



VLIV PŮDNÍHO SORPČNÍHO KOMPLEXU A HUMINOVÝCH LÁTEK NA STANOVENÍ NEPOLÁRNÍCH EXTRAHOVATELNÝCH LÁTEK (NEL) V PŮDĚ METODOU FTIR.

Diplomová práce

Studijní program: N1407 – Chemie
Studijní obory: 7503T036 – Učitelství chemie pro 2.stupeň základních škol
7504T089 – Učitelství matematiky pro střední školy

Autor práce: **Bc. Daniel Vacata**
Vedoucí práce: Ing. Jana Müllerová, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Daniel Vacata**
Osobní číslo: **P12000764**
Studijní program: **N1407 Chemie**
Studijní obory: **Učitelství chemie pro 2.stupeň základních škol**
Učitelství matematiky pro střední školy
Název tématu: **Vliv půdního sorpčního komplexu a huminových látek na stanovení nepolárních extrahovatelných látek (NEL) v půdě metodou FTIR.**
Zadávající katedra: **Katedra chemie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je nalézt souvislost půdního sorpčního komplexu, barevného indexu půdy s výtěžností extrakce při stanovení NEL metodou IR použitelnou pro korekci obdržených výsledků.

1. Rozšířit rešerši z bakalářské práce týkající se zadaného tématu.
2. Připravit smísením dvou půd s extrémními hodnotami sorpčního komplexu (nízká a vysoká) testovací sadu půd a obohatit půdy o nepolární látky.
3. U testovací sady prověřit vliv výše uvedených charakteristik půd na výtěžnost extrakce při stanovení NEL.
4. Určit přibližnou závislost mezi těmito hodnotami pro praktické použití.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- Evropské a české normy týkající se problematiky stanovení.
- Další zdroje budou vyhledávány prostřednictvím Web of Science a Science Direct.
- Literatura týkající se zemědělských analýz.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jana Müllerová, Ph.D.
Katedra chemie

Datum zadání diplomové práce: **4. dubna 2013**

Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2014**



doc. RNDr. Miroslav Brzezina, CSc.

děkan

L.S.



prof. Ing. Josef Šedlbauer, Ph.D.

vedoucí katedry

V Liberci dne 4. dubna 2013

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování: Na tomto místě bych si přál poděkovat své vedoucí práce, paní doktorce Janě Müllerové, a mému konzultantovi, inženýru Martinu Stuchlíkovi, za obrovskou trpělivost, kterou měli se mnou a touto diplomovou prací a za jejich rady při tvorbě.

Anotace

Cílem této diplomové práce je objasnit principy stanovení maximální sorpční kapacity půdy a stanovení nepochárních látek. Dále je cílem nalézt souvislost použitelnou pro korekci obdrženných výsledků mezi maximální sorpční kapacitou, barevným indexem a výtěžností extrakce nepochárních extrahovatelných látek stanovovaných metodou IR.

Klíčová slova

sorpční komplex, kationtová výměnná kapacita (KVK), nepochárně extrahovatelné látky (NEL), infračervená spektroskopie, tetrachlorethylen, barevný index

Annotation

The goal of this diploma thesis is to clarify principles of determination of soil sorption complex and non-polar extractives. Next goal is to find the link usable for correction of the measured results between soil sorption complex, color index and the rate of recovery of non-polar extractives rated by IR-spectroscopy.

Key words

soil sorption complex, cation exchange capacity (CEC), non-polar extractives, infrared spectroscopy, tetrachlorethylene, color index

Obsah

Úvod.....	9
Teoretická část.....	10
1. Půda.....	10
2. Sorpční komplex.....	10
2.1. Druhy sorpčního komplexu.....	11
2.1.1. Komplex sorpčně nenasycený.....	11
2.1.2. Komplex nasycený dvojmocnými kationty.....	11
2.1.3. Komplex sorpčně nasycený jednomocnými kationty.....	11
2.2. Maximální sorpční kapacita.....	11
2.2.1. Stanovení KVK podle Mehlicha.....	12
2.2.2. Stanovení KVK podle Bowera.....	13
2.2.3. Stanovení KVK po nasycení zeminy amonnými ionty při pH=7.....	13
2.2.4. Stanovení KVK podle Sandhofa.....	13
2.3. Význam sorpčního komplexu půd.....	14
3. Huminové látky.....	14
3.1. Metody identifikace huminových látek.....	15
3.1.1. Elementární analýza.....	15
3.1.2. Obsah popelovin a vlhkosti.....	16
3.1.3. Nedegradční techniky.....	16
3.1.3.a) Infračervené spektrum.....	16
3.1.3.b) UV – VIS spektrum.....	16
4. Nepolární extrahovatelné látky.....	17
4.1. Metody extrakce.....	17
4.1.1. Soxletova extrakce.....	17
4.1.2. Superkritická fluidní extrakce.....	18
4.1.3. Extrakce třepáním do halogenového rozpouštědla.....	18
4.1.4. Extrakce za pomoci mikrovln.....	18
4.1.5. Akcelerovaná extrakce do rozpouštědla.....	19
4.2. Metody stanovení.....	19
4.2.1. Gravimetrické stanovení.....	19
4.2.2. Spektrální stanovení.....	20
4.2.2.a) Infračervená spektrometrie.....	20
4.2.2.b) Ultrafialová spektrometrie.....	22
4.2.3. Plynová chromatografie.....	22
4.2.4. Imunoassay-analýza.....	23
Praktická část.....	24
1. Stanovení sorpční kapacity vysušených půd.....	24
1.1. Princip.....	24
1.2. Tvorba referenční řady půd.....	24
1.3. Příprava roztoků.....	25
1.3.1. Výpočty.....	26
1.3.2. Standardizace.....	26
1.4. Měření.....	27
2. Stanovení sorpční kapacity vlhkých půd.....	32
2.1. Tvorba referenční řady půd.....	32
2.2. Měření.....	34

3. Stanovení NEL.....	39
3.1. Stanovení NEL ve vzorcích bez přidání nafty.....	39
3.2. Stanovení NEL ve vzorcích s přidavkem nafty.....	41
4. Barevný index.....	44
Závěr a diskuse.....	48
Seznam použitých zdrojů.....	54

Seznam grafů

Graf 1: Půda číslo 7, suchá, vzorek 3.....	30
Graf 2: Maximální sorpční kapacita půd referenční řady.....	35
Graf 3: Závislost koncentrace NEL na kapacitě půd.....	49
Graf 4: Závislost koncentrace NEL na absorbanci vztažené na jednotku.....	52

Seznam tabulek

Tabulka 1: Velikost půdních částic.....	10
Tabulka 2: Klasifikace hodnot maximální sorpční kapacity.....	12
Tabulka 3: Hodnocení půd podle výměnné sorpční kapacity.....	13
Tabulka 4: Charakteristické kmitočty C-H skupin pro stanovení NEL.....	22
Tabulka 5: Poměr půd referenční řady.....	24
Tabulka 6: Půda číslo 7, suchá, vzorek 3.....	29
Tabulka 7: Kapacita vysušených půd.....	31
Tabulka 8: Hmotnosti vlhkých půd při mixování.....	32
Tabulka 9: Obsah sušiny půd referenční řady.....	33
Tabulka 10: Přesný hmotnostní poměr půd referenční řady.....	33
Tabulka 11: Maximální sorpční kapacita vlhkých půd referenční řady.....	34
Tabulka 12: Maximální sorpční kapacita půd s přidavkem nafty.....	36
Tabulka 13: Maximální sorpční kapacita půd.....	37
Tabulka 14: Maximální sorpční kapacita reálných půd.....	38
Tabulka 15: Navážky půd pro extrakci.....	39
Tabulka 16: Koncentrace NEL v závislosti na množství silikagelu.....	40
Tabulka 17: Koncentrace NEL v půdách bez přidavku nafty.....	41
Tabulka 18: Přidaná koncentrace nafty v půdách.....	42
Tabulka 19: Navážky půd s naftou pro extrakci.....	43
Tabulka 20: Koncentrace NEL v půdách s přidavkem nafty.....	43
Tabulka 21: Absorbance v UV-VIS oblasti půd bez přidavku nafty.....	44
Tabulka 22: Absorbance v UV-VIS oblasti půd s přidavkem nafty.....	45
Tabulka 23: Absorbance na jednotku půd bez přidavku nafty.....	46
Tabulka 24: Absorbance na jednotku půd s přidavkem nafty.....	46
Tabulka 25: Porovnání absorbancí vztažených na jednotku.....	47
Tabulka 26: Výchozí tabulka ke grafu číslo 3.....	49
Tabulka 27: Výťažnost extrakce nepolárních extrahovatelných látek.....	50
Tabulka 28: Výchozí tabulka ke grafu číslo 4.....	51
Tabulka 29: Vliv silikagelu na extrakt půdy číslo 10.....	53

Úvod

Jedním z klíčových témat současné společnosti se stala ochrana životního prostředí a jeho zachování pro budoucnost. I přesto dochází v současnosti v důsledku rozvoje průmyslu a zemědělství (a s tím souvisejícím rozvojem motorové dopravy) k zvyšování zátěže na životní prostředí a znečišťování přírodních zdrojů a půd.

Jedním z nejčastěji vzniklých znečištění činností člověka je znečištění ropnými látkami a motorovými oleji v důsledku netěsnících palivových nádrží, motorů, nedokonalým spalováním ropných produktů a podobně.

Přesto, že určité množství těchto látek v přírodě degraduje za součinnosti mikroorganismů, je stanovení těchto reziduí lidské činnosti v půdách klíčové pro stanovení míry kontaminace a její změny – ať už v pozitivním nebo v negativním hledisku.

Základní operací pro stanovení kontaminace je extrakce těchto látek do vhodného organického rozpouštědla. Problémem ovšem zůstává stanovení výtěžnosti takové extrakce.

V této diplomové práci navazuji na svou bakalářskou práci, jejímž cílem bylo vymezit metodiku práce a prozkoumat, zda existuje vztah mezi výtěžností extrakce nepolárních extrahovatelných látek z půd a maximální sorpční kapacitou půd.

Cílem této diplomové práce je proto rozšířit poznatky z bakalářské práce a pokusit se dospět k matematickému vztahu mezi těmito veličinami.

Teoretická část

1. Půda

Půda se vyvíjí na rozhraní litosféry, atmosféry, biosféry a hydrosféry. Skládá se tedy ze složky minerální (anorganické), mezi níž patří kameny, štěrk, písek, jílové částice a další. Dále pak ze složky organické, vody, plynů a živých organismů – od bakterií až po vyšší živočichy. (SÁŇKA 2004, s. 5)

Minerální složky půdy lze rozdělit podle velikosti. Hrubá půda obsahuje částice větší než 2 mm, tedy kamínky, oblázky či štěrk. Půda s více než 75 % hrubého podílu se nazývá skelet.

Jemnozem je označení pro půdu, která obsahuje půdní částice menší než 2 mm, tedy písek, hlínu a jílové částice, jak shrnuje následující tabulka. (HOHENBERGER 1999, s. 9)

Částice	Velikost částic
kamínky	> 2 mm
písek	0,063 – 2 mm
hlína	0,002 – 0,063 mm
jílovité částice	< 2 mm

Tabulka 1: Velikost půdních částic

Mezi pevnou, kapalnou a plynnou složkou půdy existuje neustálá výměna molekul a iontů, a proto je nutno půdu chápat jako složitý otevřený systém, ale díky schopnosti autoregulace i systém samostatný.

Funkce půdy je všeobecně pojímána jako základní článek potravního řetězce a médium pro růst rostlin, nicméně je i životně důležitou zásobárnou vody s velkou filtrační schopností pro suchozemské rostliny a mikroorganismy. (SÁŇKA 2004, s. 6)

2. Sorpční komplex

Soubor půdních koloidů, které se podílejí na výměnných reakcích, nazýváme půdní sorpční komplex. U sorpčního komplexu rozlišujeme dvě části – aktivní a pasivní.

Aktivní částí je aniontová část, která působí na volné ionty v půdním roztoku a vyvolává sorpční procesy.

Pasivní částí jsou kationty sorbované aktivní částí sorpčního komplexu. Jednotlivé kationty jsou v sorpčním komplexu vázány různou silou v pořadí $\text{Na} < \text{K} < \text{NH}_4 < \text{H} < \text{Ca} < \text{Mg} < \text{Al} < \text{Fe}$. (POKORNÝ)

2.1. Druhy sorpčního komplexu

Podle převládajícího druhu sorbovaných kationtů a podle kvality aktivní části sorpčního komplexu můžeme rozlišit tři druhy sorpčního komplexu. (POKORNÝ)

2.1.1. *Komplex sorpčně nenasycený*

Tento komplex je charakterizován převahou sorbovaných vodíkových iontů. Humus je převážně ve formě kyselých, ve vodě pohyblivých sloučenin. Nedostatek dvojmocných kationtů podmiňuje vznik lehce rozrušitelné nestabilní struktury. (POKORNÝ)

2.1.2. *Komplex nasycený dvojmocnými kationty*

Pasivní část sorpčního komplexu je tvořena převahou iontů Ca a Mg. Tyto ionty mají značnou pufrací schopnost, agregační schopnost a vodotěsnou strukturu. Humus je tvořen převážně vysoce kondenzovanými huminovými kyselinami a jejich vápenatými solemi. (POKORNÝ)

2.1.3. *Komplex sorpčně nasycený jednomocnými kationty*

Pasivní část sorpčního komplexu je tvořena převahou jednomocných kationtů, zejména sodíku. (POKORNÝ)

2.2. Maximální sorpční kapacita

Důležitým ukazatelem úrodnosti půdy, zejména z pohledu její schopnosti vázat dostatek živin přístupných pro rostliny, je hodnota maximální sorpční kapacity půdy. V převážné většině případů představuje maximální množství kationtů, které může poutat váhová jednotka zeminy. Označuje se buď tradičně symbolem „T“, nebo z angličtiny převzatou zkratkou „CEC“ (cation exchange capacity), respektive „KVK“ (kationtová výměnná kapacita). Na hodnotu CEC, respektive T je nutno pohlížet jako na hodnotu „vynucenou“ a experimentálně stanovenou za experimentálních podmínek. (FIALA 2009, s. 10)

Udává se v jednotkách $\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ nebo v jednotkách $\text{mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Mezi těmito jednotkami funguje přepočítání podle vzorce:

$$[mval \cdot 100 g^{-1}] = [mmol \cdot 100 g^{-1}] \cdot \text{mocenství kationtu}. \quad (\text{Conversion Factors})$$

Hodnota maximální sorpční kapacity se obvykle zvyšuje s vyšším podílem humusových koloidů. Písčité půdy mají sorpční kapacitu 2–10, hlinité 20–30, jílovité 40–50 a organické půdy až 150 mmol na 100 gramů půdy. Všechny údaje jsou uváděny v milimolech chemického ekvivalentu na 100 gramů na vzduchu vysušené půdy. Převod miligramů na mmol je vyjádřen poměrem:

$$mmol = \frac{\text{obsah kationtu v mg na 100 gramů zeminy} \cdot \text{mocenství kationtu}}{\text{atomová váha prvku}} \quad (\text{POKORNÝ})$$

Bylo doloženo, že kationtová výměnná kapacita (KVK) je důležitým předpokladem kvality půdy a potenciálu pro absorbování znečištění v přírodě. (LIAO 2011)

Z důvodu relativně náročnějšího analytického postupu se kationtová výměnná kapacita rutinně v hodnocení půd nepoužívá, některé zahraniční předpisy však mají tuto vlastnost zařazenu jako kritérium pro diferenciaci limitních hodnot obsahů prvků v půdě. (SÁŇKA 2004, s.29)

CEC [mmol · 100g ⁻¹]	Hodnocení
< 80	velmi nízká
80–130	nízká
130–240	střední
240–300	vysoká
>300	velmi vysoká

*Tabulka 2: Klasifikace hodnot maximální sorpční kapacity
(FIALA 2009, s. 11)*

2.2.1. Stanovení KVK podle Mehliche

Princip metody stanovení kationtové výměnné kapacity podle Mehliche je, že výměnné kationty se vytěsní roztokem chloridu barnatého, který je pufrován při pH 8,1. Ve výluhu se stanoví titrací kyselinou výměnný vodík. Po vymytí přebytku barnaté soli se sorbované barnaté ionty vytěsní roztokem chloridu hořečnatého a ve výluhu se stanoví množství sorbovných barnatých iontů plamenovým fotometrem. Kationtová výměnná kapacita v cmol · kg⁻¹ zeminy se odečte přímo z kalibračního grafu. (POKORNÝ)

2.2.2. Stanovení KVK podle Bowera

Metoda stanovení kationtové výměnné kapacity podle Bowera se řadí mezi metody indexového iontu. Zde je tímto indexovým iontem ion sodíku. V první fázi se nasatí sorpční komplex sodnými kationty, které vytěsní ostatní výměnné kationty do roztoku. Přebytek octanu sodného se spolu s uvolněnými kationty vymyje ethanolem. V třetí fázi se nasorbované sodné ionty vytěsní ionty amonnými do roztoku a stanoví se jejich množství, které odpovídá velikosti KVK. (ČESKÁ PEDOLOGICKÁ SPOLEČNOST)

2.2.3. Stanovení KVK po nasycení zeminy amonnými ionty při pH=7

Ze zeminy po vytěsnění výměnných kationtů roztokem octanu amonného se alkoholem vymyjí zadržené zbytky roztoku octanu a sorbované amonné ionty se vytěsní okyseleným roztokem chloridu sodného. Ve výluhu se stanoví amonné ionty po reakci s fenolem a chlornanem absorpční spektrofotometrií. Hodnocení půd podle ukazatelů jejich sorpčních vlastností uvádí tabulka. (POKORNÝ)

Výměnná sorpční kapacita	Hodnota T [mmol · 100 g ⁻¹]
velmi vysoká	nad 40
vysoká	25–40
střední	12–25
nízká	8–12
velmi nízká	pod 8

*Tabulka 3: Hodnocení půd podle výměnné sorpční kapacity
(POKORNÝ)*

2.2.4. Stanovení KVK podle Sandhofa

Půda převedena do tzv. H⁺ cyklu (nahrazením výměnných bazických kationtů vodíkem) se titruje roztokem Ba(OH)₂. Přitom Ba²⁺ nahrazuje vodík v sorpčním půdním komplexu a vzniká málo disociovaná voda, takže vodivost systému se prakticky nemění. Před dosažením bodu ekvivalence (nasycení) vodivost již mírně stoupá, protože se na ni již začínají podílet ionty Ba²⁺ slabě poutané v silně nasyceném sorpčním komplexu půdy. Po úplném nasycení (za bodem ekvivalence) se začínají uvolňovat volné ionty titračního roztoku a vodivost prudce a rovnoměrně stoupá úměrně dávkám činidla. (JIHOČESKÁ UNIVERZITA)

2.3. Význam sorpčního komplexu půd

Sorpční komplex silně ovlivňuje dynamiku půdy, její fyzikální stav a uplatňuje se i při výživě rostlin. I když v chemismu půdy připadá důležitá úloha mikroorganismům, nelze vyloučit z dynamiky půdy pochody fyzikálně chemické, jejichž nositelem je právě sorpční komplex. V půdním komplexu se funkce životní činnosti mikroorganismů prolínají s procesy fyzikálně chemickými do té míry, že ostrá odlišování či vylučování sorpčního komplexu z řady aktivních půdních složek je neoprávněné.

Sorpční komplex přímo ovlivňuje maximální sorpční kapacitu půdy, pufovinnost půdy a také dynamiku chemických procesů. Nepřímo pak ovlivňuje obdělavitelnost půdy, vodní a vzdušný režim půdy, stejně tak jako biologickou aktivitu půdy. (POKORNÝ)

3. *Huminové látky*

Huminové látky (huminy, huminové kyseliny a fulvokyseliny) jsou velmi komplexní sloučeniny obsahující četné funkční skupiny, zejména karboxylové a fenolické skupiny. (CONTRERAS 2006) Jsou tvořeny převážně uhlíkem, dále kyslíkem, vodíkem, dusíkem, ale také sírou. (PIVOKONSKÝ 2010) Huminy mají nejvyšší molekulovou hmotnost a obsah uhlíku z těchto tří huminových sloučenin. Navíc, huminy jsou odolné vůči mikrobiální degradaci a jsou považovány za finální produkt humusotvorných procesů. Analýzy huminových látek získaných z půd, sedimentů a rašeliny ukázaly, že huminy svědčí o parafinovém uhlíku. Jiné studie demonstrovaly, že parafinické skupiny přispívají k nerozpustnosti huminů. (CONTRERAS 2006)

Nicméně vznik huminových látek není stále zcela objasněn. Existuje několik teorií vzniku huminů, například degradační a syntetická teorie.

Degradační teorie popisuje vznik huminových látek mikrobiálním rozkladem odumřelého rostlinného materiálu, kdy vznikají huminy z těžko rozložitelných látek a následně jsou oxidovány přes huminové kyseliny a fulvokyseliny na menší molekuly. Při pokračujícím mechanismu degradace poté jsou huminy rozloženy až na oxid uhličitý a vodu.

Syntetická teorie vychází naopak z předpokladu, že odumřelé rostlinné tkáně jsou rozštěpeny na malé molekuly (karboxylové kyseliny, fenoly), ze kterých posléze následnou syntézou vznikají huminy.

Pravděpodobně však tyto dva procesy probíhají vedle sebe, kdy ve vodních ekosystémech převažuje degradační a v terestrických převažuje syntetický mechanismus. (PIVOKONSKÝ 2010)

Huminy jsou velmi porózní látka s velkým specifickým povrchem, kterážto vlastnost je velmi užitečná při adsorpci. Studie dokázaly, že huminy jsou schopny účinně adsorbovat těžké kovy v roztocích při pH = 5. (CONTRERAS 2006)

Huminové látky se klasifikují na tři složky – huminové kyseliny (nerozpustné v kyselinách, ale rozpustné v alkáliích), fulvokyseliny (rozpustné jak v kyselinách, tak v alkáliích) a huminy (nerozpustné v alkáliích a v kyselinách). (OKABE 2011) Díky své vyšší rozpustnosti bývají fulvokyseliny v přírodních vodách v převaze. (PIVOKONSKÝ 2010)

Fulvokyseliny mají oproti huminovým kyselinám nižší molekulovou hmotnost, obsahují méně aromatických struktur a více alifatických postranních řetězců. Rozdílné je i elementární složení kyselin, kdy zatímco fulvokyseliny jsou tvořeny z 46–55 % uhlíkem, 37–50 % kyslíkem, 4–5 % vodíkem a nízkým obsahem dusíku a síry, tak huminové kyseliny jsou tvořeny 50–57 % uhlíku, 34–38 % kyslíku, 4–6 % vodíku a také dusíkem a sírou. Hranice stanovení mezi těmito typy je nicméně obtížně stanovitelná. (PIVOKONSKÝ 2010)

3.1. Metody identifikace huminových látek

Ačkoliv se humusové látky sledují již více jak 200 let, v posledních dvaceti letech se půdoznalství stalo interdisciplinární vědou, bez níž by nebylo vůbec možné ve výzkumu humusových látek pokračovat. (POSPÍŠILOVÁ 2012) Množství metod se stále zvyšuje s ohledem na nové vědní poznatky. Zde jsou uváděny jen některé z metod stanovení s akcentem na UV-VIS spektrometrii.

3.1.1. Elementární analýza

Jedná se o základní chemickou charakteristiku huminových kyselin, která kvalitativně stanoví obsah C, H, N, O, S v jejich molekule.

Jednou z metod je spalování vzorku v proudu helia s přidavkem vysoce čistého kyslíku při teplotě 1030 °C. Spálené produkty N₂, CO₂, H₂O se posléze kvantitativně analyzují. (POSPÍŠILOVÁ 2012)

3.1.2. Obsah popelovin a vlhkosti

Toto stanovení je pro huminové kyseliny základním stanovením, bez něhož jsou ostatní stanovení nepřesná.

Vlhkost huminových kyselin se stanoví sušením při 130 °C do konstantní hmotnosti, popeloviny se pak stanoví žiháním ve spalovací peci v atmosféře kyslíku při 1000 °C. (POSPÍŠILOVÁ 2012)

3.1.3. Nedegradační techniky

Tyto techniky zahrnují zejména spektrofotometrické stanovení v ultrafialové, viditelné (UV-VIS) a infračervené oblasti spektra (FTIR). Rovněž stanovení fluorescence může být k charakteristice humusových látek použito.

Předností spektrálních metod je možnost použití malých navážek a sledování chemických vlastností bez větších deformací. (POSPÍŠILOVÁ 2012)

3.1.3.a) Infračervené spektrum

Toto spektrum se výrazně liší od UV-VIS spekter. Principem infračervené spektrometrie je absorpce infračerveného záření molekulami látek. Infračervené záření má větší vlnovou délku a nižší energii než záření ultrafialové a viditelné. Energie infračerveného záření již nestačí na změny elektronových stavů, způsobuje pouze změny vibračních a rotačních stavů molekul. (POSPÍŠILOVÁ 2012)

3.1.3.b) UV – VIS spektrum

Jedním z nejdůležitějších kritérií charakterizujících kvalitu humusových látek je jejich absorbance v UV-VIS oblasti a stanovení tzv. barevné křivky humusových látek. Jako barevný index $Q_{4/6}$ je označován poměr absorbancí při 465 nm a 665 nm. (PETRÁŠOVÁ 2007) Tyto vlnové délky vychází od Kumady (1987).

Kumada (1987) nicméně upozorňuje, že tyto hodnoty byly vybrány kvůli dostupným filtrům. Upozorňuje, že u absorbance při vlnové délce 665 nm jsou pravděpodobné nepřesnosti, protože skutečná měřená hodnota je často příliš nízká.

Kumada proto navrhuje raději použití vlnových délek 400 nm a 600 nm, ostatně tak, jak byl roku 1963 barevný index zaveden Weltem. (POSPÍŠILOVÁ 2012) Vlnové délky 400 a 600 nm používá ve své práci kupříkladu také Barančíková (1997) a další.

Hodnota $Q_{4/6}$ je považována za parametr, podle něhož lze určit skupinové složení humusových látek, což je významné při agrochemickém sledování půd a při určování stupně humifikace.

4. Nepolární extrahovatelné látky

Stanovení extrahovatelných látek a nepolárních extrahovatelných látek je častý parametr používaný pro posouzení vzorků životního prostředí a různých typů vod. (UNIVERZITA PALACKÉHO) Zatímco polární extrahovatelné látky jsou především rostlinného původu (tuky, rostlinné oleje), nepolární extrahovatelné látky jsou především antropogenního původu (ropné látky). (VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE)

Půdní znečištění ropnými látkami je způsobeno kupříkladu těžbou půdy, tavnou různých rud, přepravou ropy, zavlažováním pomocí olejnatých odpadních vod, stejně tak jako nedokonalým spalováním ropných produktů. (TANG 2012)

Typický výskyt těchto látek je jak ve splaškových, tak v průmyslových odpadních vodách. Skupinové stanovení těchto látek využívá pro jejich izolaci a zkoncentrování extrakce do vhodného rozpouštědla. Výsledkem stanovení jsou potom veškeré extrahovatelné látky (EL), nebo po aplikaci sorbentu a odstranění polárních látek nepolární extrahovatelné látky (NEL).

Zejména tento ukazatel je obsažen v několika předpisech pro hodnocení kvality vod, frekventované je toto stanovení i v pevných maticích pro klasifikaci kalů a odpadů při jejich ukládání na skládky nebo hodnocení dekontaminace zemin. (KOLLER 2005)

4.1. Metody extrakce

4.1.1. Soxletova extrakce

Soxletova extrakce je nejtradičnější metodou extrakce nepolárních látek. Nicméně je velmi časově náročná a také zahrnuje potřebu velkého množství organických rozpouštědel. Z tohoto důvodu se v posledních letech hledaly nové metody extrakce, které by snížily nároky na čas a nároky na extrakční činidla. (WANG 2007)

Jako extrakční rozpouštědlo se nejčastěji používá směs n-hexanu a acetonu v poměru 1:1. (WANG 2007)

4.1.2. Superkritická fluidní extrakce

Superkritická fluidní extrakce je extrakce za použití superkritických tekutin, tedy tekutin, které se vyskytují při vyšší teplotě a tlaku, než je jejich kritická hodnota. Tyto tekutiny mají v porovnání s normálními tekutinami vyšší viskozitu, difuzitu a větší rozpouštěcí schopnosti. (UNIVERZITA TOMÁŠE BATI)

Jako superkritické rozpouštědlo se nejčastěji používá díky své netoxicitě, nehořlavosti a relativně nízké reaktivitě oxid uhličitý, ale je možné použít i oxid dusný, amoniak či freony. (UNIVERZITA TOMÁŠE BATI)

Tento typ extrakce je zkoumán už od konce devadesátých let jako náhrada za extrakci používající halogeny a freony a výzkumy, kupříkladu HARTONEN (2002), ukazují, že výsledky pořízené touto metodou jsou srovnatelné s tradičními metodami.

I jiné výzkumy se nicméně opírají o srovnatelnost těchto extrakčních metod, viz LIANG (2003), MORSELLI (1999), CURRENT (1997) a další.

4.1.3. Extrakce třepáním do halogenového rozpouštědla

Extrakce za pomoci halogenového rozpouštědla je metoda, která byla zejména dříve masivně využívána. Jako extrakční činidlo se v minulosti používal především freon CFC-113, nicméně po prokázání vlivu freonů na ozonovou vrstvu a následnému zákazu jejich používání jsou hledány nové metody extrakce. (LUND 1999)

Princip metody spočívá v tom, že zemina se nechá minimálně 24 hodin třepat v halogenovém rozpouštědle. Extrakt se po upravení a vyčištění změří pomocí IR-spektrometrie, proto je podstatné, aby extrakční činidlo neobsahovalo C-H vazby, které by toto měření ovlivnily.

4.1.4. Extrakce za pomoci mikrovln

Principem extrakce je, že vzorek zeminy je spolu s extrakčním činidlem vystaven působení mikrovln, často za zvýšené teploty.

Extrakce za pomoci mikrovln má několik výhod – lze provádět několik extrakcí simultánně, nevyužívá se halogenové rozpouštědlo a také objem extrakčního činidla a čas nutný k extrakci je podstatně menší než kupříkladu u Soxletovy extrakce.

Jako extrakční činidlo se nejčastěji, stejně jako u Soxletovy extrakce, používá směs acetonu a n-hexanu v poměru 1:1. (WANG 2007)

4.1.5. Akcelerovaná extrakce do rozpouštědla

Akcelerovaná extrakce probíhá za zvýšené teploty a za vysokého tlaku kolem 100 atm. Díky těmto podmínkám se čas extrakce snižuje na přibližně 30 minut. (WANG 2007)

Tato extrakce využívá jako extrakční činidlo kupříkladu směs acetonu a dichlormethanu v poměru 1:1, hexanu a acetonu v poměru 1:1, heptanu a acetonu v poměru 1:1 případně i směs jiných rozpouštědel. (RICHTER 2000)

4.2. Metody stanovení

Podstatou stanovení NEL je jejich extrakce ze vzorku (vody, půdy, sedimentů, kalů) organickým nepochlorným rozpouštědlem s následujícím odstraněním koextrahovaných slabě polárních organických látek sorpcí na silikagel (UNIVERZITA TOMÁŠE BATI) a odvodněním roztoku za použití sušidla, nejčastěji bezvodého síranu sodného. (RICHTER 2000)

V půdách se nepochlorné extrahovatelné látky stanovují jako jeden z ukazatelů zatížení půdy ropnými látkami. (UNIVERZITA PALACKÉHO)

Jaké extrakční činidlo použijeme pro izolaci nepochlorných extrahovatelných látek záleží na analytické koncepci a vlastnostech stanovovaných látek. (KOLLER 2005)

4.2.1. Gravimetrické stanovení

Gravimetrické stanovení je nejjednodušší stanovení extrahovatelných látek a je vhodné zejména pro vyšší koncentrace tuků a olejů. Jako rozpouštědlo se v gravimetrickém stanovení používá petrolether, pentan nebo hexan. (KOLLER 2005)

Gravimetrické stanovení je založeno na extrakci nepochlorných látek do rozpouštědla a následně je zjišťována hmotnost po oddestilování rozpouštědla. Výsledky při tomto stanovení jsou zatíženy značnou chybou, zejména z důvodu prchavosti některých uhlovodíků. (SAMEŠOVÁ 2006)

Metoda gravimetrického stanovení je již překonaná a v dnešní době se prakticky nepoužívá. (UNIVERZITA TOMÁŠE BATI)

4.2.2. Spektrální stanovení

Spektrální metody stanovení nepolárních extrahovatelných látek nahradily metody gravimetrické, ale lze je považovat za nedostačující, zejména pokud zkoumaný vzorek obsahuje látky biogenního původu. V tom případě je potřeba zvolit jinou metodu, která poskytuje více informací o kvalitativním složení nepolárních látek. (SAMEŠOVÁ 2006)

4.2.2.a) Infračervená spektrometrie

Stanovení nepolárních extrahovatelných látek infračervenou spektrometrií je definováno jako hmotnostní koncentrace organických látek, které je možno vyextrahovat ze vzorku a po odstranění polárních látek spektrometricky změřit v infračervené oblasti spektra. (UNIVERZITA PALACKÉHO) K odstranění polárních látek z vysušeného extraktu se používá aktivovaného silikagelu, Florisilu nebo oxidu hlinitého. Separace polárních látek se provádí na chromatografické koloně, tenkovrstvou chromatografií, nebo vsádkovým způsobem. (UNIVERZITA TOMÁŠE BATI)

Při separaci polárních látek na chromatografické koloně dochází ke zředování extraktu elučním činidlem, a zároveň je nevýhodou neúplná eluce aromatických uhlovodíků z kolony. Tento postup je také časově náročný.

Separací pomocí chromatografie na tenké vrstvě dochází zahušťováním extraktu ke ztrátám níževroucích ropných látek.

Nejjednodušším způsobem odstraňování polárních látek je vsádkový způsob, kdy se pevný sorbent přidává přímo do bezvodého roztoku organického rozpouštědla s vyextrahovanými nepolárními látkami. Sorpce nasycených a aromatických uhlovodíků na sorbent je minimální a neovlivňuje stanovení NEL. (UNIVERZITA TOMÁŠE BATI)

Infračervené spektrum umožňuje stanovit zejména alifatické organické látky na základě absorpčních pásů skupin $-CH_2$ a $-CH_3$. Pro skupiny $=CH-$ je citlivost menší. (UNIVERZITA PALACKÉHO)

Metoda infračervené spektroskopie je neinvazivní, rychlá a snadná metoda, poskytující přesné výsledky. (KHANMOHAMMADI 2012) Je také metodou univerzální a má dostatečnou citlivost. Jednou z nevýhod ale je, že extrakční činidla nesmí obsahovat C – H vazbu (VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE), která pohlcuje infračervené záření a této podmínce vyhovují zejména chlorované a fluorované uhlovodíky. (KOLLER 2005)

Na další nevýhody stanovení indikátoru možného znečištění ropnými látkami infračervenou spektrometrií poukazuje i metodický pokyn ministerstva životního prostředí, který stanovuje následující nevýhody:

1) Metoda stanovuje množství extrahovatelných nepolárních látek ropného i neropného původu bez omezení délky jejich řetězce.

2) Metodou se stanoví především alifatické uhlovodíky. Pro toxikologicky nejvýznamnější aromatické uhlovodíky je málo citlivá, protože tyto látky lze zachytit až ve vysokých koncentracích. K identifikaci znečištění je proto nutná doplňující chromatografická analýza.

3) Výsledek stanovení NEL_{IR} je závislý na zvoleném kalibračním referenčním materiálu. Kalibrační materiál vhodný pro všechny případy nebyl nalezen, proto se výpočet provádí podle empirických vztahů nebo se ke kalibraci používá reálná směs uhlovodíků. Není-li způsob kalibrace u výsledků uveden, může to vést k jejich chybné interpretaci.

4) Jako extrakční činidlo se nejčastěji používají karcinogenní látky (tetrachlorethen), nebo látky, které mají potenciál poškozování ozónové vrstvy (tetrachlorethen, hexafluorbutan a další chlorované nebo fluorované uhlovodíky).

5) Je pravděpodobné, že používání těchto látek pro analytická stanovení bude v průběhu několika let zakázáno (freony, které se dříve běžně používaly, již byly v analytické praxi zakázány).

6) Norma ČSN 75 7505 na stanovení NEL již byla zrušena v roce 2006. (METODICKÝ POKYN 2008)

Postup stanovení nepolárních extrahovatelných látek z půdy má několik fází:

- 1) vysušení půdy v termostatu nebo sušárně,
- 2) extrakce nepolárních extrahovatelných látek z navážky půdy vhodným rozpouštědlem,
- 3) oddělení extraktu a půdy filtrací,
- 4) vysušení bezvodým síranem sodným,
- 5) adsorpce polárních látek v extraktu na sorbent (kupříkladu silikagel),

- 6) odfiltrování silikagelu při adsorpci vsádkovým způsobem,
- 7) změření extraktu v infračerveném spektru.

Z následující tabulky lze vyčíst, při jakých vlnových délkách se stanovují jednotlivé maximální absorbance a čemu odpovídají.

Typ vibrací	Vlnočet
Aromatické a olefinické =CH–	$3055\text{ cm}^{-1} \pm 25\text{ cm}^{-1}$
Asymetrické –CH ₃	$2960\text{ cm}^{-1} \pm 15\text{ cm}^{-1}$
Asymetrické –CH ₂ –	$2925\text{ cm}^{-1} \pm 15\text{ cm}^{-1}$

Tabulka 4: Charakteristické kmitočty C-H skupin pro stanovení NEL

(UNIVERZITA PALACKÉHO)

4.2.2.b) Ultrafialová spektrometrie

Stanovení látek v UV oblasti spektra je vhodné zejména pro látky s obsahem aromatických uhlovodíků. Pro analýzu mají význam chromofory -C=C-, -CO-, C₆H₅, které mají charakteristické valenční pásy. (SAMEŠOVÁ 2006)

Dobrych výsledků lze při užití UV spektrometrie dosáhnout pouze tehdy, použije-li se jako kalibrační standard totožná látka s látkou analyzovanou, což nicméně u vzorků s neznámým znečištěním je prakticky nemožné. (UNIVERZITA TOMÁŠE BATI)

4.2.3. Plynová chromatografie

Plynová chromatografie je analytická a separační metoda pro dělení směsi látek o rozdílném bodu varu. Nepochybně extrahovatelné látky stanovené metodou plynové chromatografie jsou brány jako suma koncentrací sloučenin extrahovatelných uhlovodíkovým rozpouštědlem bodu varu ležícího v rozsahu od 36 °C do 69 °C, a které se neadsorbují na Florosilu. Retenční časy těchto sloučenin leží mezi n-dekanem (C₁₀H₂₂) a n-tetrakontanem (C₄₀H₈₂). (VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ)

Výhodou tohoto stanovení uhlovodíků ležících mezi C₁₀ a C₄₀ je to, že rozpouštědlem může být jakýkoliv kapalný uhlovodík, který má dostatečně nízký bod varu, kupříkladu hexan, heptan, cyklohexan nebo petrolether. (SAMEŠOVÁ 2007) Další výhodou je, že provedená analýza je snadná a rychlá a k analýze stačí i malé množství vzorku. (VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ)

Nevýhodou této metody je, že kvůli své náročnosti zejména na materiální podmínky je vázána na specializovaná pracoviště. (SAMEŠOVÁ 2007)

I přes drahé pořizovací nároky se v dnešní době přechází při stanovování nepolárních látek z ekologických důvodů na plynovou chromatografii.

4.2.4. *Imunoassay-analýza*

Imunoassay-analýza je metoda stanovení na principu vázání protilátek obsažených v reagentu, které je doprovázeno změnou intenzity zabarvení a následující fotometrickou detekcí.

Výhodou této metody je, že nevyžaduje extrakci spojenou s použitím freonů či halogenových uhlovodíků. (SAMEŠOVÁ 2006)

Praktická část

1. Stanovení sorpční kapacity vysušených půd

1.1. Princip

Stanovení maximální sorpční kapacity T probíhalo konduktometricky dle Sandhofa, kterážto metoda byla představena už v teoretické části v podkapitole 2.2.4.

Metoda, jak již bylo zmíněno, spočívá ve výměnně iontů v sorpčním komplexu vodíkovými kationty. Takto nasorbovaná půda se pak titruje hydroxidem barnatým a tato titrace se konduktometricky sleduje. Z výsledného grafu se stanoví bod ekvivalence titrace a vypočítá se hodnota maximální sorpční kapacity.

1.2. Tvorba referenční řady půd

Vzhledem ke zkušenostem z bakalářské práce, kdy výsledky byly značně ovlivněny tím, že výsledná sorpční kapacita většiny půd se nacházela v malém intervalu, bylo rozhodnuto, že pro relevantnější výsledky bude vytvořena referenční řada.

Pro tuto řadu byl jako vysoký extrém vybrán zahradnický substrát. Druhý extrém oproti tomu tvoří chudá písčité půda. Za pomoci mixéru byly tyto extrémní půdy zhomogenizovány a následně byly tyto půdy namíchané v různých poměrech, jak ukazuje tabulka 5.

Tyto vzniklé směsi byly následně opět zhomogenizovány.

Písčité [g]	Substrátu [g]	Poměr [% substrátu]
100	0	0
92,1	10,3	10,06
82,6	20,1	19,57
69,7	30,4	30,37
61,9	40,2	39,37
51	50,7	49,85
41,2	60,8	59,61
30,9	70,4	69,50
20,4	80,7	79,82
10,6	90,9	89,56
0	100	100

Tabulka 5: Poměr půd referenční řady

K těmto vzorkům z referenční řady byly ještě přidány dva reálné vzorky půd, aby bylo zjištěno, nakolik tento referenční model odpovídá.

Vzorek A byl odebrán z malého lesíku v blízkosti Liberecké výšiny. Přibližné GPS souřadnice dané lokality jsou 50°46'41"N, 15°5'27.5"E.

Vzorek B byl odebrán na zahrádce ve Vilémově u Šluknova, na GPS souřadnicích 50°59'37.476"N, 14°19'50.891"E.

1.3. Příprava roztoků

Z návodu (JIHOČESKÁ UNIVERZITA) je zřejmé, že pro stanovení maximální sorpční kapacity půdy je zapotřebí příprava následujících roztoků:

- 0,1 mol·dm⁻³ roztok kyseliny chlorovodíkové (HCl)
- 0,2 val·dm⁻³ roztok hydroxidu barnatého (Ba(OH)₂)

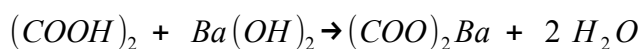
Normalita roztoku je počet chemických ekvivalentů látky v jednom litru roztoku, kde chemický ekvivalent je formální část molekuly, která při chemické reakci reaguje s jedním atomem vodíku, případně jej uvolní nebo nahradí. (KVASNICOVÁ). V případě hydroxidu barnatého tedy odpovídá 0,2 val·dm⁻³ roztok 0,1 mol·dm⁻³ roztoku hydroxidu, protože hydroxid obsahuje dvě (OH)⁻ skupiny.

Stanovení přesné koncentrace roztoku hydroxidu barnatého se provádí titrací vůči standardu, tedy látce, která má následující vlastnosti:

- je dokonale čistá,
- je na vzduchu stálá,
- má přesně definované složení. (ČERMÁKOVÁ 1980)

Jako standard pro titraci hydroxidu byla zvolena kyselina šťavelová o koncentraci 0,1 mol·dm⁻³.

Kyselina šťavelová s hydroxidem barnatým reaguje podle rovnice:



Reakce tedy probíhá ve stechiometrickém poměru 1:1.

Co se týká koncentrace kyseliny chlorovodíkové, stanovení její přesné koncentrace není nezbytné. V jejím případě se jedná o pouze přibližnou koncentraci, a proto stačí vypočítat množství potřebné kyseliny k vytvoření roztoku a není třeba ji standardizovat.

1.3.1. Výpočty

Hydroxid barnatý:

$$M(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}) = 315,48 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V = 2 \text{ dm}^3$$

$$m = c \cdot V \cdot M = 0,1 \cdot 2 \cdot 315,48 = 63,096 \text{ g}$$

Kyselina chlorovodíková:

$$M = 36,46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 1 \text{ dm}^3$$

$$\rho = 1,18 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$m = c \cdot V \cdot M = 0,1 \cdot 1 \cdot 36,46 = 3,646 \text{ g}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{3,646}{1,18} = 3,09 \text{ ml}$$

$$100\% \dots\dots\dots 3,09 \text{ ml}$$

$$35\% \dots\dots\dots x \text{ ml}$$

$$x = 3,09 \cdot \frac{100}{35} = 8,83 \text{ ml}$$

Kyselina šťavelová:

$$M((\text{COOH})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}) = 126,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V = 0,25 \text{ dm}^{-3}$$

$$m = c \cdot V \cdot M = 0,1 \cdot 0,25 \cdot 126,07 = 3,15175 \text{ g}$$

1.3.2. Standardizace

Krystalická kyselina šťavelová byla odvážena na analytických vahách a následně kvantitativně převedena do odměrné baňky.

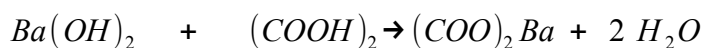
Skutečná navážka kyseliny činila 3,1650 g a pomocí trojčlenky byla dopočítána přesná koncentrace kyseliny:

$$\begin{array}{l} 3,15175 \text{ g} \dots\dots 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \\ 3,1650 \text{ g} \dots\dots\dots x \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \end{array}$$

$$x = 0,1 \cdot \frac{3,1650}{3,15175} = 0,10042 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Vzhledem ke stáří chemikálií došlo při přípravě zásobního roztoku hydroxidu barnatého ke vzniku bílé sraženiny, nejspíše uhličitanu barnatého, kterou neovlivnil ani ultrazvuk, do kterého byl roztok dán.

Po opakovaném zfiltrování pod tlakem byl roztok hydroxidu standardizován roztokem kyseliny šťavelové. Standardizace 10 ml hydroxidu probíhala na Tashiho. Průměrná spotřeba kyseliny šťavelové byla 12,43 ml (jednotlivé titrace vyšly 12,4; 12,5 a 12,4 ml).



$$V = 10 \text{ ml} \qquad V = 12,43 \text{ ml}$$

$$c = ? \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \quad c = 0,10042 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = n_{(\text{COOH})_2} = 0,10042 \cdot 12,43 \cdot 10^{-3} = 0,001248 \text{ mol}$$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,001248}{10 \cdot 10^{-3}} = 0,1248 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

1.4. Měření

Samotné měření započalo vysoušením půd v sušárně při teplotě 105 °C a jejich následným rozmixováním v mixéru na prášek. Z těchto dvou vysušených půd byla vytvořena řada namixováním půd, jak je zmíněno v kapitole 1 praktické části.

Při stanovení maximální sorpční kapacity bylo vždy naváženo několik gramů půdy ve vysoké kádince. Následně k nim bylo přilito přibližně 100 – 150 ml 0,1 M kyseliny chlorovodíkové. Takto vzniklá suspenze byla dána na 30 minut do sušárny zahřáté na 45 °C.

Po uplynutí doby byla suspenze pod tlakem zfiltrována a půda na filtru byla promyta destilovanou vodou. Filtrát byl následně z filtračního papíru spláchnut destilovanou vodou do vysoké kádinky. Tato suspenze byla destilovanou vodou doplněna do takové výše, aby konduktometrická cela byla plně ponořena.

Do této suspenze, promíchávané pomocí elektromagnetické míchačky, byl postupně v minutovém intervalu přiléván standardizovaný hydroxid barnatý. Hodnoty vodivosti γ v $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (mikrosiemens na centimetr) se odečítaly z konduktometru vždy chvíli před přidávkem dalšího hydroxidu.

Odečtené hodnoty vodivosti byly následně zpracovány do grafu, ze kterého byl odečten bod ekvivalence. Tento bod se nachází za pomoci regresních přímků ramen grafu, kdy jej označuje průsečík regresní přímky vodorovné větve a prudce stoupající větve grafu.

Po zjištění bodu ekvivalence lze stanovit hodnotu maximální sorpční kapacity ze vzorce:

$$T = \frac{s \cdot n \cdot f \cdot 100}{N} \quad [\text{mval} \cdot 100^{-1} \text{ g půdy}]$$

kde:

s spotřeba hydroxidu barnatého v bodu ekvivalence [cm^3]

n normalita roztoku $\text{Ba}(\text{OH})_2$ [$\text{val} \cdot \text{dm}^{-3}$]

f faktor $\text{Ba}(\text{OH})_2$

N navážka půdy [g]

Faktorem roztoku je číslo, kterým se násobí spotřeba odměrného roztoku přibližné normality a vypočítává se odpovídající objem činidla přesné normality. Faktor je tedy roven podílu objemu roztoku přesné normality a objemu roztoku přibližné normality. Pro příklad, pokud je faktor 0,1 N roztoku 1,0274, má tento roztok koncentraci 0,10274 N. (ČERMÁKOVÁ 1980)

Normalitě hydroxidu barnatého odpovídá dvojnásobek molarity roztoku. Proto je možné součin $n \cdot f$ nahradit dvojnásobkem přesné koncentrace roztoku. Tím vzniká alternativní vztah pro výpočet:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N} \quad [\text{mval} \cdot 100^{-1} \text{ g půdy}]$$

Postupně byla provedena měření půd referenční řady, kdy každá půda byla kvůli ověření věrohodnosti výsledků změřena několikrát.

Jedno z konkrétních měření ukazuje tabulka 6 a k ní náležející graf 1. Jak je vidět z hodnot v tabulce, zpočátku zpravidla hodnota vodivosti roztoku klesá a až po několika mililitrech roztoku hydroxidu se vodivost zvyšuje. Proto hodnoty několika prvních mililitrů nejsou zpravidla v grafech zahrnuty.

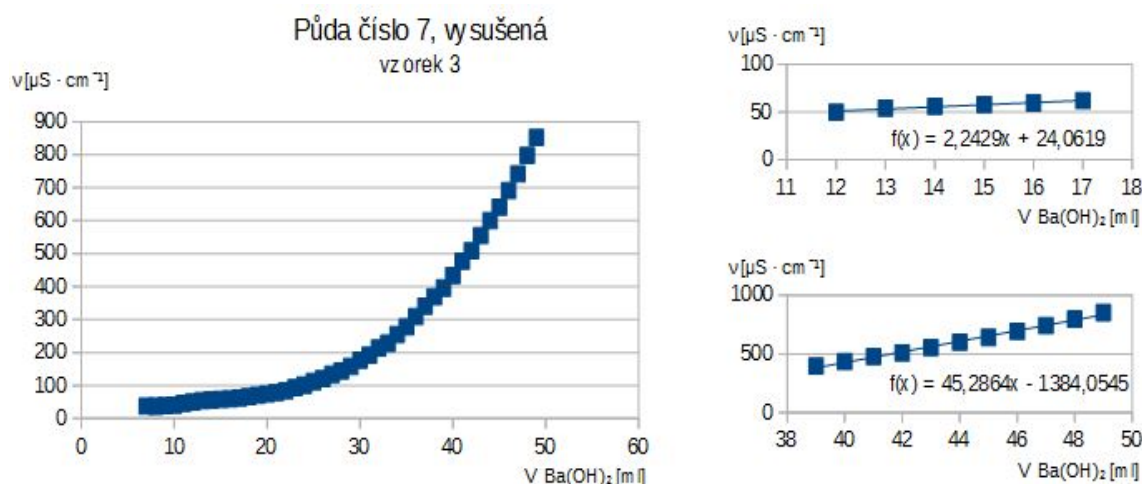
Půda číslo	7
Vzorek	3
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0635
Navážka [g]	5,376

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	89
1	71,5
2	56
3	49
4	43
5	40
6	38
7	37,5
8	37
9	39
10	40
11	46
12	50
13	54
14	56
15	58
16	59,5
17	62
18	66
19	70
20	74,5
21	78,5
22	84,5
23	93,5
24	101

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
25	112
26	121
27	134
28	144
29	157,5
30	177
31	192
32	214
33	228
34	255
35	278
36	309
37	341
38	369
39	396
40	434
41	477
42	508,5
43	555
44	600
45	640,5
46	691
47	742
48	798
49	852

Spotřeba [ml]	32,714
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	77,28

Tabulka 6: Půda číslo 7, suchá, vzorek 3



Graf 1: Půda číslo 7, suchá, vzorek 3

Spotřeba roztoku hydroxidu barnatého byla vypočítána, jak již bylo výše předesláno, jako x -ová souřadnice průsečíku obou větví regresních přímk, tedy přímek:

$$p: y = 2,2429 \cdot x + 24,0619$$

$$q: y = 45,2864 \cdot x - 1384,0545$$

Průsečík těchto přímk se nachází v bodu, kde se obě rovnice rovnají, tedy:

$$\begin{aligned} 2,2429 \cdot x + 24,0619 &= 45,2864 \cdot x - 1384,0545 \\ (24,0619 + 1384,0545) &= (45,2864 - 2,2429) \cdot x \\ 1408,1164 &= 43,0435 \cdot x \\ x &= 32,714 \end{aligned}$$

V tomto konkrétním případě je tedy spotřeba v bodu ekvivalence 32,714 ml.

Dosazením do vzorce byla zjištěna maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N} = \frac{32,714 \cdot 0,0635 \cdot 200}{5,376} = 77,28 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Takto naměřené hodnoty maximální sorpční kapacity byly zprůměrovány, čímž se vytvořily výsledné hodnoty pro referenční řadu.

Pro ověření této referenční řady byly změřeny ještě dvě reálné půdy. Výsledné hodnoty maximální sorpční kapacity ukazuje následující tabulka.

Půda	Vzorek	Kapacita [mval · 100 g ⁻¹]	Průměr [mval · 100 g ⁻¹]
0	1	7,952	8,04
	2	8,134	
1	1	17,041	18,37
	2	19,493	
	3	18,576	
2	1	25,764	24,83
	2	24,948	
	3	23,782	
3	1	31,452	32,10
	2	32,738	
4	1	39,869	40,21
	2	40,546	
5	1	54,261	54,61
	2	54,954	
6	1	60,52	63,92
	2	69,068	
	3	62,18	
7	1	71,924	71,55
	2	65,434	
	3	77,28	
8	1	88,22	83,81
	2	79,393	
	3	84,008	
9	1	89,947	91,33
	2	92,708	
10	1	91,613	91,86
	2	92,115	
A	1	52,157	51,98
	2	51,802	
B	1	27,711	27,45
	2	26,974	
	3	27,651	

Tabulka 7: Kapacita vysušených půd

Reálné vzorky nicméně ukázaly nestandardní chování. Chudá lesní půda ukázala až nezvykle vysokou maximální sorpční kapacitu a oproti tomu půda ze zahrádky vykázala nízkou hodnotu.

Po konzultaci bylo dospěno k závěru, že vysoušením se výrazně ovlivnila smáčivost půd. Suchá půda je nesmáčivá, a proto byly naměřené hodnoty maximální sorpční kapacity nižší, než odpovídá skutečné hodnotě maximální sorpční kapacity těchto půd.

Z tohoto důvodu byla vytvořena nová referenční řada z vlhkých půd.

2. Stanovení sorpční kapacity vlhkých půd

2.1. Tvorba referenční řady půd

Při tvorbě referenční řady bylo postupováno analogicky jako v případě vysušených půd.

Jako extrém s vysokou maximální sorpční kapacitou byl vybrán zahradnický substrát. Jako extrém s nízkou maximální sorpční kapacitou byla vybrána písčítá půda. Jednotlivé směsi byly homogenizovány v mixéru v poměru, který udává následující tabulka.

Půda číslo	Písčítá [g]	Substrát [g]
0	100	0
1	89,401	10,051
2	80,376	19,623
3	70,81	29,599
4	59,868	39,695
5	50,047	50,465
6	40,065	60,393
7	30,049	69,229
8	20,434	79,391
9	10,429	89,912
10	0	100

Tabulka 8: Hmotnosti vlhkých půd při mixování

Protože při výpočtu maximální sorpční kapacity se do vzorce doplňuje navážka sušiny, bylo proto nezbytné určit vlhkost jednotlivých namixovaných půd.

Tato vlhkost byla určena tak, že vzorek půdy byl zvážen na analytických vahách a následně v sušárně vysušen při 105 °C. Následně byl znovu zvážen a ze zjištěných hmotností byl vypočten procentuální poměr sušiny, jak ukazuje tabulka číslo 9.

Dle toho je také nezbytné upravit stávající vzorec pro výpočet maximální sorpční kapacity na:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} \quad [mval \cdot 100^{-1} \text{ půdy}],$$

kde p je procentuální obsah sušiny vzorku.

půda	miska [g]	navážka [g]	po vysušení [g]	sušiny [g]	poměr [%]	průměr
0-1	9,2266	3,2373	12,4373	3,2107	99,18%	99,16%
0-2	12,1202	3,1870	15,2799	3,1597	99,14%	
1-1	9,2268	2,6733	11,7171	2,4903	93,15%	93,30%
1-2	12,1194	1,9869	13,9759	1,8565	93,44%	
2-1	11,3146	2,2979	13,3254	2,0108	87,51%	87,51%
2-2	9,0590	2,0820	10,8811	1,8221	87,52%	
3-1	10,9129	2,3110	12,7968	1,8839	81,52%	81,63%
3-2	11,6414	2,3883	13,5934	1,9520	81,73%	
4-1	9,0963	1,9813	10,5932	1,4969	75,55%	75,46%
4-2	11,8752	2,4866	13,7492	1,8740	75,36%	
5-1	10,8676	2,2075	12,3851	1,5175	68,74%	68,89%
5-2	11,5585	2,1835	13,0658	1,5073	69,03%	
6-1	11,8450	2,2354	13,2611	1,4161	63,35%	62,99%
6-2	15,1416	2,1013	16,4578	1,3162	62,64%	
7-1	12,0233	2,7097	13,5659	1,5426	56,93%	57,14%
7-2	15,5955	2,5709	17,0700	1,4745	57,35%	
8-1	23,7941	3,0006	25,3039	1,5098	50,32%	50,91%
8-2	23,4023	3,1027	25,0000	1,5977	51,49%	
9-1	18,6046	2,6005	19,7520	1,1474	44,12%	44,44%
9-2	23,9489	3,1660	25,3658	1,4169	44,75%	
10-1	18,6045	2,9548	19,7475	1,1430	38,68%	38,51%
10-2	23,9498	3,2360	25,1907	1,2409	38,35%	

Tabulka 9: Obsah sušiny půd referenční řady

Za pomoci změřených vlhkostí zvolených extrémů lze dopočítat přesný poměr namixovaných půd jak uvádí tabulka číslo 10.

Substrát [g]	Voda [g]	Sušina [g]	Píscitá půda [g]	Voda [g]	Sušina [g]	Poměr
0	0	0	100	0,840	99,160	0%
10,051	6,180	3,871	89,401	0,751	88,650	4,18%
19,623	12,066	7,557	80,376	0,675	79,701	8,66%
29,599	18,200	11,399	70,81	0,595	70,215	13,97%
39,695	24,408	15,287	59,868	0,503	59,365	20,48%
50,465	31,031	19,434	50,047	0,420	49,627	28,14%
60,393	37,136	23,257	40,065	0,337	39,728	36,92%
69,229	42,569	26,660	30,049	0,252	29,797	47,22%
79,391	48,818	30,573	20,434	0,172	20,262	60,14%
89,912	55,287	34,625	10,429	0,088	10,341	77%
100	61,490	38,510	0	0	0	100%

Tabulka 10: Přesný hmotnostní poměr půd referenční řady

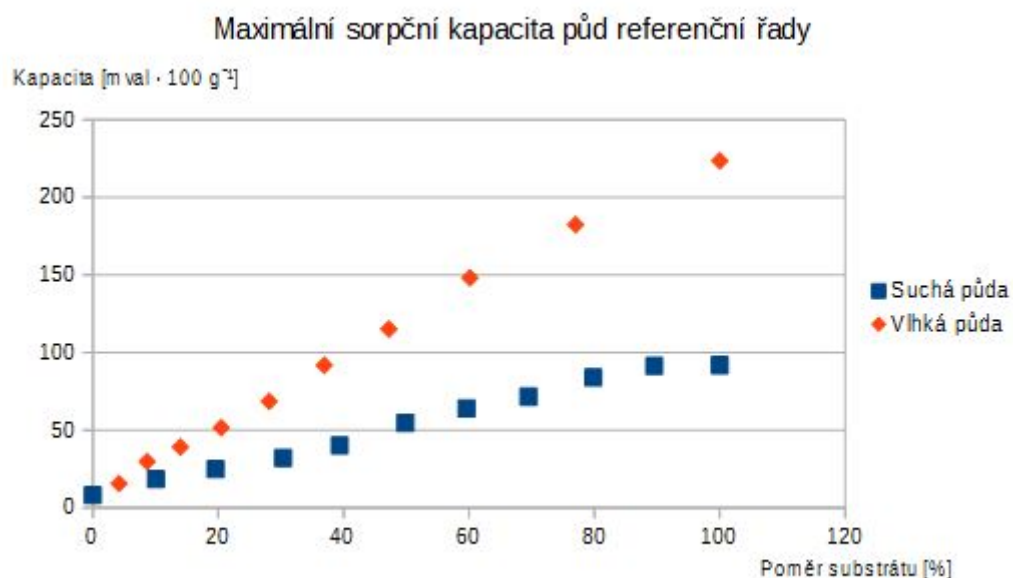
2.2. Měření

Měření kapacity těchto půd probíhalo analogicky, jako bylo nastíněno dříve v této práci. Každý vzorek půdy byl změřen dvakrát. Konkrétní výpočty všech měření jsou zahrnuty v přílohách.

Výsledná kapacita všech půd referenční řady je zahrnuta v tabulce 11. Graf 2 náležející k této tabulce ukazuje srovnání s měřením půd vysušených.

Půda	Vzorek	Kapacita [mval · 100 g ⁻¹]	Průměr [mval · 100 g ⁻¹]
0	1	7,95	8,04
	2	8,13	
1	1	16,64	15,64
	2	14,63	
2	1	27,63	29,68
	2	23,58	
3	1	37,83	39,07
	2	40,30	
4	1	47,74	51,53
	2	55,32	
5	1	72,76	68,54
	2	64,32	
6	1	93,41	91,75
	2	90,09	
7	1	121,26	115,01
	2	108,75	
8	1	152,80	148,00
	2	143,20	
9	1	178,45	182,32
	2	186,19	
10	1	222,30	223,38
	2	224,46	

Tabulka 11: Maximální sorpční kapacita vlhkých půd referenční řady



Graf 2: Maximální sorpční kapacita půd referenční řady

Jak je z grafu jasně patrné, vysoušené půdy mají významně nižší maximální sorpční kapacitu, což vyplývá z nesmáčivosti vysušené půdy.

Z důvodu, že smyslem této práce je ověřit možnost vztahu mezi stanovením maximální sorpční kapacity a stanovením nepolárních extrahovatelných látek v půdě, bylo nezbytné zjistit, zda přítomnost nepolárních látek v půdě neovlivňuje hodnotu maximální sorpční kapacity.

Z toho důvodu byla do vzorku půd z referenční řady přidána navážka nafty.

To probíhalo tak, že do přesně odváženého množství půdy bylo přidáno přesné množství nafty a toto se nechalo 24 hodin třepat na třepačce.

Z této směsi byla pak učiněna navážka pro stanovení maximální sorpční kapacity shodnou metodou jako byla již dříve popsána výše. Jednotlivá měření včetně výpočtu maximální sorpční kapacity jsou uvedena v přílohách. Výsledné maximální sorpční kapacity půd s přidavkem nafty uvádí tabulka 12.

Půda	Vzorek	Kapacita [mval · 100 g ⁻¹]	Průměr [mval · 100 g ⁻¹]
0	1	8,05	7,92
	2	7,79	
1	1	19,22	17,23
	2	15,23	
2	1	26,95	31,10
	2	27,04	
3	1	39,31	39,82
	2	40,33	
4	1	58,93	58,70
	2	58,47	
5	1	70,64	72,90
	2	75,16	
6	1	95,17	96,51
	2	97,85	
7	1	123,89	122,28
	2	120,67	
8	1	162,43	162,43
	2	153,16	
9	1	163,55	167,89
	2	172,23	
10	1	235,51	249,66
	2	263,8	

*Tabulka 12: Maximální sorpční kapacita půd s
přídavkem nafty*

Jak je vidět z porovnání s tabulkou číslo 11, která ukazuje maximální sorpční kapacitu půd před přídavkem nafty, tyto hodnoty jsou ve většině případů lehce zvýšené. Rozdílnost nicméně není nikterak signifikantní a je možné tento rozdíl považovat za chybu metody stanovení maximální sorpční kapacity. To lze jednoduše dokázat, odhlédne-li se od průměrných hodnot a zaměří-li se na konkrétní měření. Je zde poté patrné, že jednotlivé dvojice hodnot maximální sorpční kapacity do sebe prolínají.

Za maximální sorpční kapacitu jednotlivých půd proto budeme považovat průměrnou hodnotu všech čtyř měření, tak jak ukazuje tabulka číslo 13.

Půda	Vzorek	Kapacita [mval · 100 g ⁻¹]	Průměr [mval · 100 g ⁻¹]
0	1	7,95	7,98
	2	8,13	
	3	8,05	
	4	7,79	
1	1	16,64	16,43
	2	14,63	
	3	19,22	
	4	15,23	
2	1	27,63	26,33
	2	23,68	
	3	26,95	
	4	27,04	
3	1	37,83	39,44
	2	40,30	
	3	39,31	
	4	40,33	
4	1	47,74	55,12
	2	55,32	
	3	58,93	
	4	58,47	
5	1	72,76	70,72
	2	64,32	
	3	70,64	
	4	75,16	
6	1	93,41	94,13
	2	90,09	
	3	95,17	
	4	97,85	
7	1	121,26	118,64
	2	108,75	
	3	123,89	
	4	120,67	
8	1	152,80	152,90
	2	143,20	
	3	162,43	
	4	153,16	
9	1	178,45	175,11
	2	186,19	
	3	163,55	
	4	172,23	
10	1	222,30	236,52
	2	224,46	
	3	235,51	
	4	263,80	

Tabulka 13: Maximální sorpční kapacita půd

Obdobně jako v případě prvního měření se suchými půdami, i zde bylo provedeno měření reálných vzorků. Celkově se jednalo o 5 reálných vzorků, z nichž jeden pocházel přímo ze zamořené lokality a vyznačoval se velmi vysokou koncentrací nepolárních extrahovatelných látek.

Jelikož měření bylo prováděno v zimních měsících, některé sebrané vzorky reálných půd se vyznačovaly velmi vysokou vlhkostí. Pro stanovení kapacity půd nebyla konzistence půd problémem, ale pro další měření bylo nezbytné částečně půdu na vzduchu vysušit, a to do doby, kdy půda získá sypkost, ale stále si zachová část své vlhkosti.

Experimentálně bylo ověřeno na půdě R1 (vzorek 3 a 4), že částečně vysušená půda si stále zachovává svou smáčivost a tedy že maximální sorpční kapacita těchto částečně vysušených půd je shodná s maximální sorpční kapacitou půd s původní vlhkostí. Konkrétní měření jsou zahrnuta v přílohách.

Obdobně bylo na půdách R1 (vzorek 5 a 6), R2 (vzorek 3) a R3 (vzorek 3 a 4) ověřeno, že i u reálných půd nemá přídavek nafty vliv na maximální sorpční kapacitu.

Výslednou kapacitu reálných půd zobrazuje následující tabulka.

Půda	Vzorek	Kapacita [mval · 100 g ⁻¹]	Průměr [mval · 100 g ⁻¹]
R1	1	16,20	15,61
	2	15,76	
	3	15,86	
	4	15,77	
	5	15,01	
	6	15,08	
R2	1	43,61	49,62
	2	51,82	
	3	53,43	
R3	1	23,18	24,34
	2	25,76	
	3	24,03	
	4	24,39	
R4	1	14,92	19,29
	2	23,65	
R5	1	18,44	20,40
	2	22,35	

Tabulka 14: Maximální sorpční kapacita reálných půd

3. Stanovení NEL

Stanovení nepochárních extrahovatelných látek probíhalo ve dvou fázích. V první fázi bylo stanoveno množství nepochárně extrahovatelných látek v půdách referenční řady a dále také v reálných vzorcích půd.

Ve druhé fázi pak probíhalo stanovení nepochárních extrahovatelných látek v půdách naadovaných přesně odměřeným množstvím nafty, tedy bylo možné určit přesně přidanou koncentraci nepochárních látek.

Toto měření ve dvou fázích bylo provedeno na základě poznatků z bakalářské práce, kdy je pro přesné určení nutné znát obě tyto hodnoty.

3.1. Stanovení NEL ve vzorcích bez přidání nafty

Pro stanovení nepochárních extrahovatelných látek bylo odměřeno na analytických vahách do Erlenmayerových baněk přibližně desetigramové množství půdy. Přesné hmotnosti zobrazuje tabulka 15.

Půda číslo	Navážka [g]
0	10,407
1	9,127
2	9,831
3	9,436
4	9,433
5	9,347
6	8,952
7	8,661
8	8,299
9	8,977
10	9,942
R1	10,783
R2	9,490
R3	10,225
R4	11,023
R5	10,795

Tabulka 15: Navážky půd pro extrakci

(Pozn: V tomto případě se jedná o hmotnost vlhké půdy, přepočet na sušinu není v tomto případě nezbytný. Stanovení koncentrace nepochárních extrahovatelných látek se provádí za pomoci softwaru, který pro svou práci požaduje jak navážku půdy, tak procentuální obsah sušiny.)

K odváženému množství půdy v Erlenmayerových baňkách bylo odpipetováno 50 ml tetrachlorethylenu, který slouží jako extrakční prostředí. Díky tomu, že tetrachlorethylen je nepolární látka, extrahují se do něj právě nepolární látky obsažené v půdě.

Po přidání tetrachlorethylenu byly Erlenmayerovy baňky dány na třepačku a 24 hodin se na ní třepaly. Během této doby právě probíhalo vytřepávání nepolárních látek do tetrachlorethylenu.

Po uplynutí 24 hodin byly tyto extrakty zfiltrovány. Filtrace půdy číslo 10 byla provedena za pomoci skleněné filtrační aparatury a přes skleněný filtr. Bylo to z důvodu, aby se nepolární látky při filtraci nezachytávaly na papírovém filtru.

Extrakt půdy číslo 10 probíhal samostatně dříve, než ostatní extrakty a byl na něm testován vliv silikagelu na výslednou koncentraci nepolárních extrahovatelných látek. Tento výzkum probíhal na základě pozorování z bakalářské práce a pozorování z diplomové práce u extraktů vysušených půd, kdy po přidání silikagelu se výrazně snížila barevnost roztoků. Proto bylo rozhodnuto, že bude zkoumán vliv množství silikagelu na koncentraci nepolárních extrahovatelných látek.

Následující tabulka ukazuje změnu koncentrace nepolárních extrahovatelných látek vzhledem k množství silikagelu a času působení.

Den	25.11	26.11	27.11	28.11	29.11	2.12	12.12	17.12	11.2
Silikagel [g]	0	1	2	3	4	4	4	4	4
Koncentrace NEL [mg · kg ⁻¹]	7472	7380	7124	6919	6672	6302	5951	5920	5477

Tabulka 16: Koncentrace NEL v závislosti na množství silikagelu

Jak je evidentní, koncentrace nepolárních látek je výrazně ovlivněna přidavkem silikagelu – a to nejen jeho množstvím, ale i časem působení. Proto bylo rozhodnuto, že u dalších vzorků nebude silikagel k extraktům přidáván.

Zbylé půdy byly filtrovány pod tlakem přes skleněnou fritu s pórovitostí G3. K těmto extraktům nebyl přidáván žádný silikagel a tyto extrakty byly přímo měřeny.

Měření probíhalo tak, že se část filtrátu nalila do kyvety a v infračerveném spektrometru bylo změřeno spektrum tohoto vzorku. Backgroundem pro měření vzorků byl čistý tetrachlorethylen. Měření se provádělo v rozmezí 4000 cm⁻¹ – 2700 cm⁻¹ a při absorbanci do hodnoty 1. U vyšších absorbancí vznikají nepřesnosti.

V případě, že absorbance byla vyšší, byl vzorek zředěn čistým tetrachlorethylenem v jasně definovaném poměru.

Výsledná spektra se následně softwareově vyhodnotila. Do softwaru byly zadány hodnoty ředění, navážky, obsahu sušiny a množství tetrachlorethylenu použitému k extrakci. Výsledkem poté byla stanovená koncentrace nepolárních extrahovatelných látek, jak jí udává tabulka 17.

Půda číslo	Koncentrace NEL [mg · kg ⁻¹]
0	292
1	817
2	1069
3	1419
4	1890
5	2421
6	3058
7	3836
8	4495
9	5992
10	7472
R1	0
R2	596
R3	30
R4	0
R5	60764

*Tabulka 17: Koncentrace NEL
v půdách bez přídavku nafty*

3.2. Stanovení NEL ve vzorcích s přídavkem nafty

Stanovení nepolárních extrahovatelných látek probíhalo analogicky jako v případě stanovení nepolárních extrahovatelných látek ve vzorcích bez přídavku nafty.

Rozdílné bylo to, že půda, pro kterou byl stanovován obsah nepolárních látek, byla předem naadována naftou.

Tento přídavek probíhal tak, že do přesně odváženého množství půdy byla přidána nafta a tato směs se nechala 24 hodin třepat na třepačce. Výsledná koncentrace přidané nafty byla vypočítána vzhledem k sušině půdy.

Pro příklad výpočtu zde bude uveden dopočet koncentrace u půdy číslo 5

Prázdná baňka 53,430 g

Plná baňka 80,446 g

Sušina půdy 68,89 %

Hmotnost nafty 0,0732 g

Hmotnost půdy v baňce: $80,446 - 53,430 = 27,016 \text{ g}$

Hmotnost sušiny : $27,016 \cdot 0,6889 = 18,611 \text{ g}$

Koncentrace nafty: 73,2 mg v 18,611 g

18,611 g 73,2 mg
1000 g x mg

$$x = 73,2 \cdot \frac{1000}{18,611} = 3933 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Tabulka 18 ukazuje přidanou koncentraci ve všech půdách.

Půda	Sušina	Prázdná baňka [g]	Plná baňka [g]	Hmotnost půdy [g]	Hmotnost sušiny [g]	Hmotnost nafty [g]	Koncentrace [mg · kg ⁻¹]
0	99,16%	53,769	84,489	30,720	30,462	0,09985	3278
1	93,30%	46,047	76,640	30,593	28,542	0,09985	3498
2	87,51%	43,700	71,205	27,505	24,070	0,09985	4148
3	81,63%	47,779	77,902	30,123	24,588	0,0732	2977
4	75,46%	55,522	84,380	28,858	21,776	0,0732	3362
5	68,89%	53,430	80,446	27,016	18,611	0,0732	3933
6	62,99%	46,315	74,512	28,197	17,762	0,0732	4121
7	57,14%	54,433	81,463	27,030	15,445	0,0391	2532
8	50,91%	41,653	69,288	27,635	14,068	0,0391	2779
9	44,44%	55,412	82,718	27,306	12,134	0,0391	3222
10	38,51%	44,424	71,016	26,592	10,241	0,0391	3818
R1	87,02%	63,534	92,410	28,876	25,128	0,079	3144
R2	78,25%	47,029	76,862	29,833	23,344	0,0786	3367
R3	85,06%	48,613	74,087	25,474	21,668	0,0817	3770
R4	83,16%	46,254	57,284	11,030	9,173	0,078	8504
R5	85,63%	48,397	59,227	10,830	9,274	0,0774	8346

Tabulka 18: Přidaná koncentrace nafty v půdách

S těmito půdami pak byl proveden stejný postup, jako v případě předchozím. Ke každému vzorku, jejichž navážku ukazuje tabulka 19, bylo odpipetováno 50 ml tetrachlorethylenu, následně byla tato směs dána na třepáčku na 24 hodin a po uplynutí doby zfiltrována pod tlakem na fritě.

Půda číslo	Navážka [g]
0	10,032
1	10,605
2	10,431
3	10,989
4	10,208
5	10,203
6	10,326
7	10,243
8	10,063
9	10,306
10	10,323
R1	10,100
R2	9,505
R3	9,907
R4	11,030
R5	10,830

Tabulka 19: Navážky půd s naftou pro extrakci

Výsledné filtráty byly změřeny na infračerveném spektrometru v rozsahu 4000 cm^{-1} – 2500 cm^{-1} . Spektra poté byla softwareově zpracována. Výsledné hodnoty koncentrace ukazuje tabulka 20.

Půda číslo	Koncentrace NEL [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]
0	2880
1	3405
2	4317
3	3640
4	4629
5	5765
6	6666
7	6123
8	7205
9	8273
10	10202
R1	1703
R2	4300
R3	2688
R4	4523
R5	81324

Tabulka 20: Koncentrace NEL v půdách s přidavkem nafty

4. Barevný index

Pro měření barevného indexu půd bylo využito extraktů, které byly získány postupem popsaným výše. Při měření barevného indexu bylo využito jak extraktů půd bez přídavku nafty, tak extraktů půd, do kterých byla nafta přidána.

Jak vyplývá z teoretické části (podkapitola 3.1.3b)) existuje určitý spor v tom, zda měřit barevný index jako poměr absorbancí při vlnových délkách 400 nm a 600 nm nebo jako poměr absorbancí při vlnových délkách 465 nm a 665 nm.

Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto změřit absorbance při všech čtyřech vlnových délkách.

Samotné měření se provádělo ve dvou kyvetách zároveň. V jedné byl po celou dobu čistý tetrachlorethylen, v druhé kyvetě pak byl měřený extrakt. Při prvním měření nicméně byl v kyvetě tetrachlorethylen kvůli nastavení backgroundu měření.

Výsledná spektra z měření byla exportována do souborů .csv, ze kterých se pak odečetla absorbance při dané vlnové délce.

Výsledné absorbance uvádí tabulka 21 pro extrakty půd bez přídavku nafty, respektive tabulka 22 pro extrakty půd s přidanou naftou.

Půda	Absorbance při vlnové délce:			
	400 nm	465 nm	600 nm	665 nm
0	0,0738	0,0332	0,0194	0,0275
1	0,1519	0,0613	0,0267	0,041
2	0,1708	0,0666	0,0204	0,035
3	0,1786	0,0627	0,0114	0,0258
4	0,2078	0,0805	0,0155	0,0258
5	0,2362	0,0966	0,0208	0,0285
6	0,2446	0,0965	0,0147	0,0217
7	0,2665	0,1071	0,0148	0,0195
8	0,2643	0,1061	0,0132	0,0155
9	0,3304	0,1393	0,0211	0,0214
10	0,3989	0,1654	0,0193	0,01833
R1	0,03748	0,01297	0,00176	0,00175
R2	0,11208	0,04375	0,01054	0,02021
R3	0,07489	0,02096	0,00345	0,01025
R4	0,0122	0,00398	0,00123	0,00114
R5	18,5327	7,62145	2,0224	1,25895

Tabulka 21: Absorbance v UV-VIS oblasti půd bez přídavku nafty

Půda	Absorbance při vlnové délce:			
	400 nm	465 nm	600 nm	665 nm
0	0,06813	0,02889	0,01633	0,0249
1	0,14707	0,049	0,01395	0,03308
2	0,1632	0,0535	0,00997	0,02797
3	0,19934	0,06897	0,01033	0,026135
4	0,2312	0,08473	0,01182	0,0255
5	0,26021	0,09744	0,01331	0,02544
6	0,30391	0,11646	0,01576	0,02583
7	0,5087	0,26796	0,097633	0,08555
8	0,42583	0,21037	0,06489	0,059117
9	0,5893	0,31688	0,11043	0,08865
10	0,50797	0,25487	0,07422	0,06081
R1	0,02062	0,00784	0,00163	0,00159
R2	0,0822	0,03187	0,00811	0,01677
R3	0,08736	0,02506	0,00445	0,0105
R4	0,0108	0,00398	0,00224	0,00227
R5	18,5934	7,76785	2,20935	1,42955

*Tabulka 22: Absorbance v UV-VIS oblasti půd s
přídavkem nafty*

Jak je z tabulek patrné, absorbance při 665 nm je – s výjimkou extrémních hodnot půdy R5 – velmi nízká. Navíc při pohledu na celé spektrum byla zřejmá nestálost hodnot v oblasti 665 nm. Vlnová délka 600 nm nedává nicméně také o moc lepší výsledky. Proto je barevný index, který by se opíral o takto nepřesné hodnoty, do značné míry nepřesný.

Nejvyšší hodnoty absorbance se dají zaznamenat při vlnové délce 400 nm. Z toho důvodu se tato vlnová délka pro stanovování jeví nejlépe. Z důvodu toho, že se jedná pouze o izolovanou hodnotu, která není v poměru, jako v případě barevného indexu, je nezbytné eliminovat vliv hmotnosti navážky.

Z toho důvodu byla provedena korekce na jednotkovou hmotnost. To bylo provedeno tak, jak ukazuje následující příklad půdy číslo 4, bez vzorku nafty.

Navážka půdy pro extrakci 9,433 g

Obsah sušiny 75,46%

Hmotnost sušiny 7,118 g

Absorbance při vlnové délce 400 nm ... 0,2078

Absorbance na jednotku hmotnosti $\frac{0,2078}{7,118} = 0,02919$

Tabulky 23 a 24 ukazují jednotkové absorbance všech půd.

Půda	Absorbance při 400 nm	Navážka na extrakci [g]	Sušina v navážce [g]	Absorbance na jednotku
0	0,0738	10,407	10,320	0,00715
10	0,1519	9,127	8,515	0,01784
20	0,1708	9,831	8,603	0,01985
30	0,1786	9,436	7,703	0,02319
40	0,2078	9,433	7,118	0,02919
50	0,2362	9,347	6,439	0,03668
60	0,2446	8,952	5,639	0,04338
70	0,2665	8,661	4,949	0,05385
80	0,2643	8,299	4,225	0,06256
90	0,3304	8,977	3,989	0,08282
100	0,3989	9,942	3,829	0,10419
R1	0,03748	10,783	9,383	0,00399
R2	0,11208	9,490	7,426	0,01509
R3	0,07489	10,225	8,697	0,00861
R4	0,0122	11,023	9,167	0,00133
R5	18,5327	10,795	9,244	2,00489

Tabulka 23: Absorbance na jednotku půd bez přídatku nafty

Půda	Absorbance při 400 nm	Navážka na extrakci [g]	Sušina v navážce [g]	Absorbance na jednotku
0	0,06813	10,407	10,320	0,00685
10	0,14707	9,127	8,515	0,01486
20	0,1632	9,831	8,603	0,01788
30	0,19934	9,436	7,703	0,02222
40	0,2312	9,433	7,118	0,03001
50	0,26021	9,347	6,439	0,03702
60	0,30391	8,952	5,639	0,04672
70	0,5087	8,661	4,949	0,08691
80	0,42583	8,299	4,225	0,08312
90	0,5893	8,977	3,989	0,12867
100	0,50797	9,942	3,829	0,12778
R1	0,02062	10,783	9,383	0,00235
R2	0,0822	9,490	7,426	0,01105
R3	0,08736	10,225	8,697	0,01037
R4	0,0108	11,023	9,167	0,00118
R5	18,5934	10,795	9,244	2,00495

Tabulka 24: Absorbance na jednotku půd s přídatkem nafty

Porovnáme-li hodnoty absorbancí vztažené na jednotku, zjistíme že průměrná shoda hodnot je 100,9 % se směrodatnou odchylkou 26,2 %, jak ukazuje následující tabulka.

Půda	0	10	20	30	40	50	60	70
Bez nafty	0,00715	0,01784	0,01985	0,02319	0,02919	0,03668	0,04338	0,05385
S naftou	0,00685	0,01486	0,01788	0,02222	0,03001	0,03702	0,04672	0,08691
<u>Bez nafty</u> S naftou	104,4%	120,0%	111,0%	104,3%	97,3%	99,1%	92,8%	62,0%

Půda	80	90	100	R1	R2	R3	R4	R5
Bez nafty	0,06256	0,08282	0,10419	0,00399	0,01509	0,00861	0,00133	2,00489
S naftou	0,08312	0,12867	0,12778	0,00235	0,01105	0,01037	0,00118	2,00495
<u>Bez nafty</u> S naftou	75,3%	64,4%	81,5%	170,3%	136,6%	83,1%	113,0%	100,0%

Aritmetický průměr: 100,9%

Rozptyl: 6,9%

Směrodatná odchylka: 26,2%

Tabulka 25: Porovnání absorbancí vztažených na jednotku

Závěr a diskuse

Snahou této diplomové práce bylo nalézt vztah mezi výtěžností extrakce nepochlívání extrahovatelných látek metodou stanovení za pomoci infračervené spektroskopie a nějakým dalším pro půdy charakteristickým ukazatelem.

Určení výtěžnosti extrakce nepochlívání látek při ropném znečištění totiž není složité, je-li k dispozici vzorek stejné půdy, který znečištěním není zatížen. To platí jak pro stanovení za pomoci infračervené spektroskopie, tak i pro chromatografické stanovení.

Takový vzorek však často není k dispozici, takže je nezbytné odhadnout účinnost na základě vzhledu půdy a lokality, odkud půda pochází.

Výtěžnost extrakce může být číslo vyšší i nižší než 100 %, protože proti sobě fungují dva procesy.

Vyšší než 100 % je u půd, které obsahují velké množství organických látek, které se rozpouštědlem koextrahují s ropnými látkami. Na jednu stranu jsou látky z ropné zátěže sice zadržovány organickými látkami půdy, na druhou stranu se ale extrahují i nepochlívání látky neropného původu.

Menší než 100 % je u půd, které zadržují nepochlívání látky, ale neobsahují velké množství organických látek, které by se rozpouštědlem vyextrahovaly spolu s ropnými látkami.

Kolem 100 % se výtěžnost pohybuje u půd, které ropné látky nezadržují a ani neobsahují organické látky, které by výtěžnost zvyšovaly.

Jako první parametr charakterizující půdu byl vybrán maximální sorpční komplex, který už v bakalářské práci vykázal nadějně výsledky. Ačkoliv by se užití sorpční kapacity mohlo zdát částečně nelogické, neboť se jedná o „anorganický“ parametr, hodnota maximální sorpční kapacity nicméně se vzrůstajícím množstvím organického materiálu roste.

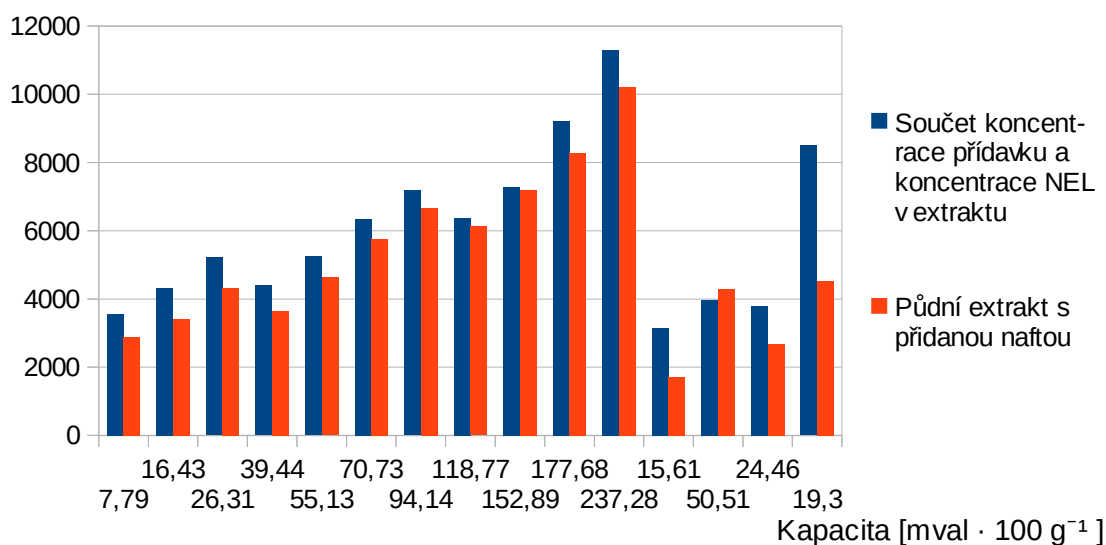
Vzhledem k vybavení laboratoře byla z množství metod pro stanovení maximální sorpční kapacity stanovena metoda konduktometrické titrace, která byla odzkoušena již v bakalářské práci.

Výrazným zlepšením oproti bakalářské práci byla optimálnější homogenizace půd díky mixéru, čímž jsou dány i lepší (ve smyslu kompaktnější) výsledky maximální sorpční kapacity. Přesto při stanovování nejspíše docházelo k drobným nepřesnostem daným časovým harmonogramem a snahou počet měření zrychlit paralelním měřením několika vzorků.

Kapacita [mval · 100 g ⁻¹]	Půdní extrakt bez přidané nafty [mg · kg ⁻¹]	Půdní extrakt s přidanou naftou [mg · kg ⁻¹]	Přídavek [mg · kg ⁻¹]	Součet koncentrace přídavku a koncentrace NEL v extraktu [mg · kg ⁻¹]
7,79	292	2880	3277,86	3569,86
16,43	817	3405	3498,36	4315,36
26,31	1069	4317	4148,32	5217,32
39,44	1419	3640	2977,06	4396,06
55,13	1890	4629	3361,56	5251,56
70,73	2421	5765	3933,25	6354,25
94,14	3058	6666	4121,12	7179,12
118,77	3836	6123	2531,52	6367,52
152,89	4495	7205	2779,42	7274,42
177,68	5992	8273	3222,29	9214,29
237,28	7472	10202	3818,14	11290,14
15,61	0	1703	3143,87	3143,87
50,51	596	4300	3367,00	3963,00
24,46	30	2688	3770,47	3800,47
19,3	0	4523	8503,63	8503,63
20,4	60764	81324	8346,16	69110,16

Tabulka 26: Výchozí tabulka ke grafu číslo 3

Koncentrace NEL [mg · kg zeminy⁻¹]



Graf 3: Závislost koncentrace NEL na kapacitě půd

Ve výše uvedeném grafu je zobrazena závislost stanoveného množství NEL na maximální sorpční kapacitě jednotlivých půd. Do grafu není zahrnuta půda R5, jelikož její hodnoty jsou příliš vysoké a nebylo by posléze možné z grafu cokoliv vyčíst.

Z grafu je patrné, že u půd referenční řady je výtěžnost jen o málo nižší, než kolik je součet koncentrace přidané nafty a koncentrace nepolárních látek v extraktu před přidáním nafty. U reálných půd bohužel není tato závislost tak exaktní. Procentuální vyjádření výtěžnosti ukazuje tabulka 27.

Půda	Půdní extrakt s přidanou naftou [mg · kg ⁻¹]	Součet koncentrace přidavku a koncentrace NEL v extraktu [mg · kg ⁻¹]	Výtěžnost [%]
0	2880	3569,86	80,68
1	3405	4315,36	78,90
2	4317	5217,32	82,74
3	3640	4396,06	82,80
4	4629	5251,56	88,15
5	5765	6354,25	90,73
6	6666	7179,12	92,85
7	6123	6367,52	96,16
8	7205	7274,42	99,05
9	8273	9214,29	89,78
10	10202	11290,14	90,36
R1	1703	3143,87	54,17
R2	4300	3963,00	108,50
R3	2688	3800,47	70,73
R4	4523	8503,63	53,19
R5	81324	69110,16	117,67

Tabulka 27: Výtěžnost extrakce nepolárních extrahovatelných látek

Z ní je patrné, že zejména půda R1 a půda R4 vykazují nízkou výtěžnost. Za úvahu ovšem stojí, že sesbírané vzorky půd byly sesbírány v zimě, byly tedy promrzlé. Otázkou pro další zkoumání tedy zůstává i to, zda-li by tyto stejné půdy sesbírané v letních měsících neměly výtěžnost jinou.

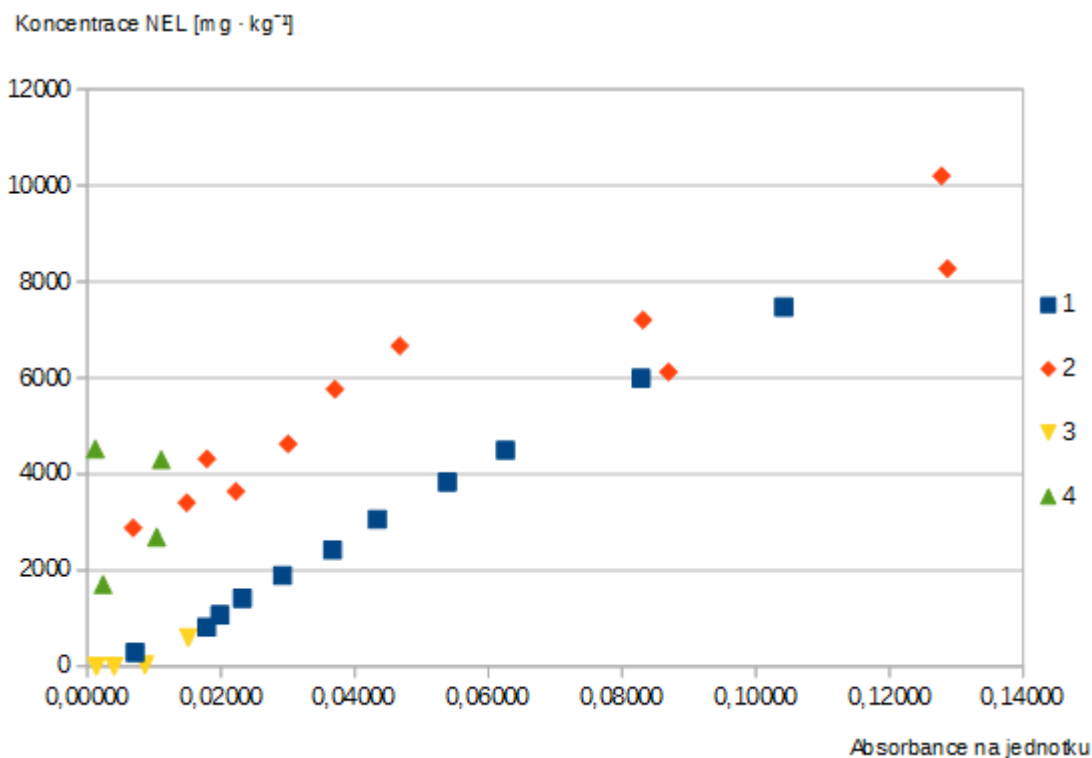
Jako druhý charakteristický parametr byl vybrán barevný index. Barevný index je definován buď jako poměr absorbancí při 400 nm a 600 nm a nebo jako poměr absorbancí při 465 nm a 665 nm.

Jak již bylo nicméně předesláno výše, absorbance při 665 nm a také při 600 nm v tomto případě jsou velmi nízké, a proto jsou tyto poměry barevného indexu velmi náchylné k chybě.

Z toho důvodu se jeví mnohem lépe parametr absorbance vztažený na jednotku. Tabulka 28 a graf 4 ukazují závislost koncentrace nepolárních extrahovatelných látek na absorbanci při 400 nm vztažených na jednotku hmotnosti.

Půda	Koncentrace NEL v půdách bez nafty [mg · kg ⁻¹]	Koncentrace NEL v půdách s naftou [mg · kg ⁻¹]	Absorbance na jednotku v půdách bez nafty	Absorbance na jednotku v půdách s naftou
0	292	2880	0,00715	0,00685
1	817	3405	0,01784	0,01486
2	1069	4317	0,01985	0,01788
3	1419	3640	0,02319	0,02222
4	1890	4629	0,02919	0,03001
5	2421	5765	0,03668	0,03702
6	3058	6666	0,04338	0,04672
7	3836	6123	0,05385	0,08691
8	4495	7205	0,06256	0,08312
9	5992	8273	0,08282	0,12867
10	7472	10202	0,10419	0,12778
R1	0	1703	0,00399	0,00235
R2	596	4300	0,01509	0,01105
R3	30	2688	0,00861	0,01037
R4	0	4523	0,00133	0,00118
R5	60764	81324	2,00489	2,00495

Tabulka 28: Výchozí tabulka ke grafu číslo 4



Graf 4: Závislost koncentrace NEL na absorbanci vztažené na jednotku

Vysvětlivky: 1 – Půdy referenční řady bez přídavku nafty

2 – Půdy referenční řady s přídavkem nafty

3 – Reálné půdy bez přídavku nafty

4 – Reálné půdy s přídavkem nafty

Poznámka: V grafu opět není zahrnuta půda R5 vzhledem k velkým hodnotám absorbance i velkým hodnotám koncentrace NEL. Její bod by byl příliš odlehlý od zbylých bodů grafu.

Jak je z grafu patrné, reálné půdy v tomto případě velmi dobře zapadají do trendu referenční řady. Problémem ale je, že linie, kterou tvoří půdy bez přídavku nafty a linie, kterou tvoří půdy s přídanou naftou, jsou od sebe posunuté. Faktor barevnosti extraktu nelze tedy prokazatelně použít pro korelaci.

Navíc, je nezbytné rozlišovat při stanovování, zda jsou stanovovány nepolární látky, které nevýznamně mění barevnost, nebo kupříkladu mazací oleje, které barevnost extraktu ovlivní výrazněji.

Dalším závěrem této práce bylo zjištění vlivu silikagelu při stanovování koncentrace nepolárně extrahovatelných látek.

Jak již bylo předesláno výše, koncentrace nepolárně extrahovatelných látek s přidavkem silikagelu klesá. Stejně tak klesá i absorbance v UV-VIS oblasti, jak ukazuje tabulka 29.

Den	25.11	26.11	27.11	28.11	29.11	2.12	12.12	17.12	11.2
Silikagel [g]	0	1	2	3	4	4	4	4	4
Koncentrace NEL [mg · kg ⁻¹]	7472	7380	7124	6919	6672	6302	5951	5920	5477
Absorbance na jednotku	0,1042	0,1022	0,1039	0,1010	0,1012	0,0991	0,0951	0,0956	0,0886

Tabulka 29: Vliv silikagelu na extrakt půdy číslo 10

Z tohoto důvodu nebyl při měření extraktů silikagel používán. Tím ovšem vyvstává otázka, zda nemohlo dojít ve výsledku ke zkreslení tím, že v extraktech, které se měřily, mohly být i polární látky, které by silikagel taktéž odstranil.

Seznam použitých zdrojů

BARANČÍKOVÁ, G., N. SENESI a G. BRUNETTI. 1997, *Chemical and spectroscopic characterization of humic acids isolated from different Slovak soil types*. Geoderma. vol. 78, 3-4, s. 251-266. DOI: 10.1016/S0016-7061(97)00033-5. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706197000335>

CONTRERAS, C, G DE LA ROSA, J PERALTAVIDEA, J GARDEATORRESDEY, Masahide SASAKI, Shigeki FUKUCHI a Tsutomu SATO. 2006. *Lead adsorption by silica-immobilized humin under flow and batch conditions: Assessment of flow rate and calcium and magnesium interference*. Journal of Hazardous Materials [online]. roč. 133, s. 79-84 [cit. 2012-03-15]. ISSN 03043894. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2005.09.059. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389405006291>

Conversion Factors. Karrasch & Eckert: Gesellschaft für Wassertechnologie [online]. [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: http://www.karrasch-eckert.de/wissen/umrechnen_en.html

CURRENT, Robert W a David C. TILOTTA. 1997. *Determination of total petroleum hydrocarbons in soil by on-line supercritical fluid extraction-infrared spectroscopy using a fiberoptic transmission cell and a simple filter spectrometer*, Journal of chromatography [online]. s. 269-277 [cit. 2012-03-27]. ISSN 0021-9673. PII S0021-9673(97)00466-4. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967397004664>

ČERMÁKOVÁ, Ludmila et al. 1980. *Analytická chemie I*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 320 s.

ČESKÁ PEDOLOGICKÁ SPOLEČNOST. *Stanovení sorpčních charakteristik půdy*. [online] [cit. 2011-04-21] Dostupné z: http://www.pedologie.cz/postupy/rozbory/sorpcni_charakteristiky.pdf

FIALA, Karel a Jana KRHOVJÁKOVÁ. 2009. *Metodické postupy a zásady vyhodnocování chemických parametrů půd pod trvalými travními porosty*. Rapotín: Agrovýzkum Rapotín, 56 s. ISBN 978-80-260-0707-4.

HARTONEN, Kari, Soren BOWADT, Hans Peter DYBDAHL, Kerstin NYLUND, Sune SPORRING, Hanne LUND a Froydis ORELD. 2002. *Nordic laboratory intercomparison of supercritical fluid extraction for the determination of total petroleum*

hydrocarbon, polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. Journal of chromatography [online]. s. 239-248 [cit. 2012-03-27]. ISSN 0021-9673. PII: S0021-9673(02)00401-6. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967302004016>

HOHENBERGER, Eleonore. 1999. *Půda, kompost, hnojení: klíčem k prospívající zahradě je správná péče o půdu*. Vyd. 1. Praha: Balios, 80 s. Praktická knihovnička pro zahrádkáře. ISBN 80-242-0032-5.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. *Stanovení maximální sorpční kapacity T konduktometricky dle Sandhofa*. [online] [cit. 2011-04-21] dostupné z: http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/vyuka/pu/skripta_geologie/web_cviceni/ls/cvic-03-04_ls.pdf

KHANMOHAMMADI, Mohammadreza, Amir Bagheri GARMARUDI, Amir Bagheri GARMARUDI a Miguel DE LA GUARDIA. 2012. *Characterization of petroleum-based products by infrared spectroscopy and chemometrics. TrAC Trends in Analytical Chemistry* [online]. s. - [cit. 2012-03-27]. ISSN 01659936. DOI: 10.1016/j.trac.2011.12.006. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993612000581>

KOLLER J., J. BINDZAR, J. BÍŽOVÁ a V. JANDA, 2005. *In: Sborník I, konference HYDROANALYTIKA 2005*. [online] Praha: CSLab, s. 97-107 [cit. 2012-03-20] ISBN 80-239-5479-2. Dostupné z: <http://www.hydroanalytika.cz/Download/Sbornik-Hydroanalytika-2005.pdf>

KUMADA, Kyōichi. 1987, *Chemistry of soil organic matter*. New York: Elsevier, xi, 241 p. ISBN 04-449-8936-6. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/bookseries/01662481/17>

KVASNICOVÁ, Vladimíra. *Chemické výpočty*. Univerzita Karlova - 3. lékařská fakulta. [online] Dostupné z: old.lf3.cuni.cz/chemie/cesky/kruhy/1_rocnik/kruh_8/vypocty_web1.ppt

LIANG, Shijiang a David C. TILOTTA. 2003. *Determination of total petroleum hydrocarbons in soil by dynamic on-line supercritical fluid extraction with infrared photometric detection Journal of chromatography* [online]. s. 319-325 [cit. 2012-03-27]. ISSN 0021-9673. PII: S0021-9673(02)01917-9. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967302019179>

LIAO, Kai-hua, Shao-hui XU, Ji-chun WU, Shu-hua JI a Qing LIN. 2011. *Cokriging of Soil Cation Exchange Capacity Using the First Principal Component Derived from Soil Physico-Chemical Properties. Agricultural Sciences in China* [online]. roč. 10, č. 8, s. 1246-1253 [cit. 2012-03-14]. ISSN 16712927. DOI: 10.1016/S1671-2927(11)60116-8. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1671292711601168>

LUND, H.S., B. BERG, E. DE PAUW, G. EPPE a M. CHTAIB. 1999. *DEVELOPMENT OF A NEW HYDROCARBON INDEX FOR OIL-IN-WATER. Chemosphere* [online]. č. 15, s. 2702-2722 [cit. 2012-03-27]. ISSN 0045-6535. PII: S0045-6535(99)00205-2. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653599002052>

Metodický pokyn odboru ekologických škod MŽP k řešení problematiky stanovení indikátoru možného znečištění ropnými látkami při sanacích kontaminovaných míst. 2008. [online] [cit. 2012-03-10] Dostupné z: [http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/vestnik_3-2008_3%20metod%20pokyn.pdf](http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/vestnik_3-2008_3%20metod%20pokyn.pdf).

MORSELLI, L., L. SETTI, A. IANNUCILLI, S. MALY, G. DINELLI a G. QUATTRONI. 1999. *Supercritical fluid extraction for the determination of petroleum hydrocarbons in soil. Journal of chromatography* [online]. s. 357-363 [cit. 2012-03-27]. ISSN 0021-9673. PII: S0021-9673(99)00326-X. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002196739900326X>

OKABE, Ryo, Akitaka MIURA, Masami FUKUSHIMA, Motoki TERASHIMA, Masahide SASAKI, Shigeki FUKUCHI a Tsutomu SATO. 2011, *Characterization of an adsorbed humin-like substance on an allophanic soil formed via catalytic polycondensation between catechol and glycine, and its adsorption capability to pentachlorophenol. Chemosphere* [online]. roč. 83, č. 11, s. 1502-1506 [cit. 2012-03-15]. ISSN 00456535. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.01.053. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653511000932>

PETRÁŠOVÁ, V. a L. POSPÍŠILOVÁ. 2007, *Relationship between fractional composition of humus and color index / Vztah mezi frakčním složením humusu a barevným indexem.* In: MendelNet⁰⁷ Agro: Sborník z mezinárodní konference posluchačů postgraduálního doktorského studia. Mendelova zemědělská a lesnická

univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Brno. ISBN 978-80-7375-119-7. Dostupné z: <http://mnet.mendelu.cz/mendelnet07agro/articles/enviro/petrasova.pdf>

PIVOKONSKÝ, Martin et al. 2010. *ÚPRAVA VODY S OBSAHEM HUMINOVÝCH LÁTEK*. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, roč. 104, č. 11 [cit. 2012-01-15]. ISSN 0009-2770. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_11_1015-1022.pdf

POKORNÝ, Eduard et al. *Půdní sorpční komplex a jeho vlastnosti: vybrané kapitoly z metodiky*. [online]. [cit. 2011-04-21]. Dostupné z: http://www.agrokrom.cz/texty/Obilnarske_listy/Pokorny_Pudni_sorpcni_komplex_20026.pdf

POSPÍŠILOVÁ, Lubica. 2012. *Nedegradační metody studia kvality přírodních humusových látek: Non-degradation methods of studying natural humic substances quality : původní vědecká práce*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 153 s. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-662-8.

RICHTER, Bruce E. 2000. *Extraction of hydrocarbon contamination from soils using accelerated solvent extraction*, *Journal of chromatography* [online]. s. 217-224 [cit. 2012-03-27]. ISSN 0021-9673. PII: S0021-9673(00)00073-X. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002196730000073X>

SAMEŠOVÁ, Dagmar a Juraj LADOMERSKÝ. 2006. *Výskyt a stanovenie ropných látok v povrchových vodách*. *Životné prostredie : revue pre teóriu a tvorbu životného prostredia*. Bratislava : Ústav krajinnej ekológie SAV, ISSN 0044-4863. Roč. 40, č. 2 (2006), s. 84-87.

SAMEŠOVÁ, Dagmar. 2007. *Spektrálne stanovenia NEL, skúsenosti s využitím rôznych rozpúšťadiel*. VEGA 1/2418/05. *Ekológia a environmentalistika 2007 : medzinárodná vedecká konferencia k 15. výročiu založenia Fakulty ekológie a environmentalistiky TU vo Zvolene a 55. výročiu vzniku Technickej univerzity vo Zvolene*. Partner. ISBN 978-80-89183-33-3. s. 341-348.

SÁŇKA, Milan a Jan MATERNA. 2004. *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, XII, Planeta 11/2004. ISSN 1213-3393.

TANG, Jingchun, Xueqiang LU, Qing SUN a Wenying ZHU. 2012. *Aging effect of petroleum hydrocarbons in soil under different attenuation conditions*. *Agriculture*,

Ecosystems [online]. roč. 149, s. 109-117 [cit. 2012-03-27]. ISSN 01678809. DOI: 10.1016/j.agee.2011.12.020. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880912000047>

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. *Stanovení nepolárních extrahovatelných látek (NEL) v půdě po extrakci*. [online] [cit. 2012-03-10] Dostupné z: <http://ach.upol.cz/user-files/files/achzp-6.pdf>

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI. *Stanovení nepolárních extrahovatelných látek (NEL)*. [online] [cit. 2012-01-15] Dostupné z: http://uiozp.ft.utb.cz/studmat/2010210144740/Stanoven%C3%AD_NEL_n%C3%A1vod.pdf

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Stanovení NEL ve vodném prostředí na plynovém chromatografu s detekcí plamenově-ionizačním detektorem*. [online] [cit. 2012-01-15] Dostupné z: http://www.hgf.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/hgf/instituty-a-pracoviste/cs/okruhy/546/studijni-materialy/Navody_k_praktiku.pdf

VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *EL, NEL, C10-C40*. [online] [cit. 2012-03-10] Dostupné z: <http://www.primat.cz/vscht/predmety/specialni-metody-v-analytice-vody-q37006/el-nel-c10-c40-m116502/nelzestahnout/#primat>

WANG, Wentao, Bingjun MENG, Xiaoxia LU, Yu LIU a Shu TAO. 2007. *Extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides from soils: A comparison between Soxhlet extraction, microwave-assisted extraction and accelerated solvent extraction techniques*. *Analytica Chimica Acta* [online]. roč. 602, č. 2, s. 211-222 [cit. 2012-03-29]. ISSN 00032670. DOI: 10.1016/j.aca.2007.09.023. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267007015607>

Seznam příloh

Příloha 1: Tabulka - Půda číslo 0, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	62
Příloha 2: Graf - Půda číslo 0, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	63
Příloha 3: Tabulka - Půda číslo 0, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	64
Příloha 4: Graf - Půda číslo 0, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	65
Příloha 5: Tabulka - Půda číslo 1, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	66
Příloha 6: Graf - Půda číslo 1, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	67
Příloha 7: Tabulka - Půda číslo 1, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	68
Příloha 8: Graf - Půda číslo 1, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	69
Příloha 9: Tabulka - Půda číslo 2, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	70
Příloha 10: Graf - Půda číslo 2, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	71
Příloha 11: Tabulka - Půda číslo 2, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	72
Příloha 12: Graf - Půda číslo 2, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	73
Příloha 13: Tabulka - Půda číslo 3, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	74
Příloha 14: Graf - Půda číslo 3, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	75
Příloha 15: Tabulka - Půda číslo 3, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	76
Příloha 16: Graf - Půda číslo 3, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	77
Příloha 17: Tabulka - Půda číslo 4, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	78
Příloha 18: Graf - Půda číslo 4, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	79
Příloha 19: Tabulka - Půda číslo 4, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	80
Příloha 20: Graf - Půda číslo 4, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	81
Příloha 21: Tabulka - Půda číslo 5, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	82
Příloha 22: Graf - Půda číslo 5, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	83
Příloha 23: Tabulka - Půda číslo 5, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	84
Příloha 24: Graf - Půda číslo 5, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	85
Příloha 25: Tabulka - Půda číslo 6, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	86
Příloha 26: Graf - Půda číslo 6, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	87
Příloha 27: Tabulka - Půda číslo 6, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	88
Příloha 28: Graf - Půda číslo 6, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	89
Příloha 29: Tabulka - Půda číslo 7, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	90
Příloha 30: Graf - Půda číslo 7, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	91
Příloha 31: Tabulka - Půda číslo 7, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	92
Příloha 32: Graf - Půda číslo 7, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	93
Příloha 33: Tabulka - Půda číslo 8, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	94
Příloha 34: Graf - Půda číslo 8, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	95
Příloha 35: Tabulka - Půda číslo 8, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	96
Příloha 36: Graf - Půda číslo 8, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	97
Příloha 37: Tabulka - Půda číslo 9, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	98
Příloha 38: Graf - Půda číslo 9, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	99
Příloha 39: Tabulka - Půda číslo 9, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	100
Příloha 40: Graf - Půda číslo 9, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	101
Příloha 41: Tabulka - Půda číslo 10, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	102
Příloha 42: Graf - Půda číslo 10, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	103
Příloha 43: Tabulka - Půda číslo 10, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	104
Příloha 44: Graf - Půda číslo 10, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	105
Příloha 45: Tabulka - Půda R1, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	106
Příloha 46: Graf - Půda R1, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	107
Příloha 47: Tabulka - Půda R1, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	108
Příloha 48: Graf - Půda R1, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	109
Příloha 49: Tabulka - Půda R1, bez nafty, částečně vysušená, vzorek 1.....	110

Příloha 50: Graf - Půda R1, bez nafty, částečně vysušená, vzorek 1.....	111
Příloha 51: Tabulka - Půda R1, bez nafty, částečně vysušená, vzorek 2.....	112
Příloha 52: Graf - Půda R1, bez nafty, částečně vysušená, vzorek 2.....	113
Příloha 53: Tabulka - Půda R2, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	114
Příloha 54: Graf - Půda R2, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	115
Příloha 55: Tabulka - Půda R2, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	116
Příloha 56: Graf - Půda R2, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	117
Příloha 57: Tabulka - Půda R3, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	118
Příloha 58: Graf - Půda R3, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	119
Příloha 59: Tabulka - Půda R3, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	120
Příloha 60: Graf - Půda R3, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	121
Příloha 61: Tabulka - Půda R4, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	122
Příloha 62: Graf - Půda R4, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	123
Příloha 63: Tabulka - Půda R4, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	124
Příloha 64: Graf - Půda R4, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	125
Příloha 65: Tabulka - Půda R5, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	126
Příloha 66: Graf - Půda R5, bez nafty, vlhká, vzorek 1.....	127
Příloha 67: Tabulka - Půda R5, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	128
Příloha 68: Graf - Půda R5, bez nafty, vlhká, vzorek 2.....	129
Příloha 69: Tabulka - Půda číslo 0, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	130
Příloha 70: Graf - Půda číslo 0, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	131
Příloha 71: Tabulka - Půda číslo 0, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	132
Příloha 72: Graf - Půda číslo 0, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	133
Příloha 73: Tabulka - Půda číslo 1, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	134
Příloha 74: Graf - Půda číslo 1, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	135
Příloha 75: Tabulka - Půda číslo 1, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	136
Příloha 76: Graf - Půda číslo 1, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	137
Příloha 77: Tabulka - Půda číslo 2, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	138
Příloha 78: Graf - Půda číslo 2, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	139
Příloha 79: Tabulka - Půda číslo 2, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	140
Příloha 80: Graf - Půda číslo 2, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	141
Příloha 81: Tabulka - Půda číslo 3, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	142
Příloha 82: Graf - Půda číslo 3, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	143
Příloha 83: Tabulka - Půda číslo 3, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	144
Příloha 84: Graf - Půda číslo 3, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	145
Příloha 85: Tabulka - Půda číslo 4, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	146
Příloha 86: Graf - Půda číslo 4, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	147
Příloha 87: Tabulka - Půda číslo 4, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	148
Příloha 88: Graf - Půda číslo 4, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	149
Příloha 89: Tabulka - Půda číslo 5, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	150
Příloha 90: Graf - Půda číslo 5, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	151
Příloha 91: Tabulka - Půda číslo 5, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	152
Příloha 92: Graf - Půda číslo 5, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	153
Příloha 93: Tabulka - Půda číslo 6, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	154
Příloha 94: Graf - Půda číslo 6, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	155
Příloha 95: Tabulka - Půda číslo 6, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	156
Příloha 96: Graf - Půda číslo 6, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	157
Příloha 97: Tabulka - Půda číslo 7, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	158
Příloha 98: Graf - Půda číslo 7, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	159
Příloha 99: Tabulka - Půda číslo 7, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	160
Příloha 100: Graf - Půda číslo 7, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	161

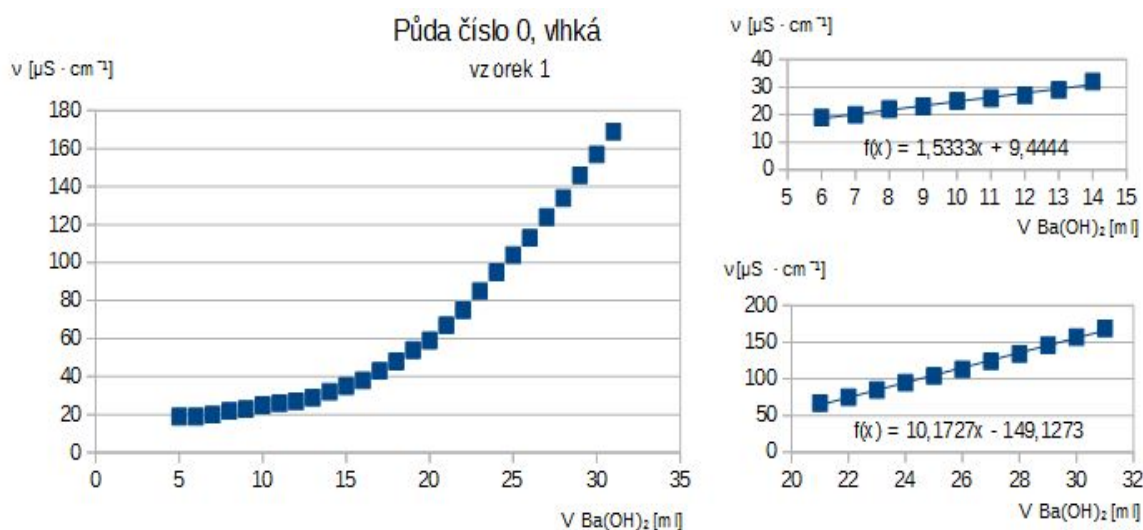
Příloha 101: Tabulka - Půda číslo 8, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	162
Příloha 102: Graf - Půda číslo 8, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	163
Příloha 103: Tabulka - Půda číslo 8, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	164
Příloha 104: Graf - Půda číslo 8, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	165
Příloha 105: Tabulka - Půda číslo 9, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	166
Příloha 106: Graf - Půda číslo 9, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	167
Příloha 107: Tabulka - Půda číslo 9, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	168
Příloha 108: Graf - Půda číslo 9, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	169
Příloha 109: Tabulka - Půda číslo 10, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	170
Příloha 110: Graf - Půda číslo 10, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	171
Příloha 111: Tabulka - Půda číslo 10, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	172
Příloha 112: Graf - Půda číslo 10, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	173
Příloha 113: Tabulka – Půda R1, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	174
Příloha 114: Graf - Půda R1, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	175
Příloha 115: Tabulka - Půda R1, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	176
Příloha 116: Graf - Půda R1, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	177
Příloha 117: Tabulka - Půda R2, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	178
Příloha 118: Graf - Půda R2, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	179
Příloha 119: Tabulka - Půda R3, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	180
Příloha 120: Graf - Půda R3, s naftou, vlhká, vzorek 1.....	181
Příloha 121: Tabulka - Půda R3, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	182
Příloha 122: Graf - Půda R3, s naftou, vlhká, vzorek 2.....	183

Půda číslo	0
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0125
Navážka [g]	5,783
Obsah sušiny	99,16%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	37
1	32
2	27
3	23
4	20
5	19
6	19
7	20
8	22
9	23
10	25
11	26
12	27
13	29
14	32
15	35
16	38
17	43
18	48
19	54
20	59
21	67
22	75
23	85
24	95
25	104
26	113
27	124
28	134
29	146
30	157
31	169

Spotřeba [ml]	18,239
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	7,95

Příloha 1: Tabulka - Půda číslo 0, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 2: Graf - Půda číslo 0, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 1,5333 \cdot x + 8,4444$$

$$q: y = 10,1727 \cdot x - 149,1273$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 1,5333 \cdot x + 8,4444 &= 10,1727 \cdot x - 149,1273 \\ (8,4444 + 149,1273) &= (10,1727 - 1,5333) \cdot x \\ 157,5717 &= 8,6394 \cdot x \\ x &= 18,239 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{18,239 \cdot 0,0125 \cdot 200}{5,783 \cdot 0,9916} = 7,95 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

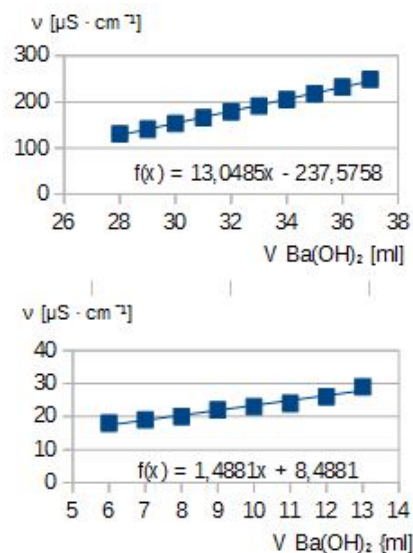
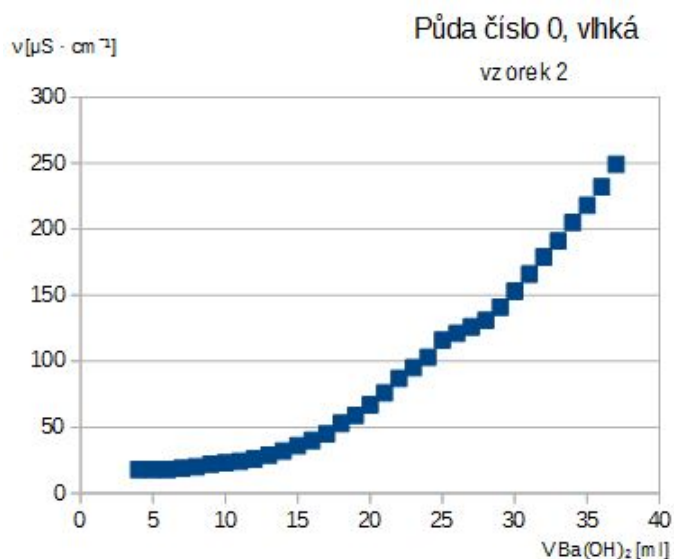
Půda číslo	0
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0125
Navážka [g]	6,601
Obsah sušiny	99,16%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	35
1	29
2	23
3	20
4	18
5	18
6	18
7	19
8	20
9	22
10	23
11	24
12	26
13	29
14	32
15	36
16	40
17	45
18	53

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
19	59
20	67
21	76
22	87
23	95
24	103
25	116
26	121
27	126
28	131
29	141
30	153
31	166
32	179
33	191
34	205
35	218
36	232
37	249

Spotřeba [ml]	21,285
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	8,13

Příloha 3: Tabulka - Půda číslo 0, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 4: Graf - Půda číslo 0, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 1,4881 \cdot x + 8,4881$$

$$q: y = 13,0485 \cdot x - 237,5758$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 1,4881 \cdot x + 8,4881 &= 13,0485 \cdot x - 237,5758 \\ (8,4881 + 237,5758) &= (13,0485 - 1,4881) \cdot x \\ 246,0639 &= 11,5604 \cdot x \\ x &= 21,285 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

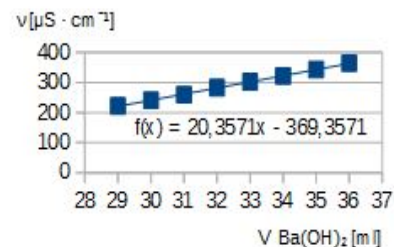
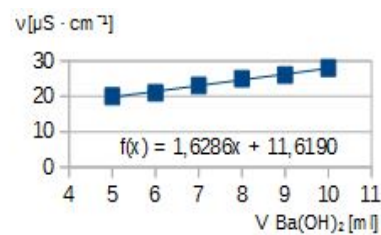
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{21,285 \cdot 0,0125 \cdot 200}{6,601 \cdot 0,9916} = 8,13 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	1
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,01445
Navážka [g]	3,787
Obsah sušiny	93,30%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	48
1	37
2	30
3	23
4	21
5	20
6	21
7	23
8	25
9	26
10	28
11	30,5
12	31
13	32
14	37,5
15	44
16	51
17	58
18	66
19	75
20	83
21	94
22	107
23	125
24	138
25	154
26	169
27	187
28	207,5
29	222
30	241
31	260
32	283
33	303
34	322
35	343
36	364

Spotřeba [ml]	20,34
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	16,64

*Příloha 5: Tabulka - Půda číslo 1, bez nafty,
vlhká, vzorek 1*



Příloha 6: Graf - Půda číslo 1, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 1,6286 \cdot x + 11,6190$$

$$q: y = 20,3571 \cdot x - 369,3571$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 1,6286 \cdot x + 11,6190 &= 20,3571 \cdot x - 369,3571 \\ (11,6190 + 369,3571) &= (20,3571 - 1,6286) \cdot x \\ 380,9761 &= 18,7285 \cdot x \\ x &= 20,342 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

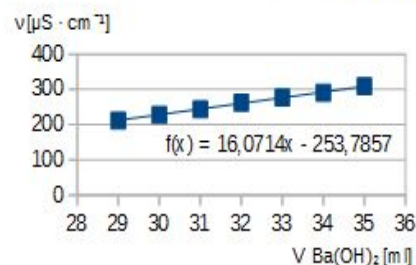
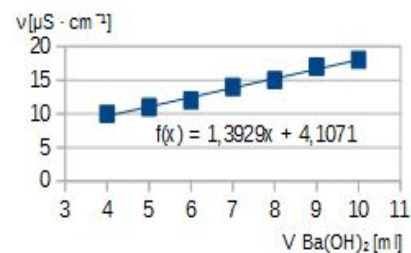
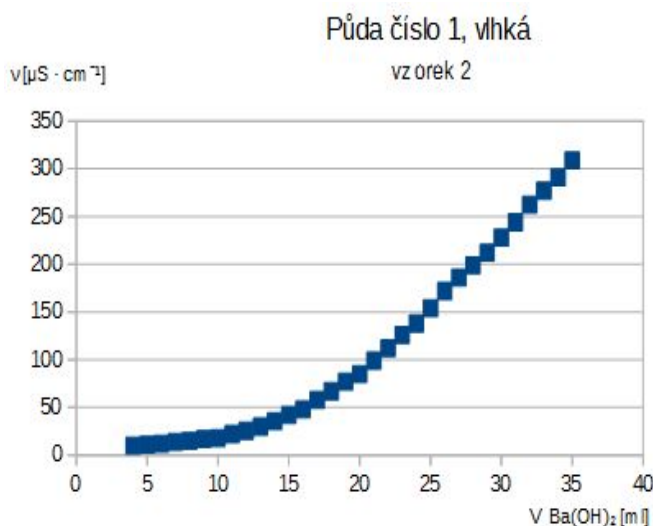
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{20,34 \cdot 0,01445 \cdot 200}{3,787 \cdot 0,9330} = 16,64 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	1
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,01445
Navážka [g]	3,720
Obsah sušiny	93,30%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	24
1	18
2	13
3	11
4	10
5	11
6	12
7	14
8	15
9	17
10	18
11	22
12	25,5
13	30
14	35,5
15	42
16	48
17	58
18	67
19	77
20	85
21	99
22	112
23	126
24	138
25	154
26	172
27	186
28	199
29	212
30	228
31	244
32	262,5
33	277
34	291
35	309

Spotřeba [ml]	17,57
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	14,63

*Příloha 7: Tabulka - Půda číslo 1, bez nafty,
vlhká, vzorek 2*



Příloha 8: Graf - Půda číslo 1, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 1,3929 \cdot x + 4,1071$$

$$q: y = 16,0714 \cdot x - 253,7857$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 1,3929 \cdot x + 4,1071 &= 16,0714 \cdot x - 253,7857 \\ (4,1071 + 253,7857) &= (16,0714 - 1,3929) \cdot x \\ 257,8928 &= 14,6785 \cdot x \\ x &= 17,57 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

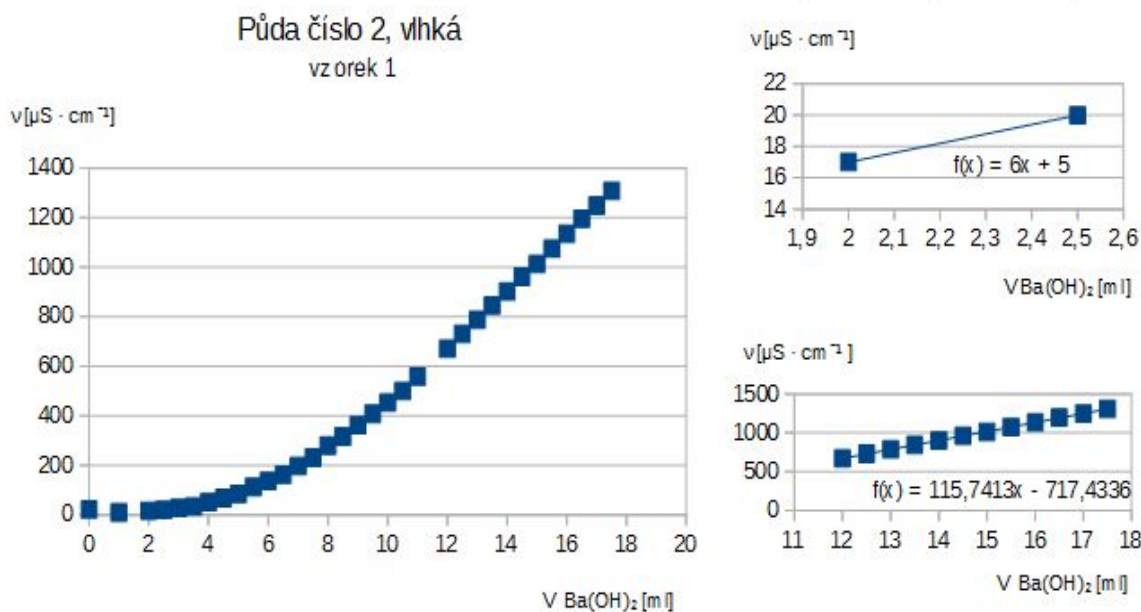
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{17,57 \cdot 0,01445 \cdot 200}{3,720 \cdot 0,9330} = 14,63 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	2
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,05815
Navážka [g]	3,146
Obsah sušiny	87,51%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	22
1	10
2	17
2,5	20
3	28,5
3,5	34
4	52
4,5	68
5	85
5,5	112,5
6	137
6,5	162
7	197,5
7,5	231
8	280
8,5	317
9	363
9,5	408
10	454
10,5	501
11	558
12	671
12,5	731
13	788
13,5	846
14	902
14,5	962
15	1013
15,5	1075
16	1135
16,5	1196
17	1249
17,5	1309

Spotřeba [ml]	6,54
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	27,63

*Příloha 9: Tabulka - Půda číslo 2, bez nafty,
vlhká, vzorek 1*



Příloha 10: Graf - Půda číslo 2, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 6 \cdot x + 5$$

$$q: y = 115,7413 \cdot x - 717,4336$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 6 \cdot x + 5 &= 115,7413 \cdot x - 717,4336 \\ (5 + 717,4336) &= (115,7413 - 6) \cdot x \\ 722,4336 &= 109,7413 \cdot x \\ x &= 6,54 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{6,54 \cdot 0,05815 \cdot 200}{3,146 \cdot 0,8751} = 27,63 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

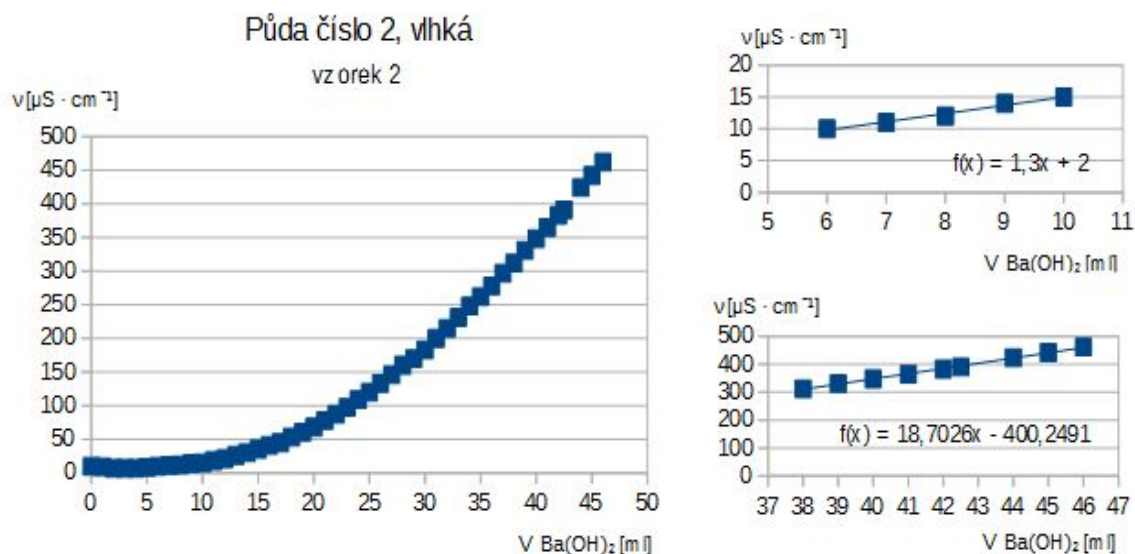
Půda číslo	2
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0145375
Navážka [g]	3,256
Obsah sušiny	87,51%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	10
1	9
2	7
3	7
4	7
5	8
6	10
7	11
8	12
9	14
10	15
11	18
12	21
13	26
14	30
15	35,5
16	41
17	45
18	53
19	60,5
20	68
21	78
22	87
23	97,5

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
24	109
25	120
26	133
27	146
28	160
29	170
30	183
31	200
32	215
33	231
34	248
35	262
36	278
37	296,5
38	312
39	331
40	348
41	365
42	383
42,5	391
44	424
45	442
46	462

Spotřeba [ml]	23,11
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	23,58

Příloha 11: Tabulka - Půda číslo 2, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 12: Graf - Půda číslo 2, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 1,3 \cdot x + 2$$

$$q: y = 18,7026 \cdot x - 400,2491$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 1,3 \cdot x + 2 &= 18,7026 \cdot x - 400,2491 \\ (2 + 400,2491) &= (18,7026 - 1,3) \cdot x \\ 402,2491 &= 17,4026 \cdot x \\ x &= 23,11 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

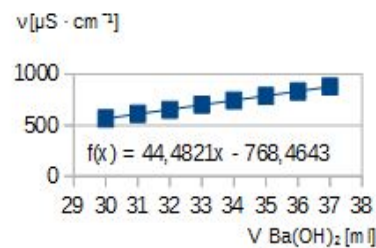
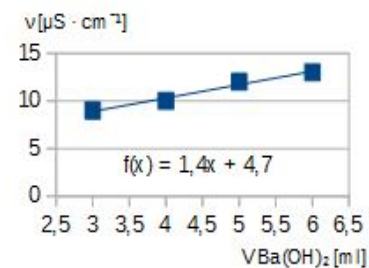
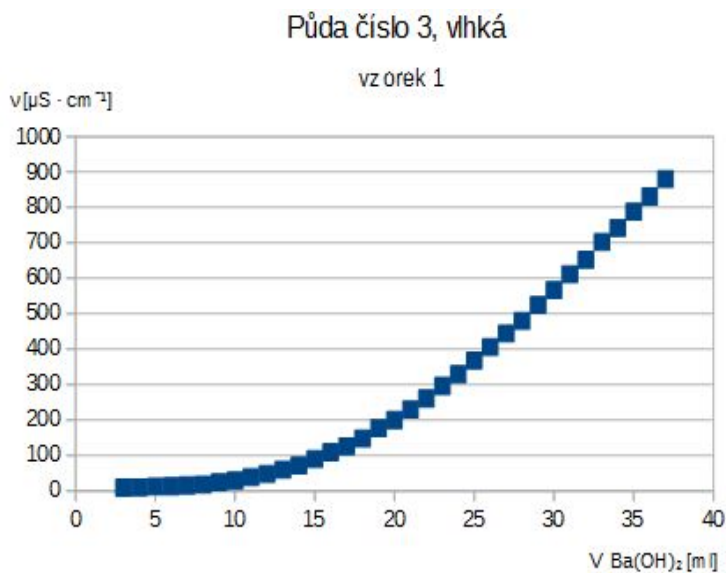
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{23,11 \cdot 0,0145375 \cdot 200}{3,256 \cdot 0,8751} = 23,58 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	3
Vzorek	1
$c \text{ Ba(OH)}_2 [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]$	0,029075
Navážka [g]	3,378
Obsah sušiny	81,67%

Přídavek Ba(OH)_2 [ml]	Vodivost [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]
0	21
1	15
2	10
3	9
4	10
5	12
6	13
7	15,5
8	18
9	24
10	29
11	39
12	48
13	60
14	72
15	90
16	109
17	126
18	148
19	177,5
20	200
21	230
22	260,5
23	296
24	329
25	368
26	406
27	444
28	480
29	525
30	567
31	611,5
32	652
33	702
34	742
35	788
36	831
37	880

Spotřeba [ml]	17,95
Kapacita [mval $\cdot 100^{-1}$ g půdy]	37,83

Příloha 13: Tabulka - Půda číslo 3, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 14: Graf - Půda číslo 3, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 1,4 \cdot x + 4,7$$

$$q: y = 44,4821 \cdot x - 768,4643$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 1,4 \cdot x + 4,7 &= 44,4821 \cdot x - 768,4643 \\ (4,7 + 768,4643) &= (44,4821 - 1,4) \cdot x \\ 773,1643 &= 43,0821 \cdot x \\ x &= 17,95 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{17,95 \cdot 0,029075 \cdot 200}{3,378 \cdot 0,8167} = 37,83 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

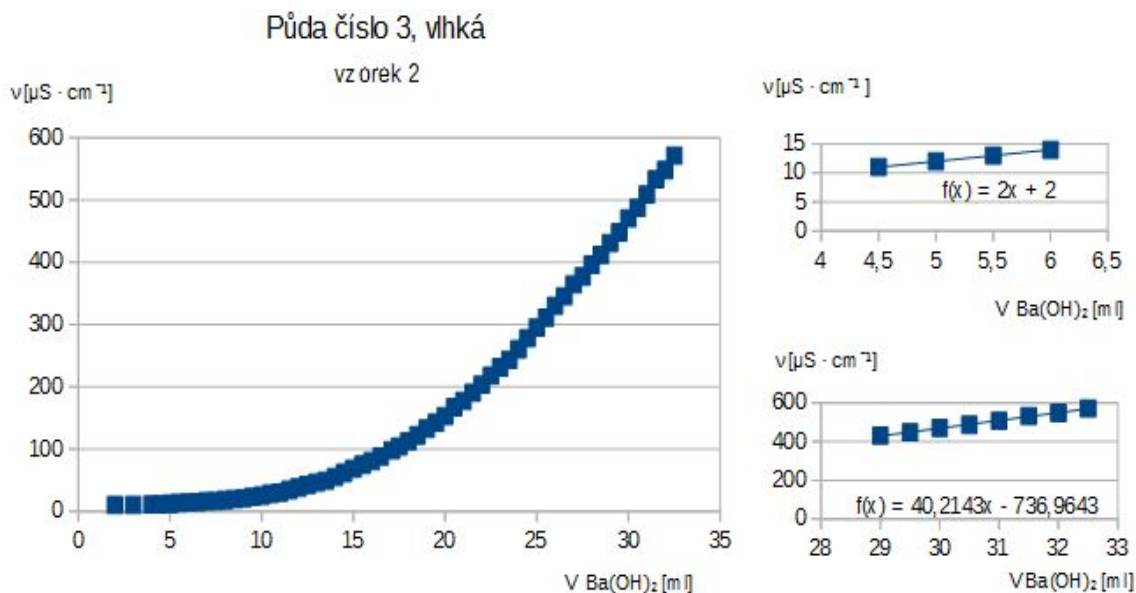
Půda číslo	3
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,029075
Navážka [g]	3,417
Obsah sušiny	81,67%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	22
1	15
2	10
3	10
4	11
4,5	11
5	12
5,5	13
6	14
6,5	14,5
7	16
7,5	16
8	18
8,5	19
9	21
9,5	23
10	25
10,5	28
11	30
11,5	34
12	38
12,5	42
13	46
13,5	49
14	55
14,5	61,5
15	68
15,5	74,5
16	80
16,5	88
17	98

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
17,5	104
18	112,5
18,5	122
19	132,5
19,5	142
20	153
20,5	167
21	177
21,5	190
22	203
22,5	217,5
23	231
23,5	243
24	260
24,5	278
25	295
25,5	311
26	330
26,5	345
27	364
27,5	377
28	396
28,5	411,5
29	431
29,5	448
30	470,5
30,5	487
31	508,5
31,5	533
32	548
32,5	571

Spotřeba [ml]	19,34
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	40,30

Příloha 15: Tabulka - Půda číslo 3, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 16: Graf - Půda číslo 3, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 2$$

$$q: y = 40,2143 \cdot x - 736,9643$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 2 &= 40,2143 \cdot x - 736,9643 \\ (2 + 736,9643) &= (40,2143 - 2) \cdot x \\ 738,9643 &= 38,2143 \cdot x \\ x &= 19,34 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

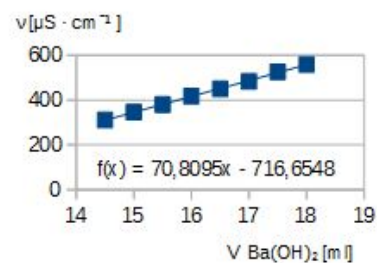
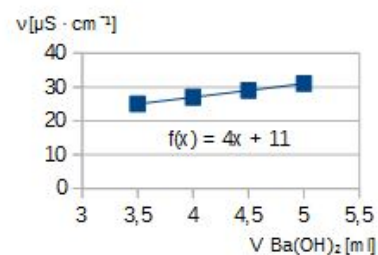
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{19,34 \cdot 0,029075 \cdot 200}{3,417 \cdot 0,8167} = 40,30 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	4
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,05815
Navážka [g]	3,516
Obsah sušiny	75,46%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	53
1	31
2	23
3	24
3,5	25
4	27
4,5	29
5	31
5,5	35
6	37
6,5	43
7	49
7,5	58
8	66
8,5	73,5
9	87,5
9,5	100
10	114
10,5	126,5
11	145
11,5	168
12	186
12,5	208
13	226
13,5	257
14,2	301,5
14,5	311
15	346
15,5	380
16	417
16,5	450
17	484
17,5	526
18	558

Spotřeba [ml]	10,89
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	47,74

Příloha 17: Tabulka - Půda číslo 4, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 18: Graf - Půda číslo 4, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 4 \cdot x + 11$$

$$q: y = 70,8095 \cdot x - 716,6548$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 4 \cdot x + 11 &= 70,8095 \cdot x - 716,6548 \\ (11 + 716,6548) &= (70,8095 - 4) \cdot x \\ 727,6548 &= 66,8095 \cdot x \\ x &= 10,89 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{10,89 \cdot 0,05815 \cdot 200}{3,516 \cdot 0,7546} = 47,74 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

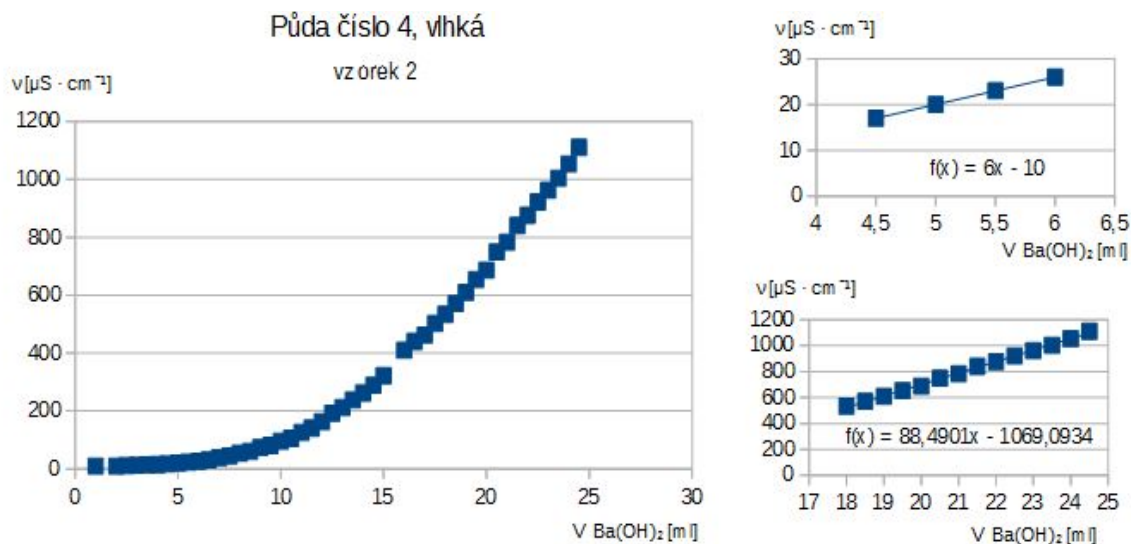
Půda číslo	4
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,05815
Navážka [g]	3,577
Obsah sušiny	75,46%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	18
1	10
2	10
2,5	11
3	13
3,5	14
4	15
4,5	17
5	20
5,5	23
6	26
6,5	31,5
7	39
7,5	45
8	54
8,5	60
9	74
9,5	81
10	95
10,5	105,5
11	126
11,5	141
12	163
12,5	192

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
13	212
13,5	238
14	262
14,5	289
15	322
15,5	
16	410
16,5	440
17	462,5
17,5	502,5
18	534
18,5	571
19	610
19,5	654
20	687
20,5	749
21	783
21,5	841
22	876
22,5	922
23	963
23,5	1004
24	1053,5
24,5	1111

Spotřeba [ml]	12,84
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	55,32

Příloha 19: Tabulka - Půda číslo 4, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 20: Graf - Půda číslo 4, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 6 \cdot x - 10$$

$$q: y = 88,4901 \cdot x - 1069,0934$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 6 \cdot x - 10 &= 88,4901 \cdot x - 1069,0934 \\ (-10 + 1069,0934) &= (88,4901 - 6) \cdot x \\ 1059,0934 &= 82,4901 \cdot x \\ x &= 12,84 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{12,84 \cdot 0,05815 \cdot 200}{3,577 \cdot 0,7546} = 55,32 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

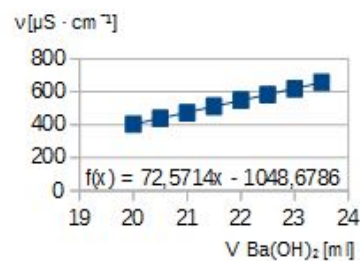
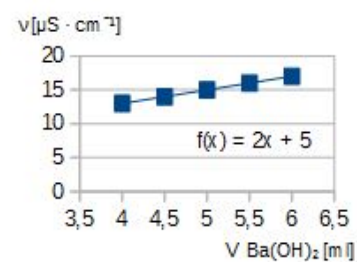
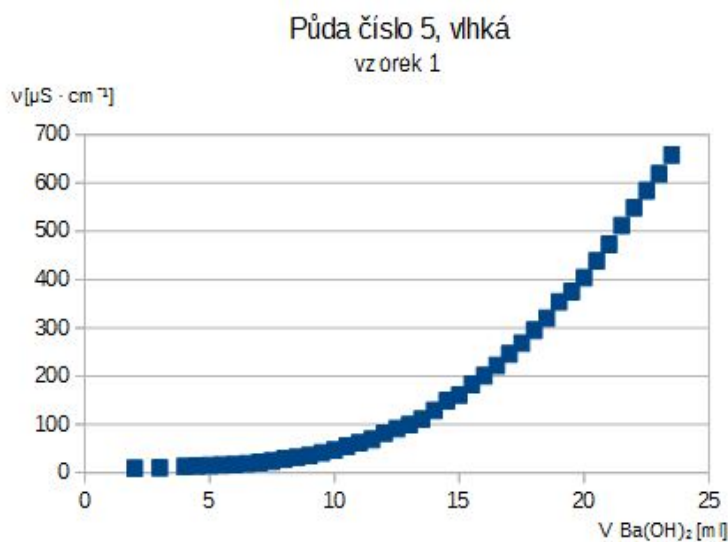
Půda číslo	5
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,05815
Navážka [g]	3,464
Obsah sušiny	68,89%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	18
1	11
2	9
3	10
4	13
4,5	14
5	15
5,5	16
6	17
6,5	19
7	21
7,5	24
8	28,5
8,5	32
9	36
9,5	41
10	47
10,5	55
11	62
11,5	69
12	82
12,5	91,5

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
13	100
13,5	111
14	129
14,5	149
15	161
15,5	183
16	201
16,5	222
17	246
17,5	268
18	295
18,5	320
19	354
19,5	375
20	404
20,5	439
21	473
21,5	512
22	549
22,5	584
23	619
23,5	658

Spotřeba [ml]	14,93
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	72,76

Příloha 21: Tabulka - Půda číslo 5, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 22: Graf - Půda číslo 5, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 5$$

$$q: y = 72,5714 \cdot x - 1048,6786$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 5 &= 72,5714 \cdot x - 1048,6786 \\ (5 + 1048,6786) &= (72,5714 - 2) \cdot x \\ 1053,6786 &= 70,5714 \cdot x \\ x &= 14,93 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{14,93 \cdot 0,05815 \cdot 200}{3,464 \cdot 0,6889} = 72,76 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

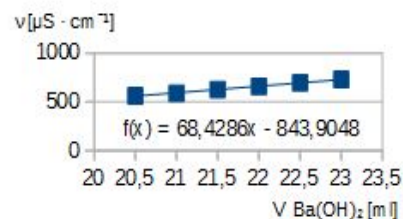
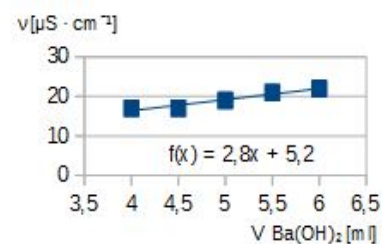
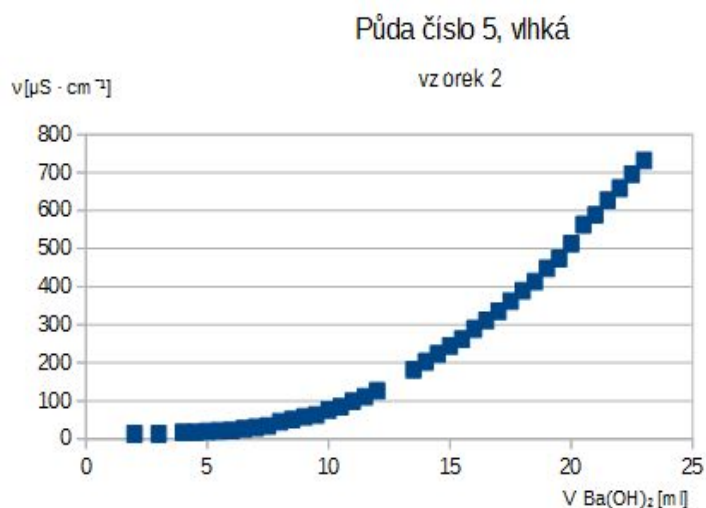
Půda číslo	5
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,05815
Navážka [g]	3,396
Obsah sušiny	68,89%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	32
1	20
2	13
3	13
4	17
4,5	17
5	19
5,5	21
6	22
6,5	26
7	29,5
7,5	34
8	45
8,5	51
9	58
9,5	63
10	76
10,5	84,5
11	99
11,5	111
12	126

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
13,5	182
14	202,5
14,5	223
15	244
15,5	262
16	289
16,5	311
17	335
17,5	362
18	389,5
18,5	413
19	448
19,5	474
20	513
20,5	563
21	589
21,5	627,5
22	659
22,5	696
23	732

Spotřeba [ml]	12,94
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	64,33

Příloha 23: Tabulka - Půda číslo 5, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 24: Graf - Půda číslo 5, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2,8 \cdot x + 5,2$$

$$q: y = 68,4286 \cdot x - 843,9048$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2,8 \cdot x + 5,2 &= 68,4286 \cdot x - 843,9048 \\ (5,2 + 843,9048) &= (68,4286 - 2,8) \cdot x \\ 849,1048 &= 65,6286 \cdot x \\ x &= 12,94 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

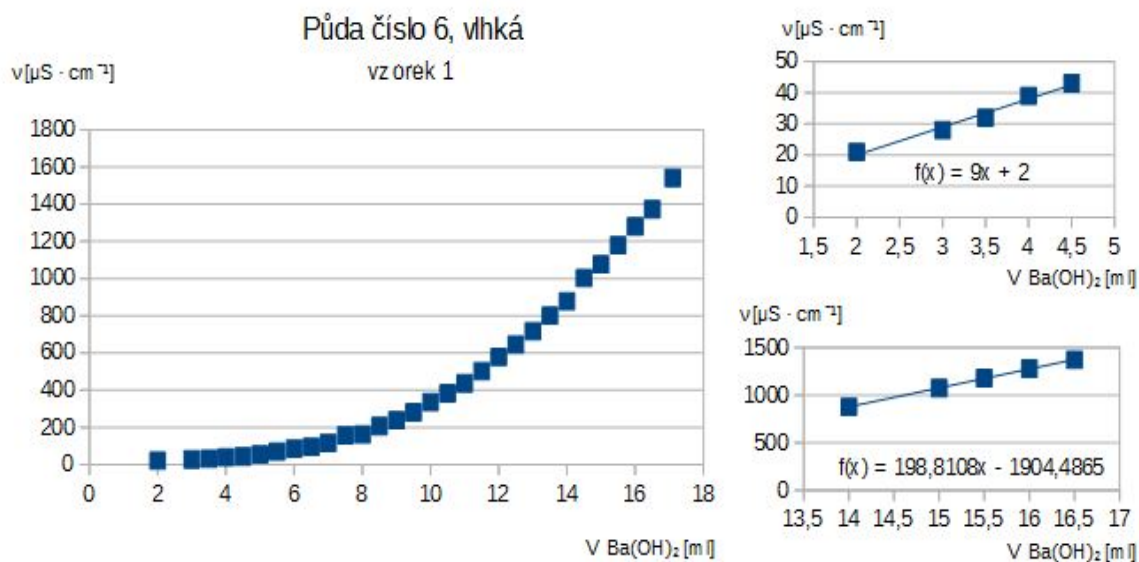
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{12,94 \cdot 0,05815 \cdot 200}{3,396 \cdot 0,6889} = 64,33 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	6
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,1163
Navážka [g]	3,969
Obsah sušiny	62,99%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	48
1	23
2	21
3	28
3,5	32
4	39
4,5	43
5	55
5,5	69
6	86
6,5	95
7	116
7,5	156,5
8	161
8,5	206,5
9	238
9,5	281
10	335,5
10,5	383
11	437
11,5	502
12	578
12,5	645
13	717
13,5	801
14	878
14,5	1002
15	1076
15,5	1180
16	1280
16,5	1372
17	1541

Spotřeba [ml]	10,04
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	93,41

Příloha 25: Tabulka - Půda číslo 6, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 26: Graf - Půda číslo 6, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 9 \cdot x + 2$$

$$q: y = 198,8108 \cdot x - 1904,4865$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 9 \cdot x + 2 &= 198,8108 \cdot x - 1904,4865 \\ (2 + 1904,4865) &= (198,8108 - 9) \cdot x \\ 1906,4865 &= 189,8108 \cdot x \\ x &= 10,04 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{10,04 \cdot 0,1163 \cdot 200}{3,969 \cdot 0,6299} = 93,41 \text{ mval} \cdot 100 g^{-1}$$

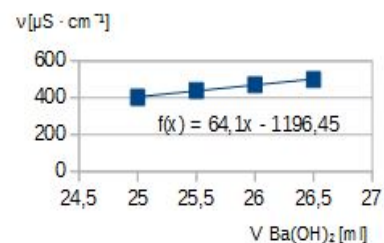
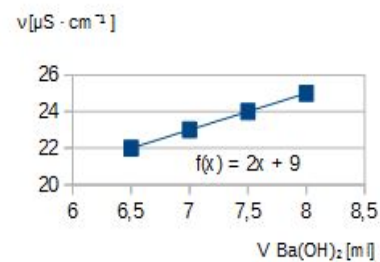
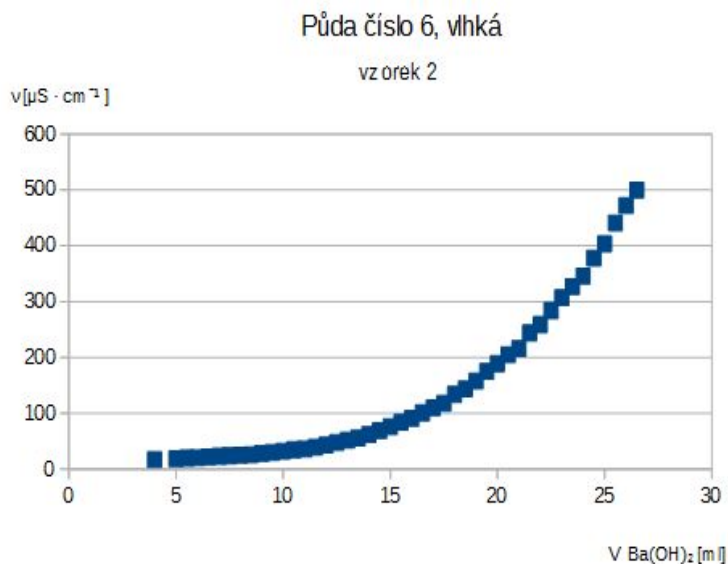
Půda číslo	6
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,05815
Navážka [g]	3,978
Obsah sušiny	62,99%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	42
1	29
2	20
3	17
4	17
5	19
5,5	20
6	20,5
6,5	22
7	23
7,5	24
8	25
8,5	26
9	28
9,5	30
10	32
10,5	35
11	36
11,5	39
12	43
12,5	48
13	52
13,5	56
14	62
14,5	69

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
15	76
15,5	84
16	91
16,5	101
17	110
17,5	118
18	134
18,5	144
19	158
19,5	175
20	189
20,5	205
21	216
21,5	244
22	259
22,5	284
23	307
23,5	327
24	346
24,5	378
25	403,5
25,5	441
26	472
26,5	500

Spotřeba [ml]	19,41
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	90,09

Příloha 27: Tabulka - Půda číslo 6, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 28: Graf - Půda číslo 6, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 9$$

$$q: y = 64,1 \cdot x - 1196,45$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 9 &= 64,1 \cdot x - 1196,45 \\ (9 + 1196,45) &= (64,1 - 2) \cdot x \\ 1205,45 &= 62,1 \cdot x \\ x &= 19,41 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{19,41 \cdot 0,05815 \cdot 200}{3,978 \cdot 0,6299} = 90,09 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

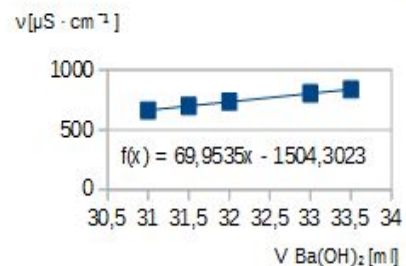
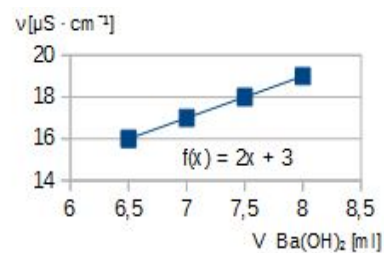
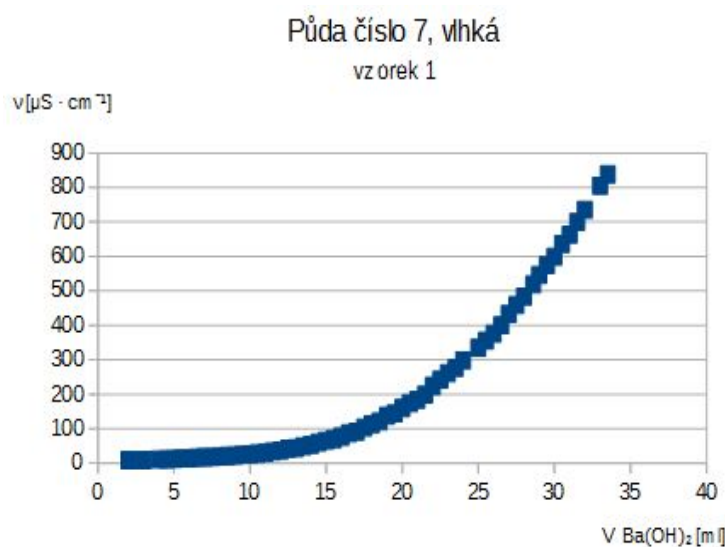
Půda číslo	7
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,05815
Navážka [g]	3,723
Obsah sušiny	57,14%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	17
1	12
2	9
3	9
4	10,5
4,5	11
5	12
5,5	14
6	14
6,5	16
7	17
7,5	18
8	19
8,5	21
9	22
9,5	24
10	26
10,5	28
11	30
11,5	34
12	37
12,5	42
13	44
13,5	49
14	53
14,5	60
15	65
15,5	70
16	77
16,5	87
17	91

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
17,5	103
18	113
18,5	121
19	137
19,5	144
20	160
20,5	174
21	184
21,5	199
22	224
22,5	242
23	261
23,5	276
24	298
25	335
25,5	355
26	375,5
26,5	400
27	433
27,5	459
28	483
28,6	519
29	546
29,5	574
30	599
30,5	636
31	663
31,5	700
32	735
33	805
33,5	838

Spotřeba [ml]	22,18
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	121,26

Příloha 29: Tabulka - Půda číslo 7, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 30: Graf - Půda číslo 7, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 3$$

$$q: y = 69,9535 \cdot x - 1504,3023$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 3 &= 69,9535 \cdot x - 1504,3023 \\ (3 + 1504,3023) &= (69,9535 - 2) \cdot x \\ 1507,3023 &= 67,9535 \cdot x \\ x &= 22,18 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

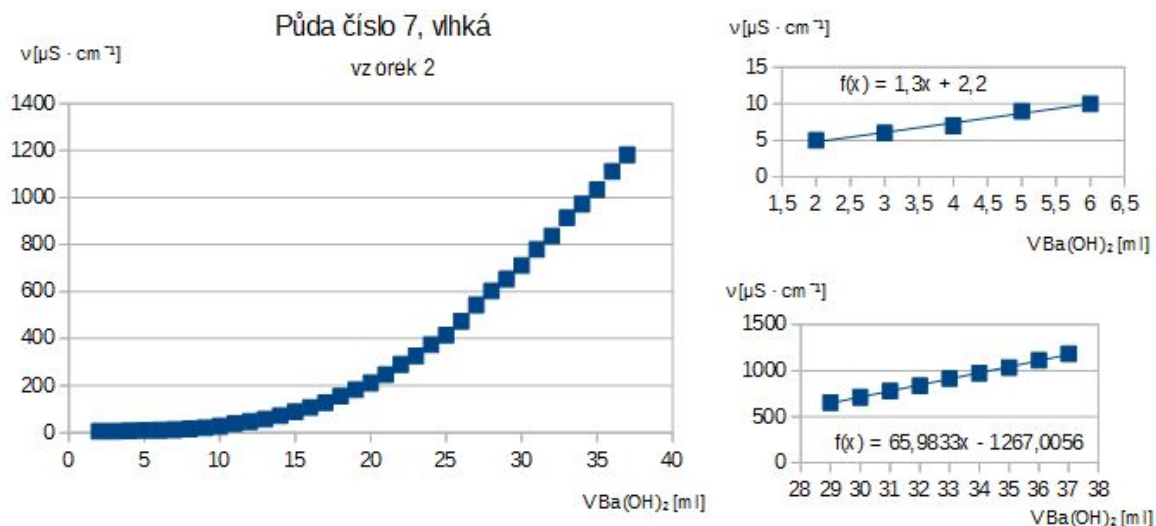
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{22,18 \cdot 0,05815 \cdot 200}{3,723 \cdot 0,5714} = 121,26 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	7
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,05815
Navážka [g]	3,672
Obsah sušiny	57,14%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	9
1	6,5
2	5
3	6
4	7
5	9
6	10
7	12
8	16
9	20
10	27
11	39
12	47
13	57
14	72
15	88,5
16	107
17	127
18	154,5
19	182
20	211
21	247
22	290
23	326
24	374
25	414
26	474
27	543
28	602
29	653
30	711
31	780
32	837
33	914
34	972
35	1034
36	1111
37	1182

Spotřeba [ml]	19,62
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	108,75

Příloha 31: Tabulka - Půda číslo 7, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 32: Graf - Půda číslo 7, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 1,3 \cdot x + 2,2$$

$$q: y = 65,9833 \cdot x - 1267,0056$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 1,3 \cdot x + 2,2 &= 65,9833 \cdot x - 1267,0056 \\ (2,2 + 1267,0056) &= (65,9833 - 1,3) \cdot x \\ 1269,2056 &= 64,6833 \cdot x \\ x &= 19,62 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

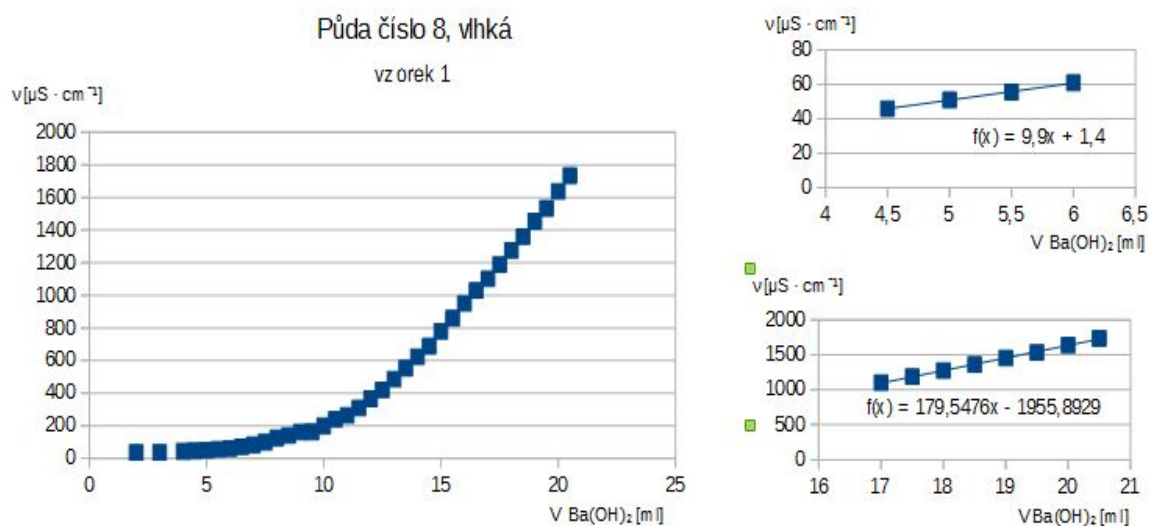
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{19,62 \cdot 0,05815 \cdot 200}{3,672 \cdot 0,5714} = 108,75 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	8
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,1156
Navážka [g]	3,429
Obsah sušiny	50,91%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	98
1	47
2	36
3	37
4	43
4,5	46
5	51
5,5	55,5
6	61
6,5	70,5
7	83
7,5	99
8	125
8,5	140
9	161
9,5	162
10	199
10,5	240
11	263
11,5	308,5
12	366
12,5	420
13	485
13,5	553,5
14	624
14,5	688
15	778,5
15,5	860
16	950
16,5	1029
17	1101
17,5	1189
18	1276
18,5	1360
19	1454
19,5	1533
20	1638
20,5	1734

Spotřeba [ml]	11,54
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	152,84

Příloha 33: Tabulka - Půda číslo 8, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 34: Graf - Půda číslo 8, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 9,9 \cdot x + 1,4$$

$$q: y = 179,5476 \cdot x - 1955,8929$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 9,9 \cdot x + 1,4 &= 179,5476 \cdot x - 1955,8929 \\ (1,4 + 1955,8929) &= (179,5476 - 9,9) \cdot x \\ 1957,2929 &= 169,6476 \cdot x \\ x &= 11,54 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

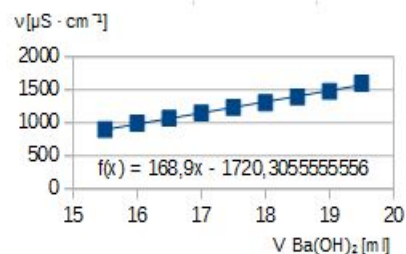
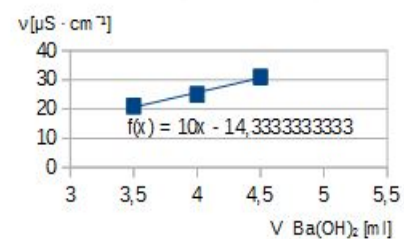
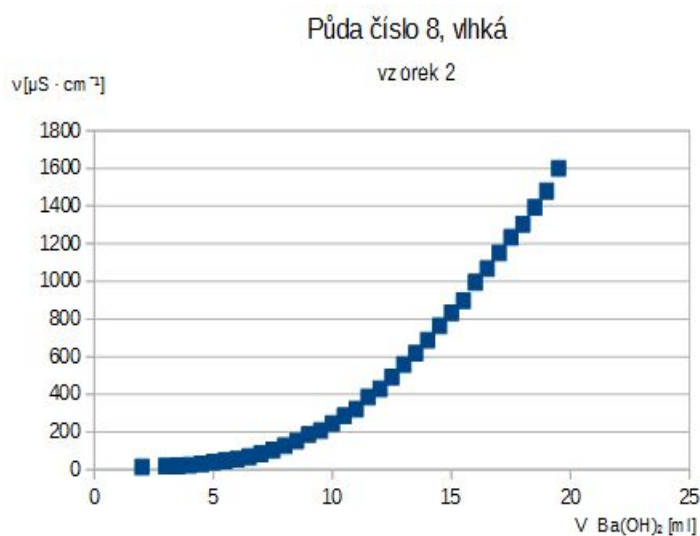
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{11,54 \cdot 0,1156 \cdot 200}{3,429 \cdot 0,5091} = 152,84 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	8
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,1156
Navážka [g]	3,406
Obsah sušiny	50,91%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	36
1	18
2	15
3	20
3,5	21
4	25
4,5	31
5	40
5,5	48,5
6	57
6,5	69
7	85
7,5	105
8	128,5
8,5	153
9	187
9,5	208
10	245
10,5	286
11	322
11,5	386
12	430
12,5	492
13	559
13,5	618
14	688
14,5	763
15	833
15,5	897
16	995
16,5	1068
17	1150
17,5	1234
18	1303
18,5	1393
19	1479
19,5	1600

Spotřeba [ml]	10,74
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	143,20

Příloha 35: Tabulka - Půda číslo 8, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 36: Graf - Půda číslo 8, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 10 \cdot x + 14,3333$$

$$q: y = 168,9 \cdot x - 1720,3056$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 10 \cdot x - 14,3333 &= 168,9 \cdot x - 1720,3056 \\ (-14,3333 + 1720,3056) &= (168,9 - 10) \cdot x \\ 1705,9723 &= 158,9 \cdot x \\ x &= 10,74 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

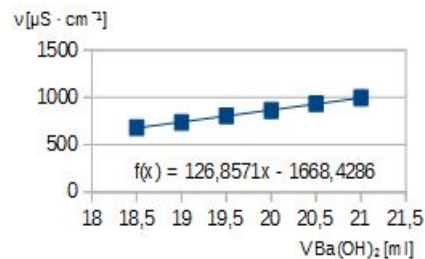
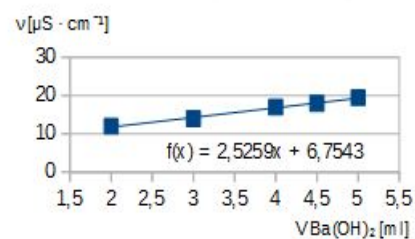
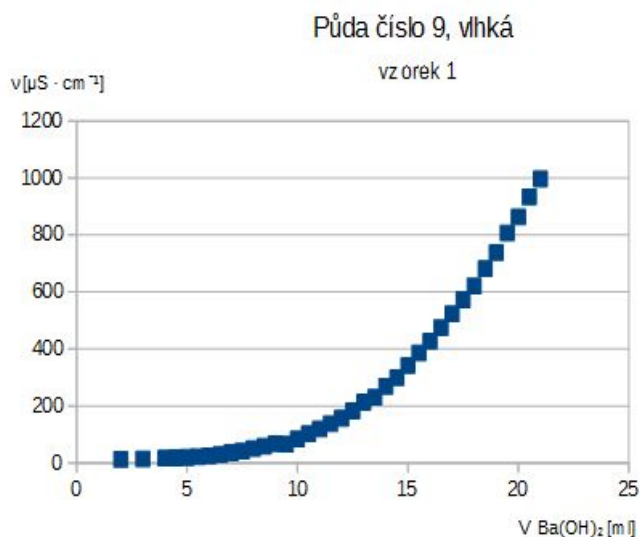
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{10,74 \cdot 0,1156 \cdot 200}{3,406 \cdot 0,5091} = 143,20 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	9
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,1156
Navážka [g]	3,930
Obsah sušiny	44,44%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	28
1	15
2	12
3	14
4	17
4,5	18
5	19,5
5,5	22
6	25
6,5	29
7	36
7,5	41
8	50
8,5	58,5
9	67,5
9,5	65,5
10	84
10,5	102
11	119
11,5	138
12	156,5
12,5	182,5
13	213
13,5	230
14	269
14,5	299
15	342
15,5	386
16	427
16,5	475
17	523
17,5	573
18	621
18,5	682
19	738
19,5	807
20	864
20,5	934
21	997

Spotřeba [ml]	13,48
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	178,45

Příloha 37: Tabulka - Půda číslo 9, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 38: Graf - Půda číslo 9, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2,5259 \cdot x + 6,7543$$

$$q: y = 126,8571 \cdot x - 1668,4286$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2,5259 \cdot x + 6,7543 &= 126,8571 \cdot x - 1668,4286 \\ (6,7543 + 1668,4286) &= (126,8571 - 2,5259) \cdot x \\ 1675,1829 &= 124,3312 \cdot x \\ x &= 13,48 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{13,48 \cdot 0,1156 \cdot 200}{3,930 \cdot 0,4444} = 178,45 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

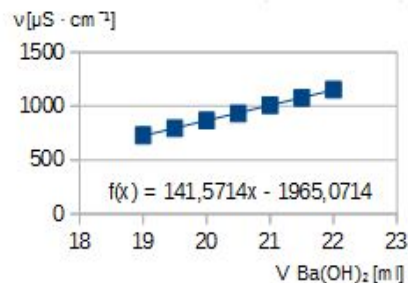
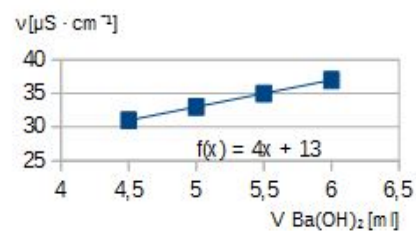
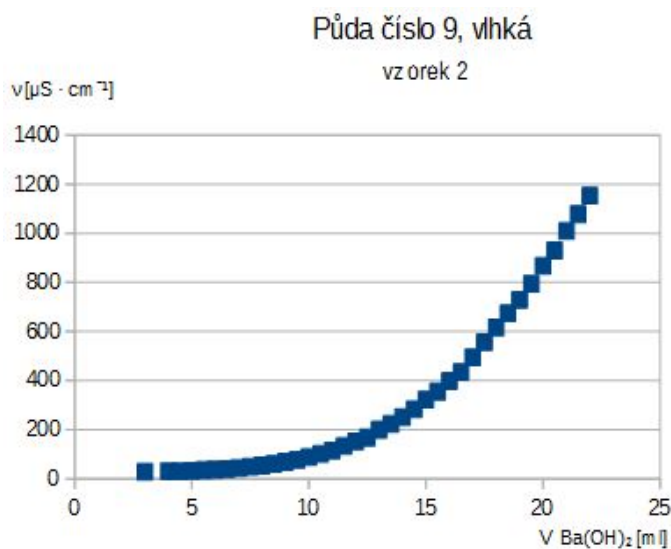
Půda číslo	9
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,1156
Navážka [g]	4,018
Obsah sušiny	44,44%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	80
1	46
2	32
3	29
4	31
4,5	31
5	33
5,5	35
6	37
6,5	40
7	44
7,5	49
8	54
8,5	60
9	69
9,5	77
10	88
10,5	101
11	115
11,5	133
12	152

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
12,5	168
13	200
13,5	223
14	252
14,5	282,5
15	322
15,5	355
16	398
16,5	435
17	495
17,5	556
18	616
18,5	674
19	729
19,5	794
20	867
20,5	930
21	1009
21,5	1078
22	1153

Spotřeba [ml]	14,38
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	186,19

Příloha 39: Tabulka - Půda číslo 9, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 40: Graf - Půda číslo 9, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 4 \cdot x + 13$$

$$q: y = 141,5714 \cdot x - 1965,0714$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 4 \cdot x + 13 &= 141,5714 \cdot x - 1965,0714 \\ (13 + 1965,0714) &= (141,5714 - 4) \cdot x \\ 1978,0714 &= 137,5714 \cdot x \\ x &= 14,38 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{14,38 \cdot 0,1156 \cdot 200}{4,018 \cdot 0,4444} = 186,19 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

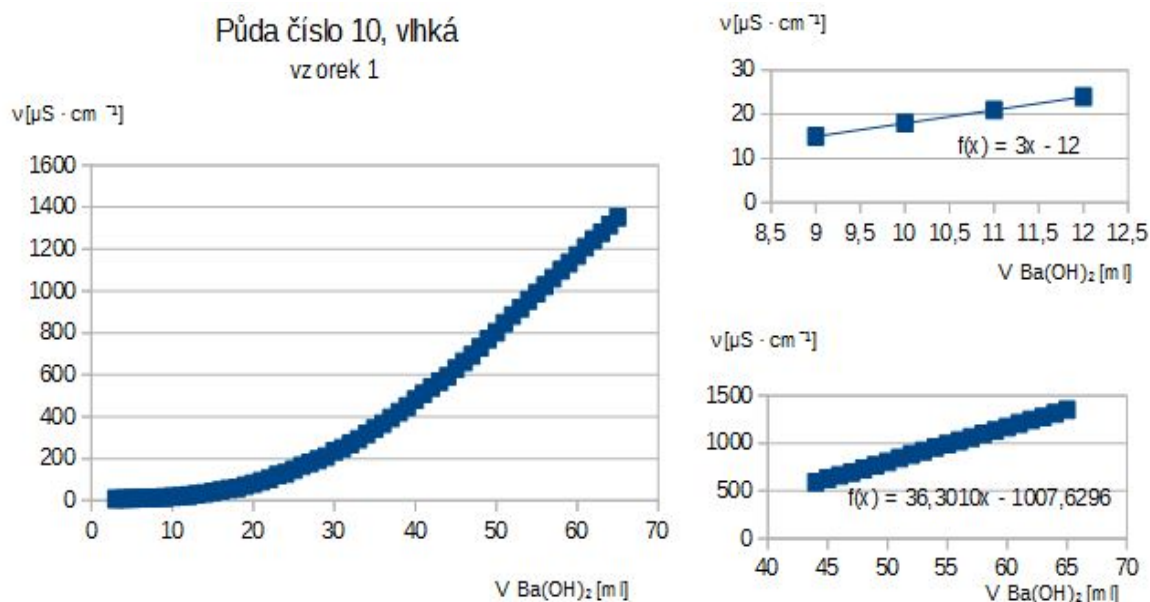
Půda číslo	10
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04193
Navážka [g]	2,929
Obsah sušiny	38,51%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	17
1	11
2	9
3	8
4	8,5
5	10
6	10,5
7	12
8	13
9	15
10	18
11	21
12	24
13	29
14	35
15	41
16	48
17	55,5
18	60
19	71
20	80
21	93
22	104
23	123
24	130
25	146,5
26	165
27	180
28	194,5
29	210
30	235
31	249,5
32	271

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
33	293,5
34	318
35	344
36	367
37	393,5
38	422
39	448,5
40	481,5
41	509
42	539
43	567
44	592
45	629
46	662
47	693
48	731
49	770
50	803
51	846,5
52	883
53	918
54	956
55	990
56	1025
57	1061
58	1099
59	1133,5
60	1169
61	1208
62	1244
63	1278
64	1314
65	1352

Spotřeba [ml]	29,90
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	222,30

Příloha 41: Tabulka - Půda číslo 10, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 42: Graf - Půda číslo 10, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 3 \cdot x - 12$$

$$q: y = 36,3010 \cdot x - 1007,6296$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 3 \cdot x - 12 &= 36,3010 \cdot x - 1007,6296 \\ (-12 + 1007,6296) &= (36,3010 - 3) \cdot x \\ 995,6296 &= 33,3010 \cdot x \\ x &= 29,90 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{29,90 \cdot 0,04193 \cdot 200}{2,929 \cdot 0,3851} = 222,30 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

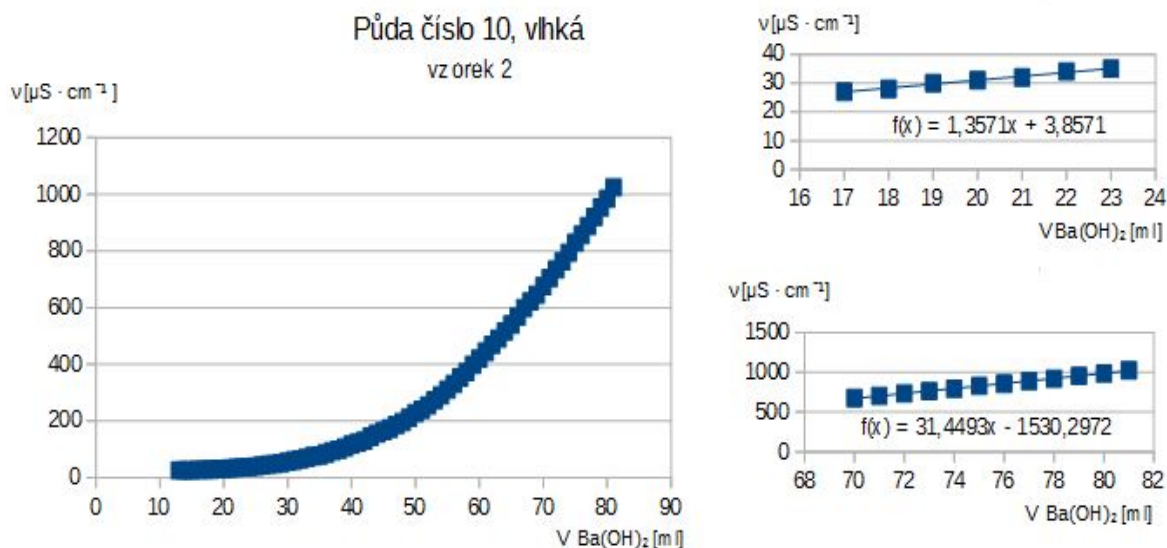
Půda číslo	10
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04193
Navážka [g]	4,946
Obsah sušiny	38,51%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	58
1	52
3	38
5	27
7	23
9	22
11	22
13	25
14	25
15	25,5
16	27
17	27
18	28
19	30
20	31
21	32
22	34
23	35
24	37
25	39
26	42
27	45
28	48
29	51
30	55,5
31	60
32	64
33	69
34	75
35	78
36	85
37	93
38	98
39	106
40	116
41	123
42	130
43	144

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
44	155
45	163
46	173
47	185,5
48	196
49	211
50	227
51	240
52	255
53	273
54	290
55	310
56	330
57	353
58	373
59	398
60	420
61	444
62	468
63	491
64	516
65	540
66	568
67	598,5
68	622
69	646
70	676
71	704
72	734,5
73	763
74	794
75	829,5
76	857
77	888
78	920
79	954
80	984,5
81	1025

Spotřeba [ml]	50,98
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	224,46

Příloha 43: Tabulka - Půda číslo 10, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 44: Graf - Půda číslo 10, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 1,3571 \cdot x + 3,8571$$

$$q: y = 31,4493 \cdot x - 1530,2972$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 1,3571 \cdot x + 3,8571 &= 31,4493 \cdot x - 1530,2972 \\ (3,8571 + 1530,2972) &= (31,4493 - 1,3571) \cdot x \\ 1534,1543 &= 30,0922 \cdot x \\ x &= 50,98 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

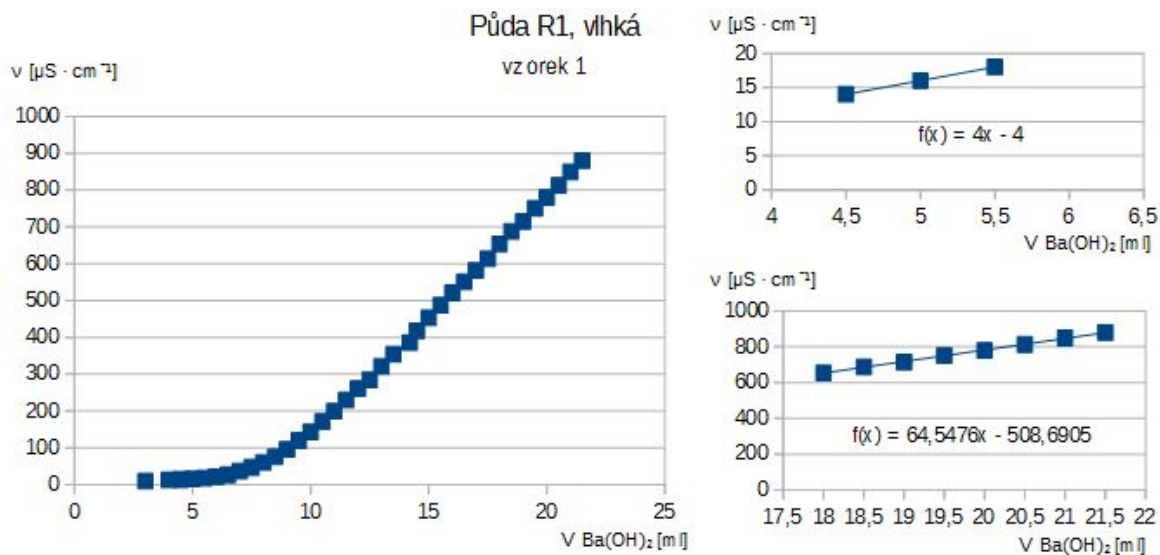
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{50,98 \cdot 0,04193 \cdot 200}{4,946 \cdot 0,3851} = 224,46 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R1
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,036805
Navážka [g]	5,233
Obsah sušiny	72,41%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	24
1	19
2	11
3	10
4	13
4,5	14
5	16
5,5	18
6	22
6,5	27
7	37
7,5	47
8	60
8,5	76
9	96
9,5	120
10	143
10,5	171
11	199,5
11,5	230
12	261
12,5	285
13	321
13,5	354
14	386
14,5	418
15	453
15,5	487
16	521
16,5	551
17	582
17,5	614
18	654
18,5	688
19	715
19,5	750
20	780
20,5	813
21	849
21,5	880

Spotřeba [ml]	8,34
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	16,20

*Příloha 45: Tabulka - Půda R1, bez nafty,
vlhká, vzorek 1*



Příloha 46: Graf - Půda R1, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 4 \cdot x - 4$$

$$q: y = 64,5476 \cdot x - 508,6905$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 4 \cdot x - 4 &= 64,5476 \cdot x - 508,6905 \\ (-4 + 508,6905) &= (64,5476 - 4) \cdot x \\ 504,6905 &= 60,5476 \cdot x \\ x &= 8,34 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

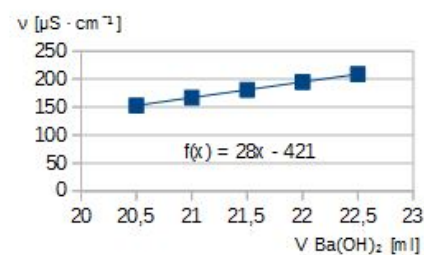
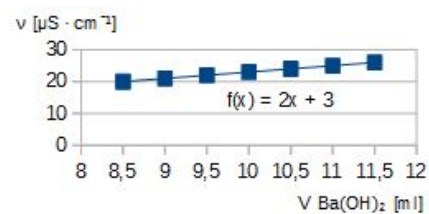
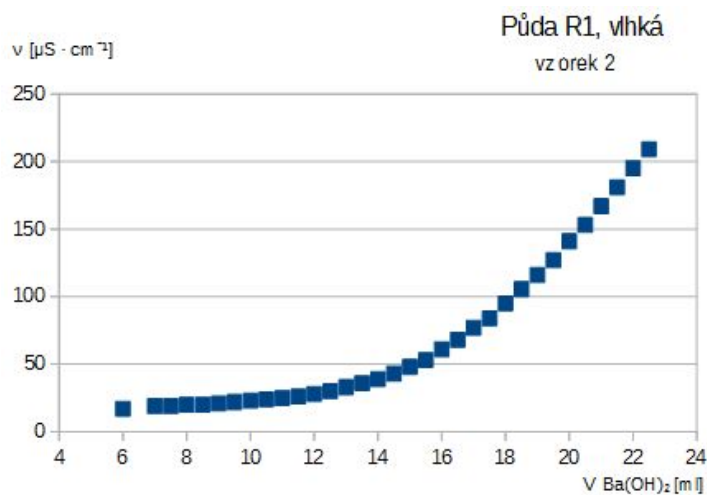
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{8,34 \cdot 0,036805 \cdot 200}{5,233 \cdot 0,7241} = 16,20 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R1
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0184025
Navážka [g]	5,260
Obsah sušiny	72,41%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	48
1	42
2	33
3	24
4	20
5	18
6	17
7	19
7,5	19
8	20
8,5	20
9	21
9,5	22
10	23
10,5	24
11	25
11,5	26
12	28
12,5	30
13	33
13,5	36
14	39
14,5	43
15	48
15,5	53
16	61
16,5	68
17	77
17,5	84
18	95
18,5	105,5
19	116
19,5	127
20	141
20,5	153
21	167
21,5	181
22	195
22,5	209

Spotřeba [ml]	16,31
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	15,76

*Příloha 47: Tabulka - Půda R1, bez nafty,
vlhká, vzorek 2*



Příloha 48: Graf - Půda R1, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 3$$

$$q: y = 28 \cdot x - 421$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$2 \cdot x + 3 = 28 \cdot x - 421$$

$$(3 + 421) = (28 - 2) \cdot x$$

$$424 = 26 \cdot x$$

$$x = 16,31$$

Maximální sorpční kapacita:

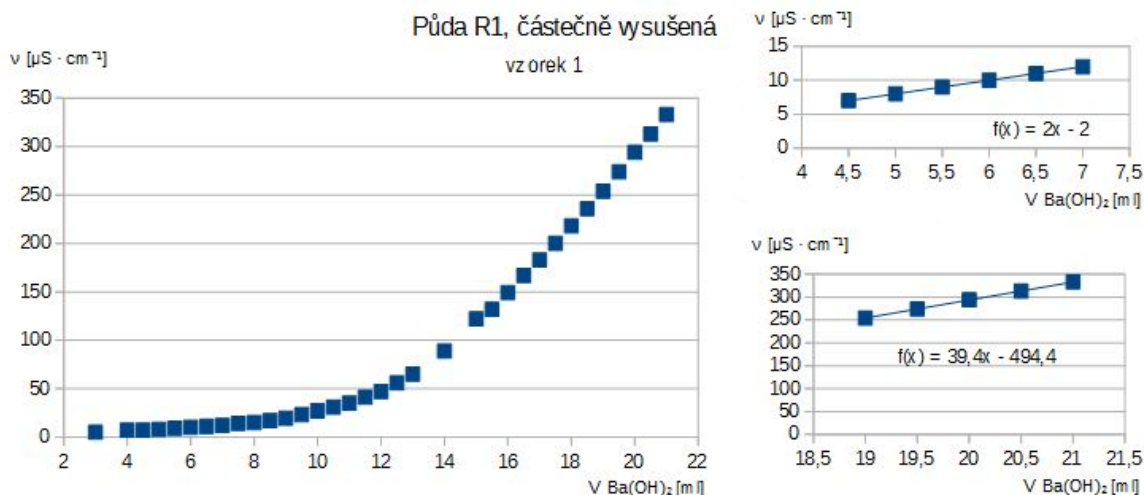
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{16,31 \cdot 0,0184025 \cdot 200}{5,260 \cdot 0,7241} = 15,76 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R1
Vzorek	3
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0184025
Navážka [g]	3,462
Obsah sušiny	88,27%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	11
1	8
2	6
3	5
4	7
4,5	7
5	8
5,5	9
6	10
6,5	11
7	12
7,5	14
8	15
8,5	17
9	19,5
9,5	23
10	27
10,5	31
11	35
11,5	41
12	47
12,5	56
13	65
14	89
15	122
15,5	132
16	149
16,5	167
17	183
17,5	200
18	218
18,5	236
19	254
19,5	274
20	294
20,5	313
21	333

Spotřeba [ml]	13,17
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	15,86

*Příloha 49: Tabulka - Půda R1, bez nafty,
částečně vysušená, vzorek 1*



Příloha 50: Graf - Půda R1, bez nafty, částečně vysušená, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x - 2$$

$$q: y = 39,4 \cdot x - 494,4$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x - 2 &= 39,4 \cdot x - 494,4 \\ (-2 + 494,4) &= (39,4 - 2) \cdot x \\ 492,4 &= 37,4 \cdot x \\ x &= 13,17 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

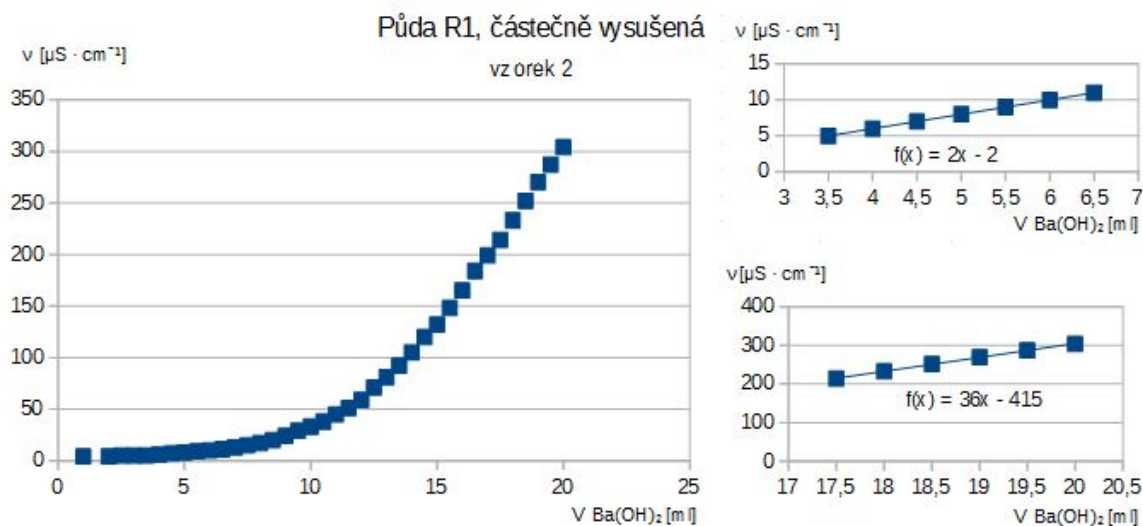
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{13,17 \cdot 0,0184025 \cdot 200}{3,462 \cdot 0,8827} = 15,86 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R1
Vzorek	4
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0184025
Navážka [g]	3,213
Obsah sušiny	88,27%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	6
1	4
2	4
2,5	5
3	5
3,5	5
4	6
4,5	7
5	8
5,5	9
6	10
6,5	11
7	13
7,5	15
8	17
8,5	20
9	24
9,5	29
10	33
10,5	38
11	45
11,5	51
12	59
12,5	71
13	81
13,5	92
14	105
14,5	120
15	132
15,5	148
16	165
16,5	184
17	199
17,5	214
18	233
18,5	252
19	270
19,5	287
20	304

Spotřeba [ml]	12,15
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	15,77

*Příloha 51: Tabulka - Půda R1, bez nafty,
částečně vysušená, vzorek 2*



Příloha 52: Graf - Půda R1, bez nafty, částečně vysušená, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x - 2$$

$$q: y = 36 \cdot x - 415$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x - 2 &= 36 \cdot x - 415 \\ (-2 + 415) &= (36 - 2) \cdot x \\ 413 &= 34 \cdot x \\ x &= 12,15 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

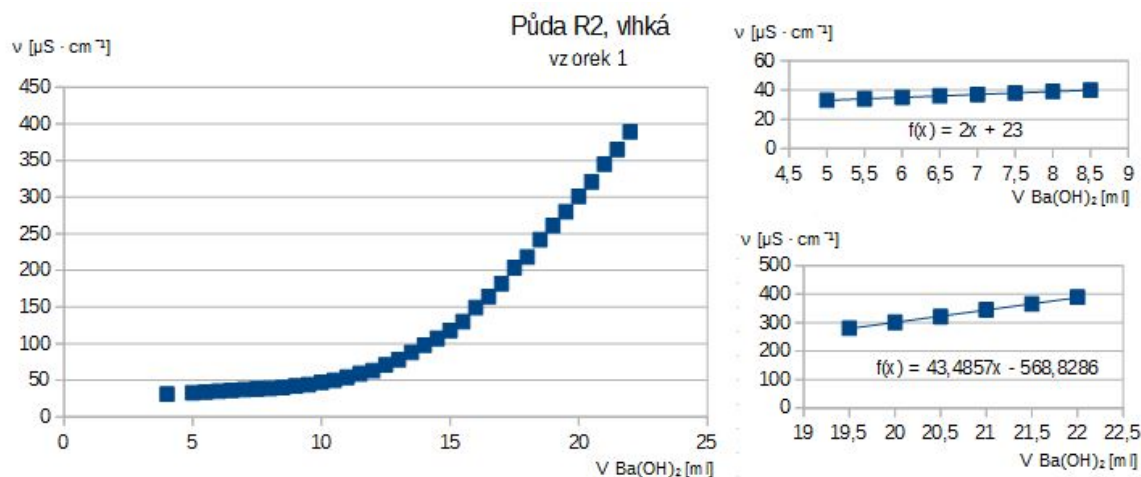
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{12,15 \cdot 0,0184025 \cdot 200}{3,213 \cdot 0,8827} = 15,77 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R2
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,036805
Navážka [g]	4,387
Obsah sušiny	54,87%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	83
1	57
2	41
3	33
4	31
5	33
5,5	34
6	35
6,5	36
7	37
7,5	38
8	39
8,5	40
9	42
9,5	44
10	47
10,5	50
11	54
11,5	59
12	63
12,5	71
13	78
13,5	88
14	98
14,5	107
15	118
15,5	130
16	149
16,5	164
17	182
17,5	203,5
18	218
18,5	242
19	261
19,5	280
20	301
20,5	321
21	345
21,5	365
22	389

Spotřeba [ml]	14,26
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	43,61

*Příloha 53: Tabulka - Půda R2, bez nafty,
vlhká, vzorek 1*



Příloha 54: Graf - Půda R2, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 23$$

$$q: y = 43,4857 \cdot x - 568,8286$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 23 &= 43,4857 \cdot x - 568,8286 \\ (23 + 568,8286) &= (43,4857 - 2) \cdot x \\ 591,8286 &= 41,4857 \cdot x \\ x &= 14,26 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{14,26 \cdot 0,036805 \cdot 200}{4,387 \cdot 0,5487} = 43,61 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

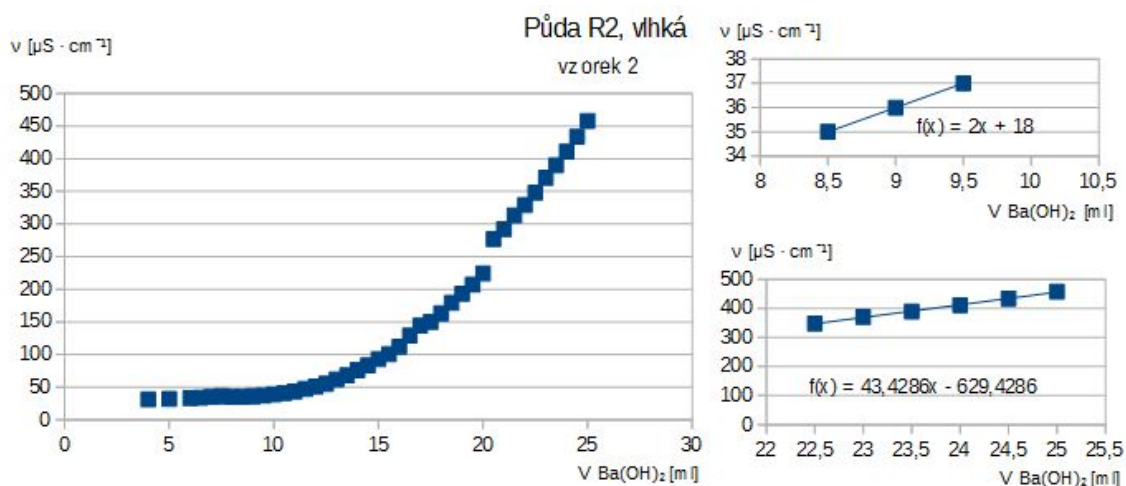
Půda	R2
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,036805
Navážka [g]	4,046
Obsah sušiny	54,87%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	82
1	56
2	42
3	34
4	31
5	32
6	33
6,5	34
7	35
7,5	36
8	35
8,5	35
9	36
9,5	37
10	39
10,5	41
11	43,5
11,5	47
12	51
12,5	55
13	62
13,5	68
14	76

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
14,5	83
15	93
15,5	100,5
16	112
16,5	129
17	144
17,5	150
18	163
18,5	179
19	193
19,5	207
20	224
20,5	277
21	292
21,5	313
22	329
22,5	348
23	371
23,5	390
24	411
24,5	434
25	458

Spotřeba [ml]	15,63
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	51,82

Příloha 55: Tabulka - Půda R2, bez nafty, vlhká, vzorek 2



Příloha 56: Graf - Půda R2, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 18$$

$$q: y = 43,4286 \cdot x - 629,4286$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 18 &= 43,4286 \cdot x - 629,4286 \\ (18 + 629,4286) &= (43,4286 - 2) \cdot x \\ 647,4286 &= 41,4286 \cdot x \\ x &= 15,63 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

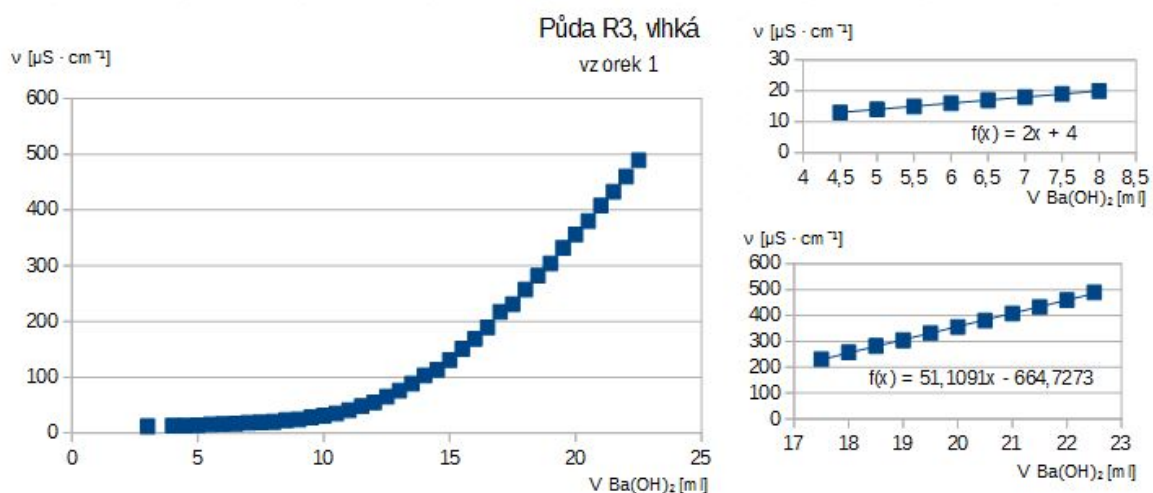
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{15,63 \cdot 0,036805 \cdot 200}{4,046 \cdot 0,5487} = 51,82 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R3
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,036805
Navážka [g]	6,144
Obsah sušiny	70,39%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	32
1	22
2	14
3	12
4	13
4,5	13
5	14
5,5	15
6	16
6,5	17
7	18
7,5	19
8	20
8,5	23
9	24
9,5	28
10	31
10,5	35
11	41
11,5	48
12	55
12,5	65
13	76
13,5	88,5
14	103
14,5	113
15	131
15,5	151
16	169
16,5	189
17	217
17,5	231
18	257
18,5	282
19	304
19,5	332
20	356
20,5	380
21	408
21,5	433
22	460
22,5	489

Spotřeba [ml]	13,62
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	23,18

*Příloha 57: Tabulka - Půda R3, bez nafty,
vlhká, vzorek 1*



Příloha 58: Graf - Půda R3, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 4$$

$$q: y = 51,1091 \cdot x - 664,7273$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 4 &= 51,1091 \cdot x - 664,7273 \\ (4 + 664,7273) &= (51,1091 - 2) \cdot x \\ 668,7273 &= 49,1091 \cdot x \\ x &= 13,62 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

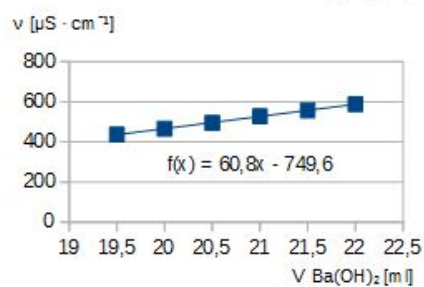
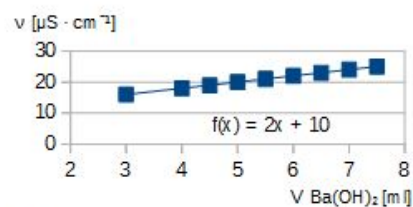
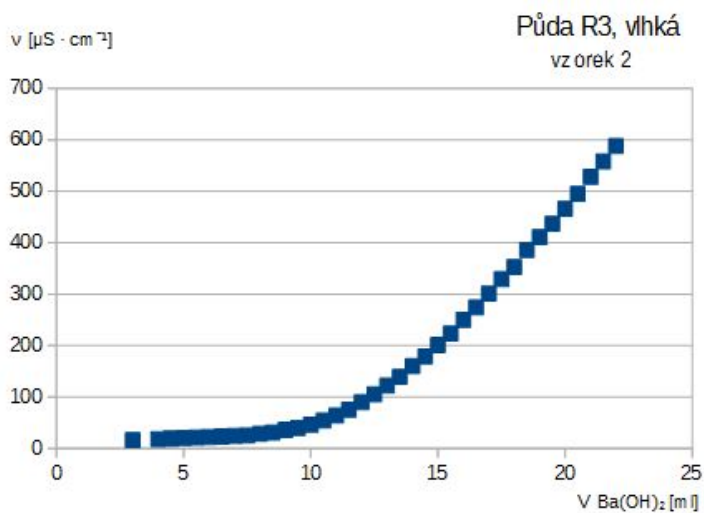
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{13,62 \cdot 0,036805 \cdot 200}{6,144 \cdot 0,7039} = 23,18 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R3
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,036805
Navážka [g]	5,244
Obsah sušiny	70,39%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	43
1	29
2	19
3	16
4	18
4,5	19
5	20
5,5	21
6	22
6,5	23
7	24
7,5	25
8	28
8,5	31
9	36
9,5	40
10	46
10,5	54
11	64
11,5	75
12	90
12,5	105
13	122
13,5	139
14	160
14,5	179
15	201
15,5	223
16	250
16,5	274
17	301
17,5	329
18	353
18,5	386
19	411
19,5	437
20	466
20,5	495
21	528
21,5	558
22	588

Spotřeba [ml]	12,92
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	25,76

*Příloha 59: Tabulka - Půda R3, bez nafty,
vlhká, vzorek 2*



Příloha 60: Graf - Půda R3, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 10$$

$$q: y = 60,8 \cdot x - 749,6$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 10 &= 60,8 \cdot x - 749,6 \\ (10 + 749,6) &= (60,8 - 2) \cdot x \\ 759,6 &= 58,8 \cdot x \\ x &= 12,92 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{12,92 \cdot 0,036805 \cdot 200}{5,244 \cdot 0,7039} = 25,76 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

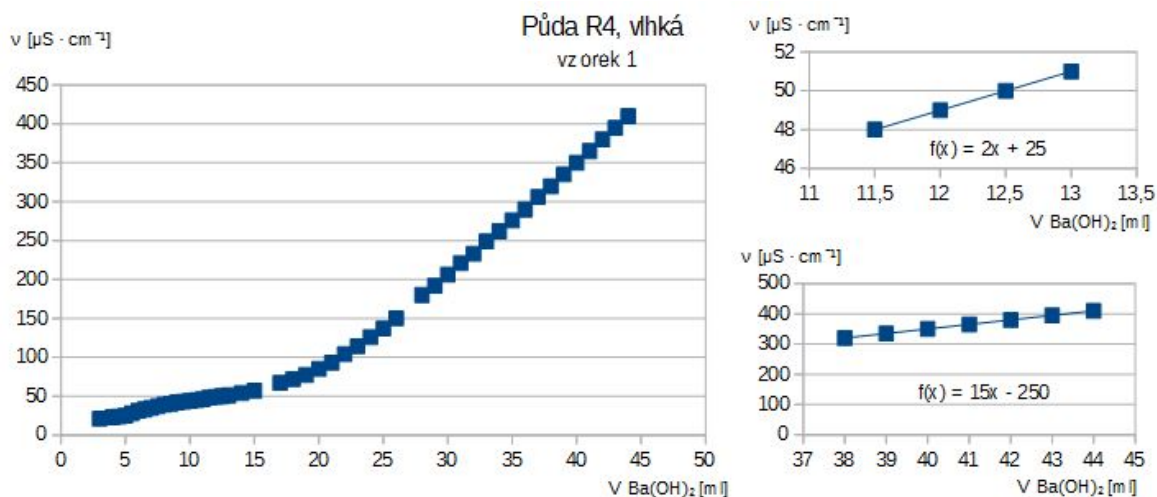
Půda	R4
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,00920125
Navážka [g]	3,137
Obsah sušiny	83,16%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	32
1	26
2	22
3	21
4	23
4,5	24
5	25
5,5	28
6	31
6,5	33
7	35
7,5	37
8	39
8,5	40
9	42
9,5	43
10	44
10,5	45
11	46
11,5	48
12	49
12,5	50
13	51
14	54
15	57
17	67

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
18	72
19	77
20	85
21	93
22	104
23	114
24	126
25	137
26	150
28	180
29	192
30	206
31	221
32	233
33	249
34	262
35	276
36	290
37	306
38	320
39	335
40	350
41	365
42	380
43	395
44	410

Spotřeba [ml]	21,15
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	14,92

Příloha 61: Tabulka - Půda R4, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 62: Graf - Půda R4, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 25$$

$$q: y = 15 \cdot x - 250$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$2 \cdot x + 25 = 15 \cdot x - 250$$

$$(25 + 250) = (15 - 2) \cdot x$$

$$275 = 13 \cdot x$$

$$x = 21,15$$

Maximální sorpční kapacita:

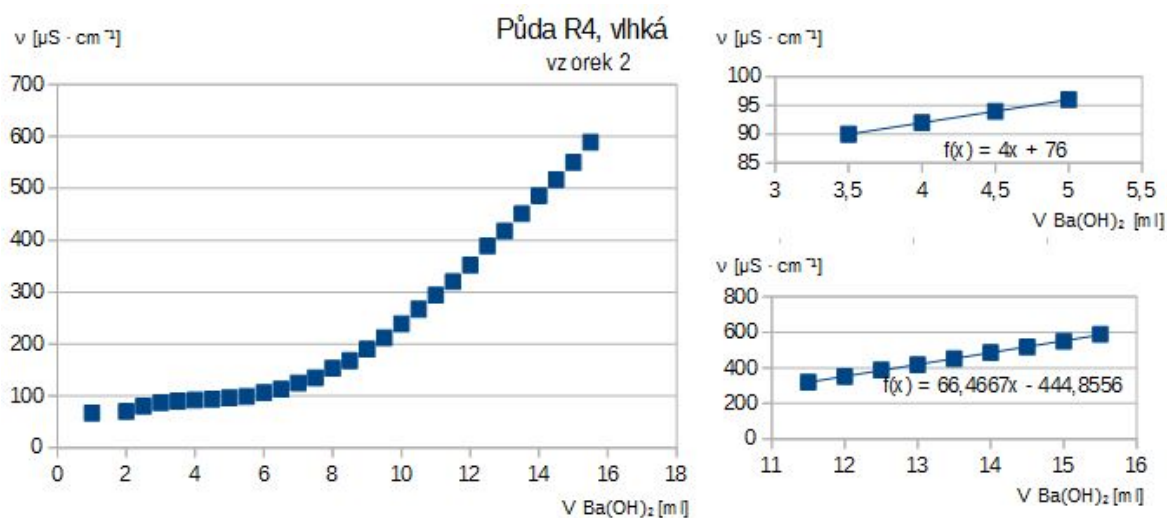
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{21,15 \cdot 0,00920125 \cdot 200}{3,137 \cdot 0,8316} = 14,92 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R4
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,036805
Navážka [g]	3,121
Obsah sušiny	83,16%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	120
1	67
2	70
2,5	80
3	87
3,5	90
4	92
4,5	94
5	96
5,5	99
6	106
6,5	113
7	125
7,5	135
8	153
8,5	168
9	190
9,5	212
10	239
10,5	267
11	294
11,5	320
12	352
12,5	389
13	418
13,5	451
14	486
14,5	517
15	550
15,5	589

Spotřeba [ml]	8,34
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	23,65

*Příloha 63: Tabulka - Půda R4, bez nafty,
vlhká, vzorek 2*



Příloha 64: Graf - Půda R4, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 4 \cdot x + 76$$

$$q: y = 66,4667 \cdot x - 444,8556$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 4 \cdot x + 76 &= 66,4667 \cdot x - 444,8556 \\ (76 + 444,8556) &= (66,4667 - 4) \cdot x \\ 520,8556 &= 62,4667 \cdot x \\ x &= 8,34 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{8,34 \cdot 0,036805 \cdot 200}{3,121 \cdot 0,8316} = 23,65 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

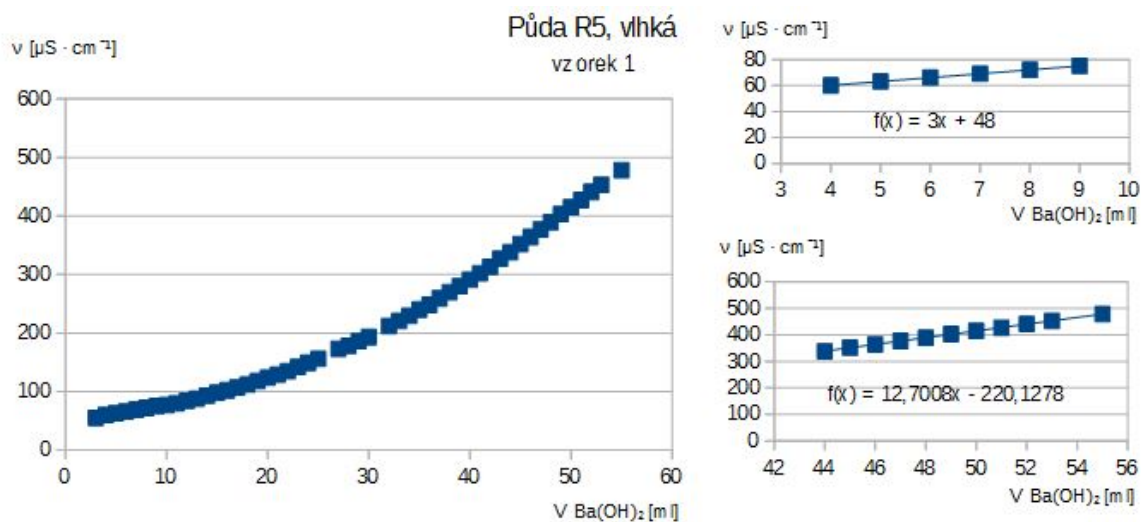
Půda	R5
Vzorek	1
$c \text{ Ba(OH)}_2 [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]$	0,00920125
Navážka [g]	3,222
Obsah sušiny	85,63%

Přídavek Ba(OH)_2 [ml]	Vodivost [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]
0	28
1	38
2	49
3	55
4	60
5	63
6	66
7	69
8	72
9	75
10	77
11	80
12	84
13	88
14	93
15	98
16	102
17	107
18	112
19	118
20	124
21	129
22	135
23	142
24	149
25	156
27	173

Přídavek Ba(OH)_2 [ml]	Vodivost [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]
28	178
29	186
30	193
32	212
33	220,5
34	229,5
35	240
36	248
37	259
38	270
39	280
40	291
41	302
42	313
43	327
44	338
45	352
46	364
47	377
48	389
49	403
50	415
51	427
52	441
53	453
55	478

Spotřeba [ml]	27,63
Kapacita [mval $\cdot 100^{-1}$ g půdy]	18,44

Příloha 65: Tabulka - Půda R5, bez nafty, vlhká, vzorek 1



Příloha 66: Graf - Půda R5, bez nafty, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 3 \cdot x + 48$$

$$q: y = 12,7008 \cdot x - 220,1278$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 3 \cdot x + 48 &= 12,7008 \cdot x - 220,1278 \\ (48 + 220,1278) &= (12,7008 - 3) \cdot x \\ 268,1278 &= 9,7008 \cdot x \\ x &= 27,63 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

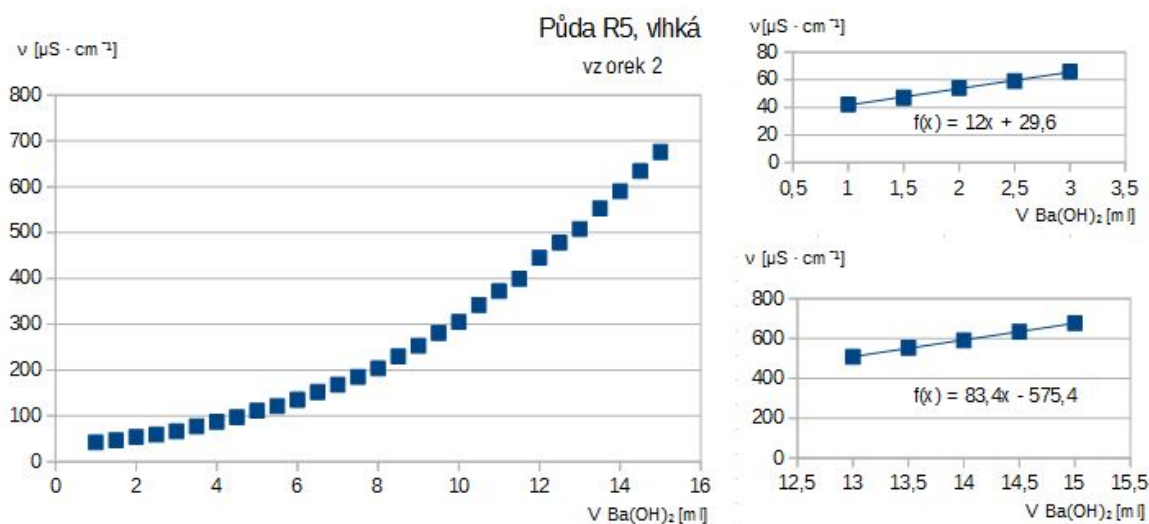
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{27,63 \cdot 0,00920125 \cdot 200}{3,222 \cdot 0,8563} = 18,44 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R5
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,036805
Navážka [g]	3,258
Obsah sušiny	85,63%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	22
1	42
1,5	47
2	54
2,5	59
3	66
3,5	77
4	87
4,5	97
5	111
5,5	121
6	135
6,5	152
7	168
7,5	185
8	204
8,5	230
9	253
9,5	281
10	305
10,5	342
11	372
11,5	399
12	445
12,5	478
13	508
13,5	553
14	590
14,5	634
15	676

Spotřeba [ml]	8,47
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	22,35

*Příloha 67: Tabulka - Půda R5, bez nafty,
vlhká, vzorek 2*



Příloha 68: Graf - Půda R5, bez nafty, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 12 \cdot x + 29,6$$

$$q: y = 83,4 \cdot x - 575,4$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$12 \cdot x + 29,6 = 83,4 \cdot x - 575,4$$

$$(29,6 + 575,4) = (83,4 - 12) \cdot x$$

$$605 = 71,4 \cdot x$$

$$x = 8,47$$

Maximální sorpční kapacita:

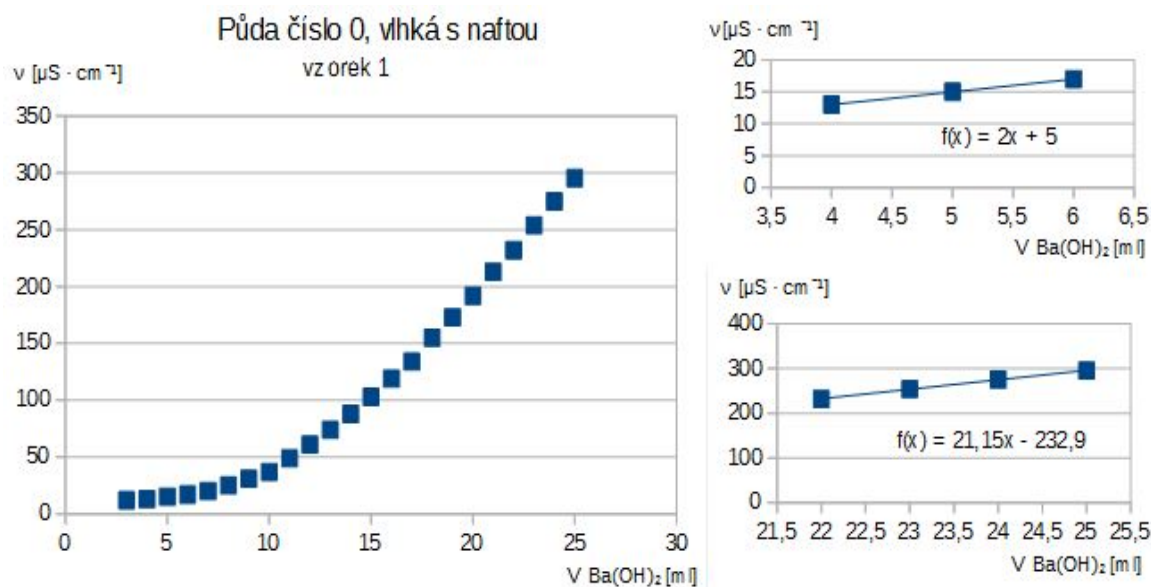
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{8,47 \cdot 0,036805 \cdot 200}{3,258 \cdot 0,8563} = 22,35 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	0
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,01445
Navážka [g]	4,499
Obsah sušiny	99,16%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	28
1	19
2	14
3	12
4	13
5	15
6	17
7	20
8	25
9	31
10	37
11	49
12	61
13	74
14	88
15	103
16	119
17	134
18	155
19	173
20	192
21	213
22	232
23	254
24	275
25	295,5

Spotřeba [ml]	12,42
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	8,05

Příloha 69: Tabulka - Půda číslo 0, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 70: Graf - Půda číslo 0, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 5$$

$$q: y = 21,15 \cdot x - 232,9$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 5 &= 21,15 \cdot x - 232,9 \\ (5 + 232,9) &= (21,15 - 2) \cdot x \\ 237,9 &= 19,15 \cdot x \\ x &= 12,42 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

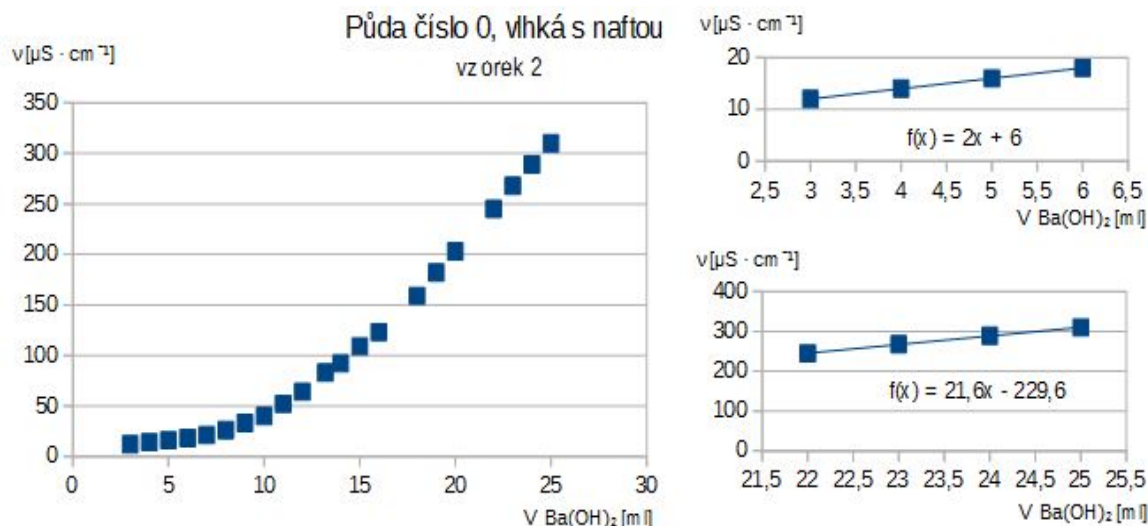
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{12,42 \cdot 0,01445 \cdot 200}{4,499 \cdot 0,9916} = 8,05 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	0
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,01445
Navážka [g]	4,497
Obsah sušiny	99,16%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	28
1	19
2	14
3	12
4	14
5	16
6	18
7	21
8	26
9	33
10	40
11	52
12	64
13	83
14	92
15	109
16	123
18	159
19	182
20	203
22	245
23	268
24	289
25	310

Spotřeba [ml]	12,02
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	7,79

Příloha 71: Tabulka - Půda číslo 0, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 72: Graf - Půda číslo 0, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 6$$

$$q: y = 21,6 \cdot x - 229,6$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 6 &= 21,6 \cdot x - 229,6 \\ (6 + 229,6) &= (21,6 - 2) \cdot x \\ 235,6 &= 19,6 \cdot x \\ x &= 12,02 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{12,02 \cdot 0,01445 \cdot 200}{4,497 \cdot 0,9961} = 7,79 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

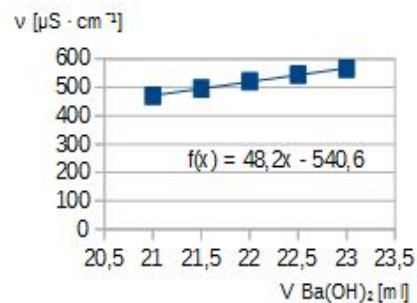
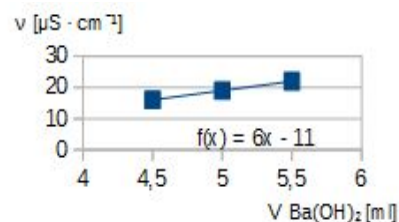
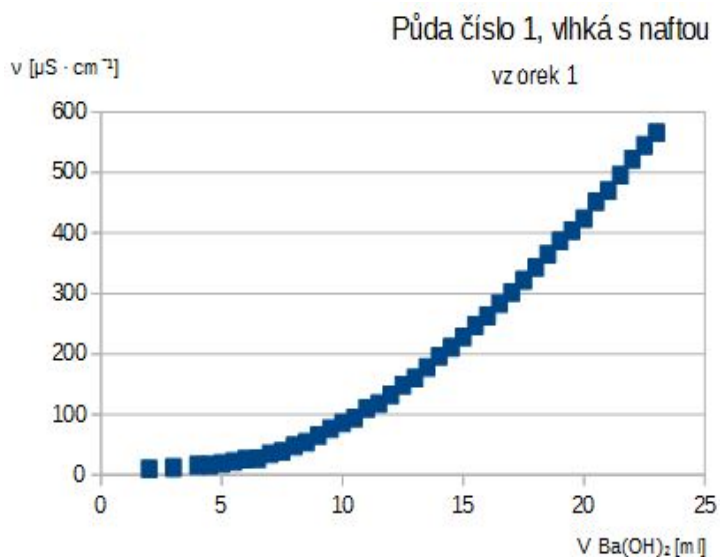
Půda číslo	1
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0289
Navážka [g]	4,046
Obsah sušiny	93,30%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	22
1	12
2	10
3	12
4	16
4,5	16
5	19
5,5	22
6	26
6,5	27
7	35
7,5	39
8	48
8,5	54
9	65
9,5	76,5
10	86
10,5	94
11	110
11,5	118
12	132
12,5	148,5

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
13	160
13,5	178
14	196
14,5	211
15	228
15,5	247
16	263
16,5	283
17	301,5
17,5	322
18	343
18,5	365
19	387
19,5	404
20	424
20,5	452
21	470
21,5	496
22	522
22,5	545
23	566

Spotřeba [ml]	12,55
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	19,22

Příloha 73: Tabulka - Půda číslo 1, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 74: Graf - Půda číslo 1, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 6 \cdot x - 11$$

$$q: y = 48,2 \cdot x - 540,6$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 6 \cdot x - 11 &= 48,2 \cdot x - 540,6 \\ (-11 + 540,6) &= (48,2 - 6) \cdot x \\ 529,6 &= 42,2 \cdot x \\ x &= 12,55 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

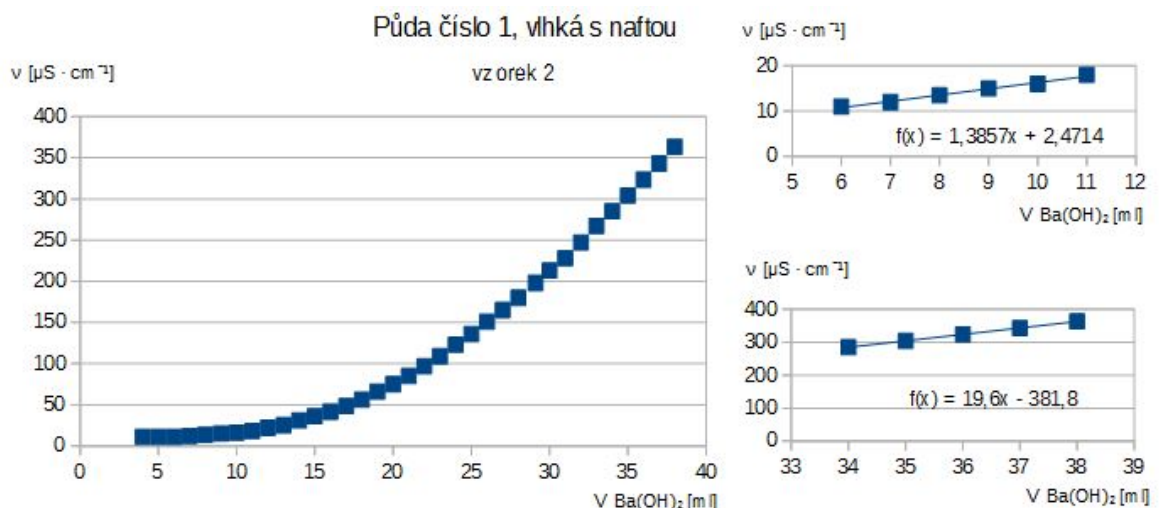
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{12,55 \cdot 0,0289 \cdot 200}{4,046 \cdot 0,9330} = 19,22 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda číslo	1
Vzorek	2
$c \text{ Ba(OH)}_2 [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]$	0,01445
Navážka [g]	4,291
Obsah sušiny	93,30%

Přídavek Ba(OH)_2 [ml]	Vodivost [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]
0	26
1	21
2	16
3	13
4	11
5	11
6	11
7	12
8	13,5
9	15
10	16
11	18
12	22
13	25
14	31
15	36
16	41,5
17	48,5
18	56
19	66
20	75
21	85
22	97
23	109
24	123
25	136
26	151
27	165
28	180
29	198
30	213
31	228
32	247
33	267
34	285
35	304
36	323,5
37	343
38	363,5

Spotřeba [ml]	21,10
Kapacita [mval $\cdot 100^{-1}$ g půdy]	15,23

Příloha 75: Tabulka - Půda číslo 1, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 76: Graf - Půda číslo 1, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 1,3857 \cdot x + 2,4714$$

$$q: y = 19,6 \cdot x - 381,8$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 1,3857 \cdot x + 2,4714 &= 19,6 \cdot x - 381,8 \\ (2,4714 + 381,8) &= (19,6 - 1,3857) \cdot x \\ 384,2714 &= 18,2143 \cdot x \\ x &= 21,10 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{21,10 \cdot 0,01445 \cdot 200}{4,291 \cdot 0,9330} = 15,23 \text{ mval} \cdot 100 g^{-1}$$

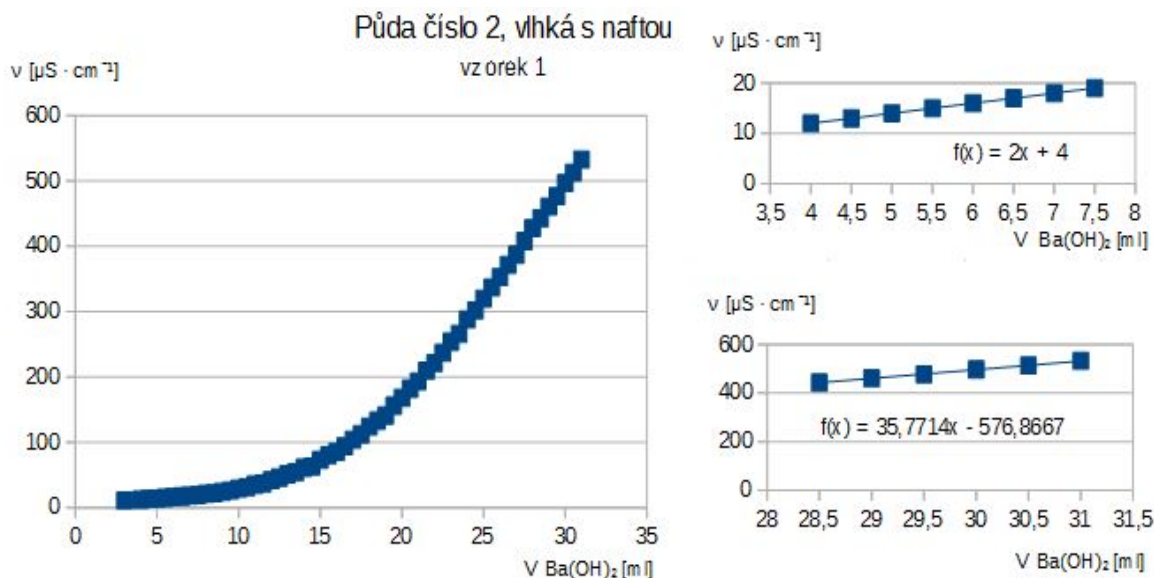
Půda číslo	2
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0289
Navážka [g]	4,216
Obsah sušiny	87,51%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	21
1	16
2	12
3	11
4	12
4,5	13
5	14
5,5	15
6	16
6,5	17
7	18
7,5	19
8	21
8,5	22
9	24
9,5	26
10	29
10,5	31
11	35
11,5	37
12	42
12,5	46
13	51
13,5	54
14	61
14,5	63
15	73
15,5	80
16	85
16,5	94

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
17	104
17,5	112
18	124
18,5	133
19	141
19,5	156
20	168
20,5	182
21	193
21,5	209,5
22	221
22,5	237
23	254
23,5	266
24	288
24,5	302
25	320
25,5	337
26	353
26,5	371,5
27	387
27,5	408
28	428
28,5	443
29	461
29,5	477
30	497
30,5	513
31	533

Spotřeba [ml]	17,20
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	26,95

Příloha 77: Tabulka - Půda číslo 2, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 78: Graf - Půda číslo 2, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 4$$

$$q: y = 35,7714 \cdot x - 576,8667$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 4 &= 35,7714 \cdot x - 576,8667 \\ (4 + 576,8667) &= (35,7714 - 2) \cdot x \\ 580,8667 &= 33,7714 \cdot x \\ x &= 17,20 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{17,20 \cdot 0,0289 \cdot 200}{4,216 \cdot 0,8751} = 26,95 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

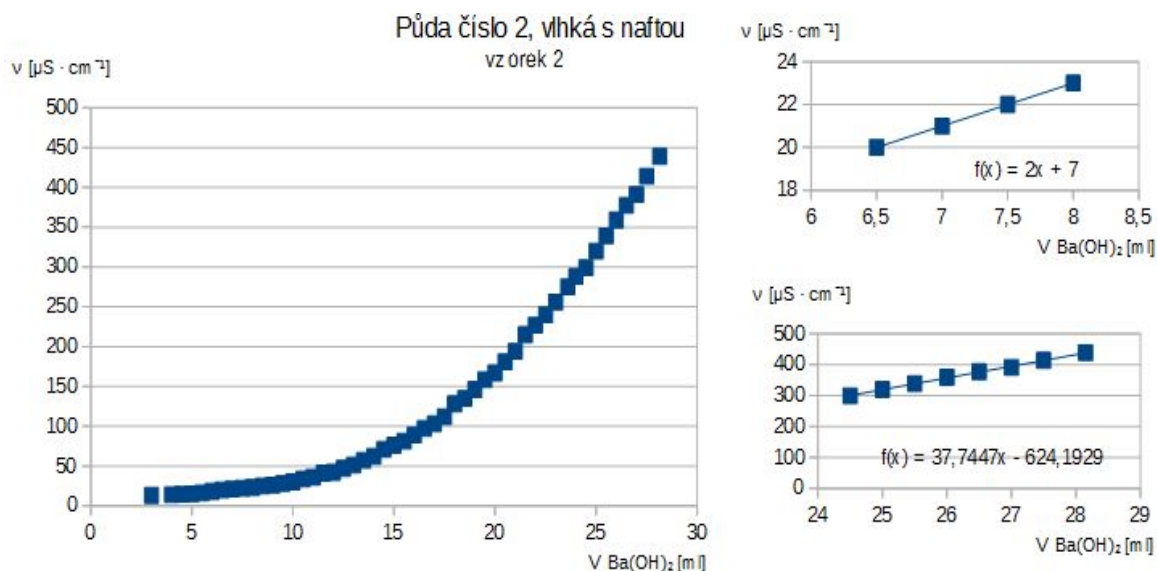
Půda číslo	2
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0289
Navážka [g]	4,313
Obsah sušiny	87,51%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	32
1	21
2	15
3	13
4	14
4,5	14,5
5	15
5,5	16
6	18
6,5	20
7	21
7,5	22
8	23
8,5	25
9	26
9,5	28
10	30
10,5	33,5
11	36
11,5	41
12	42
12,5	47
13	51
13,5	57
14	62
14,5	71
15	76

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
15,5	81
16	89
16,5	97
17	103
17,5	112
18	128
18,5	135
19	146
19,5	158,5
20	167
20,5	181
21	194
21,5	215
22	227
22,5	240
23	256
23,6	275
24	288
24,5	299
25	320
25,5	339
26	359
26,5	377,5
27	391
27,5	414
28	439

Spotřeba [ml]	17,66
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	27,04

Příloha 79: Tabulka - Půda číslo 2, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 80: Graf - Půda číslo 2, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 7$$

$$q: y = 37,7447 \cdot x - 624,1929$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 7 &= 37,7447 \cdot x - 624,1929 \\ (7 + 624,1929) &= (37,7447 - 2) \cdot x \\ 631,1929 &= 35,7447 \cdot x \\ x &= 17,66 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{17,66 \cdot 0,0289 \cdot 200}{4,313 \cdot 0,8751} = 27,04 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

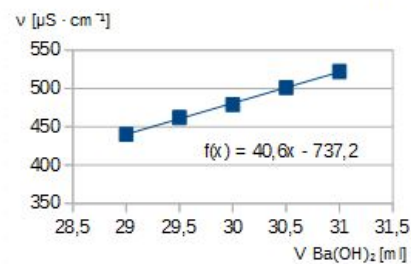
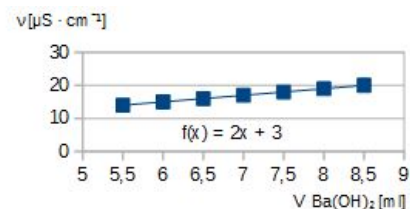
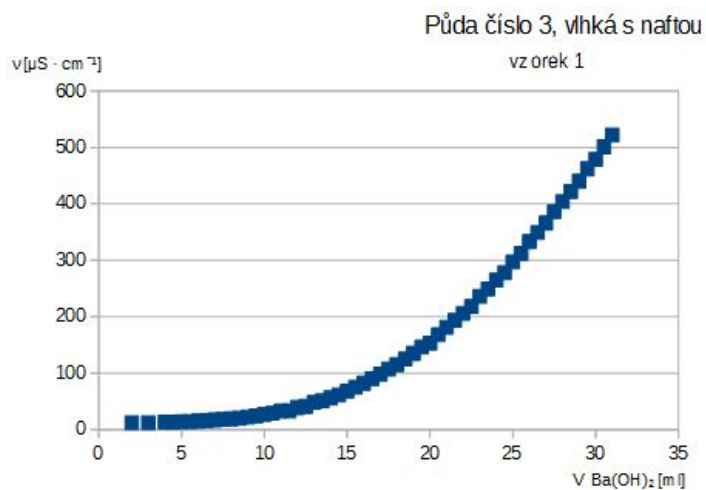
Půda číslo	3
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0289
Navážka [g]	3,455
Obsah sušiny	81,63%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	29
1	18
2	12
3	12
4	13
4,5	13
5	14
5,5	14
6	15
6,5	16
7	17
7,5	18
8	19
8,5	20
9	22
9,5	24
10	27
10,5	29
11	33
11,5	33
12	39
12,5	41
13	48
13,5	51
14	56
14,5	61
15	68
15,5	75
16	82
16,5	90

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
17	98
17,5	107
18	115
18,5	125
19	135
19,5	146
20	153
20,5	168
21	181
21,5	193,5
22	206
22,5	218
23	236
23,5	249
24	265
24,5	278
25	297
25,5	312
26	333
26,5	349
27	366
27,5	386
28	404
28,5	422
29	440
29,5	462
30	479
30,5	501
31	522

Spotřeba [ml]	19,18
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	39,31

Příloha 81: Tabulka - Půda číslo 3, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 82: Graf - Půda číslo 3, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 3$$

$$q: y = 40,6 \cdot x - 737,2$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 3 &= 40,6 \cdot x - 737,2 \\ (3 + 737,2) &= (40,6 - 2) \cdot x \\ 740,2 &= 38,6 \cdot x \\ x &= 19,18 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{19,18 \cdot 0,0289 \cdot 200}{3,455 \cdot 0,8163} = 39,31 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

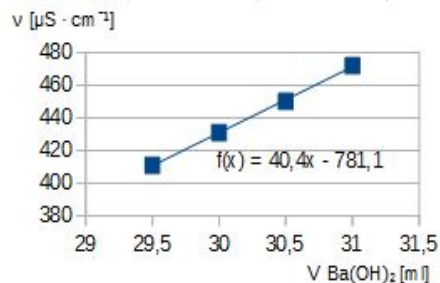
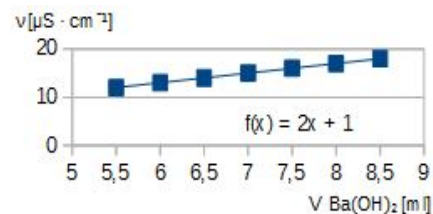
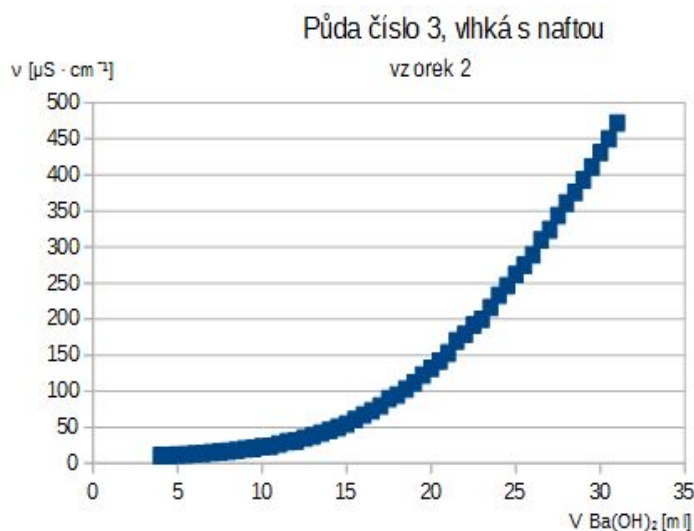
Půda číslo	3
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0289
Navážka [g]	3,576
Obsah sušiny	81,63%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	28
1	18
2	14
3	11
4	11
4,5	11
5	12
5,5	12
6	13
6,5	14
7	15
7,5	16
8	17
8,5	18
9	20
9,5	21
10	23
10,5	24
11	27
11,5	30
12	31
12,5	35
13	38
13,5	42
14	46
14,5	50
15	54,5
15,5	61
16	67
16,5	73

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
17	80
17,5	90
18	95
18,5	103
19	112
19,5	122,5
20	132
20,5	142
21	153
21,5	170
22	179
22,5	192
23	200
23,5	216
24	233
24,5	246,5
25	262
25,5	275
26	289
26,5	310
27	324
27,5	344
28	361
28,5	376
29	393
29,5	411
30	431
30,5	450
31	472

Spotřeba [ml]	20,37
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	40,33

Příloha 83: Tabulka - Půda číslo 3, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 84: Graf - Půda číslo 3, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 1$$

$$q: y = 40,4 \cdot x - 781,1$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 1 &= 40,4 \cdot x - 781,1 \\ (1 + 781,1) &= (40,4 - 2) \cdot x \\ 782,1 &= 38,4 \cdot x \\ x &= 20,37 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{20,37 \cdot 0,0289 \cdot 200}{3,576 \cdot 0,8163} = 40,33 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

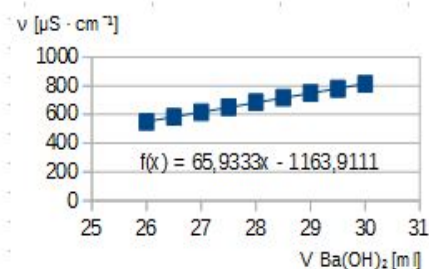
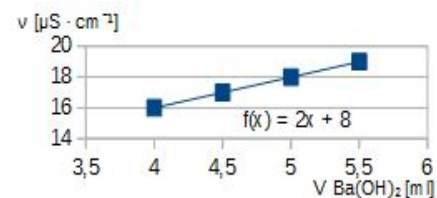
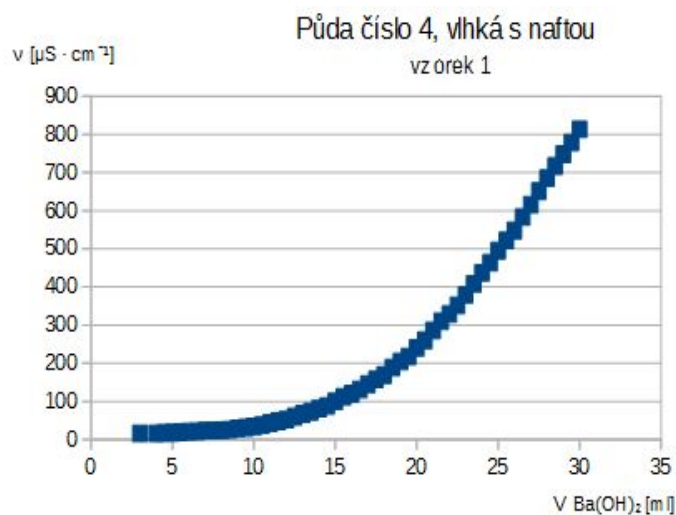
Půda číslo	4
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04943
Navážka [g]	4,075
Obsah sušiny	75,46%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	37
1	26
2	18
3	16
4	16
4,5	17
5	18
5,5	19
6	21
6,5	21
7	23
7,5	23
8	24,5
8,5	26
9	29
9,5	31
10	34
10,5	38
11	43
11,5	48
12	52
12,5	60
13	67
13,5	73
14	81
14,5	88
15	100
15,5	112
16	120

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
16,5	131
17	145
17,5	158
18	169
18,5	189
19	204
19,5	218
20	240
20,5	260
21	286
21,5	310
22	329
22,5	352
23	379
23,5	408
24	437
24,5	463
25	495
25,5	522
26	548
26,5	583
27	616
27,5	651
28	685
28,5	717
29	748
29,5	779
30	813

Spotřeba [ml]	18,33
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	58,93

Příloha 85: Tabulka - Půda číslo 4, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 86: Graf - Půda číslo 4, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 8$$

$$q: y = 65,9333 \cdot x - 1163,9111$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 8 &= 65,9333 \cdot x - 1163,9111 \\ (8 + 1163,9111) &= (65,9333 - 2) \cdot x \\ 1171,9111 &= 63,9333 \cdot x \\ x &= 18,33 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{18,33 \cdot 0,04943 \cdot 200}{4,075 \cdot 0,7546} = 58,93 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

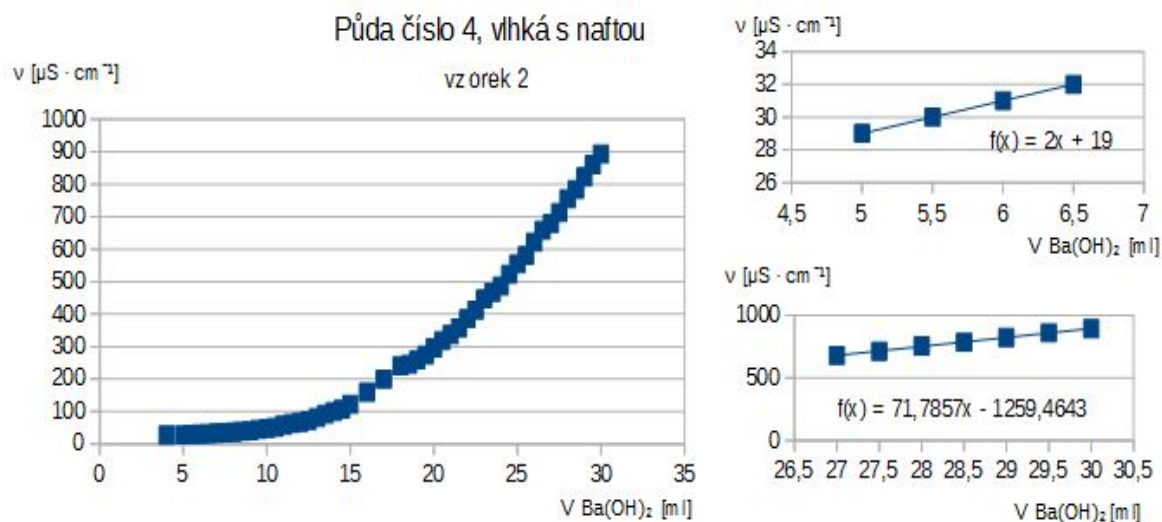
Půda číslo	4
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04943
Navážka [g]	4,105
Obsah sušiny	75,46%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	77
2	35
3	30
4	28
5	29
5,5	30
6	31
6,5	32
7	34
7,5	35
8	37
8,5	39
9	41
9,5	45
10	48,5
10,5	52
11	58
11,5	63
12	67
12,5	73
13	82
13,5	92
14	100
14,5	107
15	123
16	160

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
17	200
18	241
18,5	245
19	259
19,5	274
20	296
20,5	318
21	337
21,5	358
22	386
22,5	412
23	447
23,5	467
24	487
24,5	523
25	555
25,5	580
26	621
26,5	657,5
27	679
27,5	712
28	755
28,5	784
29	822
29,5	860
30	893

Spotřeba [ml]	18,32
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	58,47

Příloha 87: Tabulka - Půda číslo 4, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 88: Graf - Půda číslo 4, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 19$$

$$q: y = 71,7857 \cdot x - 1259,4643$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 19 &= 71,7857 \cdot x - 1259,4643 \\ (19 + 1259,4643) &= (71,7857 - 2) \cdot x \\ 1278,4643 &= 69,7857 \cdot x \\ x &= 18,32 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{18,32 \cdot 0,04943 \cdot 200}{4,105 \cdot 0,7546} = 58,47 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

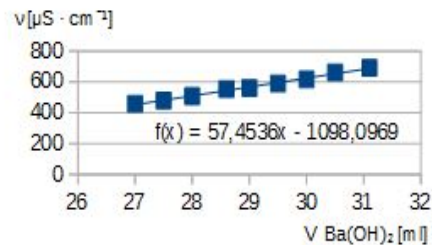
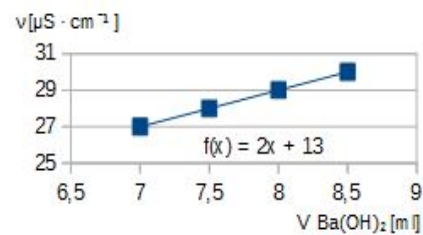
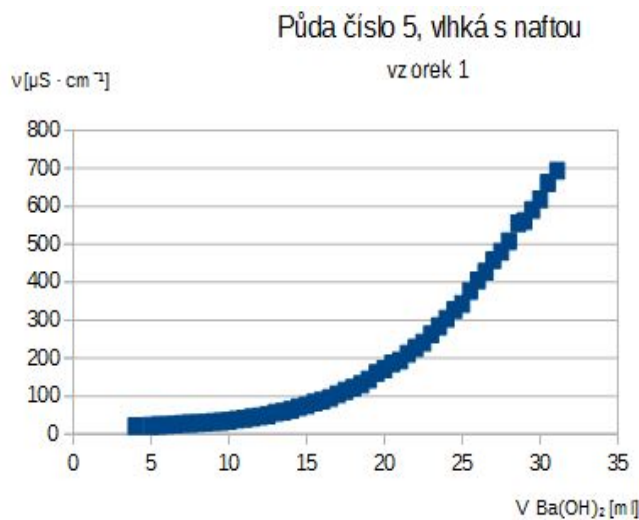
Půda číslo	5
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04943
Navážka [g]	4,071
Obsah sušiny	68,89%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	48
1	38
2	28
3	23
4	21
5	22
5,5	23
6	24
6,5	25
7	27
7,5	28
8	29
8,5	30
9	32
9,5	33
10	35
10,5	38
11	40,5
11,5	44
12	47
12,5	50
13	56
13,5	59
14	64
14,5	71
15	76
15,5	83
16	88
16,5	95

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
17	105
17,5	114
18	122
18,5	131
19	144
19,5	161
20	171
20,5	186
21	194
21,5	212
22	227
22,5	241
23	263
23,5	284
24	304
24,5	327
25	343
25,5	377
26	405
26,5	428
27	458
27,5	480
28	508
28,6	555
29	561
29,5	590
30	618
30,5	661
31	693

Spotřeba [ml]	20,04
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	70,64

Příloha 89: Tabulka - Půda číslo 5, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 90: Graf - Půda číslo 5, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 13$$

$$q: y = 57,4536 \cdot x - 1098,0969$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 13 &= 57,4536 \cdot x - 1098,0969 \\ (13 + 1098,0969) &= (57,4536 - 2) \cdot x \\ 1111,0969 &= 55,4536 \cdot x \\ x &= 20,04 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{20,04 \cdot 0,04943 \cdot 200}{4,071 \cdot 0,6889} = 70,64 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

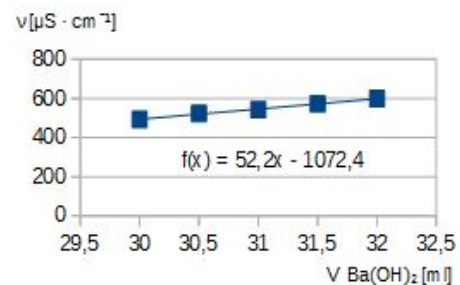
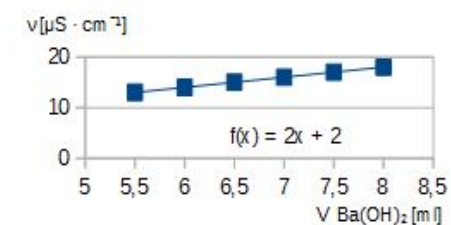
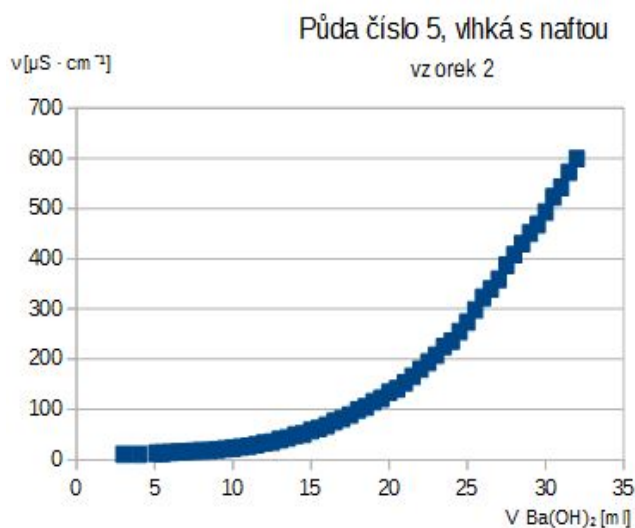
Půda číslo	5
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04943
Navážka [g]	4,086
Obsah sušiny	68,89%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	24
1	17
2	12
3	11
4	11
5	13
5,5	13
6	14
6,5	15
7	16
7,5	17
8	18
8,5	18
9	20
9,5	21,5
10	23
10,5	25
11	27
11,5	30
12	33
12,5	35
13	40
13,5	43
14	49
14,5	51
15	58
15,5	62
16	68
16,5	76
17	82

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
17,5	89
18	99
18,5	105
19	115
19,5	122
20	134
20,5	141
21	153
21,5	166
22	180
22,5	194
23	208
23,5	225
24	236
24,5	255
25	274
25,5	298
26	323
26,5	340
27	359
27,5	387
28	408
28,5	430
29	451
29,5	468
30	493
30,5	523
31	542
31,5	572
32	599

Spotřeba [ml]	21,40
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	75,16

Příloha 91: Tabulka - Půda číslo 5, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 92: Graf - Půda číslo 5, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 2$$

$$q: y = 52,2 \cdot x - 1072,4$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 2 &= 52,2 \cdot x - 1072,4 \\ (2 + 1072,4) &= (52,2 - 2) \cdot x \\ 1074,2 &= 50,2 \cdot x \\ x &= 21,40 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{21,40 \cdot 0,04943 \cdot 200}{4,086 \cdot 0,6889} = 75,16 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

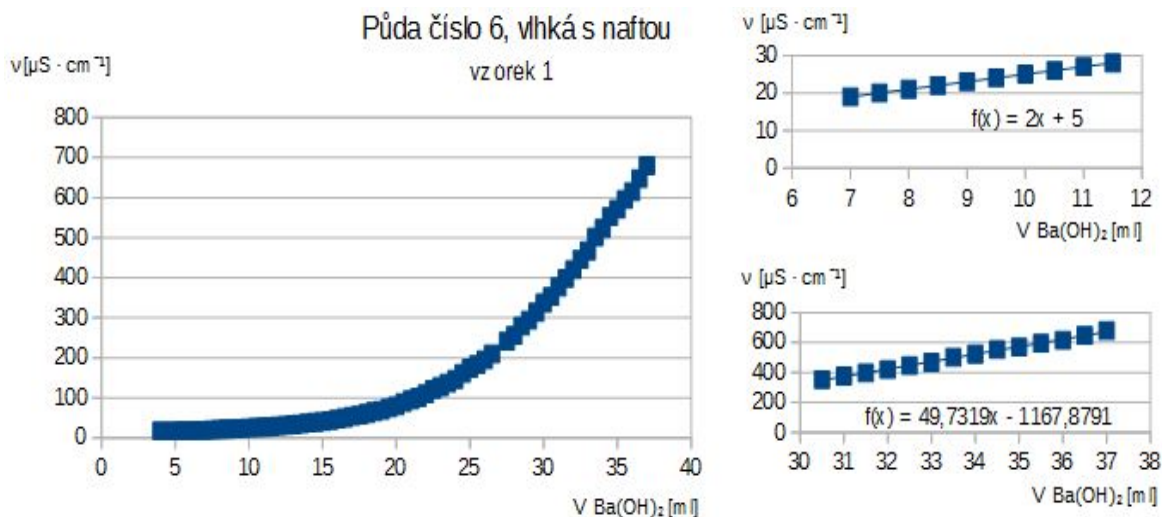
Půda číslo	6
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04943
Navážka [g]	4,052
Obsah sušiny	62,99%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	40
1	34
2	26
3	21
4	18
5	18
5,5	18
6	18
6,5	19
7	19
7,5	20
8	21
8,5	22
9	23
9,5	24
10	25
10,5	26
11	27
11,5	28
12	30
12,5	31
13	33
13,5	35
14	37
14,5	39
15	41
15,5	43
16	47
16,5	50
17	54
17,5	57
18	61
18,5	66
19	69
19,5	75

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
20	80
20,5	88
21	95
21,5	101
22	110
22,5	121
23	128
23,5	137
24	146
24,5	161
25	174
25,5	183
26	195
26,5	210
27,5	242
28	256
28,5	279
29	294
29,5	314
30	337
30,5	353
31	377
31,5	398
32	420
32,5	446
33	467
33,5	502
34	523
34,5	553
35	571
35,5	595
36	615
36,5	648
37	680

Spotřeba [ml]	24,57
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	95,17

Příloha 93: Tabulka - Půda číslo 6, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 94: Graf - Půda číslo 6, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 5$$

$$q: y = 49,7319 \cdot x - 1167,8791$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 5 &= 49,7319 \cdot x - 1167,8791 \\ (5 + 1167,8791) &= (49,7319 - 2) \cdot x \\ 1172,8791 &= 47,7319 \cdot x \\ x &= 24,57 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{24,57 \cdot 0,04943 \cdot 200}{4,052 \cdot 0,6299} = 95,17 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

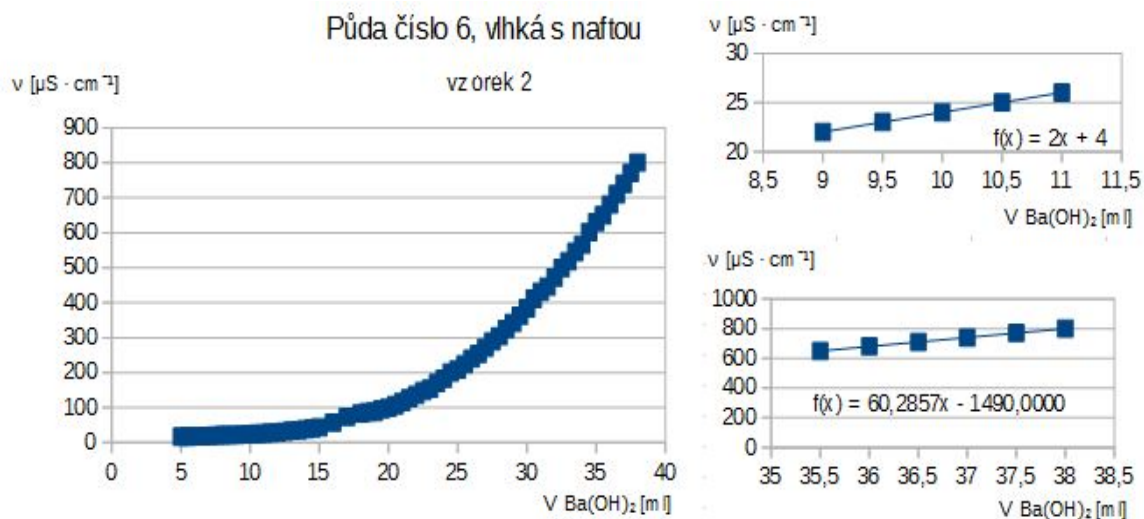
Půda číslo	6
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04943
Navážka [g]	4,111
Obsah sušiny	62,99%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	42
2	22
3	19
4	17,5
5	17
5,5	17
6	18
6,5	18
7	19
7,5	20
8	21
8,5	22
9	22
9,5	23
10	24
10,5	25
11	26
11,5	28
12	29
12,5	31
13	34
13,5	35
14	38
14,5	41
15	44
16	57
17	73
18	83,5
18,5	87
19	88
19,5	95
20	99
20,5	107
21	116

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
21,5	127
22	136
22,5	147
23	154
23,5	170
24	183
24,5	200
25	209
25,5	224
26	240
26,5	254
27	271
27,5	289
28	304
28,5	325
29	342
29,5	363
30	384
30,5	411
31	431
31,5	446
32	472
32,5	499
33	518
33,5	545
34	566
34,5	602
35	630
35,5	650
36	681
36,5	710
37	740
37,5	771
38	801

Spotřeba [ml]	25,63
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	97,85

Příloha 95: Tabulka - Půda číslo 6, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 96: Graf - Půda číslo 6, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 4$$

$$q: y = 60,2857 \cdot x - 1490$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 4 &= 60,2857 \cdot x - 1490 \\ (4 + 1490) &= (60,2857 - 2) \cdot x \\ 1494 &= 58,2857 \cdot x \\ x &= 25,63 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{25,63 \cdot 0,04943 \cdot 200}{4,111 \cdot 0,6299} = 97,85 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

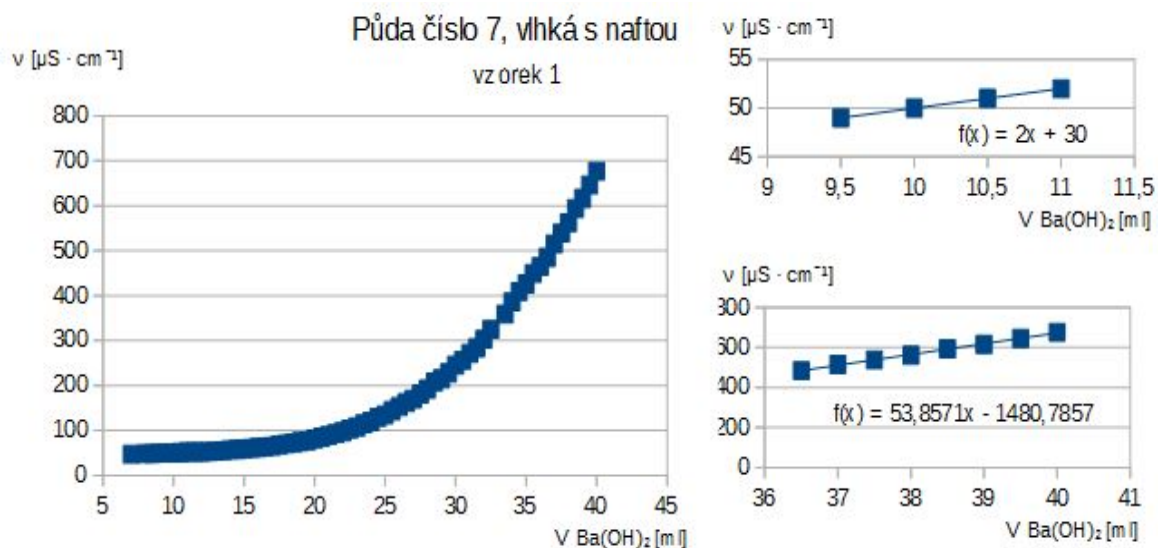
Půda číslo	7
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04943
Navážka [g]	4,068
Obsah sušiny	57,14%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	134
1	114
2	88
3	68
4	58
5	51
6	49
7	47
8	48
8,5	48,5
9	49
9,5	49
10	50
10,5	51
11	52
11,5	52
12	52
12,5	53
13	54
13,5	55
14	57
14,5	57,5
15	59
15,5	60
16	62
16,5	64
17	65
17,5	68
18	70
18,5	72
19	75
19,5	77
20	81
20,5	85
21	89
21,5	93

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
22	97
22,5	103
23	108
23,5	115
24	120
24,5	129
25	135
25,5	144
26	153
26,5	162
27	170
27,5	181
28	192
28,5	208
29	215
29,5	228
30	245
30,5	256
31	271
31,5	284
32	303
32,5	325
33,5	359
34	386
34,5	409
35	426
35,5	449
36	465
36,5	485
37	515
37,5	539
38	562
38,5	594
39	616
39,5	646
40	677

Spotřeba [ml]	29,13
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	123,89

Příloha 97: Tabulka - Půda číslo 7, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 98: Graf - Půda číslo 7, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 30$$

$$q: y = 53,8571 \cdot x - 1480,7857$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 30 &= 53,8571 \cdot x - 1480,7857 \\ (30 + 1480,7857) &= (53,8571 - 2) \cdot x \\ 1510,7857 &= 51,8571 \cdot x \\ x &= 29,13 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{29,13 \cdot 0,04943 \cdot 200}{4,068 \cdot 0,5714} = 123,89 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

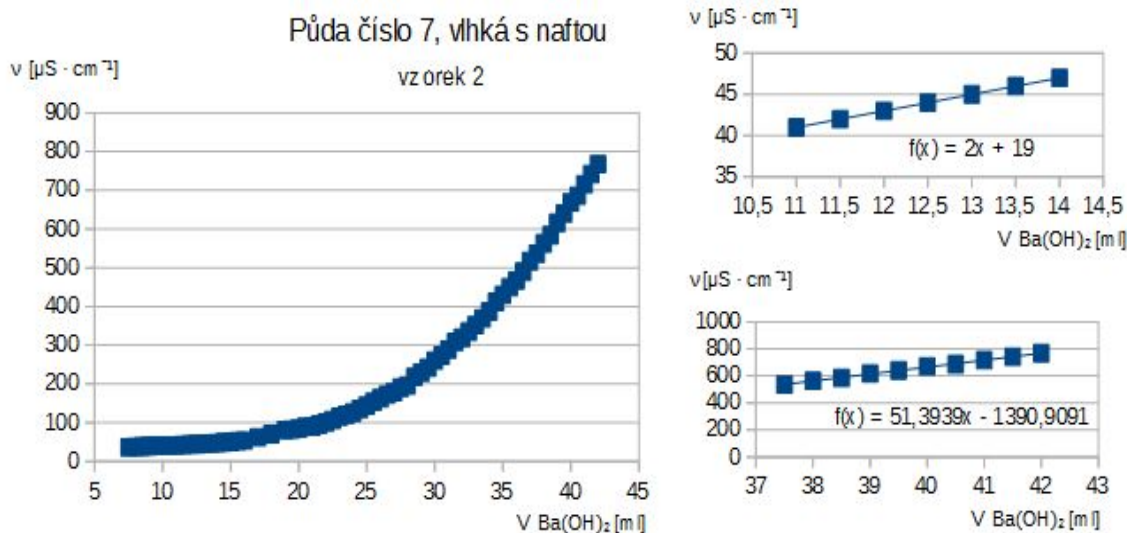
Půda číslo	7
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,04943
Navážka [g]	4,092
Obsah sušiny	57,14%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
6	37
7	37
7,5	36
8	37
8,5	38
9	39
9,5	40
10	40
10,5	41
11	41
11,5	42
12	43
12,5	44
13	45
13,5	46
14	47
14,5	49
15	50
15,5	52
16	53
17	62
18	70
19	81
19,5	82
20	84
20,5	89
21	89
21,5	95
22	100
22,5	107
23	115
23,5	120
24	126
24,5	135
25	144

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
25,5	154
26	163
26,5	172,5
27	178,5
27,5	190
28	196
28,5	218
29	229
29,5	242
30	260
30,5	273
31	289
31,5	308
32	319
32,5	335
33	352
33,5	369
34	387
34,5	412
35	430
35,5	450
36	467
36,5	490
37	517
37,5	536
38	563
38,5	584
39	616
39,5	640
40	669
40,5	686
41	716
41,5	742
42	768

Spotřeba [ml]	28,54
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	120,67

Příloha 99: Tabulka - Půda číslo 7, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 100: Graf - Půda číslo 7, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 19$$

$$q: y = 51,3939 \cdot x - 1390,9091$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 19 &= 51,3939 \cdot x - 1390,9091 \\ (19 + 1390,9091) &= (51,3939 - 2) \cdot x \\ 1409,9091 &= 49,3939 \cdot x \\ x &= 28,54 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{28,54 \cdot 0,04943 \cdot 200}{4,092 \cdot 0,5714} = 120,67 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

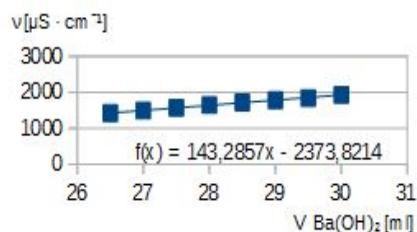
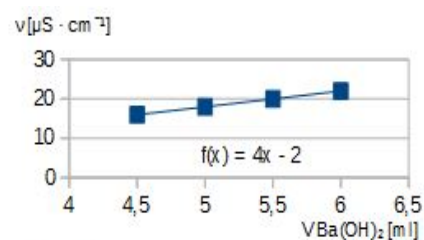
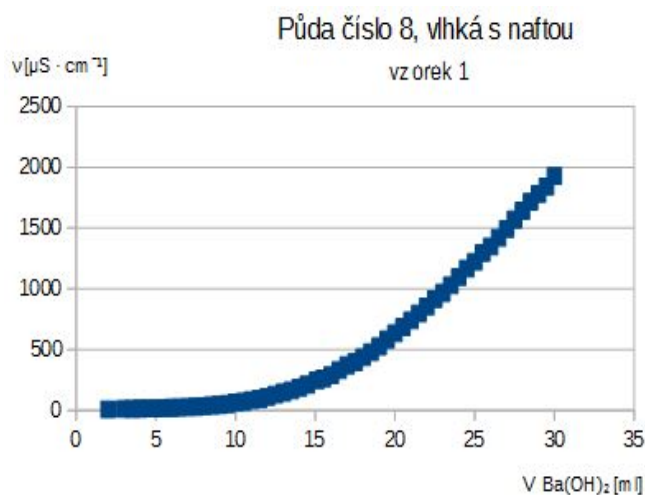
Půda číslo	8
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,09886
Navážka [g]	4,072
Obsah sušiny	50,91%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	23
1	12
2	10
3	12
3,5	13
4	15
4,5	16
5	18
5,5	20
6	22
6,5	25
7	28
7,5	30
8	36
8,5	41
9	46
9,5	53
10	65
10,5	72
11	86
11,5	95
12	112
12,5	130
13	148
13,5	164
14	188
14,5	212
15	248
15,5	262

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
16	291
16,5	332
17	371
17,5	398
18	437
18,5	480
19	527
19,5	583
20	634
20,5	686
21	740
21,5	797
22	855
22,5	917
23	967
23,5	1029
24	1097
24,5	1167
25	1222
25,5	1295
26	1348
26,5	1420
27	1492
27,5	1570
28	1642
28,5	1717
29	1780
29,5	1842
30	1929

Spotřeba [ml]	17,03
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	162,43

Příloha 101: Tabulka - Půda číslo 8, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 102: Graf - Půda číslo 8, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 4 \cdot x - 2$$

$$q: y = 143,2857 \cdot x - 2373,8214$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 4 \cdot x - 2 &= 143,2857 \cdot x - 2373,8214 \\ (-2 + 2373,8214) &= (143,2857 - 4) \cdot x \\ 2371,8214 &= 139,2857 \cdot x \\ x &= 17,03 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{17,03 \cdot 0,09886 \cdot 200}{4,072 \cdot 0,5091} = 162,43 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

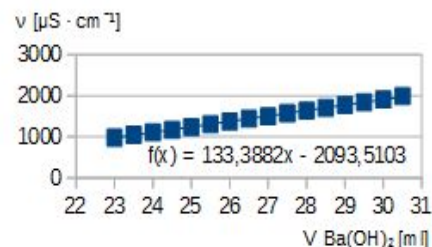
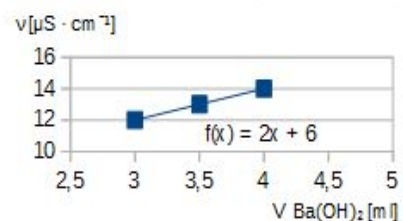
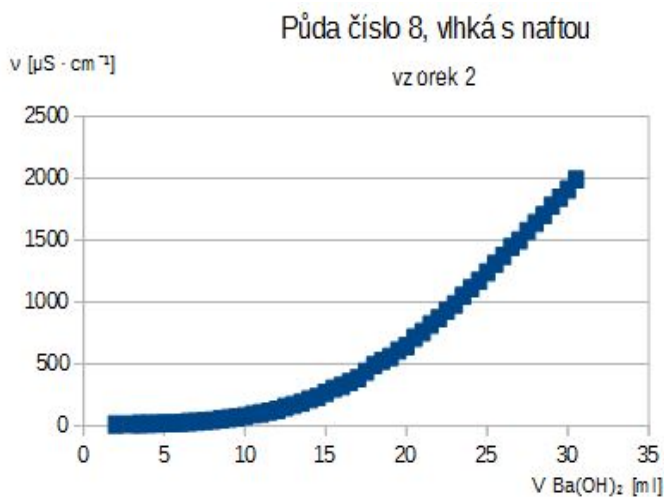
Půda číslo	8
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,09886
Navážka [g]	4,052
Obsah sušiny	50,91%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	21
1	11
2	10
3	12
3,5	13
4	14
4,5	16
5	18
5,5	20
6	22
6,5	28
7	30,5
7,5	37
8	42
8,5	51
9	59
9,5	66
10	77
10,5	90
11	101
11,5	115
12	127
12,5	150
13	166
13,5	186
14	213
14,5	231
15	265
15,5	300
16	320

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
16,5	353
17	384
17,5	437
18	488
18,5	524
19	555
19,5	607
20	643
20,5	710
21	756
21,5	816
22	867
22,5	928
23	980
23,5	1049
24	1111
24,5	1170
25	1238
25,5	1308
26	1371
26,5	1444
27	1497
27,5	1572
28	1637
28,5	1701
29	1777
29,5	1841
30	1908
30,5	1990

Spotřeba [ml]	15,98
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	153,16

Příloha 103: Tabulka - Půda číslo 8, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 104: Graf - Půda číslo 8, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 6$$

$$q: y = 133,3882 \cdot x - 2093,5103$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 6 &= 133,3882 \cdot x - 2093,5103 \\ (6 + 2093,5103) &= (133,3882 - 2) \cdot x \\ 2099,5103 &= 131,3882 \cdot x \\ x &= 15,98 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{15,98 \cdot 0,09886 \cdot 200}{4,052 \cdot 0,5091} = 153,16 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

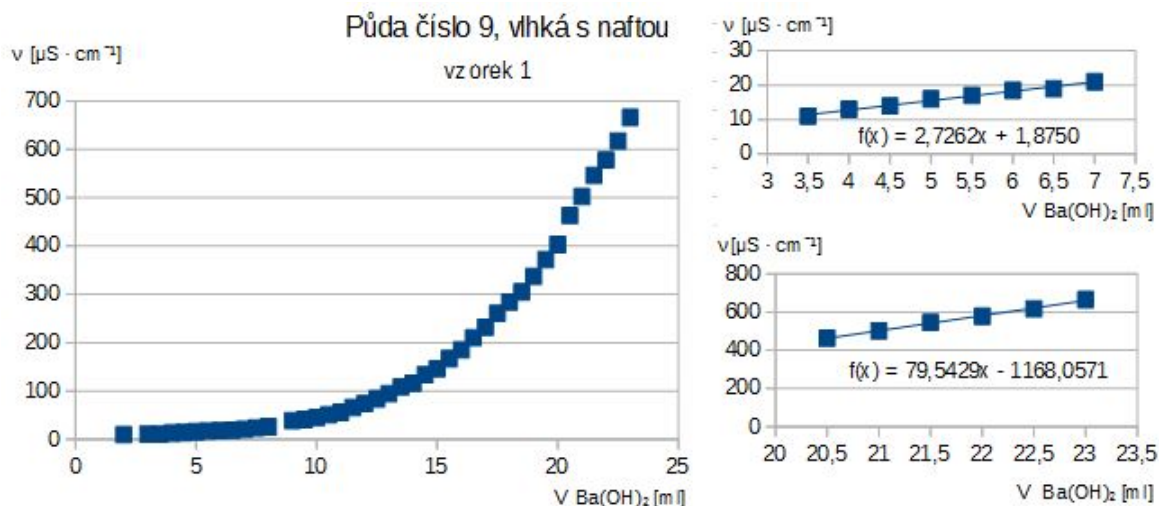
Půda číslo	9
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,09886
Navážka [g]	4,143
Obsah sušiny	44,44%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	23
1	13
2	10
3	11
3,5	11
4	13
4,5	14
5	16
5,5	17
6	18,5
6,5	19
7	21
7,5	24
8	26
9	39
9,5	41
10	45
10,5	51
11	56
11,5	66
12	74
12,5	84

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
13	95
13,5	108,5
14	116
14,5	134
15	146
15,5	167
16	185
16,5	210
17	232
17,5	261
18	284
18,5	305
19	337
19,5	372
20	403
20,5	463
21	502
21,5	546
22	578
22,5	617
23	666

Spotřeba [ml]	15,23
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	163,55

Příloha 105: Tabulka - Půda číslo 9, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 106: Graf - Půda číslo 9, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2,7262 \cdot x + 1,8750$$

$$q: y = 79,5429 \cdot x - 1168,0571$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2,7262 \cdot x + 1,8750 &= 79,5429 \cdot x - 1168,0571 \\ (1,8750 + 1168,0571) &= (79,5429 - 2,7262) \cdot x \\ 1169,9321 &= 76,8167 \cdot x \\ x &= 15,23 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{15,23 \cdot 0,09886 \cdot 200}{4,143 \cdot 0,4444} = 163,55 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

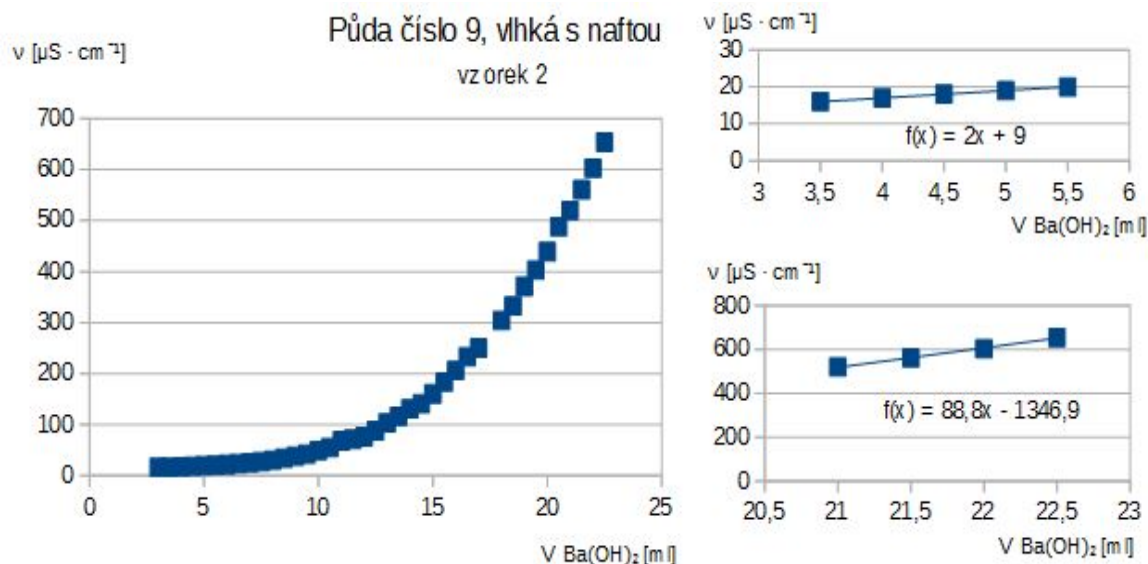
Půda číslo	9
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,09886
Navážka [g]	4,035
Obsah sušiny	44,44%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	38
1	26
2	17
3	16
3,5	16
4	17
4,5	18
5	19
5,5	20
6	21,5
6,5	23
7	25
7,5	27
8	30
8,5	34
9	38
9,5	42
10	49
10,5	55
11	68
11,5	71

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
12	76
12,5	88
13	103
13,5	116
14	131
14,5	141
15	160
15,5	183
16	206
16,5	233
17	250
18	304
18,5	333
19	371
19,5	403
20	439
20,5	488
21	520
21,5	561
22	603
22,5	654

Spotřeba [ml]	15,62
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	172,23

Příloha 107: Tabulka - Půda číslo 9, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 108: Graf - Půda číslo 9, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 9$$

$$q: y = 88,8 \cdot x - 1346,9$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 9 &= 88,8 \cdot x - 1346,9 \\ (9 + 1346,9) &= (88,8 - 2) \cdot x \\ 1355,9 &= 86,8 \cdot x \\ x &= 15,62 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{15,62 \cdot 0,09886 \cdot 200}{4,035 \cdot 0,4444} = 172,23 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

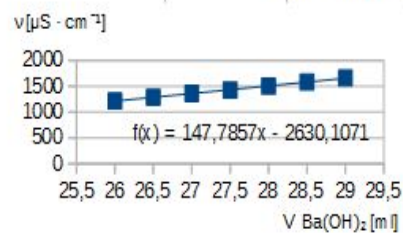
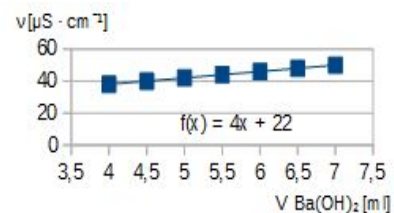
Půda číslo	10
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,09886
Navážka [g]	4,020
Obsah sušiny	38,51%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	102
1	51
2	38
3	39
3,5	38
4	38
4,5	40
5	42
5,5	44
6	46
6,5	48
7	50
7,5	53
8	56
8,5	60
9	63
9,5	67
10	76
10,5	82
11	89
11,5	99
12	110
12,5	121
13	135
13,5	145
14	162
14,5	177
15	197
15,5	212

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
16	235
16,5	268
17	292
17,5	316
18	343
18,5	388
19	416
19,5	461
20	498
20,5	555
21	584
21,5	641
22	689
22,5	739
23	802
23,5	862
24	924
24,5	999
25	1051
25,5	1123
26	1215
26,5	1288
27	1361
27,5	1428
28	1503
28,5	1581
29	1662
29,5	1731

Spotřeba [ml]	18,44
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	235,51

Příloha 109: Tabulka - Půda číslo 10, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 110: Graf - Půda číslo 10, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 4 \cdot x + 22$$

$$q: y = 147,7857 \cdot x - 2630,1071$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 4 \cdot x + 22 &= 147,7857 \cdot x - 2630,1071 \\ (22 + 2630,1071) &= (147,7857 - 4) \cdot x \\ 2652,1071 &= 143,7857 \cdot x \\ x &= 18,44 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{18,44 \cdot 0,09886 \cdot 200}{4,020 \cdot 0,3851} = 235,51 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

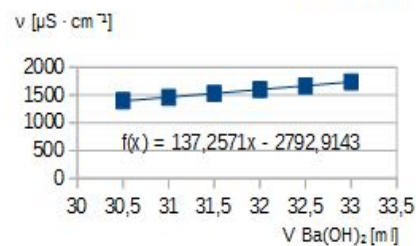
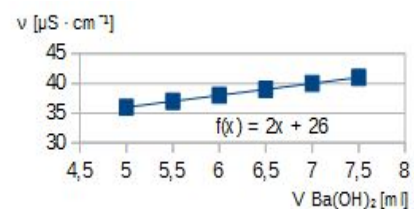
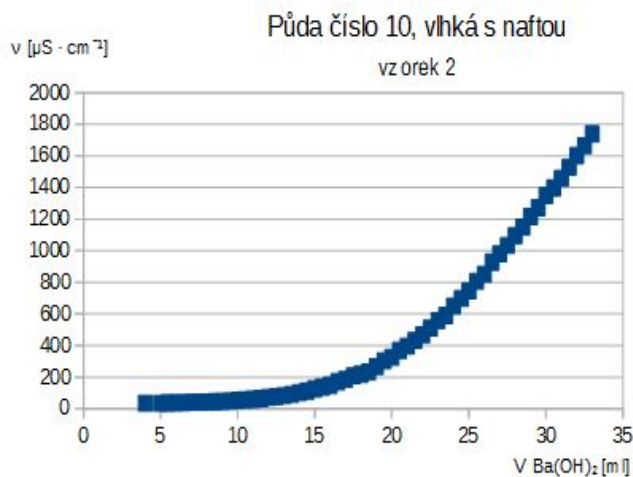
Půda číslo	10
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,09886
Navážka [g]	4,056
Obsah sušiny	38,51%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	100
1	73
2	49
3	38
4	36
5	36
5,5	37
6	38
6,5	39
7	40
7,5	41
8	43
8,5	45
9	46
9,5	50
10	53
10,5	57
11	59
11,5	65
12	71
12,5	77
13	83
13,5	90
14	102
14,5	112
15	125,5
15,5	137,5
16	148
16,5	171
17	187
17,5	208

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
18	218
18,5	233
19	268
19,5	303
20	325
20,5	369
21	396
21,5	433
22	468
22,5	510
23	558
23,5	590
24	651
24,5	698
25	746
25,5	806
26	851
26,5	928
27	981
27,5	1033
28	1096
28,5	1150
29	1216
29,5	1272
30	1349
30,5	1398
31	1457
31,5	1529
32	1602
32,5	1665
33	1739

Spotřeba [ml]	20,84
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	263,80

Příloha 111: Tabulka - Půda číslo 10, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 112: Graf - Půda číslo 10, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x + 26$$

$$q: y = 137,2571 \cdot x - 2792,9143$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 26 &= 137,2571 \cdot x - 2792,9143 \\ (26 + 2792,9143) &= (137,2571 - 2) \cdot x \\ 2818,9143 &= 135,2571 \cdot x \\ x &= 20,84 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

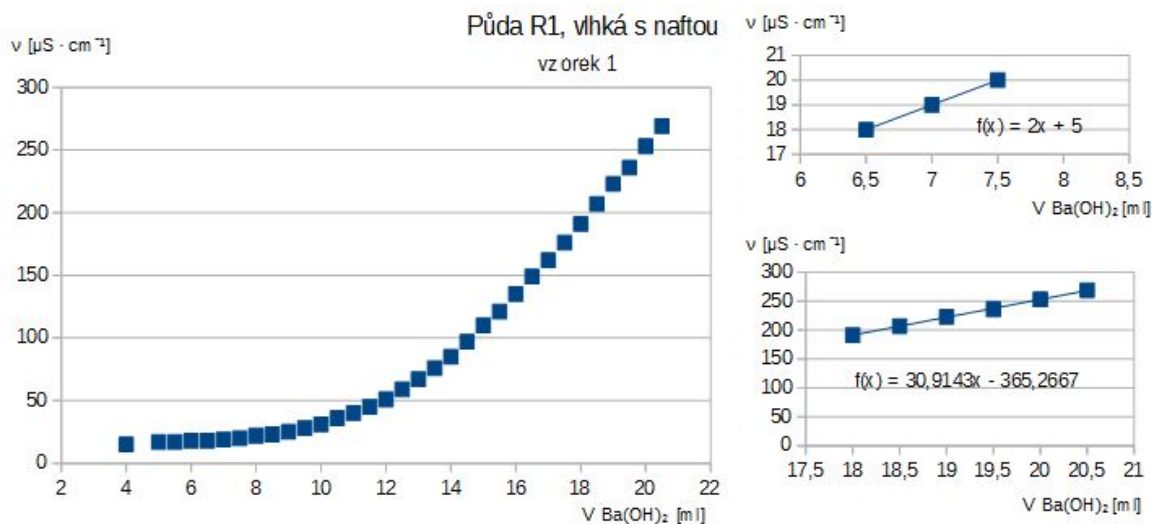
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{20,84 \cdot 0,09886 \cdot 200}{4,056 \cdot 0,3851} = 263,80 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R1
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0184025
Navážka [g]	3,610
Obsah sušiny	87,02%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	41
1	34
2	24
3	17
4	15
5	17
5,5	17
6	18
6,5	18
7	19
7,5	20
8	22
8,5	23
9	25
9,5	28
10	31
10,5	36
11	40
11,5	45
12	51
12,5	59
13	67
13,5	76
14	85
14,5	97
15	110
15,5	121
16	135
16,5	149
17	162
17,5	176
18	191
18,5	207
19	223
19,5	236
20	253
20,5	269

Spotřeba [ml]	12,81
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	15,01

*Příloha 113: Tabulka – Půda R1, s naftou,
vlhká, vzorek 1*



Příloha 114: Graf - Půda R1, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 5$$

$$q: y = 30,9143 \cdot x - 365,2667$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 5 &= 30,9143 \cdot x - 365,2667 \\ (5 + 365,2667) &= (30,9143 - 2) \cdot x \\ 370,2667 &= 28,9143 \cdot x \\ x &= 12,81 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{12,81 \cdot 0,0184025 \cdot 200}{3,610 \cdot 0,8702} = 15,01 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

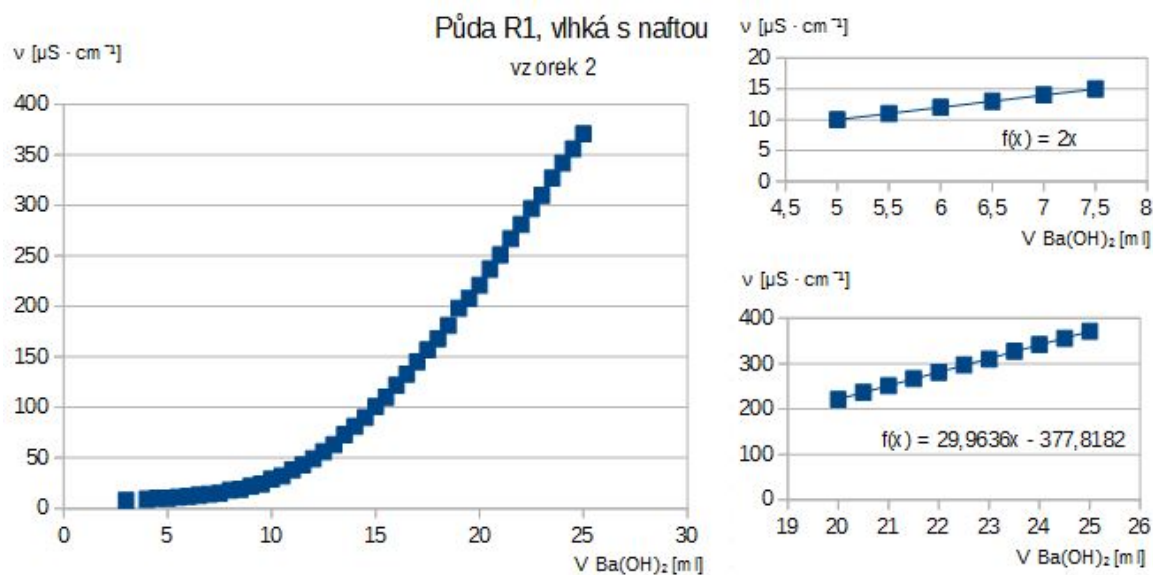
Půda	R1
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0184025
Navážka [g]	3,790
Obsah sušiny	87,02%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	18
1	13
2	8
3	8
4	9
4,5	10
5	10
5,5	11
6	12
6,5	13
7	14
7,5	15
8	18
8,5	19
9	22
9,5	24
10	29
10,5	32
11	38
11,5	43
12	49
12,5	56
13	63
13,5	73

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
14	81
14,5	90
15	101
15,5	110
16	122
16,5	133
17	145
17,5	157
18	168
18,5	181
19	198
19,5	208
20	221
20,5	237
21	251
21,5	267
22	281
22,5	297
23	310
23,5	327
24	342
24,5	356
25	371

Spotřeba [ml]	13,51
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	15,08

Příloha 115: Tabulka - Půda R1, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 116: Graf - Půda R1, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x$$

$$q: y = 29,9636 \cdot x - 377,8182$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímek):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x &= 29,9636 \cdot x - 377,8182 \\ 377,8182 &= (29,9636 - 2) \cdot x \\ 377,8182 &= 27,9636 \cdot x \\ x &= 13,51 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{13,51 \cdot 0,0184025 \cdot 200}{3,790 \cdot 0,8702} = 15,08 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

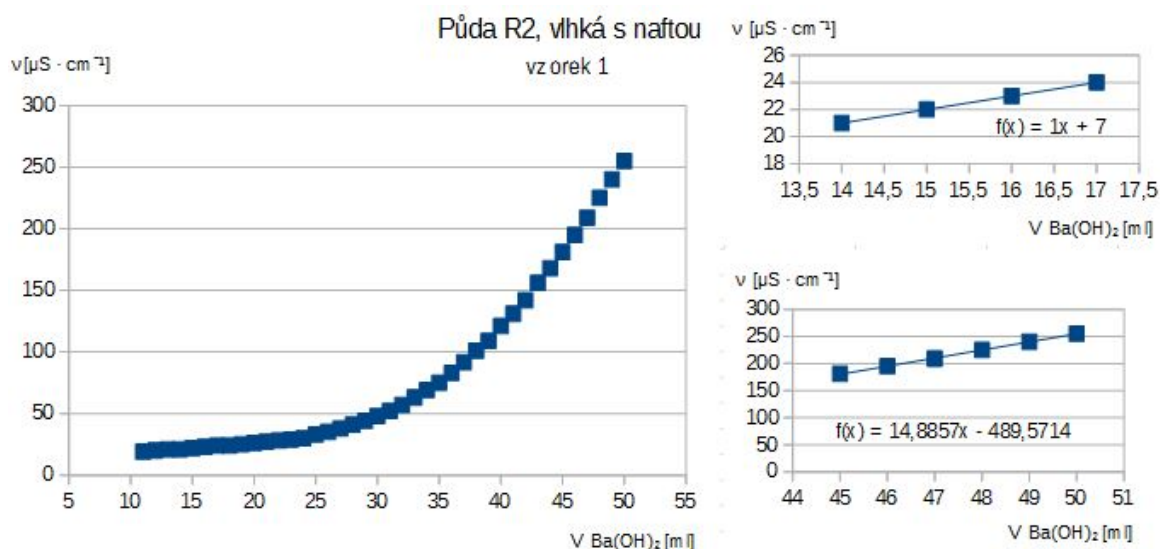
Půda	R2
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0184025
Navážka [g]	3,147
Obsah sušiny	78,25%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	52
1	48
2	43
4	31
6	24
7	23
8	21
9	20
10	19
11	19
12	20
13	21
14	21
15	22
16	23
17	24
18	24
19	25
20	26
21	27
22	28
23	29
24	30
25	33
26	35

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
27	38
28	41
29	44
30	48
31	52
32	57
33	63
34	69
35	75
36	83
37	91,5
38	101
39	109
40	121
41	131
42	142
43	156
44	168
45	181
46	195
47	209
48	225
49	240
50	255

Spotřeba [ml]	35,76
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	53,45

Příloha 117: Tabulka - Půda R2, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 118: Graf - Půda R2, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 1 \cdot x + 7$$

$$q: y = 14,8857 \cdot x - 489,5714$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 1 \cdot x + 7 &= 14,8857 \cdot x - 489,5714 \\ (7 + 489,5714) &= (14,8857 - 1) \cdot x \\ 496,5714 &= 13,8857 \cdot x \\ x &= 35,76 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

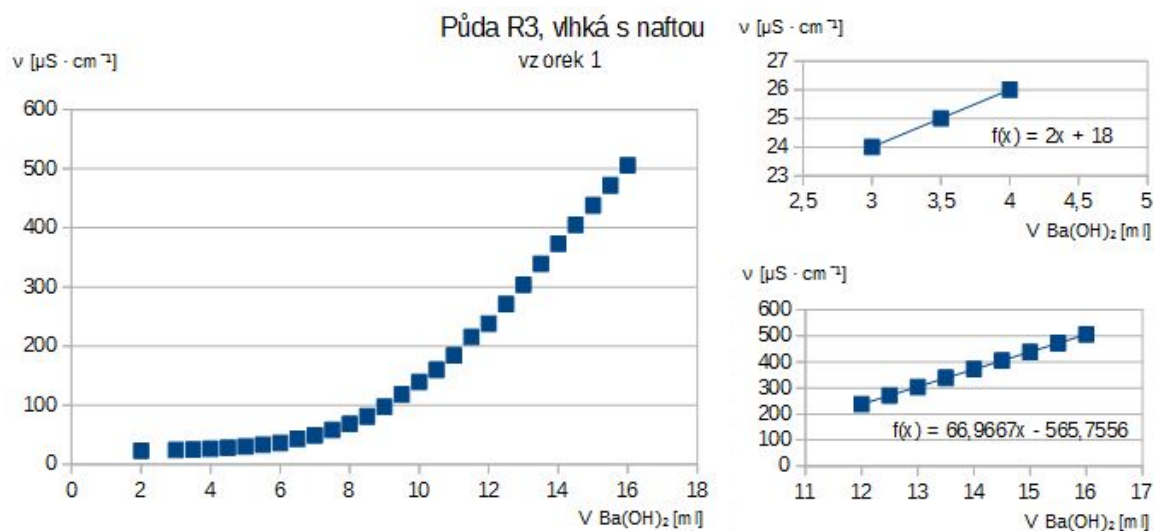
$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{35,76 \cdot 0,0184025 \cdot 200}{3,147 \cdot 0,7825} = 53,45 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

Půda	R3
Vzorek	1
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,036805
Navážka [g]	3,238
Obsah sušiny	85,06%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	57
1	36
2	23
3	24
3,5	25
4	26
4,5	28
5	30
5,5	33
6	36
6,5	43
7	49
7,5	58
8	68
8,5	81
9	97
9,5	118
10	139
10,5	160
11	184
11,5	215
12	238
12,5	271
13	304
13,5	339
14	373
14,5	405
15	438
15,5	472
16	506

Spotřeba [ml]	8,99
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	24,03

Příloha 119: Tabulka - Půda R3, s naftou, vlhká, vzorek 1



Příloha 120: Graf - Půda R3, s naftou, vlhká, vzorek 1

$$p: y = 2 \cdot x + 18$$

$$q: y = 66,9667 \cdot x - 565,7556$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$\begin{aligned} 2 \cdot x + 18 &= 66,9667 \cdot x - 565,7556 \\ (18 + 565,7556) &= (66,9667 - 2) \cdot x \\ 583,7556 &= 64,9667 \cdot x \\ x &= 8,99 \end{aligned}$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{8,99 \cdot 0,036805 \cdot 200}{3,238 \cdot 0,8506} = 24,03 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$

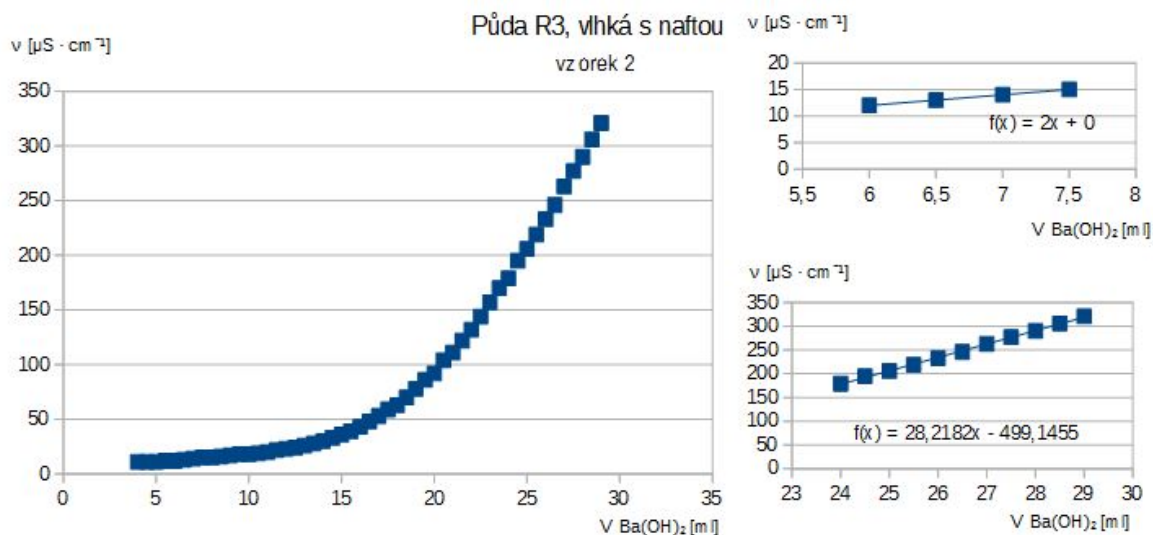
Půda	R3
Vzorek	2
c Ba(OH) ₂ [mol · dm ⁻³]	0,0184025
Navážka [g]	3,378
Obsah sušiny	85,06%

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
0	28
1	22
2	15
3	12
4	11
4,5	11
5	11
5,5	12
6	12
6,5	13
7	14
7,5	15
8	15
8,5	16
9	17
9,5	18
10	18
10,5	19
11	20
11,5	22
12	23
12,5	24
13	26
13,5	28
14	30
14,5	33
15	36
15,5	39

Přídavek Ba(OH) ₂ [ml]	Vodivost [μS · cm ⁻¹]
16	43
16,5	48
17	53
17,5	59
18	63
18,5	70
19	78
19,5	86
20	92
20,5	104
21	111
21,5	122
22	132
22,5	144
23	157
23,5	170
24	179
24,5	195
25	206
25,5	219
26	233
26,5	246
27	263
27,5	277
28	290
28,5	306
29	321

Spotřeba [ml]	19,04
Kapacita [mval · 100 ⁻¹ g půdy]	24,39

Příloha 121: Tabulka - Půda R3, s naftou, vlhká, vzorek 2



Příloha 122: Graf - Půda R3, s naftou, vlhká, vzorek 2

$$p: y = 2 \cdot x$$

$$q: y = 28,2182 \cdot x - 499,1455$$

Spotřeba v bodu ekvivalence (průsečík těchto přímk):

$$2 \cdot x = 28,2182 \cdot x - 499,1455$$

$$499,1455 = (28,2182 - 2) \cdot x$$

$$499,1455 = 26,2182 \cdot x$$

$$x = 19,04$$

Maximální sorpční kapacita:

$$T = \frac{s \cdot c \cdot 200}{N \cdot p} = \frac{19,04 \cdot 0,0184025 \cdot 200}{3,378 \cdot 0,8506} = 24,39 \text{ mval} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$$