

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta životního  
prostředí**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA PLANOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL**

**UPLATNĚNÍ PŘÍRODNÍCH POCHODŮ PŘI OBNOVĚ  
POSTTĚŽEBNÍCH LOKALIT  
V MORAVSKOSLEZSKÉM KRAJI**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vypracoval: Bc. Gleb Tugushev  
Vedoucí diplomové práce: Ing. Markéta Hendrychová Ph.D.

Praha 2021

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Gleb Tugushev

Environmentální vědy  
Aplikovaná ekologie

Název práce

Uplatnění přírodních pochodů při obnově posttěžebních lokalit v Moravskoslezském kraji

Název anglicky

Application of natural processes in restoration of mining sites in the Moravian-Silesian Region

---

Cíle práce

Zhodnocení, které faktory zapříčiňují fakt, že se v bývalých těžebních (nebo jejich částech s ukončenou těžbou) nacházejí plochy s absencí terénních úprav a/nebo biologické rekultivace.

Metodika

V rámci Moravskoslezského kraje budou shromážděny rekultivační plány těžeben surovin specifických pro daný region. Budou vybrány rekultivační plány, ve kterých (plánovaně či neplánovaně) se objevují plochy bez provedení rekultivace, ponechané samovolnému vývoji. Studované lokality by měly být rovnoměrně rozložené v kraji. Mapové přílohy rekultivačních plánů budou zdigitalizovány. Budou zjištěny proporce ploch ponechaných sukcesí a další charakteristiky těžeben. Pomocí statistických metod bude testován vliv vybraných faktorů (způsob dobývání, rozsah narušení krajiny, kvalita okolních ekosystémů, vzdálenost k obci nebo zvláště chráněnému území, statut ochrany přírody a krajiny v okolí, vliv zpracovatele rekultivačního plánu a těžební společnosti) na přítomnost a rozsah uplatnění spontánní sukcese během rekultivace. Kromě toho, bude posouzena kvalita projektů z hlediska cílů ochrany přírody. Součástí práce bude také literární rešerše (bude využito minimálně 20 zahraničních vědeckých zdrojů) věnovaná spontánní sukcesí v posttěžebních prostorech.

**Doporučený rozsah práce**

40-60

**Klíčová slova**

rekultivace, obnova, sukcese, těžba, Moravskoslezský kraj

---

**Doporučené zdroje informací**

- CHEN, Fuyao, Yongjun YANG, Jiaxin MI, Run LIU, Huping HOU a Shaoliang ZHANG, 2019. Effects of vegetation pattern and spontaneous succession on remediation of potential toxic metal-polluted soil in mine dumps. Sustainability (Switzerland) [online]. 11(2), 1–13
- PRACH, Karel a Richard J. HOBBS, 2008. Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. Restoration Ecology [online]. 16(3), 363–366
- ŘEHOUNEK, Jiří, Klára ŘEHOUNKOVÁ a Karel PRACH, 2010. Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. B.m.: Calla.
- ŠEBELÍKOVÁ, Lenka, Klára ŘEHOUNKOVÁ a Karel PRACH, 2016. Spontaneous revegetation vs. forestry reclamation in post-mining sand pits. Environmental Science and Pollution Research [online]. 23(14), 13598–13605
- VACEK, Zdeněk, Jan CUKOR, Stanislav VACEK, Vilém PODRÁZSKÝ, Rostislav LINDA a Jakub KOVAŘÍK, 2018. Forest biodiversity and production potential of post-mining landscape: Opting for afforestation or leaving it to spontaneous development? Central European Forestry Journal [online]. 64(2), 116–126

---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Markéta Hendrychová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra plánování krajiny a sídel

**Konzultant**

Gabriela Nekolová

---

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 02. 2021

## **Prohlášení**

*Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Uplatnění přírodních pochodů při obnově posttěžebních lokalit v Moravskoslezském kraji“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a uvedl jsem je v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.*

V Praze dne 31.03.2021

.....

Bc. Gleb Tugushev

### **Poděkování:**

Rád bych poděkoval vedoucí této diplomové práce Ing. Marketě Hendrychové Ph.D. za vedení, odborné rady a připomínky.

## **Abstrakt**

Těžba nerostných surovin má za následek výrazné narušení krajinného rázu, biologických, hydrologických a dalších poměrů. Nicméně místa, kde byla těžba ukončena, mají značný potenciál stát se vhodným stanovištěm pro ohrožené druhy rostlin, živočichů a jejich společenstev. Tato diplomová práce je věnována problematice přírodě blízké obnovy a využití spontánní a řízené sukcese při obnově posttěžebních lokalit na území Moravskoslezského kraje. Literární rešerše popisuje, jak sukcese mění bývalé dobývací prostory a význam tohoto procesu z hlediska ochrany přírody. V praktické části bylo analyzováno, jaké faktory ovlivňují přítomnost a rozsah sukcesních ploch zahrnutých do plánu rekultivace. Za tímto účelem byly shromážděny relevantní informace, provedena vektorizace mapových příloh rekultivačních plánů a byly spočítány podíly sukcesních ploch. Následně byla provedena statistická analýza těchto dat. Výsledky ukázaly, že významnými faktory byly způsob těžby (povrchový/hlubinný) jehož důsledkem zkoumané lokality vznikly, druh těžené suroviny a firma provádějící těžbu. Součástí práce je také můj vlastní návrh obnovy dvou lokalit se zapojením právě sukcesních ploch.

**Klíčová slova:** rekultivace, obnova, sukcese, těžba, Moravskoslezský kraj

## **Abstract**

Mining of mineral resources results in a significant disturbance of the landscape, biological, hydrological, and other conditions. However, places where mining was finished have considerable potential to become a suitable habitat for endangered species of plants, animals, and their communities. This diploma thesis is dedicated to the issue of near-natural restoration and the use of spontaneous and controlled succession in the restoration of post-mining sites located in the Moravian-Silesian region. The literature research describes how succession changes the former mining areas and the importance of this process in terms of nature conservation. The practical part of the thesis analyzes which factors affect the presence of succession areas and their extent in the reclamation plans. For this purpose, relevant information and documents were collected, map attachments of reclamation plans were vectorized and the proportion of succession areas were calculated. Subsequently, a statistical analysis of these data was performed. The results showed that there were some significant factors like the method of mining (surface/underground) due to which the sites arose, type of extracted raw material and mining organization. Part of this thesis is my suggestion for restoration of two sites with the involvement of succession areas.

**Keywords:** reclamation, restoration, succession, mining, Moravian-Silesian region

# Obsah

1. Úvod .....	9
2. Cíle práce .....	11
3. Literární rešerše .....	12
3.1. Přírodě blízká obnova .....	12
3.1.1. Přirozená obnova a těžba .....	12
3.2. Spontánní sukcese na post-těžebních lokalitách .....	20
3.2.1. Pískovny a štěrkopískovny .....	20
3.2.2. Těžba uhlí .....	22
3.2.3. Těžba kovů .....	28
3.2.4. Kamenolomy .....	29
3.2.5. Rašeliniště .....	33
3.2.6. Jíloviště .....	33
3.3. Zásady přírodě blízké obnovy .....	34
3.4. Legislativa České republiky .....	35
4. Metodika .....	36
4.1. Charakteristika Moravskoslezského kraje .....	36
4.1.1. Geomorfologie .....	36
4.1.2. Těžba nerostných surovin a rekultivace .....	37
4.1.3. Chráněná území a Natura 2000 .....	38
4.2. Získání dat .....	38
4.3. Vektorizace mapových podkladů .....	39
4.4. Statistické zpracování .....	39
5. Výsledky .....	40
6. Návrh rekultivace .....	45
6.1. Mankovice .....	45
6.2. Pusté Držkovice .....	48
7. Diskuze .....	50
8. Závěr .....	53
9. Použitá literatura .....	54
10. Seznám obrázků a tabulek .....	67
11. Přílohy .....	68



## 1. Úvod

Těžební činnost má výrazný dopad na krajinu, ovlivňuje ekonomickou, sociální, environmentální a další oblasti rozvoje společnosti. Těžba, zvláště povrchová, souvisí nejen s ničením přírodních biotopů, ale i s vytvořením biotopů nových. V bývalých těžebních prostorech, na plochách ponechaných samovolnému vývoji, působením primární či sekundární sukcese často vznikají společenstva živých organismů, významná z hlediska ochrany přírody. Kromě toho, některé lokality mají potenciál být vyhlášena jako chráněná území. Proto lze posttěžební lokality považovat za příležitost ke zvýšení biologické rozmanitosti a pestrosti krajiny.

Z finančního hlediska může být začlenění sukcesních ploch do plánů obnovy posttěžebních lokalit významnou úsporou nákladů. Navzdory tomu implementaci přírodní obnovy brzdí legislativa a nedostatečnost osvěty a komunikace mezi různými zúčastněnými stranami (Doležalová et al. 2013).

Lze předpokládat, že kromě již zmíněných, existuje řada jiných faktorů ovlivňujících rozhodnutí o zahrnutí přírodních způsobů obnovy do rekultivačních plánů: představy firem o tom, jaká z možností je lepší, druh těžené suroviny, způsob těžby, velikost těžebních prostorů, charakter okolní krajiny, pohled místních obyvatel na posttěžební lokality a další faktory.

Zásluhou prosazování přírodních pochodů při obnově posttěžebních lokalit různými zájmovými skupinami, se stále více využívá spontánní či řízená sukcese. Z hlediska ochrany přírody je řízená sukcese užitečnější než sukcese spontánní, protože umožňuje udržování biotopů v určité fázi sukcese. Existuje řada způsobů, jak brzdit či blokovat sukcese: od využití těžké techniky po narušování vlivem rekreační činnosti (Řehouňková a Řehounek 2016).

Na území Moravskoslezského kraje se provádí těžba různorodých nerostných surovin: černého uhlí, vápence, sádrovce, štěrkopísku, stavebního kamene a dalších. V důsledku dlouhodobé povrchové a hlubinné těžby po celém území kraje vznikly dobývací prostory, které ovinují reliéf, hydrologické a biologické poměry (Tanistra 2016). Zvláštností tohoto regionu je těžba černého uhlí, která se provádí hlubinným způsobem. Nicméně, na povrchu vzniklo určité množství hald, které mohou sloužit jako vhodné stanoviště pro druhy organismů se specifickými nároky.

V praktické části diplomové práce bylo účelem posoudit faktory, které ovlivňují volbu způsobu obnovy obsažených v rekultivačních plánech vypracovaných pro těžební prostory daného regionu. Byly zvoleny lokality, které se nacházejí v různých částech Moravskoslezského kraje, a byla shromážděna rekultivační dokumentace a některé další informace. Pomocí statistických metod byly zjištěny významné faktory. Kromě toho jsem vypracoval vlastní návrh rekultivace dvou lokalit.

## **2. Cíle práce**

Cílem diplomové práce je:

- 1) Zpracování literární rešerše věnující se uplatnění přírodních pochodů při obnově posttěžebních lokalit.
- 2) Zhodnocení toho, které faktory zapříčiňují fakt toho, že se v bývalých těžebnách (nebo jejich částech s ukončenou těžbou) nacházejí plochy s absencí terénních úprav a/nebo biologické rekultivace.
- 3) Návrh vlastního plánu rekultivace

### **3. Literární řešerše**

#### **3.1. Přírodě blízká obnova**

##### **3.1.1. Přirozená obnova a těžba**

Při těžbě nerostných surovin dochází k výrazné destrukci krajinného prostředí v prostoru litosféry, hydrosféry, troposféry, pedosféry, biosféry a někdy i složek sociálního prostředí. Území devastované intenzivní těžbou jsou postihována vysokou intenzitou deteriorizačních vlivů. V důsledku povrchové těžby dochází k negativnímu ovlivnění půdy, atmosféry (plynnými emisemi, především SO<sub>2</sub>), fytoocenózy a mikrocenózy, k narušení vodního režimu, znečištění podzemních vod, strukturní a funkční deformaci ekosystémů. Část těžbou devastovaných území podléhá intenzivnímu procesu morfogenetických změn, jako jsou větrná a vodní eroze a v některých případech i abraze (Štýs 1981).

V praxi jsou často upřednostňovány technické přístupy k obnově posttěžební krajiny. Při zalesňování bývalých těžebních lokalit jsou často využívány monokultury produkčních dřevin, což může vést k homogenizaci krajiny a degradaci biologicky cenných ploch (Hulín et al. 2017). V České republice tvoří lesnické rekultivace největší část ploch bývalých těžeben, kde rekultivace byla již ukončena (10943 ha – stav v roce 2018), nebo ukončena nebyla (3368 ha – stav v roce 2018) (Starý et al. 2019).

Po extrémním narušení může ekosystém projít procesem primární sukcese, který je charakterizován předvídatelnou řadou vývojových stádií a končí vznikem klimaxního společenstva – biologicky stabilního společenstva, které představuje poslední stadium sukcese (Singer 2016). Stabilitou klimaxového společenstva se rozumí to, že v poměrně dlouhém časovém úseku dochází k méně významným změnám (Konvičková 2008).

Návrh způsobu obnovy narušeného ekosystému vyžaduje stanovení cílového stavu, který může být zajištěn srovnáním daného ekosystému s nenarušeným ekosystémem v obdobných ekologických poměrech. Kromě toho, pro stanovení předpovědi budoucího vývoje a návrhu usměrňujících zásah je potřeba vyhodnotit stanovištní poměry: chemické a fyzikální vlastnosti substrátu ve vztahu k vegetaci a jiné (Prach 2006).

Jedním z motivů pro zachování původních druhů a krajin může být zrychlení vymírání druhů a ztráta druhové a stanovištní rozmanitosti (Walker a del Moral 2003). Pro zachování žádoucího stavu ekosystému lze blokovat sukcesí kácením náletových dřevin nebo těžkou technikou (například s cílem ochrany populací ohrožených druhů hmyzu) (Řehounek et al. 2010). Kromě toho, pro zachování předmětu ochrany, nebo udržení či vytvoření mozaikovitosti vegetace je potřeba vrátit sukcesí k mladším stádiím cestou řízených technických zásahů, které by mohly být financovány těžebními organizacemi z rekultivačních fondů (Prach 2009). Výsledky managementových zásahů je potřeba průběžně vyhodnocovat a podle tohoto hodnocení upravovat provádění těchto zásahů (Doležalová et al. 2013).

Těžební prostory jsou útočištěm pro konkurenčně slabé druhy, proto hrají důležitou roli při ochraně biodiverzity, zvláště vzácných a rychle mizejících druhů a biotopů, které vyžadují určité podmínky prostředí. Uplatnění přírodních pochodů při obnově posttěžebních lokalit spočívá buď v ponechání spontánní sukcesí nebo ve využití řízené sukcese, která nasměruje vývoj ekosystému k cílovému stavu (Řehounek et al. 2010). Pomocí přírodní obnovy v bývalých těžebních prostorech vznikají cenné biotopy, například ve sníženinách na nepropustných šedých jílech vnikají vodní plochy, na písčích vznikají oligotrofní terestrické i vodní biotopy (Doležalová et al. 2013). Spontánní obnova je omezená na extrémně kyselých, toxických, příliš suchých nebo eutrofizovaných substrátech (Prach 2009). Řízená sukcese předpokládá některé úpravy faktorů prostředí, například zvednutí hladiny vody, dodání živin, dodání žádoucích organismů nebo odstraňování nevhodných druhů (Prach 2006). Existuje také takzvaný nízkonákladový management využívající vodní erozi, svahové pochody nebo narušování vlivem rekreační činnosti (Řehounková a Řehounek 2016). Na extrémních stanovištích mohou být vhodná některá opatření: pohnojení, povápnění, mulčování, postřik vodou v době klíčení semen, výsadba vzrostlých jedinců (Prach 2009). Kromě toho, pro obnovu vzácných stanovišť se také praktikuje přenos biomasy se zachovalých lokalit (Řehounková a Řehounek 2016). Někdy lze ovlivňovat vývoj ekosystému nepřímo, například snížením odtoku z odvodňovacích kanálů nebo zastavením přítoku znečištěné vody (Prach 1995).

Posttěžební lokality jsou příznivým stanovištěm pro ohrožené druhy cévnatých rostlin. Nicméně, druhové složení se liší v závislosti na sukcesním stádiu a geologickém podloží. Tato skutečnost byla potvrzena při výzkumu posttěžebních lokalit

situovaných na území České republiky. Čtvrtina všech druhů nalezených cévnatých rostlin se považuje za ohrožené podle červeného seznamu cévnatých rostlin České republiky. Většina ohrožených druhů se vyhýbala zalesněným stanovištím. Druhy s větším stupněm ohroženosti byly převážně nalezeny na nezarostlých, otevřených stanovištích. Kromě toho, bylo zjištěno, že na stanovištích, která zbyla po těžbě vápence se ohrožené druhy cévnatých rostlin vyskytovaly častěji než na jiných lokalitách. Přibližně čtvrtinu druhů nalezených na těchto stanovištích představovaly druhy ohrožené. V čedičových lomech takových druhů bylo 18 %, v bývalých pískovnách a šterkopískovnách – 15 %, na vytěžených rašeliništích – 13 %. V jiných lokalitách tento podíl byl nižší (Řehouňková et al. 2020).

Významné sukcesní plochy lze zaregistrovat do ÚSES, vyhlásit obecně či zvláště chráněného území, nebo přechodně chráněné plochy nebo zaregistrovat jako významný krajinný prvek či přírodní památku. Kromě toho, pro potřeby péče o cenný biotop pozemek může být vykoupen nebo pronajat soukromými osobami nebo nevládními organizacemi (Doležalová et al. 2013).

Na lokalitách ponechaných přirozené sukcesi dochází k souvisejícím pedologickým procesům a následně k získání vyvážených biocenóz. Abiotické a biotické faktory do značné míry určují druhové složení rostlinných společenstev v průběhu sukcesního vývoje (Stalmachová 1996). Kromě toho, dlouhodobě nezarostlá místa mohou přispívat ke stanovištní a druhové diverzitě, například v případě hub, bezcévných rostlin a některých skupin hmyzu (Prach 2009). V průběhu sukcesy se může vytvořit jemná mozaika různorodých biotopů, která výrazně zlepšuje propustnost krajiny i osídlování těchto území (Doležalová et al. 2013).

Spontánní sukcesy je nejjednodušším a nejlevnějším způsobem obnovy území narušených těžbou. (Řehounek et al. 2010). Nicméně, je třeba poznamenat, že v některých případech ponechání těžebních jam bezzásahovému rozvoji vedlo ke kontaminaci vodních toků různorodými znečišťujícími látkami (Surber a Simonton 2017).

### 3.1.2. Antropogenní půdy

V průběhu povrchové těžby dochází k výrazné degradaci půdy (zamokření, vysoušení, kontaminace) a k destrukci pedosféry v celém dobývacím prostoru včetně prostoru vnějších výsypek (Štýs 1981).

Vývoj půdy je rychlejší na stabilních, jemně strukturovaných a úrodných substrátech. Úrodnost substrátů je určována především biologickou složkou (Walker a del Moral 2003). Rostliny a rostlinná společenstva osídlují antropogenní substráty vždy ve stejné posloupnosti, a proto mohou být považována za indikátory stavu antropogenních půd. Řada druhů může v průběhu sukcesních změn významně ovlivnit humifikaci svrchního horizontu půdního substrátu, zpevnování půdního povrchu a mikroklimatické podmínky stanoviště (Stalmachová 1996).

To, jak probíhá vývoj antropogenních substrátů může záviset na tom, jestli je dané území rekultivováno či ponecháno samovolnému vývoji. Výzkum (Bartuška et al. 2015) ukázal, že na rekultivovaných lokalitách se zásaditost půd časem snižovala rychleji než na lokalitách nerektivovaných. Obsah uhlíku se zvyšoval na všech zkoumaných lokalitách, nicméně byl vyšší na rekultivovaných lokalitách.

Antropogenní půdy jsou často znečištěny toxickými prvky. Celkový obsah těžkých kovů a metaloidů v půdě je součtem koncentrací prvků z geologického podloží, na kterém se vyvíjí půda, a z antropogenních zdrojů (např. atmosférická depozice, srážky, aplikace agrochemikálií a další) (Alloway 2013). Obsah těžkých kovů a živin v půdách posttěžebních stanovišť může významně ovlivnit skladbu společenstev půdních řas, zejména v raných stádiích sukcese. Postupné zvýšení početnosti půdních řas podporuje vytvoření vhodných podmínek pro rozvoj vegetace (Song et al. 2014).

Co se týče mikrobiální složky půdy, bylo zjištěno, že její struktura je ovlivněna dominantními druhy daného posttěžebního stanoviště. Významné rozdíly mezi funkčními skupinami mikroorganismů byly nalezeny na lokalitách, kde dominují druhy běžně tvořící ektomykorhizu, a lokalitách, kde dominují druhy, které mykorhizu netvoří, nebo interagují s arbuskulární mykorhizou (Markowicz et al. 2015).

Mikroorganismy obývající substráty post-těžebních stanovišť podporují příjem rostlinami nezbytných prvků, které nejsou v dostatečném množství, jsou špatně

rozpuštěné nebo imobilní v pevných substrátech a tím podporují kolonizaci (Alloway 2013).

Pozitivní a negativní vzájemné ovlivňování rostlin a půdy může buď podpořit daný rostlinný druh a tím zpomalit sukcesí, nebo podpořit nahrazování daného druhu jinými (Bardgett 2010).

### **3.1.3. Průběh sukcese**

Trajektorie a rychlost sukcesního rozvoje v místním měřítku jsou v mnoha ohledech určovány specifickými charakteristikami povrchu lokality (Walker a del Moral 2003). Iniciální stádium a další vývoj rostlinných společenstev antropogenních lokalit je obecně úspěšnější ve sníženinách a nerovnostech mikroreliefu, než na svazích a vrcholech kvůli vyšší akumulaci vody, semen a vhodnějším mikroklimatickým podmínkám (Stalmachová 1996).

Průběh sukcese se řídí i jinými faktory prostředí. Určitý vliv na vývoj vegetačních společenstev má orientace svahu. Severní, severovýchodní a východní svahy brzy kolonizují anemochrnní fanerofyta, bylinné patro v raných stádiích sukcese má relativně malou pokryvnost. Na jižních a západních svazích nastupují společenstva vysokých trav, bylin a mladých fanerofytů. Kromě podmínek prostředí určených množstvím slunečního záření, kolonizace post-těžebních lokalit může být také ovlivněná směrem větru typickým pro danou oblast. Například, v oblasti Ostravské pánve převládající jihozápadní větry umožňují teplomilným druhům rostlin osídlovat jižní a jihozápadní svahy hald (Stalmachová 1996).

Primární sukcese začíná obvykle nižšími organismy (řasy, lišejníky, bakterie, houby) a vyššími cévnatými rostlinami, jejichž diasporu přináší vítr nebo ptáci a savci (Jakrllová a Pelikan 1999). Primární stanoviště se vyvíjí pomalu a komponenty ekosystému se vyvíjejí s různou rychlostí (většina biologických procesů probíhá od 1 do 100 let) (Walker a del Moral 2003). Vývoj různých typů společenstev vyžaduje různá časová období. Na základě pozorování bylo zjištěno, že za 1 až 4 roky se vyvíjí segetální a ruderalní společenstva rostlin, jejichž vývoj je limitován vzdáleností od zdroje šíření diaspor, zásobou diaspor a stupněm znečištění prostředí. Vývoj vegetace eutrofních stojatých vod a mokřadů vyžaduje 8 až 15 let. Vývoj společenstev křovinatých plášťů obecně trvá 10 až 15 let v závislosti na vzdálenosti od zdroje



diaspor a na typu šíření. Od 10 do 100 let trvá vývoj suťových lesů, březových doubrav na extrémních stanovištích, vrbotopolových lužních lesů. Staletí trvá vývoj přirozených lesních společenstev, včetně výskytu charakteristických druhů vyšších rostlin v bylinném patru (Stalmachová 1996).

Vegetace hraje rozhodující roli v procesu přirozené obnovy. Rostliny selektivně koncentrují půdní živiny, přenášejí vodu z půdy do atmosféry, uvolňují organické látky při rozpadu a také mohou limitovat zdroje a tím ovlivňovat organismy ve svém okolí (Walker a del Moral 2003).

V době iniciace přirozené sukcese na haldách je důležitým faktorem vývoje společenstev transport diaspor z okolních lokalit. Anemochorie je rozhodující cestou transportu semen v počátečních fázích vývoje vegetace (Stalmachová 1996).

Jedním z faktorů určujících směr spontánního vývoje post-těžebních stanovišť je druhová specifická semen rostlin. Výzkum provedený na severovýchodě České republiky ukázal, že význam druhových zvláštností se měnil v průběhu sukcese. Výskyt druhů s vysokým potenciálem šíření člověkem, větrem, vodou a na povrchu těl zvířat se snižoval. Hojnost autochtonních a endozoochorních druhů se naopak zvyšovala. Početnost hydrochorních a zoochorních druhů se měnila nelineárně. Výskyt druhů s vysokou kapacitou rozptylu semen se v průběhu sukcese významně zvýšil. Kromě toho, bylo zjištěno, že druhy s lehčími semeny se hojněji vyskytovaly v počátečních stádiích sukcese a druhy s relativně těžšími semeny v konečných stádiích. Výzkumníci došli k závěru, že specifické znaky druhů rostlin mohou pomoci při zjištění druhů rostlin, které s větší pravděpodobností budou kolonizovat narušené lokality (Horáčková et al. 2016).

Studie provedená v Německu ukázala, že schopnost rostlin osídlit post-těžební stanoviště je ovlivněna hmotností semen a nejvyšší rychlostí dosažené při šíření semen větrem. Nízké míry těchto vlastností dovolují semenům s vyšší pravděpodobností dosáhnout vhodných stanovišť. Bylo zjištěno, že na studovaných post-těžebních lokalitách, semena vzácných druhů rostlin měla větší potenciál pro šíření s využitím vzdušných proudů než semena běžných druhů. Kromě toho se ukázalo, že ve 40 % případů, zdroje semen kolonizujících posttěžební lokality se nacházely ve vzdálenosti 3 až 10 km od zkoumaných stanovišť, v 19 % případů – tato vzdálenost přesahovala 10 km (Nichols et al. 2008).

Výsledky studie (Prach et al. 2016) ukazují, že primární a sekundární sukcese se vyvíjí ve směru potenciální přirozené vegetace. Jedním z rozdílů mezi těmito procesy je čas potřebný k dosažení přirozeného stavu vegetace. Pro primární sukcese tento vývoj trvá přibližně 180 let, pro sekundární – okolo 260 let.

Předmětem zkoumání jiné studie bylo druhové složení nadzemní vegetace a semen obsažených v půdách lesnický rekultivovaných a ponechaných spontánní sukcesí. Výzkum ukázal, že druhové složení rekultivovaných a nerekulitovaných lokalit se sblížovalo v pozdních stádiích sukcese. Více vegetačních typů bylo nalezeno na lokalitách v raných a středních stádiích sukcese, v pozdních stádiích dominovaly stromy. Druhové složení semen v půdě se na zkoumaných lokalitách významně nelišilo, ale měnilo se během sukcesního vývoje. Mezi semeny byly nejhojnějšími skupinami synantropní a invazivní druhy bez ohledu na stadia sukcese (Horáčková et al. 2019).

Diferenciace rostlinných společenstev s různými ekologickými nároky probíhá 1 až 3 roky po iniciaci a indikuje různé rozdílné ekologické podmínky v různých částech lokality (Stalmachová 1996).

Pionýrské druhy a druhy středních sukcesních stádií mají tendenci se rychleji rozmnožovat, šířit se na velké vzdálenosti, klíčit a rychle růst na chudých půdách a nejvíc prosperovat v podmínkách slabé konkurence o živiny a sluneční světlo (Singer 2016).

Výzkum provedený na různých lokalitách vzniklých působením člověka v České republice stanovil, jak probíhá vývoj lesů na antropogenních stanovištích. Bylo zjištěno, že dřevinné druhy dosahují maximální relativní pokryvnosti po 40-50 letech sukcesního vývoje. Relativní pokryvnost druhů typických pro raná stadia sukcese se během času snižovala, zároveň pokryvnost druhů pozdějších stádií se zvyšovala. *Betula spp.* v raných a *Pinus sylvestris* v pozdějších stádiích sukcese kolonizovali zkoumaná stanoviště nejúspěšněji (Řehouňková et al. 2018).

Stromové druhy kolonizující posttěžební lokality ovlivňují druhovou strukturu a mezidruhovou konkurenci na těchto stanovištích. Například, bylo zjištěno, že konkurence s druhem *Salix caprea*, běžně osídlujícím bývalé těžební prostory Centrální Evropy, podstatně ovlivňuje druhové složení podrostů (Mudrák et al. 2016b).

Další studie odhalila, že pomocí několika parametrů jako pokryvnost stromů, pokryvnost dominantního bylinného druhu, celková pokryvnost vegetace a počet druhů je do určité míry možné předpokládat směr budoucího vývoje posttěžebního stanoviště na raných stádiích sukcese (Mudrák et al. 2016a).

Určitou roli v průběhu sukcese hrají i houbová společenstva. Arbuskulárně mykorhizní houby byly předmětem výzkumu provedeného v různých částech jedné výsypky vzniklých v různém čase. Cílem bylo zjištění faktorů, které ovlivňují složení společenstev mykorhizních hub na kořenech *Calamagrostis epigejos*. Ukázalo se, že struktura společenstev nebyla významně ovlivněna stářím lokality, ani chemismem půdy. Signifikantní vliv mělo složení rostlinných komunit na zkoumaných lokalitách. Kromě toho, analýza odhalila, že provedená lesnická rekultivace měla větší pozitivní vliv na kolonizování kořenů arbuskulárně mykorrhizními houbami, než spontánní sukcese (Krüger et al. 2017).

Spontánní sukcese ovlivňuje trofické sítě rozkladačů a biomasu půdních organismů. Tuto skutečnost popisuje studie (Frouz et al. 2013) provedená na čtrnácti posttěžebních prostorech různého stáří ponechaných spontánní sukcesi v České republice. Bylo pozorováno podstatné zvýšení počtu funkčních skupin organismů a úrovní v trofických sítích během sukcesního vývoje, zvláště v stádiích před vývojem keřové vegetace. V keřovém stádiu sukcese trofické sítě vykazovaly značnou nestabilitu. Jako rozkladači, bakterie dominovaly v počátečních a v lesní stádiích sukcese, houby – v keřových a intermediálních stádiích.

Zvolený způsob rekultivace post-těžebních lokalit ovlivňuje nejenom rostlinná ale i živočišná společenstva. Tento vliv byl předmětem výzkumu ve studii (Šálek 2012). Bylo zjištěno, že druhové bohatství ptačích společenstev roste se stářím post-těžební lokality, výskyt vzácných druhů naopak klesá. Druhové bohatství lokalit ponechaných spontánní sukcesi bylo větší než v lokalitách rekultivovaných technicky. Autor dochází k závěru, že lokality ponechané spontánní sukcesi mají vyšší hodnotu z hlediska ochrany přírody, protože na raných sukcesních stádiích byly osídleny širší škálou druhů.

Lze také zmínit, že rozložení struktury ptačích společenstev v iniciálních stádiích sukcese má geometrické rozdělení, později – Dirichletovo rozdělení, typické pro dospělé ekosystémy (Štýs 1981).

Ve východním Německu na lokalitách různého stáří byly prozkoumány způsoby imigrace živočichů a faktory ovlivňující tento proces. Protisté, pavouci a půdní členovci se nejčastěji přemísťovali vzduchem, pro půdní megafaunu typickým způsobem imigrace byl aktivní pohyb. Složení společenstev na výsypkách bylo podstatně ovlivněno zalesňováním a stářím výsypky a kvalitou substrátu (Wanner a Dunger 2002).

Je třeba také poznamenat, že zvířata také hrají významnou roli v procesu obnovy ekosystému, protože i když někdy nejsou schopná založit životaschopnou populaci, mohou přinášet semena a živiny do narušeného prostředí. Nicméně, zvířata mohou i bránit procesu obnovy konzumací semen nebo mladých rostlin (Singer 2016).

## **3.2. Spontánní sukcese na post-těžebních lokalitách**

### **3.2.1. Pískovny a štěrkopískovny**

Stanoviště jako písečné přesypy a říční náplavy jsou často ohrožená zarůstáním, které může být způsobeno změnou hospodaření, zvýšeným přesunem živin i ruderalních a invazivních druhů. Pískovny a štěrkopískovny jsou vhodnými náhradními stanovišti pro píscomilné organismy (Řehouňková a Řehounek 2014).

Zvolený typ obnovy ovlivňuje druhovou skladbu vznikajících komunit. Studie provedená na třinácti pískovnách na jihu České republiky ukázala, že lokality rekultivované pomocí lesnické rekultivace a spontánní sukcese se významně nelišily v celkové druhové diverzitě, nebo v čase potřebném k vývoji vegetace, nicméně na lokalitách rekultivovaných pomocí spontánní sukcese byl zjištěn větší výskyt vzácných druhů a synantropních a travních druhů na raných sukcesních stádiích (Šebelíková et al. 2016).

Druhové složení vznikající v důsledku provedení přírodě blízké obnovy lesů je ovlivněno výškou hladiny podzemní vody a okolní vegetací. V České republice lesy vzniklé už po několika letech sukcesního vývoje na suchých lokalitách ve vlhčích a chladnějších regionech jsou tvořeny především druhy *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* a *Sorbus aucuparia*. Na vlhčích stanovištích vznikají nejčastěji vrbové a olšové porosty. V sušších a teplejších regionech v pozdních stádiích sukcese vznikají biotopy podobné lesostepi, kde se vyskytují druhy *Arrhenatherum elatius*, *Prunus*

*spinosa*, *Populus tremula* a rody *Crataegus* a *Rosa*. Přírodní obnova litorálních porostů může být provedena už po 25 letech (Řehounek et al. 2010).

To, jak probíhá sukcesní vývoj na opuštěném pískovišti popisuje studie (Rahmonov a Szymczyk 2010) provedená v jižním Polsku. Byl sledován rostlinný pokryv v různých etapách sukcese. Stáří nejstarší lokality bylo odhadnuto na 25 let. Na raných stádiích byl písek nasáklý vodou kolonizován sinicemi, řasami, hydrogammními rostlinami a mechrosty. Tímto způsobem byl podle autorů zahájen vývoj půdy zpevněním písku vázáním pískových zrn. Další fáze je charakterizována osídlením *Equisetum variegatum* stanovišť s vysokou koncentrací ionizovaného vápníku ve vodě a rozvojem ostřicovo-mechových společenstev na stanovištích s vodou s nízkým pH. Následujícím krokem byl rozvoj pionýrské dřevinné vegetace a keřových společenstev probíhající nezávisle na fyzikálně chemických vlastnostech vody. Dále následoval vznik skupin stromů tvořených hlavně druhy *Betula pendula*, *Salix repens*, *Populus tremula* a *Pinus sylvestris*. Pozdější sukcesní vývoj procházel směrem k jehličnatému lesu. Během výzkumu byl zaznamenán početný výskyt vzácných a ohrožených druhů rostlin.

V České republice jsou bývalé pískovny významným stanovištěm pro některé fytoocenózy. V prostorech ponechaných sukcesí se vyvíjí panonské trávníky, společenstva jednoleté vegetace suchých písčín, vegetace letněných rybníků na okrajích vodních ploch s kolísavou hladinou a další. (Řehounek et al. 2010).

Jiná česká studie prokázala, že aktivní a opuštěné pískovny mohou hrát významnou roli v ochraně vzácných druhů jako útočiště. Bylo zjištěno, že spontánní sukcese zvyšuje množství zdrojů potravy, ale zároveň snižuje množství ploch obnaženého substrátu, který by mohly kolonizovat včely, vosy a další organismy včetně vzácných. Nicméně nerekulturní lokality byly pro tyto organismy atraktivnější než technicky upravené. Významný vliv na kolonizaci měl také vegetační kryt. Vosy a včely se vyhýbaly zcela obnaženým nebo zcela zarostlým plochám (Heneberg et al. 2013).

Bývalé pískovny a štěrkopískovny ponechané samovolnému vývoji jsou útočištěm pro ohrožené a vzácné druhy členovců. Drtivá většina ohrožených druhů členovců obývajících tyto stanoviště jsou xerothermními druhy. V České republice byly na těchto lokalitách nalezeny druhy specializované na písčité přesypy, štěrkopískové říční terasy a xerothermofilní stepi (Heneberg et al. 2016). Přítomnost stanovišť vhodných

pro písčité druhy hmyzu je značně podmíněna lidskou činností, proto jsou managementové zásahy (odstraňování a prořezávání náletu, narušování povrchu, udržování mělkých tůní bez rákosin) důležitým faktorem zachování mozaiky stanovišť v různých sukcesích stadiích (Řehounek et al. 2010).

Pískovny jsou důležitým stanovištěm také pro měkkýše a obojživelníky. Nejvhodnějšími pro měkkýše jsou menší mokřadní stanoviště s mělkou vodou a bohatými porosty vodních makrofyt. Pro výskyt obojživelníků v prostorech pískoven jsou podstatnými faktory úroveň hladiny podzemní vody, hustota vegetace, zastínění, vzdálenost dalších lokalit s výskytem obojživelníků, existence lesního porostu v okolí, rozsah litorálu, rozsah porostů makrofyt. V České republice pískovny tvoří většinu lokalit výskytu druhu *Epidalea calamita* (Řehounek et al. 2010).

Dodatečná narušení stanovišť mohou být prospěšná z hlediska ochrany vzácných druhů. Důkazem je výzkum provedený na pískovně na Třeboňsku. Území pískovny bylo částečně rekultivováno lesnický, částečně ponecháno spontánní sukcesi. Na místech, kde byla spontánní sukcese narušována lidskou činností, byl zjištěn největší podíl druhů ohrožených a pískomilných. Na rekultivovaných místech byl tento podíl nejmenší. Autoři dospěli k závěru, že dodatečná narušení zvyšují heterogenitu lokality a tím přispívají k ochraně vzácných druhů (Řehounková et al. 2016). Řízená sukcese spočívající v dosazování původních druhů dřevin může potlačit šíření invazivních druhů, ale zároveň může ohrozit vzácné druhy a společenstva (Řehounek et al. 2010).

Udržování heterogenity krajiny a podpora cenných biocenóz (například písčin a oligotrofních mokřadů) vyžaduje pravidelné managementové zásahy. Příkladem takových zásahů může být obnova tůní pro rozmnožování obojživelníků nebo obnova kolmých stěn pro hnízdění ptáků (Řehounek et al. 2010). Výzkum provedený v prostorech byvalé štěrkovny ukázal, že zaplavené opuštěné těžební lokality jsou útočištěm pro obojživelníky. Rozvoj populací obojživelníků na takových stanovištích může být do určité míry podpořen formováním vhodného reliéfu a dodatečným vytvářením tůní (Klimaszewski et al. 2016).

### **3.2.2. Těžba uhlí**

Vhodné podmínky pro přírodě blízkou obnovu na výsypkách vzniklých v důsledku těžby uhlí mohou být podpořeny ještě v době těžby například ponecháním přirozených a polopřirozených společenstev v okolí výsypek jako zdroje pro budoucí kolonizaci výsypek a vytvářením členitého povrchu výsypek a hlavně vodních ploch (Řehounek et al. 2010). Vodní plochy na takových stanovištích vznikají samostatně buď v terénních depresích (například na nepropustném podloží třetihorních jíílů), nebo při patě výsypky vytlačováním vody na povrch tlakem nasýpaného tělesa (Vojar et al. 2016a).

Zvolená cesta rozvoje posttěžebních prostorů může významně ovlivnit vodní habitaty. Lokality na výsypkách severočeské hnědouhelné pánve byly zkoumány z hlediska podílu vodních ploch, počtu vodních nádrží na hektar a počtu vodních nádrží v okolí 300 m. Hodnoty těchto parametrů byly významně vyšší na lokalitách bez rekultivačních zásahů než na lokalitách rekultivovaných. Nicméně, na stanovištích ponechaných samovolnému vývoji vodní nádrže byly méně hluboké a jejich velikost byla menší (Doležalová et al. 2012).

Hojnost dvou druhů čolka byla srovnána ve vzniklých technicky vodních nádržích, spontánně po provedení rekultivačních prací nebo spontánně bez předcházejících rekultivačních zásahů. Zkoumané lokality se nacházejí na výsypkách zbylých po těžbě v prostoru severočeské hnědouhelné pánve. Čolci *Lissotriton vulgaris* byli významně vzácnější v umělých vodních nádržích, jedinci *Triturus cristatus* na těchto lokalitách nebyli nalezeni. Výsledky výzkumu odhalily, že nádrže vzniklé spontánně jsou často vhodným stanovištěm pro čolky na rekultivovaných a nerektivovaných lokalitách (Kolář et al. 2017).

V jiné studii byl srovnán vliv technické rekultivace a spontánní sukcese na druhové bohatství obojživelníků obývajících mokřady na výsypkách na území severočeské hnědouhelné pánve. Průměrný počet druhů na jednu vodní nádrž a podíl nádrží osídlených alespoň jedním druhem obojživelníků byl vyšší na stanovištích ponechaných sukcesí. Technicky rekultivované lokality byly převážně osídleny druhy nenáročnými na stanovištní podmínky. Druhy *Pelophylax ridibundus* a *Triturus cristatus* se vyskytovaly na lokalitách obou typů s relativně stejnou hojností. Analýza získaných dat také ukázala, že většina nalezených druhů obojživelníků preferuje vodní

nádrže částečně zarostlé litorální vegetací, nádrže s mírně svažitémi břehy a s nízkou vodivostí vody (Vojar et al. 2016b).

Obojživelníci střídají v průběhu roku a života různé typy biotopů. Na pestrou krajinu s dostatkem rozmanitých vodních ploch a vhodným terestrickým prostředím v různých sukcesních stádiích je vázaná většina obojživelníků České republiky. Proto obojživelníci mohou sloužit jako indikátory kvality, pestrosti a propojenosti jednotlivých biotopů (Vojar et al. 2016a).

Výsypky ponechané samovolnému vývoji jsou atraktivním stanovištěm nejen pro obojživelníky. Studie provedená na Kladensku odhalila, že na spontánně vyvinutých lokalitách bylo druhové bohatství rovnokřídých a polokřídých podstatně vyšší než na lokalitách technicky rekultivovaných. Nerekultivované výsypky měly taky podstatně větší význam z hlediska ochrany ohrožených druhů motýlů a křískovitých. Ohrožené a xerofilní druhy preferovaly stanoviště ponechaná spontánní sukcesi (Tropek et al. 2012).

Heterogenita povrchů výsypek je významným faktorem pro utváření biodiverzity členovců. K tomuto závěru došli výzkumníci po analýze druhové diverzity členovců na rovných a vlnitých terénech výsypky v raných sukcesních stádiích. Na lokalitách s heterogenním povrchem druhové bohatství nočních motýlů a stonožek bylo signifikantně větší. Kromě toho, vlněné terény byly významně hodnotnější pro společenstva pavouků z hlediska ochrany přírody. Nicméně, mnohonožky a střevlíkovití preferovali rovné povrchy (Moradi et al. 2018a).

Výzkum populací vážek obývajících spontánně se rozvíjející výsypky ukázal, že raná sukcesní stadia měla větší přírodoochránský význam a často i větší druhové bohatství (Harabiš 2016).

Post-těžební prostory mohou být vhodnými stanovišti i pro velké býložravce. Výskyt jelena evropského byl zkoumán na lokalitě zbylé po těžbě hnědého uhlí, která byla částečně uměle zalesněná, částečně ponechána samovolnému vývoji (Müller et al. 2017).

Jiná studie zkoumala to, jak žížaly ovlivňují půdu výsypky během spontánní sukcese. Přítomnost žížal na raných sukcesních stádiích a rovněž typ půdy a konkurence s druhy pozdějších stádií sukcese významně ovlivnila množství rostlinné biomasy. Nárůst



biomasy, způsobený činností žížal, byl potlačen, když rostlinné druhy raných a pozdních stádií začaly konkurovat. Bylo zjištěno, že činnost žížal více ovlivňuje nevyzrálé půdy. Mimoto autoři výzkumu došli k závěru, že tyto změny ve složení půd podporují druhy pozdějších stádií sukcese a tím přispívají k nahrazování druhů (Mudrák a Frouz 2018).

Důležitým faktorem ovlivňujícím druhové složení rostlin kolonizujících lokality narušené těžbou je struktura půdy. Studie druhového složení a rozmanitosti rostlin na výsypkách vzniklých po těžbě uhlí v jižním Polsku ukázala, že na kamenitých substrátech se vyvinula rostlinná společenstva s větším druhovým bohatstvím, na štěrkovitých – s větší pestrostí životních forem a životních strategií. Nejchudšími z hlediska druhového bohatství byly prachovité půdy. Druhy s větší konkurenční schopností byly častěji nalezeny na štěrkovitých substrátech (Kompała-Bąba et al. 2019).

To, jakými směry se vyvíjí post-těžební lokality rekultivované pomocí setí směsí semen původních druhů nebo pokrytých senem a lokality ponechané spontánní sukcesí bylo sledováno po dobu 9 let v prostoru těžebny hnědého uhlí. Pokryvnost vegetace na rekultivovaných stanovištích byla významně vyšší prvních 5 let pozorování. V posledním roce pozorování nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v druhovém bohatství mezi zkoumanými stanovišti. Sledování eroze ukázalo, že v prvních dvou letech byla významně rozsáhlejší na nereakultivovaných plochách (Baasch et al. 2012).

Kvůli suchému a teplému charakteru prostředí, je omezena pokryvnost dřevin na mosteckých výsypkách i v pozdních stádiích sukcese, kromě míst v blízkosti starších porostů dřevin a míst s větší vlhkostí. Tato skutečnost určuje tvorbu mozaikovitých biotopů polopřírodní lesostepi, které jsou útočištěm pro ohrožené druhy hmyzu (například *Proserpinus proserpina*) (Řehounek et al. 2010).

Studie provedená na Sokolovsku odhalila významné rozdíly ve vývoji půdy na rekultivovaných a výsypkách ponechaných spontánní sukcesí. Akumulace C a N probíhala rychleji na rekultivovaných lokalitách. Obsah H a O se s postupujícím věkem těchto lokalit snižoval. Obsah huminových a fulvinových kyselin se během času zvyšoval na lokalitách obou typů. Akumulace humusu a humifikace probíhaly aktivněji na rekultivovaných lokalitách, než na

nerekultivovaných, avšak tyto rozdíly se postupně zmírňovaly a přestaly být významné po 40 letech rozvoje (Abakumov et al. 2013).

Na výsypkách vzniklých v důsledku těžby uhlí se často provádí lesnická rekultivace. Srovnání kvality lesních porostů vzniklých na výsypkách pomocí umělého zalesnění a vzniklých spontánně ukázalo, že hustota porostů na zalesněných plochách byla relativně homogennější. Mimoto kmeny stromů na těchto plochách byly považovány za kvalitnější. Navzdory tomu, výskyt zlomů kmenů byl vyšší v uměle vzniklých porostech (Vacek et al. 2018).

K podobným závěrům se došlo ve studii provedené v Německu, Maďarsku a České republice na výsypkách zbylých po těžbě hnědého uhlí, kde lesnická rekultivace a spontánní sukcese byly srovnány z hlediska směru rostlinného vývoje a faktorů ovlivňujících druhové složení na studovaných lokalitách. Bylo zjištěno, že množství druhů bylo větší na výsypkách ponechaných samostatnému vývoji. Kromě toho, na těchto lokalitách byly lesní druhy hojnější. Synantropní druhy byly početnější a vykazovaly větší stabilitu na lokalitách rekultivovaných způsobem spontánní sukcese. Počty travních druhů se významně nelišily (Šebelíková et al. 2019).

Na 25-35letých rekultivovaných a nerekultivovaných lokalitách na Sokolovsku (Česká republika) pokrytých lesní vegetací byl proveden výzkum rozdílů ve vodním režimu. Výsledky analýz naznačují, že vodní režim v upravených lokalitách dosáhl lepší akumulace vody v půdě a v neupravených lokalitách byla zaznamenána větší schopnosti zadržování sněhových srážek (Cejpek et al. 2018).

Co se týče úprav terénu pro zlepšení ekologických podmínek na posttěžebních stanovištích, jednou z metod je přenos více vyvinuté půdy. Vliv transplantace bloků půdy na osídlení lokalit půdní faunou bylo předmětem výzkumu na sokolovské výsypce. V devadesátých letech a po dvaceti letech byly odebrány vzorky v 1-2 metrech a v 30 metrech (kontrolní vzorky) od přenesených půdních bloků. Obsah mikrobiální biomasy byl významně nižší v transplantované půdě. Výsledky však ukazují, že přenos půdy měl relativně pozitivní vliv na rychlost obnovy půdní fauny. Tyto půdní bloky sloužily jako útočiště pro makrofaunu, přesto měly jen omezený vliv na kolonizaci výsypky (Moradi et al. 2018b).

Výzkum provedený na výsypkách vzniklých po těžbě hnědého uhlí v severozápadní části České republiky ukázal, že existují signifikantní rozdíly ve vývoji složení půd na

lokalitách pokrytých ornici a následně ozeleněných a lokalitách neupravených. Obsah uhlíku a dusíku v půdách na upravených výsypkách, na rozdíl od neupravených, se časem významně zvětšoval. Kromě toho, byl zaznamenán výraznější nárůst obsahu ergosterolu. Obsah půdní mikrobiální biomasy byl také vyšší na upravených lokalitách. Nicméně, objemová hmotnost půd po padesáti letech od vzniku lokalit a obsah fosforu v půdě byly na obou typech lokalit podobné (Čížková et al. 2018).

Na výsypce zbylé po těžbě hnědého uhlí na Sokolovsku byly pozorovány změny, ke kterým došlo v průběhu 54 let. Hodnota pH půdy se v tomto období významně snížila. Obsah celkového N se prvních 25 let zvyšoval, obsah organického C se zvyšoval prvních 21 let. Později byl pozorován pokles obou těchto hodnot. Vegetační pokryv v prvních 6 letech byl menší než 10 %. Do 21. roku sukcese dominovaly druhy *Calamagrostis epiglostis*, *Melilotus albus*, *Trifolium medium* a *Leontodon hispidus*. Bakteriální a houbová společenstva se rozvíjela spolu s vegetací. Nicméně, společenstva hub byla citlivější na změny ve složení vegetačních společenstev (Harantová et al. 2017).

Vývoj lesních podrostů na haldě na západě České republiky částečně nerektifikované nebo rektifikované lesnický byl předmětem zkoumání (Mudrák et al. 2010). Stáří lokalit se pohybovalo v rozmezí 22 až 33 let. Analýza počtů druhů ukázala, že největší počty byly zaznamenány v lokalitách nerektifikovaných a rektifikovaných lesnický vysazením *Quercus* a *Larix*. Na těchto lokalitách dominovaly travní druhy. Mezi travními druhy dominoval *Calamagrostis epigejos*. V lokalitách osazených *Alnus* a *Pinus* byl počet druhů nejmenší. Takže byla pozorována zřejmá závislost složení lesních podrostů na tom, který druh stromů dominuje na daném posttěžebním stanovišti.

Sukcese může ovlivnit i některé jiné abiotické složky stanovišť bývalých těžebních prostorů. Výzkum provedený na Velké Podkrušnohorské výsypce ukázal, že spontánní sukcese významně ovlivnila průměrnou povrchovou teplotu a vlhkost. Ve zkoumaném období rozvoj vegetačního krytu způsobil snižování povrchových teplot a zvyšování vlhkosti a tím ovlivnil klimatické a hydrologické podmínky v regionu (Brom et al. 2012).

Haldy vzniklé v důsledku hlubinné těžby černého uhlí se často skládají z hlušiny pocházející až z kilometrových hloubek a zcela neobsahují žádné organické materiály.

Proto jsou takové haldy místem kolonizace bez vytvořené půdy a diaspor v ní. Kvůli proudění uvnitř odvalů vzduchu, který za vysokých teplot oxiduje pyrit, může dojít k významnému zvýšení teplot v jádru haldy a úniku jedovatých plynů. Nicméně, i na takových haldách byla pozorována vyšší rychlost sukcese na lokalitách ponechaných samovolnému vývoji než na lokalitách rekultivovaných. Během 30 let se na neupravených plochách vyvinul mladý les. Kromě toho, bylo zjištěno, že se na takových lokalitách vyskytují vzácné druhy xerothermních brouků (Hodeček a Kuras 2015).

### 3.2.3. Těžba kovů

Těžba neželezných kovů souvisí s vysokou úrovní kontaminace životního prostředí těžkými kovy. Kovové rudy a hlušinové minerály zpravidla obsahují několik kovových prvků ve vysoké koncentraci (Alloway 2013).

Proto je půda v post-těžebních prostorech často kontaminována potenciálně toxickými chemickými prvky. Rostliny úspěšně kolonizující kontaminované půdy jsou schopné účinně omezovat transport takových prvků z kořenů do stonků. Například, bylo zjištěno, že druhy *Poa annua*, *Echium vulgare*, *Sonchus asper* a jiné mohou efektivně ohraničovat transport antimonu a arsenu. Obzvláště odolným druhem vůči kontaminaci půdy těmito prvky je *Agrostis capillaris* (Bech et al. 2012). Nejvíce se těžké kovy koncentrují v kořenech, méně – v listech, výhoncích a květech (Ashraf et al. 2011).

Významným aspektem je volba cesty obnovy na lokalitách, kde je půda kontaminována potenciálně toxickými kovy. Výzkum provedený na území bývalých těžeben železné rudy v jihozápadní Číně ukázal, že umělá vegetační společenstva mohou efektivněji splňovat remediační funkce, avšak přírodní rostlinné komunity mají závaznější vliv na zlepšení úrodnosti půdy (Chen et al. 2019).

Některé druhy rostlin mohou na opuštěných těžebních lokalitách sloužit jako bioindikátory. Například, druh *Tanacetum vulgare*, který je schopen akumulovat v kořenech, stoncích, listech a květech některé kovy. Podle výzkumu provedeného v Polsku, vykazuje tento druh vysokou kapacitu akumulace Mn a Zn v listech a Cr a Fe v kořenech a může být použit jako indikátor zvýšeného obsahu Cd, Mn a Zn (Jasion et al. 2013). Lišejníky také mohou sloužit jako bioindikátory. Bylo zjištěno, že existuje pozitivní korelace obsahu rtuti v lišejnících a v ovzduší. Transplantace lišejníků rodu

*Ramalina* se ukázala jako efektivní opatření pro sledování obsahu rtuti v ovzduší (López Berdonces et al. 2017).

Studie, provedená v jižní Číně na výsypkách s vysokou koncentrací těžkých kovů a nízkým obsahem dusíku, fosforu, draslíku a organické hmoty, uvádí, že limitujícími faktory pro kolonizaci výsypek rostlinami je obsah těžkých kovů, konkrétně olova a zinku, jejich schopnost rozšiřovat semena a ekologické strategie rostlin (Shu et al. 2005).

Jiná studie prokázala, že kořeny určitých druhů rostlin mohou měnit fyzikální a chemické vlastnosti půdy a koloběh živin, snižovat koncentraci potenciálně biologicky dostupné mědi, a tím snižovat její fytotoxicitu (Perlatti et al. 2016).

Některé další specifické charakteristiky půd bývalé těžebny zinku a olovených rud byly zkoumány v Polsku. Ukázalo se, že půdní vzorky převzaté z post-těžební lokality obsahovaly významně nižší podíl kulatých pórů (10 % celkové pórovitosti), než vzorky půdy z lokality nerušené těžbou. Kromě toho, v povrchové vrstvě technogenních půd proces rozkladu organické hmoty probíhal méně aktivně. Nicméně, na plochách s vysokou koncentrací organické hmoty mobilita těžkých kovů a jejich negativní účinky na mikrobiální složku byly redukovány (Ciarkowska 2017).

To, jak, kromě abiotických faktorů, primární sukcesi ovlivňuje stupeň zásahu člověka, bylo vyšetřeno v Kanadě v provincii Québec, kde se nachází lokalita zbylá po těžbě zlata. Bylo zjištěno, že půdy na ponechaných výsypkách byly zcela neplodné. Během padesáti let se na tomto místě uskutečnil dostatečný sukcesní rozvoj, aby se vytvořil podstatný vegetační pokryv včetně porostů středně velkých stromů. Nicméně, tento proces byl do značné míry zpomalen lidskou činností, která ve větší míře ovlivňovala strukturu rostlinných společenstev v dané lokalitě. Autoři dospěli k závěru, že i malé lidské zásahy mohou nepříznivě ovlivnit rychlost primární sukcese (Tardif et al. 2019).

#### **3.2.4. Kamenolomy**

Osídlení lomů ponechaných samostatnému vývoji je omezeno extrémními klimatickými a půdními poměry některých lomových lokalit. Takové podmínky nejsou vhodné pro osídlení těchto stanovišť většinou synantropních druhů, ale umožňují osídlení více adaptovaným druhům, které jsou často charakterizovány pomalejším růstem, nižším vzrůstem a horší pohyblivostí diaspor (Tichý 2004).

V prostorech kamenolomů ponechaných spontánní nebo řízené sukcesi často vznikají druhově bohaté biotopy. Přesto, že lomové stěny zarůstají velmi pomalu, v těžebních prostorech Českého krasu na různých substrátech během sukcesního vývoje vznikají pestrá společenstva rostlin. Kamenitá dna a etáže kolonizují druhy *Microrrhinum minus*, *Arenaria serpyllifolia*, *Sedum album*, později vznikají řídké porosty s dominancí druhu *Festuca rupicola*. Na hlubších substrátech se postupně vyvíjí mírně ruderalní trávníky s dominantním druhem *Arrhenatherum elatius*, v pozdějších stádiích sukcese se vyskytují druhy rodů *Rosa*, *Crataegus* a druh *Acer campestre*. Na sušších stanovištích dominují trávy *Brachypodium pinnatum* a *Bromus erectus*, na vlhčích – mezofilní dřeviny jako *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula* (Řehounek et al. 2010).

Rozdíly v tom, které druhy preferují upravené a neupravené lokality byly prozkoumány ve studii (Tropek et al. 2010), provedené v Českém krasu v lokalitách zbylých po těžbě vápence. Jedinou skupinou, která vykazovala výrazné rozdíly v druhovém bohatství na spontánně vyvinutých a technicky upravených lokalitách byly motýli a můry. Na územích ponechaných spontánní sukcesi bylo druhové bohatství větší. Spontánní sukcese byla atraktivnější pro některé skupiny organismů preferující xerická stanoviště – cévnaté rostliny, rovnokřídlý hmyz, plošnice, pavouci, motýli a můry. Kromě toho, ohrožení a vzácní zástupci těchto skupin také preferovali lokality bez provedené rekultivace.

V prostorech lomů Českého středohoří v iniciálních stádiích sukcese vznikají společenstva rostlin jednoletých druhů jako *Arenaria serpyllifolia*, *Tripleurospermum inodorum* a *Senecio vulgaris*. Kamenité substráty osídlují druhy *Sedum album*, *Erysium crepidifolium*, *Poa compressa* a *Sanguisorba major*. Hlinitější substráty osídlují druhy *Tussilago farfara*, *Tanacetum vulgare*, *Artemisia vulgaris*. Ve společenstvech středních stádií sukcese dominuje druh *Arrhenatherum elatius*. V pozdějších stádiích jsou hojně zastoupeny druhy *Sambucus nigra*, *Conus sanguinea*, dřeviny rodů *Rosa* a *Crataegus*. Skalnaté substráty osídlují druhy tvořící společenstva blízká přirozeným stepním trávníkům: *Festuca rupicola*, *Festuca valesiaca*, *Thymus pannonicus*, *Poa angustifolia* a jiné. V pozdějších stádiích vzniklá společenstva mají charakter světlé křovinaté lesostepi (Řehounek et al. 2010).

Studie provedená v Českém středohoří popisuje rozdíly v tom, jak probíhá sukcese na lokalitách zbylých po těžbě čediče v třech různých klimatických oblastech. První oblast (výška n. m. 190-380, úhrn srážek 460-500 mm) se charakterizovala typickou stepní vegetací, stabilitou a častějším výskytem keřových druhů na starších lokalitách. Druhá (výška n. m. 160-550, úhrn srážek 501-600 mm) a třetí (výška n. m. 290-610, úhrn srážek 601-820 mm) byly podobné tím, že se během sukcesního vývoje rozšiřoval výskyt stromů, keřů, sciofytů a nitrofytů. Naopak výskyt světlomilných druhů klesal. V pozdějších stádiích sukcese se druhá a třetí oblast charakterizovala postupným formováním stromového patra. Každá z oblastí se vyznačovala specifickými dominantními druhy (Novák a Prach 2003).

Stanoviště ve vyšších polohách v raných stádiích sukcesního vývoje kolonizují především běžné ruderalní druhy (*Poa campestre*, *Echium vulgare* a další). V pozdějších stádiích tyto lokality osídlují bylinné druhy jako *Agrostis capillaris*, *Poa nemoralis*, *Calamagrostis epigeos* a rychle rostoucí dřeviny jako *Salix caprea*, *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Pinus sylvestris* a někdy i *Picea abies*. Lomy v nižších polohách jsou ohrožené invazí nepůvodních druhů, především *Robinia pseudoacacia*, ale také *Pinus nigra*, *Laburnum anagyroides*, *Solidago canadensis* a jiné (Řehounek et al. 2010).

Vývoj spontánní sukcese na kyselých geologických podložích závisí na řadě faktorů. Výzkum provedený na lomech na Českomoravské vrchovině ukázal, že nejvýznamnějším faktorem byly hydrologické podmínky. Na raných stádiích (4-10 let) sukcese na všech lokalitách dominovaly graminoidy. V průběhu středního stádia (11-25 let) stromy kolonizovaly vlhká a mokrá stanoviště a zvyšoval se výskyt mokřadních druhů na periodicky zaplavovaných stanovištích. Stromy dominovaly na vlhkých a mokrých stanovištích 25 letech po vzniku lokalit. Po 40 letech stromy a keře dominovaly na všech stanovištích. Okolní vegetace a charakter okolní krajiny také ovlivnily průběh sukcese. Na studovaných lokalitách byl zjištěn výskyt vzácných a ohrožených druhů rostlin (Trnková et al. 2010).

Vápencové lomy slouží jako útočiště pro denní motýly se specifickými nároky. Srovnání počtů druhů denních motýlů na několika lomech na Moravě ukázalo, že počty xerofilních a méně mobilních druhů byly vyšší na jižnějších lokalitách a na

čerstvě vzniklých a aktivních lomech a rovněž na lomech sousedících se stepními ekosystémy (Beneš et al. 2003).

Druhy odolné vůči extrémnímu suchu osídlují vápencové lomy jižní části Moravského krasu v iniciálních stádiích sukcese, například *Sedum album*, *Inula ensifolia*, *Sanguisorba minor*, *Aster amellus* a jiné. Suťové svahy jsou útočištěm pro druh *Epilobium dodonaei*. Vývoj vegetace na těchto lokalitách je limitován malým množstvím srážek a častými letními přísušky (Řehounek et al. 2010).

Společenstva hmyzu obývající opuštěný vápencový lom byla zkoumaná v Polsku. Počty morfotypů negativně korelovaly s mírou úkrytu travních porostů od větru na lokalitách s ruderní vegetací. Druhové bohatství bylo větší na lokalitách s polopřirozenou vegetací nacházející se v lese nebo keřových porostech. Autoři výzkumu dospěli k závěru, že ruderní vegetace může sloužit jako útočiště pro hmyz žijící na polopřirozených stanovištích (Kalarus et al. 2019). Kromě toho, lomy ponechané přirozené sukcesi, zvláště ve středním stádiu sukcese, mohou být vhodným stanovištěm i pro suchozemské plže (Kocurková a Juříčková 2012).

Nicméně, bývalé kamenolomy nejsou nejvhodnějším prostředím pro některé organismy. Například, srovnání rybích společenstev přírodního mokřadu a mokřadu vzniklého po těžbě bauxitu ukázalo, že druhová diverzita a význam z hlediska ochrany přírody byly vyšší na přirozeně vzniklém stanovišti (Apriadi et al. 2018).

Po dotěžení lze v prostorech lomů pro bezpečnostní a stabilizační účely provést některé terénní úpravy: rozčlenění vyšších kolmých stěn, budování prohlubní při patě svahu, rozčleňování skalní stěny osypovými kužely, překrývání štěrkovou vrstvou lokálních sesuvů půdy (Tichý 2004).

Opuštěný lom může sloužit jako lokalita atraktivní pro rekreaci. Dotazování provedené v Polsku, Velké Británii a Rakousku ukázalo, že drtivá většina respondentů měla pozitivní vztah k lomům. Dvakrát za týden, nebo častěji lomy navštěvovalo 44 % respondentů v Rakousku, 10 % v Anglii a 22 % v Polsku. Většina respondentů považovala lomy za jev obohacující krajinu (Baczyńska et al. 2018).



### **3.2.5. Rašeliniště**

Rozdíl mezi těženými rašeliništi a jinými těžebními lokalitami spočívá v tom, že těžba probíhá ve zcela určitém biotopu, který je těžbou zničen (Řehounek et al. 2010). Na hluboce odvodněných frézovaných rašeliništích rychleji probíhá proces rozkladu rašeliny a zvyšování zásoby živin, čehož využívají konkurenčně silné rostlinné druhy na úkor původních. Mokřadní a rašeliništní vegetace se uchycuje, když se hladina vody pohybuje v průměru 0,3 m pod povrchem (Řehounek et al. 2010).

To, jak probíhá spontánní sukcese na rašeliništích narušených těžbou, bylo sledováno ve výzkumu provedenému v České republice. Abiotické faktory prostředí a skladba vegetace byly zaznamenány a srovnány s relevantními aspekty v rašeliništích nenarušených. Bylo zjištěno, že průběh sukcese závisí na způsobu dobývání. Na starších lokalitách, kde se těžilo ručním vysekáváním, vegetace byla bližší původní než na lokalitách mladších, kde se těžilo průmyslově. Kromě toho se ukázalo, že různé abiotické faktory prostředí ovlivňují průběh sukcese zvláště co se týče nadmořské výšky (Konvalinková a Prach 2010).

Průběh sukcese na frézovaných rašeliništích je ovlivňován hladinou vody a rozsahem jejího kolísání během roku, pH vody, vodivostí vody, stupněm mineralizace rašeliny, pH rašeliny, podílem organického uhlíku, zdrojem diaspor v okolí a mikroklimatickými podmínkami. Kromě toho, pro podporu původních rostlinných společenstev je nutné obnovení vodního režimu rašeliniště (Řehounek et al. 2010).

Na území přírodní rezervace Chvojnov byla použita přirozená sukcese na plochách dříve rozsekaných sítí příkopů pro odvodnění těženého rašeliniště. Tyto příkopy byly vyplněny pro zrušení soustředěného odtoku vody a následné zamokření rašeliniště (Lysák 2018).

### **3.2.6. Jíloviště**

Jíloviště jsou dalšími lokalitami vhodnými pro uplatnění přírodě blízké obnovy po ukončení těžby. Těžebny jílových minerálů (kaolin, hydrolídy, bentonit a jiné), které se nacházejí na plochách do 10 ha, je vhodné ponechat spontánní sukcesi celé, větší těžebny – alespoň 30 %. Doporučuje se provést sanaci vytěženého území. Lze také provést hydrickou rekultivaci se spontánním nástupem podzemní vody, nebo podpořenou vytvořením nehlubokých záplavových depresí. Toto opatření podporuje

vznik litorálních společenstev jako biotopu vhodného pro obojživelníky a ptáky. Těžebny jílu jsou náchylné k erozím a sesuvům, což může zásadně obohatit morfologickou diverzitu terénu. Kolmé a zčásti nestabilní stěny obrácené na jih nebo jihozápad jsou často kolonizovány norujícími druhy ptáků a hmyzu. Lokality zbylé po těžbě jílových minerálů mohou mít kromě přírodoochranných účelů také i rekreační účely (Řehounek et al. 2010). V opuštěných jílovištích Přeloučska byly nalezeny některé vzácné a ohrožené druhy rostlin, například *Gentianella amarela*, *Centaureum pulchellum*, *Clematis recta*, *Tetragonolobus maritimus*, *Cerintho minor* (Kohoutek a Rejl 2012).

### 3.3. Zásady přírodě blízké obnovy

Podle (Řehounek et al. 2010) existují některé obecné zásady vhodné pro různé typy post-těžebních území, umožňující úspěšnou přirozenou obnovu post-těžebních lokalit, například:

- a) Biologický průzkum těžeben a jejich okolí před zahájením těžby, zachování, udržování nebo rozšiřování přirozených stanovišť okolí.
- b) Příprava rekultivačních plánů a dalších podkladů s ohledem na ekologický potenciál lokality a reálné možnosti a limity těžebních technologií.
- c) Vytvoření základního schématu obnovy již při stanovení dobývacího prostoru a zachování možnosti jeho změny v průběhu přípravy těžebního záměru.
- d) Monitorování lokality s cílem nalezení vzácných druhů a společenstev a také významných geologických jevů.
- e) Monitorování možného výskytu invazivních druhů.
- f) Alespoň částečné uplatnění spontánní či řízené sukcese při obnově narušených území.
- g) Následná péče o ohrožené, zvláště chráněné druhy a společenstva.
- h) Vyhlášení ochrany nejhodnotnějších lokalit a registrace lokalit méně hodnotných jako významných krajinných prvků.
- i) Odstranění nevhodných technických prvků a odpadů.
- j) Odstranění svrchních půdních horizontů na plochách určených pro přírodě blízkou obnovu (omezení kolonizace konkurenčně silnými druhy, včetně invazivních).

- k) Postupná těžba a obnova, pomocí kterých vznikají společenstva s pestřejší prostorovou a věkovou strukturou.
- l) Vytvoření trvalých ploch pro vědecký výzkum, testování zásahů a monitoring.

Tato opatření, v souladu s výzkumy popsány v této rešerši, by mohla významně podpořit výskyt a zachování vzácných stanovišť a druhů, přispět k vytváření kvalitnějšího prostředí a heterogenní, propojené krajiny.

### **3.4. Legislativa České republiky**

Podle zákona o ochraně a využití nerostného bohatství č. 44/1988 Sb., těžební organizace jsou povinná zajistit sanaci a rekultivaci všech pozemků dotčených těžbou a monitorování úložného místa po ukončení jeho provozu. Sanace a rekultivace se provádějí podle plánu otvírky, přípravy a dobývání. Součástí těchto plánů je i vyčíslení předpokládaných souvisejících nákladů. Pro zajištění a likvidaci opuštěných důlních děl nebo k sanaci, rekultivaci a revitalizaci pozemků ve vlastnictví státu mohou být použito 28 % výnosu úhrady z vydobytých nerostů, která je příjmem státního rozpočtu (Česko 1988).

Podle zákona o lesích a o změně některých zákonů č. 289/1995 Sb., právnické a fyzické osoby provádějící těžební činnost na pozemcích určených k plnění funkcí lesa jsou povinni průběžně vytvářet předpoklady pro následnou rekultivaci a po ukončení těžby rekultivaci provést takovým způsobem, aby dotčené pozemky mohli být vráceny k plnění funkcí lesa. Způsob rekultivace v takovém případě určuje Ministerstvo zemědělství (Česko 1995).

Podle zákona České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu č. 334/1992 Sb., na zemědělských pozemcích, na kterých se prováděla nezemědělská činnost, má být provedena taková terénní úprava, aby dotčený prostor mohl být rekultivován. Kromě toho, fyzické a právnické osoby provozující těžební činnosti na zemědělských pozemcích jsou povinni skrývat svrchní kulturní vrstvu půdy a zajistit hospodárné využití nebo uskladnění této půdy pro účely rekultivaci anebo rozproštění na plochy určené orgánem ochrany zemědělského půdního fondu (Česko 1992).

Pokud na pozemcích Zemědělského půdního fondu nebo na pozemcích určených k plnění funkcí lesa spontánně vznikají vodní plochy, porosty křovin nebo les, odvody z dočasného odnětí pozemku není možné ukončit (Doležalová et al. 2013).

## 4. Metodika

### 4.1. Charakteristika Moravskoslezského kraje

Moravskoslezský kraj je nejvýchodnějším z krajů České republiky. Hraničí s Polskem na severu a východě, se Slovenskem na jihovýchodě. Území kraje náleží do úmoří Baltského moře, kromě území Nízkého Jeseníku, které náleží do úmoří Černého moře (Anonym 2018). Na západě kraje se nachází masiv Hrubého Jeseníku (nejvyšší vrchol kraje hora Praděd – 1491 m n. m.) přecházející do Nízkého Jeseníku. Na jihovýchodě jsou hory Beskyd. Uprostřed kraje se nachází Opavská nížina, Moravská brána a Ostravská pánev (Anonym 2019).



**Obrázek 1.** Poloha Moravskoslezského kraje na území České republiky. Zdroj dat: Geoportál ČÚZK

#### 4.1.1. Geomorfologie

Území Moravskoslezského kraje náleží Českému masivu a karpatské geologické soustavě. Severozápadní polovina Moravskoslezského kraje patří do hercynského systému a jihovýchodní polovina kraje patří do alpsko-himalájského systému. Na severozápadě území kraje spadá do geomorfologické provincie České vysočiny, na jihovýchodě – do provincie Západních Karpat a na severu – do provincie Středoevropské nížiny (Anonym 2018). Uprostřed Moravskoslezského kraje směrem z jihozápadu na severovýchod prochází Oderská brána, která je součástí čelní karpatské prohlubně – zlomové propadliny. Plošina mezi údolím řeky Odry a řeky Olše je jádrem Ostravské pánve (Anonym 2017).

Na území kraje se vyskytují různé typy hornin. Například, v oblasti Hrubého Jeseníku se nalézají krystalické břidilce, fylity, kvarcity a jiné horniny. Mezi horniny Nízkého Jeseníku patří droba, pískovec, slepence a pelity. Hornoslezská pánev je tvořena

převážně prachovci, pískovci, jílovci a uhlím. Na území Oderské brány a Poopavské nížiny se nalézají jílovité horniny, písky a štěrk. Část území patřící do karpatské soustavy je tvořena jílovci, prachovci, pískovci a vápenci (Anonym 2017).

#### **4.1.2. Těžba nerostných surovin a rekultivace**

Na území Moravskoslezského kraje jsou těženy nebo byly těženy v minulosti nerostné suroviny jako černé uhlí, stavební kámen, vápenec, sádrovec, štěrkopísek, cihlářské suroviny, polymetalické a měděné rudy, zlatonosné rudy, ropu a zemní plyn (Anonym 2018).

Do roku 1994 aktivně probíhala na území kraje rozsáhlá těžba černého uhlí. Na Karvinsku těžba pokračuje dodnes. Uhelové vrstvy na území Moravskoslezského kraje patří do české části hornoslezské pánve. V důsledku důlní činnosti vznikly poklesy povrchu, haldy a usazovací nádrže (Anonym 2018). Ložiska černého uhlí se nacházejí v okresech Opava, Ostrava-město, Karviná, Frýdek-Místek a Nový Jičín (Anonym 2017).

Zemní plyn je obsažen v kolektorech tvořených horninami pokryvných útvarů Českého masivu a v pórech ve slojích uhlí. Těžba zemního plynu vázaného na kolektory probíhá jižně od Ostravy a na úpatí a úbočí Beskyd. Potenciálně využitelné zásoby slojového metanu byly nalezeny ve východní části okresu Karviná. Těžba tohoto plynu je však náročná (Anonym 2017).

Vápenec využívaný jako surovina pro výrobu vápna se těží převážně na ložisku Štramberk 1 v okrese Nový Jičín. Nicméně, je využíváno také ložisko Heřmanovice v okrese Bruntál (Anonym 2017).

Štěrkopísky jsou těženy v nivách řek Opava, Odry a Olše. Nicméně, tyto zdroje surovin nejsou dostatečné natolik, aby vyhovovaly potřebám kraje, proto se štěrkopísek dováží zejména z Olomouckého a Zlínského krajů (Anonym 2017).

Zdroje stavebního kamene se nacházejí v západní a jihozápadní části kraje. Významnými ložisky jsou Jakubčovice nad Odrou, Valšov 1, Bílčice a Bohučovice, Těžebními prostory místního významu jsou Krásné Loučky a Kajlovec. Objemy těžby břidlic se na území kraje zmenšují tlakem zahraniční konkurence. Významným prostorem pro těžbu pískovce je lom Řeka, situovaný na stejnojmenném ložisku.

Pískovec z této těžebny je využíván především jako dekorační kámen. Těžebny cihlářských surovin jsou situované po celém území Moravskoslezského kraje. Významnými těžebními lokalitami jsou Kunín a Markvartovice (Anonym 2017).

Největší část již rekultivovaných ploch bývalých dobývacích prostorů byla rekultivována lesnický (819 ha) nebo zemědělsky (810 ha) (stav v roce 2019). Lesní způsob rekultivace představuje největší podíl i rozpracovaných rekultivací (Starý et al. 2019).

#### **4.1.3. Chráněná území a Natura 2000**

Na území Moravskoslezského kraje se nacházejí tři chráněné krajinné oblasti – Beskydy, Jeseníky, Poodří a 162 maloplošných chráněných území (Anonym 2018).

Chráněná krajinná oblast Jeseníky se nachází na hranici s Olomouckým krajem. Na jeho území bylo vyhlášeno 13 maloplošných zvláště chráněných území. Oblast je charakteristická svým zvláštním reliéfem (Anonym 2018). Podíl počtu zvláště chráněných území zřízených v místech bývalé těžby nerostných surovin v roce 2013 činil 0,70 %. Celkový počet takových území v Moravskoslezském kraji je 163 (stav v roce 2018) (Starý et al. 2019).

Chráněná krajinná oblast Poodří se táhne podél řeky Odře. Do této oblasti spadá 12 maloplošných zvláště chráněných území. Poodří se vyznačuje zachovalým vodním režimem, lužními lesy, dubohabřinami a dalšími ekosystémy (Anonym 2018).

Chráněná krajinná oblast Beskydy se nachází na rozmezí Moravskoslezského a Zlínského kraje. Beskydy se vyznačují výskytem povrchových a podzemních pseudokrasových jevů, loukami a pastvinami a dalšími lokalitami, kde se vyskytují vzácné a ohrožené druhy organismů (Anonym 2018).

Součástí soustavy Natura 2000 jsou na území Moravskoslezského kraje evropsky významné lokality (například Moravice, Šilheřovice, Mokřad u Rondelu, Ptačí hora) a 4 ptačí oblasti (Anonym 2018).

#### **4.2. Získání dat**

Plány sanace a rekultivace, jejich mapové přílohy a další podklady byly získány z veřejně dostupných zdrojů, především z informačního portálu Cenia. Kromě toho,

jsem kontaktoval těžební organizace Moravskoslezského kraje, obecní úřady a obvodní banský úřad pro území krajů Moravskoslezského a Olomouckého. Informace o dobývacích prostorech byly převzaty ze surovinového informačního systému České geologické služby. Kromě toho, z Ústředního seznamu ochrany přírody byly získány data o starších bývalých dobývacích prostorech, které jsou součástí zvláště chráněných území a pro které nejsou plány rekultivace. Později byly ze získaných podkladů vybrány lokality kde se objevují plochy ponechané samostatnému vývoji. Z webových stránek Agentury ochrany přírody a krajiny byly staženy polygonové vrstvy znázorňující velkoplošné a maloplošné chráněné oblasti, ptačí oblasti a evropsky významné lokality na území České republiky.

### **4.3. Vektorizace mapových podkladů**

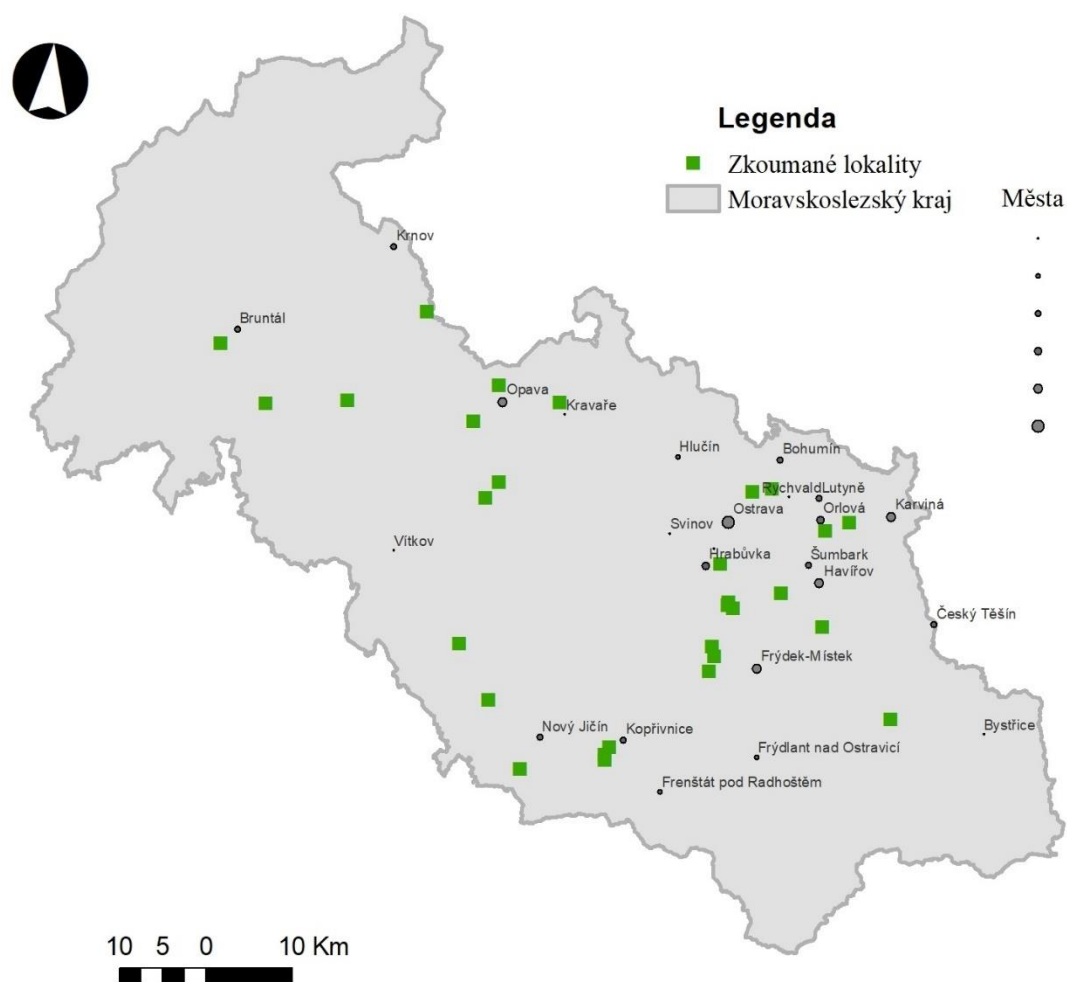
Pomocí programu ArcMap (verze 10.7.1) a WMS služeb Českého úřadu zeměměřického a katastrálního byly získané mapové podklady georeferencovány a následně vektorizovány (byly vytvořeny vrstvy polygonů). Následujícím krokem bylo spočítání byly v ArcMap spočítány rozlohy jednotlivých výsledných polygonů a poměr ploch posttěžebních lokalit ponechaných spontánní sukcesí a lokalit rekultivovaných.

### **4.4. Statistické zpracování**

Data o proporcích byla exportována z ArcMap a přepracována do vhodného formátu. Dále byla data analyzována v programu R (verze 3.4.2.) pomocí Shapiro-Wilkova testu. Následně proběhlo hodnocení vlivů způsobu dobývání, rozlohy narušení krajiny, kvality okolních ekosystémů, vzdálenosti k obcím, vzdálenosti ke zvláště chráněnému území, stupně ochrany okolní krajiny a přírody. Pro analýzu významnosti vlivů těchto faktorů byla provedena řada statistických testů: Shapirův-Wilkův test normality, nepárový dvouvýběrový Wilcoxonův test a Kruskalův-Wallisův test (jednofaktorová neparametrická ANOVA). Normalitu jsem testoval pro zjištění dalších postupů a testů. Jako další krok jsem testoval data neparametrickými testy. Kruskalův-Wallisův test umožňuje testování shody distribučních funkcí pro více než dva výběry, proto je vhodný pro větší část analyzovaných dat. Wilcoxonův test jsem použil pro data s dvěma výběry (dvě možné varianty faktoru).

## 5. Výsledky

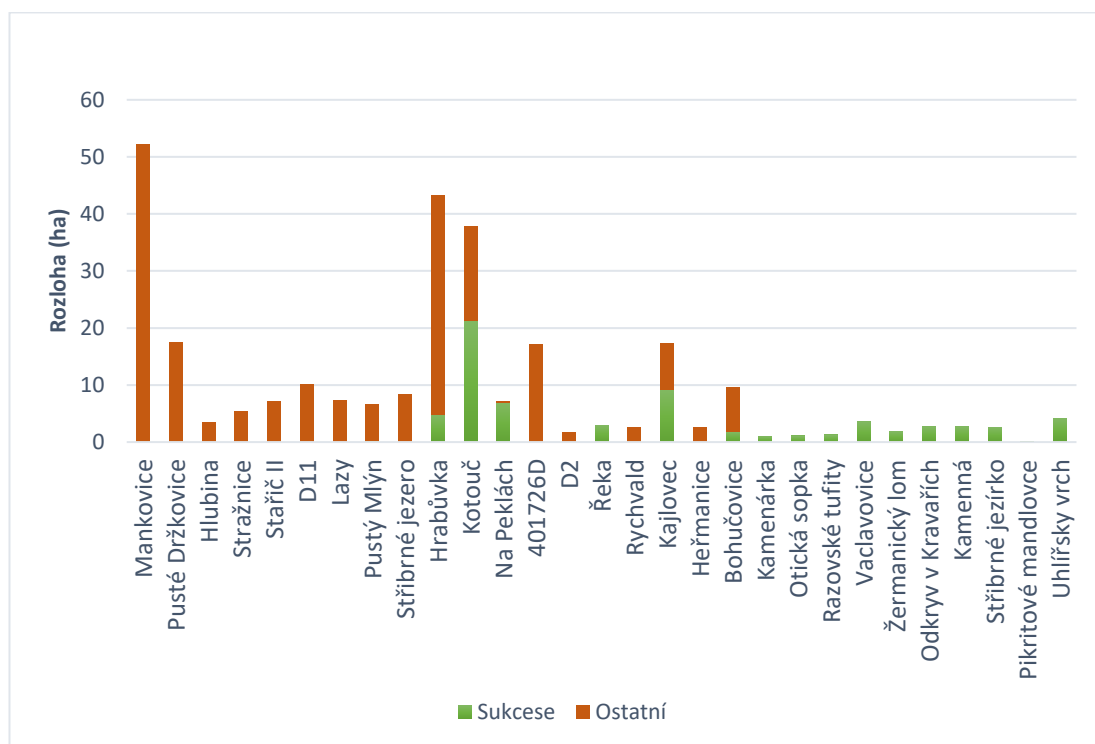
Ve fázi sběru dat jsem se setkal s tím, že obecní úřady a těžební organizace často ignorovaly moje žádosti o poskytnutí dat pro účely zpracování diplomové práce. Kromě toho, tato data byla často považována za nadměrně citlivá. Celkem se mi podařilo získat podklady pro analýzu 29 posttěžebních lokalit, které se nacházejí v různých částech Moravskoslezského kraje. Nasledující mapa (obrázek 2.) zobrazuje polohy zkoumaných posttěžebních lokalit na území Moravskoslezského kraje. Mapa ukazuje, že lokality se nacházejí v různých částech regionu, ale jsou často soustředěny kolem těžebních center. Takovými centry jsou například Ostrava, Frýdek-Místek a Opava.



**Obrázek 2.** Poloha zkoumaných lokalit na území Moravskoslezského kraje (S-JTSK). Zdroj dat: Geoportál ČÚZK

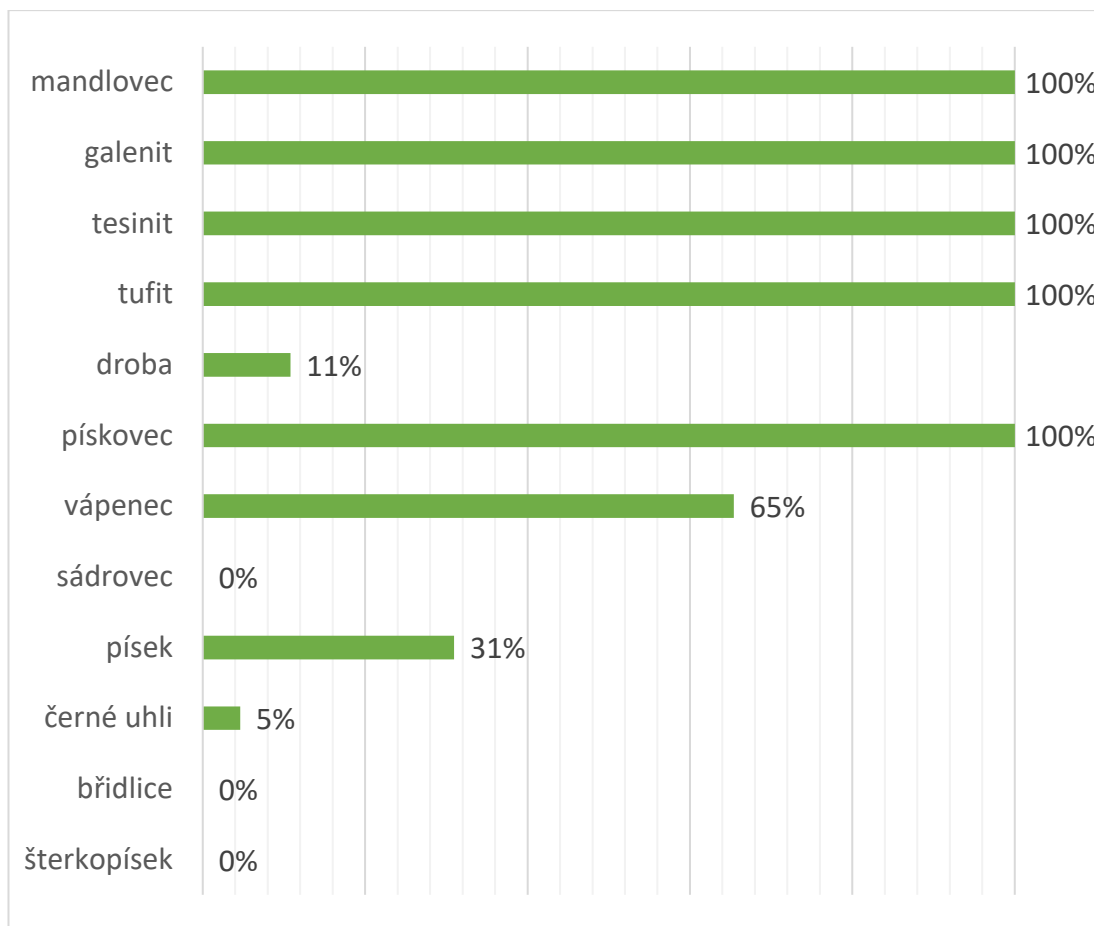


Velikost zkoumaných lokalit se pohybuje v rozmezí od 0,0106 ha (Pikritové mandlovce) do 77,39 ha (Mankovice). Plochy určené k obnově pomocí spontánní či řízené sukcese se vyskytují na 19 lokalitách a zabírají 27 % celkové rozlohy všech zkoumaných lokalit. Shapirův-Wilkův test ukázal, že rozdělení dat o proporcích sukcesních ploch se liší od normálního. Proto jsem rozhodl, že budou použity neparametrické statistické testy. To, má-li vliv rozloha posttěžebních lokalit na proporce sukcesních ploch bylo ověřeno pomocí Kruskalovu-Wallisovu testu. Výsledky ukázaly, že rozlohy lokalit neměly signifikantní vliv na stupeň uplatnění sukcese (p-hodnota = 0,4644).



**Obrázek 3.** Podíl sukcesních ploch na zkoumaných lokalitách

Zkoumané lokality nejčastěji vznikly v důsledku činnosti při těžbě černého uhlí (10 lokalit). Tyto lokality vznikly jako odvaly, na které se ukládala hlušina vzniklá při hornické činnosti. Faktor typu horniny byl také testován podobným způsobem jako i předchozí faktor. Byl zjištěn statisticky významný vliv typu těžené horniny na podíl sukcesních ploch (p-hodnota = 0,01224, <0,05). Jak je vidět z grafu (obrázek 4.), některé prostory zbylé po těžbě určitých hornin byly ponechány zcela bez rekultivačních zásahů. Nicméně, lokality, kde se těžil mandlovec, galenit, těšinit a tufit jsou unikátními historickými lokalitami a lze předpokládat vliv jejich stáří a ochranného statutu na tak velký podíl sukcesních ploch.

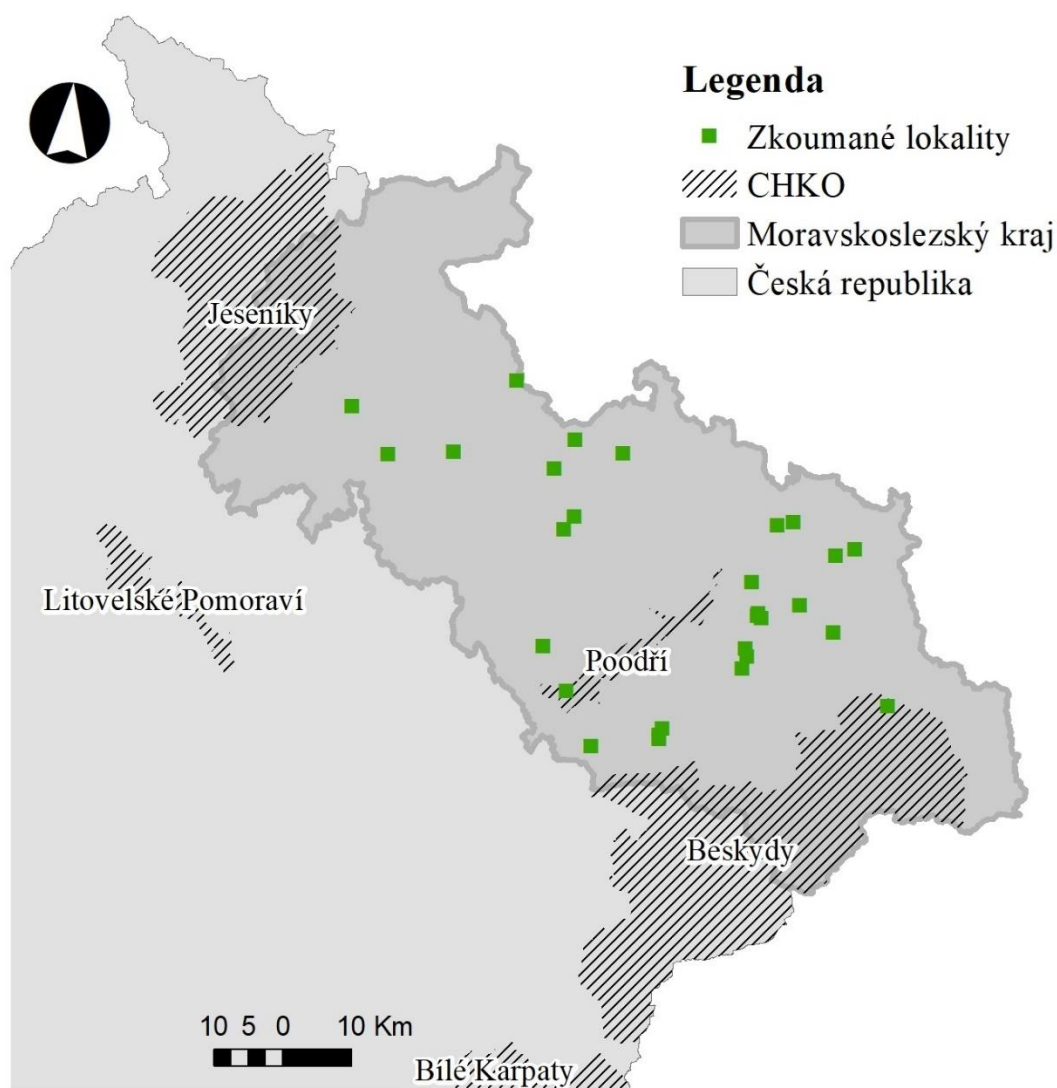


**Obrázek 4.** Celkové podíly sukcesních ploch na lokalitách vypočtené pro jednotlivé typy těžných hornin.

Dalším zkoumaným faktorem byl způsob těžby (povrchová či hlubinná), při které lokality vznikly. Vzhledem k charakteru dat (nenormalita rozdělení a malý rozsah výběrů) byl zvolen dvouvýběrový Wilcoxonův test. Výsledná p-hodnota se rovná 0,0004774 ( $<0,05$ ). Z toho lze usoudit, že způsob dobývání surovin významně ovlivnil proporce sukcesních ploch. Na lokalitách vzniklých v důsledku povrchové těžby sukcesní plochy měly významně větší podíl.

Podobným způsobem byl otestován vliv stavu lokalit z hlediska ochrany přírody. Některé zkoumané lokality se nacházejí na území chráněných krajinných oblastí nebo jsou součástí maloplošných zvláště chráněných území (celkem 13 lokalit). Lokalita Mankovice se nachází na území chráněné krajinné oblasti Poodří, lom Řeka patří do chráněné krajinné oblasti Beskydy. Výsledek testování, že tento faktor nemá statistický význam ( $p\text{-hodnota} = 1$ ), tudíž nehraje významnou roli v tom, zda se těžebna nachází nebo nenachází na území ZCHÚ.

Pomocí Kruskalovu-Wallisovu testu byl ověřen vliv vzdálenosti zkoumaných posttěžebních lokalit do nejbližších velkoplošných zvláště chráněných území a do okolní obytné zástavby. Statisticky význam těchto dvou faktorů nebyl prokázán (p-hodnoty se rovnají 0,451 a 0,4644 resp.).



**Obrázek 5.** Poloha zkoumaných lokalit a chráněných krajinných oblastí na území ČR (S-JTSK). Zdroj dat: Geoportál ČÚZK

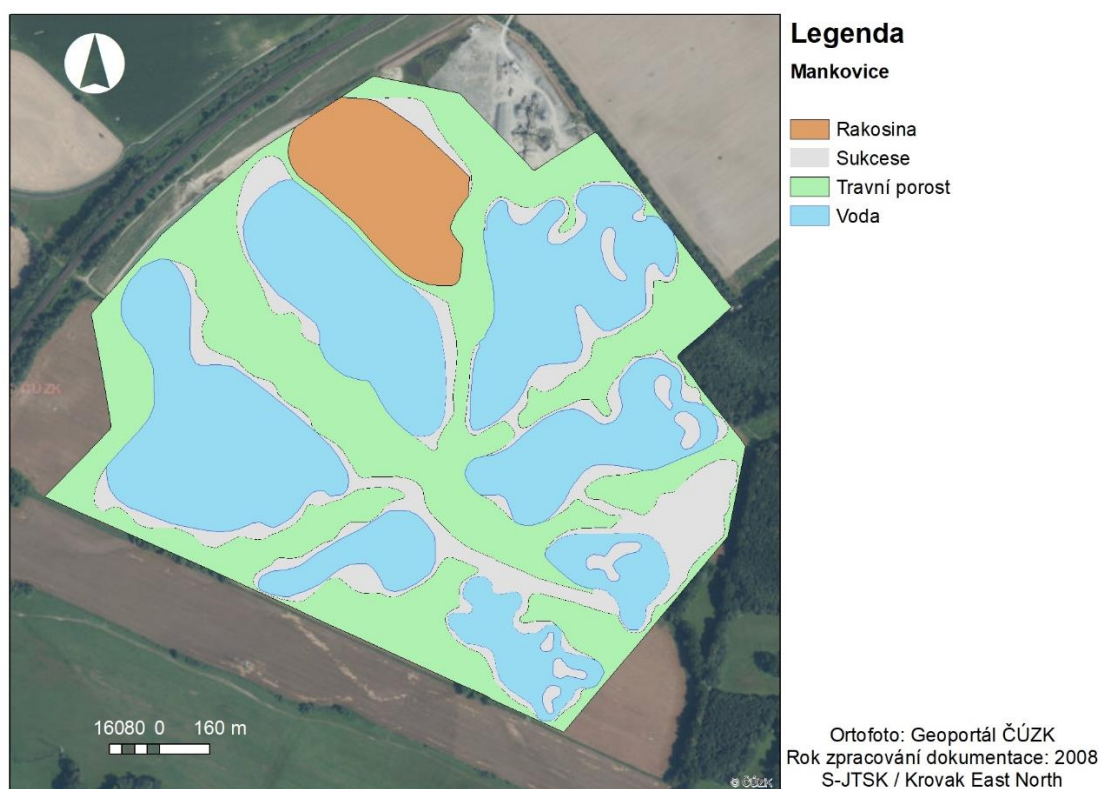
Významný vliv neměl ani rok zpracování dokumentace (u historických lokalit byl použit rok předpokládaného ukončení těžby, protože tyto lokality představují především lomy, které neprošly biologickou rekultivací a byly ponechány působení spontánní sukcesí) (p-hodnota = 0,1158).

U všech lokalit, kromě historických, byl také ověřen vliv toho, která organizace těžbu provádí, nebo prováděla v minulosti. Celkem je takových organizací 9. Kruskal-Wallisův test ukázal, že tento faktor má signifikantní vliv na podíl ploch sukcese začleněných do plánů rekultivace ( $p$ -hodnota = 0,003246).

## 6. Návrh rekultivace

### 6.1. Mankovice

Štěrkopískovna Mankovice hraničí s chráněnou krajinnou oblastí Poodří. Proto je původní plán rekultivace zaměřen na vytvoření přírodě blízkých biotopů vhodných především pro vodní ptactvo. Původní plán obsahuje určitý podíl sukcesích ploch, ale, podle mého názoru, tento plán může být zlepšen co se týče atraktivity pro obojživelníky a další skupiny organismů.



**Obrázek 6.** Původní plán rekultivace lokality Mankovice

Cílem mého vlastního návrhu rekultivace je vytvoření pestřejší krajiny vhodné pro co největší množství druhů organismů. Můj plán navrhuje vytvoření vodních ploch (na základě již existujících) a velké množství menších vodojemů a tůní. Některé z vodních ploch jsou mezi sebou propojené. Podobně jako původní plán, můj návrh obsahuje uměle vytvořené rákosové porosty, díky kterým by se lokalita stala atraktivnější pro vodní ptáky. Určitá část břehu je ponechána samovolnému vývoji. Mělké vodojemy by měly být atraktivními biotopy pro obojživelníky a měkkýše. Na území bývalé štěrkopískovny lze vytvořit členitý reliéf podporující vznik různorodých biotopů. Terén je vhodné doplnit vyvýšeninami, depresemi a kameny.

Na pobřežních svazích by mohla vzniknout teplomilná rostlinná společenstva. Strmější svahy na okrajích lokality a některá další místa navrhuji zalesnit pro zpevnění a stabilizaci substrátu. Lesní porosty by se měly skládat převážně z borovice lesní, břízy bělokoré a lípy malolisté. Část lokality je určena k založení travních porostů, které by měli zpevnit povrch půdy a podpořit vývoj společenstev hmyzu. Kromě toho, navrhuji vytvoření dvou ploch orné půdy, které by navazovaly na okolní zemědělské půdy.

Za účelem udržování cenných stanovišť bych doporučil provádět pravidelný management v některých částech lokality. Management spočívá především v odstranění náletových dřevin a svrchní vrstvy půdy na sukcesních plochách, kosení rákosu v zimním období (předcházení rozrůstání porostů) a odstranění invazních dřevin v lesních porostech.

Realizace návrhu by mohla zvýšit pestrost krajiny, úroveň biodiverzity a přírodoochranný potenciál lokality. Obnovené posttěžební prostory se mohou stát součástí územního systému ekologické stability. Kromě toho, lokalita může být využita pro rekreaci.



### Legenda

— Cesta	— Rákosina
— Les	— Sukcese
— Orná půda	— Travní porost
	— Vodní plocha

S-JTSK / Krovak East North

**Obrázek 7.** Vlastní návrh rekultivace lokality Mankovice (ortofoto: Geoportál ČUZK)

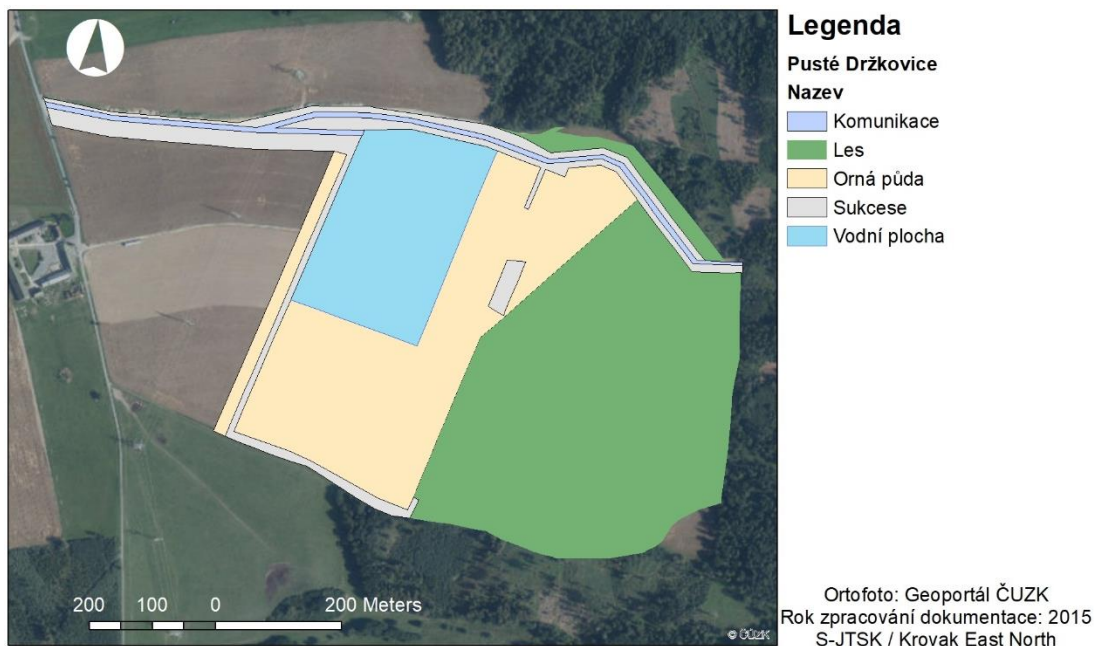
Z následující tabulky je vidět, že můj návrh obsahuje plochy lesních porostů, které by se mohly stát vhodným biotopem pro různé druhy ptáků a hmyz a zároveň stabilizovat substrát. Kromě toho, v mém návrhu se objevily plochy orné půdy, které v původním plánu nejsou. Rozlohy ploch ponechaných působení sukcese se skoro nezměnily.

Způsob využití území	Původní plán - zastoupení (%)	Vlastní návrh – zastoupení (%)
<b>Les</b>	0	28
<b>Orná půda</b>	0	5
<b>Sukcese</b>	14	15
<b>Vodní plocha</b>	42	22
<b>Travní porost</b>	36	25
<b>Rákosiny</b>	7	6

**Tabulka 1.** Srovnání podílů různých způsobů využití území na lokalitě Mankovice

## 6.2. Pusté Držkovice

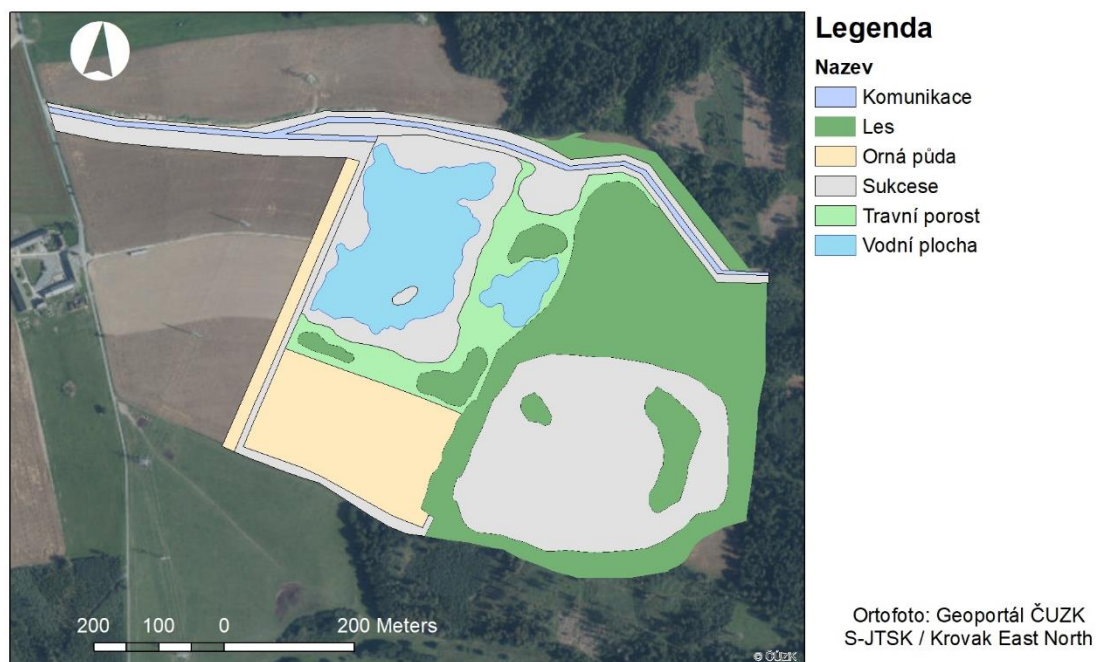
Pusté Držkovice je lokalitou, kde se nachází ložisko břidlice. Na rozdíl od plánu rekultivace lokality Mankovice, navržený firmou plán není zaměřen na přírodoochranné funkce obnovené posttěžební lokality. Účelem původního plánu rekultivace je spíše vytvoření produkčních ploch než přírodě blízkého prostředí. Původní plán rekultivace obsahuje sukcese pouze na plochách ochranných valů a sedimentační nádrže, kde má vzniknout mokřad. Rozloha těchto ploch je 4,58 ha (10 % celkové rozlohy lokality).



**Obrázek 8.** Původní plán rekultivace lokality Pusté Držkovice

Ochranné valy a komunikace v mém návrhu zůstaly z původního plánu. Z části ochranného valu v severní části lokality navrhuji vytvořit menší kopec, který bude ponechán samovolnému vývoji. Tím by se zvýšila rozmanitost reliéfu a bylo by vytvořeno stanoviště pro rozvoj přirozené vegetace. Na místě těžební jámy navrhuji vytvořit jezero, které by vypadalo více přirozeně než jezero v původním plánu. Kromě toho, navrhuji vytvořit malý ostrov. Břehy jezera a ostrov by měly být ponechány sukcesí. Můj návrh také obsahuje menší mělkou vodní plochu na místě sedimentační nádrže. Tato vodní plocha by mohla být atraktivním stanovištěm pro obojživelníky. Částečné zatravnění oblastí v blízkosti vodních ploch by mohlo zabránit erozi a vytvořit prostředí pro vývoj společenstev hmyzu. Součástí mého plánu, stejně jako plánu původního, je plocha zemědělské půdy, která by navazovala na okolní krajinu. Výsypka plánovaná ve východní části lokality by mohla být zalesněna kromě její vrcholu a jižního svahu, které mají potenciál pro vývoj teplomilných vegetačních společenstev působením sukcese. Navrhuje se také výsadba menších skupin stromů. Lesní porosty by měly skladbu podobnou skladbě navržené mnou pro lokalitu Mankovice.





**Obrázek 9.** Vlastní návrh rekultivace lokality Pusté Držkovice

Následující tabulka ukazuje rozdíly v podílech různých způsobů využití území po provedení obnovy lokality podle původního a podle mého plánu. Je vidět, že významné rozdíly spočívají v podílech produkčních a mimoprodukčních ploch.

<b>Způsob využití území</b>	<b>Původní plán - zastoupení (%)</b>	<b>Vlastní návrh – zastoupení (%)</b>
<b>Komunikace</b>	2	2
<b>Les</b>	44	30
<b>Orná půda</b>	29	13
<b>Sukcese</b>	10	37
<b>Vodní plocha</b>	15	7
<b>Travní porost</b>	0	11

**Tabulka 2.** Srovnání podílů různých způsobů využití území na lokalitě Pusté Držkovice

## 7. Diskuze

Studie provedená v rámci dané diplomové práce zkoumá využití přírodních pochodů při obnově posttěžebních lokalit Moravskoslezského kraje a faktory, které to ovlivňují. Relativně podobná studie byla provedena na území Severočeské hnědouhelné pánve (Hendrychová et al. 2020). Pomoci prostorových a terénních analýz byly zjištěny a zmapovány plochy produkčních a mimoprodukčních stanovišť na území rekultivovaných těžebních prostorů. Mimoprodukční plochy zaujímaly jenom 9,85 % celkové plochy zkoumaných lokalit, včetně ploch rekultivovaných hydricky. Bylo zjištěno, že relativní délka ekotonů mimoprodukčních ploch byla signifikantně větší (největší u stanovišť vzniklých hydrickou rekultivací). V dané studii bylo také poznamenáno, že rozlohy těchto stanovišť se mezi sebou značně lišily. Nižší podíl mimoprodukčních ploch na těchto lokalitách, než na lokalitách zkoumaných v mé práci, lze vysvětlit jejich původem a těžbou jiných druhů surovin. Například na větší části těžebních prostorů vápencových lomů zkoumaných v této diplomové práci rekultivační zásahy nejsou plánovány.

Při rozhodování o způsobech využití rekultivovaných posttěžebních lokalit se používají různé metodiky a modely podpory rozhodování. Ve studii (Pavlouidakis et al. 2009) byl navržen prostorový systém podpory rozhodování, jehož úkolem je zjištění optimálního využití různých částí posttěžebních lokalit. Tento systém zohledňuje sociální, technická, ekonomická a bezpečnostní kritéria. Daný model nezahrnuje možnosti využití území pro účely ochrany přírody, nicméně určitý podíl sukcesních ploch lze naplánovat například na územích určených k rekreaci (pláže, oblasti sportovního lezení a další).

Jedním z testovaných faktorů byla vzdálenost posttěžebních lokalit od okolní obytné zástavby. Ve výsledku analýzy mnou shromážděných dat neměl tento faktor signifikantní vliv na poměr sukcesních ploch. Nicméně, jednou z možností toho, jak daný faktor může ovlivnit přítomnost a rozsah ploch ponechaných sukcesi, jsou názory místních obyvatel na estetické hodnoty bývalých těžeben. Analýza dat v rámci dané diplomové práce neodhalila statisticky významný vliv tohoto faktoru na rozsah sukcese. Nicméně, výzkum vizuálních preferencí (Svobodova et al. 2012) ukázal, že většina lidí má vůči těžebním zásahům do krajiny negativní postoj. Povrchový důl byl méně atraktivní než nově rekultivovaná výsypka a krajina nepozměněná těžbou.

Kromě toho, pozitivní vliv na hodnocení lokalit měla přítomnost porostů dospělých stromů.

Důležitým faktorem není jen to, jak jsou bývalé těžební prostory esteticky příjemné pro místní obyvatele, ale i to, jak se jim zdají důležité zájmy ochrany přírody. Podle průzkumu provedeného v roce 2015, má zájem o informace z oblasti ochrany přírody okolo 40 % vzdělaných obyvatel České republiky s vyššími příjmy žijících ve větších sídlech. Větší zájem měli ti, kteří chodí častěji do přírody, mají k ní pozitivní vztah a důvěřují argumentům ochránců přírody. Co se týče obnovy bývalých dobývacích prostorů, respondenti dávali přednost zalesnění, pěstování plodin, turistice (na upravených lokalitách) a zástavbě. Přirozenou obnovu považovali spíše za dočasné řešení (Ptáčková a Dušková 2016).

Touha uvést posttěžební lokalitu do stavu podobného stavu před zahájením těžby může vést ke zničení biotopů cenných z hlediska ochrany přírody nebo ke snížení jejich hodnoty. Pozitivní změny by mohla způsobit osvěta dotčených stran v oblasti ochrany přírody.

Existuje programové vybavení pomáhající zajistit spolehlivá a systematizovaná data pro management opuštěných těžebních lokalit včetně těch, které se nacházejí v chráněných územích. Tento nástroj (více viz Stanković et al. 2016), mimo jiné používá informace podobné těm, které jsem shromažďoval pro svou práci: vzdálenost do nejbližšího města, typ chráněného území, vzdálenost do chráněných území, typ nerostné suroviny, typ těžební lokality, velikost lokality. Tato data mohou být využita pro kontrolní, monitorovací a další činnosti.

V České republice je těžba vyloučena z I. zóny chráněných krajinných oblastí, národních parků a národních přírodních rezervací, nicméně těžbu je možné provádět v ostatních zónách chráněných krajinných oblastí, kde se těží převážně stavební kámen, štěrkopísek a vápenec (Jordánová 2011). V případě mého výzkumu se v takových oblastech nacházejí pouze dvě lokality, kde se těží pískovec a štěrkopísek. Využití sukcese je naplánováno jenom na území štěrkopískového lomu Řeka. Součástí výzkumu byly také historické lokality, které byly vyhlášeny jako přírodní památky, ale žádná z nich se nenachází v chráněné krajinné oblasti.

Stáří dokumentace může také hrát určitou roli v přítomnosti nebo podílu sukcesních ploch. Česká legislativa se postupem času měnila směrem k většímu zastoupení zájmů

ochrany přírody. Přijetí zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivu na životní prostředí podpořilo snazší začlenění mimoprodukčních ploch do plánů sanace a rekultivace (Ledvina 2016). Proto je více pravděpodobné najít mimoprodukční biotopy na území mladších lokalit. Nicméně, těžebny, které ukončily svou činnost na počátku 20. století nebo dříve, však byly často ponechány samovolnému vývoji, který mohl být narušován drobnější těžbou, o čemž svědčí data analyzovaná v dané práci.

## 8. Závěr

Těžba je významnou částí historie Moravskoslezského kraje. V daném regionu se provádí těžba černého uhlí, vápence, šterku, písku, břidlice a některých dalších nerostných surovin. V průběhu let bylo v důsledku těžby vytvořeno velké množství stanovišť různého stupně přirozenosti. Haldy, lomy, pískovny a další typy lokalit se stávají jedinečným biotopem především pro obojživelníky, měkkýše a hmyz. Tyto lokality mohou sloužit jako útočiště pro ohrožené a vzácnější organismy, jejichž původní biotopy postupně mizí. Na některých posttěžebních stanovištích se vyvíjí zvláštní rostlinná společenstva, která jsou pro daný region netypická, například společenstva, která mají charakter stepi nebo lesostepi.

Využití bývalých dobývacích prostorů pro účely ochrany přírody se může setkat s určitým odporem některých zúčastněných stran, které mohou prosazovat co nejrychlejší obnovu (zalesnění atd.), produkční nebo další způsoby využití těchto lokalit. Napravit tuto situaci může osvěta a seznámení zájmových skupin s výhodami přírodě blízké obnovy.

Skutečnost, že ve výsledku se většina faktorů zahrnutých do této studie ukázala jako statisticky nevýznamná, lze vysvětlit různorodostí zkoumaných posttěžebních lokalit a jejich malým množstvím. Nicméně, to, že význam měly faktory jako způsob dobývání surovin a druh těžené horniny svědčí o tom, že přístup k obnově hald vzniklých v důsledku hlubinné těžby černého uhlí se liší od ostatních lokalit. Přestože existují možnosti začlenění sukcesních ploch do rekultivačních plánů, haldy jsou nejčastěji rekultivovány zalesněním či zatravněním. I přes nejednoznačnost výsledků statistické analýzy vlivu firmy na využití přírodě blízké obnovy lze předpokládat, že tento faktor také může mít určitý význam.

Pro komplexnější pochopení problematiky využívání přírodních pochodů při obnově bývalých dobývacích prostorů by bylo vhodné provést obdobnou studii pro všechny ostatní regiony České republiky. Rozsáhlejší studie by umožnila prozkoumat další aspekty a získat přesnější výsledky. Důležitým předpokladem pro úspěšnost takového výzkumu je zlepšení komunikace s úřady a dobývacími organizacemi, které se často chovají ostražitě a nedůvěřují žádostem o poskytnutí informací.

## 9. Použitá literatura

ABAKUMOV, Evgeniy Vasilyevitch, Tomáš CAJTHAML, Jiří BRUS a Jan FROUZ, 2013. Humus accumulation, humification, and humic acid composition in soils of two post-mining chronosequences after coal mining. *Journal of Soils and Sediments* [online]. **13**(3), 491–500. ISSN 14390108. Dostupné z: doi:10.1007/s11368-012-0579-9

ALLOWAY, Brian J., 2013. *Heavy metals in soils : trace metals and metalloids in soils and their bioavailability*. Third edition. Dordrecht: Springer,. Environmental pollution (Springer). ISBN 9400744692.

ANONYM, 2017. *Územně analytické podklady Moravskoslezského kraje*. Ostrava: Krajský úřad Moravskoslezského kraje - odbor územního plánování a stavebního řádu.

ANONYM, 2018. *Atlas životního prostředí Moravskoslezského kraje*. 3. vydání. Ostrava: Krajský úřad. ISBN 978-80-7576-026-5.

ANONYM, 2019. *Statistická ročenka moravskoslezského kraje*. Ostrava: Krajská správa Českého statistického úřadu v Ostravě. ISBN 9788025029466.

APRIADI, Tri, Ginanjar PRATAMA, Risandi Dwirama PUTRA, JUMSURIZAL, Yales Veva JAYA, Muhammad FIRDAUS, Heru Diwan ARPAS a Ani SURYANTI, 2018. Comparative study on the fish diversity from natural and bauxite postmining in wetland system of Bintan Island, Indonesia. *Biodiversitas* [online]. **19**(3), 967–973. ISSN 20854722. Dostupné z: doi:10.13057/biodiv/d190327

ASHRAF, M. A., M. J. MAAH a I. YUSOFF, 2011. Heavy metals accumulation in plants growing in ex tin mining catchment. *International Journal of Environmental Science and Technology* [online]. **8**(2), 401–416. ISSN 17352630. Dostupné z: doi:10.1007/BF03326227

BAASCH, Annett, Anita KIRMER a Sabine TISCHEW, 2012. Nine years of vegetation development in a postmining site: effects of spontaneous and assisted site recovery. *Journal of Applied Ecology* [online]. **49**(1), 251–260. ISSN 00218901. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2664.2011.02086.x

BACZYŃSKA, Elżbieta, Marek W. LORENC a Urszula KAŻMIERCZAK, 2018.

Research on the landscape attractiveness of the selected abandoned quarries.

*International Journal of Mining, Reclamation and Environment* [online]. B.m.:

Taylor & Francis, **32**(6), 401–419. ISSN 17480949. Dostupné

z: doi:10.1080/17480930.2017.1386756

BARDGETT, Richard D., 2010. *Aboveground-belowground linkages : biotic interactions, ecosystem processes, and global change*. First published. Oxford: Oxford University Press,. Oxford series in ecology and evolution.

ISBN 0199546878.

BARTUŠKA, Martin, Mark PAWLETT a Jan FROUZ, 2015. Particulate organic carbon at reclaimed and unreclaimed post-mining soils and its microbial community composition. *Catena* [online]. **131**, 92–98. ISSN 03418162. Dostupné

z: doi:10.1016/j.catena.2015.03.019

BECH, J., I. CORRALES, P. TUME, J. BARCELÓ, P. DURAN, N. ROCA a C. POSCHENRIEDER, 2012. Accumulation of antimony and other potentially toxic elements in plants around a former antimony mine located in the Ribes Valley (Eastern Pyrenees). *Journal of Geochemical Exploration* [online]. B.m.: Elsevier B.V., **113**, 100–105. ISSN 03756742. Dostupné z: doi:10.1016/j.gexplo.2011.06.006

BENEŠ, Jiří, Pavel KEPKA a Martin KONVIČKA, 2003. Limestone Quarries as Refuges for European Xerophilous Butterflies. *Conservation Biology* [online]. **17**(4), 1058–1069. ISSN 08888892. Dostupné z: doi:10.1046/j.1523-1739.2003.02092.x

BROM, Jakub, Václav NEDBAL, Jan PROCHÁZKA a Emilie PECHAROVÁ, 2012. Changes in vegetation cover, moisture properties and surface temperature of a brown coal dump from 1984 to 2009 using satellite data analysis. *Ecological Engineering* [online]. B.m.: Elsevier B.V., **43**, 45–52. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2011.03.001

CEJPEK, Jiří, Václav KURÁŽ, Olga VINDUŠKOVÁ a Jan FROUZ, 2018. Water regime of reclaimed and unreclaimed post-mining sites. *Ecohydrology* [online]. **11**(6), 1–9. ISSN 19360592. Dostupné z: doi:10.1002/eco.1911

ČESKO, 1988. *Zákon č. 44/1988 Sb. Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)*. 1988.

ČESKO, 1992. *Zákon č. 334/1992 Sb. Zákon České národní rady o ochraně*

*zemědělského půdního fondu*. 20. vyd.

ČESKO, 1995. *Zákon č. 289/1995 Sb. Zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon)*.

CHEN, Fuyao, Yongjun YANG, Jiaxin MI, Run LIU, Huping HOU a Shaoliang ZHANG, 2019. Effects of vegetation pattern and spontaneous succession on remediation of potential toxic metal-polluted soil in mine dumps. *Sustainability (Switzerland)* [online]. **11**(2), 1–13. ISSN 20711050. Dostupné z: doi:10.3390/su11020397

CIARKOWSKA, Krystyna, 2017. Organic matter transformation and porosity development in non-reclaimed mining soils of different ages and vegetation covers: a field study of soils of the zinc and lead ore area in SE Poland. *Journal of Soils and Sediments* [online]. B.m.: Journal of Soils and Sediments, **17**(8), 2066–2079. ISSN 16147480. Dostupné z: doi:10.1007/s11368-017-1678-4

ČÍŽKOVÁ, Barbara, Bartłomiej WOŚ, Marcin PIETRZYKOWSKI a Jan FROUZ, 2018. Development of soil chemical and microbial properties in reclaimed and unreclaimed grasslands in heaps after opencast lignite mining. *Ecological Engineering* [online]. **123**(September), 103–111. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2018.09.004

DOLEŽALOVÁ, Jana, Jiří VOJAR, Daniela SMOLOVÁ, Milič SOLSKÝ a Oldřich KOPECKÝ, 2012. Technical reclamation and spontaneous succession produce different water habitats: A case study from Czech post-mining sites. *Ecological Engineering* [online]. **43**, 5–12. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2011.11.017

DOLEŽALOVÁ, Jana, Jiří VOJAR a Milič SOLSKÝ, 2013. Využití sukcesních ploch při rekultivaci území ovlivněných těžbou. *Ochrana přírody*. (5).

FROUZ, Jan, Elisa THÉBAULT, Václav PIŽ, Sina ADL, Tomáš CAJTHAML, Petr BALDRIÁN, Ladislav HÁNĚL, Josef STARÝ, Karel TAJOVSKÝ, Jan MATERNA, Alena NOVÁKOVÁ a Peter C. DE RUITER, 2013. Soil food web changes during spontaneous succession at post mining sites: A possible ecosystem engineering effect on food web organization? *PLoS ONE* [online]. **8**(11). ISSN 19326203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0079694



HARABIŠ, Filip, 2016. High diversity of odonates in post-mining areas: Meta-analysis uncovers potential pitfalls associated with the formation and management of valuable habitats. *Ecological Engineering* [online]. **90**, 438–446. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2016.01.070

HARANTOVÁ, Lenka, Ondřej MUDRÁK, Petr KOHOUT, Dana ELHOTTOVÁ, Jan FROUZ a Petr BALDRIAN, 2017. Development of microbial community during primary succession in areas degraded by mining activities. *Land Degradation and Development* [online]. **28**(8), 2574–2584. ISSN 1099145X. Dostupné z: doi:10.1002/ldr.2817

HENDRYCHOVÁ, Markéta, Kamila SVOBODOVA a Martin KABRNA, 2020. Mine reclamation planning and management: Integrating natural habitats into post-mining land use. *Resources Policy* [online]. **69**(September). ISSN 03014207. Dostupné z: doi:10.1016/j.resourpol.2020.101882

HENEBERG, Petr, Petr BOGUSCH a Jiří ŘEHOUNEK, 2013. Sandpits provide critical refuge for bees and wasps (Hymenoptera: Apocrita). *Journal of Insect Conservation* [online]. **17**(3), 473–490. ISSN 1366638X. Dostupné z: doi:10.1007/s10841-012-9529-5

HENEBERG, Petr, Petr HESOUN a Jiří SKUHROVEC, 2016. Succession of arthropods on xerothermophilous habitats formed by sand quarrying: Epigeic beetles (Coleoptera) and orthopteroids (Orthoptera, Dermaptera and Blattodea). *Ecological Engineering* [online]. **95**, 340–356. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2016.06.022

HODEČEK, Jiří a Tomáš KURAS, 2015. Vzácní brouci na ostravských haldách – mají rekultivace odvalů vůbec smysl? *Ž.* 32–34.

HORÁČKOVÁ, Martina, Klára ŘEHOUNKOVÁ a Karel PRACH, 2016. Are seed and dispersal characteristics of plants capable of predicting colonization of post-mining sites? *Environmental Science and Pollution Research* [online]. **23**(14), 13617–13625. ISSN 16147499. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-015-5415-5

HORÁČKOVÁ, Martina, Klára ŘEHOUNKOVÁ a Karel PRACH, 2019. Relationships between vegetation and seed bank in sand pits: Effects of different restoration approaches and successional age. *Applied Vegetation Science* [online].

22(2), 282–291. ISSN 1654109X. Dostupné z: doi:10.1111/avsc.12426

HULÍN, Příklad, Ondřej POPELKA, Michal HYKEL, Jana RŮŽIČKOVÁ a Vojtěch TARAŠKA, 2017. Mohou být aktivní těžební prostory hodnotné z hlediska ochrany přírody? *Ochrana přírody*. (3).

JAKRLOVÁ, Jana a Jaroslav PELIKAN, 1999. *Ekologický slovník terminologický a výkladový*. 1. vyd. Praha: Fortuna.

JASION, Mateusz, Aleksandra SAMECKA-CYMERMAN, Krzysztof KOLON a Alexander J. KEMPERS, 2013. Tanacetum vulgare as a bioindicator of trace-metal contamination: A study of a naturally colonized open-pit lignite mine. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* [online]. 65(3), 442–448. ISSN 00904341. Dostupné z: doi:10.1007/s00244-013-9922-4

JORDÁNOVÁ, Jitka, 2011. *Dopady těžby nerostných surovin na ekonomickou situaci místních obyvatel a životní prostředí*. B.m. Masarykova univerzita.

KALARUS, Konrad, Wiktor HALECKI a Tomasz SKALSKI, 2019. Both semi-natural and ruderal habitats matter for supporting insect functional diversity in an abandoned quarry in the city of Kraków (S Poland). *Urban Ecosystems* [online]. B.m.: Urban Ecosystems, 22(5), 943–953. ISSN 15731642. Dostupné z: doi:10.1007/s11252-019-00869-3

KLIMASZEWSKI, Krzysztof, Ewa PACHOLIK a Adam SNOPEK, 2016. Can we enhance amphibians' habitat restoration in the post-mining areas? *Environmental Science and Pollution Research* [online]. B.m.: Environmental Science and Pollution Research, 23(17), 16941–16945. ISSN 16147499. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-015-5279-8

KOCURKOVÁ, Alena a Lucie JUŘIČKOVÁ, 2012. Měkkýši lomů v Českém krasu Nejen romantické kaňony, krasové jeskyně a porosty dubových hájů jsou cha-. 129–131.

KOHOUTEK, Martin a Jiří REJL, 2012. Stará jíloviště na Přeloučsku – stanoviště neobvyklých druhů. *Živa*. 2012.

KOLÁŘ, Vojtěch, Filip TICHANEK a Robert TROPEK, 2017. Effect of different restoration approaches on two species of newts (Amphibia: Caudata) in Central

European lignite spoil heaps. *Ecological Engineering* [online]. **99**, 310–315.

ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2016.11.042

KOMPAŁA-BĄBA, Agnieszka, Wojciech BIERZA, Agnieszka BŁOŃSKA, Edyta SIERKA, Franco MAGURNO, Damian CHMURA, Lynn BESENYEI, Łukasz RADOSZ a Gabriela WOŹNIAK, 2019. Vegetation diversity on coal mine spoil heaps – how important is the texture of the soil substrate? *Biologia* [online]. **74**(4), 419–436. ISSN 13369563. Dostupné z: doi:10.2478/s11756-019-00218-x

KONVALINKOVÁ, Petra a Karel PRACH, 2010. Spontaneous succession of vegetation in mined peatlands: a multi-site study Spontánní sukcese vegetace na těžných rašeliništích v České republice. *Preslia* [online]. **82**(2001), 423–435. Dostupné z: <http://www.preslia.cz/P104Konvalinkova.pdf>

KONVIČKOVÁ, V., 2008. Vývoj společenstva bezobratlých na dně tůní. *Živa*. (6), 1–4.

KRÜGER, Claudia, Petr KOHOUT, Martina JANOUŠKOVÁ, David PÜSCHEL, Jan FROUZ a Jana RYDLOVÁ, 2017. Plant communities rather than soil properties structure arbuscular mycorrhizal fungal communities along primary succession on a mine spoil. *Frontiers in Microbiology* [online]. **8**(APR), 1–16. ISSN 1664302X. Dostupné z: doi:10.3389/fmicb.2017.00719

LEDVINA, Vilém, 2016. *Mapování mimoprodukčních biotopů v rekultivované posttěžební krajině mostecké a chabařovické oblasti*. B.m. Česká zemědělská univerzita v Praze.

LÓPEZ BERDONCES, Miguel A., Pablo L. HIGUERAS, Mercedes FERNÁNDEZ-PASCUAL, Ana M. BORREGUERO a Manuel CARMONA, 2017. The role of native lichens in the biomonitoring of gaseous mercury at contaminated sites. *Journal of Environmental Management* [online]. **186**, 207–213. ISSN 10958630. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvman.2016.04.047

LYSÁK, Filip, 2018. Netradiční řešení při revitalizaci rašeliniště v PR Chvojnov. *Ochrana přírody*. 2–3.

MARKOWICZ, Anna, Gabriela WOŹNIAK, Sławomir BORYMSKI, Zofia PIOTROWSKA-SEGET a Damian CHMURA, 2015. Links in the functional diversity between soil microorganisms and plant communities during natural

succession in coal mine spoil heaps. *Ecological Research* [online]. **30**(6), 1005–1014. ISSN 14401703. Dostupné z: doi:10.1007/s11284-015-1301-3

MORADI, Jabbar, Pavel POTOCKÝ, Petr KOČÁREK, Martin BARTUŠKA, Karel TAJOVSKÝ, Filip TICHÁNEK, Jan FROUZ a Robert TROPEK, 2018a. Influence of surface flattening on biodiversity of terrestrial arthropods during early stages of brown coal spoil heap restoration. *Journal of Environmental Management* [online]. **220**(May), 1–7. ISSN 10958630. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvman.2018.05.006

MORADI, Jabbar, Fabio VICENTINI, Hana ŠIMÁČKOVÁ, Václav PIŽL, Karel TAJOVSKÝ, Josef STARY a Jan FROUZ, 2018b. An investigation into the long-term effect of soil transplant in bare spoil heaps on survival and migration of soil meso and macrofauna. *Ecological Engineering* [online]. **110**(November 2017), 158–164. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2017.11.012

MUDRÁK, Ondřej, Jiří DOLEŽAL a Jan FROUZ, 2016a. Initial species composition predicts the progress in the spontaneous succession on post-mining sites. *Ecological Engineering* [online]. **95**, 665–670. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2016.07.002

MUDRÁK, Ondřej a Jan FROUZ, 2018. Earthworms increase plant biomass more in soil with no earthworm legacy than in earthworm-mediated soil, and favour late successional species in competition. *Functional Ecology* [online]. **32**(3), 626–635. ISSN 13652435. Dostupné z: doi:10.1111/1365-2435.12999

MUDRÁK, Ondřej, Jan FROUZ a Václava VELICHOVÁ, 2010. Understorey vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands. *Ecological Engineering* [online]. **36**(6), 783–790. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2010.02.003

MUDRÁK, Ondřej, Markéta HERMOVÁ, Cecilie TESNEROVÁ, Jana RYDLOVÁ a Jan FROUZ, 2016b. Above-ground and below-ground competition between the willow *Salix caprea* and its understorey. *Journal of Vegetation Science* [online]. **27**(1), 156–164. ISSN 16541103. Dostupné z: doi:10.1111/jvs.12330

MÜLLER, Anke, Maria DAHM, Peder Klith BØCHER, Meredith ROOT-BERNSTEIN a Jens Christian SVENNING, 2017. Large herbivores in novel ecosystems - Habitat selection by red deer (*Cervus elaphus*) in a former brown-coal

- mining area. *PLoS ONE* [online]. **12**(5), 1–21. ISSN 19326203. Dostupné z: [doi:10.1371/journal.pone.0177431](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177431)
- NICHOLS, James D, Larissa L. BAILEY, O'Connell Allan F. JR., Neil W. TALANCY, Evan H Campbell GRANT, Andrew T. GILBERT, Elizabeth M. ANNAND, Thomas P. HUSBAND a James E. HINES, 2008. Importance of regional species pools and functional traits in colonization processes: predicting re-colonization after large-scale destruction of ecosystems. *Journal of Applied Ecology* [online]. **45**(NOVEMBER), 1321–1329. ISSN 00218901. Dostupné z: [doi:10.1111/j.1365-2664.2007.0](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.0)
- NOVÁK, Jan a Karel PRACH, 2003. Vegetation succession in basalt quarries: Pattern on a landscape scale. *Applied Vegetation Science* [online]. **6**(2), 111–116. ISSN 14022001. Dostupné z: [doi:10.1111/j.1654-109X.2003.tb00570.x](https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2003.tb00570.x)
- PAVLOUDAKIS, F., M. GALETAKIS a C. ROUMPOS, 2009. A spatial decision support system for the optimal environmental reclamation of open-pit coal mines in Greece. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment* [online]. **23**(4), 291–303. ISSN 17480930. Dostupné z: [doi:10.1080/17480930902731935](https://doi.org/10.1080/17480930902731935)
- PERLATTI, Fabio, Tiago Osório FERREIRA, Lucas R. SARTOR a Xosé Luis OTERO, 2016. Copper Biogeochemistry in Response to Rhizosphere Soil Processes under Four Native Plant Species Growing Spontaneously in an Abandoned Mine Site in NE Brazil. *Water, Air, and Soil Pollution* [online]. B.m.: Water, Air, & Soil Pollution, **227**(5). ISSN 15732932. Dostupné z: [doi:10.1007/s11270-016-2840-0](https://doi.org/10.1007/s11270-016-2840-0)
- PRACH, K., 2006. Příroda pracuje zadarmo: technická, nebo přírodní rekultivace? *Vesmír* [online]. **85**, 272–277. Dostupné z: [http://media.rozhlas.cz/leonardo/veda/\\_binary/00505973.pdf](http://media.rozhlas.cz/leonardo/veda/_binary/00505973.pdf)
- PRACH, Karel, 1995. „Restaurační ekologie“, či ekologie obnovy? *Vesmír* [online]. **74**(143) [vid. 2020-09-27]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1995/cislo-3/034restauracni-ekologie034-ci-ekologie-obnovy.html>
- PRACH, Karel, 2009. Ekologie obnovy narušených míst VI . Shrnutí a závěrečné poznámky. (2008), 262–264.
- PRACH, Karel, Lubomír TICHÝ, Kamila LENCOVÁ, Martin ADÁMEK, Tomáš KOUTECKÝ, Jiří SÁDLO, Alena BARTOŠOVÁ, Jan NOVÁK, Pavel KOVÁŘ,

Alena JÍROVÁ, Petr ŠMILAUER a Klára ŘEHOUNKOVÁ, 2016. Does succession run towards potential natural vegetation? An analysis across seres. *Journal of Vegetation Science* [online]. **27**(3), 515–523. ISSN 16541103. Dostupné z: doi:10.1111/jvs.12383

PTÁČKOVÁ, Kateřina a Markéta DUŠKOVÁ, 2016. Vzdělání Češi mají rádi přírodu, o její ochraně toho ale mnoho neví. *Fórum ochrany přírody*. (1), 42–46.

RAHMONOV, Oimahmad a Artur SZYMCZYK, 2010. Relations between vegetation and soil in initial succession phases in post-sand excavations. *Ekologia Bratislava* [online]. **29**(4), 412–429. ISSN 1337947X. Dostupné z: doi:10.4149/ekol\_2010\_04\_412

ŘEHOUNEK, Jiří, Klára ŘEHOUNKOVÁ a Karel PRACH, 2010. *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmysl...* [online]. B.m.: Calla [vid. 2020-09-21]. Dostupné z: [https://asep.lib.cas.cz/arlcav/cs/detail/?zf=CAV\\_BIBCIT&idx=cav\\_un\\_epca\\*0364875](https://asep.lib.cas.cz/arlcav/cs/detail/?zf=CAV_BIBCIT&idx=cav_un_epca*0364875)

ŘEHOUNEK, Jiří, Klára ŘEHOUNKOVÁ a Karel PRACH, 2010. *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*. B.m.: Calla. ISBN 9788087267097.

ŘEHOUNKOVÁ, Klára, Lukáš ČÍŽEK, Jiří ŘEHOUNEK, Lenka ŠEBELÍKOVÁ, Robert TROPEK, Kamila LENCOVÁ, Petr BOGUSCH, Pavel MARHOUL a Jan MÁČA, 2016. Additional disturbances as a beneficial tool for restoration of post-mining sites: a multi-taxa approach. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. **23**(14), 13745–13753. ISSN 16147499. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-016-6585-5

ŘEHOUNKOVÁ, Klára, Kamila LENCOVÁ a Karel PRACH, 2018. Spontaneous establishment of woodland during succession in a variety of central European disturbed sites. *Ecological Engineering* [online]. **111**(October 2017), 94–99. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2017.11.016

ŘEHOUNKOVÁ, Klára a Jiří ŘEHOUNEK, 2014. Pískovny pro biologickou rozmanitost. *Vesmír* [online]. (696) [vid. 2020-09-27]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2014/cislo-12/piskovny-pro-biologickou-rozmanitost.html>

ŘEHOUNKOVÁ, Klára a Jiří ŘEHOUNEK, 2016. Dobrodružství s přírodě blízkou obnovou. *Fórum ochrany přírody*. 17–19.

ŘEHOUNKOVÁ, Klára, Kamila VÍTOVCOVÁ a Karel PRACH, 2020. Threatened vascular plant species in spontaneously revegetated post-mining sites. *Restoration Ecology* [online]. **28**(3), 679–686. ISSN 1526100X. Dostupné z: doi:10.1111/rec.13027

ŠÁLEK, Miroslav, 2012. Spontaneous succession on opencast mining sites: Implications for bird biodiversity. *Journal of Applied Ecology* [online]. **49**(6), 1417–1425. ISSN 00218901. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2664.2012.02215.x

ŠEBELÍKOVÁ, Lenka, Gábor CSICSEK, Anita KIRMER, Kamila VÍTOVCOVÁ, Adrienne ORTMANN-AJKAI, Karel PRACH a Klára ŘEHOUNKOVÁ, 2019. Spontaneous revegetation versus forestry reclamation—Vegetation development in coal mining spoil heaps across Central Europe. *Land Degradation and Development* [online]. **30**(3), 348–356. ISSN 1099145X. Dostupné z: doi:10.1002/ldr.3233

ŠEBELÍKOVÁ, Lenka, Klára ŘEHOUNKOVÁ a Karel PRACH, 2016. Spontaneous revegetation vs. forestry reclamation in post-mining sand pits. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. **23**(14), 13598–13605. ISSN 16147499. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-015-5330-9

SHU, W. S., Z. H. YE, Z. Q. ZHANG, C. Y. LAN a M. H. WONG, 2005. Natural colonization of plants on five lead/zinc mine tailings in southern China. *Restoration Ecology* [online]. **13**(1), 49–60. ISSN 10612971. Dostupné z: doi:10.1111/j.1526-100X.2005.00007.x

SINGER, Fred, 2016. *Ecology in action*. 1. vyd. Cambrige: Cambrige University Press.

SONG, Yongsheng, Wensheng SHU, Aidong WANG a Weiqiu LIU, 2014. Characters of soil algae during primary succession on copper mine dumps. *Journal of Soils and Sediments* [online]. **14**(3), 577–583. ISSN 14390108. Dostupné z: doi:10.1007/s11368-013-0815-y

STALMACHOVÁ, Barbara, 1996. *Základy ekologické obnovy průmyslové krajiny*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. ISBN 9788070783757.

STANKOVIĆ, Ranka, Nikola VULOVIĆ, Nikola LILIĆ, Ivan OBRADOVIĆ, Radule TOŠOVIĆ a Milica PEŠIĆ-GEORGIADIS, 2016. A WebGIS Decision Support System for Management of Abandoned Mines. *Energies* [online]. **9**(7), 567. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en9070567

STARÝ, Jaromír, Ivo SITENSKÝ, Dalibor MAŠEK, Tereza HODKOVÁ, Mirko VANĚČEK, Jaroslav NOVÁK a Pavel KAVINA, 2019. *Surovinové zdroje České republiky: nerostné suroviny 2019*. Praha: Česká geologická služba. ISBN 978-80-7075-988-2.

ŠTÝS, Stanislav, 1981. *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*. Řada horní. Praha: Nakladatelství technické literatury, Řada hornické literatury.

SURBER, Sarah J. a D. Scott SIMONTON, 2017. Disparate impacts of coal mining and reclamation concerns for West Virginia and central Appalachia. *Resources Policy* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, **54**(February), 1–8. ISSN 03014207. Dostupné z: doi:10.1016/j.resourpol.2017.08.004

SVOBODOVA, Kamila, Petr SKLENICKA, Kristina MOLNAROVA a Miroslav SALEK, 2012. Visual preferences for physical attributes of mining and post-mining landscapes with respect to the sociodemographic characteristics of respondents. *Ecological Engineering* [online]. B.m.: Elsevier B.V., **43**, 34–44. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2011.08.007

TANISTRA, Vojtěch, 2016. *Rešerše těžby nerostných surovin za období 2005-2014 v Moravskoslezském kraji a předpoklad na další období*. B.m. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

TARDIF, Antoine, Michaël RODRIGUE-MORIN, Vanessa GAGNON, Bill SHIPLEY, Sébastien ROY a Jean Philippe BELLENGER, 2019. The relative importance of abiotic conditions and subsequent land use on the boreal primary succession of acidogenic mine tailings. *Ecological Engineering* [online]. B.m.: Elsevier, **127**(November 2018), 66–74. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2018.11.003

TICHÝ, L., 2004. Rekultivace vápencových lomů. *Vesmír*. **6**, 315–317.

TRNKOVÁ, Romana, Klára ŘEHOUNKOVÁ a Karel PRACH, 2010. Spontaneous succession of vegetation on acidic bedrock in quarries in the Czech Republic.



*Preslia*. **82**(3), 333–343. ISSN 00327786.

TROPEK, Robert, Tomas KADLEC, Martin HEJDA, Petr KOCAREK, Jiri SKUHROVEC, Igor MALENOVSKY, Stepan VODKA, Lukas SPITZER, Petr BANAR a Martin KONVICKA, 2012. Technical reclamations are wasting the conservation potential of post-mining sites. A case study of black coal spoil dumps. *Ecological Engineering* [online]. B.m.: Elsevier B.V., **43**, 13–18. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2011.10.010

TROPEK, Robert, Tomas KADLEC, Petra KARESOVA, Lukas SPITZER, Petr KOCAREK, Igor MALENOVSKY, Petr BANAR, Ivan H. TUF, Martin HEJDA a Martin KONVICKA, 2010. Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. *Journal of Applied Ecology* [online]. **47**(1), 139–147. ISSN 00218901. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01746.x

VACEK, Zdeněk, Jan CUKOR, Stanislav VACEK, Vilém PODRÁZSKÝ, Rostislav LINDA a Jakub KOVAŘÍK, 2018. Forest biodiversity and production potential of post-mining landscape: Opting for afforestation or leaving it to spontaneous development? *Central European Forestry Journal* [online]. **64**(2), 116–126. ISSN 24540358. Dostupné z: doi:10.1515/forj-2017-0036

VOJAR, Jiří, Jana DOLEŽALOVÁ a Milič SOLSKÝ, 2016a. Obojživelníci na výsypkách. Nové poznatky o biologickém významu post-těžebních území (nejen) pro obojživelníky. *Fórum ochrany přírody*. 20–22.

VOJAR, Jiří, Jana DOLEŽALOVÁ, Milič SOLSKÝ, Daniela SMOLOVÁ, Oldřich KOPECKÝ, Tomáš KADLEC a Michal KNAPP, 2016b. Spontaneous succession on spoil banks supports amphibian diversity and abundance. *Ecological Engineering* [online]. **90**, 278–284. ISSN 09258574. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2016.01.028

WALKER, Lawrence R. a Roger DEL MORAL, 2003. *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation* [online]. B.m.: Cambridge University Press [vid. 2020-09-15]. Dostupné z: doi:10.1017/cbo9780511615078

WANNER, Manfred a Wolfram DUNGER, 2002. Primary immigration and succession of soil organisms on reclaimed opencast coal mining areas in eastern

Germany. *European Journal of Soil Biology* [online]. **38**(2), 137–143.

ISSN 11645563. Dostupné z: doi:10.1016/S1164-5563(02)01135-4

Zdroje podkladů pro zpracování map:

**Geoportal ČÚZK, 2018:** ArcGIS Online, Český úřad zeměměřičský a katastrální. Ortofotomapa ČR. Server: <https://ags.cuzk.cz/arcgis/services>

**AOPK ČR, 2021:** Velkoplošná zvláště chráněná území, dostupné online: [https://gis-aopkcr.opendata.arcgis.com/datasets/494d6b3749444f74ad4f556f67c2db77\\_0?geometry=7.285%2C48.608%2C23.974%2C51.086](https://gis-aopkcr.opendata.arcgis.com/datasets/494d6b3749444f74ad4f556f67c2db77_0?geometry=7.285%2C48.608%2C23.974%2C51.086)

Zdroje podkladů pro zpracování vlastních návrhů rekultivace:

**Arvita P, 2008:** Mankovice. Návrh sanace, rekultivace a následného vyožití těžebního prostoru. Dostupné online: [https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA\\_OV9066](https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_OV9066)

**REVLAN s.r.o., 2015:** Oznámení záměru. Těžba břidlice v lokalitě Pusté Držkovice. Vykres B. Clenění ploch po rekultivaci těžební lokality. Dostupné online: [https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA\\_MSK1909](https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_MSK1909)

## **10. Seznám obrázků a tabulek**

**Obrázek 1.** Poloha Moravskoslezského kraje na území České republiky

**Obrázek 2.** Poloha zkoumaných lokalit na území Moravskoslezského kraje (S-JTSK).

Zdroj dat: Geoportál ČÚZK

**Obrázek 3.** Podíl sukcesních ploch na zkoumaných lokalitách

**Obrázek 4.** Celkové podíly sukcesních ploch na lokalitách vypočtené pro jednotlivé typy těžených hornin.

**Obrázek 5.** Poloha zkoumaných lokalit a chráněných krajinných oblastí na území ČR (S-JTSK). Zdroj dat: Geoportál ČÚZK

**Obrázek 6.** Původní plán rekultivace lokality Mankovice

**Obrázek 7.** Vlastní návrh rekultivace lokality Mankovice (ortofoto: Geoportál ČÚZK)

**Obrázek 8.** Původní plán rekultivace lokality Pusté Držkovice

**Obrázek 9.** Vlastní návrh rekultivace lokality Pusté Držkovice

**Tabulka 1.** Rozlohy a podíly rekultivovaných ploch

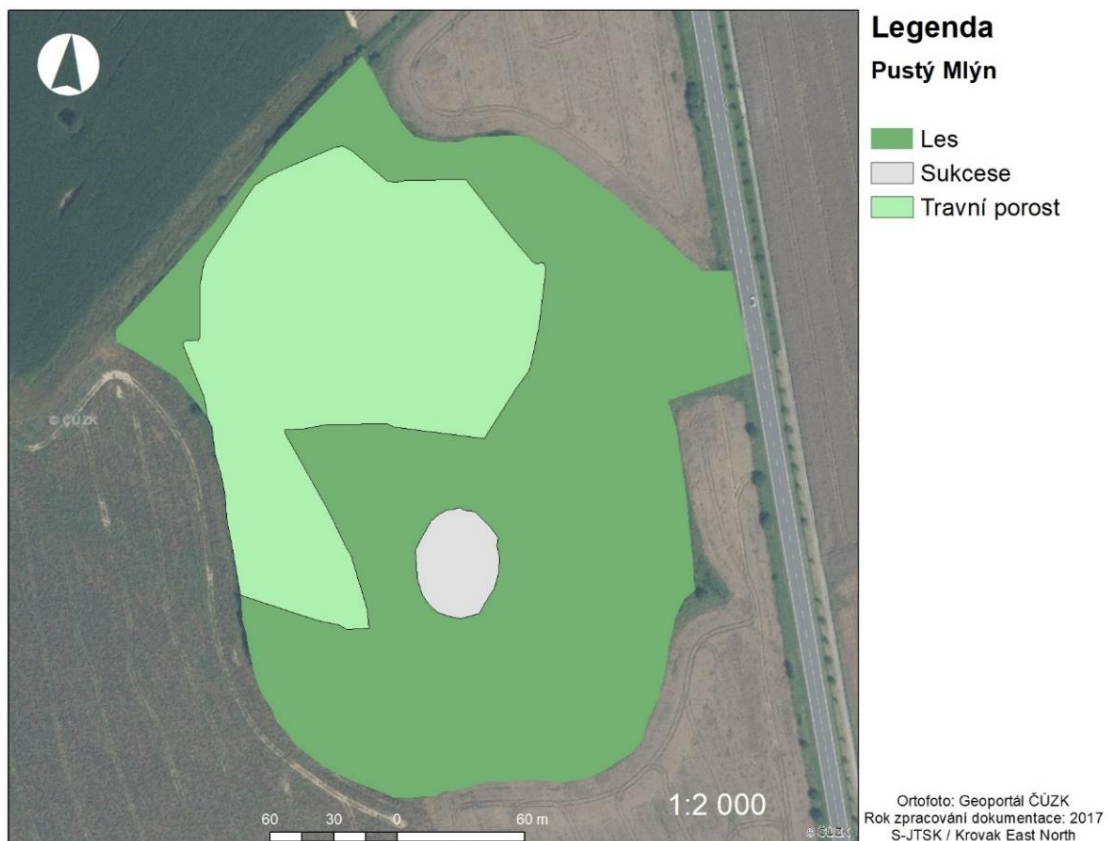
**Tabulka 2.** Srovnání podílů různých způsobů využití území na lokalitě Pusté Držkovice

## **11. Přílohy**

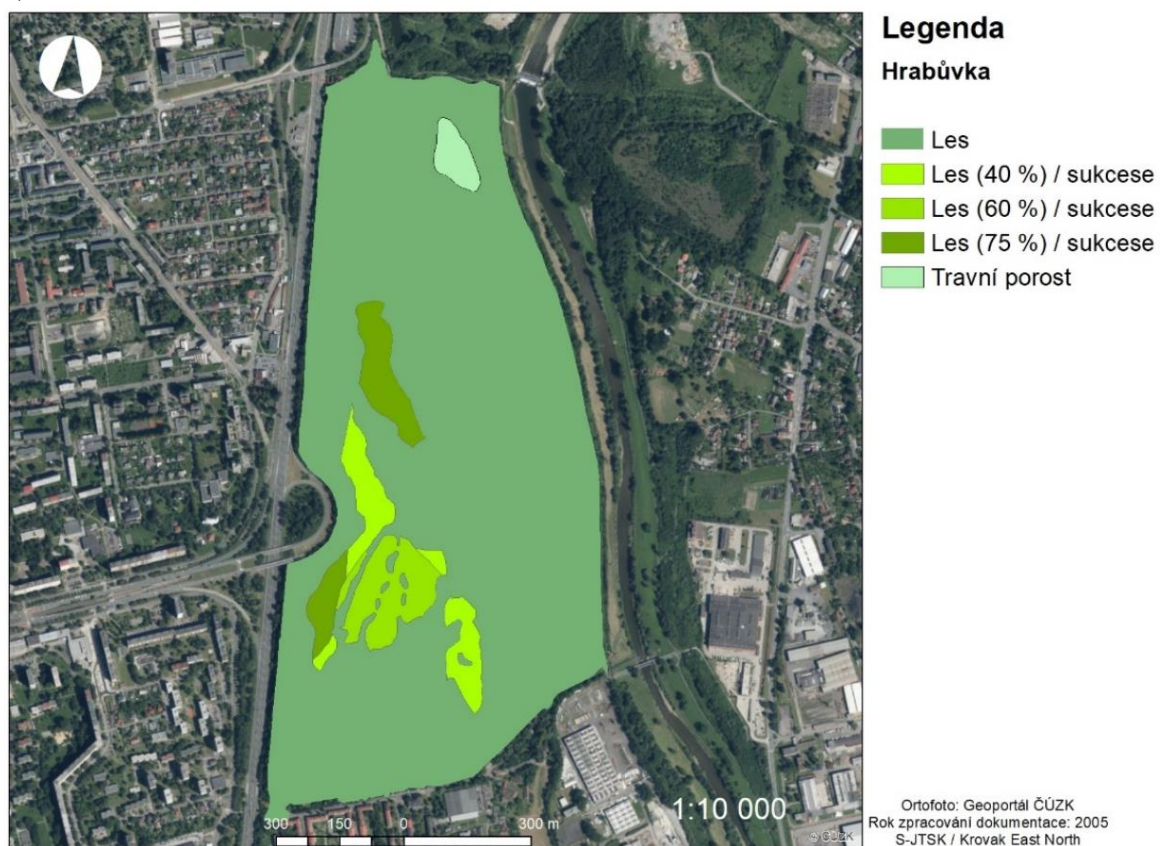
- a) Tabulka: přehled zkoumaných lokalit

Název lokality	Celková rozloha (ha)	Rozloha sukcese (ha)	Procento sukcese	Surovina	Způsob dobývání	Vzdálenost sídel (m)	Vzdálenost CHKO (m)	Ochrana	Firma	Rok zpracování dokumentace / vyhlášení
Mankovice	77,395	11,12	14	šterkopišek	povrchová	544	0	nechráněne	Českomoravský šterk	2008
Pusté Držkovice	45,887	4,58	10	břidlice	povrchová	584	26800	nechráněne	REVLAN	2015
Hlubina	3,4306	0	0	černé uhlí	hlubinná	708	19800	nechráněne	OKD	2014
Strážnice	5,423	0	0	černé uhlí	hlubinná	243	9358	nechráněne	OKD	2016
Starč II	7,0709	0	0	černé uhlí	hlubinná	1540	7043	nechráněne	OKD	2016
D11	10,1764	0	0	černé uhlí	hlubinná	674	6772	nechráněne	OKD	2016
Lazy	7,361	0	0	černé uhlí	hlubinná	1060	16470	nechráněne	OKD	2016
Pustý Mlýn	6,5803	0,16	2	pišek	povrchová	142	26650	nechráněne	Jan Matyas	2017
Stříbrné jezero	8,2804	0	0	sádrovec	povrchová	207	27920	nechráněne	Opava	1964
Hrabůvka	43,2256	4,666805	11	černé uhlí	hlubinná	60	4498	nechráněne	VITKOVICE	2005
Kotouč	37,8032	21,1968	56	vápenec	povrchová	123	5253	nechráněne	Holcím	2013
Na Peklách	7,0757	6,8524	97	vápenec	povrchová	115	4452	nechráněne	Holcím	2013
401726D	17,2058	0	0	černé uhlí	hlubinná	327	7942	nechráněne	OKD	2016
D2	1,7308	0	0	černé uhlí	hlubinná	385	6826	nechráněne	OKD	2016
Řeka	2,9884	2,9884	100	piškovec	povrchová	40	0	chráněne	Slezské kamenolomy	2017
Rychvald	2,5537	0	0	černé uhlí	hlubinná	436	12560	chráněne	DIAMO	2008
Lesní Albrechtice - Kajlovec	17,2503	9,1731	53	droba	povrchová	320	17100	nechráněne	Slinice Morava	2009
Heřmanice	2,6171	0	0	černé uhlí	povrchová	423	10310	nechráněne	DIAMO	2009
Bohučovice	9,7231	1,8377	19	droba	povrchová	103	17000	nechráněne	Kamenolomy ČR	2016
Kamenárka	1,0256	1,0256	100	vápenec	povrchová	61	5644	chráněne	neznámá	1930
Otická sopka	1,0763	1,0763	100	droba	povrchová	325	24730	chráněne	neznámá	1949
Razovské tuřity	1,2459	1,2459	100	tuřit	povrchová	394	17360	chráněne	neznámá	1945
Vaclavovice	3,5601	3,5601	100	pišek	povrchová	274	12360	chráněne	neznámá	1970
Žermanický lom	1,9057	1,9057	100	tesinit	povrchová	239	9793	chráněne	neznámá	1958
Odkryv v Kravařích	2,717	2,717	100	pišek	povrchová	632	21420	chráněne	neznámá	1970
Kamenná	2,7247	2,7247	100	vápenec	povrchová	453	7572	chráněne	neznámá	1900
Stříbrné jezírko	2,6413	2,6413	100	galenit	hlubinná	906	5516	chráněne	neznámá	1650
Pikritové mandlovec	0,0106	0,0106	100	mandlovec	povrchová	15	4926	chráněne	neznámá	1920
Uhlířský vrch	4,1665	4,1665	100	tuřit	povrchová	374	8798	chráněne	neznámá	1962

b) Pustý Mlýn



c) Hrabůvka



d) Kotouč



**Legenda**

**Kotouč**

- Sukcese
- Vodní plocha

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok zpracování dokumentace: 2013  
S-JTSK / Krovak East North

e) Na Peklách



**Legenda**

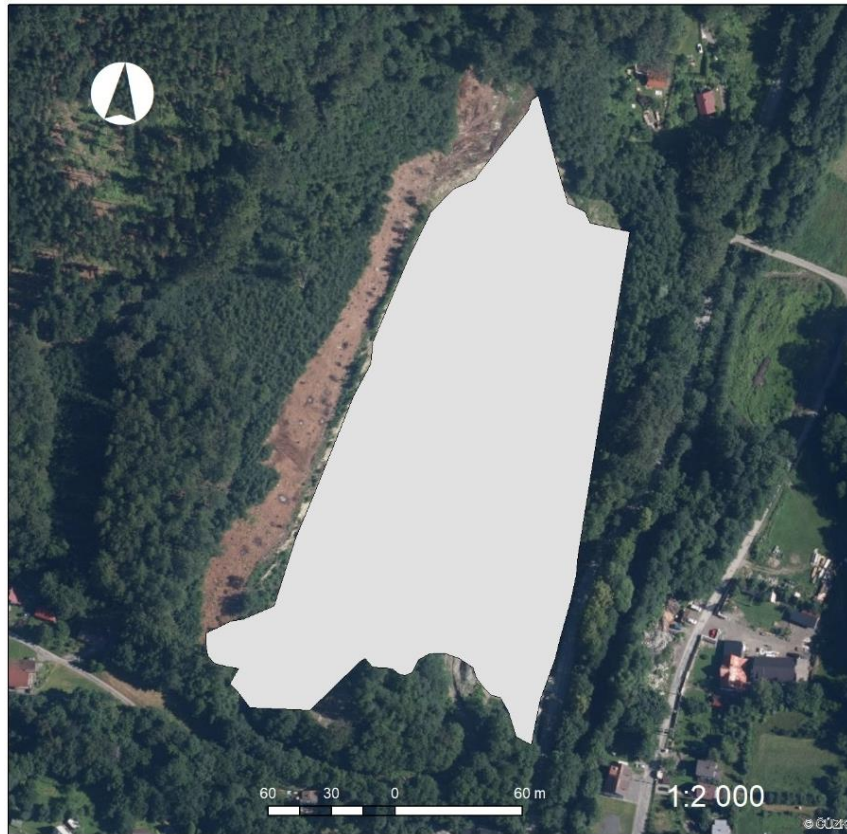
**Na Peklách**

**Nazev**

- Sukcese
- Vodní plocha

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok zpracování dokumentace: 2013  
S-JTSK / Krovak East North

f) Řeka



**Legenda**

■ Řeka

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok zpracování dokumentace: 2017  
S-JTSK / Krovak East North

g) Lesní Albrechtice – Kajlovec



**Legenda**

**Lesní Albrechtice - Kajlovec**

■ Les / Travní porost

■ Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok zpracování dokumentace: 2009  
S-JTSK / Krovak East North



h) Bohučovice



**Legenda**  
**Bohučovice**

- Les
- Sukcese
- Vodní plocha

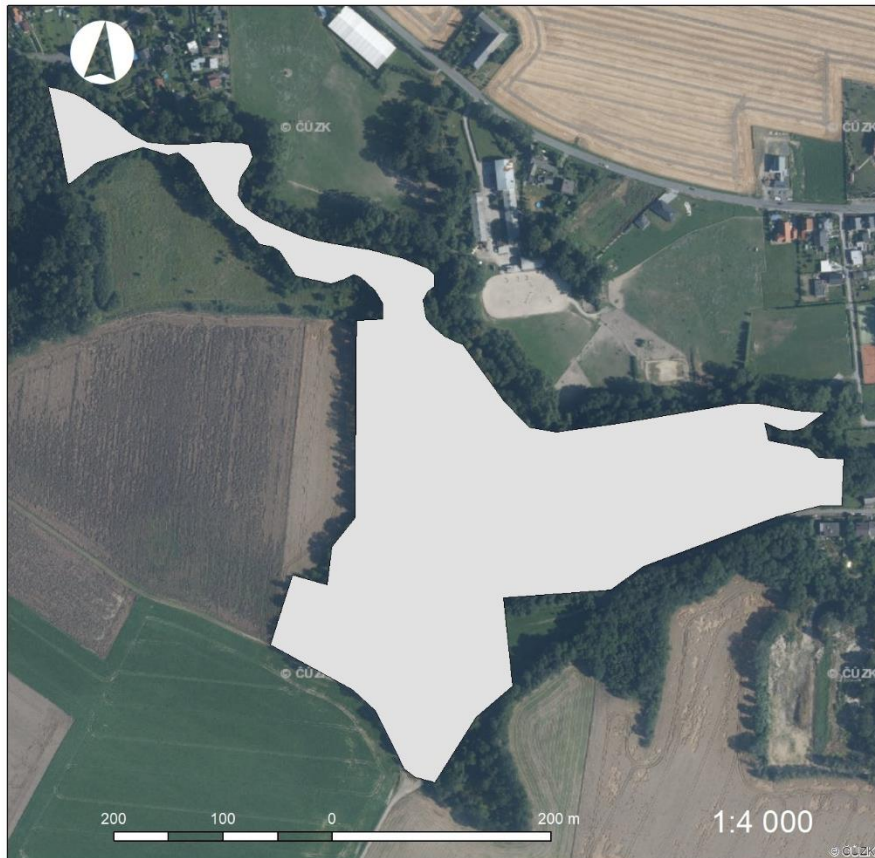
i) Kamenárka



**Legenda**  
**Kamenárka**

- Sukcese

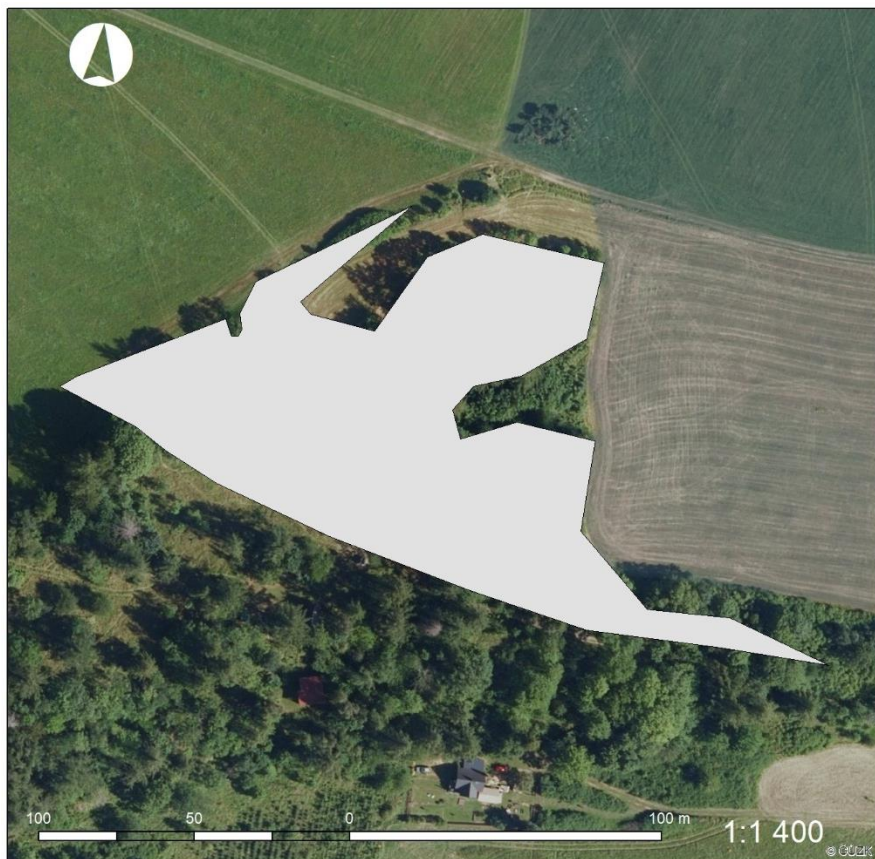
j) Otická sopka



**Legenda**  
**Otická sopka**  
■ Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok ukončení těžby: 1949  
S-JTSK / Krovak East North

k) Razovské tufity



**Legenda**  
**Razovské tufity**  
■ Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok ukončení těžby: 1945  
S-JTSK / Krovak East North

l) Vaclavovice

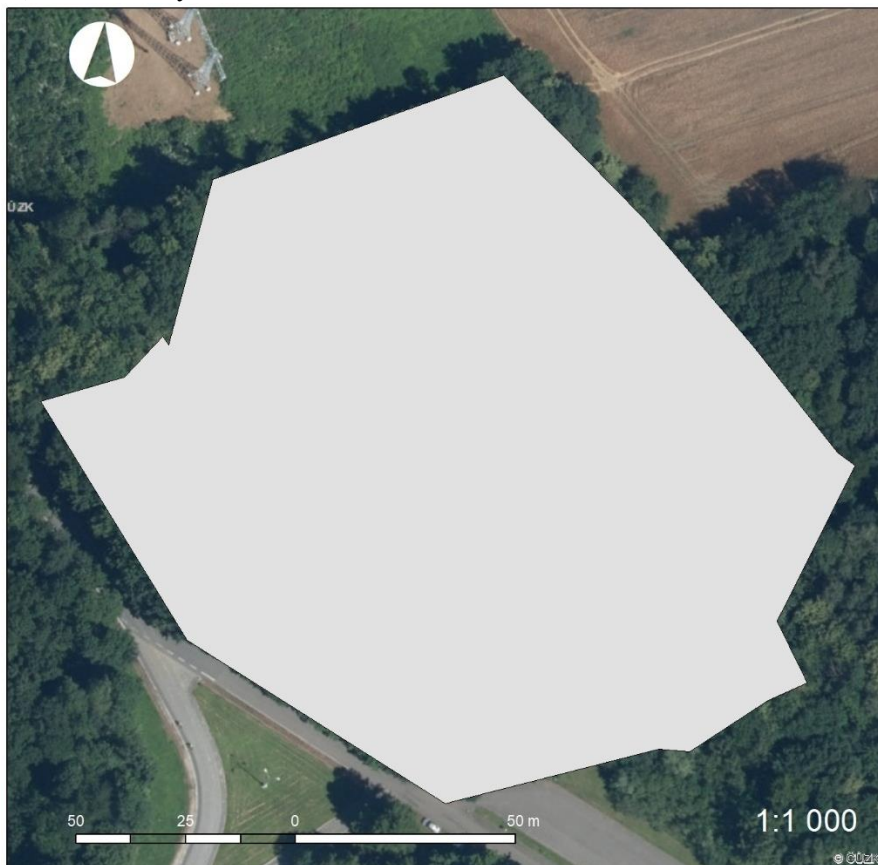


**Legenda**

**Vaclavovice**  
Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok ukončení těžby: 1970  
S-JTSK / Krovak East North

m) Žermanický lom



**Legenda**

**Žermanický lom**  
Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok ukončení těžby: 1958  
S-JTSK / Krovak East North

n) Odkryv v Kravařích



**Legenda**

**Odkryv v Kravařích**

■ Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok ukončení těžby: 1970  
S-JTSK / Krovak East North

o) Kamenná



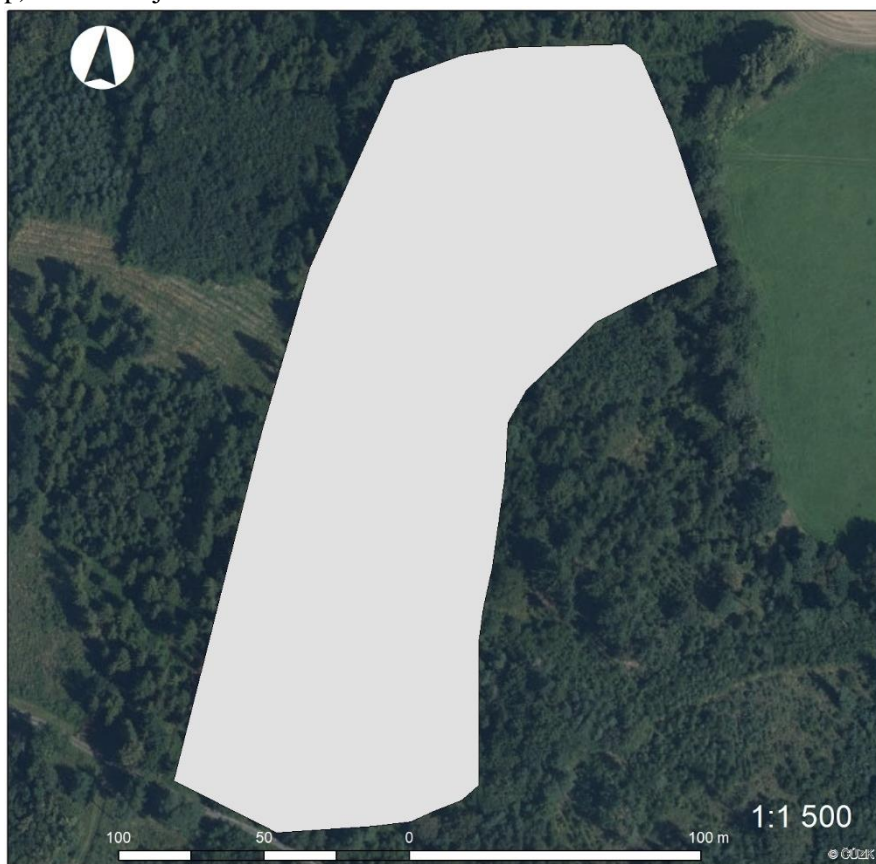
**Legenda**

**Kamenná**

■ Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok ukončení těžby: 1900  
S-JTSK / Krovak East North

p) Stříbrné jezírko



### Legenda

#### Stříbrné jezírko

■ Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok ukončení těžby: 1650  
S-JTSK / Krovak East North

q) Pikritové mandlovce u Kojetína



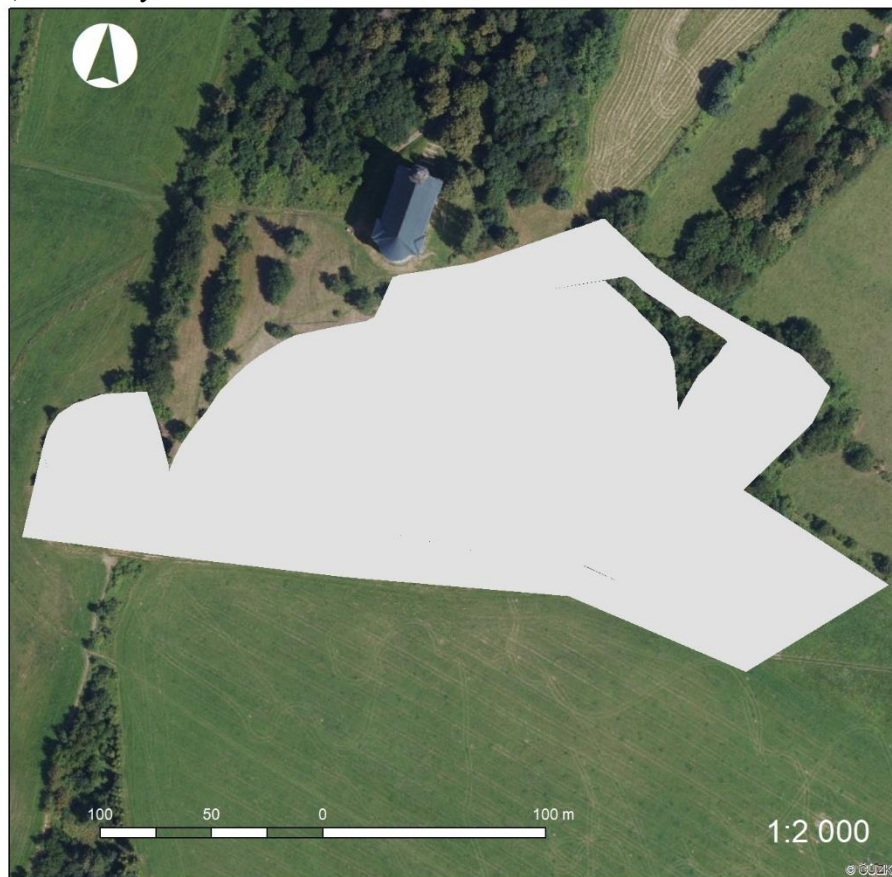
### Legenda

#### Pikritové mandlovce u Kojetína

■ Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok ukončení těžby: 1920  
S-JTSK / Krovak East North

r) Uhlířský vrch



### Legenda

Uhlířský vrch

■ Sukcese

Ortofoto: Geoportál ČÚZK  
Rok ukončení těžby: 1962  
S-JTSK / Krovak East North