

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Přirozená sukcese jako nástroj obnovy antropogenně
ovlivněných lokalit**

Bakalářská práce

Vladimíra Hofmanová

**Zemědělství, zahradnictví a rozvoj venkova
Rozvoj venkova**

Vedoucí práce

Ing. Zuzana Čadková, Ph.D., DiS.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Přírozená sukcese jako nástroj obnovy antropogenně ovlivněných lokalit" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22. 4. 2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Zuzaně Čadkové, Ph.D., DiS. a konzultantce Ing. Mgr. Zdeně Klimkové za jejich rady a čas, který mi věnovaly při řešení dané problematiky.

Přirozená sukcese jako nástroj obnovy antropogenně ovlivněných lokalit

Souhrn

Balakářská práce se zabývá problematikou obnovy krajiny narušené povrchovou těžbou, která představuje svým plošným rozsahem devastující zásah do přírody a lokálních přírodních společenstev. Následná obnova krajiny je vymezena současným legislativním rámcem, ve kterém jsou obnovní plány připravovány a realizovány, a který zpravidla předpokládá uplatnění klasických rekultivačních postupů.

Práce věnuje pozornost nejen v současné praxi přednostně využívaným obnovním postupům - zemědělským, lesnickým, vodohospodářským a rekreačním rekultivacím, ale zabývá se také možnostmi spontánní, přírodě blízké obnovy. Přitom se zaměřuje na průběh a specifika takové obnovy z řady hledisek jako jsou rozvoj vegetace a přirozených biotopů, diverzita druhů nebo obnova ekosystémových funkcí a to s přihlédnutím k abiotickým i biotickým podmínkám prostředí. Závěry a hodnocení vědeckých studií ukazují, že spontánně sukcesní přístupy v obnově představují plnohodnotnou alternativu obnovních postupů, které s minimálními náklady pomáhají rozvíjet a udržovat ekologickou stabilitu.

V práci jsou dále představena vybraná těžební území v ČR i v zahraničí, na kterých buď proběhla nebo je plánována přírodě blízká obnova.

Klíčová slova: těžební činnost, výsypka, devastace biotopů, obnova krajiny, sukcese, přirozený vývoj společenstev, technická rekultivace, obnova funkce ekosystému

Natural succession as a tool for restoration of anthropogenically affected localities

Summary

The bachelor's thesis deals with the issue of restoration of the landscape disturbed by opencast mining, which is a devastating intervention in nature and local natural communities. The subsequent restoration of the landscape is defined by the current legislative framework, in which restoration plans are prepared and implemented, and which usually assumes the application of classical reclamation procedures.

The thesis pays attention not only to the currently used restoration procedures in the current practice - agricultural, forestry, water management and recreational reclamation, but also deals with the possibilities of spontaneous, naturefull-friendly restoration. It focuses on the course and specifics of such restoration from a number of aspects such as the development of vegetation and natural habitats, species diversity or restoration of ecosystem functions, taking into account abiotic and biotic environmental conditions. The conclusions and evaluations of scientific studies show that spontaneous succession approaches to restoration represent a full-fledged alternative to restoration practices that help to develop and maintain ecological stability at minimal cost.

The work also presents selected mining areas in the Czech Republic and abroad, where either a nature-friendly restoration has taken place or is currently planned.

Keywords: mining activity, dump, habitat devastation, landscape restoration, succession, natural community development, technical reclamation, ecosystem restoration

Obsah

1	Úvod	7
2	Cíl práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Antropogenně ovlivněné lokality	9
3.2	Legislativa k ekologické obnově v ČR	10
3.2.1	Právní úprava obnovy krajiny po těžbě	10
3.2.2	Metodické pokyny MŽP	11
3.2.3	Evropská legislativa	12
3.3	Možnosti obnovy krajiny	12
3.3.1	Zemědělské rekultivace	13
3.3.2	Lesnické rekultivace	13
3.3.3	Hydrické rekultivace	14
3.3.4	Rekreační rekultivace	15
3.3.5	Přírodě blízká obnova	15
3.4	Plánování rekultivace	16
3.5	Sukcese	18
3.5.1	Průběh spontánní sukcese versus rekultivace	20
3.5.1.1	Vývoj půd a mikrobiální aktivita	21
3.5.1.2	Vegetační pokryvnost	23
3.5.1.3	Biodiverzita	25
3.5.1.4	Primární produkce biomasy	26
3.5.1.5	Fytocenóza	27
3.5.1.6	Zoocenóza	27
3.5.2	Obnova narušených ekosystémů přirozenou sukcesí v ČR	28
3.5.2.1	Vybraná území s přirozenou sukcesí	29
3.5.3	Obnova narušených ekosystémů přirozenou sukcesí ve světě	31
4	Závěr	32
5	Literatura	32

1 Úvod

Krajina a životní prostředí představují vnější životní prostor člověka, ve kterém člověk žije a přirozeně jej využívá – k pohybu i rekreačním účelům, ale především k materiálnímu prospěchu. Zemědělská, lesnická a průmyslová činnost člověka má však vedle ekonomických přínosů také environmentální důsledky a je spojena s negativními dopady na krajinu a životní prostředí, které v konečném důsledku zpětně ovlivňují samotného člověka. Jako příklad negativní činnosti lze uvést těžbu, která má v ČR dlouhou tradici a je důležitou stránkou ekonomiky, současně ale mění vzhled krajiny a významně zasahuje do stávajících ekosystémů v dané lokalitě.

V lomech s povrchovou těžbou dochází k rozsáhlému porušení zemského povrchu odtěžením nadložních vrstev sedimentů za vzniku výsypek a vytěžení požadované horniny. Při hlubinné těžbě se vytěžený nerost dopravuje na povrch z dolu. V krajině po ní zůstávají haldy tvořené nerostným odpadem.

Krajina zdevastovaná těžební činností výrazně zatěžuje životní prostředí, z tohoto důvodu je zmiňovaná těžební činnost regulovaná zákonem a zákon postihuje také rekultivační procesy, které těžební činnost provází nebo na ni bezprostředně navazují.

Obnova krajiny narušené těžební činností probíhá dvěma základními způsoby, které se mohou kombinovat – sukcesními přírodními procesy nebo řízenou rekultivací.

V současné době se výzkum stále více zaměřuje na sledování přirozené sukcese; antropogenní stanoviště jsou přitom vnímána nejen jako povinnost a závazek navrátit přírodě zničená území, ale zároveň jako příležitost pro podporu a rozvoj exkluzivních ekosystémů a rozšíření biodiverzity. V této souvislosti je na místě také zmínit, že nastávající dekáda byla OSN vyhlášena jako dekáda obnovy narušených ekosystémů.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vytvoření aktuálního literárního přehledu zahrnujícího problematiku obnovy degradované krajiny, včetně popisu jednotlivých principů a metod hodnocení úspěšnosti, charakteristiku procesu přirozené sukcese a možnosti využití tohoto přístupu při obnově narušených ekosystémů v rámci ČR i jiných částí světa.

Práce je zaměřena především na obnovu krajiny poškozené těžbou v České republice. Okrajově bude pojednána tato problematika v kontextu evropské praxe a porovnána rekultivace a spontánní sukcese ve snaze dospět ke zjištění, která z těchto metod je vzhledem ke své povaze šetrnější k životnímu prostředí, a to z různých aspektů.

3 Literární rešerše

3.1 Antropogenně ovlivněné lokality

Pod pojmem antropogenní si lze představit vše, co vytvořil nebo způsobil člověk, ať už přímo (výstavbou dálniční a silniční sítě, v rámci městských aglomerací zatížených průmyslovou činností, těžbou surovin a odlesňováním), nebo nepřímo (spalováním fosilních paliv, monokulturní zemědělskou produkcí a ztrátou biodiverzity).

Tyto zásahy mají dalekosáhlé následky ve fungování ekosystémů i celých krajín: zvýšení eroze, snížení dostupnosti vody, nebo naopak její přebytek a zvýšené riziko záplav, degradace půd, negativní vlivy na klima aj. Nejde přitom jen o plošné ztráty. Negativním jevem je bezesporu fragmentace biotopů a její důsledky např. pro metapopulační dynamiku druhů až k jejich vymizení (Prach 2009).

Vedle kulturní krajiny, kde je přirozeně rozvíjí vztah mezi přírodními a antropogenními vlivy a je zcela zachována autoregulační schopnost prostředí a jeho stabilita, můžeme klasifikovat další gradienty vlivu člověka:

- narušená kulturní krajina (stabilita přírodních složek je narušena),
- degradace prostředí (intenzivní působení stresových faktorů, snížení stability ekosystému),
- devastace (znehodnocení přírodního prostředí, likvidace půdy i rostlinstva),
- ekologická katastrofa (podmínky biologické reprodukce dočasně zanikají) (Vráblíková at al. 2009).

Antropogenně ovlivněné lokality, kterým v rámci této práce bude především věnována pozornost, jsou lokality ovlivněné těžební činností v lomech, kde se dobývá nerostné bohatství (vymezené §3, odst.1 zákon č. 44/1988 Sb) a další suroviny jako rašelina, písek, štěrk apod. Typickým příkladem mohou být velkouhelné lomy v Podkrušnohoří, kde bylo při povrchové těžbě ovlivněno více než 400m² plochy (Pešout at al. 2021). Těžební činnost v lomech způsobuje degradaci krajiny nejen z estetického pohledu, ale především z pohledu devastace biosféry extenzivními skrývkovými a trhacími pracemi, budováním deponií a výsypek, činností těžebních strojů a těžké mechanizace.

Ačkoliv existuje zákonná povinnost tato území po ukončení těžební činnosti rekultivovat (ve smyslu odstranění škod na krajině), mnohdy dochází k technické rekultivaci bez biologického a ekologického průzkumu lokality (Gremlica at al. 2011) a to podle neaktualizovaných plánů, starých často desítky let (Gremlica at al. 2013).

Obor, který se touto problematikou zabývá se nazývá ekologie obnovy (restoration ecology). Ekologie obnovy spojuje ekologickou teorii s metodickými pokyny směřujícími k obnově člověkem narušených nebo zcela zdevastovaných lokalit a využívá přitom teoretické koncepty ekologie jako vědního oboru – teorie sukcese, disturbance, vztahy diverzity apod.

V procesu obnovy lze obecně rozlišit následujících sedm postupných klíčových kroků (Hobbs & Norton 1996):

- Identifikace procesů, které vedly k degradaci
- Navržení postupů vedoucích k zastavení degradace
- Stanovení realistických cílů projektu obnovy
- Navržení snadno měřitelných parametrů dokumentujících proces obnovy
- Navržení konkrétních metodických postupů obnovy
- Začlenění těchto postupů do projektu a jeho praktická realizace
- Monitoring

Těžbou narušených stanovišť, kde degradace předchozích ekosystémů již proběhla, se týkají body počínaje třetím v pořadí. (Řehounek at al. 2010).

3.2 Legislativa k ekologické obnově v ČR

3.2.1 Právní úprava obnovy krajiny po těžbě

Problematika ekologické obnovy území narušených těžbou není zakotvena pouze v jednom zákoně. Nejdůležitější úpravu představuje zejména **zákon č. 44/1988 Sb o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)**. Kromě vymezení povinností těžební organizace spojené s ochranou nerostného bohatství, průzkumu, projektování, výstavby a provozování dolů a lomů zavazuje k sanaci a rekultivaci pozemků dotčených těžbou, přitom za sanaci se považuje především odstranění škod na krajině zejména komplexní úpravou území a územních struktur.

„(5) Organizace je povinna zajistit sanaci a rekultivaci všech pozemků dotčených těžbou. Sanací se pro účely tohoto zákona rozumí uvedení území dotčeného vlivy hornické činnosti do stabilního a bezpečného stavu, který umožní provedení rekultivací podle jiného právního předpisu (zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu); součástí sanace je technická likvidace dolu nebo lomu. Sanace pozemků uvolněných v průběhu dobývání se provádí podle plánu otvírky, přípravy a dobývání. (6) Technickou likvidací dolu nebo lomu se pro účely tohoto zákona rozumí uvedení důlních děl vzniklých při hornické činnosti do stavu, který nebude vytvářet bezpečnostní riziko ani riziko vzniku ekologické škody nebo havárie. Do technické likvidace dolu nebo lomu patří i stavby a podpovrchové objekty, jejichž odstranění je nezbytné pro provedení sanace a rekultivace, nebo jsou součástí hlavních důlních děl.“

Horní zákon umožňuje využití přírodě blízkých způsobů obnovy a takto uspořené prostředky z rezervního fondu (ustanovení § 31 odst. 6) může těžební organizace využít k dalšímu podnikání (musí z nich však dodatečně odvést daň).

Zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu dále stanovuje povinnost „navrhnout a zdůvodnit takové řešení, které je z hlediska ochrany zemědělského půdního fondu a ostatních zákonem chráněných obecných zájmů nejvýhodnější.“ Právnícké nebo fyzické osoby oprávněné k těžbě přitom musí vyhodnotit předpokládané důsledky navrhovaného řešení za zemědělský půdní fond s přihlédnutím k možnostem rekultivace.

Návrhy musí být projednány s orgány ochrany zemědělského půdního fondu a organizace musí získat předchozí souhlas Ministerstva životního prostředí, včetně návrhu studie rekultivace, která musí být v souladu s metodickou vyhláškou MŽP ČR č.13/1994 Sb.

Další zákony, které je v této souvislosti nezbytné zmínit jsou:

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů stanovuje záměry těžby nerostných surovin podle rozsahu a objemu těžby, ukládá povinnost zpracovat dokumentaci vlivu daného záměru na životní prostředí včetně následné rekultivace území.

Zákon č. 157/2009 Sb., o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých zákonů definuje pojem těžební odpad, úložný prostor a další související pojmy, upravuje podmínky pro nakládání s těžebními odpady a způsoby předcházení negativních vlivů odpadu na životní prostředí.

Zákon ČNR č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů stanovuje podmínky povolení a provádění hornické činnosti a působnost státní báňské správy, která povoluje dobývání; jeho součástí je také plán rekultivací území.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon), vymezuje povinnost získat povolení místně a věcně příslušného vodoprávního úřadu z pozemků, na nichž se nachází koryto vodního toku, a ukládání těžebního odpadu do povrchových vod. Hydrické rekultivace se musí řídit vodním zákonem – např. s ohledem na zatopení jam velkolomů, stavbou retenčních nádrží a dalších vodních děl.

Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, vymezuje tzv. Územní systém ekologické stability – vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu.

3.2.2 Metodické pokyny MŽP

Vyhláška MŽP ČR č. 13/1994 Sb. upravuje některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu a konkrétní podmínky pro provádění rekultivací, viz příloha č. 7 vyhlášky.

Plán rekultivace obsahuje:

- technickou část, ve které je třeba uvést množství skrývaných zemin a způsob jejich využití, cíl a způsob terénních úprav pozemků, výsypek a odvalů včetně přípravy pozemků pro biologickou rekultivaci, úpravy vodního režimu, melioračních opatření a způsob vybudování příjezdových a provozních komunikací,
- biologickou část, ve které je třeba uvést meliorační osevňovací postup, intenzitu hnojení a cíl rekultivace,
- časový postup technické a biologické rekultivace,
- rozpočet nákladů na provedení rekultivace,
- mapové podklady s vyznačením údajů vymezených v bodech 1, 2 a 3, profily terénu před a po rekultivaci včetně napojení rekultivovaného území na okolní terén.

V souvislosti s tím, jak dlouhou dobu probíhá těžba v těžebních lokalitách, dochází přirozeně k tomu, že rekultivace jsou realizovány na základě neaktuálních nebo nedostatečných plánů.

3.2.3 Evropská legislativa

Česká republika je členem řady mezinárodních dohod a úmluv a dvoustraných smluv, přičemž zejména vstup ČR do EU v roce 2004 přinesl řadu změn v oblasti legislativních nástrojů (např. Úmluva o biologické rozmanitosti, Úmluva o mokřadech, Evropská úmluva o krajíně apod.). Nejvýznamnějším přínosem v oblasti ochrany přírody a krajiny je zákon č. 218/2004 Sb, který nahradil zákon o ochraně přírody a krajiny č 114/1992 Sb. Na základě tohoto zákona mohou být oblasti s úspěšně probíhající ekologickou sukcesí a přítomností cenných ekosystémů vyhlášeny přechodně chráněnou plochou, příp. navrženy za zvláště chráněná území.

Účelem zákona 218/2004 Sb. je přispět k udržení a obnově přírodní rovnováhy v krajíně, k ochraně rozmanitosti forem života, přírodních hodnot a krás, k šetrnému hospodaření s přírodními zdroji a vytvořit v souladu s právem Evropských společenství v České republice soustavu Natura 2000. Natura 2000 je největší soustava chráněných území na světě, která vytvářejí podle jednotných pravidel všechny státy Evropské unie. Cílem je zabezpečit ochranu těch druhů živočichů, rostlin a přírodních stanovišť, které jsou z evropského pohledu nejcennější, nejvíce ohrožené, vzácné či omezené svým výskytem.

Evropské závazky v oblasti ochrany přírody zohledňuje komplexně Státní program ochrany přírody a krajiny České republiky. Výchozí znění tohoto programu z roku 1998 bylo dvakrát aktualizováno, v současné době poskytuje souborné cíle a opatření pro období let 2020-2025. Hlavním úkolem tohoto programu je zastavení pokračujícího úbytku biologické rozmanitosti a zároveň stanovit konkrétní opatření, která povedou ke zlepšení stavu biodiverzity.

3.3 Možnosti obnovy krajiny

Zatímco **rekultivace**, tedy obnova těžbou poškozené krajiny implikuje převážně aktivní obnovu zemědělského půdního fondu, případně navrácení území původnímu účelu a zapojení do produkčního procesu, **revitalizace** s sebou přináší obnovu ve smyslu znovu oživení krajiny – jejím obsahem je tedy především rozvoj původních i nových ekosystémů.

Rekultivace krajiny se rozděluje dle následného využití ploch, ovšem v prvotní fázi je zpravidla přistoupeno k **sanaci, tedy technické rekultivaci** spočívající v provedení náročných terénních úprav a opatření proti potenciálním sesuvům apod.

Cílem technické rekultivace je (Smolík & Dirner 2006):

- zajistit neškodný odtok vody z povrchu,

- vytvořit optimální podmínky pro hospodaření s vodou odtékající i přitékající, napomáhat vzniku a ustálení nového vodního režimu a tím i vytvoření klimatu příznivého pro vegetaci,
- zajistit ochranu před erozí,
- vytvořit podmínky pro převrstvení materiálem vhodným pro rekultivace,
- začlenit objekty do funkce okolní krajiny,
- zřízení příjezdových a hospodářských cest.

Tyto sanační práce sice vyhovují bezpečnostním předpisům, ale jejich zásadním nedostatkem pro budoucí vzhled i funkce krajiny je zcela nevhodné extrémní snížení morfologické diverzity terénu a totální devastace hodnotných biotopů, které se v příhodných částech lokalit vytvořily v průběhu delšího období mezi zahájením těžby a započatím rekultivačních prací.

Celkové náklady technických rekultivací se pohybují v rozmezí od 300 do 800 tisíc Kč¹ na 1 ha (Gremlica et al. 2013).

3.3.1 Zemědělské rekultivace

K zemědělské rekultivaci se přistupuje v případě, že předmětné plochy byly vyňaty ze zemědělského půdního fondu; samotná zemědělská rekultivace zpravidla navazuje na provedené technické úpravy terénu.

Výsledkem zemědělských rekultivací je zakládání polí, luk, vinic, sadů na rovných nebo mírně svažitéch stanovištích. Po prvotní technické rekultivaci je povrch, na který byly navezeny půdní horizonty z jiných lokalit, je oset komerční travní směsí, většinou s vysokým podílem vikvovitých, dusík fixujících rostlin, v některých případech následuje sadba požadovaných cílových plodin.

Výsledkem velkoplošných úprav jsou nezřídka velké zemědělské plochy, které postrádají ekostabilizační prvky.

Celkové náklady zemědělských rekultivací se pohybují v rozmezí od 100 do 300 tisíc Kč na 1 ha (Gremlica et al. 2013).

3.3.2 Lesnické rekultivace

Lesnické rekultivace jsou stále převládajícím typem rekultivací (viz tabulka 1).

Lesnické rekultivace probíhají ve dvou fázích. V první fázi, zpravidla 1-3 roky, probíhá mechanická a chemická příprava půdy a vlastní výsadba dřevin. Ve druhé fázi probíhající po dobu 6-8 let jsou provedené výsadby zkvalitňovány – hnojeny, okopávány, umísťují se ochrany proti zvěři a v případě potřeby probíhají prořezávky.

¹ Údaj z roku 2013

Zřetelné je v současnosti vytváření borových nebo smrkových monokultur, mnohdy navíc o extrémní hustotě – provozním záměrem je vypěstovat na rekultivovaných plochách co nejrychleji kvalitní kmenové dřevo bez suků, které je výsledkem růstu stromů ve velmi hustém sponu.

Alternativními často využívanými dřevinami jsou nejen původní dub letní, dub zimní, habr obecný, jasan ztepilý, lípa malolistá, apod. ale také nepůvodní druhy nebo dokonce invazní neofyt trnovník akát.

Výsadba stejnověkých monokultur celků na velkých rozlohách je v přímém rozporu s koncepcemi Ministerstva zemědělství ČR i Ministerstva životního prostředí (Státní politika životního prostředí ČR, Státní program ochrany přírody a krajiny ČR) a není v souladu ani s požadavkem § 25 odst. 3 zákona č. 289/1995 Sb., podle něhož jsou závaznými ustanoveními lesního hospodářského plánu maximální celková výše těžeb a minimální podíl melioračních a zpevňujících dřevin při obnově porostu.

Přitom celkové náklady lesnických rekultivací se pohybují v rozmezí od 300 do 600 tisíc Kč na 1 ha (Gremlica et al. 2013).

3.3.3 Hydrické rekultivace

Vodohospodářskými (hydrickými) rekultivacemi se rozumí budování retenčních vodních nádrží, drenáží, odvodňovacích kanálů směřujících k regulaci odtoku, zachycení erozních sedimentů apod.

V posledních letech jsou budovány velkoplošné hydrické rekultivace zaplavením bývalých důlních jam a opuštěných lomů. Rozloha a retenční potenciál těchto lokalit přitom dosahuje stovky hektarů vodní plochy při objemu až půl miliardy kubických metrů vody.

Retenční nádrže i velká lomová jezera poskytují úchvatný estetický zážitek, zadržují vodu v krajině a přispívají ke změně mikroklimatu, většinou slouží také k sportovním a rekreačním účelům.

Vzhledem k tomu, že jámy po těžbě mají svoji geochemickou dynamiku (např. snížené pH, vyšší hladiny solí apod.) je rozvoj planktonu a zarybnění relativně malé. Podobně regulace mikroklimatu odparem vody nedosahuje očekávané úrovně, protože odpad vody z hladiny je několikanásobně nižší oproti evapotranspiraci rostlin.

I v případě hydrických rekultivací je třeba přiznat řadu problémů. Zásadním nedostatkem koncepce vytváření velkých rekultivačních jezer je absence přírodních a přírodě blízkých ekosystémů a tím také nízká ekologická stabilita (Gremlica et al. 2013). Dále - podobně jako u dalších forem rekultivace je často zapotřebí vynakládat dlouhodobé či dokonce trvalé náklady na údržbu. Například v případě jámy Most činí průměrné roční náklady na údržbu 15 mil Kč, z toho doplňování hladiny vody snižované odparem průměrně 8-10 mil. Kč/rok. Aktuálně zpracované studie ukázaly, že při uvažování přítoku pouze z vlastního povodí je obtížné nalézt dlouhodobě stabilizovanou hladinu jezer (Pešout et al. 2021).

Celkové náklady hydrických rekultivací se pohybují v rozmezí od 1900 do 7800 tisíc Kč na 1 ha (Gremlica et al. 2013).

3.3.4 Rekreační rekultivace

Rekreační rekultivace se zpravidla volí ve vhodné vzdálenosti od osídlených oblastí - budují se cyklostezky, golfové hřiště, dráhy pro motosport, fotbalové areály, dostihová závodiště apod.

Taková obnova si zpravidla klade za cíl vytvořit pocit harmonizující krajiny v co nejkratším čase. Výsledkem takových projektů jsou realizace založené na rozsáhlých terénních úpravách s cílem zcela zahladit stopy po těžebních pracích, často provázené zakládáním parkových ploch a výsadbou nepůvodních druhů stromů a keřů.

Pro většinu rekreačních rekultivací je typická absence přírodních a přírodě blízkých ekosystémů a v důsledku toho velmi nízká ekologická stabilita nově vytvořené kulturní krajiny.

Celkové náklady rekreačních rekultivací se pohybují od 300 do 2800 tisíc Kč na 1 ha (Gremlica et al. 2013).

Tabulka 1 ukazuje na příkladu Ústeckého kraje zastoupení jednotlivých typů rekultivací.

Těžební společnost	Druh rekultivace				celkem [ha]
	zemědělská [ha]	lesnická [ha]	hydrická [ha]	ostatní vč. parkové [ha]	
Severočeské doly, a. s.	1 463	1 838	139	420	3 860
Mostecká uhelná společnost - Czech Coal, a. s.	1 522	3 044	154	1 647	6 367
Palivový kombinát Ústí nad Labem	519	788	27	405	1 739
Severočeský hnědohlelný revír celkem [ha]	3 504	5 670	320	2 472	11 966
	[%]				
	29,8	46,6	2,6	21,0	100

Tabulka 1 - Struktura dokončených rekultivací v Severočeském hnědohlelném revíru v období 1950 – 2008 (Vráblíková 2010)

3.3.5 Přírodě blízká obnova

Ačkoliv převážná většina těžbou zdevastovaných území byla technicky rekultivována, v některých případech – ať už záměrně nebo vzhledem k nedostatku finančních prostředků – byla oblast ponechána přírodě blízkému způsobu obnovy.

Dnes již můžeme na řadě lokalit hodnotit a porovnávat plochy po technické rekultivaci a plochy ponechané samovolnému vývoji - závěry řady vědeckých prací ukazují, že většina těžbou narušených území má potenciál samovolné obnovy v přijatelném časovém horizontu (Prach & Pyšek 2001; Hodačová & Prach 2003; Prach & Tolvanen 2016).

Přírodě blízká obnova, také spontánní nebo mírně usměrňovaná sukcese, je zpravidla zařazována autory do kategorie ostatních rekultivací a nemá vyčleněnou samostatnou kategorii rekultivace. V některých odborných textech je však autory zcela vyčleněna z klasických rekultivačních postupů a je klasifikována jako další rekultivační postup (Melichar et al. 2019).

Jako přírodě blízkou obnovu lze klasifikovat také usměrňovanou sukcesí kdy dochází k zásahu buď během iniciální fáze sukcese nebo v průběhu vývoje.

K urychlení sukcesního vývoje – ovšem s nesrovnatelně nižšími náklady oproti klasickým rekultivačním postupům – je účelné přistoupit ve specifických případech (extrémní rozloha těžební lokality, bariéry migrujících diaspor, zhutněný terén nebo acidita či fytoxicita materiálu) např. vytvořením semenných ostrůvků na rozlehlých lokalitách, úpravou kyselosti půdy nebo doplněním nutričně bohatým materiálem jako jsou kanalizační splašky (Bradshaw 2000).

Podobně zásahy během pozdní fáze sukcese mohou být cíleny na konzervaci a ochranu raně sukcesních druhů, které by jinak neobstály v kompetici pozdních společenstev, nebo na omezení či eliminaci invazních druhů.

3.4 Plánování rekultivace

Základním úkolem rekultivace je obnova či vytváření zemědělských pozemků a kultur, lesních kultur, vodních ploch a toků v souladu s koncepcí ekologicky vyvážené krajiny a životního prostředí. Výsledkem je tak zpravidla kulturní les, zemědělsky obdělávaná půda, případně jezerní plocha určená pro rekreaci. Vedle těchto konvenčních východisek, jejichž kořeny lze mapovat až do 50-tých let, kdy bylo hlavním cílem obnovit produkční potenciál půdy zničený druhou světovou válkou, jsou v současnosti stále aktuálnější úvahy, které sledují udržitelnost, biodiverzitu a ochranu rostlinných a živočišných druhů (Bradshaw 2000).

Rekultivace zahrnuje soubor technických a biotechnických opatření, přičemž:

- terénní úpravy, navážka úrodných půd, soustava půdních meliorací ke zlepšení půdních vlastností a k urychlení průběhu půdotvorných procesů, hydromeliorační opatření odvodnění, výstavba komunikační sítě apod. jsou řazeny do **skupiny technických opatření**,
- soubor speciálních způsobů zemědělských rekultivací, speciálních osevních postupů, soubor lesobiotechnických zásahů spojených s péčí o lesní kultury, sadovnické rekultivace, výsadba a ošetřování rekreačních oblastí patří do **skupiny biotechnických opatření**.

Zatímco je zákonem stanoveno, komu a kdy vzniká a trvá rekultivační povinnost, není výslovně uvedeno, jak a k čemu dotčené plochy rekultivovat.

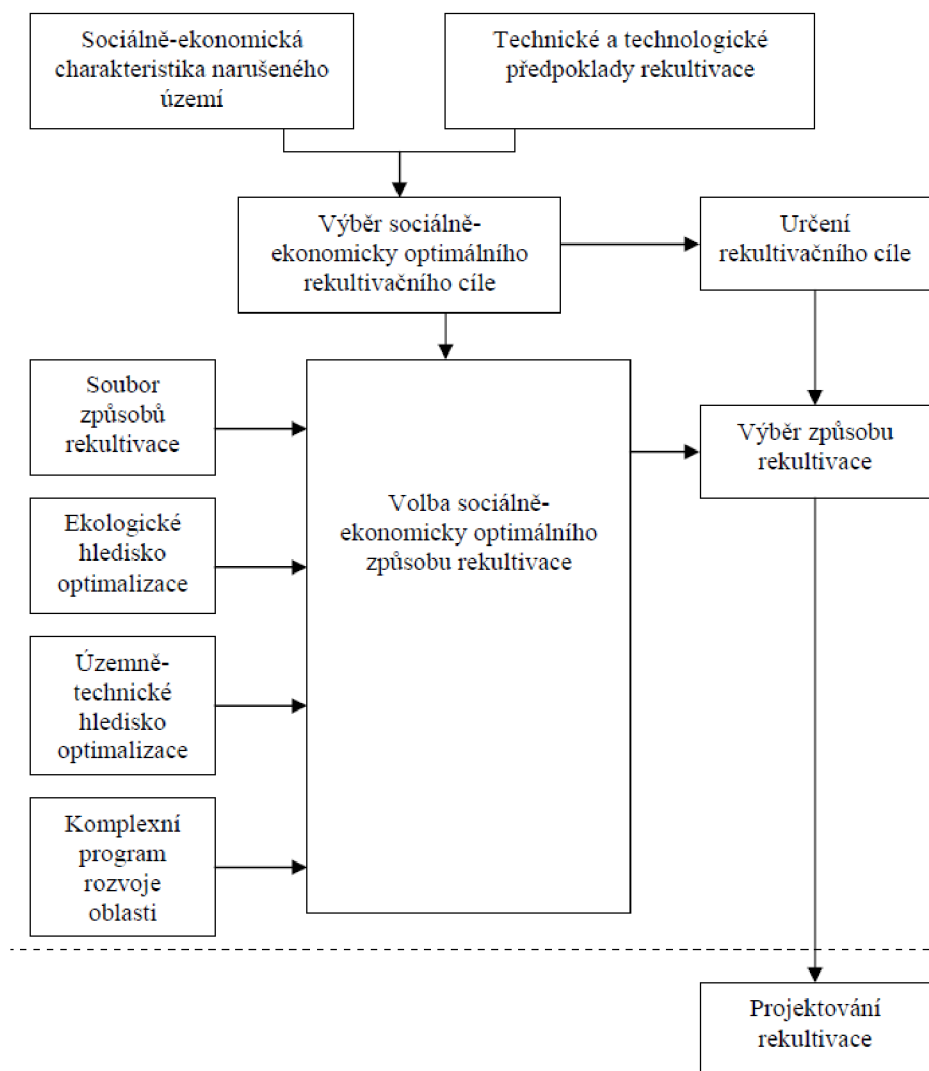
Hlediska, která jsou při výběru optimálních způsobů rekultivace posuzována, jak ukazuje přehledně obrázek 1, lze dělit na:

- územně technická
- sociálně-ekonomická
- ekologická.

Územně technické plánování vymezuje primárně funkce území, stanovuje zásady jejich výhledového rozvoje, určuje rozvržení ploch pro jednotlivé hospodářské a společenské účely, dále vymezuje oblasti klidu, ochranná pásma nebo chráněná území, řeší umístění staveb a v neposlední řadě nutné sanační zásahy v oblasti.

Sociálně-ekonomické hledisko posuzuje budoucí ekonomickou efektivitu rekultivované krajiny - hledá nejvhodnějšího využití vymezené charakteristikou rekultivovaného území v souladu s jeho potenciálem. V případě zemědělského využití ploch jde o cílení mechanizačně přístupných a obhospodařovatelných souvislých ploch, v případě rezidenční nebo průmyslové zástavby o výškově málo členité pozemky, ideálně orientované vzhledem k dopravní infrastruktuře. V případě využití pro rekreační účely lze naopak využít dynamiku reliéfu, vodní plochy i odlehlost od průmyslových oblastí.

Ekologická hlediska zohledňují návrh rekultivačních činností vzhledem ke krajinnému reliéfu, (který je jedním z faktorů ovlivňujících žádoucí bioklimatické poměry), nově vznikajícím ekosystémům s ohledem na biodiverzitu a rovnováhu, kvalitě rekultivovaných půd a vodnímu režimu.



Obr. 1 Hlediska posuzování optimálních způsobů rekultivace

K projektování a realizaci rekultivačních prací jsou ustaveny příslušné specializované instituce, ale složitá předprojektová příprava je většinou ponechána těžební společnosti, která často nemá profesní kvalifikaci k adekvátnímu ekologickému, sociálněekonomickému a

technicko-územnímu zhodnocení rekultivovaného území, a účelnému zpracování předprojektové dokumentace (Smolík & Dirner 2006).

Východiska, která byla při plánování rekultivací platná v 50. - 70. letech 20. století, kdy hlavním kritériem bylo navrácení zdevastované krajiny mezi ekonomicky produktivní území, se v současti ukazují jako jednoúčelová, neúměrně nákladná a z hlediska obnovy ekosystémů většinou problematická.

Plány sanací a rekultivací musí být vhodně upraveny na základě odborných konzultací s biologi a ekology tak, aby výsledky i cílové stavy jednotlivých ploch byly uvedeny do souladu nejen s právními předpisy upravujícími oblasti ochrany a využívání nerostného bohatství, bezpečnosti, hygieny a ochrany zdraví obyvatelstva, ochrany zemědělského půdního fondu a lesního hospodářství, ale především, aby respektovaly požadavky právní úpravy ochrany přírody a krajiny i ochrany ekosystémů, biotopů a biodiverzity, které jsou veřejným zájmem.

3.5 Sukcese

Ekologická sukcese je zákonitý proces vývoje každého společenstva probíhající neperiodicky během delšího časového období. Dochází při ní k zásadním změnám ve struktuře společenstva, případně k náhradě stávajícího společenstva společenstvem jiným. Obecně (ne však vždy) platí, že čím je dané společenstvo starší, tím je druhově pestřejší a rozvrstvenější, tím větší zahrnuje počet ekologických nik a tím efektivnější je využívání energie a živin a jejich recyklace.

Vývoj probíhá v několika stádiích, přitom jednotlivá stadia mohou trvat různě dlouhou dobu a tvoří tzv. sukcesní řadu:

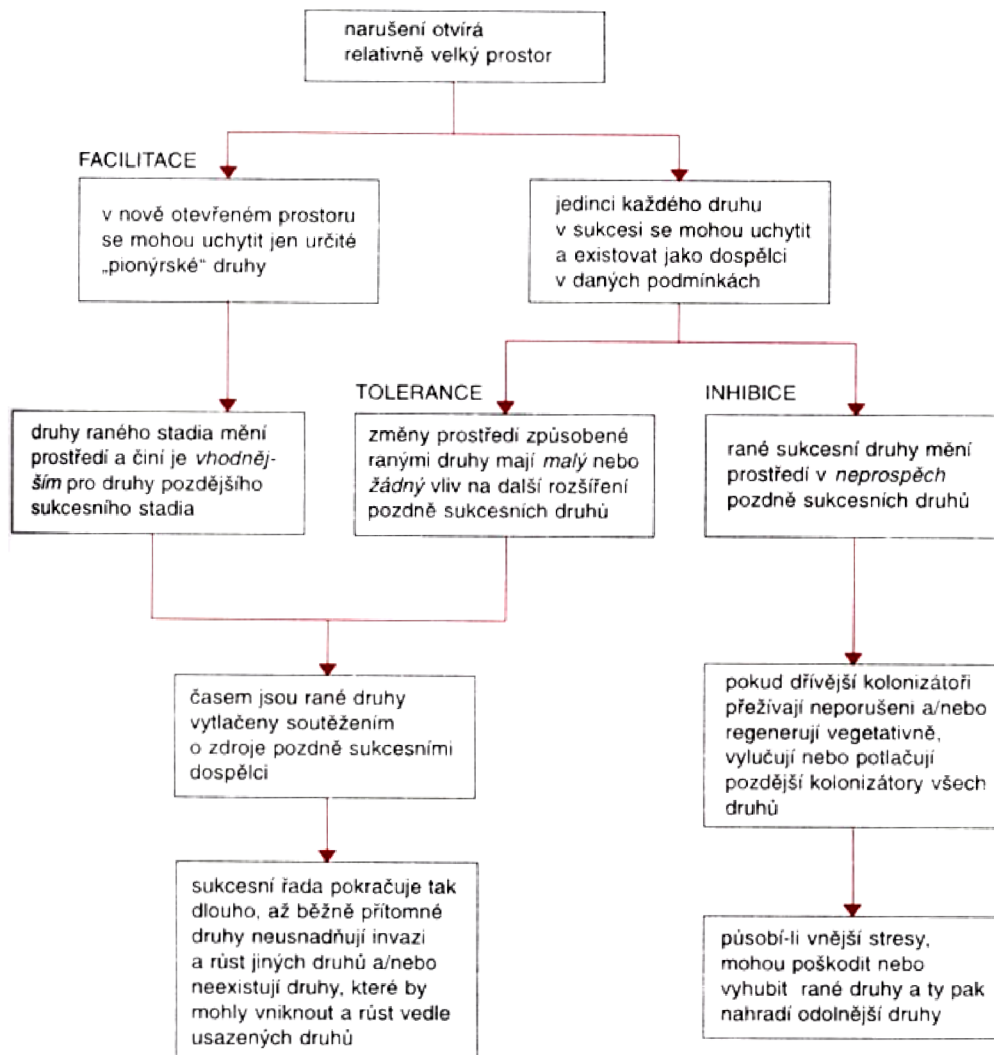
- disturbancí, neboli událostí během níž dojde k eliminaci organismů a vytvoří se prostor pro kolonizaci jedinci stejného nebo jiného druhu
- iničiální stadiem, kdy vznikají první společenstva, ale také k postupné tvorbě prostředí (ekotopu) a vývoji půd
- stadiem klimaxu, tedy finálním stadiem, kdy je stanoviště osídleno nejlépe adaptovanými organismy na konkrétní místo a nově vzniklý systém je ekostabilní, tzn. v dynamické rovnováze se svým abiotickým prostředím.

V případě, že sukcese probíhá na místě, které ještě nikdy nebylo organismy osídleno (např. na skále, sopečné vyvěřelině nebo říčním náplavu), nazývá se tento vývoj primární sukcese. Pokud na daném stanovišti nějaké společenstvo již existovalo, ale bylo odstraněno, dochází k tzv. sekundární sukcesí (zpravidla probíhá vývoj na již vytvořeném půdním podkladu s určitou zásobou diaspor v prostředí).

Během ekologické sukcese jsou nenáročné pionýrské druhy (nazývané také S-stratégové, dobře snášející stres a omezený přísun živin a produkující velké množství potomstva) postupně nahrazovány K-stratégy, náročnějšími, specializovanými, rychle

rostoucími a dobře přizpůsobenými konkurenčnímu prostředí vyspělejšího ekosystému (Polášková 2011).

Z obrázku 2 jsou patrné jednotlivé sukcesní mechanismy, facilitační, toleranční a inhibiční procesy, které rozhodují o jednotlivých chronosekvenčních fázích sukcese.



Obr. 2 Mechanismy sukcese (Connell a Slatyer 1977).

Je zřejmé, že promotorem sukcese jsou prudké změny systému, vyvolané nejrůznějšími klimatickými, geofyzikálními procesy (bouře, požár, záplavy, eroze, sopečné erupce, sesuv ledovce), v poslední době je pak stále zřetelnější vliv člověka a jeho průmyslové činnosti.

Studiu přirozené, spontánní sukcese na antropogenně ovlivněných územích se věnuje řada vědeckých prací a existují systematické, časově i místně dostatečně zmapované údaje o průběhu sukcese v nejrůznějších lokalitách – hnědouhelných a kamenných lomech, těžebních haldách, pískovnách, vytěžených rašeliništích apod (Prach & Pyšek 2001; Hodačová & Prach 2003; Prach et al. 2013).

Vzhledem k tomu, že jednotlivé těžební oblasti se od sebe dosti výrazně liší, je také průběh spontánní sukcese, a případné zásahy vedoucí k jejímu usměrňování, jedinečný (Řehounek et al. 2010). Mezi nejdůležitější abiotické faktory, které spoluovlivňují následnou podobu a ekologický význam post-těžebních ploch patří:

- klimatické a mikroklimatické charakteristiky prostředí a morfologie terénu, heterogenita povrchu, orientace ke světovým stranám
- dynamika reliéfu včetně potenciálu pro zádržnost vláhy, erozi a strmost a rozmanitost svahů,
- podkladový substrát, mineralogické složení, fytotoxicita nebo zhutnění povrchu
- půdní profil, jeho zrnitost a struktura, půdní reakce (pH), dostupnost živin, akumulace organických látek
- návaznost ploch na okolní vegetaci, migrační bariéry, přísun opadu
- rozloha těžebních ploch
- výskyt invazivních druhů.

V souvislosti s těmito faktory lze dále definovat specifickou typologii stanovišť - zablokovaná sukcese na urovnaných plochách, xerothermní stanoviště, stanoviště ovlivněná výskytem invazivních druhů, stanoviště s členitým mikroreléfem, fytotoxická stanoviště, neúživná stanoviště, případně vlhká a mokřadní stanoviště apod. (Melichar et al. 2019).

V našich klimatických podmínkách vzniká nejčastěji přírodě blízký les, s řídkým stromovým pokryvem a různorodou skladbou druhů. Nejzajímavější jsou přitom stanoviště, kde dlouhodobě zůstávají blokované ranně sukcesní biotopy - sem patří například zmíněná oligotrofní mokřady, stepní trávníky nebo otevřená písečná stanoviště (Prach 2009).

3.5.1 Průběh spontánní sukcese versus rekultivace

Moderní výzkum přirozené sukcese, jehož výsledky mohou být využívány v ekologické obnově, má v této zemi dlouhou tradici. Již v 70. letech a na začátku 80. let byl prováděn multidisciplinární výzkum přirozené sukcese na opuštěné orné půdě, organizovaný M. Rejmánkem. Později začala být pozornost věnována různým postindustriálním místům, jako jsou výsypky po těžbě uhlí, pískovny, vytěžená rašeliště, oblasti odlesněné působením znečištěného ovzduší, navážky v okolí vybudovaných vodních ploch, skládky a odkaliště, dna vypuštěných vodních nádrží nebo již zmíněných polí ladem.

Mnohé z těchto lokalit jako jsou hnědouhelné doly poskytují z hlediska přirozené sukcese nesmírně zajímavé prostředí, zejména z těchto důvodů:

- neustálý vznik společenstev v primární fázi sukcese,
- dostatečné rozlohy jen řídké zarostlých biotopů s nízkou vegetační pokryvností či bez vegetace,
- absence plošného používání chemických látek a s tím spojený dostatek potravy,
- pestrost podloží a s tím spojená mozaika substrátů s různou úživností včetně fytotoxických ploch s dlouhodobým potenciálem blokování sukcese,
- různé stáří lokality – vzhledem k dlouhodobosti těžby je možné v jednotlivých částech lomu nalézt plochy v různé fázi sukcese,
- zamokření lokality – díky podloží a vlivem různých technických zákroků v uvedeném typu prostředí nalézáme různou škálu zamokřených ploch – od

zcela suchých až vyprahlých přes plochy dočasně podmáčené, mělké tůně i rozsáhlejší a hlubší vodní plochy.

Je přitom zřejmé, že spontánní rozvoj vegetace v těchto oblastech musí překonat velice specifické podmínky prostředí (absence recentní organické hmoty, extrémní pH, výsypkové půdy mohou být hydrofobní, mohou obsahovat řadu toxických prvků nebo být zcela fytotoxické apod). Četné výzkumy potvrdily, že spontánní ekologická obnova umožňuje často právě v souvislosti těmito faktory rozvoj mimořádně cenných stanovišť s přírodními ekosystémy vyznačujícími se vysokou biologickou rozmanitostí druhů (Prach et al. 2001; Prach & Pyšek 2001; Prach & Hobbs 2008). Přitom ani z pedogenetického hlediska nejsou v dostatečně dlouhém časovém horizontu nerektifikovaná území pozadu (Pešout et al. 2021).

Obnova území sleduje rozdílnou trajektorii na spontánně sukcesních stanovištích a na plochách po technické rektifikaci - **rektifikace na výsypkách jsou zahajovány až po sesednutí a dostatečné stabilizaci materiálu**, což obvykle trvá 5-8 let. Během stabilizace se začne vytvářet vegetační pokryv – ten je ale následně zčásti narušen nebo zcela zdevastován terénními úpravami. Během rektifikace je provedena výsadba dřevin, které v závislosti na druhovém složení vysazovaných dřevin výrazně ovlivňuje vývoj, složení a pokryvnost přízemní vegetace (Mudrák et al. 2010).

Řada dosavadních studií si klade za cíl porovnat průběh a dosažené krajinné cíle na plochách přirozeně sukcesních a technicky rektifikovaných, přitom nejčastější sledované charakteristiky jsou:

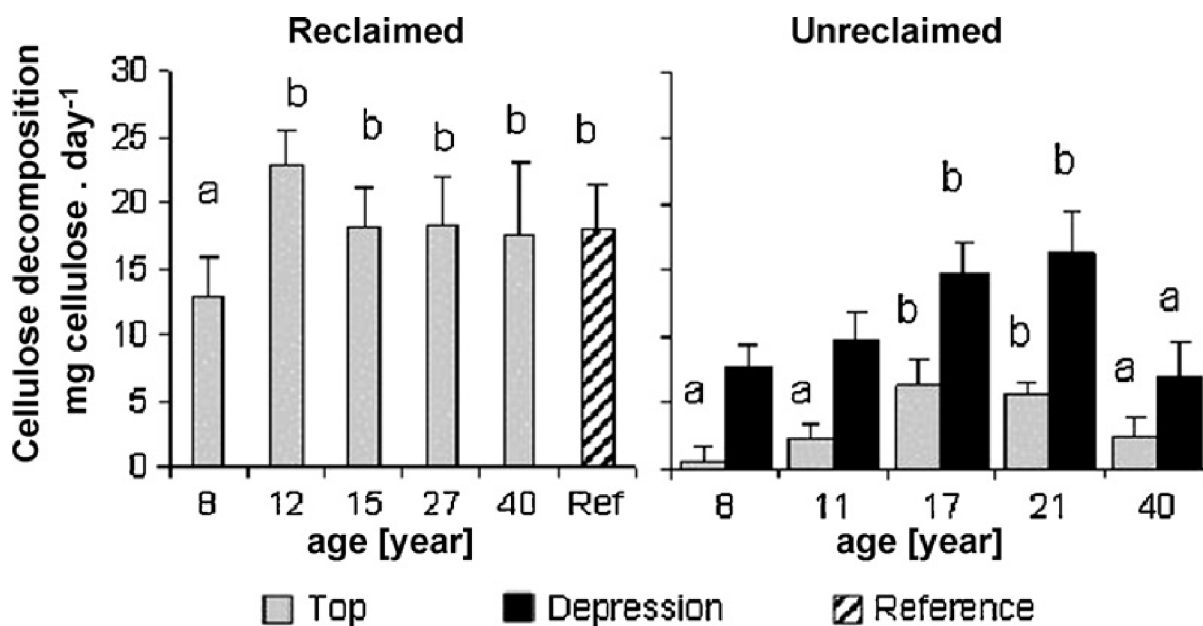
- vývoj půd a mikrobiální aktivita,
- vegetační pokryvnost plochy,
- biodiverzita,
- primární produkce dřevní biomasy,
- rostlinná a živočišná společenstva.

3.5.1.1 Vývoj půd a mikrobiální aktivita

Půdní charakteristiky jako je objemová hmotnost půdy a její struktura, vodní sorpční kapacita, aktivní půdní reakce, mocnost humusového horizontu, množství organického uhlíku a dusíku spoluurčují dynamiku sukcesních procesů.

Mikrobiální aktivita půdních organismů přitom zajišťuje transport živin v půdě - účastní se přeměn organické hmoty a akcelerují uvolňování živin do půdního roztoku. Půdní organismy jsou obecně vysoce mobilní a vytváří rychle rostoucí populace jakmile jsou vytvořeny podmínky pro kolonizaci, (v iniciálních fázích sukcese se nevyskytuje makroskopický organický materiál ve formě opadu) (Bradshaw 2000).

Ve studii (Helingerová et al. 2010) byly na Sokolovsku kvantifikovány množství mikrobiální biomasy, mikrobiální respirace a rozklad celulózy ve dvou časových sekvencích – na rektifikované ploše s výsadbou olší a dále na pěti nerektifikovaných lokalitách přirozeně kolonizovaných místní vegetací (*Salix caprea*, *Betula pendula* a *Populus tremula*). Většina zkoumaných ukazatelů přitom vykazuje relativně srovnatelné hodnoty – vždy jsou patrné rozdíly mezi elevacemi a depresiemi na spontánně sukcesních plochách – viz obrázek 3.



Obr. 3 Průměrná rychlost rozkladu celulózy v posttěžebních lokalitách různého stáří pokrytých plantážemi olše (rekultivované) nebo spontánní vegetací (nerekultivované); v nerekultivovaných lokalitách jsou rozlišeny rozlišují dva typy biotopů: deprese a elevace; u olšové výsadby je zahrnuta referenční plocha v blízkosti místa po těžbě.²

Pro postruderální fázi sukcese je rozhodujícím faktorem přítomnost humusu v půdě. V počáteční fázi jsou výrazné rozdíly mezi sukcesními a rekultivovanými plochami. Rekultivované plochy jsou osidlovány zejména makrofaunou, zatímco sukcesní mikro a mezofaunou. Na rekultivovaných plochách dochází k mixování opadu s minerální vrstvou bioturbací a redukci fermentační vrstvy, zatímco na sukcesních plochách se hromadí opad a trus makrofauny a vytváří se silná fermentační vrstva. Zvyšující se početnost žížal, intenzivní bioturbace a zánik fermentační vrstvy v pozdějších stádiích sukcese stírá rozdíly mezi sukcesními a rekultivovanými lokalitami (Frouz et al. 2008).

Celkově se tedy dá shrnout, že i když je dat zatím jen omezené množství, je obnova produkčních a dalších ekosystémových funkcí pod porosty náletových dřevin v řadě případů porovnatelná s výsledky pod rekultivačními výsadbami. Přitom výsadby zpravidla vykazují rychlé zlepšení parametrů na začátku, ale pak se rychlost obnovy jednotlivých parametrů a procesů zpomalí. Naopak plochy ponechané spontánní sukcesi mají zpravidla v tomto ohledu pomalejší start, ale starší mohou dosahovat porovnatelných výsledků (Frouz 2021).

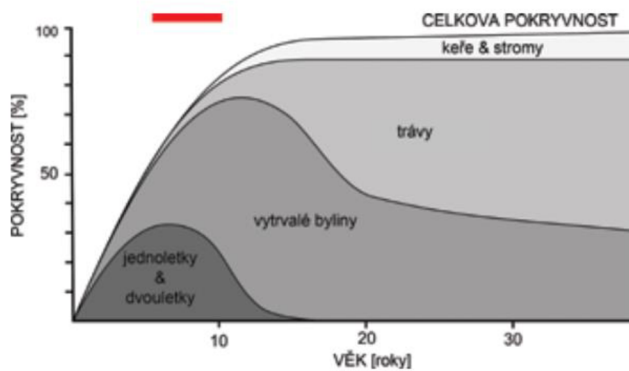
² Pozn. Pro 40 let staré nerekultivované stanoviště nebyla k dispozici referenční oblast a nelze proto přičíst snížený objem rozkladu celulózy rozvoji půdy nebo počátečním podmínkám

3.5.1.2 Vegetační pokrývnost

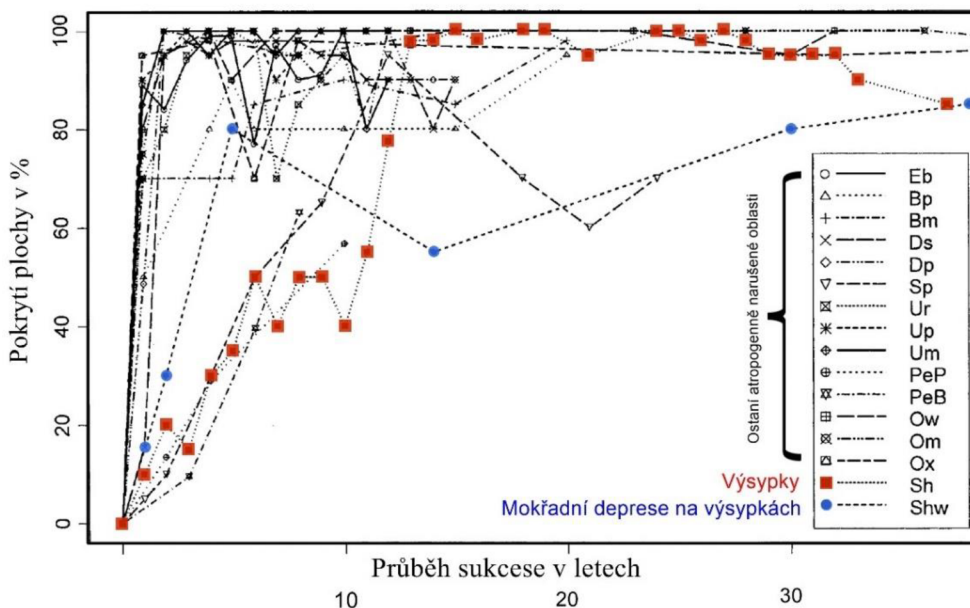
Kolonizace území nejrůznějšími organizmy začíná bezprostředně po ukončení těžební činnosti, respektive do určité míry probíhá i v průběhu výsyvky, neboť semena se do substrátu dostanou již v průběhu zakládání (Prach 2010).

Výsyvky malé rozlohy jsou výrazně ovlivněny svým okolím, neboť rostliny i živočichové nemusí migrovat na velké vzdálenosti a je tak významně ovlivněna distribuce semen (Reitschmiedová 2015).

Výsledky studií ukazují, že v počátečním stadiu sukcese se více uplatňují jednoleté nebo dvouleté druhy bylin a celková pokrývnost je zřídka více než 20%. V následujících letech se pokrývnost zvyšuje, převládají vytrvalé druhy bylin a okolo 15-tého roku dosahuje na řadě typů sukcesních ploch více než 80 % - viz. obrázek 4 (Jongepierová et al. 2012) a obrázek 5 (Prach & Pyšek 2001).



Obrázek 4. Proces spontánní sukcese na výsyvkách vyjádřený podílem různých rostlinných forem. Červený pruh ukazuje dobu, kdy jsou většinou prováděny technické rekultivace.



Obr. 5 Změny v pokrytí stanoviště vegetací /byliny/ (s barevným zvýrazněním - výsyvky v těžbou narušených oblastech)

Srovnání rozvoje bylinné vegetace na rekultivovaných plochách a oblastech ponechaných spontánnímu zarůstání se věnuje např. (Mudrák et al. 2010), kde porovnává podrostovou biomasu, celkovou pokryvnost, příp. pokryvnost v zastoupení travin, hajních a ruderalních bylin – viz. obr. 6.

Table 1
Summary of observed understory properties in seven types of forest stands. Values are means (\pm standard deviation) of both years (2005 and 2006). Differences were tested by one-way ANOVA. The p -value displayed was corrected by the Bonferroni correction (i.e., multiplied by the number of properties in the table; n.s. indicates highly insignificant p -values). Significant differences ($p < 0.05$) among forest types were tested by the Fisher LSD test and are indicated by different letters in a row.

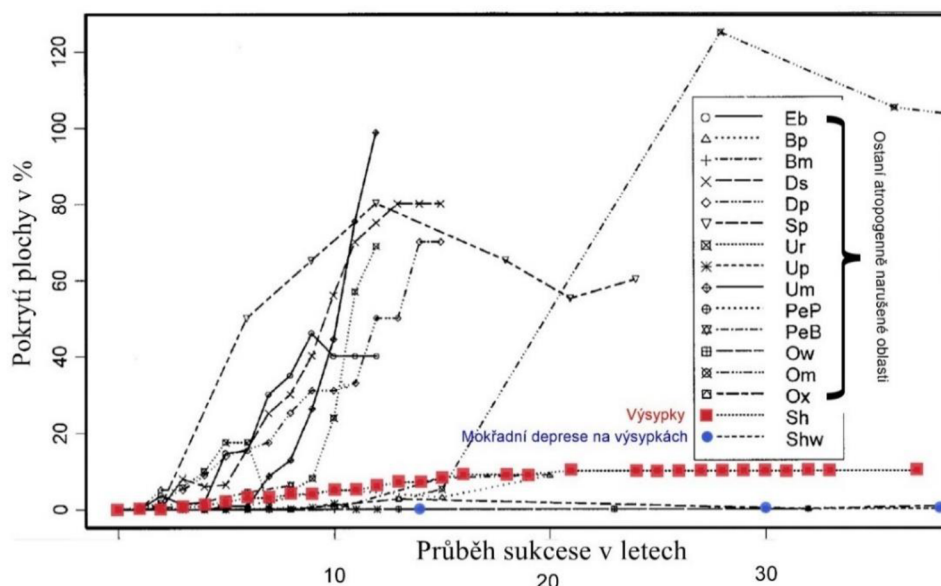
Property	Understory properties of seven types of forest stands ^a							p
	A	L	Pc	Pn	Q	T	U	
Species number	10 \pm 1.1a	16.5 \pm 3.5b	14.2 \pm 1.7ab	10.1 \pm 1.5a	18.9 \pm 2.1b	13.1 \pm 2.0ab	16.6 \pm 7.3b	0.042
Understory biomass [g m ⁻²]	92 \pm 57	22 \pm 2	25 \pm 42	56 \pm 33	26 \pm 17	13 \pm 10	28 \pm 18	0.143
Total understory cover [%]	100 \pm 0	43 \pm 34	31 \pm 31	51 \pm 35	51 \pm 3	16 \pm 18	33 \pm 26	0.200
Cover of grassland species [%]	1.7 \pm 0.3	34.6 \pm 34.3	6.6 \pm 3.9	3.7 \pm 3.2	26.0 \pm 4.3	5.2 \pm 5.6	26.9 \pm 33.2	0.111
Cover of woodland species [%]	0.2 \pm 0.2	1.9 \pm 1.4	5.2 \pm 8.8	0.1 \pm 0.1	1.8 \pm 2.1	1.1 \pm 0.4	2.7 \pm 3.4	0.630
Cover of ruderal species [%]	18.0 \pm 31.8	7.0 \pm 10.7	2.2 \pm 0.9	2.3 \pm 0.9	5.1 \pm 3.0	0.9 \pm 0.4	3.6 \pm 1.7	n.s.

^a Abbreviations of forest types: A, *Alnus*; L, *Larix*; Pc, *Piceas*; Pn, *Pinus*; Q, *Quercus*; T, *Tilia*; U, unreclaimed.

Obr 6 Biomasa a procentní pokryvnost podrostových bylin na rekultivovaných lokalitách a sukcesní lokalitě

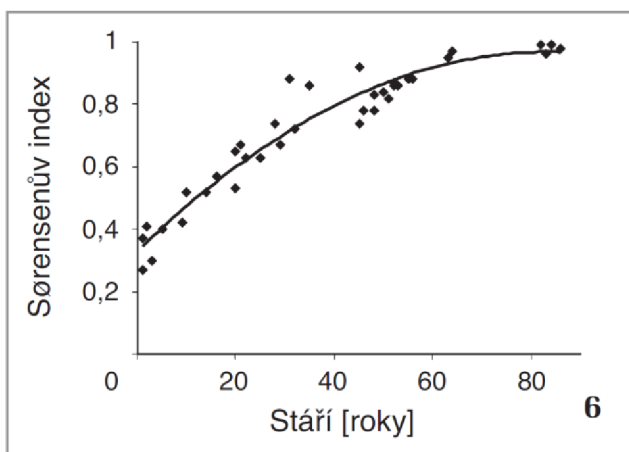
Kolonizace dřevin je výrazně retardována v případě extrémních prostředí jako příliš suchá nebo zamokřená, nutričně chudá nebo blokována kompetitivními druhy bylin. Celkově lze u zapojování dřevin sledovat výraznou variabilitu (oproti bylinné vrstvě) v jednotlivých ekosystémových prostředích – viz obr. 7.

Zpravidla se okolo 20-tého roku sukcese stabilizuje v lesostepním společenství, kdy stromy a keře jsou zapojeny okolo 20-30% a celková pokryvnost vegetace je téměř 100% (Prach 2010; Prach & Pyšek 2001). V této souvislosti je na místě zmínit, že právě otevřené plochy osluněných stromů v jinak horizontálně souvislé struktuře lesní vegetace a jemná mozaika různých biotopů včetně křovin a květnatých luk umožňují rozvoj druhové pestrosti – pozitivní dopady potvrdily výzkumy ornitologické i entomologické (Hendrychová et al. 2021).



Obr. 7. Změny v pokrytí stanoviště dřevinami (Prach & Pyšek 2001)

Všechny pionýrské druhy dřevin se uchycují a rostou lépe na neurovnaných plochách. Se vzdáleností od okraje výsypky klesá podíl jívy a narůstá podíl břízy, podíl osiky se nemění (to odpovídá způsobu šíření). Věková struktura bříz ukazuje, že břízy se uchycují pouze v určitých letech s příznivými klimatickými podmínkami (Reitschmiedová 2015).



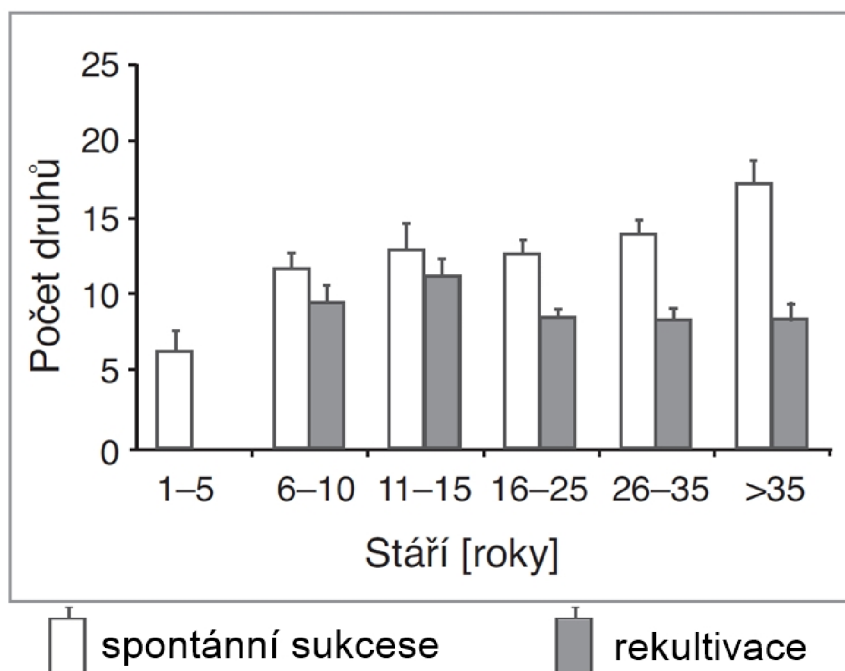
Obrázek 8. Vzdávající podobnost mezi druhovým složením vyšších rostlin uvnitř lomů a v jejich nejbližším okolí v průběhu sponátní sukcese. Stupnici Y lze číst jako procentickou podobnost od 0 do 100%

Obrázek 8 ukazuje, jak v průběhu sukcese vzrůstá vzájemná podobnost druhového složení uvnitř lomu a v jeho okolí do vzdálenosti 100m. Je přitom patrné, že po 80 letech sukcese je druhové složení v lomu a v okolí téměř stejné a lom tudíž zcela splyne se svým okolím (Prach 2009).

3.5.1.3 Biodiverzita

Ekologická obnova těžbou narušených oblastí si zpravidla neklade za cíl obnovit beze zbytku původní ekosystém (před započítím těžby), ale vytvořit podmínky pro rozvoj plně rozvinutého, stabilního ekosystému, který plní nezbytné ekosystémové funkce. Jedním z kritérií, která se významnou měrou podílí na celkovém „zdraví“ ekosystému je **biodiverzita**, tedy rozmanitost druhů, funkčních skupin, potravinových struktur a genetické variability populací (Polášková 2011; Prach & Tolvanen 2016).

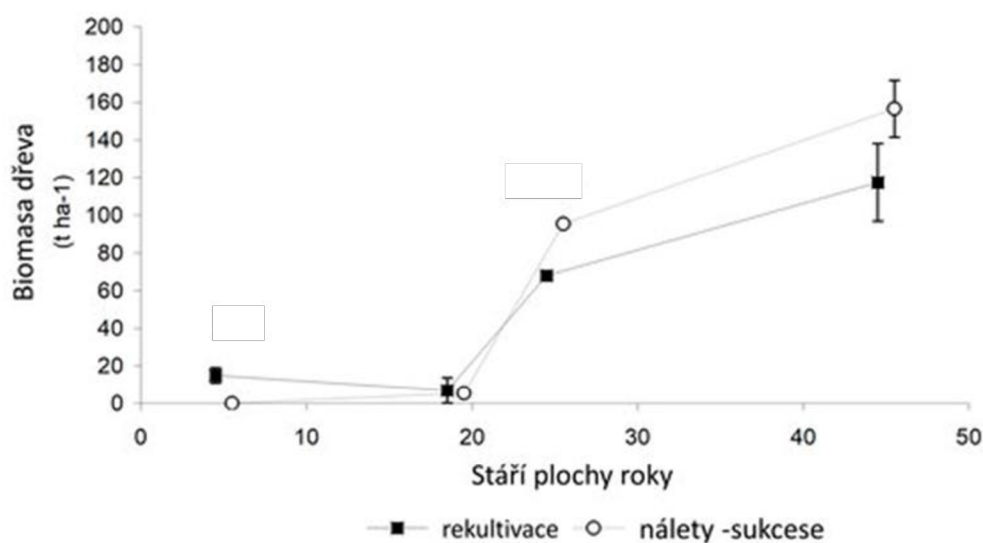
Rozvoj druhové diverzity na post těžebních výsypkách na dostatečně velkém vzorku dat zahrnujícím časová stadia (1-5, 6-10, 11-15, 16-25, 26-35 a více než 35 let) ukazuje Hodačová & Prach (2003) a to vzájemným srovnáním odpovídajících ploch, na kterých proběhla rekultivace a které byly ponechány spontánní sukcesi viz. obrázek 9.



Obrázek 9. Průměrný počet druhů ve vegetačních vzorcích 5x5m na jednotlivých časově vymezených výsypkách.

3.5.1.4 Primární produkce biomasy

Porovnání časového vývoje dřevní biomasy v rekultivovaných výsadbách olší a v náletech pionýrských dřevin a na Sokolovsku ukazuje, že iniciální vývoj porostu je ne zcela překvapivě rychlejší na rekultivovaných výsadbách než na náletech. Nicméně u ploch pětadvacetiletých a starších se začíná produktivita náletových porostů zlepšovat a tyto dosahují větší produkce dřevní hmoty než rekultivační výsadby jak ukazuje obrázek 10.



Obrázek 10. Porovnání vývoje dřevní biomasy na rekultivovaných olšových výsadbách a sukcesních náletech pionýrských dřevina na Sokolovsku (Frouz et al. 2015)

3.5.1.5 Fytocenóza

Rostliny jsou klíčovou složkou většiny ekosystémů, jsou na ně jakožto na primární producenty vázány další organismy (Prach 2009) a zároveň jsou výborným indikátorem stavu prostředí.

Ačkoliv je snadné uvěřit, že šíření rostlin na nová stanoviště nic nebrání, bližší analýzy ukazují, že úspěšní kolonizátoři patří mezi druhy, které (i) jsou dobře adaptovány pro šíření na velké vzdálenosti, (ii) jsou přítomny v nejbližším okolí a proto nemusí překonávat dlouhé vzdálenosti, (iii) nebo byly imanentně přítomny například v podobě semen nebo rostlinných částí již ve stávajícím materiálu na místě. Rostliny mohou šířit na velké vzdálenosti také ptáci, ale pouze pokud hřadují na dotčených územích (Bradshaw 2000).

Pouze velice málo druhů je schopno šířit se na dlouhé vzdálenosti. Mezi dominantní pionýrské, raně sukcesní druhy dřevin, které zlepšují nepříznivé stanovištní podmínky pro růst druhů pozdějších sukcesních stádií, můžeme zařadit břízu bělokorou, vrbu jívu, olši, jeřáb ptačí, lísku obecnou, maliník a později také borovici lesní a smrk ztepilý. Pro většinu dřevin je šíření na vzdálenosti větší než 20 m velice obtížné.

Výsypka je paradoxně příležitostí pro snadno se šířící druhy, které jsou méně konkurenčně schopné nebo druhy preferující oligotrofní lokality. I když se výsypky mohou zdát jako extrémně nehostinné prostředí, tak není v podstatě žádný rozdíl v jejich diverzitě a diverzitě předpolí, naopak často hostí řadu vzácných či ohrožených druhů, které by byly v okolní krajině konkurenčně vytlačeny, což dokazují i dosavadní průzkumy (Reitschmiedová 2015).

3.5.1.6 Zoocenóza

3.5.1.6.1 Bezobratlí

Bezobratlí jsou nejvýznamnějšími představiteli, kteří osidlují krajinu změněnou těžbou.

Tropek at al. (2011) uvádí, že denní motýli jsou jednou z nejlépe prozkoumaných skupin bezobratlých živočichů. Vyskytují se prakticky ve všech biotopech ČR, jednotlivé druhy jsou však relativně úzce specializované na určité typy stanovišť. Současný úbytek mnoha druhů denních motýlů dobře koresponduje s ochuzováním středoevropské krajiny o dříve běžné typy prostředí.

Jedním z nejpřekvapivějších zjištění aplikované ekologie posledních dvou desetiletí je, že některá stanoviště tradičně vnímaná jako symbol degradace přírodního prostředí, například opuštěné lomy a jiné těžebny surovin, důlní výsypky, deponie popílku nebo dálniční násypy, bývají zhusta osídlována unikátními živočišnými společenstvy s velkým zastoupením vzácných a ohrožených druhů. Na takových postindustriálních lokalitách najdeme často druhy s extrémně vyhraněnými nároky, vyžadující ke svému životu výhřevné skály, pohyblivé sutě či osluněný sypký písek. Potkávají se zde s druhy s méně náročnými, jež můžeme najít například v řídkých slunných křovinách či v lesních lemech. Některé druhy bezobratlých v České republice dokonce jinde než na postindustriálních lokalitách již prakticky nenajdeme. Člověkem extrémně

narušená a pozměněná místa, pro laiky vzor devastace a zkázy, se v očích zoologů stávají útočišti celé řady drobných živočichů, významnou a možná jedinou nadějí na jejich přežití ve středoevropské přírodě (Řehounek et al. 2010; Tropek & Řehounek 2011).

3.5.1.6.2 Obratlovci

Bývalé těžebny poskytují důležitá náhradní útočiště ptákům, například výsyvky vyhledávají strnadi zahradní a lindušky úhorní, činné i opuštěné lomy osidlují výři nebo bělořiti a pískovny po celé České republice často slouží ke hnízdění břehulím nebo také vlhám.

Optimum výskytu většiny druhů našich obojživelníků je vázáno na stanoviště nově vzniklá, mladá nebo zmlazená nějakým těžkým zásahem, který se označuje obecným ekologickým termínem disturbance. Jakmile sukcese, tedy postupné zarůstání stanoviště vegetací, dospěje do určitého stádia, populace mnoha našich druhů počínají slábnout a druhové spektrum se zmenšuje. Například nejvíce druhů na nerekulitovaných výsypkách Mostecka bylo v rámci jednotlivých vodních ploch odlišných svým stářím nalezeno na místech 10 – 15 let po nasypání. Obecně náleží raná sukcesní stadia v naší krajině mezi ta nejohroženější. Čerstvé lomy, výsyvky, ale i „brownfields“ v okrajových zónách měst tak do značné míry suplují jejich nedostatky (Zavadil et al. 2011).

3.5.2 Obnova narušených ekosystémů přirozenou sukcesí v ČR

Přes svůj velký potenciál je spontánní sukcese v ČR alespoň dodatečně uznána jako dobrá cesta obnovy ekosystémů jen v méně než asi 0,05 % rozlohy narušených stanovišť, jako jsou těžební prostory, výsyvky, opuštěná pole, okraje silnic a industriální a stavební plochy. Potenciál pro spontánní obnovu má však zhruba 95 % těchto stanovišť (Prach 2009). Je zajímavé, že 16 % chráněných území ve středních Čechách se nachází v bývalých těžebních prostorech či jiných antropogenních tvarech povrchu v hlavním městě Praze dokonce třetina. Ve všech případech byla tato místa ponechána spontánní sukcesí, bez technických rekultivací (Řehounek et al. 2010).

Je vysoce pozitivní, že přírodě blízké způsoby obnovy jsou postupně akceptovány nejen v praktické ochraně přírody, ale také projektanty, těžebními společnostmi a širší veřejností. Přínosné také je, že se při projektech obnovy zvyšuje spolupráce mezi akademickou obcí, realizačními firmami a státní správou. Potenciál přírodě blízké obnovy však stále není adekvátně využíván. Obnova, a zvláště rekultivační aktivity nesměřují často k obnově ekologicky žádoucích ekosystémů, nýbrž jsou motivovány pouze vytvořením realizačních příležitostí pro podnikatelské subjekty. Takovým aktivitám chybí odborné zdůvodnění, jsou drahé a časté zbytečné. Přírodě blízká obnova ekosystémů přitom obyčejně zaručuje lidem mnohem lepší ekosystémové služby než uniformní technické rekultivace (Jongepierová et al. 2012).

V roce 2019 vláda ČR uložila (usnesením č. 421) jednotlivým členům vlády zpracovat analýzy a podklady, na základě kterých by bylo možné stanovit nejefektivnější způsob využití

strukturálně postiženého území Ústeckého kraje. K naplnění těchto úkolů byla v r. 2020 ustavena meziřesortní pracovní skupina Ministerstva průmyslu a obchodu, Ministerstva životního prostředí, Ministerstva zemědělství a Krajského úřadu Ústeckého kraje, které se dále účastní zástupci těžebních společností, státních podniků Povodí Ohře a Palivového kombinátu Ústí (PKÚ) (Pešout 2021).

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR společně se státním podnikem Palivový kombinát Ústí a ČZU v Praze podepsali společné **Memorandum o spolupráci na identifikaci vhodných lokalit pro ekologickou obnovu po ukončené povrchové těžbě hnědého uhlí** a deklarovali tu dva cíle spolupráce:

1. Nalezení plošně odpovídajícího území po těžbě vhodného k vyhlášení v národní kategorii zvláště chráněného území, kde by byla cílem ochrana přírodních procesů, příprava jeho ochrany a návrh způsobu zajištění jeho dlouhodobého sledování.
2. Identifikace menších území s koncentrovanými přírodními hodnotami, vhodných pro ekologickou obnovu a návržení způsobu jejich dalšího zajištění (Pešout et al. 2021).

3.5.2.1 Vybraná území s přirozenou sukcesí

3.5.2.1.1 Výsypky na Sokolovsku

Výsypky vznikají v místech povrchové či hlubinné těžby a patří k nejrozsáhlejším těžebním oblastem. Na Sokolovsku je dnes asi 90 km², z toho asi 55 km² představují ukončené nebo rozpracované rekultivace. Značná část výsypek je dosud ponechána bez zásahu a probíhá na ní spontánní sukcese. Z rekultivací jsou již vyjmuty některé části výsypek, které spontánně zarostly (Řehounek 2010).

Lom Jiří

Lom Jiří se nachází severně od Sokolova. Jedná se o jeden z posledních ještě dnes činných uhelných lomů na Sokolovsku. Přesto, že na počátku těžby jsou původní biotopy zničeny, vznikají vzápětí nová různorodá společenstva. Velmi příznivé je, že Sokolovská uhelná umožnila na velké části území lomu Jiří obnovu přirozenou sukcesí.

Území lomu je již nyní osídleno řadou druhů živočichů, včetně vzácných a ohrožených.

Dle průzkumu MUDr. Zavadila z roku 2014 zde sídlí 65 druhů ptáků, 5 druhů obojživelníků (např. zde žije nejbohatší populace ropuchy krátkonožé v ČR) a 4 druhy savců. Dále zde byl prokázán výkyt vzácných druhů vážek s víceletým vývojem. Nově vznikající lokality rychle osidlují střevlíkovití brouci, kteří preferují iniciální sukcesní stádia. Také pro motýly je většina těžebních lokalit intenzivně využívanou krajinou. Vyhovují jim především rozlehlejší lomová území s lomovými patry zajišťující diverzitu reliéfu.

Soustavy vodních ploch v různých stádiích sukcese, které neumožňují dlouhodobou přítomnost ryb, mají mimořádný význam pro rozmnožování obojživelníků, příp. pro získávání potravy plazů. Z lesní vegetace se zde vyskytují mokřadní olšiny, acidofilní doubravy a xerothermní doubravy.

Vzhledem k plochám s příznivými podmínkami pro přirozenou sukcesí se doporučuje na těchto místech rekultivace s převahou přirozené sukcese a omezení terénních úprav na minimum. Na příhodných místech je účelné vybudovat rekreační nádrže a také je vhodné v předstihu před závěrečnou rekultivací lomu provádět drobné úpravy usměrňující přirozenou sukcesí (Příkryl et al. 2020).

3.5.2.1.2 Výsypky na Mostecku

Na Mostecku je asi 150 km² výsypek a dalších 100 km² představují ostatní těžbou narušená místa. Mezi oblasti, kde můžeme sledovat spontánní sukcesí patří například Albrechtická výsypka, zakládaná v letech 1954-1961 nebo část Radovesické výsypky, jinak největší vnější výsypka.

Lom ČSA

Lom ČSA se nachází v Severočeské hnědouhelné pávni na rozhraní Chomutovska a Mostecku. K 31. 12. 2024 zde dojde k ukončení těžby a v různé míře již byly představeny možnosti využití spontánní sukcese jako efektivního nástroje ekologické obnovy, jako možné alternativy k současnému, již schválenému plánu technické a biologické rekultivace. Nejvýznamnějším přínosem spontánní sukcese by bylo zajištění ochrany a rozvoje velmi vzácných druhů živočichů, které zde byly díky dlouhodobému monitoringu zaznamenány. Aktuálně jsou ovšem představeny a porovnávány tři varianty: rekultivace dotčeného území podle platného plánu sanace a rekultivace, využití spontánní či řízené sukcese celého území lomu ČSA a kombinace ekologické obnovy s využitím spontánní sukcese a hydrické rekultivace. Rozbor těchto variant ukazuje, že v případě využití sukcese dojde mimo jiné k výrazné úspoře finančních nákladů oproti technické rekultivaci, která bývá obvykle upřednostňována. Další pozitiva v případě využití sukcese je rozvoj řady zvláště chráněných druhů ptáků, obojživelníků, plazů a bezobratlých, jejichž výskyt byl v lokalitě potvrzen. Pro ochranu přírody a raně sukcesní vzácné druhy je zásadním krokem vyhlášení zvláště chráněného území.

V rámci ukončených a rozpracovaných rekultivací se v lomu ČSA již nacházejí přírodoochranařsky zajímavá stanoviště, která v kombinaci s novými sukcesními plochami mohou tvořit stabilní, fungující a estetický krajinný celek. Díky včas provedeným rekultivacím v předešlých etapách, bude snadná integrace záměru do krajiny.

Obnova povrchovou těžbou uhlí narušeného území představuje příležitost zvyšování rozmanitosti přírody, která je v České republice ohrožena. Z tohoto důvodu je doporučováno přiklonit se u zatím nerekulitovaných ploch na území lomu ČSA k využití sukcese či řízené sukcese, nebo ke kombinaci ekologické obnovy s využitím spontánní sukcese a hydrické rekultivace (Hendrychová et al. 2020).

3.5.2.1.3 Kladenské výsypky

Na Kladensku najdeme asi tři desítky spíše menších výsypek po těžbě uhlí, která trvala celkem 227 let a byla ukončena v roce 2002, přitom stáří výsypek se pohybuje v rozmezí od

šestnácti až po více než sto let. Protože těžba již skončila, iniciační sukcesní stadia jsou zde již poměrně vzácná (Řehounek et al. 2010).

3.5.2.1.4 Výsypky na Ostravsku

Těžba uhlí probíhá systematicky už od roku 1835, většina několika desítek dolů je v současnosti již zavřena a výsypky po těžbě uhlí na Ostravsku byly sníženy nebo rozvezeny. Vedle výsypek jsou zajímavými stanovišti na Ostravsku propadající se poddolovaná místa, kde se vytvářejí cenné mokřady.

3.5.2.1.5 Kamenolomy

Kamenolomy jsou vzhledem k významu písku a šterku v různých průmyslových odvětvích běžné na většině území České republiky; současná těžba je přitom charakterizována rozsáhlými těžebními pracemi. Zvláštní pozornost si zasluhují vápencové lomy v Českém a Moravském krasu.

3.5.2.1.6 Pískovny a šterkovny

K těžbě písku dochází především v okolí vodních toků – tradiční těžebny jsou v Jižních Čechách, Polabí a v moravských úvalech. Mezi zajímavými lokalitami přírodní obnovy můžeme uvést například pískovnu Cep na Třeboňsku, pískovnu u Dračice nebo pískovnu Lžín na Soběslavsku.

3.5.2.1.7 Rašeliniště

Těžba rašeliny probíhá buď ručním borkováním, maloplošnou, tzv. mokrou těžbou nebo velkoplošným, průmyslovým způsobem, tzv. frézováním. Přitom borkované plochy jakož i mokrá těžba zanechává přirozeně regenerující prostředí. Odlišná situace je u průmyslového frézování, kdy dojde nejprve k rozsáhlému odvodnění, následně odstranění veškeré původní rašelinné vegetace. Průmyslové těžebny se nacházejí v Jižních Čechách na Třeboňsku, Jindřichohradecku a na Šumavě, v Českém lese a v Krušných horách. Přírodě blízkou obnovu lze přitom pozorovat na rašeliništi Soumarský most v NP Šumava.

3.5.3 Obnova narušených ekosystémů přirozenou sukcesí ve světě

Přírodě blízkou obnovu v antropogenně narušených lokalitách můžeme pozorovat prakticky po celém světě. Není ani překvapující, že většina nasbíraných dat a hodnotících studií je zaměřena na rozsáhlé průmyslově těžební oblasti ve Spojených státech amerických, Kanadě, Austrálii – v Evropě potom například v Německu (Wiegand & Felinks 2001; Tischew & Lorenz 2005; Tischew et al. 2008), Polsku (Kompala-Baba & Baba 2013; Kolodziej et al. 2017; Rahmonov et al. 2020), Ukrajině (Lykholat et al. 2021), Velké Británii, ale také v České republice a dalších zemích.

4 Závěr

- Průběh spontánní sukcese v oblastech narušených těžbou je závislý na mnoha podmínkách a faktorech a je predikovatelný pouze v určitém stochastickém rámci. Přijaté plány obnovy odstraňují nepředvídatelnost takového procesu podstatným způsobem, ale obecně platí, že **větší intervence ve prospěch obnovy krajiny znamená zároveň zvýšení nákladů**. Vedle nákladového hlediska je také patrné, že **původní, neaktualizované plány obnovy by měly být znovu evaluovány takovým způsobem, aby odrážely aktuální poznatky ekologie obnovy a neredukovaly se na mechanicky aplikované postupy**. Na základě řady odborných studií je totiž patrné, že v delším časovém horizontu má většina těžebních ploch potenciál samovolné obnovy, přitom z hlediska ekosystémových služeb a rozvoje biodiverzity jsou výsledky zcela srovnatelné s klasickými rekultivačními přístupy.
- **Území zanechaná po ukončení těžby jsou často jedinečnou příležitostí pro ochranu přírody a krajiny**, z důvodu členitosti reliéfu, heterogenity a nízké úživnosti substrátu. Přirozená obnova stanovišť sukcesním vývojem jako nástroj obnovy cenných biotopů má obecně lepší předpoklady právě na oligotrofních stanovištích, která mohou sloužit jako **oázy pro specializované druhy a společenstva, která v okolní kulturní krajině často již nenalézají** vhodné podmínky pro další existenci.
- **Současná legislativa využívání procesu přirozené, spontánní sukcese nevyklučuje, ale přímo ani nepožaduje**. Přitom by takový postup obnovy měl být rovnocennou alternativou na všech lokalitách, kde biologické a ekologické průzkumy prokážou cenné přírodní ekosystémy vyznačující se vysokou biologickou rozmanitostí a přítomností ohrožených nebo zvláště chráněných druhů.

„Posoudit tato rozhodnutí nakonec nebude na nás, ale další generaci, která bude mít možnost ocenit rozmanitost a komplexnost divokých ekosystémů na místech, která byla kdysi zapomenutou, zdevastovanou krajinou“ (Bradshaw 2000).

5 Literatura

Bradshaw A. 2000. The use of natural processes in reclamation - advantages and difficulties. *Landscape and Urban Planning* **51**:89-100.

Connell J, Slatyer R. 1977. Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization. *The American Naturalist* **111**:982.

Doleřalová J, Vojar J, Solský M. 2012. Využití sukcesních ploch při rekultivaci území ovlivněných těžbou. *Ochrana přírody* **5**:5.

Frouz J, Nováková A. 2005. Development of soil microbial properties in topsoil layer during spontaneous succession in heaps after brown coal mining in relation to humus microstructure development. *Science direct, Geoderma* **129**: 54-64.

Frouz J. 2021. Ekologická obnova těžeben, hromadění organické hmoty a obnova funkcí ekosystémů. *Ochrana přírody* **4**:22-23.

Frouz J, Dvorščík P, Vávrová A, Doušová O, Kadochová Š, Matějčík L. 2015. Development of canopy cover and woody vegetation biomass on reclaimed and unreclaimed post-mining sites. *Ecological Engineering* **84**:233–239.

Frouz J, Prach K, Pižl V, Háněl L, Starý J, Tajovský K, Materna J, Balík V, Kalčík J, Řehouňková K. 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *Science Direct* **44**:109-121.

Gremlica T, Cílek V, Vrabc V, Zavadil V, Lepšová A. 2013. Industriální krajina a její přirozená obnova. *Novela bohemia*, Praha.

Gremlica T, Cílek V, Vrabc V, Zavadil V, Lepšová A. 2011. Využívání přirozené a usměrňované ekologické sukcese při rekultivacích území dotčených těžbou nerostných surovin. *Ústav pro ekopolitiku*, Praha.

Helingerová M, Frouz J, Šantrůčková H. 2010. Microbial activity in reclaimed and unreclaimed post-mining sites near Sokolov. *Ecological Engineering* **36**:768-776.

Hendrychová M, Pixová K, Zdražil V. 2020. Využití spontánní sukcese jako efektivního nástroje ekologické obnovy lomu ČSA. *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky*, Praha.

Hendrychová M, Bogusch P, Weissová K, Šálek M. 2021. Co láká vzácné bezobratlé na hnědouhelných výsypkách. *Ochrana přírody* **4**:2-5.

Hobbs R J, Norton D. 1996. Towards a Conceptual Framework for Restoration Ecology. *Restoration Ecology* **4(2)**: 93-110.

Hodačová D, Prach K. 2003. Spoil Heaps From Brown Coal Mining: Technical Restoration Ecology **9**: 385-391.

Jongepierová I, Pešout P, Prach K. 2012. *Ekologická obnova v České republice*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.

Jongepierová I, Pešout P, Prach K. 2018. *Ekologická obnova v České republice II*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.

Kolodziej B, Bryk M, Slowinska-Jurkiewicz A, Otremba K, Gilewska M. 2017. Effect of Spontaneous Succession on Physical State of Post-mine Technosol. *Acta Agrophysica* **24(1)**:51-62.

Kompala-Baba A, Baba W. 2013. The Spontaneous Succession in a Sand-pit - the Role of Life History Traits and Species Habitat Preferences. *Polish Journal of Ecology* **61(1)**:13-22.

Lykholat Y, Khromykh N, Didur O, Kotovych O, Kovalenko I, Kovalenko V, Tsyliuryk O, Lykholat T. 2021. The Study of Transformed Herbaceous Vegetation in the Area Flooded due to Coal Mine Workings. *Ekológia* **40(3)**:222-229.

Melichar J, Pavelčík P, Braun-Kohlová M, Frouz J, Máca V, Kaprová K, Karel J. 2019. *Metodika pro hodnocení alternativních způsobů obnovy post-těžební krajiny*. Univerzita Karlova, Centrum pro otázky životního prostředí, Praha.

Ministerstvo životního prostředí. 2020. Natura 2000. Available from [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/natura_definice/\\$FILE/ODOIMZ-Natura2000-20200224.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/natura_definice/$FILE/ODOIMZ-Natura2000-20200224.pdf) accessed 04/2022.

Mudrak K, Frouz J, Velichova V. 2010. Understory vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands. *Ecological Engineering* **36(6)**: 783-790.

Pešout P, Porteš M, Černý-Pixova K, Hendrychova M, Kříž P, Lacina D. 2021. Ekologická obnova. *Ochrana přírody* **2**.

Pešout P. 2021. Vláda uvažuje o ekologické obnově hnědouhelných velkolomů. *Ochrana přírody*: **4**.

Polaškova A. 2011. Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí 2. Karolinum, Praha.

Prach K. 2010. Výsypky. Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Calla, České Budějovice.

Prach K, Hobbs R J. 2008. Spontaneous Succession versus Technical Reclamation in the Restoration of Disturbed Sites. *Restoration Ecology* **16(3)**:363-366.

Prach K, Tolvanen A. 2016. How can we restore biodiversity and ecosystem services in mining. *Environmental Science and Pollution Research* **23**:13587–13590.

Prach K. 2009. Ekologie obnovy narušených míst. *Živa* **1-6**:22-264.

Prach K, Lencova K, Řehounek J, Dvořakova H, Jírova A, Konvalinkova P, Mudrak O, Novak J, Trnkova R. 2013. Spontaneous vegetation succession at different central European mining sites: a comparison across seres. *Environmental Science and Pollution Research* **20**: 7680–7685.

Prach K, Pyšek P, Bastl M. 2001. Spontaneous vegetation succession in human-disturbed habitats: A pattern across seres. *Applied Vegetation Science* **4(1)**:83-88.

Prach K, Pyšek P. 2001. Using spontaneous succession for restoration of human-distributed habitats: Experience from Central Europe. *Ecological Engineering* **17**:55-62.

Přikryl I, Pecharova E, Kosík M. 2020. Vymezení ploch v lomu Jiří potencialně vhodných pro sukcesní vývoj. ENKI o.p.s., Třeboň.

Rahmonov O, Krzysztofik R, Srodek D, Smolarek-Lach J. 2020. Vegetation- and Environmental Changes on Non-Reclaimed Spoil Heaps in Southern Poland. *Biology* **9**:164-188.

Řehounek J, Řehounek J, Tropek R, Prach K. 2010. Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Calla, České Budějovice.

Reitschmiedova E. 2015. Uchycování spontanní dřevité vegetace na Sokolovských výsypkách. Univerzita Karlova, Přírodovědecka fakulta, Praha.

Smolík D, Dirner V. 2006. Význam rekultivace jako proces obnovy narušené biosféry. Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

Tischew S, Lorenz A. 2005. Spontaneous Development of Peri-Urban Woodlands in Lignite Mining Areas of Eastern Germany. Springer, Heidelberg.

Tischew S, Kirmer A, Lorenz A. 2008. Alternative restoration strategies in former lignite mining areas of eastern Germany. Eolss Publishers, Paris.

Tropek R, Řehounek J. 2011. Bezobratlí postindustriálních stanovišť: Význam, ochrana a management. Calla, Třeboň.

Tropek R, Prach K. 2012. Ekologická obnova v České republice. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.

Vráblíková J, Šoch M, Vráblík P. 2009. Rekultivovaná krajina a její možné využití. Univerzita J.E.Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem.

Vráblíková J, Vráblík P, Seják J. 2009. Metodika revitalizace krajiny v postižených regionech Podkrušnohoří. Fakulta životního prostředí Univerzita J.E. Purkyně, Ústí nad Labem.

Vráblíková J. 2010. Rekultivace území po těžbě uhlí na příkladu severních Čech. Život **44**:24–29.

Wiegleb G, Felinks B. 2001. Primary succession in post-mining landscapes of Lower Lusatia — chance or necessity. *Ecological Engineering* **17**:199-217.

Zavadil V, Sádlo J, Vojar J. 2011. Biotopy našich obojživelníků a jejich management. Metodika AOPK ČR. AOPK, Praha.