

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH

Přírodovědecká fakulta



Bakalářská práce  
(Projekt)

**Je možné využít spontánní sukcesí v obnově vybrané  
štěrkopískovny?**

Věra Zemanová

Vedoucí práce: RNDr. Klára Řehounková, Ph.D.

České Budějovice

2010

Zemanová, V., 2010: Je možné využít spontánní sukcesí v obnově vybrané štěrkopískovny? [Prediction of vegetation succession in a sand-pit: A basis for restoration. Bc. Thesis, in Czech.] - 37 p. Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation:

Supporting spontaneous successional processes represents a progressive approach to restoration of sites disturbed by mining activities in various European countries. The ecological restoration led to a higher landscape mosaic compared with traditional reclamation methods. The minimum intervention strategy is especially effective in the case of favourable site conditions, and if the site is surrounded by (semi-)natural vegetation. Diverse vegetation is able to establish in a reasonable time of approximately 25 years. Therefore, the spontaneous succession should be considered as a regular rehabilitation method in a post-mining landscape and incorporated into practical restoration projects.

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 21.4.2010

.....  
Věra Zemanová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především vedoucí práce Kláře Řehouňkové za čas a trpělivost, kterou této práci i mně obětovala, Karlu Prachovi za odborné konzultace a připomínky, Martinovi Haisovi za pomoc s GISovými programy, Jiřímu Řehouňkovi za konzultace v oblasti zoologie, panu Pundovi za poskytnutí informací o pískovně Nakolice a v neposlední řadě také mému Míšovi a celé mé rodině za podporu.

# OBSAH

1. ÚVOD .....	1
1.1. Shrnutí projektu .....	1
1.2. Cíle projektu .....	2
1.3. Hypotézy .....	2
2. SOUHRN ZNALOSTÍ O MÍSTECH NARUŠENÝCH TĚŽBOU NEROSTNÝCH SUROVIN .....	3
2.1. Ekologie obnovy .....	3
2.2. Obnova těžbou narušených míst .....	4
2.3. Spontánní sukcese na těžbou narušených územích v České republice .....	9
2.4. Vegetační mapování a predikce vývoje obnovy těžbou narušených území pomocí GIS .....	14
3. NÁVRH EXPERIMENTU .....	17
3.1. Popis lokality .....	17
3.1.1. Vymezení lokality .....	17
3.1.2. Vývoj lokality .....	18
3.1.3. Přírodní poměry .....	19
3.1.4. Flóra a vegetace .....	20
3.1.5. Fauna .....	22
3.2. Metodika .....	24
3.2.1. Sběr dat .....	24
3.2.2. Analýza dat .....	25
3.3. Výsledky a diskuse .....	25
3.3.1. Návrh přírodě blízké obnovy v pískovně Nakolice .....	25
3.3.1.1. Severovýchodní pískovna .....	26
3.3.1.2. Severní pískovna .....	27
3.3.2. Index mozaikovitosti .....	28
4. ZÁVĚR .....	31
5. LITERATURA .....	32
6. PŘÍLOHY .....	38

# 1. ÚVOD

## 1.1. Shrnutí projektu

Spontánní sukcese představuje progresivní přístup k obnově území, která byla narušena těžbou nerostných surovin. Studií, které se zaměřují na detailní předpověď vegetace v těchto lokalitách, však není mnoho. Tato studie se pokouší o předpověď výskytu stanovišť a dominantních typů vegetace ve vytěžené pískovně po 25 letech od jejího opuštění s pomocí GIS modelu. Predikce je založena na studiu vegetační sukcese ve vlastní pískovně a v několika jiných štěrkopískovněch. Ve vybrané lokalitě byla použita vymapovaná vegetace podle dominantních typů v sousední staré pískovně, kde již spontánní sukcese vegetace úspěšně proběhla a vegetace je již plně zapojena (referenční lokalita). Kromě toho byla vegetace zmapována také v okolní krajině ve vzdálenosti do jednoho kilometru od středu staré pískovny.

Ekologická obnova těžbou narušených míst ve srovnání s tradičními metodami technické rekultivace zvyšuje heterogenitu krajiny. Jde o levnější a k přírodě šetrnější způsob, jak začlenit těžbou narušené místo do krajiny. Zároveň napomáhá k snadnějšímu a rychlejšímu šíření druhů (včetně ohrožených) a zvyšuje tak lokální biodiverzitu. Proto by se spontánní sukcese měla stát jednou z obvyklých metod pro obnovu území narušených těžbou nerostných surovin. Vyšší potenciál pro obnovu spontánní sukcesí mají místa, která jsou obklopena (polo-)přírozenou vegetací, což platí i o pískovně zvolené pro tuto práci. Různorodá (často ekologicky hodnotná) vegetace uvnitř těžebního prostoru se pak dokáže vytvořit téměř bezprostředně po ukončení těžby. Cílová vegetace (tj. mokřadní, luční a lesní) může být v pískovně úspěšně obnovena pomocí procesů spontánní sukcese v horizontu 20 až 25 let od ukončení těžby.

## 1.2. Cíle projektu

- Přesvědčit investora, že přírodě blízká obnova je lepší alternativou k převládajícím technickým rekultivacím.
- Navrhnout plán obnovy vybrané štěrkopískovny s využitím spontánní sukcese vegetace a dalších přírodě blízkých forem obnovy.
- Ověřit využití GIS při predikci obnovy území narušených těžbou nerostných surovin.

## 1.3. Hypotézy

Pro ekologickou obnovu území narušených těžbou nerostných surovin platí:

- zvyšuje biodiverzitu a krajinnou heterogenitu
- podporuje populace vzácných a ohrožených druhů
- vede ke vzniku různorodých společenstev

## 2. SOUHRN ZNALOSTÍ O MÍSTECH NARUŠENÝCH TĚŽBOU NEROSTNÝCH SUROVIN

### 2.1. Ekologie obnovy

Ekologie obnovy je mladý obor v rámci vědecké disciplíny ekologie, který spolupracuje s celou řadou jiných vědních oborů (Walker et al. 2007). Termín ekologie obnovy je asi nejlepším překladem anglického sousloví *restoration ecology* (Prach 2006). Za zakladatele tohoto oboru je považován Aldo Leopold, který se v roce 1935 pokusil v Americe znovu obnovit několikahektarové území prémie (Kovář 2006).

Praktickou částí tohoto vědeckého oboru je přímá ekologická obnova narušeného ekosystému, který byl nějakým způsobem degradován, poškozen nebo úplně zničen (Society for Ecological Restoration 2004). Jejím cílem je zachování klíčových nebo ohrožených druhů a zachování funkcí ekosystému s ohledem na jeho historii (Harris & van Diggelen 2006). Jedná se o aktivní proces, který zahajuje nebo zrychluje obnovu ekosystému. Zohledňuje se přitom jeho stav, ucelenost a trvalá udržitelnost (Society for Ecological Restoration 2004). Ekologická obnova se zejména pokouší vrátit ekosystém do „původního stavu“ před narušením anebo do stavu, který se původnímu alespoň podobá a zároveň zachovává všechny jeho funkce (Society for Ecological Restoration 2004). Sekundárními cíli obnovy mohou být vylepšení struktury krajiny, složení společenstev nebo zlepšení velikosti i kvality populací (Prach 2006).

Ekologickou obnovu lze rozdělit do několika stupňů. Prvním z nich je rekultivace (*reclamation*). Při ní je upřednostněna hospodářská výtěžnost území, tj. jeho produktivita (např. hospodářské lesy, intenzivně obhospodařované louky) na úkor ekologických funkcí. Patří sem procesy jako stabilizace narušeného území a zajištění bezpečnosti a mnohdy také estetické úpravy prostředí pro rekreaci, včetně využití stanovištně nebo dokonce geograficky nepůvodních druhů. Dalším stupněm je revitalizace (*rehabilitation*). Jedná se o stupeň, jehož cílem je zabezpečení autoregulace a fungování kvalitního ekosystému podobného původnímu. Důraz je kladen na obnovu ekosystémových funkcí a produktivity před složením společenstev a jednotlivých druhů, které stojí v centru pozornosti následujícího stupně. Ekologická obnova (*restoration*) je nejvyšším stupněm obnovy, který by měl navrátit narušený ekosystém do původního stavu před disturbancí včetně obnovení původních druhů. Ekosystém lze považovat

za zcela obnovený, pokud obsahuje dostatek biotických i abiotických zdrojů, aby se mohl dále bez další asistence samostatně vyvíjet (Society for Ecological Restoration 2004).

Důležitým prvkem při ekologické obnově jsou referenční ekosystémy, které nám slouží jako dobře fungující model pro plánování obnovy v narušených ekosystémech (Society for Ecological Restoration 2004). Mohou se vyskytovat např. v okolní krajině (Prach 2006). Lze podle nich naplánovat postup sukcese i cílovou druhovou skladbu rostlinných společenstev a jak bude studované místo vypadat za několik let. Referenční ekosystém však musí být vybrán tak, aby byl co nejpodobnější obnovované lokalitě (Walker & del Moral 2003).

Plánování projektu obnovy vyžaduje přesné a pečlivé dodržování předem stanovené metodiky. Existuje několik klíčových kroků v procesu obnovy. Nejprve je potřeba identifikovat procesy, které vedly k degradaci ekosystému a navrhnout metody, které povedou k zastavení těchto procesů. Dalším krokem je stanovení cílů projektu, které jsou v praxi realisticky proveditelné a měřitelné. Následuje navržení konkrétních metodických postupů a jejich začlenění do projektu. Celý projekt je ukončen sledováním obnovy (monitoringem) (Hobbs & Norton 1996). Ten je důležitý zejména proto, že je schopen brzy ukázat potencionální nedostatky našeho projektu, které můžeme včas podchytit, napravit a pak v projektu pokračovat úspěšněji (Walker & del Moral 2003).

V České republice se ekologická obnova využívá zejména na místech, jako jsou těžbou narušená území, ekosystémy na orné půdě, říční ekosystémy, degradované luční porosty nebo pro obnovení přirozenější skladby lesů (Prach 2006).

## 2.2. Obnova těžbou narušených míst

V České republice, stejně tak jako ve světě, těžbou narušených míst přibývá. Celkově už území narušená těžbou surovin tvoří 1% zemského povrchu (Walker & del Moral 2003). Ekologická obnova se uplatňuje zatím spíše jen ve vyspělých zemích světa, kde je také v zákonech zakotvena nebo v různých směrnicích uvedena jako alternativa pro další využití těžbou narušeného území. Příkladem mohou být některé evropské státy.



Následující informace jsou čerpány z Analýzy legislativy ve vybraných evropských státech ve vztahu k obnově těžbou narušených území ([www.calla.cz/piskovny/legislativa/analyza.doc](http://www.calla.cz/piskovny/legislativa/analyza.doc)).

Například v Dánsku je obnova těžbou narušených míst zakotvena v zákoně o surovinách. Proces těžby i rekultivace území probíhá podle plánu, který schválilo obecní zastupitelstvo. Těžba a následná rekultivace musí být provedeny s ohledem na využití pro ochranu přírody. K dalším podmínkám obsaženým v povolení k těžbě patří také např. povinnost omezení negativních dopadů na životní prostředí během samotné těžby i následné rekultivace. Technické rekultivace jsou tedy pouze jednou z možných technik obnovy těžbou narušených míst. V Německu je obnova těžbou narušených míst stanovena ještě podrobněji, a to pomocí regionálního plánování a plánování sanace těžby (např. těžba hnědého uhlí v Braniborsku). V obecném doporučení pro obnovu území narušeného těžbou nerostných surovin je uvedeno, aby bylo ponecháno minimálně 15% rozlohy těžebny pro ochranu přírody (do které spadá i využití spontánní sukcese). Velká Británie je příkladem státu, kde jsou formy obnovy těžbou narušených území stanoveny pomocí směrnice o těžbě nerostných surovin. Jako jedna z možností využití území po těžbě je také zde uvedena ochrana přírody.

Česká legislativa však dosud stále prosazuje technické rekultivace, které nejsou k přírodě šetrné (Prach 2006). Obnovu území dotčeného těžbou v České republice nařizuje zákon. č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). Proto jsou těžaři povinni vytvářet pro (zejména technické) rekultivace velké finanční rezervy, které jsou součástí nákladů těžeb.

Technické rekultivace můžeme rozdělit na lesnické, zemědělské a hydrické. V současnosti u nás platí, že rekultivace by měly obnovit původní využití krajiny před těžbou. To znamená, že pokud bylo území před těžbou vymezeno jako les, musí být po těžbě opět převedeno na lesní využití. Avšak tyto vysázené porosty bývají často nestabilní (lesní monokultury). Obvykle se také jedná o stanovištně, někdy i geograficky nepůvodní druhy (Matějček 2001). V případě pískoven znamená lesnická rekultivace v naprosté většině vysázení monokultury, nejčastěji borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (Řehouňková & Prach 2008). Zemědělská rekultivace má za úkol narušené místo převést zpět na zemědělskou půdu. V současné době se v případě šterkopískoven většinou jedná o zatravnění pomocí komerčních travních směsí. K převodům na rozsáhlé plochy orné půdy, které obvykle nejsou příliš produktivní, dochází většinou jen v teplejších oblastech České republiky (jižní Morava, Polabí). Po ukončení těžby

následují před samotnými rekultivacemi úpravy terénu. V případě pískoven se často jedná o zarovnání terénu a odstranění příliš strmých svahů, které podléhají erozi nebo sesuvu. O hydrické rekultivaci mluvíme v případě, že došlo k vytvoření rozsáhlého antropogenního jezera (samotná těžba většinou probíhá pod hladinou podzemní vody). Těžební jámy se touto vodou samy naplní a vzniknou jezera, která po další úpravě mohou být využita např. k rekreaci (Matějček 2001).

Ukončené rekultivace v České republice v roce 2007 zaujímaly plochu 18 087 ha, což odpovídá téměř 23 % rozlohy naší republiky. Z toho pak lesnické rekultivace tvořily 7 633 ha, zemědělské 6 601 ha, hydrické 1 531 ha a ostatní, mezi které může patřit mimo jiné i ekologická obnova, 2 322 ha. Konkrétně v jihočeském kraji byly k roku 2007 provedeny rekultivace o následujících rozlohách: lesní 148 ha, zemědělské 135 ha, hydrické 275 ha a ostatní 30 ha, celkem tedy 578 ha, což téměř odpovídá desetině rozlohy města České Budějovice (5 560 ha) (Starý et al. 2008).

Je třeba ocenit snahu vědců, neziskových organizací (např. Calla, [www.calla.cz](http://www.calla.cz)) a dokonce i některých těžařských firem tuto situaci změnit. Na pracovním setkání českých odborníků na problematiku těžbou narušených území v lednu 2009 byly zformulovány „Obecné zásady přírodě blízké obnovy těžbou narušených území a deponií“ ([www.calla.cz/piskovny/obecné-zásady-obnovy.php](http://www.calla.cz/piskovny/obecné-zásady-obnovy.php)). Jedním z jejich klíčových požadavků je ponechat spontánní sukcesi minimálně na 20 % rozlohy větších těžeben, menší těžebny (lomy, pískovny) by se měly přírodě blízké obnově ponechat celé. K dalším doporučením patří biologický průzkum nejen uvnitř, ale i v okolí těžebního prostoru (alespoň 100 m od jeho hranice) před zahájením těžby. Veškeré podklady potřebné pro posuzování vlivů na životní prostředí, biologická hodnocení a rekultivační plány by měli připravovat jen kvalifikovaní odborníci. Během a hlavně po ukončení těžby je nezbytný další monitoring území a invazních druhů, kvůli kterým by měl být proveden asanační management. Ve větších těžebnách je z hlediska ochrany přírody nejvhodnější postupná těžba i obnova, rozložená do delšího časového úseku. V případě výskytu ohrožených a zvláště chráněných druhů by měl být také sestaven odpovídající management jejich populací a biotopů pro jejich záchranu, který by byl hrazen z povinných odvodů těžebních firem určených na rekultivaci. Biologicky nejvhodnější těžebny by měly být vyhlášeny jako zvláště chráněná území (nejčastěji v kategorii přírodní památka). Odborníci argumentují vědeckými poznatky o průběhu spontánní sukcese na celé řadě těžbou narušených území v České republice.

Ze Stanoviska vědců a dalších odborných pracovníků k problematice obnovy těžbou narušených území zveřejněném v roce 2008 ([www.calla.cz/piskovny/mem.php](http://www.calla.cz/piskovny/mem.php)) vyplývají následující závěry. Aby se přírodě blízké formy obnovy staly alternativou k technickým rekultivacím a těžbou narušená území opět plnila své ekologické funkce, je nezbytné přesvědčit o potřebě změny legislativy nejen těžební firmy, ale také příslušná ministerstva a Parlament. Ten jediný může upravit zákony, kterými se pak musí těžařské firmy řídit a může tak zabránit dalšímu poškozování přírody.

Alternativou k technicky pojatým rekultivacím jsou přírodě blízké způsoby obnovy, které zahrnují spontánní sukcesi, řízenou sukcesi a managementové zásahy. Sukcese je uspořádaný sled stavů ekosystému, který směřuje k dynamické rovnováze s daným prostředím (Prach 1984). Spontánní sukcese je proces, který se vyznačuje tím, že se narušené místo zcela přenechá osvědčeným procesům, které v přírodě fungují samy. Narušené místo samovolně zarůstá a urychluje se tak jeho začlenění do okolní krajiny (Prach 2003). Jednotlivá sukcesní stadia jsou vzájemně propojena, a tak se současně na jednom místě mohou vyskytovat rostlinné druhy právě se rozšiřující i druhy ustupující. Postupně se může v určitém sukcesním stadiu stát některý druh dominantním. Prvními dominantami bývají jednoleté druhy, které pak většinou postupují přes vytrvalé trávy a byliny ke stadiu tvořeném konkurenčně zdatnými keři a stromy (Prach & Pyšek 1999). Vznikají tak podstatně hodnotnější, stabilnější a především přírodě bližší ekosystémy než při technických rekultivacích. (Bradshaw 2000).

Řízená (usměrněná) sukcese se od spontánní odlišuje tím, že si sami nejprve určíme směr, kterým by sukcese měla probíhat, a pak ji pomocí nejrůznějších zásahů usměrníme. Zásahy spočívají např. v tom, že pravidelně odstraňujeme invazní druhy rostlin nebo naopak vyséváme druhy žádoucí. Mezi další metody řízené sukcese patří např. i ovlivňování zdrojů (přidání živin, změna vlhkosti atd.) (Prach et al. 2001). Ve šterkopískovnách se tento způsob rekultivace zatím moc nepoužívá, objevuje se spíše vzácně. Např. v pískovně u Dračice (CHKO Třeboňsko) se při údržbě volných ploch s písčitém substrátem potlačuje sukcese dřevin (opakovaně se vyřezává nálet dřevin), vytvářejí a obnovují se oligotrofní vodní nádrže a udržují se obnažené písčité plochy.

Využití řízené sukcese je doloženo také např. z kamenolomů. Biologická rekultivace na vybraném lomu (Růženin lom, Moravský kras) probíhala několika způsoby. Nejprve byly odstraněny invazně se šířící druhy (např. trnovník akát - *Robinia*

*pseudoacacia*), následovaly výsevy xerofilních druhů rostlin (např. hvězdnice zlatovlasá - *Aster linosyris*, oman strstnatý - *Inula hirta* a rozchodník bílý - *Sedum album*). Další metodou zvýšení biodiverzity suchých částí lomu bylo použití sena sklizeného na jižním okraji Hádecké plošiny (obsahovala semena trav, např. kostřavy walliské - *Festuca valesiaca*). Pokusně také byly přeneseny části drnu ze stepního porostu. Pozitivní vliv na rozšiřování dalších druhů (zejména trav) mělo i mulčování. Obnova pomocí řízené sukcese prokazatelně zvýšila biodiverzitu a posílila význam lokality pro ochranu přírody. Počet ohrožených druhů zde stoupl z původních 21 na 38 (Tichý 2006, <http://psh.ecn.cz>). V Německu se řízené sukcese úspěšně využívá např. i na výsypkách (Tischew & Mahn 1995).

Managementové zásahy jsou specifickou kategorií biologické obnovy těžbou narušených míst. Jejich cílem je udržení nebo zlepšení podmínek pro život některého ohroženého druhu nebo i společenstva. Ve šterkopískovnách lze jako typický příklad uvést úpravu stěn pro břehule říční (*Riparia riparia*), které zde našly náhradní stanoviště. Přírodními stanovišti pro břehule jsou říční břehy. V důsledku revitalizací toků však tato vhodná hnízdiště břehulím chybí. Důležitým faktorem ovlivňujícím hnízdění břehulí je každoroční obnovení hnízdní stěny, které u říčních břehů obstarávají pravidelné jarní zvýšené stavy vody v tocích. Narušením stěny se zlikvidují potenciální paraziti břehulí, kteří v opuštěných norách zimují. Proto je důležité stržení stěny respektovat i v pískovnách, kde zvýšenou hladinu vody v tocích nahrazuje malý bagr. Hnízdní stěna v pískovně by měla být kolmá a její výška by se měla pohybovat v rozmezí 3-4 metrů, aby nedocházelo k útokům predátorů nebo k poničení lidmi. Stejně tak by se před stěnou neměl vyskytovat vyšší nálet dřevin ve vzdálenosti alespoň 25 m (Heneberg 1997). Dalším chráněným druhem, který si v pískovnách našel své náhradní stanoviště, je např. plavuňka zaplavovaná (*Lycopodiella inundata*), která vyžaduje vlhké stanoviště s nezapojenou vegetací a bez náletu dřevin. Její původní stanoviště (vlhké písčiny a okraje rašelinišť) v důsledku odvodňování a eutrofizace v krajině mizí. Proto k managementovým zásahům patří zejména vyřezávání dřevin a udržování mozaiky menších plošek s minimem vegetace.

Spontánní sukcese a další formy přírodě blízké obnovy mají v porovnání s technickými rekultivacemi řadu výhod. Jedná se především o nízké náklady, vyšší přírodní hodnotu vzniklých porostů, vytvoření náhradních stanovišť pro vzácné a chráněné druhy, poměrně rychlé šíření cílových druhů, přirozenou druhovou skladbu a nízký počet invazních druhů. Na druhou stranu nevýhodami mohou být alergenní

pyly, které produkují některé dominantní druhy, zdroj semen plevelných druhů nebo nižší produktivita (Prach & Pyšek 2000).

### 2.3. Spontánní sukcese na těžbou narušených územích v České republice

Nerosty, které jsou vymezené horním zákonem, se dělí na vyhrazené a nevyhrazené. Nerostné bohatství státu tvoří přírodní nahromadění vyhrazených nerostů. Nevyhrazené nerosty (stavební suroviny - šterkopísky, stavební kamen a cihlářské hlíny) jsou součástí pozemku, na kterém se ložisko vyskytuje (zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství - horní zákon). Od roku 1989 u nás těžba nerostných surovin každoročně stoupá. V roce 2007 bylo vytěženo 151 mil. tun na výhradních a 16 mil. tun na nevýhradních ložiscích. Nerostné suroviny se dále dělí do skupin podle jejich využití. Mezi energetické suroviny patří uhlí (černé, hnědé), ropa, lignit, zemní plyn a uran. K nerudným surovinám, které se u nás těží ve větší míře (ročně nad 100 tisíc tun), patří jíly, dolomit, slévárenské a sklářské písky, kaolín, vápence a cementářské suroviny. V menší míře pak drahé kameny (pyrop, vltavíny), grafit a sádrovec. Ze stavebních surovin to jsou cihlářské suroviny, stavební a dekorační kámen a šterkopísky. Rudy barevných kovů se již v České republice netěží (Starý et al. 2008). Rašelina ve smyslu horního zákona není nerostnou surovinou, k energetickým účelům se vzhledem k vysokému obsahu vody a nízké výhřevnosti využívá jen málo (v podobě slisovaných briket) a v jiných zeměpisných šířkách (Švédsko, Finsko). Celková plocha rašelinišť se v České republice odhaduje na 25 - 30 tisíc ha, z čehož většina připadá na jižní Čechy (Rašelina Soběslav a.s., [www.raselina.cz](http://www.raselina.cz)). Vzhledem k pomalé tvorbě rašeliny (1 mm vrstva za rok) je třeba rozsah těžby usměrňovat a omezovat. Těžba významně ovlivňuje krajinu a vytěžená místa je také třeba rekultivovat (většinou se jedná o zalesnění).

Ekologická obnova území narušených těžbou tedy v České republice není zatím podporována platnou legislativou, avšak její využití se začíná pomalu prosazovat, bohužel zatím spíše jen maloplošně. Vypovídají o tom i četné experimenty a studie na nejrůznějších těžbou narušených lokalitách. V České republice byla přírodě blízká obnova využita na místech těžby rašeliny, uranu, hnědé i černého uhlí,

v kamenolomech, vápencových a čedičových lomech a ve štěrkopískovnách, ne vždy však plánovaně.

Území narušená těžbou nerostných surovin mají řadu společných charakteristik. Různé typy těžeben mají samozřejmě také svá specifika, přesto však můžeme řadu poznatků aplikovat obecněji. Proto se tato kapitola nezabývá pouze obnovou samotných pískoven a štěrkopískoven, ale i dalších typů těžebních prostorů. Studie zabývající se přímo obnovou pískoven jsou navíc velmi vzácné.

Opuštěnými pískovkami a štěrkopískovkami u nás se zabývala Řehouňková (2006, 2007) a Řehouňková & Prach (2006, 2008), dále ve světě pak Borgegård (1990), který studoval vývoj vegetace na opuštěných pískovnách ve Švédsku. Řehouňková (2006, 2007) zmapovala velké množství pískoven po celé České republice (též [www.calla/piskovny.cz](http://www.calla/piskovny.cz)), ve svých pracích se pak detailněji zabývala 36 vybranými pískovkami (Řehouňková & Prach 2006, 2008). Pro studium vegetace byla vybrána reprezentativní stanoviště, která byla dále rozdělena podle vlhkosti (suchá, vlhká a litorální) a podle stáří ploch. V inerciálních stadiích (1-3 roky) se objevovaly luční a mokřadní druhy v závislosti na typu stanoviště. Na vlhkých stanovištích dominovala vegetace vlhkých eutrofních půd a litorální vegetace. Na extrémních stanovištích převažovala po celý průběh sukcese vegetace luční (suchá stanoviště suchých regionů) nebo mokřadní (litorální stanoviště). Na ostatních stanovištích s příznivými podmínkami docházelo k postupnému vývoji k lesní vegetaci. Směr sukcese na nejstarších stadiích (více než 40 let) směřoval na suchých stanovištích buď ke křovinatým trávníkům nebo k nežádoucím akátinám s podrostem nitrofilních bylinných druhů, pokud se plodný trnovník akát vyskytoval v okolí pískovny do vzdálenosti 100 m (Řehouňková 2006). Na vlhkých stanovištích dominovaly vrby a olše, na sušších listnaté dřeviny. Ruderální druhy byly zaznamenány na většině suchých stanovišť, avšak během prvních 20 let vymizely. Sukcese vegetace na pískovnách byla kromě stáří (věk od opuštění) stanoviště průkazně ovlivněna výškou hladiny spodní vody, půdní texturou, pH, makroklimatem, přítomností některých okolních polopřirozených společenstev (suché louky, lesy, mokřady) a některých typů využití krajiny (lesy, vlhké louky, zemědělské plochy a urbánní plochy). Využití spontánní sukcese na pískovnách je vhodné zejména pokud se v okolí vyskytují (polo-)přirozená společenstva (Řehouňková 2006).

Sukcese vegetace byla studována také v nejrůznějších kamenolomech. Čedičovými lomy v Českém středohoří se zabývali Novák & Prach (2003), Novák

(2006) a Novák & Konvička (2006). Nejpomaleji probíhá sukcese na stěnách, které představují nejextrémnější stanoviště v lomech, a proto je zde uchycení dřevin a bylin velmi obtížné. Obecně jsou ale sukcesní změny vegetace v čedičových lomech rychlé a nejčastěji směřují k lesním biotopům (Novák & Prach 2003). Vývoj sukcese může směřovat i k lučním porostům s rozptýlenými keři a stromy. Druhové složení vegetace uvnitř lomů ovlivňuje kromě geologického podloží i výrazný klimatický gradient. (Novák & Prach 2003). Nejvýznamnějším faktorem pro uchycení vegetace uvnitř lomu je vzdálenost od okolní vegetace. Největší šanci mají rostlinné druhy vyskytující se ve vzdálenosti 30 m od lomu (Novák & Konvička 2006).

Studiem obnovy vegetace ve vápencových lomech se zabýval Tichý (2005, 2006), který studoval řízenou sukcesi vybraných lomů (např. Růženina lomu v Moravském krasu). Vápencové lomy byly studovány také v Českém krasu (Karešová 2007, Tropek et al. 2010). Celkem bylo nalezeno 409 rostlinných druhů, přičemž druhová bohatost závisela na velikosti lomu. V lomech nebyly prováděny pravidelné terénní úpravy po ukončení těžby, proto nebyla spontánní sukcese narušována. Dokonce se prokázala i bohatší druhová diverzita uvnitř lomu než v jeho okolí. (Karešová 2007). Dalšími, kdo se zabývali lomy v Českém krasu, byli Tropek et al. (2010). Ti mimo jiné zjistili, že bezobratlí živočichové živící se rostlinou hmotou, mohou být důležitým faktorem zpomalující průběh sukcese.

Sukcese vegetace byla studována také např. v granulitovém lomu v Plešovicích v jižních Čechách (Haraštová 1996).

Kamenolomy, které se nacházejí na Českomoravské vrchovině, jsou na rozdíl od Českého krasu ovlivněny chladnějšími klimatickými podmínkami a kyselým podložím (Chábera 1985). Těženou surovinou zde byly vyvřelé (žula) i metamorfované (rula) horniny. Sukcese byla rozdělena podle vlhkosti do tří vlhkostních sérií-suchá, periodicky zaplavovaná a zatopená po celý rok (litorální). Na suchých stanovištích se v iniciálních stádiích (1-3 let) vyskytovaly jednoleté byliny a semenáčky dřevin. Postupně se začaly prosazovat trávy a zejména nálet dřevin. Po desátem roce od opuštění kamenolomu začaly převládat dřeviny a v nejstarších stádiích (nad 40 let) dominovaly. Na zaplavovaných místech od počátku sukcese až po nejstarší stadia dominovaly vytrvalé graminoidy (Trnková 2008). Stáří kamenolomu, vlhkost a typ využití okolní krajiny do 100 m (zemědělská půda, louky, lesy, ruderální a urbánní plochy) a do 1 km (louky, lesy, ruderální a urbánní plochy) průkazně ovlivňovaly sukcesi vegetaci v kamenolomech. Naprostá většina druhů vyskytujících se uvnitř

kamenolomu (97 %) se vyskytovala také v okolí lomu do vzdálenosti 100 m (Trnková 2008).

Mezi těžbou ovlivněná místa patří i výsypky. Při hlubinné těžbě je potřeba odstranit povrchovou vegetaci a půdu. Vytvoří se tak odvaly zeminy (výsypky), na kterých začne probíhat primární sukcese (Dudíková 2007). Na výsypkách po těžbě uranu je i po dlouhé době od opuštění výsypky sukcese blokována substrátem, a proto je vegetační pokryvnost nízká. Příkladem může být výsypka na Příbramsku, kde je i po 30 letech vegetační pokryvnost nízká a dřeviny se zde vyskytují jen velmi rozptýleně. Z dominant je možné zmínit břízu bělokorou (*Betula pendula*) nebo vrbu jívu (*Salix caprea*) (Dudíková 2007).

Výsypky vznikají také během těžby hnědého uhlí. Samovolná obnova proběhla již např. v propadlinách po důlní těžbě (v pinkách) na Sokolovsku, kde přirozenou sukcesí vznikly mokřady s pestrou vegetací. Na rozdíl od sušších výsypek na Mostecku jsou sokolovské výsypky podstatně vlhčí (Skácelová 2006).

Prvním, kdo se detailněji zabýval studiem mosteckých výsypek byl Prach (1987), na kterého navázali Hodačová & Prach (2003), Velichová (2005) a Málková (2009). V iniciálních a mladých sukcesních stádiích byly zaznamenány především jednoleté, dvouleté i vytrvalé druhy s malou pokryvností. V šestém roce se objevila třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) a v terénních depresích se uchytily první dřeviny. Do 15. roku se vytvořilo keřové patro. Keře postupně ustupovaly stromům mezi 20. a 40. rokem. (Velichová 2005). Maximální druhová diverzita byla zaznamenána mezi 12. a 15. rokem (Prach 1987, Hodačová & Prach 2003). V nejstarších stádiích (nad 45 let) se vyskytovaly porosty vytrvalých trav a roztroušené dřeviny, ve sníženinách se nacházela mokřadní vegetace. Další vývoj vegetace bude pravděpodobně směřovat ke zcela zapojenému lesu (Hodačová & Prach 2003). K faktorům stanoviště, které průkazně ovlivnily sukcesí na mosteckých výsypkách, patřily reliéf, časté disturbance, přítomnost zvěře, která okusem zpomalovala vývoj dřevin (Velichová 2005), vlhkost, nízké pH a eroze (Málková 2009).

Nadmořská výška sokolovských a mosteckých výsypek je téměř shodná. Rozdíl mezi nimi je však ve vlhkosti. To je způsobeno počtem ročních srážek, kterých na Mostecku díky srážkovému stínu spadne méně (Málková 2009).

Studiem vegetace na černouhelných výsypkách se zabývali Koutecká & Koutecký (2006), a to konkrétně na dvou vybraných výsypkách v Ostravsko-karvinském revíru. Raná sukcesní stadia jsou charakteristická dominancí světlomilných



neofytů. Další průběh může směřovat buď k náletu pionýrských dřevin nebo k monocenóze třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*), která sukcesi zpomaluje. Prosadí-li se nálet dřevin, zapojený porost vzniká během 15 let. Sukcesi na odvalech ovlivňuje hlušinový substrát. Variabilita ve velikosti zrn substrátu je poměrně velká, a proto je zde dostatek prostoru pro uchycení semen. Velký vliv na průběh sukcese má i ulehlost povrchových vrstev hlušiny způsobených pojezdem těžké mechanizace. Na těchto místech probíhá sukcese pomaleji. Počet ruderalních druhů je velký, tvoří 23 % z celkového počtu nalezených druhů (Koutecká & Koutecký 2006).

Studiem spontánní sukcese vegetace na vytěžených rašeliništích se zabývala např. Konvalinková (2006) nebo Bastl (1994). Těžba rašeliny se od jiných surovin liší způsobem provedení. Existují dva způsoby těžby rašeliny: ruční (tzv. borkování), které se už delší dobu nepoužívá, a mechanické (technické frézování). Při užití těžké mechanizace se plocha více odvodní, vznikají velké a rovné plochy, které ztěžují využití ekologické obnovy. Při využití spontánní sukcese směřuje vývoj vegetace k lesním porostům. Nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím sukcesi byla hladina spodní vody. Rychlost obnovení vytěžených rašelinišť dále ovlivňovala přítomnost rašelíníku (*Sphagnum sp.*) (Konvalinková 2006). Na sukcesi vegetace mělo vliv také okolí, které bylo dokonce důležitější než chemické podmínky substrátu. Dalším předpokladem pro obnovení přírodní skladby vegetace rašelinišť je ostrůvkovitě zachování zdrojů semen původních druhů a dostupnost živin (Bastl 1994). Pokusy o ekologickou obnovu rašelinišť jsou však spíše jen ojedinělé (Bastl et al. 2001, Lanta & Hazuková 2005, Bufková 2006). V České republice se rašeliniště obvykle rekultivují výsadbou borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (Konvalinková 2006).

Sukcese na místech narušených těžbou nerostných surovin je ovlivněna následujícími abiotickými faktory: nedostatkem vody, živin, vysokými teplotami a jejich kolísání, nestabilitou substrátu, větrnou erozí, nestabilními svahy, kolísáním hladiny spodní vody a jejím pH, u rašelinišť pak navíc hloubkou zbývající rašeliny (Konvalinková 2006). Pro vývoj vegetace na odtěžených plochách je také nezbytný přísun diaspor z okolí. Kritickou hodnotou se jeví hranice 100 m od těžebny (Řehouňková 2006, Trnková 2008). Zde se nacházejí cílové i invazní druhy, které se v průběhu sukcese mohou na odtěžených místech objevit (Řehouňková 2006, Karešová 2007, Trnková 2008). V kamenolomech může být tato hranice již 30 m (Novák & Konvička 2006).

Většina těžeben má vysoký potenciál ke spontánní obnově vegetace (lomy, pískovny výsypky) (např. Novák & Konvička 2006, Řehouňková 2007, Málková 2009). V iniciálních stádiích většinou převládají jednoleté druhy rostlin, v případě černouhelných výsypek se vyskytují stadia s charakteristickou dominancí světlomilných neofytů. Pokud v dalších mladších stádiích není sukcese blokována třtinou křovištní, následuje nálet pionýrských dřevin a vzniká trvale zapojený porost s výjimkou uranových výsypek (Dudíková 2007). Ten se zformuje většinou v rozmezí 20-25 let od opuštění. Sukcese v sušších a teplejších oblastech (např. čedičové lomy, pískovny) může směřovat také k lučním porostům s rozptýlenými keři a stromy (Řehouňková 2007, Novák & Prach 2003). Nejvyšší ekologickou hodnotu mají sukcesně mladé biotopy (Novák & Prach 2003, Trnková 2008). Z hlediska přítomnosti vzácných druhů mohou být důležité také sukcesně starší biotopy, a to např. v pískovnách s oligotrofními mokřady (Řehouňková 2007).

Mnohá těžební místa tvoří významná refugia, která slouží k zachování mnoha chráněných a ohrožených druhů. Např. z 297 zjištěných rostlinných druhů v kamenolomech v oblasti Českomoravské vrchoviny patřilo 11 druhů do červeného seznamu ohrožených druhů (Trnková 2008). Stejně tak bylo zaznamenáno 46 druhů rostlin patřících do červeného seznamu na štěrkopískovnách po celé republice (Řehouňková 2006). V lomech Českého krasu pak bylo zjištěno dokonce 58 rostlinných druhů zařazených do červeného seznamu (Karešová 2007).

## 2.4. Vegetační mapování a predikce vývoje obnovy těžbou narušených území pomocí GIS

Významnou roli při sledování sukcese hraje především vegetační složka ekosystému. A to proto, že dokáže nejlépe vypovídat o případném úspěchu nebo neúspěchu programů ekologické obnovy (Prach 2001). Jedním ze způsobů, jak využít vegetaci jako indikátoru ve sledování sukcese, je její mapování.

Při mapování vegetace se vychází z konkrétních, rozlišitelných porostů. Výsledkem jsou vegetační mapy různých měřítek, které v případě těžbou narušených území zachycují většinou jen aktuální stav vegetace. K vymapování vegetace na narušeném nebo vytěženém území se používají různé postupy. K nejrozšířenějším

technikám mapování reálné vegetace patří vizuální hodnocení rozlišitelných úseků vegetace v přírodě a jejich zařazování do mapovacích jednotek, pomocí nichž se zakreslují do podkladové mapy. Podle velikosti měřítko mapy a znalostí vegetace na sledovaném území můžeme zachytit jednotky vymezené podle dominantních druhů nebo jejich kombinací nebo podle celkového složení společenstev (fytocenologicky) (Moravec & kol. 1994). Mapovat lze i podle typu biotopů. Ty jsou popsány právě na základě fytoocenologického výzkumu a popisu vegetačních typů (Chytrý, Kučera & Kočí 2001). Všechny výše uvedené způsoby mapování vegetačních jednotek jsou založené na bezprostředním zjišťování typů vegetace v přírodě (Moravec & kol. 1994). Obdobně bylo proto postupováno i v této studii při mapování vegetace podle dominantních druhů.

Geografický informační systém (GIS) je počítačový systém založený pro zpracování, ukládání, analýzu a vizualizaci geodat, která jsou prezentována především v podobě různých map. Potřebná geodata (letecké snímky) jsou získávána z dálkového průzkumu Země (DPZ) (Rapant 2005). Pomocí dostupných softwarových a hardwarových prostředků umožňuje GIS vytvářet modely částí zemského povrchu. Historicky první oblastí využití geografických informačních systémů bylo životní prostředí. GIS jsou používány pro inventarizaci přírodních zdrojů a pro modelování přírodních procesů jako je eroze půd, šíření znečištění, modelování šíření povodňové vlny apod. (Rapant 2005). Stejně tak je lze využít k mapování, plánování a modelování krajiny nebo vegetace a vegetačních typů (Neničková 2009). GIS umožňují mapování současného stavu krajiny, ale také dokáží rekonstruovat její vývoj do minulosti (Matějka 2009) nebo predikovat do budoucnosti (Šrédl 2005). Mapování současné skladby rostlinné složky ekosystému vyžaduje data získaná nejlépe ze satelitních snímků (DPZ), s kterými pak GIS dále pracuje.

Při modelování vývoje vegetace je nutný popis faktorů ovlivňujících podmínky rozšíření a vývoje vegetace. Mezi ně patří poloha místa, sklon terénu nebo nadmořská výška. Na jejich základě a mapování současného stavu vegetace pak může být vytvořena mapa rostlinných společenstev, která se na studovaném území mohou vyskytnout. Nejjednodušší způsob mapování je podle vegetačních typů s předem určenými dominantami (Dobrowski et al. 2006). Příkladem může být práce Chahouki et al. (2010), kdy pomocí zmapovaných vegetačních typů v oblasti středního Íránu určovali i jejich vývoj v průběhu 10 let. Ke studiu sukcese a její následné predikci při obnově těžbou narušených míst se vegetační mapování a GIS používají jen zřídka.

K mapování současné vegetace na těžbou narušených místech byly GIS využity např. v Jižní Americe, kde byl takto sledován opuštěný důl po těžbě zlata (Cassard et al. 2008). Potřebné mapy obsahovaly znázornění těžby nerostných surovin v celé Francouzské Guyaně, těžba zlata představovala jen 2 % z celkové mapy. Dříve než došlo k mapování, bylo potřeba zjistit a popsat vztahy mezi primární mineralizací zlata a geologickými parametry. Dále byly posuzovány různé faktory, které mohly vývoj vegetace ovlivnit (geochemické procesy, klimatické podmínky). Výsledná mapa krajiny pak kombinovala klasický přístup založený na algebraických metodách a digitální podklady získané pomocí GIS.

Mezi další těžbou narušená místa, která byla mapována, případně byla vytvořena predikce jejich dalšího vývoje na základě DPZ a GIS, patří např. černouhelné výsypky v Řecku (Markatos et al. 2007), těžební místa v Montaně (Hickey & Jankowski 1997) nebo v Ontariu (Abuelgasim et al. 2005), kde GIS využívají i pro získání informací o zdravotním stavu vegetace v obnovených oblastech. V Itálii byly pro obnovená těžební místa definovány i rizikové scénáře (kvůli ochraně obyvatelstva) (Papini et al. 2008).

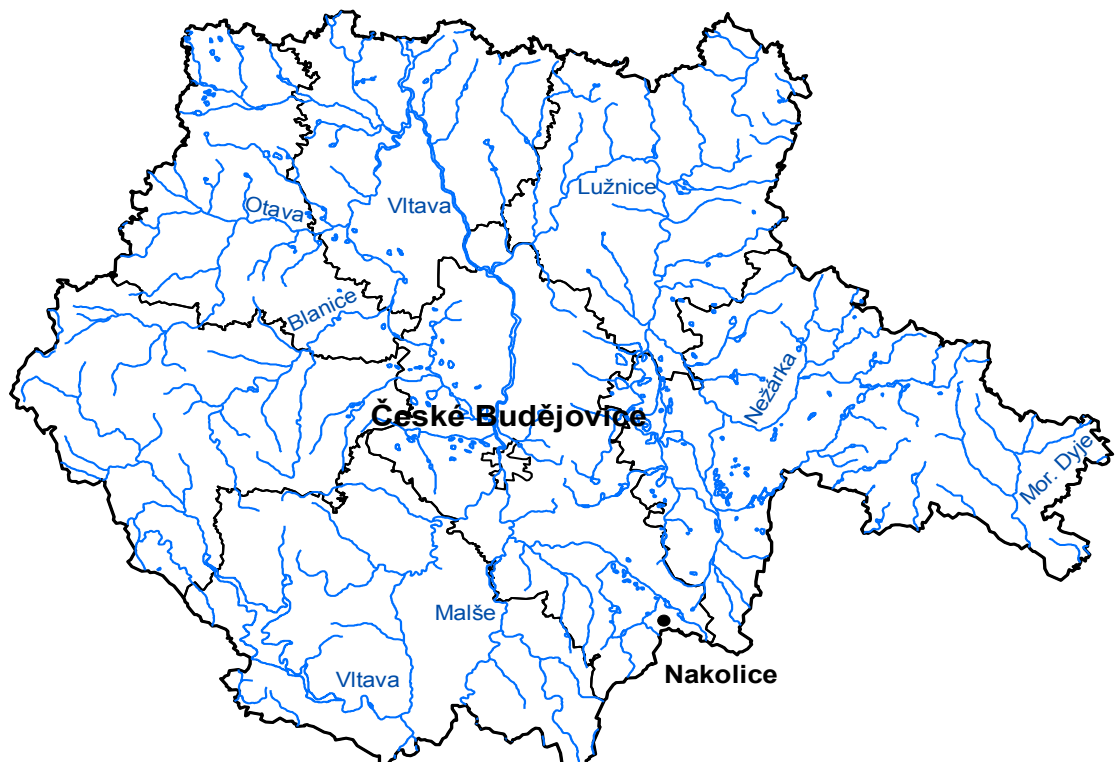
Mapování vegetace současného stavu na místech, která byla v minulosti narušena těžbou, je tedy k predikci jeho budoucího vývoje nezbytné. Díky dálkovému průzkumu Země, GIS a dalším technicky vyspělým metodám poskytují konečné mapy téměř realistický pohled na současnou krajinu. A prostřednictvím těchto metod umožňujících rekonstrukci či predikci vegetace nám mohou poskytnout i pohled na krajinu před zahájením těžby nebo dlouho po jejím ukončení.

### 3. NÁVRH EXPERIMENTU

#### 3.1. Popis lokality

##### 3.1.1. Vymezení lokality

Pískovna Nakolice se nachází na území jihočeského kraje v českobudějovickém okrese. Leží v Novohradském podhůří poblíž hranice České republiky s Rakouskem (střed pískovny: 48° 48' 02,9" s.š., 14° 49' 17,4" v.d). Vzdálenost od nejbližší obce Nakolice, která leží jihovýchodně od pískovny je 1 km (Obr. 1). Rozloha pískovny činí asi 3 ha. Její průměrná nadmořská výška je 490 m. n. m.



Obr. 1: Poloha pískovny Nakolice v Jihočeském kraji

### 3.1.2. Vývoj lokality

Pískovna Nakolice je těžebnou, která je s přestávkami provozována od 60. let minulého století. Poslední aktivní těžba na této lokalitě byla zahájena v dubnu v roce 1987 na základě rozhodnutí o využití území a povolení k těžbě na nevýhradním ložisku. Těžbu prováděly Státní statky Šumava, odštěpný závod 10 Nové Hradky. Tato těžba byla prováděna pro vlastní potřebu asi do roku 1990. Jednalo se cca o 900 tisíc m<sup>3</sup>. Od ukončení těžby je ložisko nevyužívané a v této práci je označováno jako stará část pískovny. Plocha dotčená dřívější těžbou je nyní porostlá náletovými dřevinami a v místech, kde se těžilo pod hladinou spodní vody, vznikla vodní plocha v podobě větší tůně (Vyhnálek et al. 2006).

V roce 2004 bylo vydáno společnosti ALFIT, s.r.o. Polště povolení k obnovení těžby šterkopísku v pískovně Nakolice. Na začátku roku 2005 společnost ALFIT, s.r.o. vypracovala plán obnovení těžby, jehož součástí bylo rekreační využití stávajících vodních ploch na území staré pískovny. Během roku však společnost EIA SERVIS, s.r.o. provedla biologický průzkum pískovny, ve kterém se potvrdil výskyt několika zvláště chráněných druhů živočichů a rostlin. Jejich výskyt byl potvrzen i v roce 2006. Z důvodu ochrany životního prostředí došlo k zavržení rekreačního využití staré pískovny. Společnost ALFIT, s.r.o. rozhodnutí přijala a vypracovala novou verzi těžebního plánu. Rekreační plocha (přírodní koupaliště) tak vznikne na navazující nově vytěžené ploše východně od staré pískovny. Vlastní těžba začala v roce 2009 a jednalo se převážně o přípravné práce a vytvoření zázemí pro techniku. Postupně by měla být těžba navýšena až na cca 60 tisíc tun suroviny ročně (Vyhnálek et al. 2006). Nově plánované území pro těžbu písku je rozděleno do 14 těžebních bloků (Příloha 1). Blok B1 představuje již vytěženou a převážně spontánně zarostlou část pískovny. Od těžebních bloků (B2, B3) přilehlých na východě bude oddělen zhruba 20-30 metrů širokým pilířem netěženého materiálu (Vyhnálek et al. 2006). Další bloky budou těženy postupně podle těžebního plánu rozděleného do několika etap s předpokládaným ukončením těžby v období 15 let. (Punda unpubl.)

Pro budoucí vývoj tohoto území byl zpracován plán rekultivace (Hesoun 2006). Podle následného využití můžeme plochu rozdělit do několika částí (Příloha 1). Vytěžená plocha staré pískovny (blok B1) bude ponechána spontánní sukcesi. Plocha, která bude sloužit jako přírodní koupaliště (část bloků B2 a B3), bude rekultivována vytvořením vodní plochy. V budoucnu může dojít jihovýchodně od ní ke zřízení

nutného zázemí pro koupaliště. Část nově vytěžených ploch pískovny, které patří do Plánu územního systému ekologické stability (ÚSES) a územního plánu města Nové Hradky, je navržena jako biokoridor místního významu. Ten povede severně od staré pískovny přes bloky B6-B7 a B10-B14 a dále pak bude pokračovat západním směrem. V plánu rekultivace jsou plánovány takové podmínky, aby byl biokoridor zachován během i po ukončení těžby a mohl tak sloužit ke zvýšení biodiverzity. Další plochy ponechané pro obnovu spontánní sukcesí jsou v současnosti intenzivně zemědělsky využívané louky (bloky B4 a B5). Část z nich bude odtěžena na úroveň spodní vody a budou zde zřízeny dvě menší vodní plochy. Při jejich tvorbě bude dbáno na vytvoření co nejvyšší diverzity prostředí (různá členitost reliéfu dna a pobřeží). Bloky B6-B9 severně od staré pískovny budou ponechány spontánnímu vývoji především samovolným náletem dřevin z okolí a případně doplněny výsadbou autochtonních druhů. Lesní plochy patřící do katastrálního území Byňov (bloky B10-B14) budou po vytěžení opět rekultivovány na hospodářský les. Majitel město Nové Hradky předpokládá na ploše také dosadbu vhodnými druhy (zejména borovice lesní, dub letní), případně místy využití náletu dřevin.

### 3.1.3 Přírodní poměry

Z geologického hlediska patří oblast pískovny do okrajové části uloženin třeboňské pánve. Celková mocnost souvrství sedimentární výplně je 136 metrů. V tomto souvrství jsou zastoupeny vrstvy klikovské (šedožluté písky, rozpadavé kaolinické pískovce, tmavošedé jílovce), mydlovarské (zelené jíly a černošedé písky s úlomky lignitických dřev) a vrstvy písků a jílu (šedožluté písky a štěrkopísky s polohami jílu). Pánevní usazeniny jsou uloženy na horninách krystalinika. Jižně od pískovny vycházejí tyto horniny na povrch a tvoří pahorkatinu na hranicích s Rakouskem. Metamorfity jsou zastoupeny silimanit-biotitickou pararulou a biotitickou ortorulou. Z magmatitů se zde vyskytují žuly centrálního plutonu (hrubozrnná porfyrická biotitická žula a hrubozrnná dvoúsídná žula čiměřského typu) (Chábera et al. 1985).

Typický je zde výskyt kyselých hnědých půd a pseudoglejů s hnědými oglejenými půdami. Hlavním tvůrčím pochodem při vzniku hnědých půd je intenzivní zvětrávání. Typ kyselých hnědých půd je charakteristický nižším obsahem humusu s nízkým nasycením sorpčního komplexu. Pseudogleje jsou typické půdy pánví.

Oglejení je půdotvorný proces, při němž jílem obohacený a málo vodopropustný horizont na svém povrchu dočasně zadržuje srážkovou vodu. Jejich zbarvení je bělošedé. Zhutnělá spodina způsobuje sezónní převlhčování povrchových horizontů (Šarapatka 1996).

Klimaticky spadá území pískovny do mírně teplé oblasti. Průměrná roční teplota je 7,2°C. Průměrný roční srážkový úhrn dosahuje 732 mm (Český hydrometeorologický ústav České Budějovice).

Území nakolické pískovny je součástí povodí Horní Vltavy a neleží v žádném ochranném pásmu vodního zdroje. Do místního reliéfu Novohradských hor zasahuje ještě rybníční charakter krajiny z Třebońska. To ukazují četné rybníky, které se v blízkosti pískovny nacházejí. Rozlohou největší z nich je rybník Nakolický do 1 km severovýchodně od pískovny, další rybníky jsou menší, ukryté v lese nebo za lesem v blízkém okolí pískovny (Vyhnálek et al. 2006). Vlivem přirozeného spádu je pískovna odvodňována do těchto rybníků napojených na síť povrchových stok a potoků, které dále odtékají do řeky Stropnice patřící do povodí řeky Malše (Chábera et al. 1985)

Hydrogeologické poměry v prostoru pískovny a v jejím bezprostředním okolí jsou sledovány v rámci provedených průzkumných vrtů. Hloubka podzemní vody je zde relativně vysoká. Stabilní zvodnělý horizont je vymezen kótou v rozmezí 475-481 metrů nad mořem, tj. cca 10 -15 m pod povrchem (Punda unpubl.)

#### 3.1.4 Flóra a vegetace

Podle regionálně fyto geografického členění se pískovna nachází v její jižní části fyto geografického okresu Třeboňská pánev. Pro tento okres je charakteristická kopcovitá krajina s poměrně jednotvárnou květenou tvořenou převážně mezofyty, plochý terén a mozaikovitě různorodý substrát (píščiny, jíly, rašeliniště, mozaika lesnaté, rybníčnaté a zemědělsky využívané krajiny). Rekonstrukční vegetací oblasti pískovny a jejího okolí jsou kyselá doubravy třídy *Quercetea robori – petraeae*. V nivách menších toků a v terénních sníženinách se pravděpodobně nacházely luhy a olšiny tříd *Salicetea purpureae*, *Alnetea glutinosae* a *Quercu – Fagetea* (Skalický 1988).

Následující část kapitoly byla zpracována s využitím těchto zdrojů: Čurnová (2006), [www.calla.cz/piskovny](http://www.calla.cz/piskovny).



Prostor původní písčiny můžeme rozdělit na suché a mokřadní části. Na sukcesně mladých suchých plochách najdeme mozaiku málo zapojených porostů a otevřených písčitých ploch. Jedná se o severovýchodní cíp písčiny, který je její nejmladší částí (stáří do 10 let). Ojedinele se zde vyskytují mladé nálety vrby jívy, olše šedé nebo krušiny olšové. Bylinné patro je vytvořeno jen místy a poměrně málo zapojené. Objevují se zde drobné druhy mladých sukcesních stadií jako například šater zední (*Gypsophila muralis*) a šťovík menší (*Rumex acetosella*).

Středně staré sukcesní porosty (přibližně 15 – 25 let) najdeme v centrální části písčiny na suchých vyvýšených plochách okolo tůní. Dřeviny se zde vyskytují jen rozptýleně - např. topol osika (*Populus tremula*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Dále se jedná o porosty s některými ruderalními druhy, např. ostružiníkem (*Rubus* sp. div.), kopřivou dvoudomou (*Urtica dioica*), vratičem obecným (*Tanacetum vulgare*), podbělem lékařským (*Tussilago farfara*) a třtinou křovištní (*Calamagrostis epigejos*). Vyskytují se zde ale i druhy luční, jako je štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*), mochna nátržník (*Potentilla erecta*), psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera*) nebo zeměžluč okolíkatá (*Centarium erythraea*). Z lesních druhů můžeme najít např. jestřábník zední (*Hieracium murorum*), biku chlupatou (*Luzula pilosa*), brusnici borůvku (*Vaccinium myrtillus*) a hruštičku menší (*Pyrola minor*). Zejména v lemech se objevují druhy jako vřes obecný (*Calluna vulgaris*), rozrazil lékařský (*Veronica officinalis*), jetel prostřední (*Trifolium medium*), jahodník obecný (*Fragaria vesca*) nebo kruštík široolistý (*Epipactis helleborine*).

Plochy sukcesně nejstarší (nad 25 let) jsou porostlé dřevinami. Můžeme zde nalézt hlavně břizu bělokorou (*Betula pendula*), olši šedou (*Alnus incana*), vrbu křehkou (*Salix fragilis*), vrbu jívu (*Salix caprea*), topol osiku (*Populus tremula*), borovici lesní (*Pinus sylvestris*), smrk ztepilý (*Picea abies*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), dub letní (*Quercus robur*), ale i vrbu košíkářskou (*Salix viminalis*) nebo vrbu popelavou (*Salix cinerea*).

Na místech, kde je písčité substrát ovlivňovaný periodicky stagnující vodou, nalézáme druhy vlhkomilné, jako jsou ostřice srstnatá (*Carex hirta*), orobinec široolistý (*Typha latifolia*) nebo svízel bahenní (*Galium palustre*). V areálu písčiny se také nachází velké množství různorodých tůní. Na největší z nich v západní části se vyskytuje rdest plovoucí (*Potamogeton natans*), na ostatních například okřehek menší (*Lemna minor*). Na okrajích tůní můžeme najít např. karbinec evropský (*Lycopus*

*europaeus*), zblochan vzplývavý (*Glyceria fluitans*) nebo chrastici rákosovitou (*Phalaris arundinacea*).

Krajinu mimo původní pískovnu můžeme rozdělit na les, louky a lada. Severní a severovýchodní část nově vymezeného těžebního prostoru tvoří druhově chudé kulturní louky s dominancí trav jako je např. srha říznačka (*Dactylis glomerata*), bojínek luční (*Phleum pratense*) nebo lipnice luční (*Poa pratensis*). Vyskytují se zde taky běžné luční byliny jako zvonek rozkladitý (*Campanula patula*), jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*), jetel luční (*Trifolium pratense*) nebo pampeliška lékařská (*Taraxacum sect. ruderalia*).

Ve východní části budoucího těžebního prostoru se kromě výše zmíněných druhů objevují hojněji porosty ruderálních druhů, zejména vratiče obecného (*Tanacetum vulgare*).

Jižní a jihovýchodní okraje lesa (severně od staré pískovny) mají přibližně charakter chudé kyselé doubravy, v které dominuje dub letní (*Quercus robur*) s příměsí břízy (*Betula pendula*), smrku (*Picea abies*) a borovice (*Pinus silvestris*). V keřovém patru najdeme krušinu olšovou (*Frangula alnus*). V podrostu rostou typické druhy tohoto typu doubrav jako metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), jestřábník zední (*Hieracium murorum*) nebo bika hajní (*Luzula luzuloides*). Ostatní lesy v blízkosti pískovny jsou smrkovou nebo borovicovou monokulturou většinou s podrostem borůvky.

V pískovně byly nalezeny tři druhy červeného seznamu cévnatých rostlin. Jedná se o ohrožené druhy třezalku rozprostřenou (*Hypericum humifusum*) a bělolist rolní (*Filago arvensis*) a jeden druh z kategorie rostlin vyžadujících další pozornost, konkrétně zeměžluč okolíkatá (*Centaureum erythraea*) (Procházka et al. 2001).

### 3.1.5 Fauna

Z hlediska zoogeografie se oblast pískovny nachází na rozhraní Českokrumlovského a Třeboňského bioregionu. V Českokrumlovském bioregionu se vyskytuje běžná fauna vyšších lesních poloh hercynské podprovincie. Z významných druhů bezobratlých živočichů se zde vyskytují měkkýši vrásenka pomezní (*Discus ruderatus*), suchomilka obecná (*Helicella obvia*) a šídlo páskovec kroužkovaný

(*Cordulegaster boltoni*). Z obratlovců jsou významní los evropský (*Alces alces*), tetřev hlušec (*Tetrao urogallus*) a tetřívka obecná (*Tetrao tetrix*).

Fauna Třeboňského bioregionu je ovlivněna početnými rybníky, rašelinnými loukami, rašeliništi a rašelinnými lesy. Z významných druhů ptactva se zde vyskytuje orel mořský (*Haliaeetus albicilla*), volavka červená (*Ardea purpurea*), husa velká (*Anser anser*), kvakoš noční (*Nycticorax nycticorax*), hohol severní (*Bucephala clangula*) nebo tetřívka obecná. Ze savců jsou to pak los evropský, vydra říční (*Lutra lutra*) nebo jezek západní (*Erinaceus europaeus*). Bohatá je fauna netopýrů rodu *Myotis*, *Nyctalus* a *Pipistrellus*. Dalšími významnými obratlovci jsou např. ještěrka živorodá (*Lacerta vivipara*), ropucha krátkonohá (*Epidalea calamita*), skokan skřehotavý (*Rana ridibunda*), mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*) a další (Culek 1996).

Během zoologického průzkumu, který byl stejně jako botanický prováděn během roků 2005 a 2006 byla v pískovně zjišťována existence druhů na základě pozorování, zvukových projevů, stop, okusu nebo trusu (Hesoun 2006). V pískovně mohou potenciálně vznikat velmi významné biotopy také pro bezobratlé živočichy. V nakolické pískovně bylo zjištěno přes 70 druhů bezobratlých. V suchém vytěženém prostoru se vyskytují například společenstva střevlíků, dále běžné druhy půdní fauny (mnohonožky, stonožky, pavouci) a denní motýli kulturní krajiny. Z vodního hmyzu zde byly zaznamenány převážně vážky, vodní brouci a vodní ploštice vázané na vodní nádrže s písčítým dnem. V tůních vzniklých odtěžením písků byly zjištěny i populace obojživelníků. K bohaté diverzitě přispívá členitost reliéfu dna i pobřeží, odlišná výška hladiny vody i mokřadní vegetace. Z ptáků byli v místě pískovny i v jejím okolí zaznamenáni drozd kvíčala (*Turdus pilaris*), pěnice černohlavá (*Sylvia atricapilla*), pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*), budníček menší (*Phylloscopus collybita*), sýkora koňadra (*Parus major*), strnad obecný (*Emberiza citrinella*), káně lesní (*Buteo buteo*). Ze savců byli zjištěni myšice lesní (*Apodemus flavicollis*), rejsek obecný (*Sorex araneus*), kuna skalní (*Martes foina*) nebo srnec obecný (*Capreolus capreolus*).

Celkem zde bylo zaznamenáno 12 druhů chráněných živočichů nebo druhů z červeného seznamu. Z chráněných druhů se zde vyskytují silně ohrožené druhy: kuňka obecná (*Bombina bombina*), blatnice skvrnitá (*Pelobates fuscus*), skokan zelený (*Rana esculenta*), rosnička zelená (*Hyla arborea*), čolek obecný (*Triturus vulgaris*), čolek velký (*Triturus cristatus*) a ledňáček říční (*Alcedo atthis*). Dalšími ohroženými druhy jsou užovka obojková (*Natrix natrix*), z ptáků je třeba zmínit břehuli říční (*Riparia*

*riparia*) a motáka pochopa (*Circus aeruginosus*). Z druhů zařazených do červeného seznamu bezobratlých se zde vyskytuje ohrožený drabčík *Haploglossa riparia* (Hesoun 2006).

Břehule říční (*Riparia riparia*) je jedním z nejvýznamnějších druhů nakolické pískovny. Jedná se o naši nejmenší vlaštovku, která se na svých přirozených hnízdištích v říčních březích již prakticky nevyskytuje. Jejimi náhradními stanovišti jsou nyní zejména těžené i opuštěné pískovny, takže se stala prakticky závislou na činnosti člověka. Celková populace druhu na území ČR čítá 15 000 až 30 000 hnízdních párů, počet hnízdních kolonií v posledních letech nepřevyšuje 150. Na území jihočeského kraje se roku 2009 celkový odhadovaný počet hnízdišť břehule říční pohyboval mezi 27 a 31 lokalitami (Heneberg, 2009). Ve srovnání s rokem 1999 jde o cca 55% snížení počtu dostupných lokalit (Heneberg a kol. 2006). V českobudějovickém okrese bylo kontrolováno 19 potenciálních lokalit, z toho byla pouze čtyři hnízdiště roku 2009 břehulemi obsazena. Největší hnízdní kolonie v okrese České Budějovice je lokalizována právě do pískovny Nakolice, kde bylo napočítáno 241 nor a jedná se tak o čtvrtou největší kolonii v Jihočeském kraji (Heneberg 2009).

## 3.2. Metodika

### 3.2.1. Sběr dat

Terénní průzkum studované lokality proběhl v roce 2009 během vegetační sezony (začátek června-konec září). Na základě předběžného průzkumu na jaře 2009 byl vytvořen seznam vegetačních typů, které byly určeny podle vyskytujícího se dominantního rostlinného druhu. Zaznamenány byly všechny vegetační typy, které se v oblasti vyskytovaly ve staré pískovně a v okolní krajině do vzdálenosti jednoho kilometru od středu této pískovny (Tab. 1). Nalezené vegetační typy ve staré pískovně byly rozděleny do několika kategorií: lesní porosty, travinné porosty a mokřady. Také byl vymapován porost nepůvodního druhu křídlatky japonské (*Reynoutria japonica*). V okolí do jednoho kilometru od pískovny byly zaznamenány následující kategorie krajinného pokryvu: lesní, travinné porosty, urbánní a agrární plochy. Spolu s vymapováním bylo jako doplňující informace zjištěno relativní plošné zastoupení vegetačních typů a kategorií krajinného pokryvu (Tab. 1).

Vegetační typy pískovny byly v terénu zakresleny do mapy v měřítku 1: 1 200. Jako podklad pro zakreslování vegetačních typů okolní krajiny sloužila topografická mapa v měřítku 1: 10 000. Pískovna byla zaměřena pomocí GPS a dálkoměru, který pomohl přesněji určit rozlohu jednotlivých kategorií krajinného pokryvu. Nadmořská výška byla odečtena zároveň při zaměřování geografických souřadnic polohy pískovny.

### 3.2.2. Analýza dat

Mapy s vegetačními typy uvnitř pískovny i s krajinným pokryvem okolí do 1 km od středu pískovny byly pro snazší manipulaci převedeny do digitální podoby. K digitalizaci byl využit GISový program ArcMap 1.9 (ESRI, ARC/Info 7). Do ortofotomap území byly nástrojem Editor, který umožňuje digitalizaci dat, editovány jednotlivé kategorie krajinného pokryvu (mapa okolí do 1 km) a vegetační typy (mapa pískovny). Na základě nich pak vznikla vegetační mapa, pro pískovnu v měřítku 1: 2 000 (Příloha 2), pro okolí 1: 10 000 (Příloha 3).

Predikce vývoje vytěžených míst v časovém horizontu cca 25 let byla prováděna na základě výsledků studia spontánní sukcese vegetace v opuštěných šterkopískovných v rámci celé České republiky (Řehouňková 2007). Cílová vegetace v této pískovně byla predikována na základě vegetačních typů uvnitř staré pískovny a krajinného pokryvu v okolí do 1 km a v závislosti na stanovištních podmínkách, a to zejména vlhkosti (Příloha 4).

## 3.3. Výsledky a diskuse

### 3.3.1. Návrh přírodě blízké obnovy v pískovně Nakolice (Příloha č. 4)

Plochy ponechané přírodě blízké obnově jsou těžební bloky B4 a B5 severovýchodně od staré pískovny (blok B1) a bloky B6-B9 severně od staré pískovny. V dalších blocích není možné spontánní sukcesí využít, protože majitelé pozemků trvají na jiném využití. Proto jsou bloky B10-B14 kvůli hospodářskému využití určeny pro lesnické rekultivace a bloky B2 a B3 jsou kvůli rekreačnímu využití určeny k hydrické rekultivaci. Z tohoto důvodu nebyla tato území v návrhu detailněji rozebírána, přestože z hlediska spontánní sukcese mají i tato území vysoký potenciál pro obnovu touto metodou, podobně jako v následujících navrhovaných částí pískovny.

### 3.3.1.1. Severovýchodní pískovna

Severovýchodní část nové pískovny (bloky B4 a B5) ze západní strany sousedí s bloky B10-B14, na nichž je v plánu sanace a rekultivace území naplánována lesnická rekultivace, z jižní části pak sousedí s územím, které bude po ukončené hydrické rekultivaci využito pro rekreační účely (přírodní jezero). K této části pískovny povede přístupová cesta, která navazuje na silnici Nové Hrady-České Velenice a bude lemovat starou pískovnu na západě a přírodní jezero na východě. K severovýchodní části pískovny bude přivedena z jižní strany. Dále bude pokračovat po východním okraji pískovny. V severovýchodním cípu pískovny změni cesta směr na severozápad a dále bude prostupovat napříč celou severní pískovnou. Předpokládá se, že z důvodu narušení projížděním těžké techniky (managementové zásahy spočívající v úpravě stěny pro břehule a úpravě tůní pro obojživelníky v některých částech pískovny), nebude cesta příliš zarůstat. Výška hnízdni stěny břehulí, která se bude vyskytovat v jihovýchodní části by se měla pohybovat v rozmezí 3-4 metry a ve vzdálenosti 25 metrů od ní by se neměl vyskytovat žádný vyšší nálet dřevin. Stěna by se měla upravovat každoročně (ideálně na přelomu března a dubna po opadnutí sněhu). Pokud by pod stěnou po zimě nevznikl osypový kužel kvůli sesypání stěny, stačí ji obnovit jednou za dva roky, což je nezbytné především kvůli tvrdnutí materiálu na povrchu stěny. Vzhledem k tomu, že hladina spodní vody by zde měla být hlouběji než 1 m pod povrchem, měla by cestu a její blízké okolí pokrývat otevřená vegetace suchých písčín. V prostoru mezi cestou a starou pískovnou a cestou a přírodním jezerem se předpokládá zformování travinobylinných porostů vzhledem k blízkému zdroji diaspor ze sousedních intenzivně ohospodařovaných mezických luk.

V centrální části pískovny, kde bude těžba probíhat v blízkosti hladiny podzemní vody, je plánován vznik dvou větších tůní, které budou propojené úzkým kanálem s propustkem umožňujícím regulaci vody a oddělení obou tůní. Tůně budou mít nepravidelný tvar a nepravidelné dno a rozloha každé z nich bude v rozmezí 50 - 60 m<sup>2</sup>. Jejich nejvyšší hloubka se bude pohybovat mezi 100-150 centimetry. Tato hloubka bude nejvíce vyhovovat ropuchám (*Bufo* sp.), blatnici skvrnitě (*Pelobates fuscus*) a skokanům (*Rana* sp.), ale i větším druhům čolkům, z nichž zde přichází v úvahu čolek velký (*Triturus cristatus*), kteří v porostech na březích připevňují šňůrky se svými vajíčky (Mikátová & Vlašín 1998). Vodní plochu, která zde vznikne, a přilehlé okolí s mokřadní vegetací mohou ke svému hnízdění nebo alespoň přechodnému pobytu

využít i vodní ptáci (kulík říční – *Charadrius dubius* aj.) (Andrews & Kinsman 1990). Na západ od nich jsou plánovány ještě dvě menší samostatné tůňky, které bude třeba pro udržení vhodných podmínek pro další obojživelníky a jiné vodní živočichy (vodní bezobratlí) pomocí malého bagru upravovat, aby nedocházelo k jejich zazemňování a zarůstání. Dále se doporučuje pravidelný výřez alespoň části náletových dřevin v okolí tůň. Dojde tak k lepšímu osvětlení a oslunění vodní plochy. Tento zásah vyhovuje zejména kuňce obecné (*Bombina bombina*), pro kterou jsou tyto drobné tůně jejich typickým biotopem (Mikátová & Vlašín 1998). Příjezdová cesta k tůňkám bude navazovat na písčitou cestu ze severovýchodu, která lemuje východní okraj pískovny. Tůně budou velmi pravděpodobně lemovány pásy litorálních porostů (porosty periodicky zaplavovaných ploch), na které bude navazovat mozaika nezapojené vegetace vlhkých substrátů s náletem vrbových porostů. V jihozápadním cípu pískovny navazující na větší tůň se předpokládá výskyt vegetace vysokých ostřic.

Při jihovýchodním okraji pískovny (z pravé strany cesty) bude vytvořena kolmá stěna pro břehule. Poloha stěny se jeví jako optimální i z hlediska přirozeného oddělení pískovny od přírodního jezera s rekreačním využitím. Příjezdovou cestu ke stěně tvoří již výše popsaná cesta. V prostoru před stěnou pro břehule předpokládáme vytvoření travinobylinných porostů (mezické travinné porosty). Nálet vyšších dřevin bude třeba v tomto prostoru vyřezávat tak, aby byly zajištěny vhodné podmínky pro hnízdění břehulí. Z východní strany přilehlý kulturní a smíšený les a ze západní strany lesnická rekultivace představují důležitý zdroj pro šíření druhů do nově vytvořené pískovny, proto zde lze předpokládat šíření celé řady dřevin – zpočátku zejména borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a břízy bělokoré (*Betula pendula*), postupně i jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*) nebo dubu letního (*Quercus robur*).

#### 3.3.1.2. Severní pískovna

Severní část nově vytěžené pískovny ponechané spontánní sukcesi sousedí z jižní strany s naplánovanou lesnickou rekultivací. Se severovýchodní pískovnou je spojena písčitou cestou, která do severní pískovny vstupuje jihovýchodním cípem a pokračuje skrz pískovnu severozápadním směrem, kde navazuje na již existující polní cestu, následně pak na cyklistickou trasu vedoucí do obce Byňov. Proto by pískovna mohla být využita také pro osvětu veřejnosti. Např. na křižovatce polní cesty

a cyklostezky by mohla stát informační tabule o těžbě a jejím vlivu na krajinu a potenciálu těžbou narušených míst pro ochranu přírody.

Předpokládá se, že dno této pískovny bude blízko hladiny podzemní vody, proto zde budou převažovat vlhčí stanoviště s mokřadními vegetační typy. V centrální části pískovny by proto mělo být situováno pět menších nepropojených tůní, ke kterým povede přístupová cesta pro techniku. Jejich využití bude podobné jako v severovýchodní pískovně. Okolo tůní je předpokládána mokřadní vegetace s mozaikou periodicky zaplavovaných ploch a vrbových porostů. Porosty olše lepkavé (*Alnus glutinosa*) se zde kvůli nedostatku diaspor v blízkém okolí, stejně tak jako v severovýchodní pískovně, nepředpokládají. Zbytek plochy pískovny bude vzhledem k blízkosti kulturního lesa z východní a lesnické rekultivace ze západní strany zaujímat nálet dřevin (*Pinus silvestris*, *Betula pendula*, *Picea abies*, *Quercus robur*).

Mezi další úpravy doporučuji zahrnout likvidaci nepůvodního porostu křídlatky japonské (*Reynoutria japonica*) vyskytující se ve staré pískovně. Regulace tohoto porostu bude především zabráňovat dalšímu šíření do staré, popřípadě i do nové části pískovny.

### 3.3.2. Index mozaikovitosti

K vyhodnocení diverzity vegetace vzniklé spontánní sukcesí ve staré pískovně, na nově vytěžených plochách i v částech určených pro technické rekultivace byl využit index mozaikovitosti ("edge" diversity) (Harris et al. 1983):

$$D = T/2(\sqrt{A\pi})$$

T...délka hranic mezi vegetačními typy na příslušné ploše

A...celková plocha všech vegetačních typů

Hodnota indexu mozaikovitosti oblasti staré pískovny byla 5,2. Hodnota indexu mozaikovitosti návrhu s využití metody přírodě blízké obnovy byla 5,4. Tyto hodnoty jsou poměrně vysoké, podle předpokladu se přibližně shodují a poukazují na vysokou



mozaikovitost a heterogenitu těžbou narušených území obnovených pomocí přírodě blízkých forem obnovy. Hodnota indexu návrhu je o něco vyšší z důvodu větší mozaikovitosti obou částí nové pískovny, která je zde takto navržena a předpokládá se, že pomocí managementových zásahů bude dále zachována. S výskytem vysoké heterogenity krajiny se také pravděpodobně zvýší i lokální biodiverzita. Toto tvrzení potvrzují vědecké studie (Řehouňková 2008) i úspěšně ukončené nebo právě probíhající projekty obnovy těžbou narušených míst s využitím spontánní sukcese (projekty Správy CHKO Třeboňsko).

Pro srovnání byla vypočtena i hodnota indexu pro plánované technické rekultivace (lesnická, hydrická). Tato hodnota dosahovala 2,6, což prokazatelně představuje nízkou mozaikovitost a heterogenitu krajiny vzniklé po obnově s využitím technické rekultivace. Také druhová rozmanitost se předpokládá nižší než při využití spontánní sukcese.

Tab. 1: Relativní plošné zastoupení vegetačních typů ve staré pískovně Nakolice (blok B1) a jednotlivých kategorií krajinného pokryvu okolí do vzdálenosti 1 km od středu této pískovny.

<b>Krajinný pokryv</b>	<b>Vegetační typy</b>	<b>Relativní plošné zastoupení ve staré pískovně (blok B1)</b>	<b>Relativní plošné zastoupení v okolí do 1 km</b>
Travné porosty	Suché písčiny s nezapojenou vegetací	5,00	-
	Mezické travinné porosty	3,89	29,70
	Vlhké louky	-	4,50
Mokřady	Iniciální porosty periodicky zaplavovaných ploch	0,88	-
	Ostatní nezapojená vegetace vlhkých substrátů	3,00	-
	Vegetace vysokých ostřic (včetně ostatních graminoidů – r. <i>Juncus</i> a <i>Scirpus</i> )	9,38	-
	Rákosiny a porosty orobince	0,37	-
	Stojaté vody s makrofyty	4,27	1,67
Lesní porosty	Mladé nálety pionýrských dřevin	68,14	-
	Olšina	0,64	1,73
	Vrbina	3,23	-
	Kulturní listnatý nebo smíšený les	-	25,42
	Kulturní bor	-	13,61
	Paseky	-	0,67
	Lesnická rekultivace	1,08	-
Urbánní a agrární plochy	Pole	-	20,21
	Urbánní plochy	-	1,15
	Porosty nepůvodních druhů rostlin	0,05	-

## 4. ZÁVĚR

Ekologická obnova se zatím k obnově míst narušených těžbou nerostných surovin v České republice využívá jen zřídka. Úspěšně realizovaných projektů obnovy zatím není mnoho, poskytují však důkazy, že i v našich zeměpisných šířkách může způsob rekultivace s využitím ekologické obnovy fungovat. Jejich dalším ověřením se zabývá i tato práce. Její výsledky prokazatelně ukazují, že využití spontánní sukcese pro obnovu krajiny po těžbě písku je ekologicky hodnotnější než rekultivace technické. Využití spontánní sukcese také zvýší mozaikovitost narušené krajiny a lokální biodiverzitu a vytvoří vhodné podmínky pro řadu druhů vzácných, ohrožených a zvláště chráněných druhů živočichů i rostlin, což ještě zvýší význam lokality pro ochranu přírody. Použití GISových programů umožnilo průběh sukcese v opuštěné pískovně predikovat v horizontu cca 20 až 25 let od ukončení těžby. Potvrdilo se, že spontánní sukcesí je možné při znalosti okolní vegetace a obecných popisů sukcese vegetace v daném typu těžbou narušeného území úspěšně využít a že je také k přírodě šetrnější a levnější alternativou k technickým rekultivacím. Důležitým výsledkem práce je také zjištění, že pro podobné projekty v těžebních prostorech (nejen v pískovnách) je možné programy GIS využít.

## 5. LITERATURA

- Abuelgasim A., Chung C. J., Champagne C., Staenz K., Monet S. & Fung K. (2005). Use of multi-temporal remotely sensed data for monitoring land reclamation in Sudbury, Ontario (Canada). International Workshop on the Analysis on Multi-Temporal Remote Sensing Images. Pages: 229-235.
- Analyza legislativy ve vybraných evropských státech ve vztahu k obnově těžbou narušených území ([www.calla.cz/piskovny/legislativa/analyza.doc](http://www.calla.cz/piskovny/legislativa/analyza.doc))
- Andrews J. & Kinsman D. (1990). Gravel pit restoration for wildlife: A practical manual. The Royal Society for Protection of Birds.
- Bastl M. (1994). Sukcese vegetace na rašeliništích narušených těžbou. Ms. [Bakalářská práce, depon. in Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích].
- Borgegård S. O. (1990). Vegetation development in abandoned gravel pits: effects of surrounding vegetation substrate and regionality. *Journal of Vegetation Science* 1: 675-682.
- Bradshaw A. D. (2000). The use of natural processes in reclamation – advantages and difficulties. *Landscape and Urban Planning* 51: 89-100.
- Bufková I. (2006). Revitalizace šumavských rašelinišť. *Zprávy České Botanické Společnosti* 41, *Materiály* 21: 181-192.
- Cassard D., Billa M., Lambert A., Picot J.-C., Husson Y., Lasserre J.-L. & Delor C. (2008). Gold predictivity mapping in French Guiana using an expert-guided data-driven approach based on a regional-scale GIS. *Ore Geology Reviews* 34: 471-500.
- Culek M. [ed.] (1996). Biogeografické členění České republiky. Enigma, Praha.
- Čurnová A. (2006). Soupis zjištěných druhů rostlin. In: Vyhnálek V. [ed.], *Navýšení těžby v pískovně Nakolice*. Ms. EIA Servis s.r.o., České Budějovice.
- Dudíková T. (2007). Sukcese vegetace na výsypkách po těžbě uranu na Příbramsku. Ms. [Bakalářská práce, depon. in Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích].
- Dobrowski S. Z., Greeberg J. A., Ramirez C. M & Ustin S. I. (2006). Improving image derived vegetation maps with regression based distribution modeling. *Ecological Modelling* 192: 126-142.
- Hrašťová M. (1996). Sukcese vegetace v kamenolomu Plešovice: možnosti rekultivace odvalu. Ms. [Bakalářská práce, depon. in Jihočeská univerzita, České Budějovice].
- Harris H. J., Milligan B. S. & Fewles G. A. (1983). Diversity: Quantification and ecological evaluation in freshwater marshes. *Conservation Biology* 27: 99-110.

- Harris J. A. & van Diggelen R. (2006). Ecological restoration as a project for global society. In: van Andel J. & Aronson J. [eds.], Restoration Ecology. Blackwell Publishing, pp. 3-15.
- Heneberg P. (1997). Rozšíření hnízdní biologie a ekologie břehule říční (*Riparia riparia*).
- Heneberg P. (2009). Analýza populace břehulí říčních v Jihočeském kraji v r. 2009 v okrese České Budějovice. Sylvia 33: 54-78.
- Hesoun P. (2006). Plán rekultivace. In: Vyhnálek V. [ed.], Navýšení těžby v pískovně Nakolice. EIA Servis s.r.o., České Budějovice.
- Hesoun P. (2006). Soupis zjištěných druhů živočichů. In: Vyhnálek V. [ed.], Navýšení těžby v pískovně Nakolice. EIA Servis s.r.o., České Budějovice.
- Hickey R. & Jankowski P. (1997). GIS and environmental decisionmaking to aid smelter reclamation planning. Environment and Planning A 29: 5-19.
- Hobbs R. J. & Norton D. A. (1996). Towards a conceptual framework for restoration ecology. Restoration Ecology 4: 93-110.
- Hodačová D. & Prach K. (2003). Spoil heaps from brown coal mining: Technical reclamation versus spontaneous revegetation. Restoration Ecology 11: 385-391.
- Chábera S. [ed.] (1985). Neživá Příroda. Jihočeská vlastivěda. Jihočeské nakladatelství, České Budějovice.
- Chábera S. (1985). Vodní toky. In: Chábera S. [ed.] (1985). Neživá Příroda. Jihočeská vlastivěda. Jihočeské nakladatelství, České Budějovice, pp. 167-191.
- Chahouki M. A. Z., Azarnivand H., Jafari M & Tavili A. (2010). Multivariate statistical methods as a tool for model-based prediction of vegetation types. Russian Journal of Ecology 41: 84-94.
- Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. [eds.] (2001). Katalogu biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha.
- Karešová P. (2007). Spontánní sukcese vegetace v opuštěných lomech v Českém krasu: Porovnání výskytu v lomech a okolí. Ms. [Bakalářská práce, depon. in Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích].
- Konvalinková P. (2006). Spontánní sukcese vegetace na těžných rašeliništích: možná cesta obnovy? Zprávy České Botanické Společnosti 41, Materiály 21: 135-140.
- Koutecká V. & Koutecký T. (2006). Sukcese na antropogenních stanovištích hornické krajiny Ostravsko-karvinského revíru. Zprávy České Botanické Společnosti 41, Materiály 21: 117-124.
- Kovář P. (2006). Ekologie obnovy poškozené krajiny. Zprávy České Botanické Společnosti 41, Materiály 21: 23-38.

- Kubát K. [ed.] (2002). Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.
- Lanta V. & Hazuková I. (2005). Growth response of downy birch (*Betula pubescens*) to moisture treatment at a cut-over peat bog in the Sumava Mts., Czech Republic. *Annales Botanici Fennici* 42/4: 247-256.
- Málková L. (2009). Srovnání spontánně zarostlých a technicky rekultivovaných ploch na Radovesické výsypce na Mostecku. Ms. [Bakalářská práce, depon. in Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích].
- Markatos N., Stamou A., Beltro J., Panagopoulos T., Helmis C., Stamatiou E., Hatzopoulou A. & Antunes M. D. C. (2007). A GIS-based decision support system for revegetation and reclamation of Opencast Coal Mine spoils. *EEESD '07: Proceedings of the 3rd IASME/WSEAS. International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development*, pp. 471-479.
- Matějček T. (2001) Krajinně - ekologické zhodnocení vytěžených pískoven na okrese Nymburk. Ms. [Diplomová práce, depon. in Přírodovědecká fakulta UK v Praze].
- Matějka K. (2009). Vyhodnocení krajinných transektů Šumavy v historické perspektivě. Integrovaný dopravní systém, Praha.
- Mikátová B. & Vlašín M. (1998). Ochrana obojživelníků. *EkoCentrum. Brno.*, pp. 62-69.
- Moravec J. [ed.] (1994). Fytocenologie. Akademie věd České republiky. Academia. Praha, pp. 306-308.
- Neničková P. (2009). Mapování vegetace ve vybrané části údolní nivy Moravy prostředky DPZ. Ms. [Bakalářská práce, depon. in Masarykova univerzita v Brně].
- Novák J. (2006). Variabilita sukcesních změn vegetace v čedičových lomech Českého středohoří. *Zprávy České Botanické Společnosti* 41, *Materiály* 21: 105-110.
- Novák J. & Konvička M. (2006). Proximity of valuable habitats affects succession patterns in abandoned quarries. *Ecological Engineering* 26: 113-122.
- Novák J. & Prach K. (2003). Vegetation succession in basalt quarries: Pattern on a landscape scale. *Applied Vegetation Science* 6: 111-116.
- Obecné zásady přírodě blízké obnovy těžbou narušených území a deponií (2009). ([www.calla.cz/piskovny/obecné-zásady-obnovy.php](http://www.calla.cz/piskovny/obecné-zásady-obnovy.php))
- Papini M., Longoni L. & Dell'Orto K. (2008). Emergency guidelines for two abandoned mines in Piani dei Resinelli area (Lecco). *Undeground Spaces: Design, Engineering and Environmental Aspects. Book Series: Wit Transactions on The Built Environment* 102: 99-108.
- Prach K. (1984). Sukcese-jeden z ústředních pojmů ekologie. *Biologické listy* 50: 205-217.

- Prach K. (1987). Succession of vegetation on dumps from strip coal mining, N.W. Bohemia, Czechoslovakia. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 22:339-354.
- Prach K. (2003). Spontaneous succession in Central-European man-made habitats: What information can be used in restoration practice? *Applied Vegetation Science* 6: 125-129.
- Prach K. (2006). Ekologie obnovy jako mladý obor a uplatnění botaniky v něm. *Zprávy České Botanické Společnosti* 41, *Materiály* 21: 89-105.
- Prach K., Bartha S., Joyce C. B., Pyšek P., van Diggelen R. & Wiegleb G. (2001). The role of spontaneous vegetation succession in ecosystem restoration: A perspective. *Applied Vegetation Science* 4: 111-114.
- Prach K. & Pyšek P. (1999). How do species dominating in succession differ from others? *Journal of Vegetation Science* 10: 383-392.
- Prach K. & Pyšek P. (2000). Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe. *Ecological Engineering* 17: 55-62.
- Prach K., Pyšek P., Bastl M. (2001). Spontaneous vegetation succession in human-disturbed habitats: A pattern across seres. *Applied Vegetation Science* 4: 83-88.
- Procházka F. [ed.] (2001). Černý a červený seznam cévnatých rostlin České republiky (stav v roce 2000). *Příroda* 18, Praha.
- Rapant P. (2005). *Geoinformační technologie*. Vysoká škola báňská-Technická univerzita, Ostrava.
- Řehouňková K. (2006). Spontánní sukcese vegetace ve šterkopískovnách: možnost pro ekologickou obnovu. *Zprávy České Botanické Společnosti* 41, *Materiály* 21: 125-134.
- Řehouňková K. (2007). Variability of spontaneous vegetation succession in disused gravel-sand pits: importance of environmental factors and surrounding vegetation. Ms. [Doktorská práce, depon. in Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích].
- Řehouňková K. & Prach K. (2006). Spontaneous vegetation succession in disused gravel-sand pits: Role of local site and landscape factors. *Journal of Vegetation Science* 17: 583-590.
- Řehouňková K. & Prach K. (2008). Spontaneous vegetation succession in gravel-sand pits: A potential for restoration. *Restoration Ecology* 16: 305-312.
- Skalický V. (1988). Regionálně- fyto geografické členění. In: Hejný S. & Slavík B. [eds.] *Květena ČSR 1*. Academia, Praha, pp. 103-121.
- Skácelová O. (2006). Osídlení nově vzniklých biotopů na výsypce Sokolovského uhelného revíru sinicemi a řasami. *Zprávy České Botanické Společnosti* 41, *Materiály* 21: 141-150.

- Society for Ecological Restoration (2004). The SER International Primer on ecological restoration. Version 2 ([www.ser.org](http://www.ser.org))
- Stanovisko vědců a dalších odborných pracovníků k problematice obnovy těžbou narušených území (2008) ([www.calla.cz/piskovny/mem.php](http://www.calla.cz/piskovny/mem.php))
- Starý J., Kavina P., Vaněček M., Sitenský I., Kotková J. & Nekutová T. [eds.] (2008). Ročenka České geologické služby. Geofond, Praha.
- Šarapatka B. (1996). Pedologie. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.
- Šrédl V. (2005). Využití GIS pro hodnocení krajiny-modelování přírodního rekreačního potenciálu v Národním parku České Švýcarsko. Ms. [Diplomová práce, depon. in Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem].
- Tichý L. [ed.] (2005): Rekultivace blízké přírodě. ZO ČSOP Pozemkový spolek Hády, Brno.
- Tichý L. (2006): Diverzita vápencových lomů a možnosti jejich rekultivace s využitím přirozené sukcese na příkladu Růženina lomu. Zprávy České Botanické Společnosti 41, Materiály 21: 89–103.
- Tischew S. & Mahn E. G. (1995). Spontaneous and managed successions in open-pit brown coal mining. An alternative to traditional recultivation measures. Proceedings of The Gesellschaft für Ökologie 24: 585-592.
- Trnková R. (2008). Faktory ovlivňující průběh sukcese vegetace v opuštěných kamenolomech v oblasti Českomoravské Vysočiny. Ms. [Magisterská práce, depon. in Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích].
- Tropek R., Kadlec T., Karešová P., Spitzer L., Kočárek P., Malenovský I., Baňář P., Tuf I. H., Hejda M & Konvička M. (2010). Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. Journal of Applied Ecology 47: 139-147.
- Velichová V. (2005). Sukcese vegetace na výsypkách v oblasti Sokolské hnědouhelné pánve. Ms. [Bakalářská práce, depon. in Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích].
- Vyhnálek V. [ed.] (2006). Navýšení těžby v pískovně Nakolice. EIA Servis s.r.o., České Budějovice.
- Walker L. R. & del Moral R. (2003). Primary succession and ecosystem rehabilitation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Walker L. R., Walker J. & Hobbs R. J. [eds.] (2007). Linking restoration and ecological succession. Springer. New York.
- Zákon č.44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů.



<http://psh.ecn.cz> (ZO ČSOP Pozemkový spolek Hády)

<http://www.calla.cz> (Calla- Sdružení pro záchranu prostředí)

<http://www.raselina.cz/rekultivace> (Rašelina Soběslav a.s.)

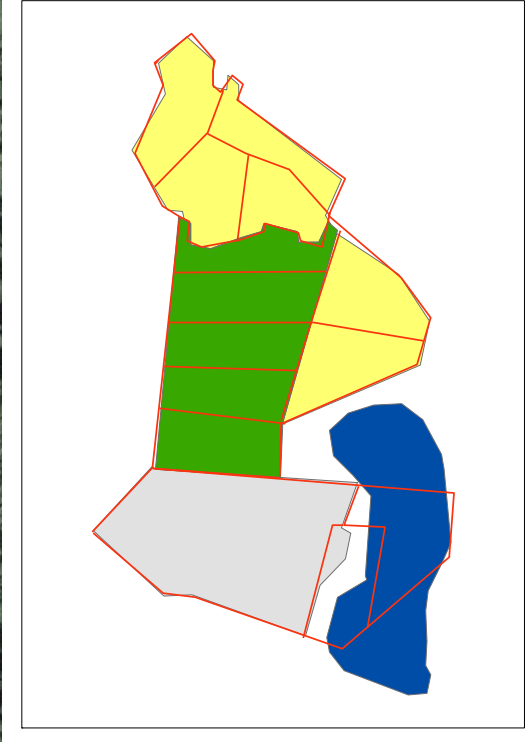
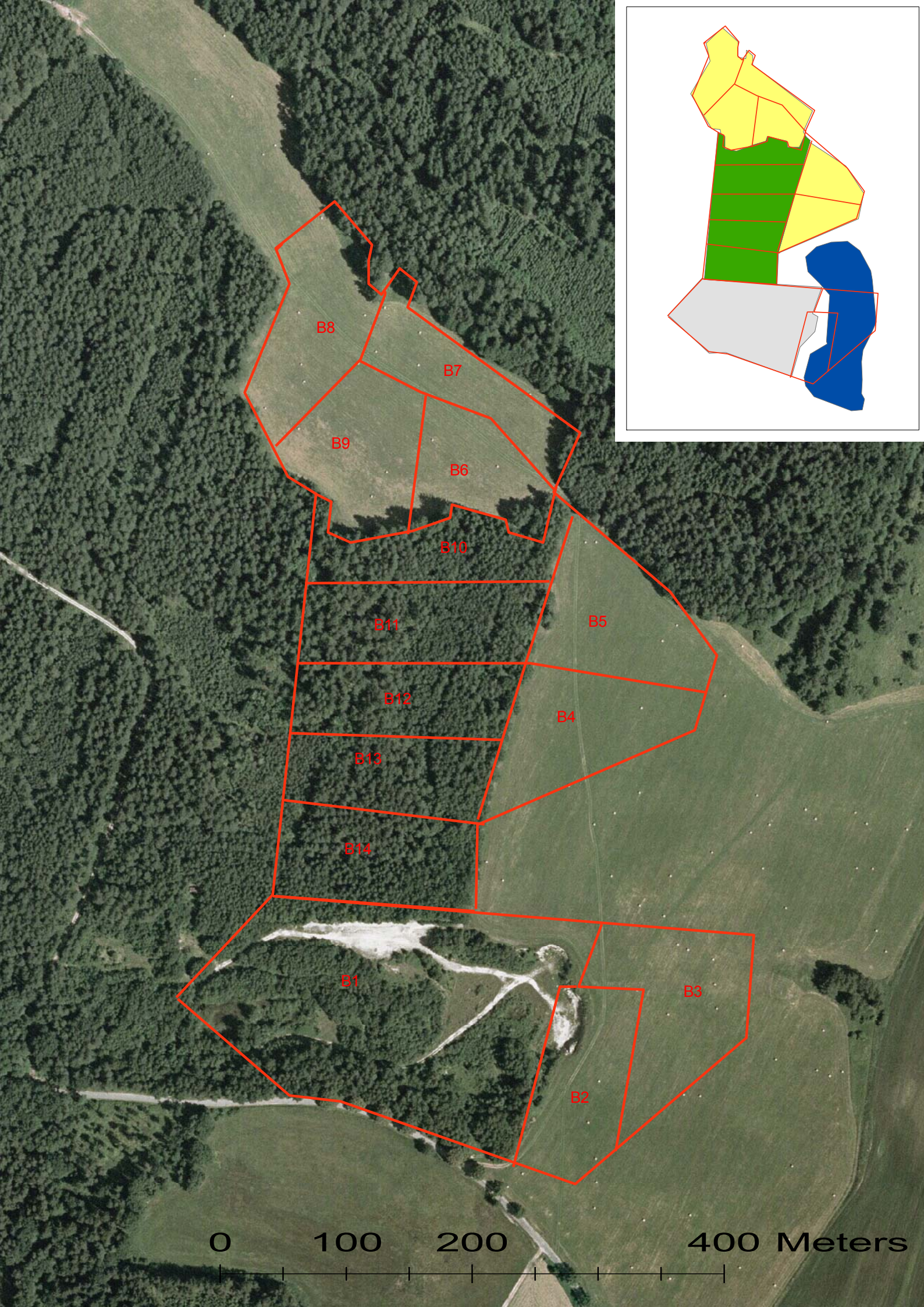
## **6. PŘÍLOHY**

Příloha 1: Plán sanace a rekultivace pískovny Nakolice

Příloha 2: Mapa vegetačních typů staré pískovny (blok B1)

Příloha 3: Mapa krajinného pokryvu okolí do 1 km od středu staré pískovny

Příloha 4: Návrh obnovy vytěžené pískovny spontánní sukcesí








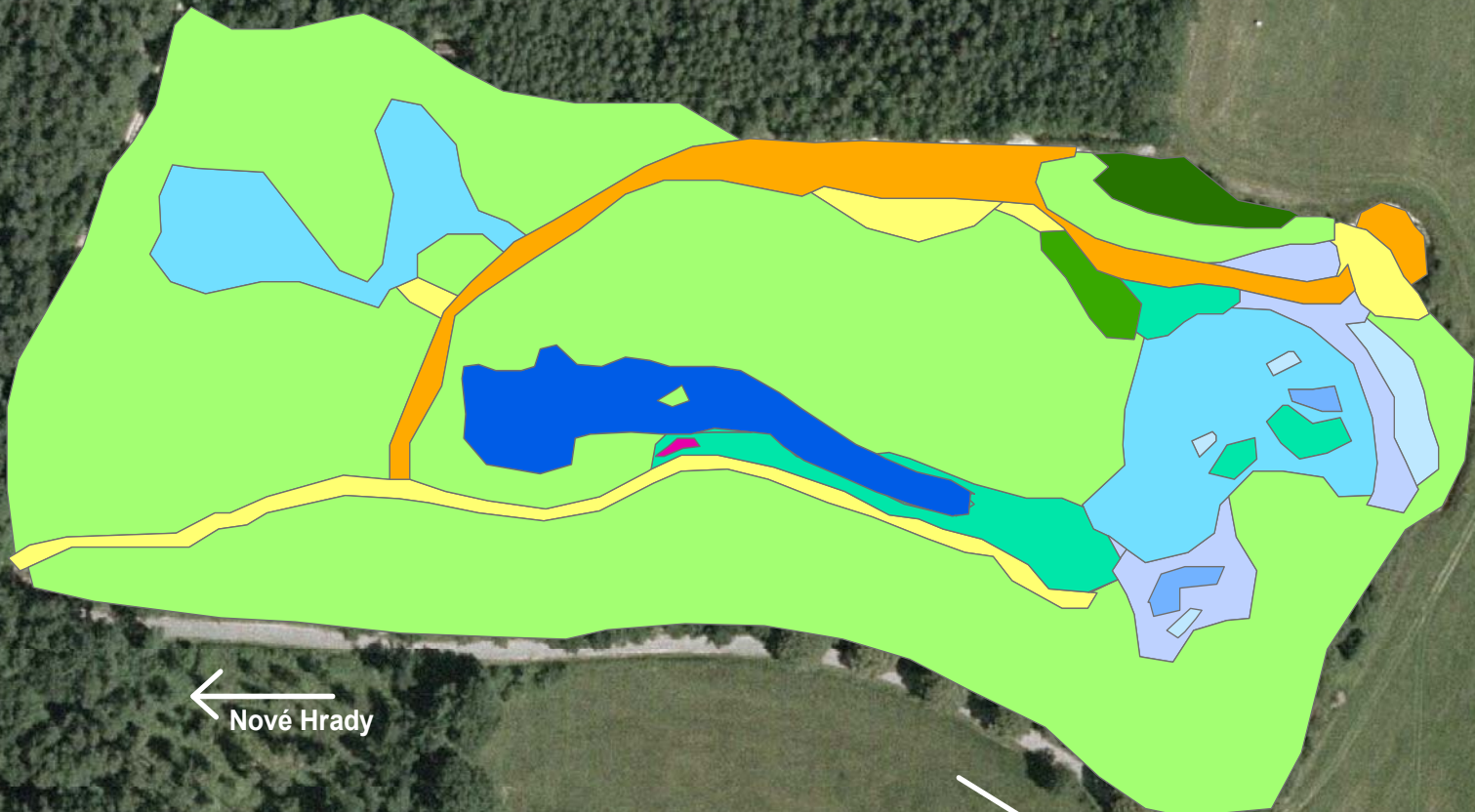
0 100 200 400 Meters

## Příloha 1: Plán sanace a rekultivace pískovny Nakolice

### Legenda

**B1-B14** označení těžebních bloků

-  hranice těžebních bloků
-  hydrická rekultivace s rekreačním využitím
-  lesnická rekultivace
-  spontánní sukcese-nová těžba
-  spontánní sukcese-stará těžba



← Nové Hrady













Nakolice ↘

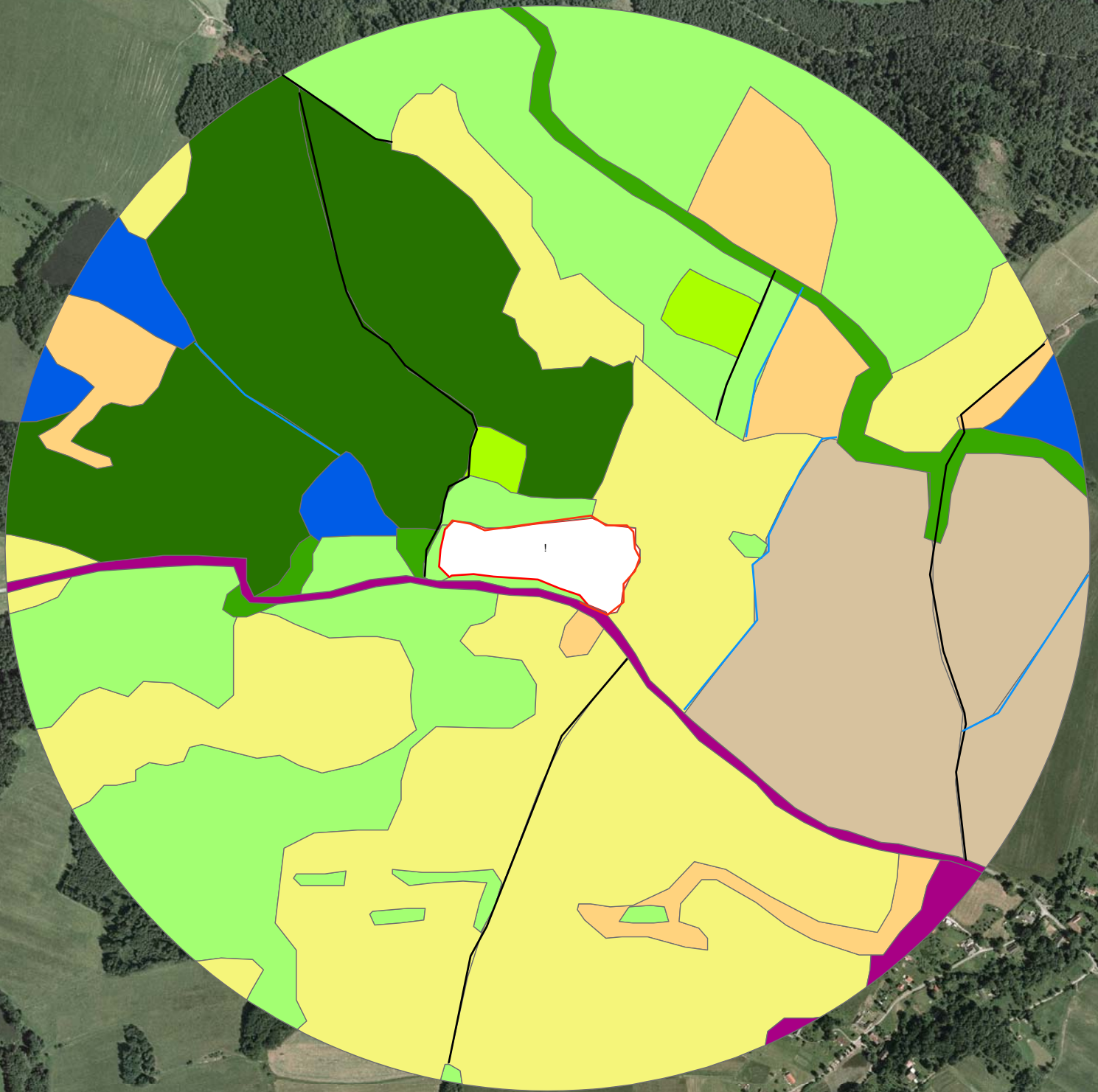
0 25 50 100 Meters



## Příloha 2: Mapa vegetačních typů staré pískovny (blok B1)

### Legenda




-  suché písčiny s nezapojenou vegetací
-  mezické travinné porosty
-  iniciální porosty periodicky zaplavovaných ploch
-  ostatní nezapojená vegetace vlhkých substrátů
-  vegetace vysokých ostřic
-  rákosiny a porosty orobince
-  stojaté vody s makrofyty
-  mladé nálety pionýrských dřevin
-  olšina
-  vrbina
-  lesnická rekultivace
-  porosty nepůvodních druhů rostlin (*Reynoutria japonica*)



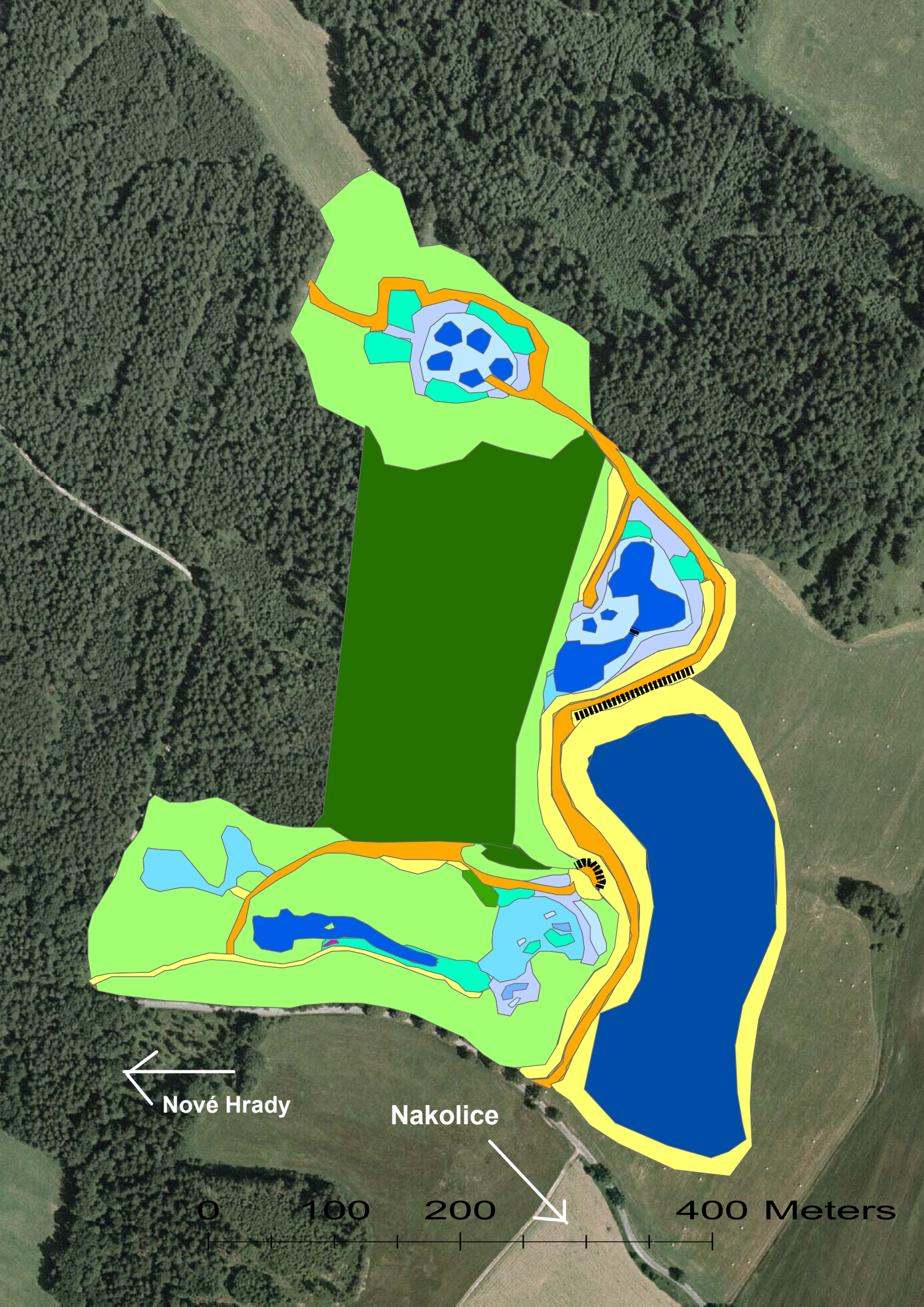
0 500 1 000 Meters

### Příloha 3: Mapa krajinného pokryvu okolí do 1 km od středu staré pískovny

#### Legenda

-  střed pískovny
-  stoky
-  cesty
-  pískovna
-  mezické travinné porosty
-  vlhké louky
-  stojaté vody s makrofyty
-  kulturní listnatý nebo smíšený les
-  olšina
-  paseky
-  lesnická rekultivace
-  pole
-  urbánní plochy















← Nové Hradý

Nakolice ↘

0 100 200 400 Meters

## Příloha 4: Návrh obnovy vytěžené pískovny spontánní sukcesí

### Legenda

	propustek
	stěna pro břehule říční
	suché písčiny s nezapojenou vegetací
	mezické travinné porosty
	iniciální porosty periodicky zaplavovaných ploch
	ostatní nezapojená vegetace vlhkých substrátů
	vegetace vysokých ostřic
	rákosiny a porosty orobince
	stojaté vody s makrofyty
	mladé nálety pionýrských dřevin
	olšina
	vrbina
	porosty nepůvodních druhů rostlin ( <i>Reynoutria japonica</i> )
	přírodní jezero
	lesnická rekultivace