

# Změny vegetačního krytu termicky aktivních odvalů Ostravské pánve

Daniel Měrka

---

Bakalářská práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení  
Ústav environmentální bezpečnosti  
akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Daniel Měrka**  
Osobní číslo: **L15124**  
Studijní program: **B3953 Bezpečnost společnosti**  
Studijní obor: **Řízení environmentálních rizik**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Změny vegetačního krytu termicky aktivních odvalů Ostravské pánve**

Zásady pro vypracování:

1. Teoreticky ukotvěte vznik a složení důlních odvalů a možnosti jejich rekultivace.
2. Analyzujte současný stav vegetačního krytu termicky aktivních odvalů Ostravské pánve.
3. Zhodnoťte faktory ovlivňující vegetační sukcesí na termicky aktivních odvalech Ostravské pánve.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

[1] BRADSHAW, Anthony, 2000. The use of natural processes in reclamation advantages and difficulties. Landscape and Urban Planning. 51(2-4), 89-100. DOI: 10.1016/S0169-2046(00)00099-2. ISSN 01692046. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204600000992>.

[2] DOWN, C. G., 1975. Soil Development on Colliery Waste Tips in Relation to Age. I. Introduction and Physical Factors. The Journal of Applied Ecology. 12(2), 613-622. DOI: 10.2307/2402177. ISSN 00218901. Dostupné také z: <http://www.jstor.org/stable/2402177?origin=crossref>.

[3] GREMLICA, Tomáš et al., 2011. Využívání přirozené a usměrňované ekologické sukcese při rekultivacích území dotčených těžbou nerostných surovin. Praha: Ústav pro ekopolitiku. Dostupné také z: <http://metodiky.agrobiologie.cz/PDF/KZR/VYUZIVANI-PRIROZENE-A-USMERNOVANE-EKOLOGICKE-SUKCESE-PRI-REKULTIVACICH-UZEMI-DOTCENYCH-TEZBOU-NEROSTNYCH-SUROVIN.pdf>.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.  
vsp1,5mm

Vedoucí bakalářské práce:

RNDr. Jakub Trojan, MSc, Ph.D.

Ústav environmentální bezpečnosti

Datum zadání bakalářské práce:

3. listopadu 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

15. května 2018

V Uherském Hradišti dne 10. listopadu 2017

doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.  
děkan



L.S.

doc. Ing. Pavel Valášek, CSc.  
ředitel

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE


Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby<sup>1)</sup>;
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3<sup>2)</sup>;
- podle § 60<sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60<sup>3)</sup> odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti ..... 15. 5. 2018 .....

  
.....  
podpis studenta

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací;

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práce nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výtisky, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.



(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich částí, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdéle však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výtisk práce k uchování v ministerstvu.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## ABSTRAKT

Ostravská pánev je historicky jedním z nejdůležitějších černouhelných revírů ČR. Přestože se těžba postupně utlumuje, její následky můžeme pozorovat ještě dlouho po uzavření posledních dolů. Jedním z těchto následků jsou důlní odvaly, vzniklé ukládáním důlní hlušiny. Tato práce si klade za cíl teoreticky popsat odvaly a zásady jejich vzniku, stejně jako možnosti a postupy při jejich rekultivaci. Na vybraných termicky aktivních odvalech OKR se navíc pokusí zhodnotit vliv termické aktivity na vegetační kryt a jeho vývoj.

Klíčová slova: důlní odvaly, rekultivace, OKR, vegetační kryt, termická aktivita

## ABSTRACT

Ostrava basin is historically one of the most important coal districts in Czechia. Although the mining activity is gradually reduced, its consequences are seen long after the mine closure. One of this consequences is colliery spoil tips, which originated by deposition of coal tailings. This paper aims at theoretical examination of colliery spoil tips and principles used during its piling, as well as options and processes of its reclamation. This paper will also try to evaluate impact of thermal activities on vegetation cover on chosen thermally active spoil tips of OKR.

Keywords: spoil tips, reclamation, OKR, vegetation cover, thermal activity

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

#### Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu této práce RNDr. Jakubu Trojanovi, MSc, MBA, Ph.D. za cenné rady, připomínky a poskytnutý čas, který mi věnoval při tvorbě práce. Dále děkuji dámám Ing. Janině Zawadzské, Ing. Zuzaně Viestové, Ph.D. a Ing. Lence Landové za neocenitelné rady z praxe a poskytnuté studijní materiály.

**OBSAH**

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b>	
<b>1. TĚŽEBNÍ HALDY .....</b>	<b>11</b>
1.1 TVAROVÁNÍ HALD A ZÁSADY PŘI JEJICH ZAKLÁDÁNÍ.....	12
1.2 ODVALY OSTRAVSKO-KARVINSKÉHO REVÍRU .....	13
1.3 TERMICKY AKTIVNÍ ODVALY .....	14
<b>2. REKULTIVACE A OBNOVA ÚZEMÍ ZASAŽENÝCH TĚŽBOU.....</b>	<b>17</b>
2.1 POSTUP REKULTIVACÍ.....	19
2.1.1 ETAPA PŘÍPRAVNÁ .....	19
2.1.2 ETAPA DŮLNĚ TECHNICKÁ.....	19
2.1.3 ETAPA BIOTECHNICKÁ.....	20
<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b>	
<b>3. METODY .....</b>	<b>23</b>
<b>4. ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ .....</b>	<b>25</b>
4.1 ODVAL HEŘMANICE .....	25
4.2 ODVAL HEDVIKA .....	27
4.3 ODVAL EMA .....	28
<b>5. ANALÝZA VÝVOJE VEGETAČNÍHO KRYTU .....</b>	<b>30</b>
5.1 ODVAL HEŘMANICE .....	31
5.2 ODVAL HEDVIKA .....	36
5.3 ODVAL EMA .....	40
5.4 TEORETICKÁ VÝCHODISKA ANALÝZY VEGETAČNÍHO KRYTU.....	42
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>46</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>47</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>52</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>54</b>

## ÚVOD

Problém hlušinových odvalů je pevně spjat s každým těžebním územím. Jejich vznik je faktem, který nelze zvrátit a je nezbytné mít připraveny postupy k jejich sanaci a rekultivaci. Mnohé z těchto antropogenních morfologických tvarů mají negativní dopady na člověka a životní prostředí. Díky svému složení jsou negativním faktorem pro ovzduší, vody i estetickou stránku krajiny. Jejich úspěšnou rekultivací však můžeme dosáhnout minimalizace těchto negativních dopadů a vytvořit nový prostor pro developerskou činnost či volnočasové aktivity, a tím je opětovně začlenit jako plnohodnotnou součást našeho životního prostředí.

V případě termické aktivity odvalu se celý proces stává složitějším a nastávají překážky pro provedení rekultivačních prací. Centra termické aktivity se v těle odvalů šíří neresystematickým, těžko předvídatelným způsobem. Povrchové projevy pak často zasahují již rekultivované plochy. Při průběhu těchto aktivit dochází ke zhoršení přírodních ukazatelů. Zejména dojde-li k likvidaci vegetačního krytu termickou aktivitou, dochází ke zhoršení rozptylových podmínek ve velkém měřítku.

Vývoj vegetačního krytu na odvalech je komplikovaným procesem, který je nezbytným prvkem při ekologické obnově území. Zájmové území je spolu se zbytkem OKR ovlivněno i ostatními formami průmyslu, které k rekultivačním procesům přispívají negativní měrou.

Studiem dosavadních přístupů k rekultivacím, jejich úspěšnosti a vytvářením metodik a technologických postupů, lze dosáhnout komplexního porozumění místních procesů. To může přispět k rychlejší, účinnější a efektivnější rekultivaci těžbou postižených oblastí v budoucnosti. Dodržením stanovených postupů můžeme zaručit využití odvalů jako plnohodnotné součásti životního prostředí a eliminovat jejich negativní vlivy.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TĚŽEBNÍ HALDY

První těžební haldy na našem území začaly vznikat v druhé polovině 19. století. V této době probíhala těžba ručním způsobem, což vedlo k jejich malým rozměrům a dnes tyto haldy již neexistují, neboť byly rozvezeny, zastavěny, případně se staly základem hald nových (Štýs, 2001). Většina dochovaných hald vznikla při těžebním boomu ve 20. století v uhelných revírech po celé České republice. Velká část z nich je v současnosti zrekultivována, případně byla využita jako stavební materiál (Kirchner et al., 2010).

Názvosloví těchto antropogenních tvarů reliéfu je do určité míry závislé na místních zvyklostech. V minulosti existovalo mnoho názvů, z nichž se v současnosti ustálilo používání následujících: výsypka, odval, halda. Dle Kirchnera et al. (2010) je halda termín zastřešujícím ostatní výrazy a typologicky se člení na výsypky a odvaly. Výsypky jsou tvořeny materiálem z povrchových dolů, zatímco odvaly z dolů hlubinných.

Důlní haldy jsou konvexní tělesa antropogenního původu, nedílně spojená s hornickou činností (Bradshaw, 2000). Haldy jsou situovány v hranicích stanovených důlních prostor, ve většině případů v bezprostřední blízkosti důlních závodů. Jsou tvořeny důlním odpadním materiálem, vzniklým v průběhu těžby nebo průmyslovým materiálem vzniklým před započítím těžby či zpracováním těžené suroviny (Kryl et al., 2002). V minulosti docházelo také k ukládání další hmoty do těles hald, jako např. komunálních a chemických odpadů, které v současné době znamenají zvýšení environmentálních rizik a dopadů hald na životní prostředí (Jelínek, 2010). Hlavním problémem tohoto ukládání, je jeho nesystematický charakter a často neznámé množství a složení odpadů.

Hlušina, tvořící většinu hald, je nežádoucí nerostná nebo horninová složka při těžbě nerostných surovin. Hlušina často (zejména ta z uhelných dolů) obsahuje hořlavý materiál, který vlivem vnějších i vnitřních procesů může začít projevovat termickou aktivitu. Dle tohoto faktoru můžeme obecně haldy rozlišit na nehořlavé, hořlavé, hořící a prohořelé (Kirchner, 2010). Důlní hlušina před uložením na haldy ve většině případů nepodstupuje zmenšení jednotlivých částic. Jednotlivé složky tak mohou být ve velikostním rozmezí od prachových částic až po jednotky (výjimečně i desítky) centimetrů velké kusy hornin. Obecně větší procentuální obsah hrubších frakcí znamená vyšší propustnost odvalu. Menší částice naopak zajišťují větší stabilitu těles. Hlušina obecně podléhá menšímu nasycení vodou a vyšší propustnosti, což vede k lepším konstrukčním vlastnostem. Vyšší propustnost nicméně znamená větší ekologická rizika, zejména kontaminaci vod,



především jedná-li se o odvaly obsahující reaktivní hlušinu (Stalmachová, 1996). Hlušina tvořící jednotlivé haldy se liší dle druhu těžené nerostné suroviny a geologického podloží regionů, ve kterých odval vznikl.

### 1.1 Tvarování hald a zásady při jejich zakládání

Jedním z nejdůležitějších aspektů při zakládání výsypek, je dodržování vhodných principů a postupů při jejich tvarování. Tyto principy by měly zaručit stabilitu odvalu, jeho rezistenci proti erozi, minimalizovat možnosti samovznícení a kontaminace okolí, minimalizovat zábor půdy a v neposlední řadě zaručit vhodné podmínky pro následnou rekultivaci odvalu s ohledem na místní přírodní podmínky a estetickou funkci krajiny (Kryl et al. 2002).

V minulosti tyto zásady nebyly stanoveny a neexistoval dostatečná základna vědeckých a metodických postupů k řešení těchto problémům. Díky tomu probíhal provoz odvalů méně systematicky, s menším ohledem na životní prostředí a docházelo k používání méně vhodných způsobů ukládání haldoviny, a také k ukládání nevhodných materiálů. To vedlo k často neúspěšné sanaci a rekultivaci daných odvalů

Haldy mohou s ohledem na svůj tvar a typ provedené rekultivace plnit řadu funkcí, jako plnohodnotné součásti životního prostředí. Tento fakt by měl být zohledněn již při jejich zakládání, a to tak, aby byla rekultivovaná halda využita v souladu s charakterem krajiny. Obecně lze odvaly rozdělit na následující tvary (Kirchner et al. 2010, Stalmachová 1996):

kuželovité: morfologicky velmi výrazné. Většinou se naváží na plochých terénech a dosahují značné výšky

kupovité: oproti kuželovitým odvalům jsou plošně rozsáhlejší, nemají ostrý vrchol a mají mírnější svahy

hřebenovité: výrazně protáhly půdorys, podobný přírodnímu hřebeni

hřbetové: morfologicky shodné s přírodními hřbety tj. protáhlé vyvýšeniny s délkou přesahující šířku. Vznikají při specifickém ukládání hlušiny lanovou dráhou

tabulové: vrchol tvoří rozsáhlejší plošina, výška zpravidla není velká

terasové: nižší než odvaly tabulové. Jednotlivé terasy mají protierozní funkci, často vznikají ve sníženinách (přirozených či poklesových)

svahové: sypaní hlušiny probíhalo po přirozeném svahu. Jsou částečně pokračováním přirozeného terénu

ploché: malé výšky, rozprostřené po rozsáhlých plochách, můžeme pod ně začadit i haldy zarovnávací (tzv. zasypávky)

Haldy lze dále členit dle kubatur, rozlohy, funkce, výšky a dalších ukazatelů, např. dle doporučující metodiky Evropské unie: Classification of mining waste facilities (2007). Jendotlivé typy hald podstupují v delším časovém horizontu rozdílné rizikové procesy a následné rekultivace probíhají v závislosti na jejich tvaru.

## 1.2 Odvaly ostravsko-karvinského revíru

Odvaly OKR jsou pozůstatkem výhradně po těžbě v hlubinných černouhelných dolech. Dominantním materiálem těles odvalů je karbonské hlušina (Jelínek, 2010). Tato hlušina je z petrografického pohledu tvořena zejména těmito složkami (Kryl et al., 2002):

- pískovce: arkózový, světle šedý, obsahují hlavně křemen, živec a slídu
- pílovece: jílovitá, tmavošedá uhelná břidlice s pelickou strukturou, menší obsah prachovitých částic, obsahuje uhelnou příměs
- prachovce: tmavošedá uhelná břidlice, zejména jílovitá hmota s uhelnou příměsí

Přestože dominantním tvarem odvalů v OKR byl tzv. kuželový odval, je naprostá většina těchto morfologických tvarů snížena, rozvezena, případně využita jako stavební materiál. Tento postup byl preferován s ohledem na snahu začlenit tyto struktury do krajiny (Řehounek et al., 2015). V celém OKR se nachází na 300 odvalů, z nichž je většina rekultivována (Kirchner, 2002).

V minulosti na těchto odvalech byly prováděny rekultivace zejména technickým přístupem, které vedly k homogenizaci jednotlivých ploch s vysazováním rekultivačních dřevin.

Již během kupení se na dvou odvalech ostravské a jednom odvalu petřvaldské části revíru projevíly dosud trvající termické procesy. Díky tomuto fenoménu odvaly prodělávají výrazné změny jak z hlediska fyzikálních a chemických vlastností materiálů tvořících odval, tak vegetačního krytu.

### 1.3 Termicky aktivní odvaly

Na odvalech je díky přítomnosti uhelné složky v hlušině možnost vzniku termické aktivity. Ta je vzhledem k petrografickému složení těžbu doprovázejících hornin neoddělitelnou součástí hlušiny. V karbonské hlušině se uhelná složka vyskytuje jak ve formě čistého uhlí s proměnlivou zrnitostí, tak ve formě vázaných uhelných částic, které jsou dispergované zejména v jemnozrnných karbonských horninách (Jelínek, 2010).

K termické aktivitě na odvalech dochází především samovznícením uhelné složky. V první fázi dochází k oxidaci a následným záparům, které iniciují termickou aktivitu (Hájkovský, nedatováno). Fyzikální vlastnosti odvalů, jako nižší albedo (díky přítomnosti tmavých hornin) a vyšší propustnost vody, přispívají k urychlení těchto procesů. Teploty na černouhelných odvalech bez vegetačního krytu, případně půdního překryvu běžně dosahují 50 - 60°C, v letních měsících až 70°C (Wu, 1996). Průběh a trvání termických aktivit na odvalech se liší dle místních podmínek a závisí na mnoha faktorech jako jsou např. obsah a typ uhelné složky, rozloha odvalu a jeho tvar. Celkový průběh těchto procesů je však stejný na většině uhelných odvalů a obecně se skládá z pěti fází (Hájkovský et al., 2013):

1. Zvětrávání železitých sulfidů v uhlí a hornině, spolu s bakteriální aktivitou
2. Samovznícení uhelné složky a iniciaci její karbonizace. Rozpětí teplot od 75 - 500°C
3. Vývoj hoření a karbonizace s navýšením teploty od 500 - 900 °C
4. Transformace hornin za vysokých teplot, vznik porcelanitů, spinelidů a alkalických skel, za teplot nad 900°C
5. Postupné utlumování termické aktivity, s pozvolným chladnutím odvalu pod 75°C

Termická aktivita na odvalech je spjata s řadou negativních projevů na životní prostředí a obtížnou a nákladnou rekultivací. Mezi tyto projevy řadíme zejména (Wasilewski a Skoticzyn, 2015):

- Emise par a hořlavých plynů, způsobené existencí aktivních endogenních projevů hoření
- Periodická ztráta viditelnosti při výskytu extrémních podmínek, např. vysoké emise plynů a prachu
- Zvýšení teplot v oblasti potenciálních zdrojů požáru
- Výskyt děr, propadlin a dalších podpovrchových tvarů ohrožujících stabilitu odvalu
- Obtížná rekultivace a omezení přirozené sukcese vegetace

Díky těmto vlastnostem jsou termicky aktivní odvaly jedny s nejsložitějšími sanačně rekultivačními projekty k realizaci. Přestože existují moderní metody monitoringu a predikce šíření termické aktivity (například Macháček a Hájkovský, 2013) jejich implementace v praxi je stále náročná, s nejistými výsledky. Tyto obtíže lze pozorovat např. na zmíněných odvalech OKR. K nejisté predikci zde přispívá neznámé složení hlubších vrstev odvalu a kubatura jednotlivých materiálů. V důsledku řady neznámých faktorů se výsledky modelů často rozcházejí s pozorovanou realitou.



**Obrázek 1:** *Následky termické aktivity (odval Heřmanice). Sírny květ a devastace vegetace*

**Zdroj:** *foto autor*

Pro zaručení bezpečnosti a únosného environmentálního rizika je nutno tyto odvaly průběžně monitorovat. Monitoringem lze dosáhnout správného ohodnocení environmentálního imapktu těchto odvalů a zvolit vhodný postup při jejich sanaci. Monitorování a hodnocení termických aktivit zahrnuje (Wasilewski a Skoticzny, 2015):

- Monitorování plynného prostředí (CO, CO<sub>2</sub>,PAU apod.)
- Termální monitoring povrchu a nitra haldy
- Monitorování svahů pomocí geotechnických metod
- Monitorování hydrogeologických poměrů v oblasti, zejména kvalitu podzemní vody
- Monitorování chemismu zemin

Spolu s termickou aktivitou nastává problém, jak začlenit tyto odvaly jako socio-kulturní, případně ekonomickou složku krajiny. Z důvodu snížené bezpečnosti se přistupuje

k omezení pohybu na ploše odvalu a dlouhodobý charakter rekultivační práce komplikuje jejich budoucí využití. Použitím současných technologií je možné termickou aktivitu odvalu využít jako zdroj tepelné energie, tyto projekty jsou však neaplikovatelné pro většinu odvalů. Ve velké míře jejich úspěšnost závisí na míře termické aktivity, poloze jejího ohniska, tvaru odvalu, stejně jako na přítomnosti objektů, které je mohou danou energii využít. Pokusy se získáváním tepelné energie proběhly na zájmovém území pouze na odvalu Hedvika (Kresta, 2014). Proces akumulace tepelné energie odvalu a její redistribuci a využití pospal např. Hájkovský et al. (2016) nebo Kresta (2014), který uvádí úspory na výdajích za tepelnou energii v hodnotách sta tisíců Kč (v závislosti na intenzitě termální aktivity).

## 2 REKULTIVACE A OBNOVA ÚZEMÍ ZASAŽENÝCH TĚŽBOU

Rekultivací se rozumí komplexní proces obnovy stanovišť narušených těžební činností. Zásadní součástí každé takové snahy, by mělo být stanovení cílového ekosystému, společnostva či kvality populace na rekultivovaném prostoru (Řehounek et al., 2015). Tyto snahy by měly opětovně začlenit devastované území do životního prostředí, nejlépe jako funkční a cenný prvek. Samotná příprava rekultivačních prací by měla být zahájena již před otevřením důlních prostor. Celková struktura rekultivace by měla vést k tvorbě pestré krajinné stuktury, které lze dosáhnout dodržením požadavků na ekologickou vyváženost, ekonomickou efektivnost, zdravotní a hygienickou nezávadnost a estetickou a rekreační hodnotu krajiny (Stalmachová, 1996).

První rekultivační práce se na českém území začaly provádět zhruba v 50. letech minulého století. Již ve 20. letech se objevili první snahy o obnovu vegetačního krytu v těžbou poškozených oblastech SHR (Pöpperl, 2002), nicméně tyto snahy zcela postrádaly technickou stránku a tudíž se nedají považovat za rekultivaci v pravém slova smyslu. Rekultivace 50. a 60. let byly většinou prováděny na pozemcích ovlivněných bývalou hlubinnou těžbou. Jejich koncepce byla jednoduchá, jednalo se většinou o zemědělské rekultivace bez využití překryvu ornici a lesnické rekultivace s minimální úpravou stanovišť a pozemků. V následujících desetiletích probíhal vývoj metodiky a technologických postupů rekultivací. V 70. letech se jednalo zejména o zavedení drobných hydrických prací, které se do této doby neprováděly. Začal se prosazovat koncept rekultivační tvorby ekotopu a docházelo k prvnímu selektivnímu ukládání hmot. Tento postup mělo přispět ke zlepšení průběhu zemědělských rekultivací po uzavírce odvalů (Kryl et al., 2002).

80. léta se vyznačovala především snahou cíleně vytvářet zemědělské, lesnické a hydrické ekosystémy. Přistupovalo se k sociálně efektivním a účelovým rekultivacím, které vedly k ryhlejším začlenění hlušinových útvarů do aktivně využívaného životního prostředí běžných obyvatel. Tyto koncepty vedou již od 90. let k ekologizaci rekultivačního cyklu a jeho směřování ke krajnotvorné koncepci. Odstupuje se tak od zemědělských či lesnických rekultivací a přistupuje se k výrazné sociální orientaci celých projektů (Kryl et al., 2002).

Vývojová stádia přístupu k rekultivacím lze dle Stalmachové (1996) charakterizovat následovně:

- Od ozeleňování po tvorbu ekosystému
- Od krátkodobé koncepce ke komplexní dlouhodobé koncepci
- Od rekultivace malých dílčích pozemků a ploch ke strategii rekultivace celého území
- Od těžby a rekultivace jako dvou odělených entit k úpravě skladování a tvorby těžebního odpadu, tak aby mohl být vhodně rekultivován a spojení těžebních prací s počátky rekultivačních snah
- Od zemědělských a lesnických rekultivací ke komplexnímu řešení ploch ke tvorbě vhodných volnočasových prostor, infrastrukturních prvků a investičních oblastí

Postupným rozvojem teoretické základny a praktických poznatků během realizace rekultivací vznikla 3 teoretická východiska metod obnovy krajiny.

1. Přírozená revitalizace – spočívá v ponechání krajiny přírozené sukcesí, bez jakékoliv výsadby či překryvu povrchu hlínami. Vede k vytvoření přírozených vyvážených a ekologicky hodnotných biocenóz (Stalmachová, 1996)
2. Technický a technologický přístup – využitím technických a technologických postupů lze rychle rekultivovat poškozená území. Toto čistě umělé vysazování cílových porostů je však dle mnoha současných přístupů považováno za krajně nežádoucí (např. Řehounek et al., 2015; Hodeček a Kuras, 2016).
3. Řízená revitalizace – východisko vzniklé v 90. letech 20. Století. Spočívá v usměrňování přírozené sukcese a využívání přírozených procesů pro úspěšnou, kvalitní a stabilní rekultivaci. Pomocí zásahů do přírozené sukcese lze vytvořit hodnotné přírodě blízké společenstva (např. Bradshaw, 2000; Gremlica et al., 2011).

Každý z přístupů nese řadu pozitivních i negativních faktorů, je proto nezbytné zohlednit socio-ekonomické a územně-technické podmínky (Stalmachová, 1976). Přírozená sukcese je spjata s pomalejším průběhem. Pokročilá stádia sukcese lze na nerekulitovaných haldách pozorovat po cca 20 letech, přírodě blízké biotopy nastávají zhruba mezi 50 – 60 lety, v závislosti na místních podmínkách.

Technický přístup, je volen zejména při nutnosti rychlé rekultivace, nachází-li se halda v hustěji obydleném prostředí a má-li přímý negativní vliv na kvalitu životního prostředí. Nevýhodou tohoto přístupu je jeho vyšší finanční náročnost a nejistý vývoj výsadby na



antropogenních substrátech. Z tohoto důvodu se stále častěji přistupuje k řízené rekultivaci, které spočívá v usměrňování přirozené sukcese ke kýženému stavu vegetace. Během usměrňování dochází k potlačování nežádoucích invazivních rostlin, prosekávání náletové vegetace a vysazování pozdějších sukcesivních druhů. Na vlekoplošných odvalech (nad 50ha) je doporučováno vytvoření heterogenní krajiny, s rozdílnými typy biomů, plochami s technickou rekultivací a zároveň plochami určenými k přirozené sukcesi. Vytvořením heterogenní matice lze dosáhnout vytvoření ekologicky cenných biomů s širokou biodiverzitou (Řehounek et al., 2015).

Většina hald v České Republice má předpoklady k rekultivaci, pomocí přirozené či usměrňované sukcese (90% – 100% všech těžebních hald). Úspěšná realizace záleží zejména na vhodném projektování, disturbancích a stanovení jasného cíle při rekultivaci. Bylo však dokázáno, že přirozená či usměrňovaná sukcese vede k bohatším a stabilnějším biotopům a vytvoření hodnotných přírodě blízkých prvků krajiny (Řehounek et al., 2015).

## **2.1 Postup rekultivací**

Samotný proces rekultivace se na případě důlních odvalů skládá ze čtyř základních etap. Tyto etapy zahrnují veškeré technické a technologické postupy, které jsou specifické pro jednotlivé projekty. Celkový koncept zastřešuje veškerou interdisciplinární spolupráci, jejímž cílem je úspěšná rekultivace po uzavírce dolu (Stalmachová, 1996; Kryl et al., 2002).

### **2.1.1 Etapa přípravná**

Důraz je v této etapě kladen na projekční činnost a vytváření koncepcí, které povedou k vhodným podmínkám pro následující etapy. Má preventivní a optimalizační charakter (Stalmachová, 1996). Jedná se zejména o hledání územně přijatelnému řešení s využitím pedologických, geologických a hydrogeologických průzkumů oblasti (Kryl et al., 2002).

### **2.1.2 Etapa důlně technická**

Tato etapa je specifická pro důlní rekultivace. Její průběh začíná již během otevření důlního prostoru a souvisí zejména s řešením technicky a ekonomicky přijatelných možností rekultivace. Mezi hlavní úkoly této etapy spadá výběr vhodných složišť odpadů, způsob tvarování a ukládání hlušiny, selektivní odklíz nadložních zemin. Cílem této etapy

je minimalizovat devastaci území v průběhu těžby nerostu (Stalmachová, 1996; Kryl et al., 2002).

### 2.1.3 Etapa biotechnická

Dělí se na technickou a biologickou fázi. V první fázi musí být většina odvalů podstoupit řadu náročných terénních úprav. Jde zejména o úpravy tvaru reliéfu, tedy terénní úpravy stanovišť jejich funkce je dle Stalmachové (1996) následující :

- odstranění extrémů
- lepší začlenění objektů do krajiny
- realizace protierozních opatření
- realizace protisesuvních opatření
- úprava odtokových poměrů v území

Dochází také k vyplňování depresí a odstranění elevací, čímž se přispívá k přípravě odvalu na biologickou fázi . Druhým krokem je úprava stanovišť návozem vhodných zemin. V případě vynechání tohoto kroku se jedná o rekultivaci přímou, tedy takovou, kdy dochází k výsadbě (popř. sukcesi) přímo na důlní hlušině. Výsledky českých i zahraničních experimentů však dokazují, že metodou přímě rekultivace nebylo ani v delším časovém období několika desítek let dosaženo úrodných stanovišť.

Poslední fází technické etapy je pak hydromeliorační úprava území. Jedná se o snahy podpořit tzv. malý koloběh vody v krajině a zároveň technické řešení odvodnění lokality (Stalmachová, 1996; Kryl et al., 2002; Gremlica et al., 2011).

Biologická etapa rekultivačních prací se provádí na definitivním tvaru tělesa. Její návrh by měl odrážet ekologické poměry dané lokality, stanovené cíle a postupy. Jedná se o tzv. zúrodnovací proces revitalizace. Samotné biologické rekultivace lze rozlišit na několik typů:

- Zemědělské rekultivace: dále dělené na agrotechnické (cílem je orná půda) a pomologické (cílem jsou vinice, sady). Úspěšnost je většinou závislá na překryvce vhodnou zeminou
- Lesnické rekultivace: cílem je ozelenění, a to jak pomocí produkčních lesů či lesů pro zvláštní určení
- Hydrické rekultivace: budování nádrží a rybníků a jejich biologické oživení, případně stabilizace vodních režimů

- Ostatní rekultivace (obsahuje rekultivaci sadovnicko-krajinářské): veškeré formy tzv. řízené sukcese a tvorba společensky využívaných ploch

V současnosti je ve většině případů stále používána lesnická rekultivace, podíl rekultivací ostatních se však postupně zvyšuje. Lesnická rekultivace a zejména výsadba monokulturálních celků, je s postupem ekologizace vnímána spíše negativně (např. Řehounek, 2015; Bradshaw, 2000; Gremlica, 2011). Přestože díky průběhu řízené sukcese nelze předpovídat konečnou skladbu společenstev, ani hustotu vegetačního krytu na jednotlivých místech, je nezbytné vnímat přírodní procesy jako součást krajiny a udržitelného rozvoje, jejich estetickou hodnotu a zároveň jejich ekonomickou výhodnost.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

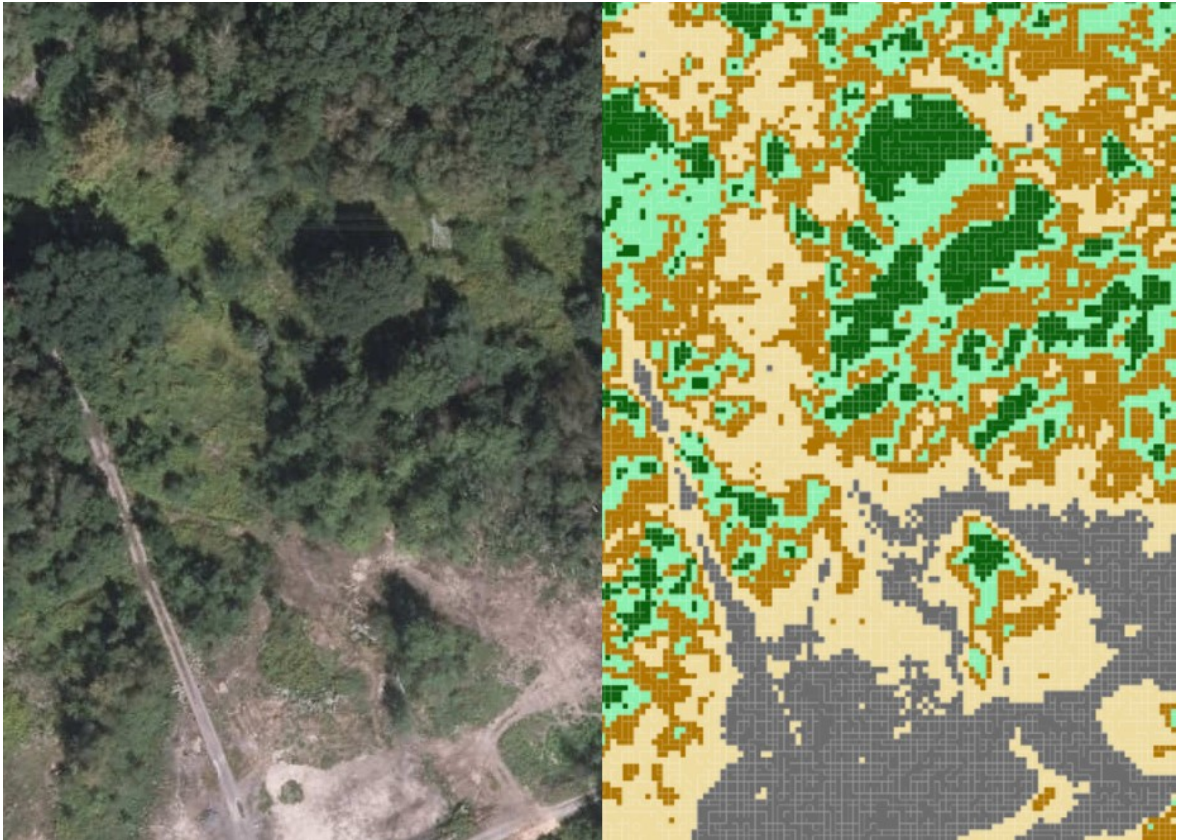
### 3 METODY

Pro analýzu vegetačního krytu byly vybrány černouhelné odvaly OKR, s dlouhodobým výskytem termické aktivity. Vzhledem k charakteru těchto projevů, se jeví tyto odvaly jako jako ideální zájmové území pro studium vegetačního krytu, jeho změn a vlivu termických procesů na něj.

Prostorová data o odvalech byla získána od Diamo, s.p., odštěpný závod Odra ve formě liniového .dwg souboru. Ten byl následně konvertován do souboru typu .dxf a zobrazen jako vektorová vrstva v softwaru QGIS verze 2.18.14 Las Palmas (s nadstavbou GRASS v. 7.4.0). Georeferencovaný soubor obsahoval hranice zájmových odvalů s termickou aktivitou. Liniová forma hranic byla pomocí geometrického nástroje (lines to polygons) převedena na polygon a rozdělena dle jednotlivých odvalů do korespondujících shapefile (.shp) v koordinačním souřadnicovém systému S-JTSK (Krovak East North).

Rastrové soubory, které slouží jako podklad pro následnou analýzu vegetačního krytu byly exportovány z časové řady ortofotomap ČÚZK, pomocí geoportálu Moravskoslezského kraje a následně oříznuty pomocí polygonových vrstev odvalů. Tímto byly vytvořeny georeferencované rastrové vrstvy GeoTIFF pro každý z odvalů a to z let 2000, 2006, 2012 a 2016. První dostupné data z roku 1955 byly díky své kvalitě nevhodné pro tento postup a byly využity pro zhodnocení stavu odvalů za jejich porvozu pouze pomocí vizuální analýzy.

Následujícím krokem byla vektorizace jednotlivých rastrových vrstev pomocí rastrového nástroje polygonize (raster to vector). Tímto krokem bylo docíleno vytvoření polygonové vrstvy, jejíž každý polygon měl přiřazenou číselnou hodnotu dle původní barvy pixelu v rastrové vrstvě. Díky rozdílným hodnotám v atributové tabulce u každého polygonu lze k určení vegetačního krytu (dle vhodně určených kategorií) použít klasifikaci pomocí Jenkovy metody přirozených zlomů, která kvalitativně rozdělila polygony dle jejich odstínu.



**Obrázek 2:** Příklad vektorizace rastrových vrstev a klasifikace polygonů

**Zdroj:** ČÚZK a autor

Extrakce jednotlivých typů vegetačního krytu byla provedena pomocí SQL dotazu v nástroji select by expression v softwaru QGIS, použitím výrazu "DN" >= X AND "DN" <= Y, kde DN = barevný atribut každého polygonu vyjádřený celým číslem, X = spodní hodnota atributu dle přirozených zlomů a Y = horní hodnota atributu dle přirozených zlomů. Tímto postupem se pro každý odval vytvořila samostatná polygonová vrstva odpovídajícímu danému typu vegetačního krytu (případně land cover). Pro každou z těchto vrstev byla dále vypočítána plocha jednotlivých polygonů, a to použitím Field calculator a výrazu \$area.

Tyto metody následovala statistická evaluace dat a jejich porovnání s obrazovým materiálem. Díky této bližší examinaci se s využitím terénního průzkumu a informací poskytnutých zaměstnanci Diamo, s.p., odštěpný závod Odra práce snažila vysvětlit vývoj vegetace, příčiny jejích změn a kvatifikovat tyto výstupy. Kombinací diskutovaných metod lze pozorovat a kvatifikovat dlouhodobé změny ve vegetačním krytu jednotlivých odvalů, identifikovat plochy s největšími změnami a určit faktory, které ovlivňují genezi odvalů největším měřítkem. Následující analýzu vegetačního krytu lze využít pro určení rizikových faktorů a vhodných postupů při rekultivační činnosti.

## 4 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Zájmovým územím této práce jsou 3 termicky aktivní odvaly ležící na území ostravsko-karvinského revíru - odval Heřmanice a Ema (ostravská část revíru) a odval Hedvika (petřvaldská část revíru). Tyto černouhelné odvaly dlouhodobě podléhají termickým procesům, které negativně ovlivňují jejich nejbližší okolí a společenstva obývajících jejich povrch. Přes negativní faktory se díky mikroklimatickým podmínkám, mineralogickému složení půd a řadě dalších faktorů, staly habitatem vzácných druhů (Hodeček a Kuras, 2016; Řehounek et al., 2015).

Zejména na příkladu termicky aktivních odvalů můžeme pozorovat, vliv těchto těles na vegetační kryt. Jeho devastace v bezprostředním okolí termických aktivit, je v přímém kontrastu s výskytem řady ohrožených druhů rostlin např. divizny švábovitě (*Verbascum blattaria*), hruštičky okrouhlosté (*Pyrola rotundifolia*) a dalších (Řehounek et al., 2015). Negativní projevy termicky aktivních odvalů jsou pozorovány na větší koncentraci polutantů v porovnání s odvaly bez termické aktivity. Mezi tyto polutanty nejčastěji patří CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HCl, HF, těžké kovy a další látky (např. Surovka et al., 2017; Pertile et al., 2017 aj.).

Vegetace na vybraných stanovištích se vyvíjela již za jejich provozu, kdy na nevyužívaných částech probíhaly první rekultivační práce a docházelo k postupné primární sukcesi pionýrských druhů. V počátku těchto snah je nezbytné dodržet zásady nastíněné v teoretické části této práce. Sledováním postupného vývoje vegetace a úspěšnosti rekultivačních výsadeb lze v následujících etapách rekultivací upravit prováděnou výsadbu, případně se zaměřit na usměrňování sukcese vybranými druhy.

K problému zájmových odvalů patří kromě jejich termické aktivity, výskyt pro rekultivaci nevhodných půd. Oblasti, které nebyly překryty skrývkovými hlínami se dlouhodobě potýkají se zvýšeným úhynem vysazovaných dřevin a jako vhodnější se v jejich případě jeví ponechání přirozené sukcese. Vzhledem ke stáří odvalů lze předpokládat postupné zlepšení fyzikálních vlastností půd a postupné vytváření humusového patra (Dawn, 1975).

### 4.1 Odval Heřmanice

Největší odvalový komplex ostravsko-karvinské pánve ležící v katastrálním území Hrušov (Malucha, 2004). Jedná se o rozsáhlý antropogenní komplex navazujících, propojených



navážkových struktur a komplexu odkališť (Jelínek, 2010; 2014). Jednotlivé struktury komplexu, lze dle archivních podkladů vymezit následovně:

- odval Svoboda a autoodval: severně od bývalého Dolu Heřmanice (dříve Důl Stalin, Rudý říjen 2). Provozní část tohoto hlušínového odvalu, byla využívána až do roku 1990, tedy do uzavření Dolu Heřmanice. Sypná výška odvalu činí v průměru 20 - 30m.
- odval Karolina: severně od bývalého dolu Ida (později Rudý říjen 1). Výška navážky v minulosti činila až 70 metrů.
- součástí komplexu jsou také 3 odkalovací nádrže ČOV Heřmanice. Tyto nádrže vznikly jako akumulací prostor pro naplavování fenol-čpavkové vody z Koksovny Svoboda, na vrstvu uhelných kalů. Nádrže nesou označení K1, K2 (provozní - střídavý provoz) a K3 (záložní, nebyla využita)

Prostorově lze tento komplex vymezit železniční tratí Ostrava-Bohumín, Heřmanickým rybníkem a spojnicí mezi bývalými doly Ida a Heřmanice (Jelínek, 2014). Hranici odvalu, díky členitému území není možno přesně určit, neboť se celé blízké okolí nachází na hlušínových navážkách, které byly nejdostupnějším korekčním materiálem (Jelínek, 2010). Zájmové území přímo sousedí s Heřmanickým rybníkem, který spadá do soustavy NATURA 2000 (jako součást ptačí oblasti Heřmanský stav - Odra - Poolší a evropsky významná lokalita Heřmanický rybník) a je tak v přímém kontrastu brownfieldu a odvalového komplexu (AOPK, 2018; Kubečka et al., 2017).

Kromě karbonské hlušiny z bývalých dolů Ida a Heřmanice se na odval ukládalo nezjistitelné množství komunálního, stavebního i průmyslového odpadu (Jelínek, 2010). Tento fakt zřejmě ovlivňuje dopad odvalu na životní prostředí v jeho okolí a lze předpokládat, že pokud by došlo ke zasažení těchto starších struktur odvalu termickou aktivitou, dojde ke zhoršení emisních ukazatelů odvalu.

Odval prošel po roce 1976 rozsáhlou rekultivací, která zahrnovala celé širší okolí. Bylo provedeno snížení odvalu Karolina a jeho propojení s odvalem Svoboda. Během této rekultivace došlo k zalesnění svahů (některé části byly zalesněny již v roce 1970), snížení kuželů odvalu a úprava na terasovité uspořádání, vedoucí ke zlepšení odvětrávání odvalu. Přebytečná hlušina byla využívána ke stavbě hrází kalových nádrží K2 a K3.

V současnosti je širší území bez kontaminace (Kubečka et al., 2017), nicméně na území samotného odvalu se již od konce 80. let projevuje termická aktivita (Jelínek a Gazdová,

2009). Ta se poprvé projevila na jižním svahu odvalu "Svoboda" a v následujících letech se místy proměnila až v otevřené vnější požáry. Tyto projevy vznikly důsledkem zápar a endogenních požárů, díky kterým došlo k prohořívání kořenových systémů dřevin vysazených při lesnické rekultivaci v průběhu 70. a 80. let. Obsah uhelné složky v hlušině odvalu vedl k rozšíření výrazných vnějších projevů termické aktivity na povrchu a postupnému odumírání vegetace. V celé centrální část odvalu se projevují typické doprovodné jevy při termických procesech na navážkových odvalech - zvýšená prašnost, výstup horkých par, odumírání vegetace, krystalizace síry na povrchu a celková devastace povrchu a teploty nad 500°C již několik desítek centimetrů pod povrchem. Výskyt termické aktivity a její postup nelze ani za použití matematických modelů a termometrických měření predikovat. Od července 2016 ke komplexnímu řešení odvalu přispívá separační linka, která je schopná separovat uhelnou a kamennou složku hlušiny.

## 4.2 Odval Hedvika

Odval dolu Hedvika (později závod Hedvika pod „velkodolem" Julius Fučík) se nachází v těžebním prostoru Petřvald I. Tento prostorově rozsáhlý důlní odval je seskupením hlušinových navážek, které začaly vznikat kolem roku 1903 (přesný rok vzniku není znám) a je tak jedním z nejstarších hlušinových odvalů v OKR. Nachází se v petřvaldské části revíru, ve východní části katastrálních území Michálkovice a Radvanice (městské obvody Ostravy), kde se odval rozšířil v 60. a 70. letech. Nejvýchodnější část odvalu spadá do katastru Petřvald u Karviné (okres Karviná) (Šmolka, 2004; Surovka et al., 2017). Tvar odvalu je nepravidelný, v severovýchodní části modelován do tabulové podoby. Rozšiřování odvalu bylo prováděno podél přirozené morfologické deprese (Hájkovský, 2015), nejintenzivněji v 60. a 70. letech, kdy odval sloužil k ukládání hlušiny ze závodu Pokrok (Šmolka, 2004). V této době odval nabyl své nynější podoby a plochy, která činí cca 32ha (některé zdroje uvádí až 40,6ha) a průměrné sypné výšky mezi 12 - 13m (např. Nešporek, 2013; Gazdová, 2017). Objem uloženého materiálu je odhadován na 4,2 - 5 milionu m<sup>3</sup>. Termická aktivita na odvalu byla poprvé pozorována již v 50. letech (Surovka et al. 2017), velmi rozsáhlé projevy termických procesů pak následovaly v 60. letech (Hájkovský, nedatováno). Tyto procesy jsou spjaty s vysokým obsahem uhelné složky v hlušině (místy až 30 - 50%), která byla na začátku 20. století pouze ručně vybírána. Odval byl zasažen řadou sekundárních problémů, které přispívají k šíření termické aktivity, např.

ukládání pařezů v odvalu (během roku 1964) a vznik divokých skládek komunálního a domácího odpadu.

Odval je v současnosti volně přístupný, na většině území tvořen porostem rekultivačních a náletových dřevin. Území odvalu je součástí tzv. Panského lesa a Velkého ostravského lesa. Kvalitu dřevin ovlivňují projevy endogenních požárů, které způsobují poškození kořenových systémů, odumírání nadzemních částí stromů, vývraty, napadání škůdci a celkově špatný zdravotní stav porostu (Gazdová, 2017). Odvalem prochází nadregionální biokoridor K99MH(MB) spojujícího regionální biocentra.

Termická aktivita odvalu je využívána společností Canis Safety, a.s. k vyhřívání skladovací haly a k předohřevu vody v administrativních budovách (Hájkovský et al., 2016).

V roce 2006 proběhlo experimentální zatopení epicenter termické aktivity injektáží jílového roztoku, nicméně tyto pokusy o omezení termické aktivity nebyly úspěšné a byly ukončeny. Po utlumení a stabilizaci aktivity v následujících letech nastal samovolný rozvoj termické činnosti, ve směru ke komerčně využívaným objektům.

### 4.3 Odval Ema

Dominanta ostravské městské zástavby je seskupením 3 odvalů z bývalých dolů Ema, Trojice a Petr Bezruč (Hájkovský, nedatováno). Odval se nachází v horní části Trojického údolí v katastrálním území Slezské Ostravy. Rozloha komplexu činí cca 22ha. Jedná se o nejvyšší kuželový odval OKR, jehož sypná výška dosahovala 80 metrů (Hájkovský, 2015). Celkový objem uložené hlušiny se dle jednotlivých zdrojů výrazně liší, např. Jelínek (2010) odhaduje objem na cca 4 mil. m<sup>3</sup>, Koníček (2004) na 8 mil. m<sup>3</sup>, Pertile et al. (2017) 2,6 mil. m<sup>3</sup>. Na odval se v průběhu 2. světové války uložilo neznámé množství komunálního, domácího a stavebního odpadu (Pertile et al., 2017) a po jejím skončení také množství dřevěných pilin a výpěrků z úpraven (Hájkovský, 2015).

Odval byl provozován v letech 1920 - 1995. Termické procesy, které s různou intenzitou trvají dodnes, se na odvalu poprvé projevíly v 50. letech (Gacka, 2017). Pokusy o prevenci a omezení těchto procesů byly realizovány pomocí různých metod (např. sypání haldoviny a elektrárenského popílku, rýhování povrchu a injektáže suspenzní směsi a vytvoření izolačního předělu), nicméně jak uvádí Koníček (2004) komplexní sanace nebylo nikdy dosaženo. V současné době je termická aktivita na nízké úrovni. Projevy jsou

pozorovatelné na jihozápadním svahu centrálního kužele, v pásu o rozloze cca 2 000m<sup>2</sup>. Na 7 - 12m širokém pásu se nachází průduchy, kterými dochází k samovolnému výstupu horkých par na povrch (Koníček 2004). Oblasti zasažené termickou aktivitou se dle Pertile et al. (2017) také vyznačují zvýšenou koncentrací plyných polutantů (např. CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> aj.). Rozsah termické aktivity, je dlouhodobě neměnný (Jelínek, 2010), což může souviset s napojením tělesa odvalu na řadu důlních stařin v jeho podloží (Hájkovský, 2015).

Dosud provedené rekultivace spočívaly ve zploštění svahů a zalesnění obvodového prstence odvalu do překryvu souvkovými hlínami (Koníček, 2004). Centrální kužel vytvořil enklávu zeleně v městském prostoru, jež se stala kulturní památkou a vyhledávaným turistickým cílem (Gacka, 2017). Lokalita je zahrnuta v koncepci propojení volnočasových zón města Ostravy Černá louka, Slezskoostravský hrad, údolí Trojice, odval Ema, ZOO (Jelínek, 2010). Specifické mikroklimatické podmínky městského odvalu vedly k výskytu teplomilných fytoceenóz i zoocenóz (Dolný, 2000).

## 5 ANALÝZA VÝVOJE VEGETAČNÍHO KRYTU

Vývoj vegetačního krytu odvalových těles je značně ovlivněn způsobem rekultivace a intenzitou termických procesů. Obecným předpokladem je, že více zelené plochy vznikne provedením velkoplošné rekultivace s překryvem hlušiny zeminou. Důlní odvaly jsou nicméně stanovišti se značně komplikovanými podmínkami. Rostlinná společenstva zde podléhají řadě procesů, které vegetaci výrazně ovlivňují. Jak poukázala řada autorů (např. Bradshaw, 2000; Řehounek et al., 2015; Dolný, 2000 aj.) přirozený, případně usměrněný vývoj vegetace vede k druhově bohatším a stabilnějším ekosystémům. Velkoplošné rekultivace s překryvkami zemin jsou navíc velmi nákladné projekty (Bradshaw, 2000), s nejistým výsledkem. Některé ekologické faktory, jako je tvorba kondenzačních zón pod povrchem odvalu (Dolný, 2000), probíhají pouze jedná-li se o odvaly bez půdního překryvu.

Na odvalech se přirozeně vytvářejí podmínky pro iniciální a ruderalních typů biocenóz (Stalmachová, 1996), nicméně dosažení klimaxových stádií sukcese je dle Pracha et al. (2008) na těchto antropogenních formách reliéfu velmi nepravděpodobné, ne-li nemožné. Blokovaná sukcesní stádia na ostravských výsypkách představují útočiště specifickým hmyzím společenstvům. Na Hodeček a Kuras (2015), Dolný (2000) a řada dalších autorů se věnuje výskytu vzácných teplomilných druhů, které se v daných lokalitách vyskytují právě díky jejich specifickým mikroklimatickým podmínkám. Pro rekultivační cíl tedy Řehounek et al. (2015) doporučuje diferenciaci v provedení rekultivace, což povede k vytvoření vhodných podmínek vedoucích k výskytu vzácných druhů.

Použijeme-li sukcesní stádia antropogenních stanovišť, jak uvádí Prach et al. (2008), spadá zájmové území teoreticky do středního až pokročilého sukcesního stádia. Vzhledem k extremitám prostředí na zájmovém území (termická aktivita, emise, tmavé substráty) se závěr následující analýzy bude zabývat také stádiem, ve kterém se každý z odvalů reálně nachází v současné době.

Iničální stádia (1 - 3 roky)	Mladá sukcesní stádia (4 - 10 let)	Střední sukcesní stádia (11 - 25 let)	Pokročilá sukcesní stádia (nad 25 let)
<i>Conyza canadensis</i> <i>Persicaria lapathifolia</i> <i>Senecio viscosus</i> <i>Tussilago farfara</i>	<i>Agrostis stolonifera</i> <i>Atriplex sagittata</i> <i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Cardaria draba</i> <i>Carduus acanthoides</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Elytrigia repens</i> <i>Epilobium angustifolium</i> <i>Sisymbrium loeselii</i> <i>Tanacetum vulgare</i> <i>Tussilago farfara</i> <i>Typha latifolia</i>	<i>Agrostis capillaris</i> <i>Arrhenatherum elatius</i> <i>Avenella flexuosa</i> <i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Rubus</i> <i>Salix caprea</i> <i>Sambucus nigra</i> <i>Tussilago farfara</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i> <i>Betula pendula</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Populus tremula</i> <i>Salix caprea</i> <i>Sambucus nigra</i>

**Tabulka 1:** Přehled nejčastějších dominant sukcesních stádií

**Zdroj:** PRACH, Karel et al., 2008. *Sukcese vegetace na antropogenních stanovištích v České republice - přehled dominantních druhů a stádií.*

Klimatické a půdní podmínky jsou pro vývoj vegetace jedním z nejdůležitějších faktorů. Na každém ze zkoumaných odvalů se dlouhodobě projevují extremity, které značně zasahují do obnovy těchto území. Negativní dopady lze očekávat zejména v případě termické aktivity, která kromě přímé likvidace vegetace souvisí s řadou doprovodných negativních procesů (viz. kapitola 2.2). Wu (1996) poukazuje na pozitivní faktory spjaté s prohořením hlušinového materiálu a přímou návaznost na zlepšení půdních a mikroklimatických vlastností hlušiny (např. zvýšení albeda, lepší fyzikální vlastnosti substrátu). Výrazně kvalitnější vlastnosti prohořelých půd zdůrazňuje také Kimber et al. (1978), a to ve vztahu k chemickým vlastnostem půdy i sukcese vegetace. Celkově má vývoj vegetace na odvalech charakter primární autogenní sukcese (Dolný, 2000). Průběh tohoto procesu je značně závislý na místních podmínkách, které jsou specifické pro jednotlivé odvaly.

## 5.1 Odval Heřmanice

V rámci vývoje vegetace je odval Heřmanice jedním z nejdynamičtěji se vyvíjejících odvalů. Hlavní příčinou je termická aktivita. Převážnou většinu jejích projevů lze pozorovat ve

východní části odvalu (odval Svoboda). Odval Svoboda a autoodval v jižní části ve sledovaném období znamenaly nejvýraznější změny ve vegetačním krytu (viz. přílohy I – IV). Z analyzovaných dat jsou jasně patrné turbuletní změny které tyto části odvalu prodělaly v jednotlivých obdobích. V kontrastu stojí nárůst celkového objemu vegetace na odvalu Karolina (západní oblast), kde se termická aktivita neprojevila.

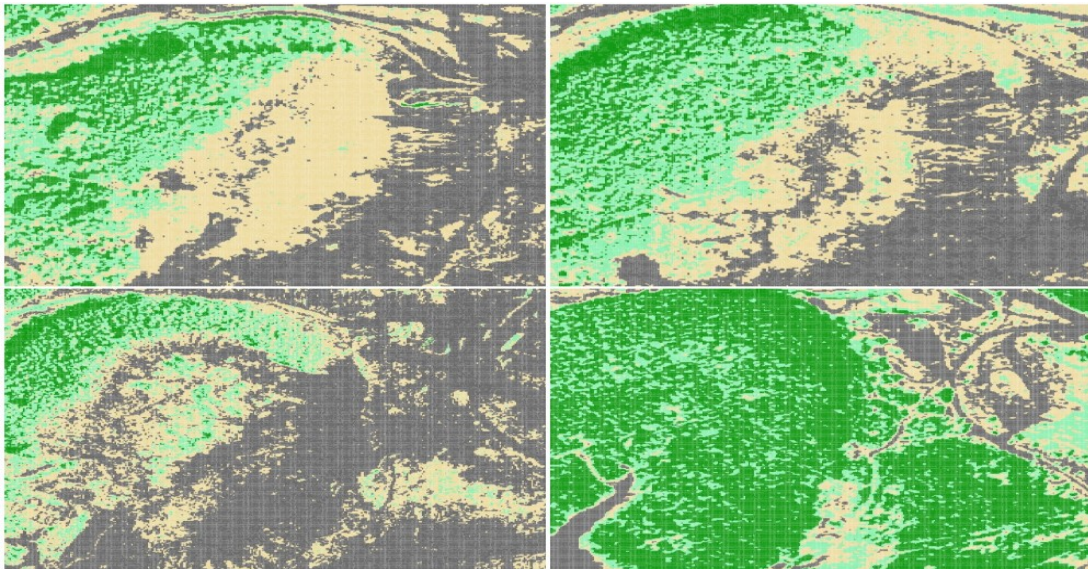
rok	vyšší dřeviny	křoviny	bylinné patro	hlušina	antropozem
2000	32,79%	32,27%	22,58%	10,01%	2,34%
2006	13,36%	28,69%	30,02%	20,68%	7,24%
2012	18,17%	29,14%	21,54%	23,13%	8,02%
2016	19,28%	26,71%	26,82%	19,90%	7,30%

**Tabulka 2:** Zastoupení jednotlivých typů vegetačního krytu na odvalu Heřmanice  
Zdroj: výpočty GIS

V období let 1955 – 2000 odval prodělal extenzivní změny svého povrchu, což vedlo k zastoupení dřevin až z 65%. Odval byl stále využíván a docházelo ke změnám v jeho struktuře a tvaru. Vybudována byla např. druhá kalová nádrž a došlo k založení autoodvalu na západní straně odvalu Svoboda (Malucha, 2004). Po uzavření odvalu v roce 1990 proběhla v západní části (odval Karolina) řízená rekultivace (Jelínek, 2010). Prostor odvalu Svoboda a autoodvalu byl ponechán přirozené sukcesi. Na stavu vegetace v roce 2000 (příloha I) je patrný rychlý postup primární sukcese, zejména břízy bělokoré (*Betula pendula*). V ostatních částech odvalu dominují spíše křoviny s bylinným patrem.

Rozdíl v zastoupení vyšších dřevin v části Karolina a Svoboda, je zřejmě způsoben vybraným druhem rekultivačních dřevin. Bříza je oproti běžným rekultivačním dřevinám schopná lépe snášet extremity prostředí a její meliorační vlastnosti přispívají ke tvorbě humusového půdního profilu (Čermák a Ondráček, 2009). Rozdílný přístup k rekultivaci de facto rozdělil odval na 3 oblasti – západní s řízenou rekultivací, východní s přirozenou sukcesí a severní oblast, ve které se nachází odkaliště, kde sukcese probíhá především na hlušinových hrázcích.





**Obrázek 3:** Vývoj vegetace odvalu Heřmanice (odval Svoboda) v letech 2016, 2012, 2006 a 2000

**Zdroj:** analýza GIS

Přestože na mapě z roku 2000 není patrná výrazná termická aktivita, byla rozsáhlejší manifestace těchto procesů pozorována od roku 1998 (první termické projevy se objevily již v 80. letech). Intenzita a rozsah termických aktivit prudce vzrostl v letech 2004 a 2005, kdy došlo k migraci podzemního ohniska do ostatních částí odvalu Svoboda. To vedlo k havarijnímu kácení dosud vyvinutého vegetačního krytu (Hejnic, 2009). Popsané skutečnosti vedly k prudkému snížení zastoupení dřevin jako vegetačního krytu na všech částech odvalu, a to i v oblastech bez termické aktivity. Byl to přímý důsledek termické aktivity a s tím související výrazné zhoršení přírodních podmínek, spolu s přirozeným úhynem rekultivačních dřevin. Úbytek pionýrských druhů dřevin na odvalu byl místně až 100% (východní svah odvalu Svoboda). V rámci celého území zastoupení vyšších dřevin resp. křovin kleslo o 19,5% resp. o 3,6%. To v přímém kontrastu vedlo ke zvětšení ploch s nepřekrytou hlušinou a antropozemí až na 28% celkové plochy odvalu.

Do roku 2012 lze ve zpracovaných datech stále sledovat postup termické aktivity a mírné zvýšení zastoupení hlušiny a antropozemí na odvalu o cca. 3%. Tyto změny jsou vázány výhradně na střední a východní části odvalu. Termicky neaktivní odval Karolina v tomto období zaznamenal postupný nárůst vegetačního krytu. Vyšší dřeviny v oblasti vzrostly zhruba o 5%. Nárůst je spojen s větší stabilitou odvalu v rámci doprovodných procesů termické aktivity, stárnutím rekultivační vegetace a obnovením přirozého sukcesního cyklu. Autogenní sukcese postupně pokračovala také na hrázích kalových nádrží, které jsou tvořeny stejným hlušinovým materiálem jako tělesa odvalů.

V následujícím sledovaném období se vegetační kryt proměnil pouze nepatrně. Data z roku 2016 ukazují mírný nárůst zastoupení vyšších dřevin a nárůst podílu bylinného patra o 5%. Postupně dochází k menšímu zastoupení hlušiny a antorpozemí. Mírné zlepšení situace je spjato s ustáním extrémních projevů termické aktivity a částečnou stabilizací území. Neutichající termické procesy však vedly k nutnosti odtěžení odvalu Svoboda a využití hlušiny v separačním komplexu. Odhadovaná doba trvání sanačně rekultivačních prací je cca 10 let, přičemž neuspokojivé výsledky z prvních měsíců provozu tohoto zařízení naznačily, že pro celkovou rekultivaci je pravděpodobnější delší časový horizont.



**Obrázek 4:** Projevy termické aktivity na vrcholu odvalu Heřmanice (výstup par a celková devastace vegetace)

**Zdroj:** foto autor

Z vývoje vegetačního krytu dovalu, je patrný hlavní zlomový bod, kdy mezi lety 2000 a 2006 došlo k devastaci více než 40% vegetačního krytu. Následkem bylo odkrytí vysokého procenta hlušiny, což dále vedlo ke zhoršení místních rozptylových podmínek. Vývoj odvalu od roku 2006 se přes stále trvající termické procesy značně stabilizoval. Došlo k provedení opatření, které mají jak z krátkodobého, tak dlouhodobého zajistit bezpečnost odvalu a postupné utlumení termických procesů. Lze předpokládat, že tyto opatření vedly k



zastavení úbytku vegetace, a omezení šíření podzemních ohnisek požáru do ostatních částí odvalu.



**Obrázek 5:** Hranice termické aktivity na odvalu Svoboda. Bylinné patro a nálet bříz vznikl přirozenou primární sukcesí

**Zdroj:** foto autor

V současné době se vegetace skládá zejména z pionýrských druhů a druhů přechodové fáze sukcese. Celý proces je však vzhledem k rozsáhlým disturbancím na území zpomalen a obnovení hustoty vegetace na úroveň roku 2000 (případně vyšší) je otázkou několika desítek let. Hlavním faktorem bude způsob zvolené rekultivace nového odvalového tělesa, které vzniká z hlušiny, které prošla separačním komplexem. V oblasti odvalu Karolina dochází k postupnému přírůstku vegetace.

Vývoj vegetace odvalového komplexu probíhá na nepřepálené hlušině. Přestože tato hlušina představuje mineralogicky méně vhodné půdní prostředí pro vegetaci (Wu, 1996; Kimber et al., 1978), narůstá spolu se stářím odvalu kvalita fyzikálních i chemických vlastností hlušínového substrátu (Down, 1975). Díky tomu se jako vhodný postup další rekultivace jeví úsměrněná sukcese. Dosažením uspokojivé kvality a objemu náletu na odvalu Svoboda v časovém horizontu 10 let od ukončení jeho provozu (1990 - 2000), se dokázala účinnost tohoto přístupu. Případné usměrnění a introdukce sukcesivně

pokročilých dřevin s ohledem na předpokládané využití odvalu (v současnosti je předpokládané využití jako les), by vedlo ke zvýšení ekologické hodnoty odvalu.

## 5.2 Odval Hedvika

Vývojově nejstarší odval Hedvika nezaznamenal v pozorovaném období výrazné disturbance, jež by byly srovnatelné s odvalem Heřmanice. Termická aktivita odvalu je maloplošná a komerčně využívaná (v experimentálním provozu). Hustota zalesnění se výrazně nemění. Odval lze rozdělit na oblasti dle zvoleného způsobu rekultivace. Ve východní a jižní části proběhla klasická lesnická rekultivace do podornice, zatímco v severní oblasti byly vytvořeny experimentální plochy, na kterých probíhala výsadba dřevin přímo do důlní hlušiny (Šmolka 2004).

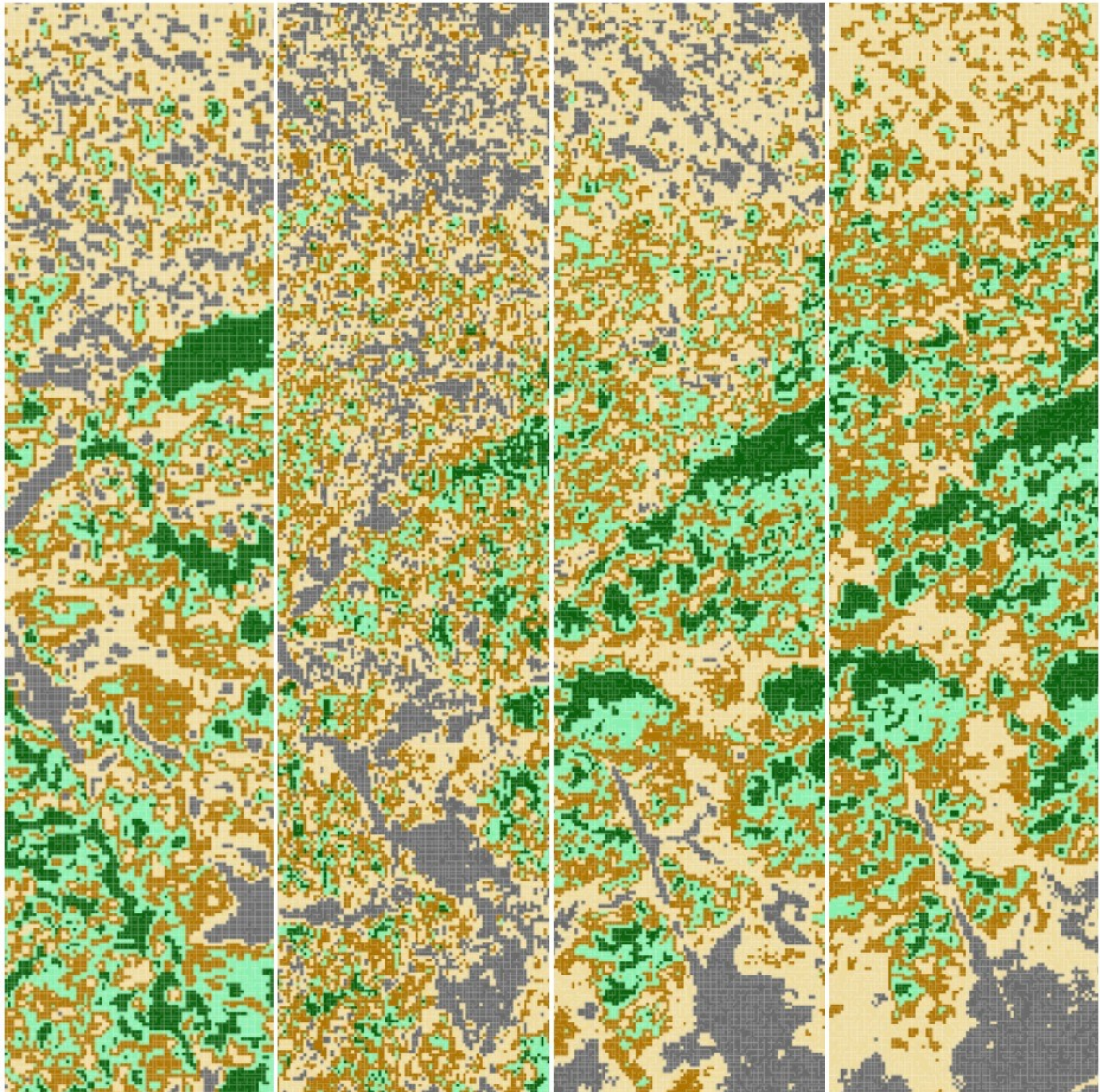
rok	vyšší stromová vegetace	stromový nálet	křoviny	bylinné patro	hlušina
2000	20,27%	28,22%	26,55%	17,19%	7,77%
2006	16,80%	24,59%	35,70%	16,09%	6,82%
2012	14,14%	37,47%	32,91%	11,47%	4,01%
2016	22,19%	33,52%	32,61%	10,01%	1,67%

**Tabulka 3:** Zastoupení jednotlivých typů vegetačního krytu na odvalu Hedvika

**Zdroj:** výpočty GIS

Na snímcích z roku 1955 je patrný provoz starší části odvalu. Ten se postupně rozšířil severozápadním směrem. V severní a jižní části odvalu je v této době patrná původní lesní vegetace. Během rozšiřování odvalu došlo k její částečné likvidaci. Provoz odvalu byl ukončen roku 1998 (Šmolka, 2004), jeho rekultivací však došlo k rychlému ozelenění. Ve vývojově mladší části odvalu (severozápadní část) je značně nižší zastoupení dřevin a projevují se zde faktory spjaté s výsadbou přímo do hlušiny (např. větší úmrtnost vegetace a pomalejší průběh sukcese bylinného patra). Zastoupení vyšších dřevin bylo v roce 2000 cca 20%, což je způsobenou plnou rekultivací dlouhodobě probíhající na starších částech odvalu. Číslo je ovlivněno také vegetací v jižní a severovýchodní části odvalu, která nebyla během provozu zlikvidována. Termická aktivita se v tomto období výrazně neprojevila.





**Obrázek 6:** Změny vegetačního krytu ve střední části odvalu Hedvika (roky 2000, 2006, 2012 a 2016)

**Zdroj:** analýza GIS

V rozmezí let 2000 - 2006 datový soubor prokazuje úbytek nejvyspělejší vegetace. Mezi dva nejvýznamnější faktory patří postupný průběh termické aktivity ve střední části odvalu (s počínajícími povrchovými změnami) a také úhyn výsadby na nepřekryté hlušině v severní části odvalu. Průběh experimentální výsadby potvrzuje stanovisko mnohých autorů o komplikovaném a často neefektivním průběhu rekultivací, nedojde-li k překrytí hlušiny vhodnějšími hlínami (např. Kimber et al., 1978; Bradshaw, 2000; Gremlica et al., 2011). Ve stejném období naopak došlo ke zvýšení zastoupení náletových dřevin o 9%. Vytvily se zejména v místech, kde v předchozím období dominovalo bylinné patro. Průběh popsaného vývoje vegetace lze považovat za přirozenou autogenní sukcesí.



Změny podobné dosavadnímu trendu pokračovaly i v dalším šesti letém období. Nejvyspělejší vegetace zaznamenala úbytek o více než 2%, což se dá přisuzovat dalšímu postupu termické aktivity ve střední části. Naopak křoviny a přirozené nálety zaznamenaly poměrně výrazný nárůst, kumulativně až o 10%. Změny proběhly přirozeně zejména v místech s existující vegetací. Došlo k zahuštění a růstu vegetace, díky kterým byl zaznamenán tento posun. V oblasti s experimentální výsadbou stále dominovala hlušina bez vegetační krytu, nicméně výrazně zvýšilo zastoupení bylinného patra. Přirozenou sukcesí zde po 14 letech od uzavření odvalu vznikla společenstva pionýrských bylinných druhů. Z původně vysazených dřevin se uchytilo pouze minimální množství.



**Obrázek 7:** Termická aktivita ve střední části odvalu Hedvika  
**Zdroj:** foto autor

Postupný vývoj vegetace, přes vyšší stupeň termické aktivity, pokračoval růstem na nezasazených plochách. V oblastech bez termické aktivity vyšší dřeviny v roce 2016 zabíraly 9ha z celkové plochy odvalu (22,2% plochy). Výraznou přeměnou prošla oblast experimentální výsadby. Spolu s bylinnými druhy se zde uchytily pionýrské druhy náletových dřevin. Zhoršený stav vegetačního krytu byl pozorován ve střední části odvalu s výskytem termické aktivity, která zejména v posledních 2 letech nabrala na intenzitě. V okolí musí být prováděno havarijní kácení, neboť se riziko vzplanutí okolních dřevin stalo reálnou hrozbou (Gazdová, 2017). Přes tyto skutečnosti došlo ke snižení zastoupení



holé hlušiny ve krytu odvalu na pouhé 1,6% celkové rozlohy. Výrazný úbytek oproti roku 2012 je dán zejména vývojem vegetace v ostatních částech odvalu.



**Obrázek 8:** Sukcese na plochách s výsadbou do hlušiny – odval Hedvika (severní část)  
**Zdroj:** foto autor

Odval Hedvika je vhodným předmětem dalšího výzkumu vegetace odvalů a jejich rekultivací. Díky provedením výsadby do rozdílného půdního krytu lze pozorovat změny ve vývoji vegetace v jednotlivých oblastech. Rozdílná druhová skladba, rozsah úhynu vegetace a další poznatky lze využít při stanovení vhodných rekultivačních postupů na ostatních odvalech.

Poloha odvalu na hranici lesů, přispívá k šíření množství diaspor, což vede k celkovému rozšíření druhové skladby (Bradshaw, 2000). Nejnižší stupeň vegetace je v současné době zastoupen především v severní části odvalu. Tento fakt je dán půdním podložím, kterým je nepřekrytá hlušina. Sukcesní procesy zde probíhají pomaleji a celková druhová rozmanitost je nižší než na ostatních plochách odvalu (Kimber et al., 1978). Ve zbytku odvalu sukcese úspěšně postupuje, vyjma rozšiřující se oblasti termické aktivity ve střední části odvalu. Výskyt druhého vegetačního stupně lesa (Plíva, 1987), stálá základna starších dřevin (nad 30let) a blízkost lesních diaspor napomáhají zlepšení kvality i kvantity

vegetačního krytu. V současnosti nelze předpokládat vývoj termické činnosti, nicméně její neustálé šíření a endogenní projevy jsou hlavním rizikem pro vegetaci na odvalu.

### 5.3 Odval Ema

Kulturní památka a dominanta města Ostravy je jediným z odvalů typického kuželovitého tvaru, složeným převážně z plně prohořelé hlušiny. Díky tomu se zde nachází lepší podmínky pro vývoj vegetace, a to jak z hlediska živin (Kimber et al., 1978; Wu, 1996), tak z hlediska stability a struktury půdního krytu (Down, 1975).

rok	vyšší stromová vegetace	stromový nálet	křoviny	bylinné patro	hlušina
2000	41,25%	34,71%	16,59%	5,53%	1,93%
2006	35,17%	36,34%	19,36%	7,70%	1,42%
2012	16,66%	36,13%	33,61%	11,47%	2,13%
2016	18,99%	29,29%	31,41%	18,98%	1,33%

**Tabulka 4:** Zastoupení jednotlivých typů vegetačního krytu na odvalu Ema

**Zdroj:** výpočty GIS

Hlavním problémem již za provozu odvalu byla jeho výrazná termická aktivita, způsobená mnohými faktory (divoké skládky, vysoký obsah uhelné složky), což vedlo k několika dlouhotrvajícím sanačním projektům. Jak uvádí Hájkovský (2015) a Koníček (2004), přestože se hlavní kužel nepodařil nikdy komplexně sanovat, došlo k utišení výrazných termických projevů a postupnému prohoření tělesa odvalu. Rekultivační práce se týkaly obvodového prstence centrálního kuželu, a to s poměrně vysokou úspěšností. Rekultivace zde probíhala formou zploštění svahů, což přispělo k usnadnění hašení termické aktivity. Zploštělé plochy následně vytvořily prostor vhodný pro výsadbu, která probíhala do souvkových hlín. Odval byl v roce 2000 pokryt z více než 75% dřevinami. Nejnižší zastoupení těchto typů vegetace je západně a jižně od centrálního kuželu, v okolí pozemních komunikací.

Do roku 2006 se projevil mírný pokles výskytu nejvyspělejší vegetace, nicméně celkový vývoj vegetačního krytu nepřinesl výrazné změny. Úbytek vyšších dřevin o 6% lze přisoudit úhynu rekultivační výsadby. Tento průběh je pravděpodobný díky přítomnosti negativních termických anomálních zón, nízkému obsahu humusové složky a nadlimitní



koncentrací některých chemických sloučenin v podzemní vodě (amonné ionty, sírany, chloridy) (Koniček, 2004).

Zmíněné faktory nejspíše sehrály hlavní roli v rozsáhlém úbytku vyspělých vyšších dřevin, který je patrný na datech z roku 2012. Úbytek o 18,5% (6,2ha) je ve svém rozsahu srovnatelný pouze s úbytkem na odvalu Heřmanice mezi lety 2000 – 2006, který nastal po rozšíření termické aktivity. K dalším výrazným faktorům, které vedly k těmto změnám se řadí výrazný úbytek průměrných ročních srážek v předchozích letech. Na srážkoměrné stanici Slezská Ostrava ZOO, ležící na úpatí odvalu, se dlouhodobý průměr změnil z cca 800mm, na roční srážkový úhrn do 550mm. Trend úbytku srážek je zmiňován již Koničkem (2004). Kumulativní efekt celé řady procesů a mikroklimatických změn na odvalu vedl k úbytku vyšších dřevin, zatímco více rezistentní druhy křovin a náletových dřevin zvýšily své zastoupení na odvalu. Odval Ema, je také odvalem s nejrozšířenějším dominantním bylinným patrem (v současnosti až 19% plochy).



**Obrázek 9:** Bylinné patro – odval Ema (centrální kužel)

**Zdroj:** foto autor

Druhá skladba je relativně chudá, termicky aktivní půdy odvalu však znamenají výskyt specifických druhů jako jsou rosička krvavá (*Digitaria sanguinalis*), milička menší (*Eragrostis minor*), kuřinka červená (*Spergularia rubra*) a další (Gacka, 2017).

Výrazné změny ve vegetačním krytu v současnosti nenastávají. Termická aktivita odvalu je na minimální úrovni. Míra jeho zalesnění je dlouhodobě stálá a nelze předpokládat další výrazné změny srovnatelné s lety 2006 – 2012. Negativní vývoj vegetace lze zaznamenat na východním svahu centrálního kužele, kde viditelně ubývá vyšší vegetace.

Odval Ema je dlouhodobě nejnavštěvovanějším ze zkoumaných odvalů. Byla zde dokázána přítomnost vzácných teplomilných druhů hmyzu (Hodeček a Kuras, 2016) a celkově se zde daří teplomilnému bylinnému patru, které v období 10 let zvýšilo své zastoupení na ploše odvalu o 11%. Návaznost odvalu na údolí Trojice, které čeka na sanačně rekultivační projekt je jedním z negativních faktorů, zejména z hlediska koncentrací sledovaných nebezpečných prvků. Jak uvádí Koniček (2004) odval je dlouhodobě náchylnější k prosychání vegetace a to zejména na svazích centrálního kužele, což analýza vegetace potvrdila. Vzhledem k podmínkám na odvalu lze předpokládat postupný přírůstek teplomilných druhů rostlin.

#### 5.4 Teoretická východiska analýzy vegetačního krytu

Z analýzy lze vyvodit jasný vliv termických aktivit a jejich průvodních procesů na vegetační kryt. Na příkladu odvalů Heřmanice a Hedvika je propuknutí rozsáhlých termických procesů spajto s celkovou devastací vegetace na postižených plochách. Přestože se tyto procesy značně liší svým rozsahem a intenzitou, došlo na obou odvalech ke stejnému průběhu – prvotní odumírání vegetace nad ohniskem termické aktivity a postupné rozšiřování těchto procesů do sousedních oblastí. Řada plyných produktů (zejména CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) a toxických prvků (např. arsen, rtuť, kadmium), které se uvolňují během termické aktivity (Pertile et al., 2017), vedou ke zhoršení podmínek pro reintrodukcii rostlinných společenstev.

Jedním z opomíjených následků termické aktivity je změna fyzikálních a chemických vlastností hlušínového substrátu. Při plném prohoření dochází ke zlepšení jeho vlastností, což následně pozitivně ovlivňuje vegetační kryt (např. Wu, 1996; Kimber et al., 1978). Ponechání odvalů přirozenému prohoření je však v současné době nepřijatelné. Tento proces s sebou nese řadu extrémních projevů a uvolňování rozsáhlého spektra polutantů.

Úmístění zájmových odvalů v bezprostřední blízkosti městské zástavby vede k nutnosti eliminace termických aktivit. Rizika spjatá s celkovým objemem polutantů potenciálně uvolněných během prohořívání, výrazně převyšují případné pozitivní faktory. Jediným odvalem na zájmovém území, složeným z tohoto materiálu je odval Ema. V oblastech, kde nedošlo k překrytí hlušiny je v porovnání s ostatními odvaly (z neprohořelé hlušiny), vyvinutější humusový horizont (viz. obr. 10). Srovnáme-li však změny ve změnách vegetace s odvalem Hedvika vidíme v datovém souboru mnohem vyšší variaci, přestože je odval Hedvika zasažen výraznějšími projevy termické aktivity a horším chemismem vod. Tento vývoj lze připsat několik faktorům:

- poloha: odval Hedvika sousedí s lesy, které jsou zdrojem diaspor vyšších dřevin
- odval Ema je ovlivněn řadou klimatických faktorů městského prostředí, jako je tepelný ostrov města
- výraznější disturbance na povrchu odvalu Ema, způsobené turismem a pohybem obyvatelstva

Z hlediska stability prostředí lze odval Ema považovat za odval se stálejšími a bezpečnějšími podmínkami. Hlavní kužel odvalu Ema je po 23 letech od ukončení provozu plně začleněn do okolní krajiny a je významným fytoocenologickým i zoocenologickým stanovištěm. Díky svému kuželovitému tvaru, rozmanitosti reliéfu a zachování stepního charakteru vegetace centrálního kužele (Řehounek et al., 2015) se odval stal ukázkou možnosti efektivně rekultivovat odvaly s ekologickým přístupem, jež vede k vytvoření stanovišť pro vzácné druhy.





**Obrázek 10:** Prohořelý hlušinový substrát s tvořícím se humusovým horizontem - odval Ema (centrální kužel)

**Zdroj:** foto autor

Odval Hedvika je naproti tomu odvalem, na jehož ploše došlo k rekultivacím biologicko technickým. Použití různých metod výsadby vedlo ke značně odlišnému stavu vegetace v jednotlivých částech. Jeho ekologická hodnota leží zejména v severní části, kde neproběhlo překrytí hlušiny a jako vegetace se (po úhynu většiny prvotní výsadby) začaly usazovat náletové dřeviny. Na plochách rekultivovaných s překryvkou skrývkovými hlínami, se podařilo úspěšně vysadit množství rekultivačních dřevin (jejichž staří dosahuje i několik desítek let). Tato vegetace však v centrální části čelí postupující termické aktivitě. Odval Hedvika byl je z ekologického pohledu příkladům nepříliš citlivé rekultivační praxe, která vedla k zarovnání terénu, překryvce hlušiny a intenzivního vysazování. Tyto metody řada autorů považuje za přetechnizované a nákladné (např. Hodeček a Kuras 2016; Řehounek et al., 2015; Gremlica et al., 2011). Během rekultivace bylo možno využít přírodní faktory odvalu a pomocí přirozené usměrněné sukcese se pokusit na odval zavést klimaxové druhy.

Vzhledem k výrazné termické aktivitě odvalu Heřmanice a probíhající rekultivační činnosti je nezbytné plánovat způsob obnovy vegetačního krytu této oblasti. Díky odtěžování odvalu Svoboda a tvorbě nové odvalového tělesa (na ploše odvalu Heřmanice), které dodržuje zásady kupení odvalu, by nemělo dojít k zamezení dalšího vzniku termické

aktivity. Jak bylo úspěšně dokázáno na samotném odvalu, případně odvalu Ema a dalších ostravských tělesech, jeví se rekultivace pomocí řízené, případně spontánní sukcese jako nejvhodnější metoda. Přítomnost bývalých kalových nádrží na území komplexu může přispět ke tvorbě ekologicky velmi cenného heterogenního reliéfu. Významný faktor bude nicméně tlak veřejnosti, která dlouhodobě požaduje rekultivaci odvalu, a to může vést ke snaze o rychlé ozelenění rekultivované části komplexu a použití, z ekologického pohledu nežádoucí, technokratických přístupů.

Půdní prostředí je vzhledem ke stáří zájmových odvalů stabilní. Down (1975) uvádí hlavní zlomová období ve vývoji půd na důlních odvalech v rámci prvních 45 - 55 let, po nichž nastává výrazné zpomalení veškerých procesů. Oblasti zasažené termickou aktivitou však prodělávají výrazné změny ve své struktuře.

Sukcesní stádia na haldách OKR potupují poměrně rychle. Bylinné patro je většinou chudé a řídké s dominancí vrbovka rozmarýnolistá (*Epilobium dodonaei*), merlíku hroznového (*Dysphania botrys*), turanu ročního (*Erigeron annuus*) a jim příbuzných druhů. Blokace sukcese nastává většinou v důsledku třtiny křovistní (*Calamagrostis epigejo*). (Řehounek et al., 2015). Na jižních svazích častěji dochází k výskytu vyšších trav spolu se společenstvy tvořenými zejména hemikryptofty (Stalmachová, 1996). Nejdominantnějším druhem dřevin na zájmovém území je bříza bělokorá (*Betula pendula*), která se vyskytuje na všech plochách. Její přirozená rezistence vůči kamenitým půdám, exhalátům, okusům a teplotním výkyvům z ní tvoří velmi úspěšnou dřevinu během sukcese na antopogenních stanovištích. Její meliorační vlastnosti přispívají k tvorbě často chybějícího humusového patra půdního substrátu (Čermák a Vondráček, 2009). K dosazovaným dřevinám patří dle Gacky (2017) zejména dub červený (*Quercus rubra*), jehož vitalita je na výsypkách příznivá (Čermák a Vondráček, 2009).

Sukcesní stádia na jednotlivých odvalech odpovídají vývojovému období jednotlivých ploch. Přes dopady termické aktivity se dřeviny na nezasažených místech uchytily v krátkém časovém měřítku. Odvaly většinou prošly kombinací rekultivačních metod. Data naznačila značný úbytek dřevin vysazených v rámci biologicky rekultivovaných ploch. Pomalejší nástup přirozené sukcesní vegetace je vynahrazen následnou větší stálostí vegetačního krytu. Jak uvádí Řehounek et. al (2015) odvaly ostravské pánve mají téměř 100% předpoklady k rekultivaci přirozenou a usměrněnou sukcesí, která mnohdy přinese ekologicky stabilnější a cenější ekotopy. Vzhledem k extremitám prostředí na zájmových odvalech, však nelze jednoznačně určit nejvhodnější způsob rekultivací.

## ZÁVĚR

Práce se věnovala teoretickým východiskům důlních odvalů a jejich následné rekultivace. Jejím hlavním cílem bylo vytvořit ucelený teoretický koncept těchto problémů a provést analýzu vegetačního krytu odvalů Ostravské pánve s projevy termické aktivity. Výsledky dosažené v této práci, korespondují s výstupy v odborné literatuře. Analýza vegetačního krytu poukázala na:

- a. devastaci vegetace v blízkosti termické aktivity
- b. problémy spojené s výsadbou rekultivačních dřevin
- c. potenciál primární autogenní sukcese jako plnohodnotné rekultivační metody

Výzkum vegetace odvalových těles, by měl směřovat k plnému porozumění procesů ovlivňujících vegetační kryt. Analýza se zaměřila pouze na termicky aktivní odvaly, nicméně kombinace poznatků ze studia ostatních odvalů Ostravské pánve může vést ke komplexnímu zpracování metodických postupů při rekultivacích a výsadbách.

Za vhodný výzkum v rámci rekultivačních postupů lze považovat spojení prostorového plánování spolu s přírodními faktory prostředí, které mohou vést k plnému začlenění odvalů do životního a socioekonomického prostředí.

Výsledky však poukázaly na limity použitých metod, kdy zpětné hodnocení vegetačního krytu není díky kvalitě satelitních snímků a chybějících dat naprosto přesné. Použité metody jsou však vhodné k prostorovým analýzám podobného typu, zejména jedná-li se o pilotní studie. Budoucí analýzy vegetačního krytu by se měly zaměřit na přírůstek biomasy na jednotlivých odvalech, případně blíže specifikovat druhové složení. Výsledky práce však zřetelně přispějí k hlubšímu pochopení faktorů ovlivňujících vegetační kryt, stejně jako termickou aktivitu na odvalech v rámci Ostravské pánve.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- BRADSHAW, A. (2000). The use of natural processes in reclamation — advantages and difficulties. *Landscape and Urban Planning*, 51(2-4), pp.89-100.
- DOLNÝ, A. (2000). Budou na odvalech chráněná území přírody?. *ŽIVA*. Praha: Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, (4), 173-176. ISSN 0044–4812.
- European Commission, DG Environment (2007) *Classification of mining waste facilities: Final Report*. Brusel, European Commission.
- ČERMÁK, P. a ONDRÁČEK V. (2009). *Stanovištní a rhizologické vlastnosti dřevin využívaných při zalesňování výsypek severočeské hnědouhelné pánve: metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-904027-8-2.
- DOWN, C. G. (1975). Soil Development on Colliery Waste Tips in Relation to Age. I. Introduction and Physical Factors. *The Journal of Applied Ecology*. British Ecological Society. 12(2), 613-622. ISSN 00218901.
- GAZDOVÁ, O. (2017). Termicky aktivní odval Hedvika – letní sucha opět zvyšují riziko požáru. *Podnikový občasník s. p. DIAMO*. Stráž pod Ralskem, XXII(9). s. 4.
- GREMLICA, T. et al. (2011). *Využívání přirozené a usměrňované ekologické sukcese při rekultivacích území dotčených těžbou nerostných surovin*. Praha: Ústav pro ekopolitiku.
- HÁJKOVSKÝ, R., HÁJKOVSKÝ J., PIES, M. (2013). Thermall Processes at Old Mining Dumps and Their Measurement and Utilization. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*. San Francisco, USA, (Vol 1). ISSN 2078-0958. 978-988-19252-3-7.
- HODEČEK, J. a KURAS, T. (2016). Vzácní brouci na ostravských haldách: mají rekultivace odvalů vůbec smysl?. *ŽIVA*. Praha: Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, (1), 32 - 34. ISSN 0044–4812.
- JELÍNEK, P. a GAZDOVÁ, O. (2009). Jak dál s největší ostravskou „doutnající haldou“?. *Podnikový občasník s. p. DIAMO*. Stráž pod Ralskem. XIV(2), s. 6.
- KIMBER, A. J., PULFORD I. D., DUNCAN, H. J. (1978). Chemical Variation and Vegetation Distribution on a Coal Waste Tip. *Journal of Applied Ecology*. 15, 627-633. DOI: 0021-8901/78/0800-0627.

- KIRCHNER, K., SMOLOVÁ I., SIXTA, J. (2010). *Základy antropogenní geomorfologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2376-0.
- KONÍČEK, P. (2004). *Studie vlivu odvalů a odkališť na složky životního prostředí: svazek č.15 - odval Ema*. DIAMO s. p.
- KRESTA, F. (2014). Exploitation of Heat from Thermal Active Coal Tips, *Advanced Materials Research*, Vol. 1020, pp. 501-506. ISSN 1022-6680.
- KRYL, V., FRÖHLICH E., SIXTA, J. (2002). *Zahřazení hornické činnosti a rekultivace*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita. ISBN 80-248-0111-6.
- KUBEČKA, K., KUBEČKOVÁ D., HORKLOVÁ, M. (2017). Analysis of brownfields of the former mine of Heřmanice for the creation of a safe area of the city. *Regionální rozvoj mezi teorií a praxí*. Hradec Králové: Civitas per Populi, (2). ISSN 1805-3246.
- MACHÁČEK, Z., HÁJKOVSKÝ, R. (2013). Modeling of Temperature Field Distribution in Mine Dumps with Spread Prediction. *ELEKTRONIKA IR ELEKTROTECHNIKA*. Kaunas Lithuania: Department of Electronics Engineering Kaunas University of Technology, 19(7). ISSN 1392-1215.
- MALUCHA, P. (2004). *Studie vlivu odvalů a odkališť na složky životního prostředí: svazek č.6 - odkaliště a odval Heřmanice*. DIAMO s. p.
- NEŠPOREK, V. (2013). Ochrana objektu na termicky aktivním odvale Hedvika. *Podnikový občasník s. p. DIAMO*. Stráž pod Ralskem. XVIII(7), 1-2.
- PERTILE, E. et al. (2017). Monitoring of Pollutants in an Active Mining Dump Ema, Czech Republic. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*. Polskie Towarzystwo Przeróbki Kopalín, 18(1), 45 - 50. ISSN 1640-4920.
- PLÍVA, K. (1987). *Typologický klasifikační systém ÚHÚL*. ÚHÚL Brandýs n. L.
- PÖPPERL, J. (2002). Rekultivační činnost. Diamo, s.p.: Sokolovská uhelná.
- PRACH, K. et al. (2008). *Sukcese vegetace na antropogenních stanovištích v České republice - přehled dominantních druhů a stadií*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 978-808-7051-481.
- ŘEHOUNEK, J. et al. (2015). *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*. Druhé, přepracované a doplněné vydání. České Budějovice: Calla. ISBN 978-80-87267-13-4.



STALMACHOVÁ, B. (1996). *Základy ekologické obnovy průmyslové krajiny*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita. Phare. ISBN 80-707-8375-3.

SUROVKA, D. et al. (2017). Monitoring of Thermal and Gas Activities in Mining Dump Hedvika, Czech Republic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. ISSN 1755-1307.

ŠMOLKA, M. (2004). *Studie vlivu odvalů a odkališť na složky životního prostředí: svazek č.12 - odval Hedvika*. DIAMO s. p.

ŠTÝS, S. (2001). Rekultivační obnova těžbou postižených pozemků a krajiny. *Mostecko – minulost a současnost*, účel. publikace Mostecké uhelné společnosti, a.s., s. 181 – 189. Most

WASILEWSKI, S., SKOTNICZNY, P. (2015). Mining waste dumps – modern monitoring of thermal and gas activities. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*. 31(1), 155 - 182. ISSN 2299-2324.

WU, J. (1996). Second thought on combustion of colliery spoil heaps. *Journal of Applied Ecology*. British Ecological Society, 33, 1223 - 1225. ISSN 00218901.

## KARTOGRAFICKÉ ZDROJE

Aplikace Nahlížení do katastru nemovitostí: ČÚZK [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz>

Moravskoslezský kraj (2010). *Zásady územního rozvoje (data pro GIS) - Plochy a koridory nadmístního významu, ÚSES a územní rezervy výkres*. Dostupné z: <https://www.msk.cz/mapy/zasady-uzemniho-rozvoje-data-pro-gis-14282/>

Ústřední seznam ochrany přírody [online], AOPK [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: <http://drusop.nature.cz/portal/>

## INTERNETOVÉ ZDROJE

GACKA, M. (2017). Důl Trojice, Petr Bezruč a halda Ema. ZdraváOVA: Ekologický web Ostravy [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://zdravaova.cz/odvaly-a-skladky-prumyslovych-odpadu/>

HÁJKOVSKÝ, R. (2015). Monitoring hald [online]. VŠB-TU Ostrava [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://monitoring-hald.com/>

HÁJOVSKÝ, J. (nedatováno), Příklady termických procesů v hlušínových odvalech OKR. SG Geoinženýring. Dostupné také z:

[http://fast10.vsb.cz/brownfield/documents/Hajovsky\\_termika.pdf](http://fast10.vsb.cz/brownfield/documents/Hajovsky_termika.pdf)

HEJNIC, O. (2009). Jak dál s největší ostravskou „doutnající haldou“? Diamo, s.p. online: <http://www.hornicky-klub.info/rservice.php?akce=tisk&cislocclanku=2009020014>

JELÍNEK, P. (2014). Historie odvalu Heřmanice. Hornický klub [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://www.hornicky-klub.info/2017/05/26/historie-odvalu-hermanice/3/>

JELÍNEK, P. (2010) *Termicky aktivní odvaly v ostravské a petřvaldské části OKR a jejich rizika pro životní prostředí*. Diamo, s.p. [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: [http://slon.diamo.cz/hpvt/2010/veda/V\\_04.pdf](http://slon.diamo.cz/hpvt/2010/veda/V_04.pdf)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

OKR Ostravsko-karvinský revír

SHR Severočeský hnědouhelný revír

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1:</b> příklad následků termické aktivity – odval Heřmanice .....	15
<b>Obrázek 2:</b> příklad vektorizace rastrových vrstev a klasifikace polygonů <b>Zdroj:</b> ČÚZK a autor .....	24
<b>Obrázek 3:</b> vývoj vegetace odvalu Heřmanice (odval Svoboda) v letech 2016, 2012, 2006 a 2000 <b>Zdroj:</b> analýza GIS.....	33
<b>Obrázek 4:</b> Projevy termické aktivity na vrcholu odvalu Heřmanice (výstup par a celková devastace vegetace) <b>Zdroj:</b> foto autor.....	34
<b>Obrázek 5:</b> Hranice termické aktivity na části odvalu Svoboda - Heřmanice. Bylinné patro a nálet bříz vznikl přirozenou primární sukcesí <b>Zdroj:</b> foto autor.....	35
<b>Obrázek 6:</b> změny vegetačního krytu ve střední části odvalu Hedvika (roky 2000, 2006, 2012 a 2016) <b>Zdroj:</b> analýza GIS.....	37
<b>Obrázek 7:</b> termické aktivita ve střední části odvalu Hedvika <b>Zdroj:</b> foto autor.....	38
<b>Obrázek 8:</b> sukcese na plochách s výsadbou do hlušiny – odval Hedvika (severní část) <b>Zdroj:</b> foto autor .....	39
<b>Obrázek 9:</b> bohaté bylinné patro – odval Ema (centrální kužel) <b>Zdroj:</b> foto autor.....	41
<b>Obrázek 10:</b> prohořelý půdní substrát s humusovým horizontem - odval Ema (centrální kužel) <b>Zdroj:</b> foto autor.....	44

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1: Přehled nejčastějších dominant sukcesních stádií</i>	
<i>Zdroj: PRACH, Karel et al., 2008. Sukcese vegetace na antropogenních stanovištích v České republice - přehled dominantních druhů a stadií. ....</i>	31
<i>Tabulka 2: Zastoupení jednotlivých typů vegetačního krytu na odvalu Heřmanice</i>	
<i>Zdroj: výpočty GIS .....</i>	32
<i>Tabulka 3: Zastoupení jednotlivých typů vegetačního krytu na odvalu Hedvika</i>	
<i>Zdroj: výpočty GIS .....</i>	36
<i>Tabulka 4: Zastoupení jednotlivých typů vegetačního krytu na odvalu Ema</i>	
<i>Zdroj: výpočty GIS .....</i>	40

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha I:** Vegetační kryt odvalu Heřmanice v roce 2000
- Příloha II:** Vegetační kryt odvalu Heřmanice v roce 2006
- Příloha III:** Vegetační kryt odvalu Heřmanice v roce 2012
- Příloha IV:** Vegetační kryt odvalu Heřmanice v roce 2016
- Příloha V:** Vegetační kryt odvalu Hedvika v roce 2000
- Příloha VI:** Vegetační kryt odvalu Hedvika v roce 2006
- Příloha VII:** Vegetační kryt odvalu Hedvika v roce 2012
- Příloha VIII:** Vegetační kryt odvalu Hedvika v roce 2016
- Příloha IX:** Vegetační kryt odvalu Ema v roce 2000
- Příloha X:** Vegetační kryt odvalu Ema v roce 2006
- Příloha XI:** Vegetační kryt odvalu Ema v roce 2012
- Příloha XII:** Vegetační kryt odvalu Ema v roce 2016

# PŘÍLOHA P I: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEŘMANICE V ROCE 2000

## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEŘMANICE 2000



# PŘÍLOHA P II: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEŘMANICE V ROCE 2006

## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEŘMANICE 2006





# PŘÍLOHA P III: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEŘMANICE V ROCE 2012

## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEŘMANICE 2012



# PŘÍLOHA P IV: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEŘMANICE V ROCE 2016

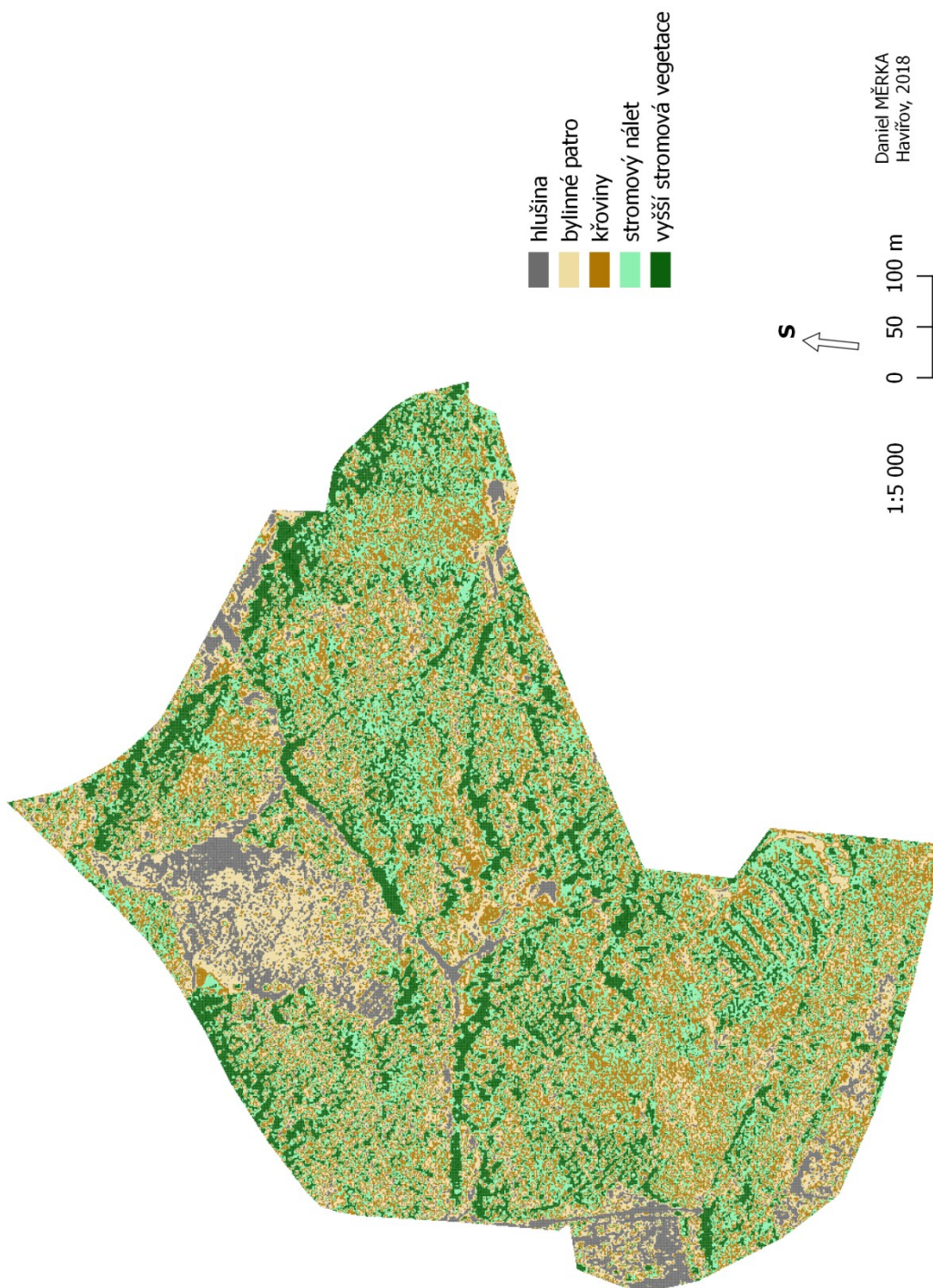
## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEŘMANICE 2016





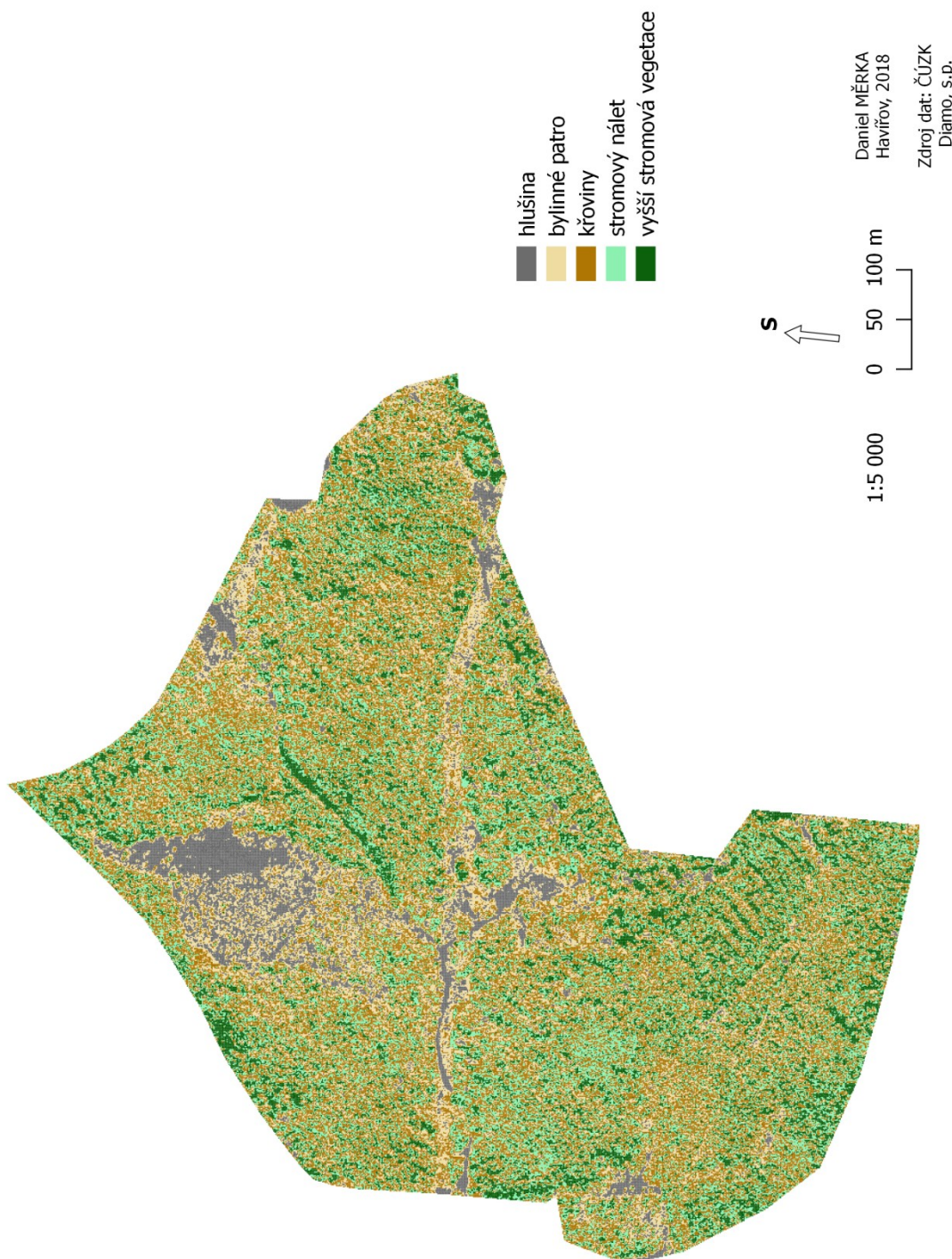
# PŘÍLOHA P V: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEDVIKA V ROCE 2000

## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEDVIKA V ROCE 2000



# PŘÍLOHA P VI: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEEDVIKA V ROCE 2006

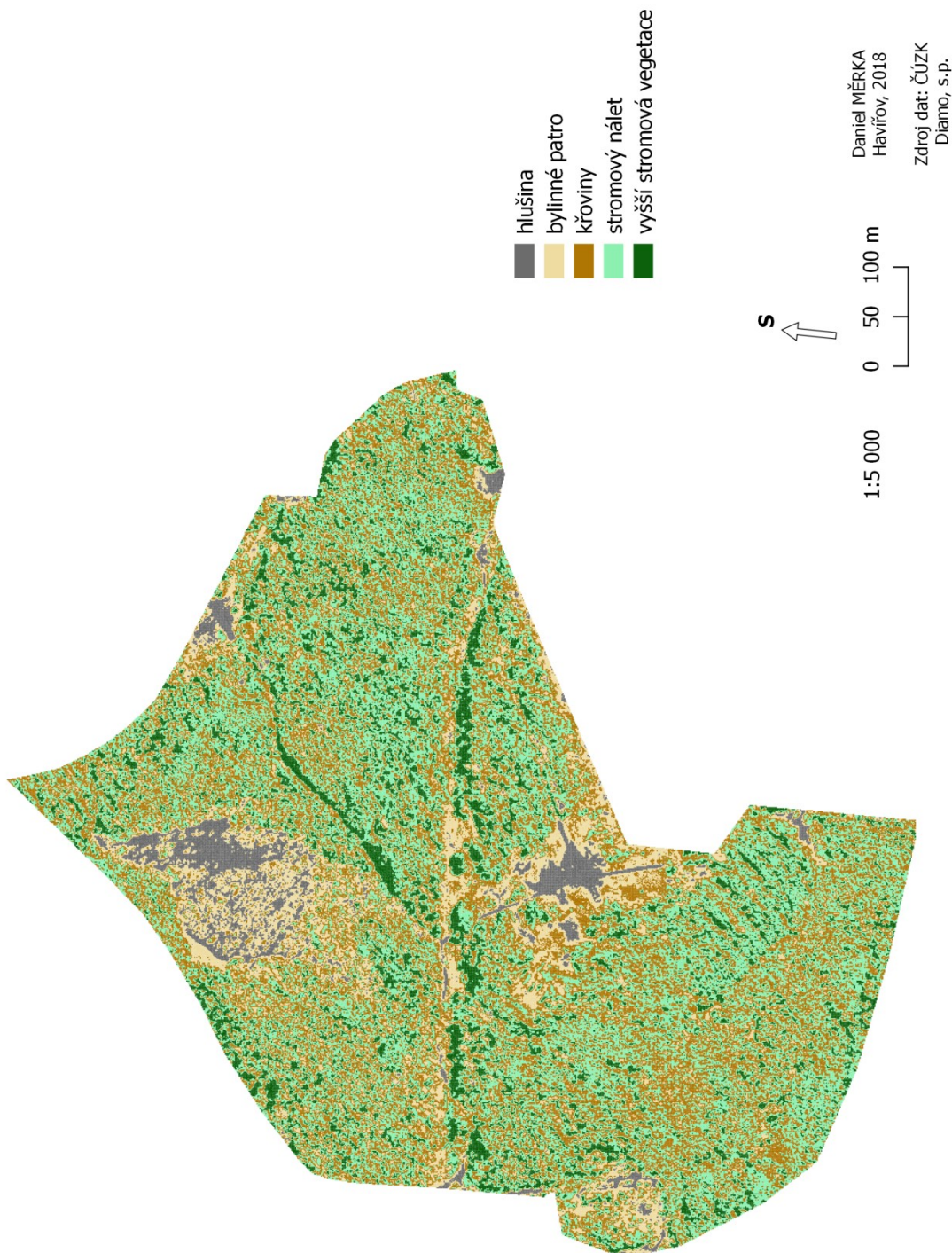
## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEDVIKA V ROCE 2006





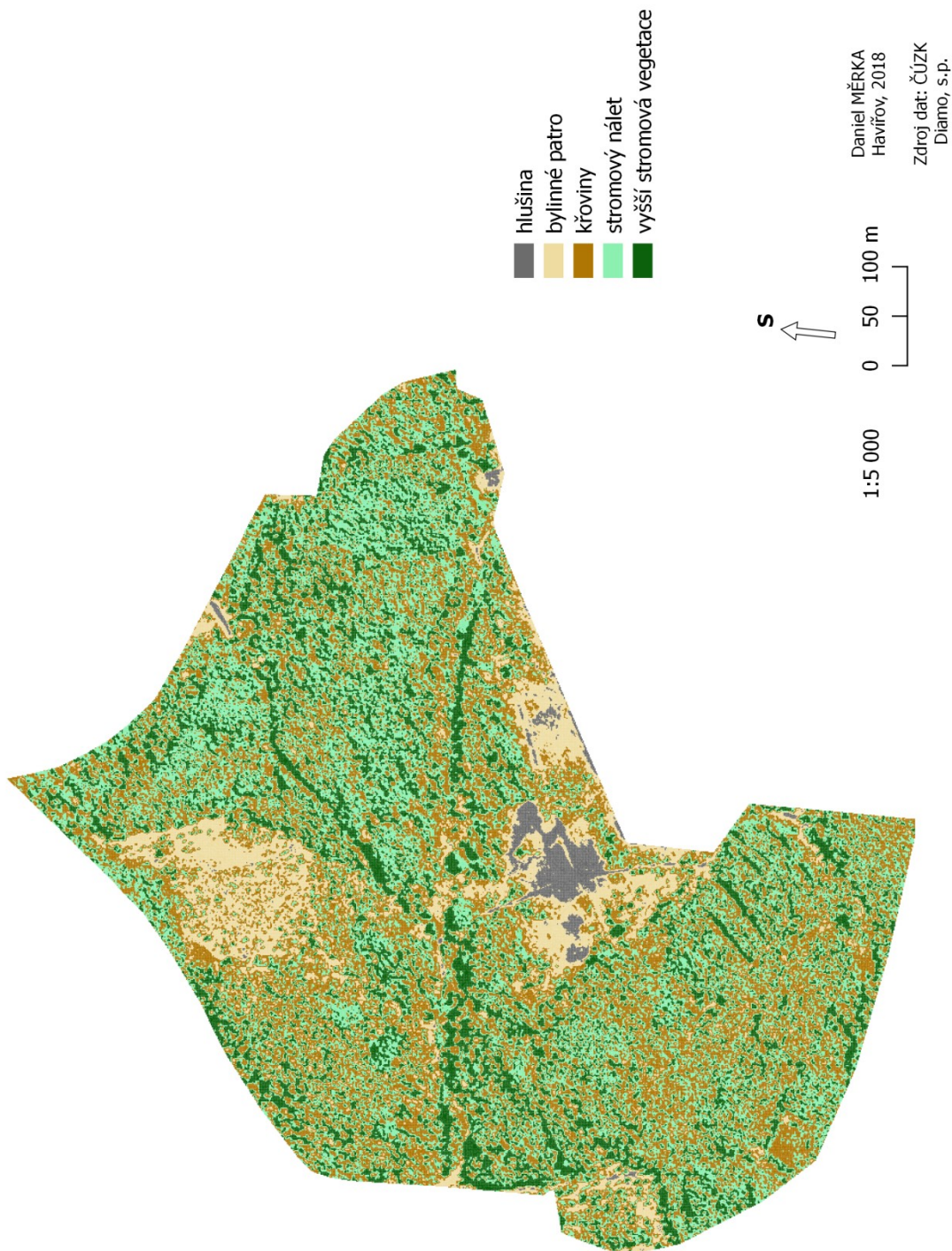
# PŘÍLOHA P VII: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEDVIKA V ROCE 2012

## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEDVIKA V ROCE 2012



# PŘÍLOHA P VIII: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEDVIKA V ROCE 2016

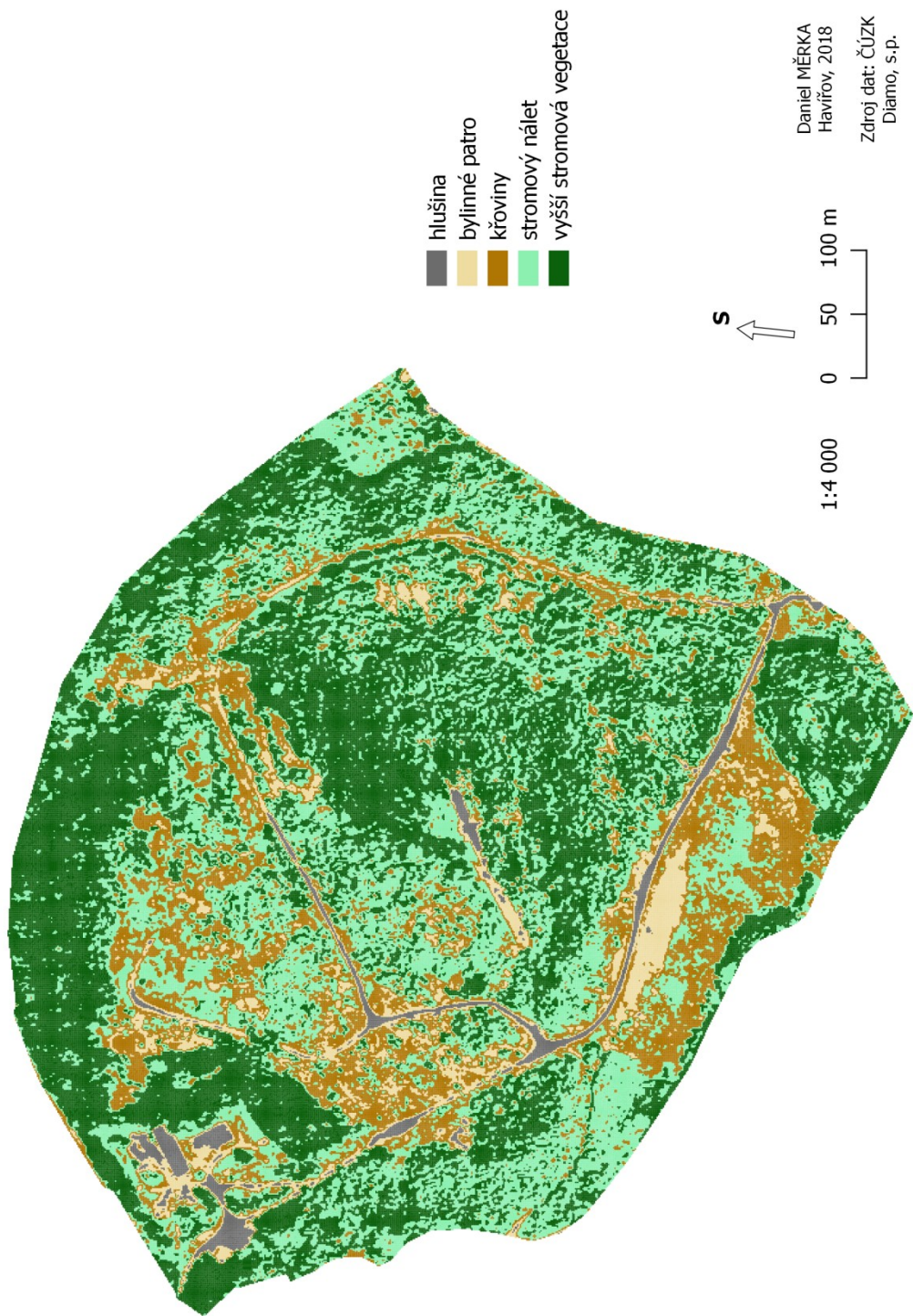
## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU HEDVIKA V ROCE 2016





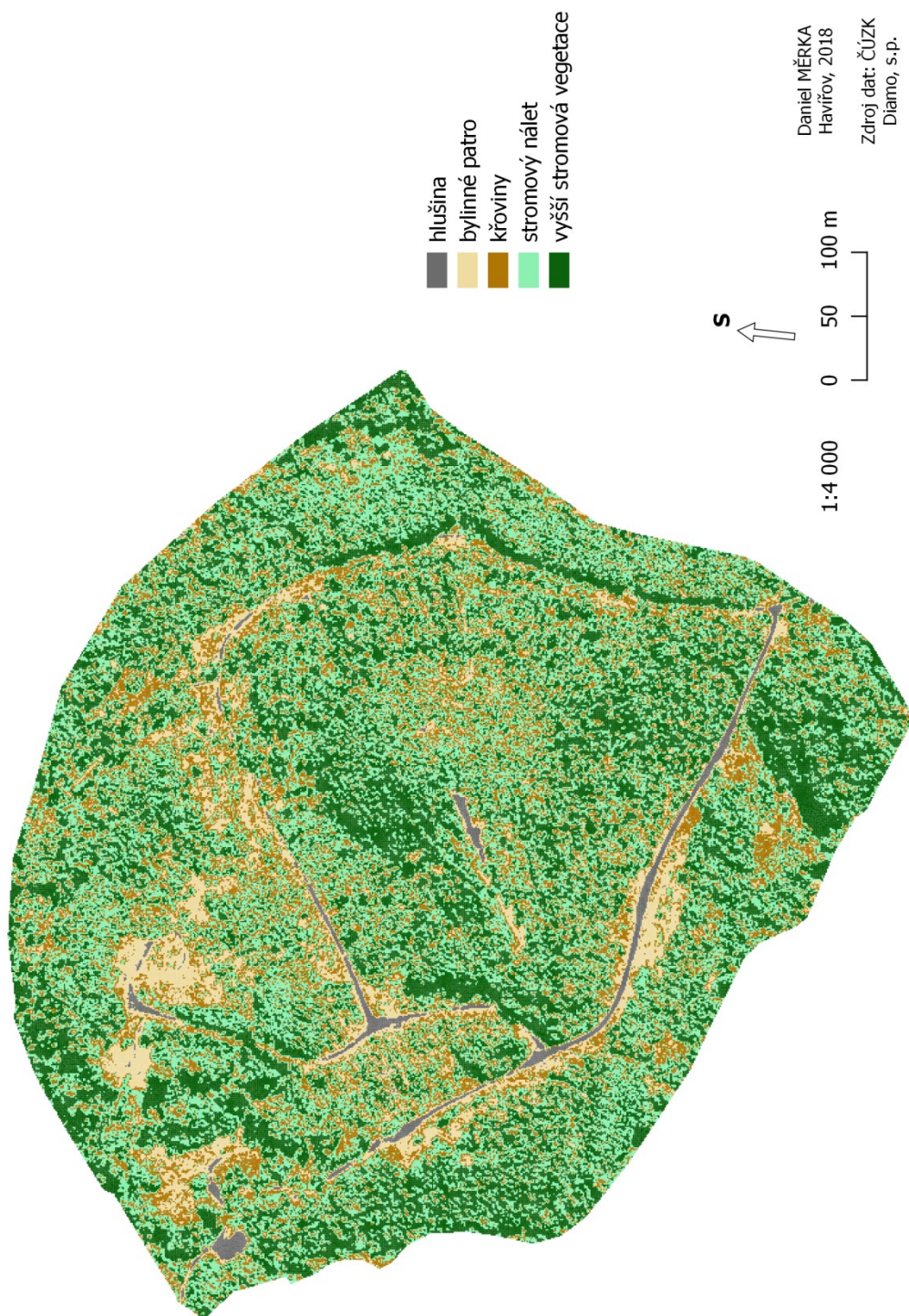
# PŘÍLOHA P IX: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU EMA V ROCE 2000

## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU EMA 2000



# PŘÍLOHA P X: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU EMA V ROCE 2006

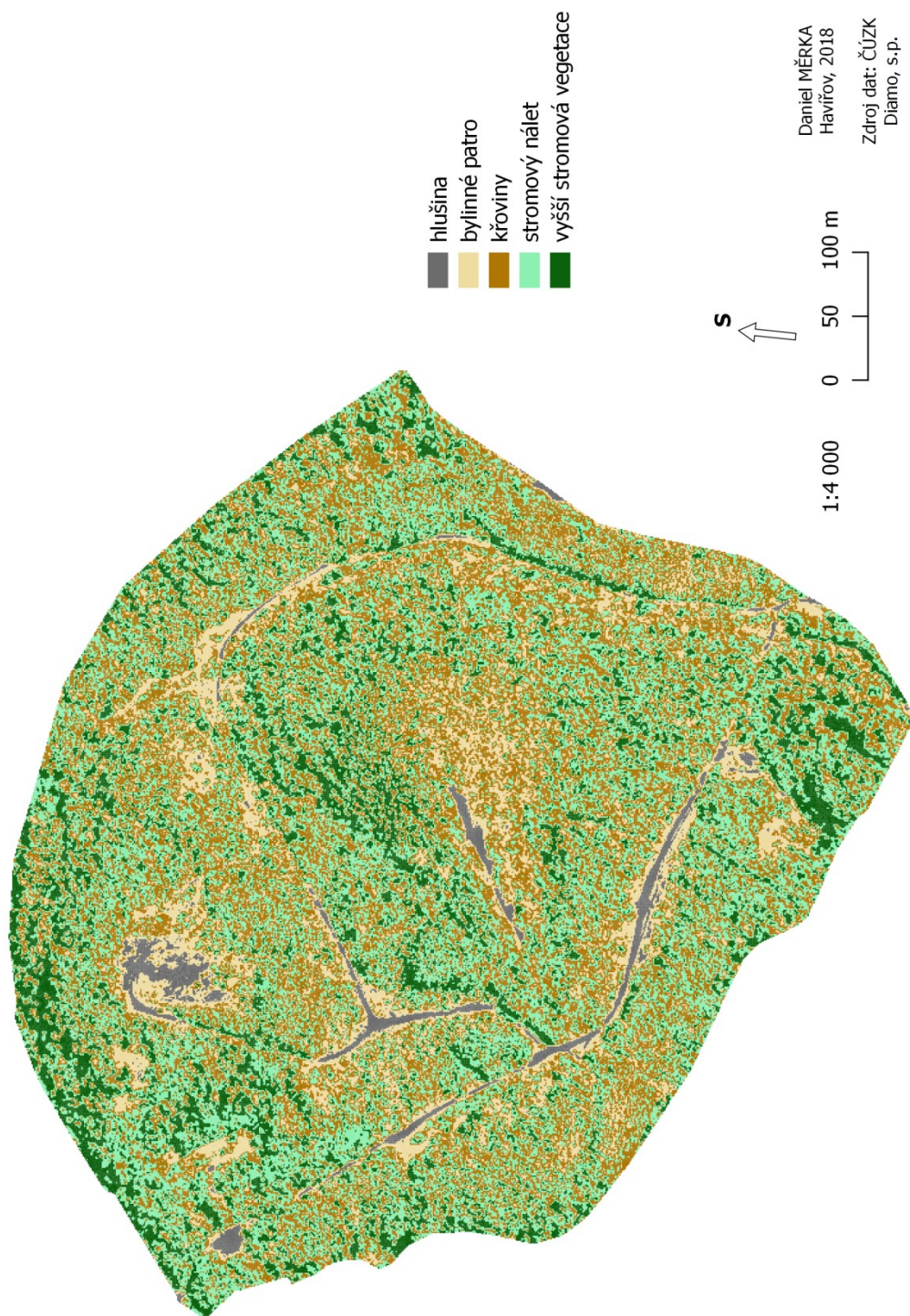
## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU EMA 2006





# PŘÍLOHA P XI: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU EMA V ROCE 2012

## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU EMA 2012



# PŘÍLOHA P XII: VEGETAČNÍ KRYT ODVALU EMA V ROCE 2016

## VEGETAČNÍ KRYT ODVALU EMA 2016

