

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování**

**Vliv malé vodní nádrže Strnad na půdní vlhkost na povodí Litovicko-Šáreckého  
potoka**

**The impact of small water reservoir on soil moisture in Litovicko-Šárecký  
brook basin**

**Diplomová práce**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Hradilek

Autor diplomové práce: Bc. Martin Kovář

Praha 2016

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Martin Kovář

Regionální environmentální správa

Název práce

Vliv malé vodní nádrže Strnad na půdní vlhkost na povodí Litovicko-Šáreckého potoka

Název anglicky

The impact of small water reservoir on soil moisture in Litovicko-Šárecký brook basin

---

### Cíle práce

Zhodnocení vlivu malé vodní nádrže na půdní vlhkost v jejím okolí. Využití datalogeru TMS-3 pro kontinuální měření půdní vlhkosti spojené s jeho kalibrací v blízkosti MVN Strnad na povodí Litovicko-Šáreckého potoka.

### Metodika

Zjištění klimatických poměrů na povodí Litovicko-Šáreckého potoka.

Popis lokality.

Vykopání půdních sond na vytipovaných lokalitách v daném intervalu od nádrže s přímým odběrem vzorků a následném umístění přístroje TMS-3 pro kontinuální měření.

V průběhu roku sběr dat z datalogeru TMS-3 a jejich vyhodnocení.

**Doporučený rozsah práce**

50-70 stran

**Klíčová slova**

Klimatické poměry, Sucho, půdní vlhkost, TMS dataloger

---

**Doporučené zdroje informací**

- BLINKA, Petr. Metoda hodnocení sucha. In: XIV. Česko slovenská bioklimatologická konference BIOKLIMA PROSTŘEDÍ HOSPODÁŘSTVÍ, Lednice, 2002.
- HANEL, Martin, Ladislav KAŠPÁREK a Magdalena MRKVIČKOVÁ. Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2011. ISBN 978-808-7402-221.
- HERNANDEZ, José Alexander Chávez, et al. Application of geomorphologic knowledge for erosion hazard mapping. *Natural hazards*, 2014, 71.3: 1323-1354.
- Meteorologický slovník výkladový a terminologický: s cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1993.
- ROŽNOVSKÝ, Jaroslav; POKLADNÍKOVÁ, Hana; STŘEDA, Tomáš. Specifika městského klimatu na příkladu středně velkého města. In: Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí. Sborník 31. konference České bioklimatologické společnosti. 2010.
- WILHITE, D.A. and M.H. GLANTZ: Understanding the drought phenomenon: The role of definitions, *Water International* 10, s. 111-120, 1985.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Václav Hradílek

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 29. 2. 2016

**prof. Ing. Pavel Pech, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2016

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2016

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval zcela samostatně pod vedením Ing. Václava Hradilka, a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 1.4.2016

.....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Hradilkovi za odborné vedení, konzultace, doporučení zdrojů, nápady a připomínky při vypracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Lukáši Jačkovi, Ph.D. za konzultace a pomoc při práci v laboratoři a Bc. Zuzaně Košťálové za pomoc a podporu při zpracování této práce.

V Praze dne 1.4.2016

.....

## **Abstrakt**

V současné době, kdy hrozí snižování obsahu půdní vody vlivem sucha, je vhodné začít se systematickým sběrem dat o půdní vlhkosti. V této práci je půdní vlhkost měřena na území povodí Litovicko-Šáreckého potoka v okolí malé vodní nádrže Strnad. K tomuto měření jsou využity přímé metody, tedy přímé odběry vzorků půdy a jejich následný rozbor, a metody nepřímé, kde se jedná o využití TMS datalogeru. Naměřená data z přímých a nepřímých metod se v podstatě shodují v tom, že malá vodní nádrž Strnad nemá žádný vliv na půdní vlhkost ve vzdálenosti 200 m. V poslední části práce jsou popsány rozborů zrnitosti půdy s využitím hustoměrné metody. Výsledné typy půd jsou dále využity pro kalibraci TMS datalogeru.

**Klíčová slova:** klimatické poměry – sucho – půdní vlhkost – TMS dataloger

## **Abstract**

Currently, when there is a reduction of soil water due to drought, is appropriate measure to start systematic collection of data on soil moisture. In this work the soil moisture content was measured on the Litovicko-Šárecký brook basin near a small water reservoir Strand. The data were collected by direct method, which mean direct soil sampling and subsequent analysis, and indirect methods concretely gathering data by TMS datalogger. Measured data from direct and indirect methods are essentially agree in this, that small water reservoir Strnad hasn't effect at soil moisture in a distance 200 m. The last part describes the analysis of grain soils using aerometrical methods. The resulting soil types are further used for calibrating the TMS datalogger.

**Key words:** climatic conditions - drought – soil moisture – TMS datalogger

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce .....	10
3. Metodika .....	11
4. Literární rešerše.....	14
5. Malé vodní nádrže.....	14
5.1 Definice malých vodních nádrží.....	14
5.2 Rozdělení malých vodních nádrží .....	15
6. Atmosférické srážky .....	15
6.1 Měření srážek .....	17
6.2 Srážky v České republice .....	17
7. Podpovrchové vody .....	18
7.1 Půdní voda .....	18
7.2 Metody měření vlhkosti půdy.....	19
7.3 Měření půdní vlhkosti nepřímou metodou .....	20
7.4 Dálkový průzkum Země.....	21
7.5 Pórovitost půdy.....	21
8. Aerometrická (hustoměrná) metoda.....	23
8.1 Klasifikace půd podle zrnitostního složení.....	24
9. Sucho.....	26
9.1 Území České republiky náchylné na výskyt sucha .....	27
9.2 Půdní sucho .....	27
10. Vlastní šetření .....	29
11. Popis zájmové lokality .....	29
11.1 Povodí Litovicko-Šáreckého potoka .....	29
11.2 Geomorfologický popis území .....	30
11.3 Geologický popis území .....	30
11.4 Pedologický popis území.....	31
11.5 Srážkové úhrny .....	31
11.6 Vodní nádrže na území Litovicko-Šáreckého potoka .....	32
11.7 Vodní nádrž Strnad.....	32
12. Měření v terénu .....	33

13. Vyhodnocení dat odebraných ze sond TMS – 3 .....	34
13.1 Sonda z 2. 12. 2015 z hloubky 20 cm .....	35
13.2 Sonda z 2. 12. 2015 z hloubky 40 cm .....	36
13.3 Sonda z 22. 12. 2015 z hloubky 20 cm .....	38
13.4 Sonda z 22. 12. 2015 z hloubky 40 cm .....	39
14. Zrnitostní rozbory vzorků .....	41
14.1 Vzorek z 2. 12. 2015 z hloubky 20 cm.....	42
14.2 Vzorek z 2. 12. 2015 z hloubky 40 cm.....	43
14.3 Vzorek z 22. 12. 2015 z hloubky 20 cm.....	44
14.4 Vzorek z 22. 12. 2015 z hloubky 40 cm.....	46
15. Diskuse.....	48
16. Závěr .....	49
17. Seznam použité literatury.....	51
18. Seznam grafů, obrázků, tabulek a příloh.....	55
19. Přílohy.....	56



## 1. Úvod

Základní součástí životního prostředí člověka je nepochybně voda, což dokazuje také historie, neboť všechny velké vnitrozemské civilizace vznikaly a dále se vyvíjely v bezprostřední blízkosti jezer a řek. Voda vždy umožňovala lidem již od úsvitu dějin obživu. Člověk využívá vodu v zemědělství pro rostlinnou i živočišnou výrobu a slouží mu i jako přirozená cesta pro spojení se sousedními národy, v dnešní době může voda posloužit i pro výrobu energie.

V místech, kde člověku nestačily přirozené povrchové vody, začal tvořit umělá vodní díla, jako jsou např. jezera a rybníky. Na našem území byly umělé nádrže zakládány již od středověku. Původní účel byl především pro potřeby chovu ryb, ale dnes mají umělé vodní nádrže mnohem více funkcí. K těm nejdůležitějším patří např. funkce závlahové, ochranné, záchytné, odvodňovací, protierozní či rekreační.

Vodní nádrže slouží nepochybně především k zadržování vody v krajině. Právě díky vodním nádržím, ať již přirozeným či umělým, se v České republice udržuje stále dostatek vody. Na naše území prakticky žádná voda nepřitéká, veškerá voda se sem dostává pomocí atmosférických srážek, kde právě vodním dílům vděčíme za zadržení této spadlé vody na našem území. V posledních letech ovšem dochází k častějšímu výskytu hydrologických extrémů, jako jsou povodně a především sucha. To může samozřejmě velmi negativně ovlivnit vodní režim v krajině. Dle mnohých odborníků tento častější výskyt hydrologických extrémů úzce souvisí s globální změnou klimatu a je tedy velice pravděpodobné, že intenzita těchto extrémů se může do budoucna stupňovat. Z tohoto důvodu je velmi důležité s vodou v krajině nakládat co nejefektivněji a co nejehospodárněji. K tomu, aby člověk mohl efektivně s vodou hospodařit, je potřeba mnoha údajů týkající se především zásob vody v krajině. Je tedy důležité sledovat spadlé srážky, průtoky, výpary a také zásoby vody v půdě. Objem vody obsažený v půdě, resp. půdní voda, může převyšovat i objem, který je na povrchu. Zanedbání obsahu vody v půdě ve výpočtech může vést ke značným chybám. Proto je potřeba sledovat stav podzemních vod a dále zjišťovat pomocí dostupných metod samotnou vlhkost půdy, která je rozhodujícím faktorem např. pro zemědělství.

## **2. Cíle práce**

Cílem této diplomové práce je posouzení vlivu malé vodní nádrže Strnad v povodí Litovicko-Šáreckého potoka na půdní vlhkost v jejím okolí. Pro kontinuální měření půdní vlhkosti je cílem použít dataloger TMS – 3 a také kalibrace tohoto zařízení s využitím dat z rozborů půdy. Dalším cílem je přímý odběr půdy v terénu a následné stanovení hmotnostní a objemové vlhkosti v odebraných půdách a stanovení pórovitosti. Data z přímých a nepřímých metod jsou dále porovnána. S odebranými vzorky půdy také souvisí půdní rozbor a stanovení typu půdy.

### 3. Metodika

Měření půdního vlhka probíhalo pomocí přímých i nepřímých metod. V případě přímých metod se jednalo o odběry půdy a jejich následný rozbor a v případě metod nepřímých se jednalo o využití sond TMS – 3 určených pro měření půdní vlhkosti.

Sondy TMS – 3 je nutné před použitím v terénu pomocí propojení s počítačem a s využitím softwaru od výrobce kalibrovat a nastavit, jak často bude prováděno měření půdního vlhka. V tomto případě byly sondy nastaveny na tzv. basic režim, tedy na měření, které probíhá každých 15 minut. Dále je důležité určení lokality a zvolení vhodných míst k zakopání sond typu TMS – 3 sloužících pro měření půdního vlhka. Po určení vhodných míst je potřeba odkrýt půdní horizont do přibližně 70 cm. Přesné místo pro výkop je nutné určit pomocí sondy, kterou prověříme, zda bude možné bez problémů dosáhnout potřebné hloubky. Tento výkop musí být dostatečně dlouhý i široký, aby bylo možné provést přímý odběr vzorků půdy a také, aby bylo možné dobře manipulovat se sondami. Po odkrytí půdního horizontu do přibližně 70 cm je nutné jednu ze stran úplně vertikálně zarovnat. Z této strany poté odebereme pomocí tzv. Kopeckého válečků vzorky půdy a dále provedeme odběr půdy do sáčků pro pozdější rozbor zrnitosti. Odběr do Kopeckého válečků se provádí tak, že se ocelové válečky, o přesném obsahu 100 cm<sup>3</sup>, pomocí ocelového nástavce a palice zatlučkají do vertikálního profilu půdy ve stejné hloubce, kde budou poté umístěny sondy. V tomto případě se jednalo o hloubku 20 cm a 40 cm. Zatlučené válečky se poté opatrně vyndají, přebytečná půda se seřízne a válečky se pomocí plastových víček uzavřou. Přebytečná (seříznutá) půda se odebere do plastových sáčků pro výše zmíněný zrnitostní rozbor. Po případném vertikálním zarovnání odkrytého půdního horizontu se umístí sondy typu TMS – 3. Umístění těchto sond probíhá do 20 a 40 cm. Nejprve je důležité pomocí dlouhého nože připravit otvor, do kterého se sonda zasune. To se provádí z toho důvodu, aby nedošlo k poškození této sondy. Sondy se dále umisťují do země natočené pod úhlem 45°. Potom je možné vykopanou díru s horizontálně umístěnými sondami do půdního profilu opatrně zahrabat vykopanou zeminou. Po této úpravě zůstane nad povrchem země pouze čtecí zařízení spojené se sondou, které slouží pro pozdější odběr dat.

Odběr dat se provádí pomocí adaptéru, který se propojí se čtecím zařízením na sondách a pomocí nainstalovaného softwaru od výrobce se data uloží do zařízení, ke kterému je adaptér připojen. Data se dále zpracovávají v softwaru od výrobce. Jde

především o teplotní korelaci a dále zvolení půdy, ve které je sonda umístěna. Pokud je to nutné, je možné daný půdní typ upravit pomocí výsledků z hustoměrné metody (zrnitostního rozboru). Po těchto úpravách je možné ze softwaru získat křivky zobrazující půdní vlhkost.

Další částí je zpracování přímo odebraných vzorků půdy z terénu. Nejprve je důležité zvážit vzorky půdy odebrané do Kopeckého válečků s přesností na setiny gramu. Dále se takto odebraná půda vysuší v sušičce při minimální teplotě 105 °C a době minimálně 24 hodin. Poté je takto vysušená půda znovu zvážena a s porovnáním váhy před vysušením a po vysušení vzorku je možné určit hmotnostní vlhkost, objemovou vlhkost a také pórovitost (viz. kapitola 7.2).

Pro odebrané vzorky půdy je nutné udělat i zrnitostní rozbor, který se provede ze vzorků odebraných v terénu do plastových sáčků. Vzorek půdy se nejprve nechá přirozeně proschnout a poté se pomocí síta s průměrem ok 2 mm proseje. Tím dojde k základnímu oddělení částí větších než 2 mm (skeletu) a částí menších než 2 mm. Pro další výpočty je potřebné zvážit obě tyto části s přesností na setiny gramu. Pro analýzu vzorků s průměrem zrn menším než 2 mm, byla dále zvolena hustoměrná metoda.

Hustoměrná metoda byla provedena dle metodického postupu Vally a kol. (2002). Jednalo se tedy o přípravu dispergačního činidla, kde se poté přesně navážená jemnozeme (40g) s tímto činidlem smíchá v poměru 1:1 a dále se doplní na 200 ml destilovanou vodou. Takto připravený vzorek se nechá odstát na dobu 12 – 24 hodin. Po této době je nutné daný vzorek 45 – 60 minut vařit, aby došlo k oddělení větších částí odebrané jemnozeme od jílu, prachu a písku. Poté je vzorek odstaven a nechá se zchladnout na pokojovou teplotu. Po dosažení této teploty se vzorek proseje na síte s průměrem ok 0,25 mm. Tím dojde k oddělení jemných částí (písku, prachu a jílu) od hrubších částí (drobného štěrku). K dosažení úplného oddělení je potřeba používat stříčku s destilovanou vodou. Po úplném očištění částic, které se zachytily na sítu, se toto síto vloží do sušičky a nechá se 24 hodin při teplotě maximálně 60 °C proschnout a poté se zváží vysušený vzorek na sítu. Dále je nutné pro pozdější korekci navážené jemnozeme pro hustoměrnou metodu navážit také další dva vzorky o přibližné váze 10 g. Tyto vzorky je potřeba také nechat proschnout v sušičce při teplotě 105 °C až do doby, kdy bude jejich váha stálá, tedy až se odpaří všechna

voda. Poté je potřeba určit kolik je ve vzorcích sušiny a vypočítat aritmetický průměr a poté tímto výsledkem provést korekci hmotnosti jemnozeme určené k hustoměrné metodě.

Voda s jemnými částicemi, které prošly sítím, se přelije do odměrného válce a doplní se na 1 000 ml pomocí destilované vody a změří se její teplota. Nyní je nutné tuto tekutinu s jemnými částicemi v odměrném válci po dobu 60 vteřin promíchávat. Po promíchání začíná měření hustoměrem, který je přesně kalibrován pro daný odměrný válec. Hustoměrem se měří v přesně určené časy od konce promíchání. Jednalo se o čas 30 vteřin, dále pak o časy v řádech minut: 1, 2, 3, 4, 5, 15, 45, 120, 150, 300 a 1470. Po každém měření hustoměrem je potřeba změřit také teplotu. Data dále musela být upravena (přepočítána) v závislosti na čase, teplotě, viskozitě apod. Z těchto dat byla sestavena pro každý odebraný vzorek zrnitostní křivka.

Ze vzniklé zrnitostní křivky byly dále odečteny údaje o složení půdního vzorku. Jednalo se o procentuální vyjádření zastoupení písku, prachu a jílu. Z těchto procent bylo provedeno pomocí klíče k určování půdních typů (USDA Soil Taxonomy) vyhodnocení daného vzorku a stanovení půdního typu. Výsledné hodnoty procentuální zastoupení písku, prachu a jílu byly použity pro kalibraci dat změřených pomocí sond TMS – 3.

#### 4. Literární rešerše

##### 5. Malé vodní nádrže

Hlavní rozdělení malých vodních nádrží je na nádrže přirozené a umělé, kde přirozené nádrže vznikají bez činnosti člověka, což jsou např. plesa nebo jezera vytvořená trvalým zahrazením údolí přirozeným způsobem, tedy např. skalním zřícením či sesuvem půdy. Umělé nádrže jsou vybudovány člověkem a v podstatě vznikají přehrazením údolí řeky pomocí uměle vybudované hráze. Vodu, která je v těchto umělých nádržích, je možné ovládat, což znamená, že nádrž může být vypuštěna či napuštěna a dá se regulovat výše hladiny (Cablík, 1961; Kratochvíl, 1961).

Umělé nádrže byly u nás zakládány již od raného středověku. Původně pouze pro potřeby přechování ryb do doby spotřeby a později také pro jejich chov (Šálek a kol., 1983). Dnes mají malé vodní nádrže značný význam nejen pro naše hospodářství, ale i pro mnoho jiných rezortů, což vyplývá i z jejich rozličné využitelnosti, schopnosti přizpůsobit se změněným podmínkám a jejich poměrné jednoduchosti. Malé vodní nádrže (rybníky) využíváme nejen k tradičnímu chovu ryb (rybochovné nádrže), ale i k účelům závlahovým, jako nádrže ochranné, záchytné, protierozní a odvodňovací. Dále mají velký význam nádrže vodárenské a průmyslové, hospodářské, požární, biologické na likvidaci odpadních vod apod. Významné jsou i nádrže rekreační, které se budují v blízkosti měst a obcí a okrasné nádrže, které vznikají např. v sídlištích. Funkce jednotlivých nádrží se velmi často kombinují. Dále jsou také malé vodní nádrže důležitou součástí naší krajiny a nenahraditelným prvkem pro tvorbu a ochranu krajiny (Šálek a kol., 1990).

##### 5.1 Definice malých vodních nádrží

Jak uvádějí Vrána a Beran (2013), tak pojem malé vodní nádrže je vymezen v ČSN 75 2410. Aby vodní nádrž mohla být označena za malou, musí splňovat tyto předpoklady:

- objem nádrže po normální hladinu, tedy hladinu ovladatelného prostoru, není větší než 2 mil. m<sup>3</sup>,
- největší hloubka nádrže nesmí přesáhnout 9 m, kde touto hloubkou se rozumí největší hloubka dna od maximální hladiny, ale v úvahu se neberou místní prolákliny dna nebo hloubka napájecího toku.

Tyto parametry se doporučují i pro rekonstrukci současných, zejména pak historických nádrží. Ovšem tyto parametry neplatí pro odkaliště.

## **5.2 Rozdělení malých vodních nádrží**

Vodní nádrže můžeme dělit podle polohy, výškového umístění, způsobu napájení vodou a podle funkce. Podle polohy se dělí nádrže na návesní, polní, luční, lesní a rašelinné. Podle výškového umístění se dělí na zahloubené, hrázové, údolní, podzemní.

Důležitým členěním vodních nádrží je také dělení podle způsobu napájení vodou. Jedná se o nádrže nebeské (dešťové), pramenné, průtočné a boční. Nebeské nádrže se nacházejí v územních kotlinách bez stálé (viditelné) vodoteče. Značnou část vody získávají především na jaře a to ze sněhů a prvních jarních dešťů. Důležitým faktorem je zde i výpar hladiny, neboť snižuje hladinu během roku o 50 cm a více. Pramenné nádrže jsou napájeny prameny ve svém dně, ve svazích nebo z oblastí těsně nad vzduším. Průtočné nádrže jsou napájeny vodotečí, jejíž údolí je přehrazeno hrází a celý tok jí protéká. Posledním typem jsou nádrže boční (náhonové), které se vyznačují tím, že jejich napájecí tok teče mimo nádrž.

Posledním dělením vodních nádrží je dělení podle funkce, kde se jedná o nádrže rybochovné, pro čištění vod, průmyslové, požární, asanační, meliorační, pro rekreaci, vodárenské, energetické, protipovodňové, vyrovnávací – akumulační, plavební, hospodářské, pro chov vodní drůbeže okrasné a pro zvláštní účely (Pavlica, 1964).

## **6. Atmosférické srážky**

Atmosféra je neustále zásobována vodní párou z oceánů, moří, rybníků, jezer, řek, z půdy a také sublimací ze sněhu a ledu. Určité množství vody se do atmosféry dostává transpirací, tzn. prostřednictvím rostlinných organismů, v menší míře také respirací živočichů (Kříž a kol., 1988).

Za atmosférickou srážku označujeme výsledek kondenzace vodních par v ovzduší, který přešel na zemský povrch v tuhém nebo kapalném skupenství. Srážky se rozdělují podle místa a způsobu vzniku na srážky horizontální a vertikální (atmosférické). Horizontální srážky vznikají kondenzací bezprostředně na povrchu země, případně na předmětech na zemi. Je to především rosa, šedivý mráz, jinovatka

a námraza. Srážky vertikální (atmosférické), které vznikají ve volné atmosféře, se na zemský povrch dostávají v podobě deště, sněhu, krupek, krup či zmrzlého deště.

Množství vody vzniklé ze srážek horizontálních je poměrně malé a má výraznější význam především v zemědělství nebo v suchých oblastech, tedy hlavně ve zvláštních případech. V hydrologické bilanci jsou tyto srážky obyčejně zanedbávány. Hlavním zdrojem vody jsou tedy srážky atmosférické, tedy především déšť a sníh. Deště posuzujeme podle doby trvání, množství spadlých srážek a plochy, na kterou tyto srážky spadly. Množství srážek je vyjádřeno jako výška vrstvy vody v milimetrech, kterou by vytvořily, kdyby spadly na rovnou plochu, na níž by nedocházelo k výparu nebo infiltraci. Objemově se vrstva 1 mm srážek na 1 m<sup>2</sup> rovná 1 litru, z čehož vyplývá, že na 1 km<sup>2</sup> vznikne 1 000 m<sup>3</sup> vody. Stejně se určuje i množství pevných srážek, kde si tyto pevné srážky představujeme přeměněné na vodu (Dub, Němec a kol., 1969). V případě běžných přeháněk jde většinou o množství desetin až několika mm spadlých srážek. Za dosti silné srážky se označují bouřkové lijáky, kde hodnoty dosahují 20 - 30 mm. Extrémní přívalové lijáky s většími katastrofickými následky dosahují hodnot 100 a více milimetrů spadlých srážek. Srážky trvalejšího charakteru s hodnotami 30 – 50 mm spadlých srážek za den představují velmi významné množství vody a v případě, kdy spadlé srážky překročí 100 mm za den, vznikají zpravidla povodňové události. Pokud se takové srážky opakují po více dnů za sebou, tak dochází k mimořádným událostem s katastrofami dosahujícími velkého rozsahu (Bednář, 2003).

Trvání deště, případně sněhových srážek, se určuje v minutách, hodinách a výjimečně i dnech.

Podle původu určujícího do značné míry charakter deště rozlišujeme:

- deště z tepla,
- deště orografické,
- deště cyklonální.

Deště z tepla, jinak také konvekční, vznikají při výstupech vzdušných proudů a projevují se jako místní lijáky. Deště orografické jsou vyvolané reliéfem území, především horami, a bývají často vytrvalé, ale méně vydatné. Deště cyklonální (krajinné) vznikají postupující tlakovou depresí, resp. cyklónou. Podle typů těchto



cyklón rozdělujeme i vydatnost srážky. Ploché cyklóny vyvolávají vytrvalé a rozsáhlé regionální deště (krajinné) a malé hluboké cyklóny vyvolávají průtrže mračen.

Dále podle výšky spadlých srážek a také jejich trvání rozdělujeme deště na běžné (normální) a extrémní, kde krátkodobé extrémní deště označujeme jako přívaly či lijáky (Dub, Němec a kol., 1969).

### **6.1 Měření srážek**

Množství srážek, které spadne na povodí, je jedním z nejdůležitějších prvků bilanční rovnice. Tato rovnice složí v hydrologii pro řešení úkolů různého typu. Z tohoto důvodu je nutné srážky pozorovat a měřit. Abychom získali správný obraz, je nutné sledovat všechny důležité a potřebné parametry, kde k těmto parametrům patří např. trvání, úhrn (tím i intenzitu) deště, časový průběh apod. Množství srážek se vyjadřuje jako srážková výška  $H_s$ , která je určena jako tloušťka vrstvy vody v mm, která by vznikla z deště (nebo roztopením pevných srážek) na konkrétní ploše bez výparu, odtoku nebo vsaku. Množství srážek, které spadne v jednom bodě, který tvoří srážkoměrná stanice, vyjadřujeme také jako výšku vrstvy a označujeme jako srážkový úhrn.

Srážkové úhrny se měří v síti srážkoměrných stanic pomocí srážkoměrů (ombrometrů), případně dešťoměrem (ombrografem). V případě těžko dostupných míst jsou srážky zachycovány za delší období pomocí totalizátorů (Pokorná, Záborská, 2007).

Srážkoměrné stanice by měli být rozmístěny tak, aby jejich síť při co nejmenším počtu nejlépe vystihla plošné rozdělení srážek (Dub, Němec a kol., 1969). V našich podmínkách připadá jedna stanice v průměru na 79 km<sup>2</sup>. Síť těchto srážkoměrných stanic u nás zřizuje, udržuje a také provádí pozorování a zpracovává data Český hydrometeorologický ústav (Pokorná, Záborská, 2007).

### **6.2 Srážky v České republice**

Na území České republiky spadne za jeden rok v průměru 500 mm až 1300 mm srážek, kde 500 mm spadne v nejsušších oblastech, jako je např. Slánsko, a 1300 mm a více spadne především na území Šumavy, Jizerských hor a ostatních pohoří, která lemují českou kotlinu. Z pohledu ročního rozložení srážek nelze říci, že se na našem

území vyskytují v dlouhodobém průměru výrazná bezsrážková a srážková období. Existuje zde ovšem jistá asymetrie ročního chodu, kde převažují především srážky v letních měsících (Bednář, 2003).

## **7. Podpovrchové vody**

Voda podpovrchová je taková voda, která se vyskytuje pod zemským povrchem ve všech formách a skupenstvích. Patří sem voda podzemní a půdní. Podzemní voda je podpovrchová voda, která vyplňuje dutiny zvodněných hornin a zpravidla vytváří souvislou hladinu, tedy nasycené prostředí (Pokorná, Zábranská, 2007).

### **7.1 Půdní voda**

Půdní vodou jsou označeny vodní částice, které jsou pod povrchem půdy a tvoří spojitě zvodnění v kapalném skupenství. Používá se také název půdní vlhkost v zóně aerace, tedy v pásmu provzdušnění. Voda zaplňuje v tomto prostředí póry jen zčásti (Kříž a kol., 1988). Je to tedy podpovrchová voda bez ohledu na skupenství, která obvykle nevytváří souvislou hladinu, jedná se o nenasyčené prostředí (Pokorná, Zábranská, 2007). Největší význam má v půdě kapalná voda a té je také věnována největší pozornost. Hlavním zdrojem půdní vody jsou atmosférické srážky, dále to může být také povrchový a podpovrchový přítok a vztlínání podzemní vody. Množství přijaté vody, její vázání i pohyb jsou závislé na vztahu mezi půdou a vodou. Ve vztahu půdy k vodě jde o statiku a dynamiku půdní vody. Statika půdní vody charakterizuje obsah vody v půdě, který je vyjádřen vodní kapacitou půdy a vlhkostí. Dynamika vyplývá z různých sil podporující nebo omezující pohyb vody v půdě. Na vodu v půdě působí především gravitace, kapilární síly, sorpční síly, osmotický tlak a sorpční síla kořenů (Lischke, Frank, 1984).

Z hlediska sil, které udržují vodní částice v provzdušněném pásmu, rozeznáváme vodu kapilární a adsorpční, kde je voda držena na povrchu částic horniny vzájemným působením mezimolekulární síly horniny a vody. Tato voda se označuje jako voda vázaná. V přechodném stadiu se v tomto provzdušněném pásmu vyskytuje i volná voda, která se pohybuje účinkem gravitačních sil.

V jednotkovém objemu se množství vody označuje za vlhkost. Tu lze vztáhnout k objemu nebo k hmotnosti jednotkového objemu. Vlhkostí vztaženou k objemu vzniká tzv. objemová vlhkost, která se vyjadřuje jako poměr objemu vody k objemu

pórovité látky. Vlhkostí vztaženou k hmotnosti jednotkového objemu vzniká hmotnostní vlhkost, což je poměr hmotnosti vody k hmotnosti tuhé fáze. Význam této vodní složky je značný. Objem půdní vody často výrazně převyšuje objem vody, který je v povrchových recipientech. Zanedbání objemu půdní vody může vést ke značným chybám (Kříž a kol., 1988). Objem vlhkosti půdy má zásadní význam pro mnoho biologických, hydrologických a biochemických procesů. Jedná se o klíčový údaj, který slouží pro kontrolu výměny vody a tepelné energie mezi atmosférou a zemským povrchem (Li, Islam, 1999).

## 7.2 Metody měření vlhkosti půdy

Obsah vody v půdě nazýváme vlhkostí půdy a tuto veličinu můžeme definovat jako poměr obsahu vody  $V_k$  k celkovému objemu vzorku půdy  $V_c$ . Nejběžnější metodou pro výpočet půdní vlhkosti bývá uváděn vzorec pro výpočet hmotnostního vyjádření vlhkosti:

$$w = \frac{m_w}{m_s},$$

kde  $m_w$  představuje hmotnost vody a  $m_s$  hmotnost vysušené půdy. Výsledné hodnoty jsou většinou uváděny v procentech (Pokorná, Zábranská, 2007).

Metody měření vlhkosti půdy se dělí na metody přímé a nepřímé. Přímou metodou se měří přímo vlhkost půdy a metodou nepřímou se měří určitá fyzikální veličina, která je ovšem na vlhkosti závislá. Metody, při nichž se musí odebrat vzorek materiálu, se nazývají metodami destruktivními a dalším typem jsou metody nedestruktivní používající zapuštěná čidla do materiálu, případně umístění čidel na jeho povrch (Kutílek, 1984).

Standardní metodou stanovení vlhkosti půdy je tzv. gravimetrická metoda, kde vlhkost stanovujeme dle výše uvedeného vzorce. Tato metoda vyžaduje odběr neporušených vzorků půdy v terénu, přesné stanovení jejich momentální hmotnosti, vysušení a přesné stanovení hmotnosti vysušeného vzorku (Pokorná, Zábranská, 2007).

Další metodou, kterou je možné změřit vlhkost půdy je metoda odporová. Tato metoda se řadí k metodám nepřímým. Základem je vztah mezi růstem elektrické

vodivosti pórovitého materiálu a vzestupem vlhkosti. Pokud je relativní vlhkost do 30 - 40 % je dobře použitelný základní vztah, vyjádřený tímto vzorcem:

$$R_E = \frac{a}{w} b(1 + \alpha \Delta T),$$

kde  $R_e$  je elektrický odpor,  $w$  je hmotnostní vlhkost,  $\alpha$  je koeficient teplotní změny elektrického odporu,  $a$ ,  $b$  jsou konstanty, které jsou závislé na vlastnostech tuhé fáze a její objemové hmotnosti a také na chemickém složení pórové vody.

Mezi další metody se řadí metoda kapacitní, která vychází z faktu, že daný vlhký materiál ve slabém proměnném elektrickém poli je charakterizován relativní permitivitou a tangentou úhlu dielektrických ztrát.

Další metodou je gamaskopická metoda využívající toho, že při průchodu záření skrz hmotu se snižuje intenzita tohoto záření úměrně hmotnosti prozařovaného materiálu (u materiálů pórovitých a stabilních tedy úměrně jejich vlhkosti). Takovéto měřicí zařízení bývá instalováno do dvou sond, kde do jedné sondy je instalován zářič a do druhé detektor. Zářič je poté obvykle upraven tak, aby vysílal co nejúžší paprsek, který má minimální rozptyl.

Další možnou metodou je metoda neutronová, jejímž základním principem je zpomalování rychlých neutronů, resp. jejich termalizace, při jejich interakci s jádry atomů, které mají malou atomovou hmotnost (Kutílek, 1984).

Pokorná a Zábranská (2007) rozdělují metody, kde se měří jiná fyzikální nebo fyzikálně-chemická metoda, která je funkčně závislá na vlhkosti, do tří skupin. Jedná se o následující skupiny:

- metody elektrické,
- metody radiometrické
- metody dálkového průzkumu Země.

### **7.3 Měření půdní vlhkosti nepřímou metodou**

K tomuto typu nepřímého měření lze použít sondu typu TMS – 3. Tento typ sondy umožňuje možnost měření teploty vzduchu, teploty půdy a vlhkosti půdy i v extrémních podmínkách. Měřicí jednotky jsou schopny uchovávat data po více než 10 let bez nutnosti výměny baterie, takže tato sonda dokáže zaznamenat až 500 000 údajů za přibližně 10 let, tedy záznam každých 10 minut. Teplotu měří tato sonda

pomocí snímače teploty MAXIM/DALLAS Semiconductor DS7505U+ s přesností 0,5 °C. Čidla měřící půdní vlhkost zpracovávají signál, který prostupuje půdou ve frekvencích 100 – 200 MHz, přičemž chyba měření není vyšší než 1% (TOMST, 2016).

#### **7.4 Dálkový průzkum Země**

Metoda monitorování sucha a půdní vlhkosti pomocí DPZ (dálkového průzkumu Země) je založena na dvou hlavních principech. Prvním principem je předpoklad, že změna obsahu vodní složky v půdě má zásadní vliv na spektrální chování půdy a vede k podstatným změnám. Druhým předpokladem je ten, že změna v množství půdní vody vede také k fyziologickým změnám vegetačního pokrytu. Tyto změny mají v důsledku vliv na spektrální charakteristiku listů, tedy i na celkovou odrazivost vegetace (Chen a kol., 2008; Gao a kol., 2008). K dálkovému průzkumu Země se využívá např. satelit SMAP, kde se jedná o satelit vyrobený v USA organizací NASA, který provádí globální měření půdy, přesněji výskyt půdní vlhkosti u zemského povrchu. Data o půdní vlhkosti z tohoto satelitu umožňují zlepšené odhady vodního hospodářství, energií a koloběhu uhlíku mezi půdou a ovzduším. Měření vlhkosti půdy je rovněž použitelné pro monitorování hydrologických extrémů, tedy sucha a povodní (Entekhabi a kol., 2010).

#### **7.5 Pórovitost půdy**

Pórovitost představuje celkové množství pórů, které jsou obsaženy v určitém objemu půdy. Pórovitost se vyjadřuje v procentech. Ze základních fyzikálních vlastností půdy je právě pórovitost považována za nejdůležitější údaj (Lischke, Frank, 1984). Půdní póry mají různý tvar i velikost a většinou od sebe nejsou odděleny, ale jsou spojitě. Někdy se tvar pórů idealizuje a pro zjednodušení se předpokládá, že jsou póry válcovité. Poté se charakterizují rozměrem, resp. svým průměrem. Jelikož se jedná o zjednodušení, je nutné uvádět také ekvivalentní průměr pórů a procentuální množství pórů o daném ekvivalentním průměru. Termínem ekvivalentní se označují takové póry, ve kterých se chová voda vlivem kapilárních sil stejně jako v pórech, které jsou daného válcovitého průměru (Kutílek, 1978).

Hodnota pórovitosti je velmi proměnlivá. Ve středně těžkých půdách se tato hodnota pohybuje v rozmezí 40 – 50 %, v lehčích půdách písčitých a v těžkých jílovitých půdách klesá tato hodnota na 25 – 30 %, v silně humózních a rašelinových půdách

může pórovitost dosáhnout až 90 %. Hodnota pórovitosti závisí na vzájemném uspořádání půdních částic, kde tyto částice ovlivňují celkový objem a tvar půdních pórů (Lischke, Frank, 1984).

Pokorná a Zábranská (2007) dělí pórovitost podle původu na texturální, což jsou přirozené póry nacházející se mezi jednotlivými částicemi, a strukturální, což jsou póry mezi pedy (pedony). Za pedon označujeme půdní element, který je udržován vcelku koagulací koloidů, soudržností, přilnavostí, vodíkovými vazbami nebo kapilárními a adsorpčními jevy v tekuté fázi. Mimo základní rozdělení pórů existují v půdě ještě další póry, které vznikají činností organismů, kořenovým systémem, dále to mohou být trhliny vzniklé při objemových změnách. Takto vzniklé póry jsou označovány za preferenční cesty, kde hlavní funkcí těchto cest je proudění vody v zemině. Celkovou pórovitost je možné stanovit jako objem všech dutin v určité objemové jednotce půdního vzorku. Prakticky pórovitost počítáme z hodnoty objemové hmotnosti  $\rho_d$  a měrné hmotnosti  $\rho_z$  půdy:

$$P = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_z} * 100.$$

Měrná hmotnost půdy je veličina závislá na měrné hmotnosti převládajících součástí tuhé fáze půdy. Tato měrná hmotnost půdy se obvykle stanovuje pyknometricky. Jelikož většina minerálních půd v České republice má nejvíce křemene, blíží se hodnota měrné hmotnosti 2,65 g/cm<sup>3</sup>. Vyšší hodnotu mají pouze zeminy bez humózní (2,6 – 2,7), nižší hodnotu zeminy humózní (2,5 - 2,65) (Kutílek, 1978). Objemová hmotnost  $\rho_d$  je hmotnost objemové jednotky zcela vysušené půdy v přirozeném uložení. Tato hodnota je také nazývána jako redukovaná. Objemovou hmotnost zjišťujeme u neporušeného půdního vzorku odebraného do kovového válečku, který má známý objem. Tento objem se většinou pohybuje okolo 100 cm<sup>3</sup>. Výpočet objemové hmotnosti se provádí dle následujícího vzorce:

$$\rho_d = \frac{m_z}{V_c},$$

kde  $m_z$  je hmotnost vysušeného vzorku a  $V_c$  je celkový objem.

Na rozdíl od měrné hmotnosti kolísá hodnota objemové hmotnosti v poměrně velmi širokém rozmezí. Nejnižších hodnot dosahuje u rašelin, kde se jedná o hodnoty 0,10 g/cm<sup>3</sup>. Naopak nejvyšších hodnot dosahuje objemová hmotnost u silně ulehlých

písků a nestrukturních horizontů, kde se jedná o hodnoty vyšší než  $1,8 \text{ g/cm}^3$ . Průměrné hodnoty objemové hmotnosti se pohybují v rozmezí  $1,2 \text{ g/cm}^3$  až  $1,6 \text{ g/cm}^3$ . Objemová hmotnost je velmi proměnlivá, mění se jak směrem do hloubky, tak i v průběhu vegetačního období (Pokorná, Záborská, 2007).

Póry je možné rozdělit i podle jejich rozměrů na:

- póry kapilární (totožná s hodnotou přibližné retenční vodní kapacity, voda je vedena proti gravitaci),
- póry semikapilární (zde dochází k pozvolnému ustalování půdní vody, jedná se o přechodnou kategorii mezi póry nekapilárními a kapilárními),
- póry nekapilární (jedná se o dutiny, ze kterých hned odtéká gravitační voda).

Optimálně by mělo být v půdě zastoupeno asi  $2/3$  kapilárních pórů z celkové pórovitosti a zbytek pórů by měl být rovnoměrně rozdělen mezi nekapilární a semikapilární póry (Kameníčková, 2006).

## **8. Aerometrická (hustoměrná) metoda**

V této metodě se po zamíchání preparované zeminy, které se provádí v sedimentačním válci, během usazování částic měří hustota vzniklé suspenze. Tato měřená hustota je poté základem pro konstrukci kumulativní zrnitostní křivky, ze které je možné stanovit obsah jednotlivých frakcí či kategorií.

Tato metoda začíná samotnou preparací vzorku, kde je důležité na každých  $10 \text{ g}$  jemnozeme přidat  $10 \text{ cm}^3$  dispergačního činidla a vše zamíchat s cca  $200 \text{ cm}^3$  destilované vody. Tato suspenze se dále 1 hodinu vaří, aby došlo k oddělení všech částí. V této fázi se také naváží  $10 - 20 \text{ g}$  zeminy do vysoušečky, kde se tato zemina suší při teplotě  $105^\circ\text{C}$  do konstantní hmotnosti. Z tohoto údaje se poté stanovuje procento sušiny ve vzorku. V této metodě je dále důležité provádět kalibraci hustoměru a sedimentačního válce. Kalibraci by nebylo potřeba provádět pouze tehdy, pokud by hustoměr měl hrušku o zanedbatelném objemu. Ve většině případů ovšem dochází k vzestupu hladiny suspenze, která je způsobena objemem hrušky hustoměru, a proto se kalibrace provádí. Po provedení kalibrace začíná vlastní měření. To se provádí v sedimentačním válci o objemu  $1\,000 \text{ cm}^3$ . Výsledky se zapisují do tabulky, kde jsou nezbytné údaje pro další výpočty. K těmto údajům patří především doba sedimentace, čas, naměřená hodnota na hustoměru a teplota. Poté je

možné provést teplotní korekce a započítat průměr zrn v milimetrech a z těchto údajů je dále možné vytvořit zrnitostní křivku, která umožňuje stanovení procentického zastoupení potřebných frakcí. Obsah jednotlivých frakcí se určí z daných bodů, kde hraniční hodnoty velikosti částic protínají zrnitostní křivku (Valla a kol., 2002).

### 8.1 Klasifikace půd podle zrnitostního složení

Množství jednotlivých frakcí, které jsou zjištěny pomocí zrnitostních rozborů, se nejčastěji zpracovávají do součtové čáry, resp. čáry zrnitosti. Podle procentuálního zastoupení jednotlivých frakcí se provádí slovní klasifikace daného půdního druhu. V půdách je možné rozlišovat tyto frakce: skelet, písek, práškový písek, prach a jílnaté částičky. Skelet, resp. jeho tvar, je základní informací pro posuzování původu půdotvorného substrátu. V malém množství (přibližně do 20%) skelet nepůsobí v půdě nepříznivě ani na vývoj rostlin, ani na obdělávatelnost půd. Naopak může způsobit určité vylehčení půd a zvýšit jejich propustnost pro vzduch a vodu. Vyšší obsah skeletu je nepříznivý, protože v takové půdě je omezena jemnozem, která je důležitá pro půdní dynamiku. Půdní vlastnosti ovlivňuje také písek v závislosti na mineralogickém složení. Půdy, kde je vysoký obsah písku, jsou rozsypavé, vysoce propustné pro vodu i vzduch, ale jsou snadno vysychavé. Práškový písek se obvykle vyskytuje pouze v malých množstvích a nemá podstatný vliv na půdy. Naopak prach má velký vliv na fyzikální vlastnosti půdy. Při vysokém obsahu prachu mají půdy střední soudržnost a výhodný vodní i vzdušný režim. Typické hlinité půdy vděčí za své dobré vlastnosti právě vyššímu obsahu prachových částic. Poslední frakcí jsou jílnaté částičky, které se dělí na velmi jemný prach a fyzikální jíl, který výrazně ovlivňuje vlastnosti půdy svým velmi aktivním povrchem a vlastnostmi jílových minerálů (Kutílek, 1978).

Klasifikace zrnitostního složení půd je možné provádět podle některého z dále uvedených systémů.

Tab. č. 1: Klasifikace zrnitosti půd podle Nováka

Obsah I. kategorie (%)	Pojmenování	Makroskopický posudek
0-10	písčítá zemina	ani za mokra se částice nespojují



10-20	hlinitopísčítá zemina	částice se za mokra spojují, nelze však vyválet hádka
20-30	písčitohlinitá zemina	lze vyválet hádka, který se však snadno rozpadá, zemina skřípe mezi prsty
30-45	hlinitá zemina	lze vyválet hádka
45-60	jílovitohlinitá zemina	po stisknutí vlhké zeminy lesk, mastnot prstů
60-75	jílovitá zemina	silná mastnot a lepkavost
nad 75	jíl nebo prchlice	vysoká mastnot, lepkavost

Zdroj: Klika a kol., 1954

Tab. č. 2: Klasifikace zrnitosti půd podle Kopeckého

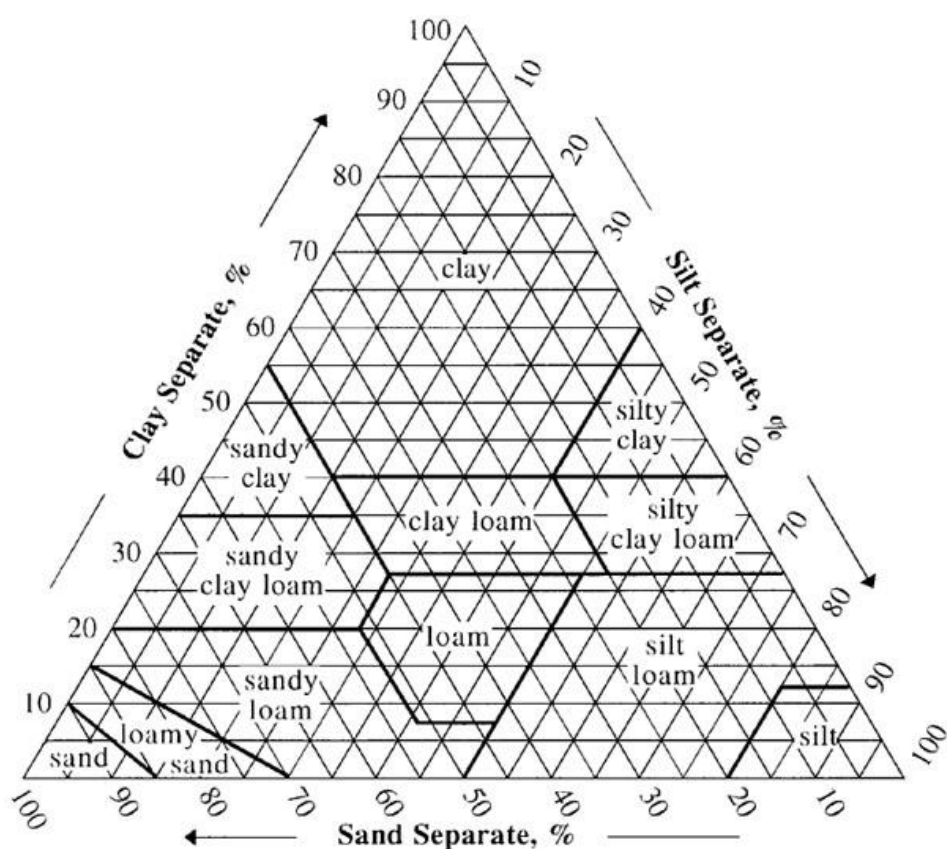
Skupina zemín	Obsah I. kategorie < 0,01 mm (%)	Obsah II. kategorie 0,01-0,05 mm (%)	Pojmenování zeminy
Jílové zeminy	nad 75	-	jíl nebo prchlice
	60-75	pod 20	jílová zemina
	60-75	nad 20	jílovitá zemina
	50-60	pod 20	jílovitá zemina s pískem
	50-60	nad 20	jílovitohlinitá zemina
	40-50	pod 10	jílovitopísčítá zemina
	40-50	10-20	jílovitohlinitopísčítá zemina
Hlíny	45-50	nad 20	hlína jílnatá
	10-45	nad 20	(I+II) nad 45%, hlína
	10-45	nad 20	(I+II) nad 45%, IV nad 20%, hlína písčítá
	10-45	nad 20	(I+II) nad 45%, (III+IV) nad 30%, hlína jemně písčítá
Písčité zeminy	25-40	pod 10	písčitojílnatá zemina
	25-40	10-20	písčitojílnatohlinitá zemina
	10-25	pod 5	písek jílnatý
	10-25	5-10	písek jílnatohlinitý
	10-25	10-35	písek hlinitý
	pod 10	pod 10	písek jílnatě zakalený
	pod 10	nad 10	písek slabě hlinitý

Zdroj: Kutílek, 1978

Za další možnou klasifikaci půd je možné využít taxonomickou klasifikaci půd Ministerstva zemědělství USA, která je také známa pod názvem USDA Soil Taxonomy. Tato klasifikace poskytuje velmi propracovaný systém třídění půdních typů podle mnoha půdních parametrů (Němeček a kol., 1989). Na obrázku č. 1 je zobrazen klíč k určování půdního typu na základě procentuálního zastoupení písku, prachu a jílu.

Obr. č. 1: Trojúhelníkový diagram pro klasifikaci zrnitosti půd podle USDA Soil Taxonomy

Zdroj: [www.nrcs.usda.gov](http://www.nrcs.usda.gov)



## 9. Sucho

Sucho je normální projev klimatu, který souvisí s jeho kolísáním. Nejedná se o žádný náhodný či vzácný jev. Sucho může postihnout oblasti ve všech srážkových režimech, resp. ve všech klimatických zónách. Sucho se od ostatních přírodních rizik liší v několika směrech, kde hlavním rozdílem je to, že sucho vzniká velmi pomalu a může se vyskytovat na určitých lokalitách v průběhu celých roků, sezón či dekád (Blinka, 2002). Dle Lietschmanna a kol. (2002) je sucho průvodním jevem našeho

klimatu a je nutné s ním počítat v zemědělské praxi, vodním hospodářství a v mnoha dalších odvětvích. Jedním z možných dělení sucha je členění na sucho klimatické, hydrologické a půdní (ČHMÚ, 2015).

Měření sucha, resp. indexy používané k jeho měření, které se v současné době používají, mají velmi mnoho slabin. To je způsobeno tím, že používané indexy pro hodnocení sucha nedokáží s úplnou přesností určit jeho začátek a konec (Byun, Wilhite, 1999).

Do budoucna je možný mnohem častější výskyt hydrologických a meteorologických extrémů (povodní, sucha). Častější výskyt těchto hydrologických extrémů může mít také velmi nepříznivé dopady na všechny oblasti lidské činnosti (Borák, Foltýn, 2011). Tyto náhlé změny intenzity, frekvence nebo místa výskytu extrémních meteorologických a hydrologických jevů mají přímé dopady na ekosystémy a společnost. Projevem těchto dopadů jsou vysoké ekonomické náklady a může docházet i ke ztrátám na životech (Parmesan a kol., 2000; Meehl a kol., 2000; Murnane, 2004). Dle Watsona a kol. (1997) je důvodem tohoto předpokládaného častějšího výskytu extrémního sucha a extrémních povodní globální klimatická změna.

### **9.1 Území České republiky náchylné na výskyt sucha**

Území České republiky leží v geograficky poměrně rozmanitém prostředí. Na srážky poměrně bohaté jsou především horské oblasti, naopak oblasti nacházející se na závětrných stranách hor, jako je např. Žatecko, jsou na srážky velmi chudé. Nížiny mají v České republice obecně podprůměrné srážkové úhrny (Tolasz a kol., 2007). Z tohoto tvrzení je patrné, že na území České republiky může docházet k ohrožování vodních toků suchem, resp. může docházet k vysychání toků. Tremml a kol. (2015) na základě fyzicko-geografické analýzy typizoval území České republiky z hlediska náchylnosti vodních toků vůči vysychání do 4 kategorií: nízká, střední, vysoká a velmi vysoká zranitelnost toku. Rozdělení území České republiky na tyto 4 kategorie je zobrazeno na mapě ČR v příloze č. 1.

### **9.2 Půdní sucho**

Dle Litchmanna a kol. (2002) je sucho průvodním jevem klimatu, s nímž je nutné počítat v zemědělské praxi, vodním hospodářství a dalších odvětvích. Suchá období

mohou být různě dlouhá, rozeznáváme sucha krátkodobá, několikaměsíční či dokonce roční, kdy jsou v takovém období úhrny srážek velmi nízké.

Půdní sucho lze definovat jako nedostatek vody v kořenové vrstvě půdy, resp. v půdním profilu. Půdní sucho způsobuje poruchy ve vodním režimu volně rostoucích rostlin i zemědělských plodin. Nedostatek vody, který vzniká ve svrchních částech půdního horizontu, je především důsledkem předchozího nebo stále trvajících sucha klimatického. Půdní sucho je také základním předpokladem pro vznik zemědělského sucha (ČHMÚ, 2015).

Účinky půdního sucha se projevují u jednotlivých druhů rostlin různými způsoby. Závisí zde také na vývojové fázi rostliny, na stáří rostliny a také na nárocích na vodu, které jsou rozdílné v různých obdobích vývoje. Vedle teploty vzduchu a půdy je nejdůležitějším meteorologickým faktorem, který ovlivňuje vývoj rostlin, vlhkost půdy (ČHMÚ, 2015).

## 10. Vlastní šetření

V následujících kapitolách je popsáno zájmové území, na kterém bylo provedeno měření půdní vlhkosti s využitím přímých a nepřímých metod. Součástí vlastního šetření je i zrnitostní rozbor půdy, resp. odebraných vzorků. Veškerá naměřená data jsou zpracována do následujících tabulek a grafů.

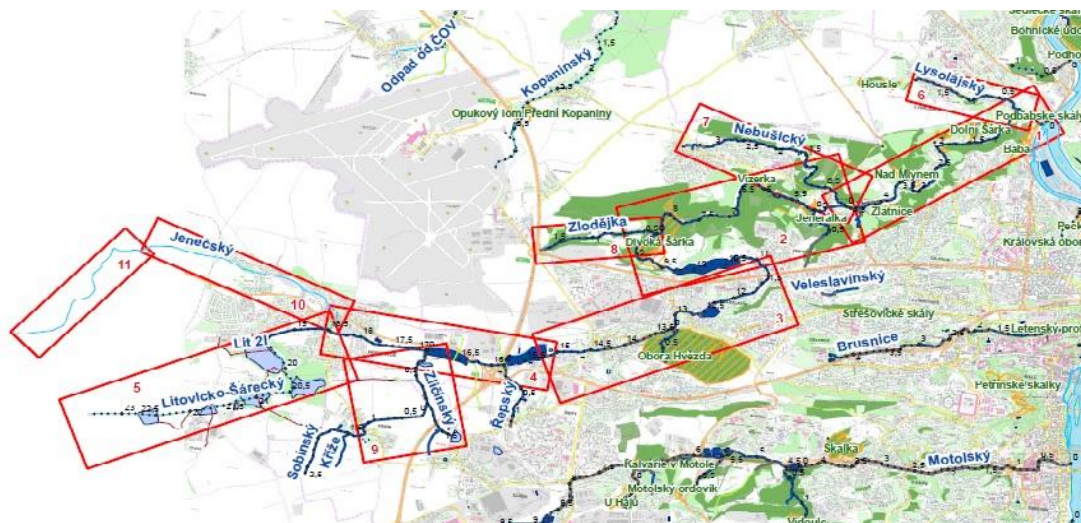
## 11. Popis zájmové lokality

### 11.1 Povodí Litovicko-Šáreckého potoka

Litovicko-Šárecký potok je dlouhý 21,28 km a plocha jeho povodí má rozlohu 62,9 km<sup>2</sup>. Potok pramení u obce Chýně, která se nachází v západní části Středočeského kraje. Do Vltavy se tento potok vlévá v Praze – Sedleci, přesněji v místech, ve kterých končí Císařský ostrov. K nejvýznamnějším přítokům Litovicko-Šáreckého potoka patří Zličínský, Nebušický, Lysolajský a Jenečský potok. Litovicko-Šárecký potok protéká nejprve soustavou několika rybníků, kde se jedná o rybníky Kala, Litovický, Břve a Strnad. Mimo hranice Prahy protéká tento potok ještě retenční nádrží Jiviny. Potok je dále pod Ruzyňskou věznicí v délce přibližně 1 km zatrubněn. Velká část potoka protéká skrz Šárecké údolí. Před vtokem do tohoto údolí je na potoce vybudováno vodní dílo Džbán, které slouží především pro rekreační účely. Název toku upozorňuje na dvě části potoka, kde horní část je nazývána Litovickým potokem a Šáreckým potokem je pak označován dolní úsek toku pod nádrží Džbán (Lesy hl. m. Prahy, 2016). Na obrázku č. 2 je zobrazena mapa znázorňující Litovicko-Šárecký potok a také jeho přítoky.

Obr. č. 2 – Mapa Litovicko-Šáreckého potoka

Zdroj: <http://www.praha-priroda.cz/>



## 11.2 Geomorfologický popis území

Povodí Litovicko-Šáreckého potoka se nachází na severozápadě Pražské plošiny, přesněji na tzv. Kladenské tabuli. Tato tabule se člení na 4 geomorfologické okrsky: Hostivická tabule, Slánská tabule, Zdibská plošina a Turská tabule, kde Litovecko-Šárecký potok, resp. jeho povodí se nachází na Hostivické tabuli. Tato tabule se nachází v oblasti souvislého rozšíření svrchnokřídových hornin, kde jsou pro toto území charakteristické rozsáhlé strukturní plošiny, tedy rozsáhlé rovinaté povrchy. Na horninách z dob proterozoika, staršího paleozoika, permokarbonu a svrchní křídy vznikly členité pahorkatiny tvořené dvěma úrovněmi strukturálních plošin. Na území, kde se nacházejí buližníky a bazalty vznikly místy tzv. suky a strukturní hřbety. Široká údolní deprese odkrývá na území městské zástavby křídové podloží ordovických hornin. Údolí dolního a středního toku Šáreckého potoka nacházející se v proterozoických buližnicích a břidlicích je epigenetického původu, je tedy hluboce zařiznuté do krajiny (Hrnčiarová a kol., 2009).

## 11.3 Geologický popis území

Hlavní město Praha se nachází na území, které bylo v průběhu své geologické historie zatopeno celkem třemi moři. Geologické podloží na tomto území je v současné době tvořené usazeninami ze zmiňovaných moří (Němec, Ložek, 1996).

Nejstarším geologickým útvarům na území Prahy je svrchní proterozoikum, kde je charakteristické střídání břidlic a drob, stejně jako v celé kralupsko-zbraslavské skupině. Na území severozápadní Prahy, tzn. v údolí Vltavy, Únětického a Šáreckého potoka, se kralupsko-zbraslavská skupina vyznačuje především čočkovitými vložkami odolného buližníku (silicitu). Z paleozoických uloženin jsou na zmiňovaných územích převážně horniny z ordoviku, dále břidlice a pískovce a také karbonátové horniny. Pro toto území je také charakteristické tzv. Šárecké souvrství, které dosahuje mocnosti 30 – 150 m. Dalšími horninami, které jsou v této lokalitě, jsou horniny z období svrchní křídy. Mezi tyto horniny patří prachovce, jílovce, vápence, pískovce a opuky. Mocnost těchto vrstev dosahuje až několik desítek metrů. Nejmladšími uloženinami jsou písky říčních teras a také písčité štěrky, dále pak sprašové hlíny a spraše, naváté písky, fluvialní a splachové písčitohlinité sedimenty z kvartéru (Kovanda a kol., 2001).

#### **11.4 Pedologický popis území**

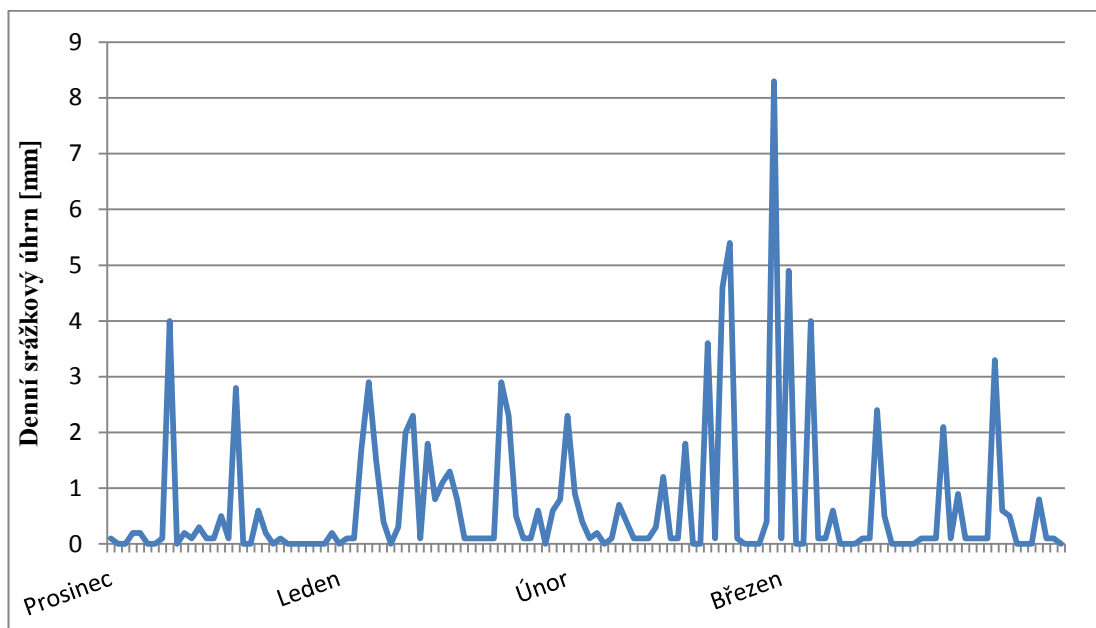
Na území, kde se nachází povodí Litovicko-Šáreckého potoka, jsou zastoupeny různé druhy půd. Největší zastoupení zde mají kambizemě a hnědozemě, jsou zde ale také v malé míře zastoupeny černozemě, luvizemě a luvické hnědozemě. Hnědozemě, které vznikly především ze spraší prachovic a také polygenetických hlín, se nacházejí především v mírně zvlněném či rovinatém reliéfu. Na celé tzv. Hostivické tabuli hnědozemně postupně přecházejí do luvických zemin. Směrem k Vltavě mají největší zastoupení kambizemě, které vznikly především v hlavním souvrství metamorfických, magmatických a zpevněných sedimentárních hornin. Vznik tolika druhů půd z velmi pestrého spektra substrátů má za následek jejich velmi velkou rozmanitost. Rozmanité jsou především z pohledu zrnitosti, trofismu a skeletovitosti. V hlavním souvrství často dochází k posunu zrnitostního složení především do střední kategorie v souvislosti s bazálním souvrstvím. K tomuto posunu dopomáhá hlavně obohacení půd prachem. Půdy nacházející se v tomto povodí jsou charakteristické relativně vysokou přirozenou retenční schopností, kde jsou schopny zachytit 100 – 600 l/m<sup>2</sup>. Ovšem u zemědělských půd je tato hodnota snížena téměř na polovinu (Hrnčiarová a kol., 2009).

#### **11.5 Srážkové úhrny**

V blízkosti povodí Litovicko-Šáreckého potoka se nachází pouze jedna klimatologická stanice. Jedná se o stanici Praha – Ruzyně, která se nachází v nadmořské výšce 364 m (ČHMÚ, 2016). Na níže uvedeném grafu č. 1 jsou zobrazeny měsíční srážkové úhrny na této stanici za měsíce prosinec, leden, únor a březen.

Graf č. 1 – Denní srážkový úhrn za prosinec 2015 – březen 2016

Zdroj: NCDC, <http://www.ncdc.noaa.gov/>



### 11.6 Vodní nádrže na území Litovicko-Šáreckého potoka

Na území, resp. povodí, Litovicko-Šáreckého potoka se nachází celkem 9 vodních nádrží. Jedná se o nádrže: rybník Bašta, Strahovský rybník, Břevský rybník, rybník Kala, Litovický rybník, rybník Strnad, rybník Jiviny, Libocký rybník a vodní nádrž Džbán (Lesy hl. m. Prahy, 2016).

### 11.7 Vodní nádrž Strnad

Rybník Strnad byl dokončen v roce 1958. Plocha hladiny je 83 447 m<sup>2</sup> a objem této nádrže dosahuje 114 015 m<sup>3</sup>. Na počátku sloužil rybník Strnad jako suchá nádrž k retenci velkých vod při případných povodních. Po roce 1969 byla nádrž upravena a došlo k jejímu trvalému napuštění. V současné době slouží tato vodní nádrž především ke zlepšení kvality vody Litovického potoka (Lesy hl. m. Prahy, 2016). V roce 2007 byla provedena revitalizace rybníka, což souviselo s jeho odbahněním a opravou opevnění hráze. Z rybníka bylo odvezeno celkem 25 000 m<sup>3</sup> sedimentu a kolem rybníka bylo vysázeno mnoho nových keřů a stromů (Hlavní město Praha, 2016). Na obrázku č. 3 je zobrazena poloha rybníku Strnad.



Obr. č. 3 – Rybník Strnad

Zdroj: <http://www.mapy.cz/>

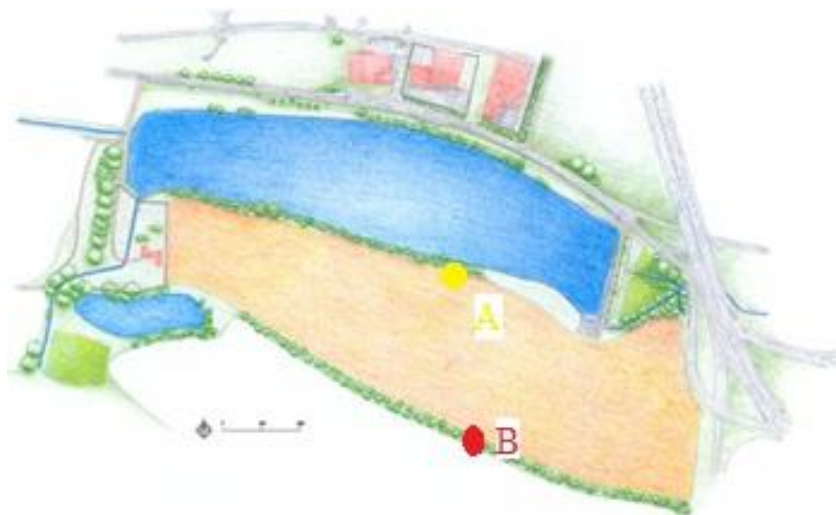


## 12. Měření v terénu

Na popsané lokalitě bylo využito přímých i nepřímých měření půdní vlhkosti. K přímé metodě měření půdního vlhka patří přímý odběr vzorků v terénu. Přímou metodou bylo odebráno celkem 10 vzorků, které byly dále zpracovány v laboratoři. Na obrázku č. 4 je zobrazeno, kde byly provedeny odběry půdních vzorků.

Obr. č. 4 – Místa odběrů půdních vzorků

Zdroj: Lesy hl. m. Prahy, 2016



V tabulce číslo 3 je podrobněji popsáno, kde a kdy byly odebrány vzorky. Dále jsou v této tabulce uvedeny také hodnoty naměřené hmotnostní vlhkosti, dále pak hodnota

objemové vlhkosti a také pórovitost. K výpočtům těchto hodnot byly využity hmotnosti odebraných vzorků před vysušením a po vysušení.

Tabulka č. 3 – Popis odebraných vzorků a jejich hmotnostní vlhkost, objemová vlhkost a pórovitost

<b>Odebrané vzorky</b>						
<b>Číslo vzorku</b>	<b>Datum</b>	<b>Místo odběru</b>	<b>Hloubka [cm]</b>	<b>Hmotnostní vlhkost [%]</b>	<b>Objemová vlhkost [%]</b>	<b>Pórovitost [%]</b>
1	2.12.2015	A	20	<b>24,1</b>	<b>35,3</b>	<b>44,6</b>
2	2.12.2015	A	40	<b>14,4</b>	<b>24,6</b>	<b>35,8</b>
3	2.12.2015	A	20	<b>19,6</b>	<b>29,3</b>	<b>43,5</b>
4	2.12.2015	A	20	<b>24,5</b>	<b>34,5</b>	<b>46,9</b>
5	2.12.2015	A	40	<b>21,1</b>	<b>35</b>	<b>37,6</b>
6	2.12.2015	A	40	<b>21,2</b>	<b>32,1</b>	<b>42,8</b>
7	22.12.2015	B	20	<b>24,1</b>	<b>27,5</b>	<b>57</b>
8	22.12.2015	B	20	<b>24,5</b>	<b>26,9</b>	<b>58,5</b>
9	22.12.2015	B	40	<b>14,2</b>	<b>18,2</b>	<b>51,9</b>
10	22.12.2015	B	40	<b>14,3</b>	<b>19,2</b>	<b>49,2</b>

Dále byly v místech odběru odebrány vzorky ve stejných hloubkách jako výše popsané odběry, tzn. ve 20 a 40 cm. Celkem byly takto odebrány 4 vzorky, které byly dále podrobeny zrnitostnímu rozboru.

V daných lokalitách byly dále použity i nepřímé metody měření půdního vlhka pomocí sond TMS – 3, které byly umístěny do 20 a 40 cm. Tyto sondy měřily půdní vlhkost pro tuto práci od prosince 2015 do dubna 2016. Sondy na dané lokalitě byly v zemi ponechány k dalšímu kontinuální měření.

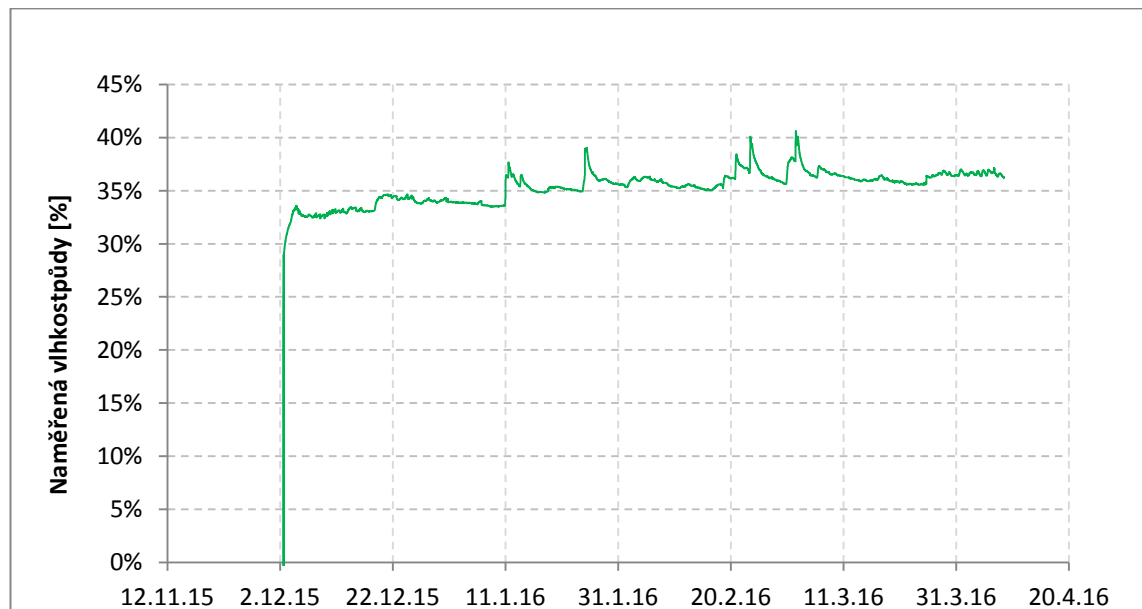
### **13. Vyhodnocení dat odebraných ze sond TMS – 3**

Vyhodnocení dat odebraných ze všech 4 sond umístěných do hloubky 20 a 40 cm ve dnech 2. 12. 2015 a 22. 12. 2015 probíhalo pomocí kalibrovacího softwaru od výrobce (TOMST) sond TMS – 3. Pomocí tohoto softwaru byla každá křivka kalibrována pomocí naměřených teplot, které je tato sonda schopná sama naměřit. Dále bylo potřebné zvolit správný typ půdy, resp. zastoupení složek písku, prachu a jílu v půdě. Na tuto kalibraci byly použity naměřené hodnoty ze zrnitostního rozboru půdy provedené hustoměrnou metodou.

### 13.1 Sonda z 2. 12. 2015 z hloubky 20 cm

Tato sonda je umístěna v místě A (viz. obr. č. 4). Z dat získaných měření půdní vlhkosti sondou TMS – 3 byla kalibrována a byla z nich vytvořena křivka, která je zobrazena na grafu č. 2. Z tohoto grafu je patrné, že vzhledem ke své vzdálenosti k břehu rybníka Strnad (vzdálenost do 20 m), je půdní vlhkost v podstatě stabilní, většina naměřených hodnot se pohybuje okolo 35 %. Patrný je postupný pomalý růst křivky, který je způsobený daným ročním obdobím, kdy se do půdy vsakuje více vody z atmosférických srážek. Na grafu jsou patrné 4 výraznější období, kdy docházelo k postupnému navýšení půdní vlhkosti směrem k 40 %. Tato období souvisejí se srážkovým úhrnem, kdy v průběhu ledna a na přelomu měsíců února a března docházelo k výraznějším srážkám. Lednové denní úhrny srážek dosahovaly i 3 mm a nejvýše zaznamenané srážky byly koncem února a na počátku března, kde denní srážkový úhrn dosahoval i hodnot přes 8 mm (viz. kap. 11.5). Právě tyto srážky mají za následek dočasné zvýšení půdní vlhkosti, která po určitém čase opět lehce klesá k 35 %. Vliv malé vodní nádrže na půdní vlhkost je tedy zcela patrný, výraznější výkyvy způsobují pouze delší srážkové úhrny. Tyto výkyvy jsou zcela nepochybně spojeny i s menší hloubkou, ve které je sonda umístěna.

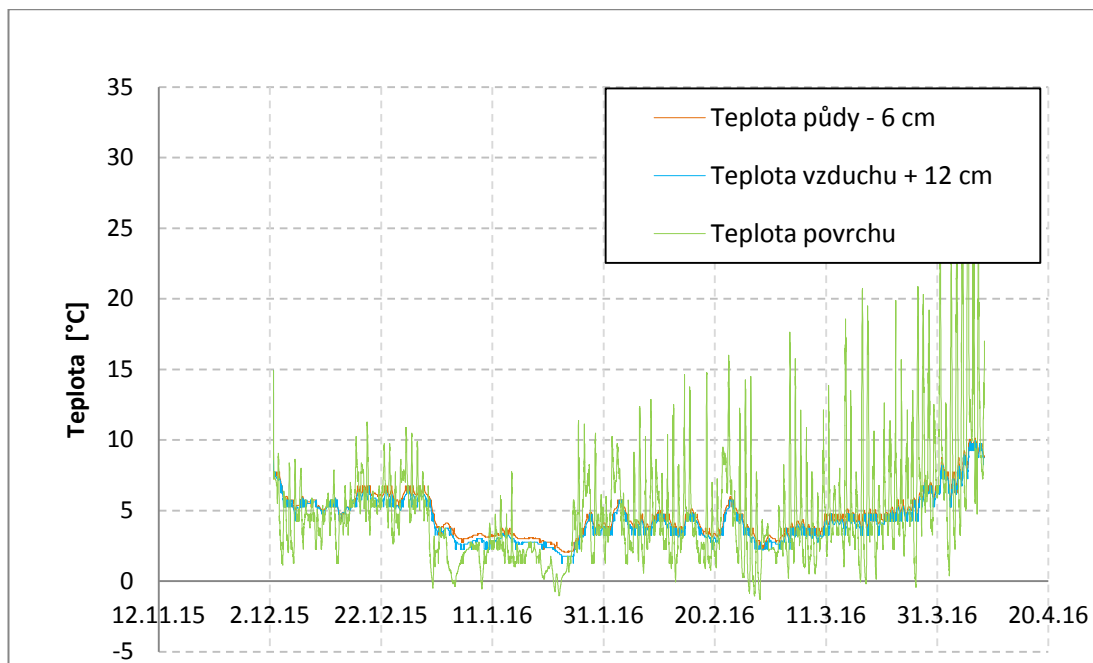
Graf č. 2 – Kalibrovaná křivka půdní vlhkosti 1



S měření půdní vlhkosti souvisí i měření teplot, které jsou dále potřebné pro kalibraci křivky znázorňující půdní vlhkost. Tyto naměřené teploty jsou zobrazeny

na grafu č. 3. Z tohoto grafu je patrné, že nejvíce kolísá teplota povrchu. Ostatní naměřené teploty se pohybují kolem 5°C.

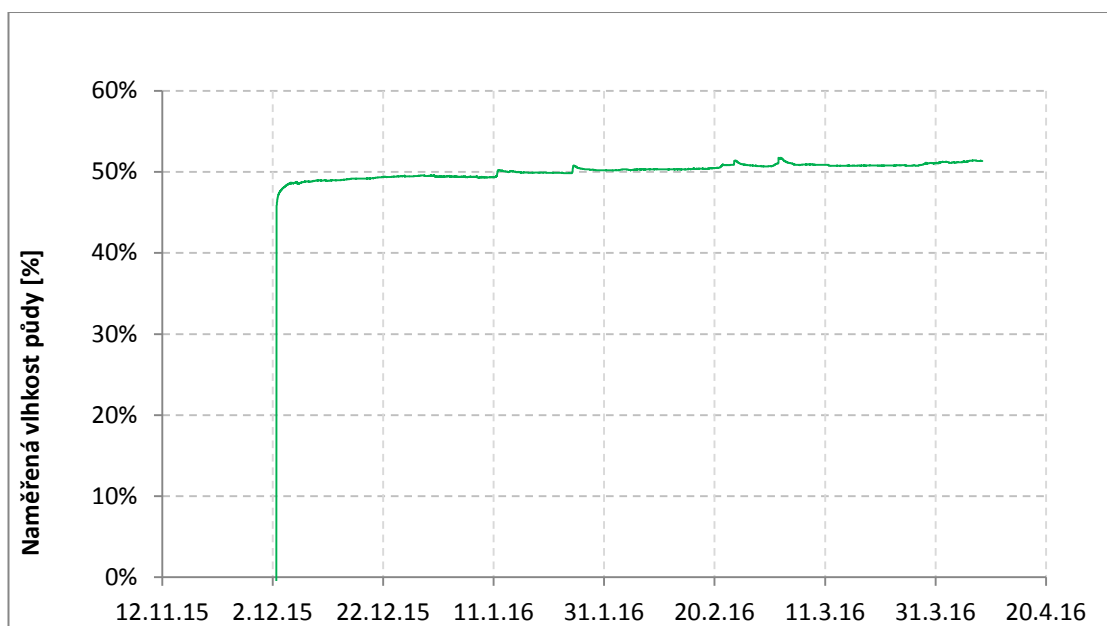
Graf č. 3 – Křivky naměřených teplot 1



### 13.2 Sonda z 2. 12. 2015 z hloubky 40 cm

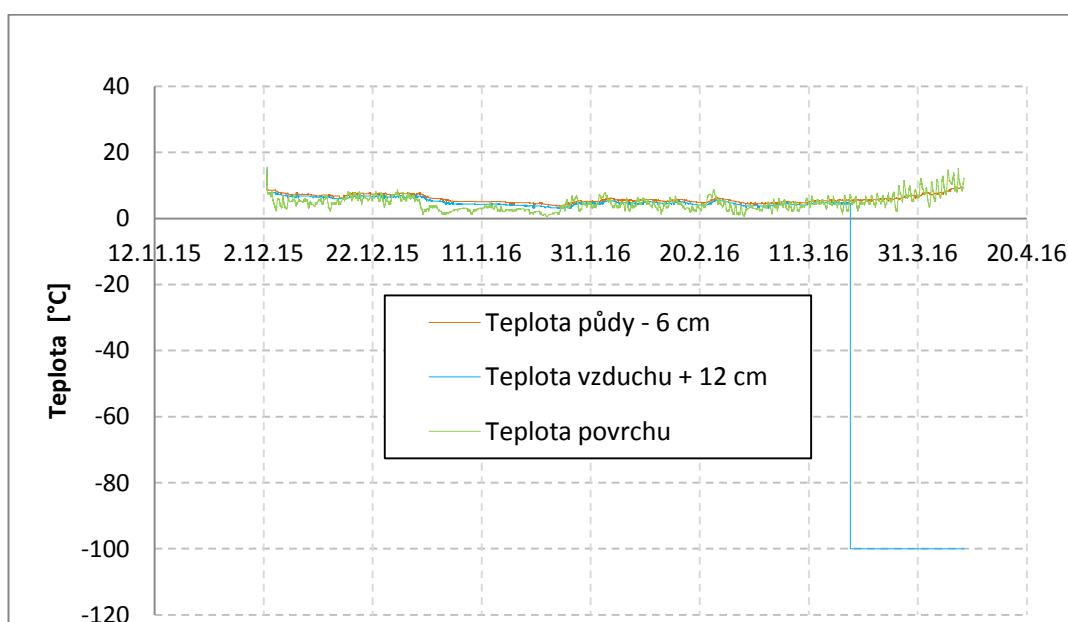
Tato sonda je stejně jako, předchozí umístěna v místě A (viz. obr. č. 4). Z dat získaných měření půdní vlhkosti sondou TMS – 3 byla kalibrována a byla z nich vytvořena křivka, která je zobrazena na grafu č. 4. Z tohoto grafu je patrná větší stabilita půdní vlhkosti. To je způsobeno právě blízkostí malé vodní nádrže (do 20 m od břehové linie) a také tím, že sonda je umístěna do větší hloubky. Pomalý nárůst způsobuje opět období, ve kterém měření probíhalo. Z grafu je dále patrné, že atmosférické srážky nemají v této hloubce již tak výrazný vliv jako v předchozím případě. Jejich projev je slabý a půdní vlhkost se stabilně drží v hodnotách okolo 50 %.

Graf č. 4 – Kalibrovaná křivka půdní vlhkosti 2



S měřením půdní vlhkosti opět souvisí i měření teplot, které vlhkost výrazně ovlivňují. Tyto teploty jsou zobrazeny na grafu č. 5. I v tomto případě jsou nejvyšší výkyvy zaznamenány na povrchu. V tomto případě dále došlo k selhání senzoru pro měření teploty vzduchu v půlce března. Toto selhání ovšem nemělo výrazný vliv na výsledky měření půdní vlhkosti, neboť ostatní 2 senzory, které jsou určeny pro měření teploty půdy a povrchu, nesehaly a bylo tak možné provést kalibraci naměřených dat půdní vlhkosti.

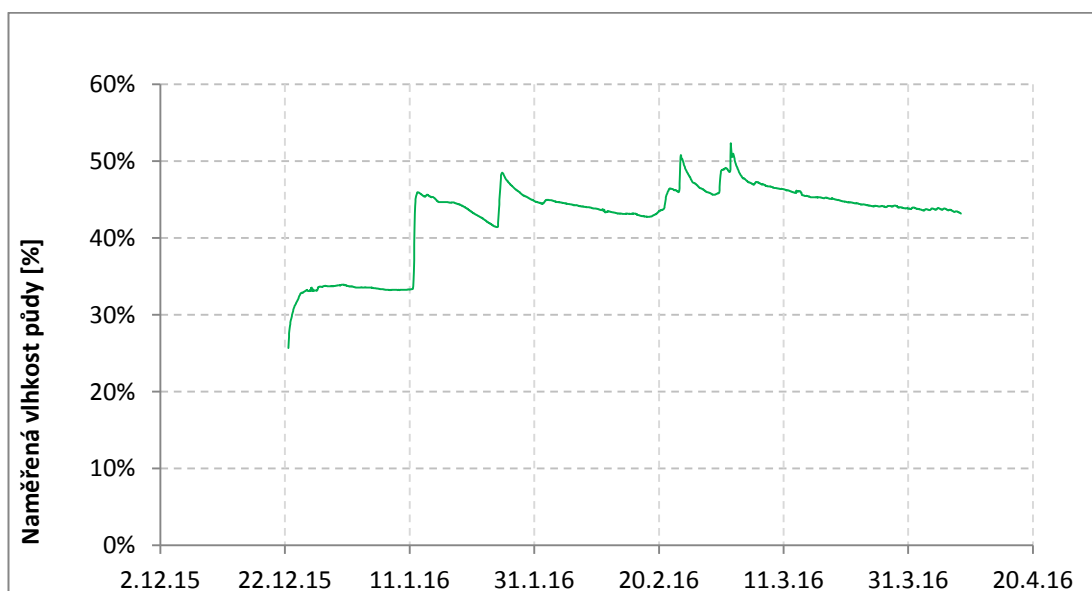
Graf č. 5 – Křivky naměřených teplot 2



### 13.3 Sonda z 22. 12. 2015 z hloubky 20 cm

Tato sonda je umístěna v místě B (viz. obr. č. 4). Vzdálenost od břehové linie rybníku Strnad je přibližně 200 m. Z dat získaných měřením půdní vlhkosti sondou TMS – 3 byla kalibrována a byla z nich vytvořena křivka, která je zobrazena na grafu č. 6. Z tohoto grafu je patrné, že vliv vodní nádrže na měřenou půdní vlhkost je minimální, resp. žádný. Půdní vlhkost je v této vzdálenosti závislá na atmosférických srážkách a vsaku vody do půdy. Jsou zde patrná 4 období, kdy docházelo k výraznějším denním srážkovým úhrnům. Tyto srážkové úhrny a hloubka, ve které je sonda umístěna, mají velmi výrazný vliv na kolísání půdní vlhkosti. Rozdíly v obsahu vody v půdě dosahují hodnot přes 25 %. Z grafu je patrné, že především na počátku měření byl obsah vody v půdě relativně nízký a pohyboval se okolo hodnot 27 %. Za měsíc prosinec nebyly zaznamenány výrazné srážkové úhrny, ale i ty občasné měly pozitivní vliv na zvýšení půdní vlhkosti nad 30 %. K rychlému nárůstu přispěly především 4 období s výraznějšími dešti, kde hodnoty půdní vlhkosti přesáhly v několika dnech 50 %. Nicméně od počátku března je patrný opět stálý pokles půdní vlhkosti a v případě absence srážkových úhrnů je velmi pravděpodobné, že bude docházet ke stále klesajícímu zastoupení vody v půdě, neboť v této vzdálenosti nemá vodní nádrž žádný výrazný vliv.

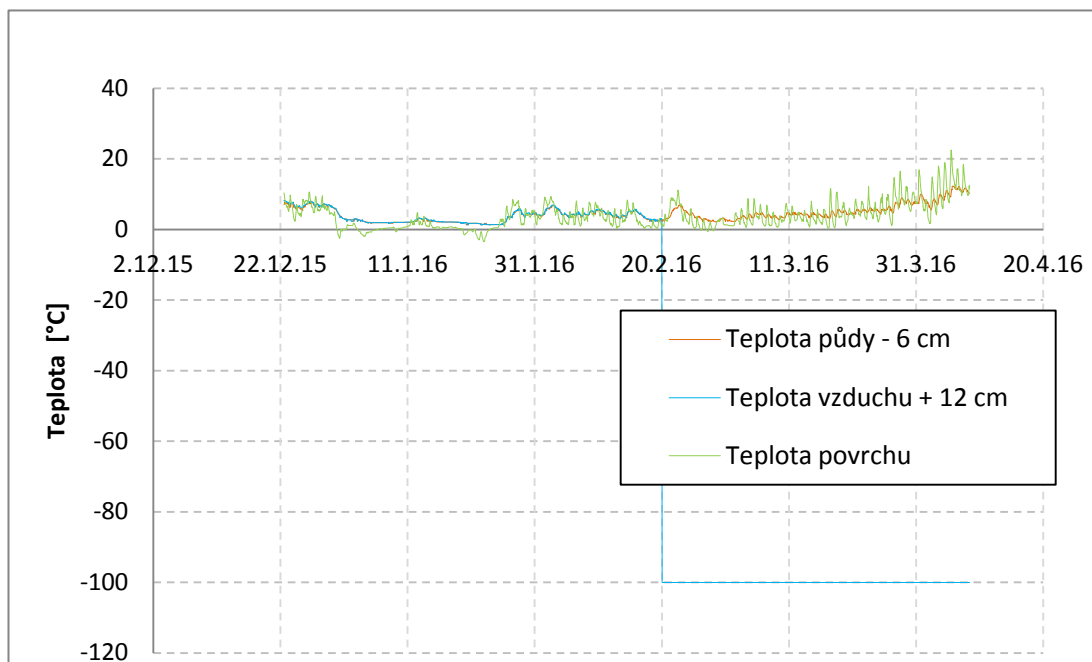
Graf č. 6 – Kalibrovaná křivka půdní vlhkosti 3



S měřením půdní vlhkosti opět souvisí měření teplot zobrazených na grafu č. 7. Nejvýraznější jsou změny teplot na povrchu, které dosahovaly hodnot bod bodem mrazu (až  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a nejvyšších hodnot dosahovaly na přelomu března a dubna, kde se

jednalo o hodnoty přes 20 °C. V tomto případě opět došlo k selhání senzoru určeného k měření teploty vzduchu.

Graf č. 7 – Křivky naměřených teplot 3

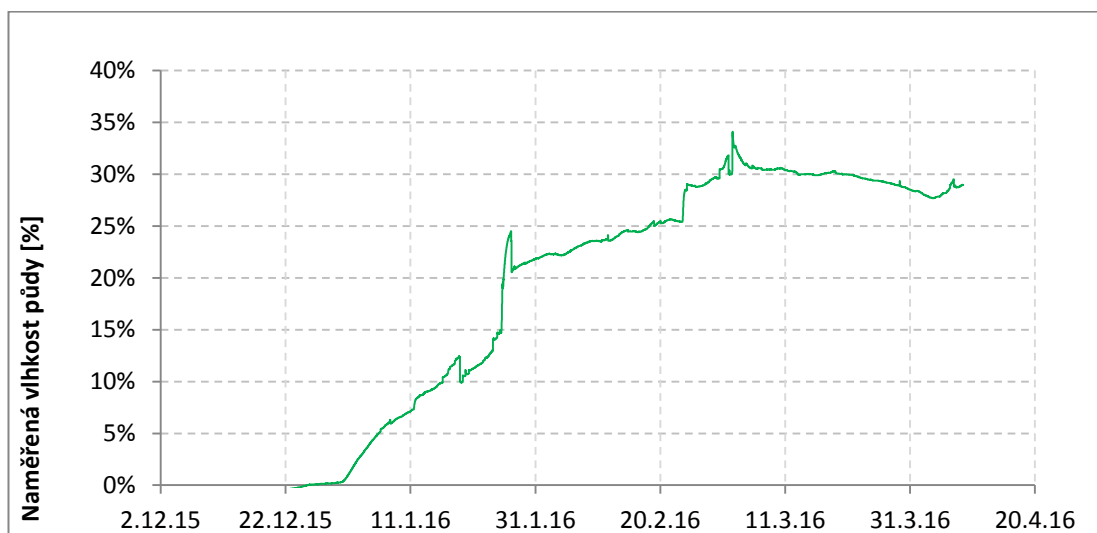


#### 13.4 Sonda z 22. 12. 2015 z hloubky 40 cm

Tato sonda je umístěna v místě B (viz. obr. č. 4). Z dat získaných měření půdní vlhkosti sondou TMS – 3 byla kalibrována a byla z nich vytvořena křivka, která je zobrazena na grafu č. 8. Z tohoto grafu je patrné, že na počátku měření byla vlhkost půdy téměř nulová. V tomto případě se jednalo o půdní sucho, kterým je tato oblast výrazně ohrožena, jak je patrné v příloze č. 1. Nárůst půdní vlhkosti byl způsoben atmosférickými srážkami v daném období. Projev srážkových úhrnů je zde nejvýraznější ze všech provedených měření. Vliv vodní nádrže, která se nachází relativně blízko, zde není zaznamenán žádný. S porovnáním srážkových úhrnů na grafu č. 1 je patrné, že období s malým nebo žádným srážkovým úhrnem mají velký vliv na půdní vlhkost. Takové období lze spatřit např. v lednu, kdy během několika dní nespady na zem téměř žádné srážky a tím docházelo k prudkému poklesu půdní vody. Aby se hodnota půdní vlhkosti postupně zvyšovala, je potřeba trvalejších půdních srážek, aby se voda mohla vsáknout i do hloubky, kde bylo provedeno měření. V únoru byly alespoň malé srážkové úhrny zaznamenány v podstatě každý den, což je na grafu patrné v neustálém růstu. Na přelomu měsíců února a března docházelo k již zmiňovaným vyšším srážkovým úhrnům, což mělo za následek

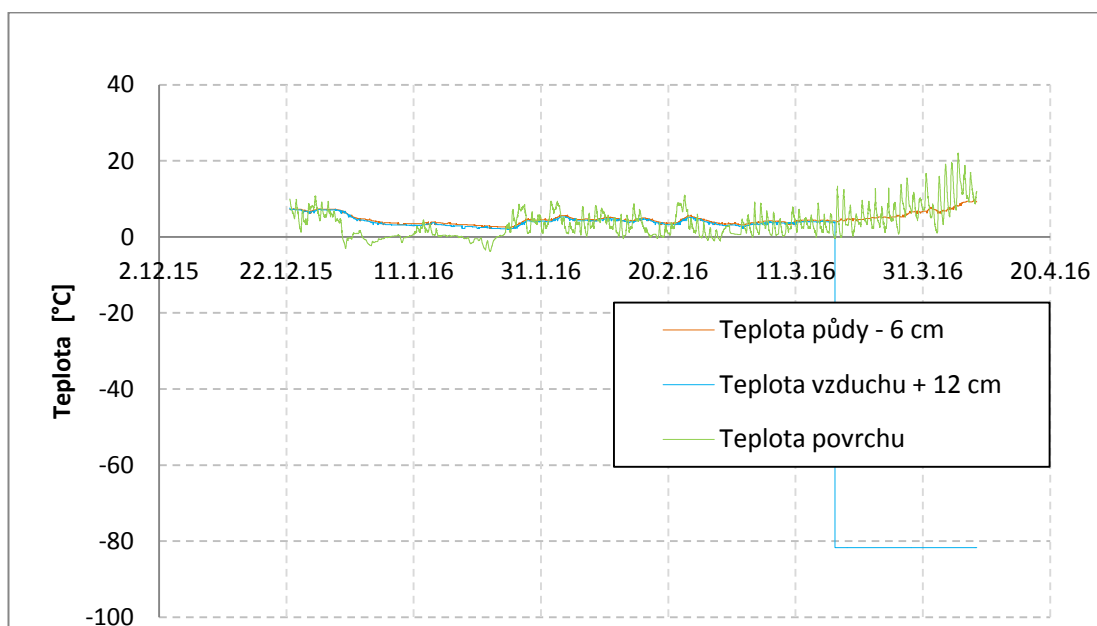
výrazný nárůst vlhkosti půdy. Nejvyšší hodnota byla naměřena právě na začátku března (téměř 35 %). V průběhu března již ubylo srážkových úhrnů a vlivem několika dní beze srážek začala opět hodnota půdní vlhkosti klesat a dostala se pod hranici 30 %.

Graf č. 8 – Kalibrovaná křivka půdní vlhkosti 4



I s tímto měřením souviselo měření teplot. Opět zde docházelo k výraznému kolísání teplot na povrchu, což je patrné na grafu č. 9. Naměřená teplota vzduchu dosahovala přibližně stále stejných hodnot, ale i v případě této sondy došlo k selhání senzoru, který měřil tuto teplotu.

Graf č. 9 – Křivky naměřených teplot 4





Z výsledků měření je patrný vliv malé vodní nádrže na půdní vlhkost jen v jejím nejbližším okolí. Tento vliv potvrzují obě použité metody, tedy jak přímý odběr vzorků půdy v terénu a následné určení objemové vlhkosti půdy, tak i nepřímá metoda měření půdní vlhkosti.

Naměřené hodnoty pomocí sond TMS – 3 byly dále porovnány s naměřenými hodnotami přímého měření v terénu. K tomuto porovnání byly využity vypočtené hodnoty objemové vlhkosti půdy. Hodnoty objemové vlhkosti naměřené 2. 12. 2015 v hloubce 20 cm v podstatě odpovídaly hodnotám naměřených sondou ve stejný den. Rozdílné hodnoty byly naměřeny ve stejný den v hloubce 40 cm. Tento rozdíl může být způsoben především kalibrací sond v kalibračním softwaru, kde v kalibračním softwaru jsou na výběr jiné druhy půd. Muselo tedy dojít k přidání hodnot zjištěných hustoměrnou metodou a tím může být způsobena odchylka mezi přímým a nepřímým měřením, neboť v softwaru od výrobce je použit pozměněný typ databáze pro určování typů půd. Podobný je i výsledek porovnání měření přímé a nepřímé metody z 22. 12. 2015, kde hodnoty ve 20 cm byly v podstatě shodné, ale v hloubce 40 cm došlo k rozdílným výsledkům. To může být opět způsobeno rozdílnou definicí typu půdy.

#### 14. Zrnitostní rozbory vzorků

Pro zrnitostní rozbory vzorků byl použit metodický postup Vally a kol. (2002), kde byla využita hustoměrná metoda. Celkem se jednalo o rozbor 4 vzorků odebraných ve dnech 2. 12. 2015 a 22. 12. 2015 z hloubky 20 a 40 cm. Pro rozbor byl využit kalibrovaný hustoměr s kalibrovaným odměrným (sedimentačním) válcem. Údaje o kalibraci jsou zaznamenány do tabulky č. 4.

Tabulka č. 4 – Kalibrace páru odměrný (sedimentační) válec - hustoměr

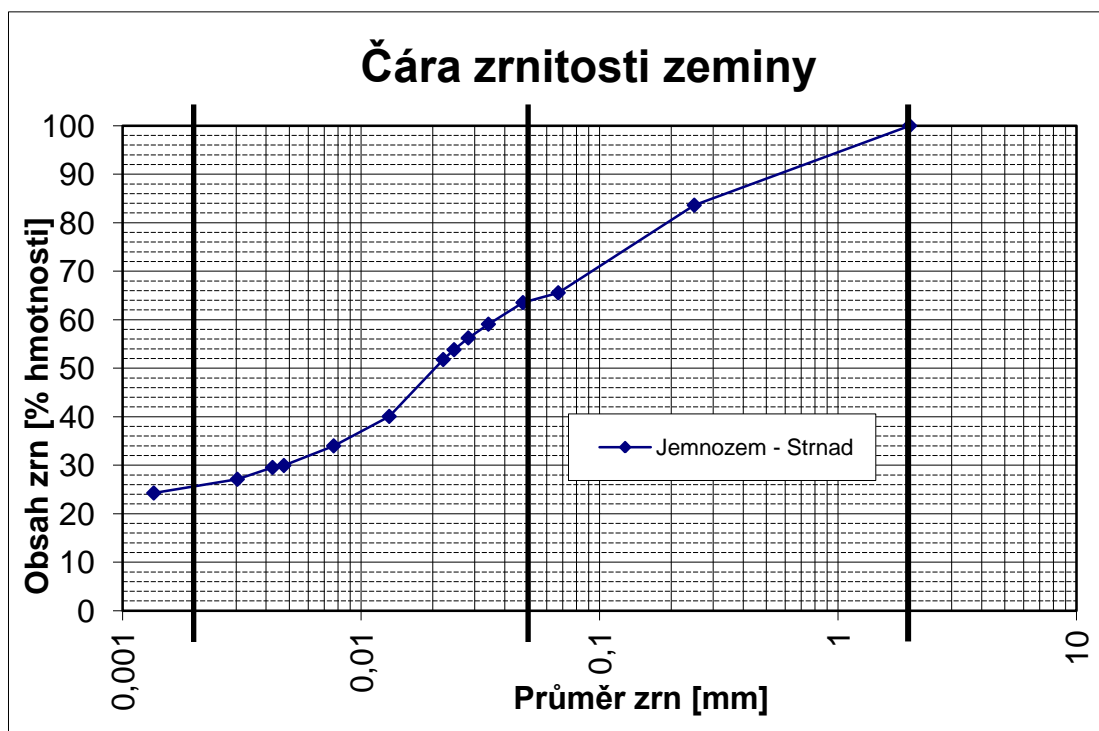
S	30	
L	9,345	cm
F	29,4117647	cm <sup>2</sup>
h/2	9,35	cm
V	56	cm <sup>3</sup>

Hodnota S udává počet velkých dílků na stupnici, hodnota L je délka stupnice hustoměru, hodnota F je plocha průřezu a hodnota V je objem hustoměru.

#### 14.1 Vzorek z 2. 12. 2015 z hloubky 20 cm

Vzorek odebrané půdy měl celkovou hmotnost 135,3 g. Jemnozeme (částice menší než 2mm) tvořila 95,27 % celkové hmotnosti, přesně se jednalo o 128,9 g. Zbytek, tedy 4,73 % (6,4 g), tvořil skelet s průměrem zrn přesahující 2 mm. Z jemnozeme bylo pro účely hustoměrné metody odebráno 40,154 g. Tento odebraný vzorek bylo nutné upravit pomocí korekce na hmotnost suché půdy. Tato korekce byla provedena z dalších dvou odebraných vzorků o váhách 11,993 g a 10,148 g před vysušením, po vysušení 11,843 g a 10,033 g. Z těchto hodnot byl určen obsah vody v obou vzorcích a vypočítán průměr suché zeminy, který dosahoval 98,8 %, kde těmito procenty byla upravena původní navážená hodnota 40,154 g. Po korekci bylo pro účel hustoměrné metody použito **39,68 g** jemnozeme. Dále proběhlo měření vzorku hustoměrnou metodou a byla vytvořena čára zrnitosti. Výsledky z měření jsou v tabulce v příloze č. 2. Tyto výsledky byly základem k sestavení čáry zrnitosti. Tato čára zrnitosti je znázorněna na grafu č. 10.

Graf č. 10 – Čára zrnitosti zeminy 1



Z grafu (čáry zrnitosti) byly odečteny údaje o zkoumaném vzorku, resp. o procentuálním zastoupení jeho složek. Jedná se o zastoupení jílu, prachu a písku. V tomto vzorku se nacházelo:

**26 % jílu** (částic o rozměru < 0,002 mm),

**38 % prachu** (částic o rozměru 0,002 – 0,05 mm),

**36 % písku** (částic o rozměru 0,05 – 2 mm).

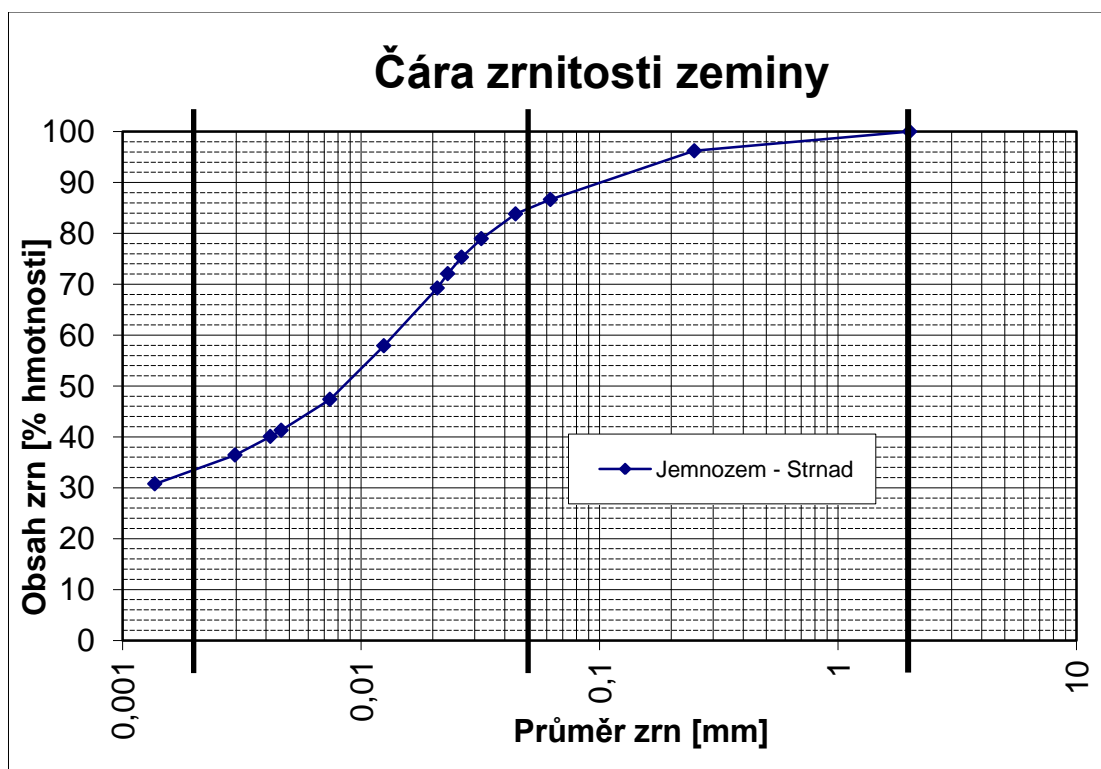
Částic větších než 0,25 mm obsahoval vzorek 6,5 g, tedy 16,38 % navážky.

Dle hodnocení pomocí klasifikace USDA Soil Taxonomy se v tomto případě jednalo o **LOAM**, tedy o **hlínu**.

#### **14.2 Vzorek z 2. 12. 2015 z hloubky 40 cm**

Vzorek odebrané půdy měl celkovou hmotnost 95,5 g. Jemnozeme (částice menší než 2mm) tvořila 94,87 % celkové hmotnosti, přesně se jednalo o 90,6 g. Zbytek, tedy 5,13 % (4,9 g), tvořil skelet s průměrem zrn přesahující 2 mm. Z jemnozeme bylo pro účely hustoměrné metody odebráno 40,345 g. Tento odebraný vzorek bylo nutné upravit pomocí korekce na hmotnost suché půdy. Tato korekce byla provedena z dalších dvou odebraných vzorků o váhách 10,054 g a 9,782 g před vysušením, po vysušení 9,881 g a 9,615 g. Z těchto hodnot byl určen obsah vody v obou vzorcích a vypočítán průměr suché zeminy, který dosahoval 98,27 %, kde těmito procenty byla upravena původní navážená hodnota 40,345 g. Po korekci bylo pro účel hustoměrné metody použito **39,65 g** jemnozeme. Dále proběhlo měření vzorku hustoměrnou metodou a byla vytvořena čára zrnitosti. Výsledky z měření jsou v tabulce v příloze č. 3. Tyto výsledky byly základem k sestavení čáry zrnitosti. Tato čára zrnitosti je znázorněna na grafu č. 11.

Graf č. 11 – Čára zrnitosti zeminy 2



Z grafu (čáry zrnitosti) byly odečteny údaje o zkoumaném vzorku, resp. o procentuálním zastoupení jeho složek. Jedná se o zastoupení jílu, prachu a písku. V tomto vzorku se nacházelo:

**34 % jílu** (částic o rozměru < 0,002 mm),

**51 % prachu** (částic o rozměru 0,002 – 0,05 mm),

**15 % písku** (částic o rozměru 0,05 – 2 mm).

Částic větších než 0,25 mm obsahoval vzorek 1,5 g, tedy 3,78 % navážky.

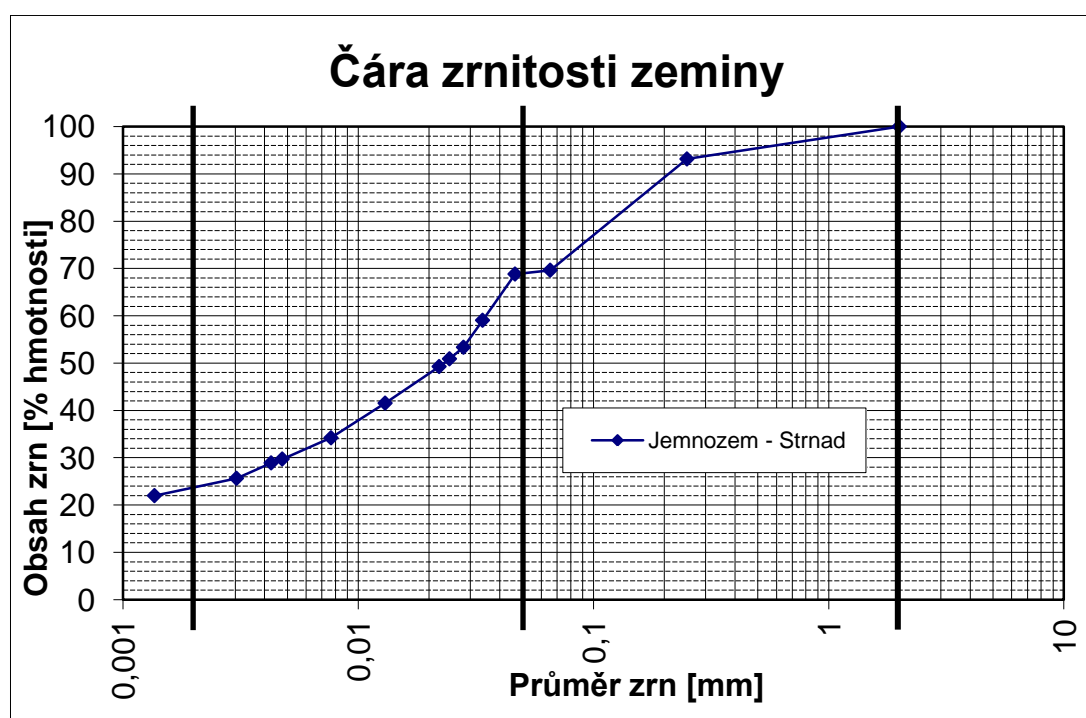
Dle hodnocení pomocí klasifikace USDA Soil Taxonomy se v tomto případě jednalo o **SILTY CLAY LOAM**, tedy o **prachovitou jílovitou hlínu**.

### 14.3 Vzorek z 22. 12. 2015 z hloubky 20 cm

Vzorek odebrané půdy měl celkovou hmotnost 187,436 g. Jemnozeme (částice menší než 2mm) tvořila 92,81 % celkové hmotnosti, přesně se jednalo o 173,97 g. Zbytek, tedy 7,19 % (13,47 g), tvořil skelet s průměrem zrn přesahující 2 mm. Z jemnozeme bylo pro účely hustoměrné metody odebráno 40,134 g. Tento odebraný vzorek bylo nutné upravit pomocí korekce na hmotnost suché půdy. Tato korekce byla provedena

z dalších dvou odebraných vzorků o váhách 11,55 g a 11,798 g před vysušením, po vysušení 11,342 g a 11,594 g. Z těchto hodnot byl určen obsah vody v obou vzorcích a vypočítán průměr suché zeminy, který dosahoval 98,24 %, kde těmito procenty byla upravena původní navážená hodnota 40,134 g. Po korekci bylo pro účel hustoměrné metody použito **39,43 g** jemnozeme. Dále proběhlo měření vzorku hustoměrnou metodou a byla vytvořena čára zrnitosti. Výsledky z měření jsou v tabulce v příloze č. 4. Tyto výsledky byly základem k sestavení čáry zrnitosti. Tato čára zrnitosti je znázorněna na grafu č. 12.

Graf č. 12 – Čára zrnitosti zeminy 3



Z grafu (čáry zrnitosti) byly odečteny údaje o zkoumaném vzorku, resp. o procentuálním zastoupení jeho složek. Jedná se o zastoupení jílu, prachu a písku. V tomto vzorku se nacházelo:

**22 % jílu** (částic o rozměru < 0,002 mm),

**47 % prachu** (částic o rozměru 0,002 – 0,05 mm),

**31 % písku** (částic o rozměru 0,05 – 2 mm).

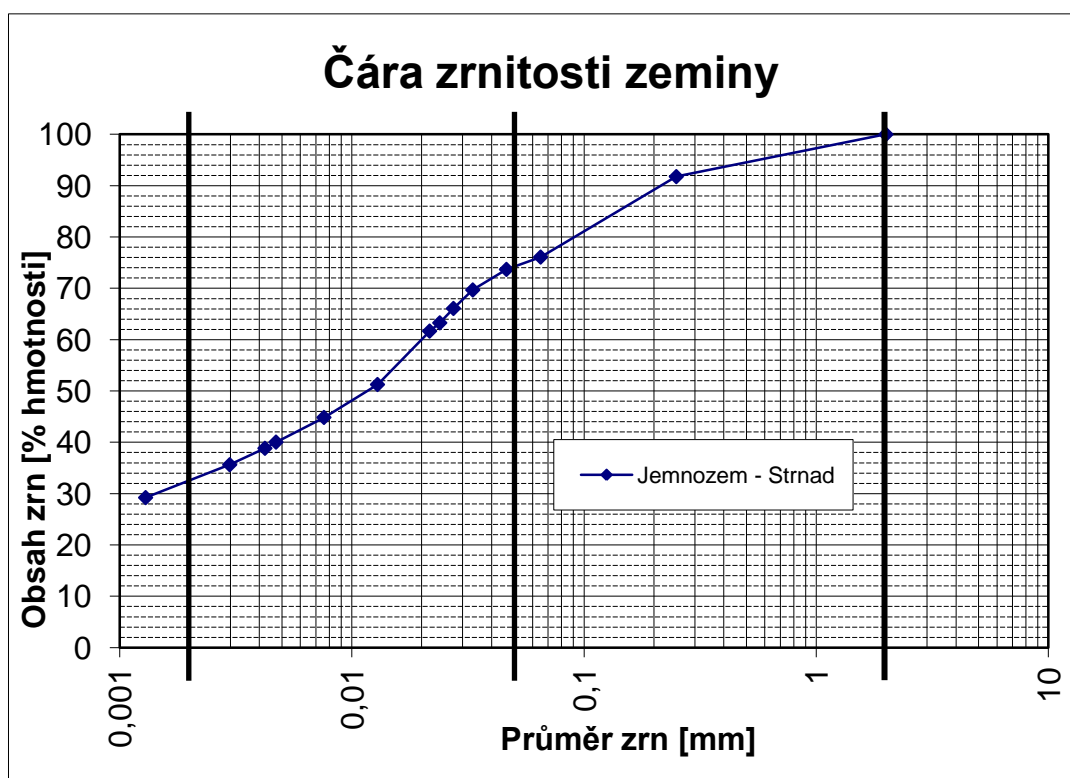
Částic větších než 0,25 mm obsahoval vzorek 2,7 g, tedy 6,85 % navážky.

Dle hodnocení pomocí klasifikace USDA Soil Taxonomy se v tomto případě jednalo o **LOAM**, tedy o **hlínu**.

#### 14.4 Vzorek z 22. 12. 2015 z hloubky 40 cm

Vzorek odebrané půdy měl celkovou hmotnost 163,735 g. Jemnozeme (částice menší než 2mm) tvořila 97,17 % celkové hmotnosti, přesně se jednalo o 159,098 g. Zbytek, tedy 2,83 % (4,637 g), tvořil skelet s průměrem zrn přesahující 2 mm. Z jemnozeme bylo pro účely hustoměrné metody odebráno 41,377 g. Tento odebraný vzorek bylo nutné upravit pomocí korekce na hmotnost suché půdy. Tato korekce byla provedena z dalších dvou odebraných vzorků o váhách 12,574 g a 8,548 g před vysušením, po vysušení 12,18 g a 8,284 g. Z těchto hodnot byl určen obsah vody v obou vzorcích a vypočítán průměr suché zeminy, který dosahoval 96,89 %, kde těmito procenty byla upravena původní navážená hodnota 41,377 g. Po korekci bylo pro účel hustoměrné metody použito **40,09 g** jemnozeme. Dále proběhlo měření vzorku hustoměrnou metodou a byla vytvořena čára zrnitosti. Výsledky z měření jsou v tabulce v příloze č. 5. Tyto výsledky byly základem k sestavení čáry zrnitosti. Tato čára zrnitosti je znázorněna na grafu č. 13.

Graf č. 13 – Čára zrnitosti zeminy 4



Z grafu (čáry zrnitosti) byly odečteny údaje o zkoumaném vzorku, resp. o procentuálním zastoupení jeho složek. Jedná se o zastoupení jílu, prachu a písku. V tomto vzorku se nacházelo:

**32 % jílu** (částic o rozměru < 0,002 mm),

**42 % prachu** (částic o rozměru 0,002 – 0,05 mm),

**26 % písku** (částic o rozměru 0,05 – 2 mm).

Částic větších než 0,25 mm obsahoval vzorek 3,3 g, tedy 8,23 % navážky.

Dle hodnocení pomocí klasifikace USDA Soil Taxonomy se v tomto případě jednalo o **CLAY LOAM**, tedy o **jílovitou hlínu**.

## 15. Diskuse

Půdní voda je velmi důležitou složkou v životním prostředí. Objem této podpovrchové vody v mnohých případech výrazně převyšuje objem povrchových vod. Pokorná a Zábranská (2007) popisují několik metod, jak půdní vodu změřit. K takovým metodám patří přímé a nepřímé metody. Z přímých metod je nejvíce využívána metoda gravimetrická, která je ovšem velmi časově a někdy i fyzicky náročná, jelikož je potřeba odebírat vzorky půdy v terénu. Kutílek (1984) tuto metodu označuje jako destruktivní, neboť souvisí s náročným odkrytím půdního horizontu. Jako jinou možnost uvádí metody nedestruktivní, tedy nepřímé, kde většinou nedochází k náročnému odkrývání půdního horizontu. Zde ovšem závisí i na typu používaných sond, neboť např. sondy TMS – 3 je potřeba, pokud chceme měřit ve větších hloubkách, do půdního horizontu zavádět horizontálně a s tím souvisí odkrytí půdního profilu. V takovém případě je možné používat rovnou i metodu přímého měření půdní vlhkosti. Metodou zcela nedestruktivní je tzv. DPZ, tedy dálkový průzkum Země.

Pomocí této metody je možné z oběžné dráhy mapovat vlhkost půdy v podstatě na všech místech na Zemi. Takové měření provádí např. sonda SMAP vyrobená organizací NASA. Je ovšem otázkou, které metody jsou nejpřesnější. Půdní vlhkost je závislá na mnoha faktorech a její vyhodnocení úzce souvisí i s typem měřené půdy, přesněji s jejím zrnitostním složením. A zde nastává další komplikace, neboť určení struktury půdy, tedy jejího zrnitostního složení záleží na použité metodě hodnocení a dále také např. na správné přípravě vzorku, správném promíchání či na teplotě okolí. Z různých metod je tedy možné dojít k mírně odlišným výsledkům. Hlavním problémem ovšem nastává při určení půdního typu.

K určení půdního typu lze využívat různých klasifikačních metod zrnitostního složení. Kutílek (1978) uvádí např. klasifikaci zrnitosti půdy dle Nováka či klasifikaci zrnitosti půdy dle Kopeckého. Obě tyto metody je možné používat na našem území. Další možnou metodou je využití tzv. USDA Soil Taxonomy. Z každé této metody může ve výsledku vycházet lehce odlišný typ půdy, což může ovšem výrazně ovlivnit výsledky a tím může docházet k různým údajům obsahu půdní vody na stejné lokalitě. Důležité je tedy pro každé měření zvolit pouze jeden typ klasifikace a tím získat správné výsledky.



## 16. Závěr

Z výsledků této práce je patrný poměrně malý vliv vodní nádrže Strnad na okolní půdní vlhkost. Tomuto závěru odpovídají data z přímých i nepřímých metod. Změřené hodnoty půdní vlhkosti jsou v některých případech rozdílné. Jedná se především o měření ve větších hloubkách. Zde docházelo k výraznějším odchylkám ve výsledcích přímé a nepřímé metody. Tyto odchylky jsou způsobeny především složitou a náročnou kalibrací dat odebraných nepřímou metodou, tedy sondami TMS - 3. Odchylku může ovšem způsobit náročný přímý odběr vzorků v terénu, kde především suchá půda, která se nachází ve větších hloubkách, je náročná odebrat. Dochází zde totiž často k vydrolení této půdy z ocelového válečku, do kterého je odebírána. Tato přímá metoda je především také výrazně náročnější, neboť ke každému odběru je potřeba odkrýt půdní horizont do potřebných hloubek. Ke kontinuálnímu měření je tedy tato metoda nevyhovující.

K takovému dlouhodobému měření je tedy mnohem vhodnější využít metod nepřímých. V tomto případě se jednalo o využití sond TMS – 3. Jejich počáteční aplikace do půdního horizontu je sice také náročná, jelikož musí dojít také k odkrytí půdního horizontu, aby bylo možné sondy umístit do půdního horizontu. Poté je ale možné odebírat data ze sond pouze připojením kabelu, který vede ze sond nad zemský povrch, připojením ke čtecímu zařízení USB. U čtení dat velmi záleží na tom, jaký druh čtecího zařízení je použit. V případě této práce se ke čtení dat ze sond využíval USB adaptér, který je potřeba mít připojený k dalšímu zařízení, které data uloží, např. k notebooku. USB adaptér je ovšem velmi citlivý na otřesy a často dochází k přerušení stahování dat. Samotné stahování dat probíhá už ale relativně rychle.

Všechny čtyři použité sondy byly nastaveny na měření v tzv. basic režimu, tedy k měření půdní vlhkosti v intervalu 15 minut. I přes toto nastavení jedna sonda začala měřit půdní vlhkost jen po intervalu jedné hodiny. Takový interval ovšem není možný zvolit ani v nastavení sondy. S životností udávanou výrobcem, která je 10 let, nebyl problém odebrat data půdní vlhkosti za daný časový úsek (4 měsíce). Všechny senzory snímající půdní vlhkost měřily po celou dobu a nedošlo k jejich selhání. Jiné to ale bylo u senzorů pro měření teplot, kde tyto teploty slouží ke korekci dat. Zde již došlo k selhání senzorů na měření teploty vzduchu. Celkem došlo k selhání 3

takových senzorů ze 4 po přibližně 2 měsících provozu. Nicméně toto selhání nijak výrazně neovlivnilo měření půdní vlhkosti.

Sondy jsou ale i přes tyto menší problémy vhodné ke kontinuálnímu měření půdní vlhkosti v daném povodí. Pomocí těchto sond je možné relativně přesně určovat vlhkost půdy a tím v podstatě sledovat obsah půdní vody v půdě. Díky těmto údajům je dále možné určit, kolik vody se v dané lokalitě v půdě nachází a tím sledovat její úbytek nebo zvýšení. Díky těmto údajům je dále možné lépe předpovídat vznik hydrologických extrémů, přesněji půdního sucha.

Do budoucna by bylo vhodné rozmístit ještě další sondy typu TMS – 3 ve zkoumané lokalitě, resp. mezi místem umístění A a B, aby bylo možné přesně určit do jakých vzdáleností má malá vodní nádrž Strnad vliv na půdní vlhkost. Dalším krokem by bylo možné rozšířit měření půdní vlhkosti i na jiná místa v celém povodí Litovicko-Šáreckého potoka, kde by bylo vhodné umístit sondy do různých typů prostředí a do různých typů půd. Z takových měření by poté bylo možné získat komplexní údaje o vlivu celého povodí a spadlých srážek na vlhkost půdy. Výsledky takových měření by poté mohly být využity pro řešení současného trendu snižování hladiny podzemních vod.

## 17. Seznam použité literatury

- BEDNÁŘ J., 2003: Meteorologie: úvod do studia dějů v zemské atmosféře. Portál, Praha, 224 s.
- BLINKA P., 2002: Metoda hodnocení sucha. In: Rožnovský J., Litschmann T. (ed.): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě, 32 - 44 s.
- BORÁK M., FOLTÝN M., 2011: Klimatická změna a její možné nepříznivé vlivy v povodí Moravy. Vodní hospodářství, 1/2011: 14 – 17 s.
- BYUN H. R., WILHIDE D. A., 1999: Objective Quantification Of Drought Severity And Duration. Journal Of Climate 12: 2747 – 2756 s.
- CABLÍK J., 1960: Základy stavby rybníků a hospodářských nádrží. SZN, Praha, 311 s.
- ČHMÚ, 2015: Půdní sucho. Český hydrometeorologický ústav, Praha, online: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Pudni\\_sucho.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Pudni_sucho.html), cit. 18. 12. 2015
- ČHMÚ, 2016: Měsíční přehledy pozorování. Český hydrometeorologický ústav, Praha, online: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>, cit. 18. 1. 2016
- DUB O., NĚMEC J., KOZLÍK V., 1969: Hydrologie. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 380 s.
- ENTEKHABI D., NJOKU E. G., O'NEILL P. E., KELLOGG K. H., CROW W. T., EDELSTEIN W. N., ENTIN J. K., GOODMAN S. D., JACKSON T. J., JOHNSON J., KIMBALL J., PIEPMEIER J. R., KOSTER R. D., MARTIN N., MCDONALD K. C., MOGHADDAM M., MORAN S., REICHLER R., SHI J. C., SPENCER M. W., THURMAN S. W., TSANG L., ZYL V. J., 2010: The Soil Moisture Active Passive (SMAP) Mission. Proceedings of the IEEE 98.5: 704 – 716 s.

- GAO M., QIN Z., ZHANG H. O., LU L., ZHOU X., YANG X., 2008: Remote sensing of agro-droughts in Guangdong Province of China using MODIS satellite data. *Sensors* 8(8): 4687 – 4708 s.
- HLAVNÍ MĚSTO PRAHA, 2016: Strnad. Pražská příroda, Praha, online: <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-plochy-dle-katastru/hostivice/strnad/>, cit: 8. 1. 2016
- HRNČIAROVÁ T., MACKOVČIN P., ZVARA I., 2009: Atlas krajiny České republiky. MŽP, Průhonice: VUKOZ, 332 s.
- CHEN Z., LI S., REN J., GONG P., ZHANG M., WANG L., XIAO S., JIANG D., 2008: Monitoring and Management of Agriculture with Remote Sensing. In: *Advances in Land Remote Sensing*, Springer Netherlands: 397 – 421 s.
- KAMENÍČKOVÁ I., 2006: *Hydropedologie, hydropedologické praktikum*. VUT v Brně, Brno, 76 s.
- KOVANDA J., BALATKA B., BERNARD J. H., BRUNNEROVÁ Z., BŘEZINOVÁ D., BUKOVANSKÁ M., CÍLEK V., FRIDRICHOVÁ M., HAVLÍČEK V., HOLUB V., HRDLIČKA L., CHLUPÁČ I., KADLECOVÁ R., KACHLÍK V., KAPRASOVÁ E., KLEČEK M., KRÁL J., KŘÍŽ J., LOCHMANN Z., LYSENKO V., MAŠEK J., ŠALANSKÝ K., TOMÁŠEK M., ZELENKA P., 2001: *Neživá příroda Prahy a jejího okolí*. Academia, Český geologický ústav, Praha, 215 s.
- KRATOCHVÍL J., 1961: *Vodní nádrže a přehrady*. Čs. Akademie věd, Praha, 954 s.
- KŘÍŽ V., JIČÍNSKÝ K., KNĚŽEK M., KOLÁŘ M., KOLÁŘ V., MRKVA M., SOCHOREC R., 1988: *Hydrometrie*. Státní pedagogické nakladatelství, n. p., Praha, 176 s.
- KUTÍLEK M., 1984: *Vlhkost pórovitých materiálů*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 211 s.
- KUTÍLEK M., 1978: *Vodohospodářská pedologie*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 296 s.

- LESY HL. M. PRAHY, 2016: Litovicko-Šárecký potok. Středisko Vodní toky Lesů hl. m. Prahy, Praha, online: <http://www.lhmp.cz/vt/prazske-potoky-2/litovicko-sarecky-potok/>, cit. 3. 3. 2016
- LI J., ISLAM S., 1999: On the estimation of soil moisture profile and surface fluxes partitioning from sequential assimilation of surface layer soil moisture. *Journal of Hydrology* 220(1): 86 – 103 s.
- LISCHKE P., FRANK V., 1984: *Hydrologie, meteorologie, pedologie I*. SNTL, Praha, 134 s.
- LITSCHMANN T., ROŽNOVSKÝ J., KLEMENTOVÁ E., 2002: Vyhodnocení period sucha v časových řadách pražského Klementina a Hurbanova pomocí PDSI. In: Rožnovský J., Litschmann T. (ed.): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě, 280 – 289 s.
- MEEHL G. A., KARL T., CHANGNON S., EASTERLING D. R., PIELKE R., CHANGNON D., EVANS J., KNUTSON T. R., GROISMAN P. Y., KUNKEL K. E., MEARNS L. O., PARMESAN C., ROOT T., PULWARTY R., SYLVES R. T., ZWIERS F., WHETTON P., 2000: An introduction to trends in extreme weather and climate events – Observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 81: 413 – 416 s.
- MURNANE R. J., 2004: Climate research and reinsurance. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 85: 697 – 707 s.
- NĚMEC J., LOŽEK V., 1996: *Chráněná území ČR. 1, Střední Čechy*. Consult ČR, Praha, 319 s.
- NĚMEČEK J., SMOLÍKOVÁ L., KUTÍLEK M., 1989: *Pedologie a paleopedologie*. Academia, Praha, 552 s.
- PARMESAN C., WILLIG M. R., ROOT T. L., 2000: Impacts of extreme weather and climate on terrestrial biota. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 81: 443 – 450 s.
- PAVLICA J., 1964: *Malé vodní nádrže a rybníky*. SNTL, Praha, 200 s.

- POKORNÁ D., ZÁBRANSKÁ J., 2007: Hydrologie a hydropedologie. VŠCHT, Praha, 218 s.
- ŠÁLEK J., MIKA Z., TRESOVÁ A., 1983: Rybníky a účelové nádrže. VUT v Brně, Brno, 231 s.
- ŠÁLEK J., KUJAL B., DOLEŽAL P., 1990: Rybníky a účelové nádrže: Návod ke komplexnímu projektu a diplomnímu semináři. VUT v Brně, Brno, 144 s.
- TOLASZ R., BRÁZDIL R., BULÍŘ O., DOBROVOLNÝ P., DUBRAVSKÝ M., HÁJKOVÁ L., HALÁSOVÁ O., HOSTÝNEK J., JANOUC M., KOHUT M., KRŠKA K., KŘIVANCOVÁ S., KVĚTOŇ V., LEPKA Z., LIPINA P., MACKOVÁ J., METELKA L., MÍKOVÁ T., MRKVICA Z., MOŽNÝ M., NEKOVÁŘ J., NĚMEC L., POKORNÝ J., REITSCHLÄGER J. D., RICHTEROVÁ D., ROŽNOVSKÝ J., ŘEPKA M., SEMERÁDOVÁ D., SOSNA V., STRÍŽ M., ŠERCL P., ŠKÁCHOVÁ H., ŠTĚPÁNEK P., ŠTĚPÁNKOVÁ P., TRNKA M., VALERIÁNOVÁ A., VALTER J., VANÍČEK K., VAVRUŠKA F., VOŽENÍLEK V., VRÁBLÍK T., VYSOUDIL M., ZAHRADNÍČEK J., ZUSKOVÁ I., ŽÁK M., ŽALUD., 2007: Atlas podnebí Česka. Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Praha, 256 s.
- TOMST, 2016: TMS – 3. TOMST s. r. o., Praha, online: <http://tomst.com/web/cz/systemy/tms/tms-3/>, cit. 6. 1. 2016.
- TREML P., ZAHRÁDKOVÁ S., HÁJEK O., 2015: Vymezení oblastí vysychání vodních toků v ČR. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 7 s.
- VALLA M., KOZÁK J., NĚMEČEK J., MATULA S., BORŮVKA L., DRÁBEK O., 2002: Pedologické praktikum. ČZU, katedra pedologie a geologie AF, Praha, 154 s.
- VRÁNA K., BERAN J., 2013: Rybníky a účelové nádrže. ČVUT v Praze, Praha, 150 s.
- WATSON R. T., MOSS R. H., ZINYOWERA M. C., 1997: The Regional Impacts of Climate Change – An Assessment of Vulnerability. Cambridge University Press: 150 – 155 s.

## **18. Seznam grafů, obrázků, tabulek a příloh**

Seznam grafů:

Graf. č. 1 – Denní srážkový úhrn za prosinec 2015 – březen 2016

Graf. č. 2 – Kalibrovaná křivka půdní vlhkosti 1

Graf. č. 3 – Křivky naměřených teplot 1

Graf. č. 4 - Kalibrovaná křivka půdní vlhkosti 2

Graf. č. 5 - Křivky naměřených teplot 2

Graf. č. 6 – Kalibrovaná křivka půdní vlhkosti 3

Graf. č. 7 – Křivky naměřených teplot 3

Graf. č. 8 – Kalibrovaná křivka půdní vlhkosti 4

Graf. č. 9 - Křivky naměřených teplot 4

Graf. č. 10 – Čára zrnitosti zeminy 1

Graf. č. 11 – Čára zrnitosti zeminy 2

Graf. č. 12 – Čára zrnitosti zeminy 3

Graf. č. 13 - Čára zrnitosti zeminy 4

Seznam obrázků:

Obr. č. 1 – Trojúhelníkový diagram pro klasifikaci zrnitosti půd podle USDA Soil Taxonomy

Obr. č. 2 – Mapa Litovicko-Šáreckého potoka

Obr. č. 3 – Rybník Strnad

Obr. č. 4 – Místa odběrů půdních vzorků

Seznam tabulek:

Tab. č. 1 – Klasifikace zrnitosti půd podle Nováka

Tab. č. 2 – Klasifikace zrnitosti půd podle Kopeckého

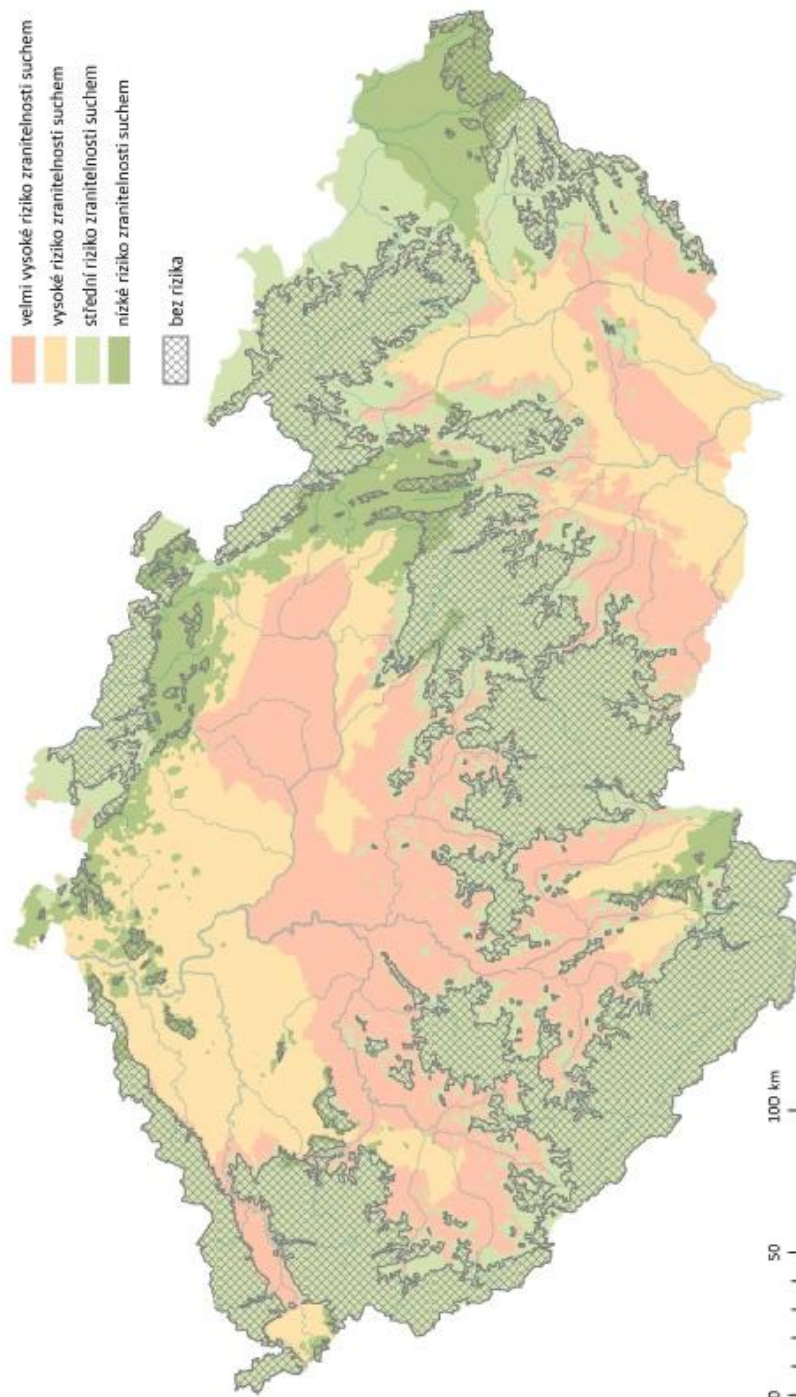
Tab. č. 3 – Popis odebraných vzorků a jejich hmotností vlhkost, objemová vlhkost a pórovitost

Tab. č. 4 – Kalibrace páru odměrný (sedimentační) válec - hustoměr

## 19. Přílohy

Příloha č. 1 – Klasifikace území České republiky z hlediska zranitelnosti toků suchem

Zdroj: Treml a kol., (2015)





Příloha č. 2 – Výsledky měření půdního vzorku hustoměrnou metodou z 2. 12. 2015  
z hloubky 20 cm

Čas [min.]	Hustota suspenze - 1000 R [kg/m <sup>3</sup> - 1000]	Teplota [°C]
0,5	15,7	22,3
1	15,2	22,3
2	14,1	22,3
3	13,4	22,3
4	12,8	22,3
5	12,3	22,2
15	9,4	22,5
45	7,8	22,8
120	6,6	23
150	6,4	23
300	5,7	23
1521	5	23,2

Příloha č. 3 – Výsledky měření půdního vzorku hustoměrnou metodou z 2. 12. 2015  
z hloubky 40 cm

Čas [min.]	Hustota suspenze - 1000 R [kg/m <sup>3</sup> - 1000]	Teplota [°C]
0,5	20,9	23
1	20,2	23
2	19	23
3	18,1	23
4	17,3	23
5	16,6	22,8
15	13,8	22,8
45	11,1	23
120	9,4	22,8
150	9	22,6
300	8	23
1470	6,6	22,5

Příloha č. 4 – Výsledky měření půdního vzorku hustoměrnou metodou z 22. 12. 2015  
z hloubky 20 cm

Čas [min.]	Hustota suspenze - 1000 R [kg/m <sup>3</sup> - 1000]	Teplota [°C]
0,5	16,6	23,5
1	16,4	23,5
2	14	23,5
3	12,6	23,5
4	12	23,5
5	11,6	23
15	9,7	23
45	7,8	23
120	6,5	23
150	6,2	23
300	5,3	23,1
1518	4,4	23,2

Příloha č. 5 – Výsledky měření půdního vzorku hustoměrnou metodou z 22. 12. 2015  
z hloubky 40 cm

Čas [min.]	Hustota suspenze - 1000 R [kg/m <sup>3</sup> - 1000]	Teplota [°C]
0,5	18,5	22
1	17,9	22
2	16,9	22
3	16	22
4	15,3	22
5	14,9	21,5
15	12,3	21,3
45	10,6	21,3
120	9,2	21,3
150	8,8	21,5
300	7,9	22,5
1650	6,3	22,3