních a kovových vláken a dalších nečistot průchodem granulátu přes systém sít a pomocí magnetického pole. Vzniklý granulát má hladký povrch, jednotnou velikost a tvar (Azar, 1995).

Rozklad pneumatik ozonem

Jedná se o vcelku neobvyklou technologii recyklace pneumatik, která je založena na tom, že pneumatiky ponechané volně ležet v přírodě podléhají časem rozkladu vlivem atmosférického ozonu. V zařízení využívajícímu tento způsob recyklace jsou pneumatiky vystaveny vysokým koncentracím ozonu, ve kterém jsou postupně posouvány. U pneumatiky dochází vlivem těchto vysokých koncentrací k vcelku rychlé destrukci pryže (cca desítky minut) a na konci linky zůstane již pouze kovová kostra pneumatiky. Provoz linky není v porovnání s mechanickým drcením pneumatik příliš energeticky náročný, ovšem vyžaduje důsledné třídění pneumatik, dle druhů i typů, aby byla zajištěna stejná časová náročnost rozpadu. Kvůli využívání velkého množství ozonu je při provozu nutné dodržovat přísné bezpečnostní podmínky (Odpady, 2006).

Výhody recyklace pneumatik

Recyklací pneumatik se získají především tři základní suroviny, jedná se o pryžový granulát, ocel a textil. Aby byla recyklace úspěšná, musí mít ovšem tyto produkty dostatečné následné uplatnění (Špaček, 2003). Pryžový granulát se využívá v posledních letech ke stále širšímu spektru aplikací. Jednou z nejčastějších forem využití granulátu je jeho využití jako suroviny k výrobě nových gumových výrobků, jako jsou například antivibrační rohože, nárazníky, izolační materiál, zámková dlažba, tlumiče, zahradní hadice, kanalizační potrubí, střešní tašky a další (Vest, 1996). Asi nejčastěji se s výrobky z gumového granulátu setkáme ve formě desek, které tvoří povrchy dětských hřišť, sportovišť, tělocvičen či pěších zón, kde se dají dobře zužitkovat tlumící a elastické vlastnosti pryže (ETRma, 2011). Velmi zajímavým využitím granulátu je jeho používání v konstrukční vrstvě vozovek. Tato technika je ve velké míře využívána především v Japonsku, Švédsku či USA. Takto upravené povrchy vykazují po dlouhodobém testování zlepšení fyzikálně mechanických vlastností, jako jsou až pětikrát delší životnost oproti běžným asfaltovým povrchům, zmenšení oděru, nižší plastická deformace, snížení hlučnosti minimálně o 5 %, protinámrazový efekt vozovky a další (Blažek & Borecký, 2006). Jedním z celkem nových způsobů využití granulátu je jeho používání jako sorbentu, například při haváriích na tocích k zachytávání ropných látek. Kilogram takového sorbentu do sebe vstřebá až 4 litry těchto látek. Výhodou gumového sorbentu od jiných je, že po nasycení se zachytávanou látku neklesá ke dnu, ale zůstává plavat na hladině, kde může být jednoduše zachycen a odstraněn (Odpady, 2007).

I další suroviny vznikající při recyklaci najdou své uplatnění. Železo je většinou dále zpracováváno v hutním průmyslu. Textil získaný při recyklaci pneumatik je využíván například jako náhrada geotextilií, plnivo do odhlučňovacích panelů, k výrobě zvukových izolací či jako palivo (Odpadové fórum, 2004).

Nevýhody recyklace pneumatik

Hlavním problémem téměř všech recyklačních procesů je jejich vysoká energetická

náročnost, která negativně ovlivňuje cenu recyklátů a má tudíž i nepřímý vliv na životní prostředí. Aby recyklace byla smysluplná, musí být i ekonomicky efektivní. S především mechanickým drcením pneumatik souvisí i další dopady na životní prostředí, kterými jsou vysoká prašnost a hlučnost těchto zařízení (Táborský & Jungmann, 2006).

Pyrolýza

Pyrolýza je dalším způsobem materiálového zhodnocení pneumatik, který je založen především na působení vysokých teplot za nepřítomnosti kyslíku. Principem pyrolýzy je termální dekompozice pryže na nízkomolekulární složky: plyny, oleje a zuhelnatělé zbytky. Plyny a oleje, které tvoří asi polovinu produktů vznikajících během pyrolýzy, jsou dále využívány buď v chemickém průmyslu nebo jako palivo. Druhou polovinu produktů tvoří jemné částičky složené ze sazí, popílku a anorganických složek, kterými jsou například oxidy zinku, uhličitany a křemičitany (Amari et al., 1999). K pyrolýze jsou využívány již nadrcené pneumatiky, kterými se naplní speciální dvoukomorový reaktor. V první komoře reaktoru dochází ke spalování plynného paliva. Druhá komora je tvořena pyrolyzerem, který je tvořen hermeticky uzavřeným prostorem s pneumatikovou drtí a topným kanálem. Prostor s pneumatikami je zvenčí ohříván na teplotu cca 700°C, čímž je iniciována vlastní pyrolýza (Sýkora, 2001).

Výhody pyrolýzy

Pyrolýza je ekologicky výhodnějším způsobem využití pneumatik než například jejich spalování. Je to dáno především tím, že při něm vzniká méně složek znečišťujících ovzduší a těžké kovy obsažené v pneumatikách jsou soustředěny v zkarbonovaném zbytku (Kříženecký, 2008). Dobře technicky zpracované pyrolyzní zařízení slouží jako energeticky uzavřený cyklus, jelikož vznikající spaliny slouží zároveň jako palivo pro další pyrolýzu (Sýkora, 2001). Pyrolýzou a následnou aktivací

se dá z pneumatik získat aktivní uhlí, které je možné využívat například jako adsorbent škodlivých par a plynů z ovzduší (Radvanská, 2008).

Nevýhody pyrolýzy

Tato metoda má vysoké investiční náklady. V současné době také není vždy zachována kvalita výstupních produktů. Zkapalněné produkty, které jsou využity pouze jako palivo, dělají z této metody vlastně náročné energetické zhodnocení suroviny (Odpadové fórum, 2004).

Energetické zhodnocení

Energeticky využívány jsou pneumatiky především při spalování v cementářských pecích a dále při využití granulátu či pneumatik jako paliva v jiných zařízeních (Odpadové fórum, 2004). Pneumatiky v sobě mají obsaženo více než 90 % organických materiálů a jejich tepelná výhřevnost se pohybuje kolem 32.6 mJ/kg. Pro srovnání, výhřevnost uhlí dosahuje 18.6-27.9 mJ/kg (Adhikari et al., 2000). I další analýzy, srovnávající využívání pneumatik jako paliva a spalování uhlí, hovoří ve prospěch pneumatik. Tyto studie ukazují, že pneumatiky obsahují ve srovnání s uhlím méně vlhkosti, významně větší množství spalitelného materiálu a méně pevného uhlíku. Pneumatiky mají také menší obsah síry než uhlí. Různé odběry popela po shoření pneumatik ukázaly, že obsahoval 16 %, 23 % a 9 % nespalitelných zbytků. U uhlí je to v průměru 11 %. Vyšší hodnoty u pneumatik jsou ovšem způsobeny obsahem oceli, která může být dále využita. Popel z pneumatik obecně vykazuje také menší obsah těžkých kovů a emise vznikající při spalování pneumatik jako paliva mají menší obsah oxidů dusíku (Amari et al, 1999).

Spalování v cementářských pecích

K výrobě jednoho kilogramu cementu je potřeba energie asi 1750 kJ a teplota až 2000°C. Pro dosažení takto vysoké teploty se v rotačních pecích vedle běžných fosilních paliv, jako je ropa nebo uhlí, používají také alternativní paliva jako domácí odpad, olej, či právě vysloužilé pneumatiky (Vest, 1996). Pneumatiky se v pecích používají jak celé, tak nařezané či namleté. Vysoké teploty a sycení kyslíkem zajišťuje dokonalé spálení pneumatik i těkavých látek během hoření (Amari et al., 1999). Železo obsažené v pneumatikách v podobě ocelového kordu příznivě ovlivňuje kvalitu cementu a snižuje náklady na jeho přípravu. Slouží zde nejen jako surovina, ale i jako mineralizátor, čímž snižuje hodnotu teploty vzniku eutektika, a tím má v důsledku vliv na snížení energetické náročnosti výroby (Gemrich, 2006). Stejně tak i síra přítomná v pneumatikách se váže ve formě oxidu siřičitého na alkalické složky cementu.

Granulát a pneumatiky jako palivo v dalších zařízeních

Dalším nejčastějším energetickým zhodnocením pneumatik a granulátu je jeho využití v papírnách a závodech zpracovávajících celulózu. Pneumatiky tu slouží jako zdroj tepla k sušení a dále k produkci páry pro výrobu elektrické energie. Jsou využívány také ke kalcinaci vápence na vápno, které je přísadou pro výrobu papíru. Na rozdíl od použití pneumatik při výrobě cementu, kde látky vznikající během jejich spalování de facto zlepšují jeho kvalitu, je tomu u výroby papíru přesně naopak a tudíž je nutné pneumatiky spalovat ve zvláštní oddělené komoře za použití emisních filtrů (Amari et al., 1999).

Výhody energetického zhodnocení pneumatik

Při používání pneumatik k výrobě energie v cementářských pecích nevzniká žádný zbytkový popel a při použití vhodných technologií pro zachytávání emisí má tento způsob odstraňování vysloužilých pneumatik minimální dopad na životní prostředí

(ECO trend, 2004). Pneumatiky jsou také levnějším palivem než klasická fosilní paliva a při jejich dokonalém spalování za vysokých teplot vzniká méně škodlivin (ETRma, 2011).

Nevýhody energetického zhodnocení pneumatik

Pece a zařízení pro spalování pneumatik musejí být většinou speciálně upraveny (Vest, 1996). Problémy mohou způsobovat také ocelové dráty přítomné v pneumatikách, které se mohou zachytávat na spalovacích roštích. Dále je nezbytné vybavit zařízení spalující pneumatiky kvalitními vzduchovými filtry, které musí zachytávat nebezpečné emise unikající do ovzduší alespoň tak, aby byly dodrženy zákonné limity znečištění. Studie zabývající se energetickým vztahem mezi výrobou pneumatiky a jejím spalováním ukázala, že pouze asi 37 % energie spotřebované při výrobě pneumatiky se vrací ve formě energie uvolňované při jejím spalování. Z energetického hlediska je tedy vhodnější pneumatiku recyklovat než využívat jako palivo (Amari et al., 1999).

Další metody

Mimo základní metody zužitkování ojetých pneumatik se dříve a v mnoha případech ještě i dnes využívají způsoby, které jsou zcela nevhodné a dnes již nelegální. Jedná se především o skládkování pneumatik a o jejich pohození ve volné přírodě, které má často za následek vznik černých skládek či jejich následné spalování (Kříženecký, 2008).

Skládkování

Odstraňování pneumatik skládkováním je definitivně zakázáno Směrnicí Rady 99/31/ES o skládkování odpadů. Celé pneumatiky nesmí být skládkovány již od poloviny roku 2003. Do poloviny roku 2006 bylo možné alespoň prozatímně

skládkovat drcené pneumatiky, ale od tohoto data již platí úplný zákaz tohoto způsobu odstranění pneumatik (Táborský & Jungmann, 2006). V české legislativě je tento zákaz zakotven v § 21 odst. 5 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech a upřesněn přehledem odpadů podle § 11 odst. 13 vyhlášky MŽP č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Povinnost je uvedena v podobě zákazu ukládání využitelných odpadů, dále v podobě zákazu ukládání odpadů podléhajících povinnosti zpětného odběru a konečně jako zákaz ukládání pneumatik s výjimkou pneumatik používaných jako technologický materiál pro technické zabezpečení a uzavírání skládky v souladu s provozním řádem skládky (Blažek & Borecký, 2006).

Výhody skládkování

Skládkováním vysloužilých pneumatik bylo dříve velmi levným způsobem odstranění velkého množství pneumatik.

Nevýhody skládkování

Požáry skládek jsou vcelku častým jevem. Pokud jsou na skládce uloženy pneumatiky, může zdolání požáru představovat nesnadný úkol, vzhledem k uvolňujícím se nebezpečným škodlivinám a především k velmi problémovému uhašení hořící pneumatiky (Svobodová, 2009).

Pohození v přírodě

Stále relativně velké množství pneumatik končí jinde než v místech zpětného odběru či na sběrných dvorech. Nejčastěji v lesích, stržích, řekách či podél cest, kde se časem začínají tvořit tzv. černé skládky.

Výhody pohození v přírodě

Bezplatná likvidace libovolného množství pneumatik.

Nevýhody pohození v přírodě

Jedná se o nelegální odstranění odpadu. Pneumatiky se rozkládají velmi pozvolně, k celkovému rozkladu dochází až v průběhu mnoha desítek let. Hrozí také velké riziko vzniku nebezpečných a rozsáhlých požárů (Kříženecký, 2008).

Přehled jednotlivých metod

Základní výhody a nevýhody jednotlivých metod odstranění ojetých pneumatik jsem uspořádala do přehledové tabulky, viz. Tabulka č. 3. Uvedla jsem zde také stručné závěrečné shrnutí pro každou jednotlivou metodu. Je zřejmé, že v případě, že je zvolena vhodná metoda využití pneumatik, dají se tyto velmi vhodně zlikvidovat a všechny v nich obsažené složky se dají dále využít. Hypotéza, že „Pneumatiky obsahují velké množství složek, které se dají likvidovat ekologicky.“, byla tedy potvrzena.

Tabulka č. 3: Přehled jednotlivých metod využití ojetých pneumatik

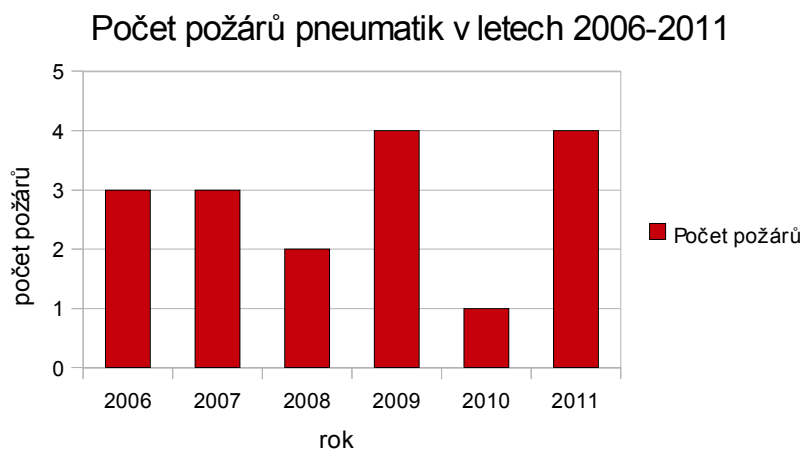
Způsob nakládání	Metoda	Výhody	Nevýhody	Závěr
Opětovné použití výrobku	<i>Protektorování</i>	Největší úspora materiálu i energie Relativně nízké náklady Snížení množství vznikajícího odpadu	Degradace pryže vlivem stárnutí Malé množství pneumatik vhodných k protektorování Nedůvěra zákazníků k protektorům	Ideální způsob využití ojetých pneumatik, který lze ovšem využít pouze u malé části vysloužilých pneumatik.
	<i>Prořezávání</i>	Nejlevnější způsob regenerace Zvýšení kilometrové životnosti až o 25 % Snížení spotřeby paliva	Lze použít jen u malého množství pneumatik (především nákladních) Nelze použít při viditelném poškození běhemu	Velmi vhodná metoda prodloužení životnosti nákladních pneumatik, která nejde ovšem použít pro velké množství pneumatik.
Opětovné použití materiálu	<i>Terénní úpravy apod.</i>	Levné nahrazení výrobků a materiálů odpadem	Lze takto využít pouze velmi omezené množství pneumatik	Vcelku vhodný způsob využití pneumatik, opět pouze relativně omezené množství pneumatik.
Materiálové zhodnocení	<i>Recyklace</i>	Více vhodných způsobů zpracování pneumatik Získání dále využitelných surovin bez vzniku dalšího odpadu Široké spektrum dalšího využití získaných surovin	Energeticky náročné procesy Mnohdy vysoká cena recyklátů Prašnost a hlučnost drticích procesů	Asi nejlepší způsob využití ojetých pneumatik, při kterém nevznikají žádné další odpady, ale pouze suroviny s dalším uplatněním. Z hlediska energetického toku nejvýhodnější proces.
	<i>Pyrolýza</i>	Může být energeticky uzavřeným cyklem Při vhodném odstranění emisí neznečišťuje téměř životní prostředí Získání dále využitelných surovin	Vysoké investiční náklady V ČR zatím nepříliš rozšířená metoda Nutno najít vhodné využití získaných surovin	Při správné technice a environmentálně zvládnutém zařízení se jedná o bezodpadový a ekologicky přijatelný způsob.
Energetické zhodnocení	<i>Výroba cementu</i>	Železo a spaliny vznikající při spalování pneumatik příznivě ovlivňují kvalitu cementu Nevzniká žádný zbytkový popel	Nutnost využití kvalitních emisních filtrů Pece a zařízení pro spalování musejí být speciálně upraveny	Jeden z nejrozšířenějších způsobů likvidace pneumatik, v současné době snaha o jeho potlačení a nahrazení recyklací.
	<i>Jiné energetické zhodnocení</i>	Vhodné nahrazení či doplnění fosilních paliv Pneumatiky jsou levnější a při jejich dokonalém spalování vzniká méně škodlivin	Nutnost využití kvalitních emisních filtrů Pece a zařízení pro spalování musejí být speciálně upraveny	Častý způsob likvidace pneumatik, v současné době snaha o jeho potlačení a nahrazení recyklací, která je energeticky výhodnější.
Další metody	<i>Skládování</i>	Levná metoda zbavení se většího množství pneumatik	Dnes již zakázáno Nebezpečí vzniku požárů Nefektivní metoda, která nevyužívá materiál ani energii	Skládování pneumatik je v ČR od roku 2006 kompletně zakázáno, jedná se o metodu hojně využívanou v minulých letech.
	<i>Pohození v přírodě</i>	Levná metoda zbavení se většího množství pneumatik	Nelegální metoda Nebezpečí vzniku požárů Nefektivní metoda, která nevyužívá materiál ani energii	Nelegální metoda odstraňování odpadů, která je bohužel mezi lidmi stále populární.

4.3. Požáry pneumatik v letech 2006 až 2011

K potvrzení či vyvrácení hypotézy, že „Spalování pneumatik je nejméně vhodnou formou jejich likvidace, protože při něm vzniká velké množství toxických látek.“, jsem nejprve zpracovala krátkou literární rešerši zabývající se zplodinami vznikajícími při nekontrolovaném hoření pneumatik, která je uvedena v kapitole Současný stav. Poté jsem se zabývala takovýmto nekontrolovaným hořením, neboli požáry pneumatik na území České republiky v minulých letech, konkrétně v době od roku 2006 do roku 2011.

V těchto šesti minulých letech došlo k celkem sedmnácti větším požárům pneumatik, které má Hasičský záchranný sbor České republiky zaznamenány v programu Statistické sledování událostí, a ke kterým mi byla poskytnuta data. Rozdělení počtu požárů dle jednotlivých let je uvedeno v grafu č. 14.

Graf č. 14 Počet požárů pneumatik v letech 2006-2011



Může se zdát, že v průměru necelé tři takovéto požáry za rok, nejsou žádným významným nebezpečím. Ovšem právě specifika těchto požárů, která spočívají především v těžkém uhašení, nebezpečí nového rozhoření a hlavně v produkci

nebezpečných toxických látek, z nich dělají vcelku závažný problém dnešní doby.

Pro bližší pochopení příčin vzniku těchto požárů, jsem data roztřídila dle lokalit a míst vzniku, a dále dle iniciátorů a příčin, které vedly ke vzniku těchto požárů. Jak je zřejmé z grafu č. 15 vznikají tyto požáry nejčastěji na tzv. černých skládkách. Většinou se jedná o navršení pneumatik na pozemcích, které jsou přístupné motorovými vozidly, a kde se osoby nelegálně zbavují odpadu. Může jít také například o staré opuštěné budovy a objekty, často určené k demolici, kde byly pneumatiky hromaděny po mnoho let. Požáry na těchto lokalitách vznikají dle mého názoru především z důvodů, že tyto lokality jsou opuštěné, nikým nehlídané a mnohdy silně narušují estetický vzhled krajiny, což vede ke snaze se těchto odpadů jejich zapálením zbavit. Druhou nejčastější lokalitou vzniku požárů většího množství pneumatik jsou legální skládky odpadů. Pneumatiky se sice již samotné skládkovat nesmějí, ale stále na těchto skládkách slouží jako materiál k technickému zabezpečení skládky.

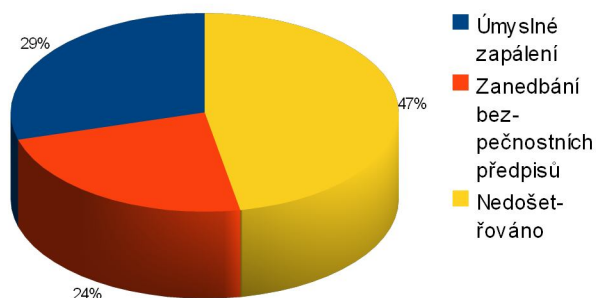
Graf č. 15 Členění požárů dle lokalit vzniku požárů



V grafu č. 16 je uvedeno rozdělení požárů dle iniciátorů a příčin vzniku požárů, které byly zjištěny na základě šetření pracovníků Hasičských záchranných sborů. Ve většině případů požárů pneumatik, především na černých skládkách, nebyl iniciátor požáru dále došetřován. Je tomu tak především proto, že hořel materiál klasifikovaný jako odpad, nevznikla žádná škoda na majetku, nedošlo k usmrcení či zranění osob ani k jejich přímému ohrožení.

Graf č. 16 Členění požárů dle příčiny jejich vzniku

Členění požárů dle příčiny jejich vzniku



Druhou nejčastější příčinou vzniku požárů pneumatik bylo jejich úmyslné zapálení. Je velice pravděpodobné, že i ve většině případů, kdy iniciátor požáru nebyl došetřován, došlo k jejich úmyslnému zapálení za účelem likvidace černých skládek. Pneumatiky totiž nejsou schopné samovznícení a k jejich zapálení je potřeba působení tepelného zdroje o teplotě minimálně 400°C a to po několik minut. Nejčastěji dochází k takovému úmyslnému zapálení za pomoci hořlavých kapalin jako je benzín, líh, petrolej nebo ředidlo, které jsou nalité do vnitřku pneumatiky nebo nasáklé do další hořlavé látky, jako je textil či dřevo a vložené do pneumatiky. Neúmyslné zapálení pomocí odhozené sirky či nedopalku cigarety není tudíž možné (Klásek, 2012). Tak tomu bylo i v případě požáru skládky v obci Henčov v květnu roku 2011. Požár zde vznikl v zadním tělese skládky, tedy nejdále od objektu vrátnice, ve kterém sídlí ostraha skládky. Dle vyšetřování hasičů vnikl neznámý pachatel do objektu dírou v plotě (Zelenka, 2011).

Dalším častým důvodem vzniku požárů je zanedbání bezpečnostních předpisů. Tento iniciátor vzniku požáru se nejčastěji objevuje u zařízeních sloužících k recyklaci pneumatik, kde je skladováno velké množství pneumatik na jedné ploše. Je potřebné dodržovat veškeré pokyny vyplývající z provozních řádů objektů, jako je kapacita

zařízení, umístění pneumatik na určených plochách, dodržování bezpečnostních a protipožárních zásad a další. Za nedodržení těchto povinností je možné uložit provozovateli zařízení pokuty a nápravnými opatřeními si zajistit zjednaní nápravy (Havelka, 2010). Mimo jiné je v těchto zařízeních nutné dohlížet i na zabezpečení objektu před vniknutím cizích osob, které mohou buď tato nejen bezpečnostní nařízení porušovat či mohou oheň úmyslně zapálit. Tak tomu bylo například při požáru pneumatik v areálu pro jejich zpracování v Uherském Brodě. Při tomto požáru v roce 2007 shořelo několik tisíc tun pneumatik. Sedmdesát dva hodin trvajícího zásahu se zúčastnilo na tři sta hasičů a celková škoda způsobená požárem dosáhla 30 milionů korun (Bednařík, 2007). Případy porušení bezpečnostních předpisů vedoucích ke vzniku požáru se objevují i v případě zemědělských objektů, kde jsou často pneumatiky využívány jako konstrukční prvky apod. V případě požáru z června roku 2011 v Boru u Skutče došlo lidskou chybou k požáru na ploše přes pět tisíc metrů čtverečních, který měl za následek škodu ve výši milion tři sta tisíc korun. Požár vznikl vinou špatné manipulace a nedodržením bezpečnostních zásad při tavení střešní krytiny autogenním hořákem.

Z výsledků literární rešerše na téma nebezpečných zplodin vznikajících při hoření pneumatik, literární rešerše na téma možných způsobů nakládání s pneumatikami a údajích o vzniku požárů za posledních několik let, je zřejmé, že hypotéza „Spalování pneumatik je nejméně vhodnou formou jejich likvidace, protože při něm vzniká velké množství toxických látek.“, byla potvrzena. Spalováním pneumatik zde myslím, jejich nekontrolované hoření, neboli požáry, při kterých dochází ke vzniku mnoha nebezpečných látek, dochází k ohrožení majetku a zdraví obyvatel, zasahujících hasičů a dále dochází i k poškozování životního prostředí vznikajícími látkami, které kontaminují ovzduší, půdu i vodní zdroje především v blízkém okolí místa požáru.

5. Diskuze

5.1. Statistika produkce a nakládání s odpadními pneumatikami

Data využitá k sestavení statistiky produkce pneumatik na území České republiky jsem čerpala z Informačního systému odpadového hospodářství (ISOH). Dle výkladu jiné statistiky vypracované v roce 2005 vykazují tato data přílišné výkyvy mezi roky. Tato studie navrhuje jako lepší způsob zjištění množství ojetých pneumatik výpočet vycházející z počtu motorových vozidel evidovaných v Centrálním registru motorových vozidel. Z porovnání množství pneumatik dle ISOHu a výpočtu z registru vyplývá, že množství odpadů evidované v rámci systému ISOH je například v roce 2001 až o 48% nižší než množství pneumatik vypočtené z centrální evidence. Vliv na to může mít délka životnosti pneumatik (Odpady, 2005). S tímto způsobem určování množství pneumatik ovšem moc studií nesouhlasí a naopak využívají dat uváděných v systému ISOH a případně dat poskytnutých povinnými osobami v systému zpětného odběru pneumatik (Špůr, 2009).

Jak jsem zjistila ve své práci, tak množství pneumatik se kterými je nakládáno jako s odpadem se rok od roku zvyšuje, stejně jako jejich produkce. Avšak i tak se některá recyklační zařízení potýkají s vážnými ekonomickými problémy, které mnohdy vedly až k jejich zastavení. Hlavními důvody těchto problémů jsou nedostatečný přísun pneumatik, růst cen energií a následná nízká prodejnost výsledných produktů (Odpadové fórum, 2004). Tyto skutečnosti vysvětlují zatím relativně nízké množství pneumatik, které byly použity k materiálové využití a nutnost dovozu dalších pneumatik do ČR. Jak jsem uvedla, tak nejčastějším způsobem nakládání s odpadními pneumatikami je energetické využití, avšak dokonce i cementárny mají často problémy se získáváním pneumatik. Je tomu tak i navzdory odhadům založených například právě na výpočtu z Centrálního registru motorových vozidel, dle kterých by jich v České

republiky mělo vznikat dostatečné množství. Tento nepoměr mezi odhady a skutečně podchyceným množstvím lze vysvětlit buď vysokým podílem nelegálního nakládání s pneumatikami nebo nadhodnocením odhadů jejich produkce (Odpadové fórum, 2004).

5.2. Hlavní způsoby využití vysloužilých pneumatik

Jako nejlepší způsob nakládání s opotřebenými pneumatikami jsem na základě výsledků provedené literární rešerše vyhodnotila jejich recyklaci, neboli materiálové zhodnocení. Je to dáno především tím, že je takto možno zpracovat velké množství pneumatik způsobem, který využívá všechny složky obsažené v pneumatice, což z tohoto způsobu využití pneumatik dělá bezodpadovou technologii. Takto získané složky jsou dále využitelné jako surovina pro spoustu dalších aplikací, a tudíž je to z energetického i materiálového hlediska nejlepší způsob zpracování ojetých pneumatik (Amari et al., 1999).

Za další téměř ideální způsob využití odpadních pneumatik jsem vybrala jejich protektorování. Při výrobě protektorů klesá spotřeba surové ropy na sedminu množství použitého při výrobě nových pláštěů. Také se protektorováním dá ušetřit až 80% energie a surovin potřebných k výrobě nových pneumatik, jelikož se v průměru obnovuje pouze 12% hmotnosti pneumatiky. Jedinou nevýhodou protektorování je, že se k němu dá použít pouze asi 20% osobních pneumatik a lze je takto protektorovat pouze jedenkrát. U nákladních pneumatik je už situace o něco lepší, lze je takto využít až 80 % těchto pneumatik a protektorování se může provádět 3-4 krát za jejich životní cyklus (Borecký, 2009).

Dle mých výsledků ne zcela ideálním, ale stále nejrozšířenějším využíváním opotřebených pneumatik je jejich energetické využití. Pneumatiky jsou takto používány jako levná náhrada fosilních paliv s nižším obsahem škodlivin ve vznikajících emisích (ETRma, 2011). Asi nejlepším způsobem takového spalování pneumatik je jejich použití jako paliva v při výrobě cementu, jelikož zde nejen nahrazují palivo, ale zároveň

zlepšují kvalitu cementu. Jakékoli jiné využití pneumatik pro výrobu energie (ve spalovnách apod.) je z enviromentálního hlediska horší, jelikož v těchto případech vždy vzniká popílek a škvára, které je nutné ukládat na skládky nebezpečných odpadů (Táborský & Jungmann, 2006).

Za nejhorší způsob odstranění pneumatik považují jejich skládkování či pohození v přírodě, které vede k vytváření černých skládek. Ačkoli je odstraňování pneumatik skládkováním již zakázané, využívají se dále pneumatiky na skládkách k jejich tzv. technickému zabezpečení v souladu se schváleným projektem a provozním řádem skládky. V tomto ohledu vznikají však pochybnosti o dodržování těchto dokumentů a o skutečném množství pneumatik, které se na skládkách takto „ztrácí“. Jedná se totiž o téměř bezplatné odstranění velkého množství pneumatik (Blažek & Borecký, 2006).

5.3. Požáry pneumatik v letech 2006 až 2011

Rozsáhlé požáry pneumatik jsou celosvětovým problémem. Souvisí to především s obrovskou produkcí pneumatik a následnou problémovou likvidací tohoto velkoobjemového odpadu. Před jejich dalším využitím ať už recyklací či jinou vhodnou metodou, jsou pneumatiky často skladovány na jednom místě ve velkém množství a pokud nejsou dodržena potřebná bezpečnostní opatření, může dojít většinou lidským zaviněním k jejich zapálení, které má téměř vždy za následek požár větších rozměrů (Wang et al., 2007). Při těchto požárech vzniká nepřehledné množství toxických látek, jejichž základní výčet jsem uvedla v literární rešerši zabývající se těmito zplodinami. V minulosti byla provedena již řada analýz zabývajících se těmito nebezpečnými látkami vznikajícími při hoření pneumatik. Látky byly zkoumány jak při hoření v laboratorních podmínkách, tak i odběrem reálných vzorků při požárech, např. během požáru skládky pneumatik ve Vřesové 19. 4. 2009, kde bylo mimo jiné monitorováno šíření zplodin do ovzduší a také byl proveden odběr vzorků vody a půdy. Všechny tyto analýzy potvrdily, že při hoření pneumatik vznikají nebezpečné chemické látky jako

benzen, polycyklické aromatické uhlovodíky či oxid siřičitý. Jejich následná reálná nebezpečnost pro obyvatele a zasahující hasiče závisí především na jejich koncentraci v ovzduší a okolních podmínkách jako je teplota hoření, meteorologické podmínky a další (Sikora, 2011).

Dle mých zjištění vzniklo nejvíce požárů na černých skládkách. Častým problémem v těchto případech je dovést konkrétní odpovědnost za vznik požáru a nalézt viníka. Požáry tak mnohdy zůstávají nedorěšeny (Havelka, 2010).

6. Závěr

Cílem mé práce bylo zmapovat možnosti likvidace starých pneumatik a zhodnotit jejich využitelnost pro praxi. V práci jsem se také zaměřila na porovnání produkce těchto pneumatik v rámci České republiky a na množství pneumatik, se kterými je nějakým způsobem nakládáno jako s odpadem. V neposlední řadě jsem se zabývala požáry pneumatik, které jsou nebezpečné jak pro zasahující hasiče, tak i pro okolní obyvatele a životní prostředí.

Cíl práce byl splněn, mimo jiné jsem vypracovala přehledovou tabulku, ve které jsou jasně a stručně shrnuty hlavní výhody a nevýhody každého způsobu využití starých pneumatik.

Hypotéza „Pneumatiky představují obtížně likvidovatelný odpad.“ byla zamítnuta, jelikož po vypracování statistiky produkce odpadních pneumatik a jejím porovnáním se statistikou nakládání s těmito pneumatikami jsem zjistila, že v posledních letech nakládání dokonce převyšuje přímou produkci odpadních pneumatik v ČR.

Hypotéza, že „Pneumatiky obsahují velké množství složek, které se dají likvidovat ekologicky.“, byla potvrzena, jelikož z výsledků mnou zpracované literární rešerše vyplynulo, že v případě, je-li zvolena vhodná metoda využití pneumatik, dají se všechny v nich obsažené složky dále využít, čímž dochází k ekologické likvidaci použitých pneumatik.

Hypotéza „Spalování pneumatik je nejméně vhodnou formou jejich likvidace, protože při něm vzniká velké množství toxických látek.“, byla potvrzena, jelikož při nekontrolovaném hoření pneumatik vzniká velké množství toxických látek, je ohroženo zdraví osob a jejich majetek a dále dochází i k poškozování životního prostředí vznikajícími látkami, které kontaminují ovzduší, půdu i vodní zdroje.

Desítky tisíc tun ojetých pneumatik se ročně hromadí po celé České republice. Abychom jimi nebyli na každém kroku doslova zavaleni, je potřeba nakládat s tímto odpadem zodpovědně a zvolit správné metody jejich dalšího využití. Tato práce může být vodítkem k tomu, která metoda je kdy vhodná a kterým metodám bychom se měli

rozhodně navždycky vyhnout. Vytvářením černým skládek nebo zapalováním pneumatik nejen ničíme své okolí a životní prostředí, ale také ohrožujeme zdraví své i našich dětí.

7. Klíčová slova

Pneumatiky

Nakládání s odpady

Požáry

Nebezpečné chemické látky

8. Seznam použitých zdrojů

ADHIKARI B., DE D., MAITI S. Reclamation and recycling of waste rubber. Progress in Polymer Science, 2000, č. 25, s. 909-948.

AMARI T., THEMELIS N. J., WERNICK I. K. Resource recovery from used rubber tires. Resources Policy, 1999, č. 25, s. 179-188.

AZAR E. T. Cryogenic Tire Recycling System. United States Patent, Patented Jan. 31, 1995, Patent Number 5,385,307.

BEDNAŘÍK L. Třista hasičů bojovalo s požárem skládky pneumatik v Uherském Brodě. Časopis 112 [online]. 2007, č. 10, [cit.2012-5-9]. Dostupné z http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/casopisy/112/2007/rijen/strana_04.html.

BLAŽEK L., BORECKÝ K. Pneumatika jako odpad se 100% možností recyklace. Odpadové fórum, 2006, č. 2, s. 14-16.

BLAŽEK L., BORECKÝ K. Použití granulátu z ojetých pneumatik při pokládání silničních povrchů. Odpadové fórum, 2006, č. 2, s. 16-17.

BORECKÝ K. Ojeté pláště pneumatik a jejich postavení v systému odpadového hospodářství ČR. Odpadové fórum, 2009, č. 10, s. 23-25.

ECO TREND S.R.O. Stanovení procenta recyklace pneumatik ve vazbě na technické a ekonomické možnosti získaných produktů. Praha, 2004, Projekt VaV/720/4/03.

ETRMA. End of life tyres. A valuable resource with growing potential. European Tyre & Rubber manufacturers' association [online], 2011 edition, [cit.2012-4-26]. Dostupné z :

<http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/brochure-elt-2011-final.pdf>.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. Report on Tire Fires. United States Fire Administration [online], 2012, [cit.2012-3-2]. Dostupné z: <http://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/tirefirerep.pdf>.

GAVENDOVÁ H. Konstrukce sportovních plášťů pneumatik. Zlín, 2010, Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.

GEMRICH J. Cementárny. Komplexní pohled na Solid Recovered Fuels - normalizace, legislativa, emise. Odpady, 2006, č. 9, s. 7-9.

GREENWOOD N. N. & EARNSHAW A. Chemie prvků - svazek I. Přeložil kolektiv autorů pod vedením prof. Ing. Františka Jursíka, CSc. Praha, Informatorium, 1993. ISBN 80-85427-38-9.

GREENWOOD N. N. & EARNSHAW A. (1993): Chemie prvků - svazek II. Přeložil kolektiv autorů pod vedením prof. Ing. Františka Jursíka, CSc. Praha, Informatorium, 1993. ISBN 80-85427-38-9.

HAVELKA P. Zkušenosti ČIŽP s požáry odpadních pneumatik či podobných odpadů. Odpadové fórum, 2010, č. 10, s. 26-27.

MICHELIN. Nehodnoťte knihu podle jejího přebalu. Základní údaje o pneumatice [online], 2012, [cit.2012-1-24]. Dostupné z :<http://www.michelin.cz/auto-pneu/informace-doporuceni/zakladni-udaje-o-pneumatice/stavba-pneumatiky>.

IRELAND N. J., GETZ G.R. Method for retreading tires. Ohio, Nov. 6, 1973, United States Patent Office.

KLÁSEK S. Odborné vyjádření k požáru ECUD: 62080000129 černé skládky. Interní dokument Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje, 2012.

KRATOCHVÍL V., NÝVL V. Exkluzivně pro Technet.cz: požár pneumatik z pohledu odborníka. Technet.idnes.cz [online], 2007, [cit.2011-5-12]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/exkluzivne-pro-technet-cz-pozar-pneumatik-z-pohledu-odbornika-p7r-/tec_technika.aspx?c=A070629_103711_tec_technika_NYV.

KŘÍŽENECKÝ P. Zpracování opotřebovaných pneumatik silničních vozidel. Pardubice, 2008, Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.

KVARČÁK M. Základy požární ochrany. Frýdek - Místek, 2005, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 1. vydání, 2005. ISBN: 80-86634-76-0.

LUKEŠ M. Produkty hoření. Požární taktika [online], 2012, Konspekt 1-1-05, Odborná příprava jednotek požární ochrany, MV - ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, [cit.2012-2-27]. Dostupné z: <http://www.cahd.cz/storage/Predpisy/konspekty/1-1-05.pdf>.

MEDIS ALARM. Benzen. Praha, 2011, Databáze Medis Alarm verze 111B, Medistyl spol. s.r.o.

MEDIS ALARM. Benzo(a)pyren. Praha, 2011, Databáze Medis Alarm verze 111B, Medistyl spol. s.r.o.

MEDIS ALARM. Oxid siřičitý. Praha, 2011, Databáze Medis Alarm verze 111B, Medistyl spol. s.r.o.

MEDIS ALARM. Oxid uhelnatý. Praha, 2011, Databáze Medis Alarm verze 111B, Medistyl

spol. s.r.o.

MICHELIN (2007): Informace o prořezávání nákladních pneumatik Michelin [online]. Michelin, 2007, [cit.2012-4-20]. Dostupné z: http://www.urbanpneu.cz/michelin/download/Michelin_Regrooving_prosi_07_CZ.pdf.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Arsen a jeho sloučeniny. Integrovaný registr znečišťování [online], 2012, [cit.2012-3-8]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/arsen_a_jeho_slouceniny.pdf.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Benzen. Integrovaný registr znečišťování [online], 2012, [cit.2012-3-7]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/repository/latky/benzen.pdf>.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Chrom a jeho sloučeniny. Integrovaný registr znečišťování [online], 2012, [cit.2012-3-8]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/chrom_a_jeho_slouceniny.pdf.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Kadmium a jeho sloučeniny. Integrovaný registr znečišťování [online], 2012, [cit.2012-3-8]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/kadmium_a_jeho_slouceniny.pdf.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Polycyklické aromatické uhlovodíky. Integrovaný registr znečišťování [online], 2012, [cit.2012-3-7]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/polycyklicke_aromaticke_uhlovodiky.pdf.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Polychlorované bifenyly. Integrovaný registr znečišťování [online], 2012, [cit.2012-3-7]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/polychlorovane_bifenyly.pdf.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Rtuť a její sloučeniny. Integrovaný registr

znečišťování [online], 2012, [cit.2012-3-8]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/rtut_a_jeji_slouceniny.pdf.

MLEZIVA J. & ŠŇUPÁREK J. Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití. Praha, Sobotáles, 2000, 2. přepracované vydání.

MODRÁČKOVÁ I. Enviromentální dopad produktů hoření. Brno, 2010, Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická.

NOVÁK M. & BARTOŠ D. Recyklace opotřebovaných pneumatik v ČR. Pradubice, 2003 Semestrální práce [online], [cit.2012-2-2]. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Dostupné z: http://envi.upce.cz/pisprace/prezenci/25_SP_01.PDF.

ODPADOVÉ FÓRUM. Možnosti využití opotřebovaných pneumatik. Odpadové fórum, 2004, č. 1, s. 14.

ODPADOVÉ FÓRUM. Pneumatiky. Odpadové fórum, 2004, č. 1, s. 10.

ODPADOVÉ FÓRUM. Současný stav v ČR. Odpadové fórum, 2004, č. 1, s. 12.

ODPADOVÉ FÓRUM. Vybrané technologie materiálového využití. Odpadové fórum, 2004, č. 1, s. 15-18.

ODPADY. Graf měsíce - Množství ojetých pneumatik. Odpady, 2005, č. 7-8, s. 27.

ODPADY. Na pneumatiky ozonem. Odpady, 2006, č. 9, s. 18.

ODPADY. Monstav, s.r.o., chystá novou technologii. Odpady, 2007, č. 4, s. 8-9.

PAVLÍŠ M. Toxické kovy. Olomouc, 2005, Pomocný studijní text k předmětu

ekotoxikologie[online], [cit.2012-3-7]. Přírodovědná fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Katedra ekologie a životního prostředí. Dostupné z: http://ekologie.upol.cz/ku/etxo/toxikologie_kovu.pdf.

POUL O. Ukončení životnosti pneumatik. Brno, 2008, Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.

RADVANSKÁ A. Aktivní uhlí z pneumatik. Odpady, 2008, č. 1, s. 20.

RAJDL D. Čím jsou dioxiny nebezpečné? Praha, 1999, Ekolist [online], [cit.2012-3-7]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/cim-jsou-dioxiny-nebezpecne>.

REISMAN J. I. Air emissions from scrap tire combustion. Washington, October 1997. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development Washington, DC, EPA-600/R-97-115.

RINGS OF FIRE. Tire Fire Prevention and Suppression. California, 2012, Rings of Fire [online], [cit.2012-4-24]. Dostupné z: <http://osfm.fire.ca.gov/codedevelopment/pdf/tirefire/StudentManual.pdf>.

RULFOVÁ D., GÖRIG J. Identifikace trendů zpracování a aplikačních oblastí odpadních pneumatik metodou literární a patentové analýzy. Powerpointová prezentace [online], 2012, [cit.2012-4-24]. Dostupné z: kamna.net/~zaloha/IRS/Identifikace%20trend%F9.doc/.

ŠIKORA H. Toxikologie zplodin hoření pneumatik. Časopis 112, 2007, č. 10, s. 6-7.

ŠIKORA H. Studium vlivu požárů skládek komunálních a průmyslových odpadů na kontaminaci životního prostředí, produkty hoření pryže a halogenovaných polymerů. Bratislava, 2011, Acta Environmentalica Universitatis Comeniae, č. 19, s. 313-317.

ISSN 1335-0285.

SMĚRNICE RADY 99/31/ES z 26. dubna 1999 o skládkování odpadů.

SVOBODOVÁ B. Rizika skládek s nebezpečnými hořlavými materiály. Brno, 2009, Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická.

SÝKORA F. Způsob zpracování použitých automobilových pneumatik a pryžového odpadu pyrolyzní technologií. Alternativní energie, 2001, č. 2, s. 16-17.

ŠEBA J. Toxické zplodiny při hoření vybraných látek, detekce a ochrana zasahujících hasičů. České Budějovice, 2010, Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta.

ŠEDLBAUER J. Minerální hnojiva, pesticidy, fosforečnany a těžké kovy. Noční můry v akci [online], 2012, Sborník přednášek z kursu Mladý environmentalista ležící, spící [cit.2012-3-8]. Dostupné z: <http://bezk-bp7.ecn.cz/>.

ŠPAČEK J. Recyklace pneumatik není příliš rozšířená. Odpady, 2003, č. 11, s. 15.

ŠPŮR J. Zpětný odběr pneumatik. Odpadové fórum, 2009, č. 10, s. 26-27.

ŠTĚPÁNOVÁ D. Toxikologie benzenu. Toxicology [online], 2007, [cit.2012-3-7]. Dostupné z: <http://toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=82>.

TÁBORSKÝ T., JUNGMANN J. Energetické a materiálové využívání použitých pneumatik. Odpadové fórum, 2006, č. 2, s. 12-13.

VEST H. Recycling of Used Car Tyres. Eshborn, 1996, Gate Information Service [online], revised in 2000, [cit.2012-4-23]. Dostupné z: <http://www.bvsde.paho.org/>

bvsacd/cd48/w13e_2000.pdf.

VYHLÁŠKA č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a o výkonu státního požárního dozoru (Vyhláška o požární prevenci).

VYHLÁŠKA č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů).

VYHLÁŠKA č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

WANG Z., LI K., LAMBERT P., YANG CH. Identification, characterization and quantitation of pyrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons and other organic compounds in tire fire products. *Journal of Chromatography A* [online], 2007, č. 1139, s. 14-26, [cit.2012-3-9]. Dostupný z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967306020930>.

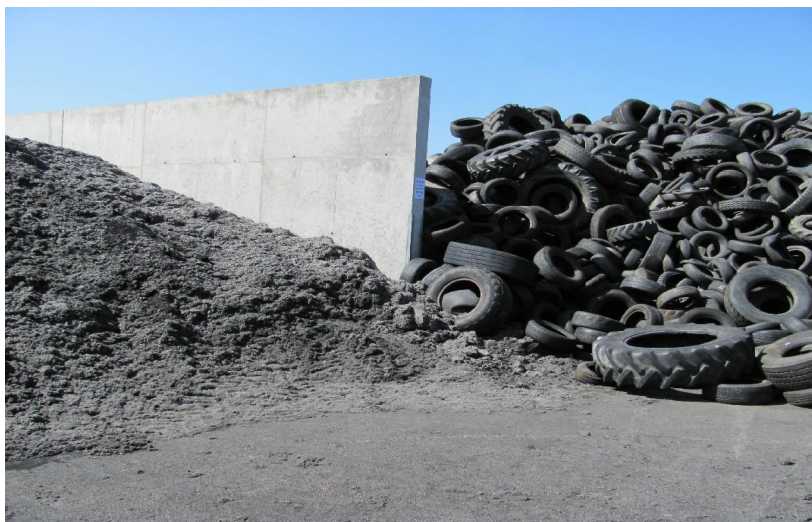
ZÁKON č. 133/1985 Sb., o požární ochraně.

ZÁKON č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

ZELENKA J. Odborné vyjádření k požáru evidenční číslo 6111002224. Interní dokument Hasičského záchranného sboru kraje Vysočina, 2011.

9. Přílohy

Příloha č. 1 Fotografie - vlevo textil recyklovaný z pneumatik, vpravo pneumatiky určené k recyklaci.



Příloha č. 2 Fotografie - linka k mechanickému drcení pneumatik.



Příloha č. 3 Fotografie - pryžový granulát.



Příloha č. 4 Fotografie - pohozené pneumatiky v přírodě.

