

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie



ELEMENTÁRNÍ PŮDNÍ AREÁL STARÝCH MILÍŘIŠŤ

ESA of the old charcoal kiln

Diplomová práce

Bc. Kristina Macounová

Praha 2017

Vedoucí magisterské práce: RNDr. Luděk Šefrna, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze,

Podpis



Obr. č. Milíře, jižní Francie počátek 20. století, převzato z publikace „La Foret Landaise“ (Roček 2015).

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce RNDr. Luděkovi Šefrnovi, CSc. za pomoc při tvorbě práce, za dobré rady a náměty k vylepšení. Stejně tak i za jeho trpělivost, shovívavost a neustálé povzbuzování. Děkuji také Matějovi Heřmanovi za pomoc v Brdech při odběru vzorků a své rodině a kamarádům za důvěru a podporu.

Zadání diplomové práce

Název práce:

Elementární půdní areál starých milířišť

ESA of the old charcoal kiln

Cíle práce:

Prozkoumat a odebrat půdní vzorky z lokality starých milířišť, které byly již dříve studovány paleoantrakologicky. Na základě srovnávací studie půdních znaků a některých analytických hodnot zjistit, zda a jak se půdy změnil. Výsledky porovnat s obdobnými studiemi o půdách terra preta v Amazonii.

Naše hypotéza předpokládá, že u půd obohacených černým uhlíkem bude patrné celkové zlepšení fyzikálních a chemických vlastností.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Výčet základních metodických přístupů, použitých pro úspěšné naplnění cílů, vymezení zájmového území, případně stanovení hlavních datových zdrojů.

Datum zadání:

Jméno studentky: Kristina Macounová

Podpis studentky:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Luděk Šefrna, CSc.

Podpis vedoucího práce:

Abstrakt:

Hlavním tématem této diplomové práce je hodnocení černého uhlíku v půdě. Odběr vzorků půdy byl uskutečněn v Brdech, v místech, kde se nacházejí pozůstatky po milířích ze 17. – 18. století. Práce obsahuje rešerši pojednávající o uhlíku v půdě, historii pálení dřevěného uhlí a celkovou charakteristiku dané lokality, kde probíhala terénní měření. Součástí práce je i popis vlastního měření. Výsledky ukázaly, že při srovnání původních lesních půd s půdami obohacenými černým uhlíkem došlo ke změnám ve fyzikálních a chemických vlastnostech. Z daných výsledků u půd obohacených černým uhlíkem odebraných pod bukem bylo naměřeno pH okolo 4,7, u půd pod smrkem bylo pH průměrně 3,7. U původních půd odebraných pod bukem bylo naměřeno pH přibližně o 1 kyselejší a u smrku o 0,3 kyselejší. Objemová hmotnost u původních půd dosahovala průměrně $1,28 \text{ g/cm}^3$ a u půd obohacených černým uhlíkem klesla na průměr $0,68 \text{ g/cm}^3$.

Klíčová slova: milíř, Brdy, černý uhlík, elementární půdní areál

Abstract:

The topic of this dissertation is the assessment of the black carbon in the soil. The soil samples were collected in the Brdy area. Relics of charcoal kilns from the 17th – 18th centuries occur there in some places. A part and parcel of this paper is the literature search of the black carbon in the soil, of the history of burning charcoal and of the general characterization of the site where the terrain measurements were in progress. The measuring specification is a part of this paper, too. The results showed changes of physical and chemical characteristics between original forest soils and soils enriched by the black carbon. These soils in the beech forest showed approximately pH 4,7, while soils in the spruce forest showed pH 3,7 on the average. Original soils in the beech forest were more acid by 1 pH unit, and the original soils in the spruce forest were by 0,3 pH more acid. The bulk density of the original soils was $1,28 \text{ g/cm}^3$ on the average, and the soils enriched by black carbon decreased to $0,68 \text{ g/cm}^3$ on the average.

Key words: coal kiln, Brdy, Black carbon, Elementary soil area

OBSAH

1 ÚVOD	11
2 REŠERŠE LITERATURY	12
2.1 ELEMENTÁRNÍ PŮDNÍ AREÁL	12
2.2 PEDON	12
2.3 POLYPEDON	13
2.4 UHLÍK	15
2.4.1 Zásoby uhlíku	15
2.4.2 Uhlík v půdě.....	17
2.4.3 Faktory ovlivňující rychlosti a procesy rozkladu	18
2.5 PŮDNÍ ORGANICKÁ HMOTA (SOM – SOIL ORGANIC MATTER)	19
2.5.1 Faktory ovlivňující organickou hmotu.....	22
2.5.2 Kvalita organické hmoty.....	23
2.6 ORGANICKÝ A ANORGANICKÝ UHLÍK.....	24
2.6.1 Organický uhlík	24
2.7 ČERNÝ UHLÍK (BLACK CARBON).....	26
2.8 HUMUS	28
2.9 PŮDNÍ REAKCE.....	29
2.9.1 Faktory ovlivňující půdní reakci.....	29
2.9.2 Význam reakce v lesních půdách.....	32
2.10 HISTORIE PÁLENÍ DŘEVĚNÉHO UHLÍ, MILÍŘE	33
2.10.1 Stavba milíře.....	34
2.10.2 Tepelný rozklad dřeva	36
2.10.3 Suchá destilace dřeva.....	36
2.10.4 Dřevěné uhlí.....	37
2.11 TERRA PRETA	38
2.12 INDIKÁTORY KVALITY PŮDY	42
2.13 MNOŽSTVÍ PŮDNÍ VODY – VLHKOST PŮDY	43
3 FYZICKO-GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	50
3.1 VYMEZENÍ ÚZEMÍ	50
3.2 DĚJINY OSÍDLENÍ A VÝVOJ KRAJINY	53
3.3 GEOLOGIE	54
3.4 GEOMORFOLOGIE	55
3.5 KLIMATICKÉ POMĚRY	55
3.6 HYDROLOGICKÉ POMĚRY	56
3.7 PŮDNÍ POMĚRY	57
3.8 VEGETAČNÍ CHARAKTERISTIKA	59
4 METODY VÝZKUMU A ZPRACOVÁNÍ DAT	60
4.1 VLASTNÍ MĚŘENÍ	60
4.2 ZPRACOVÁNÍ DAT	61
5 VÝSLEDKY	63
6 DISKUSE	76
7 ZÁVĚR	80
8 ZDROJE:	82

SEZNAM, OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek 1 - Pedon jako půdní individuum.....	13
Obrázek 2 - Pedony a polypedony.....	14
Obrázek 3 - Elementární soly a elementární půdní areál.....	14
Obrázek 4 - Zdroje zapojené do koloběhu uhlíku v Pg za rok	16
Obrázek 5 - Vliv nadmořské výšky na obsah celkového uhlíku	18
Obrázek 6 - Mapa obsahu humusu v půdách ČR	21
Obrázek 7 - Vliv přítomnosti uhlíku na kvalitu půdy.....	23
Obrázek 8 - Rozložení v profilech vybraných půdních typů.....	25
Obrázek 9 - Zásoba organického uhlíku v půdách	25
Obrázek 10 - Průměrné koncentrace a standardní odchylky BC.....	27
Obrázek 11 - Závislost výměnného pH půdy a významných pedologických charakteristik.....	31
Obrázek 12 - Roční průběh aktivní kyselosti v půdě na přesypových pískách	32
Obrázek 13 - Hradiště Plešivec	34
Obrázek 14 - Miliř připravený k pokrytí pláštěm ze smrkového chvojí a hlíny.....	35
Obrázek 15 - Typický profil terra preta.....	39
Obrázek 16 - Amazonská terra preta a půda chudá na živiny	40
Obrázek 17 - Pokles obsahu uhlíku v půdě	41
Obrázek 18 - Maximální vodní kapacita	43
Obrázek 19 - Typická objemová hmotnost některých půd a materiálů.....	46
Obrázek 20 - Česká republika	51
Obrázek 21 - Brdy	52
Obrázek 22 - Zájmové území	52
Obrázek 23 - Půdní mapa, Jince a okolí.....	58

Obrázek 24 - Milířiště v Brdech.....	61
Obrázek 25 - plošina milířiště s kupou mouru a uhlíků uprostřed	63
Obrázek 26 - Milířiště, bukový les.....	64
Obrázek 27 - Práce v Brdech, nalezené uhlíky.....	64
Obrázek 28 - Skeletovitost	65
Tabulka 1- Množství uhlíku na Zemi	16
Tabulka 2 - Rezervoáry uhlíku na Zemi.....	17
Tabulka 3 - Obsah C v hlavních složkách terestrického prostředí	20
Tabulka 4 - Průměrné hodnoty zásoby organické hmoty v jednotlivých vegetačních zónách.....	22
Tabulka 5 - Kritéria pro hodnocení půdní reakce pro lesní půdy	30
Tabulka 6 - Kategorie nakypřenosti podle objemové hmotnosti.....	46
Tabulka 7 - Přibližné limity hodnot objemové hmotnosti.....	47
Tabulka 8 - Stav horizontu u středně těžkých a těžkých půd	47
Tabulka 9 - Mezní hodnoty objemové hmotnosti redukované	47
Tabulka 10 - Hodnocení strukturního stavu humusového horizontu podle pórovitosti	49
Tabulka 11 - Hodnoty pórovitosti pro povrchové vrstvy kulturních půd.....	49
Tabulka 12 - Mezní hodnoty pórovitosti	50
Tabulka 13 - Průměrné hodnoty naměřených vzorků	74
Tabulka 14 - Medián hodnot naměřených vzorků.....	75
Tabulka 15 - Směrodatná odchylka hodnot naměřených vzorků	75
Tabulka 16 - pH naměřené pod bukem a smrkem.....	76

Graf 1 - Objemová vlhkost.....	66
Graf 2 - Krabicový graf - Objemová vlhkost - milířiště.....	67
Graf 3 - Krabicový graf - Objemová vlhkost - mimo milířiště	67
Graf 4 - Hmotnostní vlhkost.....	68
Graf 5 - Krabicový graf - Hmotnostní vlhkost - milířiště.....	68
Graf 6 - Krabicový graf - Hmotnostní vlhkost - mimo milířiště	69
Graf 7 - Objemová hmotnost.....	70
Graf 8 - Krabicový graf - Objemová hmotnost - milířiště.....	70
Graf 9 - Krabicový graf - Objemová hmotnost - mimo milířiště	71
Graf 10 - Pórovitost.....	72
Graf 11 - Krabicový graf - Pórovitost - milířiště.....	72
Graf 12 - Krabicový graf - Pórovitost - mimo milířiště	73
Graf 13 - Výška vody v profilu	73

1 Úvod

Půda je důležitou součástí života na Zemi. Je nepostradatelná pro lidskou činnost a existenci všeho živého. Plní mnoho funkcí. Její zničení může být velmi rychlé, ale její regenerace trvá velice dlouho. Dalo by se říct, že půda je v zásadě neobnovitelným zdrojem. V našich klimatických podmínkách 1 cm půdy vzniká přibližně 100 let a obnova celého půdního profilu může trvat 1 000 let, (Cenia, 13. 4. 2017).

Ročně degraduje vodní a větrnou erozí velké množství kvalitní půdy. Eroze je přirozený proces, ale z části je na některých místech aktivován lidskou činností (např. kácení lesů, špatné hospodaření apod.). Pokud člověk nebude pečovat o půdu, ztratí ji. Je tedy proto naprosto klíčové pochopit zákonitosti a procesy, které v půdě probíhají, zajistit půdě ochranu před negativními vlivy, a případně půdě pomoci zlepšit její fyzikální a chemické vlastnosti.

Není to tak dávno, co se lesní půdě nevěnovalo tolik pozornosti, kolik by zasloužila. Při pěstování lesních porostů se postupovalo většinou podle zkušeností. Nepřihlíželo se ke změnám, kterými lesní půda podléhá vlivem růstu lesních dřevin. Teprve saská škola, která zavedla do pěstování lesa moment nejvyššího využití půdní bonity pěstováním monokultur jehličnatých dřevin, se zasloužila o zvýšený zájem lesních hospodářů o lesní půdu. Až neúspěch lesní obnovy v praxi ukázal, jaký stěžejní význam má pro pěstování lesních porostů půda, (Němec 1954).

Historické stopy po činnosti člověka v krajině jsou záměrné a nezáměrné. Kuna a kol. (2005) rozdělil tyto „stopy“ na tzv. artefakty a ekofakty. Záměrně vytvořené, tedy artefakty, mohou být například nástroje, šperky, zbraně a další- vyrobené k určitému účelu, zatímco nezáměrně vytvořené, tzv. ekofakty jsou vedlejším produktem lidské činnosti, jako je například výrobní odpad, který se dostane do půdy, pozůstatky po pálení dřeva a podobně. Jedním takovým ekofaktem jsou i milířiště.

V milířích se dřevěné uhlí vyrábělo již od prehistorie. Brdy jsou jedna ze známých lokalit, kde se pozůstatky po milířích zachovaly. U obcí Jince a Čenkov (Brdy) se nacházejí pozůstatky starých milířů, které Bobek (2008) datuje do období 1730 – 1815. V lesích je dodnes možné najít na místech původních milířů zbytky uhlíků z pálení a antropogenní tvary reliéfu. Půda byla díky tomu obohacena o tzv. černý uhlík (black carbon). Je zajímavé zjistit, nakolik se tyto upravené půdy liší svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi od půd netknutých.

2 Rešerše Literatury

2.1 Elementární půdní areál

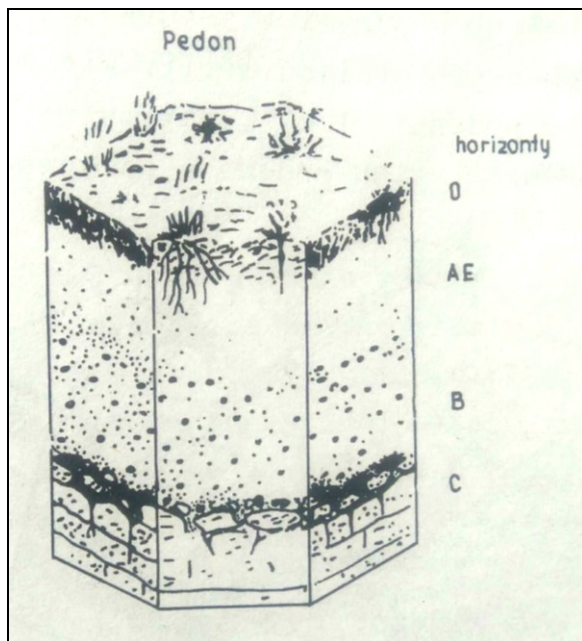
Vymezit elementární solum, elementární individuum, neboli elementární půdní těleso/jednotku, není jednoduché. Přechody a hranice mezi jednotlivými soly mohou být velice pozvolné, bez jasných a zřetelných dělicích linií, (Hynek, 1984). Nicméně, hranice mezi elementárními půdními areály existují. Rozanov (1975) tvrdí, že nejasná hranice je také hranice.

K vymezování hranic lze přistupovat dvěma způsoby. První způsob je formulovat definici hranice a vypracovat metody její identifikace v terénu. Dalším způsobem je definice elementárního solu a hranicemi jsou dělicí plochy mezi jednotlivými soly, (Hynek 1984).

V historii se mnoho pedologů snažilo o co nejpřesnější definici elementární půdní jednotky. Prasolov (1927) ji definoval jako: „nevelký prostor odkrytý zářezem“. Rode (1956) bral za elementární jednotku půdní hranol s nekonečně malým příčným řezem a uměle ho ohraničil na 1 dm^2 . Další, kdo se definováním půdního areálu zabýval, byl Cline (1949), který tuto jednotku definoval jako „nejmenší přírodní těleso se všemi vlastnostmi těles dané třídy a odpovídající nejnižší taxonomické úrovni“. Jenny (1958) ve své publikaci uvádí, že půda je složitou mozaikou, v které se projevuje určitá periodicitu dílčích částí. Stejně jako v mozaice, i v půdě se mnohokrát opakují půdní tělesa. Definoval tedy půdní jednotku jako soubor s periodicky se opakujícími vlastnostmi.

2.2 Pedon

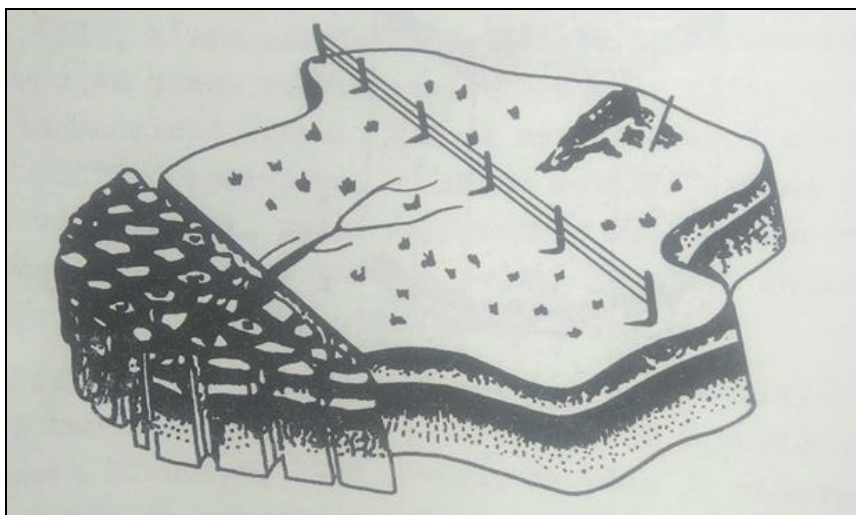
V půdní taxonomii USA je nejmenší objem půdy považovaný za půdní individuum a byl přeložen v roce 1960 jako pedon. Je to jednotka o minimálním objemu, který je ještě možný nazvat půdou. Je charakterizován svoji trojrozměrností a neurčitostí spodní hranice. Jeho velikost je taková, aby bylo možné monitorovat vlastnosti a návaznosti horizontů. Plocha pedonu je minimálně 1 m^2 . Tvar pedonu je přibližně šestiúhelník (viz obrázek níže). První teoretický návrh definice pedonu je publikován v práci Simonsona (1959).



Obrázek 1 - Pedon jako půdní individuuum, (Steila 1976)

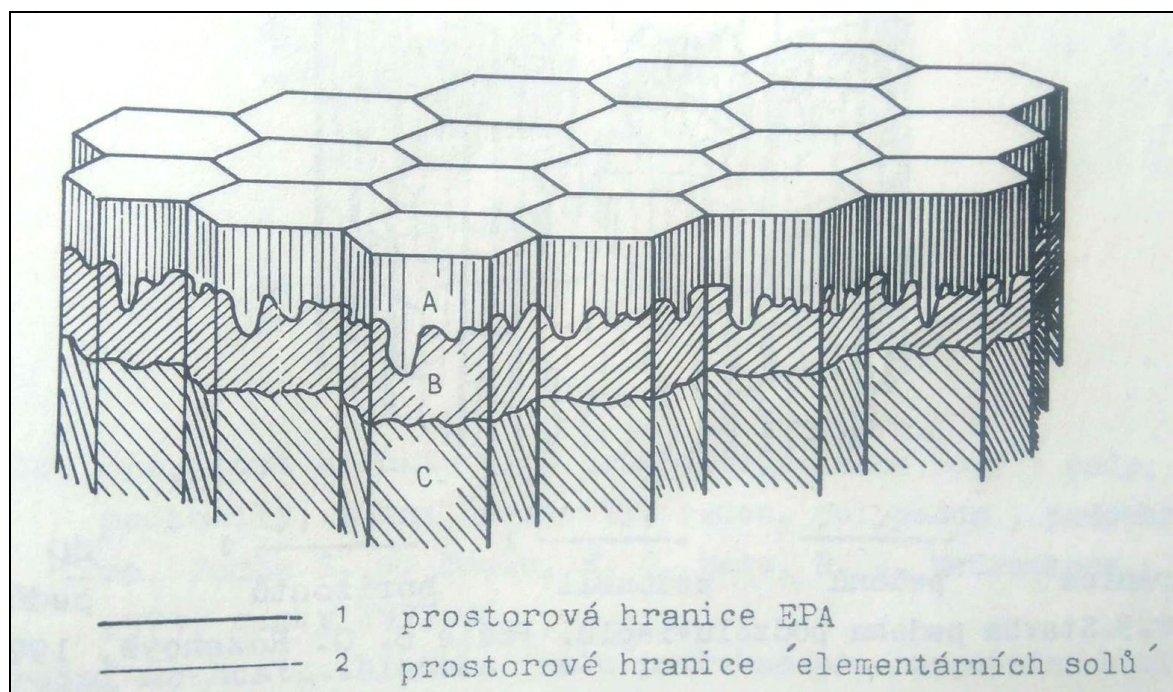
2.3 Polypedon

V roce 1963 byl zaveden pojem polypedon, (Hynek 1984). Polypedon je elementární prostorovou jednotkou půdního pokryvu, (zatímco pedon je elementární klasifikační jednotkou půdy jako samostatného přírodního tělesa). Polypedon se ukázal jako velmi efektivní pro analýzu struktur půdního pokryvu, (Hynek 1984). Johnson (1963) ho definuje jako jeden nebo více spřažených nebo přilehlých pedonů, kteří tvoří půdní sérii. Půdní série je skupina půd s podobnými horizonty a podobným uspořádáním v půdním profilu. Johnson (1963) tvrdí, že minimální velikost polypedonu je (stejně jako u pedonu) 1 m^2 , maximální rozměr polypedonu může být velmi rozdílný.



Obrázek 2 - Pedony a polypedony, (Hynek 1984)

Podobně koncipovaný taxon jako polypedon definoval například Fridland (1965). Nazval ho elementárním půdním areálem. Dalším byl například pedotop Ehwalda (1966), Haase (1968), Mičiana (1969) a genon Boulaina (1969).



Obrázek 3 - Elementární soly a elementární půdní areál, (Rožanov 1975)

Podle prostorového měřítka lze hierarchicky rozčlenit území na několik úrovní. Nejnižší úroveň, kterou se budeme zabývat v práci, se nazývá topická. Tato úroveň tvoří oblast, která je z pohledu geografického a krajinoekologického kvazihomogenní. Takové areály mají podobnou strukturu, stejné vzájemné vazby a probíhají zde podobné dynamické procesy, (Hradecký, Buzek, 2001). Do této úrovně spadá elementární půdní areál. Jde o nejmenší rozlišitelnou prostorovou fyzickogeografickou jednotku, která je v podstatě homogenní, v jejím rámci je stejný reliéf, hornina, hydrologické poměry i mikroklíma, (Horník a kol., 1986). Milířiště (podobně jako mravenišťe nebo vývrat stromu, Fridland 1977) je dobře vymezený kontrastní hranicí s okolím, přičemž v delším časovém odstupu se bude kontrastnost s okolím zmenšovat.

2.4 Uhlík

Uhlík je nejdůležitějším biogenním prvkem. Je významnou složkou všech organických látek. Nalezneme ho ve všech živých organismech a je tedy základem života na Zemi. Velké zdroje uhlíku jsou uschovány v atmosféře, oceánu a litosféře, (Šarapatka 2014).

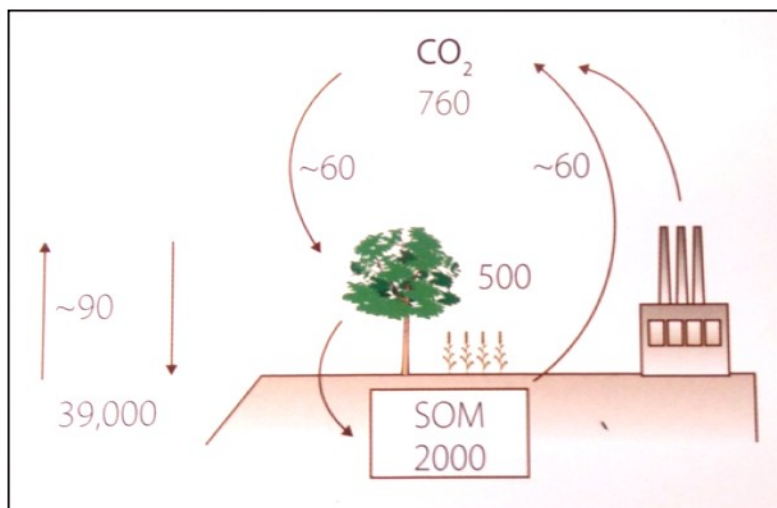
2.4.1 Zásoby uhlíku

Půdy obsahují asi 75 % uhlíku terestrického prostředí, tedy třikrát více než rostliny a živočichové. White a kol. (1992) uvádí, že v biosféře se nachází přibližně 24,9 % uhlíku, v hydrosféře okolo 0,002 % a v atmosféře 0,03 %. Podle IPCC je v oceánech uloženo přibližně 39 000 Pg uhlíku. Po oceánech je půda největší zásobárnou uhlíku, je ho zde přibližně třikrát více než v atmosféře. Podle Albrechta et al, (2003) se množství uhlíku v půdě odhaduje na 2000 Pg (+- 500Pg). Batjes (1996) udává vyšší číslo, a to, že množství uhlíku v půdě činí 2157-2293 Pg do horních 100 cm. Eswaran et al. (1993) tvrdí, že na celém světě je v půdě uloženo 1576 Pg uhlíku a z toho 506 Pg (tedy 32 %) je uloženo v tropických půdách. Velké zásoby uhlíku jsou také uloženy v permafrostu, (Tarnocai et al., 2009)

Jak je vidět z různých zdrojů, spolehlivý odhad celkového množství uhlíku v půdě ve světě je velmi složité určit, a to především v důsledku nedostatku prostorových dat, jejich nedostatečné hustotě a údajích o typech půd. Množství uhlíku také není stálé v jednotlivých

sférách, ale dochází k neustálé výměně mezi atmosférou, půdou, oceánem a terestrickou biotou, (Šarapatka 2014).

Na obr. č. 4 je od IPCC znázorněn stav v letech 1989 – 1998. Atmosféra obsahovala přibližně 760 Pg uhlíku (10^{15} g), terestrická biota 500 Pg uhlíku a půda do hloubky 1 m zhruba 2000 Pg uhlíku (z tohoto množství asi 40 % v půdách agroekosystému).



Obrázek 4 - Zdroje zapojené do koloběhu uhlíku v Pg za rok, (IPCC 2001)

V tabulkách níže je podrobněji znázorněno rozložení uhlíku na zemském povrchu i pod povrchem od Bolina (1983): (tab.1) a ještě jiné dělení od Falkowski et al., (2000): (tab.2).

Rezervoár	Množství uhlíku ($*10^{14}$ kg)
NA ZEMSKÉM POVRCHU:	
Atmosférický CO ₂	7
Biomasa	4,8
Pitná voda	2,5
Mořská voda	5 – 8
Půdní organická hmoty	30 - 50
V HLOUBCE DO 16 KM:	
Mořský organický detritus	30
Uhlí a ropa	100
Rozpuštěný uhlík na dně moří a oceánů	345
Sedimenty	200 000

Tabulka 1- Množství uhlíku na Zemi, (Bolin 1983)

Pools	Quantity (Gt)
Atmosphere	720
Oceans	38 400
Total inorganic	37 400
Surface layer	670
Deep layer	36 730
Total organic	1 000
Sedimentary carbonates	60 000 000
Kerogens	15 000 000
Terrestrial biosphere (total)	2 000
Living biomass	600 - 1 000
Dead biomass	1 200
Aquatic biosphere	1.2
Fossil fuels	4 130
Coal	3 510
Oil	230
Gas	140
Other (peat)	250

Tabulka 2 - Rezervoáry uhlíku na Zemi, (Falkowski et al. 2000)

2.4.2 Uhlík v půdě

Půdy hrají hlavní úlohu pro zachování globálního cyklu uhlíku a udržení jeho rovnováhy. Uhlík může být v půdách uložen tisíce let nebo může být rychle uvolněn do atmosféry. Množství a délku skladování uhlíku v půdě ovlivňují klimatické podmínky, přirozená vegetace, zrnitostní složení půdy, vodní režim půdy a další, (Kozák 2002). Podle Unep (2012) jsou největší zásoby uhlíku uloženy v lesních půdách v Severní Americe a Euroasii. Čas, který atom uhlíku setrvává v půdě, se liší podle hloubky. Velmi proměnlivé jsou půdní horizonty u povrchu. Působí zde intenzivněji různí činitelé a probíhá zde mnoho reakcí a výměn. Naopak půda v hlubších vrstvách je stabilnější, jelikož je lépe chráněna před vlivem exogenních činitelů. Zde je uhlík vázán déle, ale dochází zde k mnohem pomalejšímu hromadění, (Anderson 1995). Anderson (1995) také tvrdí, že stáří uhlíku klesá se vzrůstající velikostí půdních frakcí.

V lesních půdách jsou uloženy velké zásoby uhlíku, a to především v jeho nadložním humusu. Proto se lesní půdy významně podílejí na koloběhu uhlíku. Přeměna lesa na ornou půdu

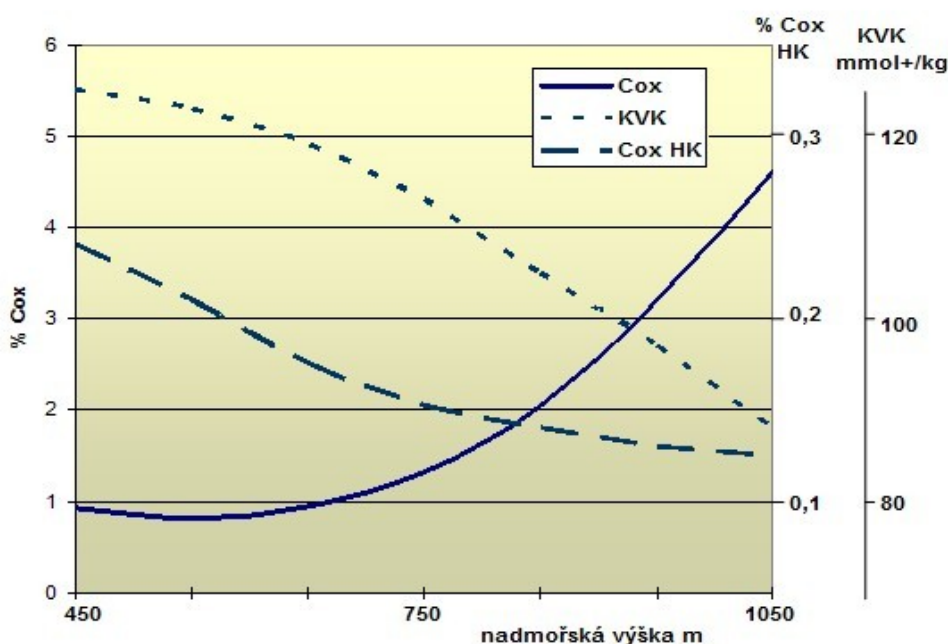
sníží mineralizaci množství organické hmoty v půdě, (Nátr 2006). Eswarana at al. (1993) tvrdí, že odlesňování může vést k 20 až 50 % ztrátě uloženého C.

Uhlík je neoddelitelnou součástí půdní organické hmoty. Uhlík je hlavním předpokladem úrodnosti půd a ukazatelem kvality, vytváří organominerální komplex, který je základem výměnné sorpční kapacity, podporuje strukturnost půd a jiné. Jeho analýza může napomoci objasnit vývoj rostlinných společenstev na lokální i regionální úrovni, jejich složení, strukturu a ovlivnění lidskými aktivitami, (Neumann, 1992).

2.4.3 Faktory ovlivňující rychlosti a procesy rozkladu

Rychlost a procesy rozkladu jsou závislé na klimatických podmínkách. Například v půdách mírného pásu se během jednoho roku rozloží okolo 50 – 80% organické hmoty, (Bohn at al. 1985). Naopak v oblastech s nižší teplotou a vyššími srážkami se proces rozkladu zpomaluje.

Nadmořská výška významně ovlivňuje množství uhlíku v půdě. Podle Vaňka a kol. (2006) se s rostoucí nadmořskou výškou zvyšuje celkový obsah uhlíku, (zároveň se snižuje uhlík v huminových kyselinách, a tím klesá i kationtová výměnná kapacita). Viz obr. č. 5.



Obrázek 5 - Vliv nadmořské výšky na obsah celkového uhlíku (Cox), uhlíku huminových kyselin (Cox HK) a kationtová výměnná kapacita (KVK), (Vaňek a kol. 2006)

Z grafu je patrné, že s rostoucí nadmořskou výškou klesá teplota, zhoršují se životní podmínky pro mikroorganismy, roste množství srážek, a tedy i promyvnost a klesá hodnota pH, (Vaněk a kol. 2006).

2.5 Půdní organická hmota (SOM – Soil Organic Matter)

Půdní organická hmota zahrnuje veškeré živé půdní organismy, neživé organické látky (rostlinné i živočišné) ve všech stádiích rozkladu. Podle Vaňka a kol. (2006) se organická část půdy dělí na živou část (kořeny rostlin a edafon), zahrnující mikroedafon (menší než 0,2 mm) – (bakterie, houby, sinice), mezoedafon (0,2 – 2 mm) – (roztoči a menší hmyz) a makroedafon (2 mm – 20 mm) - (hmyz, pavouci, mnohonožky) a neživou část zahrnující humusové látky a primární organickou hmotu. Půdní organická hmota podléhá neustálým rozkladným i syntetickým přeměnám. Její zastoupení v půdě je naprosto stěžejní, jelikož ovlivňuje mnoho fyzikálních a chemických procesů v půdě. Půdní organická hmota je závislá na množství organických látek a na rychlosti rozkladu organických látek, což se může rychle měnit například s ročním obdobím.

Množství organické hmoty a její rozklad může ovlivňovat v půdě například půdní vlhkost, teplotu, respiraci, půdní vodní režim, stabilizaci humusových látek, úrodnost půdy a mnoho dalšího. Půdní organická hmota je dobrým ukazatelem kvality půdy. Ovlivňuje kvalitu struktury půdy i její stabilitu, retenci vody, kationtovou výměnnou kapacitu a slouží jako zdroj živin, (Kozák a kol., 2009). V půdní organické hmotě probíhají různé transformační pochody. Dochází k interakcím jejich jednotlivých složek jak mezi sebou, tak i s minerálním podílem, což zapříčiní neustálou změnu celkového složení, (Drbal, 1986). Je také důležitou složkou pro udržitelnou úrodnost půdy a největším zásobníkem organického uhlíku, (Wiesmeier a kol. 2012). Půdní organická hmota a její rozklad výrazně ovlivňuje také produkci CO₂.

Hlavním zdrojem půdní organické hmoty jsou rostliny. Původně složité organické látky jsou po odumření působením mnoha činitelů rozkládány na jednodušší látky. Podle Heal a kol. (1997), se na rozkladu podílí faktory chemické (složení bioty), fyzikální (vliv klimatických podmínek) a biotické (mikroorganismy a další rozkladači, kteří se podílejí na dekompozici

rostlin, živočichů a dalšího). Konečným stádiem rozkladu je mineralizace, kdy se látky přemění na vodu, CO₂ a další anorganické látky.

Množství uhlíku v půdní organické hmotě je znázorněno v tabulce níže.

	Půdní organická hmota	Atmosferický C (CO₂)	C v biomase souše
Obsah C (t)	30.10 ¹¹	7.10 ¹¹	4,8.10 ¹¹

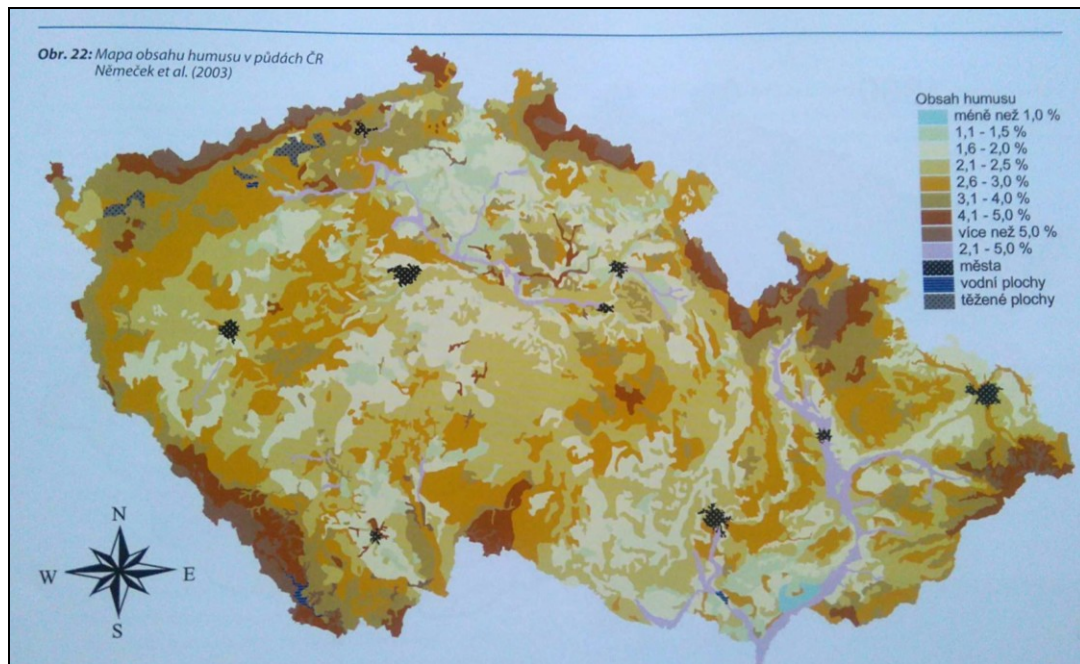
Tabulka 3 - Obsah C v hlavních složkách terestrického prostředí, (Schnitzer and Khan 1978)

Rostliny provádějící fotosyntézu produkují na Zemi přibližně 100 miliard tun organické hmoty, (Klimo, 2003). Produkce organické hmoty není na zemském povrchu rovnoměrně rozložena. Množství půdní organické hmoty je ovlivňováno několika faktory, jako jsou například klimatické podmínky (teplota,...), půdní podmínky (zrnitost půdy, množství kyslíku v půdě, atd.), druhová skladba a stupeň ovlivnění člověkem, (Randusová 2014). Brady a Weil (1999) uvádějí, že akumulace organické hmoty probíhá více v chladnějších oblastech a v místech s kyslíkovým omezením. V ekosystémech pouští téměř nedochází k tvorbě organické hmoty, ale na druhé straně jsou zde tropické deštné pralesy, kde celková zásoba organické hmoty může dosahovat až 700 tun/ha, (Klimo 2003).

Půdní organická hmota se dá dělit na aktivní, pasivní a pomalu se rozkládající. Aktivní organická hmota je bohatá na nerozložené látky. Má vyšší podíl uhlíku než dusíku a rozloží se rychleji (10 – 20% během prvních dvou let). Pasivní organická hmota obsahuje rozložené organické látky. Doba rozkladu trvá stovky až tisíce let. (Brady, Weil 2008).

Půdní organická hmota je klíčovým prvkem všech suchozemských ekosystémů. Je významná z hlediska půdní úrodnosti, ochrany proti erozi, zvyšování pufrční kapacity a udržování biodiverzity, (Sáňka, Materna 2004). Případné změny v jejím složení a množství má důsledky pro mnoho procesů, které se vyskytují v rámci systému. (Batjes, Sombroek 1997). Půdní organická hmota má velkou retenční schopnost vody, dokáže zadržet až šestnásobek své vlastní hmotnosti. Přítomnost půdní organické hmoty je tedy naprosto nezbytná pro koloběh živin, potravinový řetězec v půdě a jiné. Dělení a studium půdní organické hmoty je velmi složité, což se odráží v terminologii. (Drbal 1986).

Půdní organická hmota je velice důležitá a její monitorování je více než žádoucí. Existují kvalitativní a kvantitativní způsoby určování území, která jsou ohrožena ztrátou půdní organické hmoty. Kvalitativní způsoby jsou např. mapování kombinací půdních typů, klimatických podmínek a využití území. Kvantitativní metoda potřebuje údaje o prostorovém rozložení organického uhlíku, (Kozák a kol., 2009). Na obrázku níže je znázorněna mapa ČR, kde byl organický uhlík přepočten podle Welteho koeficientu na humus.



Obrázek 6 - Mapa obsahu humusu v půdách ČR, (Němeček et al. 2003)

Na snižování půdní organické hmoty se nejvíce podílí proměna trvalých travních porostů, lesů a dalšího na ornou půdu, intenzivní orba a kultivace, aplikace dusíkatých hnojiv, které způsobují rychlou mineralizaci půdní organické hmoty, odvodňování, intenzivní vápnění a mnoho dalšího, (Kozák a kol., 2009).

Odhaduje se, že každoročně je půdou uloženo ve formě organické hmoty 2 Gt uhlíku, což je významný podíl z odhadovaných emisí 8 Gt uhlíku ročně. Předpokládá se tedy, že tímto způsobem může půda významně ovlivňovat klimatické změny, (Sánka, Materna 2004).

V rámci mezinárodního biologického programu byla v mírném pásu detailně charakterizována zásoba organické hmoty. Klimo (2003) uvádí pro jehličnaté lesy mírného pásu množství organické hmoty v sušině 307,3 tuny/ha. Pro opadavé lesy mírného pásu je udáváno 151,9 tun/ha.

vegetační zóny	sušina (tuna/ha)
polární zóna	17,1
boreální zóna	189,2
<u>subboreální zóna</u>	
oblast humidní	342
oblast semiaridní	20,8
oblast aridní	11
<u>subtropická zóna</u>	
oblast humidní	366,1
oblast semiaridní	96,7
oblast aridní	13,9
<u>tropická zóna</u>	
oblast humidní	440,4
oblast semiaridní	107,4
oblast aridní	7

Tabulka 4 - Průměrné hodnoty zásoby organické hmoty v jednotlivých vegetačních zónách, vyjádřeno v sušině v tunách na hektar, (Klimo 2003)

2.5.1 Faktory ovlivňující organickou hmotu

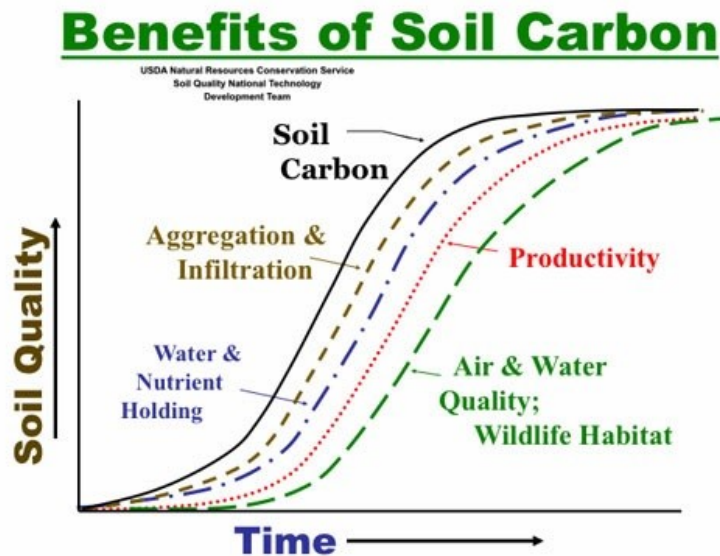
Mezi faktory ovlivňující rychlost rozkladu organické hmoty patří chemismus opadu, stanovištní podmínky, jako chemismus půdy, vlhkost vzduchu i půdy, provzdušněnost a teplota půdy, (Klimo 2003).

Velký vliv na rychlost rozpadu organických zbytků má poměr dusíku a uhlíku. Opad bohatý na dusík s poměrem C/N menším než 30 se rozkládá velice rychle. Při poměru C/N nad 30 je rozklad podstatně pomalejší, (Vrba 2006).

Podle Klimo (2003) se nejrychleji rozkládají listy dřevin jako je olše (C/N = 15 – 19), jasan (C/N = 21) habr (C/N = 23) a jilm (C/N = 28). Mezi dřeviny s pomaleji se rozkládajícími listy patří lípa (C/N = 37), bříza (C/N = 50), buk (C/N = 51) a mezi dřeviny s nejpomaleji se rozložitelným opadem patří smrk (C/N = 48), borovice (C/N = 66) a modřín (C/N = 113).

Rostlinná společenstva významně ovlivňují vertikální rozložení půdního organického uhlíku. Procento půdního organického uhlíku v horních 20 cm (ve srovnání v prvním metru)

je v průměru 33% pro buš, 42% pro louky a 50% pro zalesněnou krajinu, (Jobbágy at al 2000).



Obrázek 7 - Vliv přítomnosti uhlíku na kvalitu půdy, (The Basic Science of Biodiversity, staženo 2.2.2017)

Na obrázku č. 7 lze vidět, jak významná je přítomnost uhlíku v půdě. Kladně ovlivňuje produktivitu půdy, strukturotvornost, zásobu živin, kvalitu vody a vzduchu, habitat živých organismů a infiltraci.

Ztráta půdní organické hmoty vede k degradaci půdy. Území globálně ovlivněné vodní erozí se odhaduje na více než 1000 miliónů ha (Lal, 2001). Činitelé, kteří se podílejí na úbytku půdní organické hmoty, jsou například větrná a vodní eroze, přeměny přirozené vegetace na ornou půdu, intenzivní orba, odvodnění a hnojení rašelinných půd a mnoho dalších, (Kozák a kol. 2009). Půda bez organické hmoty je náchylnější vůči vnějším vlivům, snižuje se infiltrace a retence půdy i celková produkce půdy.

2.5.2 Kvalita organické hmoty

Pro hodnocení kvality humusu se používá poměr zastoupení huminových kyselin a fulvokyselin. Se zvyšováním huminových kyselin, stoupá kvalita humusu, (Drbal 1986). Kvalita se také snižuje se stoupající nadmořskou výškou.

Množství humusotvorného materiálu závisí na porostu. Zvyšovat obsah organické hmoty v půdě je možné intenzivním organickým hnojením (při dostatečném hnojení se za 50 – 80let může zvýšit zásoba organické hmoty o 0,2 – 0,5 %, (Drbal 1986).

2.6 Organický a anorganický uhlík

Uhlík se v půdě nachází v různých formách. Dá se charakterizovat podle několika dělení. Jedním z nich může být rozlišování organického a anorganického uhlíku. Organický uhlík je součástí všech rostlin a živočichů v jakékoli fázi vývoje či rozkladu. Najdeme ho například i v zuhelnatělých částicích (zbytky po požárech a podobně), (Nelson a Sommers, 1996). Anorganický uhlík se nachází v půdách v podobě karbonátů v mateční hornině. Brady a Weil (1999) tvrdí, že množství anorganického uhlíku v půdě je okolo 700×10^{15} g.

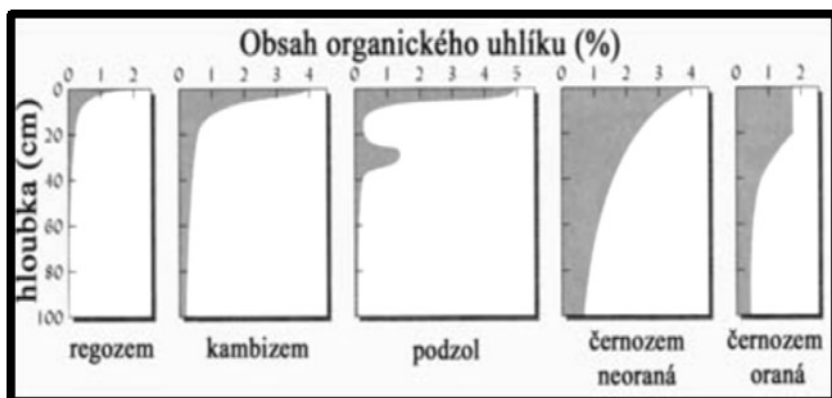
2.6.1 Organický uhlík

Organický uhlík je hlavní složkou půdní organické hmoty. Jeho obsah v půdě je přímo úměrný množství půdní organické hmoty. Slouží jako dobrý ukazatel půdní kvality, (Barančíková a kol. 2012). Odhadem obsahuje evropská půda okolo 75 miliard organického uhlíku, (Yu a kol. 2007).

Batjes (1996) uvádí odhad organického uhlíku v půdě na 684 až 724 Pg C v horních 30 cm, 1462-1548 Pg C v horních 100 cm, a 2376-2456 Pg C v horních 200 cm.

Celkově půda obsahuje okolo 2344 Gt (1 Gt = 1 bilion tun) organického uhlíku. Podle Guo & Gifford (2002) je tato zásoba uložena ve 3 svrchních metrech půdy, z čehož půda do hloubky jednoho metru obsahuje 54 % (1500 Gt C) této zásoby a přibližně 615 Gt C je uloženo ve svrchních 20 cm.

Obsah uhlíku je závislý na typu půdy. Podle Jurčíka (1978) nejvíce organického uhlíku mají půdy obsahující rašelinu.



Obrázek 8 - Rozložení v profilech vybraných půdních typů, (Borůvka 2007)

Podle Atlasu krajiny České republiky (2009) se v České republice největší zásoby organického uhlíku nacházejí v Krušných horách, na Šumavě a v Jizerských horách.



Obrázek 9 - Zásoba organického uhlíku v půdách, (Atlas krajiny České republiky 2009)

2.7 Černý uhlík (Black carbon)

Černý uhlík (black carbon, BC) se vyskytuje všude v přírodním prostředí, v půdách, sedimentech, mořské vodě i v atmosférickém prostředí. Je poměrně odolný proti degradaci fyzikálně-chemickým prostředím, (Wright 2003). Jeho zastoupení v půdě a atmosféře hraje důležitou roli. Uhlík je součástí globálního uhlíkového cyklu, má vliv na tepelnou radiační bilanci Země a může být užitečným informátorem o historii činnosti člověka, (Schmidt, Noack 2000). Podle Masiello (2004) je převážná většina černého uhlíku uložena v půdě a sedimentech. V té se může uchovávat až tisíce let. Forbes et al. (2006) tvrdí, že je to více než 80 % vytvořeného černého uhlíku. Vzniká při neúplném spalování fosilních paliv, dřeva a další biomasy. BC má významné důsledky pro různé biologické, geochemické a environmentální procesy. Může významně ovlivnit množství SOM v půdě a retenci živin jako jsou dusík, fosfor a vápník, (Glasser 1999, Glaser et al 2000, Glaser 2001).

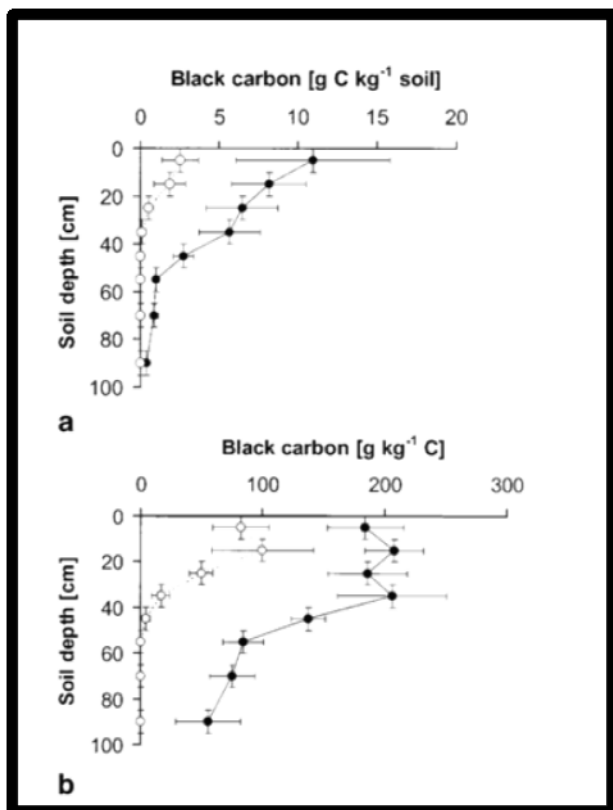
Jaké množství BC a do jaké míry ovlivňuje globální uhlíkový cyklus, je těžké určit, ale Kuhlbusch a Crutzen (1995) se shodují, že současný obsah představuje důležitý zdroj pro atmosférický CO₂.

Množství BC vznikající při hoření je závislé na mnoha faktorech. Ovlivněn je nejen efektivitou hoření (maxim dosahuje při 90 % efektivitě hoření), ale i počasím a délkou hoření. Rostliny obsahující větší množství ligninu (dřeviny), produkují více BC, než ty, které obsahují více celulózy, (Kulhbusch, Crutzen 1995).

Pro zjištění množství BC se používá několika metod, Forbes et al. (2006). Poměrně využívanou metodou, je objemová metoda. Slouží k určování množství BC z hrubších materiálů jako jsou třeba dřeviny. Již méně se používá gravimetrická metoda, která slouží pro zjišťování BC z jemného materiálu. Tyto dvě metody však nejsou příliš přesné.

Zjišťování BC ošetřením chemickou nebo tepelnou oxidací a určování poměrů H/C, Si/C a Ca/C, patří mezi chemické metody. Například metoda ¹³C-NMR spektroskopie je velmi užitečná pro identifikaci a kvantifikaci a její výhodou je, že se potlačují i chyby spojené se sběrem vzorků, (Forbes et al., 2006).

Na obrázku níže je vidět graf koncentrace a odchylky černého uhlíku v půdách terra preta. Podle grafu koncentrace černého uhlíku klesá s hloubkou, (Glaser et al. 2001)



Obrázek 10 - Průměrné koncentrace a standardní odchylky BC v oxisolech a v půdách terra preta s rostoucí hloubkou profilu, (Glaser et al. 2001)

BC by mohl být odpovědný za stabilitu SOM a udržitelnou plodnost půd terra preta. Ve studiích Lienga et al. (2006) se píše, že v Brazílii, v Amazonii Antroposoly s vyšším obsahem černého uhlíku měly lepší kationtovou výměnou kapacitu než půdy s nižším obsahem černého uhlíku. I Lima et al. (2002) říká, že přítomnost černého uhlíku udržuje vysokou dostupnost kationtů. (více informací viz kapitola Terra Preta).

Černý uhlík působí na retenci živin v půdě. Je velmi důležitý při mnoha biochemických procesech, jako je například koloběh živin. (Glaser a kol., 2001; Lehmann a kol., 2003).

2.8 Humus

Podle Šarapatky (2014) je humus definován jako:“ Všechny organické látky v půdě kromě nerozložených rostlinných a živočišných tkání, produktů jejich částečného rozkladu a půdní biomasy.“ Podle mnoha autorů neexistuje jednotné třídění humusu. Dělí se na základě původu, uložení, stupně rozkladu, reakce apod., (Vrba 2006). Humus se výrazně podílí na půdotvorných procesech, je zdrojem živin a fyziologicky aktivních látek pro rostliny a celkově zlepšuje vlastnosti půdy (vodní, tepelné, vzdušné), (Vrba 2006, Šarapatka 2014).

V našich lesních půdách je obsah humusu většinou nízký a jeho mocnost se pohybuje v několika cm, (Sáňka, Materna 2004). Jaký bude humus, záleží na typu vegetace, klimatických podmínkách, na obsahu vody a vzduchu v půdě, na činnosti člověka, (Vrba 2006, Seifert, 1956).

K vlastnostem, které nejvíce odlišují lesní půdy od ostatních, patří obsah, forma a distribuce organických látek v půdním profilu. Bylo vypracováno mnoho klasifikací pro posuzování organické hmoty v půdě, ale základním tříděním je dělení na mor, moder a mul.

První třídění povrchového humusu v lesnictví udělal dánský lesník Müller, který v roce 1887 pojmenoval mor a mull. Na něj později navazovali další.

Mor je formou surového humusu vznikající při zpomaleném rozkladu organické hmoty. To se projevuje výrazným rozčleněním organického horizontu na minimálně tři vrstvy.

První je vrstva L -hrabanka, ta je tvořena nerozloženými nebo téměř nerozloženými zbytky opadu. Pod ní je vrstva drti - F, která je částečně pozměněna, ale má ještě rozeznatelné struktury. A poslední je vrstva měl - H, tvořený převážně vlastním humusem, kde už nejsou rozeznatelné struktury, (Šarapatka 2014).

Moder vzniká povětšinou v listnatých porostech v lepších podmínkách (vyšší pH,...). Liší se od moru neschopností odlišit od sebe vrstvy drtě a hrabanky a měl se mísí s povrchem minerální půdy.

Mul je třetí forma humusu. Hrabanka je v tomto humusu jasně viditelná, ale další dva subhorizonty splývají. Je typický pro lesní půdy s aktivními rozkladači. Pod listnatými lesy bychom ji našli např. v lužních lesích.

Faktory ovlivňující tvorbu humusu – vlastnosti půdního organického materiálu, vlastnosti půdy, edafon, klimatické vlivy, poloha a hospodářské zásahy člověka, (Svoboda 1953).

Nejbohatší půdy na množství humusu jsou rašelinné půdy. Naopak menší zásoby mají půdy v lesních oblastech na minerálně slabších horninách a v nížinných a pahorkatinných polohách, (Pelíšek 1975).

2.9 Půdní reakce

Půdní reakce je jednou ze základních vlastností hodnotící stav půdy. Reakce půdního roztoku je dána aktivitou volných H^+ iontů a OH^- iontů. Je vyjádřena hodnotou pH. PH je záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů, (Kutílek 2004). Hodnoty pH významně ovlivňují i další půdní charakteristiky jako jsou půdní procesy, vývoj vegetace, dostupnost a mobilitu živin a rizikových prvků, (Shrestha a Lal 2011, Sánka, Materna 2004). V lesních půdách je hodnota pH jedním ze základních ukazatelů stavu půd. Lesní půdy jsou obecně kyselější, proto i hodnocení kyselosti v lesních půdách je jiné než třeba u půd zemědělských, (Klimo et al 1994).

2.9.1 Faktory ovlivňující půdní reakci

Reakce lesních půd je ovlivňována mnoha činiteli, z nichž nejdůležitější je dřevinné složení porostu, humus, chemismus mateční horniny, podzemní voda, klima a hospodářské zásahy do půdy a lesního porostu, (Pelíšek 1975).

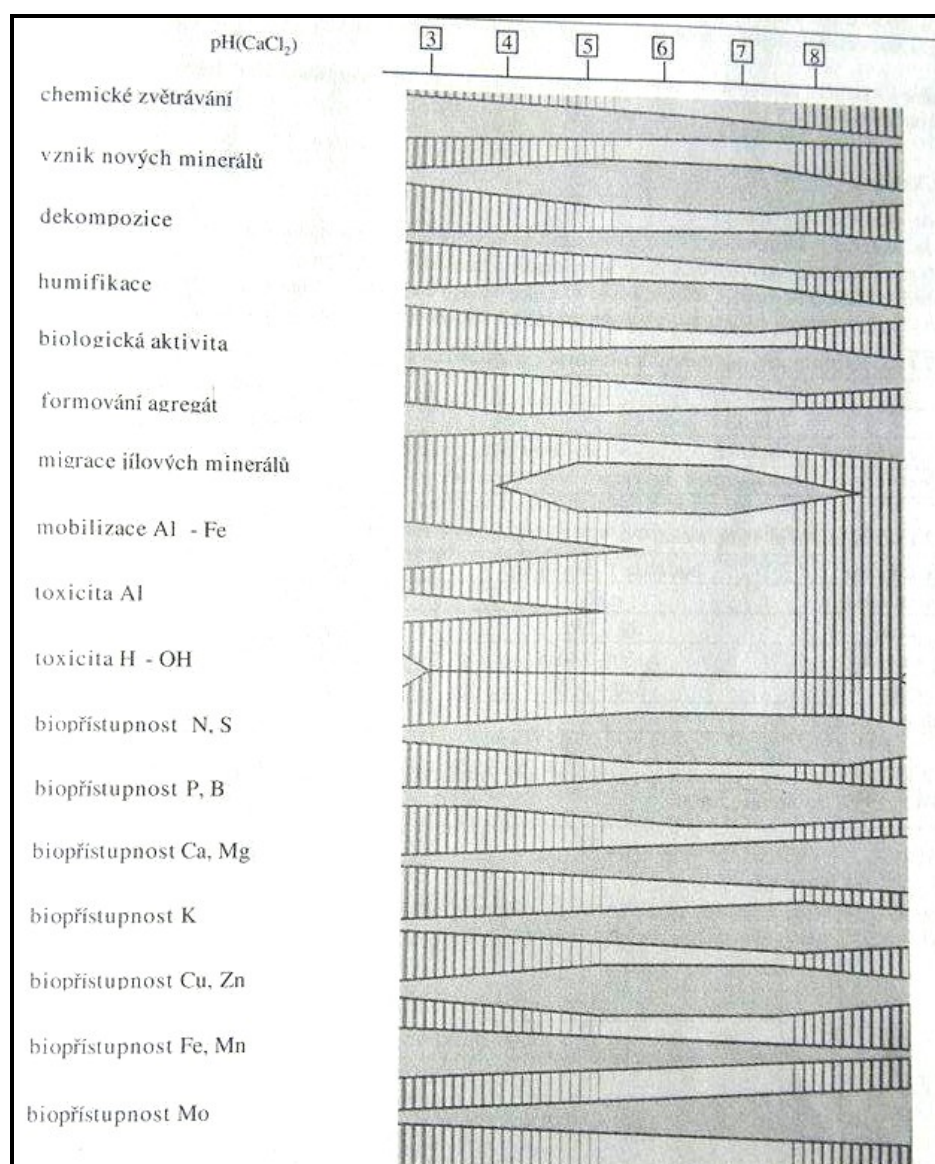
V tabulce níže jsou uvedeny kategorie acidity pro lesní půdy při stanovení výluhem neutrální soli (KCL) a vodním výluhem (H_2O).

kyselost	rozpětí pH KCL	rozpětí pH H2O
extrémně kyselá	pod 3	pod 3,5
velmi silně kyselá	3 - 4	3,5 - 4,5
silně kyselá	4 - 5	4,5 - 5,5
kyselá	5 - 6	5,5 - 6,5
slabě kyselá - neutrální	6 - 7,1	6,5 - 7,2
alkalická	nad 7,1	nad 7,2

Tabulka 5 - Kritéria pro hodnocení půdní reakce pro lesní půdy, (Klimo et al. 1994)

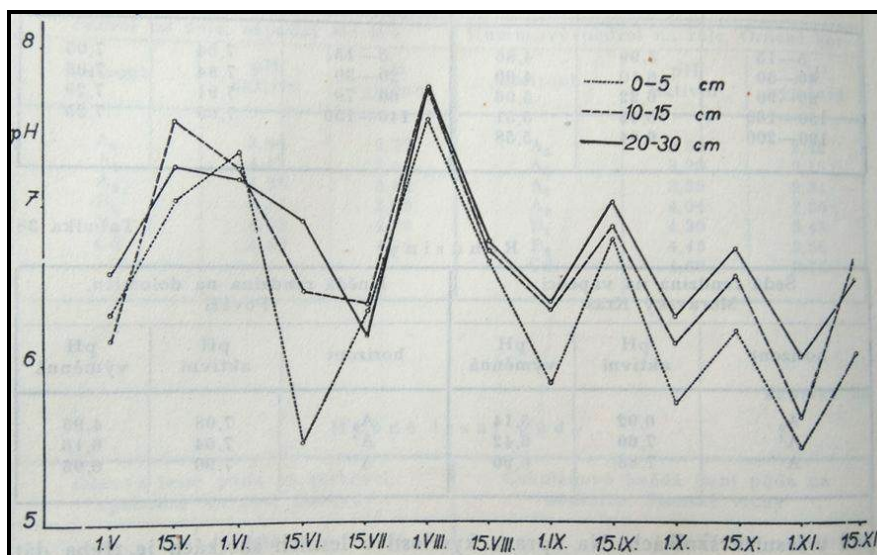
U nás se slabě kyselé a neutrální půdy pod lesními porosty zpravidla nevyskytují a převážná část půd pod jehličnatými porosty patří do kategorie velmi silně až extrémně kyselých půd, (Materna 2002). Kyselost u našich půd je způsobena především vyluhováním bází, odčerpávání živin rostlinami, hnojením (u zemědělských půd) a zvětrávacími a biochemickými procesy. Působí i znečištění ovzduší, díky kterému se mění složení srážkové vody, (Kutílek 2004).

Na obrázku č. 11 je znázorněn vliv pH na další půdní vlastnosti.



Obrázek 11 - závislost výměnného pH půdy a významných pedologických charakteristik, (Schroeder 1984)

Půdní kyselost není vlastnost, která by byla stálá (jak je patrné i na obrázku č. 12). Hodnota je velice variabilní jak v čase, tak v hloubce půdního profilu. Změny pH u lesních půd mohou být ovlivňovány např. zvýšeným/sníženým procesem mikrobiální aktivity v určitém období, (Klimo 2003).



Obrázek 12 - Roční průběh aktivní kyselosti v půdě na přesypových pískách, (Pelíšek 1975)

Většina lesních půd má pH nejnižší ve svrchních humusových horizontech. Nejvyšší pH v horizontech lesních půd je tam, kde jsou přítomny karbonáty, anebo se jedná o půdy zasolené, (Klímko 2003).

2.9.2 Význam reakce v lesních půdách

Reakce v lesních půdách a její změny mají velký význam pro půdotvorné procesy, silně ovlivňuje zvláště strukturu, sorpční komplex, půdní roztok, uvolňování živin do půdy, a tím účinně zasahuje do výživy lesních porostů, (Pelíšek 1957).

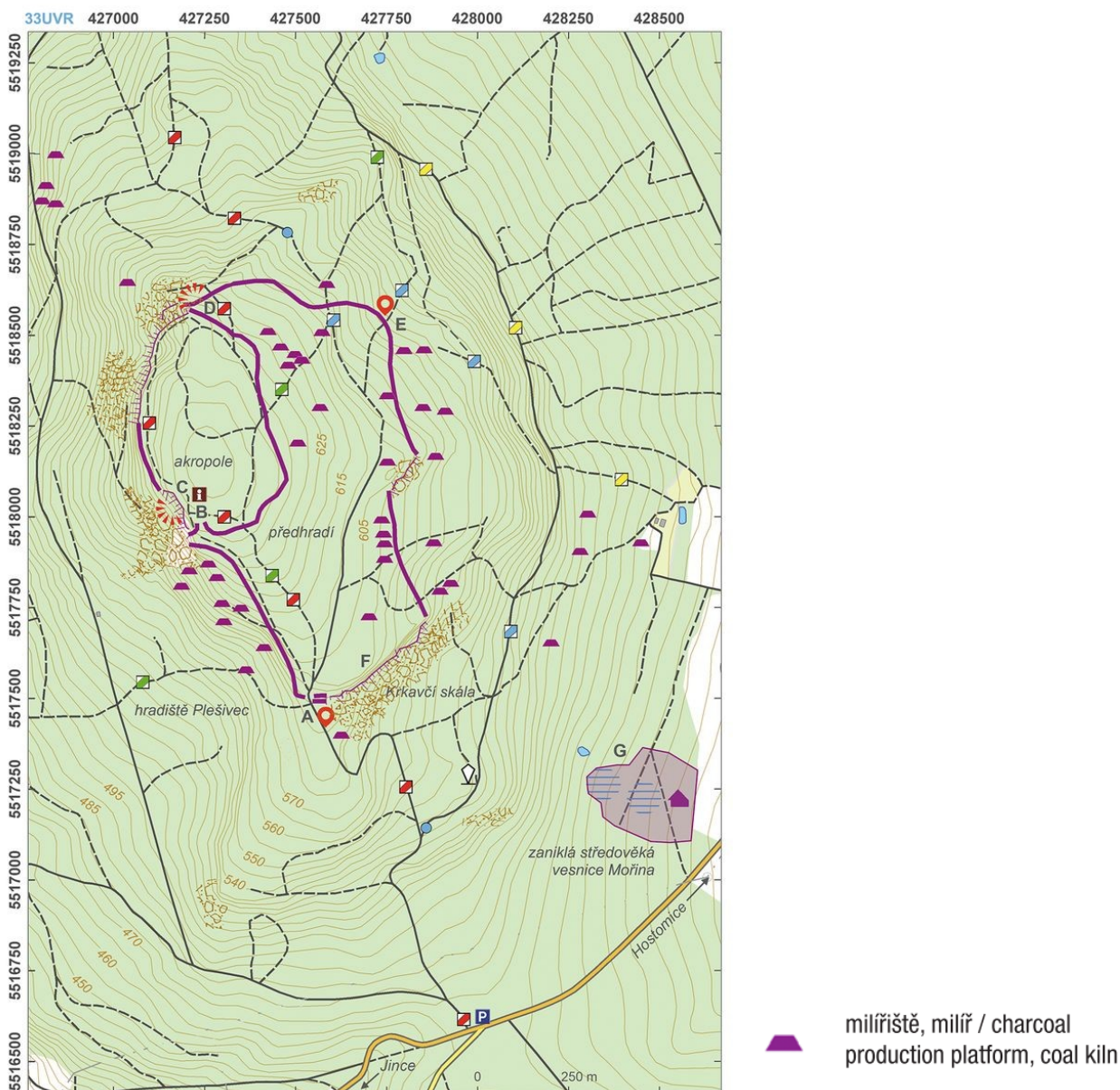
Půdní reakce je velmi ovlivňována typem vegetace, která se na daném místě nachází. Pod jehličnatými porosty bývá nižší, což je dáno kyselým opadem. Půdní organická hmota a její množství může významně hodnoty půdních reakcí změnit, (Chatterjee et al, 2009).

2.10 Historie pálení dřevěného uhlí, milíře

Dřevěné uhlí je člověkem využíváno již po staletí. Počátky pálení dřevěného uhlí na našem území spadá do doby železné, cca okolo roku 500 let př. n. l., kdy na našem území sídlili Keltové, (Kuna a kol. 2015). Výroba dřevěného uhlí se stala klíčovou ve chvíli, kdy člověk začal ve velkém zpracovávat kovy. Metoda výroby dřevěného uhlí se během staletí postupně obměňovala. Od prostého pálení uhlí v ohništích až po sofistikovanější milíře. Slovo milíř je převzaté z německého „Meiler“. Nejstarší milíře, které byly v Brdech datovány, pocházejí přibližně z období mezi lety 1730 - 1815. (Radiokarbonová metoda - Bobek 2008). V lesních oblastech v okolí těžby rud se nachází zpravidla velké množství milířů.

Technologie výroby dřevěného uhlí v milířích spočívá v přeměně dřeva na dřevěné uhlí tzv. suchou destilací dřeva, což je jeho částečné spalování, kterého lze dosáhnout při minimálním přístupu vzduchu. Uhlí se páli také v jámách, které měly podobný tvar jako milíře, ale byly menšího rozměru (průměr asi 1 m). Postupem času byly milíře nahrazeny zděnými pecemi a následně přenosnými kovovými milíři. Uhlířství v Brdech definitivně skončilo po roce 1930, (Čáka 2011).

Na obrázku níže jsou zakresleny milíře nacházející se na Plešivci, doklad o intenzivní novodobé výrobě dřevěného uhlí v oblasti Brd.



Obrázek 13 - Hradiště Plešivec, (Kuna a kol. 2015)

2.10.1 Stavba milíře

Před samotnou stavbou milíře je třeba připravit rovnou plochu zbavenou trav, kamení a kořenů, na kterém se milíř postaví. Milíře se stavěly tak, že se dřevo naskládalo na stojato do hromad kupovitého tvaru v několika vrstvách. Uprostřed milíře se nechal průduch, kterému se říká král. Vrchol milíře se nazývá čepec nebo hlava a místo, na kterém se milíř staví, se říká mostiště nebo most. Místu, kde stojí milíř, se říká milířiště nebo uhliště. Základna milířiště mívala v průměru 5 – 8 metrů, (Psota 1954), Čáka (2011). Kuna a kol. (2015) milířiště

definuje jako: „Terasu zapuštěnou do svahu či vyrovnanou plošinu, na níž stával milíř. Milířišťe mívají kruhový či oválný tvar a je u nich možné zjistit bezprostředně pod nánosem lesní hrabanky uhelnatou vrstvu“.

Základem milíře je kůl (používaly se i dva dané těsně k sobě). Kolem kůlu se naskládají drobnější větve a roští, a poté se postaví „podlaha“ milíře. Tu představují polena vyskládaná paprskovitě okolo středového kůlu. Od středu se kladou kolmo polena zpravidla ve dvou nebo ve třech vrstvách (záleží na velikosti milíře), (Čáka 2011). Vše se utěšňuje hlínou a drny, poté se milíř zapálí. Při zuhelnňování dochází ke zmenšování milíře, a proto se musí dávat pozor, aby vzniklými otvory nevnikal do milíře vzduch, (Kuna a kol. 2015). Vyhořelý prostor v milíři se doplňoval dalším dřevem. To se opakovalo několik dní. Produktem pálení je dřevěné uhlí a dřevný plyn, který obsahuje oxid uhličitý, oxid uhelnatý, metan a vodík. Proces zuhelnňování se uskutečňuje při teplotě 270 °C. Z použitého dřeva se získá uhlí, které tvoří přibližně 15 – 25 % původní hmotnosti. Procesy zuhelnňování v takovém redukčním prostředí trvají 8 – 24 hodin. Teplota dosahuje až 500 °C, (Čáka 1998).

Matyáš (1960) uvádí, že vypálení dřevěného uhlí v milíři z bukového dřeva o obsahu asi 20 až 40 prm (20 m³) trvá 4 – 5 dnů, o obsahu 60 až 80 prm (45 m³) se pálí 7 – 9 dnů a s obsahem 100 – 150 prm (přes 80 m³) trvá 12 – 13 dnů. Při pálení dřeva z jehličnatých stromů se postupuje ještě pomaleji.

Důležitý pro pálení je i typ půdy. Nejvhodnější půda pro milířství je hlinitopísčítá. Písčítá půda propouští vzduch a to urychluje proces zuhelnňování. Těžké půdy naopak procesy zpomalují a může docházet i k nedokonalému zuhelnňování dřeva, (Křivánek a kol. 2009a).



Obrázek 14 - Milíř připravený k pokrytí pláštěm ze smrkového chvojí a hlíny, (KRNAP 2011)

2.10.2 Tepelný rozklad dřeva

Dřevo se skládá z vody, organických a anorganických látek. Z organických látek jsou to především cukry, tuky, silice. Anorganické látky obsažené v dřevě jsou sloučeniny síry, fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku, železa, manganu, sodíku, křemíku, chlóru a jódu, (Dragoun, Matoušek 2004).

Tepelným rozkladem dřeva lze vyrábět plynná nebo kapalná paliva, tzv. zplynování a zkapaňování. Tepelný rozklad se dá rozdělit na dva způsoby, jedním je působení teplem (termolýza) a druhým způsobem je působení ohněm (pyrolýza).

Chemická reakce pyrolýzy dřeva (Jedlička, 1923).



$\text{C}_{42}\text{H}_{60}\text{O}_{28}$ je dřevo, $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{O}_2$ je dřevěné uhlí a $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$ je dehet.

Pokud by pyrolýza byla dokonalá, produktem tohoto procesu by byl čistý uhlík, který není vázán ani na kyslík, ani na vodík. V reálu to tak ovšem není a dřevěné uhlí je vždy směsí uhlíku (většinou 80 % z celkové směsi) a dalších látek, které jsou součástí dřeva (3 % vodík a minerální látky, jako jsou fosforečnany, sírany a uhličitany), (Dragoun a Matoušek, 2004), (Kadlec 2013). Obsah uhlíku ve dřevěném uhlí závisí na destilační teplotě, kterou ovlivňují fyzikální vlastnosti. Čím je teplota vyšší, tím je vyšší i obsah uhlíku (při teplotě 500 °C ztrácí dřevěné uhlí 20 – 25 % hmotnosti při 1.000 °C až 30 – 35 %). Standardní teplota se udává 400 °C, (Kadlec 2013).

2.10.3 Suchá destilace dřeva

Výroba dřevěného uhlí probíhá bez přístupu vzduchu (resp. za minimálního přístupu vzduchu) při teplotách 270 – 500 °C. Tento proces se nazývá suchá destilace. Je jedním z nejstarších způsobů chemického zpracování dřeva.

Roček (2015) rozděluje tento proces na několik fází. Po zapálení milíře prudce stoupne teplota, aby pak začala první fáze, kdy je teplota asi 150 °C. Během krátké doby dochází k vysoušení dřeva. V druhé fázi (150 °C až 270 °C) dochází k uvolňování některých sloučenin (kyselina octová, mravenčí, parafinová, máselná). V další fázi (teplota dosahuje hodnoty okolo 275 °C) probíhá hlavní rozklad, uvolňuje se velké množství tepla a vzniká: kyselina

octová (při 280° C), methanol (při 300° C) a dehtové látky, nad 350° C se uvolňuje oxid uhelnatý a oxid uhličitý. Nad 380° C vznikají dehtové látky – těžký dehet, plyny – uhlovodíky). Při teplotě 450 – 500° C se odstraňují poslední těkavé látky.

Dragoun s Matouškem (2004) popisují proces v milíři takto: „Dřevo je tvořeno uhlovodany – celulóza, škroby, cukry. Zahříváním dochází k uvolňování vody a zůstává čistý uhlík. Ve hmotě dřeva se nachází i další látky, jako jsou například aminokyseliny (NH₂). Při tepelném rozkladu na sebe váží aminokyseliny vodík a tím vzniká čpavek (NH₃). Z uhlovodíkových zbytků vznikají plyny, jako je metan, etan, propan. Uhlík při reakci s vodou vytváří oxid uhelnatý a vodík. Při výrobě dřevěného uhlí v milíři musí být zajištěn odvod plynů z milíře, jinak by mohlo při pálení dojít i k výbuchu.“

2.10.4 Dřevěné uhlí

Kadlec (2013) dřevěné uhlí popsal jako:“ Poměrně lehká (140 – 220 kg/m³) silně hydrofobická, tvrdá, drobná až kusovitá, pórovitá, vysoceuhlíkatá nekrystalická látka černé barvy, s matným, modravě ocelovým leskem a kovovým zvukem, lasturovitého lomu a s výraznou dřevitou strukturou.“ Objemová hmotnost dřevěného uhlí se udává bez pórů na 1,46 g/cm³ a s póry na 0,4 g/cm³, (Kadlec 2013).

Dřevěné uhlí a jeho kvalita je velmi ovlivněno druhem dřeva, z kterého se uhlí vyrábí. Rozdíly mohou činit například stav dřeva (zda je suché či mokré), stáří dřeva (příhodnější je středně staré listnaté dřevo anebo starší jehličnaté dřevo), roční období, kdy bylo dřevo pokáceno (kvalitnější uhlí je ze dřeva káceného mimo vegetační období), velikost zuhelnovaného dřeva apod, (Dragoun, Matoušek 2004). Ze 100 kg dřeva se získá přibližně 20 (až 30) kg dřevěného uhlí, (Roček 2015).

Po výrobě se dřevěné uhlí třídí do tří nebo čtyř skupin podle zrnitosti: kusové (nad 30 mm), drobné (10 až 30 mm) a prach (do 10 mm). Uhlí vyrobené z tvrdých dřevin je odolnější a pevnější než uhlí z dřevin měkkých.

Výhřevnost dřevěného uhlí je průměrně 27,2 MJ/kg (při teplotě 400 ° C), (Kadlec 2013). Měrná hmotnost dřevěného uhlí je přibližně ¼ hmotnosti dřeva, ze kterého bylo vyrobeno. Měrná hmotnost uhlí z tvrdšího uhlí bývá okolo 180 – 220 kg/m³. Z jehličnatého dřeva je to

mezi 140 – 180 kg/m³. V současnosti se dřevěné uhlí vyrábí výhradně z tvrdého listnatého dřeva, (Kadlec 2013).

Výroba dřevěného uhlí má velký význam v řadě rozvojových zemí, kde dřevo a dřevěné uhlí tvoří povětšinou jediný energetický zdroj. Spotřeba dříví na pálení dřevěného uhlí je ve světovém měřítku okolo 4 % z celkové těžby dřeva. Ta se pohybuje okolo více než 3 miliard m³, (FAO 1991). Existují státy, kde z celkové těžby dřeva tvoří dříví určené na výrobu uhlí téměř dvě třetiny (např. Čad – 62,9 % nebo Súdán – 63 %), (FAO 1991). Novější zdroje (Fao 2004) tvrdí, že na světě se vyrobí přibližně 41 milionů tun uhlí ročně. Ve světě je to Afrika, která vyrobí nejvíce dřevěného uhlí (40 milionů tun), za ní je Jižní Amerika (14 milionů tun) a pak Asie (4 miliony tun).

V České republice je v současnosti výroba dřevěného uhlí naprosto zanedbatelná, (Roček 2015).

2.11 Terra Preta

Terra preta je druh antropogenní půdy, která je velmi bohatá na živiny. Tento výraz je z portugalštiny a znamená „černá země“. Terra preta je velmi úrodná a prvně byla objevena v Amazonii. Svoji úrodnost získala díky hnojení organickými zbytky z domácností, které v půdě vytvořily příznivé podmínky pro půdní mikroorganismy, (Sombroek et al.,2003). Tato aplikace do půdy byla zřejmě výsledkem kombinace aktivního bydlení a záměrného hnojení indiánskými populacemi ještě před příchodem Evropanů, (Erickson et al.,2003). Tento akt pomáhá zachovávat živiny v půdě, díky zlepšení fyzikálních a biologických vlastnosti v půdě. (Glaser et al 2002; Lehmann et al. 2003a; Lehmann a Rondon 2005).

Půdy terra preta mají vyšší koncentrace živin, jako je dusík, fosfor, draslík a vápník a vyšší množství stabilní půdní organické hmoty, (Glaser 1999). Časté nálezy uhlí a vysoce aromatických huminových látek naznačují, že zbytky nedokonalého spalování organického materiálu (BC) jsou klíčovým faktorem při přetrvávání půdní organické hmoty v těchto půdách. Výzkumy ukázaly, že půdy terra preta obsahovaly až 70 krát více BC než okolní půdy. Vzhledem ke své polycyklické aromatické struktuře, je černé uhlí chemicky a mikrobiálně stabilní a přetrvává v prostředí po staletí, (Glaser 2001).

Terra preta se obvykle vyskytuje v areálech o 20 ha, (Smith 1980; Zech et al 1990), ale byly nalezeny i o hodně větší lokality (350 ha), (Smith, 1980, 1999). Celková plocha ve střední Amazonii pokrytá půdami terra preta je odhadována, že převyšuje 50 000 ha, (Smith 1980; Woods a kol, 1999). Tyto antropogenní půdy jsou staré přes 2 000 let a dají se nalézt v celé brazilské amazonské pánvi, ale také v dalších oblastech Jižní Ameriky jako je například Ekvádor a Peru, (Woods a kol 1999, Zech a kol 1990). Takové půdy jsou známé i ze západní Afriky, v Beninu a v Libérii (Zech et al. 1990) nebo ze Savan Jižní Afriky (Blackmore et al., 1990).

Podle (Sombroek 1966;. Sombroek et al 1993) zbytky z nedokonalého spalování (BC) pocházejí zejména z ohňů, a přítomnost BC může přispět ke vzniku stabilní organické hmoty v půdách terra preta.



Obrázek 15 - Typický profil terra preta, (Glaser 2000)

Černý uhlík by mohl být klíčovým faktorem pro udržitelné a úrodné půdy, zejména ve vlhkých tropech, (Glaser 2001). Byly provedeny četné výzkumy ohledně vztahu mezi úrodností půdy a změnami ve využívání krajiny (např. Guggenberger et al 1994;. Tiessen et

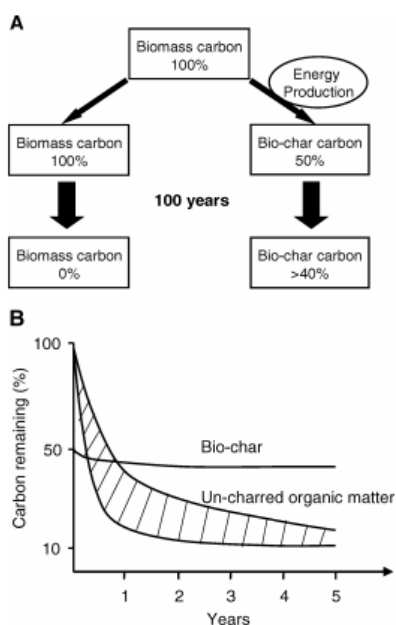
al. 1994). Na celkovém množství organického uhlíku černozemních půd Severní Ameriky se BC podílel až 35 %, (Skjemstad et al. 2002)

Ve vlhkých tropech dochází v důsledku vysokých teplot, k velkému množství srážek a nedostatku stabilizačních minerálů k rychlému rozkladu organické hmoty, (Zech et al., 1990).

Podle Skjemstad (2002) terra preta může vznikat díky požárům, jelikož organický uhlík obsahoval asi 20 % BC, vzniklý pálením vegetace.



Obrázek 16 - Amazonská terra preta (vlevo) a půda chudá na živiny (vpravo), (Glaser 2001)



Obrázek 17 – Pokles obsahu uhlíku v půdě (z pálením dřevěného uhlí), (Lehmann et al. 2002)

Schopnost lesních půd přijímat a zadržovat vodu je do značné míry ovlivněna mocností a kvalitou materiálu organického horizontu. Množství vody zadržované v silnějších vrstvách surového humusu v horských oblastech se pohybuje řádově v 102 m³/ha, (Sáňka, Materna 2004).

2.12 Indikátory kvality půdy

Abychom mohli ohodnotit kvalitu půdy, používá se soubor indikátorů, půdních vlastností, které je možné měřit a číselně vyjadřovat, (Sáňka, Materna 2004). Doran a Parkin (1994) sepsali seznam fyzikálních, chemických a biologických parametrů jako základních indikátorů půdy. Do takového seznamu patří i objemová hmotnost, pH a mnoho dalšího, (celý seznam parametrů v *Methods for assessing soil quality*, Doran a Parkin, 1994).

Jednou takovou charakteristikou jsou i retenční charakteristiky. Schopnost půdy vázat vodu se nazývá půdní sorpce. Základní veličina, která charakterizuje půdní sorpci, se nazývá kationtová výměnná kapacita (KVK). KVK je množství kationtů, které je půda schopná poutat při pH 7 nebo jiném vhodném pH, (Borovec, 1981). Udává se v mmol/100 g. Obecně platí, že písčité půdy mají KVK nízkou, díky malému povrchu pevné fáze, naopak hlinité a těžké půdy mají KVK vysokou. KVK velmi vysoká bývá více než 30 mmol/100g. Velmi nízká bývá 8 mmol/100g a méně. Přítomnost černého uhlíku v půdě může významně ovlivnit půdní sorpci. V této diplomové práci nebyla z finančních důvodů zkoumána, ale je potřeba připomenout její pravděpodobný vliv na celkovou kvalitu půdy.

Plná vodní kapacita (PVK)

Plná vodní kapacita je obsah vody, kterou pojme odebraný půdní vzorek, který se nechá po dvou dnech zcela ponořený ve vodě, (Suchara 2007).

Maximální vodní kapilární kapacita (MVKK)

Maximální vodní kapacita je množství vody, které nasaje daný vzorek z filtračního papíru, který je sycen vodou. (Vzorky nestojí ve vodě, jsou postaveny na hodinové sklo), (Suchara 2007).



Obrázek 18 - Maximální vodní kapacita, vlastní foto (20.1.2017)

2.13 Množství půdní vody – vlhkost půdy

Základní kvantitativní charakteristikou ve vztahu půda a voda je vlhkost půdy. Dá se měřit pomocí přímých a nepřímých metod. Každá metoda je vhodná při jiných podmínkách.

Mezi přímé metody patří metoda Gravimetrická. V takovém případě se odebere vzorek půdy a vlhkost se stanoví z aktuální hmotnosti odebraného vzorku a z hmotnosti vzorku po vysušení, (ČSN INSO 11461 (2014)). Tato metoda je jediná, která se dá použít pro kalibraci nepřímých metod měření půdní vlhkosti, (Kutílek 2004). Nevýhoda gravimetrické metody je její destruktivnost, dochází k porušení půdního profilu, nelze odebírat ze stále stejného místa a vlastnosti půdy se mohou v jiných (byť blízkých) místech poměrně dosti měnit. Odběry jsou časově náročnější, v Brdech, kde je vysoká skeletovitost dokonce velmi obtížné. Odběry narušují i hydraulické vlastnosti půdy, ale pro jednorázové stanovení vlhkosti je to jediná použitelná metoda, (Kutílek 2004).

U nepřímých metod se měří některé fyzikální a fyzikálně - chemické veličiny, které jsou závislé na vlhkosti. V praxi se používají elektrické a radiometrické metody. Mezi elektrické metody patří například odporová, která vychází z toho, že půda je polovodivý nehomogenní materiál, ve kterém se vzrůstající vlhkostí vzrůstá vodivost (pokles odporu). K radiometrickým metodám patří například gamaskopická metoda a neutronová metoda. Při měření vlhkosti lze použít i metody dálkového průzkumu Země, (Šarapatka 2014). Ve světě je pro stanovení půdní vlhkosti nejvíce využívána dielektrická metoda, (Eller a Denoth 1996).

Vlhkost je základní kvantitativní charakteristikou ve vztahu půda – voda. V této práci je blíže popsána vlhkost hmotnostní a vlhkost objemová.

Hmotnostní vlhkost

Hmotnostní vlhkost je poměr hmotnosti vody v půdním vzorku k hmotnosti pevné fáze půdy. Jde o vyjádření množství vody v gramech na gram sušiny. (případně v % jde o g vody na 100 g sušiny).

Objemová vlhkost

Objemová vlhkost je vyjádřena poměrem objemu vody k objemu půdního vzorku. Tedy, kolik objemu (cm^3) zaujímá voda v celkovém objemu půdy (cm^3), (Drbal 1986). Její hodnota je vždy menší než 1. Obě vlhkosti (hmotnostní i objemová) jsou bezrozměrné nebo se dají vyjádřit v %. Objemová vlhkost se užívá pro bilancování zásoby vody v půdě, a když jsou póry vodou vyplněny jen částečně, (Bařková a kol 2012).

Vlhkostní charakteristiky byly spočítány podle metodiky Suchara (2007).

Objemová hmotnost

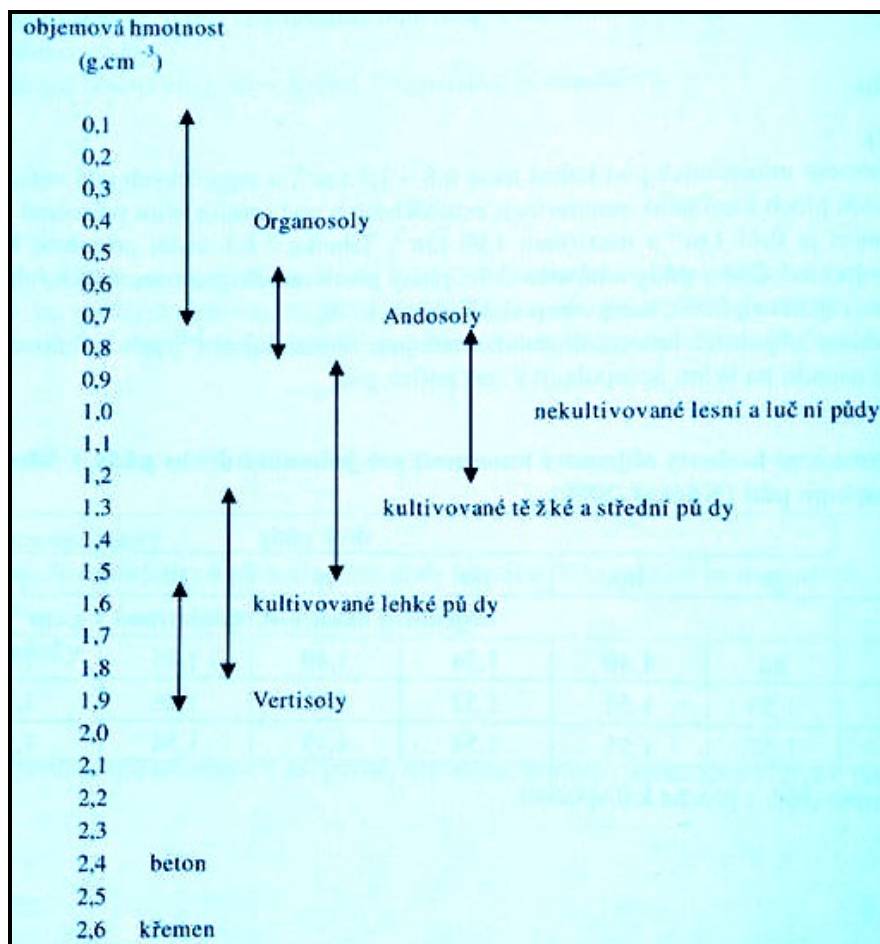
Objemová hmotnost je hodnota nestálá, mění se v závislosti na vlhkostních poměrech v půdě. Vypočítá se poměrem tuhé fáze vzorku k objemu vzorku. Udává se v g/cm^3 . Je to hmotnost daného objemu půdy v přirozeném uložení. Objemová hmotnost znázorňuje poměr pevných částic půdy a pórovitost. Objemová hmotnost může být dobrým indikátorem pro odhad struktury, (Anwar, 2009). Její hodnota je závislá na měrné hmotnosti, skeletu, obsahu půdní organické hmoty, na podílu pórů v půdě a míře jejich zaplnění vodou, (Tomášek 2007). Půdy, které mají více pórů, mají nižší objemovou hmotnost. Písečné půdy mají obecně objemovou hmotnost vyšší než půdy s jemnější zrnitostní frakcí. U jílovitých a hlinitojílovitých půd se objemová hmotnost pohybuje v rozmezí od 1 do $1,6 \text{ g}/\text{cm}^3$. Zatímco písčité a hlinitopísčité půdy jsou mezi hodnotami $1,2 - 1,8 \text{ g}/\text{cm}^3$, (Šarapatka 2014).

Objemová hmotnost v organickém horizontu je závislá na jednotlivých složkách. Mění se s hloubkou a s ročním obdobím, (Drbal 1986; Kutílek a kol. 2000). Nejnižší objemovou hmotnost mají půdy, které obsahují minimum minerální příměsi, tedy surový humus a

hrabanka s objemovou hmotností do $0,12 \text{ g/cm}^3$, (Sáňka, Materna 2004). Pokud má horizont minerální příměsi, jeho objemová hmotnost bude vyšší. Objemová hmotnost při povrchu se pohybuje okolo $1,2 - 1,5 \text{ g/cm}^3$. S hloubkou se zvyšuje a může se pohybovat okolo $1,6 - 1,8 \text{ g/cm}^3$ (což je povětšinou dáno nižším obsahem organických látek a menší tvorbou agregátů), (Sáňka, Materna 2004, Šarapatka 2014). U velmi utužených podpovrchových horizontů mohou hodnoty dosahovat 2 g/cm^3 . Naopak u rašelinných půd se objemová hmotnost pohybuje mezi $0,2 - 0,4 \text{ g/cm}^3$. (Šarapatka 2014). Podobná čísla udávají i Zemědělská a ekologická regionální agentura (2007), že objemová hmotnost minerálních půd kolísá mezi $0,8 - 1,8 \text{ g.cm}^{-3}$, u organických půd většinou mezi $0,2 - 0,3 \text{ g.cm}^{-3}$. Drbal (1986) tvrdí, že hodnoty objemové hmotnosti se pohybuje od $0,11$ u rašelin až po $1,8 \text{ g/cm}^3$ u ulehlých písků. Nejčastěji se však pohybuje v rozmezí mezi $1,2 - 1,6 \text{ g/cm}^3$.

Objemová hmotnost závisí na zrnitosti, struktuře, vlhkosti, pórovitosti, dále i na přítomnosti různých dutin, např. po odumřelých kořenech, tedy i složení porostů, (Sáňka, Materna 2004).

Rozmezí hodnot objemové hmotnosti pro některé skupiny půd a materiálů sestavil Brady a Weil (1999) a podle nich upravil Šimek (2003).



Obrázek 19 - Typická objemová hmotnost některých půd a materiálů, (upraveno podle Brady a Weil 1999, in Šimek 2003)

Objemové hmotnosti lze využít jako parametr pro hodnocení půdy z hlediska kyprosti nebo ulehlosti půdy (Jandák a kol. 2007). Existuje několik stupnic hodnocení např. Kutílek (1978) nebo Arshad (1996).

Kutílek (1978) sestavil tabulku kategorií nakypřenosti pro ornici, podorničí a spodinu v závislosti na objemové hmotnosti.

Ornice		podorničí		spodina	
objemová hm. (g.cm ⁻³)	kategorie	objemová hm. (g.cm ⁻³)	kategorie	objemová hm. (g.cm ⁻³)	kategorie
< 0,95	čerstvě nakypřená	<1,2	velmi kypré	<1,35	velmi kyprá
0,95 – 1,15	kyprá	1,2 – 1,35	slabě ulehlé	1,35 – 1,5	ulehlá
1,15 – 1,25	slabě ulehlá	1,35 – 1,45	ulehlé	> 1,5	silně ulehlá
>1,25	silně ulehlá	>1,45	silně ulehlé		

Tabulka 6 - Kategorie nakypřenosti podle objemové hmotnosti, (Kutílek 1978)

Arshad (1996) uvádí třídění podle textury a základním kritériem je omezení růstu kořenů rostlin.

Půdní druh (textura)	minimální hodnota objemové hmotnosti pro omezení růstu kořenů (g/cm³)
písčítá, hlinitopísčítá	1,8
velmi jemné písky a hlinité písky	1,77
písčitohlinitá	1,75
hlinitá, hlinitojílovitopísčítá	1,7
jílovitohlinitá	1,65
jílovitopísčítá	1,6
prachovitá, prachovitohlinitá	1,55
prachovitojílovitohlinitá	1,5
prachovitojílovitá	1,45
jíl	1,4

Tabulka 7 - Přibližné limity hodnot objemové hmotnosti, které již, v závislosti na půdním druhu (kategorie USDA), omezují růst kořenů rostlin, (Arshad et al. 1996)

V tabulce níže je znázorněn stav humusového horizontu u středně těžkých a těžkých půd. S horším strukturním stavem stoupá objemová hmotnost a pórovitost.

Strukturní stav humusového horizontu	Objemová hmotnost půdy (g.cm⁻³)	Pórovitost (%)
Výborný	< 1,2	> 54
Dobrý	1,2 - 1,4	46 - 54
Nevyhovující	1,4 - 1,6	39 - 46
Nestrukturní	1,6 - 1,8	31 - 39

Tabulka 8 - Stav horizontu u středně těžkých a těžkých půd, (Kutílek 1978)

Lhotský (2000) sestavil hodnoty objemové hmotnosti (redukované) podle zrnitosti půdy.

	jílovitá půda	jílovitohlinitá	hlinitá	písčitohlinitá	hlinitopísčítá	písčítá
objemová hmotnost (g/cm ³)	více jak 1,35	více než 1,4	více než 1,45	více než 1,55	více než 1,60	více než 1,70

Tabulka 9 - Mezní hodnoty objemové hmotnosti redukované, (Lhotský 2000)

Hodnoty objemové hmotnosti s vyšším číslem snadněji podléhají erozi, (Chatterjee et al 2009). Nejvyšší objemová hmotnost bývá u orné půdy, nižší je pak u lesů a pastvin a nejnižší je u přírodních stanovišť, (Lal a Kimble 2001).

Pórovitost

Pórovitost je půdní charakteristika, která významně ovlivňuje zvětrávání a půdotvorné procesy. Půdními póry vniká do půdy voda a vzduch. Pórovitost vyjadřuje celkový objem pórů, jejich tvar, velikost a rozmístění, (Šarapatka 2014). Objem, tvar a velikost půdních pórů značně ovlivňuje vlastnosti vody obsažené v půdě, mají vliv na rychlost pohybu vody a tím (kromě hydrologických vlastností půdy) je ovlivněna i intenzita migrace látek v půdě, a tedy i proces pedogeneze, (Kutílek 2004). Lische, Frank (1984) tvrdí, že hodnoty mohou být velmi proměnlivé. Pohybují se ve velkém rozpětí v závislosti na zrnitosti a humóznosti půdy, na struktuře a na genetickém půdním horizontu, (Smolík, 1957). Pórovitost je velmi důležitá, jelikož k vývoji a růstu kořenů rostlin dochází právě v půdních pórech. Rostliny si sice do jisté míry dokáží udělat místo v půdě stlačováním půdní hmoty, ale pokud je nízký obsah pórů v půdě nebo mají nevyhovující velikost, rostlinám to může znesnadnit vývoj, nebo ho dokonce úplně zastavit, (Kutílek 2004).

Póry se dělí na kapilární, semikapilární a gravitační. V kapilárních pórech je voda vázána kapilárními silami a velikost pórů je (mikropóry menší než 0,2 mm). Semikapilární póry jsou mezistupněm mezi kapilárními a gravitačními. V gravitačních pórech (makropóry větší než 0,2 mm) převládá působení zemské tíže a jsou velmi významné pro transport látek v půdním profilu, (Vráblíková, Vráblík, 2006), (Vopravil a kol. 2009). Lehké půdy mají hodně makropórů, které napomáhají odvodnění a snižují jímavost pro vodu, (Smolík, 1957).

Nižší kapilární pórovitost je u písčitých půd, kde není vyvinuta půdní struktura. Naopak vyšší kapilární pórovitost se dá očekávat u těžkých a středně texturních půd bohatých na organickou hmotu, (Šarapatka 2014), (Kuráž 2003).

Středně těžké půdy mají pórovitost mezi 40 – 50 %. Lehčí (písčité) půdy nebo naopak těžké (jílovité) půdy mají pórovitost mezi 25 – 30 %. V rašelinných půdách se může pórovitost pohybovat až u 85 %. (Lischke, Frank, 1984), Kutílek (2004) tvrdí, že u rašeliny to může být dokonce až 90 %. Pokorný, Šarapatka (2007) tvrdí, že celková pórovitost u zemědělských půd se pohybuje v rozmezí 40 – 50, v podorniči 30 – 40 %. Hauptman a kol. (2009) udávají

podobné číslo, a to, že v ornici a podorniční vrstvě se pórovitost pohybuje okolo 45 %. Kutílek (2004) říká, že v minerálních půdách se pórovitost může dostat na hodnoty od 26 % do 80 %. Smolík (1957) uvádí, že většina našich půd kolísá mezi 30 – 62 %.

Nejnižší hodnoty se nacházejí v horizontech iluviálních vlivem akumulace látek a v horizontech trvale zamokřených, kde vlivem redukčních procesů dochází k oglejení. Kutílek (2004) říká, že v glejových horizontech může klesat až pod 30 %.

V půdách je pórovitost ovlivněna obsahem humusu, na něm je do jisté míry závislá půdní struktura. Nejlepší podmínky mají půdy s drobtovitou strukturou. Významný je i podíl skeletu, při vyšším obsahu je vyšší celkový obsah hrubších pórů, ale celková pórovitost je nižší, (Sáňka, Materna 2004). Vyšší množství jemnonozrných částic v půdě zvyšuje pórovitost a naopak snižuje objemovou hmotnost. Pórovitost klesá s hloubkou půdního profilu, (Sáňka, Materna 2004). Díky pórovitosti lze také odvozovat kyprost či ulehlost půdy, (Šarapatka 2010).

Strukturní stav humusového horizontu	Pórovitost (%)
výborný	> 54
dobry	46 – 54
nevyhovující	39 – 46
nestruturní	31 – 39

Tabulka 10 - Hodnocení strukturního stavu humusového horizontu podle pórovitosti, (Kutílek 1978)

Půdy	%
písčité	30 - 60
jílovité	30 - 70
hlinité	30 - 60
bahenní	80 - 85

Tabulka 11 - Hodnoty pórovitosti pro povrchové vrstvy kulturních půd, (Koorevaar, Menelik, Dirksen 1983)

	písčítá	hlinitopísčítá	písčítohlinitá	hlinitá	jílovitohlinitá	jílovitá
Pórovitost (%)	méně než 38	méně než 40	méně než 42	méně než 45	méně než 47	méně než 48

Tabulka 12 - Mezní hodnoty pórovitosti, (Lhotský 2000)

Výška vody v profilu

Tato charakteristika nám říká, jaká je výška vody nebo-li jaká je zásoba vody v profilu. Podle Matuly (2016, ústní sdělení) výšku vody v profilu popisuje takto: “Výška vody v profilu je poměr objemu vody vztažený k povrchu půdy.“ Z objemové hmotnosti se dá snadno zjistit množství vody v příslušné části půdního profilu. Pokud je vlhkost s hloubkou konstantní, potom se zásoba vody v profilu dá vypočítat pomocí vzorce: $h = \text{objemová vlhkost} * \text{výška válečku}$, (Kutílek 2004). Výška vody vychází v mm a toto vyjádření se používá při bilanci vody.

3 Fyzicko-geografická charakteristika zájmového území

Tato kapitola se zabývá souhrnnou fyzicko-geografickou charakteristikou daného území zahrnující vymezení oblasti, geologické, geomorfologické, klimatologické, hydrologické, půdní a vegetační charakteristiku.

3.1 Vymezení území

Brdy se nachází na jihozápadě ve středních Čechách. Od okolních oblastí se liší typem krajiny, nadmořskou výškou a způsobem zásahu člověka do krajiny. Vyznačuje se členitým reliéfem vrchovin s širokými hřbety, zbytky zarovnaných povrchů a rozevřenými úvalovitými údolními, (Ložek a kol., 2005). Střední výška je 556 m n. m. Je zde vysoká lesnatost a

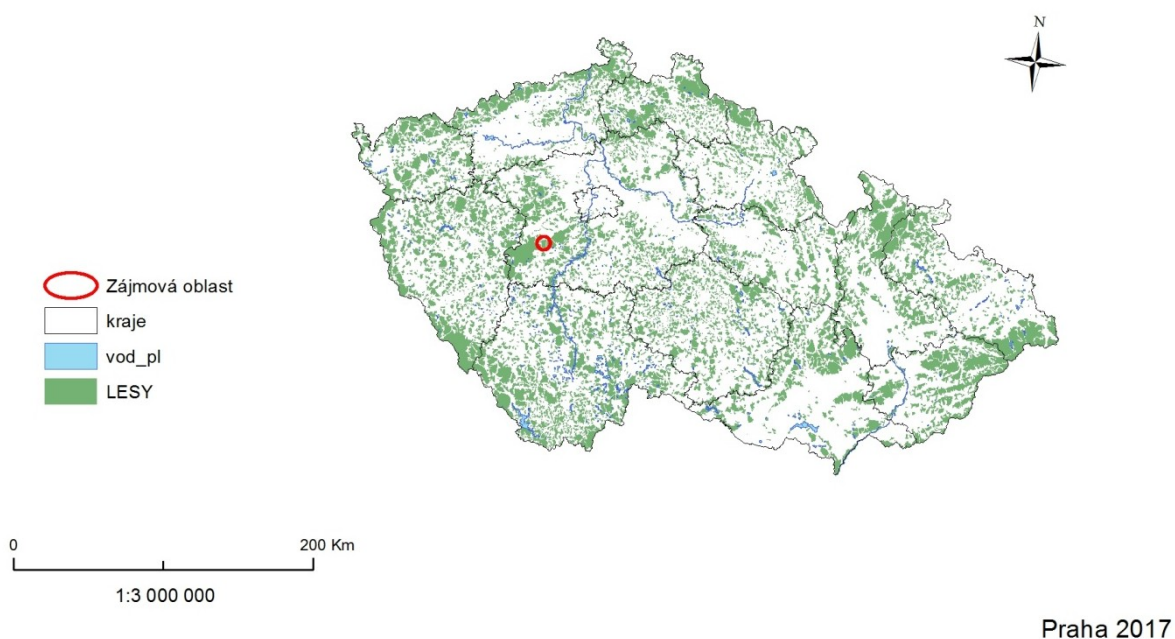
současný stav lesů je ovlivňován hospodařením podle lesního zákona z roku 1995, který znamenal návrat k maloplošnému hospodaření, (Cílek 2011). Rozloha Brd činí 827 km².

Tři čtvrtiny území byly ještě do nedávna využívány jako vojenský výcvikový prostor. V minulých obdobích (až na centrální část Brd, která nebyla nikdy trvale osídlena), (Sakař et Sklenář 1987), člověk významně měnil ráz krajiny.

Do vojenského prostoru patřila oblast Středních Brd. Vyznačuje se minimálním osídlením. Jihozápad území (nespadá do vojenského prostoru), je tvořen na východní straně masivem vrchu Třemšína, na jihozápadě uzavírá území vrch Kokšín, (Ložek a kol. 2005)

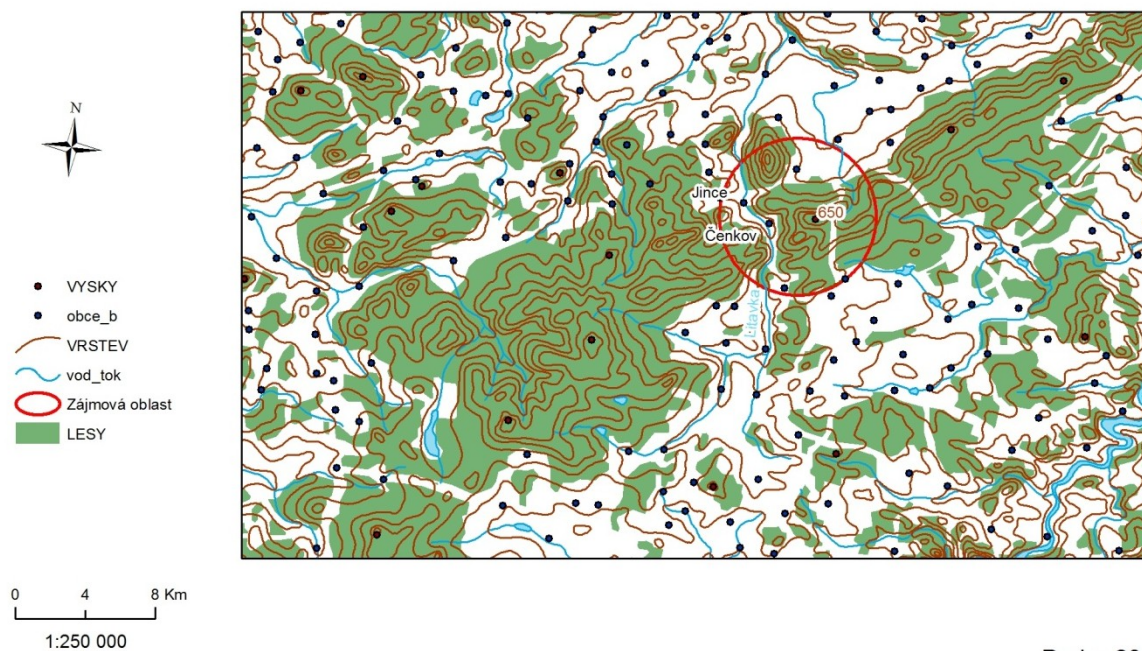
Studovaná oblast je poměrně malá, ale je velmi zajímavá pro svoji historickou a stanovištní rozmanitost. Odběr vzorků probíhal v okrese Příbram, v lesích poblíž obcí Čenkov a Jince .

ČESKÁ REPUBLIKA



Obrázek 20 - Česká republika, (Arc ČR 500)

BRDY



Obrázek 21 - Brdy, (Arc ČR 500)



Obrázek 22 - Zájmové území, (mapy.cz)

3.2 Dějiny osídlení a vývoj krajiny

Brdy a brdské podhůří byly poměrně dlouho neosídleny. Důvodem jsou chladnější klimatické podmínky a menší úrodnost půd než v okolí. Na okrajích Brd se nacházelo několik hradišť vznikajících v 9. – 8. stol. př. n. l. (Třemšín, Kokšín, Zavírka, Plešivec), (Kuna a kol, 2015).

Proces osídlování se rozvíjel až v pozdní době bronzové, především na jihu a východě vrchoviny, (Křivánek 2009b).

Trvalejší osídlení je známo až z pozdního středověku. Na přelomu 10. – 12. stol. jsou z oblasti Brd a okolí doklady o začátcích železářství a dolování rud, (Čáka 1997). Na významu získal tento region právě díky zásobě surovin. Právě železářství bylo impulzem počátku postupného osídlování oblasti. Výraznější odlesňování Brd je datováno okolo 13. století, kdy dochází k rozvoji dehtářství a uhlířství, (Cílek 2011). Odlesňování bylo natolik devastující, že v roce 1754 byl vydán lesní zákon, v kterém bylo omezování lesních ploch přísně zakázáno, (Čáka 1997).

V novověku se dále rozvíjí těžba a průmyslová výroba. Na území Brd se začíná vyvíjet také sklářství a lesnictví. Vznikají pily, hamry, hutě a sklárny. V 16. – 18. stol. se osídlení začíná rozpínat více do nitra pohoří. Od první poloviny 16. století zde vznikají pastviny a louky. Ze stejného století jsou doloženy také Padrt'ské rybníky. Na konci 18. století bylo dosaženo historicky nejnižší rozlohy lesa, (AOPK, 2012)

Výrazně se na krajině podepsal vznik vojenského prostoru v roce 1927. Kvůli výcviku se odlesnily rozsáhlé plochy v centrálních Brdech. V roce 1951 byl vojenský prostor ještě rozšířen. Obce, které zasahovaly do území vojenského újezdu, byly vysídleny a následně zbořeny (např. Kolvín), (Kuna a kol. 2015). V současnosti je vojenský prostor již zrušen a jeho hlavní část patří do CHKO.

3.3 Geologie

Geologie je v Brdech velice rozmanitá. Skladbou se Brdy výrazně liší od pohraničních hor, které jsou tvořeny převážně krystalinikem. Brdy jsou členitá vrchovina spadající do Barrandienu. Pro ten je typický nepřerušovaný sled sedimentů mladších i starších prvohor. V oblasti Brd se nachází starohorní i prvohorní horniny. Přibližně tři čtvrtiny Brd je tvořeno horninami pocházejícími z období kambria, (Chlupáč, 2002).

Podle Agentury ochrany a přírody, Brdy a Hřebenů včetně pásu na jejich jihovýchodním úpatí se řadí do staršího paleozoika a neoproterozoika. Nejvyšší části Brd jsou budovány převážně tvrdými křemenci, slepenci a méně mořskými břidlicemi, které mají trilobitovou faunu pocházející z kambria. Severozápadní okraj Hřebenů včetně vrcholů a předsunutého vrchu Plešivce tvoří tvrdé ordovické křemence, v jižních Brdech vystupují břidlice a droby neoproterozoika a ve středních Brdech byly nalezeny buližníky pocházející z proterozoika. Centrální část Brd a Hřebenů je tvořena odolnými horninami kambrického stáří, kterými jsou křemenné pískovce, slepence, břidlice a porfyry, (Chlupáč 2002). V oblasti Padrt'ských rybníků byl objeven prvohorní splitový vulkanismus, (Ložek a kol. 2005)

V zájmové oblasti (Jinecko) se vyskytují převážně uloženiny nejstaršího prvohorního útvaru - kambrické břidlice a ordovické křemence (Chlupáč, 2002). Oblast je tvořena hlavně odolnými kyselými horninami, z kterých zde vznikají půdy s nízkým pH. Podle Kozáka (2009) jsou v okolí Jinců půdotvorným substrátem sedimentární horniny – středně těžké. Na Jinecku se nachází také mořské břidlice a prachovce středního kambria. Velký význam mají doklady mořské fauny jineckých vrstev nejlépe odkrytých v průlomovém údolí Litavky (Ložek a kol. 2005).

Podle Webového archivu Komplexního průzkumu půd (vytvořeného v letech 1961 – 1971) se na území poblíž zájmového území jako matečné horniny zemědělských půd vyskytují drobové břidlice, pískovce a slepence kambria.

3.4 Geomorfologie

Brdy jsou územím s velice rozmanitou geomorfologií. Brdy spadají do provincie České vysočiny, subprovincie Poberounské. (Balatka, Kalvoda, 2006)

Brdy mají strukturně denudační reliéf s širokými a zaoblenými hřbety se směrem SZ-JV. Reliéf byl modelován převážně ve čtvrtohorách v souvislosti s dobami ledovými. Na území jsou patrné pozůstatky dlouhodobého působení kryogenních procesů (kamenná moře, mrazové sruby, kryoplanační terasy). Tato oblast se odlišuje díky chybějící mladé kvartérní erozní činnosti. S výjimkou údolí řeky Litavky, která protíná pásmo Brd, se zde žádná úzká hluboká údolí nenacházejí. (Ložek a kol. 2005). Údolí jsou široká a prostorná.

Podle Czudka (1977) Brdy představují mezozoicko-paleogenní peneplén, který byl tektonickými pohyby rozlámán na menší celky. Postupně vznikaly nízké protáhlé hřebeny se suťovými poli. Brdy jsou nízké se zaoblenými vrcholy a širokými protáhlými hřbety. Nejvyšším bodem celé Brdské vrchoviny je Tok (865 m) ve Středních Brdech.

3.5 Klimatické poměry

Území se svými horskými podmínkami nápadně liší od suššího a teplejšího okolí. Pohoří se nachází v nadmořské výšce od 600 – 830 m n. m. Nižší polohy Brd spadají do klimatu teplejšího a suššího (např. podél Litavky), (Culek 1996).

Nejvyšší polohy Středních Brd patří do chladné klimatické oblasti CH7. Jsou zde mírně chladná vlhká léta a delší chladné a mírně suché zimy s průměrnou teplotou v lednu -3 až -4 °C, v červenci 15 až 16 °C. Roční průměrná teplota se pohybuje na většině území okolo 6-7° C. (Atlas podnebí Česka, ČHMU, 2007). Střední Brdy mají 120 až 130 dny v roce se srážkami, srážkovými úhrny za vegetační období je zde okolo 500 až 600 mm a v zimním období se pohybuje u 350 až 400 mm.

Nižší oblasti Brd spadají do mírně teplé oblasti MT3. MT3 je charakteristická mírně teplým až teplým a mírně vlhkým podnebím s mírnými až chladnými léty a suchou až mírně suchou

zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Teplota se zde v lednu pohybuje okolo -3 až -4 °C, v červenci okolo 16 – 17 °C. Srážkový úhrn je zde ve vegetačním období okolo 350 – 450 mm a v zimním období se pohybuje okolo 250 – 300 mm.

3.6 Hydrologické poměry

Území Brd je oblast s nepravidelnými srážkami a s předpoklady k výskytu občasných silných přívalů. Morfologie terénu a charakter vodních toků (zásadně ovlivněné činností člověka) napomáhá koncentraci odtoků z těchto přívalů. Brdy jsou tedy často ohniskem vzniku povodní.

Brdy patří do povodí řeky Vltavy. Všechna voda z Brd odtéká do Severního moře. Hlavním zdrojem vodnosti jsou dešťové srážky a voda z tání sněhu. Pro tuto oblast je typický režim pluvio-nivální. V Brdech jsou největší průtoky řek na jaře, nejnižší jsou na horách na konci zimy a v nížinách a pohorkatinách na podzim.

Území je z největší části odvodňováno Litavkou, která svým údolím dělí Brdy na východní a západní část. Území, z kterých Litavka odvádí vodu, jsou velké rozlohy svahů Brd, včetně níže ležících nezalesněných, zemědělsky využívaných svahů. Její nejvýznamnější přítoky jsou Chumava a Červený potok. Litavka byla v minulosti různě technicky upravována a díky tomu se stala tokem poměrně povodňově aktivním. Délka toku je 55 kilometrů. Průtok v ústí je 2,7 m³.s⁻¹, ale často kolísá. Litavka pramení severně od Rožmitálu pod Třemšínem, je tokem 4. řádu a vlévá se v Berouně do Berounky. Plocha povodí Litavky činí 625.49 km², (AOPK ČR 2012)

Severozápadní část Brd je odvodňována řekou Klabavou. Klabava pramení poblíž Nepomuku. Délka jejího toku je 51.2 km. Průtok toku je 2,04 m³/s. Zprava se poblíž Chrástu u Plzně vlévá do Berounky. V obdobích s nedostatkem srážek má sklon k výraznému zmenšování průtoků až k vysychání.

Oblast je výrazně modifikována nádržemi na vodních tocích sloužící vodárenským účelům (Láz, Pilská, Obecnice, Velcí) nebo chovu ryb (zejm. Padrťské rybníky).

3.7 Půdní poměry

Půdní poměry jsou podmíněny hlavně geologickým substrátem a reliéfem. Většina území je budována převážně obtížně zvětratelnými horninami, chudými na živiny, na kterých se vyvíjí lesní půdy charakteristické nízkým pH. To zamezuje přísunu živin, zhoršuje činnost mikroorganismů a zpomaluje rozklad organické hmoty. Kvartérní pokryvy jsou v Brdech v naprosté většině vyvinuty jako svahoviny s vysokým podílem kamenité sutě.

Kambizemě jsou nejrozšířenějším půdním typem oblasti. Kambizemě vznikají ze svahovin či přemístěných zvětralin. Kambizemě se mohou nacházet v různých nadmořských výškách (kambizemě nižších poloh 300 – 600 m n. m. a kambizemě vyšších poloh 600 – 800 m n. m.). Kambizemě jsou typické svou skeletnatostí. Půdní reakce jsou slabě kyselé až kyselé. Škála substrátů a klimatických podmínek se odráží v nasycenosti sorpčního komplexu (Šarapatka 2014). Geologickým podkladem bývají ordovické břidlice.

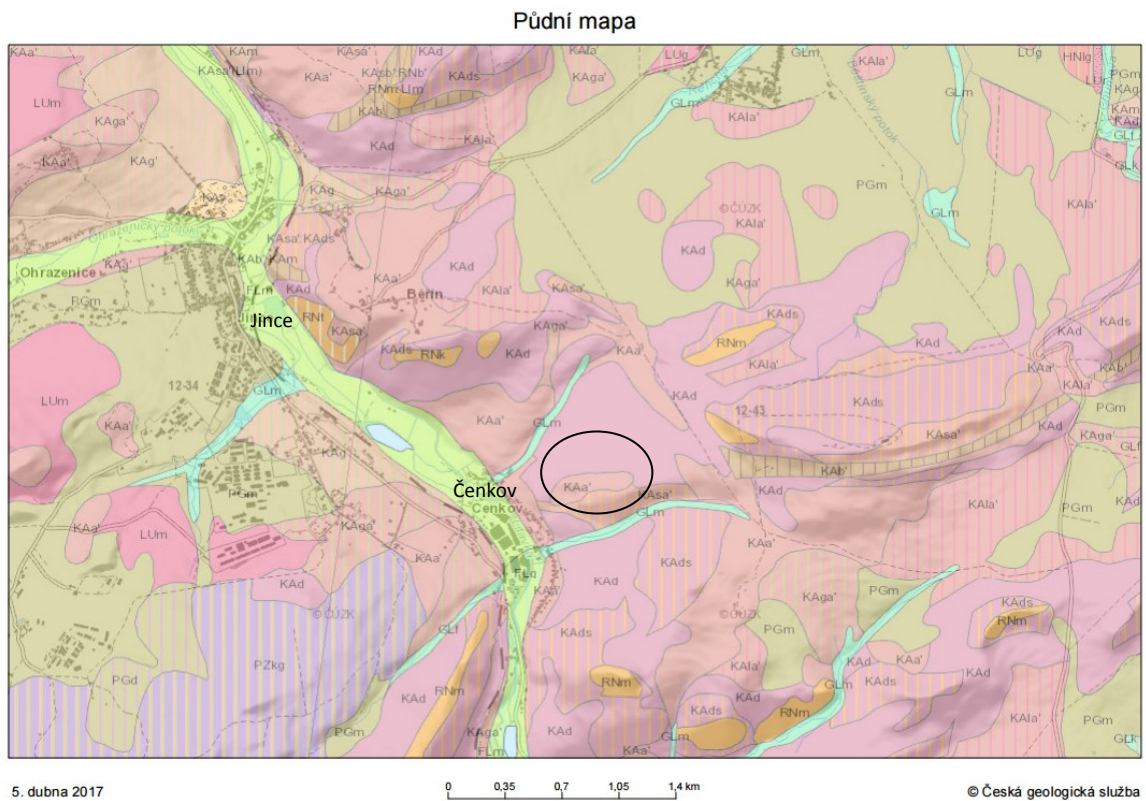
Podsvahová deluvia zaujímají eutrofní kambizemě s výrazně vyvinutým, drobtovitým melanickým horizontem a celkově tmavě zbarveným půdním profilem, (Culek 1996). Pro exponované polohy vrcholů jsou typické rankery a litozemě, přecházející do kambizemě rankerové. V nejvyšších polohách se utváří podzol nebo kryptopodzol. Na okrajových částech území se rozprostírají pseudogleje, které se nacházejí v depresních polohách. Vyvíjejí se díky přítomnosti hůře propustné vrstvy. Mohou vznikat z luvizemí nebo z kambizemí. Jsou to semihydromorfnní půdy s redoximorfnním mramorovým horizontem. Pseudoglejový proces probíhá při zvýšené vlhkosti, kdy za účasti nízkomolekulárních látek dochází k mobilizaci, redukci a migraci železa a manganu.

V pramenných pánvích potoků vznikají kambizemě glejové, nebo přímo gleje, ale ty jsou v Brdech poměrně vzácné. V centrálních Brdech nalezneme také různě mocné organozemě, (Culek 1996).

Podle České geologické služby jsou v Brdech převážně půdy jílovitohlinité. Vyskytují se zde ale i štěrkovité a kamenité půdy, a to hlavně ve vyšších nadmořských výškách jako je např. nejvyšší vrchol Brd – Tok.

V oblasti Jinců, na úživnějších horninách (např. jinecké břidlice) se vyvíjí kambizemě hlubší s neutrální reakcí. Půdy jsou zde hluboké až středně hluboké, (mapy.vumop.cz). Typické pro tuto oblast je velké množství skeletu, často až balvanitého.

Podle Kozáka (2009) se v oblasti Čenkova a Jinců nachází kambizem modální, kambizem dystrická a na plošších místech s těžšími hlinitými substráty se nacházejí pseudogleje a luvizemě.



Obrázek 23 - Půdní mapa, Jince a okolí (Česká geologická služba, 1:50 000)

Legenda

- KAd kambizem dystrická
- KAds kambizem dystrická rankerová
- KAa kambizem mezobazická

(celá legenda je dostupná na stránkách <http://mapy.geology.cz/pudy/>)

Podle Webového archivu Komplexního průzkumu půd (1961 – 1971) se při vývoji místních půd uplatnily mimo klimatických vlivů především vlastnosti půdotvorných substrátů a reliéf terénu. Na šterkovitě a břidličnatě větrajících břidlicích, drobových břidlicích a slepencích se vyvinuly ve vyšších polohách mělké až středně hluboké, šterkovité až kamenité půdy. Jsou

minerálně chudé vyžadující k udržení uspokojivé úrodnosti pravidelné rozdělení srážek. Tyto půdy jsou modelovány především důsledkem zvětratelnosti matečných hornin.

Nachází se zde i hlubší, méně štěrkovité půdy se zrnitostně příznivějšími podmínkami vznikající na deluviích zvětralých břidlic. Při modelaci těchto půd působí hlavně reliéf terénu. Na vododržnějších deluviích, uložených na mírných svazích, se místy objevuje přechodné převlhčení srážkovou vodou, podporující redukční procesy – oglejené subtypy kambizemí a pseudogleje.

3.8 Vegetační charakteristika

Vyšší nadmořská výška Brd se svojí teplotou a srážkami je vhodným prostředím pro růst a rozvoj lesa. Podle mapy potenciální přirozené vegetace (Neuhäuslová et al. 1997) jsou původní vegetací Brd acidofilní bučiny a jedliny. Podle Ložka a kol (2005) je v oblasti Jinců přirozenou vegetací černýšová dubohabřina a biková a/nebo jedlová doubrava. Současným lesním krytem Brd jsou převážně jehličnaté lesy (Zdroj dat: CORINE Landcover). Dále se zde nacházejí i rašelinné a podmáčené smrčiny. Ty rostou na zamokřených rašelinných nebo glejových půdách od 500 m n. m. Podhorská a horská vřesoviště vznikla na místech po odlesnění acidofilních bučin a borů, nacházejí se na opuštěných a ochuzených pastvinách a na haldách hlušiny navršených po dřívější těžbě rudy. Dále se zde nachází brusnicová vegetace, které se daří na skalních terasách a dročinách minerálně chudých hornin. (Katalog biotopů ČR AOPK 2010). V bezlesí jsou zastoupeny louky a pastviny. Specifickým typem prostředí jsou odlesněná místa cílových ploch střelnic vojenského prostoru, (Culek, 1996).

Nejzastoupenější jehličnatou dřevinou je smrk ztepilý (76,5%), který se vyskytuje na celém území a prakticky na všech stanovištích. Tvoří zde povětšinou monokultury, někdy jsou v kombinaci s modřínem, borovicí nebo s bukem, méně pak s dalšími listnáči např., dubem, břízou a olší. Z jehličnanů je zde zastoupen ještě modřín (7,1%) a borovice lesní (5,0%), které tvoří většinou příměs ve smrkových porostech.

Z listnatých dřevin se zde vyskytuje buk lesní (3,6%). Duby se vyskytují i na extrémních stanovištích, jako jsou skály a sutě. Bříza, obvykle roste na opuštěných místech na

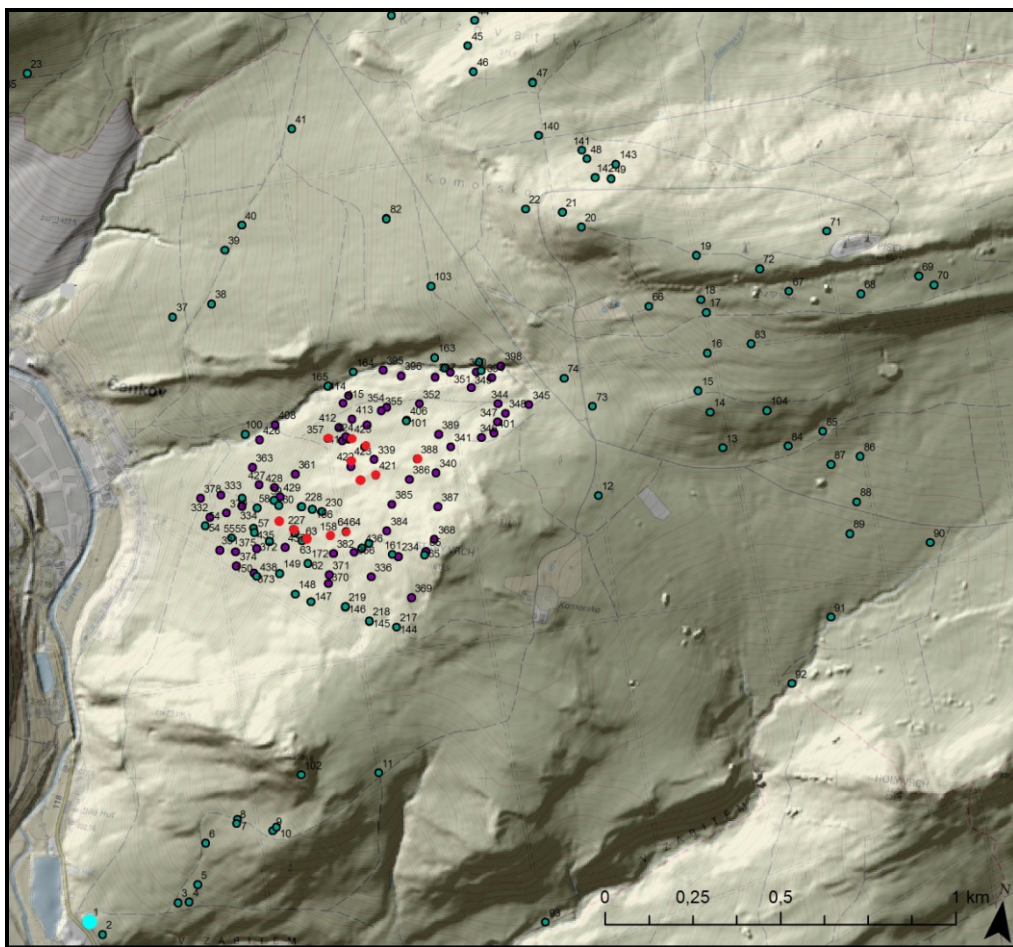
kamenitých i oglejených stanovištích. Javor, jasan a lípy se vyskytují na živných stanovištích většinou jako příměs.

4 Metody výzkumu a zpracování dat

4.1 Vlastní měření

Má terénní práce spočívala v odběru vzorků v Brdských lesích, ležící u obcí Jince a Čenkov. V terénu bylo odebráno 62 neporušených půdních vzorků pomocí Kopeckého válečků a vzorky půdy na měření pH. Dále byla v dané lokalitě zkoumána vegetace a byly prováděny půdní sondy. Odběr vzorků byl proveden na podzim (listopad, prosinec) roku 2016 a na jaře (březen, duben) 2017. Lokality byly vybírány podle mapy milířišť Bobka, který zde v roce 2008 prováděl průzkum radiokarbonovou metodou. Z jednoho milířiště byly odebrány zpravidla čtyři vzorky. Odběr vzorků odebraných mimo milířiště probíhal v blízkosti odebíraných milířišť. Vybavení do terénu - Kopeckého válečky, půdní sonda a palice byly zapůjčeny od Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.

Na obrázku níže je vidět velké množství milířišť nacházející se v této oblasti. (všechny fialové, zelené a červené body znázorňují milířiště). V mapě na obrázku č. 24 (Bobek, 2008), jsou zelenými a fialovými barvami označeny milířiště pro vlastní orientaci autora. Červenými značkami jsou znázorněny milířiště, kde se odebíraly půdní vzorky pro tuto diplomovou práci.



Obrázek 24 - Milířiště v Brdech, (upraveno podle Bobek 2008)

4.2 Zpracování dat

Neporušený půdní vzorek slouží k určování základních fyzikálních vlastností. Kopečkého válečky mají objem 100 cm^3 . Válečky byly v terénu po odběru ihned očíslovány. Po odebrání byly vzorky převezeny do laboratoře fyzické geografie, kde byly zváženy. Tím byla zjištěna aktuální hmotnost půdy. Poté se vzorky postavily na hodinové sklo a kapilárním vztlínáním byla určena maximální vodní kapacita. Vztlínání bylo provedeno přes filtrační papír a po dvou dnech byly vzorky opět zváženy). Plná vodní kapacita byla zjištěna při zalití nádoby se vzorky vodou (až po okraj válečků). Po zvážení byly vzorky vysušeny v peci (po dobu 4 dnů) do konstantní hmotnosti a po vychladnutí byly opět zváženy pro určení hmotnost sušiny. U našich půd se používalo sušení na 60° C , jelikož to jsou půdy s vyšším obsahem humusu a při

vyšší teplotě by docházelo ke snížení hmotnosti na úkor oxidace organické hmoty (Kutílek, 2004). Ve všech fázích byly válečky zváženy a na konci byla odečtena z hodnot váha válečků a víček. Z takto upravených hodnot byly následně vypočítány objemové vlhkosti, hmotnostní vlhkosti, objemové hmotnosti, pórovitosti a výška vody v profilu.

V laboratoři bylo dále zjišťováno pH půdy. Ze vzorků bylo pH určeno v destilované vodě. Označuje se pH/H₂O. Vzorek byl nejprve rozmělněn, aby se oddělily jednotlivé frakce. Poté se vzorek přesil přes 2 mm síto. Pro určení pH se do zkumavky odvážílo 20 g přesátého vzorku a dolil se 50 ml destilované vody. Vzorek se následovně dal na 10 minut vyklepat, aby se od sebe oddělily všechny frakce a kationty H se uvolnily do vody. PH se změřilo pomocí pH-metru.

Pro pH v zájmové oblasti bylo analyzováno 16 vzorků půdy. Dva vzorky pocházely z profilu pod smrkovým porostem, dva byly odebrány z půdy pod bukovým lesem a čtyři byly vzaty z milířišť.

5 Výsledky

V Brdech bylo zkoumáno, zda se díky černému uhlíku změnil bylinný podrost stanoviště. Při porovnávání bioty na místech milířišť a mimo milířiště nebyl zaznamenán žádný viditelný rozdíl v bylinném podrostu. To je nejspíš důsledek existence zapojeného lesa, kde je málo světla, které bylinný porost potřebuje pro fotosyntézu.



Obrázek 25 - plošina milířiště s kupou mouru a uhlíků uprostřed, (Bobek 2008)



Obrázek 26 - Milířiště, bukový les, (vlastní foto, 11.3.2017)

Milířiště se dají v terénu nalézt poměrně snadno. Uměle zarovnaný terén je ve svahu dost nápadný.



Obrázek 27 - Práce v Brdech, nalezené uhlíky, (vlastní foto, 11.3.2017)

V místech bývalých milířů se stále dají nalézt rozeznatelné kousky uhlíků. Uhlíky se dají snadno lámat a černí ruce, což podle Kadlec (2013) znamená, že buď bylo dřevo páleno příliš dlouho, anebo mohlo být vyrobeno z hnilobou silně napadeného dříví.



Obrázek 28 - Skeletovitost, (vlastní foto, 29.3.2017)

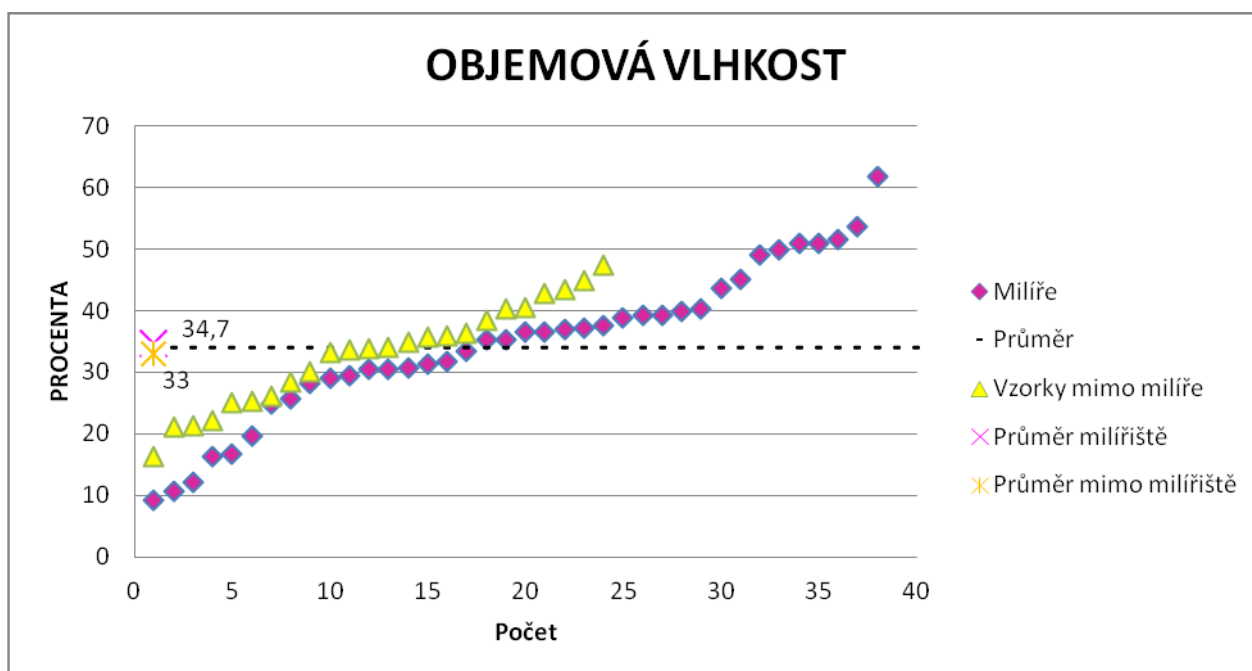
Z fotografie je na první pohled vidět, že oblast je poměrně skeletovitá a odběr vzorků zde není jednoduchý.

Objemová a hmotnostní vlhkost spolu úzce souvisejí, proto by i jejich výsledné hodnoty měly být podobné. Na grafu č. 1 a č. 2 je znázorněna objemová vlhkost a hmotnostní vlhkost všech odebraných vzorků. Vlhkosti jsou přepočteny na procenta (tzn. vynásobení všech hodnot *100). Pro větší přehlednost jsou vzorky seřazeny vzestupně. (Pozor, pořadí vzorku na ose v grafu tedy neodpovídá pořadí vzorků v ostatních grafech. Celý seznam vzorků se všemi spočtenými hodnotami fyzikálních charakteristik jsou uvedeny v příloze). U hodnot, které jsou vyšší než 1/100 %, tato charakteristika není vhodná. Všechny vzorky byly odebrány

v hloubce cca 10 cm pod povrchem. Obecně platí, že vyšší vlhkost bývá ve svrchní části horizontu díky vazbě na organický materiál.

Při porovnání objemové vlhkosti vzorků odebraných v místech milířišť a v místech mimo milířiště, jsou patrné menší rozdíly mezi naměřenými hodnotami. Většina vzorků z obou skupin se nachází v rozmezí mezi 30 – 50 %. U vzorků odebraných v místech milířišť je vidět větší variabilita hodnot, což může být ovlivněno jiným počtem vzorků obou skupin.

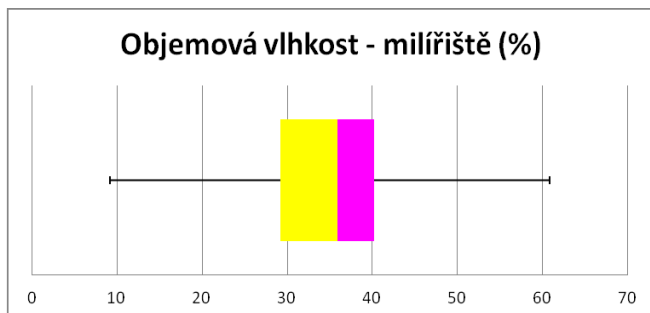
U grafu objemové hmotnosti a pórovitosti byl zanesen pouze bodový průměr obou skupin, na rozdíl od dalších grafů, kde je vykreslen jako čára, jelikož průměr vzorků u těchto dvou charakteristik z milířišť a průměr vzorků mimo milířiště se téměř neliší a při zobrazení v grafu by zhoršoval přehlednost grafu.



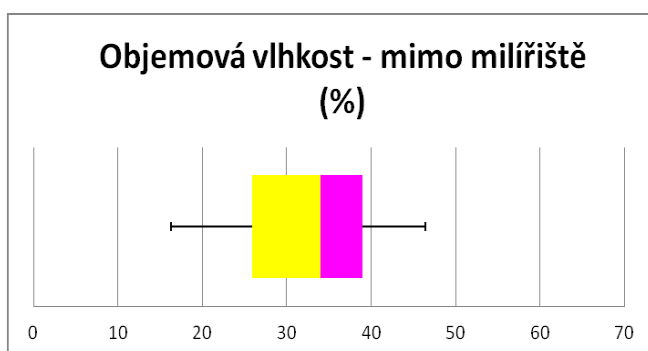
Graf 1 - Objemová vlhkost

Obecnější znázornění celkového rozložení dat obou skupin ukazují krabicové grafy, které zobrazují minimum, maximum, horní a dolní kvartil a medián. Je vidět, že medián v obou případech se pohybuje okolo 35 %. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou u vzorků odebraných z milířišť je o hodně vyšší než u vzorků odebraných mimo milířiště. Spodní kvartil říká, že 25 % hodnot je nižších než hodnota dolního kvartilu. Horní kvartil říká, že 75

% hodnot je nižší než hodnota horního kvartilu. Horní i dolní quartil se pohybuje u obou skupin v podobných číslech (spodní quartil okolo 25 % a horní okolo 40 %).

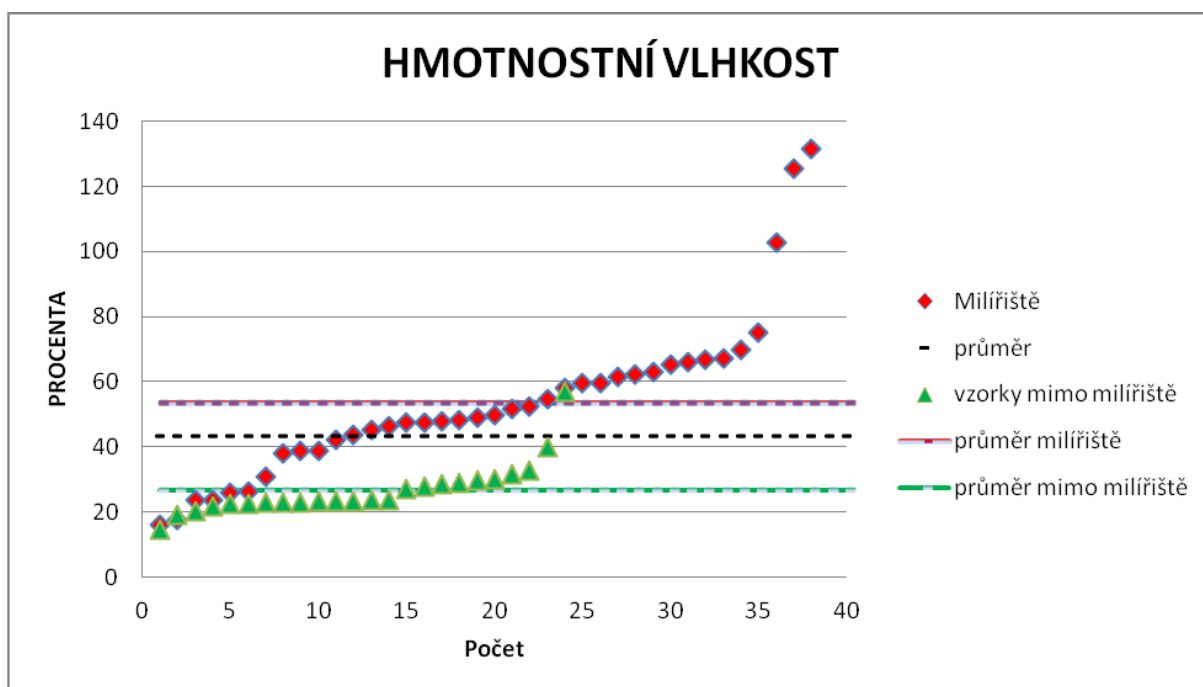


Graf 2 - Krabicový graf - Objemová vlhkost - milířiště



Graf 3 - Krabicový graf - Objemová vlhkost - mimo milířiště

U hmotnostní vlhkosti je viditelný rozdíl mezi zájmovými skupinami. Vzorky milířišť mají velký rozptyl hodnot a většina vzorků se pohybuje v rozpětí mezi 40 – 80 %. Vzorky odebrané mimo milířiště mají hmotnostní vlhkost nižší a skoro všechny se nacházejí mezi 20 – 40 %. Rozdíl je také dobře viditelný z průměrů obou skupin, kde průměr milířiště je 53 % a u půd mimo milířiště je 26 % (viz níže: tabulka průměr). Je zajímavé, že tři vzorky odebrané v milířištích dosahují svojí hmotnostní vlhkostí nad 100 %. V místě odběru takových vzorků je zřejmě velké množství organiky.

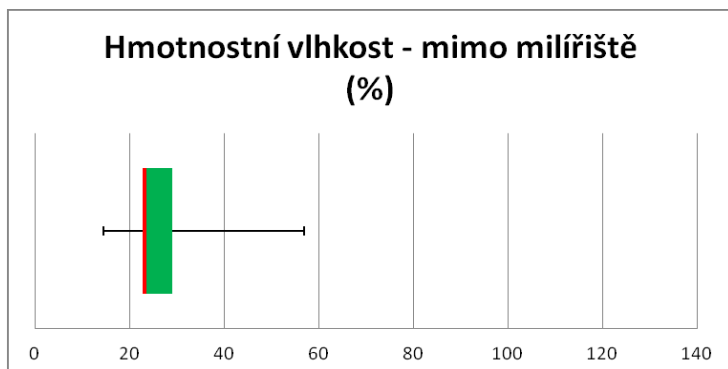


Graf 4 - Hmotnostní vlhkost

Pro lepší přehled jsou zde zobrazeny krabicové grafy. Hmotnostní vlhkost odebraných vzorků milířišť mají vyšší medián (50 %) než vzorky odebrané mimo milířiště (23 %). Rozdíl hodnot minima a maxima je u vzorků z milířišť téměř trojnásobný než u vzorků odebraných mimo milířiště.



Graf 5 - Krabicový graf - Hmotnostní vlhkost - milířiště

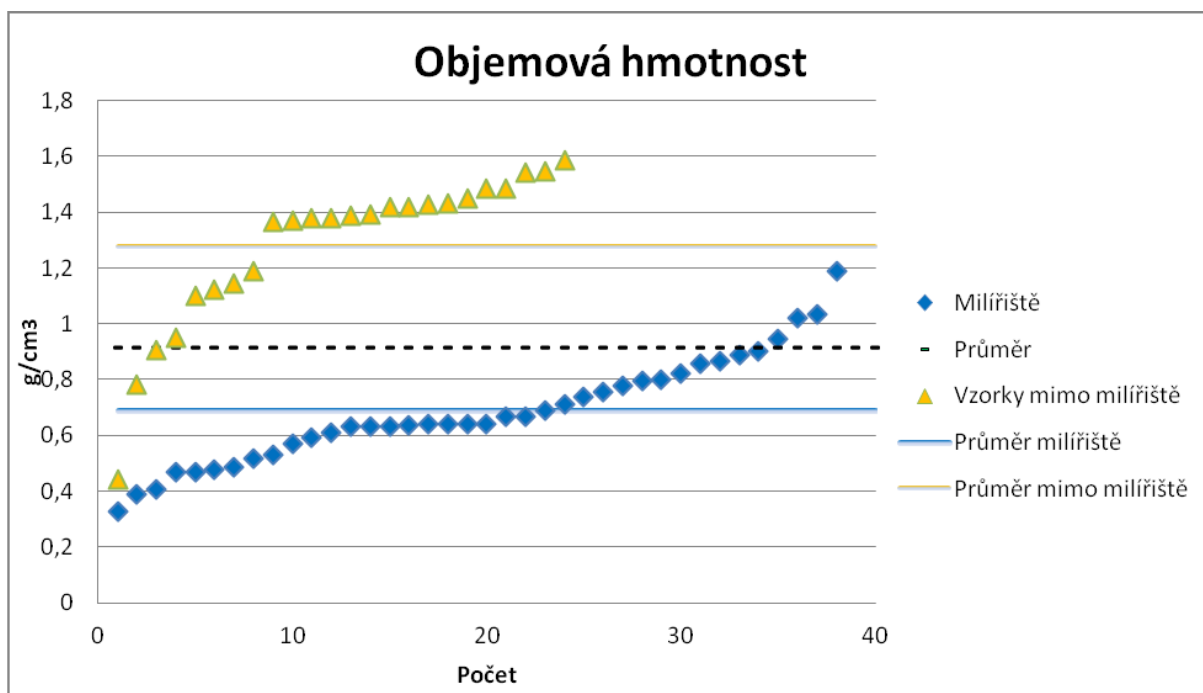


Graf 6 - Krabicový graf - Hmotnostní vlhkost - mimo milířiště

V grafu (viz níže) je dobře viditelný výrazný rozdíl v objemových hmotnostech mezi vzorky odebranými v milířišti a vzorky odebranými mimo milířiště. Vzorky mimo milířiště se pohybují mezi $0,8 - 1,6 \text{ g/cm}^3$. Vzorky milířišť mají hodnoty v rozpětí mezi $0,4 - 1,2 \text{ g/cm}^3$. Tento rozdíl je snadno viditelný i na průměrech obou skupin (milířiště mají průměr $0,68 \text{ g/cm}^3$ a vzorky mimo milířiště mají průměr $1,27 \text{ g/cm}^3$).

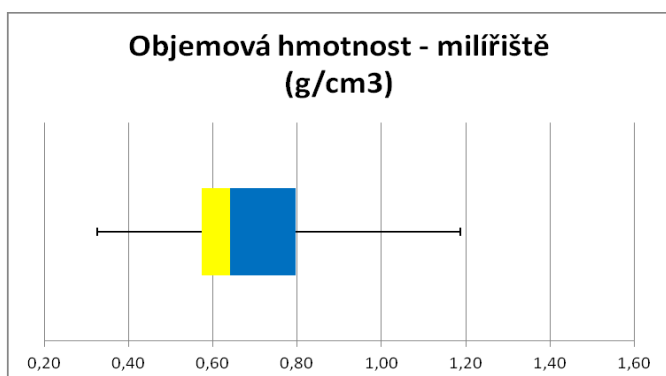
Podle Šimka (2003) hodnoty vzorků mezi $0,1$ až $0,8 \text{ g/cm}^3$ by podle typické objemové hmotnosti pro půdy spadaly do kategorie Organosolů. Z grafu je vidět, že do této kategorie by spadala většina hodnot vzorků odebraných v milířištích. Nízké objemové hmotnosti půdy jsou pro naše půdy atypické, hodnoty objemové hmotnosti milířišť se blíží diagnostické vlastnosti andosolů (ISSS Working Group RB, 1998). Hodnoty objemové hmotnosti od $0,6$ do $0,8 \text{ g/cm}^3$ jsou typické pro andosoly. V této kategorii se nachází přibližně polovina vzorků odebraných z milířišť. Ovšem nesmíme opomenout, že andosoly mají ještě jiné specifické vlastnosti, které zde nejsou porovnávány, nicméně je zajímavé tuto podobnost zmínit.

Většina vzorků odebraných mimo milířiště, se nachází okolo hodnoty $1,4$, což Šimek řadí do kultivovaných lehkých půd ($1,2 - 1,6 \text{ g/cm}^3$). O něco nižší objemové hmotnosti mívají půdy spadající do kategorie lesních a lučních půd ($0,8 - 1,2 \text{ g/cm}^3$), případně do kultivovaných těžkých středních půd ($0,9 - 1,5$). Z grafu bychom mohli soudit, že přítomnost černého uhlíku v půdě by mohl vést ke snížení objemové hmotnosti půdy. Nejnížší objemovou hmotnost mají ty půdy, které obsahují jen malé množství minerální příměsy. Objemovou hmotnost významně ovlivňuje také příměs skeletu a velikost jeho částic. Půdy, kde probíhal terénní odběr, jsou poměrně silně skeletovité.

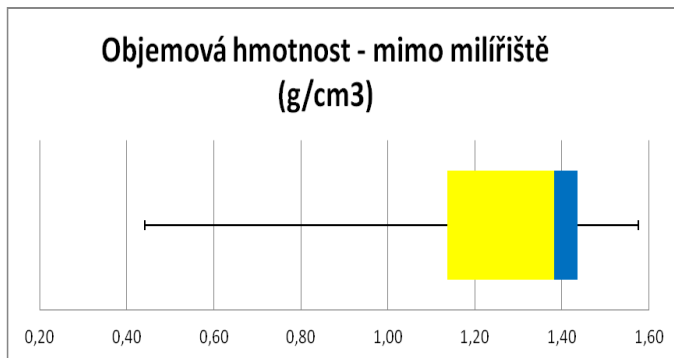


Graf 7 - Objemová hmotnost

V graticových grafech je vidět významný rozdíl mezi rozložením hodnot. Medián vzorků z milířišť se pohybuje okolo $0,64 \text{ g/cm}^3$, zatímco u vzorků odebraných mimo milířiště je dvojnásobně vyšší ($1,38 \text{ g/cm}^3$).



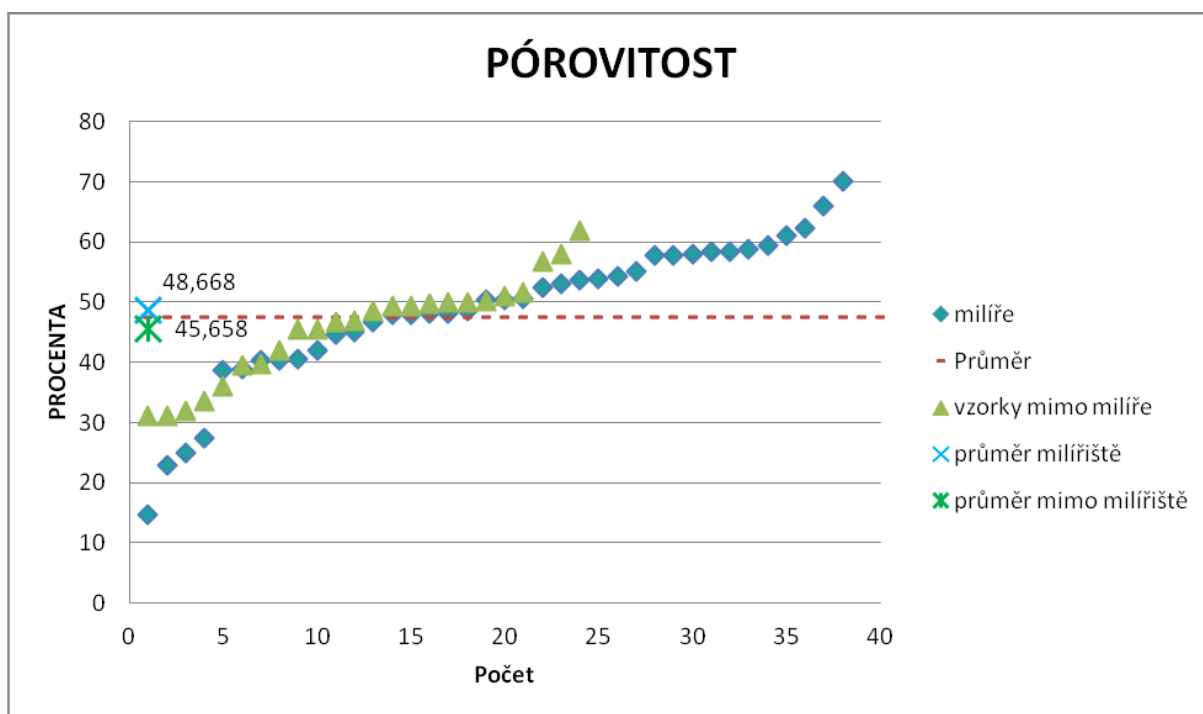
Graf 8 - Křabicový graf - Objemová hmotnost - milířiště



Graf 9 - Krabicový graf - Objemová hmotnost - mimo milířiště

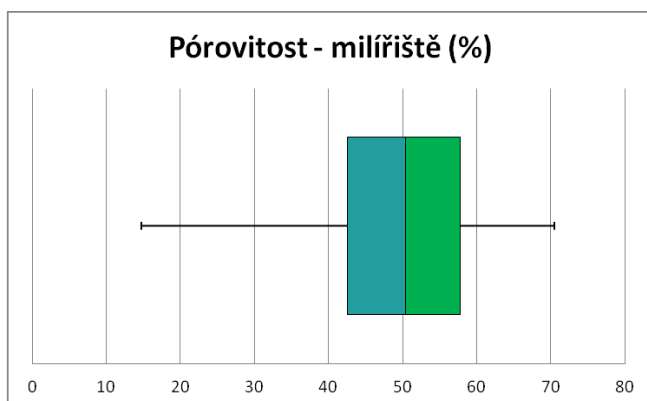
Pórovitost vyjadřuje celkové procentuální zastoupení volného prostoru v půdě. Podle pórovitosti se dá odhadnout například strukturní stav humusového horizontu. Nižší procento pórovitosti poukazuje na nestrukturní stav humusového horizontu. Z grafu je patrné, že pórovitost vzorků je značně variabilní.

Podle Kutílka (1966) se půdy s pórovitostí vyšší než 54 % mohou zařadit mezi půdy s výborným stavem humusového horizontu. Do této kategorie spadá přibližně 15 vzorků odebraných z milířišť, ale jen 3 vzorky z míst odebraných mimo milířiště. Půdy s nižší pórovitostí, 46 – 54%, jsou hodnoceny do kategorie dobrého stavu humusového horizontu. Do této skupiny spadá velké množství vzorků z obou skupin. Půdy mezi 39 – 46 % jsou podle Kutílka (1966) klasifikovány jako půdy nevyhovující.

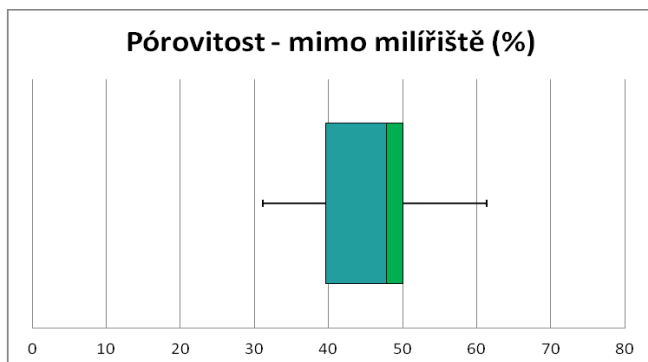


Graf 10 – Pórovitost

V krabicových grafech je vidět, že mediány obou skupin se pohybují okolo podobné hodnoty (50 % a 47 %). U pórovitosti vzorků z milířiš' je patrná vyšší variabilita hodnot (rozdíl minima a maxima je 55, zatímco u vzorků mimo milířiš' je to 30).

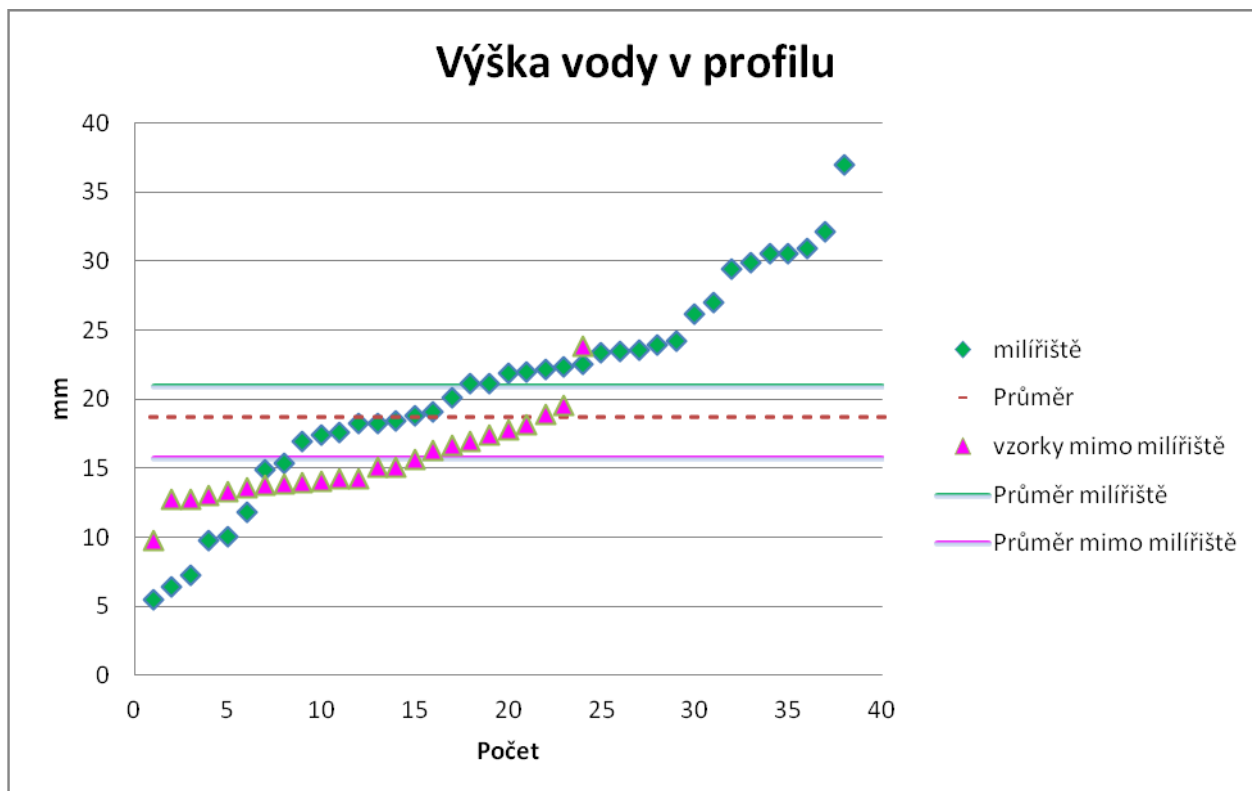


Graf 11 - Krabicový graf - Pórovitost - milířiš'



Graf 12 - Krabicový graf - Pórovitost - mimo milířišť

Graf č.13 znázorňuje výšku vody v profilu u jednotlivých hodnot. Výška vody je ovlivněna ročním obdobím a aktuálním počasím. Například hodnoty na začátku grafu byly odebrány v terénu v prosinci, kdy bylo sucho. Naopak hodnoty (mezi 15 – 30) byly odebrány v polovině března, kdy bylo po dešti a všechny hodnoty se nacházejí nad průměrem.



Graf 13 - Výška vody v profilu

V tabulkách (viz níže) jsou zaneseny průměr, medián a směrodatná odchylka všech získaných hodnot, vzorků odebraných z milířiště a hodnot odebraných mimo milířiště. Když porovnáme průměry hodnot vzorků odebraných v místech milířiště (dále A) a vzorků mimo milířiště (dále B), je vidět poměrně velká variabilita. Například u pórovitosti, A dosahuje 48 %, zatímco u B je to jen něco okolo 35 %. Takový rozdíl už bude hrát roli v odlišném vlivu např. na rychlost pohybu vody v půdě, a celkově na půdotvorných procesech. Vzorky A by se daly řadit podle klasifikace mezi středně těžké půdy. Zatímco průměr B má pórovitost typickou spíše pro lehčí písčité půdy nebo naopak jílovité půdy, kde mluvíme o 25 – 30 % pórovitosti. Půdy A s vyšší pórovitostí budou mít lepší strukturní stav humusového horizontu.

Když se podíváme zpět do grafu pórovitosti nebo do celkové tabulky (viz příloha), je vidět velká variabilita jednotlivých hodnot. Pórovitost u vzorků A se pohybuje v rozmezí 14,7 – 70 %. (přibližně 30 vzorků má pórovitost vyšší než 40 % a 20 vzorků má hodnotu pórovitosti vyšší než 48 %). U vzorků B je rozpětí od 31,1 – 61 %. (17 má pórovitost nad 40 %, 8 vzorků má hodnotu pórovitosti vyšší než 48 %).

Průměr	všechny hodnoty	pouze milířiště (A)	mimo milířiště (B)
Hmotnostní vlhkost	0,432	0,537	0,267
Objemová vlhkost	0,34	0,347	0,33
Pórovitost (%)	47,5	48,668	45,658
Objemová hmotnost (g/cm ³)	0,915	0,686	1,278
Výška vody v profilu (mm)	18,751	20,836	15,73

Tabulka 13 - Průměrné hodnoty naměřených vzorků

Obecně by mělo platit, že půdy, které mají více pórů, mají nižší objemovou hmotnost. Pokud se podíváme do tabulky průměr, hodnoty objemové hmotnosti A jsou o dost nižší než hodnoty B, ale pórovitost mají skoro stejnou. Podle jedné z možných interpretací, jsou hodnoty B s vyšší objemovou hmotností řazeny podle Šimka (2003) mezi nekultivované lesní a luční půdy či kultivované těžké a střední půdy.

Medián	všechny hodnoty	pouze milířiště (A)	mimo milířiště (B)
Hmotnostní vlhkost	0,388	0,494	0,235
Objemová vlhkost	0,35	0,359	0,34
Pórovitost (%)	48,95	50,35	47,8
Objemová hmotnost (g/cm ³)	0,81	0,641	1,38
Výška vody v profilu (mm)	17,982	21,54	14,68

Tabulka 14 - Medián hodnot naměřených vzorků

Medián nám říká něco o střední hodnotě vzorků. Je zajímavé tuto tabulku porovnat s tabulkou průměrů. Průměry a Mediány jednotlivých charakteristik se moc neliší.

Směrodatná odchylka	všechny hodnoty	pouze milířiště (A)	mimo milířiště (B)
Hmotnostní vlhkost	0,24	0,246	0,08
Objemová vlhkost	0,11	0,122	0,08
Pórovitost (%)	10,65	11,736	8,31
Objemová hmotnost (g/cm ³)	0,365	0,188	0,271
Výška vody v profilu (mm)	6,54	7,311	2,84

Tabulka 15 - Směrodatná odchylka hodnot naměřených vzorků

Směrodatná odchylka určuje, do jaké míry jsou hodnoty odchýleny od průměru. Čím jsou hodnoty menší, tím jsou přesnější. Zde je vidět, že objemová hmotnost má relativně nízkou odchylku od průměru, což znamená, že většina hodnot je velmi blízká hodnotě průměru. Velká variabilita je vidět u pórovitosti.

Půdní reakce

Tato tabulka ukazuje hrubou představu o pH v zájmové oblasti. Není žádným překvapením, že pod smrkovým porostem se naměřilo nižší pH, než pod Bukovým lesem. V půdě obohacené černým uhlíkem se naměřilo vyšší pH než v půdě neobohacené.

pH	Buk	Smrk	milířiště - buk	milířiště - smrk
1	3,93	3,44	4,75	3,97
2	3,98	3,4	4,73	3,73
3	3,89	3,47	4,7	3,69
4	3,91	3,38	4,69	3,72

Tabulka 16 - pH naměřené pod bukem a smrkem

Podle Tomáška (2007) půdní reakce značně ovlivňuje živiny v půdě. Jelikož pH má vliv na rozpouštění a obsah sloučenin v půdě a také na mikroorganismy (Čermák et al., 1999). Dalo by se předpokládat, že tyto půdy budou mít lepší neutralizační schopnost půd díky vyššímu sorpčnímu nasycení. Zvýšení pH by tedy mělo vést ke zlepšení půd obohacených černým uhlíkem.

6 Diskuse

Půdy milířišť získaly díky přítomnosti pozůstatků z palení dřeva jiné fyzikální a chemické vlastnosti. Podle výsledků z terénního měření, půdy milířišť mají oproti půdám neobohaceným silnou vrstvu tmavého svrchního horizontu, vyšší pH a nižší objemovou hmotnost. Další charakteristiky nebylo možné studovat z důvodu nedostatku prostředků. Pokud by práce neměla žádná omezení, ať už finanční nebo analytické, bylo by dobré se zaměřit ještě na hodnocení C/N a kationtovou výměnnou kapacitu.

Objemová hmotnost je jedna z důležitých charakteristik půdy. Drbal (1986) tvrdí, že hodnoty objemové hmotnosti se pohybují nejčastěji v rozmezí 1,2 – 1,6 g/cm³. Šefrna a Janderková (2007) tvrdí, že většina půd nabývá hodnot objemové hmotnosti okolo 1,3 – 1,7 g/cm³. Podle Kutílka (1978) se hodnoty objemové hmotnosti u lesních půd pohybují mezi 1,1 – 1,6 g/cm³. Podobné hodnoty objemových hmotností udávají i další autoři jako například Sážka, Materna (2004), Pelíšek (1957), kteří tvrdí, že při povrchu se objemová hmotnost pohybuje okolo 1,2 – 1,5 g/cm³. U velmi utužených podpovrchových horizontů mohou hodnoty dosahovat až 2 g/cm³, (Šarapatka 2014). Pokud se podíváme do tabulky výsledků objemových hmotností, půdy odebrané mimo milířiště dosahují maximální hodnoty 1,6 g/cm³, takže podle názoru většiny autorů, spadají do rozmezí, ve kterém se pohybuje většina půd. Dalo by se říci, že touto charakteristikou se půdy odebrané mimo milířiště nijak významně neliší od jiných lesních půd. Tindall et al. (1999) tvrdí, že ideální půda (distribucí i velikostí částic) by měla objemovou hmotnost 1,31 g/cm³.

Objemové hmotnosti vzorků odebraných z milířišť, nabývají viditelně nižších hodnot, než vzorky odebrané mimo milířiště. To by mohlo být zapříčiněno právě přítomností černého uhlíku. Kutílek (1978) uvádí, že hodnoty menší než 0,5 g/cm³ spadají do kategorie organogenních půd. Z našich vzorků milířišť se přibližně čtvrtina pohybovala v rozmezí 0,4 – 0,6 g/cm³. Podle Drbala (1986) vzorky okolo 0,11 už spadají spíše do rašelinných půd. Nižší hodnoty než 0,3 g/cm³ se s výjimkou jednoho vzorku v našich řadách nevyskytovaly.

Svoji nízkou objemovou hmotností by vzorky z milířišť mohly spadat do kategorie andosolů. Jelikož nízká objemová hmotnost je pro Andosoly velmi charakteristická, (ISSS Working Group RB, 1998). Aby se půdy mohly klasifikovat mezi andosoly musí být jejich objemovou hmotnost 0,9 g/cm³ a nebo méně WRBS (2014). U vzorků odebraných v milířištích by svými hodnotami objemové hmotnosti (krom několika vzorků) do tohoto kritéria spadaly. Brady a Weil (2008) uvádí, že rozmezí objemové hmotnosti pro andosoly se pohybuje mezi 0,6 – 0,8 g/cm³. Šarapatka (2014) tvrdí, že u andosolů je objemová hmotnost dokonce ještě nižší. Udává čísla ještě nižší než 0,3 g/cm³.

Další vlastnost, kterou měly půdy milířišť s Andosoly podobnou, je barva. Kimble et al. (2000), Amano (1988) a mnoho dalších říkají, že Andosoly mají silnou vrstvu tmavého svrchného horizontu. Wada (1985) hovoří až o 30 cm mocné vrstvě. Při odběru vzorků brdské půdy měly podobně silnou vrstvu, která vznikla právě díky pálení dřeva. Půdy milířišť měly výrazně vyšší číslo value při hodnocení podle etalonu barev Munsell soil colore charts.

V místě odběru se vyskytují kambizemě a podle Němečka a kol. (2001) se Andosoly vyznačují stratigrafií podobnou kambizemím.

Další z charakteristik Andosolů je pH. PH u andosolů bývá vyšší, i když stále kyselé (Tan, 1984). Šarapatka (2014) tvrdí, že se pohybuje okolo 5. U vzorků milířišť se pH pohybovalo pod bukovým porostem okolo 4,7 a pod smrkovým okolo 3,7.

Kritéria pro určení andosolů je mnohem více, než jen objemová hmotnost, barva a pH (např poměr Fe/Al, hodnota fosfátové retence a další) ale další porovnávání charakteristik s andosoly bohužel nebylo možné z časových a finančních důvodů.

Podle Tomáška (2007), půdy které mají vyšší pórovitost, mají pak nižší hodnoty objemové hmotnosti. Většina lesních půd se pórovitostí pohybuje mezi 40 – 65 %. Pokud se podíváme do tabulky hodnot v příloze, tento předpoklad zde není nijak viditelný. Pórovitost milířišť i vzorků mimo milířiště mají vcelku podobné hodnoty, zatímco objemová hmotnost se pak u těchto dvou skupin výrazně liší. Vzorky z milířišť mají velké rozpětí pórovitosti (15 – 70 %). Podle Lischke a Frank (1984) vysokou pórovitost mají rašelinné půdy a tvrdí, že může dosahovat až 85 %. Většina hodnot se ale pohybuje v rozmezí 40 – 60 %, což je považováno za obvyklé rozmezí, do kterého spadá většina půd a podle Kutílka (1966) je toto rozmezí hodnoceno jako výborný až dobrý struktuní stav. Pelíšek (1957) tvrdí, že průměrné hodnoty pórovitosti půd se pohybují v našich lesních půdách v rozmezí 45 – 55 %. Podle Tindall et al. (1999) by pórovitost ideální půdy (distribucí i velikostí částic) měla hodnoty mezi 50 – 60 %. Podle Koorevaar a kol. (1983) by takové půdy mohly spadat do půd hlinitých. Roli u pórovitosti hraje také podíl skeletu. Jak již bylo řečeno výše, zkoumaná oblast je poměrně dost skeletovitá a podle Hraška a Bedrny (1988) je při vyšším obsahu skeletu, celková pórovitost nižší. Vopravil a kol. (2009) uvádí pro lesní půdy pórovitost mezi 50 – 67 % a tomu odpovídající objemovou hmotnost mezi 0,8 – 1,2 g/cm³.

U vzorků s uhlíky bylo zaznamenáno pH o něco vyšší, než u půd mimo milířiště. PH se zvýšilo téměř o jedna. Podle Kutílka (2000) a jeho hodnocení půdní reakce pro lesní půdy, půdy pod bukovým a smrkovým lesem a půdy milířiště pod smrkem spadají do půd s označením velmi silně kyselé. Půdy milířiště pod bukem hodnotí jako půdy silně kyselé.

Další předpokládaná změna, která byla při odběrech zkoumána, je bylinný podrost. Jednou z příčin snížení objemové hmotnosti by mohl být i rozvoj vegetace, protože ta obohacuje a zvyšuje množství půdní organické hmoty, (Shresta & Lal, 2011). V závislosti na změně pH bylo předpokládáno, že nastanou změny v bylinném podrostu na starých milířištích. Podmínky v místech milířišť se změnily, ale nebyly pozorovány ve vegetaci žádné viditelné změny. Důvodem by mohl být fakt, že se milířiště nalézají v lese, kde se nachází uzavřený podkorunový prostor a bylinný podrost zde nemá šanci se jakkoli měnit. Bylinný podrost by bylo dobré zkoumat v milířištích tam, kde byl les vykácen a bylo tedy umožněno šíření vegetace z jiných stanovišť.

Velkým problémem při odběru, byla poměrně velká prokořeněnost a skeletovitost lesních půd. Tento fakt velmi znesnadňoval odběr vzorků. Je třeba vzít v úvahu, že tyto dvě překážky mohly být příčinou nekvalitních odběrů (do válečku se například mohl dostat velký kámen nebo kus kořene, který následně zkreslí celé výsledky. Překážkou pro početnější odběry a tedy i přesnější analýzy se stal nedostatek válečků, které bylo možné zapůjčit na jeden výjezd

Je třeba také zdůraznit, že výsledky měření mohou být zatíženy různými chybami. Přesnost gravimetrické metody závisí na dokonalosti vysušení. Část vody je pevně vázána na povrchu půdních částic, voda je také součástí krystalové mřížky půdních minerálů. Dehydratační křivky nemají stejnou ustálenou minimální hodnotu, to znamená, kdy jsou hmotnostní změny s teplotou minimální, (Kutílek 2004). U našich půd se používalo sušení na 60 ° C, jelikož to jsou půdy s vyšším obsahem humusu a při vyšší teplotě by docházelo ke snížení hmotnosti na úkor oxidace organické hmoty, (Kutílek, 2004).

7 Závěr

Tématem této diplomové práce bylo zhodnocení černého uhlíku v půdě. Úkolem bylo zjistit, zda půdy obohacené černým uhlíkem oproti půdám neobohaceným změnily své fyzikální a chemické vlastnosti. Byly spočteny hodnoty potřebné k tomuto porovnání půd. Nejdůležitějšími charakteristikami, s kterými se v práci počítalo, jsou objemová hmotnost a pórovitost. Tyto dvě charakteristiky jsou důležitými ukazateli kvality půdy. V práci se dále porovnávaly hmotnostní vlhkost, objemová vlhkost, pH a výška vody v profilu. Spočtené hodnoty byly v diskusi porovnány s odbornou literaturou. Byl popsán výčet základních metodických přístupů, použitých pro úspěšné naplnění cílů. V rešerši byly vysvětleny nejdůležitější pojmy práce, jako je milíř, černý uhlík a elementární půdní areál.

Byly porovnávána barva půdy v milířích a místech mimo milířiště. Půdy obohacené černým uhlíkem mají výrazně vyšší value při hodnocení podle etalonu barev v Munsell soil colore charts, než půdy neobohacené. Při porovnání pH půd obohacených a neobohacených se měřením zjistilo, že přítomnost černého uhlíku v půdě vede ke zvýšení hodnoty pH, jak v bukovém, tak i v jehličnatém lese. V obohacených půdách však nebyl zaznamenán žádný signifikantní rozdíl.

U objemové vlhkosti, hmotnostní vlhkosti a pórovitosti byl zjištěn jen menší rozdíl mezi půdami obohacenými černým uhlíkem a půdami neobohacenými. Při porovnání vzorků pomocí objemové hmotnosti bylo zjištěno, že milířiště mají nižší objemovou hmotnost a svými hodnotami objemové hmotnosti se podobají andosolům. Půdy s nižší objemovou hmotností mají lepší strukturní stav, lépe odolávají erozi, jsou úrodnější a lépe propouštějí vodu. A půdy s nižší objemovou hmotností mívají větší množství organické hmoty.

Nebylo zjištěno, že by černý uhlík v půdě výrazně ovlivnil bylinný podrost stanoviště. Naše hypotéza předpokládala, že u půd obohacených černým uhlíkem bude patrné celkové zlepšení fyzikálních a chemických vlastností. Podle zjištěných hodnot byla hypotéza potvrzena.

Je dobré si uvědomit, že výsledky této diplomové práce jsou jen dílčí složkou výzkumu. Pro ucelený a nezkreslený přehled o daném místě by bylo dobré zkoumat ještě například kationtovou výměnnou kapacitu, biologickou aktivitu, zrnitost a množství přijatelných živin.

Na závěr je třeba zmínit, že půdy s vyšší sorpční kationtovou kapacitou lépe odolávají acidifikaci, erozi a dalším nepříznivým vlivům, na druhou stranu takové půdy mohou právě díky lepší sorpci poutat mnoho polutantů, jako jsou například těžké kovy.

8 Zdroje:

- ALBRECHT, A., KANDJI, S.T. (2003): Carbon sequestration in tropical agro-forestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99, 15 – 27 s.
- AMANO, Y. (1988): The Andisols – Entisols transition. *Proceedings of the 9th International Soil Classification Workshop*, Soil Management Support Service, Washington D.C.
- ANDERSON, D.W. (1995): Decomposition of organic matter and carbon emissions from soils. In: *Soils and Global Change*. (Eds. R. Lal, J. Kimble, E. Levine and B. A. Stewart) pp. 165-175. CRC Press: Boca Raton, FL.
- ANWAR, M. (2009): *Biology of Coastal Sand Dunes*. Oxford University Press, UK, Oxford, 280 s.
- AOPK ČR (2012): *Rozbory Chráněné krajinné oblasti Brdy*, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz>, (15.4. 2017)
- ARCDATA (2012): *ArcČR 500 Digitální geografická databáze*. ARCDATA PRAHA s.r.o., Praha
- ARSHAD, M. A., Coen, G. M (1992): Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *Am. J. Alt. Agric.*, 7, pp. 5 – 12.
- ATLAS KRAJINY ČESKÉ REPUBLIKY, (2009), 1. atlas, Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha. 331 s.
- BALATKA, B., KALVODA, J., (2006): *Geomorfologické členění reliéfu Čech*, Praha, kartografie Praha, 79 s.
- BARANČÍKOVÁ G., MAKOVNÍKOVÁ J., SKALSKÝ R., TARASOVIČOVÁ Z., NOVÁKOVÁ M., HALÁS J., GUTTEKOVÁ M., KOCO Š., (2012): Simulation of soil organic carbon changes in slovak arable land and their environmental aspects. *Soil & Water Research* 2: 45–51.
- BATJES, NH (1996): Total carbon and nitrogen in the soils of the world, *European Journal of Soil Science*, 47, 151 – 163 s.
- BATJES, NH, SOMBROEK, WG (1997): Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. *Global Change Biology*, 3: 161–173.
- BAŤKOVÁ, K., MATULA, s. a MIHÁLIKOVÁ, M. (2012): Odběr neporušeného půdního vzorku. In: *Multimediální učebnice hydro-pedologických terénních měření*. [Online] Česká zemědělská univerzita v Praze, 2. 1 2012. (9.5. 2015). Dostupné z: <http://hydropedologie.agrobiologie.cz>

- BLACKMORE, AC, MENTIS, MT, SCHOLLES, RJ (1990): The origin and extent of nutrient-enriched patches within a nutrient-poor savanna in South Africa. *J Biogeogr* 17:463–470
- BOBEK, P. (2008): Vývoj lesní vegetace Brd v novověku na základě antrakologické analýzy uhlíků z reliktních milířů. Diplomová práce. Karlova Univerzita v Praze. Přírodovědecká fakulta. Praha. 71 s.
- BOHN, H., McNEAL, B., O'CONNOR, G. (1985): Soil chemistry. 2. vydání. Wiley, New York, 341 s.
- BOLIN, B. (1983): The carbon cycle. In: B. Bolin and R.B. Cook (Eds.). The major biochemical cycles and their interactions. J. Wiley and Sons. Chichester. UK. 41–45.
- BOROVEC, Z., (1981): Výměnná kapacita jílových minerálů a distribuce nábojů v jejich struktuře. *Silikáty XXV*, 75–88 s.
- BORŮVKA, L. (2007): Studijní materiály k předmětu Pedogeochemie. Nepublikováno.
- BOULAINÉ, J. (1969): Soil, Pedon et Genon. *Bull. Assoc. Fr.pour l Etude du Sol*, No. 2.
- BRADY, N. C., WEIL, R. R., (1999): The Nature and properties of Soil, Twelfth Edition, Prentice – Hall, Inc., New Jersey, 446 – 463 s.
- BRADY, N., WEIL, R. (2008): The nature and properties of soils. 14. vydání. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, 975 s.
- CENIA [on-line], česká informační agentura životního prostředí, dostupné z: <http://geoportal.cenia.cz> (13.4. 2017)
- CÍLEK, V. LOŽEK, V. a kol. (2011): *Obraz krajiny, Pohled ze středních Čech*, nakl.Dokořán, Praha, 1. Vydání, 312 s .
- CLINE, M.G. (1949): Basic principles of Soil Classification, *Soil Sci.*, 67, 81 – 91 s.
- CULEK, Martin. (1996): Biogeografické členění české republiky. 1. vyd. Praha : Enigma, 347 s.
- ČÁKA, J. (1997): *Obrázky z Podbrdsko, Barokoa Fox*, Beroun, 192 s.
- ČÁKA, J. (1998): *Střední Brdy, krajina neznámá.* – Mladá fronta. 160 str.
- ČÁKA, J. (2011): *Toulání po Brdech: Všestranný průvodce*, Mladá fronta, Praha, 336 s.
- ČERMÁK, P., KOHEL, J., DEDARA, F. (1999): Rekultivace území devastovaných báňskou činností v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 80 s.

Česká geologická služba, Půdní mapa 1:50 000. Dostupný z WWW:
<http://mapy.geology.cz/pudy/> (staženo 12.1.2017)

ČSN ISO 11461 (2014): Kvalita půdy. Stanovení objemové vlhkosti půdy s použitím odběrných válečků - Gravimetrická metoda. Čes. Normal. Inst. Praha. 10 s.

DORAN, J. W., PARKIN, T. B. (1994): Defining and assessing soil quality. In: Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA special publication number 35. SSSA, Inc., American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, 1994, pp. 3 – 21.

DRAGOUN, B., MATOUŠEK, V. (2004): Archeologický odkryv uhlíště v Olbramově a experimentální pálení dřevěného uhlí v Uhřínově, Příspěvek k problematice pálení dřevěného uhlí zvláště v novověku, Archeologie ve středních Čechách, Praha, 727 – 772 s.

DRBAL, J., (1986): Geologie a půdoznalství III.b. Vysoká škola zemědělská Praha, 175 s.

EHWALD, E., (1966): Leitende Gesichtspunkte einer Systematik der Bohmen der DDR als Grundlage der land und forstwirtschaftlichen Standortkartierung. Sitz. Deutsch. Adad.Landwirt. Wissenschaft Berlin. Bd.15, H.18.

ELLER, H.; DENOTH, A. (1996): Capacitive soil moisture sensor . Journal of Hydrology. 185: 137-146.

ERICKSON, C. (2003): ‘Historical ecology and future explorations’, in J. Lehmann, D.C. Kern, B. Glaser and W.I. Woods (eds.), Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management, (pp. 455–500) Dordrecht, Kluwer Academic Publishers

ESWARAN, H., E. Van Den Berg, and P. REICH. (1993): Organic Carbon in Soils of the World. Soil Sci.Soc. Am. J. 57:192-194s.

FALKOWSKI, P., et al. (2000): The global carbon cycle: a test of our knowledge of earth as a system. Science. 290:291–296.

FAO: 2004, FAOSTAT Data, Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://apps.fao.org/default.jsp>

FAO: 1991, Charcoal Production and Pyrolysis Technologies, P. Thoresen (ed.), Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FORBES, M.S., RAISON, R.J., SKJEMSTAD, J.O., (2006): Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. Sci. Total Environ. 370, 190 – 206 s.

FRIDLAND, V.M., (1965): O Strukture, strojenii počvěnnogo pokrova. Počvovědění, No.4, 15 – 28 s.

FRIDLAND, V.M., (1977): Ob urovnjach organizacii počvěnnogo pokrova i sistěmě zakonoměrnostej geografii počv. Voprosy geografii 104, Mysl, Moskva, 139 – 152 s.

GLASER, B., (1999): Eigenschaften und Stabilität des Humuskörpers der Indianerschwarzerden Amazoniens. Bayreuther Bodenkundliche Berichte, vol 68. Institute of Soil Science and Soil Geography, University of Bayreuth, Bayreuth

GLASER, B., BALASHOV, E., HAUMAIER, L., GUGGENBERGER, G., ZECH, W., (2000): Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. *Org Geochem* 31:669– 678

GLASER, B., HAUMAIER, L., GUGGENBERGER, G., ZECH, W. (2001): The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, vol. 88, no. 1, s. 37-41.

GLASER, B., LEHMANN, J., ZECH, W.: (2002): 'Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – A review', *Biology and Fertility of Soils* 35, 219–230.

GUGGENBERGER, G., Bent Tolstrup Christensen, and W. Zech. "Land-use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soil: I. Lignin and carbohydrate signature." *European Journal of Soil Science* 45.4 (1994): 449-458.

GUO, L. B., GIFFORD, R. M. (2002): Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*. 8. 345-360.

HAASE, G. (1968): Pedon und Pedotop – Bemerkungen zu Grundfragen der regionalen Bodengeographie. *Landschaftforschung*, s. 57 – 76, GKA GOTHA/Leipzig

Hauptman, Kukul, Pošmourný eds.. (2009): Půdy České republiky. MŽP a MZe, Consulting Praha, 250 s.

HEAL, O. W., ANDERSON, J.M., SWIFT, M. J., (1997): Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: Cadisch, G., Giller, K. E., (Eds.), *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*, CAB International, Wallingford pp. 3 – 30.

HORNÍK, S. a kol. (1986): Fyzická geografie II., SPN, Praha, 320 s.

HRADECKÝ, J., BUZEK, L. (2001): *Nauka o krajině*, Ostravská univerzita v Ostravě, 1.vydání, 215 s.

HYNEK, A. (1984): Pedogeografie, Univerzita J.E. Purkyně v Brně, Státní pedagogické nakladatelství, 320 s.

CHATTERJEE, A., R. Lal, R. K. SHRESTHA, USSIRI, D. A. N. (2009): Soil carbon pools of reclaimed minesoils under grass and forest landuses. *Land Degradation & Development* 20:300-307.

CHYTRÝ, M. a kol. (2010): Katalog biotopů České republiky. – AOPK ČR

IPCC, Climate change: the IPCC response strategies. Washington: Island Press, 1991.

IPCC, (2001): IPCC Special report: Land use, land-use change, and forestry. ISBN: 92-9169-114-3

JANDÁK, J., POKORNÝ E., PRAX, A., (2007): Půdoznalství, 2.vydání, Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 142 s.

JEDLIČKA, J. (1923): Tříselné extrakty, Suchá destilace dřeva, Československá společnost chemická, Praha, 433 s.

JENNY, H., (1958): The role of the plant factor in pedogenetic functions, *Ecology*, 39, 5 – 16 s.

JOBBÁGY, E.,G., JACKSON, R.,B., (2000): THE VERTICAL DISTRIBUTION OF SOIL ORGANIC CARBON AND ITS RELATION TO CLIMATE AND VEGETATION. *Ecological Applications*, 10: 423–436.

JOHNSON, W.M. (1963): The pedon and Polypedon, *Soil Sci. Proc.*, vol. 27, 2, 212 – 215 s.

JURČÍK F., (1978): Živiny v půdě. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR, Praha

KADLEC, J., (2013): Přidružená lesní výroba, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova Univerzita v Brně, skripta vytvořena v rámci projektu InoBio – Inovace biologických a lesnických disciplín pro vyšší konkurenční schopnost

KLIMO E., MIDRIAK R., PELIKÁN J., BUČEK A., MATERNA J.,: (1994): Lesnická ekologie. Mendelova zemědělská a Lesnická univerzita v Brně. 167 s.

KLIMO, E. (2003): .Lesnická pedologie. Brno: Mendelova zemědělská a Lesnická univerzita v Brně,. 80-7157-306-X.

KOOREVAAR, P., MENELIK, G., DIRKSEN, C. (1983): *Developments in Soil Science*, 13, Elsevier, Amsterdam/Oxford/New York/Tokyo, ISBN 0-444-42242-0

KOZÁK, J. (2002): Pedologie. Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta,. ISBN 80-213-0907-5.

KOZÁK J., NĚMEČEK J., (2009): Atlas půd České republiky. ČZU Praha, Praha

KRNAP, Krkonošský národní park, fotografie milíře z roku 2011, Dostupné z: <http://www.krnapp.cz/akce-jrp/86/> (staženo 4.1.2017)

KŘIVÁNEK, a kol (2009a): Lesy České republiky, Consult Praha, 399 s.

KŘIVÁNEK, R. (2009b). Uplatnění geoelektrických metod při průzkumech zaniklých středověkých lokalit In. Hašek, V. – Nekuda, R. – Ruttkay, M. (eds.), Ve službách archeologie I. Brno: 22–28 s

KUHLBUSCH, T. A., CRUTZEN, P. J. (1995): Toward a global estimate of black carbon in residues of vegetation fires representing a sink of atmospheric CO₂ and a source of O₂, Global Biogeochemical Cycles, Airchemistry Department, Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Vol. 9, No. 4, 491 – 501 s.

KUNA, M. – PROFANTOVÁ, N. a kol (2005): Počátky raného středověku v Čechách. Archeologický výzkum sídelní aglomerace kultury pražského typu v Roztokách. Praha, 593 s.

KUNA, M. a kol. (2015): Archeologický atlas Čech. Vybrané památky od pravěku do 20. století. Praha: Archeologický ústav AV ČR – Academia. 517 s. ISBN 978-80-87365-78-6 (ARÚP), 978-80-200-2485-5 (Academia).

KURÁŽ, V. (2003): Předběžné výsledky stanovení fyzikálních vlastností výsypek bez rekultivačního zásahu – Sokolovská uhelná. Fyzikální vlastnosti půdy a jejich interakce s půdními organismy a kořeny rostlin, 99-104. Ústav půdní biologie AV ČR, české Budějovice.

KUTÍLEK, M. (1978): Vodohospodářská pedologie. Druhé vydání, Státní nakladatelství technické literatury. Praha. 296 s.

KUTÍLEK, M., KURÁŽ, V., CIZLEROVÁ, M. (2000): Hydropedologie 10, 2. přepracované vydání, Praha, ČVUT, 179 s.

KUTÍLEK, M., KURÁŽ, V., CÍSLEROVÁ, M., (2004): Hydropedologie 10, ČVUT, 176 s.

LAL, R., KIMBLE, J., M., (2001): Importance of soil bulk density and methods of its measurement. Pages 3144 in R. Lal, J. M. Kimble, R. F. Follett, and B. A. Stewart, editors. Assessment Methods for Soil Carbon. CRC Press.

LEHMANN, J., da Silva Jr., J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B.: 2003, 'Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments', Plant and Soil 249, 343–357.

LEHMANN, J., da Silva Jr, J.P., Rondon, M., Cravo, M.S., Greenwood, J., Nehls, T., Steiner, C. and Glaser, B.: 2002, 'Slash-and-char – a feasible alternative for soil fertility management

in the central Amazon?’, Proceedings of the 17th World Congress of Soil Science, (pp. 1–12) Bangkok, Thailand. CD-ROM Paper no. 449.

LEHMANN, J., RONDON, M. (2005): ‘Bio-char soil management on highly-weathered soils in the humid tropics’, in N. Uphoff (ed.), Biological Approaches to Sustainable Soil Systems, Boca Raton, CRC Press, in press

LHOTSKÝ, J., (2000): Zhutňování půd a opatření proti němu, Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 61 s. ISBN 80–7271–067–2

LIENG, B., LEHMANN, J., SOLOMON, D., KINYANGI, J., GROSSMAN, J., O NEILL, B., SKJEMSTAD, O., THIES, J., LUIZAO, F. J., PETERSEN, J., NEVES, G. (2006): Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils, Soil Science Society of America, Soil Chemistry, Segoe Rd., Madison, WI 53711, 677 s.

LIMA, H.N., C.E.R. SCHAEFER, J.W.V. MELLO, R.J. GILKES, and J.C. KER. (2002): Pedogenesis and pre-Colombian land use of “Terra Preta Anthrosols” (“Indian black earth”) of Western Amazonia. *Geoderma* 110:1–17.

LISCHKE P., FRANK V., (1984): Hydrologie, meteorologie, pedologie I. SNTL, Praha, 134 s.

LOŽEK, V., KUBÍNOVÁ, J., ŠPRYŇAR, P. A KOL. (2005): Střední Čechy, Chráněná území ČR, XIII, Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 902 s.

Mapy.geology.cz/pudy:

<http://mapy.geology.cz/pudy/?center=-776861,-1072233&scale=25000> (cit: 5.4.2017)

Mapa Jince a okolí, Dostupné z: www.mapy.cz, (cit: 5.4.2017)

MASIELLO, C.A. (2004): New directions in black carbon organic geochemistry. *Mar. Chem.* 92:201–213.

MATERNA, J., (2002): Souhrnné výsledky průzkumu stavu povrchových půdních vrstev v období 1993 – 1999. ÚKZÚZ, Brno, 98 s.

MATYÁŠ, K., (1960): Lesní těžba, díl 1. A 2, SZN Praha, 438 + 516 s.

MATULA, S., Ústní sdělení (10.10.2016)

MIČIAN, L. (1969): Geografia pod – jej postavenie, obsah a definicia. Sbornik ČSSZ, sv.74, č.1, 49 – 62 s.

- MUNSELL, A. (2000): Munsell Soil Color Charts. Revised washable edition. New York.
- NÁTR, L. (2006): Země jako skleník: Proč se bát CO₂?. Průhledy, Academia, Praha
- NELSON, D.W., SOMMERS, L., E. (1996): Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 961-1010. In D.L. Sparks (ed.) Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. No. 5. ASA and SSSA, Madison, WI.
- NĚMEC, A. (1954): Typy lesních půd, Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1.vydání, 284 s.
- NĚMEČEK, J., ET AL. (2003): Digitální mapa půdních vlastností – PUGIS
- NEUHÄUSLOVÁ, Z. et al. (1997): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. - Praha, Academia.
- NEUMANN, K., (1992): The contribution of anthracology to the study of late Quarternary vegetation history of the Mediterranean region and Africa.- Bulletin de la société botanique de France, Actualités botanique, 139 s.
- PELÍŠEK, J., (1957): Lesnické půdpoznavství, státní zemědělské nakladatelství, Praha, 487 s.
- PELÍŠEK, J, SEKANINOVÁ, D., (1975): Pedogeografická regionalizace ČSR, Studia Geographica, 49, GÚ ČSAV Brno, 168 s.
- POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B. (2007): Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku, Metodická pomůcka, ZERA- Zemědělská a ekologická agentura, Náměšť nad Oslavou, 1. Vydání, 28s.
- PRASOLOV, L. I. (1927): Kartografija povč. IZD. AN SSSR, Moskva
- PSOTA, F. (1954): Pálení milířů v křivoklátských lesích, Svět techniky V, 353-361.
- RANDUSOVÁ A., (2014): Úbytek organické hmoty. Sdružení pro ochranu půdy, Praha, online: <http://www.ochrana-pudy.cz/hrozby-pro-pudu/ubytok-organickehmoty/ubytok-organicke-hmoty/2014/09/06/>, cit. 13.2.2017
- ROČEK, I., (2015): Produkty lesních ekosystémů, Fakulta lesnická a dřevařská České zemědělské univerzity, Praha, 1. Vydání, 169 s.
- RODE, A.A. (1956): Vodnyj režim povč i jeho tipy. Počvovědenije, 4.
- ROZANOV, B.G., (1975): Genetičeskaja morfologija povč. IZD. MGU, Moskva, 294 s.
- SAKAŘ, V., SKLENÁŘ, K. (1978): Nástin vývoje pravěkého osídlení Podbrdská. - Vlastivědný sborník Podbrdská. 32-35, Příbram

SÁNKKA, M., MATERNA, J., (2004): Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR, Odborný časopis pro životní prostředí, Planeta, Ministerstvo životního prostředí, 84 s.

SEIFERT, J., (1956): Biologie půdy (Pedobiologie), Karlova univerzita v Praze, státní pedagogické nakladatelství, n.p. Praha, 51.vyd. 196 s.

SHRESTHA, R. K., LAL, R. (2011): Changes in physical and chemical properties of soil after surface mining and reclamation. Geoderma 161, 168-176 s.

SCHMIDT, M., NOACK, A. G., (2000): Black carbon in soils and sediments: Analysis, distribution, implications, and current challenges, Global Biogeochem. Cycles , 14 (3), 777 – 793 s.,

SCHNITZER, M., KHAN, S. U., (1978): Soil organic mater. Elsevier Amsterdam, Oxford, New York, 319 s.

SCHROEDER, D., (1984): Soils – Facts and Concepts. International Potash Institute, Bern

Skjemstad, J., O., et al. (2002): "Charcoal carbon in US agricultural soils." Soil Science Society of America Journal 66.4, 1249-1255.

SIMONSON, R.W. (1959): Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Sci.Soc.Am.Proc., 23, 152 – 156 s.

SMITH, NJH (1980): Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia. Ann Assoc Am Geogr 70:553–566

SMITH, N., (1999): The Amazon River forest: a natural history of plants, animals, and people. Oxford University Press, New York

SMOLÍK, L., (1957): Pedologie, Státní nakladatelství technické literatury, 1. vyd., Praha, 400 s.

SOIL SURVEY STAFF (1960): Soil Classification, a comprehensive systém. 7th Approximation. USDA, Washington, 265 s.

SOMBROEK, W.G., (1966): Amazon soils. a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Dissertation, Wageningen, The Netherlands

SOMBROEK, W.G., NACHTERGAELE, FO, HEBEL, A., (1993): Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. Ambio 22:417–426

SOMBROEK, W., RUIVO, M.L., FEARNESIDE, P.M., GLASER, B., LEHMANN, J. (2003): 'Amazonian Dark Earths as carbon stores and sinks', in J. Lehmann, D.C. Kern, B. Glaser and W.I. Woods (eds.), Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management, (pp. 125–139) Dordrecht, Kluwer Academic Publishers

- STEILA, D. (1976): The geography of soils, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 222 s.
- SUCHARA, I. (2007): Praktikum vybraných ekologických metod. Karolinum, Praha. 134 s.
- SVOBODA, P.: (1953): Lesní dřeviny a jejich porosty, část I. Praha, 411 s.
- ŠARAPATKA B., (2010): Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut, Olomouc
- ŠARAPATKA B., (2014): Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 232 s.
- ŠEFRNA, L., JANDERKOVÁ, J. (2007): Obsah oxidovatelného uhlíku v půdních asociacích mapy 1:500 000; Zemědělské půdy. Dílčí zpráva pro projekt VaV 640/18/03 Czech Carbo - Studium uhlíku v terestrických ekosystémech České republiky. 7 s.
- ŠIMEK, M., (2003): Základy nauky o půdě. 1. neživé složky půdy. JČ Univerzita, České Budějovice
- TAN H.K. (1984): Andosols. Van Nostrand Reinhold, New York, 405 p.
- TARNOCAI, C. , JG CANADELL , EAG SCHURR , P. KUHRÝ , G. MAZHITOVA , and S. ZIMOV (2009) : Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region , Global Biogeochem. Cycles , 23 , GB2023, doi: 10.1029/2008GB003327.
- The Basic science of Biodiversity, obrázek Vliv přítomnosti uhlíku v půdě na kvalitu půdy, Dostupné z: <http://www.gobiodiversity.com/aboutscience.html> (staženo 2.2.2017)
- TIESSEN, H., E. Cuevas, and P. Chacon (1994): "The role of soil organic matter in sustaining soil fertility." Nature 371.6500: 783-785.
- TINDALL, J. A., KUNKEL, J. R., ANDERSON, D. E., (1999): Unsaturated zone hydrology for scientists and engineers. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 624 str.
- TOMÁŠEK, M. (2007): Půdy České republiky. Česká geologická služba. Praha, 67 s.
- UNEP (2012). The Emissions Gap Report 2012. A UNEP Synthesis Report, United Nations Environment Programme (UNEP).
- VANĚK, V., a kol (2006): Úloha organické hmoty v půdě. Racionální použití hnojiv - sborník z konference, ISBN 978-80-213-2006-2

VOPRAVIL J., KHEL, T., VRABCOVÁ, T., NOVÁK, P., NOVOTNÝ, I., HLADÍK, J., VAŠKŮ, Z., JACKO, K., ROŽNOVSKÝ, J., JANEČEK, M., VÁCHA, R., PIVCOVÁ, J., KVÍTEK, T., NOVÁK, P., FUČÍK, P., ČERMÁK, P., JANKŮ, J., PÍRKOVÁ, I., PAPAJ, V., BANÝROVÁ, J. (2009): Půda a její hodnocení v ČR. Díl I. VÚMOP v.v.i., 2009. ISBN 978-80-87361-02-3

VRÁBLÍKOVÁ J., VRÁBLÍK, P. (2006): Základy Pedologie. FŽP UJEP Ústí nad Labem 2006. ISBN 80-7044-805-9

VRBA, V., HULEŠ, L., (2006): Humus - půda - rostlina (2) Humus a půda. Biom.cz [online]. 2006-11-14 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>>. ISSN: 1801-2655.

Webový archiv komplexního průzkumu půd (online), VUMOP, výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, dostupné na: <http://www.vumop.cz/> (staženo 4.4.2017)

WADA, K. (1985): The Distinctive Properties of Andosols. In: Stewart BA (eds) Advances in Soil Science. Advances in Soil Science, vol 2. Springer, New York,

WIESMEIER M., SPÖRLEIN P., GEUB U., HANGEN E., HAUG S., REISCHL A., SCHILLING B., VON LÜTZOW M., KOÖGEL-KNABNER I., (2012): Soil organic carbon stocks in southeast Germany (Bavaria) as affected by land use, soil type and sampling depth. Global Change Biology 18: 2233–2245.

WHITE, L. D., MOTTERSHEAD, D. N., HARRISON, S. J., (1992): Enviromental systems. An introductory text. 2. Edition, Chapman and Hall, London, 616 s.

WOODS, WI, MEYER, DW, WINHAM, WR (1999): Analysis of cultural soils using near infrared spectroscopy. In: 95th Annual Meeting of the Association of American Geographers, 27 March 1999, Honolulu, Hawaii. Association of American Geographers

World reference base for soil resources 2014, Dostupné z: <http://www.fao.org>, (staženo 9.4.2017)

WRIGHT, P. (2003): Preservation or destruction of plant remains by carbonization., - Journal of archeological science, 30 s.

YU D. S., SHI X. Z., WANG H.J., SUN W.X., CHEN J.M., LIU Q.H., ZHAO Y.C., (2007): Regional patterns of soil organic carbon stocks in China. Journal of Environmental Management 85: 680 – 689.

ZECH, W., HAUMAIER, L., HEMPFLING, R., (1990): Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. In: McCarthy P, Clapp CE, Malcolm RL, Bloom PR (eds) Humic

substances in soil and crop sciences: selected readings. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wis., pp 187–202

ZERA, ZEMĚDĚLSKÁ A EKOLOGICKÁ REGIONÁLNÍ AGENTURA (2007):Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku, Metodická pomůcka, Náměšť nad Oslavou, 28 s.

9 Přílohy

Příloha 1 – Půdní charakteristiky

	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	pórovitost	objemová hmotnost	výška vody v profilu
1	0,422	0,249	38,7	0,59	14,94
2	0,308	0,197	27,5	0,64	11,82
3	0,175	0,107	25	0,61	6,42
4	0,752	0,366	48,2	0,487	21,96
5	0,476	0,37	48	0,777	22,2
6	0,477	0,305	41,9	0,639	18,3
7	1,028	0,335	48,1	0,326	20,1
8	0,382	0,305	40,3	0,798	18,3
9	0,386	0,318	40,6	0,823	19,08
10	0,263	0,167	22,8	0,635	10,02
11	0,162	0,092	14,7	0,568	5,52
12	0,596	0,307	48,5	0,515	18,42
13	0,237	0,163	38,9	0,689	9,78
14	0,259	0,121	46,7	0,468	7,26
15	0,700	0,499	62,3	0,713	29,94
16	0,439	0,389	50,4	0,886	23,34
17	0,474	0,376	57,8	0,794	22,56
18	0,548	0,403	53,1	0,736	24,18
19	0,621	0,393	52,5	0,633	23,58
20	0,652	0,436	61	0,669	26,16
21	0,674	0,45	58,4	0,668	27
22	0,499	0,516	58	1,034	30,96
23	0,629	0,399	55,1	0,634	23,94
24	0,594	0,51	58,9	0,858	30,6
25	0,526	0,536	59,4	1,019	32,16
26	0,452	0,392	50,3	0,867	23,52
27	1,254	0,509	66	0,406	30,54
28	1,316	0,617	70	0,469	37,02
29	0,390	0,352	54,2	0,903	21,12
30	0,237	0,282	47,9	1,19	16,92
31	0,483	0,365	53,8	0,756	21,9
32	0,489	0,314	53,7	0,642	18,84
33	0,667	0,353	50,6	0,529	21,18
34	0,462	0,291	44,7	0,63	17,46
35	0,660	0,256	40,3	0,388	15,36
36	0,518	0,49	58,3	0,946	29,4
37	0,616	0,294	45	0,477	17,64
38	0,582	0,372	57,8	0,639	22,32
39	0,568	0,251	41,9	0,442	15,06
40	0,145	0,163	31,1	1,121	9,78

41	0,203	0,283	39,7	1,391	16,98
42	0,191	0,261	36	1,368	15,66
43	0,229	0,252	31,9	1,1	15,12
44	0,284	0,222	31,1	0,781	13,32
45	0,225	0,213	33,5	0,948	12,78
46	0,235	0,212	39,5	0,904	12,72
47	0,234	0,348	48,6	1,485	14,06
48	0,297	0,405	49,3	1,363	17,83
49	0,226	0,336	47	1,485	13,58
50	0,302	0,428	51,1	1,416	18,14
51	0,272	0,385	50,2	1,418	16,29
52	0,217	0,301	49,7	1,386	13,03
53	0,398	0,473	58	1,189	23,87
54	0,290	0,331	61,9	1,143	17,38
55	0,231	0,357	45,5	1,547	13,85
56	0,237	0,339	49,3	1,431	14,21
57	0,238	0,34	50	1,427	14,30
58	0,233	0,359	46,7	1,54	13,99
59	0,229	0,363	45,4	1,585	13,74
60	0,278	0,403	50	1,448	16,70
61	0,326	0,449	51,7	1,377	19,56
62	0,314	0,434	56,7	1,38	18,87

Příloha 2

Milř 1	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	objem.hmotnost (g/cm3)	výška vody v profilu (mm)	pórovitost (%)
1	0,752	0,366	0,487	21,960	48,200
2	0,175	0,107	0,610	6,420	25,000
3	0,476	0,370	0,777	22,200	48,000
4	0,477	0,305	0,639	18,300	41,900
průměr	0,470	0,287	0,628	17,220	40,775
medián	0,477	0,336	0,625	20,130	44,950
smd. Odchylka	0,204	0,107	0,103	6,424	9,453

Příloha 3

Milířístě 2	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	objem.hmotnost (g/cm ³)	výška vody v profilu (mm)	pórovitost (%)
1	1,028	0,335	0,326	20,100	48,100
2	0,382	0,305	0,798	18,300	40,300
3	0,386	0,318	0,823	19,080	40,600
4	0,263	0,167	0,635	10,020	22,800
průměr	0,515	0,281	0,646	16,875	37,950
medián	0,384	0,312	0,717	18,690	40,450
smd. Odchylka	0,300	0,067	0,198	4,009	9,288

Příloha 4

Milířístě 3	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	objem.hmotnost (g/cm ³)	výška vody v profilu (mm)	pórovitost (%)
1	0,259	0,121	0,468	7,260	46,700
2	0,162	0,092	0,568	5,520	14,700
3	0,596	0,307	0,515	18,420	48,500
4	0,237	0,163	0,689	9,780	38,900
průměr	0,313	0,171	0,560	10,245	37,200
medián	0,248	0,142	0,542	8,520	42,800
smd. Odchylka	0,167	0,083	0,082	4,957	13,482

Příloha 5

Milířístě 4	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	objem.hmotnost (g/cm ³)	výška vody v profilu (mm)	pórovitost (%)
1	0,700	0,499	0,713	29,940	62,300
2	0,439	0,389	0,886	23,340	50,400
3	0,474	0,376	0,794	22,560	57,800
4	0,548	0,403	0,736	24,180	53,100
průměr	0,540	0,417	0,782	25,005	55,900
medián	0,511	0,396	0,765	23,760	55,450
smd. Odchylka	0,100	0,048	0,067	2,906	4,546

Příloha 6

Milířístě 5	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	objem.hmotnost (g/cm ³)	výška vody v profilu (mm)	pórovitost (%)
1	0,499	0,516	1,034	30,960	58,000
2	0,621	0,393	0,633	23,580	52,500
3	0,652	0,436	0,669	26,160	61,000
4	0,674	0,450	0,668	27,000	58,400
průměr	0,611	0,449	0,751	26,925	57,475
medián	0,636	0,443	0,669	26,580	58,200
smd. Odchylka	0,067	0,044	0,164	2,649	3,095

Příloha 7

Milířiště 6	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	objem.hmotnost (g/cm3)	výška vody v profilu (mm)	pórovitost (%)
1	0,629	0,399	0,634	23,940	55,100
2	0,594	0,510	0,858	30,600	58,900
3	0,526	0,536	1,019	32,160	59,400
4	0,452	0,392	0,867	23,520	50,300
průměr	0,550	0,459	0,845	27,555	55,925
medián	0,560	0,455	0,863	27,270	57,000
smd. Odchylka	0,068	0,064	0,137	3,867	3,649

Příloha 8

Milířiště 7	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	objem.hmotnost (g/cm3)	výška vody v profilu (mm)	pórovitost (%)
1	1,254	0,509	0,406	30,540	66,000
2	1,316	0,617	0,469	37,020	70,000
3	0,390	0,352	0,903	21,120	54,200
4	0,237	0,282	1,190	16,920	47,900
průměr	0,799	0,440	0,742	26,400	59,525
medián	0,822	0,431	0,686	25,830	60,100
smd. Odchylka	0,489	0,131	0,322	7,869	8,876

Příloha 9

Milířiště 8	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	objem.hmotnost (g/cm3)	výška vody v profilu (mm)	pórovitost (%)
1	0,667	0,353	0,529	21,180	50,600
2	0,462	0,291	0,630	17,460	44,700
3	0,483	0,365	0,756	21,900	53,800
4	0,489	0,314	0,642	18,840	53,700
průměr	0,525	0,331	0,639	19,845	50,700
medián	0,486	0,334	0,636	20,010	52,150
smd. Odchylka	0,083	0,030	0,080	1,782	3,695

Příloha 10

Milířiště 9	hmotnostní vlhkost	objemová vlhkost	objem.hmotnost (g/cm ³)	výška vody v profilu (mm)	pórovitost (%)
1	0,660	0,256	0,388	15,360	40,300
2	0,518	0,490	0,946	29,400	58,300
3	0,616	0,294	0,477	17,640	45,000
4	0,582	0,372	0,639	22,320	57,800
průměr	0,594	0,353	0,613	21,180	50,350
medián	0,599	0,333	0,558	19,980	51,400
smd. Odchylka	0,052	0,089	0,213	5,368	7,879