

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

NÁVRH REVITALIZAČNÍHO OPATŘENÍ
ODVODNĚNÉHO RAŠELINIŠTĚ HRDLOŘEZY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Blanka Kottová, Ph.D.

Diplomant: Bc. Tereza Kepková

2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tereza Kepková

Krajinné inženýrství

Krajinné inženýrství

Název práce

Návrh revitalizačního opatření odvodněného rašeliniště Hrdlořezy

Název anglicky

The proposal of the revitalization measure of the drained peatland in Hrdlořezy cadastral area

Cíle práce

Cílem práce je návrh opatření, které bude mít funkci regulačního systému na melioračních kanálech na území bývalé těžebny Hrdlořezy.

Metodika

Zadaná práce bude mít charakter studie. Autorka zpracuje podrobnou literární rešerši k danému tématu. Návrhu bude předcházet podrobná analýza území a terénní šetření. Regulační systém bude ovlivňovat pozitivním způsobem hydrologický režim lokality. Zajistí akumulaci vody a trvalé zamokření okolních pozemků tak, aby mohlo dojít k rozvoji rašelinné vegetace a nastartování revitalizačních přírodních procesů v lokalitě.

Získaná data budou zpracována v geografickém informačním systému a projektovém programu AutoCad. Výsledky budou zpracovány v textové a grafické podobě a doplněny fotodokumentací.

Doporučený rozsah práce

dle Nařízení děkana č.02/2020 – Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP

Klíčová slova

revitalizace, vodní režim, vodohospodářské opatření, rašeliniště

Doporučené zdroje informací

- DOHNAL, Z., a kol., 1965: Československá rašeliniště a slatiniště. Nakladatelství ČSAV, Praha. 336 s.
- JANUAR, R., SARI, E.N.N., PUTR, S., 2021: Dynamics of local governance: The case of peatland restoration in Central Kalimantan, Indonesia. Land Use Policy. Volume 102, 105270.
- LAVOIE, M., et al., 2011: Paludification and management of forested peatlands in Canada: a literature review. Environmental Review. 13. 21-50.
- QUINTY F., ROCHEFORT L. 2003: Peatland Restoration Guide, second edition. Canadian Sphagnum Peat Moss Association and New Brunswick Department of Natural Resources and Energy. Québec. 106 s.
- SCHLOTZHAUER, S.M., PRICE, J., 1999: Soil water flow dynamics in a managed cutover peat field, Quebec Field and laboratory investigations.
- WILLIAMS-MOUNSEY, J., et al., 2021: A review of the effects of vehicular access roads on peatland ecohydrological processes. Earth-Science Reviews. Volume 214, 103528.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Blanka Kottová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2021

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Návrh revitalizačního opatření odvodněného rašeliniště Hrdlořezy, vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

Vdne.....

.....

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji své vedoucí Blance Kottové za velkou dávku trpělivosti, Vendule Koterové za odborné připomínky a konzultace. A nakonec děkuji všem, kteří byli mou pravou rukou při terénním šetření a následném zpracování dat.

ABSTRAKT

Vybraná lokalita Hrdlořezy leží v Třeboňské pánvi na území CHKO Třeboňsko. Řešené území je bývalou těžebnou rašeliny Hranice u Nových Hradů – Hrdlořezy, která byla do nedávna v provozu. Celé území je odvodněno sítí melioračních kanálů a v části těžebny proběhla již lesnická rekultivace. V roce 2019 byly realizovány první revitalizační technické zásahy, na které tato práce navazuje. Práce obsahuje rešerši přístupů k revitalizaci rašelinišť a podrobnou analýzu stávajícího stavu území. Při terénním průzkumu bylo provedeno sondování zbylé rašeliny a pomocí programu ArcMap vytvořena vrstva mocnosti interpolováním hodnot v celém území. Dále byla zmapována celá odvodňovací síť, která je na většině území ve stále funkčním stavu. Byl zpracován návrh hrazení odtokových kanálů pomocí dřevěných hrázek, vycházející z metody cílové hladiny.

Klíčová slova: revitalizace, vodní režim, vodohospodářské opatření, rašeliniště

ABSTRACT

The selected locality Hrdlořezy is situated in the „Třeboňská pánev“ in the territory of the protected area „Třeboňsko“. The area was mined and the whole area is drained by a network of reclamation canals. The area has been partly afforested. The first revitalization interventions were implemented in 2019 and the thesis follows in project. The thesis contains a search of approaches to the revitalization of peatlands and a detailed analysis of the current state of the area. In the ArcMap programme was constructed a layer of peat by interpolating the values in the whole territory. A proposal was made to barrier the drainage channels using wooden dams.

Key words: revitalization, water regime, water management measures, peat bogs

OBSAH

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Rašeliniště po celém světě.....	3
3.2	Změna přístupu k rašelinám	4
3.3	Tvorba rašeliny	5
3.4	Vývoj rašelinišť	7
3.5	Rozdělení rašelinišť	8
3.5.1	Slatiniště.....	9
3.5.2	Vrchoviště	10
3.5.3	Rašelinné lesy.....	11
3.6	Vodní režim rašelinišť	12
3.7	Narušení rašelinišť	14
3.8	Způsoby obnovy degradovaných rašelinišť	15
3.8.1	Zásypová metoda	17
3.8.2	Blokování odvodňovacích kanálů	17
3.8.3	Vodní bariery	19
3.8.4	Kanadský přístup.....	20
3.8.5	Lesnická rekultivace.....	20
3.8.6	Samovolná sukcese	20
3.9	Doplňková opatření	21
3.9.1	Úprava povrchu.....	21
3.9.2	Mulčování	22
3.9.3	Kácení a odstranění biomasy	22
3.10	Obnova mokřadní vegetace	22
3.11	Chemismus vody	24

3.12	Výsledky monitoringu revitalizovaných rašelinišť na Šumavě.....	25
3.12.1	Revitalizace Černoohorského močálu.....	26
3.12.2	Revitalizace průmyslově těžného rašeliniště – Soumarský Most	26
3.12.3	Revitalizace Zhůří	26
3.12.4	Souhrn poznatků z realizovaných revitalizací NP Šumava.....	27
4	Charakteristika studijního území	28
4.1	Vývoj území	28
4.2	Geologické a pedologické poměry	34
4.3	Klimatická a hydrologická data.....	36
4.4	Kvalita povrchové vody	37
5	Metodika	39
5.1.1	Seznam vstupních podkladů.....	39
5.1.2	Analýza morfologie terénu.....	39
5.1.3	Rozčlenění lokality.....	39
5.1.4	Návrh.....	39
6	Současný stav řešené problematiky	40
6.1.1	Terénní průzkum	40
6.1.2	Aktuální stav porostu v těsném okolí.....	52
6.1.3	Morfologické analýzy	52
7	Výsledky (návrh)	54
7.1.1	Typy opatření	54
7.1.2	Opatření podle dílčích ploch	65
7.1.3	Monitoring	67
8	Diskuze	68
8.1	Návrh revitalizace.....	68
8.2	Obnova a ekonomické benefity	69
9	Závěr a přínos práce.....	71

10	Přehled literatury a použitých zdrojů	73
10.1	Odborné publikace	73
10.2	Internetové zdroje.....	78
10.3	Ostatní zdroje	79
11	Seznam obrázků a tabulek.....	81
12	Přílohy	83

1 ÚVOD

Biotop rašeliniště se vyvíjel od sklonku doby ledové tisíce let nazpět. Odtávající ledovce zaplavily krajinu a místo bezlesé tundry se začaly rozvíjet mokřadní společenstva. Zachovaly se ostrůvky chladnomilné severské vegetace, kterou obklopilo lesní společenstvo. U nás souvislejší plochy rašelinišť najdeme v pohraničí, především v Krušných horách, Šumavě, Slavkovském lese a v Třeboňské pánvi.

V posledních desetiletích se ráz rašelinišť však výrazně změnil, a to vlivem člověka. Průmyslová těžba, odvodnění a intenzivní hospodaření zapříčinily mizení severských společenstev a degradaci lokalit. V současné době však dokážeme ocenit benefity, které nám funkční ekosystém rašelinišť může přinést a začíná se klást důraz na uzdravení znehodnocených lokalit. Probíhají projekty na revitalizaci území po těžebním zásahu, které mají snahu obnovit původní rašelinné mokřady. Úspěšně obnovená rašeliniště fungují opět jako samostatný ekosystém akumulující rašelinu.

Pro rašeliniště je charakteristické vynikající hospodaření s vodou. Proto základem obnovení funkčnosti rašelinných procesů je snaha o zadržení vody v lokalitě. Zamezení rychlému odtoku vody z rašelinných polí přinese benefity i pro krajinu v blízkém okolí. Právě témata vody a sucha se dostala na horní příčky diskusí, s ohledem na měnící se distribuci vody do naší krajiny a s tím souvisejících problémů. Na hospodaření s vodou se klade větší důraz právě z důvodu stále častějšímu výskytu období extrémního sucha a povodní.

Téma revitalizace rašelinišť je poměrně mladé téma. I když bylo publikováno již mnoho studií a projektů z celého světa, které řeší způsoby a dopady revitalizace, nedošlo ke shodě na jednotném přístupu. Důvodem mohou být odlišné přírodní podmínky, rozdílná degradace lokalit, ale i odlišné smýšlení nad zásahem do krajiny. Některé přístupy se přiklání k neinvazivním zásahům zaměřující se na rozmnožení vegetační složky, jiné v první řadě řeší technické úpravy lokality.

První experimentální projekty obnovy rašelinného mokřadu na území NP Šumava proběhly již v 90. letech 20. stol, které spočívaly v zasypání kanálů. Tehdejší výsledek nesplňoval očekávaný efekt a revitalizační postupy byly nadále laděny a zdokonalovány (Bufková 2013).

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem práce je návrh opatření, které bude mít funkci regulačního systému na melioračních kanálech na území bývalé těžebny rašeliny ve prospěch cílových biotopů. Cílem je tedy regulace odvodňovacího systému, která ovlivní pozitivním způsobem hydrologický režim lokality, a to zvýšením hladiny podzemní vody a zajištěním akumulace vody v celém území. Dílčím cílem je podrobná analýza řešeného území.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Rašeliniště po celém světě

Rašeliniště se nacházejí ve 180 zemích po celém světě a rozprostírají se téměř na všech kontinentech (Obrázek 1). Najdeme je v přirozeně zalesněné Evropě, v okolí bažin tropické jihovýchodní Asie, až dokonce v rozsáhlé permafrostové oblasti Ruska, Kanady a vysokohorských oblastí And a Himaláji (IUCN ©2020).



Obrázek 1 Procentuální pokryv rašeliništěm na Zemi (Rydin a Jeglum 2013)

Názvosloví se však postupem času roztříštilo a na každém kontinentu jsou označovány odlišnými termíny, a to: moors, bogs, mires, peat swamp forests, permafrost tundra, peat moss, muskegs, fens. Například dva základní termíny Peatland a Mire rozlišuje IPS (Mezinárodní rašelinářská společnost) tak, že rašeliniště „Peatland“ definuje místo mokřadního charakteru, kde se nachází vrstva přirozeně akumulované rašeliny na povrchu. Kryt vegetací může a nemusí být. Rozdílně se definuje termín „Mire“, volně přeloženo jako „rašelinný mokřad, slatina“. Charakterizuje místa, na kterých se rašelina formuje a akumuluje. „Mire“ je termín často používaný při botanických a ekologických výzkumech typů vegetace. Naopak „peatland“ se spíše používá v lesnictví a v oblastech půdního hospodářství, kdy činí rozhodující hloubkový limit rašeliny (Rydin a Jeglum, 2013). Ke zjednodušení můžeme veškeré „rašelinné mokřady“ považovat za rašeliniště (Joosten a Donal 2002).

Rašeliniště pokrývají 3% rozlohy světa neboli přibližně 4 miliony km². Samotné procento se může zdát jako velmi nízké, přesto z hlediska benefitů (zdroj čisté pitné

vody a regulace klimatu), které společnosti přináší, jsou nepostradatelná. Rašeliniště ukládají 30 % celosvětového uhlíku (550 gigatun), což pro představu je více než dvojnásobek uhlíku uloženého ve všech lesích světa. Ročně vypouštějí až 2 gigatuny CO₂, což představuje téměř 6 % všech globálních emisí skleníkových plynů (IUCN ©2020).

Ze studie provedené na finských rašeliništích, konkrétně sledováním emisí oxidu dusného, vyplynulo, že odvodnění pro lesnictví více než zdvojnásobuje emise N₂O v místech bohatých na živiny (Minkkinen et al. 2020).

V mnoha evropských zemích se procento rašelinných ploch výrazně snížilo. Databáze IMCG odhaduje celkové ztráty rašelinišť v Evropě kvůli zemědělství, lesnictví a těžbě rašeliny na 130 000 km², s největšími ztrátami v Rusku (44 tis. km²), ve Finsku (17 tis. km²), Nizozemsko (12 tis. km²), Dánsko (9 tis. km²), Polsko (8 tis. km²) a Bělorusko (7 tis. km²) (Joosten a Donal 2002).

Podle Martense et al (2021) odvodněné rašeliniště používané pro konvenční pěstování plodin jsou důležitými zdroji emisí skleníkových plynů, degradace rašeliny a poklesu půdy. Jedním z řešení podle Kasimira (2017) je zvýšení hladiny vody, které může tyto negativní následky zmírnit.

3.2 Změna přístupu k rašelinám

Poprvé v roce 1933 byla území s výskytem rašeliny zařazena na seznam chráněných oblastí. Konkrétně v Šumavském regionu Rokytská slat', Jezerní slat', Mlynářská slat' a Buková slat', potom dále v Krušných horách Velké Jeřábí jezero a Českomoravské vrchovině Padrtiny – Dářko. Po druhé světové válce mezi lety 1946–1950 byla vyhlášena ochrana alespoň 18 mokřadních oblastí. První výzkumná stanice specializující se pouze na rašeliny byla založena v roce 1947 - Výzkumná stanice rašelinářská v Rolavě a Kvildě. Po roce 1951 vznikla nová organizace lesnického výzkumu, a to Výzkumný ústav rašelinářský v Hoře Sv. Šebestiána, který spadl pod Výzkumný ústav pro lesní výrobu. V roce 1954 se část výzkumu rašelinišť přesunula pod záštitu nové instituce – Výzkumného ústavu zemědělsko – lesnických meliorací (VÚZLM) (Zahradník 2011).

Bohužel, v období 1950–1980 se na rozvoj mokřadních společenstev nekladl takový důraz a oblasti podléhaly intenzivnějšímu narušování. Česká rašeliniště

jsou významně ovlivněna historickým hospodařením, konkrétně odvodňováním, těžbou rašeliny a přeměnou na zemědělskou a lesní půdu. Mnohé mokřady zanikly díky výstavbě rybníků (př. Rožmberk, Dářko, Máchovo jezero) a stavbě vodních nádrží (př. Lipno, Pílský rybník). Nepřímé negativní lidské dopady zahrnují všeobecné snižování hladin podzemní vody, eutrofizaci a znečištění ovzduší (Soukupová 2003).

„Kilometry odvodňovacích kanálů vybudovaných v minulosti urychlují odtok vody a důsledky se projevují jak v suchém období, tak zejména při přívalových deštích a tání sněhu, kdy voda rychle odtéká do podhůří a způsobuje povodně. Negativní roli sehrálo v některých oblastech i letecké přihnojování a vápnění lesních porostů, atmosférické depozice, zalesňování, změna lesních kultur, narušování těžkou mechanizací a nadměrná početnost lesní zvěře.“ (MŽP 2009).

V 80. letech se tento trend opět mění a dochází k postupné opětovné ochraně. Rašelinné oblasti se stávají součástí národních parků, chráněných krajinných oblastí, národních rezervací a označují se jako významné krajinné prvky (Soukupová 2003).

V roce 1981 došlo ke sjednocení tří složek – meliorací, pedologie a průzkumu půd pod jediný ústav nesoucí název Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd (VÚZZP). Nynější Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha (VÚMOP), vznikl z meliorační větve VÚZZP (Hladík 2014).

V současné době se na výzkumu rašeliny podílí více nezávislých ústavů a organizací. Spolupráce probíhá především mezi privátní společností CiMS, a.s., Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM), Výzkumným ústavem Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví (VÚKOZ), Vysokou školou chemicko – technologickou v Praze, Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích, Mendelovou univerzitou v Brně atd. (Janoušek 2016).

3.3 Tvorba rašeliny

Rašeliniště představují specifický druh ekosystému, který lze charakterizovat podle různých kritérií. Obecně se jedná o biotopy mokřadního typu, kde dochází k tvorbě a hromadění rašeliny díky specifickým geologickým a klimatickým podmínkám (Spitzer a Bufková 2008).

Vznik rašeliny je unikátním procesem, který není přesně datován. Stáří rašelinišť se po celém světě liší. V oblastech, které nebyly kryty ledovcem, mohou být rašeliniště

mnohem starší než například středoevropská rašeliniště, která se začala utvářet až po ústupu zalednění. Podle Spirhanzla (1951) se liší i stáří vrchovišť a slatinišť. Právě slatiniště se podle něj začala utvářet v boreálu zarůstáním vodních ploch a vrchoviště vznikala až ve vlhčím atlantiku.

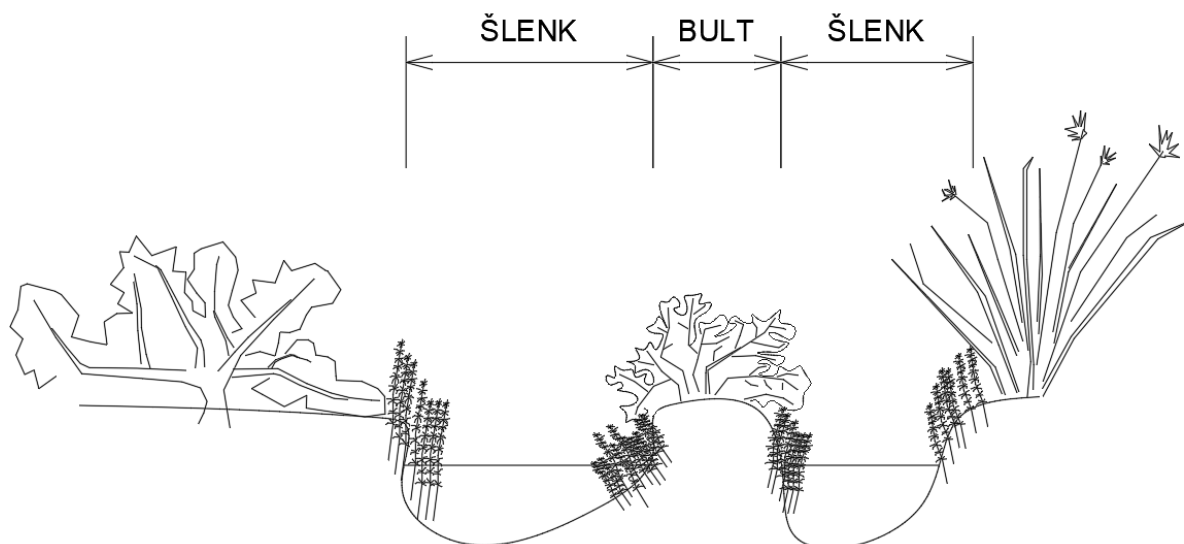
Při vzniku rašeliny dochází v horní vrstvě k hromadění odumřelých částí rostlinného společenstva a ve spodní vrstvě se hmota mění v rašelinu. Důležitý faktor pro vznik rašeliny je chemické a strukturní složení organického materiálu. Různé druhy rašelinných rostlin mají odlišnou schopnost se rozpadat, rozdílné části rostlin (např. oddenky versus květy) i látky (např. vosky versus cukry). To znamená, že některý rostlinný druh, orgán, či látka má větší sklon k hromadění hmoty než ostatní (Joosten a Donal 2002).

Zásadním faktorem v tvorbě rašeliny hraje roli přístupnost kyslíku a intenzita nasycení. Proces rašelinění probíhá za omezeného přístupu kyslíku a je závislý na výšce hladiny podzemní vody. Pokud dochází k rozkladu organických zbytků ve stagnující vodě, při procesu rašelinění se rozkládá především celulóza, lignin a proteiny. Dochází ke spotřebě kyslíku a další organické zbytky se ukládají v nerozložené formě jako tzv. humolity. Humolity se definují jako směs organických látek, které obsahují alespoň 30% podíl humusových substancí (Jandová 2009).

Ve složení rašelinné hmoty tvoří největší část spalitelné látky. Rašelina je charakteristická vysokým obsahem uhlíku a převahou organických látek (Spirhanzl 1956).

3.4 Vývoj rašeliníšť

Jak uvádí Potočka a Vaněk (2006), povrch rašeliníště není homogenní, vyskytují se vlhčí a sušší místa o různých tvarech vyvýšenin a prohlubní. Rozbrázdění se označuje jako síť kopečků tzv. bultů a mělkých prohlubní tzv. šlenků (Obrázek 2). Vývoj a vznik těchto útvarů se cyklí a zajišťuje tak přirozený dlouhodobý vývoj.



Obrázek 2 Mikrorelief povrchu rašeliníště

Rašeliníště je termín používaný pro zahrnující terén pokrytý rašelinou a obvykle je nutná minimální hloubka rašeliny, aby se lokalita klasifikovala jako rašeliníště. V Kanadě se udává limit 40 cm (Národní pracovní skupina pro mokřady 1997), ale v mnoha zemích a ve statistice rašeliníšť, mezinárodní skupiny pro ochranu mir, je udáváno 30 cm (Joosten a Clarke 2002). V českých zemích je za rašeliníště považováno ložisko s mocností humolitu více než 50 cm (Bufková a Kučerová 2017).

Celková mocnost rašeliny je závislá na klimatických podmínkách, hydrologických podmínkách a topografii reliéfu. Nejmocnější česká rašeliníště se nachází na Šumavě (tzv. slatě), která dosahují až 10 m hloubky (Bufková a Kučerová 2017).

Na druhovou rozdílnost vegetačního pokryvu má významný vliv typ mateřského podloží. Obohacená podzemní voda na minerálních půdách ovlivňuje typ vyvinuté minerotrofní vegetace. Také propustnost základního materiálu, ať už písčitého, bahnitého, jílovitého nebo skalního podloží, určí stupeň pohybu vody mezi rašeliníštěm a minerálním podkladem (Rydin a Jeglum, 2013).

Na tvorbě rašeliny se mohou podílet různé rostlinné druhy, zejména ostřice, trávy, třtiny a mechy. Podle druhového složení se také odvozují typy rašelin (Joosten a Donal 2002). Díky druhové pestrosti vázané na specifické podmínky místa, lze přímo v terénu rozlišit rašelinná místa na chudé bažiny a bohaté slatě. Je potřeba však vzít v potaz, že neexistuje přesná hranice. Studie prokazují, že podle přítomnosti specifických rostlinných druhů lze určit ekologické podmínky, jako například posouzení pH, vlhkosti nebo úrovně hladiny podzemní vody (Rydin a Jeglum, 2013). Rostlinný materiál je zpravidla tvořen typickými mokřadními druhy: rašelínkem tupolistým (*Shagnum obtusum*), ploníkem tuhým (*Polytrichum stricum*), suchopýrem pochvatým (*Eriophorum vaginatum*), ostřicemi (*Carex gen.*) a přesličkami (*Equisetum gen.*) (Spitzer a Bufková 2008).

Mikrorelief je jednou z nejzajímavějších vlastností rašelinišť, a to nejen z ekologického hlediska, ale také z pohledu topografie. V průběhu času se přetváří povrchová struktura, dochází k vyvýšení určitých částí, a tím se mění proudění vody po povrchu i v celém profilu. Voda v rašeliništi může až z 30 % odtékat skrze makropóry, což způsobí transport živin přes mělké i hlubší vrstvy. Tento proces je důležitý především u ombrotrofních rašelinišť, kdy pukliny obstarávají výměnu roztoků i ve vertikálním směru. Makropóry mohou vznikat při smršťování rašeliny, pokud dojde ke snížení hladiny podzemní vody a následnému vysychání. To způsobí, že na vrcholu a úpatí je hustota puklin vyšší, a naopak ve svahu se jejich obsah snižuje. Rozdílná topografie podporuje odlišné ukládání rašeliny. Ve svazích bývá lepší odvodnění, uniformnější podmínky, a na to navázaný vegetační pokryv bývá homogennější (Holden et al. 2011).

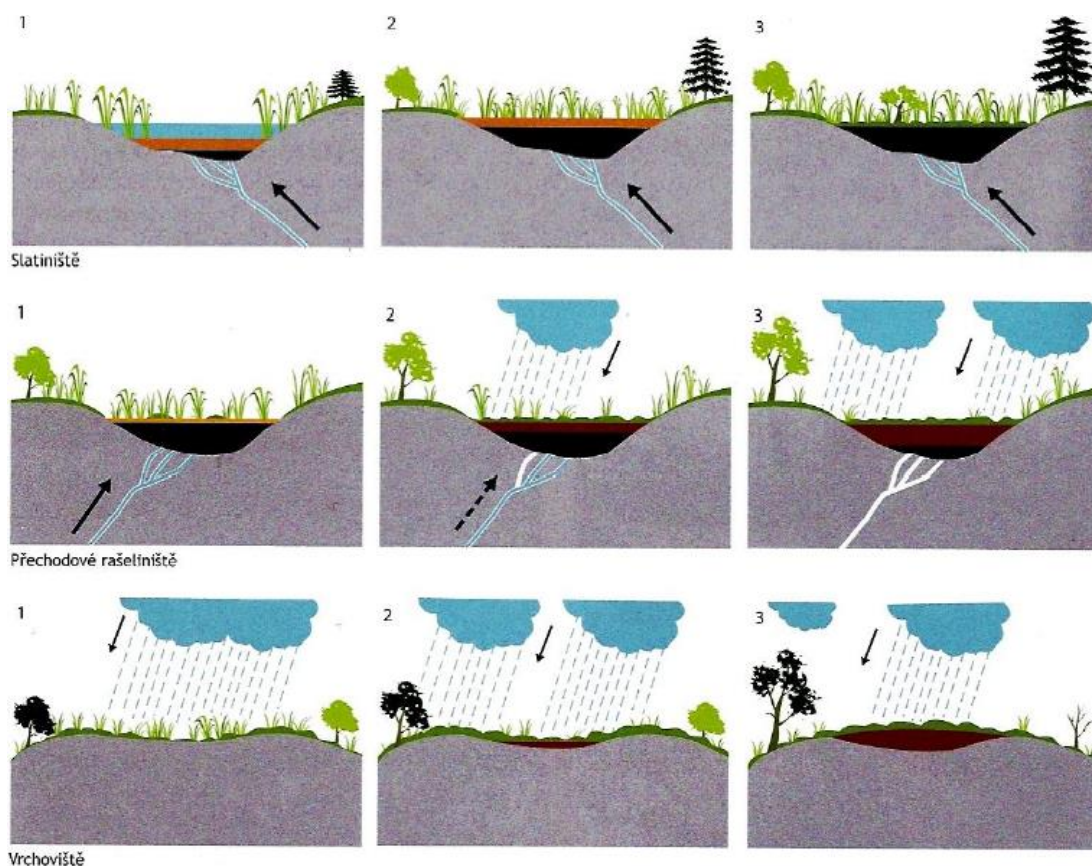
3.5 Rozdělení rašelinišť

Nezákladnějším faktorem pro rozdělení rašelinišť je způsob dodávání vody na území (Obrázek 3). Lokality závislé na srážkové vodě se nazývají vrchoviště. Najdeme je proto v podhorských a horských oblastech, která jsou chudá na živiny, s čímž souvisí PH prostředí. Jedná se o velmi kyselá stanoviště. (Pošta 2004) Vrchoviště obvykle vznikají až na velkých mocnostech rašeliny, která izoluje povrch rašeliniště od vlivu podzemní vody (Spitzer a Bufková 2008).

Naopak lokality, které jsou dotované podzemní vodou nebo například vznikají zarůstáním mrtvých říčních ramen, nazýváme slatiniště (minerotrofní rašeliniště).

Najdeme je v nížinných oblastech a živnost těchto lokalit je naopak velmi vysoká. Podrobněji lze rozdělit slatiniště na 2 skupiny, a to slatiniště prostá, která jsou méně obohacená minerálními látkami a slatiniště mineralizovaná (Pošta 2004).

V přírodě se mohou objevit velmi pestré lokality a tamější podmínky umožní vznik obou typů rašelinišť, nebo dochází k prolínání, a tyto typy nazýváme přechodová rašeliniště (Spitzer a Bufková 2008).



Obrázek 3 Vznik základních typů rašelinišť (Spitzer a Bufková 2008)

3.5.1 Slatiniště

V České republice jsou slatiniště, tzv. minerotrofní rašeliniště, nejrozšířenějším druhem rašelinišť. Zdroj podzemní vody (popřípadě povrchové) dodává živiny a drží pH na vyšších hodnotách (větší jak 4,5) (Spitzer a Bufková 2008). Podle obohacení vody vápníkem můžeme dělit slatiniště na vápnná a nevápná. Vápná slatiniště nacházíme hojně v Pošumaví, a to díky výskytu krystalických vápenců. Naopak jádro Šumavy je typické výskytem nevápných mechových slatinišť (Národní park Šumava

©2019). Mezi nevápnitá rašeliniště spadají minerálně bohatá slatiniště s kalcitolerantními rašeliníky, rašelinné louky (Spitzer a Bufková 2008).

Druhové složení vegetačního pokryvu se liší u každého typu rašelinišť. Určité druhy se však vyskytují napříč všemi minerotrofními rašeliništi, a to šachorovité rostliny (suchopýr, ostřice), mechorosty, dvouděložné byliny a přesličky (Spitzer a Bufková 2008).

3.5.2 Vrchoviště

Jelikož vrchoviště jsou dotovány srážkovou vodou, jejich výskyt je spjatý s oblastmi s vysokým srážkovým úhrnem. Vznikají tak v horských oblastech, kde tvoří převážně menší území (desítky ha). Najdeme však u nás i výjimku, a to mnohonásobně rozlehlejší lokalitu Mrtvý luh na Šumavě (300 ha). Vrchovištní rašeliniště jsou vázána na kyselé prostředí chudé na živiny, kdy pro zadržení srážkové vody je důležité nepropustné podloží. Vzhledem k životním podmínkám se druhové složení výrazně liší od minerotrofních rašelinišť. Extrémní podmínky vrchovišť zvládají rašeliníky, vřesovcovité keříčky a suchopýry, masožravé rosnatky a dřeviny typu břízy a borovice (Spitzer a Bufková 2008).

Nejspodnější vrstvy rašelinného profilu obsahují zbytky minerotrofního typu rašeliniště, což dokazuje, že původně byla obvykle sycena podzemní vodou (Svobodová et al. 2002).

Rozlišujeme dva základní typy vrchovišť – horská a údolní.

Horská vrchoviště

Horská vrchoviště najdeme často v okolí pramenišť a v zamokřených depresích. Vznikala nejčastěji procesem paludifikací (zamokření a následná tvorba rašeliny na minerální půdě). Horská vrchoviště mají velmi pestrou strukturu povrchu. Vytváří se zde typická kruhová rašelinná jezírka, tzv. blánky. I přes obrovskou retenční schopnost rašeliníku je občas srážkový úhrn tak velký, že přebytečná voda odtéká k úpatí vrchoviště. Tento okrajový velmi vlhký pás se nazývá lagg. Sít' bultů a šlenků může být rozčleněna na delší terénní pruhy vyvýšenin tzv. strängů a prohlubní tzv. flarků způsobené mrazovými procesy. Flarky větších rozměrů se označují jako kolky. Mocnost rašeliny na vrchovištích může dosahovat až desítek metrů a její vlastní

hmotnost způsobí tříštivými pochody vznik tzv. nepravých flarků. Veškeré prohlubně na povrchu jsou vyplněné vodou (Pošta 2004).

Údolní vrchoviště

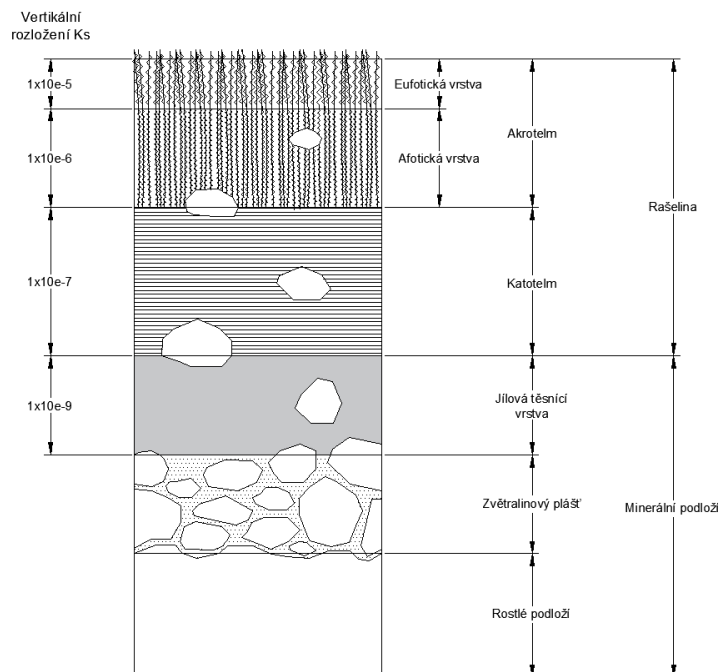
Údolní vrchoviště vznikala v níže položených plošinách (říční nivy, široké pánve, kotliny) za vhodných hydrogeologických podmínek. Vznikala nejčastěji postupným zazemňováním stojatých vod, tzv. terestrializací, nebo v kombinaci paludifikací. Vegetační dominantou našich údolních vrchovišť bývá stromové patro, jako blatkové nebo suchopýrové borym (Spitzer a Bufková 2008).

3.5.3 Rašelinné lesy

Rašelině se stromovou vegetací, tzv. rašelinné lesy, se vyskytují na zamokřených oligotrofních půdách. Rozšíření stromového patra zapříčiní například pokles hladiny podzemní vody nebo vyšší živnost půdy – vyšší obsah dusíku a fosforu. Často jsou takové jevy spojeny s lidským vlivem na krajinu, a to odvodněním nebo eutrofizací. Může se stát, že některé lokality sycené povrchovou vodou jsou částečně dotovány i podzemním zdrojem, a tak některé rašelinné lesy balancují na hraně ombrotrofních a minerotrofních systémů. Příkladem hraničních lesů mohou být suchopýrové bory a blatkové bory. Naopak typickým příkladem minerotrofních rašelinných lesů jsou rašelinné smrčiny. V důsledku velkého zamokření bývají přirozené smrčiny většinou rozvolněné s mezerami v porostu (Spitzer a Bufková 2008).

3.6 Vodní režim rašelinišť

Základním charakterem rašelinišť, který má vliv na pohyb vody, je složení profilu (Obrázek 4) ze dvou vrstev, a to akrotelmu a katotelmu. Akrotelm je dále rozdělen na eufotickou vrstvu živé rašeliny s největší efektivní porozitou, která se podílí na fotosyntéze a na afotickou část odumřelých stonků, které ještě nejsou přetvořeny mineralizací a sesedáním na katotelm. Svrchní vrstva akrotelm se specifikuje proměnlivým obsahem vody v čase, a tím i fluktuující vodní hladinou, vysokou mikrobiální aktivitou, vysokou hydraulickou vodivostí a relativně rychlým pohybem vody. Naopak v dolní vrstvě katotelmu je obsah vody konstantní, mikrobiální aktivita a hydraulická vodivost je zde nízká a pohyb vody velmi pomalý (Wieder a Vitt, 2006).



Obrázek 4 Vzorový řez rašeliništěm

Z hlediska hydrauliky podzemních vod se v rámci přirozeného plně vyvinutého rašeliniště hodnota nasycené hydraulické vodivosti $K_{s,i}$ hodnota transmisivity T snižují s hloubkou. K_s a T jsou parametry definující odpor horninového prostředí vůči proudění vody ve vztahu $K_s = T/\text{mocnost vrstvy}$ (Holden et al. 2011).

Průměrná hodnota hydraulické vodivosti je pro akrotelm udávána jako $1 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ a pro katotelm pouze $10^{-4} \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Takto velký rozdíl způsobí, že hladina podzemní vody se převážně drží v akrotelm. K výraznému poklesu hladiny podzemní vody dochází v nadprůměrně suchých letech, kdy dojde i k fyzické změně rašeliny. Poté obnovení výšky hladiny bývá velmi pomalé. Na pohyb hladiny během roku

nebo i v kratším časovém úseku mají vliv 2 veličiny, a to atmosférické srážky a evapotranspirace. (Holden et al. 2011). Letní poklesy v důsledku vysoké evapotranspirace se vyskytují u rašelinišť, která jsou závislá na srážkách. U rašelinišť, jejichž zdrojem je podzemní voda, bývá hladina stabilnější. (Vlček et al. 2012). Snížení hladiny se může pohybovat až 2-3 cm/den, ale pouze do určité úrovně. Pokud se tato hranice překročí, ztráty evapotranspirací se z důvodu nedostatku vody minimalizují. Průměrná hodnota této hranice se udává -23 cm (Weiss et al. 2006).

Vrstva minerálního podloží je vertikálně rozdělena na jílovou těsnicí vrstvu, zvětralinový plášť a rostlé podloží s různou mocností. Jílová těsnicí vrstva je vrstva jemnozrného sedimentu, která z hydraulického hlediska proti okolnímu horninovému prostředí funguje jako izolátor dna rašeliniště. Zvětralinový plášť je svrchní vrstva rozpukaného horninového podloží. Rostlé podloží je původní hornina, která se na lokalitě nacházela před vytvořením rašeliniště, a která není ovlivněna povrchovým zvětráváním. Tento jev je dán přítomností velkého procenta makroskopických pórů schopných dobře propouštět vodu uvnitř eufotické vrstvy akrotelmu. Tyto makropóry se postupně s hloubkou, vlivem sesedání a mineralizace odumřelé hmoty, vytrácejí a zůstává zde pouze velmi jemnozrný materiál s mikropóry, který má velmi omezenou schopnost vést podzemní vodu. Schopnost izolátoru je podmíněna jeho mocností a zrnitostí frakcí. Při jeho nízkých mocnostech, vyšší zrnitosti, nebo při jeho absenci v některých částech rašeliniště, může docházet k přetékání vody do níže položených zvodní v rámci horninového prostředí (Tveit et al 2020).

Dle Holdena et al. (2011) u velkého počtu rašelinišť bývá důvodem odtoku spíše překročení nasycenosti (nižší srážková intenzita, odtok je směsí dešťové a vyplavované vody), než překročení infiltrace (intenzita srážek je příliš vysoká a infiltrační schopnost půdy nedostatečná, odtok je tvořen pouze srážkovou vodou).

Pro zjištění vodního režimu rašelinišť se využívá mimo jiné hydropedologických výzkumů, které zkoumají základní fyzikální vlastnosti půd, jako jsou pórovitost, kapilární kapacity, stanovení vlhkosti atd. Například ve výzkumu, který byl proveden na vrchovištích Krkonoš a Krušnohoří, vyšly hodnoty pórovitosti v celém měřeném profilu kolem 94 %, pouze v hloubce 10–20 cm pod povrchem nedosahovala pórovitost 90 %. Hodnota maximální kapilární vodní kapacity byla naměřena až 90 %.

Jelikož se hladina podzemní vody pohybovala v blízkosti terénu, relativní vlhkost přesahovala 100 %. (Bachtíková 2013) Překročení 100 % je možné díky vlastnostem listů rašelíníku, které jsou tvořeny dvěma typy buněk. Asimilační buňky tzv. chlorocysty jsou zelené plazmatické buňky a tzv. hyalocysty jsou mrtvé buňky. Spojení těchto buněk umožňuje rašelíníku udržet v sobě množství vody až 15-20násobek, než kolik sám váží v suchém stavu (Hadač 1953).

3.7 Narušení rašelinišť

Důvodem destrukce rašelinišť díky lidskému zásahu bývá snaha proměnit plochy k hospodářskému užitku. Nejčastěji dochází k částečnému nebo úplnému odvodnění s cílem následného zalesnění nebo osázení zemědělskou plodinou. Dalším způsobem destrukce bývá těžba rašeliny nebo zábor kvůli zástavbě (Rochefort 2000).

Plochy rašeliniště mají po těžbě, bez ohledu na způsob těžby, některé společné výchozí podmínky. Rašeliniště jsou odvodňována sítí odvodňovacích kanálů. Nejčastěji se jedná o obvodový kanál a na něj napojené centrální kanály, do kterých ústí kolmo orientované menší kanály. Pokud na rašeliništi rostly stromy, byly vykáceny a horní vrstva živého rašelíníku byla sejmuta. Zpravidla po průmyslové těžbě zůstane pouze černá pláň (Placková 2020).

Těžba borkováním

Těžba borkováním byla charakteristická pro lokality s menší rozlohou. Prováděla se spíše pro místní potřebu paliva. Probíhala v měsících před létem, aby byl dostatečný čas na vyschnutí borek, které obsahovaly až 85% vody (Rašelina ©2016). Dříve se tato práce prováděla ručně pomocí speciálních rýčů. Odrýpávali se rašelinné cihly směrem od odvodňovacích příkopů, a tím vznikaly hluboké kaskádovité plochy (Soro et al. 1999). Zpravidla se plochy před těžbou připravily odvodněním, odlesněním a odstranila se povrchová vrstva tzv. mourovka (Placková 2020). Pokud nedošlo k rozsáhlejšímu zásahu, regeneraci (zazemněním odvodňovacího kanálu) zajistil přirozený proces, a to konkrétně eroze. Doloviště se následně zaplnila vodou a v depresích se obnovila mokřadní vegetace (Soro et al. 1999). V současné době se těžba borkováním provádí specializovanými stroji, jako jsou mechanizovaná rypadla nebo bagry s upravenými lžicemi. Vysušené borky jsou rozemlety a rozděleny

do skupin podle frakcí. Například rašelina s frakcí (5–10, 20–40) se využívá jako výchozí surovina k výrobě pěstebních substrátů (Placková 2020).

Těžba frézováním

Frézování je způsob těžby, který se především využíval na velkých plochách. Technologie byla převzata ze Svazu sovětských socialistických republik. Pomocí sítě odvodňovacích kanálů se plocha odvodní, odeberou se povrchové dřevité zbytky a horní vrstva je odfrézována (Dohnal et al. 1965). Na těžebním stroji, tzv. fréze, jsou frézovací válce, které v rotaci odebírají horní vrstvu rašeliny. Ta je obrácena a vysušována. (Placková 2020). Jelikož je plošně horní vrstva odstraněna, dochází k narušení a mnohdy i znemožnění samovolného obnovení mokřadní vegetace. Těžká mechanizace navíc ovlivní (sníží) hydraulickou vodivost rašeliny z důvodu zhutnění pozůstalé vrstvy humolitu (Schlotzhauer a Price 1999).

Těžba bagrováním

Výhodou těžby bagrováním je rychlost. Tato pozitivní stránka je ale zcela zastíněna negativním důsledkem, a to devastací ložiska rašeliny. Dochází k odřezání profilu v různých hloubkách, a proto je výsledná odtěžená hmota směsí různých vrstev rašeliny. Takto vytěžená rašelina se využívá v lázeňství a je vhodná i pro kompostování (Spirhanzl 1956).

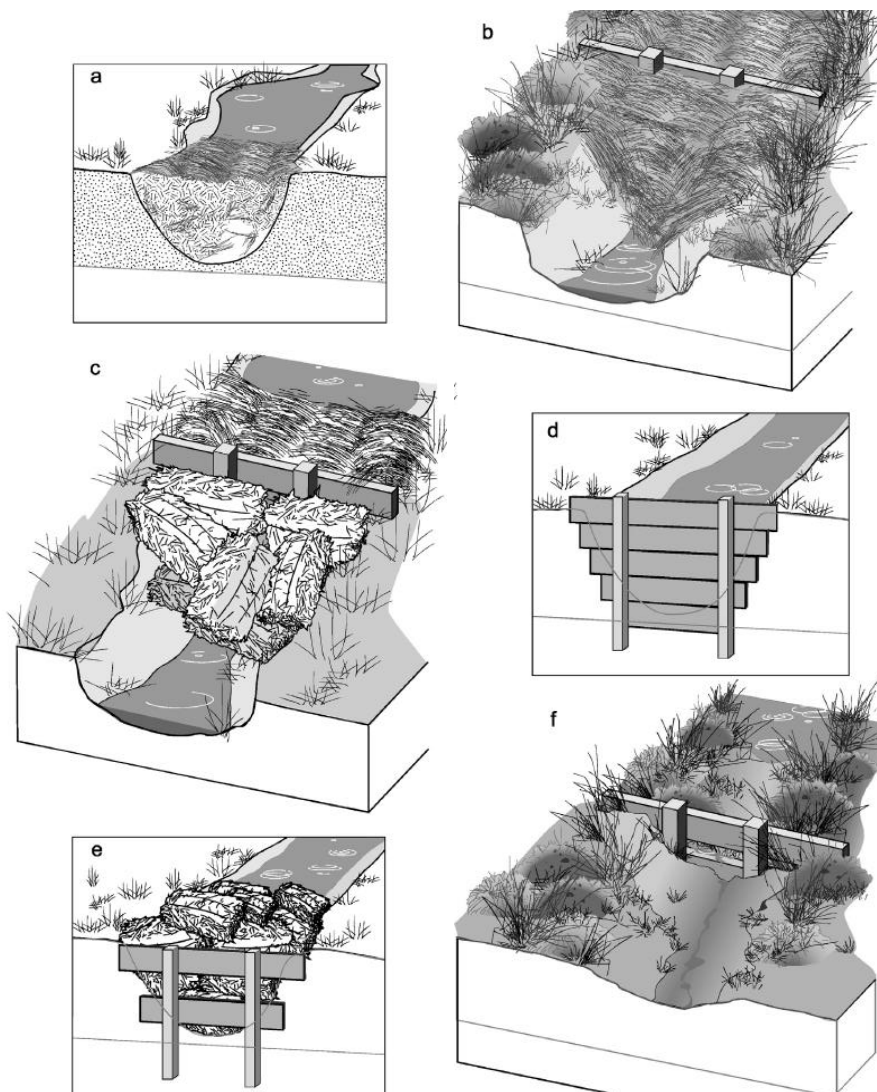
3.8 Způsoby obnovy degradovaných rašelinišť

Cílem revitalizace rašeliniště je v ideálním případě zajištění života mokřadní vegetace a obnovení rašelínotvorných procesů. Některá území jsou průmyslovou těžbou nenávratně poškozena, kdy je území zcela odvodněno nebo po těžbě nezůstala na místě minimální vrstva rašeliny. V takovém případě je cílem alespoň podpořit mokřadní biotop s částečným podílem rašelínotvorné vegetace. Nejzásadnějším úkolem při revitalizaci je zadržení vody, která je pro rašeliniště zcela klíčová (Placková 2020).

Celosvětově se zvolené přístupy k obnově rašelinišť lišily především díky rozdílnému využití půdy a metodám těžby rašeliny, která na území probíhala. Z tohoto důvodu by zvolený typ revitalizace měl vycházet z potřeb dané lokality a vždy respektovat specifika řešeného území. (Mitsch a Day 2006).

Podle průzkumů v Quebecu a New Brunswicku existuje velmi malá pravděpodobnost, že by se odtěžená rašeliníště vrátila do původního stavu samovolně bez pomocného zásahu. Pouze 17 % příkopů po těžbě borkováním bylo znovu osídleno mokřadním druhem rašeliníku. Na plochách po těžbě frézováním, kde zůstaly holé rašelinné povrchy, druh rašeliníku zcela chybí (Quint a Rochefort 2003).

Podle Armstronga et al. (2009) žádná z technik hrazení používaných při obnově kapacity akumulace vody ve Velké Británii (Obrázek 5) se účinností od sebe významně nelišila. Schematické znázornění každé blokovací techniky používané v mělkých rašeliníštích ve Velké Británii (Grand-Clement et al. 2015): a) rašelinová přehrada, b) dřevo a rašelina (dřevo obvykle pokryté rašelinou, i když to není znázorněno), c) kombinovaná přehrada (dřevo, rašelina a balíky), d) dřevěná přehrada, e) netěsná přehrada (dřevo a balíky) a f) netěsná přehrada s rašelinou a dřevem.



Obrázek 5 Schematické znázornění blokovacích technik používaných v mělkých rašeliníštích (Grand-Clement et al. 2015)

Drobné odlišnosti v efektivnosti metod se projevily v návaznosti na mocnost rašelinišť. Pro mělká rašeliniště mohou být některé varianty vhodnější, ale je nutné respektovat místní podmínky, např. velikost příkopu, sklon svahu, stav vegetace nebo stav eroze.

3.8.1 Zásypová metoda

Při využití zásypové metody dochází k úplnému vyplnění kanálu zeminou. Zásypové příkopy (pokud to náklady a logistika umožňují), jsou nejúčinnější dlouhodobou metodou pro zvýšení hladiny podzemní vody v rašeliništích zasažených odvodňovacími příkopy. Její výhodou je možná eliminace narušení přehrážek při událostech s vysokým průtokem (Chimner et al. 2017).

3.8.2 Blokování odvodňovacích kanálů

Závěrečné studie Quinta a Rocheforta (2003) dokazují, že právě blokování drenážních příkopů může být velmi účinné při omezování ztrát vody odtokem.

Ačkoli blokovací kanály přispějí k obnovení vodní složky rašelinišť, je nutné počítat s tím, že hydrologický režim se dostatečně stabilizuje až v horizontu několika let. Tam, kde je zbytková rašelina velmi rozložená a má nedostatečnou kapacitu pro zadržování vody, bude kolonizace vegetace trvat mnohem déle (Price et al. 2003).

Chimner et al. (2017) doplňuje strategii blokování o myšlenku, že obnova zalesněných rašelinišť a historických vegetačních společenstev má pozitivní vliv na proces ukládání uhlíku.

Díky mnohým zkušenostem je možné opatření blokování považovat již za osvědčenou efektivní metodu s poměrně nízkými náklady a s relativně snadnou realizací. Cílem blokování je zastavit tok vody v příkopu vytvořením řady přehrad nebo zátek, které zpomalují odtok z rašeliniště. V rašeliništích s nízkým průtokem se blokování příkopů často provádí pouze pomocí rašelinových bloků umístěných v příkopech (Quinty a Rochefort 2003). Tato metoda však může být neadekvátní (viz. níže) v rašeliništích se strmými svahy, silnou erozí, ve velmi vlhkých nebo naopak velmi suchých místech (Chimner et al. 2017).

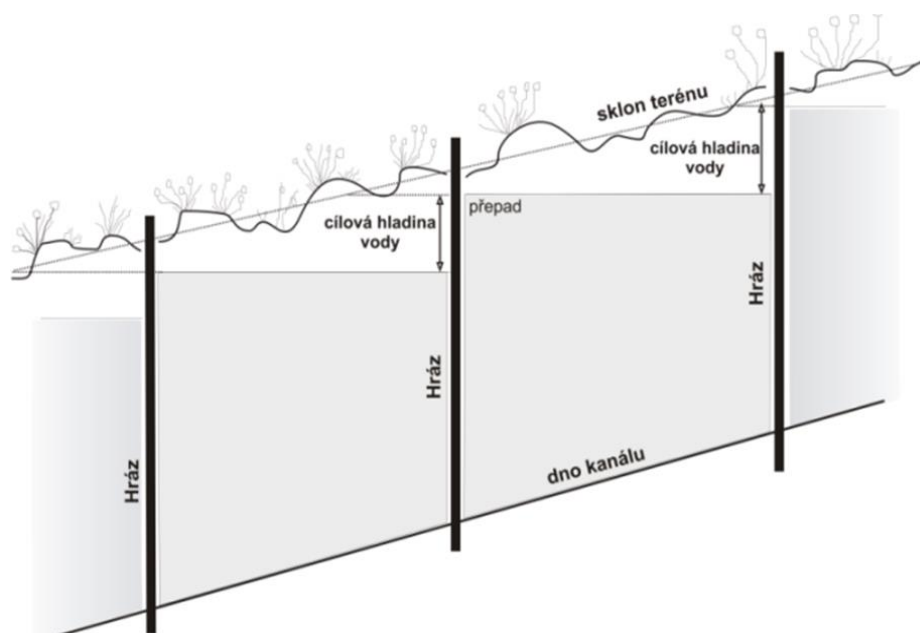
Při realizaci revitalizačních opatření je nezbytné brát zřetel na zamezení přerušení jílové těsnicí vrstvy. Vyskytuje-li se pod těsnicí jílovou vrstvou zvětralinový plášť

s vysokou hodnotou K_s , případně propustné křídové vrstvy, hrozí nežádoucí odvodnění rašelinště. Ideální vrstvou pro zakládání přehrážek je vrstva katotelmu. Jílová vrstva může být navíc bohatá na minerální látky, které mohou negativně ovlivnit chemismus povrchových vod (Tveit et al 2020).

Na rašeliništi Ruergai v Číně byly porovnány přístupy blokování odvodňovacích kanálů se závěrem, že dřevěná prkna účinně zvyšují hladinu vody, což poté umožňuje vodním rostlinám postupně vegetovat v hlubokých vodních kanálech nebo na jejich obou stranách. Jako účinné se jevílo blokování hlubokých drenážních kanálů pytlováním (naskládané pytle naplněné pískovou nebo jílovou směsí), které odolalo akumulaci vody před vystavenou pytlou stěnou (Zhang 2011).

Metoda cílové hladiny

Koncept cílové hladiny (Obrázek 6) udává vzdálenost přehrážek mezi sebou s ohledem na podélný sklon kanálu a cílový biotop. Ten určuje rozmezí, v jaké maximální hloubce může být hladina po přehrazení zaklesnuta pod terén. Například pro vrchoviště se doporučuje hladina cca 5 cm pod úroveň povrchu. Pro rašelinné smrčiny je doporučována úroveň nižší, 15–20 cm pod povrchem (Bufková 2013).



Obrázek 6 Koncept cílové hladiny (Bufková 2013)

Při přehrazení dochází ke skokové změně hladiny v kanále. Pro méně citlivé biotopy může být tento rozdíl markantnější, tzn. přehrážek je méně a ve větší vzdálenosti (Quinty a Rochefort 2003).

Zvolený typ přehrážek, umístění a rozestupy na dané lokalitě, je dán intenzitou odvodnění a parametry melioračních kanálů (hloubka, šířka). Dalším kritériem jsou podmínky konkrétního stanoviště, jako sklonitostní poměry a typ rašeliny (popřípadě mocnost). Pokud jsou v nějakém úseku zachovány vegetační segmenty původního porostu, lze podle druhové identifikace určit typ rašeliniště i cílovou hladinu podzemní vody (Quinty a Rochefort 2003).

3.8.3 Vodní bariery

Vytvoření vodních bariér řeší průtočné odvodňovací kanály propustnou metodou. Tato metoda zajistí pouze snížení rychlostního proudění, ale oproti blokování nezachytává usazeniny. V průběhu času dochází k postupné rekolizaci vegetace (Lindsay 2010).

Ve Velké Británii po porovnání technik blokování Armstrong et al. (2009) preferují metodu rašelinových trávníků. Jedná se o blokování odkopnutým drnem (Obrázek 7) a vytvoření postranní tůně před blokadou. Odstranění rašeliny z horního toku, a tím vytvoření vodní plochy, zpomaluje rychlost vody před blokem, čímž snižuje erozi.



Obrázek 7 Blokování metodou rašelinových trávníků
(Armstrong et al. 2009)

Typ blokování rašelinou se jeví nákladově nejefektivnějším typem přehrad, i když je zohledněna vyšší míra selhání. Používání rašeliny je ekonomické z toho důvodu, že nevyžaduje žádnou dopravu na místo a přehrad lze snadno přizpůsobit velikosti

jednotlivých odvodňovacích příkopů (širší a hlubší erodované odtoky lze zablokovat, aniž by na stavenišťe byly přiváděny další materiály) (Armstrong et al. 2009).

Ukázalo se, že rašelinové trávničky mají i další přidané výhody, a to konkrétně pro volně žijící zvěř. Jelikož hrazení může být postaveno o něco výše než okolní terén, na horní suchou plochu lze umístit štěrk např. pro tetřeva hlušce (Armstrong et al. 2009).

3.8.4 Kanadský přístup

Kanadský přístup k obnově rašelinišť je založen na principu aktivního zavádění rašelinných rostlin, k urychlení tvorby nového rostlinného koberce. Nejpraktičtější a nejhojnějším zdrojem rostlinných diaspor je rašeliniště samotné. Sběr rostlin spočívá v podstatě v drcení a následném sběru povrchové vegetace, která se rozloží na místo obnovy, kde vytvoří nový rostlinný koberec. Sběr rostlin, pokud je prováděn správně, umožňuje rychlou obnovu a zároveň trvale nepoškozuje sběrná místa (Quinty a Rochefort 2003).

3.8.5 Lesnická rekultivace

Lesnickou rekultivací se rozumí zalesnění území v hustém sponu, nejčastěji borovicí lesní nebo smrkem ztepilým. I zde kanály plní svou funkci, odvodňují území a umožňují tak růst vysázeným stromům. K dalšímu vysychání však dochází díky evapotranspirací stromů, a tím i následné mineralizaci rašeliny. Stromový porost je obvykle chudý na podrost, a tím se na těchto místech začnou rozšiřovat ruderalní druhy (Konvalinková 2010). Tímto způsobem může být v území řešena eroze a zakrytí otevřených ploch.

3.8.6 Samovolná sukcese

Úspěšnost samovolné sukcese se odvíjí od míry poškození území, což úzce souvisí s typem těžby, která v lokalitě probíhala. Na méně zasažených plochách, které byly například odtěženy borkováním, dochází k obnově rašelinného společenství často bez revitalizačního zásahu člověka. Naopak na frézovaných plochách k tomuto jevu dochází spíše ojediněle.

Při rozhodování, zda se ponechá plocha bez zásahu nebo se systematicky provedou technické úpravy, hraje klíčovou roli stanovený cílový stav. Pokud není cílem pouze

vytvoření jakéhokoli vegetačního krytu, právě expandující náletové dřeviny mohou znemožnit obnovení rašelinné vegetace. Toto je způsobeno díky evapotranspiraci, která zapříčiní další vysychání půdy (Konvalinkova ex Girard et al. 2002).

Na plochách, které byly hluboce odvodněny, dochází k zaklesnutí hladiny podzemní vody. Na takovýchto plochách se často uchytil třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), která může zpomalit nebo úplně zamezit sukcesi dalším druhům (Konvalinková 2010).

3.9 Doplnková opatření

Za komplexní revitalizační řešení lze považovat takové, které využívá jak stavebně technické, tak biologické zásahy. Mimo primárního cíle zvýšení hladiny podzemní vody, je neopomenutelné využití doplňkových opatření, která přispějí k celkové efektivitě obnovy. Výsledkem může být rychlejší návrat k původním biotopům, zlepšení mikroklimatických ukazatelů, kvality vody apod. (Armstrong et al. 2009).

3.9.1 Úprava povrchu

Pro plochy, především strojně těžené, je charakteristický zploštělý povrch bez morfologicky pestrých útvarů. Přirozené plochy rašelinišť mívají členitý mikrorelief, na kterém se vyskytují mělké prohlubně a vyvýšeniny. Takové prostředí vytváří rozmanité mikrohabitaty typických druhů vegetace a živočichů. Dalším přínosem je akumulace srážkových vod, zpomalení povrchového odtoku a vliv na mikroklima lokality. Technicky se jedná o vymodelování mělkých sníženin s členitými břehy a proměnnou hloubkou maximálně do 0,75 m. Takto získaný materiál je možné využít pro zablokování nebo vyplnění odvodňovacích kanálů, jelikož vhodného materiálu pro konstrukce zemních přehrážek bývá často nedostatek. Vytvoření mělkého průlehu umožní odtok akumulované vody požadovaným směrem. Kanály bývají obklopeny valy z vytěženého materiálu, které omezují přirozený periodický rozliv do přilehlých ploch. Mezi doplňkové terénní úpravy lze zařadit odstranění těchto valů a uložení materiálu do přilehlého kanálu (Rochefort a Lode 2006).

3.9.2 Mulčování

Lokality průmyslově těžené, kde se objevují místa s odhaleným povrchem rašeliny, se vyznačují vysokými teplotami (až 70 °C). Takové podmínky velmi ztěžují uchycení náletových dřevin nebo rozšíření rašelinné vegetace. Zároveň dochází k nežádoucímu výparu vody z povrchu. Odhalené plochy se proto pokryjí vrstvou vhodného materiálu jako je štěpka, materiál z kosení luk, sláma apod. Důležité je schválení tohoto materiálu z hlediska druhového složení rostlin tak, aby nedošlo k zanesení nevhodných druhů rostlin do řešené lokality (Lanta et al. 2004).

3.9.3 Kácení a odstranění biomasy

Na rozvoj zalesnění a druhového složení mělo vliv především intenzivní odvodnění ploch. Tento zásah podpořil růst nevhodných druhů, a tím docházelo k omezení obnovy cílových biotopů. Nepůvodní druhy lze odstranit jednorázovým zásahem včetně odstranění větví (možné zdroje semen) z řešené plochy. Nevhodné druhy lze eliminovat opětovným zavodněním ploch a případně odstraněním jednotlivých stromů, které v řešené ploše mohou být zdrojem semen ještě před realizací navržených opatření. Jak již bylo výše uvedeno, zvýšení hladiny podzemní vody bude mít dopad na stávající stromy a druhové složení. Hlavními ukazateli budou rychlost zvyšování úrovně hladiny podzemní vody (HPV) a také stáří porostu. Starší jedinci jsou ke změně HPV méně tolerantní (Lunt et al. 2010).

Odstraňování biomasy z ploch dotčených vnosem nutrientů např. sekáním rákosu včetně odvozu z plochy, má vliv na snížení zátěže dusíkem a fosforem. Největší efekt lze předpokládat na plochách s historickou zátěží (hnojení lesů a luk), kde nedochází k vnosu dalších živin (Lunt et al. 2010).

3.10 Obnova mokřadní vegetace

Obnova rašeliniště se často zaměřuje na obnovu charakteristických společenstev a klíčovým atributem úspěšně obnovených ekosystémů je jejich schopnost udržovat životaschopné populace cílových druhů. Pokud nebudou aktivně vysazeny, předpokládá se, že se tyto druhy rozšíří po zlepšení podmínek na daném místě. Z výsledků experimentu odpovědi fytoometrů na obnovu rašelinišť vyplývá, že na úspěšnost přežití vysazeného materiálu má zásadní význam horní vrstva zbylé rašeliny (Strobl et al 2018).

Z poznatků Grafa a Rocheforta (2008) vyplývá, že pokud využijeme re introdukci rostlinného materiálu, tak načasování znovuzavedení rostlinného materiálu nemá žádný vliv na úspěch uchycení vegetace. Obnova vegetace by však měla být prováděna na jaře, kdy je půda stále zmrzlá, aby se minimalizovaly další ekologické dopady.

Z pohledu toku uhlíku, obnova hydrologických podmínek (studie prováděna na minerotrofním rašeliništi) nesníží emise uhlíku na místech, která nezarostla. I když se nepodařilo plošně navrátit mechový kryt, i částečné uchycení způsobilo významné zvýšení pokrytí cévnatými rostlinami. To mělo za následek významné změny v tocích uhlíku (CO₂ a CH₄) ve srovnání s holými parcelami, čímž se revitalizované místo přiblížilo k přírodním podmínkám (Lazcano et al. 2018).

Z kanadského experimentu s cílem vyvinout techniky obnovy vegetace na okraji vodních ploch zablokovaných rašelinišť vyplývá, že rašelinná vegetace je schopna regenerovat v obnoveném místě, pokud je povrch rašeliny neustále udržován vlhký. Na zkoumané ploše byla použita mulčovací sláma (Strobl et al 2018).

Z pozorování revitalizovaných rašelinišť v ČR Konvalinková (2010) vytvořila přehled uchycujících druhů podle hladiny podzemní vody:

- 0,3 m pod povrchem: sítina rozkladitá (*Juncus effusus*), s. níťovitá (*J. filiformis*), smldník bahenní, (*Peucedanum palustre*), psineček psí (*Agrostis canina*), violka bahenní (*Viola palustris*), pcháč bahenní (*Cirsium palustre*), vrbina obecná (*Lysimachia vulgaris*), svízel bahenní (*Galium palustre*), karbínek evropský (*Lycopus europeus*), ostřice obecná (*Carex nigra*), o. prosová (*C. panicea*), o. zobánkatá (*C. rostrata*), o. šedavá (*C. canescens*), mochna nátržník (*Potentilla erecta*), bezkolének modrý (*Molinia caerulea*), ale také např. suchopýr úzkolistý (*Eriophorum angustifolium*); z dřevin pak zejména vrba popelavá (*Salix cinerea*) a břízy (*Betula spp.*), plavuň vidlačka (*Lycopodium clavatum*), smilka tuhá (*Nardus stricta*) a sítina kostrbatá (*Juncus squarrosus*).
- Zaklesnutá hladina vody: třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*), třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), bezkolének modrý (*Molinia caerulea*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) a dřeviny, zejména bříza bělokorá

(*Betula pendula*), b. pýřitá (*B. pubescens*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), smrk ztepilý (*Picea abies*)

- Mocnost humolitu alespoň 0,4 m: suchopýr pochvatý (*Eriophorum vaginatum*), s. úzkolistý (*E. angustifolium*), vlochyně bahenní (*Vaccinium uliginosum*), borůvka černá (*Vaccinium vitis-idaea*), klikva bahenní (*Oxycoccus palustris*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*), černýš luční (*Melampyrum pratense*), méně často také rojovník bahenní (*Ledum palustre*), rosnatka okrouhlolistá (*Drosera rotundifolia*), šicha černá (*Empetrum nigrum*).

3.11 Chemismus vody

Kvalita, tedy chemické vlastnosti, povrchové a podzemní vody jsou zásadním parametrem pro návrh opatření, které vedou ke zlepšení stavu rašelinných stanovišť (Lazcano et al. 2018).

Cílové oligotrofní biotopy jsou charakteristické nízkým výskytem živin, které umožňují vývoj vegetace s typickým druhovým složením. Jasným indikátorem živných ploch jsou například rákos obecný (*Phragmites australis*), okřehek menší (*Lemna minor*) a okřehek trojbrázdý (*Lemna trisulca*) v eutrofních a mezotrofních stojatých vodách (Lazcano et al. 2018).

Úpravou hydrologického režimu rašeliniště se může ovlivnit i chemismus vody v širším okolí. Proto je potřeba vzít v úvahu, zda se v blízkosti nenachází například úpravna pitné vody. Konkrétní příklad kvality vody řešil v povodí Fláje. Po vybudování vodní nádrže Fláje na Flájském potoce výrazně vzrostl obsah huminových látek. Tyto látky jsou rizikové při úpravě pitné vody díky své vlastnosti komplexaci kovů – zvyšuje se koncentrace železa, manganu, rtuti a kadmia. Vyplavování těchto látek může být důsledkem znovu zavodnění odvodněného rašeliniště. Huminové látky jsou izolované pod téměř nepropustnou vrstvou v živé rašelině (v hloubce až 60 cm), která je stále sycená vodou. Po opakovaném zaplavování a vysušování odvodněného rašeliniště až na minerální podloží se povrch intenzivně mineralizuje a dříve nepropustná vrstva je stále přístupnější pro vzduch a vodu. V období tání sněhu, nebo při zaplavení po silných deštích, dojde k důkladnému propláchnutí a organické látky se stále více uvolňují (Daphne ČR 2010).

Frank et al (2014) ze svého pozorování vlivu odvodnění a opětovného zaplavování rašelinišť na obsah uhlíku, dusíku a rozpuštěných plynů ve vodě dochází k závěru, že dlouhodobé odvodnění lokality vykazuje (v porovnání s přírodě blízkou lokalitou) zvýšené hodnoty obsahu DOC (rozpuštěný organický uhlík), amonných iontů, dusičnanů a DON (rozpuštěný organický dusík), kdy obsah DOC a sloučenin dusíku je přímo úměrný hloubce drenáže (resp. hloubkou hladiny podzemní vody). Monitoring po deseti letech od revitalizačních zásahů ukázal, že částečně se biogeochemický stav vrátil do původní podoby. Jediným trvalým znakem, který odrážel původní odvodnění a těžbu rašeliny, byl zvýšený obsah metanu a amonných iontů.

Haapalehto et al (2014) došel k podobným výsledkům při pozorování finských rašelinišť. Před revitalizací se chemismus lišil v okolí odvodňovacích kanálů a v ploše mezi nimi, kde byl zjištěn vyšší obsah DOC. V dlouhodobém měřítku se revitalizace projeví snížením obsahu živin a právě zmiňovaných DOC. V horizontu minimálně pěti let po realizaci je pravděpodobné, že hodnoty dusíku a fosforu budou stále o něco vyšší.

Existují však případy, kdy nebyl zaznamenán rozdíl v chemismu vody před a po realizaci. Monitoring, který byl prováděn na rašeliništi u vodárenské nádrže Carlsfed (Krušné hory na saské straně) ukázal, že hodnoty koncentrací DOC (mediány) v tocích jak v nezasazených lokalitách, tak v oblastech, kde byly provedeny revitalizační zásahy, nevykázaly žádné statisticky průkazné poklesy nebo nárůsty v obdobích před a po revitalizaci (Dittrich a Partner Hydro-Consult GmbH 2012).

3.12 Výsledky monitoringu revitalizovaných rašelinišť na Šumavě

Na území Národního parku Šumava byly již realizované některé projekty na obnovu rašelinišť a mokřadů. Probíhá zde následný monitoring. Příklady jsou monitorovány v rámci projektu „Life for mires“ (NP Šumava © 2019).

- Modravské slatě: Kamerální slatě, Černoهورský močál, Vrchové slatě, Novohořské močály, Cikánské slatě, Blatenská slatě, Luzenské údolí, Ptačí nádrž, Nad Rybárnou, Schachtenfilz, Na Ztraceném, Zhůží-Hadí vrch, Rokytenské slatě
- Vltavský luh: Soumarský Most, Malý luh, Hučina, Žlebský a Jedlový potok

Zvolená metoda revitalizace vychází z tzv. „Americké školy“ (François Quinty, Line Rochefort - 90. léta 20. století). Metoda spočívá v následujících opatřeních:

- Úprava povrchu rašeliníště – vytvoření mělkých sníženin
- Sběr a vnášení rašelinotvorné vegetace – znovu nastartování rašelinotvorného procesu, 10 cm, koberec
- Aplikace mulče
- Zavodnění – zablokování kanálů
- Začít co nejrychleji po těžbě

3.12.1 Revitalizace Černoorského močálu

Část lokality byla revitalizovaná v roce 2001 a monitoring lokality probíhal již od roku 2000 do roku 2002. Další úsek revitalizace probíhal v letech 2013–2014, kdy bylo realizováno zablokování 1,8 km na ploše 80 ha a současně byl obnoven malý vodní tok v délce 0,6 km.

3.12.2 Revitalizace průmyslově těženého rašeliníště – Soumarský Most

Realizace projektu na území údolního vrchoviště s blatkovým borem probíhala v letech 1999–2006. Úprava byla provedena celkem na ploše 70 ha. Odvodňovací kanály byly přehrazeny dřevěnými přehrázkami v kombinaci s rašelinným zablokováním. Některé odvodňovací trasy byly zablokovány vyplněním zeminou. Na podporu příznivějších lokálních klimatických podmínek byly provedeny úpravy povrchu. S cílem snížení výparu z obnažené rašeliny a snížení povrchové teploty, byl povrch pokryt mulčovací hmotou. Aby nedošlo k zavlečení nevhodných rostlinných druhů, zdrojem mulčovací hmoty byly ostřicové louky z okolí. Další úpravou povrchu bylo vytvoření mělkých terénních sníženin, kde vzniknou malé vodní plošky.

3.12.3 Revitalizace Zhůří

Řešené území bylo monitorováno od roku 2009 a samotná realizace probíhala v letech 2014–2015. Nyní lze tedy porovnat vývoj úrovně hladiny podzemní vody před revitalizací a následně po ní. Hladina podzemní vody v reakci na přísun srážkové vody nekolísá po realizaci opatření v takovém rozpětí jako dříve. Stabilnější úroveň podzemní vody odráží lepší schopnost zadržení vody na ploše.

3.12.4 Souhrn poznatků z realizovaných revitalizací NP Šumava

Výsledky a shrnutí monitoringu jsou zpracované RNDr. Ivanou Bufkovou z NP Šumava (Bufková 2010).

Pro zhodnocení úspěšnosti realizace opatření je doporučený následný monitoring lokality. Cílem je vyhodnocení degradačních změn na odvodněných rašeliništích a úspěšnost realizované revitalizace (dosáhnutí stanovených cílů). Je nutné zohlednit skutečnost, že znovu nastartování hydrologického procesu odvodněných rašelinišť se liší podle typu rašeliniště. Při monitoringu jsou sledovány následující parametry:

- hladina podzemní vody
- odtokové poměry
- hydrochemie
- srážky
- mikroklima (vzdušná vlhkost a teploty)
- vegetace

Ve svažitých a horských terénech se pro způsob revitalizace rašelinišť osvědčilo hrazení odvodňovacích kanálů konceptem cílové hladiny vody (vysvětleno v kapitole Způsoby obnovy degradovaných rašelinišť). Pokud je lokalita ohrožena erozí a nevyužije se zazemnění kanálů v kombinaci s přehrazením, dochází k velkému odsunu půdy. Na základě po realizačního monitoringu bylo vyhodnoceno, že se při užití technického blokování, úspěšnost realizace pohybovala kolem 78 %.

Dalším poznatkem byla pozitivní hydrologická odpověď rašeliniště. I když se hladina podzemní vody stabilizovala, okolní vlivy se stále projevují, například extrémně suché periody. Při řešení obnovy hydrologického režimu rašeliniště je nutné řešit území komplexně.

Revitalizační zásah se může projevit v hydrochemické reakci na kvalitu vody (viz kapitola 3.11 Chemismus vody). Ovlivnění jednotlivého typu rašeliniště je odlišné. Z monitoringu vyplývá, že reakce minerotrofních rašelinišť je výraznější.

Bylo vyzorováno, že použití mechanizace při realizaci zajistí lepší kvalitu provedených prací a vyšší stabilitu objektů.

4 CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ

Řešené území se nachází v katastrálním území Hrdlořezy u Suchdola nad Lužnicí, v obci Suchdol nad Lužnicí (příloha 1). Lokalita leží na jihovýchodním svahu Rabího vršku v nadmořské výšce zhruba 450 m n.m. Jedná se o dříve průmyslově těženou plochu Hranice u Nových Hradů – Hrdlořezy. Řešené území má rozlohu cca 160 ha. Hlavním recipientem řešené plochy je Borská stoka (ČHP 1-07-02-0320 IDVT 10267623, ř.km 1,800-3,900).

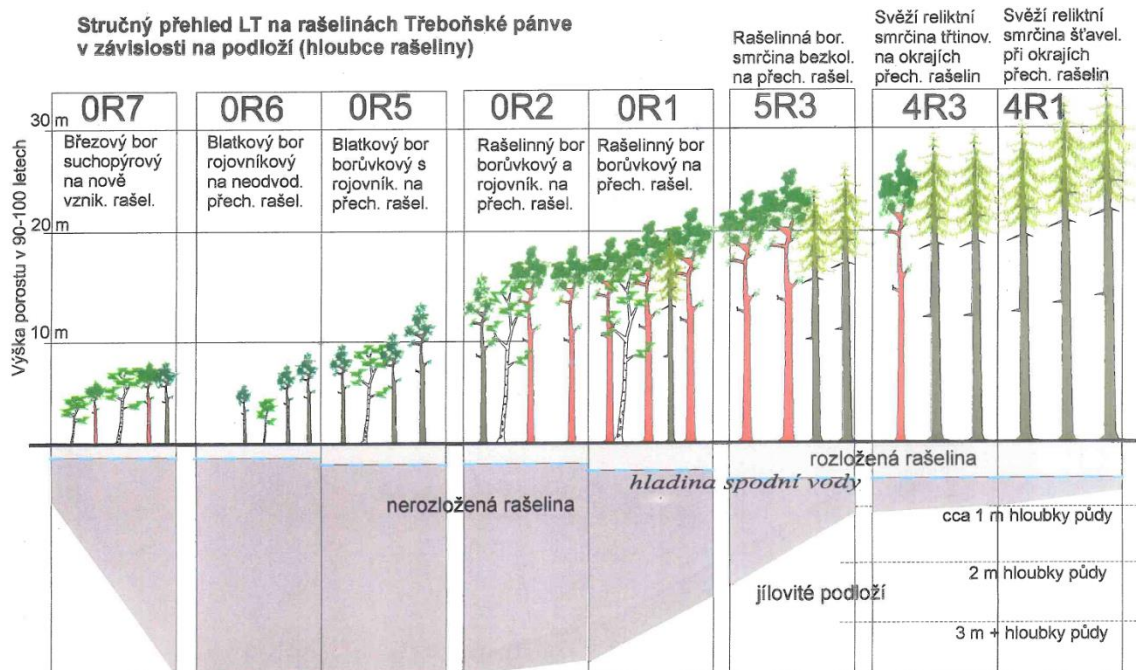
Lokalita spadá v rámci územního plánu do lesních ploch, které patří do nezastavěného území. Vlastníkem pozemků jsou Lesy ČR, s.p. Bývalá těžebna se nachází v CHKO Třeboňsko a v těsné blízkosti, severozápadním směrem, se nachází NPR Červené blato (Červenková a Červenka 2000).

4.1 Vývoj území

Území je degradováno sítí odvodňovacích kanálů a těžbou rašeliny, která zde donedávna stále probíhala. Odlesnění pozemků s následnou těžbou bylo povoleno v roce 1974. Podmínkou pro vydání povolení k těžbě bylo zanechání 40 cm nad minerální podloží (jak bude uvedeno níže, tato podmínka nebyla v některých místech splněna). První část lokality k zalesnění byla předána v roce 1999 a byly provedeny první výsadby borovice blatky (*Pinus uncinata subsp. Uliginosa*). Při předání těžební společností Rašelina a.s. vlastníkovi pozemků – LČR bylo dohodnuto, že síť odvodňovacích příkopů bude ponechána (rozchod svodnic 25 m) a bude udržována ve funkčním stavu (Červenková a Červenka 2000).

Stav lokality před těžbou

V celé lokalitě převažoval rašelinný bor borůvkový na přechodových rašelinách (LT 0R1) s několikametrovou vrstvou rašeliny a produkčním borovicovým porostem (Obrázek 8, Obrázek 9). Pravděpodobně okrajové části tvořil přechodový typ porostu, a to rašelinná borová smrčina bezkolencová (5R3) s mocností rašeliny 1–3 m a při okrajích navazovala svěží reliktní smrčina třtinová (4R3) s mocností rašeliny do cca 1 m (zejména v jihozápadním okraji) (Červenková a Červenka 2000).



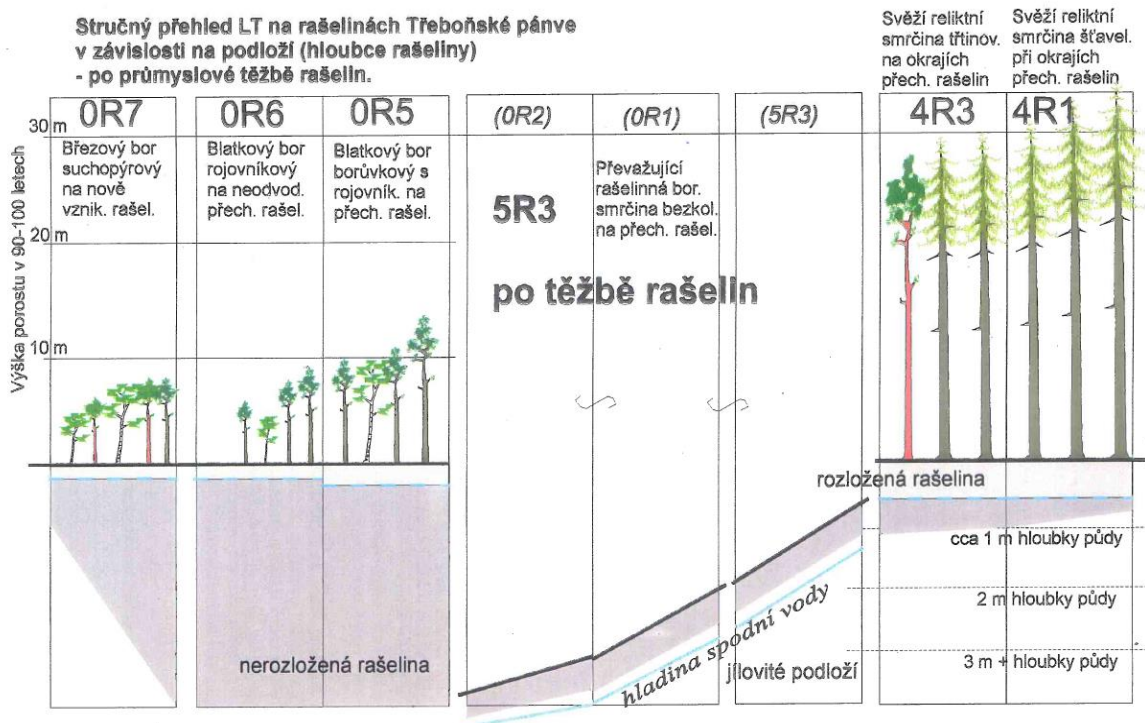
Obrázek 8 Přehled lesních typů na rašelinách před těžbou (Červenková a Červenka 2000)



Obrázek 9 Letecký snímek 1949 (URL 1)

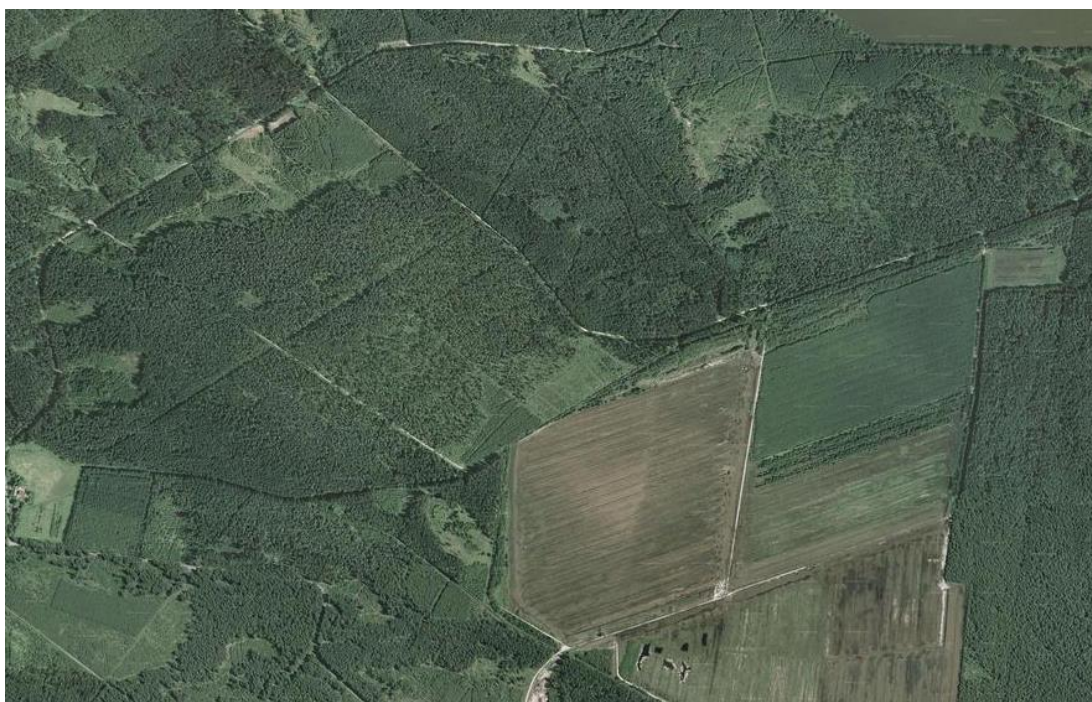
Stav lokality po těžbě

Stav lokality je popsán podle rekultivačního plánu Červenková a Červenka (2000). Na plochách jsou velké rozdíly mocnosti ponechané vrstvy rašeliny. V některých místech dosahuje mocnost nevytěžené rašeliny až 1,5 m (podle terénního průřezu až 4 m), převažují však místa s mocností 40–50 cm. Bylo však zjištěno, že na některých místech nebyla dodržena metodicky stanovená minimální hranice mocnosti 40 cm a místy se vrstva vytěžila až na jílové podloží. Hladina spodní vody je stále udržovaná na úrovni 40–50 cm pod terémem. Na území s mocností rašelinné vrstvy 0,4 – 1,5 m se nachází rašelinná borová smrčina bezkolencová (Obrázek 10).



Obrázek 10 Přehled lesních typů na rašelinách po těžbě (Červenková a Červenka 2000)

V roce 2003 propukl při těžbě rašeliny požár, který je označován jako největší požár LČR (Lesy ČR). Vlivem větru se oheň rozšířil na mladé borovicové porosty. Rozšíření ohniska zapříčinil i systém kanálů, přes které se požár dostal do okolních porostů. Porost zrekultivovaných ploch byl zničen na 26 ha (Tomášek 2009). Zničení porostů je patrné při srovnání leteckých snímků z roku 2003 (Obrázek 11) a 2004 (Obrázek 12). Na dalších leteckých snímcích je viditelná postupná lesnická rekultivace území (Obrázek 13, Obrázek 14, Obrázek 15).



Obrázek 11 Letecký snímek 2003 (mapy.cz)



Obrázek 12 Letecký snímek 2004 (URL1)



Obrázek 13 Letecký snímek 2010 (URL1)



Obrázek 14 Letecký snímek 2017 (URL1)



Obrázek 15 Letecký snímek 2019 (URL1)

V roce 2019 bylo na ploše B provedeno přehrazení několika odvodňovacích stok, vytvoření několika mělkých vodních ploch a byla dosázena další část monokulturního porostu olše a borovice. Tím došlo k rozšíření lesního typu – březový bor suchopýrový, na nově vznikajících rašelinách (OR7). Na většině této plochy byla v minulosti produktivní svěží reliktní smrčina třtinová na rašelinách.

Předpokládá se, že borovicová alternativa se bude do budoucna měnit smrkovým náletem ze sousedních stromů.

Při okraji těžené plochy jsou nahrnuty pásy pařezů z odtěžených ploch do výšky 1-2 m nad terén původní vrstvy rašeliny. Plochy slouží jako sukcesní s převažujícími náletovými porosty břízy, místy osiky a v okrajích smrku.

Plocha C (rozdělení ploch viz kapitola 4.2.5) v porostu borovic a náletových bříz byla zasažena požárem, který zapříčinil zničení veškerého podrostu.

4.2 Geologické a pedologické poměry

Lokalita řešeného revitalizovaného rašeliniště se nachází na rozhraní Borkovické a Českovelenické pánve, které jsou součástí Lomnické pánve (Jižní část Třeboňské pánve). Jak Borkovická, tak Českovelenická pánev jsou tektonicky podmíněné pánve v povodí Lužnice, které jsou charakteristické rovinným reliéfem se strukturně denudačními plošinami a plochými hřbety s pleistocenními říčními terasami a rašeliništi (Balatka a Demek 1987).

Z regionálně geologického hlediska náleží území do Třeboňské pánve, která je charakteristická výskytem senonských pískovců a jílovců a miocenních jílu písků a štěrků (Balatka a Demek 1987).

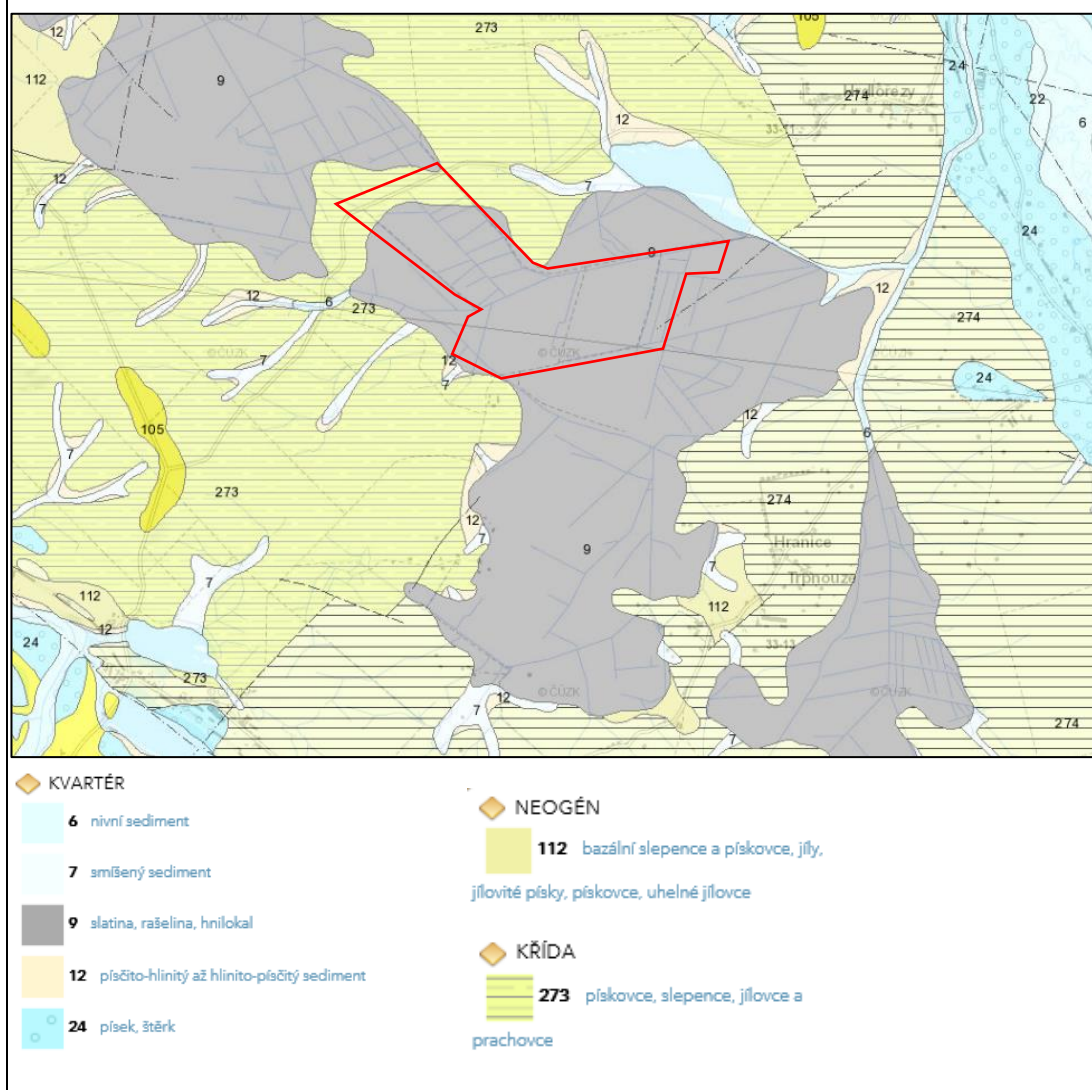
Krystalinické podloží křídových vrstev je v rámci lokality tvořeno šedou, středně slídnatou rulou moldanolubického stáří, která se dle historického vrtného průzkumu řešeného rašeliniště nachází v hloubce cca 7 m pod terénem (Cepák 1967).

Lokalita se nachází na styku dvou křídových bloků, poblíž významného zlomového pásma, které mělo díky vývěřům artézských vod z prostoru Třeboňské pánve významný vliv na vznik nadložního rašeliniště vrchovištního typu. Dle vrtného průzkumu dosahuje mocnost křídý v rámci řešené lokality okolo 4 m a je tvořena kompaktními jíly až jílovcí, při bázi s jemnozrnnou pískovou složkou (Cepák 1967).

Kvartérní pokryv je v rámci řešené lokality tvořen převážně rašelinami (Obrázek 16), dále pak sedimenty deluviálního a fluviálního původu, svrchní vrstva organozemě a navážky převážně místního charakteru. V rámci přirozeného vývoje by se na řešené lokalitě mělo vyskytovat vyvinuté rašeliniště vrchovištního typu.

Uvnitř řešené lokality se vyskytuje historický vrt V-1026 (Tabulka 1) hluboký 9,6 m, který reprezentativně znázorňuje vertikální geologický profil (Cepák 1967).

Tabulka 1 Geologický profil vrtu V-1026 (Cepák 1967)		
Hloubka[m]	Stratigrafie	Popis
0 – 2,70	Kvartér	rašelina tmavohnědá
2,70 – 3,10	Kvartér	štěrk šedý, ulehlý s valouny do prům. 1-2 cm
3,10 – 4,80	Svrchní křída – coniak	jíl/jílovec hnědý, velmi ulehlý, tuhý
4,80 – 7,00	Svrchní křída – coniak	jíl/jílovec čokoládově hnědý, jemně písčité, velmi ulehlý, tuhý
7,00 – 9,60	Moldanolubikum	rula šedá, silně slídnatá, zvětralá (eluvium)



Obrázek 16 Geologická mapa řešené lokality 1:50 000 (mapy.geology 2020)

4.3 Klimatická a hydrologická data

Podle Quittovy klimatické stupnice (Tabulka 2) se území nachází na rozhraní mírně teplé podoblasti MT4 a MT11. Průměrný roční úhrn srážek v této oblasti je z hlediska ČR průměrný a pohybuje se kolem 600–700 mm. Průměrné roční teploty bývají okolo 8-9 °C (ČHMU ©2020).

Tabulka 2 Quittova klimatická stupnice

Klimatické charakteristiky	MT4	MT11
Počet letních dnů	20 až 30	40 až 50
Počet dnů s prům. tepl. 10 °C a více	140 až 160	140 až 160
Počet mrazových dnů	110 až 130	110 až 130
Počet ledových dnů	40 až 50	30 až 40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2 až -3	-2 až -3
Průměrná teplota v červenci [°C]	16 až 17	17 až 18
Průměrná teplota v dubnu [°C]	6 až 7	7 až 8
Průměrná teplota v říjnu [°C]	6 až 7	7 až 8
Prům. počet dnů se srážkami 1 mm a více	110 až 120	90 až 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období [mm]	350 až 450	350 až 400
Srážkový úhrn v zimním období [mm]	250 až 300	200 až 250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 až 80	50 až 60
Počet zamračených dnů	150 až 160	120 až 150
Počet jasných dnů	40 až 50	40 až 50

4.4 Kvalita povrchové vody

Z rozboru kvality povrchové vody je zřejmé, že dlouhodobé kontinuální sycení rašeliniště povrchovým tokem není vhodné a povrchovou vodu lze využívat pouze ojediněle pro dosycování revitalizovaných ploch při snížené hladině podzemní vody.

Popis kvality povrchové vody v lokalitě je výsledkem sledování chemismu vody v práci: Kvalita vody přítoků a vybraných stanovišť v revitalizované části těžebny rašeliny Hranice, Kučerová, Botanický ústav AV ČR, v.v.i., 3/2020.

„Kvalita povrchové vody je rozhodujícím faktorem pro způsob zavodňování revitalizované plochy. Vzhledem k oligotrofnímu charakteru rašelinných společenstev je nežádoucí vnášení živiny z povrchových vod. Pro urychlení efektu navržených opatření je vhodné především v počáteční fázi po realizaci podpořit zamokření plochy z povrchových kanálů.

Voda v S obvodovém kanálu měla z hlediska pH, elektrické konduktivity a koncentrace kationtů velmi podobnou kvalitu jako voda v západním obvodovém kanálu a na monitorovaných stanovištích přímo v těžebně (mimo odvodňovacího peru z rašelinného lesa, kanál A1). Voda byla mírně (prosinec) až silně (únor) kyselá, s nízkými koncentracemi kationtů. Z hlediska živin, koncentrace reaktivního fosforu (PO₄-P) i celkového fosforu (TP) byly relativně nízké, odpovídaly mezotrofním vodám, koncentrace PO₄-P ale byly cca 2x vyšší než koncentrace na monitorovaných stanovištích na těžebně, koncentrace celkového fosforu byly přibližně stejné. Voda v S obvodovém kanálu tedy obsahovala relativně více anorganického fosforu (PO₄-P), naopak ve vodách na těžebně převažoval organicky vázaný fosfor. Koncentrace celkového dusíku (TN) byla srovnatelná nebo i nižší než koncentrace TN na monitorovaných stanovištích na těžebně. Mírně převažovala forma dusičnanového dusíku, což odpovídá mírně proudící, částečně okysličené vodě v kanále. Voda obsahovala rozpuštěný organický uhlík (TOC) ve srovnatelných koncentracích jako na ostatních monitorovaných stanovištích na těžebně, podobné byly i hodnoty absorbance A₂₅₄, aproximující koncentrace huminových látek. Koncentrace huminových látek, TOC, TN, NH₄-N, TP i PO₄-P byly nižší než v odvodňovacím peru z rašelinného lesa (kanál A1).

Celkově lze konstatovat, že voda v obvodovém kanálu A3 měla na začátku i na konci zimního období podobnou kvalitu jako voda na dalších monitorovaných stanovištích

na těžebně (s výjimkou vody z odvodňovacího pera z rašelinného lesa, kanál A1). Nízké pH i nízké koncentrace kationtů, zejména vápníku, by měly umožňovat růst rašeliníků a dalších kyselomilných rašeliništních rostlin. Koncentrace celkového dusíku i fosforu, včetně jejich forem odpovídají mezotrofním podmínkám, nicméně ve stojaté vodě mohou umožňovat růst vláknitých řas, adaptovaných na kyselé vody. Porosty vláknitých řas se běžně tvoří i na zablokovaných kanálech v blízkých NPR Červené blato a NPR Žofínka, zejména v časně jarním období. Pokud by kvalita vody byla podobná i v průběhu vegetační sezóny, lze ji s opatrností využívat pro dosycování revitalizovaných ploch na těžebně. Dosycování přímo z kanálu by ideálně nemělo být kontinuální proto, aby se nevnášely dlouhodobě živiny proudící vodou (zejména fosfor a dusičnanový dusík), ale spíše jednorázové v období se zakleslou hladinou na těžebně a mimo období po jednorázových větších srážkách, které mohou v S obvodovém kanále (A3) potenciálně zvyšovat koncentrace dusíku, případně dalších nutrientů splavovaných z pastvin v okolí samoty Jandovka.“

5 METODIKA

5.1.1 Seznam vstupních podkladů

- Plán rekultivace těžebny rašeliny Hranice u Nových Hradů – Hrdlořezy, biologická část, Lesní projekt České Budějovice, a.s., 2/2000
- Kvalita vody přítoků a vybraných stanovišť v revitalizované části těžebny rašeliny Hranice, Kučerová, Botanický ústav AV ČR, v.v.i., 3/2020
- Digitální model reliéfu 5. generace, ČÚZK, 2010

5.1.2 Analýza morfologie terénu

Na digitálním modelu terénu z DMR 5 g (data ČÚZK z roku 2010) byla vymapována síť odvodňovacích kanálů. Při terénním průzkumu proběhlo ověření průběhu kanálů a upřesnění jejich aktuálních parametrů.

V programu AutoCad Civil 3D byly vytvořeny trasy položené na digitálním modelu terénu a zobrazily se podélné profily, ze kterých byl zjištěn průměrný sklon kanálů.

5.1.3 Rozčlenění lokality

Lokalita není z hlediska botanického, ani z hlediska úrovně dotčení těžbou rašeliny stejnorodá. Z tohoto důvodu bylo území rozděleno na 4 dílčí plochy. Cílová vegetace na nově revitalizované části těžebny byla stanovena z dlouhodobého hlediska jako rozvolněné rašelinné lesy s podrostem ostřic, vřesovcovitých keříků a rašeliníků.

5.1.4 Návrh

Zmapované kanály byly rozděleny na řešené a neřešené. Blokové hrádky byly rozmístěny podle principu metody cílové hladiny. Z digitálního modelu terénu byl zjištěn sklon koryt a stanovením výšky hladiny se vypočítala vzdálenost umístění hrádek od sebe. Poloha přehrážek pak byla upravena vzhledem k terénním podmínkám a konkrétnímu místu.

6 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

6.1.1 Terénní průzkum

Celková výměra řešeného území je 158 ha. V dané lokalitě bylo vytrasováno celkem 102 kanálů, z toho 82 je řešeno. Celková délka řešených kanálů je téměř 35 km.

6.1.1.1 Mocnost rašeliny a parametry kanálů

V rámci terénního průzkumu byla zjišťována mocnost rašeliny sondovací tyčí na jednotlivých plochách (Tabulka 3) a byla měřena hloubka jednotlivých odvodňovacích kanálů pomocí měrné latě (Obrázek 17).

Tabulka 3 Seznam naměřených sond rašeliny

Označení	Dílčí plocha	Hloubka rašeliny (cm)	X	Y
1	a	71	-730 752.66	-1 183 244.15
2	b	40	-730 731.18	-1 183 142.65
3	b	50	-730 721.05	-1 183 054.13
4	b	20	-730 876.82	-1 183 075.74
5	b	0	-730 912.48	-1 183 172.79
6	b	0	-730 943.62	-1 183 281.79
6	b	0	-730 942.36	-1 183 281.96
7	b	60	-731 125.57	-1 183 314.44
8	c	90	-730 739.36	-1 183 319.69
9	b	35	-730 870.90	-1 183 574.03
10	c	70	-730 794.76	-1 183 562.36
16	b	5	-731 320.30	-1 183 304.84
17	b	75	-731 312.01	-1 183 253.11
18	a	200	-731 253.24	-1 183 055.39
19	a	200	-731 355.90	-1 182 963.12
20	a	200	-731 454.49	-1 182 872.83
21	a	200	-731 527.23	-1 182 791.23
22	a	290	-731 618.45	-1 182 714.67

Označení	Dílčí plocha	Hloubka rašeliny (cm)	X	Y
23	a	0	-731 542.90	-1 182 408.96
25	d	40	-730 068.40	-1 182 876.08
26	d	50	-730 006.60	-1 182 865.06
27	d	5	-730 002.38	-1 182 868.55
28	d	45	-730 014.29	-1 182 884.43
29	d	20	-730 011.10	-1 182 908.03
30	d	20	-730 016.63	-1 182 913.07
31	d	30	-730 009.33	-1 182 933.77
32	d	40	-729 911.76	-1 182 909.70

Pomocí aplikace ArcGIS Survey123 pro sběr dat v terénu byly zmapovány odvodňovací kanály (Tabulka 4), kdy se změřila hloubka, šířka kanálu a výška vody v kanále.

Tabulka 4 Ukázka mapování charakteristik kanálů

Číslo	Znač.	Celková délka (m)	Stávající stav	Popis	Koncept návrhu	Hloubka (cm)	Šířka (cm)	Hloubka vody (cm)
1	A1	1 097	umělý hlavní svodný kanál	IDVT 10250 441	vymělit 50 cm pod terén	120-260	250-500	2-190
5	A1e	231	umělý kanál	IDVT 10259 851	zablokovat	95	200	12
6	A1f	231	umělý kanál	IDVT 10261 960	zablokovat	70	120	5
7	A1g	429	umělý kanál	IDVT 10259 258	zablokovat	70	170	5
8	A1h	564	umělý kanál		zablokovat	100	180	5
9	A1i	434	umělý kanál		zablokovat	40	100	5

Číslo	Znač.	Celková délka (m)	Stávající stav	Popis	Koncept návrhu	Hloubka (cm)	Šířka (cm)	Hloubka vody (cm)
10	A1j	495	umělý kanál		zablokovat	40	100	5
11	A1k	278	umělý kanál		zablokovat	40	100	5
12	A1l	375	umělý kanál	IDVT 10242 352	zablokovat	40	100	5
13	A1m	193	pozůstatky přír toku		bez zásahů			
14	A2	2 728	odvodnění cesty	Borská stoka	bez zásahů	160-300	300-600	20-100
15	A2a	257	umělý kanál		zablokovat	30	135	0
21	A2b	268	umělý kanál	IDVT 10276 578	zablokovat	105-110	200-210	15-20
22	A2b1	100	umělý kanál		zablokovat	105-110	200-210	15-20
23	A2c	285	umělý kanál	IDVT 10276 358	zablokovat	100-130	220-250	8-50
24	A2d	302	umělý kanál	IDVT 10268 076	zablokovat	100	200	15
25	A2e	201	umělý kanál	IDVT 10261 475	zablokovat	90	200	10

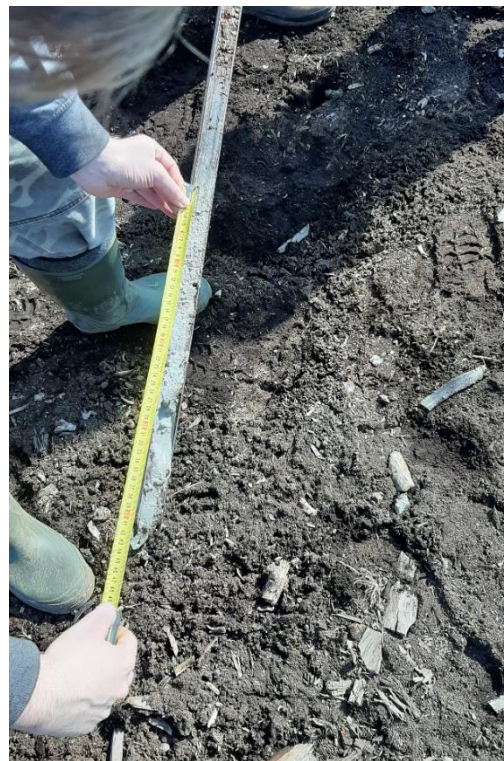


Obrázek 17 Měření hloubky kanálu

Mocnost rašeliny byla měřena pomocí sondovací tyče (Obrázek 19 Obrázek 19). Bylo provedeno celkem 32 průzkumných sond, ze kterých byla vytvořena mapa mocnosti rašeliny pro celou lokalitu. Naměřené hodnoty byly interpolovány v programu ArcMap.

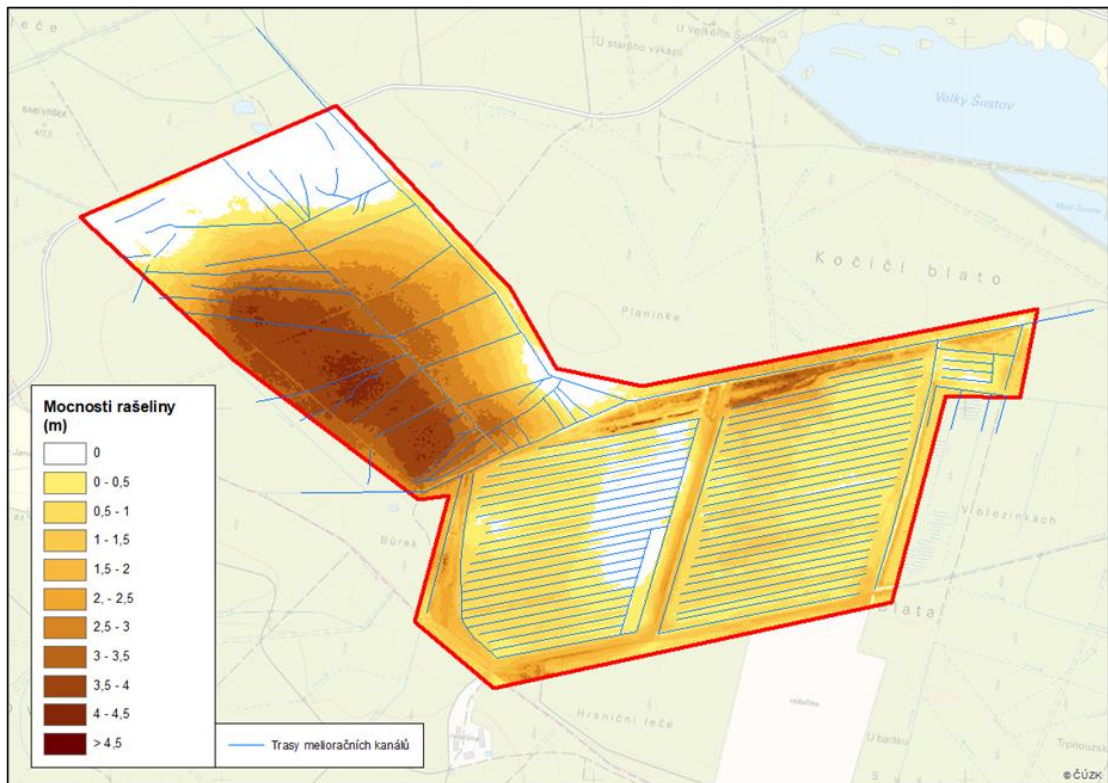


Obrázek 18 Hloubka jílové vrstvy



Obrázek 19 Sonda mocnosti rašeliny

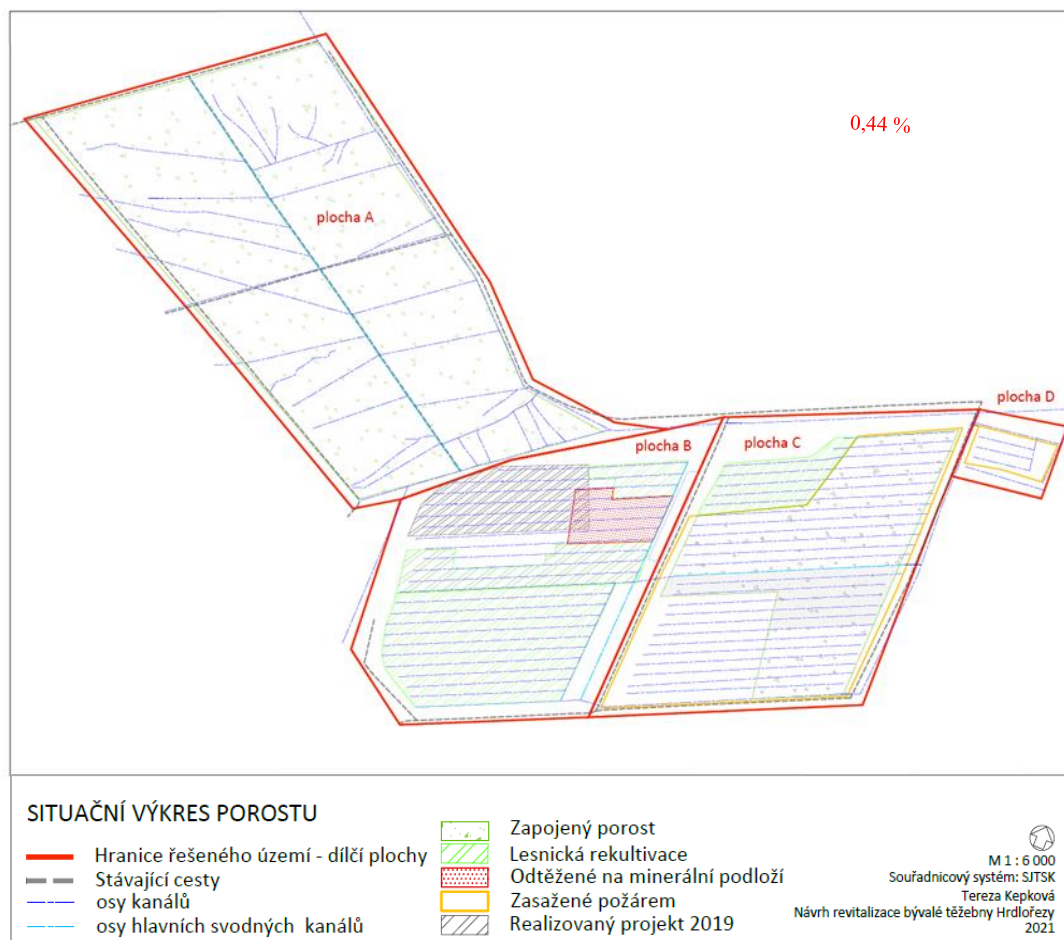
Z výsledné vrstvy interpolovaných hodnot vyplývá (Obrázek 20), že na určitých místech nedosahuje mocnost rašeliny vyžadovaného minima 40 cm a konkrétně v severovýchodní části plochy B a ploše D byla rašelina vytěžena až na minerální podloží. Další absence krytí rašelinou je patrné při okraji severovýchodní a severozápadní plochy A. V centrální části plochy A, kdy byla provedena sondáž do hloubek 2-3 m, nebyla zastižena báze rašeliny severozápadní plochy A.



Obrázek 20 Interpolované hodnoty mocnosti rašeliny

6.1.1.2 Popis dílčích ploch

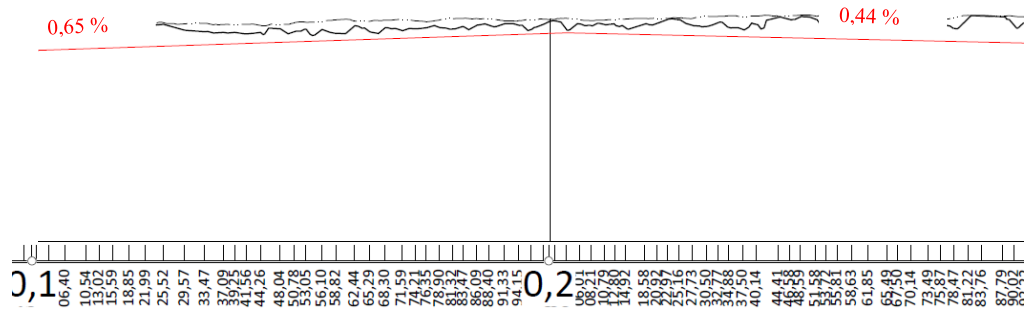
Jak již bylo zmíněno výše, území se liší zásahem těžby a každá plocha se nachází v odlišné fázi rekultivace (revitalizace) (Obrázek 21). V této kapitole bude popsán aktuální stav každé dílčí plochy.



Obrázek 21 Situační výkres porostu

Dílčí plocha A se nachází v severozápadní části řešeného prostoru. Území tvoří převážně rozvolněné plochy borových porostů dotčených odvodněním, ale schopných obnovy přirozeného charakteru vegetace. Plocha je systematicky odvodněna otevřenými kanály. Hlavní svodnicí je kanál A1 (Obrázek 24), do kterého jsou zaústěna další odvodňovací pera (Obrázek 23). Odvodňovací síť byla vyhloubena do rašeliny. Místy se zde stále vyskytují rašeliníky, ostřice zobkatá a na březích bezkoleneček modrý. Odvodňovací pera v pravé části plochy A mají dvojí recipient. Zhruba ve 2/3 délky se lomí sklon kanálů (Obrázek 22) a část ústí do svodného kanálu A1 a druhá ústí do Borské stoky, která lemují východní okraj plochy. Horní úsek kanálu A1 je již částečně zazemněn a hojně osídlený rašeliníkem.

Pro další etapu revitalizace by právě odtud mohly být použity diaspory pro přenos rašeliníku do nově vytvořených vodních ploch.



Obrázek 22 Podélný sklon kanálu A2d se staničením (km)



Obrázek 24 Plocha A – hlavní svodný kanál



Obrázek 23 Plocha A – postranní odvodňovací pera v severní části

Dílčí plocha B je silně dotčena průmyslovou těžbou rašeliny a na ní vázané odvodnění (Obrázek 25). Toto území bylo částečně lesnický rekultivováno (Obrázek 26). V roce 2019 zde byla dokončena částečná revitalizace severozápadní části spočívající v zaslepení odvodňovacích kanálů a vytvoření vodních ploch (Obrázek 27). Zbývající část lze rozdělit na plochy zalesněné a plochy otevřené bez vegetace (Obrázek 28). Do zalesněných částí spadají plochy rekultivačních výsadeb. Při terénním průzkumu byla vyznačena místa po těžbě, kde vystupuje minerální podloží až na povrch (Obrázek 30). V ploše B se nachází stávající meliorační potrubí (Obrázek 29), které je navrženo na stanovených místech zablokovat a ponechat v místě stávajícího uložení. Na vtokové a výtokové části bude vybudován „špunt“, který bude zaizolován nepropustným materiálem, např. rašelinou a obsypán zeminou nebo rašelinou.



Obrázek 25 Plocha B – detail odvodňovacího kanálu



Obrázek 26 Plocha B - lesnická rekultivace



Obrázek 27 Plocha B - část po revitalizaci 2019



Obrázek 28 Spodní část plochy B - pohled na plochu C



Obrázek 30 Odtěžení rašeliny na jílovou vrstvu



Obrázek 29 Odkryté drenážní potrubí

Dílčí plocha C je také bývalou těžebnou. Těžební práce zde byly ukončeny již v 90. letech 20. století. Tato plocha byla lesnicky rekultivována, ale byla zasažena požárem (viz kapitola Vývoj území), po kterém došlo k samovolné sukcesi (Obrázek 33). Systém odvodnění tvoří hlavní páteřní kanál (C14) a s ním rovnoběžné mělké a částečně již zazemněné kanály (Obrázek 32, Obrázek 31). Druhové složení porostu je tvořeno borovicí lesní a břízou bělokorou.



Obrázek 33 Plocha C



Obrázek 32 Plocha C - detail odvodňovacího kanálu



Obrázek 31 Plocha C - obvodový odvodňovací kanál

Dílčí plocha D byla průmyslově těžena firmou Rašelina Soběslav, a.s. a po provedení technické rekultivace předána Lesům ČR. Při těžbě došlo místy k odstranění rašeliny až na minerální podloží. Technická rekultivace, provedená těžební společností, spočívala v prohloubení odvodňovacích kanálů až do minerální těsnící vrstvy pod rašelinou. V současné době otevřená plocha zarůstá třtinou křovištní (Obrázek 34, Obrázek 35,).



Obrázek 34 Plocha D - detail odvodňovacího kanálu



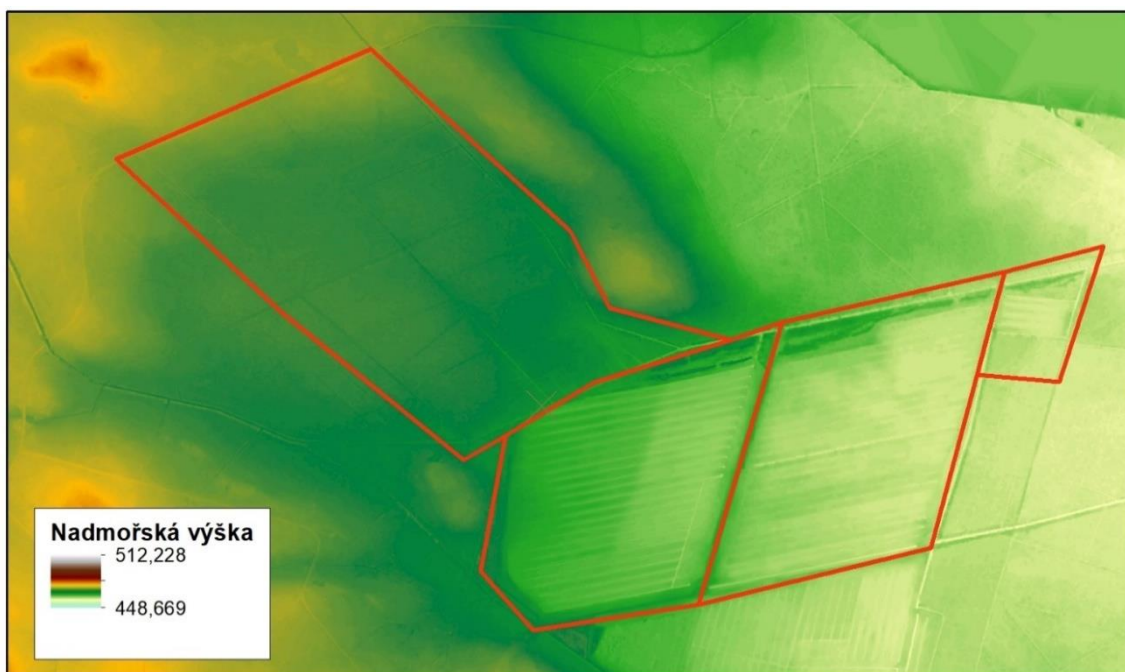
Obrázek 35 Plocha D

6.1.2 Aktuální stav porostu v těsném okolí

V prosinci 2019 byl proveden předběžný průzkum lokality Mgr. Ladislavem Rektorisem (Správa CHKO Třeboňsko) a Mgr. Andreou Kučerovou, PhD (Botanický ústav AV ČR, v.v.i.). Ti mimo jiné zmapovali stav aktuálního porostu. Ideálním územím pro revitalizaci širšího okolí shledali jako vhodný porost plochu A. Cílem by byl biotop L10.2 (rašelinový brusnicový bor) s rozvolněnými porosty více úrovní borovice lesní (*Pinus sylvestris*), s vtroušenými jedinci borovice blatky (*Pinus uncinata subsp. Uliginosa*) a jejím křížencem borovicí lesní. V porostu je rozsáhlý pokrov rojovníku bahenního (*Rhododendron tomentosum*) a na vlhčích místech se vyskytují i vrchovištní zástupci rašeliníků (*Sphagnum capillifolium*, *Sphagnum magellanicum*). Stromové borovicové patro je řídké a ke zmlazování borovice blatky dochází pouze zřídka. Keřové patro je velmi ovlivněno okusem vysoké zvěře, přesto se objevuje v některých místech velký zápoj krušiny olšové (*Rhamnus frangula*).

6.1.3 Morfologické analýzy

Morfologické analýzy byly provedeny na základě digitálního modelu terénu (DMR 5G). Řešené území se nachází v rozmezí nadmořské výšky cca 450–500 m (Obrázek 36).



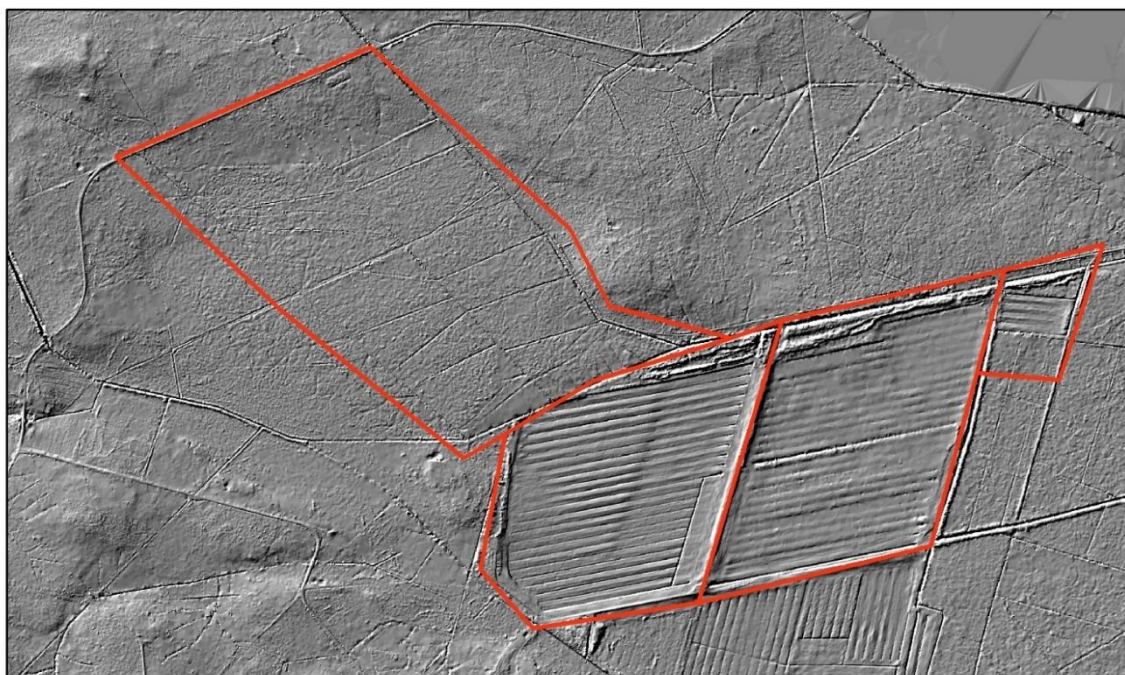
Obrázek 36 Výškové dispozice území

Sklon většiny území se pohybuje do 5 % (Obrázek 37). Na základě analýzy svažitosti je patrné, že vyšší sklony povrchu se nachází pouze v místech břehů odvodňovacích kanálů.



Obrázek 37 Sklonitostní analýza území

Stínovaný reliéf velmi dobře zvýrazní členitost terénu a vytvořené odvodňovací kanály (Obrázek 38). Na základě analýzy digitálního modelu terénu lze změřit základní parametry (délka, hloubka, šířka) koryta. Hodnoty však sloužily jen jako orientační podklad pro terénní průzkum, kde parametry byly zpřesněny.



Obrázek 38 Stínovaný reliéf území

7 VÝSLEDKY (NÁVRH)

Na základě zhodnocení všech zjišťovaných variant řešení se jeví jako nejlepší ten návrh, který spočívá v omezení odtoku vody z území zablokováním koryt umělých odvodňovacích kanálů. Jedná se o přehrážky z přírodních materiálů, které budou podléhat přirozené degradaci. Procesy budou doprovázeny postupným zazemňováním umělých kanálů a zvyšováním hladiny podzemní vody. Tyto přehrážky není nutné obnovovat, jelikož slouží k nastartování výše uvedených přirozených procesů.

Pomocí zahrazení odvodňovacích kanálů se zvedne hladina podzemní vody na cílovou úroveň. Nejrychleji dojde k nasycení vrchní vrstvy rašeliny v blízkosti zablokovaných kanálů. Pokud by se podařilo dosáhnout cílové hladiny podzemní vody, která byla stanovena 20 cm pod povrch na většině území, dá se očekávat postupné šíření vrchovištních druhů z diaspor s příznivými podmínkami a obnova mechového patra ze semenné banky.

7.1.1 Typy opatření

Před instalací hrází a záhozem zeminou by měla být ze dna kanálů odstraněna vegetace a vrstva drnu. Vegetace a drny by mohly být následně zpětně použity pro vrchní vrstvu zemního tělesa. Pro snížení nákladů je možné v co největší míře využít dřevní hmotu z okolních porostů.

Celkem bylo navrženo 9 typů opatření (Tabulka 5).

Tabulka 5 Přehled použitých typů opatření

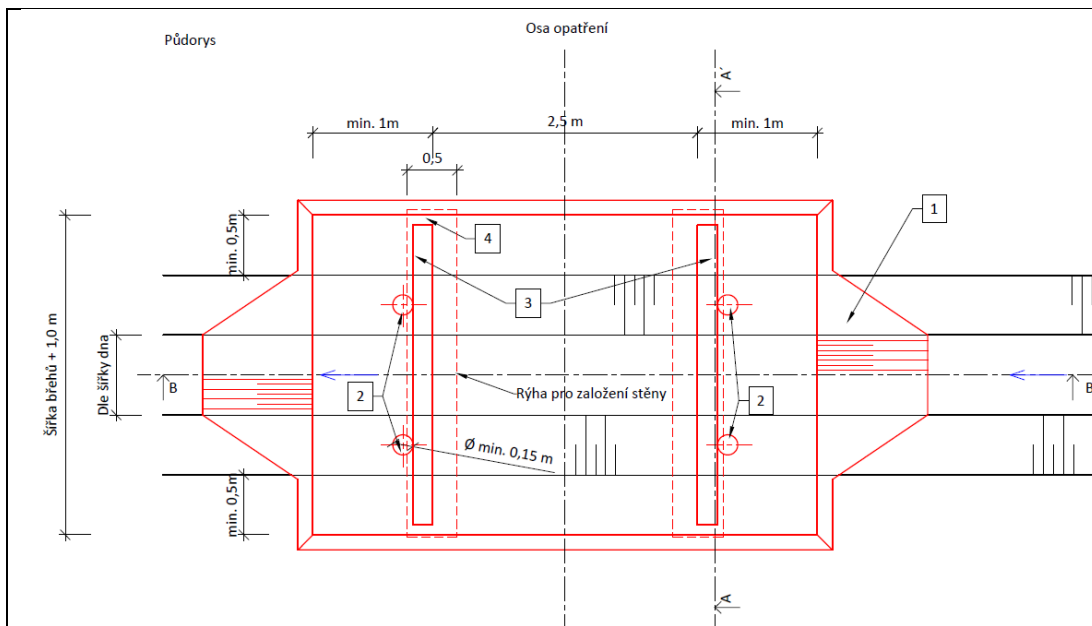
Typ opatření		Stručný popis
A	Přehrazení typu A	Masivní dvojitá přehrážka
B	Přehrazení typu B	Masivní jednoduchá přehrážka
C	Opatření C	Částečné vyplnění přehrazení koryt (vymělčení)
D	Přehrazení typu D	Jednoduché přehrazení kanálů s redukováným záhozem
E	Opatření E	Vyplnění přehrazených kanálů zeminou nebo hatěmi
F	Opatření F	Zablokování potrubí
G	Opatření G	Lokální vyplnění mělkých suchých kanálů
H	Opatření H	Mělké sníženiny – vodní plochy
CH	Opatření CH	Břehové průlehy

7.1.1.1 Přehrazení typu A: Masivní dvojitá přehrážka

Tento typ přehrážky je navrhován na místech, kde se předpokládá zvýšený požadavek na stabilitu konstrukce, a to v místech zaústění nebo křížení kanálů, v místech s nutností přejezdů pro techniku apod.

Jedná se o zemní hrázku kombinovanou se dvěma zpevňujícími dřevěnými přehrádkami (stěnami) (Obrázek 39, Obrázek 40). Materiál pro zához zeminy bude získáván v blízkosti místa stavby z břehových valů nebo malých vytvořených prohlubní v okolí. Zemní těleso je stabilizováno stěnou z kulatiny, zanořenou do zemního záhozu (Obrázek 41). Tyto stěny jsou zavázány do břehů a dna kanálů.

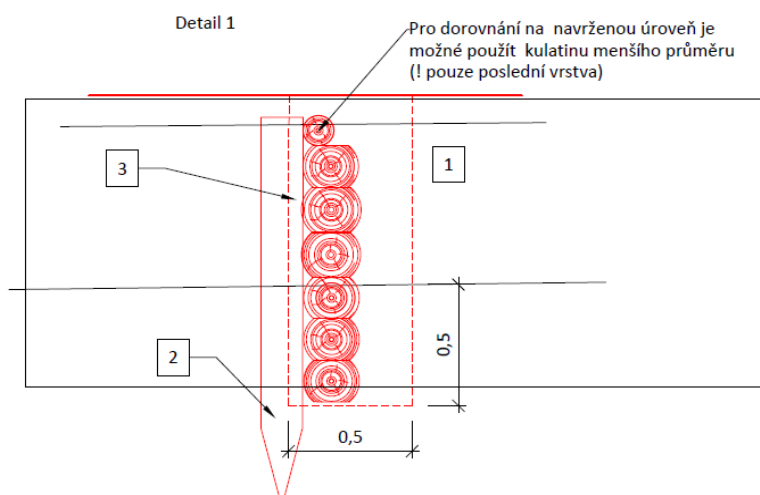
Při zabudovávání přehrádky z kulatiny musí být do břehů a do dna rýhy vykopány dostatečně hluboké zářezy tak, aby bylo možné je dobře utěsnit. Do připravených zářezů jsou pak hráze následně sestaveny a utěsněny hutněnou zeminou. Na vzdušném líci musí být hráze zpevněny minimálně dvěma příčně zaráženými kůly z kulatiny (Obrázek 42). U širokých hrází se počet kůlů zvyšuje. U zemních hrází typu A budou dřevěné přehrádky zcela zasypány zeminou a není vytvářen přepad. V kanálech hlubších než 1,5m je vhodné k zpevnění na vzdušném líci použít 4 kůly. Hráze musí být vybudovány kolmo na kanál, s vodorovnou horní hranou a plynule zapuštěny do břehů. Obsyp na vnější straně musí být minimálně 1 m, u velkých kanálů nad 1,5 m hloubky až 2 m a více.



Obrázek 39 Vzorový půdorys hrazení typu A

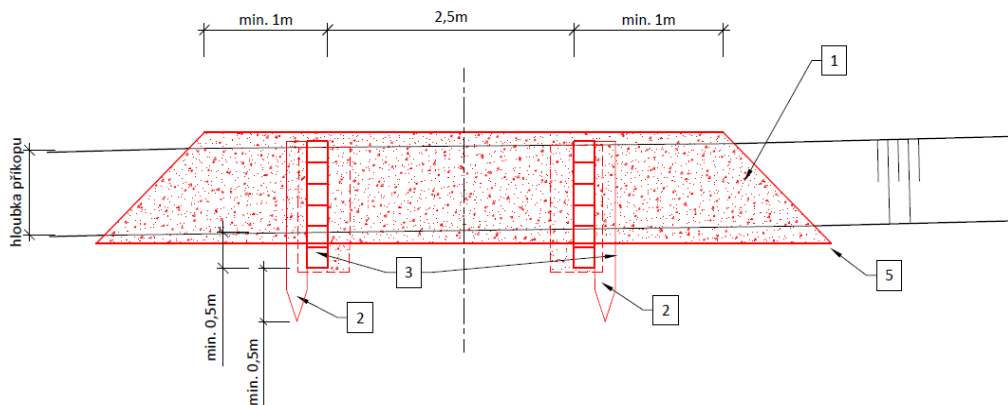
Legenda:

- 1 - Hutněný zásyp zeminou
- 2 - Kůly zaražené minimálně 0,5 m do půdní vrstvy
- 3 - Stěna z neodkorněné kulatiny, zavázána do břehů a do dna
- 4 - Rýha pro založení dřevěné stěny šířky 0,5 m, po její instalaci bude vyplněna hutněným zásypem původního materiálu
- 5 - Odstranění vegetace ze dna kanálu a drnu, materiál bude znovu použit na vrchní vrstvu zemního tělesa



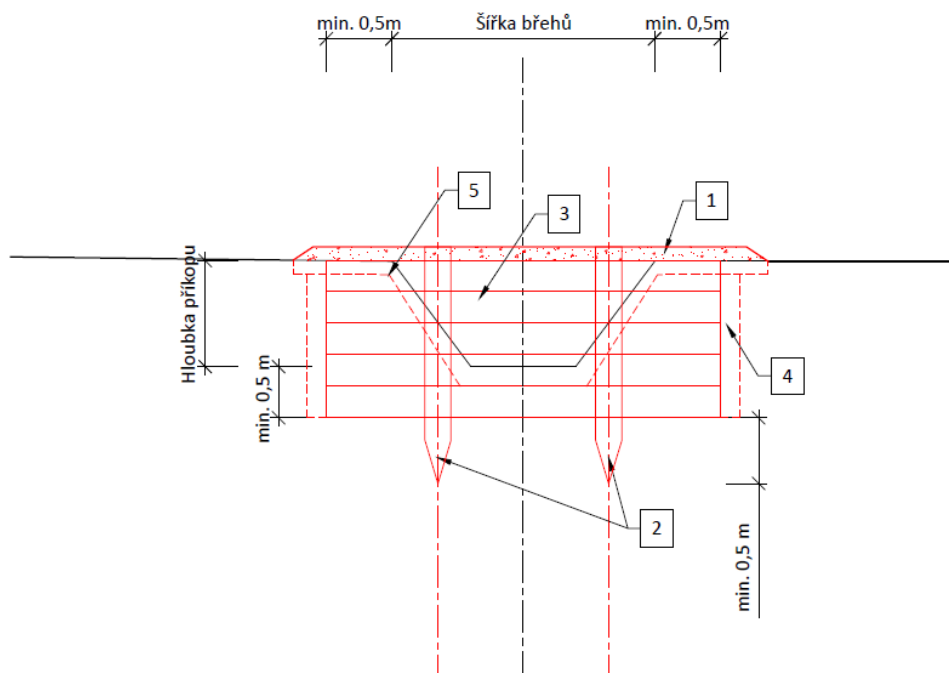
Obrázek 40 Detail těsnící stěny

Podélný řez B-B'



Obrázek 41 Vzorový podélný řez hrazení typu A

Příčný řez A-A'



Obrázek 42 Vzorový příčný řez hrazení typu A

Legenda:

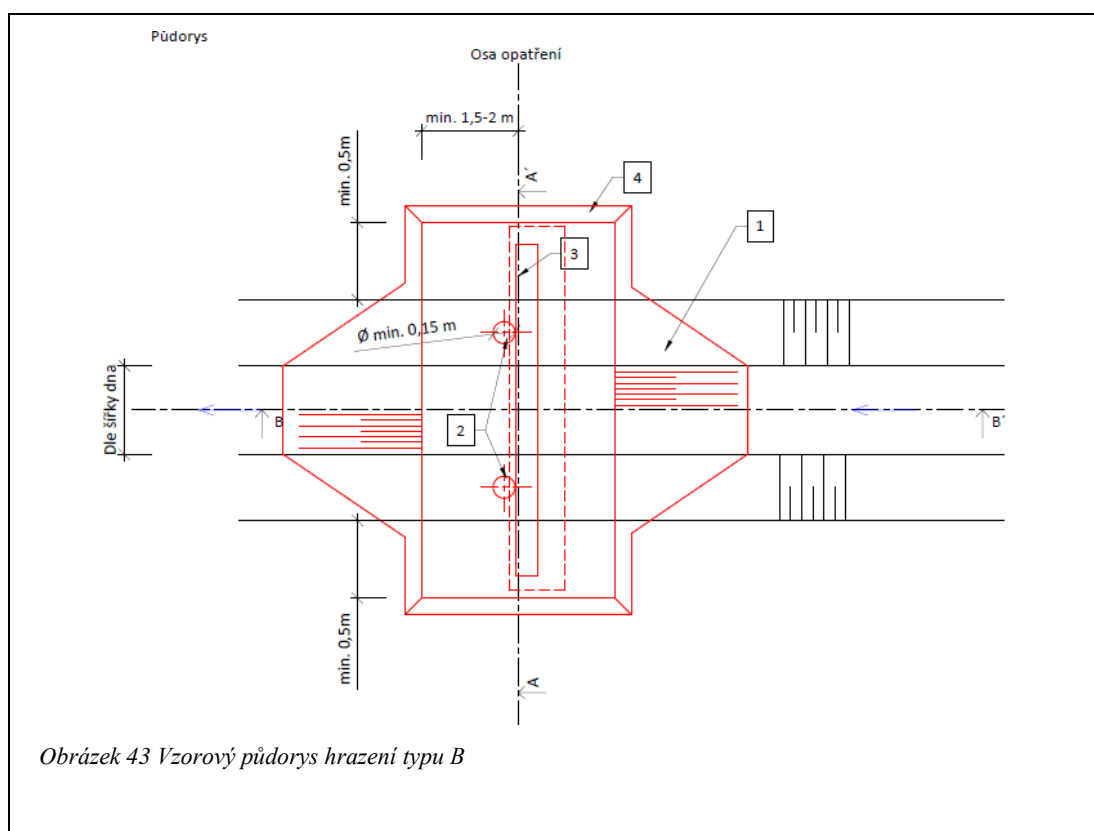
- 1 - Hutněný zásyp zeminou
- 2 - Kůly zaražené minimálně 0,5 m do půdní vrstvy
- 3 - Stěna z neodkorněné kulatiny, zavázána do břehů a do dna
- 4 - Rýha pro založení dřevěné stěny šířky 0,5 m, po její instalaci bude vyplněna hutněním zásypem původním materiálem
- 5 - Odstranění vegetace ze dna kanálu a drnu, materiál bude znovu použit na vrchní vrstvu zemního tělesa

7.1.1.2 Přehrazení typu B: Jednoduchá přehrážka

Jedná se o zemní hrázku kombinovanou s jednou zpevňující dřevěnou přehrádkou (Obrázek 43). Zemní těleso je ve středu stabilizováno dřevěnou stěnou. Tato stěna je zavázána do břehů a dna kanálů.

Dřevěné stěny přehrádky jsou instalovány vodorovně napříč přes kanál. Přehrádky (stěny) jsou sestaveny z tesařsky upravené neodkorněné kulatiny.

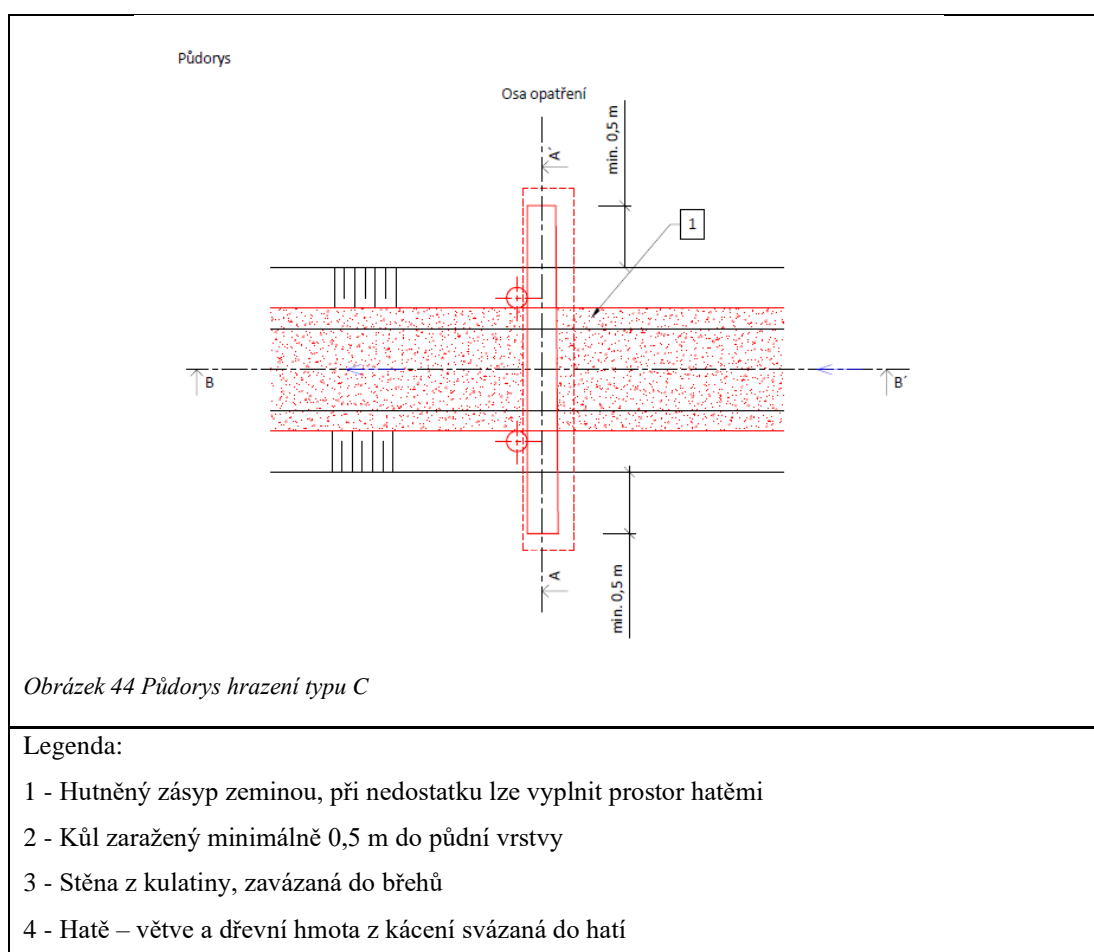
Při zabudování hrází musí být do břehů a do dna rýhy vykopány dostatečně hluboké zářezy minimálně 0,5 m do stran a do dna, u velkých kanálů až 0,8 m i více. Do připravených zářezů jsou pak hráže následně sestaveny a utěsněny hutnou zeminou. Na vzdušném líci musí být hráže zpevněny minimálně dvěma příčně zaraženými kůly. U širokých hrází se počet kůlů zvyšuje. U zemních hrází typu B budou dřevěné přehrážky, pokud je to možné, zcela zasypány zeminou a nebude vytvářen přepad.

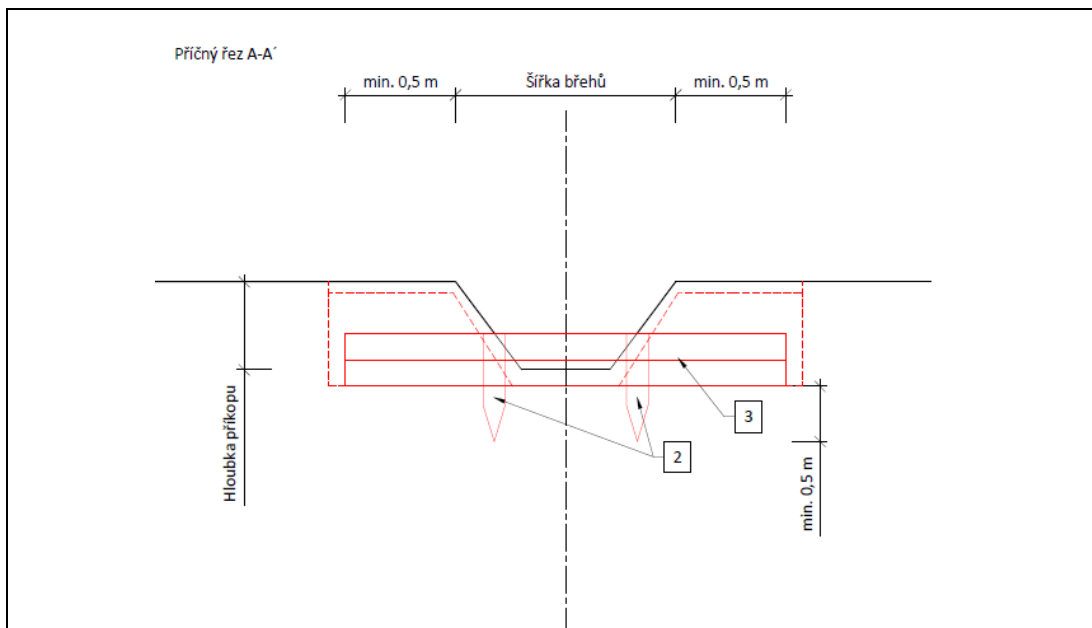


7.1.1.3 Opatření C: Částečné vyplnění přehrazení koryt (vymělčení)

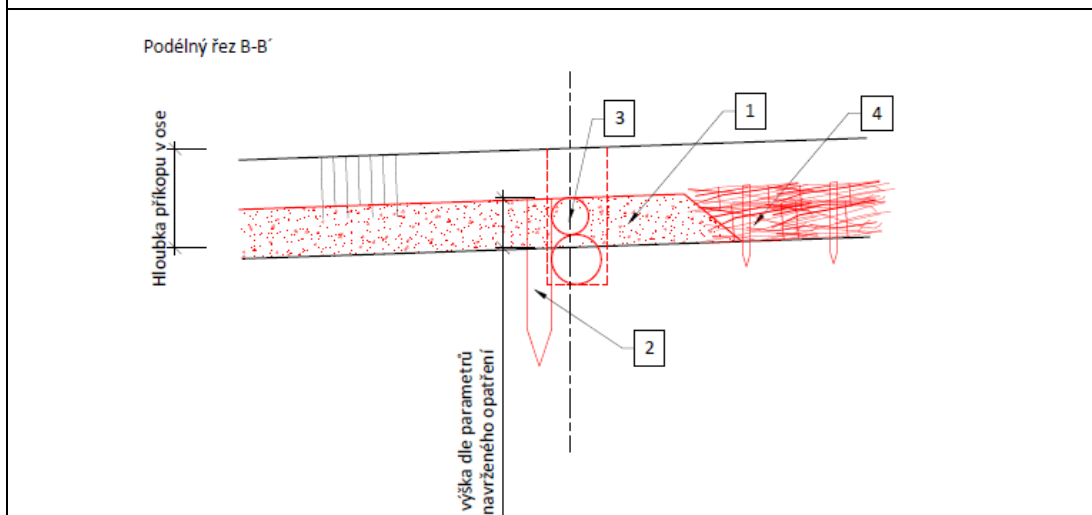
Jedná se o kombinaci zemní přehrážky s jednoduchou dřevěnou stěnou (podobné typu B) s částečným vyplněním kanálu zeminou (Obrázek 44). Výška přehrážky a vyplnění odpovídá navržené úrovni vymělčení koryta tak, aby byl částečně zachován odtok (Obrázek 45).

Vyplnění mezi přehrážkami je doporučeno ve stejné výškové úrovni jako koruna přehrážky tak, aby nedocházelo k přepadu vody v místě přehrážky (Obrázek 46).





Obrázek 45 Vzorový příčný řez hrazení typu C



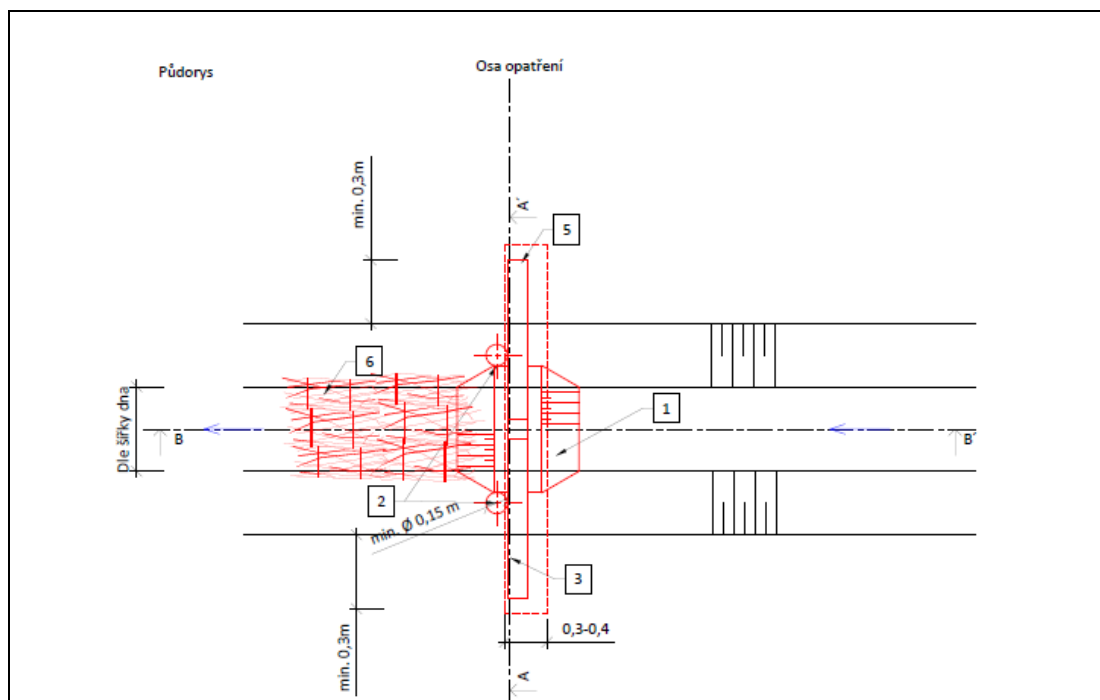
Obrázek 46 Vzorový podélný řez hrazení typu C

Legenda:

- 1 - Hutněný zásyp zeminou, při nedostatku lze vyplnit prostor hatěmi
- 2 - Kůl zaražený minimálně 0,5 m do půdní vrstvy
- 3 - Stěna z kulatiny, zavázaná do břehů
- 4 - Hatě – větve a dřevní hmota z kácení svázaná do hatí

7.1.1.4 Přehrazení typu D: Jednoduché přehrazení s redukováným záhozem

Jedná se o dřevěnou přehrážku z kulatiny. Výška přehrážky je definována návrhem pro konkrétní kanál. Kulatiny by měly mít styčné plochy tesařsky upraveny pro vzájemné provázání. Pata přehrážky je přisypána hutnou zeminou do výšky cca 1/3 hloubky kanálu. Dřevěná přehrážka se zavazuje do břehů a dna kanálu a na vzdušné straně se zapře min. 2 kůly (Obrázek 47). Na přelivné hraně přehrážky bude vytvořena sníženina, která bude soustředit přepadající vodu (Obrázek 48). Pod tímto přepadem budou do dna koryta zakotveny hatě z větví z kácených stromů a keřů v blízkosti stavby (Obrázek 49). Tyto hatě slouží ke zmírnění případné eroze dna pod přehrážkou.

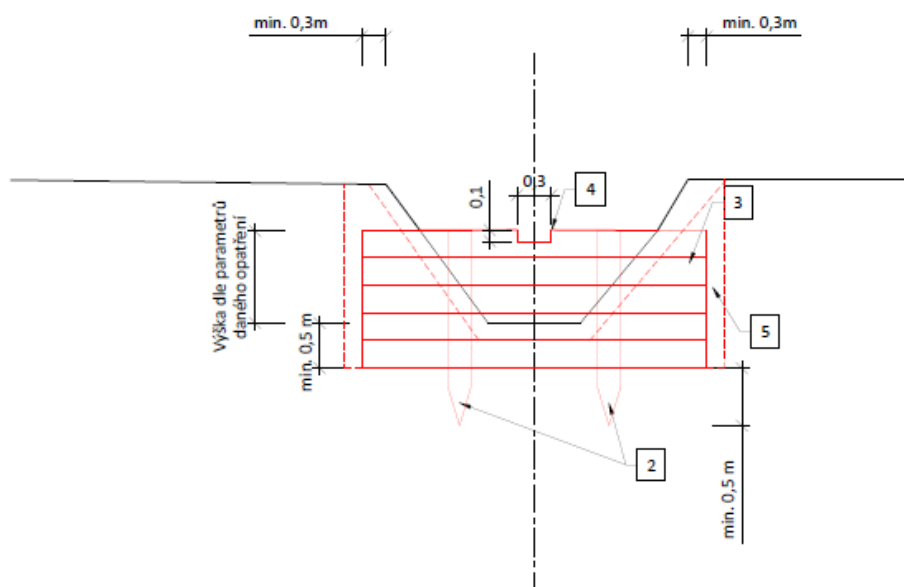


Obrázek 47 Půdorys hrázení typu D

Legenda:

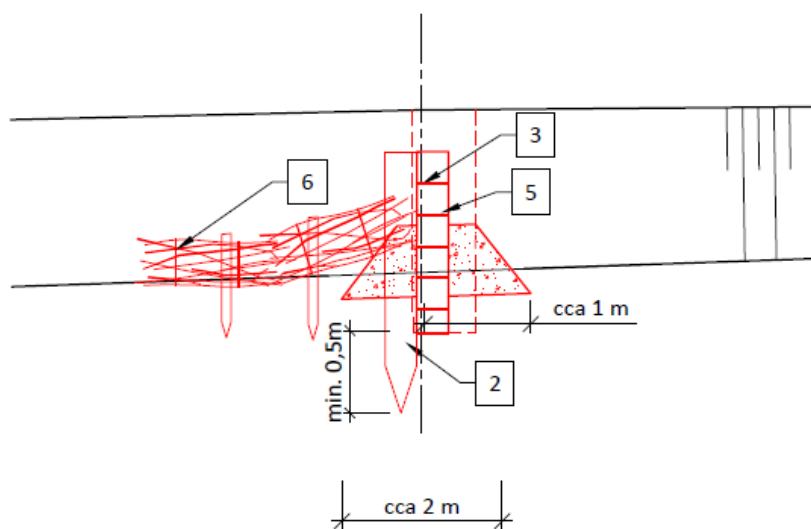
- 1 - Hutněný zásyp zeminou do 1/3 výšky hloubky kanálu
- 2 - Kůly zaražené do půdní vrstvy
- 3 - Stěna z neodkorněné tesařsky upravené kulatiny
- 4 - Přelivná hrana soustřeďující přepadající vodu
- 5 - Rýha pro založení dřevěné stěny, po její instalaci bude vyplněna hutněným zásypem původního materiálu
- 6 - Hatě z větví a dřevní hmoty, zakotvené kůlem do dna

Příčný řez A-A'



Obrázek 48 Vzorový příčný řez hrazení typu D

Podélný řez B-B'



Obrázek 49 Vzorový podélný řez hrazení typu D

Legenda:

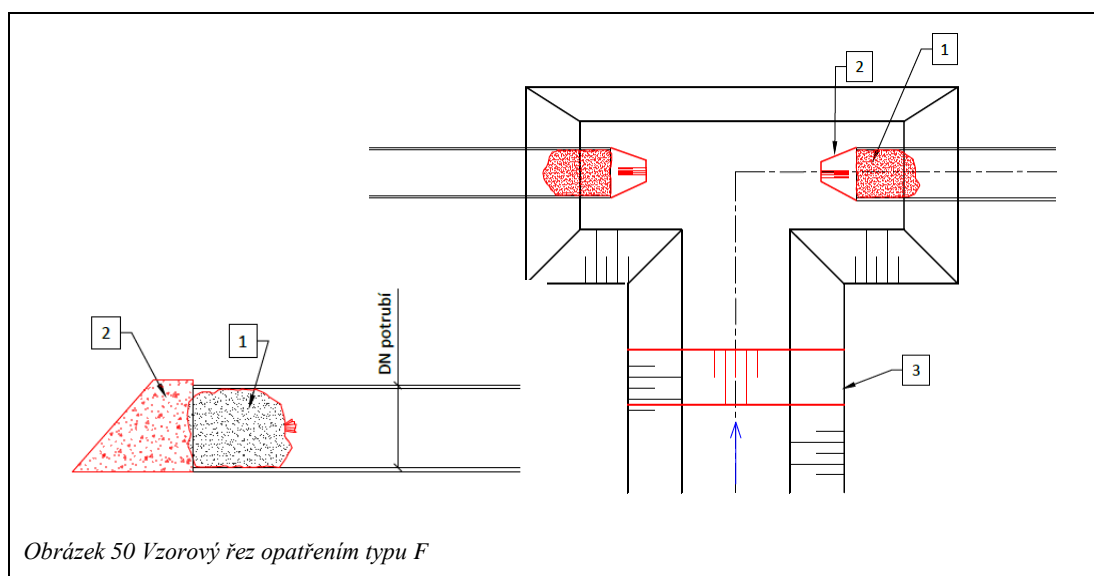
- 1 - Hutněný zásyp zeminou do 1/3 výšky hloubky kanálu
- 2 - Kůly zaražené do půdní vrstvy
- 3 - Stěna z neokorněné tesařsky upravené kulatiny
- 4 - Přelivná hrana soustředující přepadající vodu
- 5 - Rýha pro založení dřevěné stěny, po její instalaci bude vyplněna původním materiálem
- 6 - Hatě z větví a dřevní hmoty, zakotvené kulem do dna

7.1.1.5 Opatření E: Vyplnění přehrazených kanálů zeminou nebo hatěmi

Zablokované kanály je snaha v maximální možné míře vyplnit zeminou z přilehlých břehových valů nebo přebytečným výkopkem z malých vytvořených prohlubní v okolí. V mokřadních partiích lze ponechat mezi přehrazením volnější prostory pro vyplnění vodou. V případě nedostatku materiálu je možné meziprostory mezi přehrazením vyplnit hatěmi z větví z prořezaných dřevin. Větve jsou poté vázány na těsno k sobě tenkým nepotahovaným drátkem. Další možností je použít nařezané kusy kmenů z prořezávek a probírek v porostu (sražené natěsno).

7.1.1.6 Opatření F: Zablokování potrubí

Stávající meliorační potrubí je navrženo na stanovených místech zablokovat a ponechat v místě stávajícího uložení. Z důvodu minimalizace drenážního efektu je doporučeno kratší úseky vyplnit místní zeminou nebo rašelinou. Na vtokové a výtokové části se vytvoří „špunt“, který se zaizoluje nepropustným materiálem např. rašelinou. Tento „špunt“ pro potrubí do DN 300 může tvořit pytel se zeminou nebo rašelinou. U potrubí většího průměru je na vtoku do kanálu přiložena dřevěná deska, která se následně přisypává (Obrázek 50).



Legenda:

- 1 - Vak naplněný rašelinou nebo pískem
- 2 - Hutněný zásyp zeminou
- 3 - Přehrážka

7.1.1.7 Opatření G: Lokální vyplnění mělkých suchých kanálů

Vybrané mělké kanály do 0,5 m hloubky je možné na vhodných místech zasypat zeminou z přilehlých valů nebo malých nově vytvořených prohlubní v okolí. Délka záhozu dle konfigurace terénu a svažitosti ca od 1 m do 5 m. Zásyp je hutněn v maximální míře odpovídající použitému materiálu. Tento typ opatření bez vnitřní stabilizace je vhodný pro suché kanály s malým podélným sklonem, kde nehrozí opětovná vodní eroze v původní trase.

7.1.1.8 Opatření H: Mělké sníženiny – vodní plochy

V navržených místech budou vytvořeny mělké sníženiny, které vzniknou při těžbě materiálu pro výše uvedené opatření. Vodní plochy vzniknou rozšířením stávajících kanálů v hloubce od 0,3 do 0,5 m. V místech, kde došlo k odtěžení rašeliny až na jílové podloží, nesmí tyto snížené plochy odstranit tuto jílovou vrstvu v celé její tloušťce.

7.1.1.9 Opatření CH: Břehové průlehy

Břehový průleh je navržen jako mělká sníženina v břehu koryta, která bude sloužit k cílenému odlehčení průtoku z vybraných koryt a zavodnění cílové plochy.

7.1.2 Opatření podle dílčích ploch

Následující popis zvolených opatření na jednotlivých plochách neobsahuje údaje u velikosti kanálů, ani parametrů přehrážek. Údaje jako šířka, hloubka apod. jsou shrnuty v příloze č.5 a č.6.

7.1.2.1 Plocha A (příloha 2)

Plocha A je tvořena vzrostlým borovicovým porostem. Aby nedošlo k plošnému utopení stávajících stromů, hlavní svodný kanál se přehradil přehrážkou typu D (jednoduché přehrazení s redukováným záhozem), která neblokuje celý profil koryta. V severní části lokality je hlavní svodný kanál již částečně zazemněný, proto hrazení bylo umístěno až v druhé polovině délky. Hradící stěna se umístila vždy pod místo připojení bočních odvodňovacích per a další byla doplněna v rozestupu cca 50 m. Vlevo od hlavního svodného kanálu byla boční odvodňovací pera zahrazena v místě napojení na svodný kanál hrazením B.

V pravé části plochy A byla boční pera hrazena na více místech. V místě napojení na svodný kanál se umístila masivní dvojitá přehrážka – přehrazení typu A, kde se předpokládá větší požadavek na zvýšenou stabilitu konstrukce. Jelikož při terénním průzkumu byl v pravé spodní části lokality vymapován malý zápoj porostu a méně stabilní terén, byla volena masivnější varianta. V pravé části se u bočních per téměř ve 2/3 délky mění sklon a voda odtéká do Borské stoky. Z tohoto důvodu byla v poslední třetině koryta lokálně vyplněna rašelinou – opatření typu G a před zaústěním do Borské stoky zablokována hrazením typu B (masivní jednoduchá přehrážka).

7.1.2.2 Plocha B (příloha 3)

Na ploše B u prvních 6 kanálů se navázalo na již realizované hrazení doplněním dalších přehrážek typu B (masivní jednoduchá přehrážka) a umístěním mělkých vodních ploch (opatření typu H). U ostatních kanálů, které jsou mimo porost je navrženo řešení stejným způsobem, tedy hrazení typu B doplněné o vodní plochy. Při řešení celé délky kanálu bylo umístěno 5 přehrážek. Navíc bylo umístěno opatření typu C (částečné vyplnění přehrazených koryt) u dvou krajních kanálů (B4a a B2l), které jsou už svou celou délkou v zalesněné části. Zahrnuté do řešených kanálů byly

na základě velkých parametrů koryta s úmyslem postupného rozvolnění borovicového porostu.

U všech kanálů je na konci odkryto drenážní potrubí, které je navrženo ponechat ve stávajícím uložení a utěsnit jej – opatření F.

Na ploše při terénním průzkumu byly vymapovány valy zeminy, které se využijí v zasypání nejbližšího koryta – opatření E.

U vybraných koryt byly doplněny břehové průlehy (celkem 3), které by sloužily jako odlehčení průtoku a zavodnění plochy.

7.1.2.3 Plocha C (příloha 4)

Pro plochu C byl směrodatný limit při volbě typu opatření stav stávajícího porostu. Jelikož celá plocha je plně zalesněna, byla snaha eliminovat zásah těžké techniky, aby došlo k co nejmenší míře poškození porostu. Hrazení typu D (přehrazení s redukováným záhozem) bylo umístěno v rozestupu cca 150 m (3 přehrážky) v jedné linii napříč kanály. Držením jedné linie by se zredukoval pohyb v porostu a zjednodušila se samotná realizace. Jelikož rozměry hlavního kanálu C14 jsou mnohem větší, zkrátit se rozstup hrazení na cca 110 m (4 přehrážky) a zvolil se typ opatření C (částečné vyplnění hrazených koryt). Díky tomu, že na ploše zůstala dostatečná vrstva rašeliny, je možné tento materiál využít na částečné zasypání koryta. U všech kanálů je na konci odkryto drenážní potrubí, které je navrženo ponechat ve stávajícím uložení a utěsnit jej – opatření F. Při okraji plochy se nachází valy zeminy, které byla snaha využít, proto krajní kanály CX a C1 jsou navrženy úplně vyplnit – opatření E.

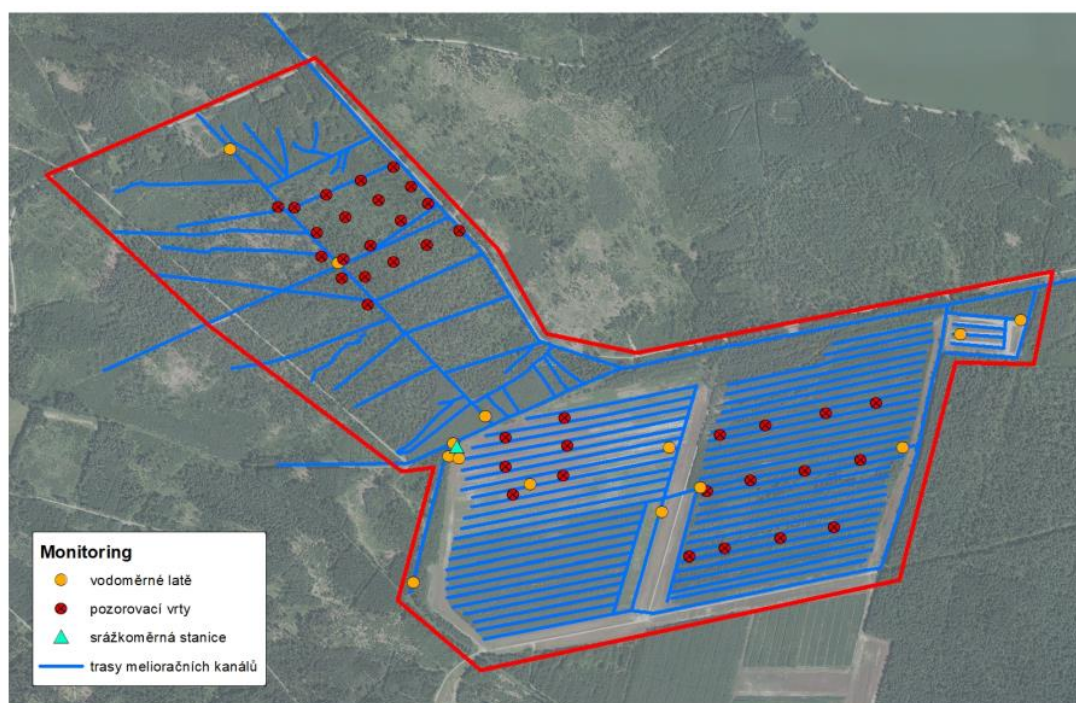
7.1.2.4 Plocha D (příloha 4)

Na ploše D bylo zvoleno základní hrazení typu B (masivní jednoduchá přehrážka). Jedná se o krátké úseky, proto každý kanál je hrazený v polovině délky. K rozvoji mokřadní vegetace bude potřeba zeminu přemístit z ostatních ploch a vyplnit s ní koryta (opatření E), jelikož na ploše nezbyla téměř žádná vrstva rašeliny. Plocha D byla pojata jako mokřadní oáza mezi okolními porosty a bylo zde umístěno co největší množství mělkých vodních ploch, které vzniknou rozšířením stávajících kanálů (opatření H).

7.1.3 Monitoring

V rámci řešení revitalizačního opatření lokality byla navržena síť monitorovacích objektů, díky kterým bude možné sledovat účinnost opatření a reakce na vnější vlivy (Obrázek 51).

Účelem monitorovacího systému je zachytit změny hydrologického režimu revitalizovaných částí. Z výzkumných projektů vyplývá, že bezprostředně (až 3 roky) po revitalizaci je hydrologický režim spíše rozkolísaný a postupně se ustaluje. Monitoring by zajišťovaly vodoměrné latě, pozorovací vrty a umístění srážkoměrné stanice.



Obrázek 51 Návrh monitoringu

8 DISKUZE

8.1 Návrh revitalizace

Na základě úvodního terénního šetření daného území jsem došla k závěru, že lokalita má potenciál k obnově přirozené vegetace jako v případě, který popisuje D'Astous et al (2013). Pokud se na ploše zachovala místa s přirozenou vegetací, je zde vysoká šance jejího rozšíření a zvýšení druhové diverzity. V Hrdlořezech se v některých odvodňovacích rýhách stále vyskytuje rašeliník, který by se při vytvoření vhodnějších podmínek mohl rozšířit do celé plochy.

Armstrong et al (2009) popisuje jednu z technik blokování zemní hrázkou s využitím okolního materiálu. Jako hlavní výhodu uvádí nevnášení cizích objektů do krajiny a citlivý přístup k devastovaným plochám. Proto jsem v návrhu zvolila toto opatření, jako jedno z možných. Volila jsem však pouze místa, kde zůstala dostatečná vrstva rašeliny u odvodňovacích koryt malých rozměrů. U velkokapacitních kanálů (široké a hluboké koryto) podle Bufkové (2017), která u takových rozměrů doporučuje velké a stabilní blokování, jsem zvolila hrazení zemními hrázkami s dvojitými dřevěnými stabilizačními stěnami.

Poulina et al. (2011) poukazuje, že obnovení rašelinného společenstva s větší úspěšností probíhá na okrajích vodních ploch, kde jsou v kontaktu s povrchem. Ze studie vyplývá, že pro vegetaci jsou příznivější mělčí vodní plochy. Na tento fakt v návrhu reaguji opatřením, které spočívá v částečném vyplnění kanálů zeminou nebo hatěmi. Tímto dojde k vymělkčení – snížení hloubky vodního sloupce akumulované vody a při použití hatí se zvětší záchytná plocha pro rašeliník.

Znovuzamokření odvodněných rašeliníšť také probíhá vytvořením umělých vodních ploch (Horn a Bastl 2000). Umělá vodní jezírka jsem umístila do prostoru, kde je povrch zcela exponovaný, bez krytu vegetace. Vodní plochy by měly sloužit nejen jako další zdroj akumulované vody, ale i jako ochlazovací prvek.

8.2 Obnova a ekonomické benefity

Obnova rašeliníšť je celosvětově uznávána pro ekosystémové benefity, které nám poskytuje. Jedná se, mimo jiné, o snižování emisí skleníkových plynů (Quin et al, 2014), což přispívá ke zmírnění změn klimatu (MŽP©2008-2020). Chybí však komplexní posouzení ekonomických přínosů obnovy.

Jak uvedl Glenk et al (2014), z ekonomického hlediska je hlavní otázkou, zda obnova rašeliníšť zvyšuje celkový sociální blahobyt. Ke srovnání přínosů s náklady na revitalizaci je nutné komplexní posouzení ekonomických přínosů plynoucích z opatření. Tomuto hodnocení v současné době brání nedostatek znalostí o ekonomických přínosech služeb souvisejících s vodou z rašeliníšť.

Jak bylo již zmíněno, rašeliníště nám poskytují ekosystémové benefity a v souvislosti s hospodařením bilancí uhlíku byl proveden odhad potenciálního zisku z obnovy. Například van Kooten et al (2011) a Withey a van Kooten (2011) hodnotili, jak by se změnilo optimální řízení mokřadů v západní Kanadě, když by byla zohledněna jejich netržní hodnota. Dále Hansen (2009) odhadl potenciální ziskovost obnovy mokřadů, konkrétně benefity ze snižování emisí oxidu uhličitého. Ziskovost byla založena na výnosech a nákladech spojených s procesem obnovy, kde příjmy zahrnovaly sazby a ceny sekvestrace (vázání) uhlíku. Ve většině případů však Hansen (2009) zjistil, že obnova mokřadů byla nerentabilní.

Martin – Ortega (2014) vyslovil zajímavý postřeh, že odhad ekonomických přínosů z obnovy rašeliníšť je rovněž relevantní v souvislosti s pitnou vodou. Rašeliníště samy o sobě nedodávají vodu, ale mají vliv na dodávku vody prostřednictvím ekosystémových procesů, které ovlivňují odtok do vodních toků, včetně vod používaných k zásobování pitnou vodou.

Příkladem může být Velká Británie, kde se ekosystémům rašeliníšť přisuzuje velký národní význam s ohledem na získávání pitné vody: přibližně 70% pitné vody v zemi pochází z horských povodí, kterým dominují převážně rašelinové půdy (Martin – Ortega 2014 ex Van der Wal et al. 2011).

Dle mého názoru Martin – Ortega (2012) provedl shrnutí, které zcela odpovídá propracovanosti ekonomické otázky obnovy rašeliníšť. Rámcová směrnice o vodě předepisuje použití ekonomických principů k hodnocení účinnosti zlepšení kvality

vody. Pokud náklady na obnovu překročí přínosy, lze náklady na dosažení dobrého ekologického stavu považovat za nepřiměřené a veřejný zásah by nebyl oprávněný. Nakolik je nepřiměřené, zůstává politickým rozhodnutím, které mají členské státy učinit, a kritéria, na nichž je založeno rozhodnutí o nepřiměřenosti, se v jednotlivých zemích Evropy liší.

V současné době existuje zájem prozkoumat tržní nástroje, jako jsou schémata plateb za ekosystémové služby (PES). Prvořadým cílem je zachovat nebo zlepšit nabídku ekosystémových služeb obecně, zejména ve vztahu k rašeliništím. Iniciativy PES poskytují odměny správcům ekosystémů za udržování nebo zlepšování poskytovaných služeb (Reed et al. 2014).

Gallant et al (2020) zhodnotili, že i když obnova není obecně podporována (na základě hodnoty sekvestrace uhlíku) z ekonomických důvodů, nelze ospravedlnit ani odvodnění stávajících mokřadů. Přínosy odvodnění mokřadů se rovnají hodnotě zemědělské půdy minus náklady na odvodnění.

Pokud se zamyslím konkrétně nad ekonomickým aspektem území bývalé těžebny Hrdlořezy a potenciálním benefitem z realizované revitalizace, docházím k subjektivnímu závěru, že společnost vytěžením rašelinné hmoty již z tohoto území profitovala dostatečně. Z tohoto důvodu si myslím, že by si tato lokalita zasloužila jak finanční, tak časovou investici.

9 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Území bývalé těžebny rašeliny je silně ovlivněno odvodňovacími zásahy a těžba samotná způsobila degradaci původních biotopů. Je dokázáno, že hluboko zaříznuté meliorační opatření snižuje úroveň hladiny podzemní vody, a proto jsou nutné revitalizační zásahy.

V některých místech byla v minulosti již provedena lesnická rekultivace. Realizace spočívala v pouhé výsadbě sazenic a odvodňovací kanály byly ponechány ve funkčním stavu, nebo byly prohloubeny, aby se zvýšila šance uchycení sazenic. V současné době se však cílí na rozvinutí mokřadní vegetace a zamezování rychlému odtoku povrchové vody z území. S touto myšlenkou proběhla na části plochy B v roce 2019 revitalizační opatření, na která tato práce navazuje. Studie posoudila komplexně celé území, navrhla řešení zbylým odvodněným plochám a některým lesnický rekultivovaným částem.

Na jednotlivých plochách byly navrženy dřevěné přehrážky, které umožní akumulaci vody a postupné zazemňování kanálů. Hrazení bylo umístěno i v místech, kde je plně zapojen borovicový porost se smrkovým podrostem. Není cílem jeho utopení zvýšením hladiny podzemní vody v celé ploše, ale je žádoucí jeho rozvolnění a vytvoření přívětivějších podmínek mokřadním druhům. Z mého pohledu je výhodné v revitalizačních opatřeních kombinovat technické hrazení odvodňovacích rýh a botanickou reintrodukcí rašelinné vegetace, s pomocným mulčováním povrchu. Existují však oblasti, u kterých stačilo pouhé opětovné zavodnění, díky kterým se zlepšily podmínky pro stádium sukcese a došlo k vytvoření mokřadního biotopu bez dalších nutných zásahů. Jsem přesvědčena, že při posuzování dané lokality je bezpodmínečně nutný individuální přístup a osobité vyhodnocení potenciálu obnovy u každé lokality.

Ze studií, které sledují ovlivnění vodního režimu po revitalizačním zásahu vyplývá, že několik let po realizaci je hydrologický režim rozkolísaný a k ustálení dochází postupně. Proto součástí návrhu je i monitorovací systém, který by zajišťovaly vodoměrné latě, pozorovací vrty a umístění srážkoměrné stanice. Naměřená data, která by odrážela reakce prostředí na opatření, by byla přínosem pro vyhodnocování strategií u dalších lokalit.

V České republice je průkopnicí revitalizací rašelinišť Ivana Bufková, která získala první poznatky o přístupu k obnově v praxi. Při tvorbě návrhu jsem vycházela ze závěrů monitoringu na již revitalizovaných plochách v ČR a snažila se využít pestrou škálu možností řešení dané lokality.

10 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

10.1 Odborné publikace

Armstrong A., Holden J., Kay P., Foulger M., Gledhill S., McDonald A.T., Walker A., 2009: Drain-blocking techniques on blanket peat: A framework for best practice. *Journal of Environmental Management*, Volume 90, Issue 11. 3512-3519. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.003>

Balatka B., Demek J., ed., 1987: *Zeměpisný lexikon ČSR Hory a Nížiny*, Academia Praha.

Bufková I., 2013: Náprava narušeného vodního režimu rašelinišť. *Ochrana přírody* 2/2013 – Péče o přírodu a krajinu. 17-19.

Bufková I., Kučerová A., 2017: Rašeliniště. In: Čížková H., Vlasáková L., Květ J. (eds.): *Mokřady. Ekologie, ochrana a udržitelné využívání*, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Cepák J., 1967: Zhodnocení hydrogeologických vrtů státní pozorovací sítě mělkých podzemních vod v oblasti rašelinišť Třeboňské pánve – Povodí VII. – Střední Vltava 1. *Vodní zdroje n. p.*, Praha.

D'Astous A., Poulin M., Aubin I., Rochefort L., 2013: Using functional diversity as an indicator of restoration success of a cut-over bog. *Ecological Engineering*, Volume 61, Part B. 519-526. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.09.002>

Dohnal Z., Kunst M., Mejstřík V., Raučina Š., Vydra V., 1965: *Československá rašeliniště a slatiniště*. Nakladatelství ČSAV, Praha.

Hadač E., Brožek B., Pokorná V., 1953: *Československé peloidy*. Státní nakladatelství zdravotnické literatury, Praha.

Frank S., Tiemeyer B., Gelbrecht J., Freibauer A., 2013: High soil solution carbon and nitrogen concentrations in a drained Atlantic bog are reduced to natural levels by 10 yr of rewetting. *Biogeosciences Discuss.*, Volume 10. 15809–15849. <https://doi.org/10.5194/bgd-10-15809-2013>

Glenk K., Schaafsma M., Moxey A., Martin-Ortega J., Hanley N., 2014: A framework for valuing spatially targeted peatland restoration. *Ecosystem Services*, Volume 9. 20-33. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.02.008>

Graf M., Rochefort, L., 2008: Techniques for restoring fen vegetation on cut-away peatlands in North America. *Applied Vegetation Science*, Volume 11, Issue 4. 521-528. <https://doi.org/10.3170/2008-7-18565>

Grand-Clement E., Anderson K., Smith D., Angus M., Luscombe D.J., Gatis N., Bray L.S., Brazier R.E., 2015: New approaches to the restoration of shallow marginal peatlands. *Journal of Environmental Management*, Volume 161. 417-430. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.06.023>

Haapalehto T., Kotiaho J., Matilainen R., Tahvanainen T., 2014: The effects of long-term drainage and subsequent restoration on water table level and pore water chemistry in boreal peatlands. *Journal of Hydrology*, Volume 519, Part B. 1493-1505. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.013>

Holden J., Wallage Z.E., Lane S.N., McDonald A.T., Water table dynamics in undisturbed, drained and restored blanket peat. *Journal of Hydrology*, Volume 402, Issues 1–2. 103-114. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.010>

HORN P., BASTL M. 2000: Successional changes of vegetation at the "Multerberské rašeliniště" peat bog in the Šumava Mts during the last 50 years, *Příroda* 17, 109-118.

Chimner R. A., Cooper, D. J., Wurster, F. C. and Rochefort, L., 2017: An overview of peatland restoration in North America: where are we after 25 years? *Restoration ecology*, Volume 25, Issue 2. 283-292. <https://doi.org/10.1111/rec.12434>

Kasimir Å, He H, Coria J, Nordén A., 2018: Land use of drained peatlands: Greenhouse gas fluxes, plant production, and economics. *Global Change Biology*, Volume 24, Issue 8. 3302-3316. <https://doi.org/10.1111/gcb.13931>

Kozlov S. A., Lundin L., Avetov N. A, 2016: Revegetation dynamics after 15 years of rewetting in two extracted peatlands in Sweden. *Mires and Peat* 18. 1-17.

Lanta V., Doležal J., Šamata J. 2004: Vegetation patterns in a cut-away peatland in relation to abiotic and biotic factors: a case study from the Šumava Mts., Czech Republic. *Suoseura* 55

- Lazcano C., Robinson C., Hassanpour G., Strack M., 2018: Short-term effects of fen peatland restoration through the moss layer transfer technique on the soil CO₂ and CH₄ efflux. *Ecological Engineering*, Volume 125. 149-158. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.10.018>
- Lavoie M., Paré D., Fenton N., Groot A., Taylor K., 2011: Paludification and management of forested peatlands in Canada: a literature review. *Environmental Reviews*, Volume 13, Issue 2. 21-50. <https://doi.org/10.1139/a05-006>
- Lindsay R., 2010: Peatbogs and carbon: a critical synthesis to inform policy development in oceanic peat bog conservation and restoration in the context of climate change. University of East London, Environmental Research Group, London.
- Martens M., Karlsson N. P.E., Ehde P. M., Mattsson M., Weisner S. E.B., 2021: The greenhouse gas emission effects of rewetting drained peatlands and growing wetland plants for biogas fuel production. *Journal of Environmental Management*, Volume 277, 111391. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111391>
- Martin-Ortega J., Allott T. E.H, Glenk K, Schaafsma M., 2014: Valuing water quality improvements from peatland restoration: Evidence and challenges. *Ecosystem Services*, Volume 9. 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.06.007>
- Martin-Ortega J., 2012: Economic prescriptions and policy applications in the implementation of the European Water Framework Directive. *Environmental Science & Policy*, Volume 24. 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.06.002>
- Minkkinen K., Ojanen P., Koskinen M., Penttilä T., 2020: Nitrous oxide emissions of undrained, forestry-drained, and rewetted boreal peatlands. *Forest Ecology and Management*, Volume 478. 118494. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118494>
- Mitsch W. J., Day J. W., 2006: Restoration of wetlands in the Mississippi–Ohio–Missouri (MOM) River Basin: Experience and needed research. *Ecological Engineering*, Volume 26, Issue 1. 55-69. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.09.005>
- Parry L. E., Holden J., Chapman P. J., 2014: Restoration of blanket peatlands. *Journal of Environmental Management*, Volume 133. 193-205. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.11.033>

- Potočka J., Vaněk J., 2006: Krkonošská rašeliniště. Správa KRNAP, Vrchlabí.
- Poulin M., Fontaine N., Rochefort L., 2011: Restoration of pool margin communities in cutover peatlands. *Aquatic Botany*, Volume 94, Issue 2. 107-111. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2010.11.008>
- Price J., Heathwaite A., Baird A., 2003: Hydrological processes in abandoned and restored peatlands: An overview of management approaches. *Wetlands Ecology and Management*, Volume 11. 65–83. <https://doi.org/10.1023/A:1022046409485>
- Quin S. L.O., Artz R. R.E, Coupar A. M., Littlewood N. A., Woodin S. J., 2014: Restoration of upland heath from a graminoid- to a *Calluna vulgaris*-dominated community provides a carbon benefit. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 185. 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.022>
- Quinty F., Rochefort L. 2003: Peatland Restoration Guide, second edition. Canadian Sphagnum Peat Moss Association and New Brunswick Department of Natural Resources and Energy. Québec.
- Reed M. S., Moxey A., Prager K., Hanley N., Skates J., Bonn A., Evans Ch. D., Glenk K., Thomson K., 2014: Improving the link between payments and the provision of ecosystem services in agri-environment schemes. *Ecosystem Services*, Volume 9. 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.06.008>
- Rochefort, L., 2000: Sphagnum: A Keystone Genus in Habitat Restoration. *The Bryologist*, Volume 103, Issue 3. 503-508. [https://doi.org/10.1639/0007-2745\(2000\)103\[0503:SAKGIH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1639/0007-2745(2000)103[0503:SAKGIH]2.0.CO;2)
- Rochefort L., Lode E., 2006: Restoration of Degraded Boreal Peatlands. In: *Boreal Peatland Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, Wieder R.K., Vitt D.H. (eds) Springer, Berlin.
- Rydin H., Jeglum J.K., 2013: *The Biology of Peatlands*, Oxford university press, United Kingdom.
- Spirhanzl J., 1951: Rašelina – její vznik, těžba a využití. Přírodovědecké nakladatelství, Praha.
- Spirhanzl J., 1956: Rašelina a její využití v zemědělství. 1. vyd. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.

Spitzer K., Bufková I., 2008: Šumavská rašeliniště. Vimperk: Správa Národního parku a CHKO Šumava.

Strobl K., Schmidt C., Kollmann J., 2018: Selecting plant species and traits for phytometer experiments. The case of peatland restoration. *Ecological Indicators*, Volume 88. 263-273. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.018>

Schlotzhauer S. M., Price J. S., 1999: Soil water flow dynamics in a managed cutover peat field, Quebec: Field and laboratory investigations. *Water Resources Research*, Volume 35, Issue 12. 3675-3683. <https://doi.org/10.1029/1999WR900126>

Soro A., Sundberg S., Rydin H., 1999: Species diversity, niche metrics and species associations in harvested and undisturbed bogs. *Journal of Vegetation Science*, Volume 10, Issue 4. 549-560. <https://doi.org/10.2307/3237189>

Svobodová H., Soukupová L., Reille M., 2002: Diversified development of mountain mires, Bohemian Forest, Central Europe, in the last 13,000 years. *Quaternary International*, Volume 91, Issue 1. 123-135. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(01\)00106-9](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(01)00106-9)

Tveit A.T., Kiss A., Winkel M., Horn F., Hájek T., Dvenning M. M., Wagner D., Liebner S., 2020: Environmental patterns of brown moss- and Sphagnum-associated microbial communities. *Sci Rep* 10. 22412. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79773-2>

Vlcek L., Kocum J., Jansky B., Šefrna L., Kučerová A., 2012: Retention potential and hydrological balance of a peat bog: Case study of Rokytka Moors, Otava River headwaters, sw. Czechia. *Geografie*, Volume 117, Issue 4. 395-414. <https://doi.org/10.37040/geografie2012117040395>

Weiss R., Shurpali N. J., Sallantaus T., Laiho R., Laine J., Alm J., 2006: Simulation of water table level and peat temperatures in boreal peatlands. *Ecological Modelling*, Volume 192, Issues 3–4. 441-456. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.07.016>

Wieder R. K., Vitt D. H., 2006: *Boreal peatland ecosystems*. Springer, Berlín.

Wilson L., Wilson J., Holden J., Johnstone I., Armstrong A., Morris M., 2010: Recovery of water tables in Welsh blanket bog after drain blocking: Discharge rates,

time scales and the influence of local conditions. *Journal of Hydrology*, Volume 391, Issues 3–4. 377-386. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.042>

Zahradník P., 2011: Z historie lesnického výzkumného ústavu. Editor: Knížek M. In. *Škodliví činitelé v lesích Česka 2010/2011*. Průhonice: VÚLHM v.v.i.

Zhang X., Liu H., Baker Ch., Graham S., 2012: Restoration approaches used for degraded peatlands in Ruoergai (Zoige), Tibetan Plateau, China, for sustainable land management. *Ecological Engineering*, Volume 38, Issue 1. 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.09.004>

10.2 Internetové zdroje

ČHMU, ©2020: Mapy charakteristik klimatu (online) [cit.2021.01.05], dostupné z <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>.

IUCN, ©2020: Peatland Ecosystems (online) [cit.2020.10.02], dostupné z <https://www.iucn.org/commissions/commission-ecosystem-management/our-work/cems-specialist-groups/peatland-ecosystems>.

IUCN, ©2020: Whats so special about peatlands? The truth behind the bog. IUCN leták (online) https://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/default/files/2019-06/Peatland_Leaflet_ONLINE_V2.pdf.

MŽP ©2008-2020: Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu (online) [cit.2021.03.06], dostupné z https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol.

MŽP ČR, 2009: Aktualizace státního programu ochrany přírody a krajiny české republiky (online) [cit.2020.11.08], dostupné z <https://www.ochranaprirody.cz/res/archive/107/014758.pdf?seek=1373448734>.

NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA ©2019: O rašeliníštích (online) [cit.2020.11.08], dostupné z <https://life.npsumava.cz/o-vode-a-mokradech/o-raselinistich/>.

NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA ©2019: Lokality (online) [cit.2020.11.08], dostupné z <http://life.npsumava.cz/lokality/>.

Placková R., 2020: Po práci rekultivaci. Obnova těžených rašeliníšť (online) [cit. 2020.12.01], dostupné z <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/po-praci-rekultivaci.obnova-tezenych-raselinist>.

Placková R., 2020: Historie těžby rašeliny (online) [cit. 2020.12.01], dostupné z <<https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/historie-tezby-raseliny>>.

Pošta P., 2004: Rašeliniště v České republice (online) [cit. 2020.12.01], dostupné z <<https://www.natur.cuni.cz/geografie/fyzgeo/fyzicka-geografie-popularne/posta2004.pdf/view>>.

Rašelina a.s. ©2016: Profi katalog produktů (online) [cit. 2020.08.02], dostupné z <https://www.raselina.cz/assets/katalog/katalog_profi.pdf>.

Tomášek L., 2009: Prevence vzniku lesních požárů u Lesů České republiky (online) [cit. 2021.03.01], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/18765-prevence-vzniku-lesnich-pozaru-u-lesu-ceske-republiky/>>.

10.3 Ostatní zdroje

Bachtíková P., 2013: Vodní režim rašelinišť a jeho změny. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha (diplomová práce).

Bufková I., 2017: ústní sdělení (veřejná přednáška)

Červenková J., Červenka J., 2000: Plán rekultivace těžebny rašeliny Hranice u Nových Hradů – Hrdlořezy, biologická část. „nepublikováno“. Dep.: LS Nové Hrady

Daphne ČR, 2020: Revitalizace rašelinišť v Krušných horách – Velké tetřeví tokaniště – 1. etapa, (online) [cit.2020.09.02], dostupné z <https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX1VMSzcxM19vem5hbWVuaURPQ18xLnBkZg/ULK713_oznameni.pdf>.

Dittrich I. a Partner Hydro-Consult GmbH, 2012: Hydrologický posudek rašelinišť Část 2 Prognóza ekotopů a plán opatření pro projektové území „Rašeliniště u Satzung“. Bannewitz, (online) [cit.2020.12.10], dostupné z <https://moorevital.sachsen.de/anlagen/getData2.asp?ID=6935&art_param=556&abteilung_id=8>

Hladík J., 2014: Oslavy 60. výročí VÚMOP v.v.i. 1954–2014. (online) [cit.2020.10.07], dostupné z <<https://knihovna.vumop.cz/files/228>>.

Janoušek J., 2016: Ekologická charakteristika organozemí a možnosti využití rašelin v oblasti vybraných ložisek Třeboňské pánve a Krušných Hor. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Brno (disertační práce).

Konvalinková P., 2010: Spontaneous vegetation succession in mined peatlands. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice (disertační práce).

Lunt P., Allott T., Anderson P., Buckler M., Coupar A., Jones P., Labadz J., Worrall P. Ed. Evans M., 2010: Peatland Restoration. The IUCN UK Peatland Programme, (online) [cit.2020.01.23], dostupné z <http://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/files/images/Review%20Peatland%20Restoration,%20June%202011%20Final.pdf>

Rektoris L., Kučerová I., 2019: Těžebna Hranice – předběžný průzkum vhodných zdrojů vody pro sycení těžebny a návrh revitalizace širšího území, „nepublikováno“. Dep.: VRV Praha

Soukupová L., 2003: Strategy and action plan for mire and peatland conservation in Central Europe (ed. By O.Bragg a R. Lindsay) (online) [cit.2020.12.17], dostupné z <<http://gfmc.online/wp-content/uploads/Peatland-Conservation-Europe.pdf>>.

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

- Obrázek 1 Procentuální pokryv rašeliništěm na Zemi (Rydin a Jeglum 2013)
- Obrázek 2 Mikrorelief povrchu rašeliniště
- Obrázek 3 Vznik základních typů rašelinišť (Spitzer a Bufková 2008)
- Obrázek 4 Vzorový řez rašeliništěm
- Obrázek 5 Schematické znázornění blokovacích technik používaných v mělkých rašeliništích (Grand-Clement et al. 2015)
- Obrázek 6 Koncept cílové hladiny (Bufková 2013)
- Obrázek 7 Blokování metodou rašelinových trávníků (Armstrong et al. 2009)
- Obrázek 8 Přehled lesních typů na rašelinách před těžbou (Červenková a Červenka 2000)
- Obrázek 9 Letecký snímek 1949 (URL 1)
- Obrázek 10 Přehled lesních typů na rašelinách po těžbě (Červenková a Červenka 2000)
- Obrázek 11 Letecký snímek 2003 (mapy.cz)
- Obrázek 12 Letecký snímek 2004 (URL 1)
- Obrázek 13 Letecký snímek 2010 (URL 1)
- Obrázek 14 Letecký snímek 2017 (URL 1)
- Obrázek 15 Letecký snímek 2019 (URL 1)
- Obrázek 16 Geologická mapa řešené lokality 1:50 000 (mapy.geology 2020)
- Obrázek 17 Měření hloubky kanálu
- Obrázek 18 Hloubka jílové vrstvy
- Obrázek 19 Sonda mocnosti rašeliny
- Obrázek 20 Interpolované hodnoty mocnosti rašeliny
- Obrázek 21 Situační výkres porostu
- Obrázek 22 Podélný sklon kanálu A2d se staničením (km)
- Obrázek 24 Plocha A – postranní odvodňovací pera v severní části
- Obrázek 23 Plocha A – hlavní svodný kanál
- Obrázek 25 Plocha B – detail odvodňovacího kanálu
- Obrázek 26 Plocha B - lesnická rekultivace
- Obrázek 27 Plocha B - část po revitalizaci 2019
- Obrázek 28 Spodní část plochy B - pohled na plochu C
- Obrázek 29 Odtěžení rašeliny na jílovou vrstvu
- Obrázek 30 Odkryté drenážní potrubí

Obrázek 31 Plocha C
Obrázek 32 Plocha C - detail odvodňovacího kanálu
Obrázek 33 Plocha C - obvodový odvodňovací kanál
Obrázek 34 Plocha D - detail odvodňovacího kanálu
Obrázek 35 Plocha D
Obrázek 36 Výškové dispozice území
Obrázek 37 Sklonitostní analýza území
Obrázek 38 Stínovaný reliéf území
Obrázek 39 Vzorový půdorys hrazení typu A
Obrázek 40 Detail těsnící stěny
Obrázek 41 Vzorový podélný řez hrazení typu A
Obrázek 42 Vzorový příčný řez hrazení typu A
Obrázek 43 Vzorový půdorys hrazení typu B
Obrázek 44 Půdorys hrazení typu C
Obrázek 45 Vzorový příčný řez hrazení typu C
Obrázek 46 Vzorový podélný řez hrazení typu C
Obrázek 47 Půdorys hrazení typu D
Obrázek 48 Vzorový příčný řez hrazení typu D
Obrázek 49 Vzorový podélný řez hrazení typu D
Obrázek 50 Vzorový řez opatřením typu F
Obrázek 51 Návrh monitoringu

URL 1: <<https://ags.cuzk.cz/archiv/>> [cit. 03.03.21]

Tabulka 1 Geologický profil vrtu V-1026 (Cepák 1967)

Tabulka 2 Quittova klimatická stupnice

Tabulka 3 Seznam naměřených sond rašeliny

Tabulka 4 Ukázka mapování charakteristik kanálů

Tabulka 5 Přehled použitých typů opatření

12 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA Č.1 POLOHA ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

PŘÍLOHA Č.2 NÁVRH PLOCHY A

PŘÍLOHA Č.3 NÁVRH PLOCHY B

PŘÍLOHA Č.4 NÁVRH PLOCHY C, D

PŘÍLOHA Č.5 PARAMETRY OPATŘENÍ PŘEHRÁŽEK

PŘÍLOHA Č.6 PARAMETRY VODNÍCH PLOCH