

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



Rizika eroze půdy při urbanistických úpravách krajiny

–

Erosion risks in designing of urban landscape

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jan Vopravil Ph.D.

Bakalant: Jiří Ivanič

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Ivanič

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Rizika eroze půdy při urbanistických úpravách krajiny

Název anglicky

Erosion risks in designing of urban landscape

Cíle práce

Cílem práce je popsat formou literární rešerše erozi půdy, typy vodní eroze a její přítomnost na územích poškozených důsledkem lidské činnosti (oblast rekultivací). Dále bude vypracován přehled použitých protierozních opatření v rámci rekultivační činnosti.

Metodika

Vypracovaná bakalářská práce se bude skládat ze dvou částí, kdy v první části bude popsána problematika vodní eroze a protierozní opatření na základě informací získaných z odborné literatury.

Druhá část bakalářské práce bude věnována popisu konkrétního příkladu – výsypky Lítov-Boden, výskytu vodní eroze, užitým protierozním opatřením a na závěr budou navržena další možná protierozní opatření.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

vodní eroze, půdní organická hmota, rekultivace.

Doporučené zdroje informací

- Buzek L., 1983: Eroze půdy. Pedagogická fakulta v Ostravě, Ostrava, 257 s.
- ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, – JANEČEK, M. *Základy erodologie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1842-7.
- JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2007. ISBN 978-80-254-0973-2.
- VOPRAVIL, J. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl II./ Jan Vopravil a kol.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-08-5.
- VOPRAVIL, J. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl. I.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010. ISBN 978-80-87361-05-4.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2019

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 02. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Rizika eroze při urbanistických úpravách krajiny vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

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

V Sokolově dne 8. 3. 2020

.....

Poděkování

Poděkování patří především vedoucímu mé práce, panu Ing. Janu Vopravilovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady, čas a vstřícný přístup. Dále poděkování patří panu Janu Rážovi ze sekce Báňského rozvoje v Sokolovské uhelné, právní nástupce, a.s., za poskytnuté materiály a rady, které jsem použil ve své práci. Na závěr děkuji své rodině za trpělivost a podporu, kterou mi věnovali po dobu celého studia.

V Sokolově 8. 3. 2020

.....

Abstrakt

Bakalářská práce rešeršního typu se v první části zabývá popisem eroze půdy, zejména vodní erozí, jejími následky a faktory ovlivňujícími erozi. Dále popisuje nejčastěji používané nástroje ke stanovení erozní ohroženosti půd a jednotlivé druhy ochrany půdy proti vodní erozi. Tato část se zabývá i legislativním rámcem ochrany půdy. Druhá část se věnuje vzniku výsypek, jejich materiálovým složením včetně vlastností výsypkových materiálů, vodními poměry a protierozní úpravou výsypek, rekultivační činností a související legislativou. Závěrečná část práce blíže charakterizuje výsypku Lítov – Boden, vodní erozi a výskyt vodní eroze v její jihozápadní části a použitá protierozní opatření s návrhy dalších vhodných protierozních opatření.

Klíčová slova: vodní eroze, půdní organická hmota, rekultivace, výsypka Lítov – Boden

Abstract

The bachelor thesis of the search type deals with the description of soil erosion, especially water erosion, its consequences and factors influencing erosion. It also describes the most commonly used tools for determination of soil erosion risk and individual types of soil protection against water erosion. This part also deals with the legislative framework of soil protection. The second part deals with the origin of dumps, their material composition including properties of dump materials, water conditions and anti-erosion treatment of dumps, reclamation activities and related legislation. The final part of the thesis describes the Lítov - Boden dump, water erosion and the occurrence of water erosion in its southwestern part and the anti - erosion measures used with suggestions of other suitable anti - erosion measures.

Keywords: water erosion, soil organic matter, recultivation, dump Lítov - Boden

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍL PRÁCE	11
3	DEGRADAČNÍ PROCESY	12
4	EROZE	13
4.1	Význam pojmu eroze půdy	13
4.2	Dělení eroze podle intenzity	13
4.3	Dělení eroze podle činitelů	14
4.4	Antropogenní eroze	14
4.5	Eroze vyvolaná intenzifikací zemědělské výroby	15
4.6	Eroze vyvolaná stavbou komunikací.....	15
4.7	Eroze vyvolaná urbanizací.....	16
4.8	Sněhová eroze.....	17
4.9	Ledovcová eroze	17
4.10	Větrná eroze.....	18
4.11	Vodní eroze	19
4.12	Příčiny vodní eroze	21
4.13	Důsledky působení vodní eroze.....	23
5	OCHRANA PŮDY	26
5.1	Legislativní ochrana půdy	26
5.1.1	Právní ochrana půdy.....	26
5.1.2	Mezinárodní ochrana půdy	26
5.1.3	Ochrana půdy v Evropské unii	27
5.1.4	Ochrana půdy v České republice.....	27
5.2	Erozní ohrožení půdy.....	28
5.2.1	Určení erozní ohroženosti půd	28
5.2.2	Univerzální rovnice ztráty půdy - USLE	29
5.2.3	Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy erozí – RUSLE.....	30
5.3	Protierozní ochrana.....	30
5.3.1	Opatření proti vodní erozi.....	30
5.3.2	Organizační protierozní opatření	31

5.3.3	Agrotechnická protierozní opatření.....	32
5.3.4	Technická protierozní opatření.....	32
6	TĚŽBA NEROSTNÝCH SUROVIN	33
6.1	Závažné antropogenní ovlivnění krajiny.....	33
6.2	Výsypky.....	34
6.3	Chemické a fyzikální vlastnosti antropogenních půd.....	37
6.4	Odvodnění a protierozní úprava výsypek.....	39
6.5	Rekultivace.....	40
6.5.1	Rekultivace výsypek.....	40
6.5.2	Fáze rekultivace.....	41
6.5.3	Biotechnická fáze rekultivací.....	42
6.5.4	Právní rámec rekultivací.....	43
7	VÝSYPKA LÍTOV - BODEN	45
7.1	Vymezení zájmového území a jeho charakteristika.....	45
7.2	Klimatické poměry.....	46
7.3	Geologické, hydrogeologické a pedologické poměry.....	46
7.4	Dělení rekultivací na výsypce Lítov - Boden.....	50
7.5	Popis území č. 95/2 výsypky Lítov - Boden.....	53
7.6	Lesnická rekultivace území č. 95/2 výsypky Lítov - Boden.....	55
7.7	Eroze rekultivace Lítov – jihuzápadní část.....	56
8	DISKUZE	63
9	ZÁVĚR	64
10	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	66
10.1	Internetové zdroje:.....	69
10.2	Ostatní zdroje - rozhovory.....	69
11	SEZNAM TABULEK	70
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
13	OBRÁZKOVÉ PŘÍLOHY	72

1 ÚVOD

Krajina jako otevřený systém je výsledkem působení řady přírodních a antropogenních procesů. Přírodní krajina se vyvíjela výhradně pod vlivem přírodních činitelů. Od dopadu první dešťové kapky na zemský povrch, která započala svým dopadem erozi. Začaly vznikat první vodní toky, které nejen pokračovaly v erozi zemského pláště, ale působením nejrůznějších přírodních podmínek a s tím spojeným působením různých fyzikálních zákonů docházelo i k transportu a později k akumulaci sedimentů. Tento cyklus začal narušovat, ale postupný nárůst vegetace, která krajinu stabilizovala a míra eroze krajiny se tím začala postupně snižovat. Tato historická eroze dala současnému reliéfu základní rysy. Tento reliéf je v úzké harmonii s říční sítí, půdou a vegetací, složité vztahy mezi průběhem a intenzitou erozních procesů a jednotlivými složkami fyzickogeografické sféry mohou být porušeny antropogenními zásahy, zvl. zemědělskou a lesnickou činností, výstavbou komunikací, inženýrskými zásahy v terénu, hornickou činností, vodohospodářskými zásahy apod. (Buzek, 1983; Lipský, 1998).

V období neolitu dochází ke změnám, vznikají první zemědělská společenství, což dokládají archeologické nálezy. Lidé začínají kvůli potravě kácet pralesy a rozorávat půdu a to hlavně v teplých oblastech v okolí vodních toků a v jižních částech Země. Na území současné České republiky, které je ale podstatně chladnější, lidé osidlují zpočátku jen úrodné nížiny v okolí řek. Staré neolitické osídlení počínající před 6000 – 7000 bylo ještě značně řídké a nevyvolalo velké destruktivní procesy. Teprve v pozdní době bronzové (zhruba před 2700 – 3000 lety) došlo v důsledku prvního relativního přelidnění (v rámci tehdejší ekumeny) k značnému rozšíření ploch obdělávané půdy. Odlesnění se projevilo na svazích intenzivní vodní erozí, odnosem půdy, vznikem strží, hromaděním splachů v úpadech a povodňových hlín v údolích niv. S dalším vývojem civilizace, zejména s využíváním strategicky výhodných míst ke stavbě opevněných sídel na ochranu obchodních cest a zemědělských oblastí, člověk odlesňuje i vyvýšená místa a tím opět dochází k dalšímu nárůstu eroze (Lipský, 1998; Petlušová a kol., 2018).

Kolonizace našeho území ve 12. – 13. století zasáhla významně do oblastí vnitrozemských i pohraničních vrchovin, které byly do té doby jen sporadicky osídlené a kryté hustým lesem. Rozmach českého státu a prudký růst počtu obyvatel si vynutil změnu celého systému hospodaření. Ve 14. Století se tak vytvořil

nepříznivý poměr lesů a orné půdy a v některých oblastech bylo dosaženo vůbec nejnižší historické výměry lesa. Živelné rozorávání svažitéch poloh a rozvodních oblastí mělo za následek velký rozmach plošné i stržové eroze. Tím dochází ke značnému transportu půdních částic a jejich postupné sedimentaci v níže položených zemědělských oblastech a při povodních dochází k ukládání sedimentu v nížinných nivách a postupnému ukládání nánosů. V krajině se vytvořily četné erozní strže zahlobené přes sprašový pokryv až do skalního podloží. Vlivem snížení úrodnosti půd a klimatických změn koncem 14. a začátkem 15. století nastává období hladomorů, nastávají lidové povstání, jako byly husitské války. Toto období vrcholí v 17. Století tzv. Třicetiletou válkou. Během tohoto dlouhého a značně obtížného období dochází v Evropě k velice výraznému poklesu lidské populace, což mělo za následek opětovné částečné zalesnění dříve lidmi využívaných území s pozitivními následky vzhledem k erozi (Lipský, 1998).

Po tomto chladném období se znovu začíná oteplovat a během 18. století znovu začíná na našem území narůstat populace. Dochází i k jakési zemědělské explozi, protože jsou odlesňována rozsáhlá území, která jsou opětovně přeměňována na zemědělskou půdu a to i ve vyšších polohách. Téměř ve stejném období dochází i k růstu průmyslové výroby dřeva je zapotřebí v dolech na těžbu rud a v hutích. Tato těžba probíhá v malolomech a hlubinných dolech, přesto dochází k ještě výraznějšímu odlesňování krajiny se všemi negativními následky. Ve 20. století dochází k dalším změnám, začíná se pomalu snižovat plocha orné půdy a pomalu se rozrůstají lesy zejména v horských oblastech. Od poloviny 20. století dochází vlivem politických a ekonomických změn ke změnám vlastnických poměrů, k scelování zemědělských pozemků a přechodu od malovýrobních technologií k socialistické velkovýrobě (Lipský, 1998). Tento přechod na velkolomovou koncepci dobývání znamená pro krajinu odkrytí značné půdní plochy, odstranění a přemístění značného objemu nadložních zemin na vnitřní nebo vnější výsypky. V takto devastované krajině může dojít ke značnému nárůstu eroze, což může mít různé dalekosáhlé následky na krajinu a její obyvatele. Protože půda má zásadní význam pro celý ekosystém, definovala její význam OSN v roce 1971 takto: *„Půda je omezený a nenahraditelný přírodní zdroj. V případě postupující degradace a její ztráty se stává tento zdroj v mnoha částech světa hranicí dalšího rozvoje lidské společnosti. Půda a její environmentální funkce rozhodují o vývoji a stavu krajiny, o uspokojování potřeb každé společnosti a je tedy základní podmínkou pro život na zemi, je základní lidskou společností.“* (Vopravil a kol., 2011).

2 CÍL PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce je popsat formou literární rešerše erozi půdy, typy vodní eroze, její následky a faktory ovlivňující erozi. V této části bakalářské se práce proto věnuji i ochraně půdy proti erozi včetně související legislativy a možnostmi stanovení erozní ohroženosti půd.

Cílem druhé části je zhodnotit erozi na území poškozeném v důsledku lidské činnosti, kterým je jihozápadní část výsypky Lítov – Boden, popsat využitá protierozní opatření a na závěr navrhnout další vhodná protierozní opatření sloužící ke snížení dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí.

Nezbytné je přiblížit vznik takových poškození krajiny lidskou činností, popsat specifické fyzikální a chemické vlastnosti těchto půd a souhrn opatření, kterými lze zahradit škody vzniklé lidskými zásahy do krajiny včetně související legislativy. Dále je nutné blíže specifikovat výsypku Lítov – Boden a převládající geologické a pedologické poměry. A na závěr popsat probíhající rekultivační činnost, jejíž realizaci v technické části provádí sám investor Sokolovská uhelná, a.s. a biotechnická část je realizována pomocí externích dodavatelů. Zde budu využívat odborných materiálů poskytnutých společností Sokolovská uhelná, a.s.

3 DEGRADAČNÍ PROCESY

Půda jako základní složka životního prostředí poskytuje lidské společnosti mnoho funkcí. To je důvodem proč je půda ohrožena celou řadou procesů, které vedou k omezení schopnosti půdy plnit své funkce, případně mohou vést až k úplnému zničení půdy. Degradace půd je definována jako změna ve zdraví půd vedoucí k poklesu schopnosti ekosystému poskytovat služby (FAO ©2014). Tyto procesy jsou částečně přírodní, ale značnou měrou jsou zesílené právě lidskou činností. Dále je degradace půd závislá na samotných vlastnostech půd, které umožňují půdě různě reagovat na podněty z okolí a do jisté míry odolávat „stresovým“ situacím. Jednotlivé typy půdní degradace nepůsobí na půdu samostatně, ale jsou vzájemně spjaty a jedna forma degradace podmiňuje vznik dalších sekundárních forem a tím dochází k dalšímu urychlení degradačního procesu půdy (Vopravil a kol., 2011).

Mezi významné degradační půdní procesy současnosti patří ztráta půdní organické hmoty. Půdní organická hmota je zdrojem živin a energie, má i významné retenční schopnosti. Důsledkem ztráty půdní organické hmoty dochází ke ztrátě stability půdních agregátů, snížení pufrčních schopností, snížení filtračních schopností, zvýší se ohroženost půdy erozí. Zároveň s tím dochází k acidifikaci a zasolování půd, může docházet ke kontaminaci anorganickými a organickými látkami a poklesu biodiverzity až desertifikaci. Dalším významným degradačním procesem je utužení, to se projevuje zejména zvýšením objemové hmotnosti půdy, snížením pórovitosti, snížením infiltračních schopností a v neposlední řadě se tím sníží i retenční kapacita půdy. Právě snížením infiltračních schopností půdy dochází k povrchovému odtoku a vzniku vodní eroze. Vodní a větrná eroze půdy je v současnosti celosvětově nejvýznamnějším půdně degradačním procesem a to i na území České republiky (Smrček, 2011). Patrně nejvíce se na našem území projevuje vodní eroze, proto se i tato práce zaměřuje na téma tohoto významného degradačního procesu.

4 EROZE

4.1 Význam pojmu eroze půdy

Podle Smrčka (2011) je slovo eroze původně lékařský výraz, jehož první použití v lékařství je datováno již v roce 1541, ale první použití tohoto slova v dnešním významu je z roku 1774.

Jak ale uvádí Janeček a kol. (2008), slovo eroze je odvozeno od latinského slova erodere, jehož původní význam je rozhodávat. V současné době v nejširším smyslu slova jím rozumíme rozrušování zemského povrchu a v tomto významu se běžně používá od 30-tých let minulého století. Eroze půdy byla definována jako „komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru a jiných erozních činitelů“.

Projevy půdní eroze lze chápat jako jevy, vlastnosti nebo procesy, které umožňují identifikovat erozní ovlivnění půdy. Takovými projevy jsou chápány změny půdních vlastností, jako jsou ztenčování půdního profilu, zvýšení šterkovitosti, změna fyzikálně-chemických vlastností půd, poškozování plodin, snížení obsahu živin a humusu. V akumulčních zónách pak dochází k akumulaci odnášeného materiálu, což se projevuje snížením průtočné kapacity toků a zanášením akumulčních prostorů vodních nádrží, zhoršuje prostředí vodních organismů. Projevy eroze půdy jsou značně závislé na půdním substrátu, půdním typu, erodibilitě půd, charakteru erozních událostí a typu eroze (Žížala, 2016). Dále jsou tyto projevy značně závislé na půdním vegetačním krytu a zpevnění kořenovým systémem vegetace. Velice významné jsou v tomto ohledu tenké kořeny a houbové mycelium, které se hromadí v půdě během několika týdnů nebo měsíců a přetrvávají v půdě další měsíce nebo roky, stabilizují také makroagregáty. Makroagregace je řízena hospodařením s půdou, tj. střídáním plodin, protože takové řízení ovlivňuje růst kořenů rostlin (Gabriels a Michiels, 1991).

4.2 Dělení eroze podle intenzity

Erozi půdy může dělit podle různých hledisek. Prvním dělením může být dělení eroze podle její intenzity. V tomto případě rozeznáváme pouze dva typy eroze. Erozi normální, která je neovlivnitelnou součástí probíhajících přírodních procesů v krajině, a která se z historického hlediska podílela na utváření zemského reliéfu. Tato eroze probíhala v krajině pozvolna a úbytek půdy je dorovnáván pedogenezí (Buzek, 1983).

Druhým typem je eroze zrychlená. Zrychlená eroze je způsobena intenzivním využíváním krajiny. Hranice mezi oběma typy eroze je dána rychlostí vytváření nové půdy, přirozená tvorba nové půdy dosahuje od 0,01 mm do 7,7 mm za rok. Zrychlená eroze způsobuje nebezpečný transport půdních a chemických částic, při níž už se půdní částice a živiny nestačí vytvářet přirozeným půdotvorným procesem (Holý, 1978). Zrychlená vodní eroze se projevuje zejména po odstranění nebo změně typu vegetace a v horských oblastech se zrychlí eroze travnatých svahů pastvou dobytka nebo intenzivní turistikou. Zrychlená vodní eroze působí zejména na strmých svazích při stavbě komunikací a vodních děl, kdy na nedostatečně zpevněných a zatravněných svazích ve velice krátké době vzniknou erozní rýhy. Podobné je to ve městech na obnažených plochách stavební činností nebo nedokonalou terénní úpravou hlavně zanedbanou výsadbou keřů a stromů na svazích se také napomáhá vodní erozi (Šarapatka a kol., 2002).

4.3 Dělení eroze podle činitelů

Podle erozních činitelů, kteří jsou rozhodující pro průběh a charakter vzniklých erozních a akumulčních tvarů rozlišujeme erozi vodní, větrnou, ledovcovou a sněhovou (Buzek, 1983). Podle Holého (1978) jsou rozlišovány ještě eroze zemní a eroze antropogenní, která se dále dělí na erozi vyvolanou intenzifikací zemědělské výroby, výstavbou komunikací a urbanizací. Nejen v celosvětovém měřítku, ale i na území České republiky způsobuje největší škody vodní a větrná eroze. Vodní erozi je na území České republiky ohroženo asi 50% orné půdy a větrná eroze ohrožuje přibližně 10% orných půd. A stále se zvětšují nepříznivé důsledky eroze zesílené činností člověka (Janeček, 2007).

4.4 Antropogenní eroze

Člověk svými zásahy do přírody mění průběh erozních procesů, proto je výrazným činitelem zrychlené eroze ať na erozní procesy působí přímo nebo nepřímo. Nepřímý vliv se projevuje ničením přirozeného vegetačního krytu, změnou fyzikálních, chemických vlastností půd, soustředováním povrchového odtoku a různými úpravami území. Přímý vliv se projevuje hlavně urbanizací a realizací technických staveb (Holý, 1978).

4.5 Eroze vyvolaná intenzifikací zemědělské výroby

Intenzifikace zemědělské výroby vedla k vytváření velkých obdělávaných celků bez přihlídnutí k terénnímu reliéfu. Na těchto celcích je půda vystavena intenzivní erozi, ke které dochází při dlouhých odtokových drahách zejména ve spojení s kulturami s nízkým ochranným faktorem. Použití těžké mechanizace mění půdní strukturu a zhoršuje infiltrační vlastnosti půdy. V horských oblastech může vzniknout eroze na svazích při jejich intenzivním spásání (Holý, 1978).

4.6 Eroze vyvolaná stavbou komunikací

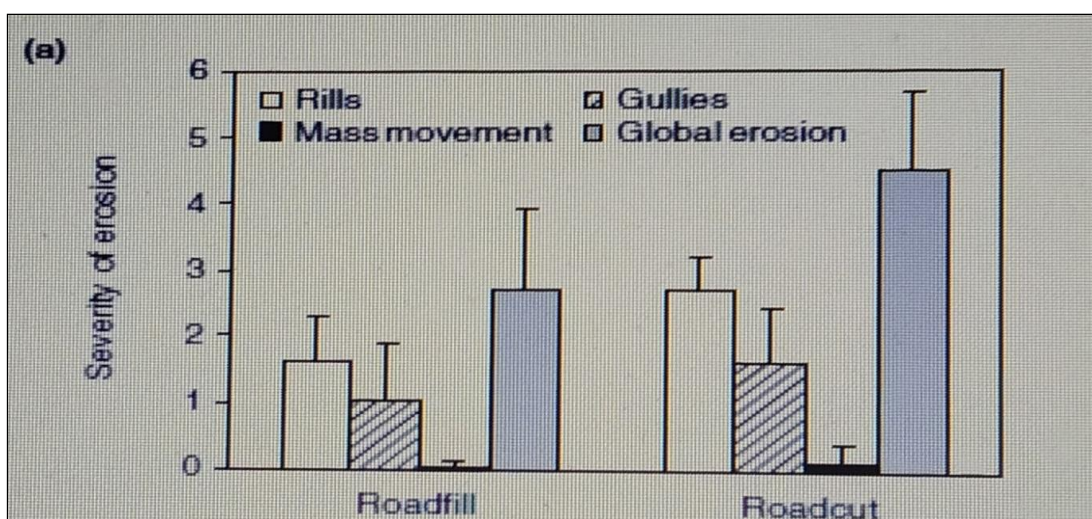
Pro obhospodařování zemědělských a lesních pozemků je budována síť lesních a polních cest. K budování cest dochází i na svazích, kde se na nich soustřeďuje povrchově stékající voda. Ta dosahuje vlivem sklonu velké rychlosti a v málo odolných půdách tak mohou vzniknout hluboké strže.

K erozi, ale dochází i u zpevněných komunikací vyšších tříd, kdy jsou erozí poškozovány zejména vyšší nezpevněné boční svahy (obr. 1). Produkty eroze jsou následně transportovány odvodňovacími příkopy, v nichž dochází k postupné sedimentaci a tím je porušena funkce odvodňovacího příkopu. Bylo zjištěno, že při přívalovém dešti bylo ze svahů komunikací odneseno desetkrát více splavenin než z kultivovaných půd (Holý, 1978).



Obr. 1: Eroze svahu obchvatu města Sokolov (foto Jiří Ivanič, 2019)

Obecně lze říci, že úhel sklonu a orientace svahů ke světovým stranám (jih vs. sever) silně ovlivňují založení vegetace a složení svahů dálnice. Typ svahu má silný vliv na většinu erozních podprocesů i na celkový index eroze (obr. 2). Na jižních svazích dochází k rychlejšímu vysychání a rozkladu organických látek, to způsobuje menší soudržnost půdy a její větší náchylnost k erozi. Budoucí úsilí by se tedy mělo zaměřit na zvýšení drsnosti povrchu svahu, pravidelné budování teras nebo další terénní úpravy, aby se úhly sklonu dostaly pod 45° (Bochet a García-Fayos, 2004).



Obr. 2: Intenzita dílčích procesů vodní eroze a celková eroze podle typu a aspektu svahů vyšších než 45° (Bochet a García-Fayos, 2004)

4.7 Eroze vyvolaná urbanizací

Tato eroze je spojována s výstavbou sídlišť, velkých obchodních komplexů a výrobních hal (obr. 3 a 4) způsobuje často výraznější erozi než na zemědělsky obhospodařovaných půdách. Výstavbou velkých komplexů dochází k obnažení půdního povrchu na velkých plochách a zároveň je půdní povrch ztuhnut tak, že ztrácí schopnost propustit povrchovou vodu do hlubších vrstev (Holý, 1978).



Obr. 3a, b: Eroze výsypky skryté ornice při stavbě výrobní haly v průmyslové zóně města Cheb (foto Jiří Ivanič, 2019)

4.8 Sněhová eroze

Jak uvádí Holý (1978) a Buzek (1983) sněhová eroze vzniká pohybem sněhu při lavinách, za vysokých tlaků a rychlostí padajících lavin ve vysokohorských oblastech. Sněhová eroze ale může vzniknout i při pomalých pohybech silné sněhové vrstvy po nezamrzlém podloží v jarním období.

Podle Janečka a kol. (2008) je sněhová eroze zvláštní tím, že dopadová energie sněhových vloček je při dopadu na zemský povrch zanedbatelná a energie sněhové eroze působící na půdu je energií plošně odtékající vody z tajícího sněhu. Působení vody z tajícího sněhu je tím intenzivnější, když v krátkém časovém úseku dojde k rychlému tání sněhu, toto velké množství vody má značnou potenciální transportní kapacitou. Sněhová eroze může probíhat pouze v těch částech půdního profilu, který už není promrzlý.

4.9 Ledovcová eroze

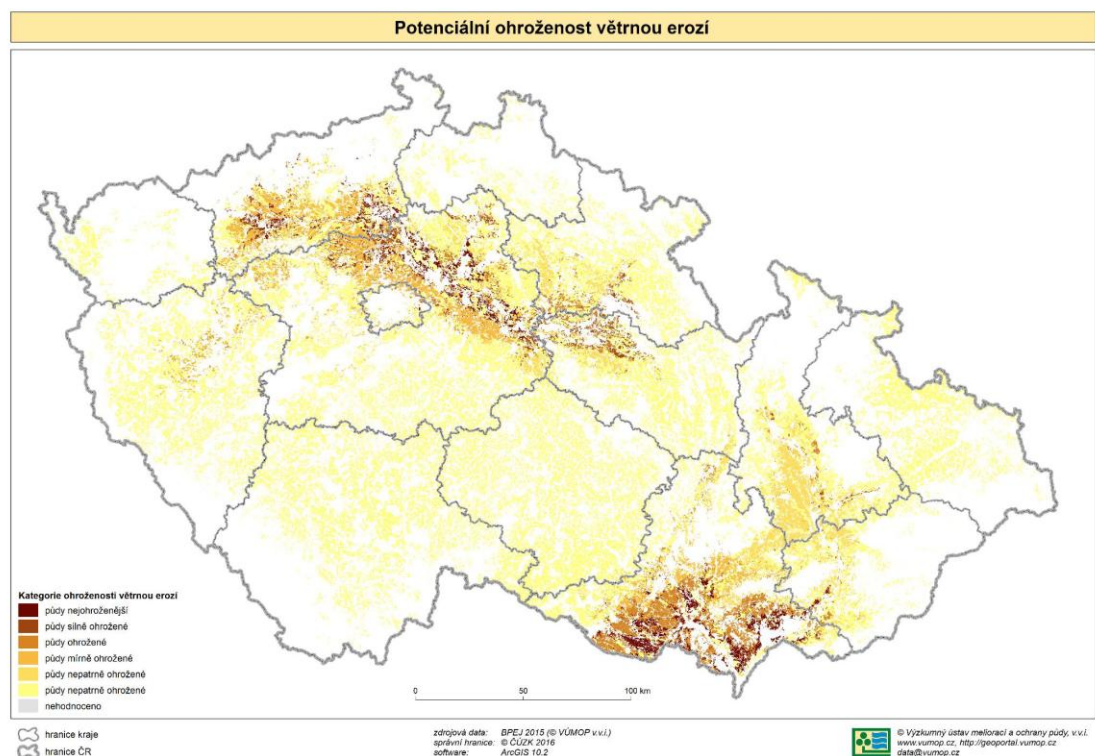
Ledovcová eroze působí v klimaticky chladných oblastech pohybem ledovcové masy po podloží do nižších poloh. Ledovec na podloží působí svou hmotností a uvolněným unášeným horninovým materiálem, tak že obrušuje a ohlazuje podloží. V nižších polohách vznikají z transportovaného materiálu objekty ledovcové akumulace nazývané morény. Ledovcová eroze je hlavně v jejích nižších polohách doprovázena vodní erozí. Ledovcová eroze se na území ČR v současnosti nevyskytuje (Buzek, 1983).

4.10 Větrná eroze

Větrná eroze je přírodní jev, při kterém dochází k rozrušování půdní hmoty kinetickou energií větru a uvolněné půdní částice jsou uváděny do pohybu a přenášeny na různé vzdálenosti. Při poklesu unášecí síly větru dochází k ukládání unášeného materiálu. Větrnou erozi ovlivňuje především intenzita a směr větru, dále vlhkost půdy, četnost vanoucích větrů a v neposlední řadě klimatické a vegetační faktory (Janeček, 2008).

U větrné eroze rozeznáváme dvě formy přenosu uvolněných půdních částic a to tzv. saltaci, při které je hrubší materiál posouván skoky při zemi. Druhou formou jsou prašné bouře, při kterých jsou ty nejjemnější částice přenášeny vzdušnými proudy na velké vzdálenosti (Buzek, 1983).

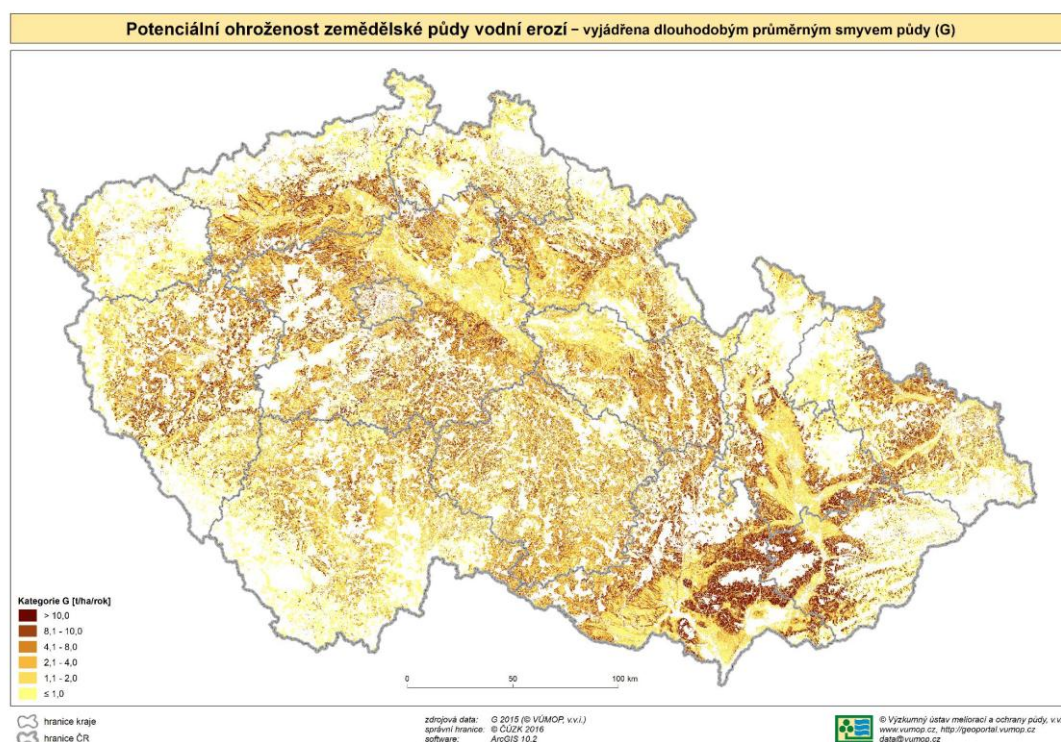
Větrná eroze je typická pro aridní a semiaridní oblasti (Holý, 1978). Na území ČR se větrná eroze vyskytuje pouze v rovinných a teplých oblastech jižní Moravy a Polabí jak je patrné z obrázku č. 4.



Obr. 4: Potenciální ohroženost půdy větrnou erozí (www.vumop.cz, 2016)

4.11 Vodní eroze

Vodní eroze je složitý ucelený proces, při kterém dochází k narušování povrchu půdy, transportu a sedimentaci uvolněných půdních částic vodou. Na území ČR je odhadem vodní erozí ohroženo přibližně 50% rozlohy zemědělského půdního fondu viz obr. č. 6. Vznik vodní eroze je výrazně ovlivněn utužením půdy a ztrátou půdní organické hmoty, které značně mění infiltrační a retenční schopnost půdy. Tato negativní změna retenčního režimu půd dále rozvíjí a zesiluje vodní erozi (Šarapatka, 2014).



Obr. 5: Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí (www.vumop.cz, 2016)

Vodní eroze je vyvolávána kinetickou energií dešťových kapek dopadajících na půdní povrch a mechanickou silou povrchově stékající vody. Podzemní voda zejména v krasových útvarech způsobuje kromě mechanické eroze i chemickou erozi (Holý, 1994). Eroze vyvolaná proudící vodou se nazývá fluviální eroze. Navíc může být eroze způsobená vodou ještě vyvolána vlněním vodní hladiny na březích rozsáhlých vodních ploch (Smrček, 2011). Dešťová eroze se nazývá pluviální a její název pochází z latinského slova pluvis, jehož význam znamená déšť (Šarapatka a kol., 2002). V průběhu kapkové eroze má svou nespornou roli kromě kinetické energie deště také velikost kapek, jejich počet a úhel dopadu na zemský povrch. Dopadem dešťových kapek vznikají v půdě malé jamky a tím jsou rozrušovány půdní agregáty na menší částice a ty mohou být vymrštěvány až do výšky 40 cm

(Buzek, 1983). Podle Janečka (2008) mohou být částice uvolněné dopadem dešťových kapek vymrštěvány do výšky až 60 cm a na vzdálenost až 1,5 m.

Dále vodní eroze rozrušuje půdu povrchovým odtokem, který vzniká při nasycení půdy vodou a poklesu infiltrace vody do půdy z přívalových nebo dlouhotrvajících srážek anebo při jarním tání ze sněhových vod. Také může vzniknout koncentrací vody v přirozené nebo umělé hydrografické síti. Vodní erozi proto třídíme podle formy eroze na plošnou, výmolnou a proudovou.

Plošná eroze je typická rozrušováním a smyvem půdní hmoty po celé ploše, čímž dochází k postupnému snižování mocnosti půdy. Plošná eroze působí na půdu selektivně odnosem jemných půdních částic zejména půdní organické hmoty, na které jsou navázané chemické látky. Tato forma eroze probíhá pozvolna a nepozorovaně a nezanechává na první pohled viditelné stopy. U půd ovlivněných plošnou erozí dochází ke změně struktury půdy, půdy jsou štěrkovitější a dochází k postupnému zhoršování chemických a fyzikálních vlastností půd. Naopak v akumulacním prostoru, kde dochází k sedimentaci unášeného materiálu, jsou půdy jemnozrnější a obohacené o živiny. Vlivem plošné vodní eroze dochází k nestejnomyšnému vývoji vegetace (Holý, 1994).

Větší intenzitou deště dochází k postupnému soustředění povrchově odtékající vody a tvorbě stálých, zpočátku mělkých a postupně se prohlubujících zářezů. Tímto principem vzniká výmolná forma vodní eroze. Prvním stadiem této erozní formy je eroze rýžková a brázdová. Při rýžkové erozi vznikají v půdním povrchu drobné úzké zářezy, které na svahu vytváří hustou síť. Oproti tomu pro brázdovou erozi jsou charakteristické mělké, ale širší zářezy i jejich hustota je na svahu nižší než u eroze rýžkové. Rýžková a brázdová eroze jsou označovány jako nejvyšší stupeň plošné eroze, protože obvykle rozrušuje celou plochu značné část povrchu svahu. Dalším pokračujícím se soustřeďováním povrchově stékající vody z rýžek a brázd vznikají hlubší rýhy, které se dále spojují a prohlubují a vzniká eroze rýhová. Z eroze rýhové postupně vzniká vyšší stupeň výmolové eroze – nebezpečná eroze stržová, která značné míry devastuje území. Výsledkem této formy eroze jsou hluboké výmoly a strže, které mohou zasahovat, až do podzemních vodonosných horizontů ze kterých odvádí vodu a tím snižují hladinu podzemní vody. Jejich nebezpečí mimo jiné tedy spočívá v dalším vysušování území (Holý, 1978). Jak uvádí Janeček a kol. (2008) rýžková a brázdová eroze dosahuje hloubky a šířky několika cm, zřídka kdy dosahují větší hloubky než 10 cm. A podle Buzka (1983) dosahuje nebezpečná stržová eroze hloubek a šířek více než jeden metr.

Proudová vodní eroze probíhá ve vodních tocích a jezerech působením vodního proudu. Pokud proudová vodní eroze působí pouze na dno, jedná se o erozi dnovou a jsou-li proudící vodou rozrušovány břehy, jde o erozi břehovou. O bystřinné erozi mluvíme, jestliže podélný sklon dosahuje 50% a více. Bystřiny se vyznačují značnou rozkolísaností průtoku a velkou unášecí rychlostí. To je důvod, proč se nejvýrazněji projevuje proudová eroze bystřinného charakteru, která obvykle unáší enormní množství splavenin. Dnová eroze je forma podélné eroze, která rozrušuje dno toku v jeho podélné ose. Břehová eroze probíhá kolmo na osu toku, proto u ní dochází k rozrušování břehů (Holý, 1994).

4.12 Příčiny vodní eroze

Vznik, průběh a intenzita erozního procesu je ovlivněna kombinací působení řady přírodních a člověkem ovlivněných podmínek. Tyto faktory eroze lze dělit na:

Klimatické a hydrologické

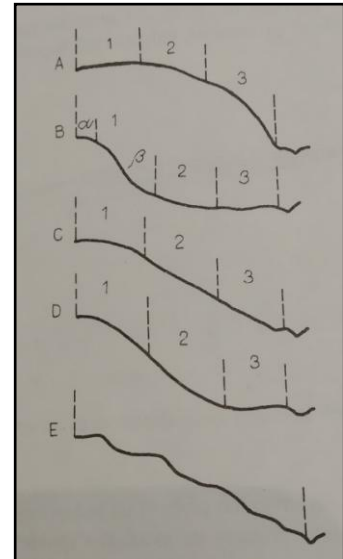
- zeměpisná poloha
- nadmořská výška
- množství, rozdělení a intenzita srážek
- teplota, oslunění, výpar, odtok
- výskyt, směr a síla větrů (Janeček a kol., 2008)

Většina srážek se vyskytuje na jaře a v létě. Stejně tak je distribuováno více srážek v horských oblastech než v nižších nadmořských výškách. Průměrné roční srážky v oblasti centrální Číny jsou v nižších polohách do 500 mm, v oblastech s nadmořskou výškou do 1500 m byly průměrné roční srážky 840 mm a v regionech s nadmořskou výškou mezi 1500 a 2500 m dosáhly průměrné roční srážky 1000 mm (Zhang a kol., 2015).

Morfologické

Morfologickými faktory ovlivňujícími vznik vodní eroze jsou zejména sklon území a délka svahu. Odtékající voda ze svahu s rostoucím sklonem a délkou nabývá většího destrukčního účinku a zároveň roste i její transportní schopnost. Svůj vliv na intenzitu a průběh vodní eroze má i tvar svahů. Svahy se dělí podle tvaru do pěti skupin na vypuklé, vyduté, přímé, vypuklo-duté a stupňovité (obr. 6). Intenzita erozních procesů se na jednotlivých typech svahů mění.

Vypuklý svah (obr. 6A) má v horní části malý sklon, který s klesáním do dolní části svahu narůstá. Nejvyššího sklonu a délky dosahuje svah v dolní části, kde dochází i k nejvyšší intenzitě erozních procesů. U vydutého svahu (obr. 6B) se nejprve prudce zvyšuje sklon, který s rostoucí délkou svahu postupně klesá, proto dochází k maximálnímu rozvinutí erozních procesů v horní části svahu. V dolní části svahu sklon klesá natolik, že dochází k sedimentaci materiálu. Příčný svah (obr. 6C) má v celé délce konstantní sklon a nejvyšší intenzita erozních procesů je dosažena v místě nejvyššího tangenciálního napětí vody. Vypuklo-
dutý svah (obr. 6D) má v horní části poměrně malý sklon, který se postupně zvyšuje a největšího sklonu dosahuje svah ve své střední části. Zde dosahuje intenzita erozních procesů maxima. Dále s rostoucí délkou svahu klesá hodnota sklonu. U stupňovitého svahu (obr. 6E) dochází ke střídání růstu a poklesu sklonu a stejně tak se mění i intenzita erozních procesů. Nejvyšších intenzity dosahují na svazích vypuklého tvaru, naopak nejnižší intenzity erozních procesů dosahují na svazích vydutého tvaru (Holý, 1994).



Obr. 6: Tvary svahů
(Holý, 1994)

Geologické a půdní

Geologické a půdní poměry určují odolnost půdy vůči erozi. Půdní poměry jsou dány povahou horninového substrátu, druhem a typem půd, texturou a strukturou půdy. Soudržnost půdních částic ovlivňuje množství energie potřebné k jejich uvolnění a infiltrační schopnost půdy ovlivňuje velikost povrchového odtoku a transport půdy (Šarapatka a kol., 2002). Geologické poměry působí přímo na průběh eroze odolností obnaženého geologického podkladu a nepřímo působením na povahu půdního substrátu, jehož vlastnosti jsou dány druhem geologického podkladu (Holý, 1994).

Vegetační

Vegetace je neúčinnějším faktorem působícím proti erozi. Vegetace tlumí dopad dešťových kapek na půdu, zpomaluje rychlost povrchového odtoku, zvyšuje pórovitost půd a tím zvyšuje i její infiltrační schopnost a svým kořenovým systémem mechanicky zpevňuje půdu. Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný hustotě porostu a době, po kterou poskytuje protierozní ochranu půdě (Janeček a kol., 2008).

Způsob využívání půdy

Neméně podstatný je vliv populace a její využití půdy. Spolu s populačním rozmachem stoupá i nově obdělávaná zemědělská plocha. Přesto jsou některé zemědělské pozemky opouštěny, a právě tyto zemědělské půdy jsou náchylnější k erozi, obzvláště pokud se vyskytují na svazích. Masivní hospodářské činnosti, jako je stavba silnic a těžba nerostných surovin, nejenže ničí původní vegetaci na svazích kopců, ale také narušují povrch půdy a vytváří vhodné podmínky pro rozvoj vodní eroze a způsobují velkou ztrátu půdy (Zhang a kol., 2015).

Intenzita procesu vodní eroze je výsledkem vztahu mezi erozní účinností činitelů, která je dána zejména kinetickou energií vody a erodovatelností půdy. Kromě destruktivního účinku dešťových kapek, působí kapky na povrch půdy zhutňujícím účinkem a vytváří na povrchu půdy škraloup. Ten vzniká v důsledku ucpávání pórů jílovými částicemi, které se uvolnily z rozpadajících se půdních agregátů. Tento povrchový škraloup způsobuje snížení infiltračních vlastností půdy až o 90% a výrazně se tak podílí na rychlejším vzniku povrchového odtoku a zvýšení erozního účinku. Erozní účinek dešťových kapek klesá s narůstající výškou vrstvy vody v povrchovém odtoku. Plošný povrchový odtok má při proudění v tenké vrstvě převážně transportní účinek. Při soustředování plošného odtoku do sítě rýžek a rýh se rychle zvětšuje jeho hloubka, rychlost a tím také kinetická energie a tangenciální napětí a roste jeho erozní účinek a transportní schopnost (Janeček a kol., 2008).

4.13 Důsledky působení vodní eroze

Jak uvádí Vopravil a kol. (2011) důsledkem vodní eroze je změna fyzikálních vlastností půdy, zejména struktury, zrnitostního složení, objemové hmotnosti, vodní kapacity, pórovitosti, infiltrační schopnosti, hloubky pro vývoj kořenů. Vodní eroze mění také chemismus půd, neboť snižuje obsah půdní organické hmoty, humusu a minerálních živin v půdě, obnažuje podorničí s nižší úrodností a nižším pH. Novotný a kol. (2014) dále uvádí, že zrychlená vodní eroze znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv, sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin a toto vše má negativní dopad na produktivitu půdy. Mimo zemědělské plochy vodní eroze působí škody tím, že transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje a zanáší akumulární prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, zakalením povrchových vod zhoršují prostředí vodních organismů a zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu sedimentů. Holý (1994) navíc doplňuje důsledky vodní eroze zanášením vodních toků sedimenty o zvýšení hladiny

podzemní vody v přilehlém území, což se může negativně projevit zamokřením. Zanášení vodních nádrží určených pro energetické účely může prudce poklesnout produkce elektrické energie a splaveniny mohou ohrozit turbíny, jimiž prochází voda. V neposlední řadě se zanesením vodních toků a nádrží značně snižuje rekreační hodnota území, protože živiny obsažené ve splaveninách iniciují eutrofizaci vody a erodované břehy navíc nejsou pro rekreaci vhodné.

V Brazílii konkrétně ve státě São Paulo Dechen a kol. (2015) provedli měření ztráty půdy a živin za přirozených srážek s následnou kalkulací nákladů potřebných na doplnění živin ztracených erozí půdy. Pro odhad nákladů byly sčítány koncentrace P, K⁺, Ca²⁺ a Mg²⁺ v odtokové vodě a půdě odstraněné erozí, které byly převedeny na trojitý superfosfát, chlorid draselný a dolomitický vápenec a vynásobeny příslušnými tržními cenami. Výsledky ukazují, že za experimentálních podmínek, čím větší je procento půdního pokryvu, tím nižší jsou ztráty půdy, organických látek a živin. Půda s krytím 90% představovala snížení průměrné ztráty půdy o 54,44% a ztráty organických látek o 54,91% a ztráty P (84,11%), K⁺ (85,86%), Ca²⁺ (91,97%) a Mg²⁺ (89,64%) než u půdy bez pokryvu (viz. tabulka 1). Nejvyšší náklady byly zaznamenány u půdy bez pokrytí, dosahující výše 107,76 USD za ha⁻¹ rok⁻¹ a vykazující rozdíl 36,09 USD, 72,38 USD a 89,61 USD za ha⁻¹ rok⁻¹, pro půdy s 24%, 40% a 90% mírou pokrytí vegetace. K tomuto Alves Bispo a kol. (2017) dále uvádí, že na rozdíl od minerálních živin, ale není obvykle

Cover (%)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	(kg ha ⁻¹ year ⁻¹)			
	Runoff water			
0	1.07	2.90	9.46	1.93
24	0.73	1.87	1.67	1.26
40	0.37	0.76	1.53	0.49
90	0.17	0.41	0.76	0.20
Regression	y = 1.04 - 0.031x	y = 1.00 - 0.019x	y = 9.23 - 0.786x - 0.017x ²	y = 1.83 - 0.060x
R ²	0.69**	0.58**	0.94*	0.53*
	Soil transported by erosion			
0	0.77	0.98	12.99	3.81
24	0.75	0.81	11.56	3.71
40	0.63	0.70	10.77	3.31
90	0.38	0.42	5.50	1.64
Regression	y = 0.83 - 0.013x	y = 1.00 - 0.019x	y = 12.89 + 0.012x - 0.009x ²	y = 3.72 + 0.05x - 0.004x ²
R ²	0.46**	0.46**	0.73*	0.77*
	Total			
0	1.84	3.88	22.46	5.74
24	1.48	2.68	13.23	4.97
40	1.00	1.46	12.30	3.80
90	0.55	0.83	6.26	1.84
Regression	y = 1.87 - 0.044x	y = 3.76 - 0.105x	y = 21.19 - 0.517x	y = 6.01 - 0.130x
R ²	0.72*	0.61**	0.82*	0.63*

Tab. 1: Porovnání ztráty živin se zvyšujícím se půdním pokryvem (Dechen a kol., 2015)

možné krátkodobé nahrazení půdní organické hmoty, což je ještě závažnější důsledek této ztráty na udržitelnost zemědělství a životního prostředí. Půdní organická hmota je díky své nízké hustotě jednou z prvních složek, které jsou

z půdy odstraněny. Nahrazení této složky je složitý proces, který závisí mimo jiné na množství, ale také na kvalitě organického materiálu uloženého v půdě, na rychlosti rozkladu tohoto materiálu, na klimatu a struktuře půdy.

Změnou půdního chemizmu vodní eroze ovlivňuje také půdní organický uhlík, který je důležitou součástí globálního cyklu uhlíku a ten má značný potenciál ovlivnit globální klima. Vodní eroze ovlivňuje půdní organický uhlík dvěma způsoby: přerozděluje uhlík v povodí nebo ekosystému a ztrátou uhlíku do atmosféry. Eroze rozrušuje půdu, mění její mikrobiologickou aktivitu a režimy vody, vzduchu a živin. To má společně s obohacováním sedimentu dopad na emise skleníkových plynů z půdy (Polyakov a kol., 2004).

Mchunu a Chaplot (2012) zkoumali dopad degradace půdy na erozi půdního organického uhlíku a jeho ztráty formou CO_2 v Jižní Africe. Simulacemi srážek a inkubacemi narušených půd zjistili, že lze vyvodit dva hlavní závěry. Prvním je, že degradace travních porostů srovnáním se 100% pokrytím povrchu půdy trávou celkem zvýšila erozi půdy o 920% (ze 17,4 na 160 g m^{-2}) a erozi půdního organického uhlíku o 213% (z 2,26 na 7,08 g m^{-2}), tím potvrdili předchozí studie o dopadu pokrytí povrchu půdy vegetací na erozi půdy. Druhým závěrem je, že degradace vegetace překvapivě snížila hromadné emise uhlíku ve formě CO_2 až o 70% (z 11,7 na 3,5 $\text{g C} - \text{CO}_2 \text{ m}^{-2}$) i míru mineralizace půdního organického uhlíku o 31% (0,0388 vs 0,0266 $\text{g C} - \text{CO}_2 \text{ m}^{-2}$). Zdá se, že důležitou roli v globálním cyklu uhlíku hraje degradace půdy tím, že výrazně zvyšuje erozi částic i rozpuštěného půdního organického uhlíku, ale snižuje emise CO_2 .

Hlavní důsledky vodní eroze Novotný a kol. (2014) rozdělil do skupin:

- hrozba pro trvalou udržitelnost úrodnosti půdy
- ovlivnění parametrů vodních zdrojů jakými jsou kapacita koryt vodních toků a objem vodních nádrží
- ovlivnění kvality vodních zdrojů
- ohrožení intravilánu měst a obcí, komunikací a další infrastruktury v krajině

5 OCHRANA PŮDY

5.1 Legislativní ochrana půdy

5.1.1 Právní ochrana půdy

Půda je zejména v posledních desetiletích celosvětově pod rostoucím antropogenním tlakem. Proto je nutné půdu chránit, mají-li ji mít následující generace alespoň ve stejném stavu jako je v současnosti. Srovnáním s ostatními složkami životního prostředí nebyla ochraně půdy dosud věnována dostatečná pozornost. A přestože se o důležitosti ochrany půdy jedná nejen v rámci Evropské unie, ale i v celosvětovém měřítku (summit v Rio de Janeiru v roce 1992), zůstává povědomí veřejnosti o nutnosti ochrany půdy slabé. Navíc podle zprávy vydané v roce 2012 Evropskou agenturou pro životní prostředí degradace půdy v EU přetrvává a v některých částech Evropy se její stav dokonce zhoršil. Ochranu půdy z právního hlediska lze rozdělit na mezinárodní ochranu, ochranu půdy v Evropské unii a ochranu půdy v České republice (Šarapatka, 2014).

5.1.2 Mezinárodní ochrana půdy

Problematikou půdy se na globální úrovni zabývá Světová charta o půdě (The World Soil Charter) přijatá Organizací pro zemědělství a výživu při OSN (Food and Agriculture Organization of the United Nations) v roce 1982 (Šarapatka, 2014).

Z mezinárodního hlediska ochrany půdy lze uvést Úmluvu o biologické rozmanitosti (Convention on Biological Diversity). Tato úmluva patří mezi nejvýznamnější mezinárodní úmluvy z globálního hlediska ochrany biologické diverzity, protože půda je také součástí pozemních ekosystémů a prostředím pro život mnoha druhů. Tato úmluva byla přijata v roce 1992 na již zmíněném Summitu OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru. Do roku 2013 tuto úmluvu ratifikovalo 193 států včetně České republiky (Šarapatka, 2014).

Další úmluvou je Úmluva OSN o boji proti desertifikaci v zemích postižených velkým suchem a/nebo desertifikací, zejména v Africe (United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, particularly in Africa). Tato úmluva se nezabývá pouze desertifikací, ale také degradací území a s ní spojenou vodní a větrnou erozí a dalšími degradačními procesy. Tato úmluva byla přijata v Paříži v roce 1994

a Českou republikou byla ratifikována v roce 2000 a zveřejněna ve sbírce zákonů č. 53/2002 Sb. (Šarapatka, 2014).

5.1.3 Ochrana půdy v Evropské unii

Ochranou půdy na evropské úrovni se zabývá Evropská charta o půdě (European Soil Charter, Res (72)19E), kterou přijala Rada Evropy roku 1972 a v roce 1992 vydala Rada Evropy Prováděcí studii o možnosti národních a evropských akcí na ochranu půdy (Feasibility Study on Possible National and/or European Actions in the field of Soil Protection). Právo Evropské unie tak ponechává ochranu půdy spíše na jednotlivých členských státech. Ačkoliv Evropské unii chybí samostatná politika ochrany půdy, je ochrana půdy v EU ovlivněna řadou jiných nástrojů EU. To je dáno multifunkční rolí půdy, kdy ochrana půdy je sekundárně obsažena řadou evropských politik, jako je politika životního prostředí nebo politika regionálního rozvoje (Šarapatka, 2014).

Právě proto se ochranou půdy na úrovni EU zabývá z části několik organizací. Jednou z nich je Evropská agentura pro životní prostředí (European Environment Agency). Do její působnosti vyjma životního prostředí patří i ztráta povrchové vrstvy půdy. Druhou organizací je Institut pro životní prostředí a udržitelnost (Institute for Environment and Sustainability). Tento institut poskytuje vědeckou a technickou podporu pro postoje EU v ochraně životního prostředí pomáhající udržitelnému rozvoji v Evropě. Pro tuto činnost je zřízeno 21 aktivit, z nichž se půdy týkají aktivity SOIL – data o půdě a informační systémy a DESERT – Desertifikace a degradace krajiny. Dalším příkladem může být LUCAS (Land Use/Cover Area frame statistical Survey). Jedná se pilotní průzkum vyvinutý Statistickou službou Evropské komise Eurostat, jehož hlavním cílem je sběr dat o využití krajiny, jejím pokryvu a environmentálních problémech, jako je eroze půdy (Šarapatka, 2014).

5.1.4 Ochrana půdy v České republice

Legislativní ochrana půdy v České republice je zakotvena v řadě právních předpisů, počínaje nejvyšším právním předpisem, kterým je Ústava České republiky č. 1/1993 Sb., přes zákony až po nižší právní předpisy jakými jsou vyhlášky upřesňující jednotlivé zákony. Vzhledem k tomu, že značnou část území České republiky tvoří zemědělské a lesní pozemky, patří mezi hlavní právní předpisy zabývající se ochranou půdy zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu a zákon o lesích č. 289/1995 Sb.. Dalšími důležitými zákony jsou

například zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb., který stanoví základní zásady ochrany životního prostředí a využívá principu trvale udržitelného rozvoje, a zákon o územním plánování a stavebním řádu č. 183/2006 Sb., který upravuje cíle a úkoly územního plánování a vyhodnocuje vliv na udržitelný rozvoj území, čímž může mít vliv na degradaci půdy. Dále zákon č. 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech, který stanovuje řízení o pozemkových úpravách a působnost pozemkových úřadů. Pozemkovými úpravami ve veřejném zájmu uspořádávají pozemky tak, aby byly vytvořené podmínky pro racionální hospodaření vlastníků pozemků, tím zajišťují podmínky pro zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství a zvýšení ekologické stability krajiny (Novotný a kol., 2014).

5.2 Erozní ohrožení půdy

5.2.1 Určení erozní ohroženosti půd

Erozní ohroženost zemědělských půd v ČR dlouhodobě vyhodnocuje Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.. Samostatně se monitoruje vodní a větrná eroze a uváděny jsou pouze výpočty potenciální zranitelnosti. Existuje několik metod pro výpočet erozní ohroženosti, jejich výsledky se od sebe ale liší. Jednou z možností určení erozní ohroženosti je postup založený na výpočtu dlouhodobých ztrát půdy vodní erozí pomocí univerzální rovnice ztrát půdy (Universal Soil Loss Equation - USLE). Podle této metody je vážně ohroženo celkem 18,79% zemědělských půd. Další možností je výpočet pomocí Maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace. Tato metoda je založena na mapování půdních celků a doporučování vhodných půdních pokryvů tak, aby se minimalizovaly půdní ztráty. Podle této metody bylo celkem v roce 2012 ohroženo 22,6% zemědělských půd (Martinovský, 2016).

Posouzení ohroženosti příslušného pozemku záleží na porovnání vypočtené hodnoty průměrné roční ztráty půdy se stanovenou hodnotou přípustné ztráty půdy, která byla stanovena v závislosti na mocnosti půdního profilu. Pokud jsou vypočtené hodnoty ztráty půdy vyšší, než přípustné ztráty je evidentní, že pozemku není poskytována dostatečná protierozní ochrana. V současnosti jsou hodnoty přípustné ztráty pro střední a hluboké půdy stanoveny na $4 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ a pro půdy mělké je požadováno trvalé zatravnění (Dostál, 2014).

5.2.2 Univerzální rovnice ztráty půdy - USLE

V České republice i jiných zemích je nejrozšířenějším nástrojem pro určení erozní ohroženosti zemědělských půd Univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí z pozemků (USLE) podle WISCHMEIERA, SMITHE (1978). Ta zatím nejdokonaleji a velmi jednoduše vyjadřuje kvantitativní účinek hlavních faktorů ovlivňujících vodní erozi. Tento empirický model vychází z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku. Parametry jednotkového pozemku jsou definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přívalovém dešti mechanicky udržován ve směru sklonu svahu jako úhor. Vypočtená hodnota je dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy udávající množství půdy, které bylo na pozemku uvolněno plošnou vodní erozí. Tato hodnota ale nezahrnuje ukládání půdy na pozemku nebo plochách ležících pod ním. Rovnice se nedoporučuje používat pro kratší období než jeden rok a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu (Janeček a kol., 2007).

Ztráta půdy vodní erozí se stanoví na základě rovnice:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

kde:

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)

R – faktor erozní účinnosti deště, který vyjadřuje závislost na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii deště

K – faktor erodovatelnosti půdy, který vyjadřuje odolnost půdy vůči erozi, je závislý na textuře, struktuře, propustnosti a obsahu půdní organické hmoty

L – faktor délky svahu, ten vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí

S – faktor sklonu svahu, vyjadřuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí, erozní smyv závisí víc na sklonu svahu než jeho délce

C - faktor ochranného vlivu vegetace, udává schopnost pěstovaných plodin chránit půdu před dopadajícími dešťovými kapkami, tato hodnota závisí na plodině, fenofázi plodiny a zvolené agrotechnice

P – faktor vlivu protierozních opatření, ten vyjadřuje pozitivní vliv provedených protierozních opatření (Smrček, 2011).

5.2.3 Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy erozí – RUSLE

RUSLE byla vyvinuta na základě zkušeností a aktualizace USLE v průběhu 90. let, úpravami došlo ke změnám způsobu stanovení jednotlivých faktorů rovnice. RUSLE může být navíc používána pro odhad dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí z nezemědělsky využívaných pozemků, jako jsou staveniště, protože lépe vyhovuje inženýrským a vědecko-výzkumným účelům. Mezi její přednosti patří jednoduchost, rychlost výpočtu, účelnost, možnost využití velkého množství vstupních dat z databází. Tyto databáze obsahující informace o klimatu (Databáze CITY), vegetačním pokryvu (Databáze CROP) a agrotechnických operacích na poli (Databáze OPERATION) pro území států v USA, ale umožňuje také vytvoření těchto databází i pro oblasti mimo USA. Využitím velkého množství dat dochází k přesnějšímu popsání zájmové lokality a přesnějším výsledkům. RUSLE je počítačový program volně přístupný na internetu, nebo umožňuje výpočet prostřednictvím predikční tabulky, do které je možné manuálně vkládat hodnoty jednotlivých faktorů rovnice (Janeček a kol., 2008). V roce 2003 vznikla více vědecky propracovaná poslední aktualizace RUSLE tzv. RUSLE2, ve které byl mimo jiné zohledněn účinek změn časové erodovatelnosti půdy zahrnutím letních, zimních a smíšených zimních a letních hodnot pro výpočty faktoru K (Wang a kol., 2013).

Nevýhodou USLE i RUSLE zůstává především výsledek výpočtu udávající průměrné dlouhodobé ztráty půdy a z toho vycházející neschopnost popsat základní fenomén erozního procesu, kterým je jeho nahodilost a epizodní charakter (Dostál, 2014).

5.3 Protierozní ochrana

5.3.1 Opatření proti vodní erozi

Díky neustále vyvíjející se ekonomické aktivitě lidské společnosti a snaze účelně a hospodárně využívat přírodních zdrojů, se protierozní ochrana jeví jako nezbytnost. Cílem protierozní ochrany je chránit půdu a vodu a zabránit nepříznivým důsledkům, které by mohly jejich poškozením mít neblahý vliv na různá odvětví hospodářství, zejména na zemědělství a vodní hospodářství, ale i na utváření životního prostředí (Holý, 1994).

Většinou se jedná o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, vzájemně se doplňujících a respektujících současné základní požadavky a možnosti zemědělské výroby.

Hlavním účelem opatření na ochranu půdy před vodní erozí je:

- chránit půdu před účinky dopadajících kapek deště
- podporovat vsak vody do půdy
- zlepšovat soudržnost půdy
- omezovat unášecí sílu vody a soustředěného povrchového odtoku
- neškodně odvádět povrchově odtékající vodu a zachycovat smytou zeminu

Návrh protierozní ochrany vychází z průzkumu, kterým se získávají podklady k posouzení hydrologických poměrů řešeného území a stanovení jeho erozní ohroženosti (Janeček a kol., 2008). Dále je nutné sladit soubor protierozních opatření s požadavky zemědělské výroby, vodního hospodářství, dopravy, průmyslu a dalších odvětví hospodářství, tak aby bylo dosaženo nezbytné ochrany půdního fondu a vodních zdrojů (Holý, 1994).

5.3.2 Organizační protierozní opatření

Organizační opatření jsou navrhována v součinnosti s ostatními protierozními opatřeními. Základ organizačních protierozních opatření tvoří umístění pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, dále se k těmto opatřením řadí:

- **Tvar a velikost pozemku** – závisí zejména přírodních a ekonomických faktorech, rozměry pozemku ve směru sklonu nesmí nepřevyšovat přípustnou délku stanovenou na základě vypočtené přípustné ztráty půdy erozí
- **Delimitace kultur a ochranné zatravnění a zalesnění**– prostorová a funkční optimalizace pozemku pro pěstování jednotlivých kultur, rozděluje zemědělský půdní fond na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice. Ochranné zatravnění se využívá na půdách s většími sklony a pro plošné zatravnění, zalesnění se využívá buď plošné, nebo jako ochranné lesní pásy a s bohatým bylinným patrem poskytuje vysokou protierozní ochranou
- **Protierozní rozmíst'ování plodin** – pěstování plodin s nedostatečnou protierozní ochranou na rovinatých pozemcích
- **Pásové střídání plodin** – střídání pásů plodin s vyšší a nižší protierozní ochranou půdy (Janeček a kol., 2007).

5.3.3 Agrotechnická protierozní opatření

Tato opatření spočívají ve zkrácení období v průběhu roku, během kterého je půda bez vegetačního krytu a také snižují povrchový odtok. Jedná se o výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků.

- **Hrázkování/ důlkování** – zabraňuje vzniku povrchového odtoku vytvářením prostor pro dešťové srážky
- **Mulčování** – ponechání posklizňových zbytků plodin, nebo mulčování vymrznutou meziplodinou (Smrček, 2011).

5.3.4 Technická protierozní opatření

Technická protierozní opatření jsou určena k vyrovnání terénních příčných nerovností a snížení podélného sklonu velmi svažitéch pozemků. Používají se zejména, pokud nelze hodnot přípustné ztráty půdy dosáhnout organizačními a agrotechnickými opatřeními nebo pokud je řešení technickými opatřeními výhodnější. Technická protierozní opatření se používají k ochraně pozemků před vodou vytékající z lesních porostů na zemědělskou půdu, k neškodnému odvedení povrchových vod z povodí, k retardaci povrchového odtoku a zachycování smyté zeminy, k ochraně intravilánů obcí a komunikací před škodami způsobenými povrchovým odtokem a smytou zeminou. Technická protierozní opatření lze rozdělit do dvou skupin: První skupina - zemní úpravy jako jsou terénní urovnávky, meze a terasy. Druhá skupina - hydrotechnické prvky, jako jsou příkopy, průlehy, ochranné hrázky a nádrže (Janeček a kol., 2008).

Zemní úpravy

- **Terénní urovnávky** - spočívají především v odstranění lokálních nerovností a terénních útvarů, které výrazně ovlivňují směřování a soustředování povrchového odtoku
- **Meze** - protierozní meze spojují funkce zachycení a odvedení povrchového odtoku s funkcí krajinyotvornou. Protierozní mez je nízká hrázka, zpravidla spojená s mělkým příkopem či průlehem. Hrázka může být osázena vhodnou vegetací, případně je možno na ní umístit kameny, nebo další prvky, vnášející do krajiny diverzitu
- **Terasy** – používají se pro velmi svažité pozemky se sklonem nad 20 %. Z hlediska konstrukčního se dělí na terasy úzké, široké a terasové dílce. Z hlediska stabilizace se dělí na terasy se svahem stabilizovaným technicky

(opěrná zeď) a terasy zemní, kdy je svah stabilizován jen vegetací (Novotný a kol., 2014).

Hydrotechnické prvky

- **Protierozní příkopy** – slouží k zachycení a neškodnému odvedení povrchově stékající vody, podle funkce se dělí na záchytné, sběrné a svodné příkopy
- **Průlehy** – v podstatě se jedná o širší a mělčí příkopy, které slouží k zachycování povrchově stékající vody a jejímu vsaku do půdy, průlehy jsou využívány na mírnějších svazích (Holý, 1994).
- **Protierozní hrázky** – vždy se osévají vhodnou směsí. Dále je třeba vzít v úvahu, že prostor před hrázkou a její výška jsou dimenzovány k zadržení vody z povrchového odtoku a její odvedení mimo zájmové území a dále k zadržení erozního smyvu (Vráblíková a kol., 2018).
- **Protierozní nádrže** – jsou nejúčinnější ochranou intravilánu před povrchovým odtokem a transportem splavenin, budují se jako suché nádrže dimenzované na odtok ze srážky s opakováním 20 až 50 let, protierozní nádrže mají dvojí účel – jednak zachycení smyté zeminy a jednak transformace povodňové vlny (Novotný a kol., 2014).

6 TĚŽBA NEROSTNÝCH SUROVIN

6.1 Závažné antropogenní ovlivnění krajiny

Degradace půdy je významně ovlivněna i lidskou činností spojenou hlavně se změnou intenzity využívání půdního fondu. Lidskou aktivitou a především důlní činností, byla výrazně narušena krajina nacházející se v hnědouhelných pánvích (Vráblíková a kol., 2018). Uhlí je v současnosti stále nejvýznamnějším zdrojem pro výrobu energie v ČR. V oblastech, kde se těží uhlí je krajina už více než 100 let významně ovlivňována důlní a průmyslovou činností. Těžba nerostných surovin je proto nejzávažnějším antropogenním zásahem do krajiny, ať už se jedná o těžbu hlubinou nebo povrchovou (Vráblíková a kol., 2016).

V minulosti měl člověk k dispozici pouze méně výkonné nástroje, se kterými mohl využívat jen povrchově uložená ložiska rud. S rozvojem lidské společnosti byly vyvinuty i způsoby hlubinné těžby, které celosvětově převládaly ještě nedávno. V současnosti se využívá zejména lomových způsobů těžby,

kteřé jsou ekonomicky efektivnější a dosahují vyšší výtěžnosti ložisek převážně sedimentárního typu, hnědého uhlí a nerudných surovin (Štýs a kol., 1981).

Hlubinným dobýváním je získávání nerostných surovin hornickou činností v podzemí. Hlubinnou těžbou uhelných slojí dochází nejvíce k rozsáhlým změnám terénu, formou plošných poklesů a lokálních propadů nebo navyšování v místech odvalů. Poddolované pozemky také nemohou být obhospodařovány (Švéda, 1987).

Lomové dobývání (povrchová těžba) je charakteristické dobýváním nerostných surovin ze zemského povrchu, při kterém se ložisko i jeho nadloží rozdělí na horizontální vrstvy. Před samotnou těžbou nerostných surovin, proto musí dojít k odkluzu nadložních vrstev a dopravě narýpaných zemin kolejovou nebo pásovou dopravou na místo zakládání nadložních hornin (Švéda, 1987).

Vlivy povrchové těžby zasahují do všech krajinných prvků a základních složek krajiny včetně složek sociálního prostředí s omezením sídelní a průmyslové zástavby a technické infrastruktury (Kovář, 2010). Při lomovém způsobu těžby uhlí je celé zasažené území zcela zdevastováno. Těžbou nerostných surovin dochází ke změně povrchu krajiny, narušují se ustálené vodní poměry, dochází k překládání vodních toků silnic a inženýrských sítí, jsou likvidovány rozsáhlé plochy zeleně, což nepřímo ovlivňuje také místní klima. Změna reliéfu krajiny může ovlivnit i rychlost a směr vzdušných proudů. Rozdílným zahříváním povrchu se mění množství odpařované vody a vzdušná vlhkost a dochází k většímu oteplování. Prach vznikající při těžbě nerostného bohatství a dopravě skřývkových hornin zhoršuje čistotu vzduchu (Štýs a kol., 1981).

6.2 Výsypky

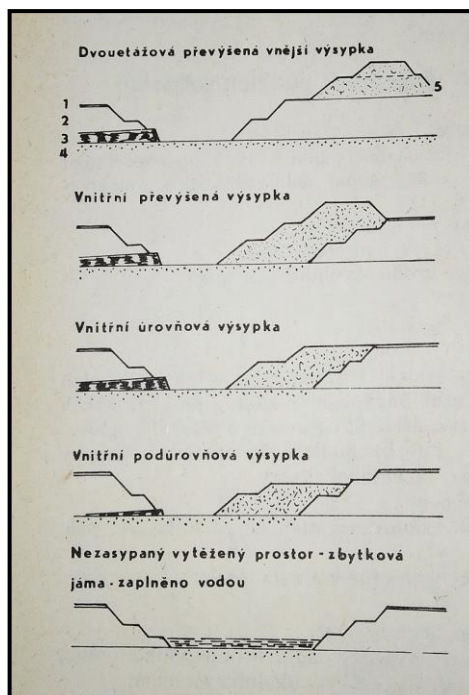
Výsypky po těžbě uhlí vznikají v oblastech České republiky, tam kde probíhá povrchová těžba a jsou zásadním krajinným fenoménem. Celková rozloha výsypek po těžbě uhlí se odhaduje na 270 km², k tomu můžeme přičíst možná jednou tak velké plochy, kterým byly těžbou zasaženy, jako jsou zbytkové jámy a manipulační prostory. Celkový počet výsypek se odhaduje přibližně na 70 po součtu všech významných těžebních oblastí v České republice (Řehounek a kol., 2010). Lomy zasahují až do hloubky 200 metrů pod zemský povrch a výsypky naopak vytváří převýšení až 200 metrů a často dosahují plochy i několika čtverečních kilometrů. Aby se uhlí mohlo těžit lomovým způsobem, musí se skrýt a přemístit velké množství nadložních zemin. Systematickým nasypáváním těchto hornin ze skrytých nadložních vrstev jsou vytvářeny výsypky (Bejček a kol., 2003).

Základní rozdělení výsypek je podle místa ukládání materiálu na **vnější** a **vnitřní**. Vnější výsypky se zakládají mimo areál samotného lomu, ale co nejbližší k jeho okraji. Vnitřní výsypky se zakládají uvnitř již vytěženého prostoru samotného lomu. Další možností dělení výsypek je podle jejich geomorfologického tvaru (viz. obr.č. 7):

- **převýšené** – skryté nadložní zeminy se ukládají etážovitě nad okolní terén
- **úrovňové** – povrch výsypky dosahuje úrovně okolního terénu
- **podúrovňové** – povrch výsypky je pod úrovní okolního terénu (Dimitrovský a Vesecký, 1989)


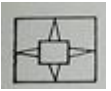
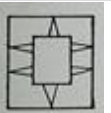
V neposlední řadě lze rozdělit výsypky podle zvolené technologie zakládání:

- **pluhové výsypky** – dnes provozované jen výjimečně a to při zakládání nejnižších pater výsypky, jejich největší nevýhodou je nízká efektivnost
- **rýpadlové výsypky** – tato technologie zakládání využívá výkonnější a efektivnější lopatové rýpadlo, tyto výsypky jsou provozovány na malých a středních lomech s kolejovou dopravou
- **zakládačové výsypky sypané kolejovými zakládači** – kolejové zakládače pracují technologií tzv. zakládání prstů, tato technologie je z hlediska rekultivace nevhodná, protože vytváří velmi členitý povrch, jehož srovnání je pracné a ekonomicky náročné
- **zakládačové výsypky sypané pásovými zakládači** - pásové zakládače jsou vysoce výkonné technologické zařízení, které umožňuje selektivně zakládat vybrané kategorie zemín



Obr. 7: Způsoby ukládání zeminy při lomovém dobývání uhlí (Dimitrovský a Vesecký, 1989)

Stejně jako umístění samotné výsypky ovlivňuje krajinný ráz, má stavba a tvar výsypky vliv na budoucí rekultivační činnost. Z tohoto hlediska se již nerozlišují výsypky na vnitřní a vnější. Rozhodujícím faktorem je vytvářet výsypky takového tvaru, aby bylo dosaženo nejmenšího plošného záboru pozemků při dosažení vysoké efektivity následné rekultivace. Nejvhodnějším tvarem výsypky je kruh nebo čtverec, protože při tomto tvaru mají výsypky nejmenší nároky na zábor pozemků, mají nejmenší svahové kubatury a zároveň jsou vytvářeny největší plošiny v koruně výsypky (viz. tab. 2). S narůstající výškou výsypky se sice snižuje nárok na zábor pozemků, ale narůstá svahová kubatura výsypky. Protože rekultivace svahů je náročnější než rekultivace plošin, není vždy vhodné vytvářet vysoké výsypky s nejmenším zábořem pozemků. (Štýs a kol., 1981).

Tvar výsypky	Výška výsypky (m)	Plocha záboru pozemků (m ²)	Plocha vznikající na pláni výsypky (m ²)	Plocha svahů (m ²)	Využití prostoru (m ³ m ⁻²)
	H = 25	6 154 400	5 512 662	677 000	24,4
	H = 50	3 799 400	2 009 600	1 814 000	39,5
	H = 100	2 924 000	13 270	2 929 000	51,3
	H = 25	6 250 000	5 522 500	767 000	24,0
	H = 50	4 000 000	1 960 000	2 068 000	37,5
	H = 100	3 900 625	30 625	3 894 000	38,5
	H = 25	6 845 000	5 270 000	830 000	21,9
	H = 50	4 205 000	1 955 000	2 280 000	35,7
	H = 100	4 086 000	-	4 111 000	36,7

Tab. 2: Porovnání tvaru výsypky o objemu $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Štýs a kol., 1981)

Pouhým navrstvením nadložních vrstev jsou vytvářeny pouze antropické substráty, ze kterých se uměle činností člověka vytváří antropozemě. Půdotvorný proces těchto nových půd je do značné míry ovlivněn charakterem materiálu, ze kterého vznikly a jeho rozložením v profilu. Dalším důležitým faktorem je proto usměrnění vývoje půdy rekultivacemi. Skrytý materiál na d uhelnými slojemi je sypán na výsypky a, má-li vhodné chemické a fyzikální vlastnosti, je buď přímo rekultivován, nebo je povrch výsypky překryt ornici (Vopravil a kol., 2011).

6.3 Chemické a fyzikální vlastnosti antropogenních půd

Vlastnosti výsypkových půd jako půdotvorných substrátů jsou často velmi rozdílné, protože se mění v závislosti na zrnitosti, minerální síle (posuzují se hodnoty čtyř hlavních minerálních živin – CaO, K₂O, P₂O₅ a MgO), vápnitosti, základním chemizmu, zvětratelnosti, skeletovitosti a infiltračních schopnostech (Štýs a kol., 1981).

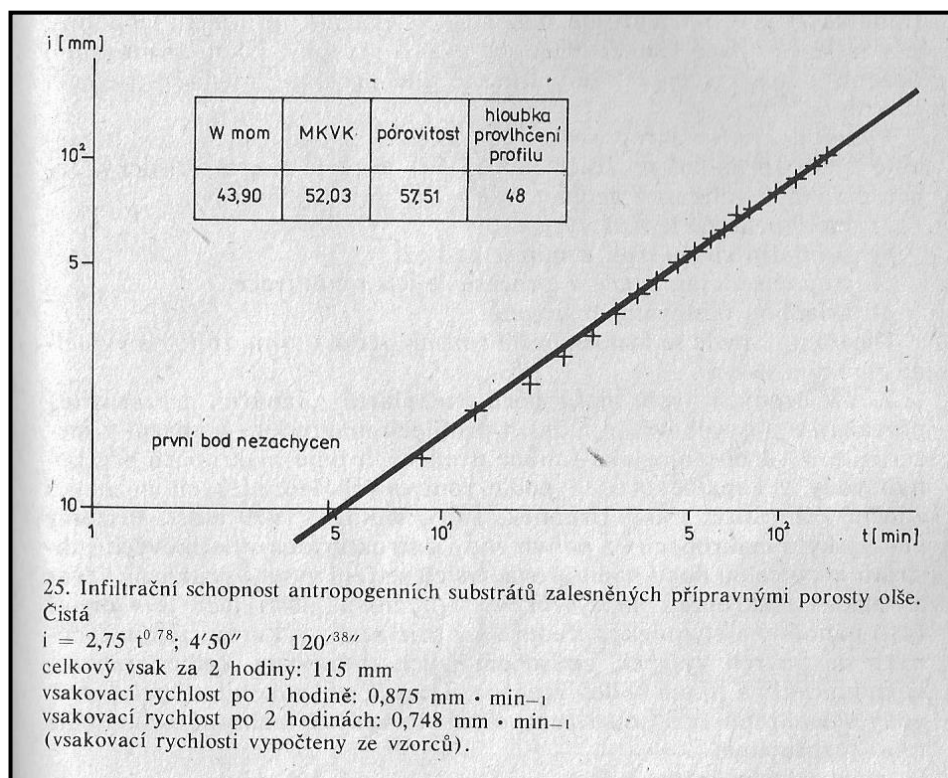
Minerálně silné půdy vznikají z terciérních zemin a na některých jílech s vysokým obsahem montmorillonitu a vápna. Minerálně slabé půdy vznikají na výsypkách, jejichž povrch je tvořen půdami s vysokým obsahem křemene (Štýs a kol., 1981). Antropogenní půdy mají také velmi nízký až nízký obsah organických látek. Zvýšený výskyt organických látek v těchto půdách je dán procesem jejich sedimentace v historii (Dimitrovský, Vesecký, 1989). Chemismus skrývaných zemin ukládaných na výsypky ovlivňuje i chemismus vznikajících půd. pH nadložních zemin Sokolovské uhelné pánvi, které se skládá z jílu cyprisové a vulkanodetritické série, je neutrální až mírně zásadité. Kvantitativní zastoupení jednotlivých prvků u těchto zemin vytváří dobrý předpoklad pro vznik půd v genetickém pojetí středně bohatých až bohatých viz. tab. č. 3 (Dimitrovský, 2001).

Charakteristika chemických vlastností zemin na výsypkách													
Číslo vzorku	pH		20 % výtuh HCl (údaje v mg/kg zeminy)										N celk. %
	H ₂ O	v KCl	K	Ca	Mg	P	Mn	Fe	Al	S	Na	Pb	
1	8,00	7,00	0,60	1,24	1,39	0,06	0,063	4,5	3,34	0,30	0,008	0,005	0,13
2	8,15	7,40	0,60	1,26	1,43	0,06	0,062	4,5	4,50	0,33	0,007	0,005	0,15
3	8,15	7,40	0,41	0,79	1,41	0,06	0,048	4,3	2,84	0,28	0,005	0,004	0,33
4	8,20	7,30	0,49	1,36	1,67	0,07	0,061	4,3	3,82	0,30	0,006	0,005	0,15
5	6,90	6,30	0,46	0,99	1,12	0,08	0,060	4,0	3,50	0,25	0,080	0,005	0,37
6	8,40	7,20	0,52	1,07	1,13	0,06	0,063	4,8	3,48	0,30	0,050	0,004	0,15
7	8,20	7,25	0,44	1,04	1,10	0,07	0,055	4,5	3,10	0,33	0,020	0,004	0,16

Tab. 3: Chemické vlastnosti zemin na výsypkách (Dimitrovský, 2001)

Matsumoto a kol. (2018) uvádí, že kolísání pH ovlivňuje vývoj eroze. Při pH > 6 mělo odpuzování negativně nabitých částic půdy za následek významný pokles indexu plasticity půdy (I_p), což vedlo k rozvoji vodní eroze půdy. Zjištění ukazují, že jílovité půdy bohaté na Al, Ca a Mg způsobují rozdíl v hodnotách pH a změny fyzikálních vlastností půd. Účinky změn pH na vývoj eroze půdy vodou by měly být

brány v úvahu při hodnocení rizik vodní eroze, zejména na jílovitých půdách bohatých na Al, Ca a Mg.



Obr. 8: Infiltrační schopnost antropogenních půd (Dimitrovský a Vesecký, 1989)

Fyzikální vlastnosti zemín se do značné míry mění s hloubkou jejich uložení, v tom smyslu, že čím hlouběji jsou zeminy uloženy, tím vhodnější vlastnosti mají pro stavbu výsypek. Ve vztahu k rekultivacím je to právě naopak: zeminy z největších hloubek jsou pro rekultivační záměry nevhodné a zeminy z horních vrstev skrývky mají vhodné rekultivační vlastnosti (Štýs, 1990). Vlivem strukturálních změn, jakými jsou vysoké nestejněměrné množství nekapilárních pórů, nestejněměrný obsah půdního vzduchu a velmi rozdílná infiltrační schopnost, mají jednotlivé horizonty půd na výsypkách i nerovnoměrnou hmotnost. Zvětrávání zemín terciárního nebo kvartérního původu probíhá v povrchových vrstvách nerovnoměrně. Rozpad původní struktury v podpovrchových vrstvách hlubších 30-ti cm probíhá velmi pomalu, především u půdních profilů složených z jílu cyprisové a vulkanodetrické série. Pro rekultivaci je intenzita zvětrávání velmi důležitá, protože ovlivňuje půdní fyziku a hydrologii. Obsah půdního vzduchu u antropogenních půd je velmi proměnlivý v závislosti na množství puklin jak v povrchových, tak i podpovrchových vrstvách půdních profilů. Nerovnoměrné rozložení vzduchu v povrchových a podpovrchových vrstvách půdních profilů na výsypkách podmiňuje i infiltrační schopnost. Infiltrační schopnost antropogenních

půd s velmi nízkým až středním stupněm zvětrávání je výrazná až velmi výrazná viz. obr.č. 8 (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

6.4 Odvodnění a protierozní úprava výsypek

Odvodnění čerstvě sypaných výsypek se provádí jen v nezbytných případech, protože není ekonomické trvalé upravování nestabilní výsypky. V takovém případě se provádí odvedení vody zemními otevřenými příkopy bez zvláštní úpravy a zpevnění. Účelem je odvedení stagnující srážkové vody a podchycení vodních vývěrů na svazích. Po stabilizaci výsypky je vhodné na plochách lesnické rekultivace provést biologické zpevnění příkopů. Trvalé odvodnění ploch zemědělské rekultivace se řeší současně s výstavbou komunikací (Štýs a kol., 1989).

Dimitrovský (2001) dále uvádí, že odvodnění výsypek lze provést ještě drenáží. V některých případech dosahuje odvodnění drenáží malé účinnosti, protože odvodňovací prvky z perforovaných ocelových potrubí jsou v průběhu prvního desetiletí zanesené sedimentací železa a jílových částic. Odvodnění výsypek je důležitá úprava vodního režimu, bez které dochází k negativním jevům jakými jsou skluzy, sesuvy, výrony atd. Na převyšovaných výsypkách tvořených plastickými těžkými horninami, zejména terciárními jíly, dochází často ke svahovým sesuvům. Vodní erozi víc podléhají zeminy písčité, obzvláště jsou-li v povrchových vrstvách obsaženy příměsi hydrofobních organogenních substrátů (Štýs a kol., 2014). Vodní eroze působí téměř okamžitě i při výskytu srážek velmi malých intenzit, na nestabilizovaném a rekultivačně neupraveném povrchu výsypek. Omezení těchto negativních procesů lze už ve fázi projektovaného navrhování vhodných délek svahů se zohledněním hydrofyzikálních vlastností využitých zemin, sklonitostních poměrů a dostupné meliorační technologie využitelné pro potřeby úpravy infiltračních vlastností povrchu výsypky, které mohou pozitivně ovlivnit výstavbu technických protierozních opatření z ekonomického hlediska. Volba protierozní zabezpečení svahů výsypek pro dobu opakování výskytu srážky je závislá na způsobu biologické rekultivace a požadované výši protierozní ochrany území v okolí výsypky (Dimitrovský, 2001).

6.5 Rekultivace

6.5.1 Rekultivace výsypek

Výklad pojmu rekultivace může být uváděn z několika různých hledisek, ekologický výklad charakterizuje rekultivaci takto: „uvedení narušené krajiny do přírodní rovnováhy“. Ve vztahu k půdám je uváděno i širší pojetí pojmu rekultivace jako: „soubor různých opatření a úprav, kterými zúrodňujeme půdy znehodnocené a zpusťošeny é přírodní nebo lidskou činností, přispívá k obnově produkčnosti krajiny, jejích přírodních vlastností jako celku, tj. všech jejích přírodních složek“(Vráblíková a kol., 2008).

Mezi běžné úkoly rekultivací tedy patří obnova nebo tvorba zemědělsky využitelných ploch a kultur, lesních kultur, vodních ploch, toků, ale také území určené k rekreačním a komerčním účelům. Proto jsou rekultivace nedílnou součástí těžby, a to jak z hlediska koncepce a technologie, ale i z hlediska organizačního a finančního. Při tvorbě nové krajiny po ukončení těžby by měly být dosaženy hlavní cíle, kterými jsou trvalá udržitelnost a využitelnost území, ekologická stabilita, zachování krajinného rázu typického pro daný region. Stát při likvidaci následků předešlé hornické činnosti zcela respektuje již vyzkoušené a ověřené principy rekultivace, charakteristické soustavou aktivitou orientovanou na optimalizaci využití všech těžbou narušených území. V tomto směru dominují činnosti, kterými jsou postupně všechna území navracena zemědělskému, lesnickému, hydrologickému, rekreačnímu nebo přírodně ekologickému využití (Kovář, 2010).

Kromě technických úprav a dalších lidských zásahů do krajiny lze provést obnovu krajiny procesem přirozené sukcese a to zejména na územích, kde se začaly ve specifických podmínkách báňského provozu již vyvíjet funkční ekosystémy, u kterých bude následně žádoucí provádět dlouhodobý výzkum, který hodnotí pedologické a biologické proměny a z hlediska zastoupených biologických, geologických a paleontologických jevů bude vhodná i její ochrana (Vopravil a kol., 2011).

6.5.2 Fáze rekultivace

Rekultivace jako nedílná součást celého systému využití nerostných surovin je složena ze čtyř následujících fází.

- **přípravná fáze rekultivace** – plní především funkci preventivní a optimalizační. V průběhu přípravné fáze je nutné preventivně řešit střety zájmů s upřednostňováním celospolečenských priorit. Již při průzkumu ložiska by měl být brán zřetel nejen na jeho využití, ale i na možnost následné rekultivace. Rekultivační záměry mají být uplatňovány již při zpracování územně plánovací dokumentace v rámci územního rozvoje a územního řešení těžby i rekultivace.
- **důlně technická fáze** – během těžby řeší všechna realizovatelná a ekonomicky únosná opatření k minimalizaci nepříznivých vlivů na celé prostředí. Mimořádná pozornost přitom musí být věnována umístování výsypek, odvalů nebo složišť krajinně, jejich vhodnému tvarování a selektivnímu odkluzu neproduktivních hornin a zemin, protože už během těchto etap těžby dochází k rozsáhlým technogenním transformacím ve všech sférách přírodních částí krajiny. V této fázi lze výrazně ovlivňovat ekologicko-stanovištní podmínky devastovaných území, které mají následně výrazný vliv na efektivnost rekultivace.
- **biotechnická fáze** – začíná ukončením těžby a následnými technickými pracemi, jejichž cílem je zlepšení ekologických vlastností území určených k rekultivaci a okolí. Do této skupiny patří terénní úpravy, navážky úrodných hornin a zemin, hydrotechnická opatření, hydromeliorační opatření, technická stabilizace svahů a výstavba komunikací. Poté následují biologické práce, které v rámci rekultivačního cyklu mají konečný charakter.
- **postrekultivační fáze** – zahájena předáním zrehabilitovaných pozemků do následného užívání (Štýs a kol., 1981).

6.5.3 Biotechnická fáze rekultivací

Jak je již popsáno výše, technická fáze rekultivace je komplex prací technického charakteru, který umožňuje následné provedení biologické rekultivace. Technické rekultivace zahrnují:

- **terénní úpravy** – zemní práce spojené s úpravou pozemku, odstranění balvanů a úpravy reliéfu
- **navážky úrodných hornin a zemin** – jimi jsou optimalizovány poměry a vývoje v pedosféře
- **hydrotechnická a hydromeliorační opatření** – odvodnění pozemků, je-li to pro další provádění rekultivací nutné, úprava hydrografické sítě, vybudování melioračních zařízení, vodních nádrží, případně úprava stávajících toků
- **technická stabilizace svahů** – ochrana před nežádoucími sesuvy svahů, realizace technických protierozních opatření jako jsou průlehy, protierozní stupně, vsakovací pásy, terasování
- **výstavba komunikací** – budování příjezdových komunikací a dalších potřebných objektů (Vráblíková a kol., 2008).

Po ukončení technických prací se k zúrodnění a biologickému oživení použitého překryvu rekultivovaných pozemků navrhuje meliorační osevní postup. Členění biotechnické etapy:

- **zemědělské rekultivace** - jsou prováděny na plochách navazujících na stávající zemědělsky využívané území nebo se jedná o terén rovný nebo mírně skloněný. Provádí se dva druhy zemědělské rekultivace, přímo bez překrytí ornice nebo nepřímé rekultivace, kdy se podloží překryje vrstvou ornice o mocnosti cca. 0,5 m (Vráblíková a kol., 2008). Při vytváření antropozemí z ornice, které byly uloženy na deponiích, se doporučuje 3 letý rekultivační osevní postup, kdy se pěstuje jetelotráva nebo vojtěška s následným mulčováním organické hmoty. Pokud jsou antropozemě vytvářeny pomocí ornice bez skladování na deponii, je dostatečný i 2 letý rekultivační osevní postup, kdy jsou využívány hlavně jednoleté plodiny (Vopravil a kol., 2011).
- **lesnické rekultivace** – provádí se na plochách, které nejsou vhodné pro zemědělské využití. Důležitá je druhová skladba dřevin a následná péče o mladý porost, protože se zakládá trvalý lesní porost plnící převážně půdoochrannou a rekreační funkci. Lesnické rekultivace probíhají ve třech etapách. V první etapě se vytipují vhodné plochy pro zalesnění (svahy se

sklonem nad 20° a méně kvalitní půdy). Ve druhé etapě se upraví plochy k výsadbě a ve třetí etapě probíhá výsadba dřevin. Rekultivační cyklus je nutné dokončit do 15 let (Vráblíková a kol., 2008). Při lesnických rekultivacích se dříve postupovalo spíše experimentálně, kdy byly ověřovány různé rekultivační technologie využitelné pro úpravu půdních vlastností. V současnosti používaný sortiment lesních dřevin při zalesňování antropozemí po důlní činnosti je z hlediska vytvářené druhové skladby podstatně rozmanitější než dříve, a je tvořen dřevinami s vyššími melioračními účinky. Dále jsou zohledňovány požadavky na biodiverzitu zalesňovaného území, ve výsadbě jsou upřednostňovány druhy původních lesních ekosystémů před započítáním důlní činnosti (Vopravil a kol., 2011).

- **hydrické rekultivace** – jsou společně s obnovou vegetačního krytu základním opatřením pro obnovu nového vodního režimu v narušené krajině. Nově zřízené vodní plochy zadržují vodu v krajině, čímž významně přispívají ke změně mikroklimatu a mají i důležitou roli jako protipovodňová opatření. Hydrická rekultivace je podmíněna zajištěním dostatečného množství vodních zdrojů (Gremlica a kol., 2013).
- **ostatní rekultivace** – plochy, které nemají složit pro hospodářské účely, ale mají být využity ke zvýšení biodiverzity krajiny a posílení systému ekologické stability. To zahrnuje zejména vytváření krajinných prvků zeleně rostoucí mimo les s funkcí rekreační a estetickou (Gremlica a kol., 2013).

6.5.4 Právní rámec rekultivací

Povinnost rekultivovat je v rámci ČR dána legislativou zejména u půd zdevastovaných těžbou nerostných surovin, ale i u některých dalších antropogenních činnostech po jejich dokončení. Tato povinnost je dána hlavně zákonem č. 334/92 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu. Zákon o ochraně zemědělského půdního fondu požaduje co nejmenší narušování zemědělských půd a po ukončení nezemědělských činností neprodlené provedení takových terénních úprav, aby dotčené území bylo svým tvarem, uložením zeminy a vodními poměry připraveno k rekultivacím. Na tento zákon navazuje Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu č. 13/1994 Sb. Vyhláška uvádí konkrétní podmínky pro provádění rekultivací (Vráblíková a kol., 2008).

Další legislativní normou je zákon č. 44/88 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství. Kdy podle § 31 odst. 5 zákona č. 44/88 Sb. je organizace, oprávněná dobývat ložisko v dobývacím prostoru, který jí byl stanoven, zajistit sanaci, která obsahuje i rekultivace. Podle § 31 odst. 6 zákona č. 44/88 Sb. je tato organizace povinna vytvářet finanční rezervu k zajištění činností podle § 31 odst. 5 zákona. Výše rezervy musí odpovídat potřebám sanace pozemků dotčených dobýváním. Podle vyhlášky Českého báňského úřadu č. 172/1992 Sb. organizace přikládá k návrhu na stanovení dobývacího prostoru souhrnný plán sanace a rekultivace dotčeného území (Gremlica a kol., 2013).

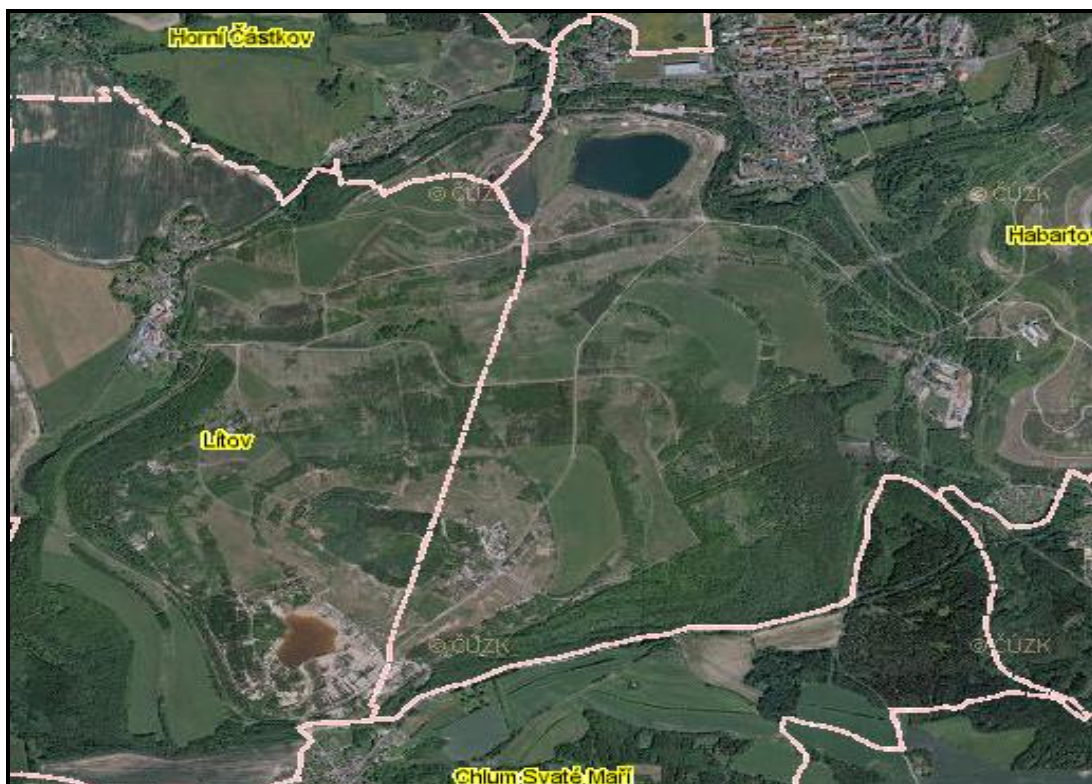
Povinnost provádět rekultivace je dána i Zákonem o lesích č. 289/1995 Sb., kdy podle § 13 odst. 3 jsou právnické i fyzické osoby provádějící stavební, těžební a průmyslovou činnost jsou povinny průběžně vytvářet předpoklady pro následnou rekultivaci a po ukončení záboru záboru pozemku pro jiné účely neprodleně provést rekultivaci dotčených pozemků tak, aby mohly být vráceny plnění funkce lesa. Podle § 2 odst. 2 zákona č. 114/1992 Sb. je ochrana přírody a krajiny zajišťována také obnovou a vytvářením nových přírodně hodnotných ekosystémů, například při rekultivacích a jiných velkých změnách ve struktuře a využívání krajiny (Gremlica a kol., 2013).

I při dalších antropogenních činnostech je nutno odstraňovat důsledky zajištěním rekultivace, jako jsou např. skládky a odkaliště. Jejich problematiku řeší zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., který také stanovuje povinnost vytvářet finanční rezervu pro rekultivaci skládky (Vráblíková a kol., 2008).

7 VÝSYPKA LÍTOV - BODEN

7.1 Vymezení zájmového území a jeho charakteristika

Výsypka Lítov – Boden zahrnuje území lomu Boden a výsypky Lítov a Kaceřov o celkové výměře 723 ha a nachází se jihozápadně od obce Habartov a je vymezeno těžební linií, která kopíruje obvodové komunikace. Jižní hranice je vymezena silnicí III. Třídy Kaceřov – Chlum sv. Máří – Dasnické rozcestí, severní a severozápadní hranici tvoří silnice Kaceřov – Lítov – Habartov a východní hranice je tvořena silnicí Habartov – Dasnické rozcestí. Těžební činností byly v jižní části území vytvořeny vnější výsypky Lítovská a Kaceřovská, čímž v tomto prostoru vznikla vyvýšenina s max. kótou 570 m n. m. V severní části na území lomu Boden mezi obcemi Habartov a Lítov je tvořena vnitřní výsypkou v úrovni 460 – 480 m n. m. Největší část Lítovské výsypky se rozprostírá v katastrálním území Habartov, následuje katastrální území Lítov a nejmenší část výsypky zasahuje i do katastrálního území Horní Částkov viz obr. č. 9.



Obr. 9: Výsypka Lítov – Boden (www.cuzk.cz, 2017)

Báňská činnost byla v tomto prostoru definitivně ukončena v roce 1995, ačkoliv první rekultivační práce započaly v roce 1969. Povrch Lítovské výsypky je

tvořen mezislojovou vrstvou tufitových jíílů z lomu Medard - Libík. Následná rekultivace výsypky Lítov – Boden, byla projektována s ohledem na nepříznivé ekologické podmínky souvisejícího území. Na převážné části výměry výsypky je realizována lesnická rekultivace a pro účely zemědělské rekultivace jsou využity dílčí části jednotlivých etází ve formě trvalého travního porostu. V severní části výsypky bylo využito vhodného uspořádání terénu k vytvoření dvou vodních ploch.

V současné době jsou zemědělské a lesnické rekultivace v jihovýchodní a východní části výsypky dokončeny. Na lesnických rekultivacích v jihozápadní části výsypky Lítov a západní části bývalého lomu Boden rekultivační práce pokračují. Při zemědělské rekultivaci byly plochy osety travní luční směsí a při lesnické rekultivaci byly vysazovány především tyto druhy dřevin: stromy – smrk ztepilý, borovice lesní, modřín opadavý, douglaska tisolistá, dub červený, dub zimní, jírovec maďal, jeřáb ptačí, lípa malolistá, jasan ztepilý, javor klen, olše lepkavá, olše šedá a keře – ptačí zob, mochna křovitá, svída krvavá, pustoryl věncový (Jan Ráž, X. 2019, in verb.).

7.2 Klimatické poměry

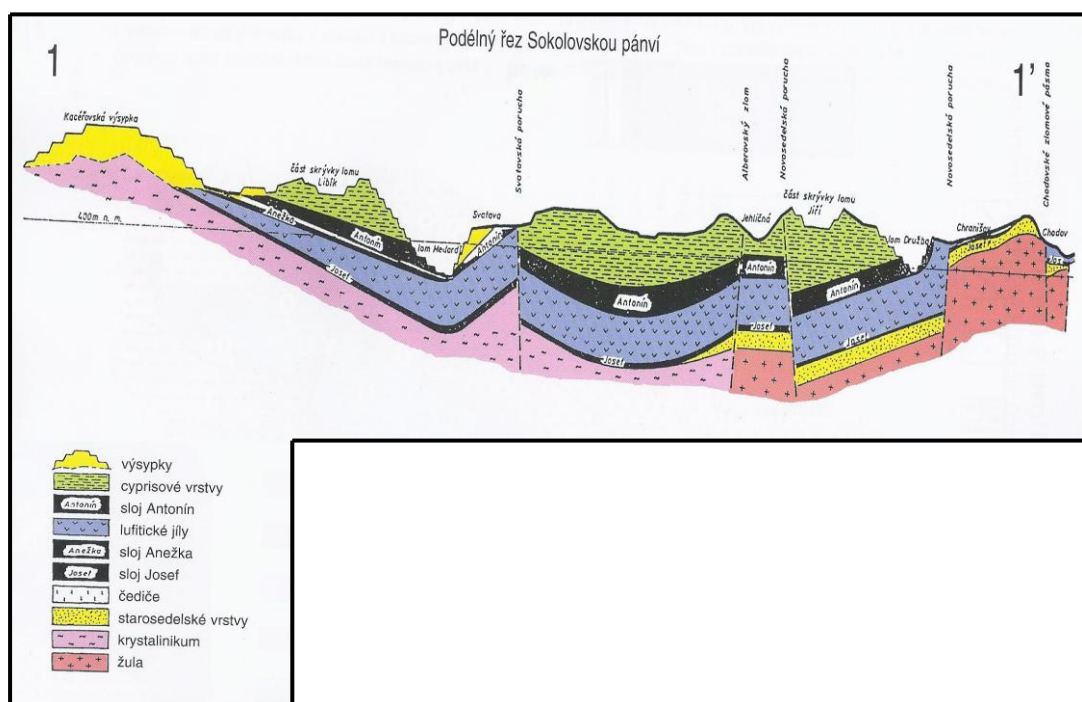
Sokolovská uhelná pánev se rozkládá podél řeky Ohře, kde je ohraničena zalesněným pásmem Krušných hor a Slavkovského lesa, což společně s nadmořskou výškou významně ovlivňuje klimatické poměry. Sokolovská pánev patří do mírně vlhké podoblasti, mírně teplé, ale se studenější zimou. Průměrné roční teploty vzduchu se zde pohybují mezi 5°C až 7°C. A průměrný roční úhrn srážek kolísá v rozmezí 600 až 700 mm. Větrné poměry jsou charakteristické převahou větrů západního kvadrantu (Štýs a kol., 2014). Dalším charakteristickým rysem sokolovského klimatu je velký počet zamračených dnů v roce (170) a dnů s velkou oblačností a výskytem mlh (Štýs a kol., 1981).

7.3 Geologické, hydrogeologické a pedologické poměry

Sokolovská uhelná pánev je terciárního původu, podloží pánve je ve východní části tvořeno především starší horskou žulou a západní část krušnohorským krystalinikem tvořeným zejména rulami, fylity a svorem s častými injekcemi vyvřelých kyselin. Vývoj sokolovské pánve lze rozdělit do tří etap, během kterých postupně vznikly uhelné sloje Josef, Anežka a Antonín.

Nejstarší sedimentace, nazývaná starosedelské souvrství, probíhala po přechodném uvolnění horotvorných tlaků Sedimentace souvrství sloje Josef byla zahájena usazením jílovitých až jílovitopísčitých sedimentů na starosedelské

souvrství a také z části přímo na navětralé krystalinikum. Toto slojové pásmo dosahuje mocnosti od 5 do 13 m. Uhlotvornou sedimentaci této sloje ukončila sedimentace vulkanogenního souvrství (Dimitrovský, 2001). Po nánosech vulkanodetritické série následovala sedimentace uhelných slojí Anežka a Antonín. Obě sloje od sebe oddělují mezislojové vrstvy jílu a čedičových tufů. Mocnost těchto souvrství je proměnlivá a místy uhelné sloje splývají. Ve svrchním miocénu dochází k sedimentaci jílu cyprisové série. Cyprisové souvrství utváří nadloží sloje Antonín a dosahuje průměrné mocnosti přibližně 100m, proto představuje převážnou těžných skrývkových zemin (Štýs a kol., 1981).



Obr. 10: Podélný řez Sokolovskou pánví (Dimitrovský, 2001)

Povrch výsypky je v současnosti upraven do výsledného reliéfu. Na výsypce Lítov jsou uloženy převážně jílovitohlinité, hlinité až písčitohlinité zeminy z meziloží slojí Antonín a Anežka. Tyto zeminy jsou charakteristické zvýšeným obsahem uhelné hmoty, pyritu a markazitu. V menší míře je výsypka tvořena cyprisovými jílovci z nadloží slojového pásma (Tvrdý, 2000).

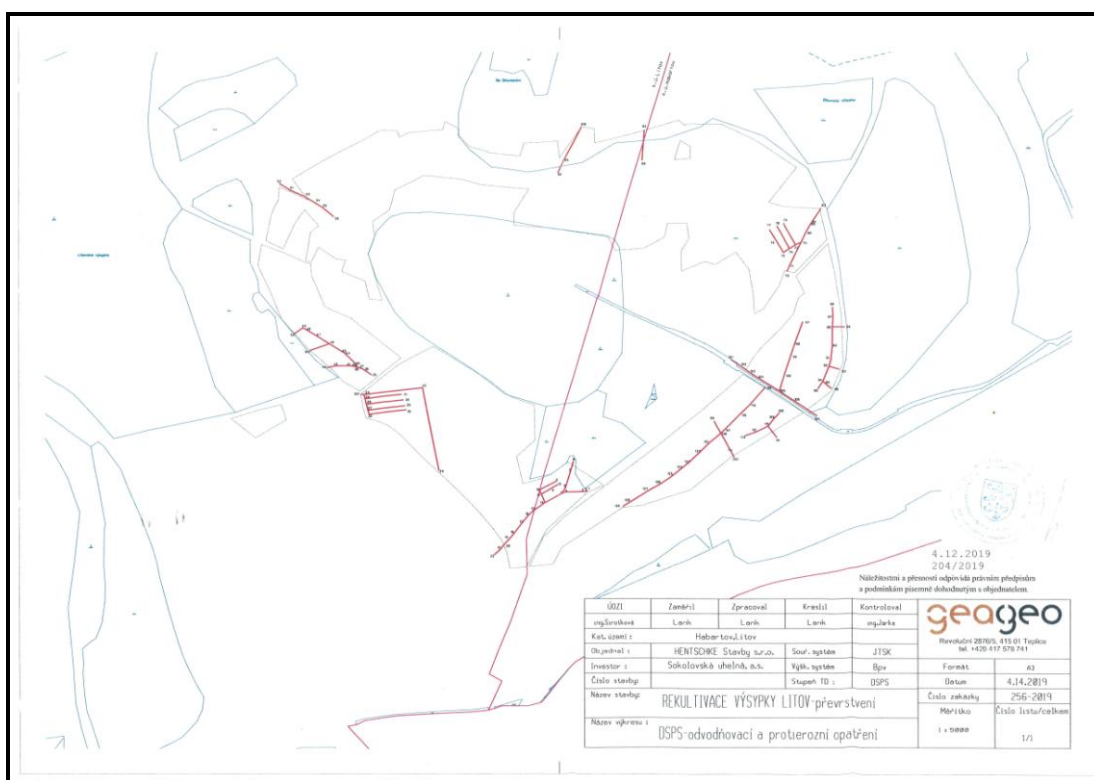


Obr. 11 – Jílovec se svou typickou lístkovou odlučností (foto Jiří Ivanič, 2019)



Obr. 12 – Porcelanit (foto Jiří Ivanič, 2019)

Těleso výsypky Lítov – Boden se z větší části nachází v povodí Habartovského potoka. Na svazích severozápadní etáže 510 – 540 m n.m. dochází k výronům výsypkových vod. K dalším výronům výsypkových vod dochází po obvodu výsypky vždy v patě etáže, nejvýznamnější výrony vod se nachází v patě nejnižší etáže výsypky Lítov (cca. 470 m n.m.). Paty svahů jsou odvodněny pomocí odvodňovacích žebér a pramenních jímek, čímž je zvýšena stabilita svahů a zabráněno jejich skluzům a vodní erozi (viz. obr. č. 13). Severní část Lítovské výsypky je odvodňována pomocí systému otevřených sběrných příkopů, které převádí vývěrové vody do Lítovské nádrže. Důlní vody jsou přes dočišťovací mokřad zaústěny do Habartovského potoka. V jihozápadní část Lítovské výsypky, kde dochází k výronům důlních vod s pH cca. 3,0, zde byla vytvořena bezodtoká oblast.



Obr. 13: Odvodňovací a protierozní opatření (Sokolovská uhelná a.s., 2019)

V prostoru bývalého lomu Boden je navržena soustava 2 rybníků o rozlohách 9,5 ha a 7,4 ha. Voda do těchto rybníků je přiváděna náhonem z Habartovského a Částkovského potoka. Výpustní vody z obou rybníků jsou následně zaústěny do stávajícího koryta Habartovského potoka (Leitgeb, 1995).

41. Rekultivace svahů Lítov – výměra 1,90 ha, nachází se v severní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1985 do roku 1990.

42. Rekultivace svahů Lítov – výměra 2,40 ha, nachází se v severní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1990 do roku 1994.

43. Rekultivace Lítov horizont 510-520 I. část – výměra 2,77 ha, nachází se v západní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1985 do roku 1990.

44. Rekultivace Lítov horizont 510-520 – výměra 19,40 ha, nachází se v západní části výsypky, ukončená zemědělská rekultivace, probíhala od roku 1985 do roku 1991.

48. Rekultivace Lítov plocha 2 – výměra 36,60 ha, nachází se v jihovýchodní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1986 do roku 1990.

49. Rekultivace Lítov III. – výměra 4,00 ha, nachází se v jižní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1987 do roku 1993.

50. Rekultivace Lítov u M.M. – výměra 5,59 ha, nachází se v západní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1983 do roku 1988.

79. Rekultivace Lítov horizont 570 – výměra 14,50 ha, nachází se v jihozápadní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1993 do roku 2002.

80. Rekultivace Lítov–plocha 10 – výměra 5,40 ha, nachází se v jižní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1991 do roku 1995.

81. Rekultivace Lítov horizont 530 – výměra 25,00 ha, nachází se v jihozápadní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1994 do roku 1997.

82. Rekultivace Lítov III. – výměra 7,83 ha, nachází se v jihovýchodní části výsypky, ukončená zemědělská rekultivace, probíhala od roku 1988 do roku 1995.

83. Rekultivace Lítov IV. – výměra 13,90 ha, nachází se ve východní části výsypky, ukončená zemědělská rekultivace, probíhala od roku 1990 do roku 1997.

95/1. Rekultivace Lítov-jihozápadní část – výměra 24,81 ha, ukončená zemědělská rekultivace, probíhala od roku 1995 do roku 2001.

95/2. Rekultivace Lítov-jihozápadní část – výměra 66,00 ha, rozpracovaná lesnická rekultivace, v polovině roku 2019 proběhlo na části území poslední převrstvení ornici o mocnosti 40 cm, probíhá od roku 1995 do roku 2019.

95/3. Rekultivace Lítov-jihozápadní část – výměra 6,30 ha, ukončená vodohospodářská rekultivace, vytvořena bezodtoká malá vodní nádrž a 3 výparné mokřady, probíhala od roku 1995 do roku 1998.

95/4. Rekultivace Lítov-jihozápadní část – výměra 5,18 ha, rozpracovaná ostatní rekultivace, v polovině roku 2019 proběhlo poslední převrstvení ornici o mocnosti 40 cm, probíhá od roku 1995 do roku 2019.

110. Rekultivace Lítov horizont 510 II. část – výměra 2,10 ha, nachází se v západní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1989 do roku 1993.

111. Rekultivace Lítov plocha 8, 9 – výměra 8,75 ha, nachází se ve východní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1989 do roku 1993.

112/1. Rekultivace Lítov severní část-1.etapa – výměra 14,40 ha, ukončená zemědělská rekultivace, probíhala od roku 1996 do roku 2002.

112/2. Rekultivace Lítov severní část-1.etapa – výměra 54,50 ha, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1996 do roku 2010.

112/3. Rekultivace Lítov severní část-1.etapa – výměra 1,80 ha, ukončená ostatní rekultivace, probíhala od roku 1996 do roku 2010.

113/1. Rekultivace Lítov severní část-2.etapa – výměra 22,20 ha, ukončená zemědělská rekultivace, probíhala od roku 1997 do roku 2003.

113/2. Rekultivace Lítov severní část-2.etapa – výměra 49,50 ha, rozpracovaná lesnická rekultivace, probíhá od roku 1997 do roku 2019.

113/3. Rekultivace Lítov severní část-2.etapa – výměra 2,00 ha, rozpracovaná ostatní rekultivace, probíhá od roku 1997 do roku 2019.

114/2. Rekultivace Lítov severní část-3.etapa – výměra 47,90 ha, rozpracovaná lesnická rekultivace, probíhá od roku 1998 do roku 2019.

114/3. Rekultivace Lítov severní část-3.etapa – výměra 9,75 ha, rozpracovaná ostatní rekultivace, probíhá od roku 1998 do roku 2019.

114/4. Rekultivace Lítov severní část-3.etapa – výměra 0,30 ha, rozpracovaná vodohospodářská rekultivace, vytvořen výparný mokřad, rekultivace probíhá od roku 1998 do roku 2019.

115/1. Rekultivace Boden-západní část – výměra 18,80 ha, ukončená zemědělská rekultivace, probíhala od roku 1998 do roku 2004.

115/2. Rekultivace Boden-západní část – výměra 70,43 ha, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1998 do roku 2013.

115/3. Rekultivace Boden-západní část – výměra 27,52 ha, ukončená ostatní rekultivace, probíhala od roku 1998 do roku 2013.

115/4. Rekultivace Boden-západní část – výměra 2,43 ha, ukončená vodohospodářská rekultivace, vytvořena malá vodní nádrž a mokřad, rekultivace probíhala od roku 1998 do roku 2000.

125. Rekultivace Lítov plocha 1 – výměra 6,50 ha, nachází se v západní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1986 do roku 1989.

126. Rekultivace Lítov horizont 532 – výměra 1,06 ha, nachází se v jižní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1986 do roku 1989.

128. Rekultivace Dukla – výměra 1,23 ha, nachází se ve východní části výsypky, ukončená zemědělská rekultivace, probíhala od roku 1986 do roku 1990.

129. Rekultivace Rudolf – výměra 12,80 ha, nachází se ve východní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1971 do roku 1977.

135. Rekultivace výsypky Kaceřov 4 – výměra 6,00 ha, nachází se v západní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1974 do roku 1979.

143. Rekultivace svahů lomu Boden – výměra 2,70 ha, nachází se v severní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1985 do roku 1989.

197. Rekultivace Boden–vodní plocha – výměra 16,97 ha, nachází se v severní části výsypky, ukončená vodohospodářská rekultivace, při níž byly vytvořeny 2 malé vodní nádrže, probíhala od roku 2001 do roku 2004.

208. Rekultivace Lítov II. – výměra 28,00 ha, nachází se v jihovýchodní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace, probíhala od roku 1972 do roku 1977.

237/2. TKO Lítov – výměra 3,00 ha, nachází se v severozápadní části výsypky, ukončená lesnická rekultivace na území skládky komunálního odpadu, probíhala od roku 2010 do roku 2011 (Jan Ráž, XI. 2019, in verb.).

7.5 Popis území č. 95/2 výsypky Lítov - Boden

Zájmové území č. 95/2 je rozlohou největší v jihozápadní části výsypky a leží na jejím okraji. Do tohoto území jsou včleněny další části jako č. 81, 95/1, 95/3 a část území označená číslem 125. Hranice zájmového území je značně členitá a v jeho jižní části tvoří současně vnější hranici výsypky. Na západním okraji je území ohraničené zejména částmi č. 43, 44 a 50, severní hranice je tvořena částmi č. 79, 112/2-3 a 114/2 a na východě sousedí s částmi č. 80 a 112/2-3. Stejně jako jsou členité hranice zájmového území, je členitý i jeho reliéf. Nejvyšší kóta území se nachází ve výšce 550 m n. m. a v severovýchodní části ji tvoří hranice s územím označeným číslem 95/1. Nejnižší kóta území se nachází ve výšce téměř 530 m n. m. a to v jeho centrální části, kde se nachází největší ze čtyř nádrží označených číslem 95/3. K této nádrži jsou ze tří stran přilehlé svahy okolního území, nádrž je napájena dešťovými srážkami stékajícími povrchově po okolních svazích na nichž vzniká stržová eroze (viz. obr. č. 15) a svodným příkopem opevněným hrubým drceným kamenivem, který je již značně poškozen (viz. obr. č. 16). Závěrečná zpráva

pedologického průzkumu z roku 2000 obsahuje doporučení k předcházení zrychlené eroze a to formou snížení sklonu svahů, které by nemělo překročit cca 20% a následně úpravu substrátu např. převrstvením před provedením biotechnické rekultivace.



Obr. 15: Stržová eroze (foto Jiří Ivanič, 2019)



Obr. 16: Svodný příkop (foto Jiří Ivanič, 2019)

7.6 Lesnická rekultivace území č. 95/2 výsypky Lítov - Boden

Podle Rekultivací Jihozápadní části výsypky Lítov měly být svahy lesnické rekultivace v zájmovém území provedeny terénními úpravami se sklonem 1:5 a 1:4, tak aby byly dodrženy podmínky stabilitního posudku vypracovaného VÚHU Most. Po provedení terénních úprav měly být tyto plochy okamžitě zatravněny hydroosevem. Zatravnění mělo snížit ohrožení vodní erozí a snížit infiltraci povrchových vod do tělesa výsypky.

Následně proběhla výsadba zejména borovice a dubu, kdy bylo vysázeno 10000 ks stromků na 1 ha. Pěstební péče byla stanovena 5-ti letá, s vylepšením výsadeb v prvních 3 letech a doporučeným vylepšením 20%, 15% a 10%. Na místech s výskytem nevyhovujících materiálů, ale tyto vysázené stromky téměř z 50% odumřely. Hlavní příčinou nepříznivých půdních podmínek je zvýšený obsah uhelné hmoty a železných kyzů, jejichž rozkladem došlo k acidifikaci okolí. Toto bylo potvrzeno provedeným pedologickým průzkumem v roce 2000. Vysázená vegetace se udržela v několika různě velkých ostrůvcích a následně se zde vyvinul i spontánní porost. V souvislém spontánním porostu převládá bříza bělokorá a z bylin pak třtina křovištní, dále se zde vyskytuje podběl obecný, šťovík, pelyněk, pcháč, přeslička rolní nebo vrbovka úzkolistá.

Na základě Závěrečné zpráva pedologického průzkumu bylo rozhodnuto o provedení stavby Rekultivace výsypky Lítov – převrstvení. Účelem této stavby je překrytí částí území přilehlých k horizontu Lítov 570 po jeho obvodu, zeminou vhodnou pro následné zalesnění. Stavba je tvořena stavebním objektem označeným SO 01 a nazvaným převrstvení. Stavební objekt SO 01 se skládá ze dvou částí. První část tvoří překrytí a zatravnění výsypkových zemin, které jsou fytotoxické a nelze je rekultivovat bez převrstvení. Druhou část tvoří výsadba a ošetřování lesních dřevin, kterých bylo do současnosti vysázeno 37 500 ks (viz. tab. č. 4). Stavba Rekultivace výsypky Lítov - převrstvení zaujímá plochu 51,28 ha a náklady na její realizaci byly dosud vyčísleny na částku 77 mil. Kč (Jan Ráž, I. 2020, in verb.).

Přehled vysazených dřevin:

Borovice lesní	16 000 ks
Modřín opadavý	10 000 ks
Dub červený	6 500 ks
Olše lepkavá	3 000 ks
Javor klen	2 000 ks

Tab. 4: Přehled vysazených dřevin (Jiří Ivanič, 2020)

7.7 Eroze rekultivace Lítov – jihozápadní část

Na území provedené lesnické rekultivace s mírným až rovinatým povrchem je možné spatřit dvě formy vodní eroze.

Na menších plochách bez ochranného účinku vegetace a ohraničených bylinným a stromovým patrem je patrná selektivní plošná eroze. Na vyvýšených místech jsou patrné hrubozrnné částice a naopak v níže položených místech lze spatřit sedimentaci jemnozrnných částic (viz. obr. č. 17 a 18).



Obr. 17: Plošná eroze (foto Jiří Ivanič, 2019)



Obr. 18: Jemnozrná sedimentace (foto Jiří Ivanič, 2019)

Návrh opatření k omezení plošné selektivní eroze:

- převrstvení slabou souvislou vrstvou cyprisových jíílů
- převrstvení ornici
- zatravnění

Na rozsáhlých plochách s chybějícím ochranným vegetačním krytem, již dochází k soustřeďování povrchově odtékající vody a vznikla zde výmolová forma eroze (viz. obr. č. 19 a 20). Ta se postupem času vyvinula v její nejvyšší stupeň – erozi stržovou.



Obr. 19: Eroze brázdová (foto Jiří Ivanič, 2019)



Obr. 20: Eroze stržová (foto Jiří Ivanič, 2019)

Návrh opatření k omezení výmolové eroze:

- vybudování záchytných příkopů
- převrstvení souvislou vrstvou cyprisových jílu
- převrstvení ornici
- zatravnění

Další eroze je patrná na svazích svodných příkopů podél přístupových komunikací, které v jihozápadní části výsypky z větší části tvoří hranice mezi zemědělskou a lesnickou rekultivací. Zde se vyskytuje rýžková eroze postupem času transformovaná na erozi brázdovou (viz. obr. č. 21 a 22). Důsledkem této eroze je zanášení příkopů a ucpání propustků (viz. obr. č. 23).



Obr. 21: Eroze příkopů (foto Jiří Ivanič, 2019)



Obr. 22: Ucpaný propustek (foto Jiří Ivanič, 2019)



Obr. 23: Eroze příkopu (foto Jiří Ivanič, 2019)

Návrh opatření k omezení eroze příkopů:

- úprava příkopu na lichoběžníkový tvar
- protierozní rohože
- vegetační tvárnice k opevnění svahů příkopu
- převrstvení ornici
- zatravnění

Na delších svazích výsypky s vyšším sklonem se vyskytuje převážně eroze stržová, s výjimkou vyšších partií svahu, kde lze pozorovat poměrně rychlý přechod od plošné eroze po erozi výmolnou (viz. obr. č. 24 a 25).



Obr. 24: Stržová eroze svahu (foto Jiří Ivanič, 2019)



Obr. 25: Horní část svahu (foto Jiří Ivanič, 2019)

Návrh opatření k omezení eroze na svazích výsypky:

- snížení sklonu svahů
- vytvoření teras a tím přerušení délky svahů
- převrstvení souvislou vrstvou cyprisových jílu
- protierozní rohože
- převrstvení ornici
- zatravnění

Ještě výraznější eroze je vidět u vybudovaných protierozních příkopů. Sběrné příkopy plní svou funkci a odvádějí vyvěrající důlní vody do svodných příkopů. Ve svodných příkopech je vidět velmi výrazná proudová eroze působící zejména na dno svodného příkopu (viz. obr. č. 26, 27 a 28). Na bočních svazích svodného příkopu je vidět, že s narůstající hloubkou svodného příkopu dochází k sesuvům stěn příkopu.



Obr. 26: Sběrný příkop (foto Jiří Ivanič, 2019)



Obr. 27: Sesuv půdy (foto Jiří Ivanič, 2019)



Obr. 28: Svodný příkop (foto Jiří Ivanič, 2019)

Návrh opatření k omezení proudové eroze:

- snížení sklonu svodného příkopu (stupně, skluzy)
- prodloužení délky svodného příkopu vytvořením oblouků
- zvýšení stability dna (prahy, pásy)

Výše popsanou erozí dochází ke značnému odnosu výsypkového materiálu, jeho sedimentaci v níže položených částech výsypky a zanášení nádrže, čímž se výrazně snižuje její retenční kapacita.

8 DISKUZE

V současné době je již vypracováno velké množství prací zabývajících se různými degradačními procesy půd, včetně eroze. Tyto práce se zabývají zejména zemědělskými půdami, změnami jejich fyzikálních nebo chemických vlastností v důsledku působení eroze, následným vyčíslováním škod nebo návrhy nejrozumnějších protierozních opatření.

Značná podobnost zemědělských půd a např. půd na pozemcích při budování komunikací umožňuje využívat poznatků a zkušeností protierozní ochrany získané právě na zemědělských půdách i při výstavbě infrastruktury. Takový přístup ale nelze zcela aplikovat při rekultivaci výsypek, protože každý výsypkový materiál má jiné vlastnosti a složení. Jedním takovým příkladem je právě výsypka Lítov – Boden. Ačkoliv zde byla rekultivace projektována s ohledem na její nepříznivé podmínky, nepřinesla požadovaný výsledek. Postupně byly za účelem zlepšení stavu vypracovávány různé posudky a prováděny různé průzkumy a některá doporučení byla realizována a jiná naopak. Jako finální řešení bylo po dohodě s ekology vybráno řešení ponechat část jihozápadního území výsypky spontánní sukcesi a část jihozápadního území společně s dalšími částmi převrstvit zeminou, zatravnit a dokončit lesnickou rekultivaci výsadbou stromů.

Po privatizaci těžebních podniků nebyla odpovídajícím způsobem vyřešena finanční otázka vypořádání se s ekologickými škodami vzniklými před privatizací. Nově vzniklé těžební společnosti si vytvářely rezervu na rekultivaci území postižených těžbou až od roku 1994, proto neměly na tato rozsáhlá území vytvořenou dostatečnou rezervu. Vláda ČR uznala potřebu řešení ekologických škod vzniklých před privatizací těžebních společností a vytvořila Program řešení ekologických škod vzniklých před privatizací hnědouhelných těžebních společností v Ústeckém a Karlovarském kraji (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR ©2018). Z tohoto programu je financováno převrstvení části Lítovské výsypky Ministerstvem

financí. Je účelné a vhodné ponechat území takto postižené erozí spontánní sukcesi? Dle názoru ekologů přirozená obnova využívající přírodní procesy umožňuje danou lokalitu osídlit druhy, které jsou lépe adaptovány na místní podmínky a nevyžadují dodatečnou péči. Tím se i současně víc zvyšuje přírodní hodnota přirozeně osídlené lokality, aniž by obnova krajiny stála vysoké finanční náklady. S takovými tvrzeními souhlasím a podporuji v tomto směru i změnu související legislativy. Domnívám se však, že k přirozené sukcesi by měly být pečlivě vybírány takové lokality, kde nejsou takové extrémní půdní podmínky. Co bude následovat po výrazném snížení retenční kapacity bezodtoké nádrže produkty eroze a vyplavení výsypkových vod s tak nízkým pH do okolní krajiny? Vždyť bezodtoká oblast byla vybudována právě z důvodu zabránění přítoku těchto vod do povodí Habartovského potoka. Domnívám se, že je vhodnější kombinace technické rekultivace a následné spontánní sukcese. A to i z hlediska časové náročnosti samotné přirozené sukcese. Dále se domnívám, že ačkoliv je spontánní sukcese ekonomicky méně náročná, tak náklady na odstranění případných budoucích ekologických škod mohou převýšit náklady na současné dokončení rekultivace.

9 ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem na základě studia odborné literatury popsal erozi půdy, typy vodní eroze, důsledky jejího působení a její přítomnost na územích poškozených působením lidské činnosti. Dále jsem popsal ochranu půdy z hlediska mezinárodní a národní legislativy, používaná protierozní opatření při rekultivační činnosti.

Ve druhé části jsem popsal výsypku Lítov –Boden, jednalo se zejména o svahy, půdní poměry a vývěry výsypkových vod. Dále výskyt vodní eroze v zájmové jihozápadní části označené 95/2 a popsal jsem již použitá protierozní opatření v podobě pramenních jímek, sběrných příkopů a dalších technických úprav včetně biotechnické fáze rekultivace.

Prostudoval jsem si poskytnutou dokumentaci, uskutečnil osobní prohlídku dané lokality a uskutečnil několik rozhovorů s vedoucím technologem sekce Báňského rozvoje SU a.s., panem Janem Rážem. Na základě předchozí činnosti jsem provedl zhodnocení protierozních opatření v dané lokalitě. Protierozní opatření v oblasti zachycení výsypkových vod se jeví jako funkční, ale řešení svodných příkopů jak vyvěrajících výsypkových vod, tak povrchových vod, je zcela nedostatečné. U svodných příkopů vyvěrajících výsypkových vod dochází

k sesuvům a velké ztrátě půdy a následnému zanášení bezodtoké nádrže. U svodných příkopů povrchových vod podél přístupových komunikací dochází k zanášení koryt a k ucpávání propustků. Protierozní opatření formou převrstvení a zatravnění na svazích plánované lesnické rekultivace se zdá být i přes vyšší sklony svahů dostatečné. Naopak je tomu na dlouhých a příliš strmých svazích ponechaných po neúspěšném zalesnění spontánní sukcesi, kde dochází k projevům vodní eroze a ke ztrátě půdy.

Domnívám se, že práce provedené v rámci projektu převrstvení jsou provedeny kvalitně a podařilo se jimi významně omezit projevy vodní eroze. S panem Janem Rážem jsme dospěli k názorové shodě, že na hodnocení obzvláště druhé části projektu převrstvení je brzy a je nutné vyčkat na reakci dřevin, až jejich kořenový systém proroste navrstvenou zeminou a dostane se do kontaktu s podložním výsypkovým materiálem. Podle slov pana Jana Ráže provede Sokolovská uhelná, a.s. vyhodnocení nejdříve 11 let po ukončení rekultivačních prací. Domnívám se, že pro celou lokalitu by bylo vhodnější převrstvení nejdříve vrstvou jílu, které by působily jako izolační vrstva omezující infiltraci vody do nižších vrstev půdy a následné převrstvení zeminou. Dále se domnívám, že vhodnější je pouze trvalé zatravnění s případným dodatečným ponecháním lokality spontánní sukcesi. Tím by se podpořil plán SU a.s. na tvorbu a ochranu stabilního životního prostředí a vytvoření základní kostry biokoridorů a biocenter, které by mohly být zapojeny do systému regionálních biokoridorů.

10 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Alves Bispo D., Naves Silva M., Pontes L., Guimarães D., de Sá e Melo Marques J., Curi N., 2017: Soil, water, nutrients and soil organic matter losses by water erosion as a function of soil management in the Posses sub-watershed, Extrema, Minas Gerais, Brazil. *Semina-ciencias agrarias*, 1813-1824 p.

Bejček V., a kol., 2003: Obnova krajiny na Bílinsku a Tušimicku: rekultivace Severočeských dolů a.s. Chomutov. Česká zemědělská univerzita, Praha, 237 s.

Buzek L., 1983: Eroze půdy. Pedagogická fakulta v Ostravě, Ostrava, 257 s.

Bochet E., García-Fayos P., 2004: Factors Controlling Vegetation Establishment and Water Erosion on Motorway Slopes in Valencia, Spain. *Society for Ecological Restoration International*, 166-174 p.

Dimitrovský K., 2001: Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. Sokolovská uhelná, a. s., Praha, 191 s.

Dimitrovský K., Vesecký J., 1989: Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 136 s.

Dostál T., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., České vysoké učení technické v Praze, 2014: Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 69 s.

Dechen S., Telles T., Guimarães M., De Maria I., 2015: Losses and costs associated with water erosion according to soil cover rate. *Bragantia*, 224-233 p.

Gabriels D., Michiels P., 1991: Soil organic matter and water erosion processes. *Advances in soil organic matter research: The impact on agriculture and the environment*, 141-152 p.

Gremlica T., a kol., 2013: Industriální krajina a její přirozená obnova. *Novela bohémica*, Praha, 110 s.

Holý M., 1978: Proti erozní ochrana. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 288 s.

Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí. Vydavatelství ČVUT, Praha, 383 s.

Janeček M. a kol., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 76 s.

Janeček M. a kol., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 165 s.

Kovář P., 2010: Nové poznatky ve výzkumu eroze, retence vody v krajině a rekultivaci: sborník abstraktů ze semináře. Česká zemědělská univerzita, Praha, 80 s.

Leitgeb J., 1995: Rekultivace Jihozápadní části výsypky Lítov. Leitgeb, zprostředkovatelská a projekční činnost, Karlovy Vary, 44 s.

Lipský Z., 1998: Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů. Karolinum – nakladatelství Univerzity Karlovy, Praha, 181 s.

Martinovský P., 2016: Environmentální bezpečnost v České republice. Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií, Brno, 215 s.

Matsumoto S., Ogata S., Shimada H., Sasaoka T., Hamanaka A., Kusuma G., 2018: Effects of pH-Induced Changes in Soil Physical Characteristics on the Development of Soil Water Erosion. Geosciences 8-4, 1-13 p.

Mchunu Ch., Chaplot V., 2012: Land degradation impact on soil carbon losses through water erosion and CO² emissions. Geoderma, 72-79 p.

Novotný I. a kol., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství, Praha, 78 s.

Petlušová V., Petluš P., Hreško J., 2018: Kultúrna krajina Hronskej pahorkatiny – vývoj a využívanie. Životné prostredie 52-4, 241-246 p.

Polyakov V., Lal R., 2004: Modeling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. Environment international, 547-556 p.

Řehounek J., a kol., 2010: Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Calla, České Budějovice, 172 s.

Smrček L., 2011: Eroze půdy a protierozní ochrana půdy. Institut vzdělávání v zemědělství, Praha, 53 s.

Šarapatka B., Dlapa p., Bedrna Z., 2002: Kvalita a degradace půdy. Univerzita Palackého, Olomouc, 246 s.

Šarapatka B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého, Olomouc, 232 s.

Štýs S., 1990: Rekultivace území devastovaných těžbou nerostů. Nakladatelství technické literatury, Praha, 186 s.

Štýs S., Bízková R., Ritschelová I., 2014: Proměny Severozápadu. Český statistický úřad, Praha, 181 s.

Štýs S. a kol., 1981: Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin. Nakladatelství technické literatury, Praha, 680 s.

Švéda K., 1987: Hornictví II. Nakladatelství technické literatury, Praha, 263 s.

Tvrdý J., 2000: Závěrečná zpráva pedologického průzkumu Lítov – výsypka. GP sdružení pro geologii, Karlovy Vary, 20 s.

Vopravil J. a kol., 2011: Půda a její hodnocení v ČR. Díl I. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 148 s.

Vráblíková J. a kol., 2018: Metodika ochrany půdy tvorbou a udržováním trvalých travních porostů a optimalizace rekultivačních postupů v antropogenně zatížené krajině regionu Podkrušnohoří. Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 103 s.

Vráblíková J., Vráblík P., 2008: Aplikovaná pedologie. Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 147 s.

Vráblíková J., Wildová E., Vráblík P., 2016: Proces rekultivace a revitalizace jako nástroj udržitelného rozvoje v antropogenně zatížené krajině severních Čech. *Studia Oecologica* X/1, 42-49 s.

Wang B., Zheng F., Römkens M., Darboux F., 2013: Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences. *Geomorfology*, 1-10 p.

Zhang W., Zhou J., Feng G., Weindorf D., Hu G., Sheng J., 2015: Characteristics of water erosion and conservation practice in arid regions of Central Asia: Xinjiang,

China as an example. International Soil and Water Conservation Research, 97-111 p.

Žížala D., 2016: Monitoring erozního poškození půd v ČR nástroji dálkového průzkumu Země. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 154 s.

10.1 Internetové zdroje:

Český úřad zeměměřický a katastrální, ©2017: Geoportál (online) [cit. 2019.. 11. 30.], dostupné z <https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>.

Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, ©2018: Zahlazování následků hornické činnosti (online) [cit. 2020. 03. 08.], dostupné z <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/program-reseni-ekologickych-skod-vzniklych-pred-privatizaci-hnedouhelnych-tezebnich-spolecnosti-v-usteckem-a-karlovarskem-kraji---237072/>.

Mapy.cz, 2015: Lítov (online) [cit. 2020. 02. 29.], dostupné z <https://mapy.cz/letecka>.

FAO, ©2014: Degradation (online) [cit. 2019.09.02.], dostupné z <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/>.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., ©2019: Poskytování dat (online) [cit. 2019. 09. 03.], dostupné z <http://www.vumop.cz/poskytovani-dat>.

10.2 Ostatní zdroje - rozhovory

Téma: Vymezení zájmového území a jeho charakteristika.

Jan Ráž, sekce Báňský rozvoj SU a.s., vedoucí technolog
rozhovor proběhl dne 2.10.2019 v 09:00 ve Vintířově

Téma: Dělení rekultivací na výsypce Lítov – Boden.

Jan Ráž, sekce Báňský rozvoj SU a.s., vedoucí technolog
rozhovor proběhl dne 15.11.2019 v 09:00 ve Vintířově

Téma: Lesnická rekultivace území č. 95/2 výsypky Lítov - Boden.

Jan Ráž, sekce Báňský rozvoj SU a.s., vedoucí technolog
rozhovor proběhl dne 15.1.2020 v 09:00 ve Vintířově

11 SEZNAM TABULEK

Tab.č.1: Porovnání ztráty živin se zvyšujícím se půdním pokryvem (Dechen a kol., 2015).

Tab.č.2: Porovnání tvaru výsypky o objemu $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Štýs a kol., 1981).

Tab.č.3: Chemické vlastnosti zemin na výsypkách (Dimitrovský, 2001).

Tab.č.4: Přehled vysazených dřevin (Jiří Ivanič, 2020).

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Eroze svahu obchvatu města Sokolov (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 2: Intenzita dílčích procesů vodní eroze a celková eroze podle typu a aspektu svahů vyšších než 45° (Bochet a García-Fayos, 2004).
- Obr. 3: Eroze výsypky skryté ornice při výstavbě výrobní haly v průmyslové zóně města Chebu (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 4: Potenciální ohroženost půdy větrnou erozí (www.vumop.cz, 2016).
- Obr. 5: Potenciální ohrožení zemědělské půdy vodní erozí (www.vumop.cz, 2016).
- Obr. 6: Tvary svahů (Holý, 1994).
- Obr. 7: Způsoby ukládání zeminy při lomovém dobývání uhlí (Dimitrovský a Vesecký, 1989).
- Obr. 8: Infiltrační schopnost antropogenních půd (Dimitrovský a Vesecký, 1989).
- Obr. 9: Výsypka Lítov – Boden (www.cuzk.cz, 2017).
- Obr. 10: Podélný řez Sokolovskou pánví (Dimitrovský, 2001).
- Obr. 11: Jílovec se svou typickou lístkovou odlučností (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 12: Porcelanit (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 13: Odvodňovací a proti erozní opatření (Sokolovská uhelná a.s., 2019).
- Obr. 14: Dělení výsypky podle rekultivací (Sokolovská uhelná a.s., 1995).
- Obr. 15: Stržová eroze (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 16: Svodný příkop (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 17: Plošná eroze (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 18: Jemnozrnná sedimentace (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 19: Eroze brázdová (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 20: Eroze stržová (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 21: Eroze příkopů (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 22: Ucpaný propustek (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 23: Eroze příkopu (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 24: Stržová eroze svahu (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 25: Horní část svahu (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 26: Sběrný příkop (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 27: Sesuv půdy (foto Jiří Ivanič, 2019).
- Obr. 28: Svodný příkop (foto Jiří Ivanič, 2019).

13 OBRÁZKOVÉ PŘÍLOHY

Příloha 1: Produkty eroze ve svodném příkopu (foto Jiří Ivanič, 2019).

Příloha 2: Eroze na svazích výsypky (foto Jiří Ivanič, 2019).

Příloha 3: Jemnozrnná frakce usedlá v erozních rýhách (foto Jiří Ivanič, 2019).

Příloha 4: Ukládání sedimentů eroze v nádrži mezi roky 2003 – 2015 (www.mapy.cz, 2015).

Příloha 1: Produkty eroze ve svodném příkopu (foto Jiří Ivanič, 2019)



Příloha 2: Eroze na svazích výsypky (foto Jiří Ivanič, 2019)





Příloha 3: Jemnozrnná frakce usedlá v erozních rýhách (foto Jiří Ivanič, 2019)



Příloha 4: Ukládání sedimentů eroze v nádrži mezi roky 2003 – 2015
(www.mapy.cz, 2015)

