

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAHE  
FAKULTA STAVEBNÁ**



# **SEPARÁCIA FAREBNÝCH KOVOV ZO ŠKVARY PRI SPAĽOVANÍ ODPADU**

Bakalárska práca

Študijný program: Stavebné Inžinierstvo

Študijný odbor: Inžinierstvo životného prostredia

Katedra: Katedra hydromeliorácií a krajinného inžinierstva

Vedúci bakalárskej práce: Ing. Martin Dočkal, Ph.D.

**Praha 2022**

**Napísal: Hana Vakošová**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

|   |             |                      |
|---|-------------|----------------------|
| Příjmení: Vakošová  | Jméno: Hana | Osobní číslo: 477225 |
| Zadávající katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství |             |                      |
| Studijní program: Stavební inženýrství                              |             |                      |
| Studijní obor: Inženýrství životního prostředí                      |             |                      |

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Separace barevných kovů ze škváry při spalování odpadu

Název bakalářské práce anglicky: Separation of non-ferrous metals from slag during waste incineration

Pokyny pro vypracování:  
Pro zařízení energetického využití odpadu zpracujte studii zvýšení výtěžnosti neželezných kovů ze škváry. Na základě materiálové analýzy škváry a množství produkovaného produktu spalování navrhnete vhodné způsoby zlepšující využitelnost látek obsažených v produktu spalování. Teoretickou a rešeršní část práce zaměřte na proces spalování komunálního odpadu a následného využití jeho produktů. Návrh technického řešení vypracujte variantně a dopňte výhody a nevýhody jednotlivých návrhů.

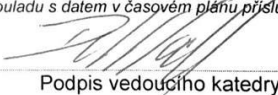
Seznam doporučené literatury:  
Provozní řád zařízení

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Dočkal, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2022

Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.5.2022  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*


  
Podpis vedoucího práce

  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

22.2.2022  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

## Čestné Prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracovala samostatne pod vedením Ing. Martina Dočkala, Ph.D. a uviedla som všetky použité zdroje a literatúru.

V Prahe dňa: .....

Podpis: .....

## **Pod'akovanie**

Chcela by som poďakovať pánovi Ing. Martinovi Dočkalovi, Ph.D. z katedry hydromeliorácií a krajinného inžinierstva ČVUT a pánovi Ing. Tomášovi Balochovi, ekológovi ZEVO Malešice za ich čas, trpezlivosť, ochotu a všetky cenné rady a podklady poskytnuté pri písaní tejto bakalárskej práce.

## Abstrakt

S vývojom spoločnosti sa mení i množstvo a zloženie odpadu, s ktorým je potrebné sa vyrovnáť. Je snaha o to, aby nakladanie s týmto odpadom prebiehalo s ohľadom na zdravie obyvateľstva. Okrem toho je čím ďalej dôležitejšie brať do úvahy i záťaž odpadu na životné prostredie. I z tohto dôvodu sa rozvinulo viacero alternatív ku bežnému skládkovaniu odpadu. Jednou z nich je energetické využitie odpadu, kedy sa odpad spaľuje a vytvára sa tepelná a elektrická energia. Po procese spaľovania zostane škvara, ktorá pôvodne putovala na skládku, aj keď objem a hmotnosť bola spaľovaním zredukovaná. Ale dnes sa na ňu vďaka novým technológiám dá pozeráť ako na zdroj surovín, ktoré nie sú spaľovaním ovplyvnené a dajú sa vytriediť. Po ich odstránení sa i na škvaru dá pozeráť ako na materiál, ktorý je využiteľný v stavebníctve.

Text tejto práce sa zameriava práve na túto dodatočnú separáciu materiálov po ukončení spaľovacieho procesu; a konkrétne na separáciu neželezných kovov. Tá je zložitejšia ako vytriedenie železných kovov a do procesu vstupuje viac premenných.

Avšak aj napriek zložitému procesu je veľmi dôležitá. Nie len preto, že je ňou podmienené ďalšie využitie škvary, ale aj kvôli tomu, že tieto kovy patria k neobnoviteľným surovinám, čo znamená, že ich množstvo vo svete je konečné. Ich separácia je teda výhodná nie len ekologicky, ale aj ekonomicky.

Táto práca popisuje metódy, ktoré sú bežné v iných krajinách Európy a porovnáva ich s činnosťou Zariadenia na energetické využitie odpadu v Malešiciach.

## **Abstract**

As our society develops, the volume and composition of the waste we produce also changes. There is effort to ensure, that in our handling of the waste we are considerate of the health of people. Also it's important to take into account the impact of said waste on our environment. So in the past couple decades we have seen the development of alternatives to the basic concept of storing all the waste at landfills.

One of those alternatives is creating thermal energy and electricity from waste by incineration. The residue after this proces is called incineration bottom ash (IBA), which used to also be stored at landfills albeit the volume and weight was reduced in the process. Nowadays thanks to new Technologies we can look at bottom ash as a resource of materials too, because some are not affected by incineration and can be separated and used again. And after their separation, the rest can be used in road construction.

The subject mater of this thesis is this separation of materials after the incineration process; more precisely non-ferrous metals. It's more complicated than separation of ferrous metals and there is more variables involved in the process.

Nevertheless it's very important. The option to use bottom ash as construction material depends on it and maybe more importantly these metals are non-renewable; meaning their amount in the world is final. So their recovery from bottom ash is crucial both ecologically and economically.

This thesis describes methods, that are commonly used in other countries in the European Union and compares them to those used in Waste to energy plant in Prague in Malešice.

## **Kľúčové slová**

ZEVO, komunálny odpad, energetické využitie odpadu, separácia, škvara, efektivita, kovy, neželezné kovy, recyklácia, spaľovňa, materiálové využitie, cirkulárna ekonomika, poloprevádzková jednotka, spaľovanie, odpadové hospodárstvo, legislatíva, stavebníctvo, využitie škvary, vírivé prúdy

WtE plant, municipal waste, waste to energy incineration, separation, incineration bottom ash, effectivity, metals, non-ferrous metals, recycling, material recovery, circular economy, pilot plant, incineration, waste management, legislative, legislature, construction, use of incineration bottom ash, eddy currents

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| Úvod.....  | 9  |
| Odpadové hospodárstvo a spaľovanie odpadu .....                | 10 |
| Legislatíva.....   | 11 |
| Definícia odpadu .....   | 14 |
| Nutnosť záujmu o odpad .....                                   | 15 |
| Vývoj spracovania odpadu .....                                 | 17 |
| Princíp spaľovania odpadu.....                                 | 19 |
| ZEVO Praha Malešice .....                                      | 22 |
| Škvára.....  | 34 |
| Hlavné princípy využitia škvary .....                          | 36 |
| Separácia po ukončení spaľovacieho procesu .....               | 38 |
| Analýza škvary.....  | 43 |
| Možnosti zvýšenia efektivity separácie neželezných kovov ..... | 48 |
| Návrh separácie neželezných kovov v ZEVO Malešice.....         | 50 |
| Záver .....  | 51 |
| Zdroje.....  | 53 |



## Úvod

Odpady vznikajú pri akejkolvek ľudskej činnosti. Odpad je vec, ktorej sa chce jej majiteľ zbaviť, alebo tiež hnutelná vec, ktorej odstránenie (zneškodnenie) je potrebné z hľadiska starostlivosti o zdravé životné podmienky a ochrany životného prostredia. Vplyvom niekoľkých faktorov je vyrovňavanie sa z odpadmi čoraz ťažšie. Populácia rapídne narastá, a spolu s napredovaním spoločnosti rastie i užívanie mnohých syntetických materiálov, ktoré síce vieme vyrobiť, ale veľakrát sa ich nevieme efektívne zbaviť. Nárast populácie má tiež za následok obrovské nároky na získavanie prvotných surovín. Závažnosť na prírodu vzniká ako ťažením materiálov, tak i neefektívnym zbavovaním sa odpadu napríklad skládkovaním, ktoré má navyše nepriaznivý dopad i na ľudské zdravie. Stojíme teda pred citlivou otázkou ako zmenšiť objem odpadu uchovávaného na skládkach a redukovať narastajúcu potrebu prvotných surovín; najmä ak sa jedná o neobnoviteľné materiály.

Dnes existuje niekoľko možností ďalšieho využitia odpadu. Prednostne sa snažíme recyklovať samotné materiály. Niektoré odpady však nie sú vhodné na recykláciu, či už po finančnej alebo technologickej stránke. Pri tých je možné využiť predovšetkým výhrevné vlastnosti rôznych odpadov; tzn. energetické využitie odpadov. Je to jedna z možných ciest modernej energetiky. Takto spracované odpady minimalizujú svoj objem, škodlivosť zdraviu a znižujú i svoj negatívny dopad na životné prostredie. Spaliny sú totiž veľmi dôkladne filtrované a musia spĺňať prísne normy. Z odpadu sa často okrem tepelnej ziskava zároveň i elektrická energia. Ako vedľajší produkt nám zostane škvára, z ktorej sa späťne dajú získať mnohé dôležité suroviny a pracuje sa i na jej využití v stavebnom priemysle.

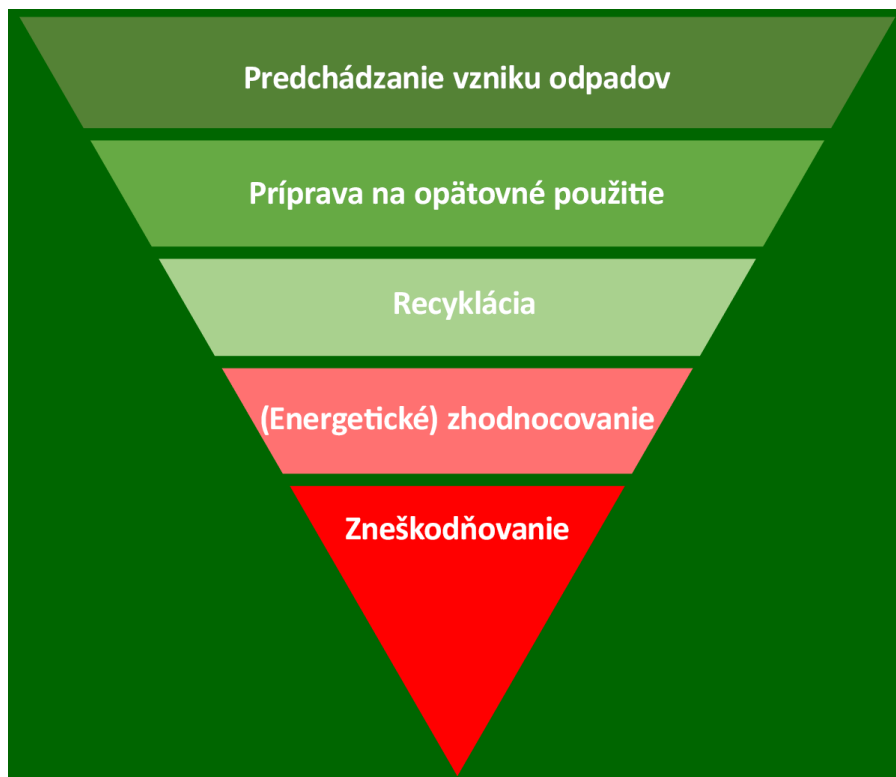
Táto bakalárska práca venuje možnostiam spracovania odpadu, sústreďí sa na tepelné spracovanie odpadu a konkrétne rozoberá zariadenie na energetické využitie odpadu (ZEVO) v Prahe – Malešiciach. To je momentálne vo fáze príprav novej linky, ktorá by zo škvary vyprodukovanej v zariadení separovala neželezné kovy.

Tiež sú metódy spracovania škvary v ZEVO Malešice a celkovo možnosti využitia škvary v Českej republike porovnávané s metódami využívanými v iných krajinách Európskej únie.

Cieľom práce je okrem popísania spôsobov získavania týchto kovov v ZEVO Malešice i návrh na zlepšenie efektivity do budúcnosti.

## Odpadové hospodárstvo a spaľovanie odpadu

Odpadové hospodárstvo je založené na určitej hierarchii spôsobov nakladania s odpadmi. Reprerentáciu tohto poradia môžeme vidieť i na Obrázku 1. Prioritou by malo byť predchádzanie jeho vzniku. V tomto smere sa dá uplatniť najmä osвета a vzdelávanie občanov. Osvetu podporuje i Ministerstvo životného prostredia a Európska únia rôznymi projektmi a dotáciami na zvýšenie povedomia o problematike odpadov a o zachádzaní s nimi. Nie vždy sa ale dá vzniku odpadu zabrániť. Ak teda vznikne, najlepšou možnosťou je pripraviť ho k ďalšiemu použitiu – recyklovať ho. Recyklácia sa rozlišuje na niekoľko druhov; priama recyklácia znamená znovupoužitie predmetu bez ďalšej úpravy a nepriama recyklácia predstavuje znovuspracovanie materiálu z odpadu. Najlepšie sa recyklujú čisté anorganické materiály, medzi ktoré patrí napríklad sklo alebo kovy. Tu opätovné spracovanie nemá vplyv na kvalitu výrobku. Veľakrát sa ale recykláciou „iba“ oddaľuje nutnosť odstránenia materiálu z obehu. Sem patrí i papier, textílie alebo plasty. Je to kvôli tomu, že recyklačné technológie narušujú väzby v materiáli a ten postupne prestane slúžiť svojmu pôvodnému účelu. Veľké množstvo materiálov potom môže byť skompostované vrátane papiera a prírodných textílií. Kompostovanie využíva tiež iné organické odpady, najmä rastlinného pôvodu. V priebehu spracovania môže byť tento odpad i energeticky zhodnotený. Po ukončení procesu sa využíva ako hnojivo a uzatvára tým kolobeh putovania živín v organickej hmote. Energeticky je možné zhodnotiť i mnoho druhov odpadov, ktoré nie sú kompostovateľné. Ak ani táto možnosť nepripadá do úvahy, je potrebné jeho odstránenie. Väčšinou táto posledná možnosť znamená skládkovanie. Je dôležité myslieť na to, že skládkovanie nie je finálne, ale presúva riešenie problému na budúce generácie. Vo svojej podstate sa odpadu nedá zbaviť úplne.



Obrázok 1: Hierarchia nakladania s odpadmi

(zdroj: [www.triedenieodpadu.sk](http://www.triedenieodpadu.sk) )

## Legislatíva

### Česká republika

Prvý zákon, ktorý upravoval nakladanie s odpadmi vstúpil do platnosti v roku 1991. Stanovoval práva a povinnosti orgánov štátnej správy a povinnosti právnických a fyzických osôb pri nakladaní s odpadmi. Pomohol i určiť smer vývoja technológií na skládkach. Pred rokom 1991 totiž skládky nespĺňali požiadavky na umiestnenie, tesniace prvky, zaistenie podzemných vôd či monitoringu, ktoré sú dnes samozrejmosťou. Organizovali sa exkurzie do viacerých krajín západnej Európy, kde bolo skládkovanie na vyššej úrovni; a to napríklad do Nemecka, Rakúska, Dánska, Holandska či Talianska. Odvtedy sa samozrejme česká legislatíva značne posunula. Po zákone číslo 238/91 z roku 1991 nasledovali Zákon č. 125/97 Zb., 185/2001 Zb. a 188/2001 Zb. Momentálne je nakladanie s odpadmi upravované zákonom č. 541/2020 Zb., ktorý vstúpil do platnosti 1. 1. 2021. Účelom tohto zákona je „zaistiť vysokú úroveň ochrany životného prostredia a zdravia ľudí a trvalo udržateľné využívanie prírodných zdrojov predchádzaním vzniku odpadov a nakladaním s nimi v súlade s hierarchiou odpadového hospodárstva za súčasnej sociálnej únosnosti a ekonomickej prijateľnosti tak, aby bolo dosiahnuté cieľov odpadového hospodárstva stanovených v prílohe č. 1 k tomuto zákonu a umožnený prechod na obehové hospodárstvo“<sup>1</sup>. Zákon nadväzuje na príslušné predpisy Európskej únie. Okrem stanovenia pravidiel pre spracovanie odpadu sa snaží presadzovať základné princípy cirkulárneho hospodárstva, ochrany životného prostredia a zdravia človeka. Rovnako dôležitá je jeho vykonávacía vyhláška 273/2021 o podrobnostiach nakladania s odpadmi. Priamo popisuje i konkrétne možnosti využitia škvary. Pre prehľad je v Tabuľkách 1 znázornený vývoj produkcie odpadu podľa jeho druhu v rokoch 1996 – 2002. V tabuľkách 2, 3 a 4 je vidieť ako sa menila popularita spôsobov jeho spracovania a odstránenia. Konkrétne teda spracovanie a odstraňovanie komunálnych, nebezpečných a ostatných odpadov.

Pre odpady z obalov platil do 1. 1. 2021 Zákon o obaloch č. 477/2001 Zb. Od tohto dátumu bol zmenený Zákonom č. 545/2020. Účelom predchádzajúceho zákona bolo „chrániť životné prostredie predchádzaním vzniku odpadov, a to hlavne znižovaním hmotnosti, objemu a škodlivosti obalov a chemických látok v týchto obaloch obsiahnutých v súlade s právom Európskej únie. Tento zákon stanovuje práva a povinnosti podnikajúcich právnických a fyzických osôb a povinnosť správnych úradov pri nakladaní s obalmi a uvádzaní obalov na trh alebo do obehu, pri spätnom odbere a pri využití odpadu z obalov a stanoví poplatky a ochranné opatrenia; opatrenia k náprave a priestupky“<sup>2</sup>. To stále platí i u Zákona 545/2020, ktorý stanovenia svojho predchodcu veľakrát odkazuje. Jednotlivé látky využívané v obalových materiáloch musia byť pod dohľadom, pretože nie sú rovnocenné a môžu mať dopad na zdravie človeka alebo stav životného prostredia. Určité látky nesmú prekračovať limity stanovené v zákone. Rieši tiež problematiku vratných obalov, opakovateľne použiteľných obalov a požiadavky na rozsah ich recyklácie.

Dôležité je spomenúť i Katalóg odpadov podľa vyhlášky č. 8/2021, ktorá 27. 1. nahradila vyhlášku č. 381/2001 Ten slúži firmám a miestam spracovania odpadu na zatriedenie odpadov podľa jednotlivých kategórií. Zatriedovanie odpadov ne neodmysliteľnou súčasťou procesu ďalšieho nakladania s odpadmi, pretože každé miesto sa stretáva s trochu inými typmi odpadov. Je nutné identifikovať napríklad

<sup>1</sup> Základné ustanovenie zákona 541/2020 Zb. o odpadoch

<sup>2</sup> Časť základného ustanovenia zákona 477/2001 Zb. o obaloch

nebezpečné odpady a rádioaktívne odpady, ktoré sú spracovávané špecifickými spôsobmi a bežné zariadenia na spracovanie odpadu nie sú na ne stavané.

Tabuľka 1: Produkcia odpadov v ČR z hľadiska pôvodu za roky 1996 – 2002

(zdroj: <https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/skladkovani.htm>)

**( údaje ze statistické ročenky životního prostředí České republiky 2003)**

| odpad podle<br>původu v tis.t                 | 1996          | 1997          | 1998          | 1999          | 2000          | 2001         | 2002*        | Rok<br>2002 v<br>% |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------------|
| odpad ze<br>zemědělství a<br>lesnictví        | 3 288         | 4 412         | 8 124         | 7 175         | 7 499         | 5935         | 5783         | 15,0               |
| odpad z dobývání<br>a těžby                   | 157           | 1 890         | 600           | 2 351         | 2 566         | 2285         | 597          | 1,5                |
| průmyslový<br>odpad                           | 23 232        | 14 083        | 8 900         | 8 867         | 7 778         | 9040         | 9601         | 24,9               |
| odpad<br>z energetiky (bez<br>radioaktivního) | 10 279        | 13 306        | 10 409        | 4 941         | 9 704         | 6491         | 6382         | 16,5               |
| komunální odpad                               | 3 200         | 3 279         | 4 535         | 4 200         | 4 258         | 4243         | 4747         | 12,3               |
| jiný odpad                                    | 11 906        | 31 538        | 11 550        | 7 935         | 8 805         | 10700        | 11533        | 29,8               |
| <b>Cellkem</b>                                | <b>52 062</b> | <b>68 508</b> | <b>44 118</b> | <b>35 469</b> | <b>40 610</b> | <b>38694</b> | <b>38643</b> | <b>100,0</b>       |

\* předběžné údaje

Tabuľka 2: Nakladanie s nebezpečnými odpadmi v rokoch 1999 – 2002

(zdroj: <https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/skladkovani.htm>)

**( údaje ze statistické ročenky životního prostředí České republiky 2003)**

| Způsob nakládání               | 1999 – v %   | 2000 – v %   | 2001 – v %   | 2002 – v %   |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Využití jako druhotná surovina | 17,7         | 24,7         | 19,2         | 29,3         |
| Skladování                     | 7,4          | 6,3          | 7,2          | -            |
| Skládkování                    | 8,8          | 22,5         | 12,0         | 5,0          |
| Spalování                      | 1,8          | 2,1          | 2,6          | 1,6          |
| Biologické metody              | 8,8          | 11,5         | 15,3         | 16,6         |
| Fyzikálně-chemické postupy     | 20,5         | 20,2         | 20,1         | 20,0         |
| Nespecifikováno                | 35,0         | 12,7         | 23,6         | 27,5         |
| <b>Cellkem</b>                 | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> |

Tabuľka 3: Nakladanie s ostatnými odpadmi v rokoch 1999 – 2002

(zdroj: <https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/skladkovani.htm>)

| <b>( údaje ze statistické ročenky životního prostředí České republiky 2003)</b> |                   |                   |                   |                   |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Způsob nakládání</b>   | <b>1999 – v %</b> | <b>2000 – v %</b> | <b>2001 – v %</b> | <b>2002 – v %</b> |
| <b>Využití jako druhotná surovina</b>   | <b>27,7</b>       | <b>29,2</b>       | <b>34,4</b>       | <b>56,8</b>       |
| <b>Skladování</b>   | <b>4,3</b>        | <b>2,8</b>        | <b>3,9</b>        | <b>-</b>          |
| <b>Skládkování</b>  | <b>34,4</b>       | <b>26,0</b>       | <b>28,4</b>       | <b>23,0</b>       |
| <b>Spalování</b>  | <b>2,4</b>        | <b>1,8</b>        | <b>2,1</b>        | <b>1,0</b>        |
| <b>Biologické metody</b>  | <b>13,4</b>       | <b>13,8</b>       | <b>10,3</b>       | <b>2,4</b>        |
| <b>Fyzikálně-chemické postupy</b>   | <b>10,9</b>       | <b>10,2</b>       | <b>10,7</b>       | <b>1,4</b>        |
| <b>Nespecifikováno</b>  | <b>6,9</b>        | <b>16,2</b>       | <b>10,2</b>       | <b>15,4</b>       |
| <b>Celkem</b>   | <b>100,0</b>      | <b>100,0</b>      | <b>100,0</b>      | <b>100,0</b>      |

Tabuľka 4: Nakladanie s komunálnymi odpadmi v rokoch 1999 – 2002

(zdroj: <https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/skladkovani.htm>)

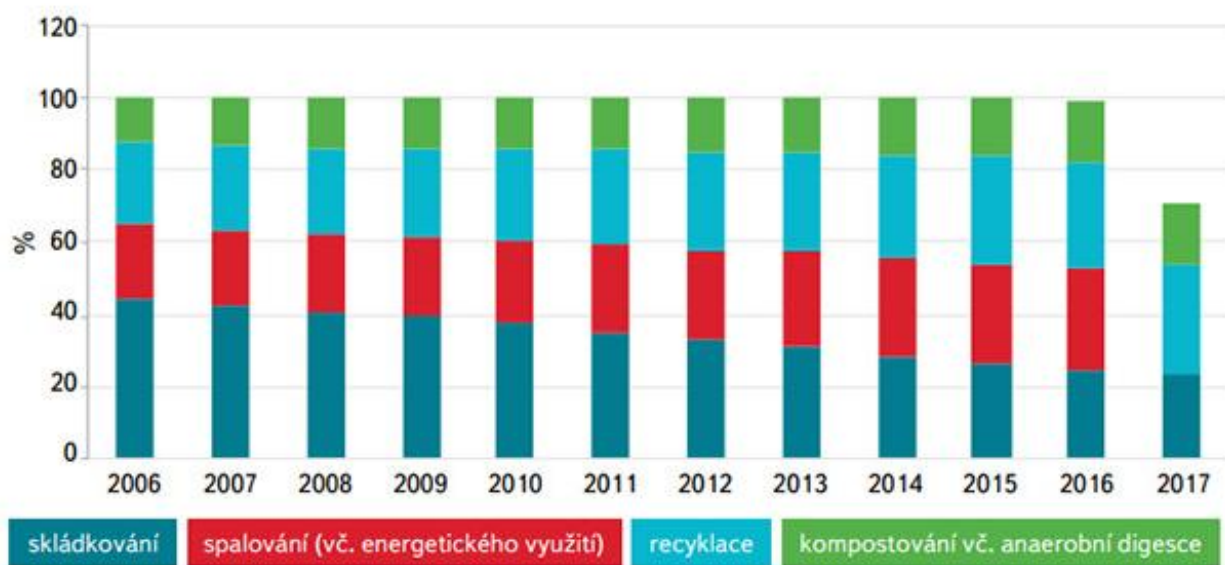
| <b>( údaje ze statistické ročenky životního prostředí České republiky 2003)</b> |                   |                   |                   |                   |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Způsob nakládání</b>   | <b>1999 – v %</b> | <b>2000 – v %</b> | <b>2001 – v %</b> | <b>2002 – v %</b> |
| <b>Využití jako druhotná surovina</b>   | <b>7,5</b>        | <b>5,2</b>        | <b>9,9</b>        | <b>11,9</b>       |
| <b>Skladování</b>   | <b>4,5</b>        | <b>1,3</b>        | <b>1,2</b>        | <b>-</b>          |
| <b>Skládkování</b>  | <b>64,8</b>       | <b>60,4</b>       | <b>60,0</b>       | <b>54,1</b>       |
| <b>Spalování</b>  | <b>7,8</b>        | <b>8,0</b>        | <b>8,9</b>        | <b>4,5</b>        |
| <b>Biologické metody</b>  | <b>12,8</b>       | <b>9,2</b>        | <b>10,2</b>       | <b>4,9</b>        |
| <b>Fyzikálně-chemické postupy</b>   | <b>1,7</b>        | <b>4,2</b>        | <b>3,9</b>        | <b>0,1</b>        |
| <b>Nespecifikováno</b>  | <b>0,9</b>        | <b>11,7</b>       | <b>5,9</b>        | <b>24,5</b>       |
| <b>Celkem</b>   | <b>100,0</b>      | <b>100,0</b>      | <b>100,0</b>      | <b>100,0</b>      |

### *Európska únia*

Správne zaobchádzanie s odpadmi patrí i medzi záujmy Európskej únie. Prvé smernice o odpadoch boli vydané v roku 1975. Tieto smernice sú do istej miery zakomponované do zákonov všetkých členských krajín Európskej únie. Samozrejme množstvo odpadu ďalej narastalo, napríklad medzi rokmi 1995 a 2003 vzrástlo množstvo vyprodukovaného komunálneho odpadu o 19 percent.

Dňa 26. apríla 1999 vydala Rada Európskej únie smernicu 1999/31/ES, ktorou stanovila kritéria a postupy pre prijímanie odpadov na skládku (podľa článku 16 a prílohy II smernice). Smernica pomohla napríklad znížiť obsah biologicky rozložiteľných komunálnych odpadov na skládkach. Nebola však v Českej republike dostatočne uplatňovaná. Nedochovalo k účinnej separácii kovov a krajina prichádzala o cenné sekundárne suroviny, čo je v rozpore s hierarchiou využitia odpadov.

V roku 2018 bola vydaná smernica, ktorá vlastne upravuje smernicu 1999/31/ES, a teda i nakladanie s odpadom. Kládie dôraz na zlepšenie spracovania odpadov v Únii, aby bolo možné zachovať, chrániť a zlepšiť kvalitu životného prostredia, chrániť ľudské zdravie, zaistiť uvážlivé, účinné a racionálne využívanie prírodných zdrojov, posilniť zásady obehového hospodárstva, zvýšiť energetickú účinnosť a znížiť závislosť Európskej únie na dovážaných zdrojoch. Posilňuje smernice, ktoré boli vydané pred ňou. Rovnako vyvíja tlak na výrobcov a zavádza dane zo skládkovania. Dôraz kládie i na uprednostnenie jeho energetického zhodnotenia a vytriedenie dôležitých opätovne použiteľných surovín pred jeho uložením na skládke. Skládkovanie by malo byť použité v len v prípade, že odpad nie je materiálovo ani energeticky zhodnotiteľný. Tým pádom sú ZEVO tak povediac prevenciou voči čiernym skládkam, pretože so zvyšovaním poplatkov za odpad tento problém narastá. Na Obrázku 2 je ukázaný postupný pokles skládkovaného množstva odpadu v rámci celej Európskej únie a i nárast energeticky využívaného odpadu. Je tak vidieť i zvýšenie popularity materiálového využitia odpadu ako je recyklácia a mierny nárast kompostovania biologicky rozložiteľných odpadov.



Obrázok 2: Vývoj spôsobu nakladania s komunálnym odpadom v zemiach EU (pozn. za rok 2017 nedostupné dáta o spaľovaní)

(zdroj: <https://www.vuv.cz/hospodareni-s-obaly-a-odpady/publikace-hospodareni-s-obaly-a-odpady/> )

## Definícia odpadu

Podľa zákona, ktorý bol zrušený k 1. januáru 2021, 7/2005 Zb., je odpadom obecné každá huteľná vec, ktorej sa osoba zbavuje alebo má úmysel či povinnosť sa jej zbaviť. Alebo tiež surovina na nesprávnom mieste v nesprávny čas. Presnejšie potom podľa Katalógu odpadov rozlišujeme 15 kategórií odpadov. Veľakrát je potrebné riešiť i problémy, ktoré sa týkajú tzv. energetického odpadu. Sem patria svetlo, hluk, teplo a podobne. Snažíme sa chrániť prostredie pred ich účinkami alebo túto energiu nejakým spôsobom recyklovať.

Sú i odpadné suroviny, ktoré za odpad nepovažujeme. Zákon 541/2020 Zb. definuje výnimky, ktoré sú natoľko upravované inými zákonmi, že nepatria medzi odpady. Sú to:

- odpadné vody
- ťažobný odpad
- liečivá, návykové látky, prípravky obsahujúce návykové látky, a prekursorzy drog
- mŕtve telá zvierat, ktoré uhynuli iným spôsobom ako porážkou, vrátane zvierat usmrtených za účelom eradikácie nákazy zvierat, ktoré sú odstránené v súlade s nariadením Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009
- vedľajšie produkty živočíšneho pôvodu a získané produkty, s výnimkou vedľajších produktov a získaných produktov určených na spaľovanie alebo skládkovanie, alebo na využitie v zariadení na výrobu bioplynu, alebo kompostovanie
- látky, ktoré sú určené na použitie ako kŕmne suroviny podľa článku 3 odstavec 2 písm. g) nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 767/2009 a ktoré nie sú tvorené vedľajšími produktmi živočíšneho pôvodu a neobsahujú ich
- výrobky s ukončenou životnosťou

### Nutnosť záujmu o odpad

Pri spracovávaní témy odpadu si treba vopred určiť i objektívne dôvody, prečo je potrebné a nevyhnutné sa oň zaujímať. V spoločnosti je totiž stále prítomný určitý skepticizmus, ktorý často bráni významným krokom v ekologických problematikách. Je tu určitá naivita o schopnostiach životného prostredia a o tom, že doteraz sa s ľuďmi vytvorenými predmetmi vedelo vyrovnávať, a teda to určite bude schopné ustáť i v budúcnosti. Táto predstava ale neberie do úvahy všetky spôsoby, akými človek zmenil fungovanie sveta a ani to, že žiadny živočích pred nami nepoužíval také množstvo synteticky vyrobených materiálov. Tým pádom vyspelosť technológií na odstránenie sa týchto látok musia prinajmenšom odpovedať technológiám zodpovedným za vznik daných látok.

Laický pohľad neberie do úvahy všetky súvislosti produkcie odpadov s prírodnými a inými procesmi. Tie však prebiehajú zároveň a vedľa seba a nie izolovane, preto ich nie je možné opomenúť. Téma odpadov sa dotýka i:

- Pitná voda – Prevažná väčšina odpadov nie je inertná a po vyhodení môžu zo seba vypúšťať tekutiny, ktoré presakujú do povrchových alebo podzemných vôd, čím škodia živočíchom a aj človeku
- Ovzdušie – podobne ako tekuté kaly môže odpad vypúšťať i plyny, ktoré škodia ovzdušiu či už lokálne alebo v globálnej miere. Niektoré plyny sú tiež skleníkové, čo znamená, že prispievajú ku človekom spôsobeným klimatickým zmenám. Okrem toho skleníkové plyny vznikajú i použitím strojov na ťaženie prvotných surovín. Recyklácia materiálov šetrí energiu, ktorú musia vynaložiť tieto zariadenia a takisto i skleníkové plyny, ktoré vypúšťajú do ovzdušia.
- Fauna – nebezpečné sú samozrejme i samotné materiály. Živočíchy si ich môžu splieť s potravou, poraniť sa alebo v nich uviaznuť

- Čierne skládky –stále sú aktuálnym problémom a priamym dôkazom toho, že je potrebné mať fungujúci systém spracovania a odstraňovania odpadu. Narušujú ráz a fungovanie krajiny a prispievajú k vyššie spomenutým problémom.
- Ekonomické dôvody – sú veľkou hnacou silou, keď hovoríme o recyklácii odpadov. Suroviny využité v budúcich odpadoch sú už spracované, odpadá potreba ťaženia prvotných materiálov a tým pádom sú finančne výhodné. Ide hlavne o čisté materiály ako sklo, kovy, papier, plasty. Treba brať do úvahy i finančnú náročnosť priestoru na ukladanie odpadu. Aj tu je výhodné zredukovať objem odpadu ukladaného na skládkach. A blízkosť skládky ovplyvňuje tiež hodnotu okolitých pozemkov a kvalitu bývania. Redukcia ich plôch je žiaduca.
- Prírodné zdroje – recyklácia a znovupoužívanie materiálov je nevyhnutná i preto, že väčšina zdrojov je vyčerpatelných. Okrem iného i kovy, ktoré ešte budú spomenuté v ďalších častiach práce. Je preto nutné, aby bol zaistený ich opakovaný kolobeh. Musí byť zaistený ich zber a ďalšie spracovanie. Na tomto princípe kolobehu je postavená i vyššie spomenutá cirkulárna ekonomika. Od roku 2015 patrí medzi kľúčové témy Európskej únie. Na rozdiel od lineárneho modelu sa snaží o maximalizáciu recyklácie a znovupoužívania materiálu, a to už od prvotných dizajnov produktov až po eventuálne doslúženie materiálov. Znázornenie rozdielnych princípov je vidieť na Obrázku 3.



Obrázok 3: Porovnanie lineárnej a cirkulárnej ekonomiky  
(zdroj: [www.incienc.sk](http://www.incienc.sk) )

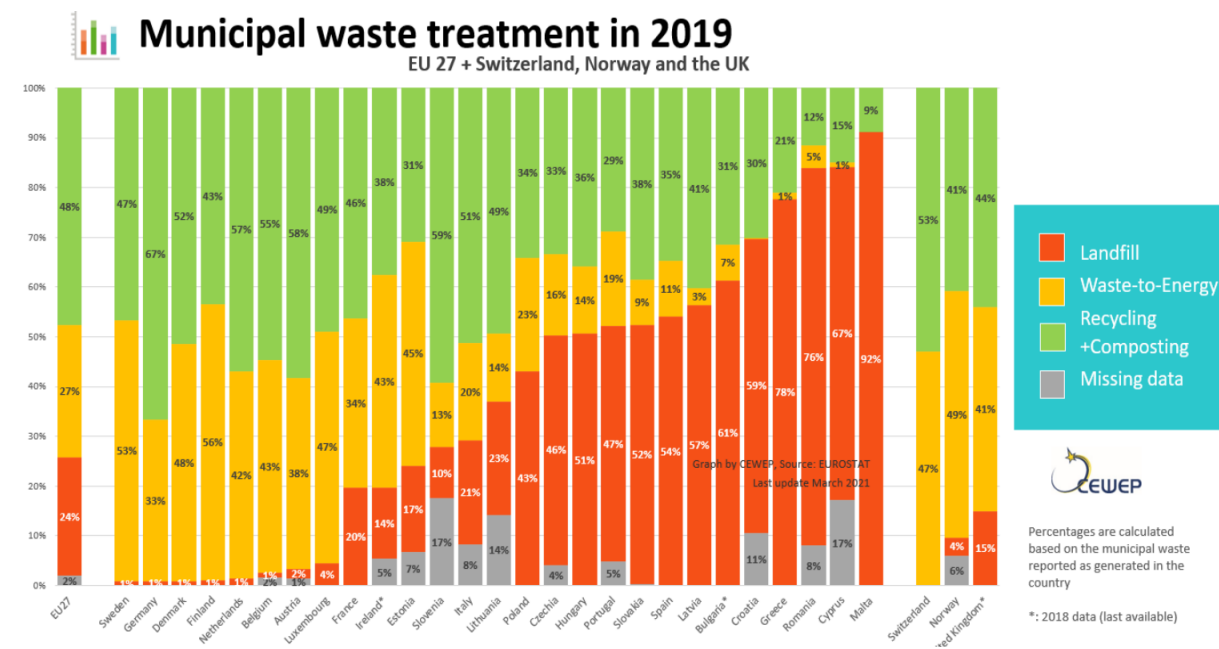


## Vývoj spracovania odpadu

- recyklácia (premena, materiálové využitie... t.j. oddialenie definitívneho riešenia)
- kompostovanie (materiálové využitie biologickým spôsobom)
- spaľovanie (energetické využitie)
- skládkovanie (uloženie)
- iné spôsoby uloženia (solidifikácia, vitrifikácia)

Tieto možnosti už boli spomenuté, ako i to, že nie všetky metódy nakladania s odpadom sú si rovnocenné. Odpadové hospodárstvo je stále zdokonaľujúce sa odvetvie. Dôvodom je okrem iného postupné zvyšovanie nárokov na kvalitné technológie a efektívnosť spracovania odpadu, ako i minimalizovanie dopadu na životné prostredie. Je snaha minimalizovať množstvo odpadu putujúceho na skládky a legislatívne zamedziť skládkovaniu určitých typov odpadu, najmä biologicky rozložiteľného komunálneho odpadu. Postupný vývoj spôsobov spracovania odpadu je spracovaný v Tabuľke 5; je zrejmé, že na spôsoboch akým s odpadmi zaobchádzame sa posledné roky stále viac podpisuje zavádzanie princípov cirkulárnej ekonomiky.

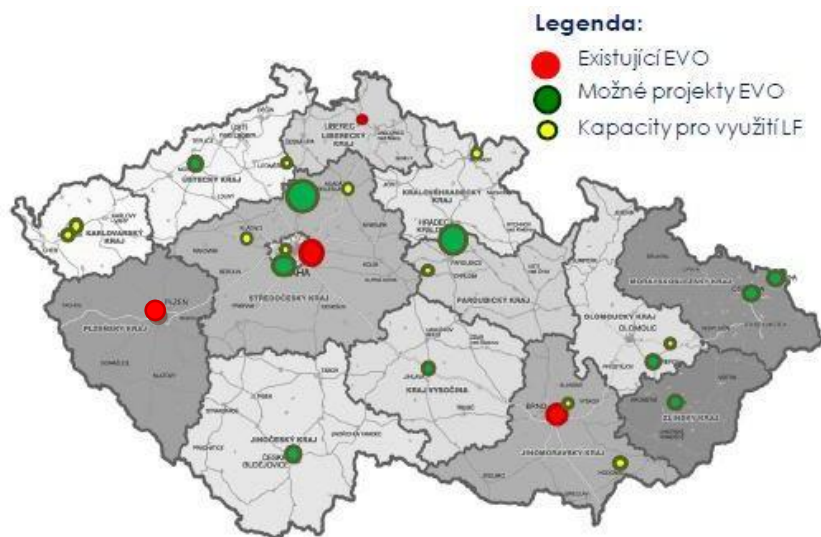
Na Obrázku 4 je vidieť, ako s odpadom nakladajú jednotlivé krajiny Európskej únie. Sú tu viditeľné rozdiely medzi vyspelejšími štátmi, ktoré vyvíjajú snahu minimálne percento skládkovaných odpadov – Nemecko, Belgicko, Švédsko – a štátmi, ktoré skládkujú veľmi veľké množstvo odpadu bez možnosti energetického využitia. Aj Česká Republika má veľa priestoru na zlepšenie, a to hlavne v oblasti skládkovania, recyklácie a kompostovania. V posledných desaťročiach u nás došlo k posunu ohľadne nakladania s odpadom; konkrétnejšie v energetickom využití. Momentálne tu fungujú štyri ZEVO; ZEVO Malešice v Prahe, SAKO Brno, ZEVO Termizo a ZEVO Plzeň. Spolu s mestami, u ktorých sa zvažuje výstavba ďalších ZEVO sú zobrazené na mape na Obrázku 5.



Obrázok 4: Porovnanie nakladania s komunálnymi odpadmi vyspelejších a menej vyspelých štátov EÚ v roku 2018 (zdroj: CEWEP 2018)

Tabuľka 5: Produkcia a nakladanie s komunálnymi odpadmi v ČR v rokoch 2009 – 2020  
(zdroj: [www.mzp.cz](http://www.mzp.cz) )

| Komunální odpady | PRODUKCE   | VYUŽITO | Z toho MATERIÁOVÉ VYUŽITO | Z toho ENERGETICKY VYUŽITO | ODSTRANĚNO | Z toho SKLÁDKOVÁNÍ | JINÉ NAKLÁDÁNÍ |
|------------------|------------|---------|---------------------------|----------------------------|------------|--------------------|----------------|
| Rok 2009         | 5,3 mil. t | 29 %    | 23 %                      | 6 %                        | 64 %       | 64 %               | 7 %            |
| Rok 2010         | 5,4 mil. t | 33 %    | 24 %                      | 9 %                        | 59 %       | 59 %               | 8 %            |
| Rok 2011         | 5,4 mil. t | 42 %    | 31 %                      | 11 %                       | 55 %       | 55 %               | 3 %            |
| Rok 2012         | 5,2 mil. t | 42 %    | 30 %                      | 12 %                       | 54 %       | 54 %               | 4 %            |
| Rok 2013         | 5,2 mil. t | 42 %    | 30 %                      | 12 %                       | 52 %       | 52 %               | 6 %            |
| Rok 2014         | 5,3 mil. t | 47 %    | 35 %                      | 12 %                       | 48 %       | 48 %               | 5 %            |
| Rok 2015         | 5,3 mil. t | 47 %    | 36 %                      | 11 %                       | 47 %       | 47 %               | 6 %            |
| Rok 2016         | 5,6 mil. t | 50 %    | 38 %                      | 12 %                       | 45 %       | 45 %               | 5 %            |
| Rok 2017         | 5,7 mil. t | 50 %    | 38 %                      | 12 %                       | 45 %       | 45 %               | 5 %            |
| Rok 2018         | 5,8 mil. t | 51 %    | 39 %                      | 12 %                       | 46 %       | 46 %               | 3 %            |
| Rok 2019         | 5,9 mil. t | 53 %    | 41 %                      | 12 %                       | 46 %       | 46 %               | 1 %            |
| Rok 2020         | 5,7 mil. t | 51 %    | 39 %                      | 12 %                       | 48 %       | 48 %               | 1 %            |



Přehled lokalit vhodných pro výstavbu EVO a jejich doporučené kapacity:

|   |        |
|---|--------|
| EVO Most - Komořany                     | 150 kt |
| ZEO Chotikov                            | 97 kt  |
| Mělník                                  | 430 kt |
| Praha – levobřežní část, např. Řeporyje | 230 kt |
| Opatovice                               | 320 kt |
| České Budějovice                        | 170 kt |
| Jihlava                                 | 150 kt |
| Přerov                                  | 150 kt |
| Otrokovice - Zlín                       | 163 kt |
| Karviná                                 | 190 kt |
| Ostrava                                 | 180 kt |

Obrázok 5: Mapa funkčných ZEVO v ČR (červená farba) a ďalšie potenciálne miesta výstavby spolu s návrhom doporučenej kapacity na základe analýz lokálnych podmienok (zelená farba)

(zdroj: <https://docplayer.cz/8394203-Spalovna-zevo-chotikov.html>)

## Princíp spaľovania odpadu

Odpad je spaľovaný v zariadeniach na to určených; a to buď za účelom jeho energetického zhodnotenia, alebo z dôvodu kontaminácie, kedy na energii z neho získanej nezáleží. Kontaminovaného odpadu sa takto zbavujú napríklad nemocnice alebo laboratóriá. Za účelom využitia energie sa spaľuje v už vyššie spomínaných ZEVO, ktoré využívajú výlučne odpady s označením „O“, čo znamená nie nebezpečné. Obecne ich určuje prevádzkový poriadok každej spaľovne. Je viac spôsobov spaľovania odpadov. Najrozšírenejšie je priame oxidačné spaľovanie s produkciou CO<sub>2</sub>, ktoré využívajú i spaľovne odpadov. Existujú i ďalšie spôsoby, ako pyrolýza či splyňovanie, ale tie sú technologicky náročnejšie a nákladnejšie a sú využívané menej; respektíve v spaľovniach vôbec.

Výhrevnosť komunálneho odpadu je zdola limitovaná hodnotou 6,5 MJ/kg v sušine odpadu. Je to preto, že potenciálny energetický výnos ovplyvňuje mnoho faktorov. Zloženie odpadu sa mení s typmi zástavby, ročnými obdobiami alebo separácie zložiek s veľkou výhrevnosťou ako papier či plasty, a teda treba sledovať či sa spaľovanie oplatí. Výhrevnosť komunálneho odpadu je priemerne 10 MJ/kg, ale môžu fluktuovať medzi 7-15 MJ/kg; aj keď niektoré zdroje udávajú užší interval 7,5-10,5 MJ/kg. Hodnoty stanovujeme laboratórne, alebo úsudkom podľa prílohy č. 273/2021 Zb.

Zariadenia na tepelné spracovanie odpadu sú závislé na stálom prísune paliva, takže sú navrhované pri veľkých mestách. To je aj z dôvodu vzdialenosti, na ktorú je možné odpad výhodne dopraviť.

Vzhľadom na svoju blízkosť k obytným zástavbám a na možné znehodnotenie životného prostredia podliehajú spaľovne schvaľovaciemu riadeniu EIA, ktoré prebieha ešte pred výstavbou. EIA, v celom znení Environmental impact assessment, posudzuje mieru vplyvu objektu na životné prostredie. Jeho zmyslom je zistiť, popísať a komplexne vyhodnotiť predpokladané vplyvy pripravovaných zámerov na prostredie i na verejné zdravie vo všetkých rozhodujúcich súvislostiach (zásah do Natura2000...). Tak isto sa posudzujú ich zmeny. To znamená rozširovanie, zmeny technológií, navýšenie kapacity a podobne. Proces je medzinárodného charakteru a je upravený Českými zákonom o posudzovaní vplyvu na životné prostredie.

Spaľovne ďalej počas svojho fungovania musia spĺňať prísne limity bez možnosti ich prekročenia. Stanovuje ich vyhláška 415/2012 Zb. v prílohe číslo 4. Špecifikované sú priemerné denné hodnoty, ktoré ukazuje Tabuľka 6, priemerné polhodinové hodnoty, ktoré ukazuje Tabuľka 7 a priemerné hodnoty behom obdobia odberu vzorku najmenej 30 minút a najviac 8 hodín; tie sú v tabuľke 8. Okrem toho sú stanovené limitné hodnoty i pre dioxíny a furány, ako je vidieť v Tabuľke 9.

Popri týchto hodnotách je limitovaný i CO v spalinách a to hodnotou 50 mg/m pri stanovení priemernej dennej hodnoty alebo 150 mg/m u minimálne 95% všetkých stanovení priemernej desaťminútovej hodnoty, alebo 100 mg/m<sup>3</sup> u všetkých stanovení priemernej polhodinovej strednej hodnoty prevedených behom každého obdobia 24 hodín.

Limity pre spaľovne sú svojou vlastnou kategóriou. Sú prísnejšie ako limity pre teplárne. Zároveň ak pribudne v krajine ZEVO, klesá počet skládok, odkiaľ sa škodliviny nekontrolovane šíria do okolia. Zariadenia implementujú pokročilé technológie na minimalizáciu znečistenia a ich komíny sú 24 hodín denne monitorované. Ich vplyv na krajinu sa teda do istej miery dá označiť ako pozitívny. Naopak reálnym problémom sa stávajú domácnosti, ktoré spaľujú drevo pre svoje vlastné potreby. Tu limity nie sú zavedené a neexistuje spôsob monitoringu všetkých domácností v danej oblasti.

Tabuľka 6: Limity priemerných denných hodnôt

(zdroj: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-415#prilohy> )

|     |  |                           |
|-----|--|---------------------------|
| 1.  | Tuhé znečišťujúce látky celkom (TZL)   | 10 mg/m <sup>3</sup>      |
| 2.  | Organické látky v plynné fázi vyjadrené celkovým obsahom organického uhlíku (TOC)  | 10 mg/m <sup>3</sup>      |
| 3.  | Plynné anorganické sloučeniny chloru vyjadrené jako HCl  | 10 mg/m <sup>3</sup>      |
| 4.  | Plynné anorganické sloučeniny fluoru vyjadrené jako HF   | 1 mg/m <sup>3</sup>       |
| 5.  | Oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> )   | 50 mg/m <sup>3</sup>      |
| 6a. | Oxid dusnatý a dusičitý vyjadrené jako NO <sub>2</sub> pro stávající spalovny o jmenovité kapacitě nad 6 t/h a nové spalovny | 200 mg/m <sup>3</sup> (*) |
| 6b. | Oxid dusnatý a dusičitý vyjadrené jako NO <sub>2</sub> pro stávající spalovny o jmenovité kapacitě do 6 t/h                  | 400 mg/m <sup>3</sup> (*) |

Tabuľka 7: Limity priemerných polhodinových hodnôt

(zdroj: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-415#prilohy> )

|   | (100 %) A                 | (97 %) B                  |
|---|---------------------------|---------------------------|
| 1. Tuhé znečišťujúce látky celkom (TZL)   | 30 mg/m <sup>3</sup>      | 10 mg/m <sup>3</sup>      |
| 2. Organické látky v plynné fázi vyjadrené obsahom celkového organického uhlíku (TOC)   | 20 mg/m <sup>3</sup>      | 10 mg/m <sup>3</sup>      |
| 3. Plynné anorganické sloučeniny chloru vyjadrené jako HCl  | 60 mg/m <sup>3</sup>      | 10 mg/m <sup>3</sup>      |
| 4. Plynné anorganické sloučeniny fluoru vyjadrené jako HF   | 4 mg/m <sup>3</sup>       | 2 mg/m <sup>3</sup>       |
| 5. Oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> )   | 200 mg/m <sup>3</sup>     | 50 mg/m <sup>3</sup>      |
| 6. Oxid dusnatý a dusičitý vyjadrené jako NO <sub>2</sub> pro stávající spalovny o jmenovité kapacitě nad 6 t/h a nové spalovny | 400 mg/m <sup>3</sup> (*) | 200 mg/m <sup>3</sup> (*) |

Tabuľka 8: Limity priemerných hodnôt behom obdobia odberu vzorku

(zdroj: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-415#prilohy> )

|   |                        |                           |
|---|------------------------|---------------------------|
| 1. Kadmium a jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem Cd) | celkem                 | celkem                    |
| 2. Thalium a jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem Tl) | 0,05 mg/m <sup>3</sup> | 0,1 mg/m <sup>3</sup> (*) |
| 3. Rtuť a její sloučeniny (vyjadrené obsahem Hg)    | 0,05 mg/m <sup>3</sup> | 0,1 mg/m <sup>3</sup> (*) |
| 4. Antimon a jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem Sb) |                        |                           |
| 5. Arzén a jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem As)   |                        |                           |
| 6. Olovo a jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem Pb)   |                        |                           |
| 7. Chrom a jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem Cr)   | celkem                 | celkem                    |
| 8. Kobalt a jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem Co)  |                        |                           |
| 9. Měď a její sloučeniny (vyjadrené obsahem Cu)     | 0,5 mg/m <sup>3</sup>  | 1 mg/m <sup>3</sup> (*)   |
| 10. Mangan jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem Mn)   |                        |                           |
| 11. Nikl a jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem Ni)   |                        |                           |
| 12. Vanad a jeho sloučeniny (vyjadrené obsahem V)   |                        |                           |

Tabuľka 9: Limity dioxínov a furánov

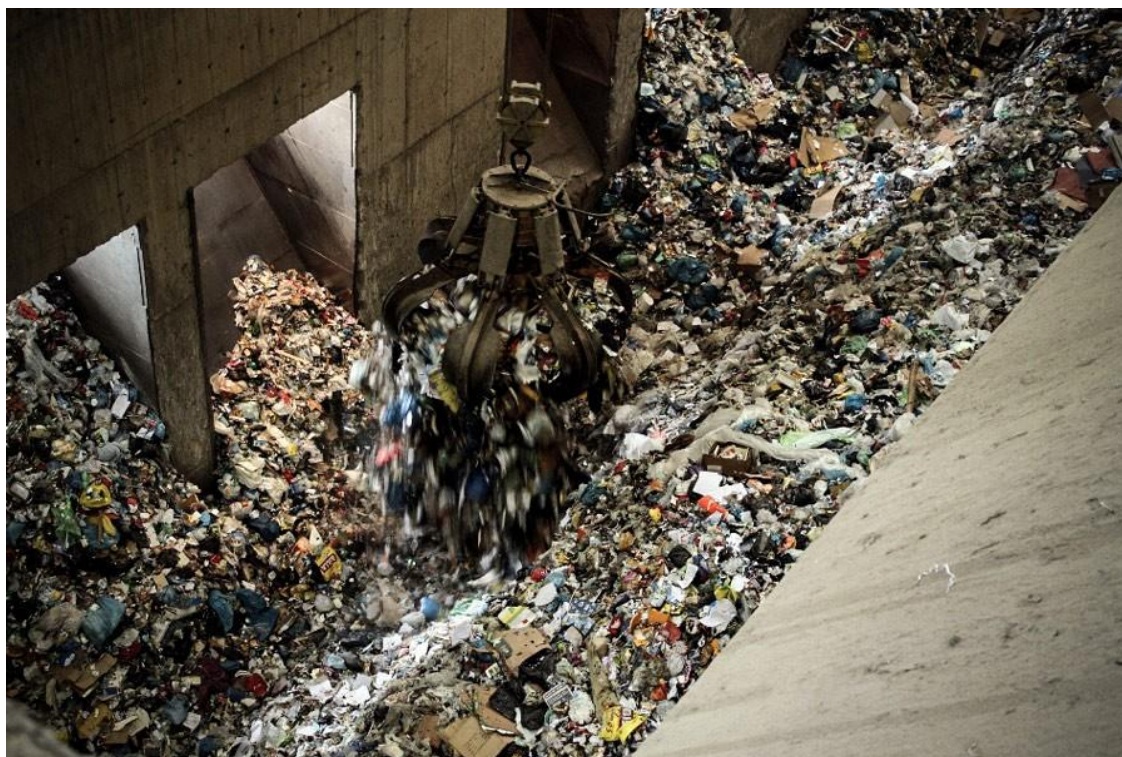
(zdroj: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-415#prilohy> )

|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| Dioxiny a furany | 0,1 ng TE/m <sup>3</sup> |
|------------------|--------------------------|

V spaľovniach je ešte väčšinou vhodné, aby procesu spaľovania predchádzala separácia odpadov. Je to v súlade s princípmi vyššie spomenutej cirkulárnej ekonomiky, ktorá sa snaží udržať materiály v obehu čo možno najdlhší čas. Na Obrázku 6 je zobrazený odpad po separácii, ktorý je následne presúvaný do kotla ZEVO Malešice na spálenie.

Súčasťou zariadenia musia nutne byť viaceré technológie na čistenie spalín. Sem patria napríklad rozprašovacia sušiareň, tkaninový filter, dediox/denox katalyzátor alebo mokrá vápenná vypierka. Zachytávajú tuhé nečistoty, prachové častice rovnako, ako plynné polutanty. Tieto látky po zachytení nemôžu putovať na skládku; namiesto toho sú solidifikované, t.j. zaliate do vhodného materiálu. Sú miešané s inými spojivami, až kým sa rádovo zníži lúhovanie škodlivín ako sú organické zložky a ťažké kovy.

Výstavba ďalších spaľovní je žiaduca, a to i kvôli cieľom Českej republiky ohľadne skládkovania. Je úsilie zmenšiť plochy potrebné na skládkovanie a postupne prejsť na tzv. bezskládkový systém. Tepelnou úpravou je možná redukcia odpadu na 25% hmotnosti a 10% objemu a je teda výhodná pre nerecyklovateľné odpady. Spaľovanie ďalej ničí choroboplodné zárodky v materiáloch, a spáli alebo odfiltruje väčšinu škodlivých látok. Škvara po spálení ešte musí dozrieť, ale po ukončení môže byť uložená bezpečnejšie, ako bežne skládkovaný odpad alebo ďalej využitá za splnenia daných podmienok.



Obrázok 6: Zhromaždený odpad pred spálením v kotli

(zdroj: <https://www.samosebou.cz/2017/03/27/spalovna-malesice-odpad-ktery-hreje-sviti/> )

## ZEVO Praha Malešice



Obrázok 7: Zariadenie na energetické využitie odpadu Praha Malešice  
(zdroj: [www.cez.cz](http://www.cez.cz) )

### *História*

Na Obrázku 7 je fotografia Zariadenia na energetické využitie odpadu Praha Malešice. Jeho história sa píše od roku 1982, kedy bol spracovaný projekt na jej výstavbu. Účelom mala byť hygienická likvidácia odpadov, a tiež spaľovanie tuhých priemyselných odpadov za využitia ich energie. Následná stavba objektu začala o rok neskôr. Pôvodne mal spaľovňu tvoriť len hlavný výrobný blok a naň nadväzujúci elektroodlučovač s komínom. Výstavba bola prerušená s príchodom zmeny politického režimu. Kvôli novým spoločenským pomerom boli na zariadenie kladené nové požiadavky a nasledovala rozsiahla úprava projektu; okrem iného i doplnenie ďalších stupňov čistenia spalín. Stavba bola dokončená v roku 1997 a ten istý rok bol zahájený i skúšobný chod. Postupne sa potom spaľovňa dostala od zahraničných spoločností pod Pražské služby a.s. Technológie na obmedzovanie emisií a čistenie spalín boli modernizované za chodu spaľovne napríklad v rokoch 2001 a 2007. Približne v roku 2001 došlo i k premenovaniu Spaľovne Malešice na súčasné "Zariadenie na energetické využitie odpadu (ZEVO) Praha Malešice".

V roku 2011 začala kogeneračná výroba elektriny pre zefektívnenie využívania energetického potenciálu odpadu. Väčšina emisií dnes tvorí len zlomkové množstvo povolených hodnôt. Podobne i technológie na dodatočnú separáciu železných a neželezných kovov začali byť zavádzané postupne počas chodu zariadenia.

## **GOLEM**

V rokoch 2018-2021 prebiehala generálna oprava a ekologizácia – GOLEM.

Po viac ako 20 rokoch od uvedenia spaľovne do chodu, boli viaceré časti zariadenia poznačené časom. Boli zastarané z technologického hľadiska, ekologických požiadaviek, materiálovej únavy, korózie a podobne. Hodnoty emisií sú okrem technológie (konštrukcia roštu, kotle a i.) ovplyvnené i zložením odpadu. Zloženie komunálneho odpadu závisí na preferenciách obyvateľstva a na ich zmenách v priebehu rokov. Preto bolo nutné pristúpiť k rozsiahlej rekonštrukcii jednotlivých technologických zariadení v ZEVO, ktorá začala v roku 2018 a trvala do roku 2021. Oprava vybraných častí zariadenia pre energetické využívanie odpadu bola naplánovaná na všetkých štyroch spaľovacích linkách. Počas priebehu opravy jednej linky boli ostatné tri funkčné.

Dôležitý bol prechod zo starého valcového roštového systému trojťahových kotlov za päťťahové kotle s vratisuvným roštovým systémom od Mníchovskej spoločnosti MARTIN GmbH. Vďaka vratisuvnému pohybu sa na prvých segmentoch roštu vytvára intenzívny a stály oheň. Dochádza tak k okamžitému spaľovaniu, ktoré využíva celú roštovú plochu. Stálosť ohňa zaručuje rovnomerný priebeh spaľovania, bezpečnosť chodu, a tiež prispieva k ustálenej koncentrácii plynov ako CO a NOx. Pôvodný valcový rošt je zobrazený na Obrázku 8 a Obrázku 9. Efektívny je tiež cielený prívod spaľovacieho vzduchu. Výmenou kotla bola dosiahnutá optimalizácia spaľovacieho procesu a zníženie emisií.

GOLEM sa dotkol i technológií čistenia spalín. Podstatnou bola náhrada elektrostatického odľučovača tkaninovým filtrom. Tým sa zvýšila účinnosť odľučovania tuhých znečisťujúcich látok. Vymenený bol i horák na zemný plyn pre chod selektívnej katalytickej redukcie za tepelný výmenník para/spaliny. Tak došlo k zníženiu potreby zemného plynu, a hlavne k zníženiu emisií plyných znečisťujúcich látok TOC a CO spôsobených samotným horákom.

Prebehla i oprava mokrej vápennej vypierky. Tu už bolo predtým dosiahnuté ekonomicky technologické minimum, a teda sa týkala len materiálov a výmeny skorodovaných častí. Bola vymenená prvá pračka a vnútorná časť druhej pračky bola pogumovaná ako opatrenie proti pokračujúcej korózii.

Došlo aj k demontáži rozprašovacej sušiarne K4, ktorá je na Obrázku 10.

Všetky časti, ktorých sa oprava GOLEM dotkla sú vyznačené zelenou farbou na Obrázku 11.

O významnosti akcie GOLEM z hľadiska hodnôt emisií hovorí i Graf 1, kde môžeme vidieť porovnanie emisií pred obnovou a po nej a tiež porovnanie s emisnými limitami. Je na ňom viditeľné aj to, že i pred generálnou opravou boli emisie nižšie ako tie limitné. ZEVO ako celok sa teda neriadi len limitami, ale i určitou spoločenskou zodpovednosťou voči obyvateľom v okolí.



Obrázok 8: Pohľad na demontáž valcového roštu  
(zdroj: [www.psas.cz](http://www.psas.cz) )

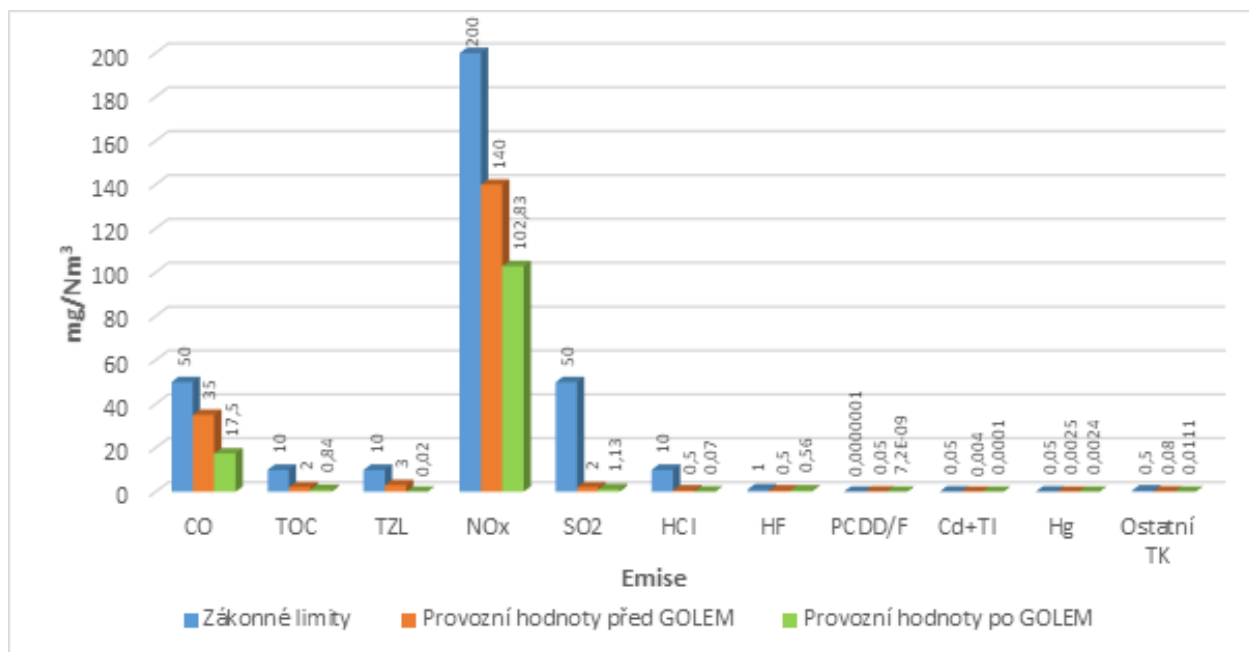


Obrázok 9: Pohľad cez K3 – bývalý prvý ťah; úplne dole – valcový rošt  
(zdroj: [www.psas.cz](http://www.psas.cz) )

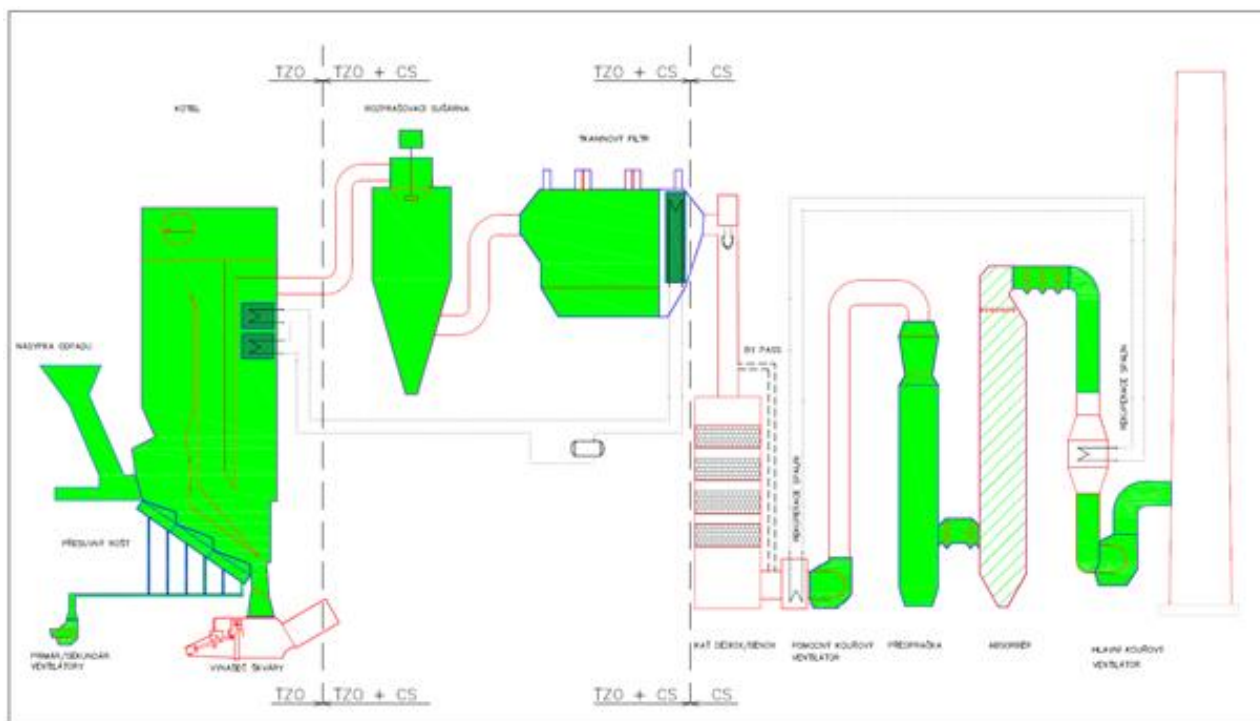




Obrázok 10: Demontáž rozprašovacej sušiarne K4 rok 2019  
(zdroj: [www.psas.cz](http://www.psas.cz) )



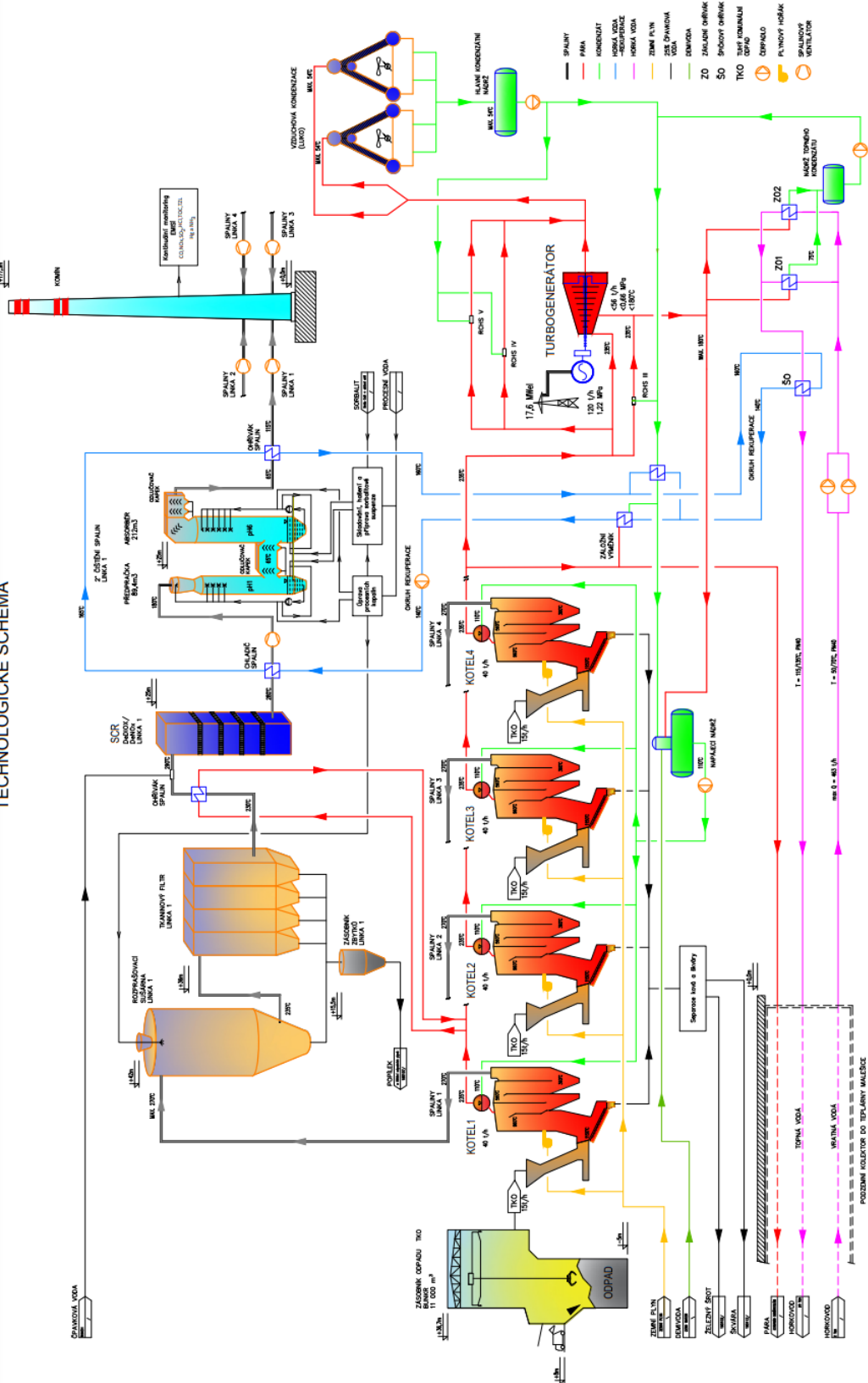
Graf 1: Porovnanie emisných limitov pred a po oprave GOLEM  
(zdroj: [www.psas.cz](http://www.psas.cz) )



Obrázok 11: Zelené časti znázorňujú miesta, kde došlo ku generálnej oprave a ekologizácii (zdroj: [www.psas.cz](http://www.psas.cz) )

Zariadenie na energetické využívanie odpadov Praha Malešice je určené na energetické využitie tuhého komunálneho odpadu (TKO) a ďalších vybraných kategórií z katalógu odpadov podľa vyhlášky č. 8/2021 Katalóg odpadov. Zmes odpadov, ktorá je prijímaná, je nastavená s ohľadom na aktuálne potreby odpadovej produkcie Hlavného mesta Prahy a priľahlého okolia, t.j. oblasti, z ktorej odpady prijíma. V prípade krízového riadenia z dôvodu povodní či prírodných katastrof plní ZEVO funkciu hygienickej koncovky (zákon 240/2000 Zb. Krízový zákon). Odpad je do zariadenia dovážaný vozmi určenými pre jeho dopravu podľa zvozového plánu. Vozy sú vážené na váhe a dáta počítačovo spracované. Vozy sú pred vyprázdnením do železobetónového zásobníku TKO kontrolované detekčným systémom na prítomnosť zdrojov ionizujúceho žiarenia. Vyprázdňovacích miest do zásobníku je osem. Ďalšie miesta sú určené pre veľkoobjemový odpad, ktorý je strihaný nožnicami a pre spracovanie určitých druhov odpadu je prítomný drvič. TKO je v zásobníku homogenizovaný a dávkovaný mostovými žeriavmi s polypovými drapákmi, opatrenými vážiacim zariadením, do násypiek kotlov. Odpad je energeticky využívaný v dohromady štyroch kotloch s vratisuvnými roštní. Kotle sú po novom konštruované ako päťťahové s vratisuvným pohybom, aby sa zaistilo rovnomerné horenie. Na technológiu kotlov nadväzuje dôkladné niekoľkostupňové čistenie spalín. Približné schéma je znázornené na obrázku 12. Prvým stupňom je odprášenie v odstredivom cyklóne, na ktorý nadväzuje textilný odlučovač prachových častíc. Ďalším stupňom je SCR Dediox/DeNox katalyzátor, z ktorého sú spaliny následne zvedené do mokrého dvojstupňového čistenia spalín. Mokry stupeň čistenia sa skladá z vápennej vypierky v kyslej a potom i v neutrálnej oblasti. Po priechode mokrým stupňom sú vyčistené spaliny vypustené komínom do ovzdušia.

TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA



Obrázok 12: Schéma spalovne ZVO Malešice (zdroj: [www.psas.cz](http://www.psas.cz))

### Základné časti ZEVO Malešice:

- Výrobní blok kotolne, vrátane zásobníku TKO
- Prevádzka čistenia spalín + komín
- Výrobní blok turbogenerátoru

### Prijímané odpady v ZEVO Malešice

Ako už bolo spomenuté, ZEVO Malešice prijíma celú škálu odpadov, ktoré spadajú do kategórie „O“, to znamená, že nemôžu byť nebezpečného charakteru. Sensory hneď pri vchode určujú či nákladné autá nevezú rádioaktívny alebo inak škodlivý odpad. V Tabuľke 10 je vidieť prijímané odpady zatriedené podľa katalógu odpadov.

Tabuľka 10: Odpady povolené k energetickému príjmu  
(zdroj: Prevádzkový poriadok ZEVO Malešice v Prahe)

| kód odpadu | Druh odpadu   | katégorie |
|------------|---|-----------|
| 02 01 03   | Odpady z rostlinných pletiv   | 0         |
| 02 01 04   | Odpadní plasty (kromě obalů)  | 0         |
| 02 01 07   | Odpady z lesnictví  | 0         |
| 02 01 06   | Zvířecí trus moč a hnůj   | 0         |
| 02 03 04   | Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování. (ovoce, zelenina, kakao, tabák, jedlé oleje, káva)                 | 0         |
| 02 05 01   | Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování. (mlékařenský průmysl)  | 0         |
| 02 06 01   | Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování (pekárny, cukrovinky)   | 0         |
| 02 07 04   | Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování (alkoholické a nealkoholické nápoje)                                | 0         |
| 03 01 01   | Odpadní kůra a korek  | 0         |
| 03 01 05   | Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04                        | 0         |
| 03 03 01   | Odpadní kůra a dřevo  | 0         |
| 03 03 07   | Mechanicky oddělený výmět z rozvláknování odpadního papíru a lepenky  | 0         |
| 03 03 08   | Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci   | 0         |
| 04 01 01   | Odpadní klišovka a štípenka   | 0         |
| 04 01 09   | Odpady z úpravy a apretace  | 0         |
| 04 02 09   | Odpady z kompozitních tkanin (impreg. tkaniny, elastomer, plastomer)  | 0         |
| 04 02 10   | Organické hmoty z přírodních produktů (vosk, tuk)   | 0         |
| 04 02 15   | Jiné odpady z apretace neuvedené pod číslem 04 02 14  | 0         |
| 04 02 21   | Odpady z nezpracovaných textilních vláken   | 0         |
| 04 02 22   | Odpady ze zpracovaných textilních vláken  | 0         |
| 07 02 13   | Plastový odpad (z výroby, zpracování, distribuce a používání plastů, syntetického kaučuku a syntetických vláken). | 0         |
| 07 06 99   | Odpady jinak blíže neurčené   | 0         |
| 08 04 10   | Jiná odpadní lepidla a těsnicí materiály neuvedené pod číslem 08 04 09  | 0         |

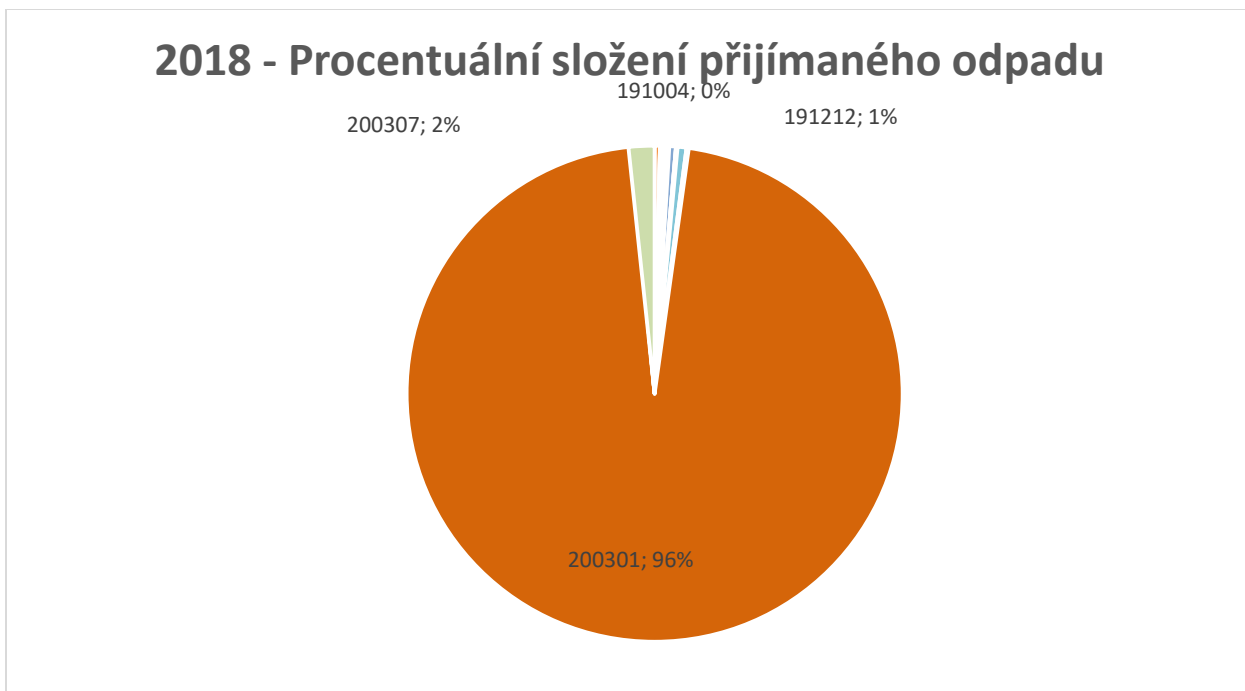
|          |   |   |
|----------|---|---|
| 09 01 07 | Fotografický film a papír obsahující stříbro nebo sloučeniny stříbra                                    | 0 |
| 09 01 08 | Fotografický film a papír neobsahující stříbro nebo sloučeniny stříbra                                  | 0 |
| 09 01 10 | Fotoaparáty na jedno použití bez baterií  | 0 |
| 12 01 05 | Plastové hobliny a třísky. (fyzikální a mechanické úpravy povrchů plastů)                               | 0 |
| 15 01 01 | Papírové a lepenkové obaly  | 0 |
| 15 01 02 | Plastové obaly  | 0 |
| 15 01 03 | Dřevěné obaly   | 0 |
| 15 01 05 | Kompozitní obaly  | 0 |
| 15 01 06 | Směsné obaly  | 0 |
| 15 01 09 | Textilní obaly  | 0 |
| 15 02 03 | Absorpční činidla, filtrační materiály, čisticí tkaniny a ochranné oděvy neuvedené pod číslem 15 02 02  | 0 |
| 16 01 19 | Plasty (z dopravy - autovraky a jiné typy doprav)   | 0 |
| 16 01 99 | Odpady jinak blíže neurčené (pouze textil ze zpracování autovraků)                                      | 0 |
| 16 03 04 | Anorganické odpady neuvedené pod číslem 16 03 03 – Vadné šarže a nepoužité výrobky na anorganické bázi. | 0 |
| 16 03 06 | Organické odpady neuvedené pod číslem 16 03 03 – Vadné šarže a nepoužité výrobky na organické bázi.     | 0 |
| 17 02 01 | Dřevo (ze staveb a demolic)   | 0 |
| 17 02 03 | Plasty (ze staveb a demolic)  | 0 |
| 18 01 04 | Odpady na jejichž sběr a odstraňování nejsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce   | 0 |
| 19 08 09 | Směs tuků a olejů z odl. tuků obsahující pouze jedlé oleje a jedlé tuky                                 | 0 |
| 19 09 04 | Upotřebené aktivní uhlí   | 0 |
| 19 12 01 | Papír a lepenka   | 0 |
| 19 12 04 | Plasty a kaučuk   | 0 |
| 19 12 07 | Dřevo neuvedené pod číslem 19 12 06   | 0 |
| 19 12 08 | Textil  | 0 |
| 19 12 10 | Spalitelný odpad (palivo vyrobené z odpadu)   | 0 |
| 19 12 12 | Jiné odpady (včetně směsí materiálů) z mechanické úpravy odpadu neuvedené pod číslem 19 12 11           | 0 |
| 20 01 01 | Papír a lepenka   | 0 |
| 20 01 08 | Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven   | 0 |
| 20 01 10 | Oděvy   | 0 |
| 20 01 11 | Textilní materiály  | 0 |
| 20 01 38 | Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37   | 0 |
| 20 01 39 | Plasty  | 0 |
| 20 03 01 | Směsný komunální odpad  | 0 |
| 20 03 02 | Odpad z tržišť  | 0 |
| 20 03 03 | Uliční smetky   | 0 |
| 20 03 07 | Objemný odpad   | 0 |
| 20 03 99 | Komunální odpady jinak blíže neurčené   | 0 |

V Tabuľke 11 môžeme vidieť približné percentuálne zloženie zmesového komunálneho odpadu, ktorý je v ZEVO Malešice spaľovaný. Za ostatným odpadom, ktorého je 35%, je biologicky rozložiteľný odpad, ktorého je približne 25%. Papier tvorí asi 13% a plasty 12%.

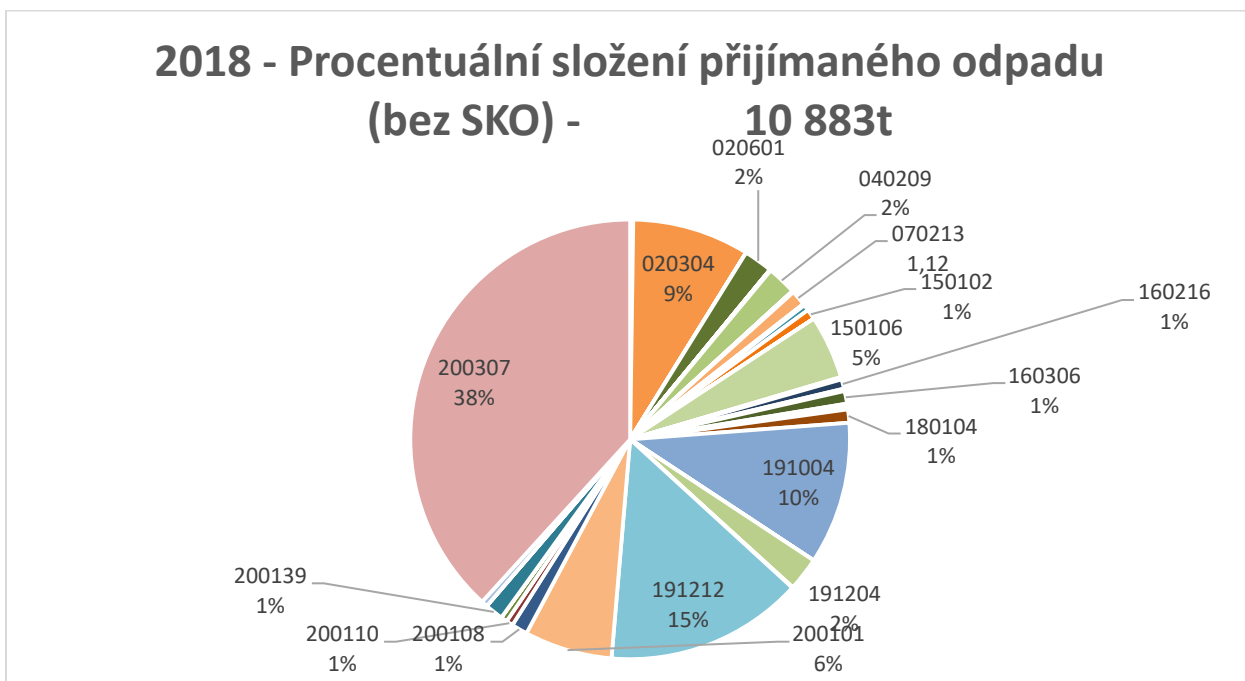
Grafy 2, 3 a 4 ukazujú niektoré štatistiky o zložení odpadu. Na Grafe 2 je zobrazené percentuálne zloženie spaľovaného odpadu za rok 2018 vrátane SKO – zmesového komunálneho odpadu (200301), ktorý tvorí 96 percent celkového množstva spaľovaného odpadu a dlhodobo tvorí jeho najväčšiu časť. Druhý najzastúpenejší je objemný odpad, ktorého boli 2 percentá celkového množstva. Graf 3 ukazuje zloženie odpadu bez zmesového komunálneho odpadu. Označenia typov odpadu odpovedajú Katalógu odpadov. Najviac je zastúpený objemný odpad (200307), ktorého bolo 38%. Za ním je iný odpad a zmesové materiály (191212), ktorého bolo 15%. 10% bolo v roku 2018 odpadu jemných frakcií a prachových častíc. Graf 4 zobrazuje vývoj množstva celkového spaľovaného odpadu v ZEVO Malešice

Tabuľka 11: Približné zloženie zmesového komunálneho odpadu  
(zdroj: Prevádzkový poriadok ZEVO Malešice v Prahe)

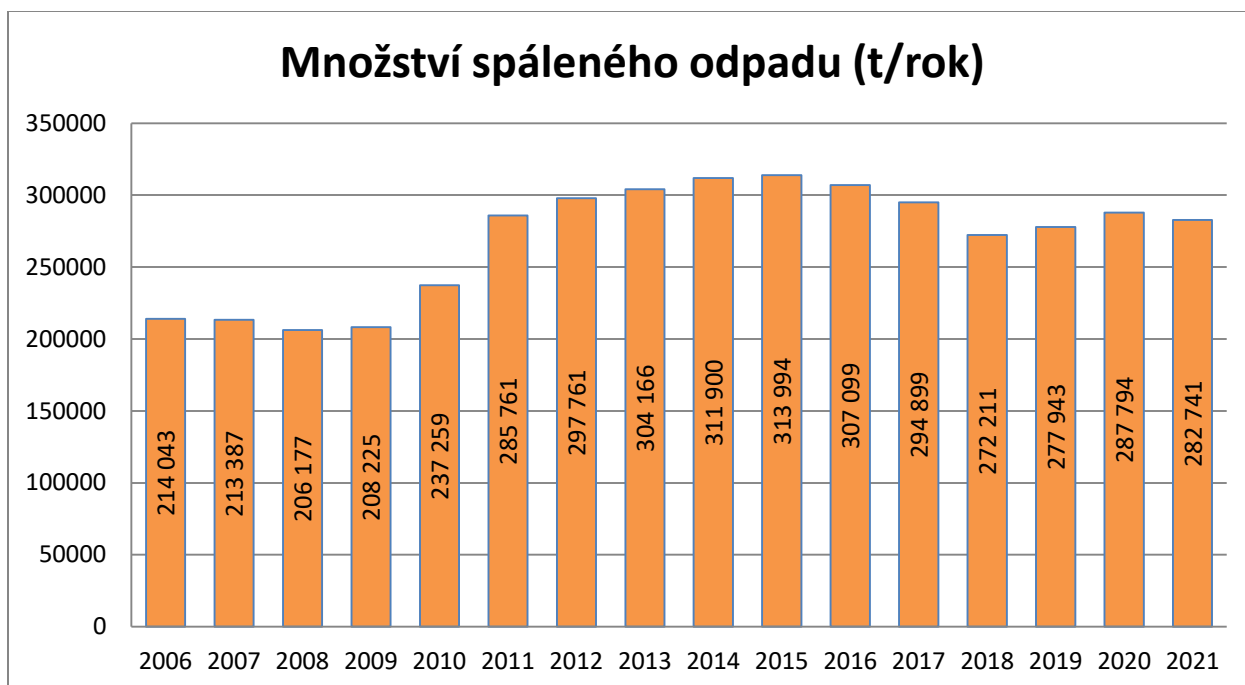
| <b><i>Složka</i></b>                 | <b>Průměrné složení [w%]</b> |
|--------------------------------------|------------------------------|
| <i>Papír</i>                         | 13                           |
| <i>Plasty</i>                        | 12                           |
| <i>Textílie</i>                      | 7                            |
| <i>Biologicky rozložiteľný odpad</i> | 25                           |
| <i>Sklo</i>                          | 4                            |
| <i>Kovy</i>                          | 2                            |
| <i>nápojový karton</i>               | 2                            |
| <i>ostatní</i>                       | 35                           |



Graf 2: Percentuálne zloženie odpadu prijímaného do ZEVO Malešice za rok 2018  
(zdroj: analýza zloženia odpadu ZEVO Malešice)



Graf 3: Percentuálne zloženie odpadu prijímaného do ZEVO Malešice za rok 2018 bez zmesového komunálneho odpadu  
(zdroj: analýza zloženia odpadu ZEVO Malešice)



Graf 4: Ročné množstvá spáleného odpadu v ZEVO Praha Malešice  
(zdroj: analýza zloženia odpadu ZEVO Malešice)

#### Vyprodukované odpady z hlavného chodu ZEVO

Pri energetickom využívaní TKO a zákazníckeho odpadu v ZEVO vznikajú tri základné druhy odpadov, ktoré sú zobrazené v Tabuľke 12. Železné materiály a škvara je možné ďalej spracovávať. Odpady po čistení plynov sú po zachytení solidifikované, to znamená zaliate do materiálu kvôli ich stabilite. (cementácia, bitumentácia, vitrifikácia).

Tabuľka 12: Hlavné produkované odpady  
(zdroj: Prevádzkový poriadok ZEVO Malešice)

| Katalogové číslo | Název odpadu   | Kategorie |
|------------------|--|-----------|
| 190102           | Železné materiály získané z pevných zvyškov po spaľovaní | O         |
| 190107*          | Pevné odpady z čistenia odpadných plynů                  | N         |
| 190112           | Jiný popel a struska neuvedené pod číslom 19 01 11       | O         |

19 01 02 – Železné materiály získané z pevných zvyškov po spaľovaní – Odpad vzniká dodatočnou elektromagnetickou separáciou feromagnetických materiálov zo škvary spáleného odpadu. Očakávaná produkcia je 2000 ton železného šrotu na 100000 ton odpadu. Šrot je predávaný oprávnenej osobe k opätovnému využitiu.



19 01 07 – Pevné odpady z čistenia odpadných plynov – Odpad vzniká vysušením vyčerpaných vápenných suspenzií z mokrého stupňa čistenia spalín a odprášením tuhých znečisťujúcich látok zo spalín. Jedná sa o odpad charakteru popolčeka práškovitej sypkej konzistencie, čiernosivej farby, ktorý je na vzduchu silne hygroskopický. Vzniknutá sušina sú v Katalógu odpadov uvedené pod názvom „Pevné odpady z čistenia odpadových plynov“ kategórie č. 19 01 07\*, kategórie N. Jedná sa o zmes rôznych vápenných solí ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – energosadrovec a podobne), ďalej solí ťažkých kovov, chloridov, fluoridov, hydroxidov ťažkých kovov, aktívneho uhlia s adsorbovanými ťažkými kovmi, ortuťou a látkami PCDD/F. Aktívne uhlie je zaradené podľa Katalógu odpadov ako „Spotrebované aktívne uhlie z čistenia spalín kategórie č. 19 01 10\*, kategórie N. Vlastný popolček zo spaľovania je zaradený pod kategóriu č. 19 01 13\* ako „Popolček obsahujúci nebezpečné látky“, kategórie N. Použitá technológia čistenia spalín neumožňuje tieto tri vyššie popísané nebezpečné odpady, t. j. katalógové číslo 19 01 07\*, 19 01 10\* a 19 01 13 od seba separovať a ich zmes je po odsúhlasení Magistrátom Hlavného mesta Prahy v evidencii nebezpečných odpadov vykazovaná pod súhrnným názvom „Pevné odpady z čistenia odpadových plynov“ katalógového čísla 19 01 07\*, kategórie N – pracovne „popolček“. Ako nebezpečné vlastnosti prichádzajú do úvahy H15 – Schopnosť uvoľňovať nebezpečné látky do životného prostredia, H4 – Dráždivosť a H14 – ekotoxicita. Pri úniku do prostredia môže ohrozovať kvalitu vody a okolia. Popolček je bezkontaktne nakladaný do prepravnej cisterny (kontajneru) a dopravovaný na miesto uloženia automobilovou súpravou. Pre ADR TN 9, číslo 12c, UN 3077.

Miestom predania odpadu oprávnenej osobe je prejazd sypania popolčeka. Okamihom predania je presypanie popolčeka do cisterien. Očakávaná ročná produkcia je približne 2000 ton popolčeka na 100000 ton využitého odpadu.

19 01 12 – Iný popol a škvara neuvedené pod číslom

19 01 11 – škvara je pevným podielom vznikajúcim spálením odpadu. Je to sypká sivohnedá hmota pieskového charakteru so zrnami veľkosti od  $10^{-1}$  metra až po čiastočky menšie než  $10^{-3}$  metra; je bez zápachu.

Základnou zložkou je  $\text{SiO}_2$  – cca 60%. Ďalej potom obsahuje  $\text{CaO}$  – 13%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 9%. Zvyšok tvoria alkalické oxidy, oxidy Fe,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$  a oxidy niektorých ťažkých kovov (cca 0, 37%). Neobsahuje v sušine látky typu PCB. Odpad je kategórie O – ostatný.

Škvara je bezkontaktne nakladaná do prepravného kontajneru a dopravovaná na miesto uloženia automobilovou súpravou zakrytou plachtou. Odpad škvary je predávaný oprávnenej osobe v mieste „sypania škvary“ na vonkajšej východnej strane ZEVO. Okamihom predania je presypanie škvary do prepravného prostriedku. Očakávaná ročná produkcia je približne 25000 ton škvary na 100000 ton využitého odpadu.

#### ***Odpadová a energetická bilancia ZEVO Malešice:***

- Príjem odpadu celkom: 310000 ton/rok
- Príjem zmesového komunálneho odpadu: 300000 ton/rok
- Priemerná výhrevnosť:  $9,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Produkcia škvary: 75000 ton/rok
- Produkcia popolčeka: 6000 ton/rok

- Produkcia železného šrotu: 3200 ton/rok
- Výroba elektriny: 60000 MWh/rok
- Výroba tepla: 850 TJ/rok
- Médium pre zakurovanie: zemný plyn
- Spotreba tepla: 60 TJ/rok
- Elektrická spotreba: 25 GWh/rok
- Faktor energetickej účinnosti: 68

## Škvára



Obrázok 13: Škvára po spálení odpadu  
(zdroj: [www.ekolist.cz](http://www.ekolist.cz) )

Škvára je najobjemnejší zostatok po spálení odpadu. Pre vizuálnu predstavu vid' Obrázok 13. Ročná produkcia škvary Zariadení na energetické využitie odpadu v Malešiciach je priemerne 75000 ton za rok, aj keď vzhľadom na nárast spracovávaného odpadu má rastúcu tendenciu. Taktiež sa vďaka aktualizáciám technológií ako napríklad prechod na nové kotle v rámci opravy GOLEM, zlepšuje jej kvalita a znižuje sa množstvo nezhorených častí v nej. To znamená samozrejme i lepšie vlastnosti a vyššiu stabilitu škvary. Vlastnosti škvary a možnosti jej využitia skúma Ústav chemických procesov AV ČR. Odkazuje pri tom znovu na princípy cirkulárnej ekonomiky; u materiálov by sa malo uprednostniť ich ďalšie využitie pred uložením na skládke. Členovia ústavu prispeli i k vzniku vyhlášky 273/2021 o podrobnostiach nakladania s odpadmi – respektíve k paragrafu číslo 7. Ten definuje možnosti použitia škvary v stavebníctve. Vyhláška spomína škváru v niekoľkých ďalších súvislostiach.

Patrí medzi odpady, ktoré bude od roku 2030 zakázané ukladať na skládku, pretože ich bude podľa tempa vedeckého pokroku účelne recyklovať. Podľa prílohy číslo 11 tohto zákona patrí i do zoznamu odpadov, „ktoré môžu byť využívané ako technologický materiál pre technické zabezpečenie skládok, na vytváranie vyrovnávacej vrstvy pod uzatváracou tesniacou vrstvou skládky, odplyňovacie vrstvy, uzatváracie tesniace vrstvy skládky, ochranné vrstvy skládky a povrchové rekultivačné vrstvy skládky“<sup>3</sup>. Reálne použitie, je definované v paragrafe 7. Pôjde o presne určené aplikácie, konkrétne ako podklad pod vrchnou vrstvou ciest. Ďalšie potenciálne využitie by mohlo byť i ako kamenivo napríklad do betónu. Zatiaľ ho však v praxi nevidno a to kvôli tomu, že vlastnosti a správanie sa materiálu musia byť dôkladne popísané a zahrnuté do noriem Českej republiky. Momentálne sa ale pre dobré izolačné vlastnosti dá škvára využiť ako plnivo do ľahčených betónov na úpravu rovných striech, podláh a stropných vložiek. Drvená škvára sa používa spolu s ťaženým drobným kamenivom, cementom a vodou. Kvôli vysokej nasiakavosti škvary používame pre tento betón vodný súčiniteľ 0,7-1,2. Okrem množstva pridávanej vody je nutné sledovať i obsah hliníka, ktorý v alkalickom prostredí betónu vytvára plynný vodík. Tieto vodíkové póry značne znižujú pevnosť betónu a znehodnocujú ho. Preto je nutné hliník zo škvary separovať, a to pri všetkých stavebných aplikáciách.

Podmienkou ďalšieho spracovania a využitia škvary je vždy jej úprava pomocou zrenia. Tento proces je totiž hlavným faktorom pre stabilizovanie škvary. Znižuje jej pH a znižuje sa lúhovateľnosť ťažkých kovov. Zrenie sa tiež dá z hľadiska chemických procesov nazvať kalcináciou. Škvára je mokrá a po dobu uskladnenia prebieha exotermická reakcia, ktorá ju vysuší a stabilizuje; tzv. samohasenie. Pre efektivitu dodatočnej separácie kovov je potrebné nechať ju zrieť po dobu aspoň 45 dní. Po dokončení tohto procesu je škvára v podstate inertnou látkou. Vtedy je možné škváru ďalej využiť. Využitie škvary je veľmi dôležité pre ustanovenie bezskládkového systému nakladania s odpadom.

Aby bolo využitie potenciálu škvary maximalizované, musíme z nej dodatočne vytriediť čo najväčšie množstvo materiálov, na ktoré spaľovanie nemá vplyv. Ide o pneumatiky, ktoré sa ďalej využívajú napríklad ako bariéra na skládkach a tak isto je dôležité vyseparovať všetky železné a neželezné kovy.

### *Definované aplikácie škvary*

Týmto pojmom sa rozumejú detailne spracované scenáre (a poprípadne rôzne scenáre pre definované kategórie materiálov) využitia minerálnej frakcie v rôznych typoch konštrukcií s definovanými parametrami a súborom technických podmienok, ktoré zaručujú, že nedôjde k neprijateľnému dopadu na podzemnú a povrchovú vodu v dôsledku nekontrolovateľného lúhovania alebo k nežiaducemu kontaktu s ľuďmi. Príkladom definovaných parametrov môžu byť napríklad minimálna vzdialenosť aplikácie od hladiny podzemnej, maximálna hrúbka vrstvy minerálnej frakcie, maximálna ročná infiltrácia do tela aplikácie (t.j. aplikácia pod nepriepustnou vrstvou), zákaz aplikácie minerálnej frakcie v CHKO atď. Rozdelenie škvary alebo iného minerálneho odpadu do jednotlivých kategórií prebieha na základe obsahu prvku v sušine a jeho vylúhovateľnosti (pre tzv. „voľné využitie na povrchu terénu) poprípadne na základe vylúhovateľnosti (pre aplikácie pod povrchom terénu).

Definovaná aplikácia je i tá, ktorá ohľadne škvary platí v Českej republike teraz, podľa paragrafu 7 vyhlášky 273/2021.

---

<sup>3</sup> časť znenia prílohy 11 k zákonu 273/2021

## Hlavné princípy využitia škvary

Na európskej úrovni neexistuje jednotný systém nakladania so škvarou zo ZEVO a nie je ani očakávaný. To je spôsobené rozdielmi v stratégiách jednotlivých národov, čo sa týka odpadového hospodárstva, a samozrejme i verejnej mienky o spaľovaní odpadu a výstupov z neho. Krajiny sú tiež rôzne technologicky vyspelé a nainštalované zariadenia majú iné kapacity separovania kovov zo škvary, rozdielnu dostupnosť primárnych surovín pre stavební priemysel, rozdiely v skúsenostiach s využitím minerálnej frakcie škvary a v neposlednom rade rozdielnym prístupom ku skládkovaniu. To znamená napríklad obmedzenie alebo zákaz skládkovania škvary, verzus skládkovanie ako jediná alternatíva, ktorá býka navyše podporená nízkym poplatkom za skládkovanie.

Použitie škvary ako materiálu v Českej republike bude tiež prebiehať na základe definovaných aplikácií. V nasledujúcom texte sú popísané základné koncepcie nakladania so škvarou a i špecifikácia ich základných rozdielov:

### *Variant A*

Minerálna frakcia sa používa ako technologický materiál na zaistenie skládky alebo je uložená na skládku v súlade s národnými implementáciami európskej legislatívy 2003/33/ES3. Prvotná verzia varianty A je Technológia suchého odťahu a neobsahuje schladenie škvary vodou na záver. Pre suchú škvaru je jednoduchšie dosiahnuť vysokú účinnosť pri separácii železných a neželezných kovov. Nevýhodou suchej škvary je väčšia náročnosť na prevádzku, a samozrejme i vysoká prašnosť a nutnosť ukladania minerálnej frakcie na skládku. Avšak v súvislosti s novo inštalovanými prevádzkami pre separáciu neželezných kovov zo suchej škvary prechádza na túto metódu množstvo švajčiarskych ZEVO. Variant A sa uplatňuje i v Rakúsku či Nemecku.

V prípade Nemecka ako spolkovej zeme je situácia zložitejšia. Je dovolené použiť škvaru v podloží cestných konštrukcií v rámci predpisov o použití druhotných materiálov, kam škvara patrí. Nakladanie so škvarou upravuje smernica LAGA z roku 2003, podľa ktorej je možné škvaru využiť v „definovaných aplikáciách“ (vysvetlené neskôr na príklade Dánska). Avšak jednotlivé spolkové zeme majú aj možnosť smernicu LAGA neaplikovať, a teda je proces škvary v Nemecku rozdielny v jednotlivých oblastiach. V snahe o zjednotenie systému nakladania so škvarou/jej minerálnou frakciou vypracovalo v roku 2017 nemecké ministerstvo životného prostredia návrh novej vyhlášky, ktorá upravuje využitie škvary na stavbe ciest a priehrad v závislosti na konkrétnych geologických podmienkach a chemických vlastnostiach škvary; dá sa teda v podstate hovoriť o jednotnom posune k Variante B.

V prípade Rakúska je zase využitie škvary na dopravných stavbách možné, avšak vzhľadom na dostupnosť primárnych surovín chýba záujem zo strany trhu. Konkuruje tu totiž odťaženému materiálu napríklad pri stavbách alpských tunelov; t.j. materiálu, ktorý je vedľajším produktom stavebníctva a je ho veľké množstvo. Škvara teda putuje na skládku alebo je použitá ako technologický materiál na zaistenie skládky.

### *Variant B*

Minerálna frakcia je využitá v – režimu odpadu – v dopravnom staviteľstve, a to hlavne ako ochranná alebo podkladová nestmelená vrstva napríklad v konštrukcii vozovky. Táto variant je využívaná v Dánsku,

Švédsku, Fínsku, Francúzsku či Španielsko a je s ním do budúcnosti počítané i v Nemecku. Podmienky využitia sú založené na podobnom princípe, ale štát od štátu sa líšia. Z hľadiska prepracovanosti, dokumentácie, dlhodobých praktických skúseností a dostupných dát z environmentálneho a stavebno-technického monitoringu sa javí ako vhodný systém pre udržateľné využitie minerálnej frakcie v Dánsku (podľa BEK1672/2016. Už po niekoľko desaťročí sa tu využíva viac ako 98% produkcie škvary, čo je okolo 500-600 tisíc ton ročne v definovaných aplikáciách. To znamená primárne ako ochranná či podkladová nestmelená vrstva v konštrukcii vozoviek a parkovísk. Tento prístup si v posledných rokoch osvojilo i Švédsko a Fínsko. Je to i preferovaná variant pre využitie škvary v Českej republike, vrátane kontrolných mechanizmov.

### *Variant C*

Minerálna frakcia je využitá v stavebnom priemysle, v ideálnom prípade nie ako odpad. V praxi to znamená, že minerálna frakcia musí splniť rovnaké environmentálne kritériá ako primárne suroviny alebo ako iné typy druhotných materiálov, spĺňajúcich kritériá pre uloženie na povrchu terénu bez obmedzenia. Z tohto dôvodu musia tieto podmienky byť (ako pre obsah prvkov v sušine, tak pre vylúhovateľnosť) výrazne prísnejšie ako kritériá pre využívanie v definovaných aplikáciách (to znamená pod povrchom terénu, v obmedzenom kontakte s okolitým prostredím, v danej minimálnej vzdialenosti od hladiny podzemných vôd a s výrazným obmedzením infiltrácie a tak isto vyplavovanie potenciálnych škodlivín). Neoddeliteľnou súčasťou splnenia podmienok environmentálnej bezpečnosti použitia škvary bez obmedzenia je komplexná mechanicko-chemická úprava minerálnej frakcie zbavenej železných a neželezných kovov. Táto úprava je väčšinou založená na drvení a následnej mokrej vypierke nadrvenej minerálnej frakcie. Pri mechanicko-chemickej úprave je minerálna frakcia roztriedená do niekoľkých tokov podľa zrnitosti. Konkrétne na jemný kal (typicky častice menšie ako 63 milimetrov) a piesok/granulát. Piesok alebo granulát sa dá teoreticky použiť v stavebných aplikáciách, a to v nespevnenej i spevnenej forme, ak samozrejme existuje dopyt zo strany priemyslu. Nevýhodou konceptu je produkcia kalu, ktorý je klasifikovaný ako nebezpečný odpad. Jeho produkcia je totiž približne 10-15 percent hmotnosti pôvodnej minerálnej frakcie. Pre predstavu to za súčasnej produkcie škvary v Českej republike znamená nárast produkcie nebezpečných odpadov na úrovni 10-20 tisíc ton ročne. Ďalšou nevýhodou systému je potom strata kontroly nad využitím škvary v aplikáciách bez obmedzenia. Vzhľadom na tieto negatíva nie je v Českej republike preferovaným variantom využitia škvary v režime produktu bez obmedzenia. Nejde tu len o zvýšené koncentrácie ťažkých kovov; podľa informácií sa pri vypierke jemnej frakcie a separácii kovov používajú rôzne zmesi chemikálií umožňujúce vyššiu výťažnosť kovov.

V súčasnej dobe je táto variant implementovaná v Holandsku v rámci takzvaného „Green Deal“. Škvara sa tam používa ako konštrukčný materiál od roku 1981. Minerálna frakcia sa v poslednom desaťročí využíva v režime takzvanom „IBC-aplikácia“. V nej je minerálna frakcia používaná ako ochranná či podkladová nestmelená vrstva v konštrukcii vozoviek a diaľničných nájazdov. Avšak kvôli hydrogeologickým podmienkam v Holandsku a nebezpečenstvu prieniku vody je materiál v IBC-aplikácii zapuzdrovaný do HDPE fólie podobne ako pri jeho skládkovaní. Týmto zachádzaním sa v podstate len odsúvali možné problémy do budúcnosti, keďže trvanlivosť tohto riešenia bola limitovaná trvanlivosťou HDPE fólie. Neistota ohľadne dlhodobých nákladov na údržbu a prípadných remediácií spolu s

politizáciou faktu, že škvary uloženú v Holandsku tvorí z približne 15-20 percent spaľovanie importovaného odpadu, viedli k dohode, ktorá je známa ako „Green Deal”. Green Deal sa dá stručne definovať ako dohoda medzi štátom, producentmi škvary zo spaľovní a firmami spracovávajúcimi škvary/minerálnu frakciu, ohľadne kvality výstupnej minerálnej frakcie. Tá od roku 2020 nesmie byť využívaná v IBC-aplikáciách (a zároveň platí, že skládkovanie škvary nie je povolené), a musí byť využiteľná v iných IBC-aplikáciách a tým pádom spĺňať rovnaké limitné hodnoty ako primárne a sekundárne materiály používané v stavebných materiáloch (cement, betón), stavebných produktoch alebo v aplikáciách na povrchu terénu bez obmedzenia.

### **Variant CH**

Táto variant je založená na spracovaní suchej škvary zo suchého odťahu, ktorý umožňuje jednoduchšie dosiahnutie vysokej účinnosti separácie železných (Fe) a neželezných (NFe) kovov. Minerálna frakcia je iba skládkovaná, pretože podmienkou pre využitie škvary je priebeh stabilizačných reakcií pri jej zrení, a tieto procesy u škvary zo suchého ťahu neprebiehajú. Využitie suchej škvary nie je možné bez sekundárneho vlhčenia. Ďalšími nevýhodami tohto prístupu sú výrazne vyššie investičné a prevádzkové náklady, nutnosť prevádzkovať celý systém nakladania so škvrou vrátane transport v uzavretom režime z dôvodu vysokej prašnosti a nemožnosť využitia minerálnej frakcie ani ako TZS (technologický materiál na zaistenie skládky). Je nutné podotknúť, že v Česku ani jedno ZEVO suchý odťah škvary nevyužíva. Z vyššie uvedených dôvodov táto variant nie je vhodná a ani sa o nej nebude nediskutovať. V Európe ich k októbru roku 2018 bolo z niekoľkých stoviek do desať; táto metóda je využívaná v ZEVO vo Švajčiarsku.

## **Separácia po ukončení spaľovacieho procesu**

V minulosti bola škvara vnímaná prevažne ako na nežiaduci odpad. To sa za posledné roky mení spolu s rozvojom nových technológií na jej ďalšie spracovanie a snahám o implementovanie cirkulárnej ekonomiky. Obsahuje totiž vysoké percento materiálov, ktorých kvalita sa po prechode spaľovacím procesom nemení. A i samotná škvara má potenciálne široké využitie, hlavne ako náhrada primárnych surovín v rôznych odvetviach stavebného priemyslu. Tieto varianty využitia v rôznych krajinách už boli spomenuté a pre prehľad sú zhrnuté v Tabuľke 13. Avšak na to, aby sa tieto techniky stali skutočnosťou, je potrebné vyjsť legislatíve v ústrety a zdokonaľiť niektoré parametre škvary a nechať ju dozrieť. Dodatočná separácia má tiež vplyv na kvalitu a stabilitu škvary. Kovy môžu ďalej korodovať alebo reagovať, preto by ich množstvo malo byť čo najmenšie. Najmä hliník je problematický, kvôli aktivite i množstvu. Okrem neho sú separované i tzv. ťažké neželezné kovy ako meď, bronz, zinok a podobne. Hlavný hmotnostný výstup, ktorý je efektívne separovateľný je tzv. minerálna frakcia. Jedná sa o železné i neželezné kovy a okrem nich i sklo. Dohromady tvoria približne 85-90% počiatočnej hmotnosti škvary. Z toho sklo tvorí 3-20% tejto frakcie. Veľká variabilita závisí od zberného systému a trendoch medzi obyvateľmi.

Tabuľka 13: Využitie škvary v rámci Európy  
(zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/17529902/> )

| Země           | Použití zbytkové frakce  |
|----------------|--|
| Rakousko       | Není využíváno s výjimkou TZS  |
| Belgie         | Podkladová vrstva pro stavbu silnic  |
| Dánsko         | Podkladová vrstva pro stavbu silnic, násypů a parkovišť; plnidlo pro mořské stavby (přehrady, valy, apod.)           |
| Francie        | Zhruba 80 % použito při stavbě silnic  |
| Německo        | Podkladová vrstva pro stavbu silnic, násypy, parkoviště, apod., TZS  |
| Itálie         | Podkladová vrstva pro stavbu silnic, TZS   |
| Nizozemí       | Podkladová vrstva pro stavbu silnic, protihlukové bariéry, Aditivum do betonu, tvárnice, <b>Skládkování zakázáno</b> |
| Portugalsko    | Podkladová vrstva pro stavbu silnic, TZS   |
| Španělsko      | Podkladová vrstva pro stavbu silnic, TZS   |
| Švédsko        | TZS, v současnosti implementace DK systému   |
| Velká Británie | Podkladová vrstva pro stavbu silnic  |
| Finsko         | Notifikace podmínek pro využití škvary v roce 2017, první projekty v roce 2018                                       |

Dodatočne separovateľné materiály zo škvary sú ako železné, tak i neželezné kovy a okrem nich i sklo. Každý typ materiálu má iné vlastnosti, a teda vyžaduje špecifické technológie. Tie sú rôzne a majú veľmi rozdielnu efektívnosť. Sú zhrnuté na Obrázku 17. Z neho je vidieť, že efektívnosť získavania železných kovov je takmer vo všetkých metódach porovnateľná. Rozhodujúcim je teda účinné vyseparovanie neželezných kovov, ktoré je zložitejšie a do procesu vstupuje viac premenných. Okrem toho, je určenie percentuálnej výťažnosti zo škvary nepresné, kvôli ťažko odhadnuteľnému celkovému množstvu všetkých frakcií – hlavne tých najmenších.

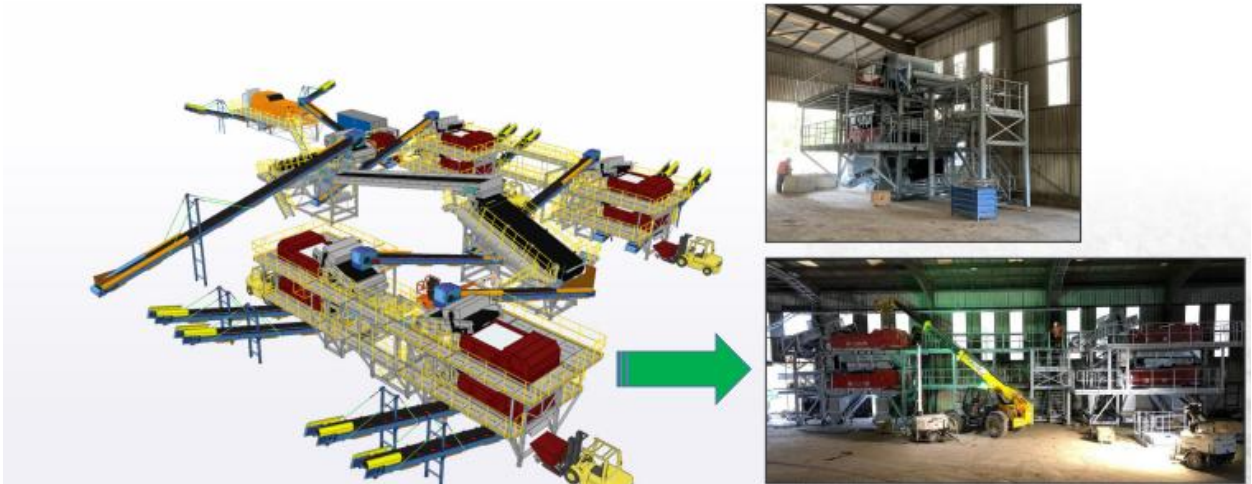
Obrázky 18, 19 a 20 zobrazujú základné schémy oddeľovania železných kovov, neželezných kovov a skla od škvary. Separácia železných kovov prebieha pomocou magnetov. Oddeľovanie neželezných kovov a skla je zložitejšie. Čo sa týka konkrétne neželezných kovov, tak sa separačné linky v základe delia na mobilné, modulárne a statické.

- Mobilná linka: Sú vhodné pre krátkodobé zmluvy a sú najviac flexibilné. Vo všeobecnosti platí, že mobilné linky má kapacitu okolo 50 – 60 ton za hodinu. Zobrazená na Obrázku 14.



Obrázok 14: Príklad mobilnej separačnej linky  
(zdroj: <https://www.trs-nl.com/> )

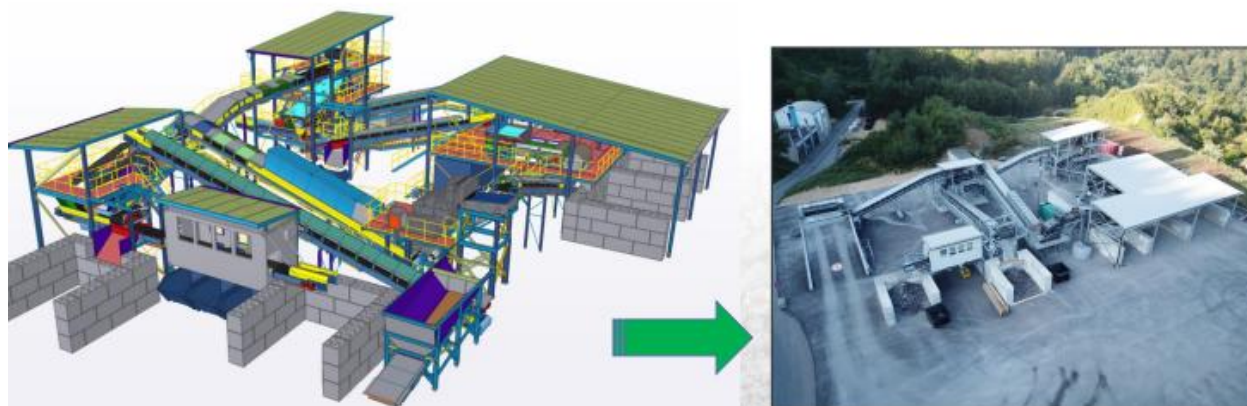
- Modulárna linka: Výhodou je flexibilita konfigurácie a dĺžky trvania zmluvy. Možný výber rozšírení. Zobrazená na Obrázku 15.



Obrázok 15: Schéma a príklad modulárnej separačnej linky  
(zdroj: <https://www.trs-nl.com/> )

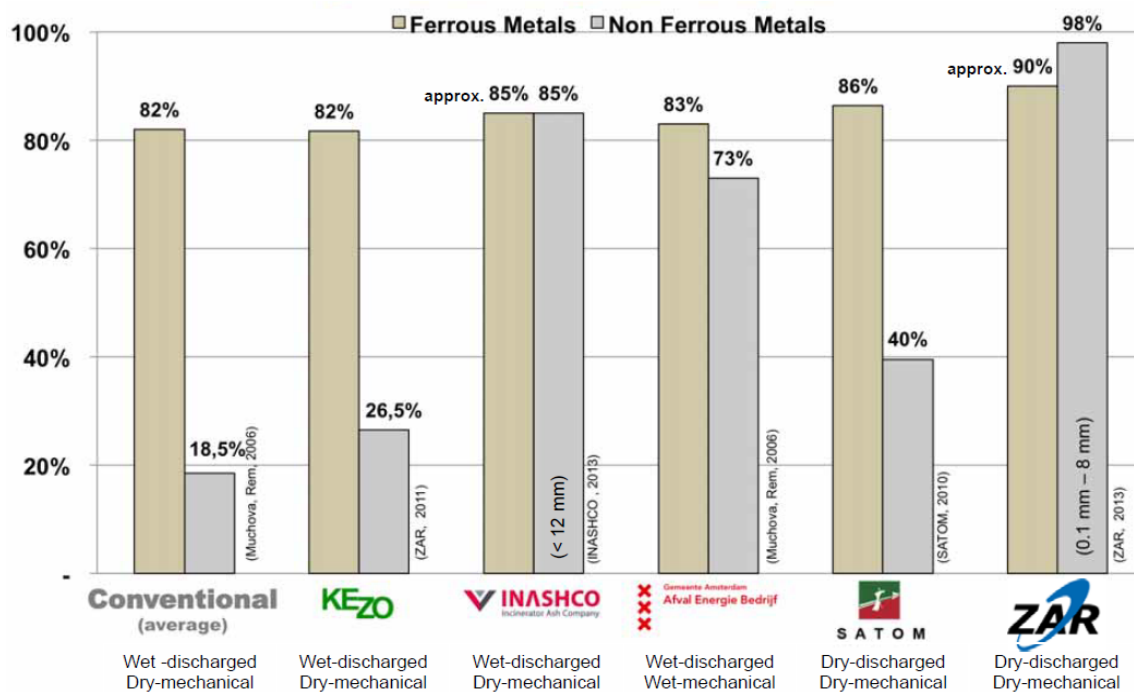


- Statická linka: Je vhodná pre dlhšie trvajúce kontrakty a dá sa upraviť podľa očakávaní klienta. Kapacita sa pohybuje medzi 100 – 150 ton za hodinu. Zobrazená na Obrázku 16.



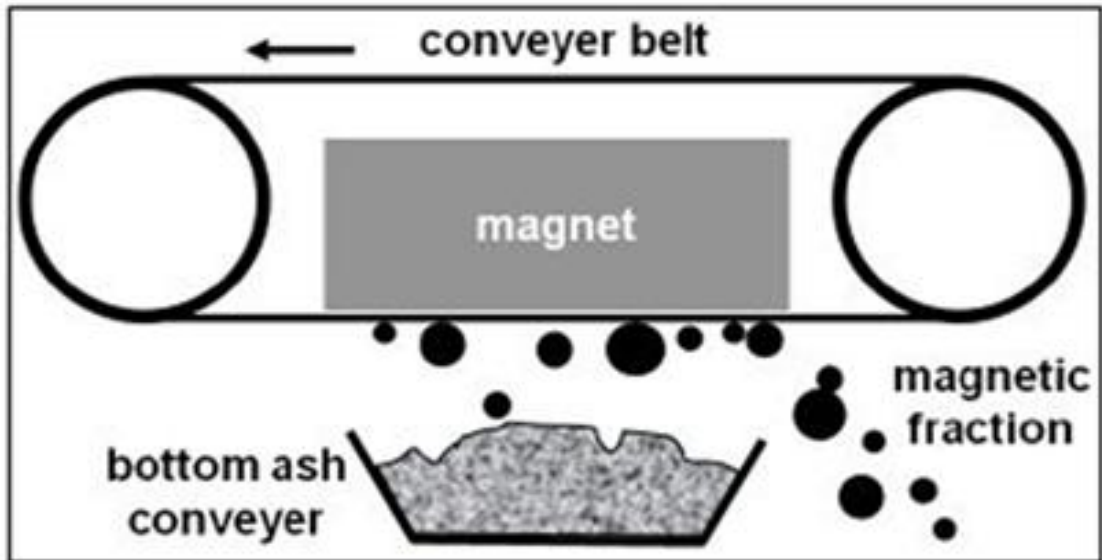
Obrázok 16: Príklad a schéma statickej linky

(zdroj: <https://www.trs-nl.com/> )

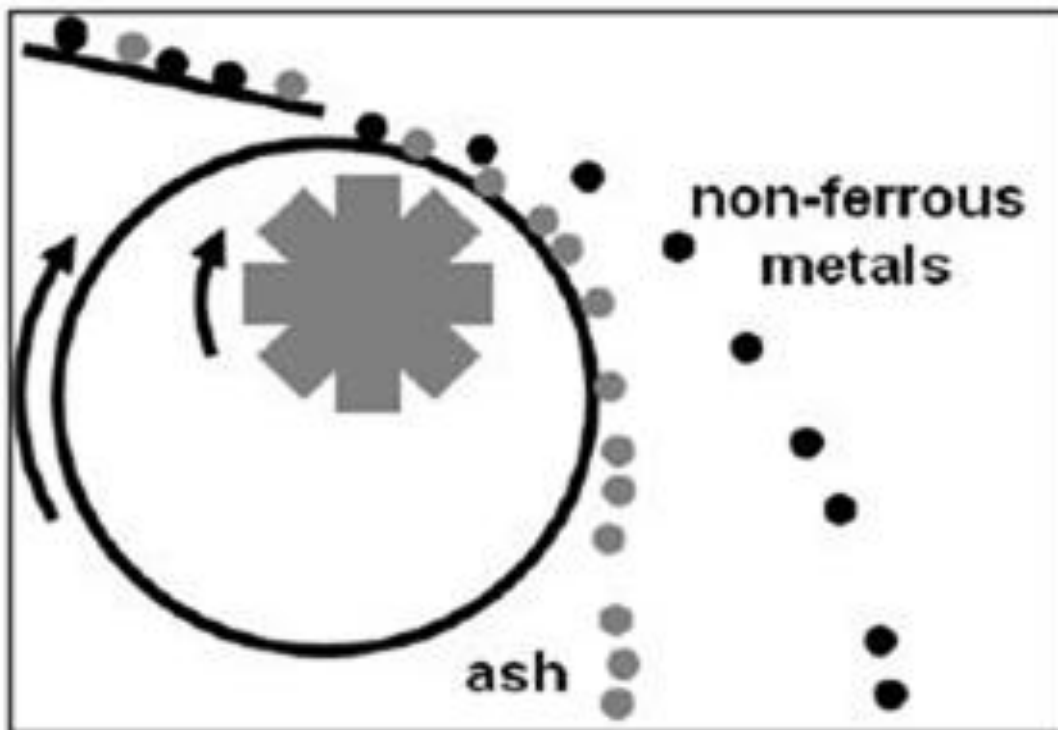


Obrázok 17: Porovnanie rôznych technológií separácie kovov

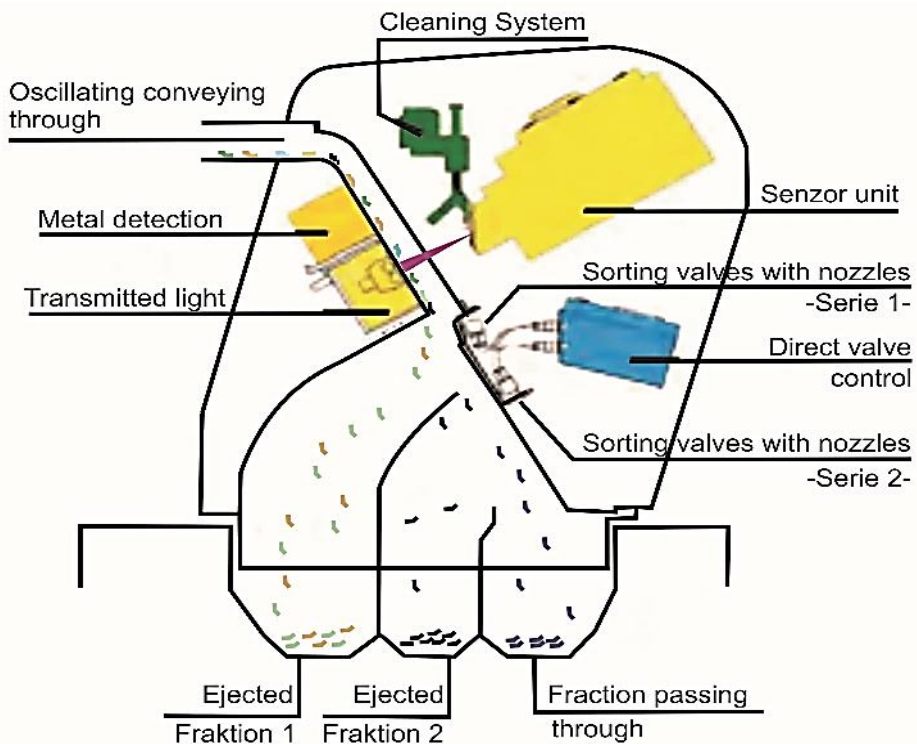
(zdroj: dáta spracované v ZEVO Malešice)



Obrázok 18: Schéma dodatočnej separácie železných kovov  
 (zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/17529902/> )



Obrázok 19: Schéma dodatočnej separácie neželezných kovov  
 (zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/17529902/> )



Obrázok 20: Schéma dodatočnej separácie skla  
(zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/17529902/> )

## Analýza škvary

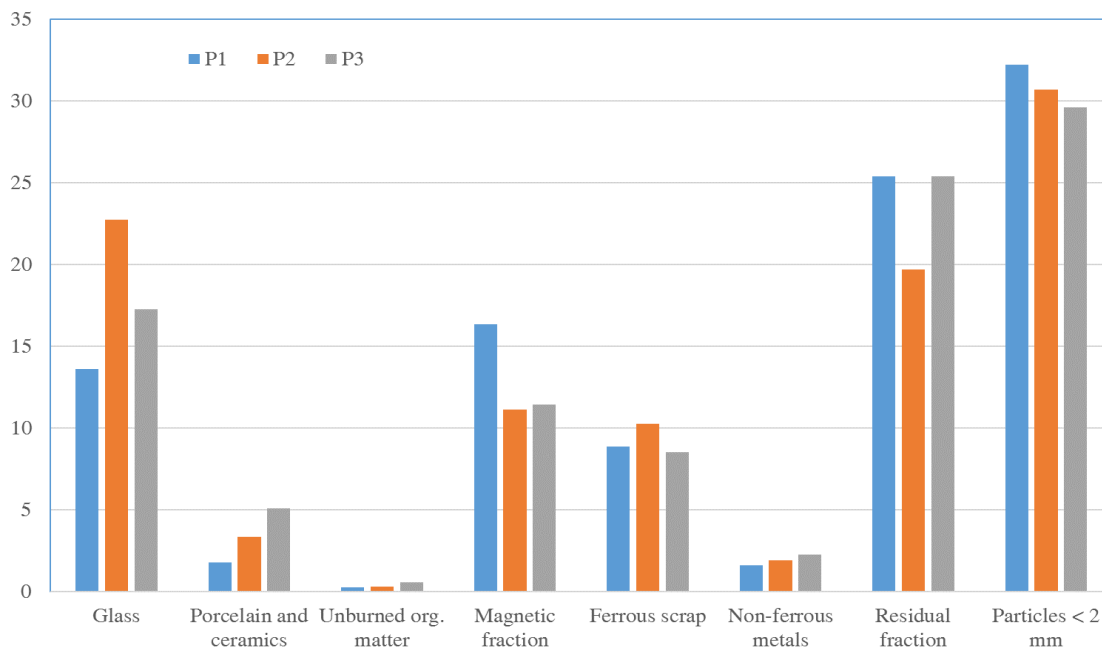
Prebehla v ZEVO Malešice v Prahe roku 2015. Pre prehľad bol postup zhrnutý do bodov:

1. 3 vzorky zo škvary v ZEVO Malešice
2. Sušenie
3. Určenie zrnitosti: osem frakcií 0-2-4-6-8-10-15-20 mm
4. Magnetická a manuálna separácia skla, keramiky a porcelánu, nespálenej organickej hmoty, magnetickej frakcie, železného šrotu, neželezných kovov a reziduálnej frakcie
5. Rozdrvenie minerálnej a magnetickej frakcie, čím sa uvoľnili aglomerované kovy
6. Triedenie neželezných kovov: Al, Cu, ťažké neželezné kovy – t.j. vizuálne a podľa hustoty ponorením do ťažkej kvapaliny (roztok wolframanu sodného)

## Výsledky

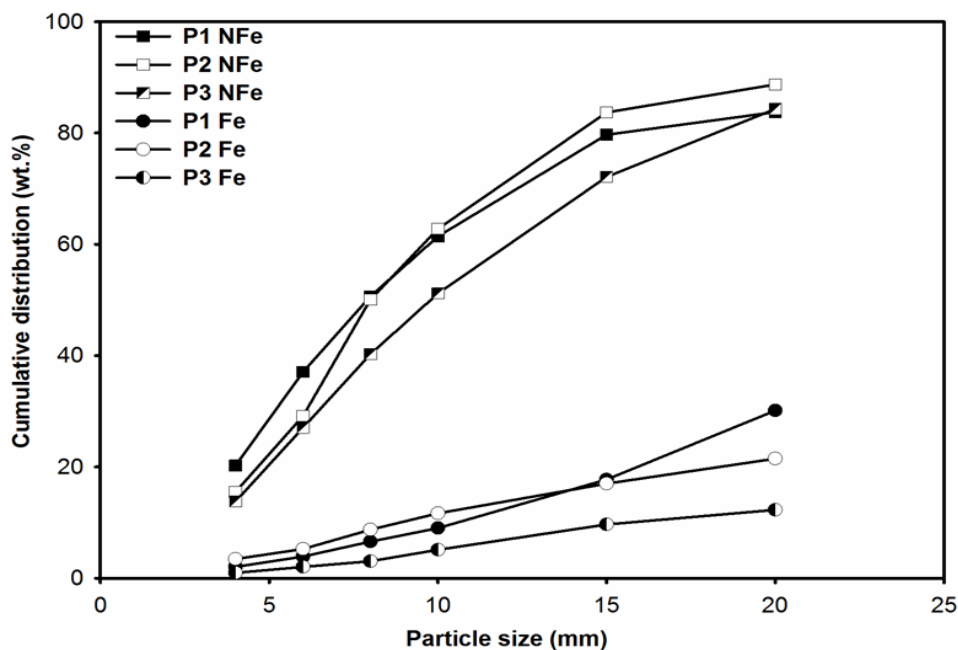
Celkové zloženie jednotlivých vzoriek škvary je vidieť na Grafe 5. Je z neho zrejmé, že sa zloženie škvary mení v čase, je heterogénne a je do veľkej miery nepredvídateľné. Čo je v grafe viditeľné, je vysoké percento reziduálnej frakcie a častíc menších ako 2 milimetre. Oproti tomu sa môže zdať, že obsah železných a najmä neželezných kovov je zanedbateľný. Ale pri priemernej produkcii škvary 75000 ton ročne je výťažnosť nie len nezanedbateľná, ale i výnosná pre zariadenie. V Tabuľke 15 a v odseku nad ňou je popis kapacity ZEVO na vyseparovanie kovov, reálne množstvá kovov získané zo škvary a tak isto i zisk z ich predaja.

Na Grafe 6 sú zobrazené granulometrické krivky železných a neželezných kovov. Pre prehľad časť názvu označená P1, P2 alebo P3 označujú číslo vzorku. Druhá časť špecifikuje či ide o krivku zrnitosti železných (Fe) alebo neželezných (NFe) kovov. Pre porovnanie boli zakreslené do jedného grafu – Graf 6. Je zrejmé, že krivky majú špecifický charakter podľa toho či sú železného alebo neželezného charakteru.



Graf 5: Celkové zloženie analyzovaných vzorkov škvary (podľa % celkovej hmotnosti)

(zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/17529902/> )



Graf 6: granulometrické krivky Fe a NFe kovov v jednotlivých vzorkách škvary

(zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/17529902/> )



Obrázok 21: Príklad vyseparovaných materiálov zo škvary

(zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/17529902/> )

Na obrázku 21 sú zobrazené kovy vyseparované zo škvary. Najmä dodatočná separácia kovov a ich ďalšie využitie by mali byť dôležitou súčasťou odpadového hospodárstva. Ročne sa jej totiž vyprodukuje len v štyroch českých ZEVO 0,2 miliónov ton. Do budúcnosti sa dokonca môže s navýšením kapacity týchto ZEVO na 1,5 miliónov ton odpadu môže očakávať zdvojnásobenie produkcie škvary na približne 0,4 milióna ton. Tak by sa stalo za predpokladu naplnenia cieľov plánu odpadového hospodárstva. V Tabuľke 14 je potenciál separácie železných a neželezných kovov v zariadení ZEVO Malešice. K týmto hodnotám je možné sa približovať za stáleho vývoja používaných technológií.

Dôvod využívania týchto sekundárnych surovín má samozrejme v dnešnej dobe zmysel nie len ekologický, ale i ekonomický. Tabuľka 15 uvádza ceny železného šrotu a neželezných kovov na tonu a približný celkový zisk z ich predaja. Je dôležité podotknúť, že ceny zodpovedajú situácii pred vojnou na Ukrajine. Cena železa za tonu sa aktuálne pohybuje okolo 300 Eur oproti predvojnovým 100 Eurám. Neželezných kovov sa získa menej, ale cena môže byť od 300 až do 1000 Eur za tonu. Trh je zavedený a existuje dopyt po týchto materiáloch. To znamená, že aj keď je množstvo neželezných kovov získaných zo škvary menšie, tak vie byť veľmi výnosné.

Tabuľka 14: Potenciál škvary zo ZEVO Malešice v odpadovom hospodárstve

(zdroj: spracované dáta z analýzy škvary v ZEVO Malešice; <https://slideplayer.cz/slide/17529902/>)

|                                       | Tun/rok |
|---------------------------------------|---------|
| Kapacita ZEVO                         | 330 000 |
| Produkce surové škvary                | 77 500  |
| Železný šrot (9,2 % v suché škváře)   | 5 704   |
| Neželezné kovy (1,9 % v suché škváře) | 1 178   |

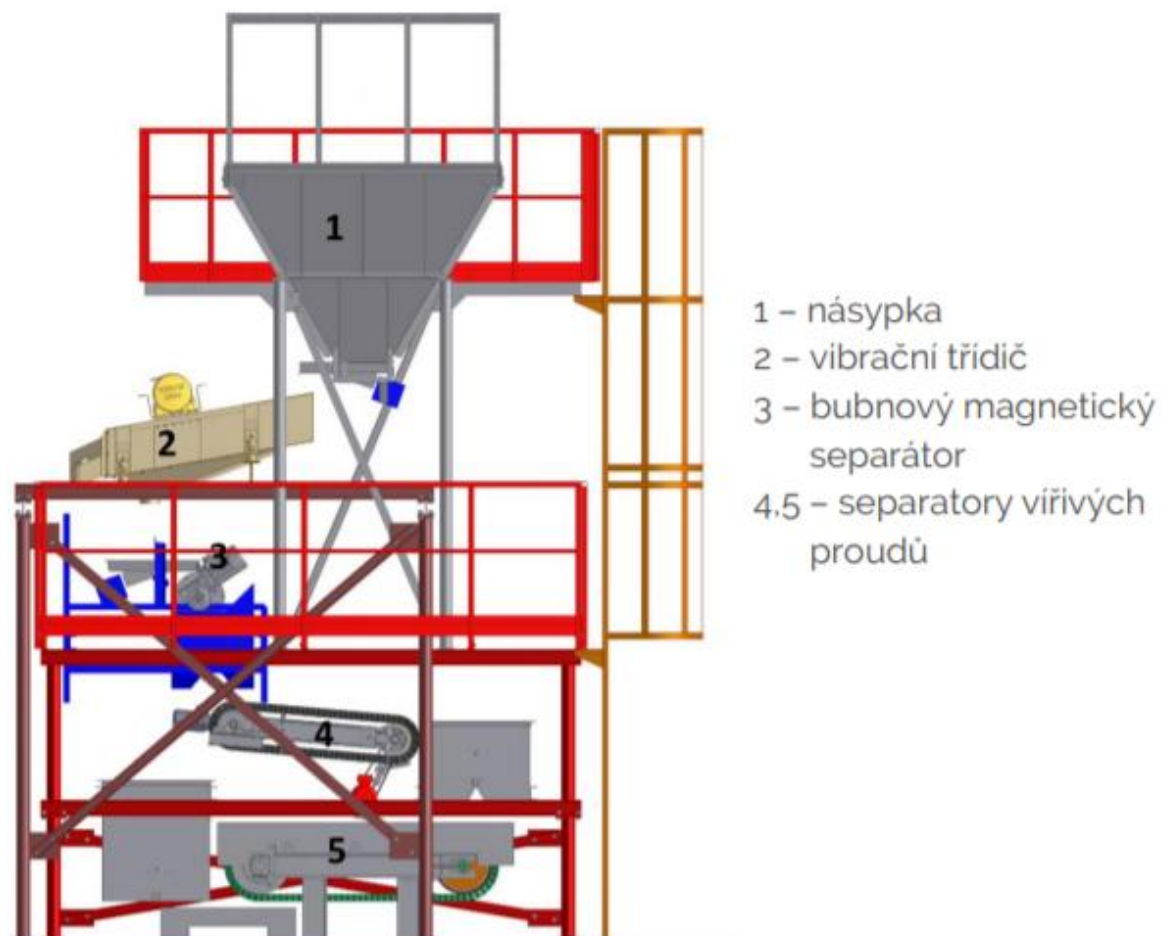
| Množství (tun/rok) | > 10 mm | > 4 mm |
|--------------------|---------|--------|
| Železný šrot       | 5 248   | 5 590  |
| Neželezné kovy     | 495     | 990    |

Tabuľka 15: Ekonomický potenciál separácie kovov zo škvary

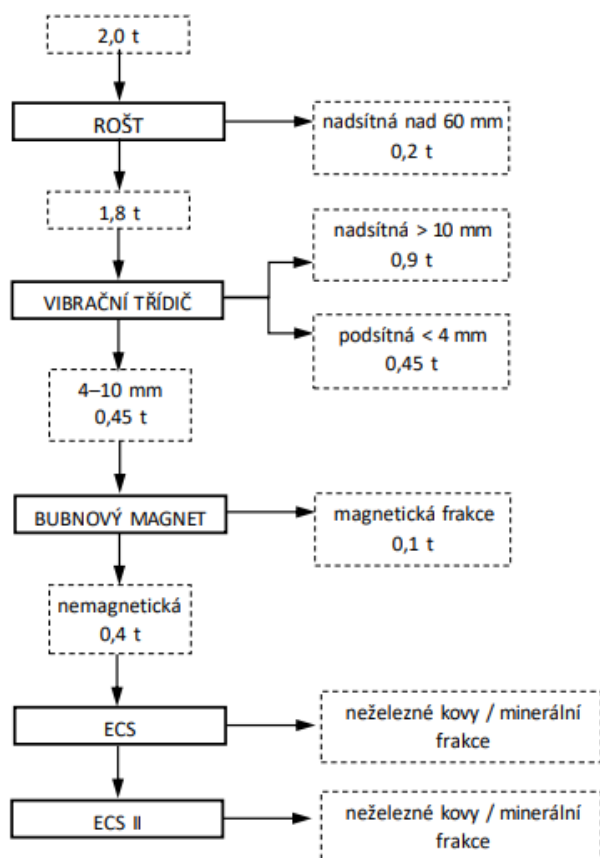
(zdroj: spracované dáta z analýzy škvary v ZEVO Malešice; <https://slideplayer.cz/slide/17529902/>)

|                       | Celkové množstvo(t) | Cena (EUR/t) | Výnos s ohľadom na efektivitu technológie(tisíciky EUR) |       |
|-----------------------|---------------------|--------------|---|-------|
|                       |                     |              | 85 %  | 30 %  |
| <b>Železný šrot</b>   | 5 704               | 80           | ≈ 390   | -     |
| <b>Neželezné kovy</b> | 1 178               | 500          | ≈ 500   | ≈ 175 |

ZEVO v Malešiciach v roku 2017 optimalizovalo separáciu železných kovov. Z pôvodných 6,6% celkovej hmotnosti škvary tvorí teraz vyťažené množstvo železa 7,9% celkovej hmotnosti škvary. Momentálna efektivita linky je približne 85%. Linka na triedenie neželezných kovov (NFe) bola ako riešenie navrhnutá v roku 2019. Cieľom je účinná separácia častíc týchto kovov s priemerom nad 3 – 4 milimetre. Bola už prevedená i séria testov čiastkových aparátov na poloprevádzkovej linke. Ďalšie plány zahŕňajú realizáciu permanentnej statickej linky na triedenie neželezných kovov. Na Obrázku 22 je zobrazené schéma poloprevádzkového zariadenia, na ktorom v Malešiciach prebiehali testy. Využívalo vibračný triedič, bubnový magnetický separátor a separátory vírivých prúdov. Obrázok 23 zobrazuje množstvá vyseparovaných kovov v jednotlivých častiach linky.



Obrázok 22: schéma poloprevádzkovej jednotky na triedenie neželezných kovov zo škvary  
 (zdroj: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2019/prispevky/118.pdf> )



Obrázok 23: Hmotnostná bilancia poloprevádzky (ECS – separácia pomocou vírivých prúdov)  
(zdroj: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2019/prispevky/118.pdf> )

## Možnosti zvýšenia efektivity separácie neželezných kovov

S postupom technológií a možností zariadení na energetické využitie odpadu sa vytvára i priestor na ďalšiu modernizáciu liniek pre dodatočnú separáciu. Zariadenie pre vytriedenie železných kovov si už vylepšením prešlo, a to pridaním tretieho magnetu do linky. Pri železných kovoch sú technológie jednoduchšie, a preto bola táto jednoduchá modernizácia efektívna z hľadiska výťažnosti i ceny.

Dôkladnejšie premyslenie potenciálnych zlepšení je ale nutné pri separácii neželezných kovov. Hlavné kvôli tomu, že ich separácia je zložitejšia ako tých železných. Vstupuje tu mnoho faktorov. Je potrebné brať do úvahy či bude vyprodukovaná škvára mokrá alebo suchá, pretože aj od toho sa odvíjajú ďalšie technológie na separáciu. A takisto ako pri zrení, nie vždy sú metódy predúpravy škvary exaktné a teda substancia, ktorá vstupuje do procesu samotnej separácie nie je nemenná.

Predovšetkým treba zvoliť vhodný typ linky. Boli spomenuté tri typy; statická, polostatická a mobilná. Pre účely ZEVO Malešice je určite vhodné zvoliť statickú linku, ktorá bude permanentná.

Jednou zo zrejmych možností je zakomponovanie vyššie spomenutého drvenia škvary pred separáciou neželezných kovov. Výhodou je ich sprístupnenie z agregátov. Tu je však nutné vopred brať do úvahy ďalšie použitie škvary po vytriedení, pretože drvená škvára nie je vhodná na použitie v stavebnom priemysle. V zariadeniach na energetické využitie odpadu, kde je škvára drvená pred vytriedňovaním kovov, putuje vo všeobecnosti po ukončení procesu na skládku.



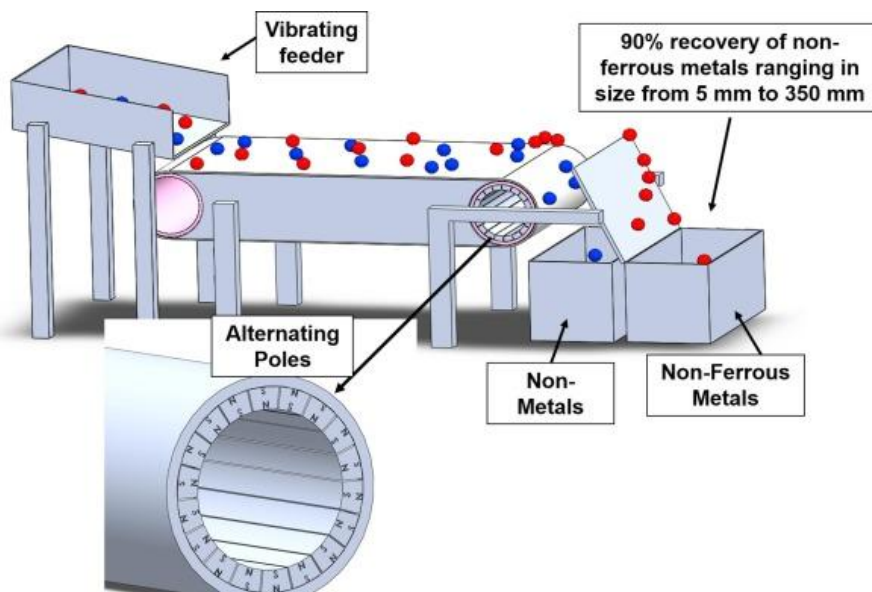
Nejde o technológiu, avšak vo všeobecnosti je určite vhodné sledovať, ako sa zloženie škvary vyvíja medzi rokmi. Sledovanie „trendov“ v zložení odpadu, ktorý obyvateľstvo vyprodukuje, zaručí konštruktívne rozhodovanie sa a implementáciu vhodných triediacich technológií. A to nie len v prípade neželezných kovov.

Jedným zo súčasných trendov spracovania škvary zo spaľovní sú senzory, ktoré vedia identifikovať a vytriediť rôzne kovy či sklo. Najviac sa používajú pre rôzne kovy, ako napríklad oceľ a pre častice väčšie ako 4 milimetre. Pod pohyblivým pásom, na ktorom je tenká vrstva škvary je umiestnený senzor a zistené materiály sú vytriedené tryskami so stlačeným vzduchom. Sensory môžu byť na báze röntgenového žiarenia, magnetickej indukcie, optických senzorov alebo vysokorýchlostných kamier. Samozrejme tento spôsob separácie je veľmi nákladný a používaný zriedka a pre materiály s vysokou hodnotou.

Testovanie a skúmanie nových potenciálnych technológií prebieha v mnohých ZEVO vo svete a je nepostrádateľné ak chceme smerovať k udržateľnosti a udržať mnohé neobnoviteľné zdroje v obehu.

Metóda, ktorá je využívaná v súčasnosti a existuje priestor pre ďalší rozvoj a implementáciu je separácia pomocou vírivých prúdov. Vírivý alebo tiež Foucaultov prúd je elektrický prúd vznikajúci v plošných a objemových vodičoch, keď sa v ich okolí mení magnetický indukčný tok. Indukované prúdy majú charakter prúdových slučiek. Vodiče sú v tomto prípade neželezné kovy, ktoré separujeme. Vo zvyšku škvary (v nevodičoch) sa tieto prúdy nevyskytujú, a teda môžeme kovy efektívne oddeliť. Zároveň je potrebné, aby boli magnety, ktoré menia svoju polaritu dostatočne silné. Vtedy prenesú vyseparované materiály za mechanický oddeľovač, ako vidíme na schéme separátora na Obrázku 24. Avšak existujúce separátory fungujúce na tejto metóde sú limitované geometriou častíc. Takisto naše pochopenie vírivých prúdov má medzery. Využívajú sa v elektrických motoroch, dynamách či transforméroch, ale ešte stále je kam sa posúvať. Aj literatúra na túto tému sa stále aktualizuje. Aktuálne separátory sa v podstate skladajú z posuvného pásu s motorom pri privode materiálu, vibračného privodu materiálu, vysokorýchlostného rotoru s permanentnými magnetmi. Výhodou je veľká kapacita a škála výrobkov od rôznych výrobcov. Niektorí ponúkajú i kompletne systémy.

Nevýhodou je už spomenutá geometria kovových zvyškov. Technológia má nedostatky v oddeľovaní drôtov, tenkých fólií, ťažké a málo vodivé kovy, malé častice alebo napríklad obvody dosiek, ktoré obsahujú i materiály neželezného charakteru. Druhým nedostatkom je, že prítomnosť železnej frakcie nepriaznivo ovplyvňuje separáciu neželezných kovov; preto je dôležité poradie v akom sa kovy triedia a aké technológie po sebe nasledujú. Treťou nevýhodou je, že nie všetky neželezné kovy sú separované s rovnakou efektívnosťou. Dôležitý je pomer hustoty a vodivosti kovu. To v praxi znamená veľkú efektívnosť oddeľovania hliníka, ale horšiu pri kovochoch ako napríklad bronz, mosadz.



Obrázok 24: Schéma princípu vírivých prúdov  
(zdroj: <https://www.sciencedirect.com/> )

Za zmienku možno stojí i možná chemická úprava škvary pred samotnou separáciou kovov, ktorá má potenciál do budúcnosti a mohla by zlepšiť výťažnosť jemnej minerálnej frakcie. Zatiaľ boli vo výskumoch použité dve kyslé činidlá (HCl a  $H_2SO_4$ ) a jedno zásadité (NaOH). Pred začatím triediaceho procesu sa optimalizuje koncentrácia činidla v škvare a udržiava sa stála teplota. Pred lúhovacími testami je materiál analyzovaný XRD (X-Ray Diffraction) pre stanovenie jeho fázového zloženia. Pri  $H_2SO_4$  a teplotou škvary  $80^\circ C$  štúdie ukázali, že je schopná pomôcť vylúhovať približne 88% molybdénu, 82% vanádu, 37% Niklu, 37% železa, a 28% medi. Táto metóda by mohla byť ekonomicky efektívna a mohla by v budúcnosti zaručiť, že v obehu zostane čo najviac druhotných surovín, čo by bolo v súlade s princípmi cirkulárnej ekonomiky, ktorej princípy sa snažíme v praxi využívať. Treba zopakovať, že vývoj tejto metódy je zatiaľ v testovacom štádiu a nie je používaný v bežnej prevádzke žiadnej ZEVO. Ide hlavne o možný smer vývoja technológií do budúcnosti a spomenutý je pre zaujímavosť a rozšírenie povedomia o možnostiach nakladania so škvareu.

### Návrh separácie neželezných kovov v ZEVO Malešice

Spraviť konečný návrh na zlepšenia konceptu, ktorý plánuje ZEVO Malešice, je trochu náročný. Je očividné, že dôkladne zvážili, ktoré technológie chcú používať, s ohľadom na efektivitu separácie i na odpadové hospodárstvo Českej republiky a jeho limity.

V prvom rade je treba dohliadať na správnu úpravu škvary zo spaľovne pred jej separáciou. Najdôležitejšie je nechať ju dozrieť. V texte je spomenutá doba 45 dní, ale vhodnejšie je 60 dní. Spolu s odležaním škvary je potrebné sledovať ako sa vyvíja jej vlhkosť. Pre separáciu je optimálne rozmedzie 10-12%. Podstatné je, aby do procesu zrenia vstupovala mokrá škvara. Vlhkosť pomáha naštartovať stabilizačné procesy nutné pre ďalšie využitie škvary v stavebnom priemysle.

Pred uskutočnením samotnej separácie sa ešte musí rozhodnúť o možnosti drvenia škvary pred jej vstupom do procesu. ZEVO Malešice má záujem na tom, aby bola škvara po separácii vhodná pre stavebné aplikácie. Teda drvenie agregátov pred triedením nepripadá do úvahy.

Čo sa týka samotnej linky, určite treba

Kým začne samotná separácia je v rámci jej efektivity a s ohľadom na ďalšie využitie škvary nevyhnutné odstrániť nespálený organický materiál a vytriediť jednotlivé frakcie. Na toto triedenie je možné použiť vibračný triedič, podobne ako bol zakomponovaný i v poloprevádzkovej linke. Ten preoseje škvaru a vyčlení jednotlivé frakcie. Tie potom rozdelené môžu putovať do ďalšej fázy. ZEVO Malešice má za cieľ separovať frakciu od veľkosti približne 4 milimetre vyššie.

Predtým ako sa vytriedia neželezné kovy, treba odstrániť čo najviac tých železných. Železné kovy narušujú schopnosť nasledujúcich separátorov pomocou vírivých prúdov oddeľovať neželeznú frakciu. Preto je tu dobré umiestniť, opäť po vzore poloprevádzkovej linky, magnetické separátory pre každú frakciu vychádzajúcu z triedenia, napríklad v podobe bubnového magnetu. Ten je vhodný hlavne ako druhý stupeň magnetickej separácie, čo tu vyhovuje, keďže magnety, ktoré odstraňujú väčšie kusy železného šrotu sú už implementované už predtým.

Síce bolo spomínané pomerne väčšie množstvo ich nevýhod, ale stále je tu najlepšou možnosťou využiť separátory pomocou vírivých prúdov. Treba ho zaradiť tak, aby sa v procese nachádzal až po vytriedení magnetickej frakcie, keďže jeho centrom je tiež bubnový magnet. Je vhodné zakomponovať viac týchto separátorov; zvlášť pre každé rozmedzie frakcií preosiatych na vibračnom triediči. Pre každú je vhodnejšia trochu iná rýchlosť rotácie bubnu. Pre frakcie väčšie ako 5 milimetrov je to 2000-3000 otáčok za minútu a pre menšie častice je minimálna rýchlosť 400 otáčok za minútu a môže ísť až do 6000. Je tiež dobré zaradiť za sebou dva separátory pomocou vírivých prúdov, pre zvýšenie výťažnosti. Pravdepodobne by boli vhodné dve série separátorov, každá o dvoch kusoch týchto separátorov.

V niektorých prípadoch je škvara po vytriedení podrvená a celý proces sa opakuje. To vzhľadom na plány s ďalším využitím škvary nie je možné. A teda posledným spomenutým krokom sa proces separácie ukončí.

## Záver

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo popísanie systému spracovania škvary v ZEVO Malešice, porovnanie s jej spracovaním v iných Európskych štátoch a popísanie dodatočnej separácie neželezných kovov z nej. Okrem toho boli popísané možnosti zvýšenia efektivity výťažnosti týchto kovov zo škvary vyprodukovanej v ZEVO Malešice. V texte boli zhrnuté existujúce a relatívne zavedené postupy a praktiky a okrem toho i možnosti, ktoré sú v štádiu testovania a môžu byť aktuálne v budúcnosti.

S narastajúcim množstvom odpadu v rozvinutých krajinách ako je aj Česká republika je téma spracovania odpadu stále aktuálnejšia a nie všetky možnosti spracovania odpadu sú si rovnocenné. Je teda snaha odkloniť sa od skládkovania (najmä) komunálneho odpadu, a pristupovať k nemu len ako k poslednej možnosti. Dáva sa prednosť recyklácii a možnosti opätovného použitia výrobkov. Veľký dôraz sa kladie i na osvetu v predchádzaní vzniku odpadov. Tieto možnosti sú laickou verejnosťou prijímané kladne. Ďalšou možnosťou ekologickejšieho spracovania odpadu ako uloženie na skládke je jeho energetické zhodnotenie v zariadeniach na to určených. V iných krajinách Európskej únie je táto forma nakladania

s odpadom rozšírenejšia. V Českej republike sa v podstate ešte len začína rozširovať. Zatiaľ sú na našom území funkčné štyri zariadenia na energetické využitie odpadu, ale prebiehajú analýzy niekoľkých miest, kde by bolo s ohľadom na miestne podmienky vhodné postaviť ďalšie. Rozširovanie ZEVO u nás prebieha pomerne pomaly. Nie je to len zdĺhavosťou analýz a návrhov, ale i negatívnym postojom občanov k týmto zariadeniam a technológiám v nich používaným. Vysoké dymiace komíny a samotný pojem spaľovania vyvolávajú v mnohých občanoch pocit, že tieto stavby sú zdrojom významného lokálneho znečistenia v mestách, kde sa nachádzajú. Je preto dôležité urobiť všetko potrebné pre informovanosť verejnosti o prísnych normách, ktoré musia všetky ZEVO spĺňať, a aj o neustálom monitorovaní hodnôt škodlivín, ktoré vypúšťajú. ZEVO Malešice má tieto hodnoty dlhodobo nižšie ako sú ich limity, stanovené zákonom 354/2002 Zb.

Dôležité je pamätať i na hlavný bod diskutovaný v tejto práci. ZEVO hrajú neodmysliteľnú rolu v separácii surovín, ktoré nie sú obnoviteľné. S ekologického i ekonomického hľadiska dáva zmysel tieto suroviny využívať znova, keďže spaľovací proces neovplyvňuje ich kvalitu a možnosti využívania. Železné kovy sú vyseparované pomerne jednoducho a neboli predmetom zamerania tejto práce.

Získavanie neželezných kovov má zmysel riešiť rovnako ako tých železných. V roku 2015 prebehla v ZEVO Malešice analýza škvary, ktorá ukázala aké množstvá týchto kovov sa v škvare nachádzajú. Bola postavená i poloprevádzková linka, kde boli testované rôzne technológie na spätné získavanie týchto kovov a v blízkej budúcnosti sa počíta s výstavbou permanentnej linky na ich dodatočnú separáciu. Získavanie týchto surovín nie je kritické len pre ich udržanie v obehu, ale i pre ďalšie využitie škvary. Vysoký obsah prvkov, ktoré môžu ďalej reagovať s okolitými materiálmi by vylúčilo akékoľvek využitie v stavebnom alebo inom priemysle a do úvahy by prichádzalo len skládkovanie.

Našťastie mnoho krajín sa v rámci princípov cirkulárnej ekonomiky naučilo pozerať na škvary ako na materiál, s ktorým je možné ďalej pracovať a ako zdroj surovín, ktoré sa oplatí z nej získavať. A pri množstvách vyprodukovanej škvary je získavanie neželezných kovov z nej naozaj zisková činnosť. V texte je spomenuté, že výkupová cena sa pohybuje od 300 do 1000 Eur za tonu. Analýza škvary ukázala potenciál približne 2000 ton neželezných materiálov ktoré by sa reálne dali vyťažiť.

Po vytriedení týchto kovov a za predpokladu, že predtým škvara prešla procesom zrenia v dostatočnom čase, môže byť škvara ako materiál ďalej využívaná. V texte tejto práce sú zhrnuté možnosti jej využitia v rôznych krajinách Európy a i v Českej republike. V Česku sa škvara bude môcť používať v tzv. „definovaných aplikáciách“ a to najneskôr v roku 2030. Pôjde o využitie ako technologický materiál pre technické zabezpečenie skládok, vytváranie vyrovnávacej vrstvy pod uzatváracou tesniacou vrstvou skládky, odplyňovacie vrstvy, uzatváracie tesniace vrstvy skládky, ochranné vrstvy skládky a povrchové rekultivačné vrstvy skládky.

I pre tieto využitia škvary je dôležité z nej efektívne vyseparovať všetky kovy, aby bola inertným materiálom. Preto je potrebné postupne aktualizovať technológie, ktoré túto efektivitu zaručia. V tejto práci boli zhrnuté technológie a prístupy, ktoré môžu byť využité na dosiahnutie potrebného výsledku. Spomenutá bola i chemická úprava škvary, ktorá by mohla byť relevantná v budúcich rokoch. Bol spravený i príklad na návrh permanentnej linky na separáciu neželezných kovov s vysvetlením dôvodov implementácie konkrétnych technológií.

Nech už bude konečná verzia linky v ZEVO Malešice akákoľvek, spracovanie tejto práce dokazuje, že existuje mnoho spôsobov spracovania škvary a získavania materiálov z nej. A ukazuje, čo je momentálne

potrebné. Snažiť sa nachádzať ďalšie metódy spracovania škvary a testovať nové technológie, aby sa odpadové hospodárstvo vyvíjalo vpred.

## Zdroje

- ZEVO Malešice. *Provozní řád*. Aktualizácia 2015. Praha: ZEVO Malešice, 2015
- [online]. Dostupné z: <https://www.komunalniekologie.cz/info/praha-projekt-biopynove-stanice-ma-od-mestske-rady-podporu>
- Pražské služby a.s.. *Pražské služby a.s.* [online]. Copyright © 2019 [cit. 30.4.2022]. Dostupné z <https://www.psas.cz/>
- *Zákony pro lidi - Sbíрка zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění. Zákony pro lidi - Sbíрка zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION, s.r.o. 2010. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/>
- *EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language* [online]. Copyright ©. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0850&from=EN>
- Platná legislativa Evropské unie | *Odpady Odpady* [online]. Copyright ©. Dostupné z: <https://odpady-online.cz/platna-legislativa-evropske-unie/>
- [online]. Dostupné z: [https://envipak.sk/uploads\\_file\\_gallery/20/PREHLAD\\_EU-legislativa-OH\\_sulad-s-SK-legislativou\\_28102020\\_q3dxb\\_1604392335.pdf](https://envipak.sk/uploads_file_gallery/20/PREHLAD_EU-legislativa-OH_sulad-s-SK-legislativou_28102020_q3dxb_1604392335.pdf)
- [online]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/eu-vyrobi-13-miliardy-tun-odpadku-rocne/r~i:article:37094/>
- *Mýty a fakta o ZEVO | EVO Komořany. Úvod | EVO Komořany* [online]. Copyright © 2020 Insion.cz. Dostupné z: <https://www.evokomorany.cz/myty-a-fakta-o-zevo>
- [online]. Dostupné z: <https://www.enviroportal.sk/ovzdušie/zoznam-spalovni-a-zariadeni-na-spoluspalovanie>
- *Posuzování vlivů na životní prostředí (EIA) – Ministerstvo životního prostředí Úvodní stránka - Ministerstvo životního prostředí* [online]. Copyright © 2008 Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/posuzovani\\_vlivu\\_zameru\\_zivotni\\_prostredi\\_eia](https://www.mzp.cz/cz/posuzovani_vlivu_zameru_zivotni_prostredi_eia)
- [online]. Dostupné z: [www.enviprofi.cz](http://www.enviprofi.cz)
- [online]. Dostupné z: [www.odpadoveforum.cz](http://www.odpadoveforum.cz)
- [online]. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2019/prispevky/118.pdf>
- [online]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/rozhovory/jenom-recyklace-nas-nespasi-nevyhneme-se-nutnosti-odpady-spalovat-rika-martin-drozd>
- *Recyklace škvary ze spalovny | Odpady* [online]. Copyright © Dostupné z: <https://odpady-online.cz/recyklace-skvary-ze-spalovny/>
- [online]. Dostupné z: <https://eraportal.sk/aktuality/ceski-vedci-skumaju-co-so-zbytkami-ze-spalovni/>
- [online]. Dostupné z: <https://www.avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/chemicke-vedy/Skvara-jako-podklad-pro-silnice.-Vedci-zkoumaji-co-se-zbytky-ze-spaloven/>
- [online]. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2019/prispevky/118.pdf>

- [online]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08827508.2017.1289196?fbclid=IwAROG41-jxpf9Z9Enfal6TgC8OeiiAMxWHKVuJuaibBsiBYuiCzXxE3saxA&scroll=top&needAccess=true&journalCode=gmpr20>
- Spalovna Malešice – Samosebou.cz. *Samosebou.cz* [online]. Copyright © 2022. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2017/03/27/spalovna-malesice-odpad-ktery-hreje-sviti/>
- *Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH | Konferenzen & Congressse* [online]. Copyright © S. Dostupné z: [https://www.vivis.de/wp-content/uploads/RTU/2018\\_RTU\\_01-10\\_Syc.pdf](https://www.vivis.de/wp-content/uploads/RTU/2018_RTU_01-10_Syc.pdf)