

**Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí**

Studijní program: Ekologie a ochrana životního prostředí
Studijní obor: Ochrana životního prostředí



Bakalářská práce

Vývoj půdních horizontů během pedogeneze na antropogenních substrátech

Development of soil horizons during soil formation on antropogenic substrates

Jana Eichlerová

Školitel: prof. Mgr. Ing. Jan Frouz, CSc.

Srpen 2013

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Předložená tištěná verze BP je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze, 04.08.2013

.....

Jana Eichlerová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce Mgr. Ing. Jan Frouzovi, CSc.

za vedení práce, věcné připomínky a za veškerý věnovaný čas.

Obsah

1. Úvod.....	5
2. Těžba uhlí a její vliv na krajinu	5
2.1. Těžba uhlí v ČR.....	5
2.2. Vliv těžby na jednotlivé složky ekosystému.....	8
2.2.1. Litosféra.....	8
2.2.2. Atmosféra	9
2.2.3. Hydrosféra	9
2.2.4. Pedosféra	9
2.2.5. Biosféra.....	10
2.3. Přirozené obnovné procesy a rekultivace výsypek.....	10
3. Půda a její význam	13
3.1. Definice půdy	13
3.2. Vznik a vývoj půd	14
3.3. Funkce a význam půdy	16
3.4. Základní fyzikální vlastnosti půdy	17
3.5. Chemické vlastnosti půdy	18
4. Půdní druhy, půdní typy a půdní horizonty	19
4.1. Půdní druhy, půdní typy.....	19
4.2. Půdní horizonty	22
4.3. Význam půdních horizontů pro klasifikaci půd	24
4.4. Faktory ovlivňující vznik a vývoj půdních horizontů	24
4.5. Vznik půdních horizontů na disturbovaných místech	24
4.6. Tvorba nových půd navážením horizontů – výhody a úskalí	26
5. Praktická část	27
5.1. Úvod	27
5.2. Metodika	27
5.3. Výsledky a diskuse	31
6. Závěry:.....	32
7. Literatura:	33

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na vývoj půdních horizontů během pedogeneze na antropogenních substrátech. V teoretické části jsou popsány typy půdních horizontů, jejich vznik a vývoj, a faktory ovlivňující tyto procesy. Praktická část řeší otázku, jak se vyvíjí horizont A a Oe horizont a jestli se liší různým vegetačním krytem a polohou ve svahu. To vše bylo studováno na rekultivované uhelné výsypce u Sokolova. Několik půdních vzorků bylo odebráno a místa odběru byla zaměřena GPS a také byly změřeny hloubky A a Oe horizontů. V laboratoři jsem změřila pH. Vyšší vývoj horizontu a nižší pH byly nalezeny pod listnatými lesy, než pod jehličnany. Tloušťka horizontu rostla také s polohou ve svahu.

Klíčová slova: pedogeneze, výsypky, obnova půd

Abstract

This bachelor work is focused on the development of soil horizon during pedogenesis on anthropogenic substrates. In the theoretical part types of soil horizons, their formation and development, and the factors affecting these processes are described. The practical part address the question how the development of A and Oe horizons differ with different vegetation cover and slope position. This was studied in reclaimed spoil heap neat the Sokolov. Several soil samples were taken in, and the GPS position has been collected together with depth of A and Oe horizon. In the laboratory the pH was measured. Higher development of A horizon and lower pH were found under deciduous forests than under conifers. The thickness of the A horizon increased also from top to the bottom of the slope.

Keywords: soil formation, soil horizon, post mining sites

1. Úvod

Těžba nerostných surovin má výrazný vliv na vzhled a funkci krajiny. Největší vliv má těžba povrchová, kdy dochází k rozsáhlé devastaci krajiny a změně vztahů mezi jednotlivými složkami krajiny. Se vzrůstajícími nároky na energii vzrostla i těžba uhlí. Nicméně v posledních letech se zvýšilo úsilí na odstranění následků těžby a navrácení krajiny do původního nebo podobného stavu, jako byl před těžbou. Příroda sama dokáže malé porušení krajiny napravit během několika let. Ovšem v některých oblastech, jako je severočeská uhelná pánev, jsou devastace krajiny tak velké, že musí pomoci člověk. V oblastech, kde již došlo k vytěžení uhlí, je prováděna obnova částí ekosystému. A to hlavně vytvořením nového lesa, zemědělských ploch, vodních ploch ale také rekreačních objektů. Při rekultivaci je důležité sledovat vývoj půd. Jedním z klíčových parametrů ukazujících, v jakém stupni vývoje se rekultivované území nachází, je vývoj jednotlivých půdních horizontů.

Cílem této práce je vypracovat literární rešerši shrnující hlavní známé poznatky o vývoji půd a půdních horizontů v kontextu obnovy. Práce obsahuje praktický projekt, jehož cílem bylo vytipovat hlavní faktory určující půdní reakci a hloubku humusového horizontu na výsypce.

2. Těžba uhlí a její vliv na krajinu

2.1. Těžba uhlí v ČR

Česká republika disponuje nerostným bohatstvím, které se zde těží už několik století. Plošně nejvýznamnější je těžba stavebních hmot písků, štěrkopísků a kameniva. Globálně hraje Česká republika významnou roli v těžbě a exportu kaolinu (10 % světové produkce), hnědého uhlí (5.5 %), živců (2.7 %), diatomite (1.6 %), písků a křemeliny (1.5 %) a bentonitu (1.4 %), (Starý et al., 2010). Asi největší vliv na vzhled a fungování krajiny má těžba uhlí. A to hlavně těžba povrchová (Štýs, 1990). Největší zastoupení povrchových dolů je v severočeské pánvi, v Podkrušnohoří kolem Chomutova, Sokolova a Mostu. Součástí obecného horního zákona z roku 1854 byl požadavek navrácení pozemků po těžbě k původním účelům. K reálné rekultivaci pozemků ale dochází až v posledních sto letech (Valášek et al., 2009).

Uhlí představuje značnou část zásob světových fosilních paliv a odhaduje se, že světové zásoby uhlí se v současné době pohybují okolo $1,53 \times 10^{20}$ Btu, což je přibližně 71,4% z celkových světových fosilních surovin. Má klíčové postavení ve světové ekonomice. Uhlí se vytvořilo díky nahromadění velkého množství rostlinných zbytků. Následný rozklad těchto

rostlinných zbytků po delší geologický čas vedl k tvorbě rašeliny, hnědého uhlí, černého uhlí a nakonec antracitu (Sekhohola et al., 2013). Hnědé uhlí se v ČR využívá průmyslově už přes 150 let. Existují však historické prameny, které uvádí první těžbu hnědého uhlí v první polovině 15. století. V současné době je hnědé uhlí nejvíce využíváno v energetickém průmyslu. Největší nálezy ložisek jsou v severozápadních Čechách kolem Sokolova, Mostu, Chomutova a Chebu. Podle Valáška jsou zde zásoby hnědého uhlí odhadované zhruba na 1 miliardu tun a dobu vytěžitelnosti odhaduje na rok 2050. Je ovšem jasné, že čím se bude doba vytěžení blížit, bude klesat kvalita hnědého uhlí. Na území ČR najdeme i jiná ložiska hnědého uhlí, ta jsou však z různých důvodů netěžitelná (Valášek et al., 2009). Ukázka, jak se vyvíjí těžba hnědého uhlí u nás, je v Tab.1.. Z Tab. 1. je zřejmé, že velkou část vytěženého uhlí spotřebujeme přímo u nás, dokonce je určitá část i dovážena.

Tab 1. Zásoby hnědého uhlí v ČR, jeho vývoz a dovoz v tisících tun (zdroj: Geofond)

Rok	Počet ložisek	Zásoby celkem	Těžba	Vývoz	Dovoz
2009	54	9 055 290	45 354	1300	163
2010	54	8 998 999	43 931	1109	187
2011	53	8 948 767	46 848	1188	236

Nerostné suroviny můžeme těžit dvěma způsoby. A to buď povrchovou těžbou, nebo hlubinnou těžbou. S rozvojem technologií se rozvíjí i povrchová těžba. Ta je mnohem ekonomičtější a má větší výkonnost. Asi největší předností je ale vysoká výrubnost ložiska. Povrchová těžba má ale velmi negativní vliv na krajinu na rozdíl od hlubinných metod. Má velký negativní vliv na krajinu díky technickým zásahům (Štýs, 1990). Díky technologickému pokroku je potřeba více energie, která je uspokojována těžbou energetických surovin, jako je hnědé uhlí (kolektiv autorů, 1994). Při povrchové těžbě hnědého uhlí dochází k znečištění ovzduší, změně vodního režimu v oblasti a deformaci krajiny (Frouz et al., 1999). K deformaci krajiny dochází proto, že z uhelných zdrojů musí být odstraněny nadložní vrstvy. Ty se přemístí do okrajových výsypek a později se vytvoří vnitřní výsypky (kolektiv autorů, 1994). Krajina narušená nebo zničená těžbou a podobnou činností je ovšem nevyhnutelnou součástí civilizace (Bradshaw, 1983). Na poškození krajiny má vliv nejen těžba surovin, ale i doprovodný průmysl (kolektiv autorů, 1994).

Očekává se, že uhlí bude významným zdrojem energie i v blízké budoucnosti (Sekhohola et al., 2013). S technologickým vývojem se budou moci těžit suroviny, které jsou v tuto chvíli netěžitelné nebo těžce těžitelné. Budou se ale těžit i ložiska, která budou mít stále větší podíl neúžitkové složky a škodlivých látek. Proto je nezbytné se zabývat nápravným opatřením, jako jsou rekultivace, a sledovat jejich dopad na krajinu (Stýs, 1990). Rekultivace se provádí nejen na území, které je poznamenané těžbou, ale i na území, které postihla nějaká přírodní katastrofa (záplavy, sesuvy půd, požáry, tornáda a podobně (Vráblíková et al., 1994).

V mnoha zemích je náprava krajiny po těžbě surovin uzákoněna. Problém je výskyt vytěžených lokalit, které jsou již opuštěné a vznikly před vznikem povinnosti nápravy devastované krajiny. Obnova těchto míst vyžaduje finance, které nejsou, protože podniky, které těžbu provedly, již neexistují (Bradshaw, 1997). V našich zákonech je první zmínka o rekultivaci v zákoně z roku 1854 v obecném horním zákoně. Ale teprve až se zákonem z roku 1956 o ochraně zemědělského půdního fondu je rekultivace nařízena tomu, kdo těžbu provádí. A musí být plánována spolu s těžbou a prováděna na náklad těžebních společností (Valášek et al., 2009). Podstatou horního zákona je už od středověku ochrana a využívání nerostného bohatství (Valášek et al., 2009). Roku 1991 se stal pevnou součástí Československého právního řádu. Později součástí právního řádu České republiky s mnoha novelizacemi. Nejaktuálnější je z roku 2012. V úvodním ustanovení je napsáno: *“Účelem tohoto zákona je stanovit zásady ochrany a hospodárného využívání nerostného bohatství, zejména při vyhledávání a průzkumu, otvírce, přípravě a dobývání ložisek nerostů, úpravě a zušlechťování nerostů prováděných v souvislosti s jejich dobýváním, jakož i bezpečnosti provozu a ochrany životního prostředí při těchto činnostech. Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie”* (zákon č. 44/1988 Sb.) V tomto zákoně je definováno, co je za nerosty považováno a co nikoli. (zákon č. 44/1988 Sb.) Zákon o ochraně půdního zemědělského fondu se stal pevnou součástí Československého právního řádu až v roce 1992. Později součástí právního řádu České republiky s mnoha novelizacemi. Nejaktuálnější je z roku 2012. Tento zákon má v sobě stanoveno, jak postupovat při těžebním průzkumu a těžební činnosti, aby mohlo dojít k rekultivaci. Například v paragrafu 8, který se týká stavební, těžební a průmyslové činnosti, geologického a hydrogeologického průzkumu je uloženo *“skrývat odděleně svrchní kulturní vrstvu půdy, popřípadě i hlouběji uložené zúrodnění schopné zeminy na celé dotčené ploše a postarat se o jejich hospodárné využití nebo řádné uskladnění pro účely rekultivace anebo zajistit na vlastní náklad jejich odvoz a rozprostření na plochy určené orgánem ochrany zemědělského půdního fondu, pokud v odůvodněných případech*

tento orgán neudělí výjimku z povinnosti provést skrývku uvedených zemin,” (zákon 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu).

Hlavním zdrojem devastace krajiny jsou výsypky. Výsypky dělíme na vnější a vnitřní. Vnitřní výsypka je zakládána v prostorech lomu, a tím pádem nezabírá další části krajiny. Vnější výsypka se zakládá na okraji lomu. Má tedy mnohem větší vliv na devastaci krajiny, protože dochází k záboru dalšího území (Štýs, 1990).

2.2. Vliv těžby na jednotlivé složky ekosystému

V místě těžby dochází k devastaci díky vytvoření samotného lomu, ale problémem je i tvorba výsypek v blízkosti lomu (Frouz et al., 1999; kolektiv autorů, 1994). Ke změnám dochází ve všech složkách životního prostředí. V litosféře se tato změna projevuje změnou reliéfu území, nadmořskou výškou a charakterem horninového prostředí. V atmosféře dochází ke změnám klimatických veličin a k ovlivnění kvality vzduchu. Dochází také k mikroklimatickým a makroklimatickým změnám vlivem změny členitosti území, nadmořské výšky, vlhkostních poměrů, vegetační pokrývnosti a mnoha dalším jevům. Objevují se místy tepelné emise, plynné škodliviny a prašnost. V hydrosféře dochází vlivem povrchové těžby ke změně hydrologického režimu. Ke změnám v pedosféře dochází hlavně formou degradace a destrukce půdy. V biosféře dochází k narušování živé i neživé složky (Štýs, 1990). Vlivem všech těchto změn dochází k destrukci všech ekosystémů jak v dobývacím prostoru, tak v okolní krajině (Frouz et al., 1999). Povrchová těžba má však z hlediska ekonomického mnohem větší výhodu než těžba hlubinná. Povrchová těžba dokáže odtěžit skoro celé zásoby uhlí. Hlubinná těžba má výtěžnost maximálně 50% (Štýs, 1996).

2.2.1. Litosféra

K výraznému ovlivnění litosféry dochází u převýšených výsypek, odvalů, hlubokých zbytkových lomů a skládek (kolektiv autorů, 1994). Jsou měněny vlastnosti, jako je inklinace, expozice, členitost a nadmořská výška. Tyto změny vlastností se projevují změnou specifických a někdy extrémních podmínek mikroklimatu, změnou příkonu světelné a tepelné energie slunečního záření a povětrnostních poměrů. Mají také vliv na pedogenetické procesy, vodní režim, pokrývnost vegetací. V místech ovlivněných povrchovou těžbou dochází k erozi, deflaci a svahovým sesuvům (Štýs, 1990).

2.2.2. Atmosféra

K největším změnám dochází v přízemních vrstvách troposféry. Hlavně u mezoklimatu a mikroklimatu. Je to v důsledku změn charakteristických vlastností reliéfu, extrémních hodnot albeda z míst, které nejsou pokryty vegetací a z imisního pozadí. Imisní pozadí ovlivňují požáry v povrchových dolech na výsypkách a odvalech (Štýs, 1990). Dalším zdrojem znečištění ovzduší emisemi jsou průmyslové provozy. U těžby uhlí to jsou uhelné elektrárny (kolektiv autorů, 1994). Mikroklima členitého reliéfu se vyznačuje extrémem v teplotách a vlhkostech vzduchu. V konkávních útvarech se hromadí inverzní chladný a vlhčí vzduch. K ohřívání a vysušování přízemní vrstvy vzduchu dochází u jižně situovaných svahů. Pokud je povrch bez vegetace, nebo se na něm nachází tmavé substráty, jsou výše zmíněné změny ještě znatelnější (Štýs, 1990).

2.2.3. Hydrosféra

Hydrologické poměry devastovaného území jsou ovlivněny charakterem hydrosféry v nejbližším okolí, hydrologickou povahou horninového prostředí, charakterem reliéfu, klimatu a odtokovým režimem jak v podzemí, tak i na povrchu. Pokud má reliéf konvexní formu, dochází k nadměrnému vysušování území. U konkávních forem, které jsou hlavně u povrchové těžby, je naopak vody přebytek. To ovlivňuje hlavně zamokření a zavodnění území. Změny v prostředí ovlivněném těžbou mohou mít jak kladný, tak záporný charakter. Záporně působí povrchová těžba například umělým odvodňováním okolí lomů, likvidací nebo přeložkami vodních nádrží, výrazným snížením hladiny spodních vod v okolí lomu, zvýšením hladiny spodních vod v okolí vnějších výsypek, ... V některých případech působí povrchová těžba i kladně. Například zvýšenou akumulací ve zbytkových lomech, využívání důlních vod k pitným nebo užitkovým účelům (Štýs, 1990).

2.2.4. Pedosféra

Během povrchové těžby nerostného materiálu může být původní půda ztracena nebo pohřbena. Dochází k degradaci půdy, kdy půda ztrácí své vlastnosti, strukturu i funkci (Bradshaw, 1997). K vlastnostem, které půda ztrácí, je například zadržování vody a umožnění infiltrace vody do podzemí (Novák et al., 2010). U povrchové těžby dochází jak na území lomu, tak na území vnějších výsypek k destrukci pedosféry. Na degradaci půdy má vliv zamokření území, které zhoršuje fyzikální poměry v celém půdním profilu. Vlivem

nadměrného zamokření dochází také k vyplavování živin a zvýšení půdní kyselosti. Vlastnosti výsypkových a odvalových půd jsou závislé na povaze substrátu uloženého na povrchu výsypky nebo odvalů (Štýs, 1990). Krom extrémních půdních podmínek může být půda znehodnocena kontaminací toxických látek. Vlivem těžké techniky odvázející vytěžený materiál a důlního odpadu dochází k zhutnění půdy (Bradshaw, 1997; Dobson et al., 1997).

2.2.5. Biosféra

Dost závažným dopadem může být ztráta původních druhů, protože ani následnou rekultivací pro ně nemusí vzniknout vhodné podmínky (Dobson et al., 1997). Na zakládáních výsypkách a odvalech se první vegetace objevuje v prvních několika letech. Jsou to iniciální stádia sukcese tvořené převážně jednoletými rostlinami. Po nich se začínají objevovat dvouleté rostliny. Nakonec území osídlí vytrvalé rostliny a dřeviny (Štýs, 1990). Osídlení je však pomalé, a to hlavně kvůli nedostatku živin v půdě (Ash et al., 1994). Procesy přirozené sukcese ukazují, že příroda může dosáhnout obnovení bez pomoci a rozvinout plně funkční půdy (Bradshaw, 1997). V Sokolovské uhelné pánvi jsou však devastace krajiny tak rozsáhlé, že se přirozené obnově musí napomáhat rekultivací.

Naproti tomu však řada současných studií ukazuje, že výsypky mohou být stanovištěm řady vzácných a ohrožených druhů, které v okolní krajině chybí. Je tomu jednak díky výše zmíněné oligotrofii výsypkových půd a také díky tomu, že výsypky svými vlastnostmi napodobují řadu extrémních stanovišť jako jsou slaniska, mokřady, stepní biotopy a podobně (Frouz, 1999).

2.3. Přirozené obnovné procesy a rekultivace výsypek

Sukcese je přirozený vývoj společenstev na určitém území vlivem změn abiotických a biotických podmínek. Během sukcese nahrazuje jedna populace populaci druhou. V konečné fázi dojde k ustálení biotických a abiotických vztahů. Tento stav se nazývá klimax. Sukcese se rozděluje na dva druhy, primární sukcesy a sekundární sukcesy. Primární sukcesy můžeme pozorovat na místech, kde nejsou vytvořeny svrchní, organické půdní horizonty a kde v půdě nenalezneme žádné zásoby semen. Jde například právě o výsypky po těžbě uhlí, ale také například o složiště popílku, místa za ustupujícím ledovcem. Sekundární sukcesy naopak můžeme pozorovat na místech, kde se v půdě nachází zásoba semen od vegetace, která zde existovala před tím. Při sekundárních sukcesech má půda vyvinut organický půdní horizont.

Příkladem místa, kde probíhá sekundární sukcese, jsou louky (Prach, 1996). První rostliny, které začínají osidlovat území výsypky, nalezneme v proláklínách, jamkách a erozních rýhách. Z těchto míst se rostliny šíří dál a to hlavně na místa, která mají více živin a jsou vlhčí. Podle toho, jaká společenstva na pozorovaném území nalezneme, můžeme odhadnout stav půdy na výsypce (Štýs et al., 1981).

K nápravným procesům patří hlavně rekultivace, jejímž cílem je obnova nebo tvorba nových zemědělských, lesních a vodních ploch či vodních toků a tvorba území určeného k rekreaci. Zkušenosti, které člověk získal mnoholetou praxí, ukazují, že lze rekultivovat jakékoli devastované území. Na úspěch a míru rekultivace má vliv několik faktorů: přírodně ekologické podmínky, technologický proces, způsob, jakým je rekultivace provedena a její intenzita a v neposlední řadě další využívání krajiny a obhospodařování rekultivovaných území (Štýs, 1990).

U rekultivované krajiny očekáváme určité základní vlastnosti. Mezi tyto vlastnosti patří ekologická vyváženost, zdravotně hygienická nezávadnost, efektivní a potenciální produkce schopnost a estetická působivost spolu s rekreační účinností (Štýs, 1990).

Je několik směrů rekultivace. Prvním z nich je zemědělská rekultivace, která navrácí půdě zemědělskou funkci. Dalším je lesnická rekultivace, při které se vhodně vysazují dřeviny a keře, které by měly založit trvalý porost. Funkce tohoto lesa však není produkční, ale půdoochranná nebo rekreační (Vráblíková et al., 1994). Posledním typem rekultivace je rekultivace hydrická. Tato rekultivace spočívá v zaplavení zbytkových jam po těžbě (Řehounek et al., 2010). Tab. 2 znázorňuje vývoj rekultivací výhradních ložisek od roku 2009 do roku 2011.

Tab. 2. Rekultivace po těžbě nerostných surovin v km² (zdroj: Geofond)

Výhradní ložiska	2009	2010	2011
Ukončené rekultivace v daném roce	11	11	11
Nerekultivovaná plocha	642	551	538
Rekultivace ukončené od počátku těžby	204	213	209
Rozpracované rekultivace	115	105	109

Způsob rekultivace je nejvýrazněji ovlivněn přírodním charakterem devastované krajiny a sousedních devastovaných orografických celků, charakterem těžby a devastace, které výrazně změní původní přírodní ráz krajiny a v neposlední řadě souborem sociálně ekonomických poměrů, nejvíce intenzitou mimotěžební industrializace a urbanizací krajiny, lidnatostí, výměrou a strukturou zemědělského a lesního půdního fondu (Štýs, 1990).

Nejvýznamnějším typem rekultivace je lesnická rekultivace. Lesy mají mnoho funkcí, kterými ovlivňují ostatní typy rekultivace a složky okolní krajiny. Mezi důležité funkce lesa patří například zlepšení jakosti vzduchu tvorbou kyslíku a spotřebou oxidu uhličitého. Další funkcí je filtrační účinek, díky němuž na sebe dokáží listnaté stromy vázat škodlivé plyny jako třeba oxid siřičitý a oxid dusnatý. Důležitou funkcí je i snižování hluchosti a vliv na vlhkost ovzduší. Lesnická rekultivace následuje po založení výsypky. Ta musí mít vhodný tvar, kterého je dosaženo už při procesu zakládání. Tvar výsypky je důležitý i z hlediska stability celého tělesa. Krom vlastností výsypky ovlivňuje lesnickou rekultivaci i volba lesního porostu, jeho rozmístění a příprava plochy před založením. Dalším důležitým faktorem jsou kvalita výsadbového materiálu, způsob a pečlivost vlastní výsadby a následná péče o vysazené porosty (Štýs, 1996). Při lesnické rekultivaci v sokolovské uhelné pánvi se nenaváží ornice a mezi stromy, které se vysazují, patří například olše šedá, topol černý a bílý, smrk pichlavý, modřín evropský,... (Frouz et al., 1999).

Pro rekultivaci je důležité tvarování výsypek a kvalita hornin navrstvených na povrchu. Pro volbu rekultivace je podstatné, jak je povrch výsypky uspořádán. Úprava povrchu pro zemědělskou rekultivaci je mnohem náročnější než pro lesnickou rekultivaci. Při úpravě povrchu výsypek musí být zajištěn neškodný odtok povrchové vody. U zemědělské rekultivace má mít náhorní rovina mírný sklon. U lesnické rekultivace je potřeba, aby byl terén upraven tak, aby se usnadnilo použití strojů při výsadbě lesnických dřevin. Úprava by měla být taková, aby dobře zasakovala voda do půdy a aby snadno a bez nepříznivých vlivů odtékala srážková voda. Po rekultivaci se sleduje tvorba půdy. Pravidelně se odebírají vzorky půdy a následně se v laboratořích analyzují. Zjišťuje se například vlhkost, pH půdy, zrnitost a mnoho dalších (Jonáš, 1975).

Podle Valáška by po ukončení těžební činnosti v hnědouhelné pánvi severozápadních Čech měl být podíl lesů 47% z celkové rozlohy rekultivované plochy. Produkty zemědělské rekultivace ať už to jsou pole, louky, sady nebo zahrady, by měly zaujímat 20% rekultivované plochy. Vodní plochy budou na 16% území. A zbylých 17% bude zahrnovat zastavěné plochy, komunikace, sportoviště a rekreační zařízení (Valášek et al., 2009).

Navrstvováním substrátů získaných těžbou vzniká nový typ půdy. Tento půdní typ se nazývá antropozem a jejím hlavním půdotvorným činitelem je člověk. Charakter takto vzniklé půdy je dán hlavně vlastnostmi původního materiálu a také antropogenním vrstvením nebo mísením materiálu. Další vliv má regulovaný proces pedogeneze po rekultivaci (Vopravil et al., 2009).

3. Půda a její význam

3.1. Definice půdy

Od doby, kdy člověk začal pěstovat plodiny, se stala půda důležitou a nenahraditelnou součástí jeho života, která mu zajišťuje jak zdroj potravy, tak zdroj materiálů. První poznatky a fakta o půdě byly po staletí získávány zemědělci přes jejich pěstební pokusy (Brady, 1974). S rozvojem vědních disciplín se začala rozvíjet i věda o půdě. Vědecký zájem o půdu začal v první polovině 19. století. Tehdy vznikla pedologie. Původně byla pedologie součástí jiných věd jako geografie, geologie, agrochemie a agronomie (Vopravil et al., 2009).

Díky dlouhému vývoji pedologie vzniklo mnoho definic půdy. Na ukázkou uvádím pár příkladů.

“Půda je nejsvrchnější částí zemské kůry, tvořená směsí minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů. Je vertikálně členěná, propojená se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo nezpevněných minerálních a organických sedimentů” (Kolektiv autorů, 2009).

“Půdu lze definovat jako samostatný přírodní útvar vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení půdotvorných faktorů. Je životním prostředím půdních organismů, stanovištěm planě rostoucí vegetace, slouží k pěstování kulturních rostlin. Je regulátorem koloběhu látek, může fungovat jako úložiště, ale i zdroj potenciálně rizikových látek” (www.mzp.cz).

“Půda je samostatný přírodně historický útvar, který vzniká a vyvíjí se z povrchových zvětralin kůry zemské a zbytků ústrojenců zákonitým procesem, působením půdotvorných faktorů a je schopen zajišťovat životní podmínky organismům v něm žijícím” (Šarapatka, 1996).

“Půda tvoří nejsvrchnější vrstvu zemské kůry, je prostoupená vodou, vzduchem a organismy, vzniká v procesu pedogeneze pod vlivem vnějších faktorů a času a je produktem přeměn minerálních a organických látek. Je morfologicky organizovaná a poskytuje životní prostředí rostlinám, živočichům a člověku. Půda je předmětem studia pedologie” (www.wikipedia.cz).

3.2. Vznik a vývoj půd

Kutílek datuje vznik půd do období před 400 milióny lety. Odhaduje, že přibližně v tomto období se začal stěhovat život z oceánu na pevninu. Než se život přesunul na souš, vyskytovala se zde pouze zvětralina bez života. Prvním místem vzniku byly sedimenty v ústí řek do moře. Za základní podmínku vzniku půdy bychom mohli považovat oživení půdy organismy. Jako první začaly souš obývat rostliny, které pak následně po svém odumření poskytly obživu prvním mikroorganismům (Kutílek, 2012).

Vývoj půd ovlivňují hlavní složky životního prostředí, na jejichž rozhraní půda vzniká. Mezi tyto složky řadíme litosféru, atmosféru, biosféru hydrosféru a nezanedbatelná je i činnost člověka. Materiál, ze kterého půdy vznikají, jsou horniny a organické zbytky (Šarapatka, 1996). Narušením horniny chemickými nebo fyzikálními procesy označovanými jako zvětrávání vznikne půdotvorný substrát (Vopravil et al., 2009; Šarapatka, 1996). Krom chemického a fyzikálního zvětrávání máme ještě jeden druh zvětrávání a tím je zvětrávání

biologické (Němeček et al., 1990). K tomuto zvětrávání dochází vlivem činností půdních organismů (Šarapatka, 1996).

Půdy vznikají a vyvíjí se díky vlivu půdotvorných činitelů, někdy spíše označovaných jako půdotvorné faktory. Tyto faktory působí buď přímo nebo nepřímo. Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících vznik půd je matečná hornina a klima (Němeček et al., 1990). Dalšími faktory jsou organismy a člověk, reliéf a čas. Čas ovšem není přímo působícím faktorem (Vopravil et al., 2009). V jednotlivých částech světa můžeme pozorovat rozdíly v působení jednotlivých faktorů (Kutílek, 2012). Půdotvorným substrátem může být jak pevná hornina, tak její zvětralina nebo mořské a říční sedimenty. Nové půdy mohou také vzniknout i ze starších půd nebo antropogenních uloženin (Vopravil et al., 2009).

Za hlavní půdotvorný faktor je matečná hornina považována proto, že svou stavbou a vlastnostmi ovlivňuje následné působení ostatních půdotvorných činitelů, ale i vlastnosti výsledného produktu – půdy. Například zrnitostní složení ovlivní sorpční schopnost půdy nebo infiltraci a retenci vody v půdě. Půdní reakci neboli pH zase ovlivní chemické složení půdotvorného substrátu (Vopravil et al., 2009). Klima ovlivňuje vznik půdy hlavně teplotním režimem a srážkami (Kolektiv autorů, 2009).

Jak jsem zmiňovala výše, na tvorbě půdy se podílí zvětrávání. Zvětrávání se odehrává na rozhraní povrchu zemského a atmosféry. Zvětrávání způsobuje hlavně počasí a jeho změny. Vlivem změn se mění celistvost hornin. Každá hornina má jinou rychlost a hloubku zvětrávání. Na rychlost zvětrávání má vliv také čas. Na počátku procesu je rychlost největší, ale s postupem času rychlost klesá (Kutílek, 2012).

Někdy je fyzikální zvětrávání označováno jako mechanické zvětrávání. U tohoto typu zvětrávání nedochází ke změnám chemického složení (Šarapatka, 1996). Pojem fyzikální zvětrávání zahrnuje účinky teploty, větru, vegetace, vody a ledu. Vlivem změny teploty dochází k změně objemu horniny, ta se při ohřátí roztáhne a při ochlazení dojde k jejímu smrštění. Při dosažení kritické hodnoty, která je ovlivněna minerálním složením horniny a barvou, dojde k oddrolení, nebo vznikne puklina (Němeček et al., 1990; Šarapatka 1996). U světlých minerálů je zahřívání menší než u tmavých. Jakmile vznikne puklina, může se do ní dostat voda, která napomůže dalšímu rozpadu, nejvíce změnami svého objemu při zmrznutí (Kutílek, 2012). Kromě změny objemu působí voda obroušováním částic a také látkami, které jsou v ní rozpuštěné (Němeček et al., 1990). K obroušování částic dochází vlivem transportu hornin tekoucí vodou. Podobně jako voda působí i vítr. Při působení dochází k transportu a omývání jemnějších částic a zároveň se odkrývá povrch, který podléhá dalšímu zvětrávání

(Šarapatka, 1996). Do vzniklých puklin se mohou dostat kořeny rostlin a ty pukliny dále rozšiřují (Němeček et al., 1990; Kutílek, 2012).

U chemického zvětrávání dochází ke změnám fyzikálních a chemických vlastností hornin. Tyto změny způsobuje rozpouštění, hydratace, hydrolyza, oxidace a redukce. Nakonec vzniknou horniny nové (Šarapatka, 1996).

Biologické zvětrávání je způsobováno živými organismy. Organismy působí mechanicky i chemicky. Vlivem vylučovaných organických kyselin dochází k hydrolytickému rozkladu (Šarapatka, 1996). Díky působení vegetace a edafonu se dostává do půdy organická hmota. Z této organické hmoty vzniká humus. Měně kvalitní humus nalezneme u lesního porostu. Kvalitnější humus vzniká zase u lesostepních porostů. Kvalita je ovlivněna kořenovým systémem, protože podporuje proces humifikace. Na tvorbě humusu se podílí i edafon, který přeměňuje organickou hmotu. Důležitý je při vzniku půdy terén. Je velký rozdíl ve vzniku půdy v depresích a v příkrém svahu. V depresích dochází k větší akumulaci transportované zeminy. V depresích se více akumuluje voda. U příkrých svahů vzrůstá povrchový odtok, a tak je zde půda sušší. Rozdíl je také v tom, zda je svah na severní nebo jižní stranu. Severní svah je chladnější (Vopravil et al., 2009).

Rozdíl mezi nově vzniklou půdou a matečným substrátem je v tom, že nově vzniklá půda má vyšší obsah organických látek. Obsahuje mnohem více kořenů vyšších rostlin a půdních organismů. Rozdíl je i v obsahu vody a vzduchu (Brady, 1974).

3.3. Funkce a význam půdy

Půda je významná tím, že je základní složkou ekosystému a ovlivňuje jeho fungování. Zachování kvality půdy je proto důležité pro trvale udržitelný rozvoj (Garrigues et al., 2012). Velký význam má její schopnost podporovat život na pevnině. Ať už tím, že umožňuje zakořenit rostlinám nebo tím, že poskytuje domov mnoha organismům (Kutílek, 2012). Půda je významná díky své biodiverzitě, která je mnohem vyšší než biodiverzita na povrchu půdy. Půdní biodiverzita je nezbytným předpokladem pro stabilitu ekosystému. Nalezneme v ní mnoho organismů, které se podílí na koloběhu živin a jejich ukládání, rozkladu, vzniku a pohybu půdní organické hmoty. Můžeme nalézt také mnoho vazeb mezi půdní faunou a rozmanitostí vegetace (Thiele-Bruhn et al., 2012). K důležité funkci patří také jejich schopnost zadržet spadlé atmosférické srážky, k čemuž dochází hlavně v povrchových depresích nebo v oblastech pokrytých vegetací (Kolektiv autorů, 2009).

Podle Vopravila jsou funkce půdy rozděleny do 3 skupin. První z nich je užitková funkce. Do této skupiny patří pěstování plodin určených ke konzumaci nebo výrobě jiných produktů (např. léky nebo tkaniny,...). Les nám poskytuje dřevo jak na stavby, tak na výrobu jiných produktů (např. sirky, nábytek,...) Dřevo je ale důležité také jako palivo. Veškeré stavby jako cesty a obydlí jsou umístěny na povrchu půdy. V půdě také nalezneme zdroje nerostných surovin. Druhou skupinu nazývá Vopravil jako kulturní funkci v historii přírody a lidstva. Půda obsahuje paleontologické a archeologické nálezy. Je v ní uchována historie jejího vzniku. Nalezneme v ní i důkazy o změnách klimatu a vegetace. Třetí skupinu tvoří funkce půdy v životním prostředí (environmentální funkce půdy). Půda je životním prostorem mnoha organismů, odehrávají se v ní děje, které ovlivňují zbylé složky ekosystému, protože ovlivňuje koloběh látek, cyklus vody, látek a tok energie (Vopravil et al., 2009; Novák et al., 2010).

3.4. Základní fyzikální vlastnosti půdy

Mezi základní fyzikální vlastnosti půdy patří zrnitost, měrná objemová hmotnost, pórovitost a struktura půdy. K dalším fyzikálním vlastnostem patří vlhkost, vodní kapacita, propustnost, vzlínavost, tepelná a teplotní vodivost, teplota a další (Šarapatka, 1996). Jednou z velmi důležitých vlastností pro procesy v půdě je pórovitost.

Půda je tvořena půdními částicemi. Mezi půdními částicemi nalezneme volný prostor, který označujeme jako póry. Pórovitost představuje objem veškerých půdních pórů všech velikostí obsažených v půdě. Čím je vyšší pórovitost, tím je lepší struktura půdy. Půdní póry mohou obsahovat jak vzduch, tak vodu. Půdní vzduch je ale odlišný od atmosférického vzduchu. V půdním vzduchu zvláště kolem kořenového systému může být až 10x vyšší koncentrace CO₂ než v atmosféře. S přibývajícím hloubkou se může koncentrace zvětšit až na třicetnásobek. Je to způsobeno biologickými pochody v půdě, kdy je spotřebováván kyslík a z rozkladu organických látek je produkován oxid uhličitý. Takto vzniklý CO₂ se do atmosféry dostává difuzí. Tento proces je pomalý a proto dochází k nárůstu koncentrace CO₂ (Kutílek, 2012). Pórovitost substrátu má velký vliv na vznik půd. To se projevuje nejvíce na intenzitě procesů přeměn a na transportních procesech. Při pedogenezi se pórovitost zvyšuje. Velikost pórů má vliv na rozklad humusu (Němeček et al., 1990).

Podle chování kapaliny v pórech rozeznáváme tři druhy pórů. Submikroskopické, kapilární a makropóry. Submikroskopické póry nemohou díky své velikosti obsahovat půdní vodu. Na transportní procesy nemají žádný vliv. Kapilární póry obsahují jak vodu, tak vzduch. Tyto póry mají největší význam při transportních procesech. Makropóry sice obsahují

půdní vodu, ale ovlivňují hlavně pedoturbaci. Půdní pórovitost je největší v humusovém horizontu. Pórovitost klesá směrem do hloubky, což je způsobeno tlakem nadloží a agregací (Němeček et al., 1990).

3.5. Chemické vlastnosti půdy

Půdní reakce má velký vliv na půdotvorné procesy, na přeměny organické hmoty v půdě, růst vyšších rostlin i edafon. Půdní reakce může být kyselá a je typická v oblastech s vyššími srážkami. Při vyšším podílu srážek dochází k vymývání velkého množství bazických iontů jako třeba Ca^{+2} nebo Mg^{+2} . Naopak alkalickou reakci půdy naměříme v oblastech semiaridních a aridních, kvůli velkému stupni nasycení bázemi. Nejvíce je půdní reakce závislá na obsahu disociovaných iontů vodíku (Šarapatka, 1996).

Půdní reakce se značí hodnotou pH. pH je záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Kyselejšími půdami bývají hlavně půdy lesní. pH velmi výrazně ovlivňuje další půdní vlastnosti (Kolektiv autorů, 2009). Při změnách pH od kyselejšího k zásaditému se mění poměr mezi H^+ ionty a OH^- ionty. U kyselého pH převažují volné H^+ ionty (Kutílek, 2012).

Reakce půdy se měří od hodnoty 0 do hodnoty 14. pH 7 představuje neutrální reakci. Pokud je hodnota pH nižší než 7, pak je reakce kyselá a pokud je pH vyšší než 7, je reakce zásaditá (Vopravil et al., 2009). Reakce půdy má dvojí dělení, na reakci aktivní, kde se hodnota pH stanovuje výluhem vody nebo vodní suspenzí a na reakci výměnnou, která se stanovuje výluhem neutrálních solí nebo jejich suspenzích. Zmíněné soli jsou KCl a CaCl_2 (Vopravil et al., 2009; Kolektiv autorů, 2009).

Půdní reakce ovlivňuje nejen řadu procesů a pochodů jako je růst rostlin, složení mikrobiálních společenstev, rozpustnost a dostupnost prvků, pedogenezi, ale je i ukazatelem degradace půdy. Při acidifikaci půdy dochází ke snižování pH. Hlavní příčinou acidifikace jsou kyselé deště a nevhodné používání minerálních hnojiv (Vopravil et al., 2009).

Sledování pH je důležité u opuštěných důlních děl a skládek, které jsou po sanaci. Hodnotou pH se kontroluje množství těžkých kovů a jejich mobilizace (Kopackova et al., 2012).

4. Půdní druhy, půdní typy a půdní horizonty

4.1. Půdní druhy, půdní typy

Půdní druh se vyjadřuje zrnitostním složením půdy (Vopravil et al., 2009). Půdní typ je přírodním útvarem, který se vytvořil působením půdotvorných faktorů na matečnou horninu nebo substrát (Vráblíková et al., 1994). Je také základní taxonomickou jednotkou při genetické klasifikaci půd (Němeček et al., 1990) Jako půdní typ označujeme skupinu půd, které jsou charakterizované obdobnými morfologickými a analytickými znaky. Půdní typy vznikají a vyvíjí se působením stejných nebo podobných půdotvorných faktorů a mají určitou kombinaci diagnostických horizontů (Němeček et al., 1990; Vopravil et al., 2009; Vráblíková et al., 1994). Podle půdních horizontů tedy určujeme půdní typ (Vráblíková et al., 1994).

Vznik půdního typu ovlivňuje půdotvorný substrát, klima, vegetace a topografie (Brady 1974, Bradshaw, 1997; Němeček et al., 1990; Vopravil et al., 2009). V půdních typech se ale také vyskytují určité odchylky, které pak vymezují nižší taxonomické jednotky zvané subtypy. Subtypy jsou vytvářeny nejen základními pochody, ale probíhají v nich i další procesy, díky nimž se vytvoří přechod k jinému půdnímu typu (Vráblíková et al., 1994).

Půdní profil je svislým řezem půdou a je tvořen souborem horizontů. Půdní horizonty určují půdní profil svým uspořádáním, počtem a mocností. Z půdního profilu odhadneme vývoj půdy. Půdní profil se vytváří z matečné horniny mechanickým, chemickým a biologickým zvětráváním (Smolíková, 1988). Ale ne v každém půdním profilu nalezneme všechny horizonty. Důvodem může být to, že se horizont ještě nevyvinul kvůli působení místních podmínek, jako je například špatné odvodnění. V některých případech může být i horizont zničen. Například při orbě zemědělské půdy, kdy jsou horizonty tenké (Brady, 1974).

Půdní typy uvedené v abecedním pořadí s vybranými charakteristikami podle Vopravila (Vopravil et al., 2009):

Atropozem

Antopozem je typ půdy, který je zcela uměle vytvořen člověkem. Tuto půdu tvoří nakupené substráty získané buď těžební, nebo stavební činností. Pedogenezi antropozemě ovlivňuje materiál, ze kterého vznikly a také rozložení tohoto materiálu v profilu. Důležitým faktorem antropozemě je rekultivace. Nejtypičtější příklad vzniku je rekultivace míst po povrchové těžbě uhlí. Antropozem vzniká skrývkou materiálu nad uhelnou slojí. Tento materiál je následně vysypán na výsypky. Pokud má vhodné chemické a fyzikální vlastnosti, může být ihned rekultivován.

Černice

Černice je typ půdy, která je typická v nižších polohách. Jsou to půdy ovlivněné vodou bohatou na kationty alkalických zemin. Mají hluboký humózní horizont. Matečným substrátem těchto půd jsou silně vápnité nivní uloženiny, někdy i zvětralinny slínovců. Profil bývá hodně nasycený vodou. pH bývá neutrální až slabě zásadité.

Černozem

U nás je to jedna z nejurodnějších a nejhojnějších půd. Černozem je nejvíce rozšířena v nejsušších a nejteplejších oblastech. Matečným substrátem tohoto typu jsou převážně spraše, někdy zvětralinny slínovců, vápnité terciérní jíly nebo písky. pH bývá neutrální.

Fluvizem

Fluvizemě se vyskytují v ČR hlavně v nížinách. Zaujímají větší plochy. Matečným substrátem tohoto typu půdy bývají nivní uloženiny. pH bývá slabě kyselé.

Glej

Glejové půdy se vyskytují po celém území ČR. Hlavně v nivách vodních toků. Půdotvorným substrátem jsou nivní nevápnité uloženiny a deluviální uloženiny. pH je u tohoto typu půdy silně kyselé.

Hnědozem

Hnědozem nalezneme v nižších polohách pahorkatin nebo na okrajových částech nížin. Matečným substrátem tohoto typu půdy je hlavně spraš a sprašová hlína. pH bývá slabě kyselé.

Kambizem

Kambizem u nás patří k nejrozšířenějším typům půdy. Najít bychom ho mohli v pahorkatinách, vrchovinách, ale i horách. Substrátem bývají horniny skalního typu, jako je žula, rula, svor, fylit a další. Naměřené pH bývá slabě kyselé až kyselé.

Koluvizem

Koluvizem vzniká akumulací erozních sedimentů ve spodních částech svahu a v terénních depresích. pH je u tohoto typu půd kolísavé. Nejsou dosud zmapovány.

Kryptopodzol

Tento typ půdy nalezneme hlavně na horách. Matečným substrátem jsou převážně zvětralinové kyselých hornin, hlavně metamorfovaných hornin a vyvřelin. pH těchto půd bývá hodně zásadité, limitujícím faktorem je také toxicita Al a vysoký obsah amorfního Al a Fe.

Kultizem

Kultizem vzniká díky přímému působení člověka. Jsou to půdy, kde dochází k melioračním zásahům.

Litozem

Tyto půdy jsou ve stádiu počátečního vývoje. Nalezneme je na místech, kde leží skalní podloží těsně pod povrchem. Matečným substrátem jsou tedy rozpady hornin.

Organozem

Dříve se organozemě označovaly jako rašelinná půda. V místě výskytu půd je nízká teplota, zamokření a kyselé pH. Proto tato půda nemá biologickou aktivitu a nedochází v ní k rozkladným a humifikačním procesům. pH tohoto typu půd je velmi kyselé.

Parendzina

Parendzina vzniká rozpadem zvětralých vápenitých břidlic, pískovců, dále také z čedičů a jejich pyroklastik. pH naměříme převážně zásadité.

Pelozem

Pelozemě můžeme najít na zvětralinových horninách. Tyto zvětralinové horniny jsou tvořeny převážně druhotnými jílovými minerály.

Podzol

Podzolové půdy dělíme na dva druhy. Prvním z nich jsou horské podzoly, jejichž půdotvorným substrátem jsou zvětralinové žuly, ruly, svorů, pískovců a dalších. Druhým druhem jsou podzoly nížinné, jejichž substrátem jsou pískovce, naváté písky a štěrkopísky. pH je silně kyselé.

Pseudoglej

Pseudoglej nalezneme ve středních výškových polohách, hlavně na plošinách nebo v depresích. Matečným substrátem tohoto typu jsou hlavně sprašové hlíny, hlinité a jílovité ledovcové uloženiny, smíšené svahoviny, jíly a odvápněné slínovce. pH těchto půd je kyselé až silně kyselé.

Ranker

Typ ranker patří mezi půdy slabě vyvinuté. Matečním substrátem jsou kamenité až balvanovité svahové uloženiny nekarbonátových hornin, které kryjí příkřejší svahy a jejich úpatí.

Regozem

Tento typ půd najdeme hlavně v nižších polohách. Matečním substrátem jsou půdy extrémně chudé na minerály, písčité sedimenty. Tyto půdy mají pH slabě kyselé až kyselé.

Rendzina

Půdotvorným substrátem tohoto typu půd jsou silně karbonátové horniny - na vápencích a dolomitech.

Šedozemě

Tento půdní typ je velmi málo zastoupen. Půdotvorným substrátem je hlavně spraš.

Snonice

Tento typ půdy nalezneme pouze na severočeské hnědouhelné pánvi.

Stagnoglej

Tento typ nalezneme v bezodtokých nížinách a depresích. Zde se periodicky shromažďuje srážková voda. pH bývá kyselé až silně kyselé.

4.2. Půdní horizonty

Jako genetické půdní horizonty označujeme ohraničená pásma, která vznikla z matečné horniny půdotvornými pochody. Jednotlivé horizonty se od sebe liší morfologickými znaky jako je barva, skladba, zrnitost, obsah humusu dalšími vlastnostmi. Kromě těchto znaků můžeme u horizontů zjistit ještě další vlastnosti například reakci půdy (pH) nebo třeba obsah uhličitánů (Smolíková, 1988). Pořadí genetických horizontů charakterizuje půdu (Brady, 1974).

V některých horizontech nalezneme dobře odlišitelná pásma, která jsou označována jako půdní subhorizonty. Vlastnosti jednotlivých subhorizontů označujeme číslicemi a písmeny (Smolíková, 1988).

Pro popis horizontů používáme značky, kterými jsou písmena ze začátku abecedy (Vráblíková et al., 1994). Nejlépe jsou horizonty rozlišitelné při nadbytku vody (Brady,

1974). Toto označení bylo zavedeno pro jednoduchost. Půdní horizonty značíme A, B, C. Mezi základní horizonty, které rozlišujeme, řadíme horizont A, který představuje nejsvrchnější část půdního profilu a je obvykle obohacen humusem. V tomto horizontu můžeme pozorovat největší biologickou aktivitu. (Smolíková, 1988) Dochází zde také k vyluhování a tím k eluviaci (Brady, 1974). Dalším horizontem je horizont B. V tomto horizontu se zadržují a hromadí vyluhované a proplachované látky z horizontu A. Dochází v něm tedy k iluviaci (Smolíková, 1988). Hromadí se zde hlavně oxidy železa, hliníku a silikátových jíílů. V suchých oblastech můžeme v tomto horizontu nalézt uhličitán vápenatý, síran vápenatý a další soli. Ty se hromadí v dolní části horizontu B (Brady, 1974). Horizont C představuje matečnou horninu neboli výchozí substrát nebo zvětralinu matečné horniny (Smolíková, 1988). Jde o nezpěvněný materiál, který je základem horizontů A a B. Nedochází zde k žádné biologické aktivitě. Postupným zvětráváním a erozí se může stát horní vrstva toho horizontu součástí horizontu B (Brady, 1974). Jako horizont D označujeme horninu, která leží v bezprostředním podloží horizontu C, ze kterého vzniká půda. Tento horizont se nepodílí přímo na tvorbě půdy (Smolíková, 1988). Nad horizontem A nalezneme ještě vrstvu označovanou jako O. Jde o organický horizont, který vzniká z uhynulých rostlin a živočichů. Vyskytuje se hlavně v zalesněných oblastech, ale u zemědělsky využívané půdy chybí (Brady, 1974).

Každý horizont je členěn na několik částí, které se nazývají subhorizonty. U horizontu O nalezneme dva subhorizonty označované O1 a O2. Liší se v tom, že v subhorizontu O1 můžeme rozpoznat pouhým okem zbytky rostlinného a živočišného materiálu (Brady, 1974). Tento subhorizont je spíše označován jako fermentační subhorizont, označovaný zkratkou Oe (Frouz, 2008). V subhorizontu O2 rozlišitelné tyto zbytky nejsou. Horizont A se skládá ze 3 typů subhorizontů A1, A2 a A3, přičemž subhorizont A3 může někdy chybět. Subhorizont A1 je nejsvrchnější subhorizont a obsahuje příměsi organické hmoty. Dochází zde k vyluhování oxidů železa a hliníku. Horizont B má taktéž 3 subhorizonty. B1 může někdy chybět. B2 je zónou maximální akumulace jíílů a má vyšší obsah organických látek než subhorizont A2. B3 vytváří přechod mezi B2 a C (Brady, 1974).

Rozlišujeme 3 skupiny diagnostických horizontů. První z nich je skupina povrchových horizontů. Do této skupiny řadíme horizont iniciální, melanický, vyzrálý, antropický a rašelinový. Druhá skupina se nazývá podpovrchové horizonty a patří sem horizont kambický, luvický, podzolový, slancový a glejový. Třetí skupinu označujeme jako jiné diagnostické

horizonty. Do třetí skupiny patří horizont eluviální, pseudoglejový, solončakový a rubrikovaný (Vráblíková et al., 1994).

4.3. Význam půdních horizontů pro klasifikaci půd

V průběhu vývoje pedologie bylo potřeba sjednotit jednotlivé poznatky o půdě získané vědci všech států. Bylo potřeba sjednotit a utříbit chaotickou terminologii a zavést jednotný systém. Proto se zavedla jednotná terminologie, která je postavená na základní jednotce půdy, a to je půdní horizont (Harteming et al., 2013). Vlastnosti horizontů určují vlastnosti půdy. Zastoupení a pořadí horizontů určuje typ půd (Němeček et al., 1990; Vopravil et al., 2009; Vráblíková et al., 1994).

4.4. Faktory ovlivňující vznik a vývoj půdních horizontů

Půdní horizonty vznikají působením půdotvorných procesů. Půdotvorné procesy jsou pochody, které probíhají v půdním prostředí. Ovlivňují tok látek i energie a přeměnu látek. Mezi půdotvorné procesy patří například humifikace, ilimerizace, oglejení a další. Těmito procesy dochází k diferenciaci půdního profilu. K základním skupinám půdotvorných procesů řadíme nárůst hmoty, ztrátu hmoty, translokaci hmoty a transformaci látek (Vopravil et al., 2009).

K nárůstu hmoty může dojít buď obohacováním novým minerálním nebo organickým materiálem nebo salinizací. Ke ztrátě hmoty v půdní matici může docházet buď vyluhováním, erozí nebo desalinizací. K translokaci hmoty dochází několika procesy. Těmito procesy jsou eluviace, iluviace, dekalifikace a kalcifikace, ilimerizace, perturbace, podzolizace a laterizace. K transformaci látek dochází buď syntézou, humifikací, hnědnutím, rašeliněním, oglejením nebo glejizací. Některé výše uvedené procesy lze řadit do více skupin, neboť u nich dochází jak k transformaci, tak i k translokaci (Brady, 1974; Vopravil et al., 2009).

4.5. Vznik půdních horizontů na disturbovaných místech

Disturbovaná místa můžeme ponechat bez zásahu a počkat několik desítek let, až dojde k vytvoření půdních horizontů, nebo můžeme tvorbě nových horizontů pomoci úpravami.

Aby na disturbovaných lokalitách vznikly nové horizonty, je třeba zajistit vhodné podmínky jejich vzniku.

Tvorbě horizontů na výsypkách brání zhutnění půdy, ke kterému dochází vlivem těžké techniky, která vrství materiál. Proto se vrchní část provzdušňuje, a pokud se hned začne s vysazováním vegetace, kořenové systémy a následné oživení půdními organismy zabrání návratu do zhutněné formy (Bradshaw, 1983; Bradshaw 1997).

K zajištění podmínek pro tvorbu horizontů je zapotřebí oživit půdu. Oživení je úzce spojeno s rozvojem vegetace. K šíření rostlinných druhů je zapotřebí, aby v blízkosti byla zdrojová lokalita, ze které se budou šířit semena rostlin. Při výzkumu šíření rostlin se zjistilo, že jen málo z nich je uzpůsobeno šířit se na velké vzdálenosti. Aby se napomohlo osídlení vegetací na výsypkách, zakládají se ostrůvky vegetace, které pak slouží jako zdrojová oblast pro šíření do okolí. Další způsob, jak napomoci navrácení vegetace, je vytvoření atraktivních lokalit pro ptactvo. Důvodem je jejich schopnost šířit semena rostlin trusem (Bradshaw, 2000; Dobson et al., 1997). Ovšem i přes to je pro některé druhy kolonizace obtížnější, a to hlavně kvůli nedostatku živin nebo extrémním hodnotám pH, narušenému vodnímu režimu a dalším. (Ash et al., 1994; Novák et al., 2010).

Pokud se rostlinná vegetace uchytí a začne růst a šířit, vytvoří tak podmínky pro osídlení a rozvoj půdních organismů. Ty začnou rostlinný opad rozkládat a v půdě se objeví první živiny. Jako první z horizontů vzniká tedy horizont humusový (Bradshaw, 2000; Dobson et al., 1997).

U rekultivací je regenerace půdy a humusového profilu mnohem vyšší. Množství humusu značí úrodnost dané půdy. Sokolovská výsypka je složena z neogenních jíílů a nalezneme v ní určité množství pyritů. Výsypka je tedy mírně toxická a rekultivace je obtížnější (Abakumov et al., 2009).

Složení vegetace ovlivňuje kvalitu opadu a tím i vývoj půd. Například na Sokolovsku bylo ukázáno, že na plochách rekultivovaných výsypkou olší produkujících snadno rozložitelný opad dochází k rychlé tvorbě A horizontu. Je to dáno zejména intenzivní bioturbací činností žížal. Naproti tomu u ploch s hůře rozložitelným opadem, jako jsou například nereakultivované plochy porostlé směsí jívky, osiky a břízy, je bioturbace malá a dochází k hromadění polorozloženého opadu na povrchu půdy a tvorbě mohutné Oe vrstvy, zatímco vývoj A horizontu je pomalý (Frouz et al., 2001, 2007, 2008; Abakumov et al., 2009).

Tvorbu půdy a tedy půdních horizontů ovlivňuje prostorová heterogenita. Ta má vliv také na infiltraci vody a růst rostlin. Některé výsyvky jsou vytvořeny tak, že na jejich povrchu nalezneme vyvýšená (hřebeny) a propadlá místa (deprese). Toto formování ovlivní nejen chemické a fyzikální zvětrávání, ale také rozšíření rostlinné vegetace (Frouz et al., 2011). Pokud srovnáme hřebeny a deprese z hlediska množství humusu, zjistíme, že v depresích je mnohem silnější vrstva humusu (Frouz, 2008). Na některých místech sokolovské výsyvky byla výška hřebenů naměřena až kolem 1m. Při výsadbě stromové vegetace může být nerovnost povrchu, a tím pádem odlišných vlastností, problém. Proto byl při výsadbě olší na sokolovské výsyvce povrch nejprve zarovnan (Abakumov et al., 2009).

Kromě přítomnosti vegetace je pro vývoj půdních horizontů důležitá přítomnost půdních organismů jako třeba žížal, jak bylo zmíněno výše. Exkrementy vylučované organismy obohacují půdu o další prvky a navíc tím dochází ke změně struktury půdních částic. Začnou se objevovat menší částice a díky pohybu organismů v půdě dochází k promíchávání organického materiálu do hlubších vrstev (Frouz et al., 2007).

Nejen oživení půdy má vliv na její vývoj, ale i další půdotvorné pochody jako eluviace, iluviace, ilimerizace nebo oglejení. U iluviace dochází k pohybu látek z jedné části půdního profilu do jiného. Naproti tomu je iluviace pohybem látek do určité části půdního profilu. Ilimerizace je proces, kdy dochází k mechanické migraci malých minerálních částic ze svrchního horizontu do spodních vrstev půdy. Při oglejení se hromadí železo při střídání oxidačních a redukčních pochodů. (Němeček et al., 1990; Vopravil et al., 2009).

4.6. Tvorba nových půd navážením horizontů – výhody a úskalí

Navážením zeminy vznikají buď antropozemě nebo technozemě. Antropozemě vznikají tak, že se navrství materiál získaný při těžbě. Na tomto materiálu dochází k samovolnému vývoji půd. Druhou možností je na povrch výsyvky navrší vrstvu zúrodnitelné zeminy. Kromě samovolného vývoje půd je možno vývoj půd urychlit navezením jedné nebo více půdních vrstev, které pak mohou představovat horizonty takto vzniklé technozemně. Této metody se využívá při zemědělské a lesnické rekultivaci. Navážený materiál lze získat z těžební nebo stavební činnosti. Zákon o ochraně půdního zemědělského fondu totiž ukládá při těžbě nerostných surovin provést skrývku zúrodnitelné zeminy (Bradshaw, 1983; Bradshaw, 1997; Vopravil et al., 2009; zákon 334/1992 Sb). Jednou z výhod při tvorbě antropozemí je její jednoduchost nebo také menší finanční nákladnost a pochopení vztahů mezi složkami ekosystému. Výhodou může být i to, že se na nově tvořených horizontech v

průběhu jejich vývoje mohou objevit druhy zajímavé, vzácné, které se nikdy v této lokalitě nevyskytovaly před těžbou. Mohou vzniknout unikátní společenstva. Nevýhodou je čas, než se obnoví původní funkce krajiny, trvá to dlouho. Stinná stránka je, že vlivem fyzikálních a chemických vlastností nově vznikajících půd je náročné pro některé druhy tuto lokalitu kolonizovat. Zvláště, pokud je nově vznikající horizont kontaminován toxickými látkami. U sokolovských výsypce je velká nevýhoda výskyt pyritů, které když zoxidují, způsobují okyselení půdy. Nevýhodou tvorby technozemí je její finanční náročnost. Zemina na tvorbu lesnické a zemědělské rekultivace se musí odněkud dovést, navršit a upravit. Někdy musí být do zeminy přidána hnojiva. Výhodou je to, že rekultivací ovlivníme, jaký porost v daném území bude a také to, že navrácení původní funkce krajiny je rychlejší. Ale i přes všechny snahy obnovit krajinu nemusí mít nově vzniklá půda stejné vlastnosti jako před těžbou, a tím může dojít ke ztrátě druhů, které se zde původně nacházely. Zvláště pokud byla krajina před těžbou tvořena hlavně lesním společenstvím a po rekultivaci byla část krajiny přetvořena na zemědělskou půdu nebo rekreační oblast (Abakumov et al., 2009; Ash et al., 1994; Bradshaw, 1983; Bradshaw, 1997; Dobson et al., 1997; Garrigues et al., 2012; Harteming et al., 2013).

5. Praktická část

5.1. Úvod

Jak bylo vysvětleno výše, vývoj půdních horizontů je důležitým ukazatelem, v jakém vývojovém stádiu se půda nachází. Prvním měřením bylo změření humusového horizontu a druhým měřením bylo zjištění hodnoty pH odebraných vzorků půdy. Obě vlastnosti jsou důležité z hlediska porovnání vývoje půdních horizontů. Půdní reakce nám totiž může napovědět, v jakém stádiu vývoje se půda nachází, nebo zda se v půdě nachází těžké kovy. Cílem je zjistit, jak vývoj půdního horizontu probíhá a jestli existuje vztah mezi hodnotou pH a vrstvou humusového horizontu.

5.2. Metodika

Praktická část byla provedena v terénu na výsypce v sokolovské uhelné pánvi a část byla provedena v půdní laboratoři na ÚŽP. Prvním měřením bylo změření humusového horizontu (horizontu A) a fermentační vrstvy (vrstva 0e). Pro druhé měření bylo potřeba odebrat vzorky a místa odběru zaznamenat pomocí GPS.

Výzkum probíhal na Podkrušnohorské výsypce nedaleko městečka Vintřov u Sokolova. Zde probíhala dlouhodobá těžba hnědého uhlí. Výsypka je pojmenovaná podle

tohoto městečka Vintířov. Tato byla rekultivována a aby se zjistilo, v jakém stádiu vývoje jsou půdní horizonty, provedla jsem domluvená měření.

V oblasti podkrušnohorské výsypky se naměřené průměrné roční srážky pohybují kolem 650mm, ve vegetačním období se množství srážek pohybuje něco málo přes 400 mm. Naměřená průměrná roční teplota dosahuje 6,8 °C, ve vegetačním období 13 °C. Tato oblast je charakteristická velkým počtem zamračených dnů s velkou oblačností a výskytem mlh (Štýs, 1981). Výsypka je tvořena terciálními jílovými horninami. Část výsypky je tvořena vlnovitě a obsahuje deprese a hřebeny, některé části výsypky byly srovnány zemní technikou (Frouz et al., 2005; Frouz, 2008; Mudrák et al., 2010).

Plocha dotčená těžbou přesahuje 9000 ha. Na většině je provedena lesnická rekultivace (Mudrák et al., 2010) Z dřevin dominovala olše, byly zde však i pásy smrku a místy se vyskytoval buk.

Terénní měření

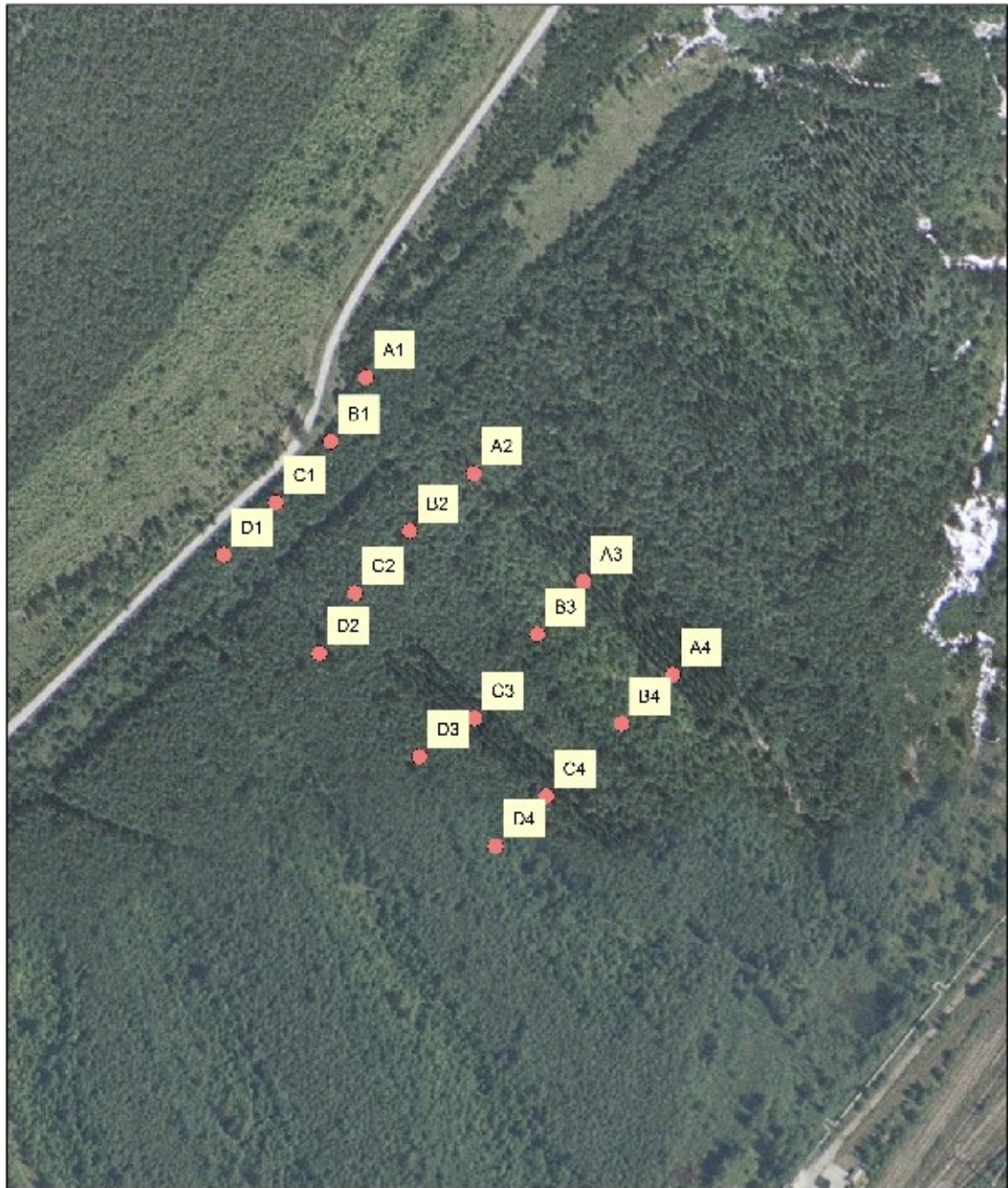
Na výsypce v sokolovské uhelné pánvi jsem si vykopala část zeminy, abych mohla změřit metrem hloubku humusového horizontu a fermentační vrstvy. Tu jsem změřila na třech místech vytvořeného půdního profilu a vypočítala průměr. Místo výkopu jsem zaznamenala pomocí GPS. Z naměřených dat jsem v laboratoři GIS vytvořila mapy. Mapa 4.1. znázorňuje místa odběru a jejich označení. Po změření vrstev jsem odebrala vzorky půdy do igelitových pytlíků. Celý tento postup jsem provedla na celkem 16 místech.

Laboratorní měření

Odebrané vzorky jsem po návratu nechala proschnout a poté si je v půdní laboratoři připravila na měření pH. Vzorky byly suspendovány v destilované vodě 1:5 a nechány odstát přes noc a zfiltrovány. Poté jsem elektronickým pH metrem změřila pH jednotlivých vzorků.

Mapa odběru vzorku

měřeno listopad 2012
vypracovala Lichnerová Jana

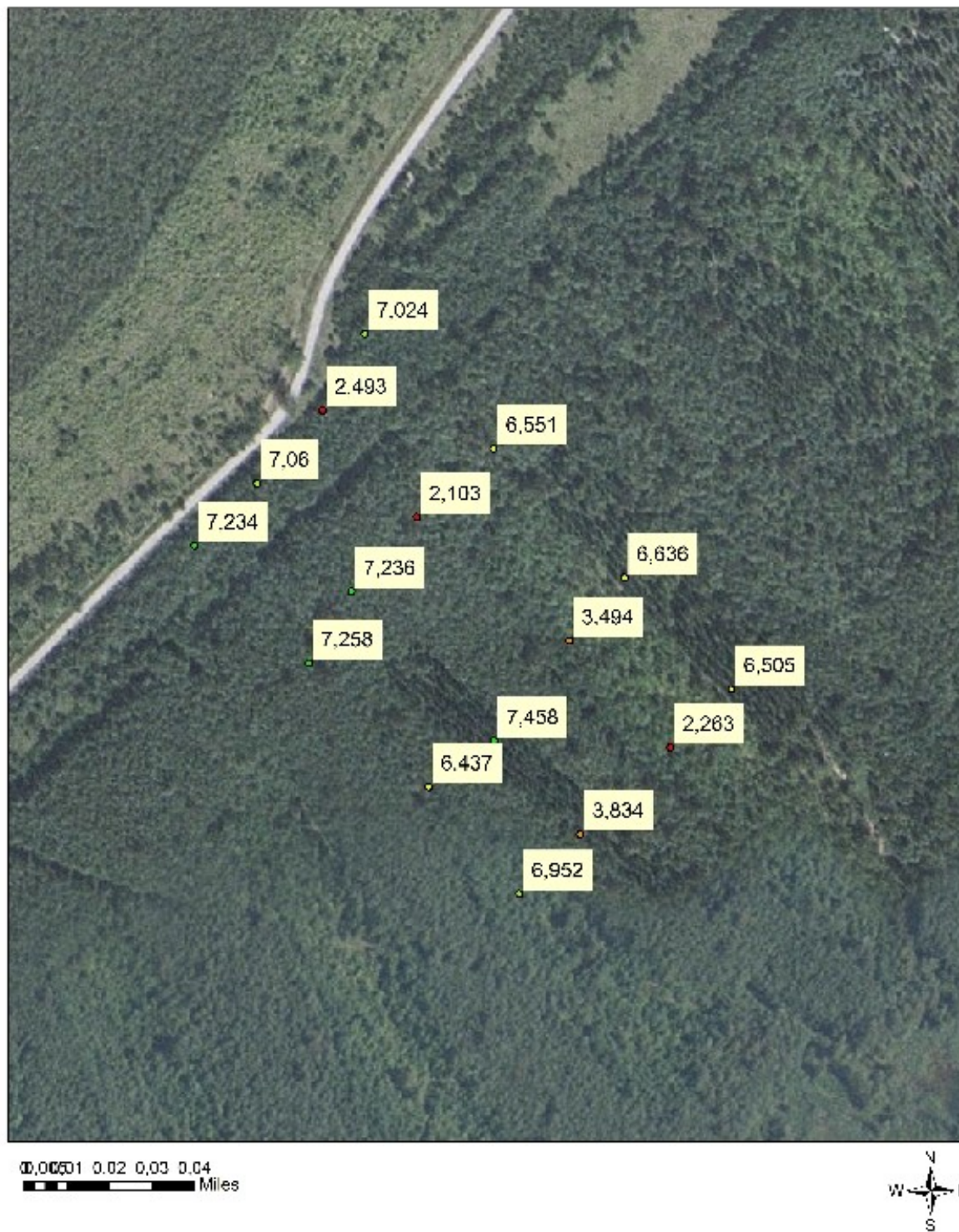


0 0,0075 0,015 0,03 0,045 0,06
Miles



Rozložení pH na výsypce Sokolov

měření listopad 2012
vypracovala Lichárová Jana



5.3. Výsledky a diskuse

Tab. 4.1.. Velikost humusového horizontu a fermentační vrstvy a velikost pH

Lokalita	A(cm)	Oe(mm)	pH
A1	10	0,16	7,024
A2	5,33	1	6,551
A3	2	1	6,636
A4	2	2	6,505
B1	10	0,16	2,493
B2	15	4	2,103
B3	2,33	2,67	3,494
B4	1	1	2,263
C1	10	0	7,06
C2	15	0	7,236
C3	0	10	7,458
C4	1,66	3	3,834
D1	10	1	7,234
D2	15	1	7,258
D3	1,66	4,5	6,437
D4	1,66	1	6,952

Z dřívějších výzkumů se zjistilo, že humusový horizont se pod různými stromy liší. Také hodnota pH byla pro každý druh stromu odlišná. Dominantní druh dřevin výrazně ovlivňuje kvalitu a množství humusu. Tvorba humusové vrstvy pod smrkem je v porovnání

množství humusu pod olší mnohem menší. Malý vliv mají stromy na vývoj hodnot pH. (Šnajdr et al., 2013; Mudrák et al., 2010).

Mé výsledky dřívější výsledky o tom, že se humusové horizonty pod jednotlivými druhy stromů liší, potvrdily. Pod listnatými dřevinami byl humusový horizont lépe vytvořen než pod jehličnatými dřevinami. Humusový horizont je málo vyvinut u bodů A3, A4, C3 a C4, důvodem je právě přítomnost jehličnatých stromů. Pod nimi je tvorba humusu jiná. Tvoří se od zemského povrchu nahoru a není promícháván do spodních vrstev. Navíc opad z jehličnatých stromů je mnohem menší než u listnatých, takže není pro vznik humusu třeba tolik materiálu. Linie bodů A1,B1,C1 a D1 má velmi silně vyvinut humusový horizont. Nejsilněji má vyvinutý humusový horizont linie bodů B2,C2 a D2 což by nasvědčovalo tomu, že tato linie bodů leží v depresi. Ve skutečnosti ale neleží. Mnohem níže jsou položeny linie bodů D4, C4 a B4. Linie bodů B1 až B4 má velmi kyselé pH, to by nasvědčovalo, že linie těchto bodů leží v depresi, z naměřených hodnot GPS je patrné, že část této linie opravdu leží níže než jiné body. Ve zkoumané oblasti převažuje neutrální pH i přesto, že jsem v některých půdních profilech našla jílové břidlice, které by měly pH posunout k hodnotám zásaditého pH. Z výsledků je patrné, že hodnoty pH nezávisí na velikosti humusového horizontu.

6. Závěry:

Literární údaje ukazují, že vývoj humusového (A) horizontu je nejvíce ovlivněn vývojem vegetace, podložím, klimatem a topografií terénu. Podle literatury je vývoj A horizontu rychlejší pod listnatými stromy Výsledky mé terénní studie to potvrzují, nejrychlejší vývoj A horizontu jsem zaznamenala pod olší a nejpomalejší pod smrkem

7. Literatura:

- Ash H.J., Gemmel R.P., Bradshaw A.D., 1994. The introduction of native plant species on industrial waste Caps: a test of immigration and other factors affecting primary succession, *Journal of Applied Ecology* 31: 74-84
- Abakumov E.V., Frouz J., 2007. Evolution of the Soil Humus Status on the Calcareous Neogene Clay Dumps of the Sokolov Quarry Complex in the Czech Republic, *Eurasian Soil Science* Vol. 42, No. 7: 718–724
- Bradshaw A., 1983. The reconstruction of ecosystems, *Journal of Applied Ecology* 20: 1-17
- Bradshaw A., 1997. Restoration of mined lands—using natural processes, *Ecological Engineering* 8: 255–269
- Bradshaw A., 2000. The use of natural processes in reclamation v advantages and difficulties, *Elsevier - Landscape and Urban Planning* 51: 89-100
- Brady N., 1974. *The nature and properties of soils*, Macmillan Publishing CO., INC. New York
- Dobson A.P., Bradshaw A.D., A. J. M. Baker, 1997. Hopes for the Future: Restoration Ecology and Conservation Biology, *Science* vol. 277
- Frouz J., Pöpperl J., Přikryl I., 1999. Návrat přírody do krajiny poznamenané těžbou uhlí, *Sokolovská uhelná*
- Frouz J., Nováková A., 2005. Development of soil microbial properties in topsoil layer during spontaneous succession in heaps after brown coal mining in relation to humus microstructure development, *Geoderma* 129: 54– 64
- Frouz J., Pižl V., Tajovský K., 2007. The effect of earthworms and other saprophagous macrofauna on soil microstructure in reclaimed and un-reclaimed post-mining sites in Central Europe, *European Journal of Soil Biology* 43: 184-189
- Frouz J., Prach K., Pižl V., Háněl L., Starý J., Tajovský K., Materna J., Balík V., Kalčík J., Řehouňková K., 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites, *European journal of soil biology* 44: 109–121

- Frouz. J, 2008. The effect of litter type and macrofauna community on litter decomposition and organic matter accumulation in post-mining sites, *Biologia* 63/2: 249–253,
- Frouz J., Kalčík J., Velichová V., 2011. Factors causing spatial heterogeneity in soil properties, plant cover, and soilfauna in a non-reclaimed post-mining site, *Ecological Engineering* 37: 1910– 1913
- Garrigues E., Corson M.S., Angers D.A., van der Werf H.M.G., Walter Ch., 2012. Soil quality in Life Cycle Assessment: Towards development of an indicator, *Ecological Indicators* 18: 434–442
- Hartemink A.E., Bockheim J.G., 2013. Soil genesis and classification, *Catena* 104: 251–256
- Jakrlová J., Pelikán J., 1999. *Ekologický slovník*, nakladatelství Fortuna Praha
- Jonáš F., 1975. Určení způsobů rekultivace a tvorba nových půd na výsypkách v severočeském uhelném revíru, Výzkumný ústav meliorací
- Kolektiv autorů, 1994. Kolektiv autorů. 2009. Půda v České republice, pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult Praha
- Kopackova V., Chevrel S., Bourguignon A., Rojik P., 2012. Mapping hazardous low-pH material in mining environment: multispectral and hyperspectral approaches, *International Symposium on Geoscience and Remote Sensing IGARSS*, 2695-2698
- Kutílek M., 2012 *Půda planety Země*, nakladatelství Dokořán
- Mudrák O., Frouz J., Velichová V., 2010. Understory vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands, *Ecological Engineering* 36: 783–790
- Němeček J., Smolíková L., Kutílek M., 1990. *Pedologie a paleopedologie*, Academia Praha
- Novák P., Vopravil J., Lagová J., 2010. Assessment of the Soil Quality as a Complex of Productive and Environmental Soil Function Potentials, *Soil & Water Res.*, 5 (3): 113–119
- Prach K., 1996. *Úvod do vegetační ekologie*, vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ministerstvo životního prostředí
- Řehounek J., Řehounková K., Prach K., 2010. *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*, Calla,

- Sekhohola L.M., Igbini E.E., Cowan A.K., 2013. Biological degradation and solubilisation of coal, *Biodegradation* 24: 305–318,
- Starý, J. – Kavina, P. – Vaněček, M. – Šitenský, I. – Kotková, J. – Hodková, T. (2010): Raw Material Resources of ČR. Mineral Raw Materials (statistical data till 2009). – Geofond Praha. (489 pp.)
- Smolíková L., 1988. Pedologie I, Státní pedagogické nakladatelství Praha
- Thiele-Bruhn S. et al., 2012. Linking soil biodiversity and agricultural soil management, *Environmental Sustainability* 4: 523–528
- Šarapatka B., 1996. Pedologie, Vydavatelství Univerzity Palackého Olomouc
- Šnajdr J., Dobiášová P., Urbanová M., Petránková M., Cajthaml T., Frouz J., Baldrian P., 2013. Dominant trees affect microbial community composition and activity in post-mining afforested soils, *Soil Biology & Biochemistry* 56: 105-115
- Štýs S. a kolektiv, 1981. Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin, SNTL Nakladatelství technické literatury, Praha
- Štýs S., 1990. Rekultivace území devastovaných těžbou nerostů, Nakladatelství technické literatury Praha
- Štýs S., 1996. Zelené plíce černého severu, Severočeské doly a.s. Chomutov
- Valášek V., Chytka L., 2009. Velká kronika o hnědém uhlí – Minulost, současnost a budoucnost těžby hnědého uhlí v severozápadních Čechách, G2 studion s.r.o.
- Vopravil J. a kolektiv, 2009. Půda a její hodnocení v ČR I.díl, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha
- Vráblíková J., Slavík J., 1994. Základy pedologie a ochrany půdního fondu, Nadace Univerzitního střediska životního prostředí
- zákon č. 44/1988 Sb.
- zákon č. 334/1992 Sb

Internetové zdroje:

- www.mzp.cz (dostupná naposledy 2.8. 2013)
- www.geofond.cz (dostupný naposledy 2.8. 2013)
- www.wikipedia.cz (dostupný naposledy 2.8. 2013)