



MASARYKOVA UNIVERZITA
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
ÚSTAV GEOLOGICKÝCH VĚD



Mikromorfologické studium pedogeneze disturbovaných půd v přirozeném temperátním lese

Bakalářská práce

Iva Křenovská

VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Mgr. Martin Ivanov, Dr.
KONZULTANT: Ing. Pavel Šamonil, Ph.D.

BRNO 2012

© Iva Křenovská
2012
Všechna práva vyhrazena

Bibliografický záznam

Autor:	Ing. Iva Křenovská Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Ústav geologických věd
Název práce:	Mikromorfologické studium pedogeneze disturbovaných půd v přirozeném temperátním lese
Studijní program:	Geologie, bakalářský program
Studijní obor:	Geologie
Vedoucí práce:	doc. Mgr. Martin Ivanov, Dr.
Rok obhajoby:	2012
Klíčová slova:	Pedogeneze, vývratová disturbance, půdní mikromorfologie, chemické a fyzikálně chemické půdní analýzy

Bibliographic entry

Author: Ing. Iva Křenovská
Faculty of Science, Masaryk University,
Department of Geological Sciences

Title of thesis: Micromorphological research on pedogenesis
of disturbed soils in natural temperate forest

Degree programme: Geology, bachelor degree

Field of study: Geology

Supervisor: doc. Mgr. Martin Ivanov, Dr.

Year of defence: 2012

Keywords: Soil formation, windthrow disturbance, soil
micromorphology, chemical and physico-
chemical analysis of soils

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat zejména svému školiteli Martinu Ivanovovi. Jsem mu velmi vděčná za jeho ochotu, trpělivost, rady a konstruktivní kritiku. Pro studenta je velkým štěstím mít školitele, u kterého se nikdy nebojí zaklepat, který mu i přes svoji pracovní vytíženost věnuje ochotně svůj čas, pomůže se zdánlivě sebezapeklitějším problémem a svojí vstřícností studenta motivuje k tomu, aby se ze sebe snažil dostat to nejlepší. Dík patří i mému konzultantovi, Pavlu Šamonilovi za poskytnutí materiálu, analýz, především ale za ochotu a cenné rady. Ráda bych také poděkovala panu Václavu Vávrovi za jeho pomoc při mikromorfologických interpretacích.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci napsala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

Brno 20.4.2012

.....
jméno a příjmení

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá mikromorfologickou analýzou půdního typu kryptopodzol s cílem srovnání atributů půdy disturbované vývratem stromu a půdy nedisturbované. K dispozici byly dvě sady výbrusů a kompletní chemické a fyzikálně chemické analýzy sledovaných půd. Výbrusy byly pozorovány pod polarizačním mikroskopem a následně popsány. Byly interpretovány chemické a fyzikálně chemické analýzy, konkrétně zrnitost, výměnná půdní reakce, obsah humusu, celkový obsah huminových látek, poměr huminových kyselin a fulvokyselin, poměr C:N a obsah výměnného Al a Fe.

Sledované půdy řadíme k půdnímu druhu písčité půdy. Nárůstem hrubozrnnosti s hloubkou se vyznačuje nedisturbovaná půda, což odráží geologické poměry dané lokality. Tato spojitost neplatí u půdy disturbované, zřejmě v důsledku promíchání půdního profilu při vývratu stromu. Pórovitost je výrazně vyšší u disturbované půdy. Na základě hodnot pH/KCl řadíme půdy mezi silně kyselé, přičemž u disturbované lokality je pH ve všech hloubkách nižší, než je tomu v případě lokality nedisturbované. Hodnoty pH korelují s obsahem huminových látek. Obě lokality se vyznačují v průměru velmi vysokým obsahem humusu a nízkou kvalitou humusu. Dle obsahu C:N odpovídá vyššímu stadiu humifikace organická hmota půdy nedisturbované. O obsahu, povaze a stupni rozkladu organické hmoty dobře vypovídají mikromorfologická pozorování. Mikromorfologie se dále ukázala být významným nástrojem determinace spodických znaků kryptopodzolů.

Abstract

The thesis deals with the micromorphological analysis of enthic podzols with the aim of comparing a disturbed soil affected by windthrow with an undisturbed soil. There were made two sets of thin sections and complete chemical and physicochemical analyses of soils. Thin sections were observed under a polarizing microscope and subsequently described. Physicochemical analyses, namely particle-size distribution, exchange soil reaction, humus content, content of humic substances, humic acids and fulvic acids ratio, C:N ratio and exchangeable Al and Fe content were interpreted.

Soils belong to sandy textural class. The content of coarse-grained particles increases with depth only in the case of undisturbed soil because of the geological characteristics of the locality. This fact is not valid for disturbed soil, obviously because of a soil pedoturbation caused by the windthrow. Porosity is significantly higher in the disturbed soil. Based on the pH/KCl we rank soils among the strongly acidic soils, with in all depths lower pH of disturbed soil. The pH values correlate with the content of humic substances. Both localities are characterized by a very high content of low-quality humus. A higher stage of humification of soil organic matter according to the content of C:N is apparent in undisturbed soil. The content, nature and degree of decomposition of organic matter are well revealed with the use of micromorphological observations. Micromorphology was also proved to be an important tool in the determination of spodic characteristics of enthic podzols.

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÉHO ÚZEMÍ.....	10
2.1 Geomorfologie, geologie a pedologie území	10
3 KRYPTOPODZOLY.....	11
4 PEDOGENETICKÉ PROCESY V ZÁVISLOSTI NA PŮDNÍM TYPU A CHARAKTERU LOKALITY	12
5 VÝZNAM PŮDNÍ MIKROMORFOLOGIE PŘI ŘEŠENÍ PEDOGENEZE	14
5.1 Vnitřní skladba půdy	14
5.2 Vnitřní skladba půdního typu kryptopodzol.....	16
6 MATERIÁL A METODIKA.....	16
6.1 Půdní výbrusy	16
6.2 Sběr dat.....	17
7 VÝSLEDKY	18
7.1 Mikromorfologické popisy.....	18
7.1.1 Popis půdních výbrusů – nedisturbovaná půda (kontrola).....	18
7.1.2 Popis půdních výbrusů – disturbovaná půda (deprese vývratu).....	20
7.2 Chemické a fyzikálně chemické analýzy	22
8 DISKUSE	24
9 ZÁVĚR.....	29
PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	30
PŘÍLOHY	Chyba! Záložka není definována.
1 Základní typy stavby s-matrix.....	Chyba! Záložka není definována.
2 Kompletní chemické a fyzikálně chemické analýzy porušených půdních vzorků	Chyba! Záložka není definována.
1 Fotodokumentace	Chyba! Záložka není definována.

1 ÚVOD

V práci je řešena problematika holocenní pedogeneze ve vztahu k disturbancím půd. Pedogeneze je sledována na půdním typu kryptopodzol na území NPR Žofínský prales.

Přirozené pralesovité rezervace, jako je Žofínský prales, můžeme považovat za ničím nerušený otisk přírodních pochodů a jejich změn. Vývratové disturbance jsou velmi významným faktorem vývoje a současného stavu těchto unikátních ekosystémů. Vývraty jsou důležitým prvkem geodiverzity každého stanoviště. Geodiverzitu definuje Cílek (2005) jako substrátovou a morfologickou rozmanitost území a chápe ji jako základnu pro veškerou biodiverzitu, která oproti ní vystupuje jako nadstavbový jev. Právě vývraty jsou dobrým příkladem pravdivosti tohoto tvrzení. Tím, jak ovlivňují a mění dosavadní substrátové podmínky stanoviště, podmiňují diverzitu jak společenstev mikroorganismů, tak druhového složení celých fytoocenóz. Vývraty výrazně mění průběh pedogeneze, a proto je studium takto disturbovaných půd zcela zásadní pro pochopení pedogenetického vývoje.

Půdní vzorky jsou v podobě půdních výbrusu zkoumány při využití poznatků z moderní vědní disciplíny - půdní mikromorfologie, s použitím polarizačního mikroskopu. Význam půdní mikromorfologie spatřuje Smolíková (in Němeček et al., 1990) zejména v možnosti zachycení půdy jako celku a dále v interpretaci stop různých pochodů, které formovaly půdu v určitém časovém sledu. Půdní mikromorfologie je bezesporu jedním z nejdůležitějších nástrojů pochopení průběhu a významu jednotlivých půdotvorných pochodů.

2 CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÉHO ÚZEMÍ

Pedogeneze disturbovaných půd je v této práci sledována v přirozeném temperátním lese na území přírodního parku Novohradské hory, lokalita NPR Žofínský prales.

Přírodní park Novohradské hory má rozlohu 138,6 km² a náleží ke geomorfologickému celku Novohradské hory. Vyhlášen byl v roce 1999 v jihovýchodní části okresu Český Krumlov při hranicích s okresem České Budějovice a při státní hranici s Rakouskem (Albrecht et al., 2003: 206).

Z hlediska biogeografického členění ČR se jedná o Novohradský bioregion s biotou horského rázu a potenciální vegetací květnatých bučin, acidofilních horských bučin a podmáčených smrčín (Culek et al., 1995: 245).

V současnosti je na většině území přírodního parku, a to zejména v jižní a východní části, vegetační kryt tvořen souvislými lesními komplexy převážně smrkobukového vegetačního stupně, v nichž se dochovaly četné zbytky porostů přirozeného složení, patřící hlavně květnatým bučinám s kyčelnicí devítilistou. Nejvýznamnější z nich jsou předmětem ochrany ve vyhlášených zvláště chráněných územích, např. v NPR Žofínský prales (Albrecht et al., 2003: 206).

Žofínský prales je NPR o celkové výměře 97,72 ha, ležící v katastrálním území Pivonice u Pohorské Vsi v nadmořské výšce 735–830 m. Jedná se o komplex pralesovitých porostů květnatých bučin a podmáčených smrčín, jehož jádro je chráněno už od roku 1938 jako jedna ze dvou nejstarších přírodních rezervací v České republice (Albrecht et al., 2003: 203).

2.1 Geomorfologie, geologie a pedologie území

Reliéf Novohradského bioregionu představuje tektonicky zdvižený zarovnaný povrch, nad kterým vyčnívají izolované vrchy a hřebety. Okrajové zlomové svahy mají členitější reliéf charakteru členité vrchoviny až ploché hornatiny s výškovou členitostí 200–470 m. Střed pohoří, jehož převážná část ale leží v Rakousku, je zpětnou erozí toků ještě nerozčleněným zbytkem zarovnaných povrchů, obdobným šumavským pláním, který má charakter ploché vrchoviny až členité pahorkatiny s výškovou členitostí pouze 140–200 m. Z menších útvarů jsou nápadné žulové skalní útvary, exfoliační klenby a suťová pole tvořená obrovskými balvany (Culek et al., 1995: 245).

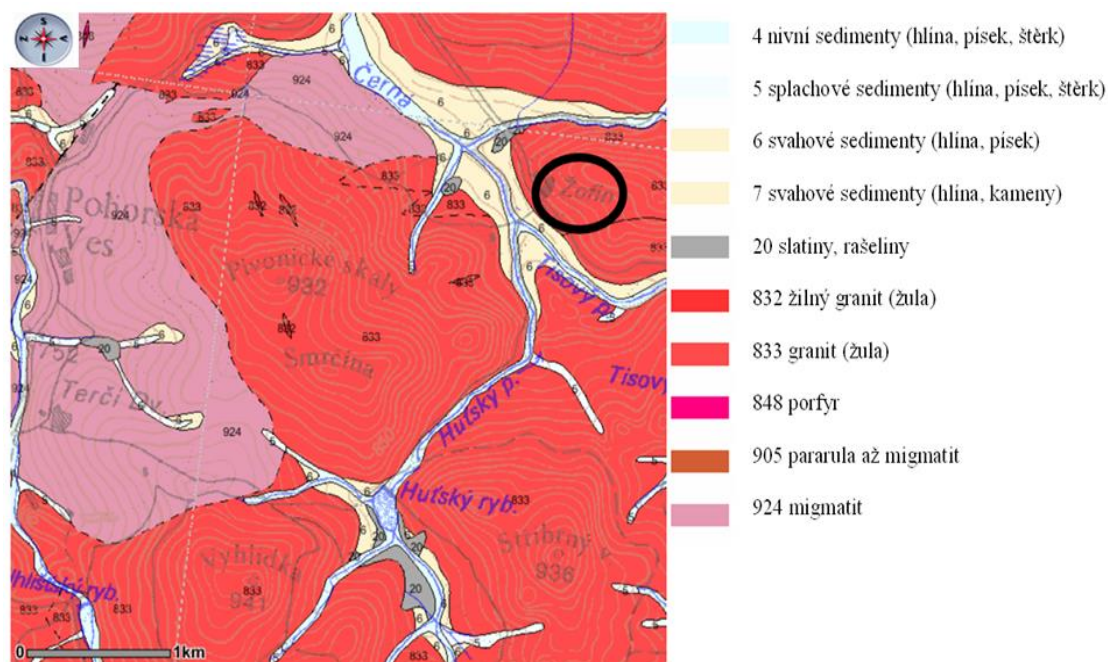
NPR Žofínský prales leží na plochém hřebetu s několika nevýraznými elevacemi, který vybíhá severovýchodním směrem od Stříbrného vrchu (936,3 m n. m.) (Albrecht et al., 2003: 203).

Celé sledované území náleží moldanubiku, tedy rozsáhlému komplexu většinou silně přeměněných a hlubinných hornin (obr. 1), které tvoří převážnou jižní a jihozápadní část Českého masivu (Chlupáč et al., 2002: 46).

Plošně nejrozšířenější jsou zde pozdně variské magmatity centrálního moldanubického plutonu, představované několika typy (granit weinsberského typu, granodiorit freistadského typu, granit mrákotínského typu). V podhůří je častý výskyt dvojslídnych svorových pararul a svorů. Z

ostatních hornin se zde dále nacházejí biotické a dvojslídne ortoruly, migmatické pararuly jednotvárné série a biotické pararuly středně zrnité pestré série. Výskyt ostatních hornin moldanubika, stejně jako svrchnokřídových a terciérních jihočeských pánevních sedimentů, je plošně velmi omezený (Chábera, 1972:51).

Horninovým podkladem území Žofínského pralesa je středně zrnitá porfyrická biotitická žula weinsberského typu, v nivě Tisového potoka a jeho přítoků překrytá deluviálními hlinitokamenitými sedimenty (pleistocén – holocén) (Albrecht et al., 2003: 203).



Obr. 1: Geologie zájmového území (Česká geologická služba, www.geology.cz).

Půdním typem jsou ve vyšších polohách kambizemní podzoly s místními přechody do dystrických kambizemí i organozemních glejů a organozemí na prameništích a menších rašeliništích. Okrajové svahy Novohradských hor mají půdy typu dystrických kambizemí, na vlhčích místech kyselých pseudoglejových kambizemí. Poměrně velké plochy jsou reprezentovány litozeměmi, vyvinutými na žulových výchozech a sutích (Culek et al., 1995: 246).

3 KRYPTOPODZOLY

Kryptopodzoly řadíme společně s podzoly do referenční třídy podzosoly. Jedná se o půdy se spodickými diagnostickými horizonty, které jsou silně nenasycené v celém sólu ($V < 30\%$; V – stupeň nasycenosti sorpčního komplexu), naopak jsou ale vysoce nasycené hliníkem a vykazují výraznou tendenci k vytváření surového humusu (Němeček, 2001:58).

Kryptopodzoly vznikaly typicky pod kyselými horskými bučinami, příp. smrčínami v chladném a vlhkém klimatu, nejčastěji nad 800 m n. m., někdy i níže. Půdotvorným substrátem jsou

většinou zvětraliny kyselých hornin, zejména vyvřelin a metamorfik. Hlavním půdotvorným pochodem je intenzivní brunifikace, dále pak výrazné uvolňování sesquioxidů (oxidů Fe a Al), jak je popsáno v kapitole 4 (Vopravil & Khel, 2008:69).

Typickým půdním horizontem je u kryptopodzolů metamorfický kambikový rezivý horizont Bvs. Rezivý Bvs horizont je typický vyšším podílem amorfního Fe ($Fe_o/Fed . 100 > 50 \%$ v zemině i v jílu; Fed – celkové množství nesilikátového Fe, Fe_o – obsah amorfního Fe), se znaky migrace Al a kyprou stavbou podmíněnou tvorbou zaoblených mikroagregátů, které jsou stabilizované volnými oxidy Fe a Al (Němeček, 1990:163).

Kryptopodzoly jsou půdy silně kyselé (LPF v hloubce 10-25 cm $V < 20 \%$), vysoce nasycené Al s velmi výrazným uvolněním volných oxidů Fe a Al, s tvorbou sekundárního chloritu v horizontu Bvs (Jandák et al., 2001: 107).

4 PEDOGENETICKÉ PROCESY V ZÁVISLOSTI NA PŮDNÍM TYPU A CHARAKTERU LOKALITY

U půd dochází vlivem vzájemného prolínání geologického a biologického koloběhu látek k řadě dílčích pochodů, které dohromady představují půdotvorný proces (pedogenezi), jehož kvalita je závislá na podmínkách, ve kterých se půda vyvíjí a na jednotlivých půdotvorných faktorech. Během pedogeneze dochází postupně k vertikální diferenciaci půdního profilu a tím ke vzniku diferencovaných půdních vrstev s odlišnými vnějšími znaky i vnitřními vlastnostmi (Prax, 2001: 12).

Půdotvorné pochody v rámci půdotvorného procesu lze rozdělit do čtyř základních skupin (Šimek, 2003: 35):

- Přeměny – např. přeměna primárních minerálů zvětráváním na sekundární minerály,
- přemísťování – např. u podzolů typické přemísťování komplexů sesquioxidů Fe a Al do nižších horizontů půdy (podzolizace),
- obohacování – např. přísun organické hmoty u opadu,
- ztráty – např. eroze povrchových vrstev půdy.

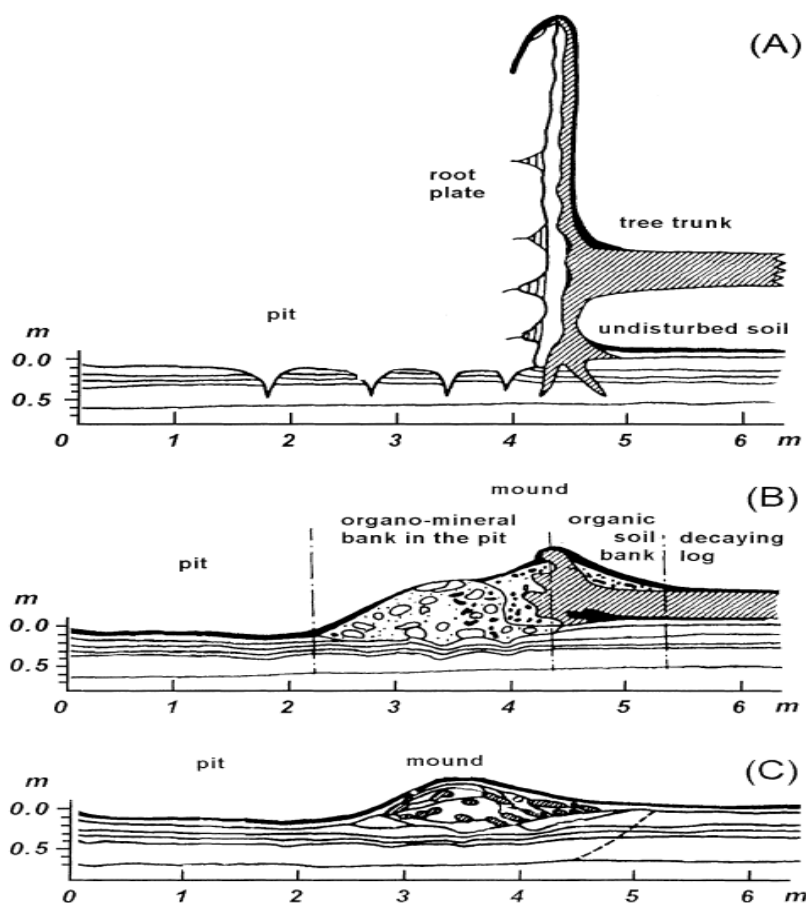
U půdního typu kryptopodzol je dominantním půdotvorným procesem brunifikace a počáteční stádium podzolizace (Vopravil & Khel, 2008:69).

Brunifikace neboli hnědnutí je proces intenzivního vnitropůdního zvětrávání, při kterém dochází k uvolňování sesquioxidů z primárních minerálů (hlavně Fe^{3+}) a k tvorbě jílových minerálů za vzniku typicky hnědě zbarveného horizontu (Šimek, 2003:37–38).

Podzolizace je proces, ke kterému dochází typicky v chladném humidním klimatu v půdách s nižším pH. Srážkovou vodou vymývané kyseliny z nejsvrchnějších vrstev půdy se pohybují do minerálních vrstev, kde rozpouštějí Fe a Al. Takto vznikající komplexy sesquioxidů Fe a Al sestupují postupně do nižších horizontů půdy a hromadí se v iluviálním horizontu (Šimek, 2003).

Důležitou roli ve vývoji půd hrají disturbance, a to jak přírodní tak antropogenní. U lesních půd jsou častými disturbancemi větrné vývraty, které představují výraznou změnu podmínek stanoviště a tím významně ovlivňují pedogenezi půd.

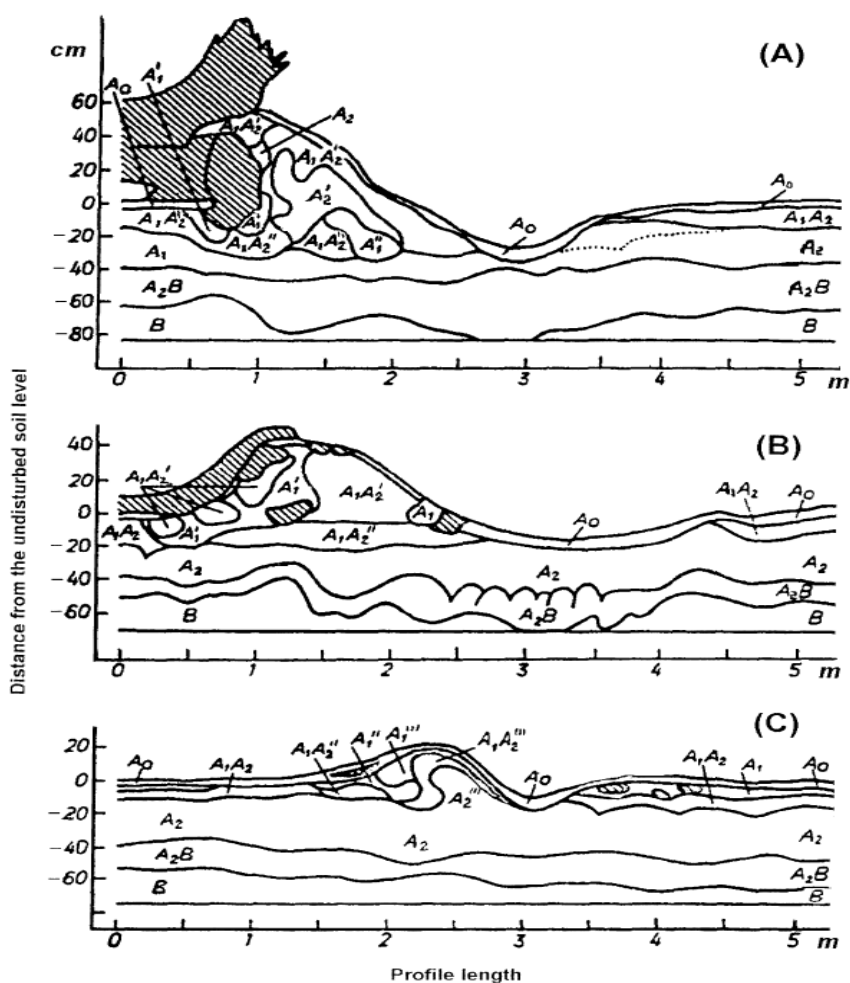
Vývraty vytvářejí speciální mikrotopografickou formu kup a pruhlubní (obr. 2, Ulanova, 2000).



Obr. 2: Dynamické procesy v půdním profilu po vývratu, Ulanova (2000); (A) 0-1 rok, (B) 30-50 let, (C) více jak 100 let po vývratu.

V mikrotopografickém měřítku, tedy na ploše kupy a prohlubně, je vliv vývratu na půdní prostředí zcela zásadní. V principu se vývrátové kupy v porovnání s prohlubněmi vyznačují vyšší teplotou a nižší vlhkostí. Tato zákonitost neplatí v období výskytu trvalé sněhové pokrývky, kdy vlivem izolačního efektu sněhové vrstvy je naopak vyšší teplota v prohlubních. Vlivem sníženého přísunu slunečního záření sněh v prohlubních déle taje. Lze tedy konstatovat, že mikroklimatické podmínky jsou při srovnání kupa-prohlubně značně rozdílné a vývrátové disturbance tudíž představují velmi významný půdotvorný faktor, který často může vést ke zcela odlišnému průběhu pedogeneze s výrazně nelineárním charakterem (Šamonil et al., 2010a).

Možný vývoj půdního profilu v prostředí pruhlubně a kupy vývratu je patrný z obr. 3 (Ulanova, 2000).



Obr. 3: Půdní profil v komplexu prohlubně a kupy, Ulanova (2000); (A) po 20-30 letech, (B) po 50-60 letech, (C) po 80-100 letech po vývratu; A₀ – opad, A₁ – horizont akumulovaného humusu, A₂ – podzolizací eluivovaný horizont, B – iluviační horizont, A₁' - smíšený horizont, A₁'' - převrstvený horizont, A₁''' - nově utvořený horizont, šrafované části – rozkládající se dřevo.

Neméně důležitou roli hraje přítomnost vývratů v rámci celého lesního ekosystému. I když vývraty pokrývají v daném okamžiku pouze malé území o cca 10^0 – 10^1 m², v časovém horizontu 10^2 – 10^3 let ovlivňují téměř veškerou plochu přirozeně se vyvíjejícího lesa – mají vliv na variabilitu společenstev dekompozitorů, diverzitu rostlinných společenstev, regeneraci stromového patra a vlastnosti půdních horizontů (Šamonil et al., 2010a).

5 VÝZNAM PŮDNÍ MIKROMORFOLOGIE PŘI ŘEŠENÍ PEDOGENEZE

5.1 Vnitřní skladba půdy

Půdní mikromorfologie (mikropedologie) je moderní metoda studia neporušených půdních vzorků pomocí mikroskopu s cílem identifikace rozdílných složek půdy a určení jejich vzájemného vztahu v prostoru a v čase (Stoops & Eswaran, 1986: 1).

Vnitřní stavba půdy (soil fabric) je termín, označující fyzikální stav horizontu, který je vyjádřen prostorovým uspořádáním primárních elementárních částic (zrn) a sekundárních (agregovaných, segregovaných) strukturních elementů společně s novotvory, litorelikty a póry. Pro účely půdní mikromorfologie je zásadní pojem základní půdní masa neboli půdní matrice (Němeček et al., 1990: 108–109).

Vnitřní skladbu půdy rozděluje Smolíková (1982: 92) na půdní mikroskelet jako primární složku půdy a půdní plazmu, konkrece aj. jako složku sekundární.

K půdnímu mikroskeletu řadíme nejen úlomky hornin nebo minerální zrna, ale i souhrn všech tvarovaných částic v půdě, tj. veškerý podíl nepohyblivých a tím snadno pozorovatelných elementů. Do této skupiny řadíme i méně početné složky, jako jsou surový humus (včetně úlomků živočišného původu, např. ulit), inaktivní úlomky staších půd, konkrece alochtonního původu aj. Největší podíl v půdním mikroskeletu má zpravidla křemen, a to zejména v písčité frakci. Hlavním zdrojem anorganického půdního materiálu jsou živce, ze kterých se při zvětrávání následně tvoří většina půdního jílu. Ve výbrusech našich půd jsou hojné slídy, kde zejména muskovit špatně zvětrává a zůstává proto v recentních půdách téměř nezměněný. Neméně důležitou roli v půdě hrají pyroxeny a amfiboly (Smolíková, 1982: 92–93).

Odlíšný ráz zvětrávání minerálů a úlomků hornin je v půdních výbrusech zásadní pro stanovení poměru autochtonní a alochtonní komponenty, který odráží průběh polygeneze nejen fosilních a reliktních půd, nýbrž i mnohých recentních půd (Smolíková in Němeček et al., 1990: 397).

Půdní plazmu definuje Smolíková (1982: 95) jako souhrn jemně dispergovaných, vysoce aktivních, anorganických i organických látek, které spolu s vodou tvoří složitý koloidní systém. Pojem půdní plazma dále konkretizují Němeček et al. (1990: 109), kteří jako hlavní součást půdní plazmy uvádějí částice jílu a humifikované organické koloidy. Půdní plazmu označuje Kubiěna (1938: 129) jako složku půdy, která je z pedogenetického hlediska nejvýznamnější součástí půdy a představuje hlavního nositele charakteristických půdních vlastností.

Primární a sekundární složky půdy včetně půdních pórů společně tvoří základní půdní matici neboli s-matrix. S-matrix je většinou organizovaná na strukturní elementy s přirozeně odlučnými plochami, tzv. pedy, jejichž stabilizace a rozpad je výsledkem procesů peptizace a koagulace, slepování a stmelování, sorpce a desorpce, stárnutí a dehydratace koloidů a reorganizace vnitřní stavby (Němeček et al., 1990: 109).

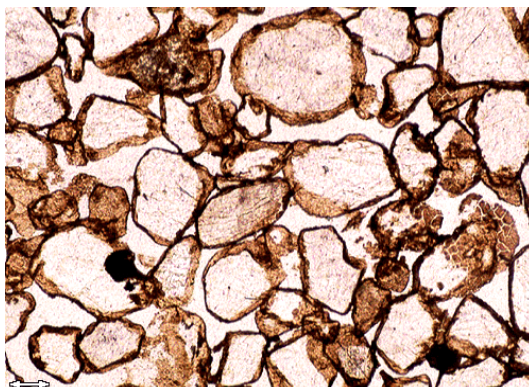
5.2 Vnitřní skladba půdního typu kryptopodzol

Kryptopodzoly jsou půdy se stratografií půdního profilu O (horizont nadložního humusu) — Ah (horizont humusový lesní) — Bvs (diagnostický horizont spodický rezivý) — C (vlastní půdotvorný substrát).

V důsledku silné perkolace vody a vymývání látek dochází u podzolů a kryptopodzolů k migraci organických a minerálních koloidů. Al a Fe migruje do B-horizontu ve formě organických komplexů, tzv. chelátů. V důsledku rozkladu organické hmoty dochází k uvolňování Al a Fe a k tvorbě amorfních komponent, které časem mohou krystalizovat. Z tohoto důvodu můžeme v B-horizontu podzosolů očekávat Fe a Al jak ve formě organických komplexů, tak ve formě amorfních nebo krystalických komponent (Breemen & Buurman, 2002:272).

Spodikový Bvs horizont kryptopodzolů se ale zásadně liší od klasického spodikového horizontu podzolů. Nejedná se totiž o klasický iluviální horizont, dochází zde pouze k iluviaci hliníku a jeho komplexů, nikoliv k migraci Fe či fulvokyselin jako u podzolů. Významným znakem jsou v Bvs horizontu zaoblené mikroagregáty o velikosti 0,05–0,30 mm, které představují prach, tmelený amorfními koloidy. Tato struktura propůjčuje horizontu velkou kyprost. Ve spodikovém horizontu byly zjištěny charakteristické opakní amorfní složky (Němeček et al., 1990:316).

Organická hmota v B-horizontu podzosolů je přítomna v monomorfní i v polymorfní formě. Polymorfní organická hmota je tvořena exkrementy mezofauny a je nejčastěji spojována s dekompozicí rostlinných zbytků. Monomorfní organická hmota představuje amorfní povlaky (obr. 4) kolem zrn písku a v pórech (Breemen & Buurman, 2002:257)

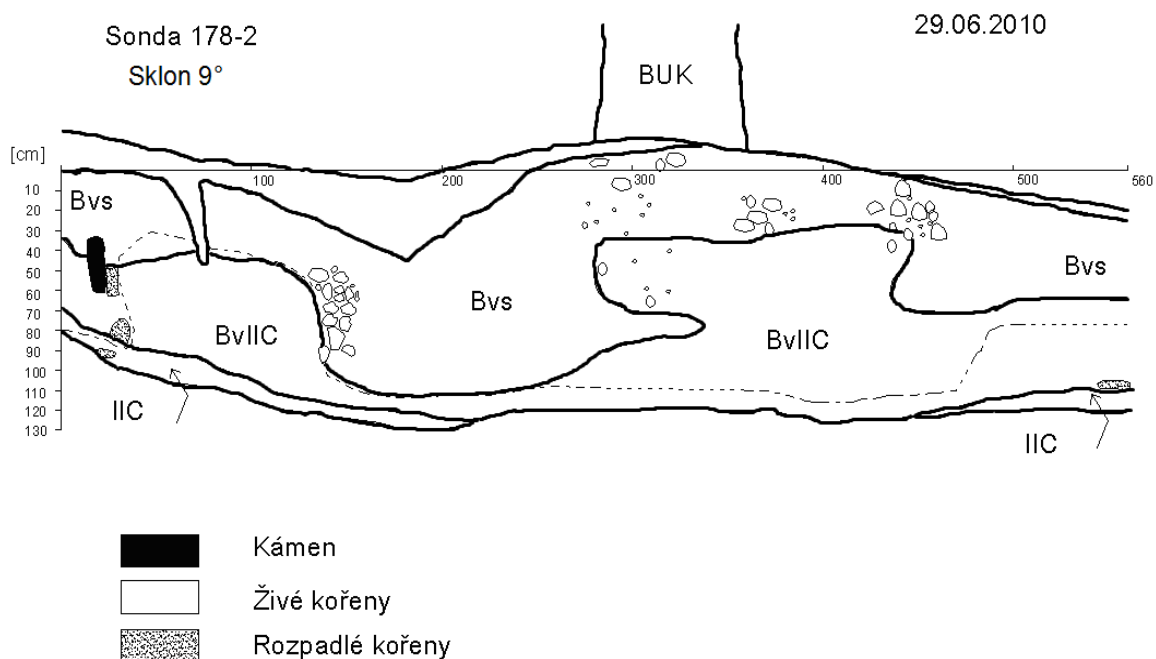


Obr. 4: Povlaky organické hmoty (University of Granada, edafologia.ugr.es).

6 MATERIÁL A METODIKA

6.1 Půdní výbrusy

Půdní vzorky byly odebrány na ploše NPR Žofinský prales dne 29. 6. 2010. Půdní sonda (obr. 5) dosáhla hloubky 130 cm a délky 550 cm. Půdní vzorky jednotlivých diagnostických horizontů byly následně použity na zhotovení půdních výbrusů.



Obr. 5: Půdní profil s vyznačením jednotlivých půdních horizontů.

Postup přípravy půdních výbrusů je obdobný jako v případě výbrusů hornin. Nezpevněný půdní materiál je ale nejprve třeba upevnit pryskyřicí mezi krycí a podložní sklíčko, popř. zrna umístit do kelímku a zalít roztokem rychle tuhnoucí pryskyřice. Po tomto dokonalém zpevnění dochází k další úpravě řezáním a leštěním.

Pro potřeby této práce je k dispozici celkem osm výbrusů, z toho čtyři výbrusy představují půdní materiál z disturbované lokality - deprese vývratu, a dále další čtyři představují půdní materiál odebraný z nedisturbované lokality - kontroly v blízkosti vývratu. Výbrusy reprezentují hloubky 5 cm, 15 cm, 30 cm a 50 cm.

6.2 Sběr dat

Stáří vývratu bylo na základě dendrochronologických metod a radiokarbonových analýz určeno na 604–665 A.D.

Byly provedeny chemické a fyzikálně chemické analýzy porušených půdních vzorků. K dispozici jsou půdní reakce aktivní i výměnná, obsah spalitelného uhlíku v půdě (C_{ox}), obsah uhlíku v huminových kyselinách (C-HK) a fulvinových kyselinách (C-FK), celkový obsah dusíku (N-total), poměr huminových kyselin a fulvinových kyselin (HK/FK), barevný kvocient (Q_{4/6}), kompletní zpracování sorpčního komplexu, speciace Al, Fe, Mn a Si, aj.

Chemické a fyzikálně chemické analýzy poskytl ke zpracování Ing. Pavel Šamonil, Ph.D. z Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. Kompletní data, tabulky a klasifikace jsou uvedeny v přílohách této práce. Jedním z cílů této práce je porovnání vybraných chemických a fyzikálně chemických analýz, konkrétně zrnitosti, výměnné půdní reakce pH/KCl,

obsahu humusu, celkového obsahu huminových látek C-CHL, poměru C_{HK}/C_{FK} , poměru C:N a obsahu výměnného Al a Fe (Al_{KCl} , Fe_{KCl}), s mikromorfologickými popisy.

7 VÝSLEDKY

7.1 Mikromorfologické popisy

Mikromorfologické popisy jednotlivých výbrusů se zaměřují na čtyři hlavní skupiny znaků. Sleduje se struktura půdy, přítomnost a charakteristika pórů, minerální a petrografické složení a popis organického materiálu. Zrnitostní složení je určeno z fyzikálních analýz na základě obsahu jílnatých částic (částice < 0,01 mm) dle Nováka (Novák & Hrubeš, 1932).

7.1.1 Popis půdních výbrusů – nedisturbovaná půda (kontrola)

KONTROLA, 0–5 cm (Příloha III, obr. 1)

Struktura: Převažuje slabě vyvinutá agregátová struktura s náznakem subangulárního tvaru, tvořená pórovitými drobtovitými agregáty.

Póry: Přítomny velké spojité makropóry, které jsou vyplněny jemnozrnným materiálem, stěny pórů jsou mnohdy potaženy povlaky amorfni organické hmoty.

Zrnitostní složení: Písčítá půda, zrnitostní třída písek (Příloha II, obr. 1)

Minerální a petrografické složení: Nalevo v horní části výbrusu se nachází velký úlomek hornin složený z křemene, K-živce a biotitu, v horní části výbrusu dále velké síťovitě rozpraskané zrno křemene, obecně zrna křemene dominují na celé ploše výbrusu. Z primárních minerálů tedy dominuje křemen, zastoupeny jsou K-živce (často alterované), méně hojné jsou plagioklasy a biotit.

Organický materiál: Velké množství organického materiálu. Časté úlomky kořenů vyšších rostlin a rostlinná pletiva s typickou buničitou strukturou. Hojný výskyt sklerotii hub. Organická hmota je často již částečně přeměněná. Vysoké zastoupení monomorfní organické hmoty, reprezentované difúzně rozptýlenou amorfni organickou hmotou, která často vytváří povlaky na stěnách pórů.

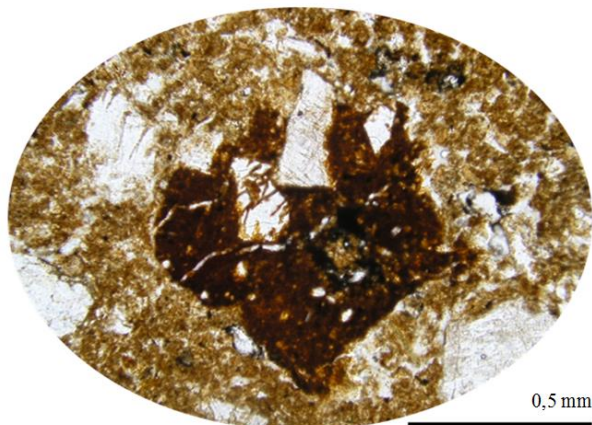
KONTROLA, 15 cm (Příloha III, obr. 2)

Struktura: Smíšená struktura. V horní části výbrusu převažuje struktura porfyrická – hrubší částice jsou včleněny do plazmy, tvořené jílovými částicemi a humifikovanými organickými koloidy. Spodní část výbrusu je charakteristická aglomeratickou strukturou, tvořenou drobnými zaoblenými mikroagregáty, které se často shlukují do větších agregátů nepravidelného tvaru. Přítomen ostře ohraničený půdní agregát odlišné barvy i struktury (obr. 6).

Póry: V horní části výbrusu jsou póry většinou vyplněny amorfni organickou hmotou. Ve spodní části výbrusu jsou volné póry kolem izolovaných uloženin drobných zaoblených mikroagregátů.

Zrnitostní složení: Písčítá půda, zrnitostní třída hlinitý písek (Příloha II, obr. 1).

Minerální a petrografické složení: Z primárních minerálů převažuje křemen. Hojně jsou K-živce a plagioklasy. Biotit není tak běžný, lištovité lupínky slíd se vyskytují sporadicky a přítomny jsou spíše



ve spodní části výbrusu. Přítomny jsou velké úlomky horniny (granit), složené zejména z křemene, K-živců a Mg-Fe slídy. Pozorovány oválné nodule hematitu, které uzavírají povlaky amorfnní organické hmoty s nahloučenými uzavřeninami jílových částic, popř. pouze duté nodule.

Obr. 6: Ostře ohraničený půdní agregát odlišné barvy i struktury.

Organický materiál: Organická hmota je v horní části výbrusu přítomna převážně jako úlomky kořenů vyšších rostlin. Častá sklerotia hub. Monomorfní organická hmota je reprezentovaná difúzně rozptýlenou amorfnní organickou hmotou, která často vyplňuje póry.

KONTROLA, 30 cm (Příloha III, obr. 3)

Struktura: Převažuje struktura aglomeratická, která je tvořena hrubšími zrny (křemen, plagioklas, biotit), v pórech mezi zrny jsou přítomny izolované uložení koagulované hmoty. Tyto izolované uložení tvoří zaoblené mikroagregáty (very fine granular structure – FitzPatrick, 1993: 125). Tyto mikroagregáty se často shlukují do větších agregátů nepravidelných tvarů.

Póry: Velké množství volných pórů, které obklopují komplexy drobných zaoblených mikroagregátů, větší volné póry jsou vyplněny jemnozrnným materiálem. Stěny makropórů jsou zejména v horní části výbrusu často potaženy povlaky amorfnní organické hmoty.

Zrnitostní složení: Písčítá půda, zrnitostní třída hlinitý písek (Příloha II, obr. 1).

Minerální a petrografické složení: Z primárních minerálů převažuje křemen. Zrna křemene jsou velkých rozměrů a na povrchu jsou síťovitě rozpraskaná. Méně hojně jsou plagioklasy, které vytvářejí drobná zrna, často alterovaná. Častý je biotit, který vytváří převážně drobné lištovité lupínky. Ve větších zrnech biotitu jsou někdy patrné uzavřeniny zirkonu. Přítomny jsou nodule hematitu, které uzavírají povlaky amorfnní organické hmoty s nahloučenými uzavřeninami jílových částic.

Organický materiál: Organická hmota je přítomna převážně jako difúzně rozptýlený amorfnní materiál, vyplňující póry. Ve středu výbrusu je přítomen nerozložený organický zbytek a dále kulovitý úlomek kořene s centrální částí vyplněnou koncentricky vysráženými uhlíky. Ojedinelá sklerotia.

KONTROLA, 50 cm (Příloha III, obr. 4)

Struktura: Náznakem slabě vyvinutá agregátová stavba, pedální elementy převážně subpolyedrického tvaru. Agregáty jsou tvořené minerálními zrny (křemen, plagioklas, alkalický živce a biotit) slepenými a stmelены jílovou půdní plazmou. Agregáty jeví porfyrickou stavbu – hrubší a zejména drobnější zrna minerálů jsou včleněna do jemnozrného materiálu jílové půdní plazmy. Prostory mezi agregáty jsou většinou vyplněny monomorfním organickým materiálem.

Póry: Převažují póry vyplněné zejména amorfni organickou hmotou, volné makropóry se vyskytují méně a jsou vyplněny jemnozrným materiálem.

Zrnitostní složení: Písčítá půda, zrnitostní třída hlinitý písek (Příloha II, obr. 1).

Minerální a petrografické složení: Hojně jsou plagioklasy, častý mikroklin s typickým polysyntetickým lamelováním, dále perthitický ortoklas. Plagioklasy tvoří často alterovaná rozpraskaná zrna (sericitizace), alkalické živce mají běžně navětralé okraje a jsou částečně alterované za vzniku jílových minerálů (kaolinitizace). Z primárních minerálů je dále hojný křemen, křemenná zrna jsou na povrchu síťovitě rozpraskaná (živce > křemen). Velmi časté jsou červenohnědě zbarvené lištovité lupínky biotitu. Akcesoricky se vyskytují drobná zrna zirkonu a epidot.

Organický materiál: V horní části výbrusu jsou přítomna částečně rozložená rostlinná pletiva s patrnými zbytky kořenů. Dále jsou některé póry mezi agregáty vyplněny monomorfní organickou hmotou.

7.1.2 Popis půdních výbrusů – disturbovaná půda (deprese vývratu)

DEPRESE, 0–5 cm (Příloha III, obr. 5)

Struktura: Převažuje dobře vyvinutá agregátová drobtovitá struktura, tvořená pórovitými agregáty.

Póry: Výrazná pórovitost, velké množství spojitých makropórů. Pórovitost zřetelně narůstá s hloubkou. Makropóry jsou vyplněny jemnozrným materiálem a organickými zbytky, v blízkosti organických zbytků velké množství koprogenních elementů půdního mezoedafonu.

Zrnitostní složení: Písčítá půda, zrnitostní třída písek (Příloha II, obr. 1).

Minerální a petrografické složení: Zastoupení minerálních zrn je nízké. Z primárních minerálů dominuje křemen, zastoupeny jsou K-živce (výrazně alterované), méně hojně jsou plagioklasy a biotit. Ve střední části výbrusu úlomek horniny, tvořený křemenem, K-živcem a biotitem. Časté jsou oválné nodule hematitu.

Organický materiál: Množství organického materiálu, reprezentovaného zejména polymorfní organickou hmotou. Časté zuhelnatělé dobře rozložené zbytky rostlin s typickou buničitou strukturou. Amorfni organická hmota se vyskytuje méně a tvoří nejčastěji povlaky na stěnách makropórů.

DEPRESE, 15 cm (Příloha III, obr. 6)

Struktura: Struktura drobtovitá, tvořená drobnými zaoblenými mikroagregáty drobtovitého tvaru. Stupeň tvorby mikroagregátů je vysoký.

Póry: Velké množství spojitých makropórů, které jsou vyplněny jílovými minerály, prachovitými částicemi nebo jsou v pórech přítomny koprogenní elementy. Stěny makropórů nejsou potaženy žádnými povlaky.

Zrnitostní složení: Písčítá půda, zrnitostní třída písek (Příloha II, obr. 1).

Minerální a petrografické složení: Velké množství úlomků hornin (granit), zejména v horní a spodní části výbrusu, tvořených křemenem, K-živcem (sericitizace mikroklinu), biotitem a méně plagioklasy. Z primárních minerálů dominují zrna křemene, na povrchu často síťovitě rozpraskaná, dále K-živce, hojně jsou drobné lupinkovité úlomky biotitu. V biotitu častá zrna zirkonu. Méně častá jsou drobná zrna plagioklasů.

Organický materiál: Menší množství organického materiálu. Organický materiál je reprezentovaný pouze drobnými, částečně rozloženými kořeny vyšších rostlin a sklerotii hub či sporadicky se vyskytující amorfni organickou hmotou.

DEPRESE, 30 cm (Příloha III, obr. 7)

Struktura: Smíšená struktura. V levé a zejména horní části výbrusu je patrná slabě vyvinutá agregátová struktura, tvořená pórovitými agregáty subpolyedrického tvaru. V pravé a spíše spodní části výbrusu je patrný náznak aglomeratické struktury, tvořené hrubšími zrny s izolovanými uloženinami koagulované masy v pórech mezi zrny.

Póry: Velké množství spojitých makropórů, které se táhnou často přes celou plochu výbrusu. Časté velké pórové komory – u spodního a horního okraje výbrusu. Pórovitost vysoká, velké množství pórů, které obklopují izolované mikroagregáty koagulované masy, samotné mikroagregáty jsou též výrazně pórovité.

Zrnitostní složení: Písčítá půda, zrnitostní třída hlinitý písek (Příloha II, obr. 1).

Minerální a petrografické složení: Z primárních minerálů dominuje křemen, dále přítomna větší zrna K-živců, často silně alterovaná. Méně hojně plagioklasy. Ze slíd hojný biotit. Méně hojně úlomky hornin (granit), tvořených zejména křemenem, K-živci a biotitem. Ve spodní pravé části výbrusu přítomen velký úlomek horniny, který je velmi silně rozvětralý – patrný je křemen a velké zrno biotitu a silně alterovaný K-živce.

Organický materiál: Velké množství koprogenních elementů půdního mezoedafonu, které jsou rozptýleny v půdních agregátech, vyplňují makropóry nebo obklopují rostlinné zbytky. Organická hmota, reprezentována zejména zbytky kořenů nebo jinými úlomky rostlin, se vyskytuje méně. Žádná sklerotia. Časté útvary difúzně rozptýlené amorfni organické hmoty.

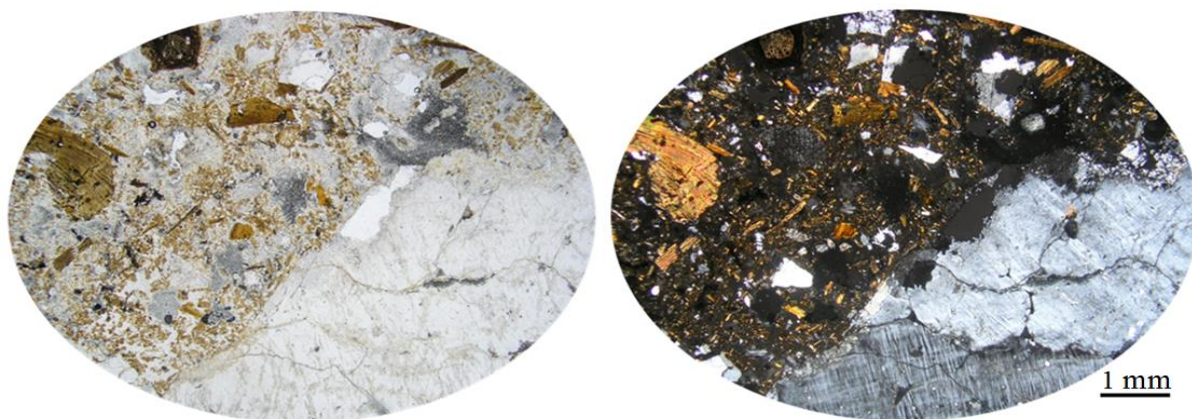
DEPRESE, 178-2, 50 cm (obr. 7)

Struktura: Velké množství drobných pórovitých mikroagregátů, které jsou nepravidelně rozmístěny a nepravidelného tvaru. Náznakem vytváří drobtovitou strukturu.

Póry: Vysoká pórovitost, velké množství pórových komor, vyplněných buď jemnozrnným materiálem nebo koprogenními elementy. Velké množství drobných spojitých póru mezi půdními agregáty.

Zrnitostní složení: Písčítá půda, zrnitostní třída hlinitý písek (Příloha II, obr. 1).

Minerální a petrografické složení: Celou spodní pravou část výbrusu zaujímá velký úlomek horniny, složený po okrajích z křemene, dále z biotitu (patrná chloritizace, zrnka zirkonu) a z velkého zrna alterovaného K-živce s uvnitř izolovanými zrny biotitu. Úlomky hornin jsou běžné na celé ploše výbrusu a jsou tvořeny zejména křemenem, K-živci, biotitem či plagioklasy. Z primárních minerálů dominuje křemen, který tvoří velká, síťovitě rozpraskaná zrna, dále zrna K-živců a lupínkovité úlomky biotitu.



Obr. 7: Výbrus 50 cm, v pravém spodním rohu patrný velký úlomek horniny, složený z křemene, K-živce a biotitu.

Organický materiál: Organický materiál je reprezentovaný zejména amorfni organickou hmotou. Organická hmota nevytváří povlaky. Ve spodní části výbrusu částečně rozložené sklerotium. Časté koprogenní elementy, které jsou buď volně rozptýleny v pórech, nebo tvoří shluky či řetízky. Zajímavý je útvar zhruba uprostřed výbrusu – jeví se jako dříve popsané nodule hematitu, uvnitř jsou ale vyplněny shluky koprogenních elementů a rozptýlenými jílovými částicemi, kolem konkrce jsou koncentricky uspořádané jílové částice.

7.2 Chemické a fyzikálně chemické analýzy

Data jsou vypočtena pro jednotlivé půdní horizonty. U disturbované půdy se jedná o horizonty: Ah (0–10 cm), Ahe (15 cm), Bvs (30 cm), Bvs (50 cm) a IIC (100 cm). U nedisturbované půdy jsou to následující horizonty: Ah (0–10 cm), AhBvs (15 cm), Bvs (50 cm) a (Bv)IIC (100 cm).

Vzhledem k tomu, že k mikromorfologickému pozorování nejsou k dispozici výbrusy nejnižší ležících horizontů IIC a (Bv)IIC, interpretace vzájemného vztahu výsledků analýz a výsledků mikromorfologického pozorování těchto horizontů nebude v rámci práce provedena.

Zrnitost

Z výsledků zrnitostních rozborů vyplývá (Příloha II, tab. 1), že největší podíl v textuře půdy disturbované i nedisturbované má písčité frakce se zrny o průměru 0,1–2,0 mm. U disturbované půdy je obsah písčité frakce průměrně pro celý půdní profil 74,1 %, u nedisturbované půdy je to 72,9 %. V případě disturbované půdy vykazuje největší podíl této zrnitostní frakce horizont Ah (84 % písku) a horizont IIC (82 % písku), u nedisturbované půdy horizont (Bv)IIC (83 % písku) a horizont BvC (74 % písku).

Dle obsahu jílnatých částic (částice o průměru < 0,01 mm), který se u obou půd pohybuje pod 10 %, byly půdy vyhodnoceny jako půdy lehké, písčité. Texturní složení sledovaných půd zobrazují zrnitostní křivky a trojúhelníkový diagram, podle kterého spadají půdy do zrnitostních tříd písek nebo hlinitý písek (Příloha II, obr. 1). Použitá klasifikace zemin na základě zrnitostního složení je uvedena v příloze této práce (Příloha II, tab. 2).

Výměnná půdní reakce pH/KCl

Výměnná půdní reakce pH/KCl se u obou sledovaných půd pohybovala pod hodnotou 4,5. Půdy s touto reakcí označujeme jako silně kyselé. U disturbované půdy bylo průměrné pH/KCl v celém profilu 3,54, u nedisturbované půdy 3,85.

U obou lokalit rostlo pH s hloubkou. U disturbované lokality dosahovalo ve svrchním horizontu Ah hodnoty 2,83, u nedisturbované lokality byla v nejsvrchnějším horizontu Ah naměřena hodnota 3,23. U disturbované půdy byla nejvyšší hodnota pH v horizontu IIC 4,07, u nedisturbované půdy v horizontu (Bv)IIC 4,16.

Obsah humusu, celkový obsah huminových látek (C-CHL, tj. C-HK+C-FK), poměr C_{HK}/C_{FK} (huminových kyselin/fulvokyselin), poměr C:N

Pro potřeby klasifikace je obsah oxidovatelného uhlíku Cox přepočten vynásobením koeficientem 1,724. Takto získáme procentuální obsah humusu.

Průměrný obsah humusu byl u disturbované lokality 12,35 %, u nedisturbované lokality 6,19 %. V obou případech se tedy jedná o velmi vysoký obsah humusu (> 5 %). Obsah humusu u obou lokalit klesá s narůstající hloubkou. U disturbované lokality dosahuje v nejsvrchnějším horizontu Ah hodnoty 35 %, u nedisturbované poté 12,93 %.

Kvalita humusu, která je dána poměrem uhlíku huminových kyselin a fulvinových kyselin C_{HK}/C_{FK} , je naopak u obou sledovaných lokalit velmi nízká. Kromě svrchního horizontu disturbované půdy Ah, kde poměr C_{HK}/C_{FK} dosahuje hodnoty 1,44 (fulvátně-humátní typ humusu) a svrchního horizontu nedisturbované půdy Ah, kde poměr C_{HK}/C_{FK} dosahuje hodnoty 0,86 (humátně-fulváttní typ humusu), je tento poměr vždy méně než 0,5 (fulváttní typ humusu).

Celkový obsah huminových látek C-CHL, tj. součet obsahu HK+FK, je nejvyšší v povrchových horizontech. U disturbované půdy je to v případě Ah horizontu 5,71 %, přičemž průměrná hodnota C-CHL v celém profilu je 1,97 %. U nedisturbované půdy je C-CHL v Ah horizontu 2,86 %, průměr v celém profilu je nižší než v předchozím případě, a to 1,34 %.

Poměr C:N se u disturbované půdy pohybuje průměrně kolem hodnoty 20:1, u nedisturbované půdy 13,5:1. Nejužší poměr C:N byl zjištěn v Ah horizontu nedisturbované půdy (6,7:1), nejširší poté u Ahe horizontu disturbované půdy (24,3:1).

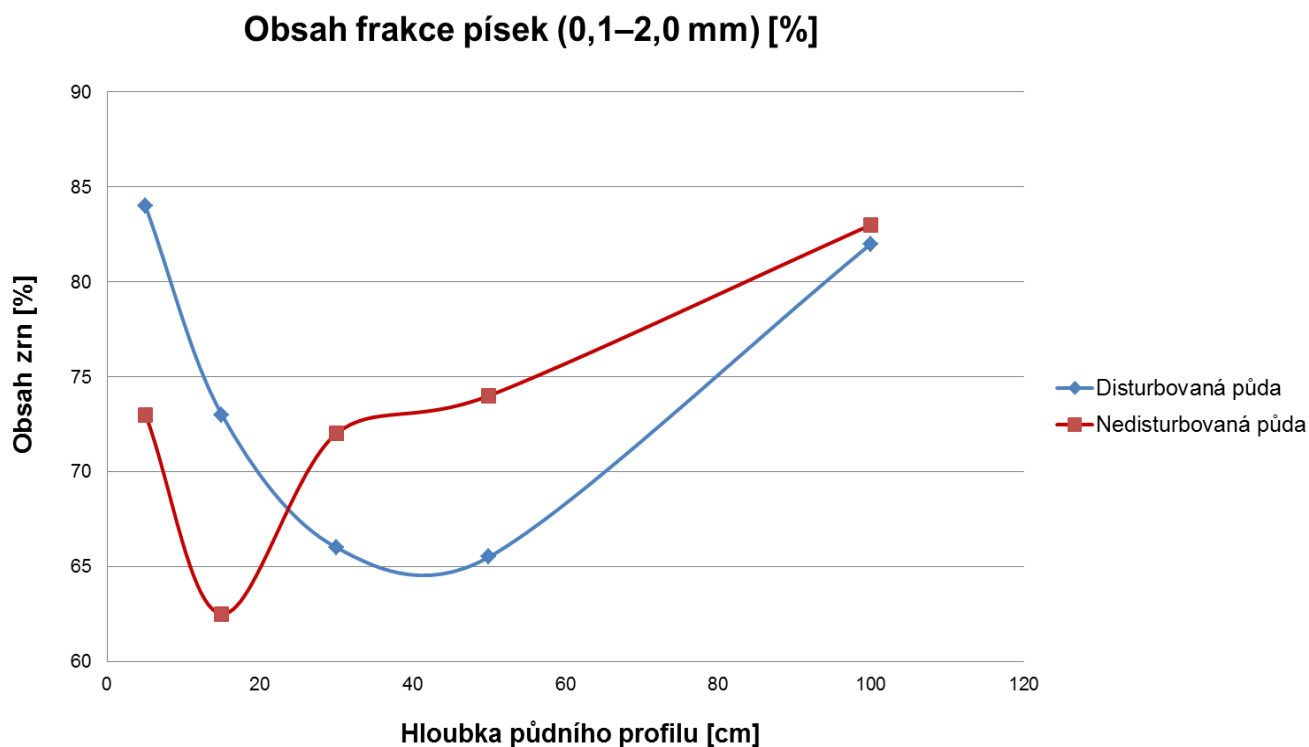
Obsah výměnného Al a Fe (AlKCl, FeKCl)

Obsah výměnného Al je u disturbované půdy v průměru 611,4 mg/kg. Výrazně nejvyšší hodnoty dosahuje v hloubce 15 cm (1068,80 mg/kg) a 30 cm (837,40 mg/kg). Průměrný obsah výměnného Fe je 83,88 mg/kg, přičemž nejvyšší množství je přítomno v hloubce 15 cm (201,45 mg/kg). U nedisturbované půdy je obsah výměnného Al v průměru 486,70 mg/kg, nejvyšší hodnota byla naměřena v povrchovém Ah horizontu (700,40 mg/kg). Průměrný obsah výměnného Fe je 59,07 mg/kg, nejvyšší množství je přítomno v povrchovém Ah horizontu (258,15 mg/kg).

8 DISKUSE

Zrnitost

Největší podíl v textuře půdy disturbované i nedisturbované zaujímá písčité frakce se zrny o průměru 0,1–2,0 mm. Ta představuje nejhrubozrnější frakci a její podíl by tedy měl s ohledem na geologickou charakteristiku lokality narůstat s hloubkou. Toto je patrné u nedisturbované půdy (s výjimkou drobné odchylky ve svrchním Ah horizontu), kde obsah písčité frakce roste s hloubkou. Naproti tomu u půdy disturbované tato souvislost neplatí, zřejmě z důvodu promíchání půdního materiálu vlivem vývratu stromu (obr. 8).



Obr. 8: Relativní podíl frakce písek (0,1–2 mm) v závislosti na hloubce půdního profilu.

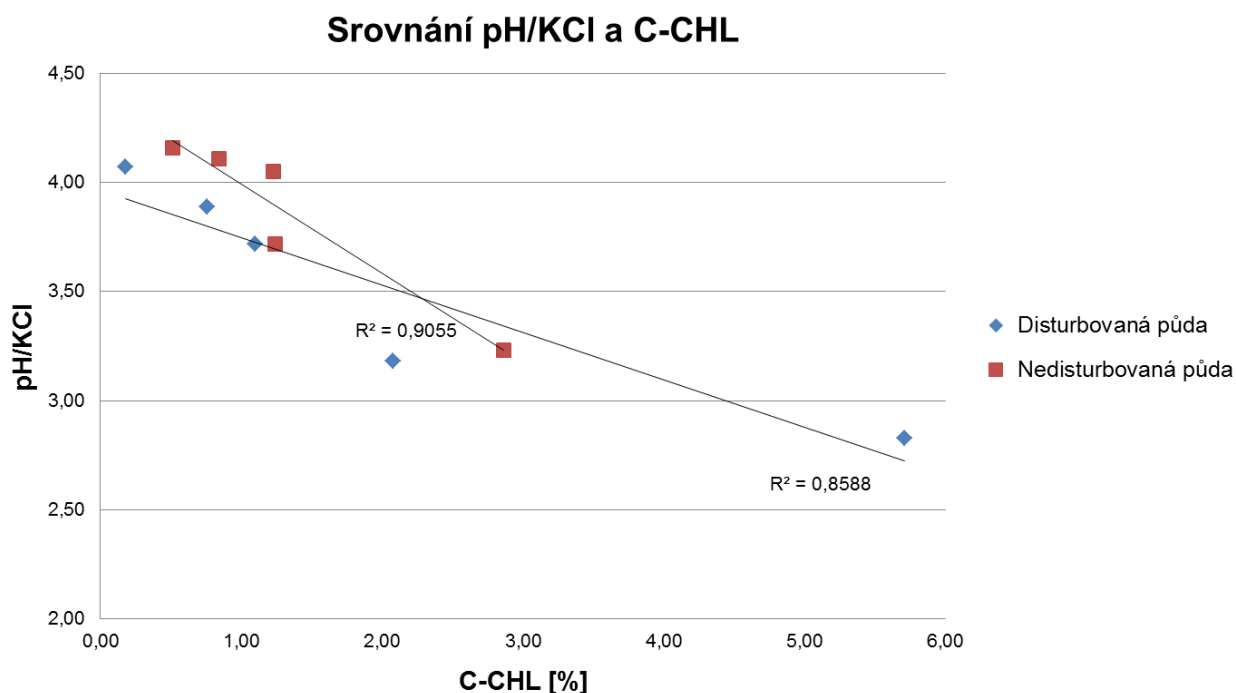
Výměnná půdní reakce pH/KCl

Z hlediska výměnné půdní reakce označujeme obě sledované půdy jako silně kyselé ($\text{pH} < 4,5$). U disturbované půdy bylo průměrné pH/KCl v celém profilu 3,54, u nedisturbované půdy poté 3,85.

Zvýšená acidifikace půd se projevuje mimo jiné právě sníženou kvalitou humusu - nárůstem obsahu FK vůči HK (Richter & Hlušek, 2003: 32). Tato zákonitost se u sledovaných půd neobjevila. Nejnižší hodnotě pH/KCl 2,83 (Ah horizont disturbované půdy) paradoxně odpovídá nejvyšší poměr $C_{\text{HK}}/C_{\text{FK}}$ 1,44 %, tedy fulvátně-humátní typ humusu.

Hodnotu pH může snižovat přítomnost huminových látek, a to zejména fulvokyselin, jejichž vodní roztoky jsou silně kyselé - pH 2,6–2,8 (Jandák et al., 2001: 39). Chemické analýzy ukazují zřejmou korelaci mezi obsahem huminových látek C-CHL a hodnotou pH/KCl (obr. 9), zejména v povrchových horizontech, kde nejnižším hodnotám pH odpovídají nejvyšší obsahy C-CHL.

Acidita půd souvisí se zvýšeným výskytem výměnných iontů H^+ a Al^{3+} a v menší míře také iontů Fe^{3+} v kyselejších půdách (Šimek, 2003: 132). Při hodnotě $\text{pH} < 4,7$ převládá Al ve formě Al^{3+} (Sparks, 2002: 272), čemuž odpovídají i výsledky chemických analýz.



Obr. 9: Srovnání pH/KCl a C-CHL disturbované a nedisturbované půdy

Obsah humusu, celkový obsah huminových látek C-CHL, poměr C_{HK}/C_{FK} (huminových kyselin/fulvokyselin), poměr C:N

Zájmové lokality jsou charakteristické velmi vysokým obsahem humusu (> 5 %). Při srovnání obou sledovaných půd (Příloha II, obr. 3) je patrné, že disturbovaná lokalita se vyznačuje vyšším obsahem humusu a to zejména ve svrchních dvou horizontech – u horizontu Ah je oproti nedisturbované půdě obsah humusu vyšší o 22,07 %, u níže ležícího horizontu Ahe je vyšší o 6,79 %.

Kvalita humusu, která je dána poměrem uhlíku huminových kyselin a fulvinových kyselin C_{HK}/C_{FK} , je naopak u obou sledovaných lokalit s výjimkou Ah horizontu disturbované půdy velmi nízká (Příloha II, tab. 5). Tato skutečnost by mohla poukazovat na to, že i přes vysoký obsah humusu jsou sledované půdy málo humifikované, s čerstvým přísunem organických látek a typ humusu je tak z hlediska stálosti v půdě nekvalitní.

Poměr C:N je výrazně užší u nedisturbované půdy (příloha II, tab. 6.), relativní zastoupení dusíku je tedy nižší u půdy disturbované. Protože v průběhu rozkladu organických látek klesá poměr C:N - u zhumifikované organické hmoty je tento poměr nejčastěji 10–12:1 (Šimek, 2003: 121), můžeme u nedisturbované půdy usuzovat na pokročilejší stupeň humifikace.

Obsah výměnného Al a Fe (AlKCl, FeKCl)

Obsah AlKCl a FeKCl je využitelný z hlediska doložení přítomnosti a posouzení vlastností spodikového Bvs horizontu kryptopodzolů.

Přítomnost spodikového horizontu je patrná mikromorfologicky zejména u nedisturbované půdy. Jedná se o horizonty AhBvs (15 cm) a Bvs (30 cm), pro které je typická přítomnost nodulí

hematitu a větší kyprost, podmíněná tvorbou zaoblených mikroagregátů. Zajímavé je, že chemické analýzy dokládají na základě výrazného nárůstu koncentrace Al a Fe přítomnost spodikového horizontu naopak u půdy disturbované (Příloha II, obr. 6).

Shrnutí 0-5 cm:

U kontroly je výrazně menší pórovitost, struktura tvořena agregáty s náznakem subangulárního tvaru. U kontroly jsou stěny póru potaženy povlaky amorfnní organické hmoty, což u deprese není vůbec patrné. Organická hmota se jeví ve vyšším stádiu rozkladu, čemuž odpovídají i chemické analýzy, konkrétně poměr C:N (Příloha II, tab. 6).

Chemické analýzy dále poukazují na výrazně vyšší obsah humusu u disturbované lokality. To je doloženo i mikromorfologicky. pH je vyšší u nedisturbované lokality, což koreluje s nižším C-CHL.

Shrnutí 15 cm:

U kontroly je výrazně menší pórovitost, převažuje porfyrická struktura, tvořena hrubšími částicemi minerálních zrn a úlomků hornin, včleněných do plazmy. U deprese je pórovitost výrazně větší, struktura je drobtovitá. U kontroly jsou drobné póry často vyplněny amorfnní organickou hmotou. U kontroly je organická hmota reprezentována zejména polymorfnní organickou hmotou. Co se mineralogického složení týče, u deprese je výrazně vyšší zastoupení biotitu, který je přítomen ve formě drobných lupínkovitých úlomků hojně v půdní plazmě. U kontroly je půdní plazma více homogenní, minerální zrnka jsou velmi drobná a většinou již silně alterovaná.

Chemické analýzy poukazují na výrazně vyšší obsah humusu u disturbované lokality (celkem o 6,79 %), čemuž odpovídají i mikromorfologická pozorování. Z chemických analýz je dále patrná nižší hodnota pH u disturbované půdy. Ve spodní části kontrolního výbrusu byly mikromorfologickým pozorováním doloženy typické znaky spodikového Bvs horizontu – kromě barvy to je především, oproti ostatním horizontům, značná kyprost, podmíněná tvorbou zaoblených mikroagregátů.

Shrnutí 30 cm:

U kontroly převažuje poměrně dobře vyvinutá aglomeratická struktura, tvořená drobnými zaoblenými mikroagregáty v pórech mezi zrny. U deprese je aglomeratická struktura vyvinuta jen částečně, naopak je zde slabě vyvinutá agregátová struktura s agregáty subpolyedrického tvaru. U kontroly je velké množství neprůběžných pórů, které obklopují drobné zaoblené mikroagregáty. U deprese jsou přítomny velké spojitě makropóry, které se často táhnou přes celou šířku výbrusu, časté komory (chamber). Z hlediska mineralogického a petrografického složení je u kontroly v horní části výbrusu větší množství velkých zrn minerálů a úlomků hornin, směrem dolů již tento rozdíl není tak patrný. U kontroly zaujímají zrna minerálů a úlomky hornin obecně větší plochu. Nodule hematitu, které uzavírají povlaky amorfnní organické hmoty s nahloučenými uzavřeninami jílových částic, jsou

přítomny pouze u kontroly. U obou lokalit je výrazné zastoupení amorfnní organické hmoty – u nedisturbované půdy je reprezentována zejména povlaky na stěnách pórů, u disturbované půdy je difúzně rozptýlená v s-matrix.

Pokud porovnáme obě lokality, je z hlediska jak mikromorfologického pozorování, tak fyzikálních i chemických analýz doložitelný zejména obsah organické hmoty, který je vyšší u disturbované lokality. I když pórovitost je poměrně vysoká u výbrusů obou půd, pro disturbovanou půdu jsou typické dlouhé spojité makropóry, které jsou zřejmě výsledkem činnosti půdní mezofauny. U nedisturbované lokality obklopují póry půdní mikroagregáty a souvisí spíše s pokročilejším vývojem struktury půdy.

Mikromorfologickým pozorováním doložená dobře vyvinutá aglomeratická struktura, tvořená zaoblenými mikroagregáty, představuje hlavní diagnostický znak spodického Bvs horizontu kryptopodzolů.

Shrnutí 50 cm:

Při porovnání kontroly a deprese je patrná rozdílná struktura – u disturbované půdy je vyšší pórovitost, náznak až drobtovité struktury, naproti tomu u kontroly je struktura porfyrická a pórovitost výrazně nižší. Minerální a petrografické složení je obdobné co do zastoupení minerálů či úlomků hornin, nicméně u disturbované lokality jsou přítomny úlomky hornin značných rozměrů, zaujímající téměř polovinu celé plochy výbrusu. U kontrolní půdy jsou častá alterovaná rozpraskaná zrna K-živců. Organická hmota je ve větším množství a více formách přítomna u disturbované půdy – koprogenní elementy, difúzně rozptýlená amorfnní organická hmota, sklerotia, zbytky rostlinných pletiv. Všechny výše zmiňované skutečnosti poukazují u disturbované půdy na vysoký stupeň pedoturbace a biologické aktivity.

Mikromorfologickým výsledkům odpovídají i chemické a fyzikálně chemické analýzy. Průměrný obsah humusu byl u disturbované lokality naměřen v 50 cm hloubky 4,28 %, u nedisturbované lokality 3,26 %, což je doloženo mikromorfologicky zřetelně vyšším obsahem organické hmoty u výbrusu disturbované půdy. Vzhledem k vysoké pórovitosti disturbované půdy v kombinaci s vyšším obsahem organické hmoty s důrazem na přítomnost koprogenních elementů, můžeme u této lokality usuzovat na vyšší biologické oživení. S vyšším biologickým oživením roste i obsah CO₂ v půdním vzduchu a tím klesá pH půdy (Jandák et al., 2001: 39). U disturbované půdy je pH/KCl 3,89, u nedisturbované lokality 4,11, což odpovídá výše zmíněnému předpokladu. Tato spojitost je ovšem značně diskutabilní a není podložena měřeními. Proto je vhodnější snižující se hodnotu pH/KCl označit za projev vyššího obsahu C-CHL, tedy okyselujícího účinku huminových látek, zejména fulvokyselin.

9 ZÁVĚR

Práce přinesla tyto nejdůležitější závěry:

- Na základě zrnitostního složení řadíme sledované půdy k půdnímu druhu písčité půdy, do zrnitostní třídy písek či hlinitý písek. Největší podíl v textuře půdy disturbované i nedisturbované představuje písčítá frakce se zrný o průměru 0,1–2,0 mm.
- Obsah písčité frakce je silně proměnlivý v jednotlivých horizontech disturbované půdy, na rozdíl od půdy nedisturbované, kde, až na drobnou odchylku ve svrchním Ah horizontu, obsah písčité frakce roste s hloubkou. V případě disturbované půdy je toto s největší pravděpodobností zapříčiněno promícháním půdního profilu při vývratu stromu, u nedisturbované půdy je tento nárůst hrubozrnnosti s hloubkou podmíněn charakterem matečné horniny.
- Hodnota pH je u disturbované lokality ve všech hloubkách nižší, než je tomu v případě nedisturbované lokality. Nižším hodnotám pH odpovídají vyšší hodnoty C-CHL, acidifikace může být tedy způsobena přirozeně, a to okyselujícím účinkem organických kyselin, zejména fulvokyselin.
- Obě lokality se vyznačují v průměru velmi vysokým obsahem humusu (> 5 %) a nízkou kvalitou humusu s převahou fulvátní složky, což je u lesních půd typu podzolů běžné. Dle obsahu C:N odpovídá vyššímu stadiu humifikace organická hmota půdy nedisturbované.
- O obsahu organické hmoty dobře vypovídají právě mikromorfologická pozorování, která potvrzují chemické analýzy a navíc vhodně dokreslují představu o povaze organické hmoty a stupni jejího rozkladu.
- Co se struktury půdy týče, u nedisturbované lokality kryptopodzolu byly ve spodní části výbrusu z hloubky 15 cm a dále ve hloubce 30 cm mikromorfologickým pozorováním doloženy typické znaky spodikového Bvs horizontu – kromě barvy to byla především oproti ostatním horizontům značná kyprost, podmíněná tvorbou zaoblených mikroagregátů. U disturbované lokality nebyla žádná podobná změna struktury zjištěna. Přítomnost spodikového horizontu dále dokládaly u nedisturbované půdy časté nodule hematitu.

PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- Albrecht, J. – Albrechtová, A. – Beran, M. – Kotlaba, F. – Pykal, J. (2003): Českobudějovicko. — In: Mackovčín, P. & Sedláček, M. (eds): Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, 203-205, Praha
- Breemen, N. – Buurman, P. (2002): Soil Formation. — Kluwer Academic Pub. 2nd ed. Dordrecht.
- Culek, M. (1995): Biogeografické členění České republiky. — Enigma. Praha.
- Fitzpatrick, E. A. (1993): Soil Microscopy and Micromorphology. — John Wiley and Sons. New York.
- Gobat, J. – Aragno, M. – Matthey, W. (2004): The Living Soil - Fundamentals of Soil Science and Soil Biology. Science Pub. Inc. Enfield.
- Chlupáč, I. – Brzobohatý, R. – Kovanda, J. – Stráník, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. — Academia. Praha.
- Chábera, S. (1972): Stručný nástin geomorfologického vývoje a geologické stavby Novohradských hor. — In: Chábera, S. (ed.): Přírodní poměry Novohradských hor a jejich podhůří. Rozpravy Pedagogické fakulty v Českých Budějovicích. Řada přírodních věd - 10, 62 – 66. České Budějovice.
- Jandák, J. – Prax, A. – Pokorný, E. (2001): Půdoznalství. — Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno.
- Kubišna, W. L. (1938): Elementary Fabric. — In: Stoops, G. & Eswaran, H. (eds): Soil micromorphology, 47-74. New York.
- Němeček, J. - Kutílek, M. - Smolíková, L. (1990): Pedologie a paleopedologie. — Academia. Praha.
- Novák, V. - Hrubeš, P. (1932): Příručka k praktickým cvičením z půdoznalství. — Spolek posluchačů zemědělského inženýrství na vysoké škole zemědělské. Brno.
- Richter, R. – Hlušek, J. (2003): Půdní úrodnost. — Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha.
- Sáňka, M. – Materna, J. (2004): Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. — MŽP. Praha.
- Smolíková, L. (1982): Pedologie - I. — Státní pedagogické nakladatelství. Praha.
- Sparks, D. L. (2002): Environmental Soil Chemistry. — Academic Press. 2nd ed. University of Delaware.
- Stoops, G. – Eswaran, H. (1986): Soil micromorphology. — Van Nostrand Reinhold Company Inc. New York.
- Šimek, M. (2003): Základy nauky o půdě – 1.neživé složky půdy. — Biologická fakulta JU. České Budějovice.

Šamonil, P. – Král, K. - Hort L. (2010): The role of tree uprooting in soil formation: a critical literature review. — *Geoderma*, **157**, 65–79. Amsterdam.

Šamonil, P. - Šebková, B. – Tejnecký, V. - Borůvka, L. - Janík, D. – Šebek, O. (2010b): The role of tree uprooting in Cambisol development. — *Geoderma*, 159, 83–98. Amsterdam

Vopravil, J. & Khel, T. (2008): Kryptopodzol – seriál: půdní typy České republiky. — *Úroda*, **LVI**, 11, 69. Praha.

Internetové zdroje

Česká geologická služba (2011): Mapová aplikace. —

http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50zj&y=744525&x=1201002&r=3500&s=1&legselect=0 [staženo 16. 11. 2011]

University of Granada (2011): Department of Pedology. — <http://edafologia.ugr.es/english/index.htm> [staženo 16. 11. 2011]

Ulanova, N. G. (2000): The effects of windthrow on forests at different spatial scales – a review. — <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112700003078> [staženo 15. 11. 2011]