

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A**  
**PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ**  
**Udržitelné využívání přírodních zdrojů**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Určení obsahu humusu na základě  
kvantitativního hodnocení barvy půdy**

Autor práce: Tomáš Radosta

Vedoucí práce: Ing. Vít Penížek, Ph.D.

Rok vypracování: 2009

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „**Určení obsahu humusu na základě kvantitativního hodnocení barvy půdy**“ vypracoval samostatně a použil jsem pramenů uvedených v přehledu použité literatury.

V Praze dne: 8.4.2009

Tomáš Radosta

.....

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Vítu Penížkovi, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení, trpělivost a čas, který mi věnoval při zpracování bakalářské práce.

## **Určení obsahu humusu na základě kvantitativního hodnocení barvy půdy**

### **Souhrn**

Bakalářská práce se zabývá barvou půdy a jejím ovlivněním různými faktory. Tato práce se detailně zabývá kvantitativním posuzováním vztahu mezi barvou půdy a obsahem humusu a druhým faktorem obsahem vlhkosti v půdě a změnou barvy půdy.

Při analýzách půdních vzorků bylo využito metody posuzování vzorků s různým obsahem humusu a vlhkosti pomocí fotografických snímků.

Obě tyto analýzy byly vyhodnoceny z fotografických snímků a získané hodnoty byly přeneseny do statistických grafů pro dokonalejší vyhodnocení závislosti barvy půdy na ovlivňujících faktorech

Z práce lze vyvodit, že barva půdy je závislá na mnoha faktorech. Konkrétně na kvantitativním obsahu humusu, kde se jedná o závislost přímou lineární. Se stoupajícím obsahem humusu je barva půdy tmavší, respektive je pro ni charakteristický barevný přechod k tmavším odstínům. Barevná závislost – přechod k tmavším odstínům - na vlhkosti nebyla jednoznačně prokázána, kvůli vysokým obsahům vlhkostí ve vzorcích a vytváření odlesků.

### **Klíčová slova**

Obsah humusu, barva půdy, vlhkost, vlastnosti půdy

## **Assessment of humus content based on quantitative soil color measurement**

### **Summary**

Bachelor's thesis deals with the color of soil and its effect on various factors. This work deals in detail with the quantitative assessment of the relationship between color and content of the soil humus and the second factor in the soil moisture content and change in color of soil.

In the analysis of soil samples were used for the assessment of samples with different moisture content of humus and using photographic images.

Both of these have been evaluated from the analysis of photographic images and the values were transferred to statistical graphs for better evaluation of the color depending on the soil factors affecting the work of it can be concluded that soil color is dependent on many factors.

Specifically, the quantitative content of humus, which is a direct linear dependence. With increasing content of the soil humus is a darker color or is it a characteristic color shift to darker odstínům. Color Addiction - transition to the dark odstínům - the humidity has not been clearly demonstrated, because of high moisture content in the samples and create glare.

### **Key words**

Content of the soil humus, soil color, moisture, properties of the soil

## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Literární rešerše</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1. Vznik a význam půdy</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2. Složení půdy</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3. Vlastnosti půdy vztahující se k její barvě</b> .....	<b>11</b>
2.3.1. Obsah a složení humusu.....	11
2.3.2. Zasolení.....	12
2.3.3. Fyzikální vlastnosti.....	12
2.3.4. Vlhkost.....	14
2.3.5. Hloubka půdy.....	14
2.3.6. Konzistence.....	15
<b>2.4. Barva půdy</b> .....	<b>15</b>
2.4.1. Identifikace barvy půdy.....	16
2.4.2. Ovlivňování barvy půdy.....	19
2.4.2.1. Organický podíl (Humus).....	19
2.4.2.2. Substrát.....	20
2.4.2.3. Oxidy železa.....	21
2.4.2.4. Minerální složky.....	22
2.4.2.5. Zrnitost (textura).....	23
2.4.2.6. Vlhkost.....	23
2.4.3. Využití barvy půdy.....	23
<b>3. Cíle a metodika</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1. Cíle</b> .....	<b>24</b>

<b>3.2. Metodika</b> .....	<b>24</b>
3.2.1. Kvantitativní stanovení obsahu humusu .....	24
3.2.2. Změna barvy závislá na obsahu vlhkosti .....	25
3.2.3 Laboratorní stanovení obsahu humusu .....	27
<b>4. Výsledky</b> .....	<b>28</b>
<b>4.1. Analýza barvy půd v laboratorních podmínkách</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2. Laboratorní analýza obsahu humusu v půdě</b> .....	<b>44</b>
<b>5. Závěr</b> .....	<b>46</b>
<b>6. Použitá literatura</b> .....	<b>47</b>
<b>7. Přílohy</b> .....	<b>48</b>

## 1. Úvod

Půda patří mezi velmi důležitou složku životního prostředí a je její neoddělitelnou součástí, která je bezpodmínečně zapotřebí k životu na Zemi. Její vznik a existence jsou ovlivněny mnoha faktory. Ovlivňující faktory působí nejen na vznik a existenci půdy, ale působí také na půdu samotnou a její vlastnosti. Působení faktorů je velmi různorodé a to nejen z pohledu kvality, ale také kvantity.

Vlastnosti půdy jsou velmi důležitou charakteristikou. Půda má mnoho vlastností, které jsou velmi často ukazatelem jejího stavu, popřípadě předpovídají stav, který může v půdě nastat. Vlastnosti půdy také slouží k jejímu určení a popisu. Pokud se ovšem zaměříme na konkrétní vlastnost a vztah vlastnosti k určitému ukazateli, je možné zjistit, že v popisu a hodnocení těchto vlastností se nalézají nedostatky. V odborné literatuře jsou totiž vazby mezi vlastnostmi půd a faktory, které je ovlivňují sice popsány, ale skoro vždy jen na obecné úrovni, bez kvantitativního zhodnocení dané vazby.

Z těchto důvodů se tato práce věnuje barvě půdy, vlastnostem charakteristickým pro barvu půdy, činitelům, kterými je ovlivňována a vztahy mezi barvou půdy a ovlivňujícími činiteli. Pro tuto práci jsem zvolil jako faktory ovlivňující barvu půdy obsah humusu a obsah vlhkosti v půdě. Barva je často uváděna jako jedna z hlavních, ne-li základních vlastností půdy, ale kvantitativní závislost obsahu humusu a změna barvy, popřípadě závislost obsahu vlhkosti a její vliv na změnu barvy, není v odborné literatuře doposud dostatečně popsán a zhodnocen.

Cílem této práce je najít možnost kvantitativního popisu vztahu mezi barvou půdy a obsahem humusu. Protože je barva půdy souběžně ovlivňována i dalšími faktory, byl jeden z nejvýznamnějších z nich – vlhkost - vybrán jako součást této studie.



## **2. Literární rešerše**

### **2.1. Vznik a význam půdy**

Půdu je možné specifikovat několika definicemi. Nejčastěji je možné ji popsat definicí: Půda je vertikálně a horizontálně strukturované přírodní tělo a zároveň komplexní, otevřený a polyfázový strukturní systém nacházející se na povrchové části litosféry. Přesněji půdy se nachází na rozhraní litosféry s biosférou, atmosférou a hydrosférou. Rozhraní se nazývá pedosféra – soubor všech půd na Zemi.(Logan, 2005)

Vznik půdy je ovlivněn působením několika faktorů, převážně se jedná o vnější faktory a čas. Vnějšími faktory se rozumí matečná hornina, která je pasivním půdotvorným činitelem neměnitelným v čase a bez dalších činitelů neexistující. Mezi vnější faktory se dále řadí klima, vliv živých organismů a člověka, jejich intenzita působení na daném místě a využívání daného území, reliéf území a samozřejmě mezi faktory ovlivňující vznik půdy patří voda (Strahler, 1999).

Nejdůležitější funkci půdy nelze jednoznačně specifikovat, jelikož se účastní několika složitých vazeb v ekosystémech. Zřejmě nejdůležitější z funkcí je funkce substrátu pro růst rostlin a samozřejmě také jako základní článek potravního řetězce. Další důležité půdní funkce jsou: zásobárna vody, filtrační vrstva, zadržování nebo popřípadě uvolňování látek, fixace rostlin, zdroj dále využívaných surovin, hydrologické a vodohospodářské, ekologické, sanitární a hygienické, kulturní a sociální. Půda hraje zcela zásadní a nezastupitelnou roli ve stabilitě ekosystému a v ovlivňování bilancí látek a energií. (Špička, 1964)

### **2.2. Složení půdy**

Složení půdy je velice různorodé a závislé na obsahu látek a prvků vyskytujících se v ní. Obecné složení půdy se dá rozdělit do 3 fází: fáze plynná, kapalná a pevná. Procentuálně toto složení můžeme vyjádřit - fáze plynná 25-30 %,

kapalná 20-30 % a pevná 50 %, zároveň je však nutné dodat, že hodnoty procent jsou velice variabilní. Jsou ovlivňovány velkým množstvím faktorů. Plynná fáze (je možné použít také název vzduch) se skládá z dusíku, kyslíku, oxidu uhličitého a dalších plynů, které se vyskytují ve stopových množstvích. Může se vyskytovat jako volný nebo vázaný na plynnou či kapalnou fázi. Do kapalné fáze patří převážně půdní voda. Půdní voda je veškerá voda vyskytující se trvale nebo dočasně v půdním profilu, podmiňuje vznik půdy a život v ní. Zdroje vody v půdě mohou být např.: srážky, kondenzace vodních par, boční přítok nebo kapilární zdvih. Naopak příčiny ztráty vody z půdy bývají nejčastěji evaporace, transpirace, boční odtok a odtok do spodiny. Pevnou složku (fázi) vyskytující se v půdě je možná dále rozdělit na minerální podíl a organický podíl. Minerální podíl v půdě několikanásobně převažuje nad organickým. Minerálního podílu je přibližně 45 % z celkové hodnoty pevné fáze (50 %) a z tohoto tedy vyplývá, že organický podíl dosahuje hodnoty maximálně 5 % z celkové hodnoty pevné fáze (50 %) (Strahler, 1999, Tomášek, 2000, Kozák et al., 2005).

Minerální podíl se skládá ze tří částí: primární minerály (přenesené z matečné horniny bez jejich přeměny – např.: křemen, muskovit, biotit, živec a další) sekundární minerály (vznikají přeměnou z primárních minerálů, do této skupiny patří např.: jílové minerály, volné oxidy a další) a další produkty chemické přeměny (kationty, hydroxidy železa, hliníku) (Špička, 1964).

Organický podíl v půdě je článkem přirozeného koloběhu prvků – především uhlíku a je velmi různého složení a zastoupeny v různých množstvích. Tento podíl je možné dále dělit na dvě složky. A to na složku živé organické hmoty – edafon. Tuto živou složku můžeme rozdělit ještě na dvě podsložky – rostlinou a živočišnou. Popis edafonu by bylo možné vyjádřit jako soubor organismů přítomných v půdě. Edafon je popisován a rozdělován podle mnoha ukazatelů např.: podle příslušnosti k rostlinné či živočišné říši (fytoedafon a zoedafon), podle velikosti, podle způsobu života, podle funkcí v půdě. Tato složka je velice důležitá při přeměnách organických látek, neustálé přeměně energie, ovlivňování reakcí v půdě, chemické složení půdy a také ovlivňuje redox potenciál) (Špička, 1964). Druhá složka je

odumřelá organická hmota (humus). Více je tato problematika popsána v kapitole 2.4.2.1. Organický podíl (Humus)

### **2.3. Vlastnosti půdy vztahující se k její barvě**

Vlastnosti půdy se dají určit pomocí smyslů, jsou to tzv. makroskopické znaky nebo vlastnosti je také možné určit analyticky. V těchto případech se jedná většinou o kvantifikaci (Špička, 1964).

Analyticky určitelné vlastnosti jsou obsah a složení humusu, zasolení a mnohé další fyzikální vlastnosti. Mezi smyslově určitelné vlastnosti (makroskopické znaky) patří vlhkost, hloubka půdy, konzistence.

Barvě půdy, jako vlastnosti půdy a vlastnostem ovlivňující barvu, je věnována kapitola 2.4. Barva půdy

#### **2.3.1. Obsah a složení humusu**

Humus není snadné konkrétně definovat a popsat podíl organické složky půdy. Nicméně některé definice byly vytvořeny, podle kterých je možné jej určit jako soubor všech neživých látek, v různém stupni rozkladu a syntézy, jejichž část je vázána na minerální podíl, nacházejících se na povrchu půdy či v ní (Prát, 1964). Obsah humusu (organické hmoty) je velmi důležitým parametrem ovlivňujícím úrodnost půdy, funkci půdy v ekosystému a především její barvu. Vyjadřuje se v %. Obvykle se stanovuje laboratorně, v terénu lze obsah humusu odhadnout orientačně. Při laboratorních rozborech se stanovuje obsah oxidovatelného uhlíku (Cox), který se přepočítává na obsah humusu (Welteho koeficient. 1,724). Tento přepočet platí za předpokladu, že humus obsahuje 58% uhlíku. Obsah organické hmoty je jedním z nejdůležitějších ukazatelů kvality půdy. Například v humusových horizontech se pohybuje podle podmínek od 2% do 6%, ale čím je procentuální obsah větší, tím jeho kvalita obvykle klesá. Ztráty humusu (organické hmoty) jsou nejvýznamnějším projevem degradace zemědělského půdního fondu (Andreux, 1996).

Složení humusu je různorodé a závislé na různých podmínkách a faktorech, které jej ovlivňují. Obecně je možné napsat, že humus je složen z komplexních směsí přírodních organických sloučenin. V podstatě je vytvořený z uhlíku (C), kyslíku (O), vodíku (H), a dusíku (N), kde obecně převládá organický uhlík a zabírá asi 40–60% váhového rozsahu (Andreux, 1996). Více je vztah humusu k barvě půdy popsán níže v kapitole 2.4.2.1. Organický podíl (Humus)

### **2.3.2. Zasolení**

Zasolení se dá vyjádřit jako celková koncentrace rozpuštěných solí ve vodě vyskytující se v půdě, u které převládá výpar nad srážkami. To znamená, že se koncentrace solí v půdě zvyšuje. Zvyšování zasolení je nežádoucí obzvláště na zemědělských půdách, jelikož zasolování půdy ji degraduje (Špička, 1964). Tato vlastnost půdy ovlivňuje barvu pouze tehdy, je-li například výpar natolik převažující nad srážkami, že soli obsažené v půdě se vykrystalizují na povrchu – utvoření našedivělého až bílého povlaku.

### **2.3.3. Fyzikální vlastnosti**

Fyzikální vlastnosti do značné míry souvisí se zrnitostí a v podstatě určují technologické vlastnosti půdy. Půdní vlastnosti jsou závislé na poměru mezi pevnými a ostatními složkami půdy. Mezi fyzikální vlastnosti ovlivňující barvu půdy patří textura. Pórovitost, vodní kapacita, vztlavnost jsou vlastnosti mající vliv na barvu půdy pouze tehdy, pokud ovlivňují vodu vyskytující se v ní (Špička, 1964).

Pórovitost vyjadřuje celkové procentuální množství volného prostoru, který není vyplněný pevnými částicemi půdy. Může být vyjádřena jako bezrozměrné číslo nebo procenticky. Pórovitost (volný prostor) se v průměru pohybuje kolem 50 % objemu pedonu. Velmi důležité je zastoupení jednotlivých skupin póru podle velikosti (nekapilární, semikapilární, kapilární). Pórovitost je spolu s objemovou

hmotností významným ukazatelem stavu fyzikálních vlastností. Pórovitost je ovlivňována obsahem půdního humusu. Na humusu je do značné míry závislá tvorba půdních agregátů. Pórovitost v organickém horizontu je vysoká, dosahuje až 80 %, postupně s hloubkou půdního profilu klesá, v minerální půdě kolísá většinou mezi 35- 50 %. Dále ovlivňuje pohyb roztoků, cirkulaci vzduchu, plynů, výměnu mezi půdou a atmosférou a také má vliv na průběh pochodů chemických, fyzikálně-chemických, fyzikálních a biologických.

Vodní kapacita je schopnost půdy vodu přijímat a v sobě udržovat. Vodní kapacita může být maximální nebo absolutní. Maximální vodní kapacita, je množství vody co je půda schopna maximálně pojmout. Absolutní vodní kapacita je množství vody v půdě, které je schopna udržet po dobu 24 hodin. Vodní kapacitu je možné zvyšovat hnojením organickými hnojivy.

Vzlínavost - jedná se o schopnost půdy vést vodu ze spodních vrstev do vrchních. Pohyb vody v půdě podléhá gravitaci při pohybu dolů nebo kapilárním silám při pohybu nahoru. Kapilární pohyb je možný různými směry, ale není přímočarý (Špička., 1964).

Textura neboli zrnitost udává velikost a poměrné zastoupení jednotlivých půdních frakcí. Zrnitost se velmi významně podílí na průběhu pedogenetických procesů, ale i na agronomické a ekologické charakteristice půdy. Používají se různé klasifikace zrnitosti. V ČR se doposud nejčastěji používá jednoduchá a praktická Nováková klasifikace. Přesnější klasifikace je uvedena v rámci Taxonomického klasifikačního systému půd ČR. Na základě výsledku laboratorních rozboru je možné půdu přesně zařadit do skupiny zrnitostí podle poměru jednotlivých frakcí. V terénu se zrnitost odhaduje prstovou zkouškou a k vyjádření se používá klasifikační stupnice zrnitosti. Zařazením půdy podle zrnitosti je dán půdní druh.

Zrnitost je možné využít pro hodnocení půdy – půdního druhu. Půdní druh je důležitý parametr, který ovlivňuje i další vlastnosti pudy. Využitelnost je především

jako jedna z charakteristik úrodnosti půdy a dále jako kritérium třídění pro použití diferencovaných limitů obsahu rizikových látek a obsahu živin v půdě.

Textura je též parametrem, který vstupuje do metodických postupů výpočtu zranitelnosti půdy

Zrnitost může ovlivňovat všechny ostatní vlastnosti půdy jako např.: zvětralost, půdotvorný proces, dynamiku půdní vody, sorpci, tepelný režim, technologické vlastnosti a biologickou činnost a v neposlední řadě barvu-jak bude níže zmíněno. (Kozák et al., 2005, Němeček, 2000)

#### **2.3.4. Vlhkost**

Vlhkost je množství vody, která se vyskytuje v půdě (v pórech). Rozeznáváme dva druhy vlhkostí. Vlhkost hmotnostní a vlhkost objemovou. Obě tyto hodnoty se mohou udávat jako bezrozměrné číslo nebo také jako procentuální vyjádření. Půdní vlhkost je možné stanovovat několika způsoby, podle kterých je možné ji rozdělit. Podle místa použití (laboratorní, terénní), podle odběru vzorku (destruktivní, nedestruktivní), podle způsobu měření vlhkosti (přímé - voda se oddělí od půdy a nepřímé – měří se jiná fyzikální veličina a vlhkost se poté spočítá) (Špička, 1964).

#### **2.3.5. Hloubka půdy**

Hloubka půdy je dána přítomností skalního podloží, výskytem souvislé skeletovité vrstvy nebo trvalé hladiny podzemní vody v profilu. Byla konvenčně ustanovena na hloubce 1,5 m. Je možné rozlišovat 4 intervaly. Do 0,3 m půda mělká, 0,3-0,6 m půda střední, 0,6-1,2 m půda hluboká a nad 1,2 m velmi hluboká půda (Špička, 1964). S různou hloubkou půdy může nastat její změna barvy.

### **2.3.6. Konzistence**

Konzistence je působení souboru vlastností zeminy, které lze vyjádřit stupněm její soudržnosti, ulpíváním na jiných předmětech anebo odporu proti deformaci a porušování. V pojmu konzistence jsou zejména zahrnuty síly soudržnostní a přílnavé. Rozeznávají se konzistenční stavy tekutý, plastický, soudržný a tvrdý. Stupeň konzistence udává pevnost určitého druhu zeminy. Je závislý na vlhkosti a na povaze koloidních částic, která udává, jakými silami váže částice zeminy vodu. Další důležitou hodnotou v oblasti konzistence je číslo konzistence, které posuzuje technologické vlastnosti. Toto číslo vyjadřuje rozmezí vlhkosti půdy mezi stavem, kdy se začíná půda drobit a kdy se začíná rozplavovat (Špička, 1964).

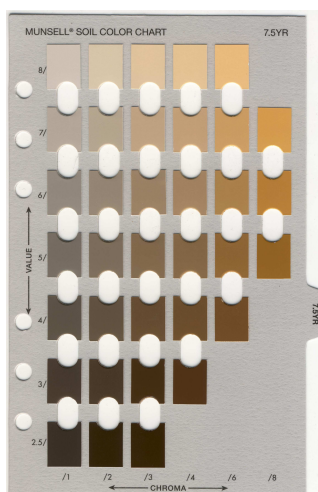
### **2.4. Barva půdy**

První věcí, které si na půdě všimneme je její barva. Z toho vyplývá, že je jednou z nejvýraznějších a nejvýznamnějších morfologických vlastností. Samozřejmě je jedním z nejvíce očividných charakteristických rysů pozorovaných na prohlíženém půdním vzorku a je také důležitá při popisu půdního profilu. (např.: červený chromosol) Zároveň je to vlastnost půdy, kterou je relativně snadno popsát a získat o ní informace (Thwaites, 2006). Na barvě půdy se podepisují různé procesy a faktory ovlivňující ji. Jedná se především o faktory chemické, fyzikální, biologické a půdotvorné procesy. Pomocí procesů a faktorů ovlivňujících barvu půdy je naopak možné určovat její fyzikální, chemické a biologické vlastnosti, dále je také možné podle barvy určit půdotvorné procesy, které se v půdě vyskytují např. podle její změny (Viscarra, 2006). Změna barvy půdy a barva půdy jako samotná jsou známy již delší dobu. V dřívějších dobách však nebyly pokusy ohledně změny barvy půdy dostačující. Teprve v roce 1920 byly udělány uspokojujivé pokusy ve Spojených Státech Amerických na suchých půdních vzorcích. Tyto pokusy již byly prokazatelné a objektivní (Thwaites, 2006).

### 2.4.1. Identifikace barvy půdy

Barva se dříve identifikovala osobním-subjektivním pohledem. Touto metodou byla barva půdy vždy pojmenována dvěma až třemi slovy. Každé slovo mělo svůj význam, první slovo v názvu vystihovalo intenzitu, druhé odstín a poslední třetí slovo poukazovalo na základní barvu (např. tmavě šedohnědá). Jelikož tato identifikace se vyskytovala v dřívějších dobách, je možné se setkat s další možností pojmenovávání půdní barvy a to podle obecně známých barevných hmot a předmětů (např. čokoládově, kaštanově hnědá).

Postupem času a při zdokonalování pedologických metod se tento způsob stával nedostačujícím a bylo potřeba pojmenovávat barvu lépe. Zároveň se také ukázalo, že porovnávání subjektivních metod od různých pozorovatelů bylo náročné a často nepřesné. Z těchto důvodů vznikla druhá metoda - objektivní metoda. Dopomoci objektivní metodě a dokonalejšímu popisu barvy by měly různé barevné a srovnávací tabulky a schémata vznikající za tímto účelem. Jedno takové schéma vytvořil americký profesor Albert Henry Munsell v roce 1905 a s menšími úpravami je používáno dodnes. Jeho schéma našlo prakticky nejširší uplatnění a stalo se celosvětovým standardem. Jedná se o jeden z nejstarších a nejznámějších barevných systémů. Tento systém je standardizovaná barevná stupnice a s ní se porovnává vzorek půdy, upřednostňuje lidské vnímání barev a je založený na třech základních parametrech (Obr. 1). Barvě (hue), odstínu (value) a stupni intenzity (chroma) (Viscarra, 2006).



Obrázek č. 1 Ukázka Munsellovy tabulky



Stupnice, která slouží k určení barvy (hue) je kruhová a obsahuje pět základních barev červená (R-red), žlutá (Y-yellow), zelená (G-green), modrá (B-blue) a nachová (P-purple), mezi něž je vloženo pět kombinací přechodů barev (žluto-červená, zeleno-žlutá, modro-zelená, purpurovo-modrá, červeno-purpurová) - kruh obsahuje deset barevných sektorů, které jsou v základním provedení Munsellovy barevné notace rozděleny celkově na sto dílů. Barva je označena zkratkou barvy spektra (R pro červenou, YR-žluto červená a Y pro žlutou), předchází jí číselné označení od 0 do 10 znázorňující rozsah barvy od červené po žlutou. Se zvyšující hodnotou čísla, klesá červená barva a stoupá vliv žluté (Viscarra, 2006). Odstín barvy vyjadřuje světlost anebo také zářivost, určuje přechod pro každou základní barvu mezi černou a bílou barvou. Je-li hodnota jasu 0, pak jde vždy o černou barvu (bez ohledu na barevný odstín). Jestliže se jas rovná 10, pak jde o barvu bílou (opět bez ohledu na barevný odstín). V praxi se používají hodnoty od 1 do 9. Stupeň intenzity udává čistotu základní barvy a popisuje vlastnosti barvy ve smyslu přechodu od neutrální šedé k čistému odstínu při stálé hodnotě jasu. Někdy se hovoří i o přechodu od slabého odstínu k odstínu živému. Nulová hodnota sytosti označuje vždy šedou barvu (její odstín záleží na úrovni jasu), přičemž koncový bod intervalu se neustále mění v souvislosti s vývojem nových barevných pigmentů - v současnosti se u běžných materiálů pohybuje maximální sytost okolo hodnoty 20, speciální reflexní materiály mohou mít hodnotu sytosti i přes 30. Celý systém (tabulky) je uspořádán podle intenzity základní barvy. Vlastní Munsellova barevná notace se zapisuje ve tvaru H V/C (barevný tón jas/sytost; například R 5/5) pro chromatické barvy a pro neutrální barvy N V/ (např. N 5/ je označení pro 50% šedou). V roce 1993 byla zavedena modifikace Munsellova kruhu (Obr. 2), která akceptuje masové používání modelů RGB a CMY - proto obsahuje všech šest primárních barev těchto dvou modelů. Nová varianta kruhu se nazývá Munsell primary hue circle. V novém barevném kruhu je pět základních změn: modro-zelená se mění na azurovou (Cyan), modrá na modro-azurovou (BC), purporovo-modrá na Blue Prime (Blue'), purpurová na fialově-červenou (magenta-red, MB) a purpurově-červená na fialovou (M) (Viscarra, 2006).

Celý Munsellův systém je navržený tak, aby byl uspořádaný podle stejně

velkých intervalů vnímaných zrakem. Toto je primární výhodou, jako bezesporu také snadnost výkladu celého systému. V tomto systému lze hodnotit půdní vzorky jak v suchém stavu, tak také v mokřém stavu (Viscarra, 2006).

Dalšími systémy pro určování barvy půdy je například RGB systém. Vychází z faktu, že lidské oko obsahuje tři základní druhy buněk citlivých na barvu. Tyto buňky jsou citlivé na vlnové délky, které zhruba odpovídají červené (vlnová délka 630 nm), zelené (530 nm) a modré (450 nm) barvě. Kombinací těchto barev lze získat téměř všechny barvy barevného spektra. RGB systém je součtový a lze jej vyjádřit pomocí jednotkové krychle, kdy v počátku (0,0,0) leží černá barva a v protilehlém vrcholu (1,1,1) barva bílá (Obr. 3) - obecně lze říci, že v protilehlých vrcholech krychle leží vzájemně komplementární barvy, jejichž součtem získáme bílou barvu. Barevné odstíny vznikají skládáním základním barev, jejichž intenzita se udává v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$ . K vyjádření jednotlivých barevných složek se často používá hexadecimální číselná soustava (Viscarra, 2006).

Mezi tyto systémy patří mnoho dalších např. systém CIE XYZ a systém CIE Yxy. Systém CIE XYZ byl definován v roce 1931 organizací Commission Internationale de l'Eclairage (The International Commission on Illumination, Mezinárodní organizace pro osvětlení, CIE) Barevné prostory definované CIE jsou nazvány nezávislými na zařízení, neboť označení jednotlivých barevných odstínů nezávisí na subjektivních vlastnostech pozorovatele - proto byl vytvořen tzv. standardní pozorovatel (spíše standardní podmínky pozorování barev). Základem barevných modelů CIE jsou chromatické diagramy (Obr. 4).

Prvním chromatickým diagramem definovaným CIE byl model vytvořený v roce 1931 – CIE 1931 (x,y), někdy je znám pod označením CIE Yxy. Hodnota Y popisuje jas, ovšem zbylé dvě hodnoty jsou spíše matematickými popisy (virtuální), než aby označovaly nějakou konkrétní vlastnost barvy. Tento diagram byl v roce 1976 nahrazen diagramem CIE 1976 UCS (u'v'), který se někdy označuje Yu'v'. Svou definicí odstraňuje nerovnoměrnosti diagramu Yxy a ještě lépe odpovídá modelu CIELAB. (Obr. 5).

Mezi modely definované CIE patří CIE-UVW, CIE L\*C\*h\* (CIE L\*C\*h\*, je velice podobný modelu HSV), CIE-LAB (CIE L\*a\*b\*, CIELAB) nebo CIE L\*u\*v\*

(CIE-uv). Oba hlavní barevné modely CIE  $L^*a^*b^*$  a CIE  $L^*u^*v^*$  byly definovány v roce 1976. Hodnota  $L^*$  představuje jas, hodnota  $a^*$  polohu barvy mezi zelenou (záporná část osy) a červenou barvou (kladná část osy) a hodnota  $b^*$  polohu barvy na ose modrá-žlutá (modrá leží na záporné části osy, žlutá na kladné části osy). Ve středu kruhového diagramu se nachází odstíny šedé barvy. Analogicky je definován také model CIE  $L^*u^*v^*$  (Viscarra, 2006).

## 2.4.2 Ovlivňování barvy půdy

### 2.4.2.1. Organický podíl (*Humus*)

Vznik humusu je specifický, možný různými pochody a nelze jej zařadit do jednoho pevného schématu. Tyto pochody je možné nazývat humifikace, tvorba humusu. O tom jak budou probíhat humifikační pochody rozhodují vnější podmínky, především obsah vody a vzduchu. Při vzniku humusu jsou důležité aerobní podmínky, naproti tomu pro udržení jeho množství je nutná anaerobiosa. Humus je důležitá půdní složka, která má relativně malý obsah v půdě, nicméně má dosti velký význam na řadu jejích vlastností (Prát, 1964).

Humus má několik charakteristických vlastností, význačnou vlastností pravého humusu je jeho temná barva, která byla pozorována od začátku jeho poznávání a popisování. Temná barva humusu je velmi důležitým prvkem, který ovlivňuje barvu půdy. Tuto barvu způsobují huminové kyseliny. Tyto kyseliny mají hnědou až temně hnědou barvou, jsou méně kvalitní, více rozpustné, hůře koagulují, tudíž se v půdě lépe pohybují a tvoří přechod ke skupině humusových látek nazývaných fulvokyseliny. Tyto látky jsou méně příznivé pro půdu, jelikož se jedná o silné kyseliny působící destruktivně na minerální složky půdy. Mají často barvy od žlutých až po světle hnědé. Vyskytují se však také huminové kyseliny barvy šedé, které jsou úplným opakem hnědých huminových kyselin – kvalitnější, snáze

koagulují, méně rozpustné. Jsou nejvíce zastoupeny v černozemích a směrem k podzolovým půdám jich ubývá. Změny barvy půdy vlivem humusu se dějí převážně u povrchových vrstev (Špička, 1964). Humus je může zbarvovat a také zbarvuje do velké škály hnědých (od světlých až po tmavé), šedých až černých odstínů. Čím je barva půdy tmavší, tím se obsah organických látek (humusu) zvyšuje. V některých případech je barva ovlivněna natolik, že prakticky zaniká barva původního substrátu a je výrazná pouze barva organických látek.

Vlivu humusu na barvu půdy se dá využít při odhadu a vztahu mezi organickými látkami a barvou půdy. Dalo by se říci, že čím je půda tmavší, tím obsahuje více humusových látek. Nemusí však jen záležet na kvantitě organických látek, ale často také na kvalitě, která také nemalou měrou přispívá k změnám barev půdy (Prát, 1964).

#### **2.4.2.2. Substrát**

Substrát je hlavním faktorem ovlivňující barvu půdy, ze kterého se barva půdy vyvinula. Ovlivnění barvy matečnou horninou se vyskytuje převážně ve spodních horizontech a u mladých půd (např. ranker). Například tmavé zbarvení půdy způsobují hlavně nerostné složky jako amfibol, biotit atd. Tyto nerostné složky se vyskytují v tmavých horninách, kterými jsou gabra, čediče a melafyry. Mladé půdy mohou být také nazelenalé, v těchto půdách mají vliv na barvu diabasy a diority, které se vyskytují v amfibolických břidlicích. Velmi světlé zbarvení nebo také plavé jsou typické pro karbonátové substráty, mezi které patří například spraše nebo vápence. Pro naše podmínky jsou asi nejtypičtější zbarvení světle hnědé nebo okrové. V našich podmínkách se nalézají také různé odstíny červených až po velmi výrazně červené zbarvení půd. Toto zbarvení způsobují různé permokarbonské sedimenty. Je možné u nás nalézt také různé typy výrazných barevných variací (Tomášek, 2005).

### 2.4.2.3. Oxidy železa

Mezi složky velmi výrazně ovlivňující barvu půdy patří železo, přesněji řečeno jeho oxidy.

Železo v podobě oxidů se vyskytuje v půdě v mnoha formách a s velmi odlišným zbarvením. Nejvýraznější rozdíly ve zbarvení je možné pozorovat mezi dvojmocnými a trojmocnými oxidy železa, ale barevná různorodost se vyskytuje také mezi jednotlivými formami trojmocných oxidů železa (Thwaites, 2006). Odlišnost barev mezi oxidy železa je různorodá, například geotit bývá žlutý až do hněda, hematit červený, pyrit černý s metalickým povrchem a glaukonit se zbarvuje až do tmavě šeda.

Nejvíce barvu půdy ovlivňují dvojmocné a trojmocné oxidy železa, tyto oxidy se hojně vyskytují i v České republice. Trojmocné oxidy železa obvykle způsobují v našich podmínkách okrové, žlutavé, hnědavé až narezavělé zbarvení. Barvu sloučenin trojmocného železa určují různé faktory – obsah železa, disperzní stav a množství vody, která je vázána na oxidy. Tyto oxidy se vyskytují v dobře okysličených půdách. Mezi oxidy obsahující trojmocné železo patří například již výše zmíněný geotit, jeho velké krystalky zabarvují půdy do žluta, naopak menší krystalky obarvují půdy do různě hnědých odstínů. Geotit se vyskytuje častěji v mírných klimatických podmínkách – charakteristické pro ČR. U nás se vyskytují i půdy s vysokým obsahem železa, které se v půdě objevuje v podobě krystalů hematitu. Pro tyto půdy je charakteristické zbarvení načervenalé až červené (Obr. 6). I když se tyto půdy nelézají u nás, jejich převládající výskyt je spíše v horkých pouštních a tropických klimatech (Lynn, Pearson, 2000).

Dvojmocné oxidy železa, které vznikají redukcí trojmocných oxidů, zbarvují do modro-šedých až zelených barev. Dvojmocné oxidy se vyskytují v převlhčených půdách a to buď trvale anebo dočasně. Barvy těchto oxidů mohou indikovat vysoké hladiny podzemních vod, ale také například vystoupení hladiny podzemní vody nad nepropustnou vrstvou v období velkých srážek. Při trvalém převlhčení se toto zbarvení objevuje homogenně v celém horizontu. Mezi takovéto horizonty patří například glejový horizont. Pokud převlhčení není trvalé, ale voda ustoupí a dochází k okysličení horizontu, železo se oxiduje zpět na trojmocné oxidy železa. Pokud se

střídají tyto oxidační a redukční děje poukazuje to na periodické kolísání vody typické u pseudoglejů nebo oglejených subtypů půd. Kolísání vody je časté v určitých ročních obdobích (předjaří, jaro a podzim) díky srážkovým úhrnům. Redukce železa probíhá spíše na povrchu, vnitřní části jsou redukovány pouze omezeně. Tímto vzniká mramorování. Jedná se o jev, kdy vzniká charakteristická žilkovaná struktura, která je podobná svým zjevem textuře mramoru – odtud toto pojmenování. Mramorování je popisováno a pojmenováno z hlediska kvality, velikosti, barvy, kontrastu vlhkosti, stavu a tvaru.

#### **2.4.2.4. Minerální složky**

Mezi minerální složky, které ovlivňují barvu půdy, bezpochyby patří křemičitany, uhličitany, mangan a různé soli.

Křemičitany způsobují světlé zbarvení půd, je možné je nalézt na místech, kde jsou vylouhované popř. vyplavené ostatní barevné složky půdy. Za světlé zbarvení mohou také uhličitany, převážně pak uhličitán vápenatý. Tyto uhličitany a jejich zbarvení se vyskytuje v karbonátových substrátech (vápenec, spraš, slínovec). Světlé až spíše bílé zbarvení v podobě útvarů, které připomíná svým zjevem podhoubí, vytvářejí sekundární karbonáty. Bílé zbarvení je možné také nalézt na místech, kde má převahu kaolinit.

Mangan se vyskytuje v půdách ve formě oxidů, sice jen v menší míře, ale jsou barevně zřetelné a odlišitelné. Tyto oxidy tvoří až černě zbarvené minerální depozity – bročky.

Soli barvu půd ovlivňují bílými krustami na jejím povrchu. Krusty solí se vyskytují v půdách v suchých aridních oblastech. (Lynn, Pearson, 2000)

#### **2.4.2.5. Zrnitost (textura)**

Na začátku by bylo dobré blíže popsat co to zrnitost je, aby bylo možné si představit, jaký faktor ovlivňuje barvu půdy. Avšak veškerá specifikace zrnitosti půdy byla popsána výše v kapitole 2.3.3. Fyzikální vlastnosti.

. Barva půdy je ovlivněna zrnitostí substrátu v tom smyslu, že čím je půda lehčí, tím je zapotřebí pro změnu barvy menší množství látek, které půdu obarvují např. humus (huminové kyseliny a fulvokyseliny). S těžkými půdami je tomu naopak, mezi ně patří například jíly. Tyto půdy potřebují mnohem více barvicích složek pro změnu barvy.(Špička, 1964)

#### **2.4.2.6. Vlhkost**

Jak již bylo výše řečeno v kapitole 2.3.4. Vlhkost, vlhkost je množství vody, které se vyskytuje v pórech v půdě. Ovlivnění barvy půdy vlhkostí je zřejmé již z pozorování v běžných situacích a případech. Z běžných optických pozorování je známé, že suchá půda má barvu světlejší. Naproti tomu půda s větší vlhkostí má barvu tmavší. Tyto rozdíly barev se mohou projevit i při laboratorním vyhodnocování barvy půd. Proto se používá při těchto vyhodnocování jednotná vlhkost půdního vorku. Kdyby se nepoužívala, mohly by se u jednoho vzorku vyskytovat nemalé rozdíly ve výsledných vyhodnocených barvách.

#### **2.4.3. Využití barvy půdy**

Barvu půdy je možné využít jak v laických podmínkách jako deskriptor pro charakteristiku, určení půdy a vyvození jejího názvu například „červené půdy“, „černozem“ (Thwaites, 2006), tak také v odborných pedologických studiích. Dlouho používána k identifikaci jakosti půdních charakteristických rysů.

### **3. Cíle a metodika**

#### **3.1. Cíle**

Prvním z dílčích cílů této práce je kvantitativně stanovit obsah humusu ve vzorcích půdy v laboratoři. Následně navázat na tyto zjištěné hodnoty a kvantitativně popsat vztah mezi humusem a barvou půdy stanovenou v laboratorních podmínkách pomocí viditelného spektra barevných fotografií. Následně, pomocí laboratorních testů humusu v půdě a zkoumání barevných odlišností fotografií půdních vzorků, prokázat hypotézu, že je možné kvantitativně popsat vztah mezi změnou barvy půdy a obsahem humusu. V případě prokázání takové kvantitativně provedené analýzy, by se mohlo této metody využít ke stanovování obsahu humusu v půdě pomocí změny barev. To by mělo využití v terénních podmínkách přímo u zkoumaných půd nebo při hodnocení leteckých snímků.

Druhým cílem bylo pozorování a vyhodnocení vlivu obsahu vlhkosti v půdě na její barvu v laboratorních podmínkách. Následné potvrzení teorie, že se stoupající vlhkostí v půdním vzorku se mění jeho barva, což může ovlivňovat popis vztahu mezi barvou půdy a obsahem humusu.

#### **3.2. Metodika**

##### **3.2.1. Kvantitativní stanovení obsahu humusu**

Jak již bylo řečeno výše viz. Cíle práce, jedna část práce bylo kvantitativní stanovení obsahu humusu ve vzorcích a jeho vztah k barvě půdy. Celá tato část byla prováděna v laboratorních podmínkách. Zemina byla rozdělena do šesti vzorků půdy. Tyto vzorky vznikly smícháním dvou odlišných horizontů v různých poměrech. Pro pokus byly vybrány vzorky půdního typu černozemě modální na spraši. Jedním horizontem byl horizont - humusový (Ac - molický) a druhým je půdotvorný substrát (C-spraš). Vzorky z obou horizontů byly odebrány v terénu, vysušeny a maximálně homogenizovány nadrcením. Tímto se zajistila snazší manipulace, práce a dosáhlo se velmi dobré homogenizace vzorků při smíchávání obou horizontů do příslušných vzorků. Poměry příslušných zemin ve vzorcích byly stanoveny hmotnostně a tak, aby



bylo dosaženo zachycení celé škály obsahu humusu. V této práci byly smíchány a následně použity tyto poměry zemin:

100 % materiálu z horizontu A

80 % materiálu z horizontu A + 20 % materiálu z horizontu C

60 % materiálu z horizontu A + 40 % materiálu z horizontu C

40 % materiálu z horizontu A + 60 % materiálu z horizontu C

20 % materiálu z horizontu A + 80 % materiálu z horizontu C

100 % materiálu z horizontu C

Po tomto namíchání poměrů zemin s různými obsahy humusu, byly vzorky půdy snímány pomocí digitálního fotoaparátu za standardizovaných světelných podmínek a s využitím barevného fotografického standardu. Po nasnímání těchto vzorků fotoaparátem, byla zkoumána změna viditelného spektra barev. Při pozorování změny barvy se vzorky hodnotily podle střední hodnoty RGB (R-Red, G-Green, B-Blue), snímky s danou hodnotou RGB byly zpracovány v programu CorelDRAW Graphics Suite 12. Systém střední hodnoty RGB bylo možné použít díky barevné vyrovnanosti a vyváženosti barevných složek ve vzorcích.

### **3.2.2. Změna barvy závislá na obsahu vlhkosti**

Dále podle fotografických snímků byla zkoumána barva a její změny v závislosti na obsahu vlhkosti. Snímání těchto vzorků bylo také prováděno dosažením standardizovaných světelných podmínek pomocí digitálního fotoaparátu. Před samostatným snímáním vzorků a jejich vyhodnocováním, musela být vyvinuta metodika, jak zajistit požadované hodnoty vlhkosti v konkrétních vzorcích. Za tímto účelem byla na vzorky aplikována voda nástřikem na povrch půdy, zakrytím vzorku

a snímáním s časovým odstupem, aby došlo k rovnoměrnému rozložení vlhkosti ve vzorku. Aby bylo dosaženo konkrétních hodnot, byly poměry vlhkosti a zeminy stanoveny kvantitativně na základě hmotnosti. Byly zde použity opět, stejné vzorky jako v předchozí části studie – tedy zemina z horizontu Ac (molický horizont) a horizont C (spraš). Jak je výše uvedeno zeminy těchto typů mají rozdílné barvy již v základních vlhkostech používaných k laboratorním výzkumům. Z těchto důvodů byly použity tyto vzorky k pokusu, aby byla prokazatelně určena změna barvy na vlhkosti v jakémkoliv půdním horizontu. Díky této metodě, která je založena na kvantitativním obsahu složek ve vzorku (voda + vzorek půdy), bylo rozpětí vlhkostních hodnot zvoleno v rozmezí od 20 do 50, všechny tyto údaje jsou uváděny v procentech. Rozmezí těchto hodnot bylo rozčleněno po 5 %. Byly vytvořeny tyto vzorky:

Horizont Ac-černozem	Horizont C-spraš
20% vlhkost	20% vlhkost
25% vlhkost	25% vlhkost
30% vlhkost	30% vlhkost
35% vlhkost	35% vlhkost
40% vlhkost	40% vlhkost
45% vlhkost	45% vlhkost
50% vlhkost	50% vlhkost

Po vytvoření vzorků s různou vlhkostí, byly snímány fotoaparátem, jak je výše uvedeno. Pro možnost srovnávání byl také nafocen vzorek půdy s původní vlhkostí (vysušený vzorek). Po nasnímání byly všechny snímky obou horizontů vyhodnocovány v programu CorelDRAW Graphics Suite 12. Toto vyhodnocování bylo provedeno stejným postupem jako při vyhodnocování závislosti barvy půdy na humusu.

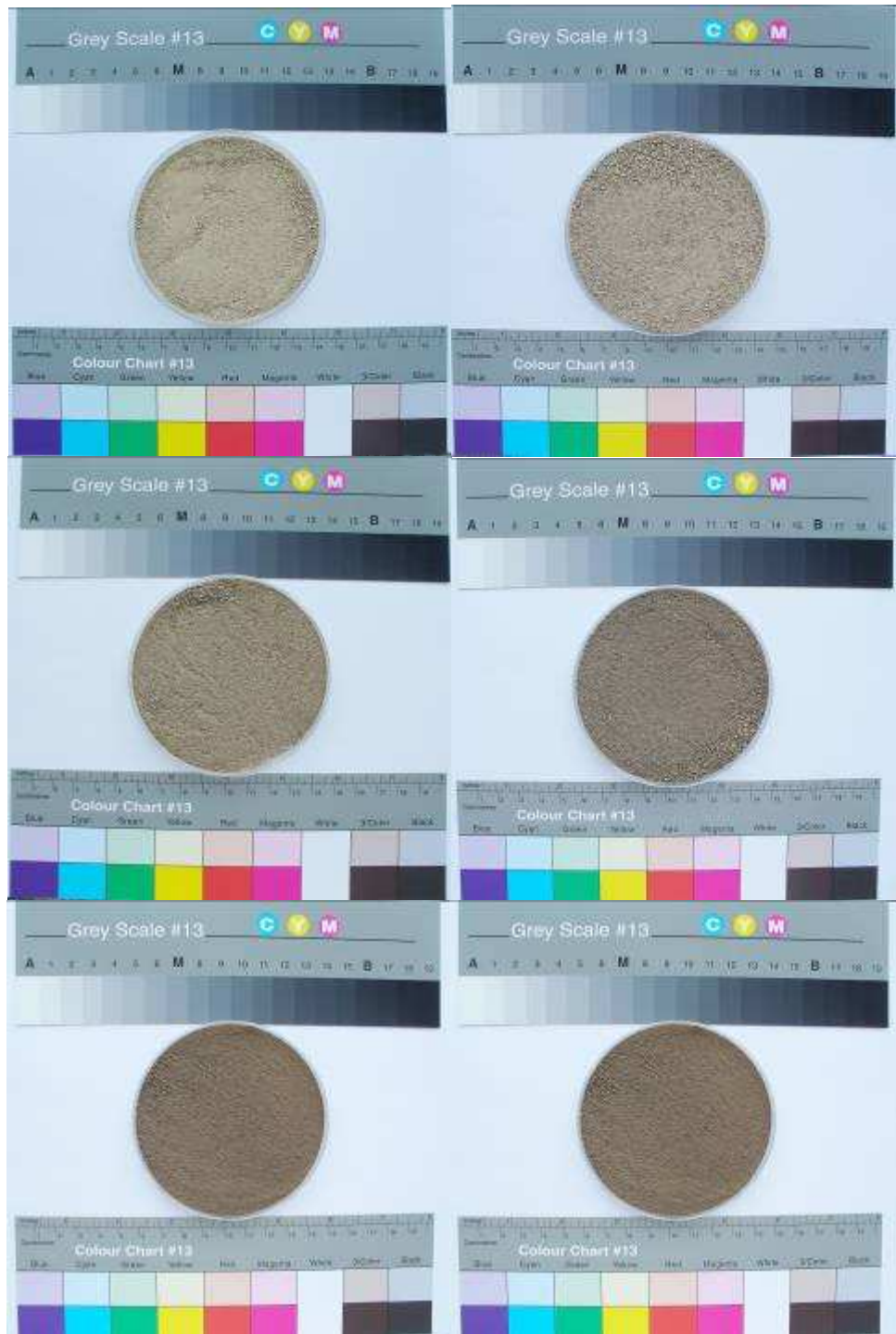
### **3.2.3 Laboratorní stanovení obsahu humusu**

S kvantitativním stanovením humusu pomocí snímků, jak bylo výše zmíněno, je spojeno laboratorní stanovení humusových látek ve vzorcích. Laboratorní stanovení je potřeba provést, aby bylo možné prokazatelně určit a zhodnotit nafocené snímky různých vzorků horizontů. K laboratornímu stanovení humusu byla využita modifikovaná Tjurinova metoda, patřící mezi nepřímé metody na mokré cestě (Valla, 2006).

## **4. Výsledky**

### **4.1. Analýza barvy půd v laboratorních podmínkách**

První analýza - kvantitativní stanovení obsahu humusu a jeho vztah k barvě půdy byla prováděna dvěma přístupy. První přístup spočíval v jednotlivém snímání vzorků půdy spolu s barevnou stupnicí, která sloužila k posouzení barev vzorků. Při tomto snímání byla snaha o vytvoření a následné dodržení stejných světelných podmínek při fotografování jednotlivých snímků. Po nasnímání těchto snímků bylo zjištěno, že se dodržení stejných světelných podmínek nepovedlo uskutečnit a pořízené snímky vykazují barevné odchylky. Jak je možné pozorovat, na fotografických snímcích jsou viditelné změny hodnot RGB (Obr. 7). Díky těmto změnám by nebylo možné s přesností vyhodnotit tyto snímky a odvodit z nich správné a plnohodnotné výsledky. Vytvoření sjednocených světelných podmínek by bylo možné, ale vytvoření takovýchto podmínek by vyžadovalo složitější a náročnější pracovní postup. Tento postup by také mohl pravděpodobně vykazovat více chyb, které by mohly být zaneseny i do výsledků a byla by zde možnost nemalého zkreslení výsledných hodnot.



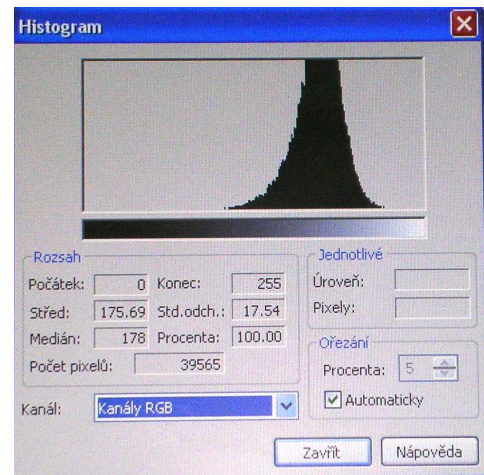
*Obrázek. č. 7 Snímky jednotlivých vzorků půdy s různými poměry  $A_c$  a  $C$ . Na snímcích jsou patrné barevné změny pozadí mezi jednotlivými fotografiemi*

Z těchto důvodů bylo nutné nalézt jiný způsob nasnímání vzorků. Za nový způsob byl zvolen přístup snímání všech vzorků půdy najednou. Při tomto přístupu již nebyly zřetelné výraznější barevné změny pozadí, což se také projevilo na hodnotách barvy jednotlivých snímků (Obr. 8).

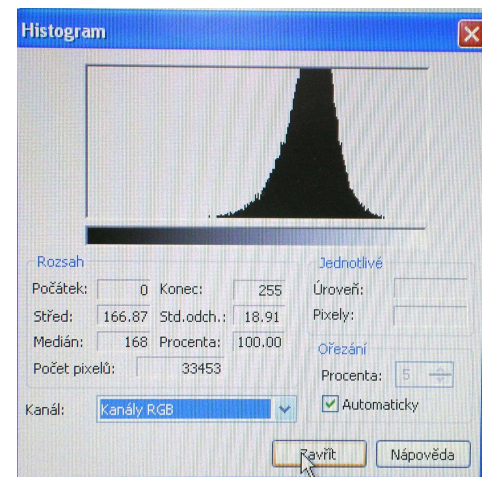


*Obrázek č. 8 Porovnání vzorků půdy s různým obsahem horizontu Ac*

K analýze jednotlivých vzorků sloužily čtvercové výseče, které byly pořízeny z již zmíněných fotografických snímků vzorků půdy. Tyto výseče byly následně používány pro analýzu barvy jednotlivých vzorků. Analýza barev probíhala pomocí histogramů získaných z předem zmíněných čtvercových výsečí. Z histogramu byla odečtena hodnota RGB a hodnota směrodatné odchylky (Obr. 9).

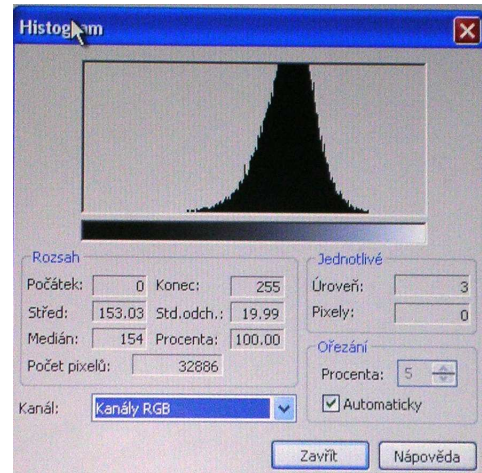


100 % zeminy horizontu C

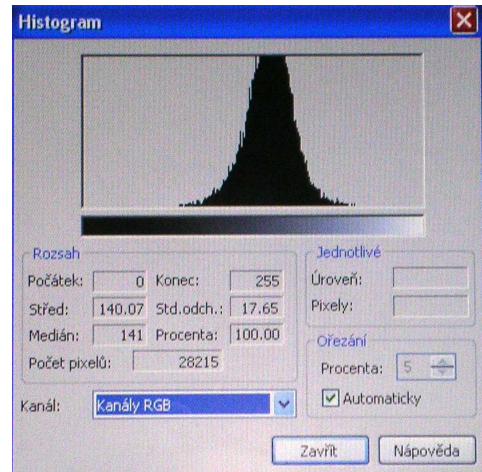


80 % zeminy horizontu C + 20 % zeminy horizontu Ac



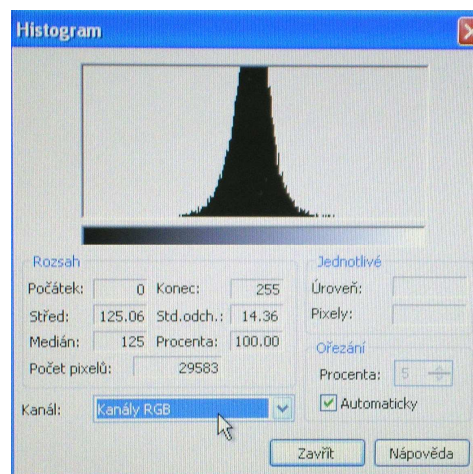


60 % zeminy C + 40 % zeminy horizontu Ac

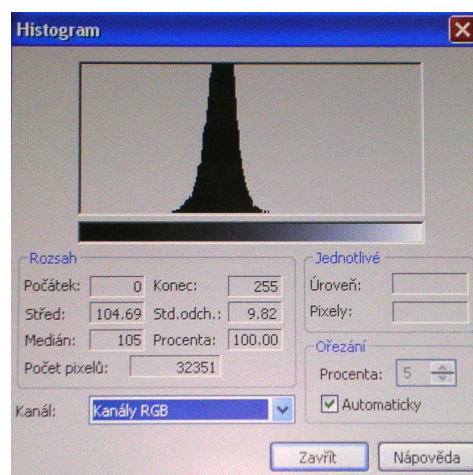


40 % zeminy horizontu C + 60 % zeminy horizontu Ac





20 % zeminy horizontu C + 80 % zeminy Ac



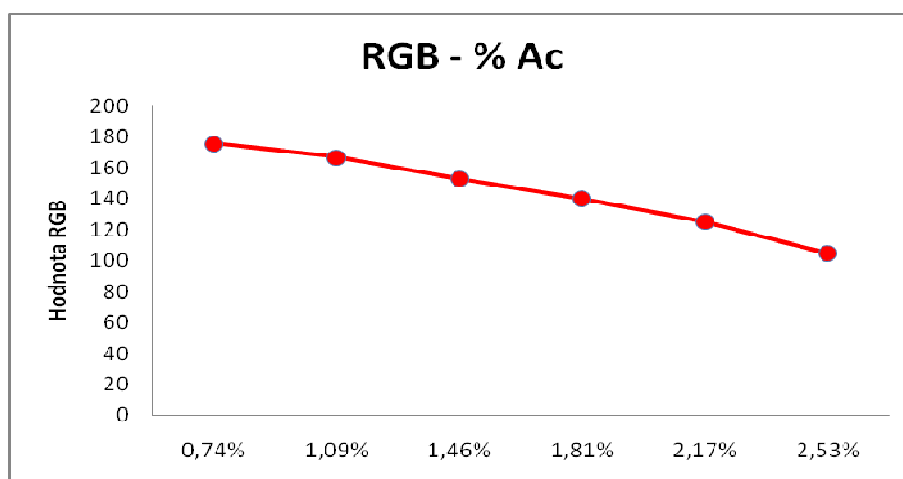
100 % zeminy horizontu Ac

*Obrázek č. 9 Výseče z jednotlivých vzorků a jejich histogramy použité pro statistickou analýzu dat.*

Velikost směrodatné odchylky popisuje hodnotu homogenity barvy vzorku. U všech vzorků je hodnota vyšší, i když v postupu byla snaha vzorek co nejvíce homogenizovat (19,99 – 9,82). Jen u vzorku se 100 % zeminy horizontu Ac je odchylka poměrně nízká (9,82), což poukazuje na vysokou homogenitu pouze u tohoto vzorku. Získané hodnoty směrodatných odchylek poukazují na to, že homogenita vzorku jen z jednoho půdního horizontu je vyšší než u vzorků z rozdílných půdních horizontů.

Střední hodnoty RGB (od 175,69 u 100 % C – tzn. 0 % Ac po 104,69 u 100 % Ac), které byly získány z histogramů jednotlivých vzorků, byly dále použity pro statistické vyhodnocení závislosti barvy na množství humusu (resp. množstevním zastoupení humusového horizontu Ac).

Závislost barvy půdy na obsahu humusu je lineární a je znázorněna spojnicí (Graf č. 1). Z grafu je zřetelné, že se stoupajícím množstvím humusu ve vzorcích (jedná se o tmavší odstíny), hodnota RGB klesá.



*Graf č. 1 Závislost střední hodnoty RGB na obsahu humusu - na množství materiálu z horizontu Ac.*

Druhá analýza - barva a její změny v závislosti na obsahu vlhkosti byla prováděna již jedním přístupem. Tento přístup spočíval v nasnímání pouze všech vzorků půdy najednou, aby již nenastala situace z první analýzy (Obr. 10, Obr. 12). Kdy po nasnímání vzorků půdy jednotlivě, bylo možné pozorovat rozdílné barevné odchylky a následné ovlivnění hodnot RGB. Zvolený přístup odpovídal již výše zmíněnému postupu v předcházející laboratorní analýze. Navíc zde byly přidány snímky původního vysušeného vzorku půdy, aby bylo možné pouhým optickým pozorováním zachytit změnu barvy snímků s původní vlhkostí a snímků s danou vlhkostí.

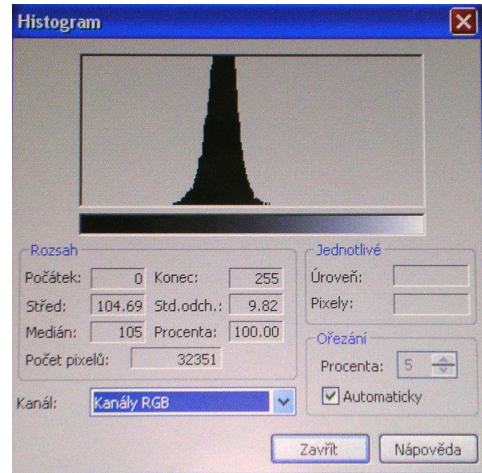
V tomto postupu sloužily k analýze jednotlivých vzorků barevné čtvercové

výseče z nasnímaných fotografií, které byly poté použity k analýze barev jednotlivých snímků pomocí histogramů. Z histogramů byla odečtena hodnota RGB (Obr. 11, Obr. 13). Hodnoty RGB byly získávány z každého horizontu odděleně, aby bylo možné porovnat vliv obsahu vlhkosti na každý půdní horizont zvlášť.

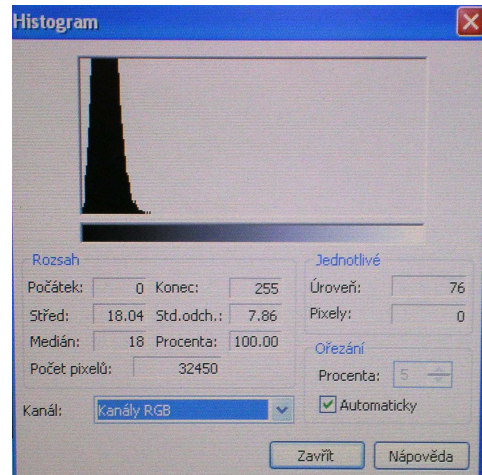
### Horizont Ac



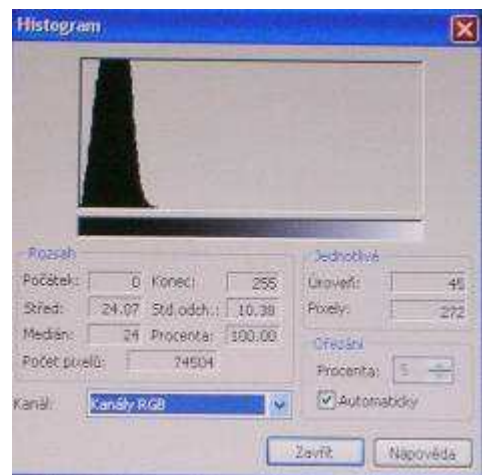
Obrázek č. 10 Optické porovnání vysušeného vzorku půdy s vlhkostmi 20 % - 50 % horizontu Ac



Původní vlhkost

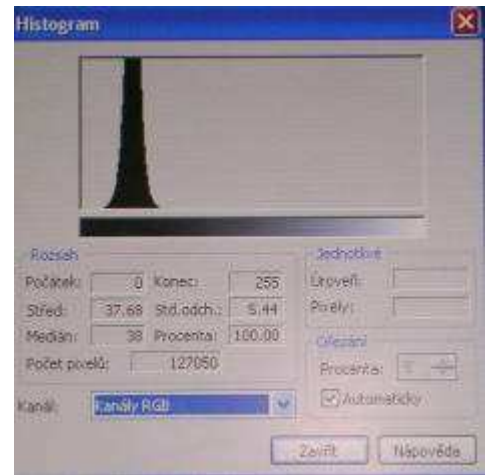


20 % vlhkost

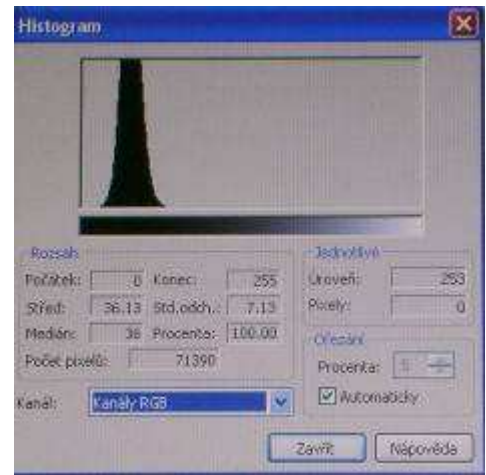


25 % vlhkost

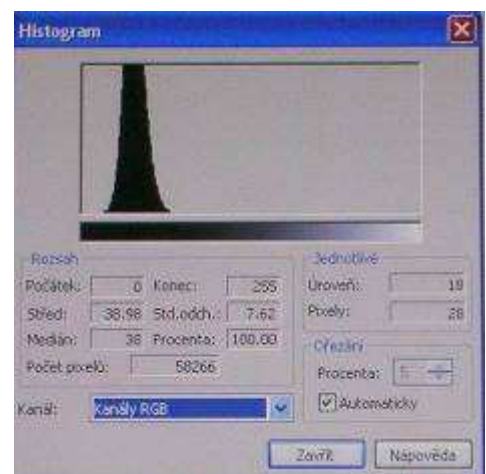




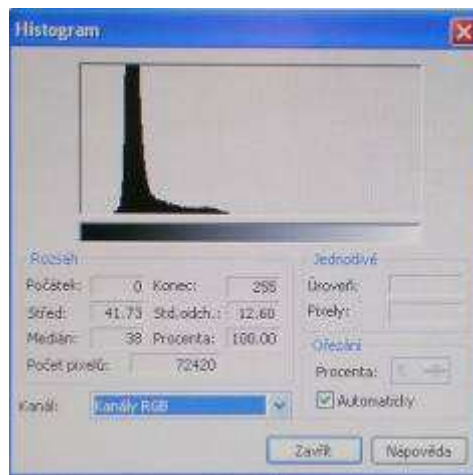
30 % vlhkost



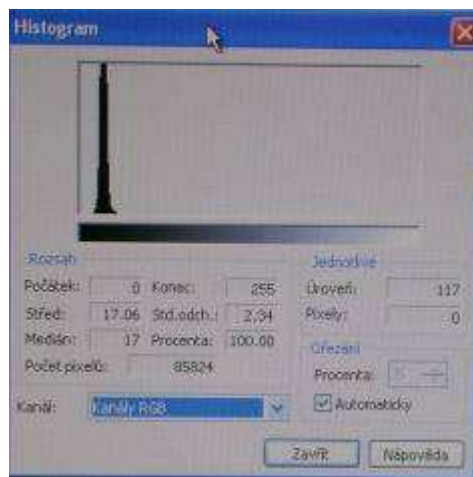
35 % vlhkost



40 % vlhkost



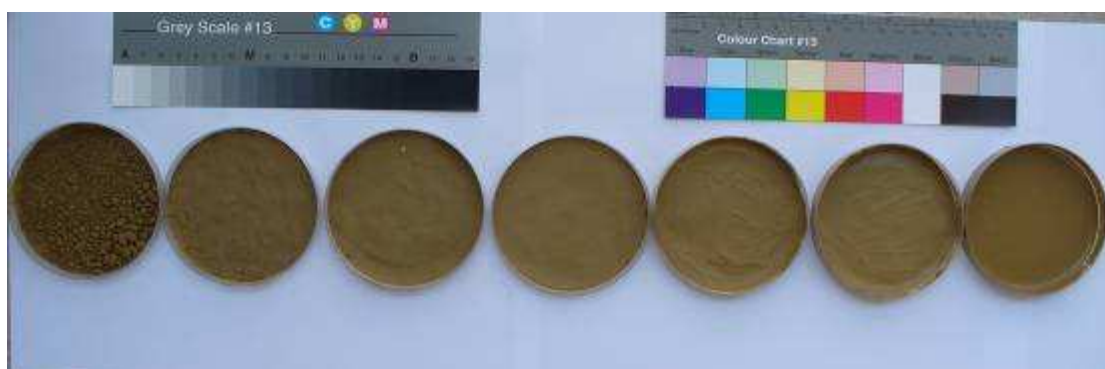
45 % vlhkost



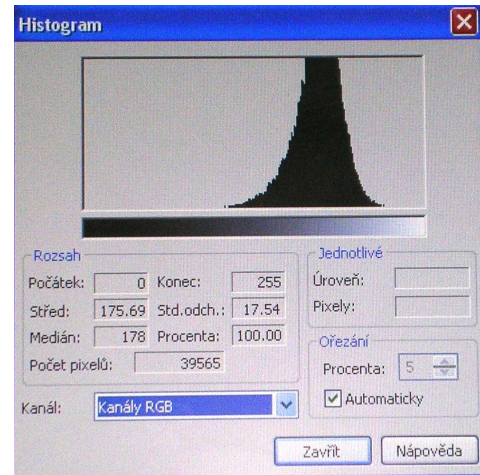
50 % vlhkost

Obrázek č. 11 Snímky čtvercových výsečí horizontu Ac s různými hodnotami obsahu vlhkosti.

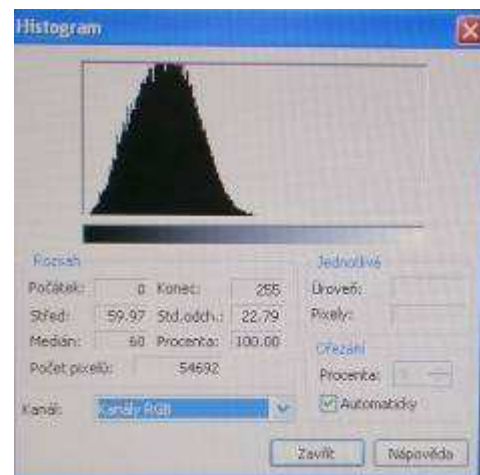
## Horizont C



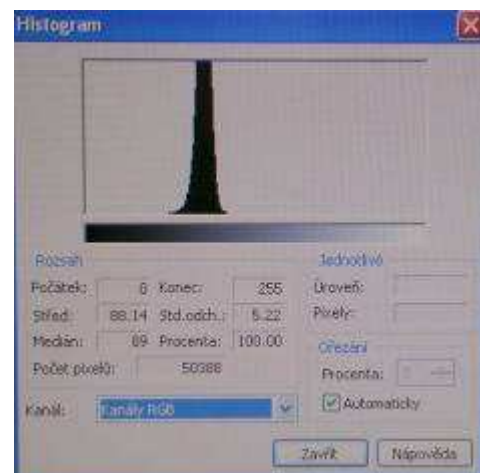
*Obrázek č. 12 Optické porovnání vzorku půdy s vlhkostmi 20 % - 50 % horizontu C*



Původní vlhkost

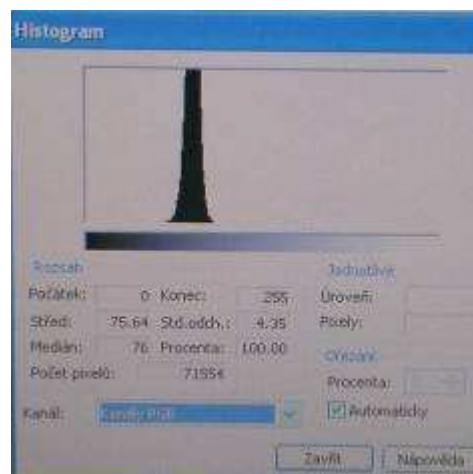


20 % vlhkost

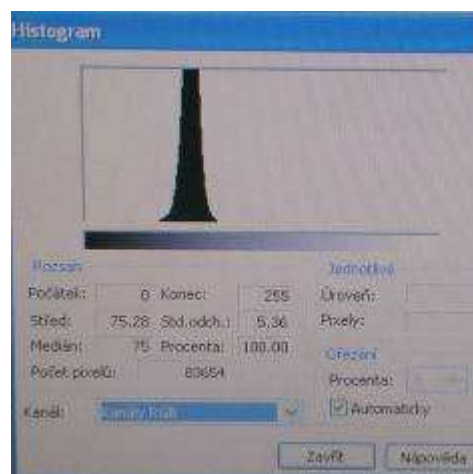


25 % vlhkost

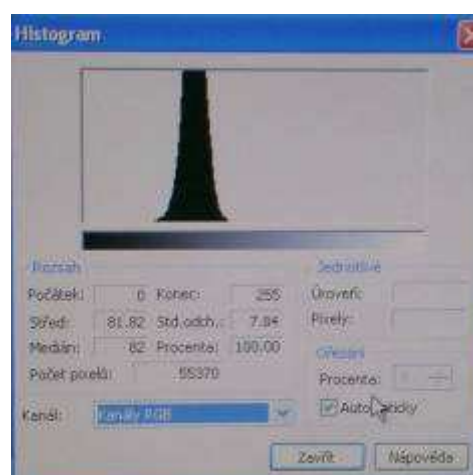




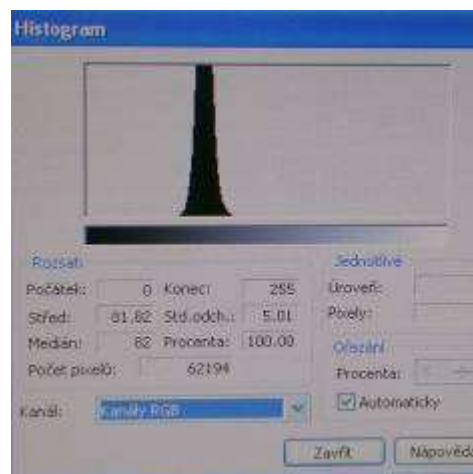
30 % vlhkost



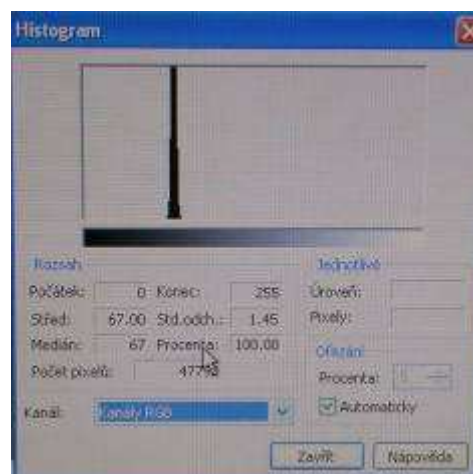
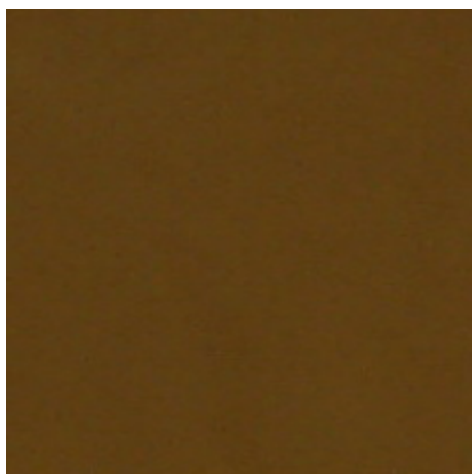
35 % vlhkost



40 % vlhkost



45 % vlhkost



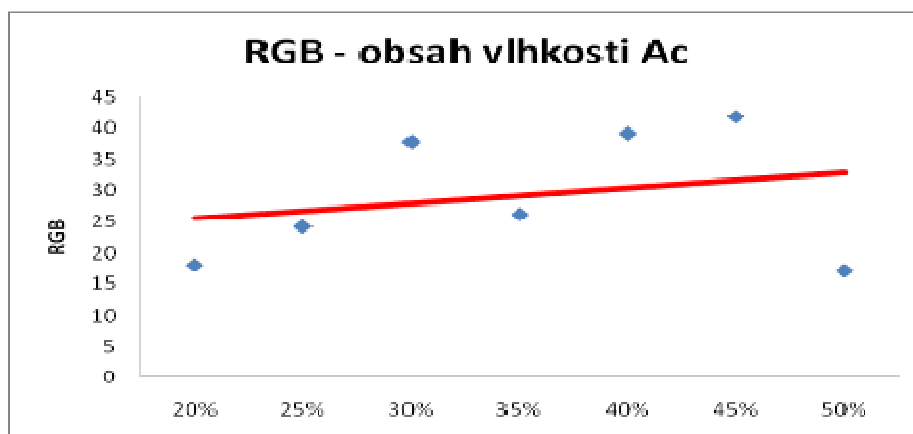
50 % vlhkost

Obrázek č. 13 Snímky čtvercových výsečí horizontu C s různými hodnotami obsahu vlhkosti.

Střední hodnoty RGB získaných z histogramů jednotlivých vzorků u horizontu Ac se nacházejí v rozmezí od 17,06 po 104,69. Výsledné hodnoty z RGB byly dále použity pro statistické vyhodnocení závislosti barvy na obsahu vlhkosti.

Závislost barvy půdy na obsahu vlhkosti je na Grafu č. 2. Z grafu je zřejmé, že se stoupajícím obsahem vlhkosti od hodnoty 20 % ve vzorcích, barva jednotlivých vzorků je světlejší (stoupá hodnota RGB). Avšak porovnání vzorků s obsahem vlhkosti 20 a 25 % se vzorkem s původní vlhkostí, prokazují změnu barvy k tmavším odstínům

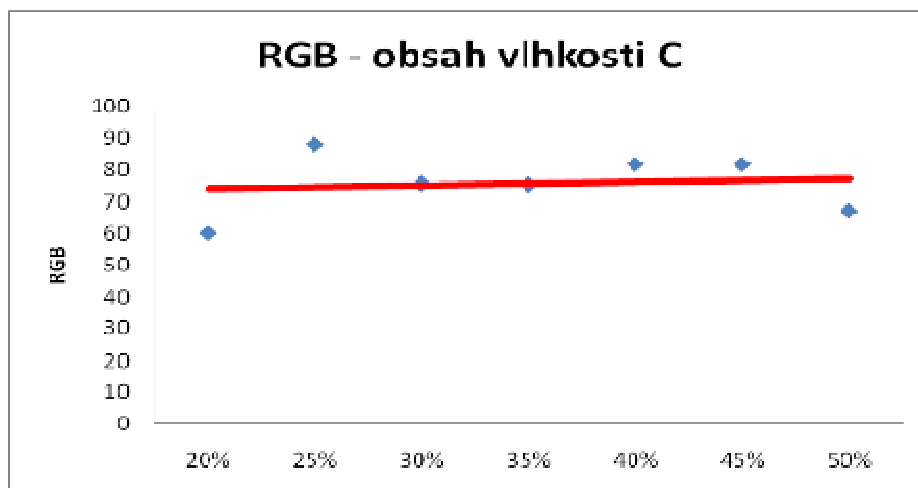
oproti vzorku s původní vlhkostí. Porovnávání vzorků s vyšším obsahem vlhkosti než 25 % se vzorkem s původním obsahem vlhkosti prokazuje tmavší odstíny než původní vzorek, ale jak je již známo (Graf č. 2) se stoupajícím obsahem vlhkosti barevné odstíny vzorků jsou světlejší. Na tento jev má zřejmě vliv voda, která byla do vzorku půdy přidávána a ve větším množství (vyšším obsahu vlhkosti) způsobuje odlesk a tím způsobuje světlejší odstíny barev.



Graf č. 2 Závislost střední hodnoty RGB na obsahu vlhkosti u horizontu Ac

Podobné bylo vyhodnocení závislosti barvy půdy na obsahu vlhkosti u horizontu C. Střední hodnoty RGB získaných z histogramů jednotlivých vzorků u horizontu C se nacházejí v rozmezí od 59,97 po 175,69. Výsledné hodnoty z RGB byly dále použity pro statistické vyhodnocení závislosti barvy na obsahu vlhkosti.

Závislost barvy půdy na obsahu vlhkosti je znázorněna přímkou (Graf č. 3). Z grafu je zřetelné, že se stoupajícím obsahem vlhkosti od hodnoty 20 % ve vzorcích, barva jednotlivých vzorků je světlejší (stoupá hodnota RGB). I když, světlejší odstíny barev nejsou tak zřetelně prokazatelné jako u horizontu Ac, podle grafu a hodnot RGB je možné říci, že barevné odstínu vzorků jsou světlejší s přibývajícím obsahem vlhkosti. Tento jev je možné přisuzovat faktorům jako u předchozího horizontu (Ac), tzn. s přidáváním vody obsah vlhkosti stoupá a vzorek půdy se s velkým množstvím vody ředí, proto vykazuje přechod k světlejším odstínům barev.



Graf č. 3 Závislost střední hodnoty RGB na obsahu vlhkosti u horizontu C

#### 4.2. Laboratorní analýza obsahu humusu v půdě

Tato analýza byla prováděna jako pomocná – srovnávací, za účelem potvrzení předpokladů a výše zjištěných výsledků závislosti barvy půdy na obsahu humusu (resp. na obsahu humusového horizontu Ac). Analýza byla prováděna na obou typech půdních horizontů (Ac a C). Celá tato analýza probíhala v laboratorních podmínkách, jelikož k jejímu úspěšnému řešení bylo zapotřebí laboratorního vybavení. Postup byl prováděn dle metod používaných ke stanovení humusu, přesněji byla využita metoda na tzv. mokré cestě – konkrétně modifikovaná Tjurinova metoda.

Po zjištění předcházejících hodnot obsahu humusu byly tyto výsledky porovnány s následující tabulkou, která byla zveřejněna v Pedologickém praktiku (Valla M. a kol. 2006) a půdní horizonty byly zařazeny podle množství obsahu humusu.

Cox (%)	Humus (%)	Označení obsahu
< 0,6	< 1	velmi nízký
0,6 - 1,1	1,0 - 2,0	nízký
1,1 - 1,7	2,0 - 3,0	střední
1,7 - 2,9	3,0 - 5,0	vysoký
> 2,9	> 5,0	velmi vysoký

Tabulka č. 1 Pro zařazení vorků půdních horizontů

Podle výše uvedené tabulky a vypočtených hodnot byly vzorky různých typů půdních horizontů zařazeny takto:

Horizont Ac

$C_{ox} = 1,47 \% =$  procentickému obsahu humusu  $= 2,53 \% =$  označení obsahu = střední

Horizont C

$C_{ox} = 0,43 \% =$  procentickému obsahu humusu  $= 0,74 \% =$  označení obsahu = velmi nízký

Získané hodnoty a zařazení do tabulky odpovídá předpokládanému obsahu humusu v daných typech půdních horizontů (Ac a C). Tyto hodnoty poukazují na správnost provedené první analýzy a potvrzení teorie, že s přibývajícím obsahem horizontu Ac ve vzorku s horizontem C, stoupá kvantitativní obsah humus.

## 5. Závěr

Tato práce jednoznačně prokazuje vztah mezi barvou půdy a obsahem humusu a vlhkostí půdy. Ve vztahu mezi barvou půdy a obsahem humusu byla nalezena přímá lineární závislost. Lineární závislost bylo možné pozorovat (Graf č. 1) na klesajících hodnotách RGB s přibývajícím obsahem humusového horizontu Ac (přechod k tmavším odstínům). Získané výsledky z laboratorní analýzy stanovení obsahu humusu v půdních horizontech (Ac a C) prokázaly přítomnost většího obsahu humusu v půdním horizontu Ac oproti horizontu C. Tato analýza potvrdila teorii, že s přibývajícím obsahem humusu (respektive množstvím humusového horizontu Ac), se odstíny barvy půdy stávají tmavšími a že tento vztah lze kvantitativně popsat.

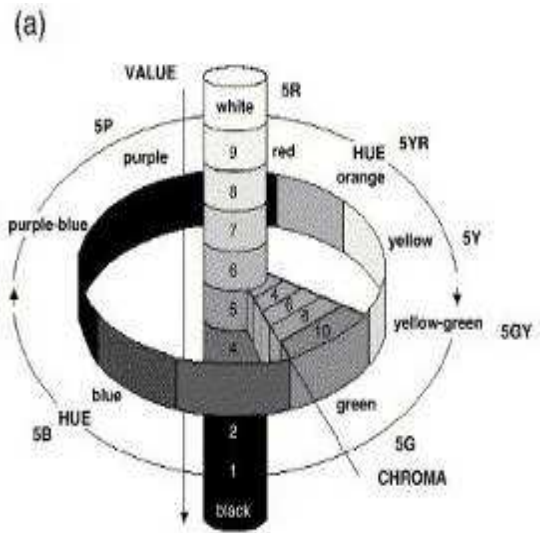
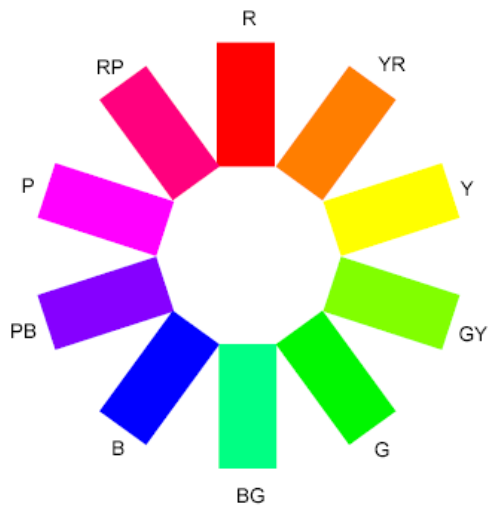
V poslední analýze, kterou se tato práce zabývá, je popisován a vyhodnocen vztah barvy půdy na obsahu vlhkosti. V tomto vztahu nebylo možné prokazatelně určit lineární závislost mezi tmavšími odstíny barev a narůstající vlhkostí, jelikož zvolený obsah vlhkosti (respektive jeho rozmezí) ve vzorcích půdy byl zřejmě natolik velký, že způsoboval odlesk, který vytvářel světlejší barevné odstíny. Z tohoto důvodu byly odstíny barev půdních vzorků se vzrůstajícím obsahem vlhkosti světlejší. Prokazatelný přechod k tmavším odstínům barev je zřejmý pouze mezi vzorkem s původní vlhkostí a vzorkem s obsahem vlhkosti 20 %. Z těchto ukazatelů je možné vytvořit závěr, že vzorky půdních horizontů mají tendenci s narůstajícím obsahem vlhkosti měnit barevné odstíny k tmavším, ale pouze do obsahů pohybujících se kolem hodnot 20 %. S vyššími hodnotami obsahů vlhkosti mají naopak tyto vzorky půdy tendenci přecházet k světlým odstínům. Pro detailnější potvrzení a upřesnění zjištěných poznatků by bylo nutné dále vyvíjet danou metodiku a zvolit složitější a náročnější postup stanovení této analýzy.

## 6. Použitá literatura

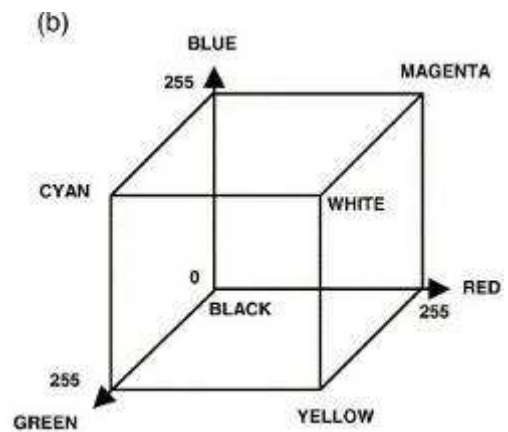
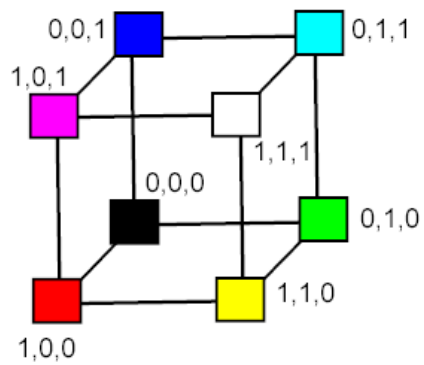
- PRÁT, S. *Humus a jeho význam*. 1.vydání. Praha: Knihtisk 1, 1964. 164 str.
- ŠPIČKA. A. *Vlastnosti půdy a její zpracování*. 1.vydání. Praha: Knihtisk MÍR, 1964. 203 str.
- STRAHLER. A. *Introducing Physical Geography*. New York, 1999, 507 str.
- TOMÁŠEK. M. *Půdy české republiky*. Praha : Český geologický ústav, 2000. 67str. ISBN 80-7075-403-6
- ANDREAUX. F. *Humus in World Soils* Dijon: Université de Bourgogne, Centre des Sciences de la Terre 6, 2007 147 str.
- VISCARRA R. R.A., MINASNY B., ROUDIER P., MCBRATNEY A.B. *Colour space models for soil science*. Geoderma 133. 2006, 320-337 str.
- LYNN, W.C. PEARSON, M.J., *The Color of Soil*, The Science Teacher, 2000, 54 str.
- THWAITES.R. *Color*. The university of Quensensland, St. Lucia, Queensland, Australia 2006, 142 – 151 str.
- VALLA. M., KOZÁK J., NĚMEČEK J., MATULA S., BORŮVKA L. *Pedologie*. 2. dotisk. Praha: Powerprint, 2005. 132 str. ISBN 80-213-0907-5
- VALLA. M., KOZÁK J., NĚMEČEK J., MATULA S., BORŮVKA L., DRÁBEK O., *Pedologické praktikum* Praha: Powerprint, 2006. 155 str. ISBN 80-213-0914-8

## 7. Přílohy

Obrázek č. 2

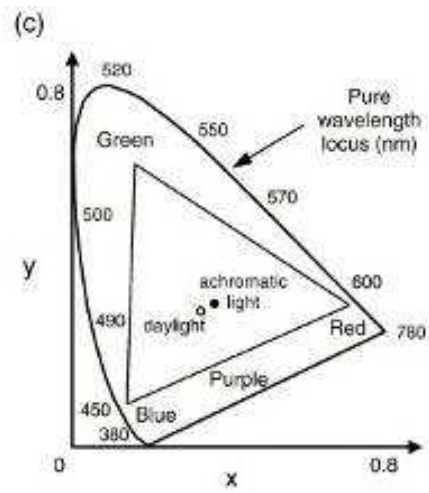
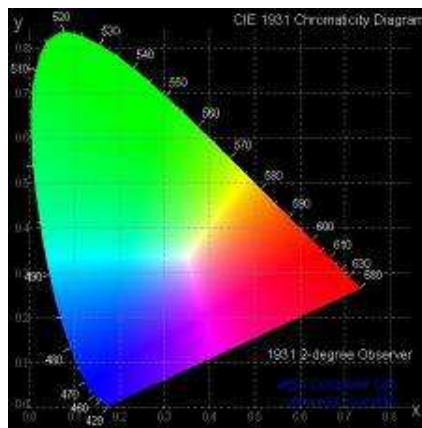


Obrázek č. 3

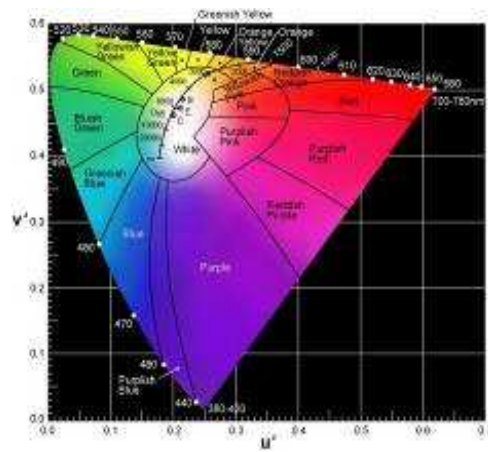




Obrázek č. 4



Obrázek č. 5



Obrázek č. 6



Červená půda – typické pro podkrkonoší (Stará Paka) nebo Rakovnícko