

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA GEOLOGIE



**BAREVNÉ MODELY A POUŽITÍ
KOLORIMETRICKÝCH PARAMETRŮ
V PŮDNÍCH PROFILECH**

bakalářská práce

Veronika Veselská

Environmentální geologie (B1201)

prezenční studium

vedoucí práce: prof. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.

červenec 2015

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně, za použití citované literatury a zdrojů.

V Olomouci dne 7. července 2015

Poděkování

Děkuji prof. Mgr. Ondřeji Bábkovi, Dr. za odborné vedení bakalářské práce a také za poskytnutí potřebných informací k danému tématu. Dále chci poděkovat Ing. Josefu Kučerovi za pomoc v terénu. Poděkování také patří prof. Dr. Ing. Bořivoji Šarapatkovi, CSc. za poskytnutí odborných informací a v neposlední řadě moji rodině za podporu při studiu.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Veronika Veselská

Název práce: Barevné modely a použití kolorimetrických parametrů v půdních profilech

Typ práce: bakalářská

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geologie

Vedoucí práce: prof. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.

Rok obhajoby práce: 2015

Abstrakt: V rešeršní části bakalářské práce jsou popsány jednotlivé půdní typy a barevné modely. V terénní části byly naměřeny hodnoty magnetické susceptibility, barevných parametrů a prvkové geochemie ze 4 půdních profilů (celkem 80 vzorků). Z měření byly zjištěny vzájemné korelace mezi hodnotami magnetické susceptibility, kolorimetrických parametrů a koncentrací vybraných prvků. Výsledky ukazují, že jednotlivé půdní typy hnědozemě, černozemě, luvizoly a kambizemě se chovají různě. V půdách byla zjištěna antropogenní kontaminace olovem (u hnědozemí zasahuje obohacení olovem do hloubky 40 cm, zatímco u dalších půdních profilů je obohacení olovem do 30 cm).

Klíčová slova: půdy, magnetická susceptibilita, kolorimetrické parametry, prvková geochemie

Počet stran: 51

Počet příloh: 0

Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Veronika Veselská

Title: Colour models and using colorimetric parameters in soil profiles

Type of thesis: bachelor

Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology

Supervisor: prof. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.

The year of presentation: 2015

Abstract: In the review part of the thesis, different soil types and colour models are described. In the field and laboratory work part, values of the magnetic susceptibility, colour parameters and element geochemistry of four soil profiles (total 80 samples) were measured. From the measurements we have found a cross-correlation between magnetic susceptibility, colorimetric parameters and concentrations of selected elements. The results suggest that particular soil types, brunisols, chernozems, luvisols and cambisols, behave in differently ways. We have found anthropogenic lead contamination in the soils (lead enrichment was traced to a depth of 40 centimeters in brunisols, while in other soil to the depth of 30 centimeters).

Keywords: soils, magnetic susceptibility, colorimetric parameters, elementary geochemistry

Number of pages: 51

Number of appendices: 0

Language: Czech

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Geologie a geomorfologie studovaných oblastí.....	8
2. 1. Geografická charakteristika území.....	9
3. Geologická charakteristika území.....	9
3. 1. Vymezení studované oblasti a regionálně-geologické začlenění.....	9
3. 2. Stručná geologická charakteristika Jeseníku.....	9
3. 3. Karpatská předhlubeň.....	11
3. 4. Pliocén a kvartér hornomoravského úvalu.....	14
3. 5. Tektonická charakteristika území.....	16
3. 6. Půdní charakteristika území.....	16
4. Klasifikační systémy půd v ČR.....	18
4. 1. Taxonomický klasifikační systém půd ČR.....	18
5. Základní přehled půdních typů a jejich regionalizace.....	19
5. 1. Zařazení dle Klasifikačního systému půd ČR.....	19
5. 1. 1. Referenční třída- Černosoly.....	19
5. 1. 2. Referenční třída- Luvisoly.....	20
5. 1. 3. Referenční třída- Kambisoly.....	22
6. Barva půdy.....	23
6. 1. Barevné modely.....	24
6. 1. 1. Systém RGB.....	24
6. 1. 2. Model CIE XYZ.....	25
6. 1. 3. Model L*a*b* (CIELAB).....	26
7. Mineralogické aplikace barev v kolorimetrii.....	27
7. 1. Spektrální křivky ve viditelném světle.....	27
7. 2. Identifikace minerálů podle absorpčních pásem.....	27
8. Metodika práce.....	29
9. Výsledky.....	30
9. 1. Lokalita č. 1: Přáslavice.....	30
9. 2. Lokalita č. 2: Příkazy.....	39
10. Diskuze.....	42
10. 1. Geochemie půd.....	42
10. 2. Srovnání kolorimetrických paramterů a prvkového, geochemického složení půd.....	43
10. 3. Srovnání magnetické susceptibility s prvkovým složením jednotlivých půdních profilů.....	46
11. Závěr.....	48

1. Úvod

Bakalářská práce na téma „Barevné modely a použití kolorimetrických parametrů v půdních profilech“ má za cíl seznámit se s metodami kvantitativního (objektivního) měření barev v půdách a dále seznámit se principy měření spektrální fotometrie vybraných vzorků a jejich znázornění v barevných prostorech (např. Munsellova škála, CIE $L^*a^*b^*$, CIE $L^*C^*H^*$, RGB - digitální intenzita červené, zelené a modré složky).

Praktickým významem této bakalářské práce je, že díky vzájemné korelaci se jednotlivé půdy chovají odlišně. Výsledkem je pak porovnání jednotlivých půdních profilů z hlediska magnetické susceptibility, kolorimetrického parametru CIE a^* a obsahu Fe. Kolorimetrické a další kvantitativní parametry půd jsou porovnány s barevným označením půdy u jednotlivých půdních horizontů pomocí Munsellových barevných tabulek.

2. Geologie a geomorfologie studovaných území

2. 1. Geografická charakteristika území

V bakalářské práci byly studovány celkem 4 půdní profily lokalizované v okolí obcí Příkazy a Přáslavice, které se nachází v okolí Olomouce na střední Moravě. Studovanou oblast Příkazy řadíme podle geomorfologického členění k provincii Západní Karpaty, subprovincie Vněkarpatské sníženiny, celku Hornomoravský úval. Oblast Přáslavice řadíme podle geomorfologického členění k provincii Česká vysočina, subprovincii Krkonoško-jesenická soustava, celku Nízký Jeseník (Demek et al. 1987).

Vněkarpatské sníženiny tvoří pruh ve směru JZ-SV, které odděluje pahorkatiny a vrchoviny České vysočiny od Vnějších Karpat. Začíná od JZ Dyjsko-svrateckým úvalem, který přechází přes Vyškovskou bránu do Hornomoravského úvalu, dále jz. u Přerova plynule přechází do Moravské brány a na sv. přechází do Ostravské pánve (Demek 1965). Hornomoravský úval má rozlohu 1315 km² (Demek et al. 1987). Jedná se o širokou protáhlou sníženinu ve směru SSZ-JJV (Demek 1965) o střední nadmořské výšce 225,8 m n. m., která je vyplněná neogenními a kvartérními sedimenty. Střední sklon svahů činí 0°-54'. Nejvyšším bodem je kóta 345 m n. m. na Uničovské plošině. Krajina se využívá převážně jako orné pole, v nivách jsou lužní lesy. Osu sníženiny tvoří několik km široká niva řeky Moravy (Demek et al. 1987).

Příkazy patří do oblasti teplé, mírně vlhké s mírnou zimou. Počet dnů se sněhovou pokrývkou je 40-50. Rozsahy teplot: průměrná teplota v lednu je -2 až -3 °C, v červenci 18-19 °C, v dubnu 8-9 °C a v říjnu 7-9 °C (Tolasz et al. 2007). Roční úhrn srážek je 593 mm (wakpp.vumop.cz).

Říční toky odvodňující území Příkazy jsou potok Cholinka a řeka Morava. Potok Cholinka pramení u Loučky ve výšce 390 m n. m. Zprava ústí do Moravy u Sedliska v 215 m n. m. Plocha povodí je 50,5 km² a délka toku činí 20 km. Průměrný průtok u ústí je 0,11 m³·s⁻¹. Severovýchodně od obce Příkazy protéká řeka Morava, která pramení na jižních svazích Kralického Sněžníku ve výšce 1380 m n. m. Zleva ústí do Dunaje u Děvína v 136 m n. m. Plocha povodí je 26579,7 km² a délka toku činí 353,1 km. Průměrný průtok u ústí 120 m³·s⁻¹ (Kestřánek et al. 1984).

Nízký Jeseník je od JZ omezen svahem od Hornomoravského úvalu a na JV hraničí s Moravskou bránou zlomovým svahem (Demek 1965). Je to plochá vrchovina o rozloze 2894 km² a střední nadmořské výšce 482,5 m n. m. Střední sklon svahů činí 5°-14'. Nejvyšším bodem je Slunečná 800 m n. m. ve Slunečné vrchovině. Krajinu utváří mozaika luk, polí a smrkových lesů. Pro vrchovinu jsou příznačné pravoúhlé ohyby řek Odry, Moravice, Opavy a Hvozdnice. V minulosti se zde těžily pokrývačské břidlice, železné a barevné rudy. Nyní se zde těží stavební kámen v lomech (Demek et al. 1987).

Přáslavice patří do oblasti mírně teplé, mírně vlhké s mírnou zimou, pahorkatinový (Tolasz et al. 2007). Počet dnů se sněhovou pokrývkou je 50-60 (wakpp.vumop.cz). Rozsahy teplot: průměrná teplota v lednu je -2 až -3 °C, v červenci 16-17 °C, v dubnu 6-7 °C a v říjnu 7-8 °C (Tolasz et al. 2007). Roční úhrn srážek činí 737 mm (wakpp.vumop.cz).

Říční toky odvodňující území Přáslavice jsou Přáslavická svodnice a potok Vrtůvka. Potok Vrtůvka pramení ssz. od Velkého Újezda ve výšce 552 m n. m. Zleva ústí do Bystřice ve Velké Bystřici v 240 m n. m. Plocha povodí je 25,8 km² a délka toku činí 11,3 km. Průměrný průtok u ústí 0,11 m³·s⁻¹ (Kestřánek et al. 1984). Přáslavická svodnice pramení západně od Přáslavic a ústí u Holic do Hamerského náhonu (mapy.geology.cz).

3. Geologická charakteristika území

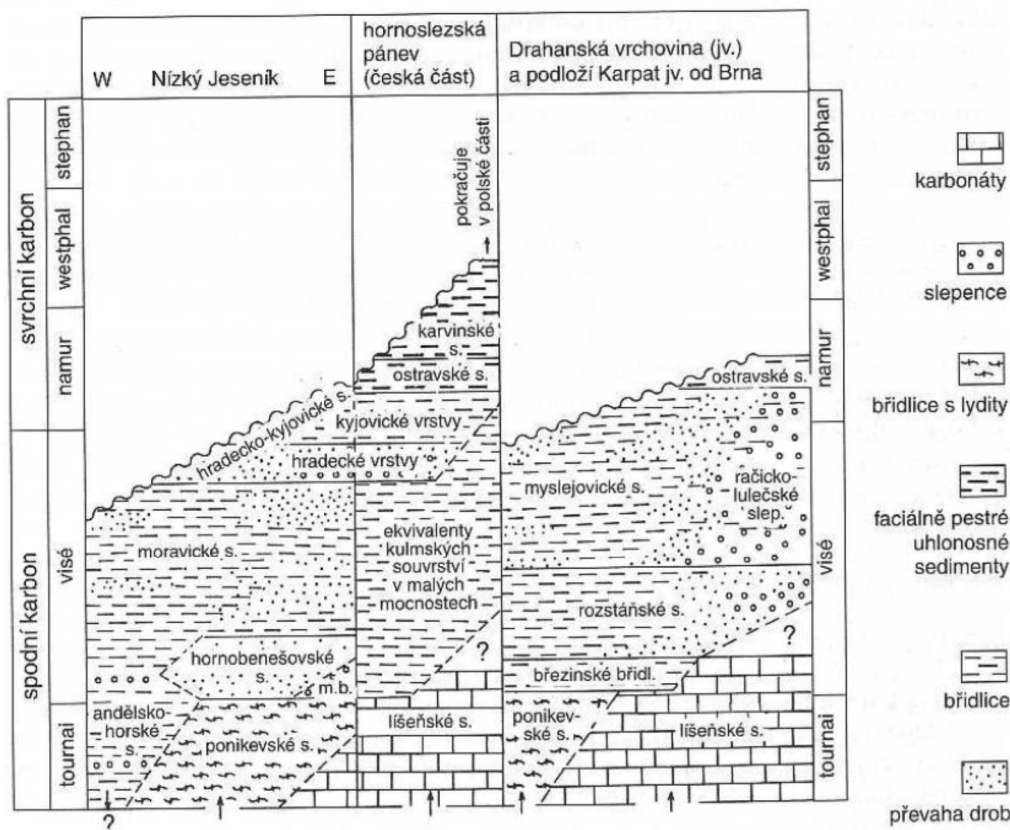
3. 1. Vymezení studované oblasti a regionálně-geologické začlenění

Studovaná oblast Příkazy se podle regionálně geologického dělení řadí k Západním Karpatům. Na území Moravy a Slezska se Západní Karpaty dělí na flyšové pásmo, karpatskou předhlubeň a vídeňskou pánev (Čtyroký a Straník 1995). Území Příkazy náleží karpatské předhlubni. Vnější Západní Karpaty jsou tvořeny druhohorními a třetihorními sedimenty (Czudek 1997). Nový sedimentační prostor v předpolí Karpat se tektonicky vyvinul koncem miocénu a v pleistocénu na území Hornomoravského úvalu (Chlupáč et al. 2002), který tvoří tektonickou depresi budovanou fluvio limnickými, fluvialními a proluviálními, deluviálními a eolickými sedimenty (Czudek 1997).

Území Přáslavice se podle regionálně-geologického vymezení řadí k moravskoslezské oblasti na východě Českého masívu. Součástí moravskoslezské oblasti jsou jednotky: brunovistulikum, moravikum, silezikum, moravskoslezské paleozoikum a žulovský masív. Moravskoslezské paleozoikum tvoří sled slabě až nemetamorfovaných sedimentů, vulkanitů stáří silur, devon a spodní karbon (Chlupáč a Štorch 1992).

3. 2. Geologická charakteristika Jeseníku

Druhá studovaná oblast- obec Přáslavice se řadí ke spodnímu karbonu Nízkého Jeseníku moravskoslezské oblasti Českého masívu. Moravskoslezský spodní karbon v kulmské facii nasedá místy konkordantně na břidličnatá souvrství svrchního devonu a spodního karbonu. Místy je jejich kontakt přepracován pozdějšími násunovými zlomy nebo doprovázen hiáty. Sedimentace kulmského vývoje sp. karbonu patří k projevům variské orogeneze, pro kterou je typické rychlé ukládání drob, prachovců, břidlic a konglomerátů v hlubokomořském prostředí kulmské pánve díky rychlému snosu klastického materiálu z orogénu. Kulmský vývoj je odkryt zejména v Nízkém Jeseníku, na Drahanské a Zábřežské vrchovině, ve kře Maleníku a v drobných izolovaných ostrůvcích uprostřed hornomoravského úvalu (Chlupáč et al. 2002).



Obr 1: Stratigrafické schéma spodního karbonu moravskoslezské oblasti (Chlupáč et al. 2002)

Největší plošný rozsah má kumul Nížkého Jeseníku, který se člení na souvrství-andělskohorské, hornobenešovské, moravické a hradecko-kyjovické. Andělskohorské souvrství (? fámen až spodní visé) tvoří přes 1 km mocné střídající se tmavé jílovité a prachovité břidlice, prachovce a droby s polohami skluzových slepenců (Chlupáč et al. 2002).

Hornobenešovské souvrství (spodní až střední visé) tvoří komplex drob a břidlic, jejichž podíl stoupá svrchní části. Mocnost toho souvrství je 1 km (Mísař 1983). V nadloží se vyskytuje moravické souvrství (svrchní visé) tvořené flyšovými sedimenty, a to laminovanými prachovými břidlicemi až prachovci s vložkami jemně zrnitých drob o mocnosti více než 1,5 km. Biostratigraficky významnou skupinou v celém profilu jsou goniatiti. Na něj nasedá hradecko-kyjovické souvrství (svrchní visé a spodní namur). Jejich spodní část je tvořena lavicovitými břidlicemi s ččkami slepenců (hradecké vrstvy) a ve svrchní části (kyjovické vrstvy) droby ubývají na úkor prachových a jílovitých poloh o mocnosti 1,5 km (Chlupáč et al. 2002). Nejvyšším obzorem je tzv. Štúrovo mořské patro, na které nasedá ostravské souvrství (paralická uhlonosná molasa) a tím končí sedimentace marinního kulmu (Mísař 1983).

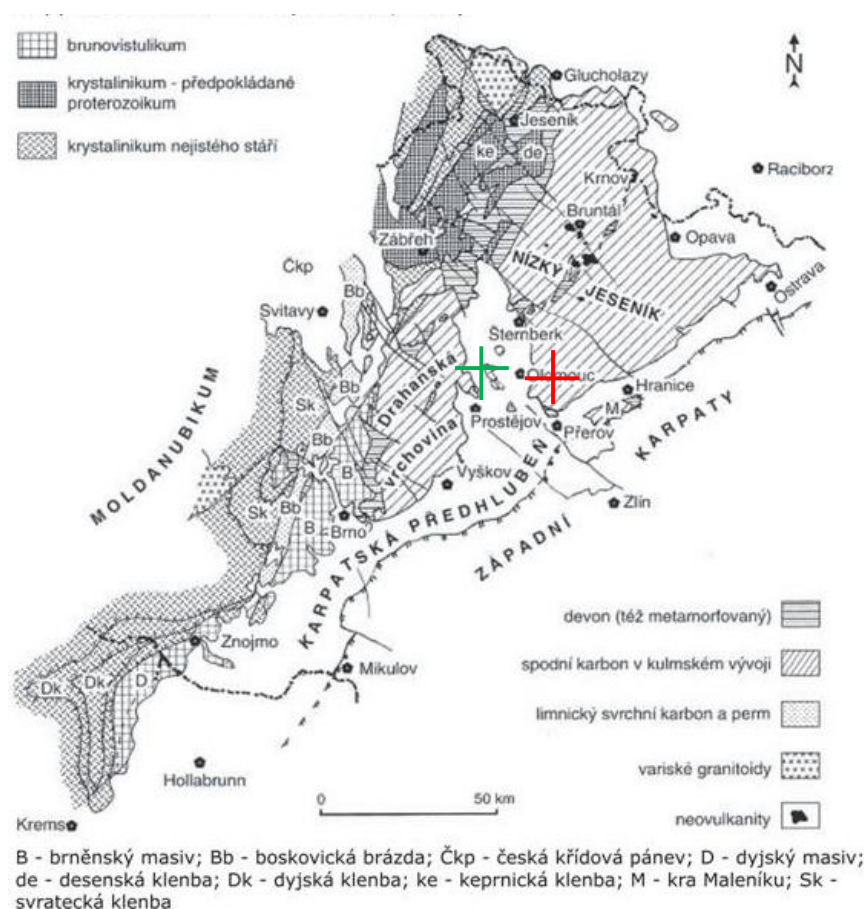
Sedimenty kulmské facie na drahanské vrchovině leží v nadloží karbonátů líšeňského souvrství, břidlic ponikevského souvrství nebo březinských vrstev (zelenavých a pestře zbarvených břidlic s polohami prachovců). Nižší část sledu kulmské facie tvoří protivanovské souvrství, které dále dělíme na velenovské břidlice, tzv. jemný flyš, brodecké droby – hrubý flyš (Chlupáč et al. 2002). Rozstánské souvrství (spodní visé až spodní část svrchního visé) tvoří vyšší část protivanovského souvrství (Chlupáč et al. 2002). Souvrství rozstánské je

tvořeno tmavě šedými, zelenavě zvětrávajícími prachovitými břidlicemi s tenkými vložkami jemnozrnných drob (Dvořák 1997). Svrchní část sledu kulmské facie zakončuje přes 2 km mocné myslejovické souvrství (stáří svrchní visé), které je tvořeno v nejnižších polohách hrubě vytříděnými račicko- lulečskými slepenci, směrem k jihu přecházejí do jemnozrnných drob a břidlic, tzv. studnických břidlic. (Chlupáč et al. 2002).

3. 3. Karpatská předhlubeň

Studovaná oblast-obec Příkazy se nachází 8 km severozápadně od města Olomouc, která se podle regionálně geologického dělení řadí k Západním Karpatům. Na území Moravy a Slezska se Západní Karpaty dělí podle regionálně geologického celku na flyšové pásmo, karpatskou předhlubeň a vídeňskou pánev (Čtyrský a Stráník 1995).

Sedimenty karpatské předhlubně na Moravě (obr. 2) jsou uloženy na horninách Českého masivu prekambriického a paleozoického stáří v předpolí Karpat (Chlupáč et al. 2002). Karpatská předhlubeň zaujímá většinu moravských úvalů, Moravské a Vyškovské brány, Opavsko a Ostravsko, a dále pokračuje na jihu do molasové zóny Rakouska a na severu do Polska. Stavba Karpatské předhlubně je tektonicky ovlivněna starým tektonickým systémem tektonických linií ve směru SV- JZ a SZ-JV, který se podílel na tvorbě depresí a elevací (Brzobohatý a Cicha 1993). Karpatská předhlubeň je systémem vzájemně paralelních podélných předhlubní, které jsou vyplněny mořskými molasovými sedimenty egeru až badenu (Čtyrský a Stráník 1995).



Obr. 2: Zjednodušená geologická mapa moravskoslezské oblasti s lokalizací studovaných půdních profilů (červený kříž- obec Příklad a zelený kříž- obec Příkazy (podle geol. mapy ČR 1:500 000). (Chlupáč et al. 2002)

První jasně doložená mořská transgrese, která souvisí s násunem Vnějších Západních Karpat na jižní část Českého Masivu, zasáhla karpatskou předhlubeň na jihu v eggenburgu (Chlupáč et al. 2002). Podle Chlupáče et al. (2002) se pokles na Znojemsku projevil sedimentací sladkovodních pestrě zbarvených jíílů, písků a štěrků (žerotické vrstvy). Jejich zdrojem jsou zvětralinny krystalinického nebo paleozoického podloží (Brzobohatý a Cicha 1993). Sedimentace těchto vrstev započala koncem eggeru (Chlupáč et al. 2002).

V eggenburgu došlo k ukládání bazálních vrstev mořského původu tvořené písiky, štěrky a pískovci. Směrem do nadloží přecházejí tyto vrstvy do prachových sedimentů a vápnitých i nevápnitých jíílů s vložkami písků a uhelných jíílů (Chlupáč et al. 2002).

Během ottnangu působí kompresní štýrské pohyby, které způsobily relativní zdvih předhlubně na Moravě (Chlupáč et al. 2002). V jz. části předhlubně dochází k erodování části eggenburských hornin a jejich následnému ukládání brakických, lagunárních nebo sladkovodních sedimentů (Brzobohatý a Cicha 1993). Typickým souvrstvím ottnangu jsou rzhakiové vrstvy, které jsou tvořeny písiky až štěrky s valouny tmavých jurských rohovců (Chlupáč et al. 2002).

Hranice mezi eggenburgem a ottangem není jasně stanovena vzhledem k podrobnosti litofaciální a biofaciální podobnosti eggenburského vývoje na jz. okraji předhlubně.

Ve stupni karpatu došlo v posunu osy předhlubně k SZ vlivem tektonické aktivity, která vedla ke vzniku nového sedimentačního cyklu (Brzobohatý a Cicha 1993). Předhlubeň se orientovala ve směru SV-JZ, přičemž vídeňská pánev se zřetelně osamostatnila. Sedimenty karpatu dosahují ve střední části vlivem poklesu předhlubně mocnost přes 1200 m (Chlupáč et al. 2002).

Karpat je na jižní Moravě zastoupen dvěma hlavními faciemi. První z nich, mělkovodnější facie představují světle šedé písiky s jíilovitou a prachovou příměsí a hojnými mlži a plži, které laterálně přecházejí do hlubokovodnějších vápnitých laminovaných jíílů (šlíry). Šlíry obsahující hojnou mikrofaunu foraminifer, jehlice hub, otolitů kostnatých ryb a rozsivek, které vypovídají o prostředí hlubokého šelfu s kolísáním obsahu kyslíku u dna (Chlupáč et al. 2002).

Sedimentace karpatu začínala bazálními klastiky (Brzobohatý a Cicha 1993), které jsou tvořeny písčitými štěrky, drobovými pískovci a brekciemi. V nadloží převládají „hnědé vrstvy“ tvořené pestrými prachovci a hnědými jíilovci. Poté došlo ke změně, přičemž nastal mořský režim reprezentovaný hlubokovodnějšími šlíry tzv. „šedé vrstvy. Koncem karpatu sedimentace skončila. Na střední Moravě se tak uložily jíily, písiky, pískovce, štěrky a slepence kroměřížského souvrství (Chlupáč et al. 2002).

V badenu došlo k nové transgresi, kdy začíná sedimentace suťových brekcií kontinentálního původu. Ve vyšších částech bádenského sledu leží písiky a štěrky mořského původu, zatímco ve vzdálenějších a hlubších částech pánve dochází k usazování vápnitých nevrstevnatých jíílů tzv. „téglů“. Spodnobádenská transgrese se dělí na dvě fáze. První fáze se omezuje na tzv. ústřední spodnobádenskou depresi vzniklou poklesem předpolí, která přiléhá k okrajům čel příkrovů. (Eliáš, Pálenský 1998 in Chlupáč et al. 2002). Ve druhé fázi se spodnobádenská záplava rychle rozšířila na západ. Došlo k zaplavení Dražanské vrchoviny, Nížkého Jeseníku a některé části čel příkrovů. Během druhé fáze se uložily šedo zelené a

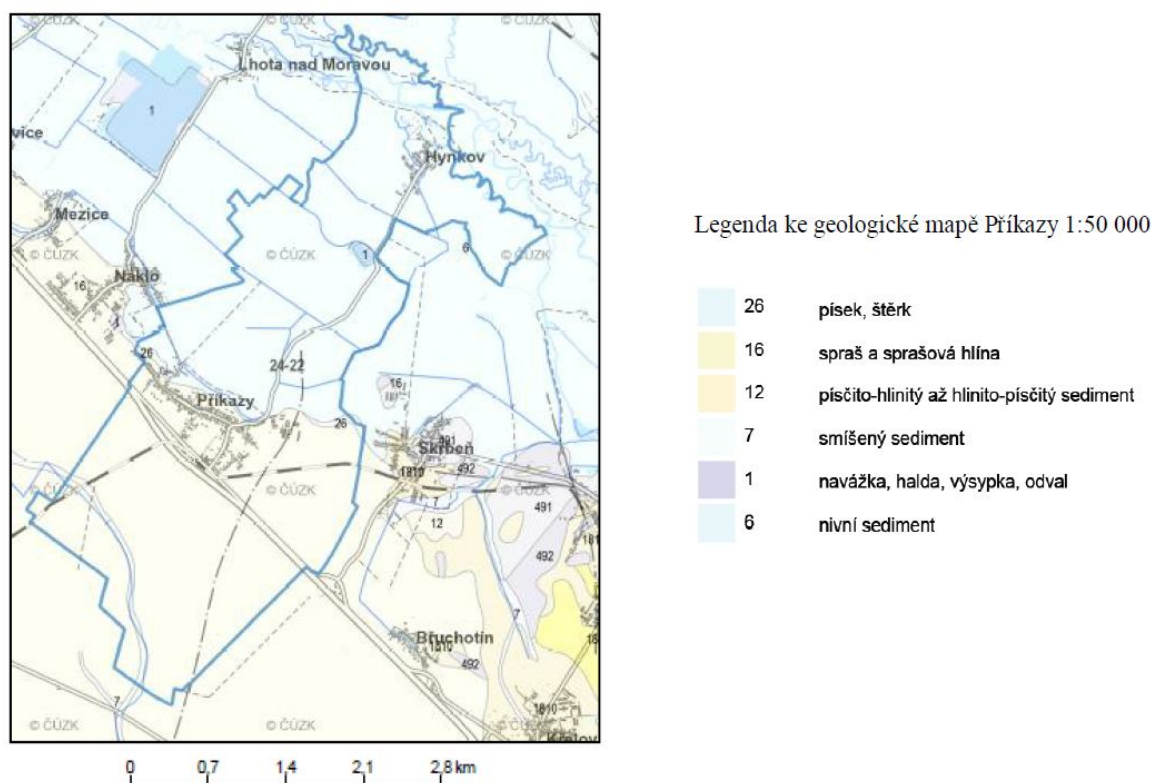
hnědozelené nevrstevnaté vápnité jíly s druhově bohatou mikrofaunou označované „tégly“, které ostře nasedají na své podloží (Chlupáč et al. 2002).

K odlišnému vývoji došlo k odlišnému vývoji sedimentace spodního badenu na Opavsku. V nadloží bazálních klastik se uložily pestře zbarvené písky a šedé vápnité jíly s foraminiferovou mikrofaunou a bazaltovým vulkanismem (Chlupáč et al. 2002).

Nový sedimentační prostor se objevuje koncem miocénu a pliocénu na území Hornomoravského úvalu a Mohelnické brázdy (Chlupáč et al. 2002). Podle Růžičky (1989) došlo vlivem poklesových zlomů ve směru SZ-JV ke vzniku sladkovodní pánve, která je vyplněna jezerními, říčními, svahovými a přívalovými pliocenními sedimenty.

Karpatská předhlubeň se na základě rozdílné stavby a stratigrafického rozsahu výplně dělí na 3 části, a to na jižní rozkládající se od rakouské hranice po osu nesvačilského příkopu, střední část po osu omezení Hornomoravského úvalu a severní po polskou hranici. Střední část předhlubně je porušena mladší příčnou příkopovou strukturou- Hornomoravského úvalu a Mohelnické brázdy, které jsou vyplněny pliocenními a zřejmě i svrchnomiocenními fluviolakustrinními a kontinentálními sedimenty (Čtyroký a Stráník 1995).

Podloží na lokalitě Příkazy je tvořeno vrstvou pleistocenních spraší a sprašových hlín (obr. 3), které pokrývají většinu území, zatímco deluviofluviální sedimenty jsou omezeny pouze na malou část. Nivní sedimenty se vyskytují v severní části obce v nivách řeky Moravy (mapy.geology.cz).



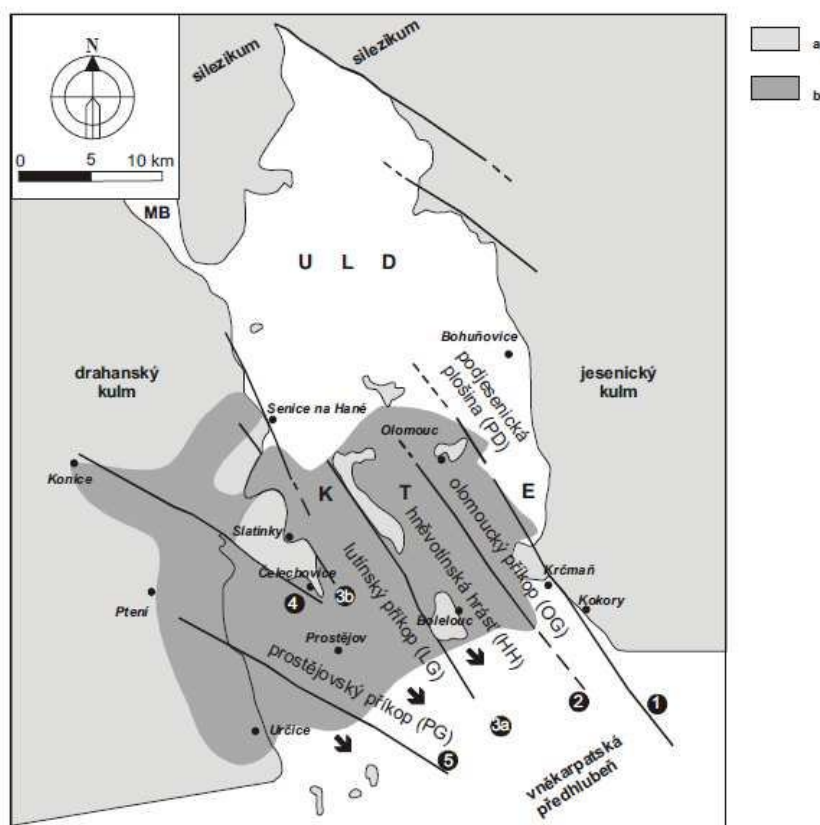
Obr. 3: Geologická mapa Příkaz 1:50 000 (mapy.geology.cz, upraveno)

3. 4. Pliocén a kvartér hornomoravského úvalu

Struktura Hornomoravského úvalu (HMÚ) je orientována ve směru SZ-JV, napříč ke směru styku Českého masívu a Vnějších Západních Karpat (Zapletal 2004). Podloží Hornomoravského úvalu tvoří horniny deformované variským a alpínským vrásněním. HMÚ se dělí na struktury podélné- podjesenickou plošinu, olomoucký příkop, hněvotínskou hrást', lutínský a prostějovský příkop- uničovsko-litovelskou depresi a kosířsko-tršickou elevaci (obr. 4).

Kosířsko- tršická elevace (KTE) představuje vyklenutý a silně členitý hřbet ve směru ZSZ-VJV s odrytými výchozy brunovistulika a paleozoika. Spolu s prostějovským příkopem a přilehlými částmi drahanského kulmu jsou tvořeny sedimenty z druhé fáze transgrese spodního badenu dosahující až 100 m. Rozpadem kosířsko- tršická elevace na jednotlivé elevace a deprese získává HMÚ dnešní podobu (Zapletal 2004).

Uničovsko-litovelská deprese (ULD) je tvořena pliocenními a kvarterními sedimenty o souborné mocnosti až 130 m, jejichž podloží je tvořeno předmesozoickými horninami silezika a jesenického kulmu (Zapletal 2004).



Obr. 4: Strukturálně-geologická stavba Hornomoravského úvalu (HMÚ) s vyznačenými liniemi zlomového pásma Hané (Zapletal 2004).

Zlomové linie: 1 - olomoucko-přerovská; 2 - holešovská; 3a - východní lutínská; 3b - západní lutínská; 4 - nectavsko-konická; 5 - kvasická.

Členění HMÚ: ULD - uničovsko- litovelská deprese; KTE - kosířsko-tršická elevace; MB - mohelnická brázda; a - předneogenní útvary; b - rozšíření sedimentů sp. badenu v olomoucko-prostějovské pánvi. Šipky poukazují na přímé spojení s vněkarpatskou předhlubní.

Pliocenní souvrství je tvořeno převážně klastickými sedimenty o různé zrnitosti (jíly, prachy, písčité jíly, písčité prachy, jílovité písky, jemnozrnné až hrubozrnné písky, drobnozrnné až hrubozrnné písčité štěrky i balvanité štěrky). Místy se zde nachází i vložky organických sedimentů. Litologicky dělíme toto souvrství na dva úseky. V prvním úseku (severní část) převažuje snos z Českého masivu, zatímco ve druhém úseku (jižní části) je snos ze Západních Karpat (Růžička 1989).

Stratigraficky lze pliocenní sedimenty rozdělit na spodní a svrchní komplex. Ve spodním komplexu leží pestře zbarvené sedimenty představující redeponované fosilní zvětraliny Českého masivu. Z hlediska geneze je komplex tvořen jezerními sedimenty s ojedinělým výskytem vložek organických sedimentů, dále fluviálními a proluviálními sedimenty (Růžička 1989).

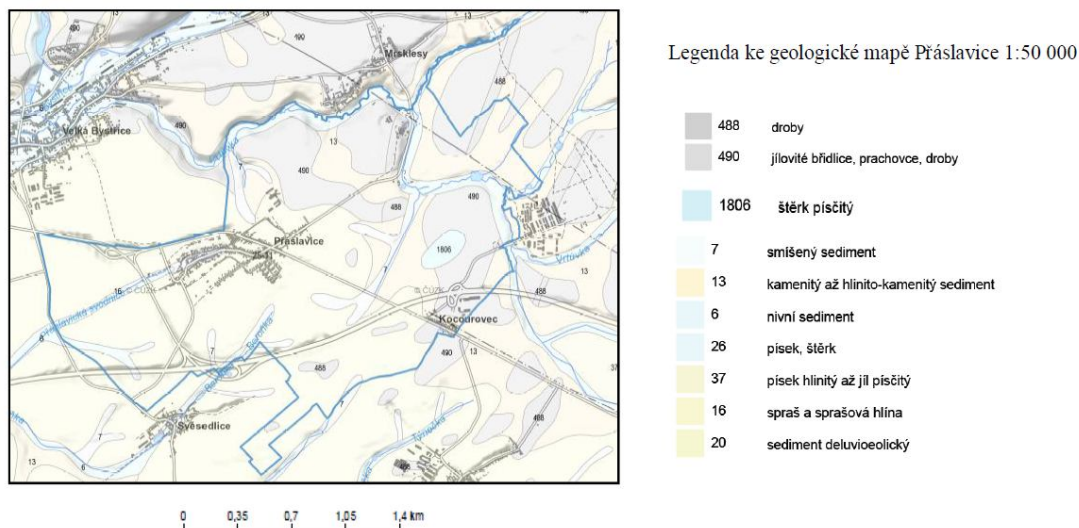
Ukládání sedimentů svrchního komplexu je ovlivněno neotektonickou fází, která vedla ke zmenšení sedimentačního prostoru. Během této fáze se uplatňující především zlomy omezující lutínskou brázdou, holešovický zlom a zlom na v. okraji nivy Moravy v Mohelnické brázdě. Převažuje sedimentace barevně monotónnějších jezerních a fluviálních uloženin (Růžička 1989).

Nejstarší pleistocenními fluviálními akumulacemi jsou v HMÚ spodnopleistocenní kokorské slepence (spodní günz) v relativní výšce 45-50 m nad dnešní nivou řeky Moravy. Mladší akumulace je označována jako lukovská terasa (spodní mindel). Koncem mindelu vznikla brodecká terasa v relativní výšce povrchu 17-18 m a bází 13 m tvořená štěrky řeky Olešnice. Na začátku holsteinského interglaciálu a ve svrchním mindelu byla velká část brodecké terasy erodována (Růžička 1973).

Morfologicky a stratigraficky nejdůležitější je kralická terasa, která je tvořena dvěma akumulacemi štěrkopísků v přímé superpozici, které se liší petrografickým složením štěrků a těžkých minerálů. Spodní akumulace terasy spadá do teplejšího období holsteinského interglaciálu, což způsobilo různou mocnost akumulace. Svrchní (zdvojená) akumulace probíhala ve starším rissu. Mladší nenakonická terasa (mladší riss) je tvořena středně zrnitými písky a štěrky v relativní výšce 4-5 m a bází 5-7 m. (Růžička 1973).

V jižní části HMÚ se vyskytují travertinové kupy. Kvartérní sedimenty dosahují mocnosti až 100 m uložených na pliocenních jezerních sedimentech a na bádenských mořských uloženinách (Zeman et al. 1980). Velké pokryvy tvoří eolické spraše würmského stáří, které překrývají starší říční, proluviální, svahové a jezerní sedimenty, a mohou obsahovat fosilní půdy. Při úpatí zlomového svahu Nízkého Jeseníku a Maleníku se vytvořily rozsáhlé akumulace hlinitých sutí, hlín a materiálů z náplavových kuželů. Nejrozšířenějšími sedimenty Bečevské brány jsou spraše, sprašové hlíny, ale také fluviální, deluviální a eolické sedimenty (Růžička 1973).

Kvartérní sedimenty se v okolí Příkladovic vyskytují méně. Tvoří je především spraše, sprašové hlíny (obr. 5), dále pak deluviální, fluviální a deluviofluviální sedimenty. Kolem potoka Vrtůvka a Příkladovické svodnice se vyskytují nívné sedimenty (mapy.geology.cz)



Obr. 5: Geologická mapa okolí Práslavice 1:50 000 (mapy.geology.cz, upraveno)

3. 5. Tektonická charakteristika území

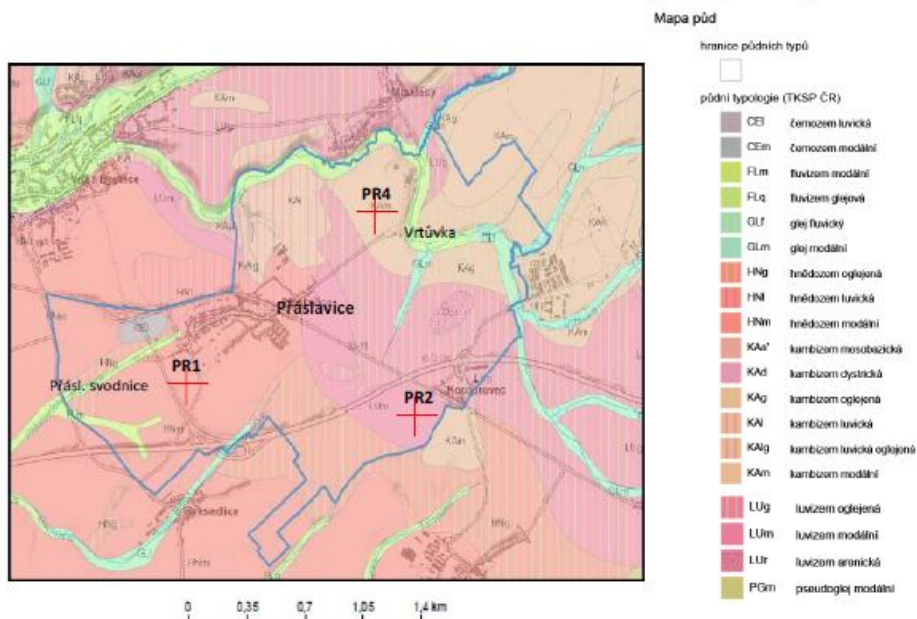
Ve studované oblasti Práslavice, probíhá olomoucko- přerovský zlom zlomového pásma Haná. Tento zlom tektonicky náleží do příčné struktury kosířsko- tršické elevace (obr. 4). Druhá oblast, Příkazy, spadá do příčné struktury uničovsko-litovelské deprese (Zapletal 2004).

3. 6. Půdní charakteristika území

V obci Práslavice pokrývají většinu území modální hnědozemě (obr. 6), které se vyskytují na plošinách a mírných svazích. Tyto půdy se vyvinuly na spraších (Šarapatka 2014). Malou část tvoří hnědozem oglejená, která se vytváří na sprašových hlínách a v menší míře také na spraších v terénních proláklínách, které jsou překryty různou vrstvou nehumózního aluviálního materiálu (wakpp.vumop.cz). Luvizemě vznikají na rovinatém terénu (Šarapatka 2014); ve východní části vesnice Kocourovce nacházíme luvizemě oglejené, modální a arenické. Na severu se vyskytují kambizemě (mapy.geology.cz).

Kolem potoka Vrtůvky jsou rozšířeny glejové půdy fluvické a modální a fluvizem glejová (obr. 6). Fluvizem modální se vyskytuje kolem Práslavické svodnice. Fluvizemě se nacházejí na recentních uloženinách řek a jsou zaplavovány povodňovou vodou, kde hladina podzemní vody v průběhu roku. Glejové půdy se vyskytují v nivách na aluviálních sedimentech nebo v terénních depresích na svahovinách (Šarapatka 2014). Vznikají glejovým půdotvorným procesem, pro který je charakteristické trvalé zamokření vlivem zvýšené hladiny podzemní vody (Němeček 2001). Černozem luvická a modální se v Práslavicích vyskytuje ojediněle (mapy.geology.cz).

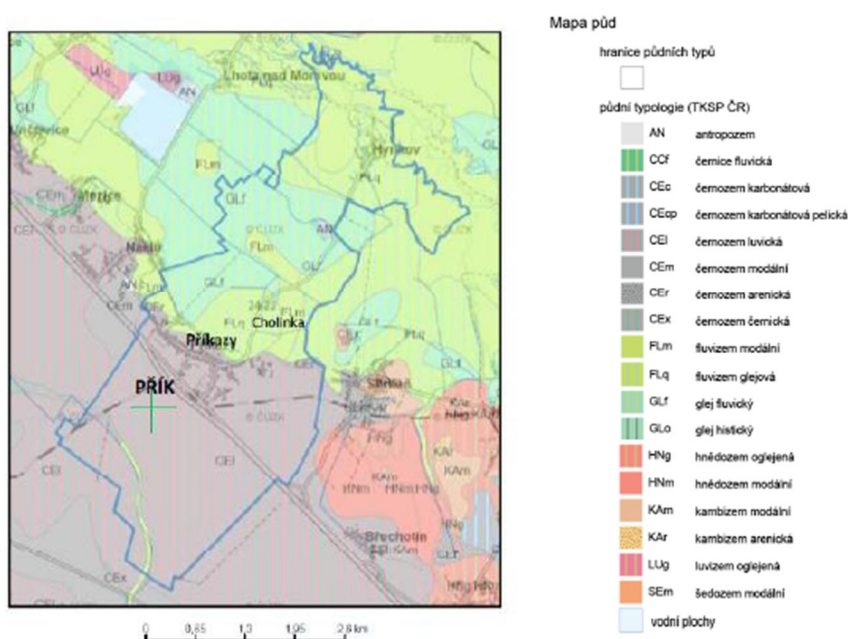
Legenda k půdní mapě Přáslavice 1:25 000



Obr. 6: Půdní mapa Přáslavic 1:25 000 s vyznačenými místy odběru (mapy.geology.cz, upraveno)

V obci Příkazy pokrývají většinu území černozemě (obr. 7), které se typicky vyskytují v sušších rovinatých oblastech v nadmořské výšce do 250 m n. m. Na jihu jsou rozšířeny černozemě luvické s luvickým horizontem Bth, vyskytující se na styku s luvisoly. Menší výskyty tvoří černozem arenická a modální. Kolem potoka Cholinka jsou rozšířeny fluvizemě modální a glejové (viz výše fluvizemě v Přáslavicích), které se vytvářejí na mladých fluvialních sedimentech v nivě řek a potoků (Němeček 2001). Gleje fluvické jsou v obci dalším nejrozšířenějším půdním typem (další popis glejových půd viz výše).

Legenda k půdní mapě Příkazy 1:25 000



Obr. 7: Půdní mapa Příkaz 1:25 000 s vyznačeným místem odběru (mapy.geology.cz, upraveno)

4. Klasifikační systémy půd v ČR

Klasifikacemi půd v České republice nezabývá Vopravil et al. (2009). Mapování lesnických půd vychází z klasifikace Pelíškovy a Kubienovy a pro lesnickou praxi vypracoval v roce 1965 klasifikaci Houba (Šarapatka 2014).

V uplynulých 40 letech se v zemědělství používala geneticko- agronomická klasifikace půd. Na jejím základě byl v roce 1961-1971 proveden **komplexní průzkum zemědělských půd** (KPP). V poslední verzi geneticko- agronomické klasifikace z roku 1967 se rozlišuje 17 půdních typů, které se dělí na 63 subtypů (Němeček 1967). Po roce 1971 dochází k částečné úpravě (Šarapatka 2014).

V roce 1974 byla vypracována (Hrašek et al. 1991) jednotná mapa půd ČSSR v měřítku 1:500 000. Dalším krokem bylo vypracování jednotného klasifikačního systému. Tento systém byl v roce 1985 přijat na VI. půdoznalecké konferenci a vyšel pod názvem **Morfogenetický klasifikační systém půd ČSSR** v roce 1987 (Šarapatka 2014).

V 80. letech minulého století docházelo k postupnému sjednocování půd u nás se zahraničními klasifikacemi. Světová klasifikace půd **WRB (Světová referenční báze pro půdní zdroje- World reference base for soil resources)** se stal oficiálním klasifikačním systémem pro Evropskou komisi, z níž vyházela řada národních klasifikací včetně Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Šarapatka 2014).

WRB klasifikace je založena na půdních vlastnostech podle diagnostických horizontů, vlastností a materiálů. Půdy jsou řazeny podle diagnostického klíče, který odráží půdotvorné procesy. WRB se skládá z 32 půdních skupin, a jejich kombinací s uvedením detailních vlastností (Šarapatka 2014).

4.1 Taxonomický klasifikační systém půd ČR

V roce 2001 byl publikován **Taxonomický klasifikační systém půd ČR** (Šarapatka 2014). Tento systém půd je založen na genezi půd, diagnostických znacích půd a horizontů a dalších analytických charakteristik půd (Vopravil et al. 2009).

Taxonomické kategorie klasifikačního systému zahrnují: referenční třídy, půdní typy, půdní subtypy, půdní variety, půdní subvariety, substrátové a lokální půdní formy a dále degradační, erozní a akumulární fáze nebo formy, půdní druhy a nakonec substrátová příslušnost (Vopravil et al. 2009).

Jako **referenční třídy** jsou označovány velké skupiny, které jsou obsaženy v zahraničních klasifikačních systémech. Jejich pojmenování končí příponou- sol (regosol, fluvisol), ale tyto názvy se běžně v Česku nepoužívají (Vopravil et al. 2009). **Půdní typy** jako hlavní jednotky klasifikačního systému (Šarapatka 2014). Jsou charakterizovány na základě obdobných morfologických a analytických znaků a diagnostických horizontů, a jsou řízeny stejným genetickým půdotvorným procesem. **Půdní subtypy** představují určité modifikace půdního typu, zpravidla přechodné typy, modifikace ovlivněné zrnitostí nebo antropogenní vlivy. **Půdní variety** zahrnují méně výrazné znaky hydromorfismu, okyselení, zasolení a substrátu některých pedogenetických procesů, jež jsou odvozeny od konkrétních prominentních vlastností půd. **Půdní subvariety** charakterizující minerální sílu půdy

(trofismus) u kambizemí. **Substrátové a lokální půdní formy** jsou dány typem substrátu, zrnitostí a vrstevnatostí. **Degradační, erozní a akumulární fáze nebo formy** charakterizují půdní jednotky. **Půdní druh** vyjadřuje zrnitostní složení půdy a **substrátová příslušnost**, vyjadřuje půdní vlastnosti jako je zrnitost, minerální síla, skeletovitost a mocnost půdy (Vopravil et al. 2009).

5. Základní přehled půdních typů a jejich regionalizace

5. 1. Zařazení dle Klasifikačního systému půd ČR

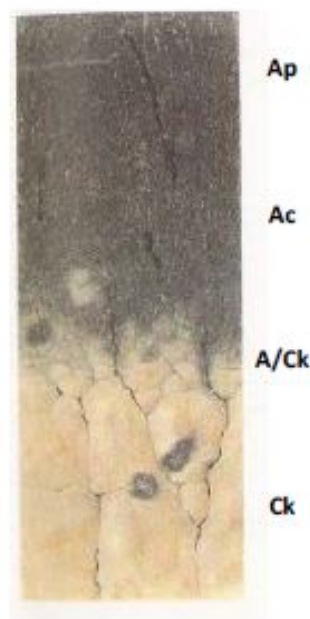
5. 1. 1. Referenční třída- černosoly

Pro tyto půdy je charakteristický mocný černický humusový horizont (0,4-0,6m) s drobtovou až zrnitou strukturou, které se vytvořily na sypkých karbonátových substrátech (Němeček et al. 2001). Tyto půdy jsou optimální pro zemědělské využití díky jejich fyzikálním, chemickým, mineralogickým a biologickým vlastnostem (Jandák et al. 2010). Do této třídy řadíme: černozem CE a černice CC (Němeček et al 2001).

Půdní typ- černozem (CE)

Půdní typ černozem řadíme mezi nejúrodnější, nejhodnotnější a nejznámější půdy České republiky (Vopravil et al. 2009). Černozemě se vyskytují v sušších a teplejších oblastech, které vznikly pod původní stepí a lesostepí. V černozemních oblastech (Polabí, moravské úvaly a jižní Morava) je roční úhrn srážek 450- 650 mm, průměrná roční teplota je nad 8 °C a nadmořská výška je zpravidla do 300 mm (Tomášek 1995).

Půdotvorným substrátem byly většinou spraše, místy se také mohou uplatňovat zvětraliny slínovců (slíny), vápnité terciérní jíly nebo vápnité spraše. Tyto půdní typy mají typický tmavě zbarvený, mocný hlubokohumózní černický A horizont (obr. 8), který se nachází až do 80 cm (Vopravil et al. 2009). Hlavním půdotvorným procesem byla intenzivní **humifikace**, která probíhala pod stepní vegetací (Tomášek 1995). Půdotvorným substrátem bývá zpravidla karbonátový horizont s výkvěty CaCO₃, někdy i s konkracemi (Šarapatka 2014). Černozemě jsou zpravidla zrnitostně středně těžké půdy, bez obsahu skeletu a s vysokým obsahem kvalitního humusu (Vopravil et al. 2009). Reakce půdy je neutrální až slabě kyselá. Také jejich fyzikální vlastnost a to zejména pórovitost a objemová hmotnost jsou z velké části příznivé.



Obr. 8: Černozem (Tomášek 1995)

Černozemě jsou nejúrodnější půdy, které jsou využívány jako půdy orné (Tomášek 1995). Limitujícím faktorem je u nich dostatečné množství srážek (Jandák et al. 2010). Mezi nejrozšířenější půdní subtypy řadíme: černozem modální, černozem luvickou, černozem černickou, černozem arenickou a černozem pelickou (Vopravil et al. 2009).

Regionalizace: černozemě se vyskytují ve všech částech České republiky, s výjimkou západních a jižních Čech, Českomoravské vrchoviny a Ostravska. Největší zastoupení zauímají na jižní Moravě a to v okresech Břeclav, Znojmo, Hodonín, Brno-venkov, Prostějov, Vyškov a v neposlední řadě Olomouc. Další výskyty nalezneme ve středních a severních Čechách (Šarapatka 2014).

Podle Němečka et al. (2001) je stratigrafie profilu je Ap-Ac-Ac/Ck-K-Ck (obr. 8).

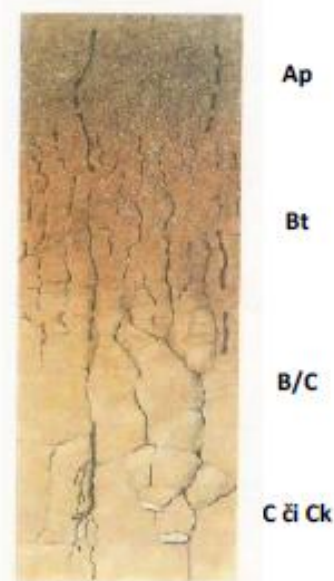
5. 1. 2. Referenční třída- Luvisoly

Luvisoly jsou půdy s diagnostickým (argi) luvickým a méně či více výrazným horizontem eluviace jílu (Němeček et al. 2001), který vznikl na základě procesu illimerizace (Jandák et al. 2010). Do této třídy patří: šedozem SE, hnědozem HN a luvizem LU (Němeček et al. 2001).

Půdní typ- hnědozem (HN)

Hnědozemě patří k zemědělsky velice hodnotným půdám (Vopravil et al. 2009). Vyskytují se v nížinách v okrajových částech černozemní oblasti nebo v sušších a teplejších oblastech pahorkatin. Roční úhrn srážek činí 500-700 mm, průměrná roční teplota se pohybuje od 7 do 9 °C (Tomášek 1995). Hnědozemě vznikaly pod původním porostem doubrav, habrových doubrav a bukových doubrav (Němeček et al. 2001). Jejich půdotvorný substrát tvoří nejčastěji spraš, sprašové hlíny (prachovice) nebo polygenetické hlíny (Jandák et al. 2010). Na území České republiky se hnědozemě vyskytují v nadmořských výškách 300-600 m (Vráblíková a Vráblík 2006).

Hlavním půdotvorným procesem je **illimerizace**. Illimerizace je proces, při kterém dochází k ochuzování jílových částic ze svrchní části profilu, které jsou zasakující vodou přenášeny hlouběji do spodních vrstev půdních horizontů. Pod humusovým horizontem A (obr. 9) se nachází slabý illimerizovaný horizont, který bývá přeoráván a není pak viditelný v půdním profilu (Tomášek 1995). Hnědozemě mají pod svrchním humusovým horizontem v hloubce asi 30-50 cm (Vopravil et al. 2009) mírně zesvětlený eluviální horizont Ev, kterému chybí výrazně deskovitá nebo lístkovitá struktura. Přechází bez jazykových záteků do luvického hnědého horizontu Bt (Němeček et al.



Obr. 9: Hnědozem (Tomášek 1995)

2001). Pod tímto horizontem leží matečný horizont C (Tomášek 1995). Půdní reakce hnědozemí bývají slabě kyselé (Šarapatka 2014).

Jsou to převážně středně těžké až těžké půdy (Vráblíková a Vráblík 2006). Obsah humusu je kolem 2% (Šarapatka 2014), což je podstatně méně než u černozemí. Sorpční vlastnosti bývají poněkud zhoršeny, avšak fyzikální vlastnosti jsou příznivé (Tomášek 1995). Hnědozemě se dále dělí na subtypy: hnědozem modální, hnědozem luvická, hnědozem oglejená a hnědozem pelická (Vopravil et al. 2009).

Regionalizace: v České republice dosahují největšího výměru na jižní Moravě - v okresech Kroměříž, Uherské Hradiště, Olomouc a Znojmo (Jandák et al. 2010), ve východních a středních Čechách a na severu Moravy. Nejméně jich nalezneme v severních Čechách (Šarapatka 2014).

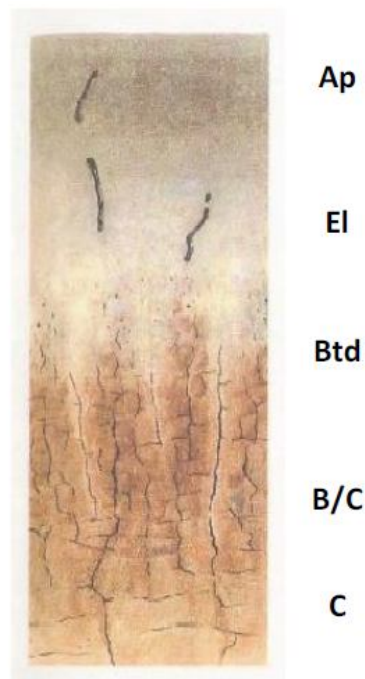
Podle Němečka et al. (2001) je stratigrafie půdního profilu je O-Ah nebo Ap-(Ev)-Bt-B/C-C či Ck (obr. 9).

Půdní typ- Luvizemě LU (illimerizované půdy)

Luvizemě jsou nejvíce rozšířeným půdním typem ve středních výškových polohách a to zejména v pahorkatinách a vrchovinách. Roční úhrn srážek je v rozmezí 550-900 mm, průměrná roční teplota je 6-8 °C (Tomášek 1995). Illimerizované půdy se vyskytují v nadmořských výškách do 600 m n. m (Šarapatka 2014). Tyto půdy vznikaly pod původním porostem doubrav a lučin (Vráblíková a Vráblík 2006). Matečným substrátem jsou sprašové hlíny a polygenní půdy, někdy i lehčí substrát obohacený substrát eolickým materiálem (Němeček et al. 2001).

Hlavním půdotvorným procesem je **illimerizace**. Pod humusovým horizontem (A) leží silně vybělený eluviální (albický) El horizont (Šarapatka 2014). Vybělený horizont má výraznou destičkovitou až lístkovitou strukturou (Němeček et al. 2001), který přechází jazykovými zátekami do rezivohnědého (Zieger 2006) luvického horizontu Btd- degradovaného Bt (Šarapatka 2014). Luvický horizont zasahuje pozvolna do substrátu (Němeček et al. 2001).

Další charakteristikou illimerizovaných půd je oglejení (Vopravil et al. 2009). Jílem obohacený, zhutnělý eluviální horizont je málo propustný pro vodu, ta se na jeho povrchu zadržuje, což má za následek koncentraci hydratovaných oxidů železa a manganu do malých, tmavě rezivých konkréci, tzv. bročků (Tomášek 1995).



Obr. 10: Luvizem (Tomášek 1995)

Luvizemě jsou středně těžké půdy (Vopravil et al. 2009) s obsahem humusu od 1,5 do 2,5% (Šarapatka 2014). Půdní reakce je slabě až středně kyselá (Vráblíková a Vráblík 2006). Luvizemě je nutné často vápnit a hnojit v důsledku jejich promíchávání ochuzeného horizontu s ornici pak způsobuje to, že je půda více náchylná k vodní erozi. Luvizemě dále dělíme na subtypy jako je: luvizem modální, luvizem dystrická, luvizem oglejená a luvizem arenická (Vopravil et al. 2009).

Regionalizace: největší zastoupení mají na severní Moravě a to konkrétně v Ostravě, Karvině, Opavě, Přerově a v Novém Jičíně (Jandák et al. 2010). Nejméně jich naopak nalezneme v severních Čechách (Šarapatka 2014).

Podle Němečka et al. (2001) je stratigrafie profilu: O-Ah nebo Ap-El-Btd-BC-C (obr. 10).

5. 1. 3. Referenční třída- Kambisoly

Kambisoly jsou půdy, které mají výrazný braunifikovaný nebo pelický diagnostický horizont. Vytvořily se na souvrství svahovin z přemístěných zvětralin pevných či zpevněných hornin nebo jiných substrátech (zahliněné písky, štěrkopísky). Tyto půdy mají širokou škálu zrnitosti, vyluhování a acidifikace. Mezi kambisoly řadíme: kambizem KA a pelozem PE (Němeček et al. 2001).

Půdní typ- Kambizem (hnědá půda)

Kambizemě jsou nejrozšířenější půdy České republiky střední až nižší kvality (Vopravil et al. 2009). Vyskytují se převážně v pahorkatinách a vrchovinách, ale i v horách. V nížinách jsou málo zastoupeny. Nejvíce jsou rozšířeny v nadmořských výškách od 450 do 800 m n. m. s průměrnou roční teplotou 4 až 9 ° C a průměrnými ročními srážkami od 500 do 900 mm (Tomášek 1995). V místě jejich výskytu je podnebí humidnější a mírně teplé (Vopravil et al. 2009). Podle Tomáška (1995) jsou jejich půdotvorným substrátem všechny horniny skalního podkladu (žuly, ruly, svory, fylity, čediče, pískovce, břidlice, odvápněné opuky a další). Původní porosty jsou listnaté a smíšené lesy (Němeček et al. 2001).

Hlavní půdotvorný proces kambizemí je intenzivní vnitropůdní zvětrávání- hnědnutí, **braunifikace** (Vopravil et al. 2009). Braunifikace je intenzivní zvětrávání minerálů vnitřních částí půdních profilů, kde dochází k tvorbě jílu a uvolňování hydratovaných oxidů Fe a Al, což má za následek hnědé zbarvení půdy (Vráblíková, Vráblík 2006). K hnědnutí se také připojují procesy jako je tvorba a přeměna jílu (Šarapatka 2014).

Pod humusovým horizontem se nachází hnědě až rezivohnědě zbarvený kambický horizont (Vopravil et al. 2009), o mocnosti 40-100 cm, ve kterém probíhá proces hnědnutí (Šarapatka 2014). Podle Tomáška (1995) pod tímto horizontem se nachází světle zbarvená hornina, která je světlejší než předchozí horizonty. Zrnitostní složení se mění v závislosti na charakteru horniny, a to od půd lehkých (pískovec, žula) po středně těžké (čedič, svor, některé ruly) až po půdy těžké (většina břidlic, lupky).

Obsah humusu je v nižších polohách relativně nízký. Půdní reakce těchto půd bývá slabě kyselá až kyselá (Šarapatka 2014). Nevýhodou kambizemí je malá mocnost půdního profilu, skeletovitost, svažitost, půdní acidita a klima. Silně skeletovité kambizemě jsou využívány jako lesní půdy. V zemědělství v nižších polohách jsou využívány jako půdy orné (Jandák et al. 2010).

Regionalizace: v České republice je jejich největší zastoupení v západních a jižních Čechách. U kambizemí pozorujeme značné rozdíly v rámci okresů, a to např. v okrese Žďár nad Sázavou tvoří 72,3 % plochy, zatímco v okrese Hodoníně je to pouze 6,2% (Šarapatka 2014).

Podle Němečka et al. (2001) je stratigrafie půdního profilu je O-Ah nebo Ap-Bv-B/C-C (obr. 11).



Obr. 11: Kambizem (Tomášek 1995)

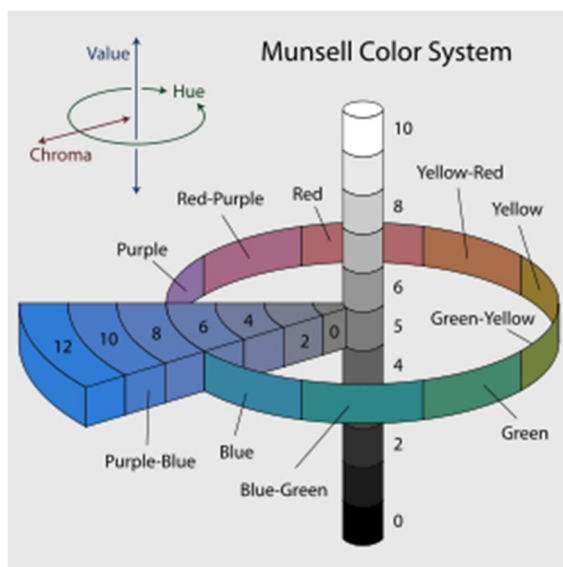
6. Barva půdy

Barvu řadíme k nedůležitějším morfologickým znakům půdy (Šarapatka 2014). Barvu lze přímo zjistit v terénu na vlhkých půdách, avšak pro přesnější vyjádření je lepší suchá půda (Vopravil et al. 2009). Barva půdy je ovlivněna přítomností humusu, sloučenin železa, manganu, uhličitanu vápenatého a kaolinitu a řadou dalších minerálů. Dále může být ovlivněna obsahem vody a probíhajícími oxidačními a redukčními procesy aj. (Zoubková 2012).

Barvu půdy lze hodnotit dvěma způsoby a to subjektivním nebo objektivním způsobem (Šarapatka 2014). Podle Hauptmana et al. (2009) se subjektivní popis dříve používal pro hodnocení barvy půdy. Provádělo se slovním označením složené obvykle ze dvou až tří slov. První z nich značilo intenzitu, druhé střední odstín a poslední základní barvu (např. tmavě šedohnědá).

Objektivním způsobem jak popsat barvu půdy je uplatnění tzv. **Munsellovy škály** (Vopravil et al. 2009). Jedná se o barevnou standardizovanou stupnici (obr. 12), pomocí níž lze porovnávat barvu půdy (Hauptman et al. 2009). Barva půdy je popsána pomocí tří proměnných: odstínem (hue), jasem (value) a sytostí (chroma) odtud zkratka HVC (Viscara-Rossel 2006). Používá se pět základních barev: červená (Red-R), žlutá (Yellow-Y), modrá (Blue-B), zelená (Green-G) a purpurová (Purple-P). Mezi základní barvy je vloženo pět přechodných barev a to: žluto-červená (YR), zeleno-žlutá (GY), modro-zelená (BG), purpurovo-modrá (PB) a červeno-purpurová (RP). Jas je definován jako číselná stupnice (Viscara-Rossel 2006) od nejtmaší barvy dole až po nejsvětější (Šarapatka 2014), tj. od 0 absolutně černá do 10 absolutní bílé (Viscara-Rossel 2006). Sytost barvy je popsána číselně od neutrální šedé, při trvalé hodnotě jasu, k čistému odstínu; zvyšuje se zleva doprava (Šarapatka 2014).

Barva půdy je popisována v podobě kódu- např. 10 YR 3/2, kde 10 YR značí základní odstín, a 3/2 značí odstín / stupeň intenzity. Nejčastější barva používaná při popisu půd je list Munsellovy tabulky 7.5 YR (Hauptman et al. 2009).



Obr. 12: Munsellův barevný systém (Bábek 2013)

6. 1. Barevné modely

Podle Viscara-Rossela (2006) se barva půdy používá pro identifikaci a kvalitativní stanovení půdních vlastností. Barva je v kvantitativním vyjádření reprezentována barevnými prostorovými modely. Většina kvantitativních barevných modelů je postaveno na třech parametrech, podobně jako semikvantitativní Munsellův barevný systém (např. systémy RGB, nebo CIE XYZ).

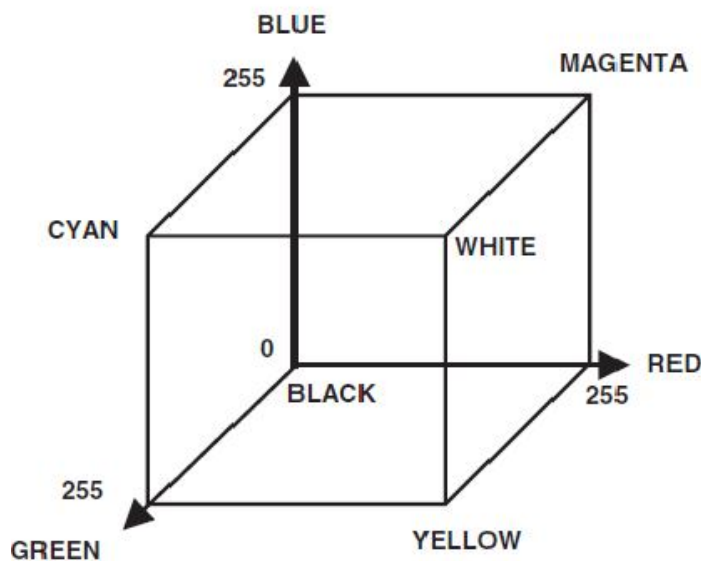
6. 1. 1. Systém RGB

Barva v RGB systému je tvořena aditivním mícháním tří základních barev: červené (R), zelené (G) a modré (B). **Systém RGB** je založený na míchání vyzařovaného světla (Rajmíc 2012). Podle Viscara-Rossela (2006) jejich odpovídající, základní monochromatické stimuly odpovídají vlnové délce 700 nm (R), 546 nm (G) a 436 nm (B) viditelného světla.

V osmibitovém digitálním systému jsou hodnoty R, G a B vyčísleny jako celá čísla v rozsahu od 0 (nejtmavší) po 255 (nejsvětější). Kombinací hodnot R, G a B vytváří barevnou škálu (gamut) tj. $(2^8)^3$ různých barev. Tuto škálu lze graficky vyjádřit jako krychli (obr. 13) složenou ze tří ortogonálních karteziánských souřadnic R, G a B. Každá barva je reprezentována jako bod uvnitř této krychle. Všechny šedé barvy jsou uspořádány v tělesné úhlopříčce od černé ($R=G=B=0$) po bílou ($R=G=B=255$). Nevýhodou RGB systému je to, že má záporné hodnoty trichromatického členitele od vlnové délky 436 nm do 546 nm. Problém záporných hodnot lze vyřešit zavedením nových virtuálních souřadnic XYZ (Skala 1993).

RGB model je využíván v monitorech a televizích (Francus 2004). V geologii jej lze použít pro kvantifikaci barvy z digitálních fotografií (Bábek 2013).

Příklady použití RGB modelu v pedologii je využití RGB modelu ke klasifikaci textury půdy z půdních snímků (Chung et al. 2012). Dalším příkladem je vynalezení přenosného senzoru pro rychlé a přesné stanovení organické hmoty na různých typech půd v zemědělství. Model půdní organické hmoty je založený na systému RGB a umožňuje tak stanovit různorodost půd, které vycházejí z mapy obsahující proměnlivé množství organické hmoty (Aimrun et al. 2014).



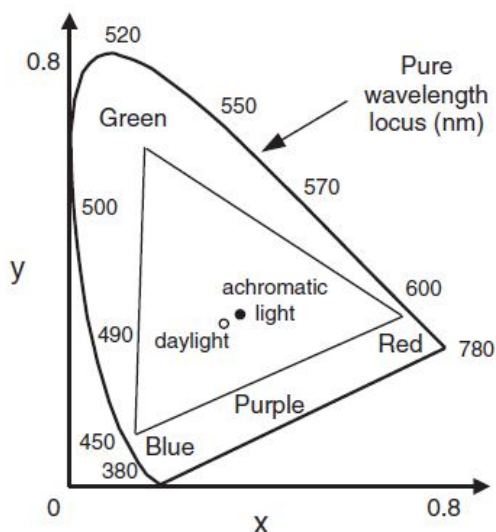
Obr. 13: Barevný model RGB (Viscara-Rossel 2006)

6. 1. 2. Model CIE XYZ

Barevný prostor **CIE XYZ** je prostor nezávislý na zařízení. Vychází z modelu RGB a znázorňuje všechny barvy, které jsou viditelné člověkem (Rajmic 2012). V roce 1931 Mezinárodní komise Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) standardizovala systém barev založený na definici světelného zdroje, pozorovatele a metodiky použité pro odvození hodnot definující barvy. V barevném modelu Y představuje jas (brightness). Systém XYZ byl vytvořen k odstranění záporných hodnot pro každou barvu (Viscara-Rossel 2006).

V systému XYZ se hodnoty používají pro vymezení barvy, zatímco jejich výsledky nelze snadno znázornit. Pro vyřešení tohoto problému, CIE zavedla v roce 1931 barevný systém, který řadí barvu do dvou rozměrů, a to do barevného modelu CIE Yxy. Hodnoty x a y jsou nezávislé na jasu Y. Podle Skaly (1993) se zobrazením jednotlivých barev do roviny xy dostane standardní barevný diagram CIE-xy (obr. 14) zvaný též diagram chromatičnosti

(Viscara-Rossel 2006). Nevýhodou diagramu je nesoulad mezi vnímáním barevných rozdílů a současně i rozložení barvy (Viscara- Rossel 2006).



Obr. 14: Barevný model CIE xy (Viscara- Rossel 2006)

6. 1. 3. Model $L^*a^*b^*$ (CIELAB)

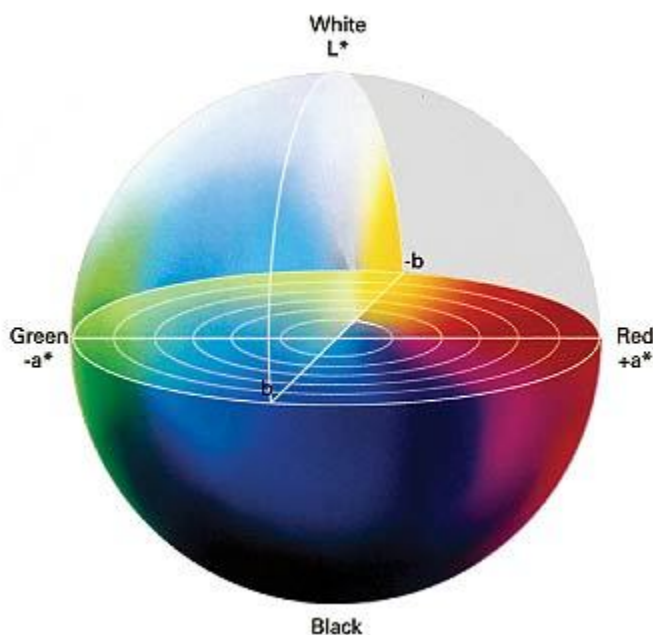
V roce 1976 komise CIE navrhla barevný model $L^*a^*b^*$ (obr. 15), který slouží jako standardní barevný systém používaný pro studii barev sedimentů (Francus 2004), vycházející z modelu CIE XYZ (Skala 1993). Podle Viscara-Rossela (2006) v tomto systému L^* znázorňuje světlost (lightness) pohybující se v rozmezí od 0 (černá) po 100 (bílá). Barva (hue) je vyjádřena jako a^* (nabývá záporných hodnot pro zelenou a kladné pro červenou barvu) a b^* (nabývá záporných hodnot pro modrou a kladných pro žlutou barvu).

Převod z RGB do $L^*a^*b^*$ systému je definováno prostřednictvím hodnot XYZ. V tomto systému Y (jas) představuje šedou škálu a X a Z podává informaci o aktuální barvě. V těchto třech systémech má černá barva hodnoty (0, 0, 0). Bílá barva v RGB má hodnoty (255, 255, 255) a v $L^*a^*b^*$ (100, 0, 0). Nicméně, v systému XYZ jsou všechny barvy definovány vzhledem k bílému bodu. V systému CIE jsou bílé body používány pro různé aplikace. Definují barvu, která vypadá jako bílá, a to pod určitými světelnými podmínkami. Příslušné dva bílé body, jež jsou pozorovány pod úhlem dvou stupňů, nazýváme CIE C a CIE D65 (Rothwell 2006).

D65 (2°) je standardní bílá používána v televizích a monitorech. Představuje bílé denní světlo a nabývá hodnot $X= 95.05$, $Y= 100$ a $Z= 108.9$. Na definici Munsellových barev je založen bod C (2°), který reprezentuje nepřímé světlo a nabývá hodnot $X= 98.074$, $Y= 100$ a $Z= 118.232$ (Rothwell 2006). Výhodou tohoto systému je, že jsou proměnné snadno interpretovány pomocí barev a tak mohou být zaznamenány i lidským okem (Francus 2004).

Příkladem použití systému CIE $L^*a^*b^*$ v pedologii je využití barevných parametrů pro studium vlastností organické hmoty rašelin- obsah C a N, poměr C a N a stanovení stupně

humifikace DPH (Sanmartín et al. 2015). Dalším příkladem je měření barevných parametrů v půdách pro statistické stanovení celkového obsahu uhlíku, dusíku a železa zemědělských půd v Japonsku (Moritsuka et al. 2014).



Obr. 15: Barevný model CIE $L^*a^*b^*$ (Bábek 2013)

7. Mineralogické aplikace barev v kolorimetrii

7. 1. Spektrální křivky ve viditelném světle

Spektrální měření odraznosti minerálů je měřeno pomocí spektrofotometru (Scheinost et al. 1998). Spektrální křivka je výsledkem měření, která je charakterizována jako funkce vlnové délky vyjadřující odraznostní vlastnosti materiálu. Rozsah vlnově-délkových pásem se dělí na: viditelné VIS (400-700 nm), ultrafialové UV (200-400 nm), blízké infračervené NIR (700-2500 nm) a střední infračervené spektrum MIR (2500- 25000 nm).

7. 2. Identifikace minerálů podle absorpčních pásem

Difúzní odraznostní spektroskopie v rozsahu viditelného světla (400-700 nm) se používá jako metoda pomocí, které lze identifikovat a semikvantitativně vyhodnotit oxidy železa v půdách a sedimentech (Scheinost et al. 1998). Druhotné oxy-hydroxidy železa jsou nejdůležitějším činiteli v půdách, které mají nízký obsah organické hmoty. Minerály- goethit (žlutohnědý) a hematit (červený) jsou běžné v půdách, zatímco ferrihydrid, lepidokrokit a maghemit jsou méně hojné (Torrent et al. 1983). Oxidy železa se v absorpčních pásmech projevují v blízkém infračerveném spektru okolo 860 nm (Deaton a Balsam 1991).

Pomocí spektrálních křivek charakterizujeme specifické minerály a jejich chemickou variabilitu. Pro vymezení okrajů absorpčních pásem pro daný barevný tón minerálu se používá 1. a 2. derivace odraznostní funkce (Bábek 2013). Podle Deatona a Balsama (1991) je

1. derivace odraznostní funkce vhodná jako kvalitativní ukazatel pro kvantitativní určení koncentrace hematitu a také goethitu. Pro hematit je charakteristický pík na křivce 1. derivace odraznostní funkce v rozmezí 565-575 nm. Hematit má pouze jeden derivační pík. Goethit je charakterizován dvěma absorpčními pásmy (píky na křivce 1. derivace) v rozmezí od 535 do 435 nm.

8. Metodika práce

Terénní práce

Během terénní etapy byly ze dvou lokalit vykopány 4 půdní profily v reprezentativních typech půd (hnědozem, černozem, luvizem a kambizem), které byly pravidelně ovzorkovány s vertikálním krokem 3 cm. Na první lokalitě, obec Přáslavice, byly odebrány celkem 3 půdní profily a to hnědozem (PR1), luvizem (PR2) a kambizem (PR4) do hloubky 60 cm (viz. obr. 6, červené kříže). Na lokalitě č. 2, obec Příkazy, byl odebrán 1 půdní profil černozem (PŘÍK) také do hloubky 60 cm (viz. obr. 7, zelený kříž).

Laboratorní práce

Laboratorní práce probíhaly na Katedře geologie na Univerzitě Palackého v Olomouci. Vzorky z půdních profilů (celkem 80) byly usušeny při teplotě od 40-50 °C. Všechny vzorky byly rozděleny na dvě části. Jedna část byla zvážena s přesností na 1 setinu gramu a dále změřena magnetická susceptibilita pomocí laboratorního kapamůstku KLY-4S (AGICO, s.r.o.). Objemová magnetická susceptibilita (κ) byla přepočtena na hmotnostně specifickou magnetickou susceptibilitu (χ [$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$]) podle vzorce $\chi = \kappa / \text{hmotnost vzorku} / 1000$.

Druhá polovina vzorků byla rozetřena v třecí misce. Barevnostní parametry této části vzorku byly získány pomocí ručního spektrálního fotometru s kulovou geometrií SP-62 (X-Rite Inc., USA) a s obslužným softwarem X-Rite Color Master. SP-62 měří spektrální odraznosti ve viditelném světle (400-700 nm) s krokem 10 nm a dále hodnoty kolorimetrických parametrů v barevném prostoru CIE L*a*b* (bezrozměrná čísla). Z hodnot odraznosti byl vypočten procentuální podíl odraznosti v červené části spektra (635 – 700 nm) (tzv. index červenosti, %).

Tyto vzorky byly dále podrobeny analýze chemického složení metodou energio-disperzní rentgenové fluorescence (EDXRF) pomocí přístroje Delta Premium (Innov-X, USA) v režimu "lehká matrice" (celkem 80 vzorků ze 4 půdních profilů). Doba měření byla nastavena na 100 s.

Na závěr byly vzorky půd porovnány pomocí Munsellových barevných tabulek (obr. 16) pro určení barev u jednotlivých půdních horizontů.

Data byly zpracovány v programu MS Excel a Corel Draw.



Obr. 16: Munsellovy barevné tabulky

9. Výsledky

9. 1. Lokalita č. 1: Přešlavice

Z obce Přešlavice byly odebrány 3 půdní profily do hloubky 60 cm.

Souřadnice lokalit (systém WGS-84):

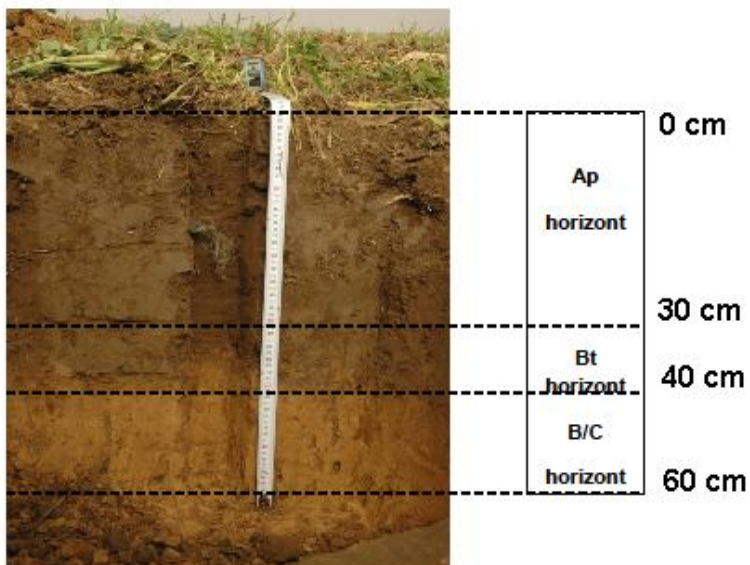
PR1: 49° 34' 54.926" N, 17° 22' 03.052" E

PR2: 49° 34' 52.496" N, 17° 24' 13.726" E

PR4: 49° 35' 37.2" N, 17° 24' 01.2" E

Popis půdního profilu PR1 (hnědozem)

V hloubce 0-30 cm se vyskytuje horizont vytvořený kultivací a orbou, tzv. Ap horizont hnědošedé barvy. Pod tímto horizontem leží luvický, jílem obohacený hnědý Bt horizont (obr. 17) v hloubce 30- 40 cm. Podloží půdního profilu tvoří přechodný horizont B/C ležící v hloubce od 40 do 60 cm světle hnědé barvy. Pro půdní typ hnědozem je stratigrafie profilu: Ap-Bt- B/C.



Obr. 17: Půdní profil hnědozemě

Magnetická susceptibilita

Hodnoty magnetické susceptibility získané z půdního profilu PR1 se pohybují v rozsahu od $2,49 \cdot 10^{-7}$ do $7,96 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrné hodnoty jsou $3,65 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Směrodatná odchylka tohoto profilu je $1,21 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Maximální hodnota se vyskytuje v hloubce 1,5 cm a to $7,96 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, zatímco minimální hodnota je zaznamenána v hloubce 55,5 cm a nabývá hodnoty $2,49 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$.

Průběh křivky má klesající trend (obr. 18). Extrémní výkyv je zaznamenán v hloubce 1,5 cm v orničním Ap horizontu, odtud pak klesá do hloubky 28,5 cm. Nárůst hodnot byl zaznamenán v hloubce od 30-34,5 cm, kde je přechod Ap horizontu do luvického, jílem obohaceného horizontu Bt. Od hloubky 34,5 cm má klesající trend do podloží horizontu B/C.

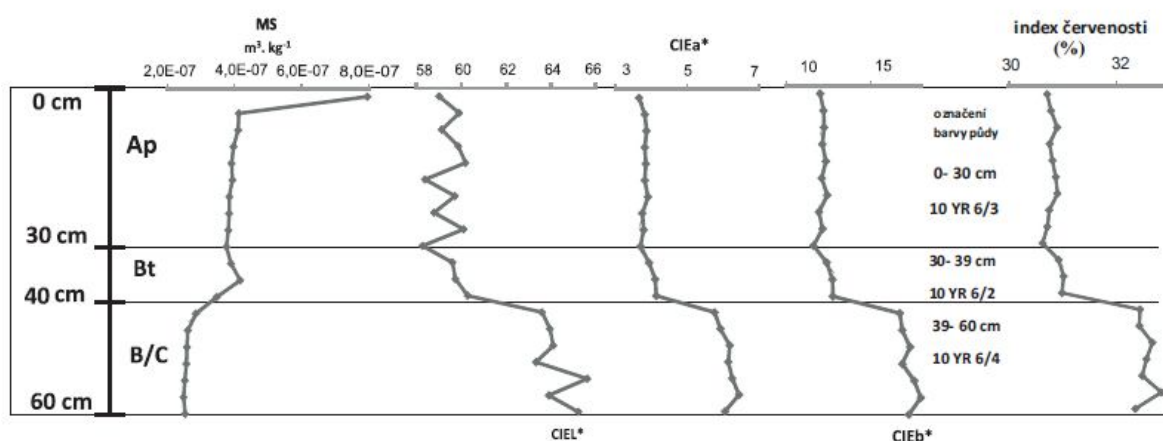
Kolorimetrie

Kolorimetrické parametry CIEL* nabývají hodnot od 58,28 do 65,62. CIE a* nabývá hodnot od 3,66 do 6,45 a CIE b* nabývá hodnot od 10,96 do 17,33. Průměrné hodnoty CIE L* pro půdního profil PR1 jsou 61,18. CIE a* má průměrné hodnoty 4,65 a CIE b* 13,34. Směrodatná odchylka pro CIE L* je 2,45. Pro parametry CIE a* je směrodatná odchylka 1,12 a pro CIE b* je 2,48. Index červenosti se pohybuje v hodnotách od 30 do 33 %. Průměrná hodnota je 31 % a směrodatná odchylka 0,84 %.

Křivka CIE L* je od báze výrazně rozkolísaná, pohybuje se směrem k vyšším hodnotám (obr. 18). Ve svrchní části horizontu Ap v hloubce od 10 cm a od 25,5 cm dochází k nárůstu hodnot, které odtud pak klesají. Nejvyšší hodnoty jsou zaznamenány od hloubky 40 cm v přechodném horizontu B/C, odtud pak dochází ke zvýšení hodnot až do podloží. Nejnižší hodnoty jsou zaznamenány v hloubce 28,5 cm v orničním horizontu Ap, na jejich hranici s Bt horizontem dochází k nárůstu k vyšším hodnotám.

Křivky CIE a* a CIE b* vykazují relativně stálé hodnoty od báze do hloubky 30 cm, kde hraničí Ap horizont s Bt horizontem (obr. 18). Od hloubky 30 cm je zaznamenán nárůst hodnot. Nejvyšší hodnoty jsou pozorovány od hloubky 40 cm s následným nárůstem až do podloží horizontu B/C.

Křivka indexu červenosti má relativně stálý průběh do hloubky 30 cm (obr. 18). Lehké zvýšení hodnot je zaznamenáno od hloubky 30 cm v horizontech Bt. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny od hloubky 40 cm, kde je zaznamenán přechod Bt horizontu s B/C horizontem, odtud je zřetelný její nárůst hodnot.



Obr. 18: Půdní profil PR1 a průběh křivek pro MS, CIE L*, CIE a*, CIE b*, barevné označené půd podle Munsellových tabulek a index červenosti (%)

Geochemie prvků

Hodnoty obsahu Al se pohybují v rozsahu hodnot od 4,7 do 5,71 %; Fe v rozmezí od 2,45 do 3,25 %; Mn v rozmezí od 0,06 do 0,07 %; Ca v rozmezí hodnoty od 0,54 do 0,82 %. Průměrné hodnoty pro půdní profil PŘ1 jsou pro obsah Al 5,05 %; Fe 2,74 %; Mn 0,06 %; Ca 0,66 %. Směrodatné odchylky jsou pro Al 0,33 %; Fe 0,32 %; Mn $4,29 \cdot 10^{-3}$ %; Ca 0,09 %.

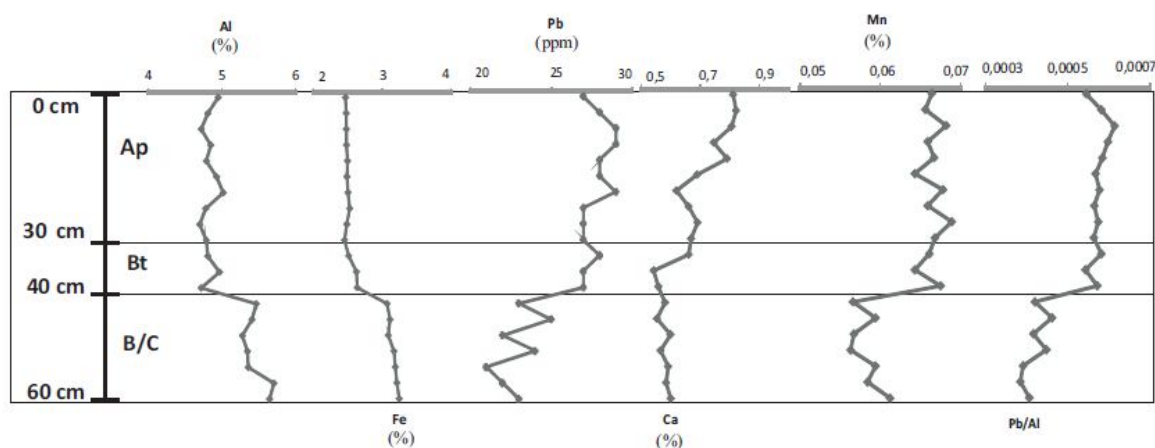
Křivka pro Al má stoupající trend do podloží. Nejvyšší hodnoty jsou zaznamenány v přechodném horizontu B/C (obr. 19). V orničním Ap horizontu hodnoty mírně narůstají, poté mají relativně stálý průběh.

Křivka Fe má rostoucí trend do podloží (obr. 19). V přechodném horizontu B/C vykazuje nejvyšších hodnot, zatímco v orničním horizontu Ap má křivka konstantní průběh.

Hodnoty na křivce Mn jsou v horizontu Ap výrazně rozkolísané. Pokles hodnot je zaznamenán v Bt horizontu až k bázi přechodného horizontu B/C, odtud pak hodnoty rostou až do podloží.

Křivka pro Ca má při bázi Ap horizontu nejvyšší hodnoty, přičemž v hloubce 13 cm dochází k poklesu hodnot. Nárůst hodnot je zaznamenán od hloubky 20 cm, odtud pak křivka klesá. Rozkolísané hodnoty vykazuje přechodný horizont B/C.

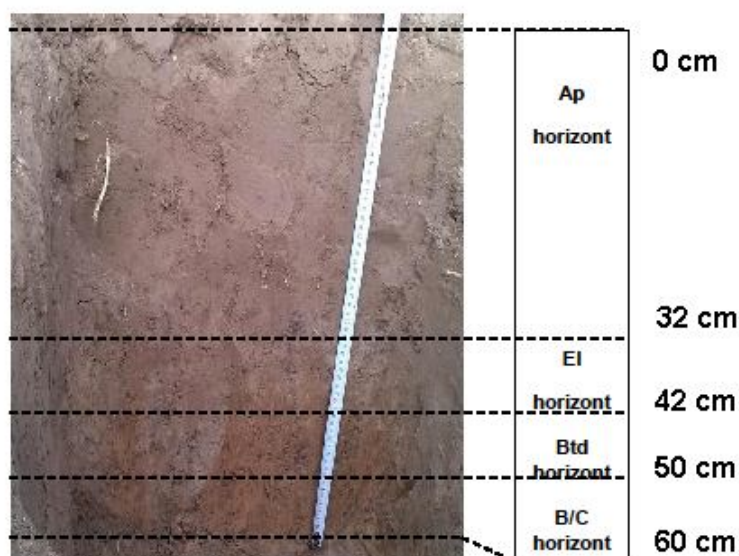
Ze stopových prvků byla změřena koncentrace Pb, která se pohybuje v rozmezí od 21 do 29 ppm. Průměrná hodnota je 26,05 ppm a směrodatná odchylka je 2,61 ppm. Hodnoty na křivce Pb mají výrazně rozkolísaný průběh (obr. 19). V horizontu Bt hodnoty klesají a opět narůstají, přičemž v podloží přechodného horizontu křivka mírně roste. Relativně konstantní průběh vykazuje orniční horizont. Koncentrace Pb, normalizované na Al, se pohybují v rozmezí od $3,85 \cdot 10^{-4}$ do $6,14 \cdot 10^{-4}$; průměr $Pb/Al = 5,20 \cdot 10^{-4}$ a směrodatná odchylka $Pb/Al = 7,94 \cdot 10^{-5}$. Hodnoty na křivce Pb/Al mají relativně stálý průběh v horizontu Ap (obr. 19). Pokles hodnot a jejich mírný nárůst je zachycen v přechodném B/C horizontu, kde v podloží je zřetelné, že křivka opět mírně roste.



Obr. 19: Půdní profil PR1 a obsah Al (%), Fe (%), Pb (ppm), Ca (%), Mn (%) a poměr Pb/Al

Popis půdního profilu PR2 (luvizem)

Do hloubky 32 cm se nachází Ap horizont hnědošedé barvy, vytvořený kultivací. Pod tímto horizontem je vyvinut plavý, vybělený eluviální El horizont sahající od hloubky 32-42 cm. Ten přechází jazykovými zátekami do jílem obohaceného rezavohnědého luvického horizontu Btd vyskytující se v hloubce od 42 do 50 cm. Podloží tvoří přechodný horizont B/C světle rezavohnědé barvy v hloubce od 50 do 60 cm. Stratigrafie půdního profilu je Ap-El-Btd-B/C (obr. 20).



Obr. 20: Půdní profil luvizemě

Magnetická susceptibilita

Hodnoty magnetické susceptibility získané z půdního profilu PR2 se pohybují v rozsahu od $1,29 \cdot 10^{-7}$ do $3,74 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrné hodnoty jsou $1,63 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Směrodatná odchylka tohoto profilu je $5,35 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Maximální hodnota se vyskytuje v hloubce 43,5 cm a to $3,74 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, zatímco minimální hodnota je zaznamenána v hloubce 1,5 cm a nabývá hodnoty $1,29 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$.

Průběh křivky má mírně stoupající trend do podloží (obr. 21). Nárůst hodnot je zaznamenán v hloubce od 40 cm, což je přechod mezi ochuzeným eluviálním horizontem El a jílem obohaceným luvickým horizontem Btd. Ostrý pík byl zaznamenán v horizontu Btd a to v hloubce 43,5 cm. Od hloubky 43,5 cm se hodnoty snižují až do přechodného horizontu B/C.

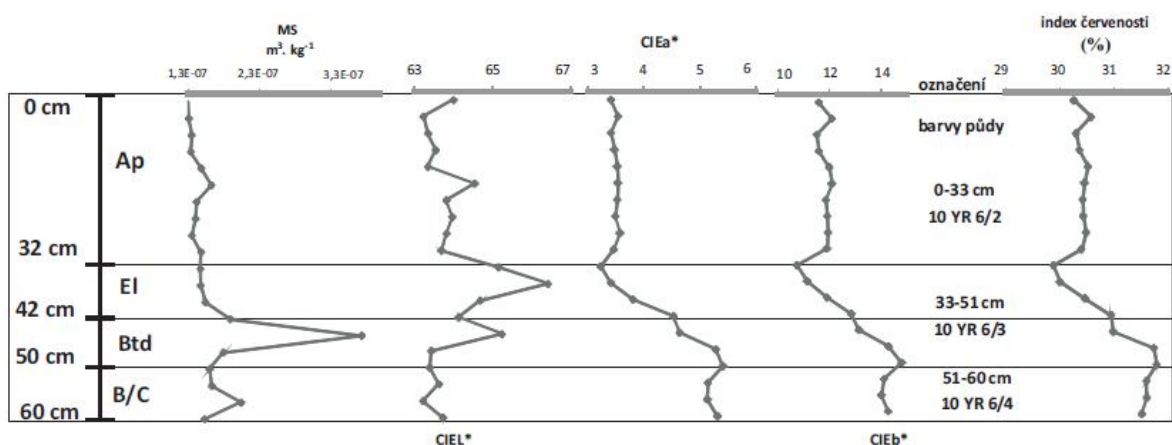
Kolorimetrie

Kolorimetrické parametry CIEL* nabývají hodnot od 63,23 do 66,46. CIE a* nabývá hodnot od 3,25 do 5,42 a CIE b* nabývá hodnot od 10,74 do 14,77. Průměrné hodnoty CIE L* pro půdního profil PR2 jsou 64,03. CIE a* má průměrné hodnoty 4,06 a CIE b* 12,48. Směrodatná odchylka pro CIE L* je 0,82. Pro parametry CIE a* je směrodatná odchylka 0,80

a pro CIE b* je 1,18. Index červenosti se pohybuje v hodnotách od 30 do 32 %. Průměrná hodnota je 31 % a směrodatná odchylka 0,6 %.

Křivka CIE L* pro půdní profil PR2 vykazuje rozkolísané hodnoty (obr. 21). Nárůst hodnot je zaznamenán od hloubky 10,5 cm v orničním Ap horizontu. Další nárůst hodnot je od hloubky 30 cm v horizontu El. Nejnižší hodnoty jsou zaznamenány od hloubky 43 cm. Křivka ve svrchní části Ap horizontu vykazuje snížení hodnot do hloubky 13 cm, odtud roste do hloubky 16,5 cm a pak opět mírně klesá. Křivky CIE a* a CIE b* vykazují rostoucí trend do podloží od hloubky 30 cm (obr. 21). V orničním horizontu Ap jsou hodnoty relativně stálé a stejné.

Křivka indexu červenosti nabývá velkého rozsahu hodnot. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány od hloubky 32 cm v horizontech El, Btd, kde křivka má rostoucí trend do podloží (obr. 21). Samostatný přechodný horizont B/C má relativně stálé, vysoké hodnoty. V hloubce 31,5 cm, kde je zaznamenán přechod Ap horizontu s El horizontem dosahující hodnoty svého minima. Křivka v Ap horizontu vykazuje stálé hodnoty.



Obr. 21: Půdní profil PR2 a průběh křivek pro MS, CIE L*, CIE a*, CIE b*, barevné označené půd podle Munsellových tabulek a index červenosti (%)

Geochemie prvků

Hodnoty obsahu Al se pohybují v rozsahu hodnot od 4,02 do 5,44 %; Fe v rozmezí od 1,86 do 3,34 %, Mn v rozmezí od 0,05 do 0,10 %, Ca v rozmezí hodnoty od 0,35 do 0,54 %. Průměrné hodnoty pro půdní profil PR2 jsou pro obsah Al 4,57 %; Fe 2,40 %; Mn 0,06 %; Ca 0,43 %. Směrodatné odchylky jsou pro Al 0,52 %; Fe 0,61 %; Mn 0,01 %; Ca 0,04 %.

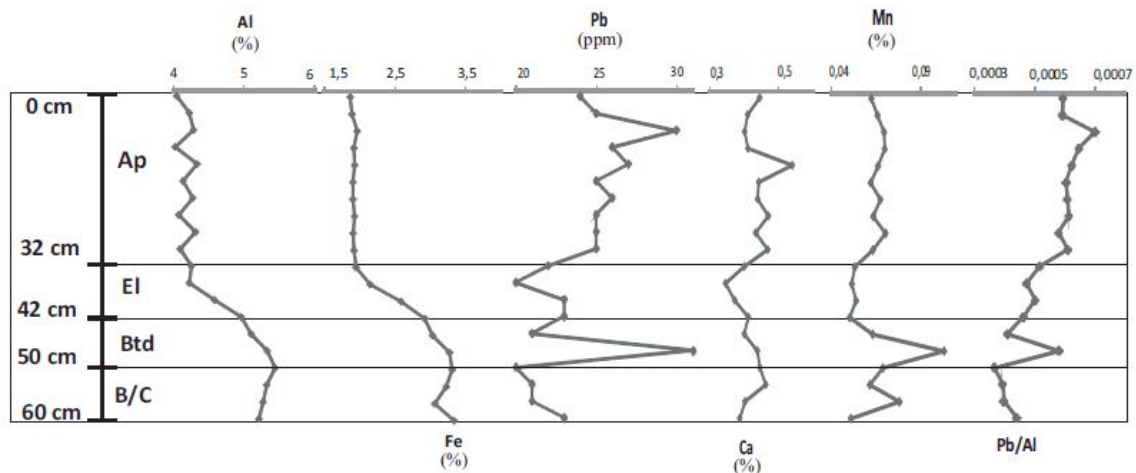
Křivka pro Al má stoupající trend do podloží (obr. 22). Rozkolísané hodnoty jsou zaznamenány v orničním Ap horizontu. Nárůst je zachycen v horizontech El a Btd, přičemž v přechodném B/C horizontu křivka mírně klesá.

Křivka pro Fe má rostoucí trend do podloží. Nárůst byl zaznamenán v horizontech El, Btd. V přechodném horizontu B/C od hloubky 50 cm je patrný mírný pokles hodnot (obr. 22). V orničním horizontu Ap mají hodnoty konstantní průběh.

Hodnoty na křivce Mn jsou výrazně rozkolísané. Největší výkyvy byly pozorovány od hloubky 30 cm v horizontech E1 a Btd. Výrazný pík je zachycen v hloubce 46 cm, kde hodnoty klesají až do podloží Btd horizontu. Mírný nárůst a rychlý pokles hodnot je zaznamenán od hloubky 52 cm v přechodném horizontu B/C.

Křivka pro Ca má v orničním Ap horizontu výrazně rozkolísané hodnoty. Výrazný pík je zachycen v hloubce 13 cm, kde hodnoty dosahují svého maxima. Pokles hodnot je zaznamenán od hloubky 28 cm, přičemž od hloubky 34 cm křivka roste. Menší pokles byl pozorován v podloží přechodného B/C horizontu.

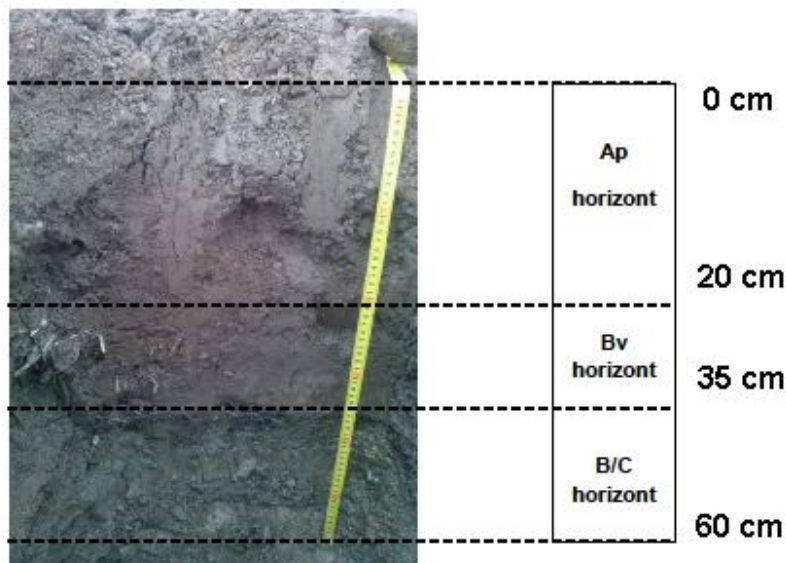
Ze stopových prvků byla změřena koncentrace Pb, která se pohybuje v rozmezí hodnot od 20 do 31 ppm. Průměrná hodnota je 24,15 ppm a směrodatná odchylka je 3,01 ppm. Průběh křivky Pb je výrazně rozkolísaný (obr. 22). Nárůst hodnot bylo zaznamenáno při bázi Ap horizontu, poté křivka klesá s občasnými výkyvy až do hloubky 34 cm. Výrazný pík je zachycen v hloubce 46 cm, kde hodnoty rychle klesají. Mírný nárůst byl pozorován v přechodném horizontu B/C směrem do podloží půdního profilu. Koncentrace Pb, normalizované na Al, se pohybují v rozmezí od $3,68 \cdot 10^{-4}$ do $7,01 \cdot 10^{-4}$; průměr Pb/Al = $5,37 \cdot 10^{-4}$ a směrodatná odchylka Pb/Al $9,78 \cdot 10^{-5}$. Hodnoty na křivce Pb/Al při bázi Ap horizontu rostou (obr. 22). Od hloubky 7 cm byl zaznamenán pokles hodnot s menšími výkyvy až k podloží Btd horizontu. Výrazný pík je zachycen v hloubce 46 cm, odtud pak křivka klesá. Hodnoty v přechodném B/C horizontu rostou směrem do podloží.



Obr. 22: Půdní profil PR2 a obsah Al (%), Fe (%), Pb (ppm), Ca (%), Mn (%) a poměr Pb/Al

Popis půdního profilu PR4 (kambizem)

Pro půdní profil kambizem je charakteristický kambický hnědý horizont tmavohnědé barvy ležící v hloubce od 20 do 35 cm. Při bázi se vyskytuje orniční horizont Ap vytvořený kultivací do hloubky 20 cm hnědošedé barvy. Podloží tvoří přechodný horizont B/C od hloubky 35- 60 cm. Stratigrafie půdního profilu je Ap-Bv-B/C (obr. 23).



Obr. 23: Půdní profil kambizemě

Magnetická susceptibilita

Hodnoty magnetické susceptibility získané z půdního profilu PR4 se pohybují v rozsahu od $8,42 \cdot 10^{-8}$ do $6,65 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrné hodnoty jsou $2,48 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Směrodatná odchylka tohoto profilu je $1,26 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Maximální hodnota se vyskytuje v hloubce 10,5 cm a to $6,65 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, zatímco minimální hodnota je zaznamenána v hloubce 37,5 cm a nabývá hodnoty $8,42 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$.

Průběh křivky má rozkolísaný charakter v celém půdním profilu (obr. 24). Nejnižší hodnoty jsou zaznamenány v hloubce od 37,5 cm v přechodném horizontu Bv/C, odtud pak hodnoty rychle rostou až do hloubky 49,5 cm a pak zase klesají. Dále jsou zaznamenány v hloubce 28,5 cm u kambického horizontu Bv, odtud pak křivka roste do hloubky 31,5 cm. V orníčním horizontu Ap vyběhá ostrý pík v hloubce 10,5 cm, kde dosahuje svého maxima. Další ostrý pík vyběhá v přechodném horizontu Bv/C a to v hloubce 49,5 cm, odtud hodnoty opět narůstají. Mírný nárůst hodnot je zaznamenán v hloubce 16,5 cm.

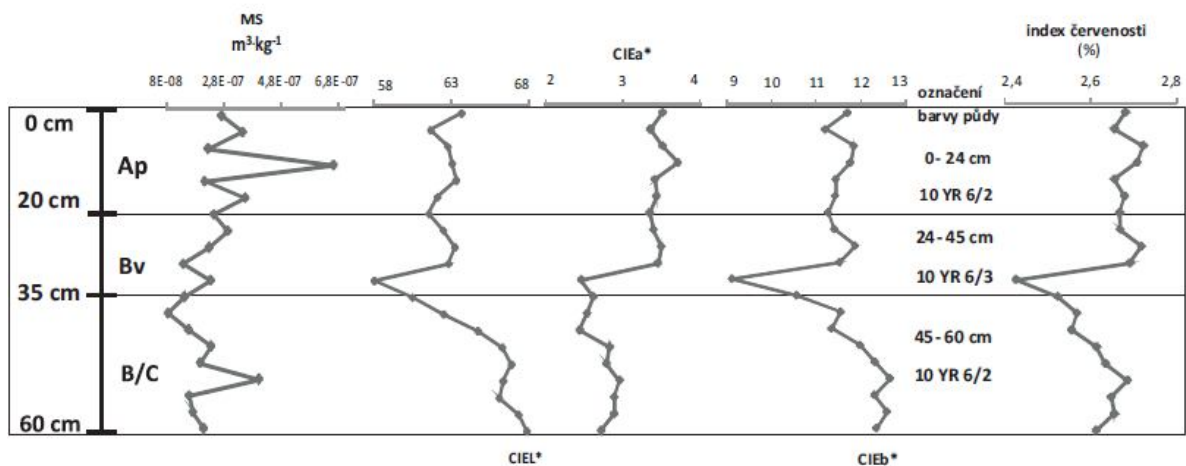
Kolorimetrie

Kolorimetrické parametry CIEL* nabývají hodnot od 58,04 do 67,86. CIE a* nabývá hodnot od 2,44 do 3,72 a CIE b* nabývá hodnot od 9,12 do 12,66. Průměrné hodnoty CIE L* pro půdního profil PR4 jsou 63,65. CIE a* má průměrné hodnoty 3,09 a CIE b* 11,62. Směrodatná odchylka pro CIE L* je 2,51. Pro parametry CIE a* je směrodatná odchylka 0,42 a pro CIE b* je 0,78. Index červenosti se pohybuje v hodnotách od 24 do 27 %. Průměrná hodnota je 26 % a směrodatná odchylka 0,7 %.

Křivka CIE L* pro půdní profil PR4 má rostoucí trend do podloží s občasnými výkyvy. Nejnižší hodnoty jsou zaznamenány v hloubce 31,5 cm (obr. 24), kde křivka dosahuje svého

minima. Křivka při bázi kambického Bv horizontu roste, odtud pak dochází ke snížení hodnot. Ke zvýšení hodnot dochází při rozhraní mezi kambickým Bv a přechodným Bv/C horizontem, kde od hloubky 46,5 cm je zaznamenán maximální nárůst hodnot. Křivky CIE a* a CIE b* vykazují při bázi půdního profilu relativně stále hodnoty (obr. 24). Od hloubky 25,5 cm dochází ke snížení hodnot. Zvýšení hodnot je zaznamenáno od 34,5 cm až do podloží přechodného horizontu Bv/C.

Křivka indexu červenosti má výrazně rozkolísané hodnoty (obr. 24). Nárůst hodnot vykazuje křivka od hloubky 40 cm, odtud je zaznamenán nárůst hodnot s jejich následným snížením do podloží. Od hloubky 28,5 cm dochází ke snížení, kde v hloubce 31,5 cm je zaznamenán minimum hodnot. Orniční horizont Ap má při bázi zvýšené hodnoty. Snížení hodnot je zaznamenáno od hloubky 13 cm, naopak patrné zvýšení pozorujeme při rozhraní mezi Ap a Bv horizontem.



Obr. 24: Půdní profil PR4 a průběh křivek pro MS, CIE L*, CIE a*, CIE b*, barevné označení půd podle Munsellových tabulek a index červenosti (%)

Geochemie prvků

Hodnoty obsahu Al se pohybují v rozsahu hodnot od 4,14 do 5,39 %; Fe v rozmezí od 1,93 do 3,41 %; Mn v rozmezí od 4,99 do 11,47 %; Ca v rozmezí hodnoty od 0,35 do 1,27 %. Průměrné hodnoty pro půdní profil PŘ4 jsou pro obsah Al 4,73 %; Fe 2,39 %; Mn 0,07 %; Ca 0,62 %. Směrodatné odchylky jsou pro Al 0,37 %; Fe 0,36 %; Mn 0,02 %; Ca 0,25 %.

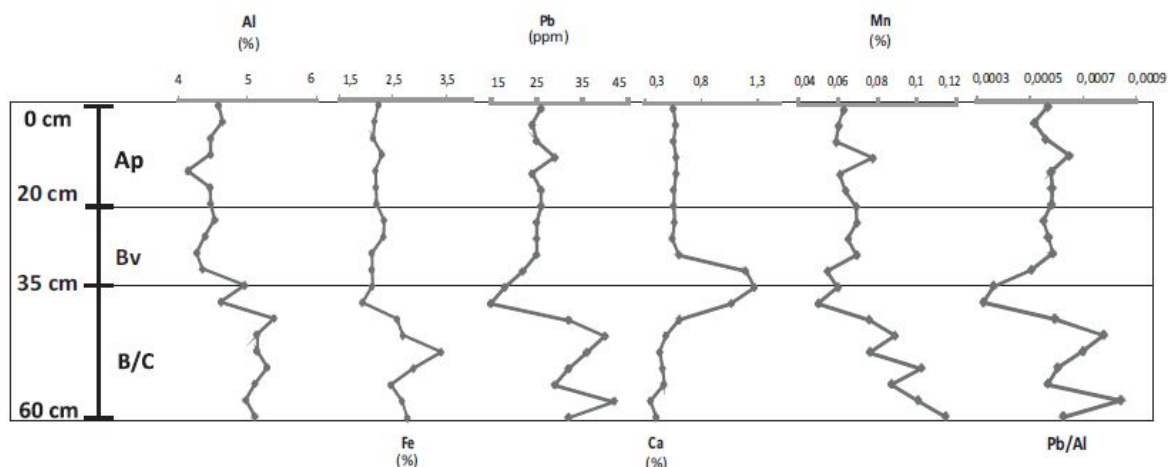
Průběh křivky pro Al má relativně stálý charakter (obr. 25). Při bázi půdního horizontu Ap má křivka stálé hodnoty. V hloubce 13 cm je zaznamenána minimální hodnota, přičemž křivka pak roste až do podloží Bv horizontu. Při bázi přechodného horizontu B/C jsou zaznamenány nejvyšší hodnoty, do podloží pak hodnoty postupně klesají.

Křivka pro Fe má výrazně vyšší hodnoty v přechodném horizontu B/C. Ostrý pík je zachycen v hloubce 46 cm, kde dochází k poklesu a opětovnému nárůstu až do podloží. Hodnoty Bv horizontu mírně klesají (obr. 25)

Hodnoty na křivce Mn jsou výrazně rozkolísané. Nárůst hodnot až do podloží je zaznamenáno v přechodném B/C horizontu. V orničním Ap horizontu, v hloubce 10 cm je zachycen ostrý pík. K poklesu a opětovnému nárůstu hodnot dochází v Bv horizontu.

Křivka pro Ca má stálé hodnoty v Ap horizontu, přičemž k nárůstu hodnot dochází až v rozhraní mezi Bv a B/C horizontem. Rychle klesající charakter vykazuje křivka v přechodném horizontu B/C.

Ze stopových prvků byla změřena koncentrace Pb, která se pohybuje v rozmezí hodnot od 15 do 42 ppm. Průměrná hodnota je průměr 27,65 ppm a směrodatná odchylka je 6,64 ppm. Křivka pro Pb má výrazně rozkolísaný charakter (obr. 25). Nejvyšší hodnoty jsou zaznamenány v přechodném horizontu B/C, kde křivka roste a opět klesá. V kambickém horizontu Bv mají hodnoty stálý charakter, přičemž v podloží dochází k nárůstu až na hranici přechodného B/C horizontu. Mírný nárůst hodnot je zachycen v hloubce 10 cm, odtud pak křivka vykazuje relativně stálý průběh. Koncentrace Pb, normalizované na Al, se pohybují v rozmezí od $3,25 \cdot 10^{-4}$ do $8,43 \cdot 10^{-4}$; průměr $Pb/Al = 5,83 \cdot 10^{-4}$ a směrodatná odchylka $Pb/Al 1,16 \cdot 10^{-4}$. Průběh křivky pro Pb/Al je velmi rozkolísaný (obr. 25). Nejvyšší výkyvy jsou zaznamenány v přechodném horizontu B/C. Při bázi Ap horizontu křivka roste do hloubky 10 cm, přičemž pak vykazuje relativně konstantní průběh. Další výkyv hodnot je zachycen při podloží Bv horizontu, kde hodnoty klesá až k hranici mezi horizonty Bv a B/C.



Obr. 25: Půdní profil PR4 a obsah Al (%), Fe (%), Pb (ppm), Ca (%), Mn (%) a poměr Pb/Al

9. 2. Lokalita č. 2: Příkazy

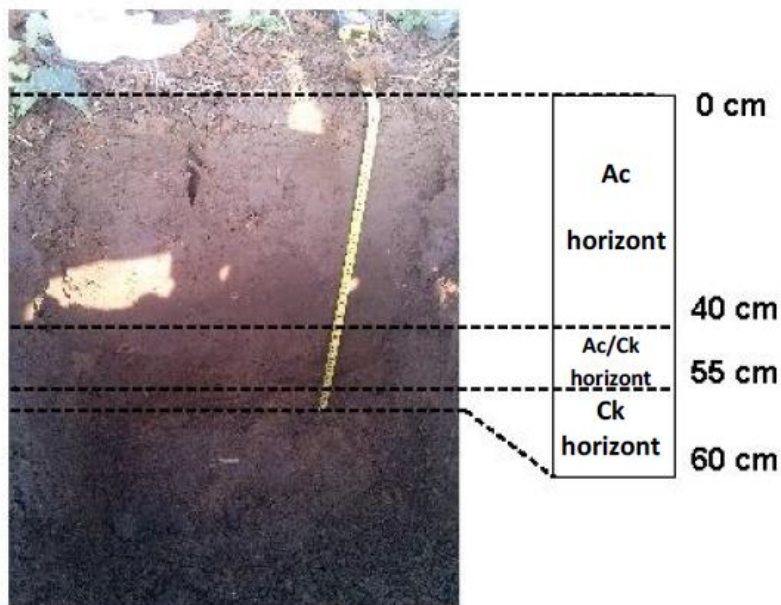
Z obce Příkazy byl odebrán 1 půdní profil do hloubky 60 cm (obr. 26).

Souřadnice lokality (systém WGS-84):

PŘÍK: 49°35'37.2"N 17°24'01.2"E

Popis půdního profilu PŘÍK (černozem)

Mocný tmavošedý humusový horizont Ac, který má hloubku od 0 do 40 cm. Přechodný horizont Ac/Ck leží v hloubce od 40 do 55 cm. Přechodný horizont Ac/Ck přechází do půdotvorného substrátu, kterým jsou spraše. Při makroskopickém popisu byla zjištěna přítomnost vápnitých žilek, které jsou příznačné u spraší. Stratigrafie půdního profilu je Ac-Ac/Ck-Ck (obr. 26).



Obr. 26: Půdní profil černozemě

Magnetická susceptibilita

Hodnoty magnetické susceptibility získané z půdního profilu PŘÍK se pohybují v rozsahu od $2,35 \cdot 10^{-7}$ do $5,79 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrné hodnoty jsou $4,35 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Směrodatná odchylka tohoto profilu je $1,09 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Maximální hodnota se vyskytuje v hloubce 1,5 cm a to $5,79 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, zatímco minimální hodnota je zaznamenána v hloubce 60 cm a nabývá hodnoty $2,35 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$.

Průběh křivky má klesající charakter (obr. 27). Při bázi půdního profilu horizontu Ac hodnoty pozvolna klesají do hloubky 20 cm. V hloubce od 20 do 22,5 cm křivka vykazuje mírný nárůst hodnot. K rychlému poklesu hodnot dochází od hloubky 25 cm, až do podloží

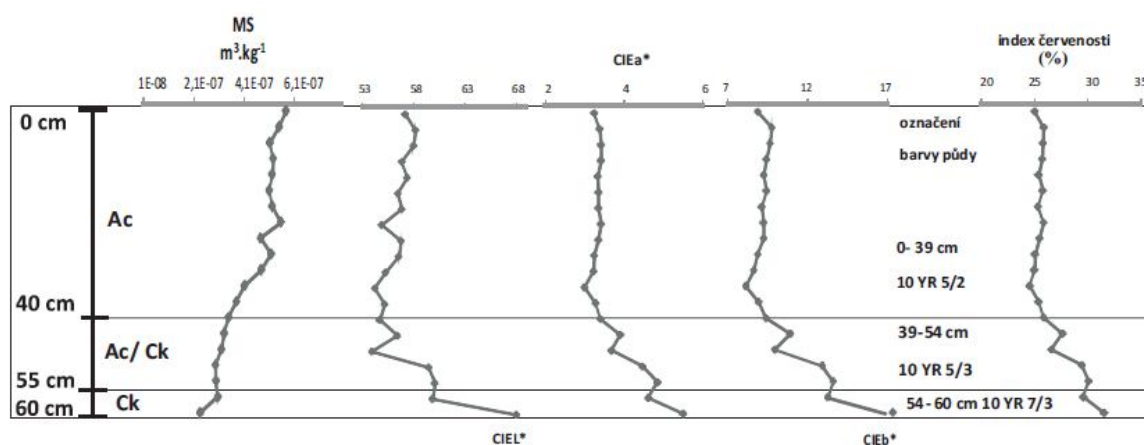
půdotvorného substrátu. Nízké hodnoty vykazuje horizont Ck do hloubky 60 cm, kde dosahuje svého minima.

Kolorimetrie

Kolorimetrické parametry CIEL* nabývají hodnot od 53,96 do 68,01. CIE a* nabývá hodnot od 2,99 do 5,51 a CIE b* nabývá hodnot od 8,16 do 16,87. Průměrné hodnoty CIE L* pro půdního profil PŘÍK jsou 57,32. CIE a* má průměrné hodnoty 3,67 a CIE b* 10,29. Směrodatná odchylka pro CIEL* je 3,07. Pro parametry CIE a* je směrodatná odchylka 0,66 a pro CIE b* je 2,19. Index červenosti se pohybuje v hodnotách od 25 do 32 %. Průměrná hodnota je 27 % a směrodatná odchylka 0,2 %.

Křivka CIE L* má stoupající trend do podloží. Nejvyšší hodnoty jsou zaznamenány v hloubce 60 cm v Ck horizontu. Nejnížší hodnoty jsou v hloubce 46,5 cm v přechodném horizontu Ac/Ck, odtud pak dochází ke zřetelnému nárůstu až do podloží půdotvorného substrátu (obr. 27). V horizontu Ac má křivka v hloubce od 31 do 40 cm mírně klesající charakter. Křivky CIE a* a CIE b* vykazují rostoucí trend do podloží (obr. 27). V horizontu Ac jsou naměřeny stálé hodnoty, v Ac/Ck a Ck horizontu pak hodnoty vzrůstají.

Křivka indexu červenosti má relativně stálé hodnoty při bázi Ac horizontu (obr. 27). Její výrazný nárůst je zaznamenán od hloubky 40 cm v přechodném horizontu Ac/Ck. V hloubce od 55 do 60 cm v Ck horizontu tvořenými sprašemi, byly zaznamenány nejvyšší hodnoty. Naopak nejnižší hodnoty se objevují v humusovém horizontu a to v hloubce 34,5 cm.



Obr. 27: Půdní profil PŘÍK a průběh křivek pro MS, CIE L*, CIE a*, CIE b*, barevné označení půd podle Munsellových tabulek a index červenosti (%)

Geochemie

Z makroprvků byly změřeny obsahy Al, které se pohybují v rozsahu hodnot od 4,10 do 5,26 %; Fe v rozmezí od 2,41 do 3,44 %, Mn v rozmezí od 4,62 do 7,82 %, Ca v rozmezí hodnoty od 0,60 do 6,20 %. Průměrné hodnoty pro půdní profil PŘÍK jsou pro obsah Al 4,68 %; Fe 2,73 %; Mn 0,06 %; Ca 0,93 %. Směrodatné odchylky jsou pro Al 0,34 %; Fe 0,38 %; Mn 0,01 %; Ca 1,24 %.

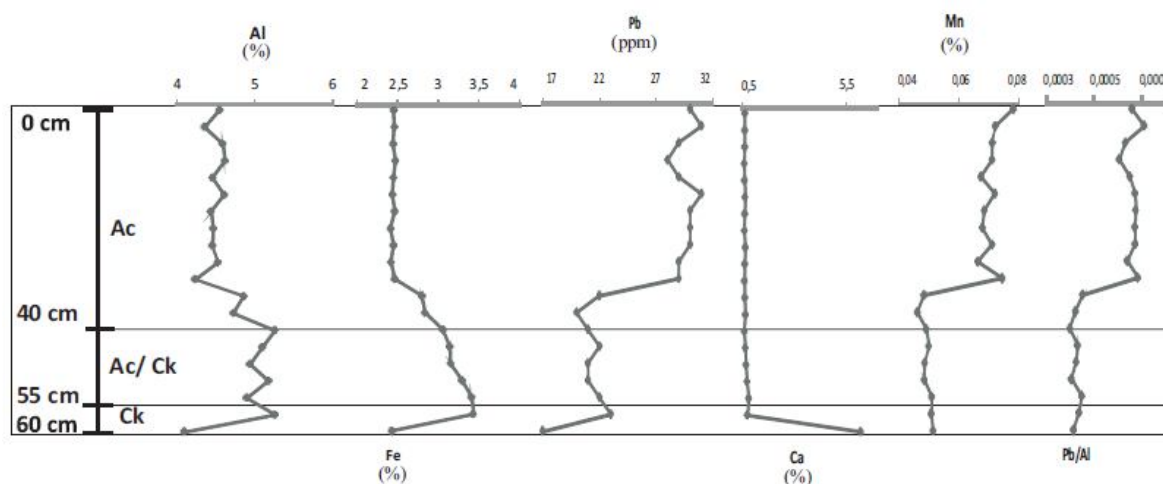
Křivka pro Al má rozkolísaný průběh (obr. 28). Nejvyšší výkyvy jsou zaznamenány při přechodu Ac horizontu do Ac/Ck horizontu a při přechodu Ac/Ck horizontu do Ck horizontu. Nejnižší hodnoty jsou zachyceny v Ck horizontu, kde je zaznamenáno minimum hodnot.

Křivka pro Fe má relativně stálé hodnoty do hloubky 28 cm, odtud pak dochází k nárůstu hodnot, až do podloží přechodného horizontu Ac/Ck, kde vykazuje nejvyšší hodnoty (obr. 28). Samotný Ck horizont klesá směrem do podloží, kde v max. hloubce vykazuje minimum hodnot.

Hodnoty na křivce Mn mají klesající trend do podloží. Nejvyšší obsahy hodnot jsou v Ac horizontu do hloubky 30 cm, odtud pak rychle klesají. Od přechodného Ac/Ck horizontu křivka pomalu roste až do Ck horizontu.

Křivka pro Ca má stálé hodnoty. Nejvyšší hodnoty jsou zaznamenány ve spraších v horizontu Ck, kde dosahují maximální hodnoty v celém půdním profilu.

Ze stopových prvků byla změřena koncentrace Pb, která se pohybuje v rozmezí od 17 do 31 ppm. Průměrná hodnota je 25,75 ppm a směrodatná odchylka je 4,60 ppm. Průběh křivky pro Pb má klesající trend do podloží (obr. 28). V hloubce od 30 cm dochází k rychlému poklesu hodnot. V přechodném horizontu Ac/Ck jsou relativně stálé hodnoty, při přechodu do Ck horizontu dochází k rychlému poklesu až do podloží. Koncentrace Pb, normalizované na Al, se pohybují v rozmezí od $3,99 \cdot 10^{-4}$ do $7,11 \cdot 10^{-4}$; průměr $Pb/Al = 5,56 \cdot 10^{-4}$ a směrodatná odchylka $Pb/Al 1,22 \cdot 10^{-4}$. Průběh křivky pro Pb/Al je velmi rozkolísaný (obr. 28). Nejvyšší výkyvy jsou zaznamenány v horizontu Ac. Při podloží Ac horizontu tj. od 30 cm hodnoty rychle klesají, až k přechodnému Ac/Ck horizontu. V přechodném horizontu Ac/Ck křivka mírně roste, naopak v Ck horizontu hodnoty mírně klesají až do podloží.



Obr. 28: Půdní profil PŘÍK a obsah Al (%), Fe (%), Pb (ppm), Ca (%), Mn (%) a poměr Pb/Al

10. Diskuze

Různé typy půd vykazují různé hodnoty Munsellovy škály a kolorimetrických parametrů CIE a^* a CIE L^* . Na základě měření je uvedeno barevné označení podle Munsellových tabulek pro jednotlivé půdní horizonty.

Hnědozemě nabývají kladných hodnot kolorimetrického parametru CIE a^* (barva žluto-červená) a CIE L^* má hodnotu 6. Barevné označení jednotlivých půdních horizontů: Ap horizont (10 YR 6/3), Bt horizont (10 YR 6/2) a přechodný horizont B/C (10 YR 6/4).

Luvizemě nabývají kladných hodnot kolorimetrického parametru CIE a^* (barva žluto-červená) a CIE L^* má hodnotu 6. Barevné označení jednotlivých půdních horizontů: Ap horizont (10 YR 6/2), El a Btd horizont (10 YR 6/3) a přechodný horizont B/C s označením 10 YR 6/4.

Kambizemě nabývají kladných hodnot kolorimetrického parametru CIE a^* (barva žluto-červená) a CIE L^* má hodnotu 6. Barevné označení jednotlivých půdních horizontů: Ap horizont (10 YR 6/2), Bv horizont (10 YR 6/3) a přechodný horizont B/C s barevným označením 10 YR 6/2.

Černozemě nabývají kladných hodnot kolorimetrického parametru CIE a^* (barva žluto-červená) a CIE L^* má hodnotu 5 pro horizonty Ac, Ac/Ck a pro horizont Ck hodnotu 7. Barevné označení jednotlivých půdních horizontů: Ac horizont (10 YR 5/2), přechodný horizont Ac/Ck (10 YR 5/3) a horizont Ck s barevným označením 10 YR 7/3.

10. 1. Geochemie půd

Data získaná z EDXRF analýzy byla zpracována matice korelačních koeficientů. V této matici lze vysledovat prvky, které vykazují podobné geochemické chování (obr. 29). Červeně jsou vyznačeny hodnoty, které spolu negativně korelují. Nejvýznamnější negativní korelace byly nalezeny mezi Si a Fe, Si a Zn, Ca a Rb, Ca a K, Ca a Si, Al a Si a Al a Zr. Prvky, které vykazují nejvyšší pozitivní korelaci, jsou označeny zelenou barvou (obr. 29). Jejich korelační koeficient je vyšší než 0,8. Jedná se o korelaci mezi Al a Fe, Ca a Sr, Mn a As, a Fe a As. O něco nižší korelační koeficienty (0,5 až 0,8 modrou barvou) vykazují K s Si, Al s V, Al s As, Ti s Pb, Fe s V, Mn s Pb, Fe s Rb, atd. (obr. 29). Černou barvou jsou vyznačeny pozitivní korelace do hodnoty 0,5. Pozitivně spolu koreluje Cu skoro se všemi prvky a Ti, který koreluje skoro se všemi prvky kromě negativní korelace s Fe, As a Sr.

matice korelačních koeficientů																
	Al	Si	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Zr	Pb	Th
Al	1	-0,398	-0,176	-0,154	-0,196	0,608	0,074	0,854	0,174	0,492	0,610	0,338	-0,120	-0,336	-0,027	-0,023
Si		1	0,721	-0,389	0,492	-0,094	0,047	-0,540	0,153	-0,490	-0,364	-0,152	-0,194	0,488	0,107	0,097
K			1	-0,538	0,464	-0,076	0,276	-0,393	0,349	-0,014	-0,236	0,150	-0,316	0,244	0,346	0,140
Ca				1	-0,299	-0,175	-0,202	-0,041	-0,080	-0,123	-0,004	-0,363	0,811	0,039	-0,275	-0,048
Ti					1	0,075	0,495	-0,204	0,037	0,085	-0,040	0,382	-0,241	0,424	0,567	0,459
V						1	0,013	0,556	-0,036	0,113	-0,054	0,234	-0,180	-0,234	-0,071	-0,024
Mn							1	-0,063	0,110	0,453	0,807	0,280	-0,342	-0,095	0,762	0,139
Fe								1	0,128	0,488	0,807	0,521	0,027	-0,158	-0,086	0,202
Cu									1	0,431	0,321	0,295	0,146	0,411	0,331	0,192
Zn										1	0,508	0,670	-0,076	-0,141	0,614	0,144
As											1	0,539	0,120	0,152	0,055	0,386
Rb												1	-0,151	0,233	0,473	0,549
Sr													1	0,367	-0,265	0,168
Zr														1	0,145	0,614
Pb															1	0,194
Th																1

Obr. 29: Tabulka matice korelačních koeficientů

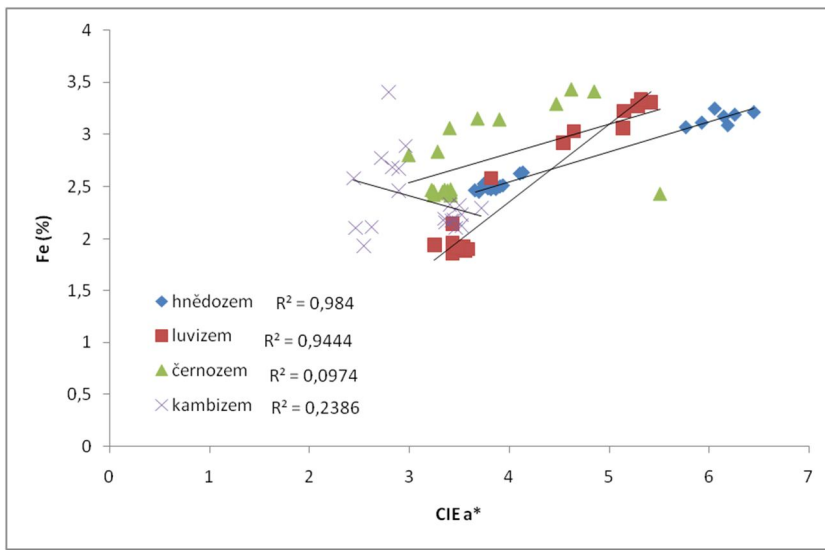
Hliník je v klastických sedimentech vázán především na horninotvorné fylosilikáty, nejčastěji jílové minerály a slídy. Vysoká korelace Al s Fe naznačuje, že také železo je vázáno na tyto minerály. Negativní korelace mezi Al a Fe na jedné straně a Zr a Si na druhé straně naznačují, že Zr a Si jsou vázány v hrubozrnnější frakci matečných siliciklastických sedimentů. Vysoká korelace mezi Ca a Sr a negativní korelace mezi Ca a Sr na jedné straně a Al, Fe, Si a Rb na druhé straně naznačuje, že Ca a Sr jsou vázány především v karbonátech, které vykazují jinou geochemickou afinitu (pravděpodobně diagenese). Pro přesnější potvrzení minerálních nosičů geochemického signálu je potřeba analýza mineralogického složení (např. rentgenové difrakce), která nebyla v zadání této bakalářské práce.

10. 2. Srovnání kolorimetrických parametrů a prvkového, geochemického složení půd

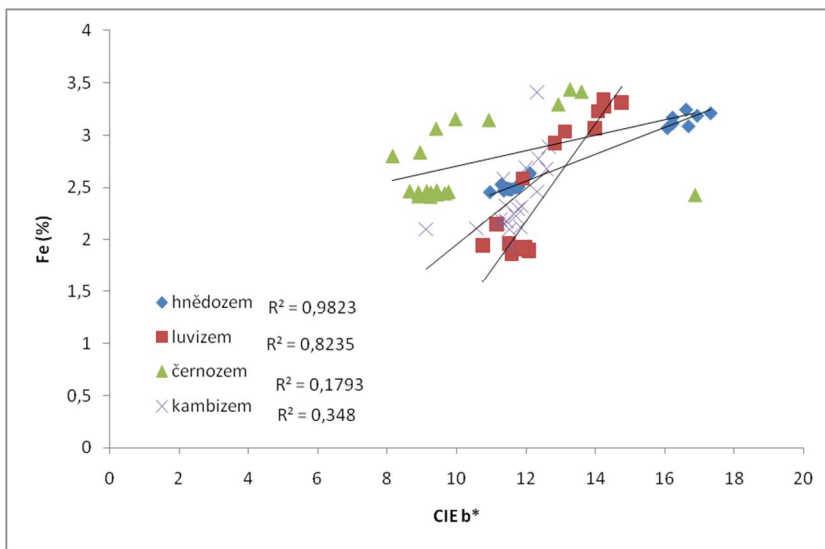
Na základě provedených analýz lze najít korelace mezi barevnými indikátory, magnetickou susceptibilitou a obsahy jednotlivých prvků.

Hnědozemě vykazují výraznou korelaci mezi kolorimetrickými parametry CIE a* a koncentrací Fe (hodnota koeficientu lineární regrese $R^2 = 0,984$) a CIE L* a koncentrací Fe ($R^2 = 0,9303$). Vyšší hodnoty Fe jsou vázány na přechodný horizont B/C, zatímco v horizontu Ap koncentrace Fe a parametry CIE a* a CIEL* klesají. U hnědozemí tedy půdotvorný proces vede k ochuzení horniny o Fe a zároveň mají půdy nižší hodnoty CIE a* (viz obr. 18).

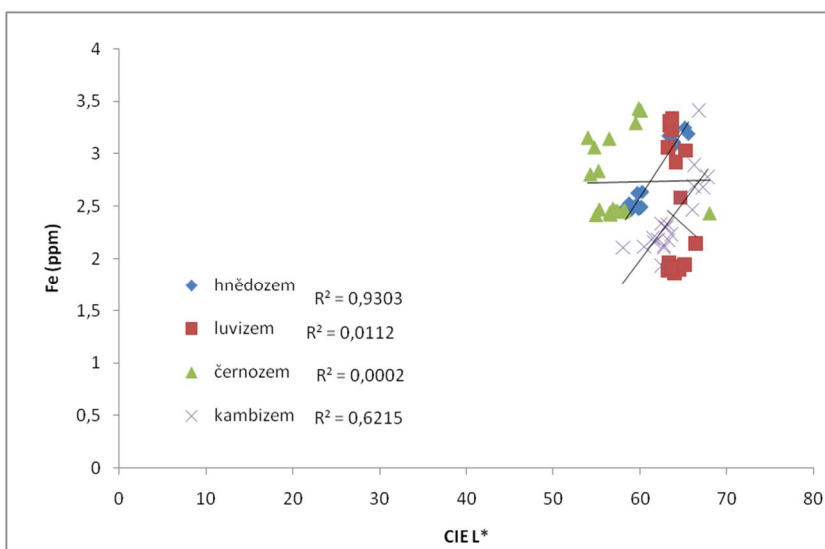
Černozemě naopak nekorelují s parametrem CIE a* (obr. 30) ani s CIE L* (obr. 32). V luvizemích hodnoty CIE L* špatně korelují s obsahem Fe, ale CIE a* vykazuje silnou korelaci s koncentracemi Fe ($R^2 = 0,9444$) (obr. 30). V kambizemích kolorimetrické parametry korelují s parametrem CIE L* a koncentrací Fe ($R^2 = 0,6215$). Lehké snížení hodnot pozorujeme u grafu CIE b* u hnědozemí, černozemí, naopak luvizemě a kambizemě vykazují zvýšení hodnot (obr. 31).



Obr. 30: Graf korelace CIE a* a obsahu Fe



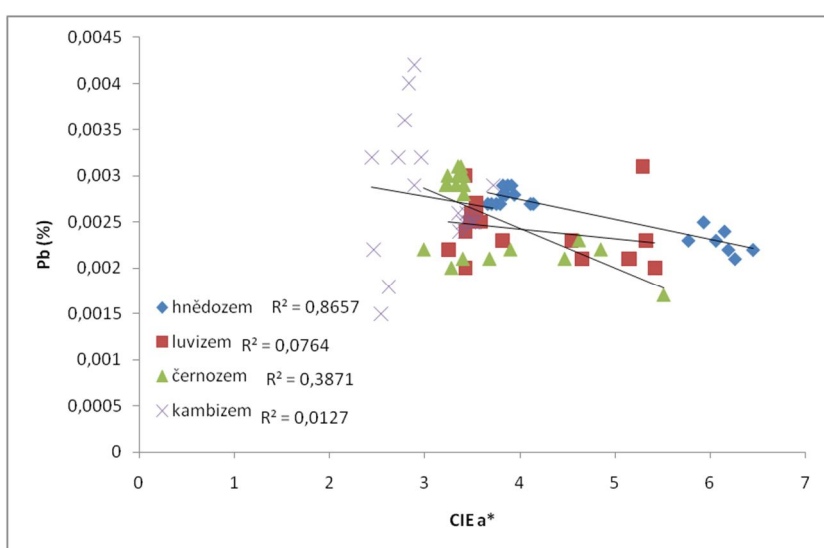
Obr. 31: Graf korelace CIE b* a obsahu Fe



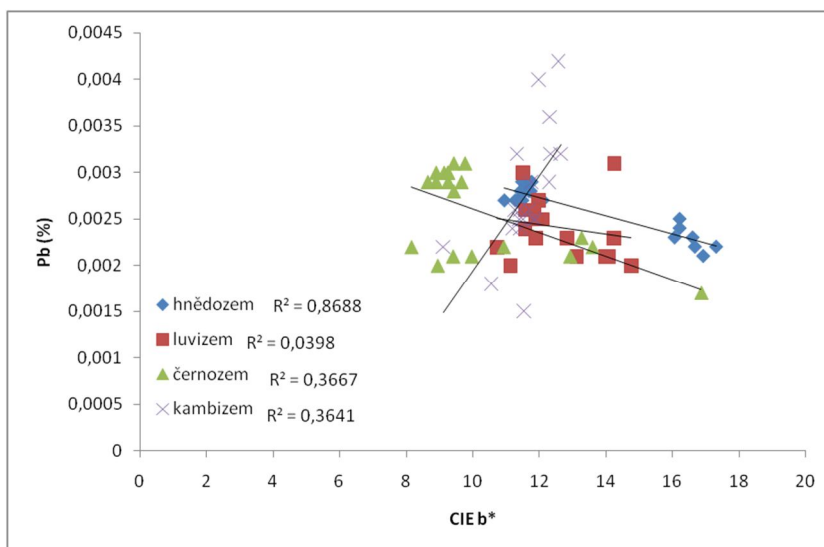
Obr. 32: Graf korelace CIE L* a obsahu Fe

V hnědozemích kolorimetrické parametry korelují s koncentracemi Pb. Kambizemě a hnědozemě vykazují vysokou korelaci mezi CIE L* a Pb (hodnota koeficientu pro hnědozem $R^2 = 0,8206$ a kambizem $R^2 = 0,6189$ viz obr. 35). U černozemích a luvizemích hodnoty kolorimetrických parametrů špatně korelují s obsahem Pb. Lehké snížení hodnot pozorujeme u grafu CIE b* u luvizemí a černozemí, naopak zvýšení hodnot vykazují hnědozemě a kambizemě (obr. 34).

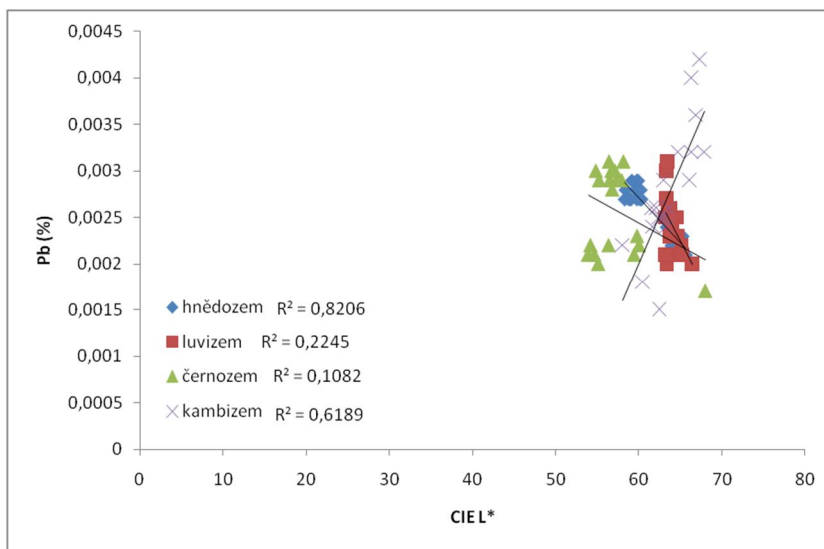
Zvýšené koncentrace Pb ve svrchních půdních horizontech jsou pravděpodobně antropogenního původu. Koncentrace Pb na všech profilech směrem k povrchu stoupají, zatímco obsahy Al většinou klesají. Vzhledem k tomu, že Pb je v sedimentech zpravidla vázáno na jemnozrnné jílové částice nebo organickou hmotu, lze současný pokles Al a nárůst Pb interpretovat jako obohacení o Pb. Významným zdrojem Pb může být difúzní atmosférická kontaminace (spalování fosilních paliv, používání olovnatého benzínu).



Obr. 33: Graf korelace CIE a* a obsahu Pb



Obr. 34: Graf korelace CIE b* a obsahu Pb



Obr. 35: Graf korelace CIE L* a obsahu Pb

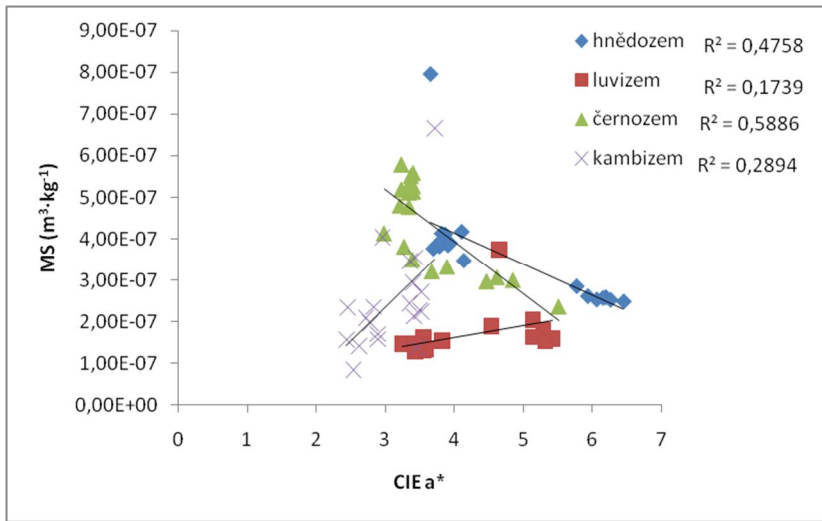
Koncentrace As nevykazují žádnou korelaci s parametrem CIE L*. Výrazná korelace mezi CIE a* a obsahem As byla zaznamenána u luvizemí (vyšší hodnoty jsou zachyceny v nižší části půdního profilu, zatímco nižší hodnoty se pohybují ve vyšších částech). Vysoká korelace mezi koncentracemi As a Fe naznačuje, že As je vázáno v oxy-hydroxidech Fe.

Dalším prvkem je obsah Ca. Hnědozem, luvizem, černozem a kambizem špatně korelují s kolorimetrickými parametry CIE a*. S parametrem CIE L* vykazuje dobrou korelaci pouze černozemě ($R^2 = 0,6959$).

Obsah Si v půdách nevykazují s parametrem CIE L* žádnou korelaci. Výrazná korelace byla zaznamenána u luvizemí ($R^2 = 0,9095$), dále u kambizemí ($R^2 = 0,7832$). Dobrou korelaci vykazují také hnědozemě ($R^2 = 0,6087$) a černozemě ($R^2 = 0,6285$).

10. 3. Srovnání magnetické susceptibility s prvkovým složením jednotlivých půdních profilů

U hnědozemě platí, že magnetická susceptibilita (MS) v půdě stoupá, zatímco obsah Fe klesá. Fe, které koreluje s Al a dalšími litogenními prvky, je tedy v substrátu patrně vázáno především na paramagnetické fylosilikáty s nízkou MS. Zvětráváním fylosilikátů se materiál ochuzuje o obsah Fe. Hnědozemě vykazují špatnou korelaci s MS a parametrem CIE a* (obr. 36). Nosiči vyššího signálu magnetické susceptibility ve svrchních půdních horizontech jsou patrně ferromagnetické minerály, které vznikají během pedogeneze (jemnozrnný magnetit, maghemit ?), jejichž koncentrace není vysoká. U luvizemě platí, že MS v půdě klesá, zatímco obsah Fe rovněž klesá (obr. 22). V luvizemích hodnoty CIE a* špatně korelují s MS (obr. 36). Černozemě vykazují dobrou korelaci ($R^2 = 0,5886$) mezi MS a kolorimetrickým parametrem CIE a* (obr. 36). MS v půdě stoupá, zatímco obsah Fe klesá oproti půdotvornému substrátu. U kambizemí hodnoty CIE a* špatně korelují s MS. Platí, že MS v půdě klesá a obsah Fe také klesá (obr. 25).



Obr. 36: Graf korelace CIE a* a obsahu MS

11. Závěr

Podstatným přínosem bakalářské práce bylo porovnat barevné parametry s chemismem půdy a vybranými fyzikálními vlastnostmi (magnetická susceptibilita). Dále porovnat jednotlivé obsahy Pb z hlediska antropogenní kontaminace. Výsledkem měření je tak porovnání jednotlivých půdních profilů bez ohledu na jejich půdotvorný substrát, a to z hlediska magnetické susceptibility, kolorimetrického parametru CIE a^* a obsah Fe.

Hnědozemě mají vysokou magnetickou susceptibilitu, tj. jsou magneticky obohaceny, což se projevuje tím, že jsou ochuzeny o obsah Fe. Nízké hodnoty vykazují kolorimetrické parametry CIE a^* a index červenosti, než je jejich samotný půdotvorný substrát (obr. 18). Hnědozemě jsou ochuzeny o obsah Fe, křivka tak klesá do hloubky 40 cm (obr. 19).

Luvizemě (illimerizované půdy) nejsou magneticky obohacené půdy (obr. 21). Křivka indexu červenosti a parametru CIE a^* klesají. Klesá také obsah prvků Fe a Al (obr. 22).

Kambizemě mají nízkou magnetickou susceptibilitu (nejsou magneticky obohaceny). Křivka indexu červenosti stoupá (obr. 24), je červenější než podloží půdního profilu. Obsahy Fe a Al se příliš nemění oproti půdotvornému substrátu (obr. 25).

Černozemě jsou magneticky obohacené půdy (obr. 27), avšak mají nízké hodnoty indexu červenosti než je jejich samotný půdotvorný substrát. V porovnání s ostatními půdami, jsou černozemě výrazně tmavší, což se na křivce CIE L^* projevuje tím, že mají nízké hodnoty. Obsah Al je na křivce výrazně ochuzené oproti půdotvornému substrátu (obr. 28).

Antropogenní kontaminace z atmosférického spádu způsobuje výrazné obohacení půd olovem. Kambizemě, luvizemě a černozemě tak vykazují nárůst do hloubky 30 cm, zatímco u hnědozemí je nárůst zaznamenán do 40 cm (obr. 19).

12. Seznam použité literatury

- Aimrun W., Gholizadeh A., Asminda J. N. A., Amin M. S. M.** (2014): Development of on-the-go soil organic matter sensor.– *J. Agric. Sci.*, 84, 10, 1201-1204, India.
- Bábek O.** (2013): Moderní metody stratigrafické analýzy. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Brzobohatý R., Cicha I.** (1993): Karpatská předhlubeň. – In: Přichystal A., Obstová V., Suk M. (eds): *Geologie Moravy a Slezska*, pp. 123 - 128. Moravské zemské muzeum a Sekce geologických věd PřF MU, Brno.
- Czudek T.** (1997): Reliéf Moravy a Slezska v kvartéru. – Sursum, Tišnov.
- Čtyroký P., Stráník Z.** (1995): Zpráva pracovní skupiny české stratigrafické komise o regionálním dělení Západních Karpat. – *Věst. Čes. geol. Úst.*, 70, 3, 67-72. Praha.
- Demek J.** (1965): Geomorfologie českých zemí. – Academia, Praha.
- Demek J., Mackovčín P., Balatka B., Buček A., Cibulková P., Culek M., Čermák P., Dobiáš D., Havlíček M., Hrádek M., Kirchner K., Lacina J., Pánek T., Slavík P., Vašátko J.** (1987): *Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny.* – Academia, Praha.
- Deaton B. C., Balsam W. L.** (1991): Visible spectroscopy; a rapid method for determining hematite and goethite concentration in geological materials. – *J. Sedim. Petrol.*, 61, 628-632. USA.
- Dvořák J.** (1997): Geologie paleozoika v okolí Ostrova u Macochy. – *J. Czech Geol. Soc.*, 42, 1–2, 105–110. Praha.
- Francus P.** (2007): *Image Analysis, Sediments and Palaeoenvironments.* – Springer Verlag, Berlin.
- Hauptman I., Kukul, Z., Pošmourný K., Bičík, I., Budňáková M.** (2009): *Půda v České republice.* – Consult, Praha.
- Chung S.O., Cho K.H., Cho J.W., Jung K.Y., Yamakawa T.** (2012): Soil texture classification algorithm using RGB characteristics of soil images.– *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, 57, 2, 393-397, Kyushu.
- Chlupáč I., Štorch P.** (1992): Regionální geologické dělení Českého masivu na území české republiky. – *Čas. Mineral. Geol.*, 37, 4, 258-275. Praha.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z.** (2002): *Geologická minulost České republiky.* – Academia, Praha.
- Jandák J., Pokorný E., Prax A.** (2010): *Půdoznalství.* – Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Kestřánek J., Kříž H., Novotný S., Píše J., Vlček V.** (1984): *Zeměpisný lexikon ČSR: Vodní nádrže a toky.* – Academia, Praha.
- Míšar Z., Dudek A., Havlena V., Weiss J.** (1983): *Geologie ČSSR I. Český masív.* – SPN, Praha.
- Moritsuka N., Matsuoka K., Katsura K., Sano S., Yanai J.** (2014): Soil color analysis for statistically estimating total carbon, total nitrogen and active iron contents in Japanese agricultural soils. – *Soil. Sci. Plant. Nutr.*, 60, 4, 475-485, Japan.

- Němeček J.** (1967): Průzkum zemědělských půd ČSSR. I díl. – MZVŽ, Praha.
- Němeček J., Vokoun J., Smejkal J., Macků J., Kozák J., Němeček K., Borůvka L.** (2001): Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. – Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Rajmic P.** (2012): Základy počítačové sazby a grafiky. – FEKT VUT v Brně, Brno.
- Rothwell R. G.** (2006): *New Techniques in Sediment Core Analysis.* – Geological Society, London.
- Růžička M.** (1973): Fluviální sedimenty řeky Moravy v okolí Olomouce. – Sbor. geol. věd, Antropozoikum 9, 7-43. Praha.
- Růžička M.** (1989): Pliocén Hornomoravského úvalu a Mohelnické brázdy. – Sbor. geol. věd, Antropozoikum 19, 129-151. Praha.
- Sanmartín P., Silva-Sánchez N., Martínéz-Cortizas A., Prieto B.** (2015): Usual and unusual CIELAB color parameters for the study of peat organic matter properties: Tremeal do Pedrido bog (NW Spain). – *J. Phys.: Conf. Ser.*, 605, 1, 012014, Spain.
- Scheinost A. C., Chavernas A., Barrón V., Torrent J.** (1998): Use and limitations of second-derivative diffuse reflectance spectroscopy in the visible to near-infrared range to identify and quantify Fe oxide minerals in soils. – *Clays and Clay Min.*, 46, 5, 528-536. New York.
- Skala V.** (1993): Světlo, barvy a barevné systémy v počítačové grafice. – Academia, Praha.
- Šarapatka B.** (2014): Pedologie a ochrana půdy Olomouc. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Torrent J., Schwertmann U., Fecher H., Alferez F.** (1983): Quantitative relationship between soil color and hematite content. – *Soil Science*, 136, 6, 354-358. Spain.
- Tomášek M.** (1995): Atlas půd České republiky. – Český geologický ústav, Praha.
- Tolasz R., Míková T., Valeriánová A., Voženilek V.** (2007): Atlas podnebí Česka. – Univerzita Palackého v Olomouci- CHMU, Olomouc.
- Viscara-Rossel R.A., Minasny B., Roudier P., McBratney A.B.** (2006): Colour space models for soil science. – *Geoderma*, 133, 3, 320-337. Netherlands.
- 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. – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- Vráblíková J., Vráblík P.** (2006): Základy pedologie. – Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem.
- Zapletal J.** (2004): Poznámky k vývoji neoidní struktury Hornomoravského úvalu. – Konference 10. Kvartér 2004, 32-33. Brno.
- Zeman A., Havlíček P., Minaříková D., Růžička M., Fejlar O.** (1980): Kvartérní sedimenty střední Moravy. – Sbor. geol. věd, Antropozoikum, 13, 37-91. Praha.

Zieger V. (2006): Základy praktické pedologie. – Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Praha

Zoubková L. (2012): Pedologická laboratorní cvičení. – Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem.

(dostupné z: http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/pedologie_lab.cv_.pdf)

Internetové zdroje

Webový archiv Komplexního průzkumu půd. Dostupné z: [http:// wakpp.vumop.cz](http://wakpp.vumop.cz) (cit. 16.1 2015)

Česká geologická služba, mapový server. Dostupné z: [http:// www.mapy.geology.cz](http://www.mapy.geology.cz) (cit. 16.2 2015)