

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Inženýrské prezenční studium



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Zhodnocení vlivu srážek na hladinu podzemní vody v Žateckém regionu**

**Barbora Reiterová**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Barbora Reiterová

Krajinné inženýrství

Název práce

**Zhodnocení vlivu srážek na hladinu podzemní vody v Žateckém regionu**

Název anglicky

**Evaluation of the Effects of Precipitation on Groundwater Level in Žatec Area**

---

### Cíle práce

Diplomová práce se zabývá především vývojem, změnou úrovně hladiny podzemní vody a dopadem srážek na hladinu podzemní vody měřenou v pozorovacích vrtech v letech 2009 – 2016 v obci Radičevy a Žiželice v Žateckém regionu.

Hlavním cílem této práce je analýza vlivu srážek na úroveň hladiny podzemní vody v těchto objektech, dopad na životní prostředí a dále odhad dalšího vývoje kolísání hladiny podzemní vody.

### Metodika

Dokumentace a sledování vývoje hladiny podzemní vody (ve stanici VP1822 a VP1879) v závislosti na vlivu srážek (ve stanici Žatec) v letech 2009-2016, popis přírodních podmínek a prozkoumání zájmového území, souhrn a vyhodnocení práce v jednotlivých etapách hydrologického průzkumu v pozorovací stanici VP1822-Milčevy a VP1879-Stroupeč. Práce s mapami, informačními systémy a databázemi (Česká geologická služba, Český hydrometeorologický ústav, Geofond a další), fotodokumentace.

**Doporučený rozsah práce**

cca 60 stran + grafické přílohy

**Klíčová slova**

podzemní voda, hladina podzemní vody, klimatické srážky, Žatec, pozorovací vrt

---

**Doporučené zdroje informací**

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA, 2014: Podzemní vody. Praha, online: [www.geology.cz](http://www.geology.cz)

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. STAVEBNÍ FAKULTA, – TOURKOVÁ, J. *Hydrogeologie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03101-2.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. STAVEBNÍ FAKULTA, – VALENTOVÁ, J. *Hydraulika podzemní vody*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02404-0.

KRÁSNÝ, J. *Podzemní vody České republiky : regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod*. Praha: Česká geologická služba, 2012. ISBN 978-80-7075-797-0.

R. M. HOLMES, 2000: The importance of groundwater to stream ecosystem functioning. San Diego: Academic Press, 137-148 s.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Radek Roub, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 13. 4. 2017

**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 4. 2017

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2018

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji,

že jsem diplomovou práci na téma: Zhodnocení vlivu srážek na hladinu podzemní vody v Žateckém regionu vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Barbora Reiterová

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Radkovi Roubovi, Ph.D. za jeho ochotný a milý přístup, odborné vedení a přínosné rady. Mé díky rovněž patří Českému hydrometeorologickému ústavu v Praze (ČHMÚ), konkrétně panu Ing. Jiřímu Davidovi z pobočky v Ústí nad Labem, za spolupráci, laskavost a poskytnutí dat hladin podzemní vody a srážkoměrných úhrnů v řešené oblasti. Dále bych chtěla poděkovat studentům doktorského studia z Fakulty Životního prostředí, z Katedry vodního hospodářství a environmentálního modelování, a v neposlední řadě také své rodině a přítelovi za podporu, pozitivní přístup a motivaci při studiu a především při psaní této práce.

## Seznam vybraných zkratek a vzorců

LDF krajiny Langův dešťový faktor; vyjadřuje podmínky přirozeného zavlažování vztahem mezi atmosférickými srážkami a teplotou vzduchu:

$$f = R/t,$$

kdy  $f$  = dešťový faktor,  $R$  = průměrný roční úhrn srážek (mm),  
 $t$  = průměrná roční teplota vzduchu (°C)

*(kapitola 4.2)*

PDSI Palmer Drought Severity Index; index intenzity sucha

O. B. Odměrný bod pozorovacího vrtu

ORP Obec s rozšířenou působností

Ha Hektar

KES Koeficient ekologické stability

SEČ Středoevropský čas

MŽP Ministerstvo životního prostředí

ČHMÚ Český hydrometeorologický ústav

M Metr

Mm Milimetr

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou sucha a vlivem srážkových úhrnů na hladinu podzemní vody v pozorovacích vrtech v Žateckém regionu v časovém období 2009-2016. Řešenými objekty jsou pozorovací vrt VP1822, v katastrálním území Milčeves, pozorovací vrt VP1879, v katastrálním území Stroupeč, a srážkoměrná stanice ležící ve městě Žatec.

První část této práce je zpracována formou literární rešerše, kde jsou charakterizovány nejdůležitější pojmy řešené problematiky, tzn. podzemní vody, atmosférické srážky, sucho a opatření před vysycháním podzemní vody. Dále se tato práce zabývá analýzou přírodních poměrů dané lokality, hlavně geologickými a hydrologickými poměry, které byly stěžejním podkladem pro zpracování samotného výzkumu.

Poslední a nejdůležitější částí práce je závěrečný výzkum, který ukazuje, jaký vliv má úhrn srážek na hladinu podzemní vody v řešených pozorovacích vrtech. Výstupem pozorování jsou grafy ukazující rostoucí či klesající trend jednotlivých hladin podzemní vody za určité časové období.

## **Klíčová slova**

Podzemní voda, hladina podzemní vody, klimatické srážky, Žatec, pozorovací vrt

# **ABSTRACT**

This thesis addresses the problems of drought and influence of precipitation amount on the groundwater level in the observation boreholes in the Žatec region in the 2009-2016. The objects of interest are the VP1822 observation borehole, in the cadastral area of Milčeves, observation borehole VP1879, in the cadastral area of Stroupeč, and the precipitation station in the city of Žatec.

The first part of this thesis is written in the form of literary research where the most important terms of the addressed problematic are described, ie. groundwater, atmospheric precipitation, drought and the prevention of the groundwater drought. Furthermore, this thesis elaborates on the analysis of natural conditions of given location, especially the geological and hydrological conditions that were the main basis for the processing of the research itself.

The last and most important part of the thesis is final research, which shows the effect of precipitation amount on the groundwater level in the observed boreholes. Output of the observations are charts showing the increasing of decreasing trend of individual groundwater levels for a certain period of time.

## **Keywords**

Groundwater, groundwater level, climatic precipitation, Žatec, observation



# Obsah

1	ÚVOD .....	11
2	CÍLE PRÁCE .....	13
3	PODZEMNÍ VODY .....	14
3.1	Obecná charakteristika podzemní vody .....	14
3.2	Definice podzemní vody .....	16
3.3	Rozdělení podzemních vod .....	17
3.3.1	Průlinová voda .....	18
3.4	Jímání podzemní vody .....	18
4	Atmosférické srážky.....	19
4.1	Meteorologické stanice .....	20
4.1.1	Klimatologické stanice .....	21
5	SUCHO .....	23
5.1	Definice sucha.....	23
5.2	Dělení sucha .....	24
5.2.1	Meteorologické sucho.....	24
5.2.2	Agronomické sucho .....	24
5.2.3	Hydrologické sucho .....	25
5.2.4	Socioekonomické sucho .....	25
5.3	Příčiny sucha .....	26
5.3.1	Narušený malý vodní cyklus.....	26
5.4	Sucho na území ČR.....	27
5.5	Sucho ve světě.....	31
5.6	Opatření před vysycháním podzemní vody.....	32
6	ANALÝZA ŘEŠENÉHOÚZEMÍ.....	35
6.1	Lokalizace .....	35
6.2	Charakteristika řešeného území .....	37
6.3	Land use .....	39
6.4	Přírodní poměry řešeného území .....	41
6.4.1	Geomorfologické poměry .....	41
6.4.2	Geologické a pedologické poměry .....	43

6.4.3 Klimatické poměry .....	46
6.4.4 Hydrologické poměry .....	47
7 METODIKA ZPRACOVÁNÍ.....	49
7.1 Popis dat a jejich zpracování.....	49
7.2 Popis vrtů .....	51
8 VÝSLEDKY .....	53
8.1 Vrt VP1822 .....	53
8.2 Vrt VP1879 .....	55
9 DISKUZE.....	58
10 ZÁVĚR.....	60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	61
Knižní publikace a časopisy .....	61
Internetové zdroje .....	64
Data.....	66
SEZNAM PŘÍLOH.....	67

# 1 ÚVOD

Voda cennější než zlato – pomalu a jistě se stává realitou. Abychom se dostali k hladině podzemní vody, musíme kopat studny stále hlouběji. Podzemní voda, využívaná jako zdroj pitné a užitkové vody, se stále více stává pouhou vzpomínkou na doby minulé, kdy jsme si žili v blahobytu. Nedostatek vody a nezodpovědné chování se k vodním zdrojům vede k tomu, že se některé části světa potýkají se zásadními problémy.

Podle OSN se přibližně  $\frac{3}{4}$  odpadní vody, kterou společnost vyprodukuje, vrací zpátky do ekosystému, aniž by byla upravena nebo znovu použita. Vinou toho bezmála 2 miliardy lidí na celé planetě využívají zdroje pitné vody kontaminované fekáliemi.

Stále více se objevují studie o signalizujícím riziku výskytu sucha ve střední Evropě, které je v posledních letech nejvyšší za posledních 130 let (Brázdil et al., 2009b).

Ve spisech profesora Miroslava Trnky z Ústavu výzkumu globální změny AV ČR z roku 2015 nalezneme informace o postupném snižování disponibilní vody v půdě na území České republiky, zejména v období od dubna do června, což se jeví jako velmi nepříznivý jev s ohledem na intenzivní růst rostlin a celkovou závislost našeho zemědělství na pravidelně rozložených srážkách (Trnka et al., 2015a).

Optimismu tomu nepřidá ani Dubrovský, jež ve svém sborníku poukazuje na klimatické modely předpokládající do budoucna Česka republiky klimatické podmínky vedoucí k nárůstu podílu sušších půdně-vlhkostních režimů, které v relativně blízké budoucnosti nabývají potenciálně velmi znepokojivých rozměrů. (Dubrovský et al., 2014).

Sucho tedy bude nepochybně jedním ze základních problémů, které s sebou přinese na naše území antropogenně podmíněná změna klimatu, a v některých letech hrozí půdám v České republice výskyt vlhkostních režimů, které jsou typické pro oblast Středomořího moře. To platí například pro území jižní Moravy, která již v nynější době patří mezi regiony nejvíce a nejčastěji ohrožené nedostatkem vláhy (Trnka et al., 2013).

Tyto vědecké studie předpověděly vývoj sucha v Českých zemích, ale možná nikdo z autorů neočekával tak rychlý nárůst suchých oblastí a tak rychlou změnu klimatu, čehož jsme svědky nyní, o pár let později.

Vodní zdroje ČR jsou v podstatě závislé na množství a rozdělení atmosférických srážek a absolutní většina vodních zdrojů závisí na zadržení a akumulaci vody na našem území. V podmínkách ČR jsou dopady sucha na nedostatek vody významně tlumeny existující vodohospodářskou infrastrukturou zásobující vodou většinu obyvatelstva a výrobních provozů, avšak zmírňující efekt tohoto vývoje se již postupně vytrácí. Například v roce 2015 byly registrovány problémy se zásobováním obyvatelstva v obcích s nedostatečně spolehlivými vodními zdroji a výrazně vzrostly dopady sucha na zemědělskou produkci, lesní hospodářství a ostatní hospodářské sektory. Mění se klimatické podmínky navíc zvyšují pravděpodobnost výskytu suchých epizod, proto lze do budoucna očekávat, že stávající vodní zdroje nebudou dostatečné (MŽP, 2018).

Po ročním pobytu ve velmi suché oblasti jižního Španělska, kde byl častý zákaz používání vody na zalévání zahrad, jsem se o téma nedostatku podzemní vody a následném suchu začala více zajímat. Proto jsem zvolila jedno z nejsušších míst v České republice – oblast Žatecka, kde vlivem nedostatku srážek je velmi nízká hladina podzemní vody. Je to dáno polohou oblasti ležící v tzv. srážkovém stínu Krušných hor.

Tato diplomová práce je zaměřena na analýzu vlivu srážkových úhrnů na hladinu podzemní vody v letech 2009-2016. Zabývá se problematikou sucha a podzemní vody, detailněji je rozebrána oblast Žateckého regionu. Výsledkem studie jsou přinášeny prostřednictvím grafů a tabulek a je zde prostor pro zamyšlení se nad tím, proč hladina podzemní vody kolísá minimálně či má křivka grafu velké výkyvy.

## 2 CÍLE PRÁCE

Diplomová práce se zabývá analýzou řešeného území v Žateckém regionu, dále vývojem, změnou úrovně hladiny podzemní vody a dopadem srážek na hladinu podzemní vody měřenou v pozorovacích vrtech VP1822 (k. o. Milčeves) a VP1879 (k. o. Stroupeč) v časovém období 2009 – 2016 v obci s rozšířenou působností Žatec a obci Žiželice v Žateckém regionu.

Hlavním cílem této práce je analýza vlivu srážkových úhrnů na úroveň hladiny podzemní vody v těchto řešených objektech, zda je trend úrovně jednotlivých hladin klesající či rostoucí za určité časové období, a dále odhad dalšího vývoje kolísání hladiny podzemní vody.

## 3 PODZEMNÍ VODY

Pod zemským povrchem se ukrývá doslova neviditelný oceán, kterého utváří z části fosilní vody, které jsou uvězněny v hluboko položených vrstvách porézních hornin, z části vody prosáklé z tajících ledovců z konce doby ledové. Avšak většina podzemních vod pochází z nedávných dešťů a z tajícího sněhu. Všechny vody v podzemí se souhrnně označují jako spodní vody, a právě ty jsou v mnoha oblastech nejčistějším zdrojem pitné vody v podobě pramenů či pronikající vody na povrch ve studních (Polák J., 2007).

### 3.1 Obecná charakteristika podpovrchové vody

Mnoho podpovrchových vod je považováno za podzemní vodu, avšak v malých hloubkách se ještě podzemní voda nenachází, té předchází vrstva půdní vláh (Schmidt, Hahn, 2012).

Výskyt podpovrchové vody je vázán na existenci volných prostor vyskytujících se v horninách, které se označují jako *průliny* v některých sopečných horninách a půdách, a jako *pukliny* v pevných horninách. Podle zaplnění těchto prostor lze rozlišit dva základní druhy podpovrchové vody. Zóna *aerace* (*provzdušnění*) označuje pásmo blízké zemskému povrchu, které není zaplněno souvislou hladinou vody. Voda v této zóně se popisuje jako *půdní vláh*. Pod ní se nachází zóna *saturace* (*nasycení*), neboli zvodnělá vrstva či *zvodeň*, ve které jsou póry hornin zcela zaplněny vodou – *podzemní vodou* (dříve též *spodní*). Hranici mezi oběma zónami tvoří *hladina podzemní vody*. Souhrn vody v obou zónách, tedy *půdní vláh* a *podzemní voda*, tvoří podpovrchovou vodu (Ruda, 2014).

Půdní vláh se rozděluje podle prostředí výskytu a způsobu pohybu do několika druhů:

*Vodní pára*, která se nachází ve vzduchu průlin a puklin, se pohybuje podle jejího aktuálního napětí (Ruda, 2014).

*Adsorpční voda (adhezní)*, kterou adsorbují jednotlivé půdní částice pomocí slabých molekulových sil, se nachází v horninách jen při velmi nízké vlhkosti (Krásný a kol., 2012).

*Kapilární voda* se trvale vyskytuje v jemnozrnných sypkých horninách nad hladinou podzemní vody a její pohyb určují především kapilární jevy. Toto pásmo kapilární vody se pohybuje ve vertikálním směru s hladinou podzemní vody. Kapilární voda se označuje též jako voda *zavěšená* z toho důvodu, že se může při vsakování srážek vytvořit i ve svrchní vrstvě půdy, ačkoliv výparem a transpirací zmizí (Ruda, 2014). Adsorpční a kapilární pásmo se jednotně označuje jako *provzdušnělé* (VUT, 2017).

*Vsakující voda* vstupuje účinkem gravitační síly do hlubší vrstvy půdy, kde se částečně zadrží na povrchu horninových částic ve formě kapilární a adsorpční vody a částečně proniká do hlubších vrstev půdy. Jak hluboko pronikne, závisí na množství vody, které dopadne na zemský povrch, a také na její spotřebě směrem k jiným druhům půdní vody.

*Půdní led* vzniká při snížení teploty půdy pod 0°C. Formuje se nejdříve jako jinovatka z vodní páry půdního vzduchu, poté je zdrojem vzniku větších krystalů a jejich narůstání kapilární a adsorpční vodou. Tlak vytvořen v povrchové vrstvě může porušit i velmi odolné povrchy (Ruda, 2014).



**Obr. 1:** Rozložení druhů podpovrchové vody v horninách (Netopil, 1972)

## 3.2 Definice podzemní vody

Německý institut definuje podzemní vodu jako vodu vyskytující se pod zemí, která se pohybuje v důsledku gravitace (DIN (German Institute for Standardization), 1994). Ačkoliv hlavní část některých řek teče do značné míry podpovrchově, tudíž odpovídá této definici, z biologického hlediska nemůže být přesvědčivě klasifikována jako podzemní voda (Schmidt, Hahn, 2012).

Holmes ve své studii uvádí definici podzemní vody jako vody, které se ještě nestačily vyměnit s vodou povrchovou (Holmes, 2000). Z této definice vyplývá, že pouze voda vstupující pod povrch země prostřednictvím infiltrace je klasifikována jako podzemní voda, nikoliv voda vypuštěná z potoka nebo z jezera. Zatímco obvykle dochází k čisté výměně mezi podzemní vodou a potokem, sezónní záplavy na omezenou dobu otočí směr proudění, které usnadní výměnu s povrchovou vodou. V důsledku toho většina podzemních vod vystoupá na povrch na alespoň krátkou dobu a tento dočasný vtok vytvoří na příslušném místě pás podpovrchových vod. Podle posledně uvedené definice by pak rozlehlé naplavené zásoby podzemních vod byly vlastně zásobami povrchových vod pod povrchem (Schmidt, Hahn, 2012).

Schmidt ve své knize dává přednost tvrzení, že existují „různé vrstvy podzemní vody v náplavech, které mají poměrně složité vztahy s povrchovou vodou“ (Négrel et al., 2003).

Pohyb podzemní vody je způsoben především gravitační silou a přenáší hydrostatický tlak. Pokud je hydrostatický tlak vyšší, podzemní voda se pohybuje póry i puklinami (Ruda A., 2014).

Výskyt podzemní vody je vázán na horniny, ať už z písku nebo skalnatých útvarů (šterkopisky, šterky, sutě, pískovce, slepence, sopečné tufy, tufity, aj.), které mají schopnost vodu nejen pojmout, ale i dále předávat. Většina hornin je schopna zadržet určité množství vody, porézní horniny – např. pískovec, slepenec nebo vápenec - ji pohltí nejvíce. Propustné formace zadržující vodu se označují jako vodonosné vrstvy. Tyto horniny musí obsahovat póry a pukliny větší než kapilární (Ruda A., 2014).



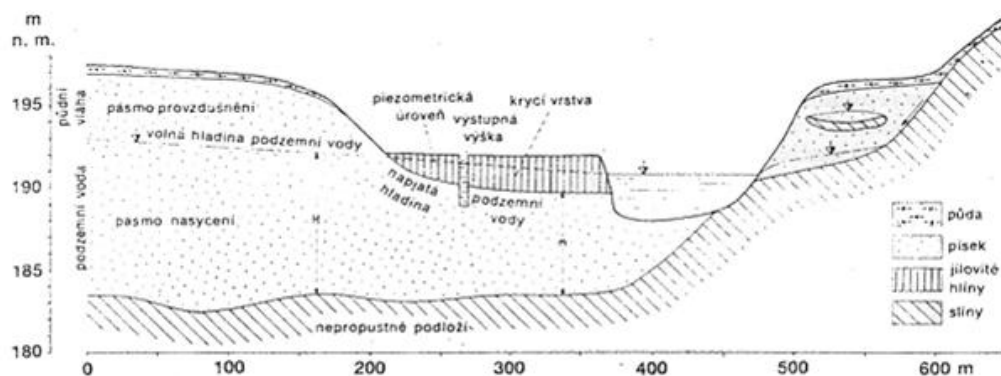
Podzemní voda vyplňuje všechny dostupné prostory v těchto porézních materiálech a nasycuje je. Vláhá prosakuje póry, trhlinami i pevnými horninami v půdě tak hluboko, dokud nenarazí na nepropustné vrstvy, např. jílovité horniny obsahující dostatek půdní vláh, které mají malé póry (Polák J., 2007).

### 3.3 Rozdělení podzemních vod

Jelikož se podzemní voda může pohybovat různými směry, rozlišují se 3 pásma ve vertikálním směru:

- **Pásmo svrchní** s intenzivní výměnou vody povrchové a podzemní – voda je sladká, slabě mineralizovaná (prosté vody, hydrokarbonátové vody)
- **Střední pásmo** zpomalené výměny vody – podmiňuje silnější mineralizaci vody při jejím dlouhém pobytu v horninovém prostředí o vyšší teplotě, voda často obsahuje sírany (sírnaté vody – smrděavky, hořké vody – šaratice)
- **Spodní pásmo** – velmi zpomalená výměna vody podmiňující silnou mineralizaci, vyskytují se v něm často vody slané s vysokým obsahem chloridů

Hranice výskytu uvedených pásem závisí na geologické struktuře území a na celkové podobě reliéfu, proto se popisují velice obtížně. Právě proto se rozlišují pouze mělké a hluboké zvodně. Podle druhu proudění a podle propustnosti horninového prostředí se rozlišuje *průlinová a puklinová voda* (Ruda, 2014).



**Obr. 2:** Hydrogeologický profil údolím (Netopil, 1972)

### 3.3.1 Průlinová voda

Přemísťuje se v pórech hornin filtrací či filtračním prouděním, jehož průměrná rychlost je velmi malá, neboť dosahuje jen několik centimetrů nebo decimetrů za den v píscích při malém sklonu hladiny, nejvýše několik desítek metrů za den v hrubozrnných píscích. Tímto prouděním se dokonale zbavuje rozptýlených i rozpuštěných látek, které se do ní mohly dostat z povrchu země a při prosakování půdní vrstvou a zónou aerace. Za určitých podmínek může rozpouštět minerální látky, jimiž se obohacuje, neboli - mineralizuje se. Vytváří souvislejší zvodně s jednotnou hladinou podzemní vody.

## 3.4 Jímání podzemní vody

Jímání vody souvisí s čerpáním vodního zdroje povrchové či podzemní vody. Zdroje podzemní vody mohou být využívány díky propustnosti povrchových vrstev Země, kdy zejména dešťová voda proniká do podzemní zvodnělé vrstvy (Vodohospodářské stavby, 2018).

Objekty k jímání podzemních vod dělíme na **vertikální, horizontální a plošné**. **Vertikální** jímací objekty představují studně, konkrétně šachtové studny velkého objemu sloužící i k akumulaci, trubkové studny malých průměrů a trubní studny určené k jímání vody ve větších hloubkách. Mezi **horizontální** objekty patří štoly, které slouží k jímání většího množství vody, a dále jímací zářezy určené k jímání v mělkých podpovrchových vrstvách. Pro zachycování pramenů a plošných vývěrů podzemních vod ze skalnatých hornin slouží **plošné** jímací objekty (Vodohospodářské stavby, 2018).

## 4 Atmosférické srážky

Atmosférické srážky jsou spolu s teplotou vzduchu základním činitelem určující ráz krajiny. Jsou soustavou vodních částic vzniklé kondenzací nebo desublimací vodní páry v ovzduší, na povrchu území, předmětů a rostlinném krytu (Tlapák et al., 1992).

Základním meteorologickým a klimatologickým údajem jsou tedy atmosférické srážky, jejichž měření je primárním zdrojem dat pro další výpočty v oblastech meteorologie, klimatologie, hydrologie a dalších vědních disciplín. Se srážkami a odtokem pak souvisí další důležité jevy, které srážky doprovázejí - povodně a sucho (Kopáček a Bednář, 2005).

Atmosférické srážky lze dělit na **srážky vertikální** (déšť, mrznoucí déšť, mrholení, sníh, kroupy...) a **srážky horizontální** (rosa, jíní, námraza a ledovka), které se však do celkového úhrnu srážek nezapočítávají (Kopáček a Bednář, 2005).

Měření srážek probíhá několika způsoby. Jednak **manuálně**, kde princip spočívá v zachytávání srážek ve srážkoměrné nádobě a následného změřením výšky vodního sloupce, a také **automaticky**, pomocí člunkových či váhových srážkoměrů. Nejprogresivnějším způsobem jsou však radarové odhady srážek (Infomet, 2010).

Základní srážkoměrnou síť ČHMÚ tvoří zhruba 535 srážkoměrných stanic.

## 4.1 Meteorologické stanice

Meteorologické stanice slouží k získávání meteorologických dat v celosvětovém měřítku a představují hlavní prostředek světového pozorovacího systému. Jejich úkol spočívá v soustavném sledování počasí a jeho změn. Ve prospěch srovnatelnosti se meteorologická pozorování provádí v určitých časových okamžicích neboli termínech pozorování, které jsou vymezeny podle účelů, kterým slouží daná meteorologická pozorování (Meteocentrum, 2018).

Provozovatelem zajišťující hydrometeorologickou službu v České republice je Český hydrometeorologický úřad se sídlem v Praze. Jedná se o státní službu zřizující a provozující pozorovací a monitorovací staniční síť, která zpracovává výsledky měření a pozorování, řídí databázi meteorologických dat, poskytuje operativní informace o stavu atmosféry a uskutečňuje vědeckou a výzkumnou činnost (Ruda, 2014).

V nynější době je celá síť základních stanic ČHMÚ vybavena automatickými meteorologickými stanicemi. Používaná přístrojová technika se tak velice přeměnila, jelikož u těchto stanic funguje většina čidel pro měření základních meteorologických prvků na elektrickém principu. Nicméně stále velké množství stanic s tradičními přístroji přetrvává (Ruda, 2014).

Meteorologické stanice se rozlišují podle různých hledisek:

- Podle odborného zaměření – synoptické, klimatologické, letecké, zemědělsko-meteorologické a se speciálním zaměřením
- Podle charakteru získávání dat – přízemní, aerologické
- Podle umístění – pozemní, námořní a na letadlech
- Podle poměru meteorologických pozorovatelů k meteorologickým stanicím – profesionální a dobrovolnické
- Podle stupně součinnosti s člověkem – automatické a s lidskou obsluhou

### **4.1.1 Klimatologické stanice**

Úloha klimatologických stanic spočívá v uskutečňování meteorologických pozorování pro potřeby klimatologie. Výsledkem klimatologických pozorování jsou zprávy INTER. U nás, v České republice, se klimatologické stanice rozdělují na základní a srážkoměrné (Meteocentrum, 2018).

Základní klimatologické stanice zahrnují všechna pozorování podle úplného programu a měří v 7, 14, a 21 hodin místního času, protože většina meteorologických prvků se mění v závislosti na výšce Slunce nad obzorem. Měří se zde teplota, vlhkost, přízemní teplota, denní maximální a minimální teplota, teploty půdy v hloubkách 5, 10, 20, 50, 100 cm pod povrchem, směr a rychlost větru, sluneční svit a také se zde pozoruje stav počasí a oblačnost (Meteocentrum, 2018).

#### **Srážkoměrné stanice**

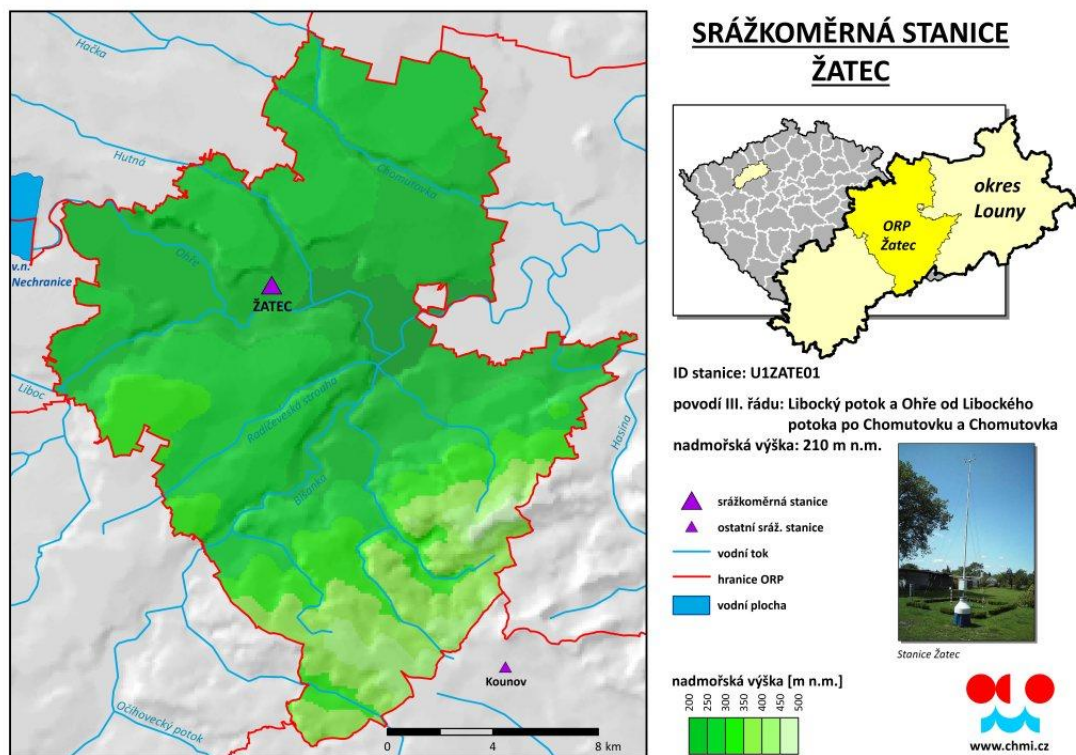
Tyto stanice měří množství spadlých srážek. Jsou obsluhovány dobrovolnými pracovníky Českého hydrometeorologického ústavu a pozorovatel stanice průběžně monitoruje a zaznamenává meteorologické jevy, jejich druh a intenzitu, časový výskyt a nepochybně množství spadlých srážek, výšky sněhové pokrývky a její vodní hodnoty v klimatologickém termínu 07 hod. Středoevropského času (SEČ) (ČHMÚ, 2018).

Podle sborníku předpisů hydrometeorologického ústavu jsou stanoveny požadavky na umístění srážkoměrné stanice následovně:

- Pozemek minimálního rozsahu 10x10 metrů
- Svislé předměty výšky  $V$  vzdáleny od hranice pozemku stanice minimálně  $4V$
- Na pozemku stanice nesmí být předměty převyšující záchytnou hranu srážkoměru
- Místo pro měření srážek nesmí být „větrné“, jelikož vítr přináší déšť (Slabá, 1972)

Provozovatelem jedné z nejsušších srážkoměrných stanic - Žatec je Český hydrometeorologický ústav. Monitoruje průběh a množství spadlých srážek na

povodí III. Řádu, a tedy na řece Ohře od Libovického potoka po Chomutovku a Libovický potok (ČHMÚ, 2018).



Obr. 3: Srážkoměrná stanice Žatec (ČHMÚ, 2018)

## 5 SUCHO

Jako jeden z hydrometeorologických extrémů je pozvolna se vyvíjející fenomén, jehož projevy a dopady se objevují a propagují s určitým zpožděním. Meteorologické příčiny sucha v podobě nedostatku srážek, často kombinovaných s vysokou teplotou a velkým výparem se nejdříve projevují v deficitu půdní vlhkosti. Se zjevným zpožděním dochází ke zmenšování velikosti průtoků na vodních tocích a následují poklesy stavu podzemních vod. Ve stejném pořadí stav sucha také odeznívá, proto i při výskytu nadnormálních srážek může stav sucha v některých podobách a oblastech přetrvávat (ČHMÚ, 2018).

### 5.1 Definice sucha

Sucho může být definováno mnoha způsoby. Petr Blinka ve své práci uvádí, že je více než 150 publikovaných definic (Blinka, 2005). Značí to nejen složitost vymezit jasnou definici této problematiky, ale i zájem okolí o toto téma.

Sucho je možné definovat jako zápornou odchylku vodní bilance od klimatického normálu v dané oblasti během určitého časového intervalu, neboli příčinou sucha je deficit srážek za určitou dobu. Nicméně podle Lloyd-Hughese univerzální definice sucha musí vzít v potaz zásobu vody v půdě, aktuální potřebu vody a její management (Lloyd-Hughes, 2013). Starší závěry práce Wilhita a Glantze se shodují na tom, že obecná objektivní definice sucha vlastně neexistuje (Wilhite, Glantz, 2005).

Vliv sucha se liší od regionu k regionu a často je sucho označováno jako „plíživý jev“, neboť jeho působení je pozvolné a nedá se přesně stanovit jeho začátek a konec.

K suchu dochází při nedostatku srážek v delším časovém období a vede k nedostatku vody pro nějakou aktivitu, skupinu lidí nebo životní prostředí. Jeho dopady jsou výsledkem vzájemné souhry přírodního jevu (méně srážek než se očekávalo) a poptávky lidí po dodávce vody. Lidská činnost tak může zhoršit dopady

sucha. V České republice působí sucho problémy zejména v zemědělství, lesnictví a vodním hospodářství (Wilhite, D. A. (ed.) 2005).

Pro hodnocení výskytu sucha jsou rozhodně rozhodujícím indikátorem úhrny srážek. Ty jsou pouze jednou částí bilance vody v krajině, příjmovou částí. Druhou, často opomíjenou, je evapotranspirace, významně závislá na teplotě vzduchu. Dalším vhodným ukazatelem sucha je základní vláhová bilance, která je dána rozdílem úhrnu srážek a potenciální evapotranspirací. Při vyšší teplotě vzduchu vláhová bilance vykazuje větší deficit (Rožnovský, 2015).

## **5.2 Dělení sucha**

Jakýkoliv druh sucha má v konečném důsledku dopad na určitou oblast. Tyto dopady se pak mohou rozdělit do tří skupin – dopady environmentální, ekonomické a sociální. Na základě různých definic a rozlišného pojetí bývá sucho rozděleno do 4 základních kategorií.

### **5.2.1 Meteorologické sucho**

Tento druh sucha je posuzován z hlediska časových a prostorových srážkových poměrů vzhledem k dlouhodobým srážkovým normálům pro konkrétní místo a roční dobu aneb záporná odchylka srážek od normálu během určitého časového období (Sobíšek a kol., 1993). Hlavní charakteristikou tohoto typu sucha je intenzita a trvání.

### **5.2.2 Agronomické sucho**

Neboli zemědělské sucho se odráží v zemědělství v podobě nedostatku vláhy pro plodiny. Zvláště toto odvětví národního hospodářství bývá první, které bývá postiženo suchem. Agronomické sucho se dá určit jako odezva meteorologického sucha. Nedostatek půdní vlhkosti se ubírá směrem k rychlému vyčerpání zbytkových zásob, především pokud je doba ztráty vlhkosti sdružena s vysokými teplotami a nepříznivými větrnými podmínkami. Rozhodujícími faktory jsou taktéž některé



fyzikální a biologické vlastnosti půdy včetně úrovně techniky, která se v daném území využívá. Definování agronomického sucha by mělo zohlednit rozdílnou senzibilitu plodin v různých fázích vývoje. Kromě zemědělských plodin jsou podobně zasaženy i lesní porosty (Blažek, 2006).

Zemědělské sucho zpravidla trvá od několika týdnů až do 6-9 měsíců (Trnka et al., 2009). Největší množství suchých epizod na území České republiky se nalézá na Žatecku, kde je suchá podkrušnohorská oblast, v Polabské nížině – v okrese Mělník, Nymburk a Kolín, a samozřejmě také v oblasti jižní Moravy. Počet suchých období se výrazně zvyšuje s poklesem nadmořské výšky daného místa (Tolasz et al., eds., 2007).

### **5.2.3 Hydrologické sucho**

Tento druh sucha vzniká v důsledku nedostatku srážek a projevuje se jako nedostatek zdrojů povrchových (snížení hladin vodních toků) a podzemních vod (snížení hladiny podzemní vody). Zrod hydrologického sucha je ovlivněn i způsobem lidského užívání vody, proto je nutné hledět na hydrologické sucho jako na přírodní jev, který ovšem může být prohlouben lidským působením (Soukalová, Muzikář, 2015).

Projeví se až za určitý čas po meteorologickém suchu či se může vyvíjet i v době, kdy meteorologické sucho již dávno odeznělo (Sobíšek a kol., 1993).

Posuzuje se zásoba vody ve vodních nádržích a velikost odtoku z povodí, který je kromě srážek závislý také na geomorfologických, geologických, půdních a vegetačních vlastnostech. Hydrologické sucho negativně působí na hydroenergetiku, zásobování pitnou vodou, vodní dopravu, rekreaci (Blažek, 2006).

### **5.2.4 Socioekonomické sucho**

Charakterizuje dopady sucha na kvalitu života. Přichází v době, kdy výskyt sucha má negativní dopady na celou společnost a její hospodářské aktivity. Mimo již uvedených dopadů na zemědělství může být negativně ovlivněn i turistický ruch,

průmyslová produkce, dodávka pitné vody, výroba elektrické energie a jiné (Brázdil a kol., 2015).

Vedle těchto čtyř základních kategorií sucha jsou mnohdy rozlišovány ještě další dvě kategorie, a to sucho půdní a sucho fyziologické. Půdní sucho se vyznačuje nedostatkem vody v kořenové vrstvě půdního profilu a stává se tak spouštěcím mechanismem agronomického sucha (Středová a kol., 2013). Způsobuje poškození ve vodním režimu zemědělských plodin i ve volně rostoucích rostlin. V případě fyziologického sucha se jedná o půdy dostatečně vlhké, avšak příjem vody z nich je pro rostliny omezen. Kvůli tomu se i uspokojivé množství vody v těchto půdách pro rostliny stává nedostačující. Mezi fyziologicky suché půdy patří například půdy rašelinné, jílovité, zmrzlé, zasolené a další (Sobíšek a kol., 1993).

### **5.3 Příčiny sucha**

Příčiny sucha lze rozdělit na dvě kategorie – přirozené a antropogenní. Za přirozené příčiny jsou označeny ty související s procesy v atmosféře, za antropogenní příčiny ty, jež souvisí se zakročením člověka do krajiny či s přispíváním ke změně klimatu. Antropogenní příčiny mohou mít globální (např. zesílení skleníkového efektu) a lokální charakter, který souvisí zejména se změnami ve využívání krajiny. Mnohdy však nelze příčiny sucha s přesností určit, do jaké skupiny se řadí.

#### **5.3.1 Narušený malý vodní cyklus**

Hlavní příčinou našich současných problémů se suchem a zároveň povodněmi je v podstatě jednoduchá věc, a to narušený malý vodní cyklus. Jedná se o uzavřený koloběh vody, při kterém voda vypařená z pevniny dopadne ve formě srážek na tu samou pevninu. Jestliže dochází ke zvyšování odtoku z území, ubývá množství vody, která se vypaří a vrací se do malého vodního cyklu. Následně tím ubývají celkové srážky a narušuje se tak tepelný i vodní režim krajiny (Kravčík et al., 2007).

Většina dešťové vody dopadající na stále se rozšiřující zastavěné území je odvedena dešťovou kanalizací do řek a dále pryč z pevniny. Tím se narušuje malý vodní cyklus, a proto je možné sledovat dlouhá období sucha a následně přívalové

deště, které přicházejí z oceánu a jsou tak součástí velkého vodního cyklu, místo pravidelných menších srážek. Dochází tak k poklesu hladiny spodní vody, poškození vegetace a erozi půdy, což v důsledku opět směřuje k destabilizaci klimatu (Kravčíket al., 2007).

Malý vodní cyklus vytváří tzv. měkké srážky, které jsou méně intenzivní, ale častější. Jenže tím, jak jsme malý vodní cyklus narušili, měkkých srážek je čím dál tím méně. Nad městy a zemědělskou krajinou takřka neprší, jelikož vyhřátý suchý vzduch nedovolí průchod dešťovým kapkám. Proto se mraky vyprší na úbočí hor, kde působí lokální povodně. Jednou za čas dorazí velký frontální systém od moře, vysušená krajina není schopna takové přívaly vody pojmout, proto dochází k velkým povodním, i když je čím dál tím více vysušená půda (Kravčík et al., 2007).

## 5.4 Sucho na území ČR

Na úvod do problematiky sucha v Českých zemích zmíním některá vybraná díla, která zásadně ovlivnila chápání a přispěla k bližšímu porozumění tomuto tématu. Část této kapitoly je věnována klasifikaci výsledků studií suchých období na území Česka.

Vůbec nejstarší sdělení o suchu v Čechách představuje Kosmova latinská kronika, podle níž trvalo sucho roku 1121 celé tři měsíce, od března do května. Není však známo, zda jím byla postižena i některá místa na Moravě a Slezsku (Blinka, 2009).

První profesor meteorologie na pražské univerzitě František Augustin sepsal patrně nejstarší ucelenou vědeckou práci o problematice sucha v Českých zemích. Popsal fyzikální procesy vedoucí ke vzniku srážek a sucha, s využitím přístrojových meteorologických měření v Praze charakterizoval sucho od roku 962 do roku 1893 v Čechách, obdobně jako suchá a vlhká období v 19. století. Tímto článkem nejspíše reagoval na velké období sucha v roce 1893 v Českých zemích a na katastrofální povodeň ze září roku 1890 na Vltavě v Praze, o které pojednával již dříve ve svých spisech (Augustin, 1894).

Augustin rozděluje období na suché a mokré, jak nám ukazuje následující tabulka:

Období	Normální roky	Suché roky	Mokré roky	Hodnocení
1805-1826	9	10	3	perioda sucha
1827-1851	4	6	15	perioda mokra
1852-1874	7	14	2	perioda sucha
1875-1893	2	4	13	perioda mokra

**Tab. 1:** Rozdělení suchých a mokrých let podle Augustina v období 1805-1893

Podle Augustina značí suchý či mokrý rok, pokud nedostatek či nadbytek srážek přesahuje hodnotu 25 mm (5% normálu). V této tabulce nacházíme dvě suché periody: 1805- 1826 a 1852-1874, nejsušším byl ve sledovaném období rok 1842, naopak nejvlhčím rok 1890 (Augustin, 1894).

Další v řadě významných děl pojednávající o suchu na našem území je bezesporu studie K. Pejmla, která mapuje výskyt suchých let v období 1500 – 1900 (Pejml, 1966). Na něj navázal Motný se svou prací sledující období do roku 2000. Za zmínku stojí skutečnost, že poslední dekáda 20. století vykazuje nejvyšší četnost suchých let společně s roky 1531-1540 a 1751-1760, což koresponduje s periodou opakování 220-240 let (Blinka, 2009).

Rok 1835 se totožně jako předchozí rok vyznačoval neobyčejně dlouho trvajícím suchem a vysokou teplotou v nížinách, z čehož na mnoha místech nastala slabá úroda obilí. Nedostatek dešťových srážek způsobil neúrodu v blízkém okolí hlavního města Prahy a částečně v Budějovickém, Plzeňském a Žateckém kraji (Neue Schriften, 1837).

Červený ve své publikaci zhodnotil vegetační období na stanici Praha – Klementinum v letech 1876-1981 na základě srážkové a teplotní odchylky od normálu. Nejsušší a zároveň nejteplejší vegetační období se ukazuje v roce 1947. Kvůli deficitu srážek se mezi sušší mezníky zapisují také roky 1911, 1904 a 1976. Autor tyto suché etapy dává do souvislosti s nejnižšími průtoky měřené na řece Labi v Děčíně vždy ke konci vegetačního období. Rovněž upozorňuje na skutečnost, že na území Česka lze pozorovat sucha delší, mnohdy trvající od jara až do zimních

měsíců. Zvýšený výpar se ve stadiu nadprůměrných teplot uplatňuje více na území Moravy než v Čechách, což dokazují vyšší průměry relativní vlhkosti vzduchu. Dále tvůrce studie poukazuje na zajímavý fakt, že sucho se kumuluje do několikaletých časových etap. Jako příklad lze uvést periody 1933-1936, 1971-1974, 1884-1887 a 1961-1964 – jak je zde vidět, jedná se vždy o tříletá období, což dokazuje také skutečnost, že jednou za 2-3 roky se mění záporné odchylky srážkového deficitu na kladné a naopak. Dalším pozoruhodným zjištěním je to, jak kalendářní roky končící trojkou jsou dány do souvislosti se slunečními cykly, kdy úbytek srážek velmi zhruba odpovídá období s minimální sluneční činností (Červený, 1984).

Podle modifikovaného Langova dešťového faktoru (LDF) vychází sucho ve vegetační etapě roku 1976 jako páté nejhorší. První místo o nejsušší a zároveň nejteplejší období si s přehledem zajistil rok 1947, po něm následovaly roky 1911, 1951, 1904 (Kakos, 1979).

Ve studii Litschmanna z roku 2002 nalezneme analýzu sucha podle **PDSI** (index intenzity sucha) na stanici Praha-Klementinum v období 1805-2000. Nejvyšší četnost měsíců s hodnotami PDSI nižšími než -2 (suché) zaznamenáváme v posledních dvou dekádách 20. Století. Vůbec nejvyšší intenzitu sucha vykazuje rok 1990, jako extrémně suché se ve 20. Století prokazují rovněž roky 2000, 1943 a 1974. Tato studie zaznamenala zvýšení pravděpodobnosti výskytu suchých měsíců v období 1951-2000 ve srovnání s periodou 1805-1950 o zhruba 5-15 % (Litschmann a kol., 2002).

V období 1961-2000 představovaly relativně suché tempustické režimy méně než 2% našeho území a zahrnovaly pouze nejsušší části jižní Moravy. Nyní se ale hodnotám tempustického režimu výrazně blíží i některé oblasti v severozápadních Čechách, např. Žatecko, Lounsko a Rakovnicko, obzvláště pokud přihlídneme k 90. letům minulého století (Trnka et al., 2013).

Po roce 2000 začalo v České republice velmi suché období. V odborné práci Mužíkové z roku 2013 je vyhodnoceno počet dnů se suchým povrchem půdy v letech 1961-2010. Analýza zpracovává data suchých let během první dekády 21. století, a to jsou roky 2002, 2003, 2007 a 2009 (Mužíková et al., 2013).

Trnka et al. ve své studii z roku 2015 porovnali období 2001-2012 s obdobím 1961-1980 a představili tak skutečnost, že pravděpodobnost výskytu sucha vzrostla o 50 %. Tato tendence souvisí se statisticky významným vzestupem intenzity globálního záření a teploty vzduchu a s poklesem relativní vlhkosti vzduchu. Dalším faktorem podporující snížení půdní vlhkosti je též dřívější ukončení sněhové pokrývky a uspíšený začátek vegetačního období (Trnka et al., 2015).

Území České republiky zasáhla v roce 2015 významná epizoda sucha, která se postupně projevila výskytem všech typů sucha. Tento rok nám nejspíše naznačoval, že se máme připravit na pravidelně opakující se vlny veder. Srážkový deficit se začal projevovat již od února a pozvolna pokračoval i v průběhu jarních měsíců. Na začátku léta byla již krajina vyschlá a tuto situaci postupně zhoršovaly i opakující se vlny veder. Především rozsáhlé a obnovující se tlakové výše napomáhaly k tomu, že se do střední Evropy nedostával dostatečně vlhký mořský a oceánský vzduch. Frontální systémy, které se dostaly nad naše území, neměly dostačující vlhkost. Vyprahlá krajina s nedostatkem vláhy v kombinaci s relativně stabilním zvrstvením vzduchu nepřispívala ani k tvorbě tzv. bouřek z tepla. Zároveň nízká relativní vlhkost vzduchu a málo oblačnosti pomáhaly tvořit celkově větší výpar (ČHMÚ, 2018).

Za vrchol sucha v letním období 2015 lze stanovit 16. srpen před příchodem několikadenních intenzivnějších srážek, které přechodně zlepšily situaci v půdě a částečně na vodních tocích, avšak stav sucha neukončily. V tomto kulminačním období deficit dosáhl 150 mm průměrného kumulovaného srážkového úhrnu. V průměru spadlo za měsíc srpen na území ČR celkem 353 mm srážek, což je od roku 1961 druhý nejnižší srážkový úhrn za uvedené období. Tento deficit srážek začátkem jara roku 2015 byl způsoben přítomností tlakových výší nad větší částí euroatlantické oblasti, tedy absencí tlakových níží a s nimi spojených front (ČHMÚ, 2018).

## 5.5 Sucho ve světě

Špatné hospodaření s vodou a problémy s nedostatkem pitné vody není žhavým tématem pouze v Česku. Obrovská sucha trápí celý svět. Rozvojové země jako například Haiti, Indonésie či Nigérie se navíc musí potýkat s větší náchylností k nemocem kvůli chybějící kanalizaci. Podle OSN ročně umírají statisíce dětí kvůli pití kontaminované vody (iRozhlas, 2017).

Vědci řeší vodní diplomacii, například jak může nedostatek vody zapříčinit válečné konflikty nebo naopak zvýšit spolupráci jednotlivých států na využívání mezinárodních toků, a to ať už na Blízkém východě, v zemích Maghrebu nebo třeba v Asii (iRozhlas, 2017).

Známý geolog Václav Cílek ve své knize „Co se děje se světem?“poukazuje na skutečnost, že suché oblasti mají tendenci vytvářet stále více tepla a rozšiřovat se. Tomuto jevu se říká „sucho se živí suchem“. V místech, kde je nyní sucho, musíme v budoucnosti počítat s ještě větším suchem. Naopak nad oceánem se objevuje více dešťových srážek. Přibližně 30 klimatických modelů jasně ukazuje, že k vysychání půdy bude docházet obzvláště v severní třetině Číny, v celé Indii, Pákistánu, Afghánistánu, Íránu, Turecku, v arabských státech a v Evropě se bude jednat o území Řecka, Bulharska, Rumunska a východní Ukrajiny. O něco menší nebezpečí sucha hrozí na východním Slovensku a jižní Moravě (Cílek, 2016).

Podle Václava Cílka se nejzávažnější terénní pozorování posledních let týkají oteplování dva kilometry mocné povrchové vrstvy světového oceánu a vyčerpávání podzemních zásobníků vod. Ohrožena je přibližně třetina ze sedmatřiceti velkých sledovaných zdrojů podzemní vody. Toto nebezpečí se týká zemí, kde podle modelů klesá i úhrn srážek, tedy zásobníků arabského světa, povodí řek Indu a Gangy a také severoněmeckého zásobníku. Na indickém subkontinentu sledujeme pokles vody ve studních až o desítky metrů a v pobřežních oblastech, zvláště v Bangladéši či nilské deltě jsme svědky průniku slané vody pod zemský povrch. Nedostatkem vody jsou ohroženy stamilióny lidí (Cílek, 2016).

Z klimatického hlediska je nejvíce ohroženou evropskou zemí právě Řecko. Nejen že se tato země potýká s velkým přírodním nebezpečím – erozí půdy – vlivem

síly a dynamiky středozezemních přívalových dešťů, musí čelit také stále se rozrůstajícímu problému, kterým je nedostatek podzemní vody. Ve Velkých Athénách dnes žije více než polovina Řeků, kteří jsou závislí na vodě ze čtyř zdrojů vzdálených až 200 kilometrů (Cílek, 2016).

Studie publikovaná v časopise *Environmental Research Letters* pojednává o větší vlně sucha a záplav, které postihne 571 velkých evropských měst od roku 2018, než dosud vědci předpokládali. Tato studie věnující se budoucím počasí na evropském kontinentu použila všechny dostupné modely pro případ, že se světu nepodaří radikálně snížit emise skleníkových plynů, a lidská populace se přitom bude dál rozrůstat. Teplota by se měla během následujících třiceti až sedmdesáti let zvýšit o 2,6 – 4,8 stupně Celsia oproti průměru měřenému ve druhé polovině 19. století. Sucho vzroste všude, avšak především v jižní Evropě, obzvláště města ve Španělsku budou v ohrožení sucha. Rozsah bude téměř dvakrát větší, než tyto země znají z let 1950-2000. Mezi nejvíce ohrožená města častým výskytem suchých období vědci řadí Atény, Lisabon, Madrid a Sofii (*Environmental Research Letters*, 2018).

Také záplavy se budou vyskytovat častěji než doposud. Nejhorší vývoj pocítí Velká Británie. Nejvíce záplavami ohrožené metropole jsou Dublin, Helsinky, Riga a Zagreb. Největší změny teplot zažije střední Evropa, speciálně ve městech jako jsou Atény, Praha, Řím, Stockholm a Vídeň, kde teploty horkých dnů stoupnou o dva až sedm stupňů Celsia (*Environmental Research Letters*, 2018).

## **5.6 Opatření před vysycháním podzemní vody**

Způsob, jakým lze navrátit vodu zpět do půdy, je zadržet ji v krajině. K nejdůležitějším prvkům krajiny pomáhající zadržet vodu patří neregulované toky, nivy, rašeliniště, meandry (Pithart, 2018).

Prudké zpomalení vodních toků má za následek meandrování toků v plochých místech, kde se zdržuje daleko více vody a voda potřebuje delší čas, aby se vsákla do půdy. Tím, jak se voda v zákrutech odstředivou silou tlačí na břeh, podporuje prosakování vody z toku do nivy. Stále tu probíhá kontakt mezi vodou ve vodním toku a podzemní vodou v nivě. To znamená, že niva je v těchto místech zvodněná,



chladí celou krajinu jako celek. Při vyšším průtoku, kdy se voda vybřeží z koryta a niva se zaleje vodou, zůstane rozliv nějaký čas, např. týden. Celkově se voda v krajině zdrží. Část vody se vsákne do nivy a část jí přejde do podzemní vody. Biodiverzita je tu výrazně vyšší než u regulovaných toků (Pithart, 2018).

Kravčík ve své práci zmiňuje řešení – vrátit vodu nejenom do krajiny a měst, ale i zpět do malých vodních cyklů, které jsou tak důležité pro transformaci srážek, a tím tak znormalizovat počasí (Kravčík et al., 2007).

Dokument vydaný Ministerstvem životního prostředí a schválený vládou České republiky dne 24. 7. 2017 – Koncepce – obsahuje výstupy úkolů, navržená opatření přispívající k naplnění cílů strategického rámce Česká republika 2030 v oblasti zpomalování odtoku vody z krajiny, udržení biologické rozmanitosti, zlepšení stavu půd, zvyšování spolehlivosti vodohospodářské infrastruktury v měnících se podmínkách, ochrany vodních zdrojů před kontaminací, zvyšování úrovně čištění odpadních vod. Cílem této Koncepce je zformovat strategický rámec pro přijetí účinných legislativních, organizačních, technických a ekonomických opatření k minimalizaci dopadů sucha a nedostatku vody na životy a zdraví obyvatel, hospodářství, životní prostředí a na celkovou kvalitu života v ČR (MŽP, 2017).

Již začátkem čtyřicátých let 19. století F. X. J. Mašek vyzdvihuje význam lesních porostů a především velký důraz klade na zakládání rybníků pro zvýšení obsahu atmosférické vlhkosti (Brázdil, Trnka et al., 2015).

Podle geologa Václava Cílka jedna z důležitých strategií tohoto světa spočívá v přejímání opatření, které se jinde osvědčily; v tomto případě založené na tradičních indiánských zkušenostech. Síla přívalové srážky se rozbije o ovál vyložený kameny, válečky z tkaniny naplněné zeminou zpomalí tok vody a později zarostou trávou. Utvoří se tak malé travnaté terásky, které dobře absorbují vodu (Cílek, 2016).

Standardní meteorologická metodika neříká téměř nic o lokální teplotě, která závisí nejenom na charakteru povrchu a okolí místa, ale také na tom, jak dlouho tepla trvají. Dlouhodobé rozdíly teplot na různých stanovištích se běžně pohybují kolem 8-10°C. Je rozdíl mezi teplotou naměřenou v okolí betonové plochy, kde dochází k zachycování a následně vyzařování tepelné energie do prostoru, a teplotou

naměřenou ve volném prostranství plně zeleně. Je známo, že teploty povrchů mohou být o 50 % vyšší než je teplota vzduchu (Cílek, 2016).

Kravčík se domnívá, že v husté zástavbě, kde není dostatek prostoru pro výsadbu nových stromů, je možno si vypomoci střechami, které dokážou dešťovou vodu zadržet a odpařit. Ani sedlová střecha není tak velkou překážkou, spousta využitelného prostoru je na fasádách. Je to určitá bariéra, ale není nepřekonatelná. Je zapotřebí vymyslet taková řešení, která pomohou zadržet vodu na místě, kde naprší, a umožní její odpar (Kravčík et al., 2007).

Klimatické modely již dlouhou dobu předpovídají vlny veder, které se budou s určitou periodou opakovat. Ve městech bude proto situace v letních měsících čím dál tím více nesnesitelnější. Určitou ochranou před těmito vysokými teplotami mohou být stromy, další zelené plochy a střechy. Vegetace v létě ochlazuje své okolí lépe a efektivněji než veškerá klimatizační zařízení. Vzrostlý, vodou dobře zásobený strom může během jednoho dne odpařit až 400 litrů vody, a ovzduší tak odčerpá téměř 280 kWh energie. Tato energie se uvolní v noci při kondenzaci páry – vznikne rosa. Proto je možné pod stromy ve dne naměřit až o 3°C nižší teplotu než v jejich okolí (Arnika – stromy a zeleň, 2014).

## 6 ANALÝZA ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

### 6.1 Lokalizace

Správní obvod obce s rozšířenou působností Žatec (SO ORP Žatec) se nachází na severozápadní straně České republiky, v jižní části Ústeckého kraje. Na severu sousedí se správními obvody Chomutov a Most, na jihu se Středočeským krajem a se správním obvodem obce s rozšířenou působností Rakovník, na východě hraničí se správním obvodem Louny. Západní část správního obvodu přiléhá na správní obvod Kadaň a Podbořany.

Správní obvod ORP Žatec obsahuje 1 město: Žatec a 17 obcí: Bitozeves, Blažim, Ceradice, Deštnice, Holedeč, Liběšice, Libočany, Libořice, Lipno, Lišany, Měcholupy, Nové Sedlo, Staňkovice, Tuchořice, Velemyšleves, Zálužice a Žiželice (EDPP, 2018).

Zahrnuje 58 katastrálních území a celková katastrální rozloha správního území ORP Žatec činí 30 741haa zaujímá 5,8 % Ústeckého kraje (Město Žatec, 2018).

Konkrétními objekty lokalizovaného území je vrt VP1822 patřící k vesnici Radíčeves v ORP Žatec, v katastrálním území Milčeves, vrt VP1879 nacházející se na území obce Žiželice, spadající do katastrálního území Stroupeč a srážkoměrná stanice Žatec nacházející se ve východní části města Žatec v ulici Boženy Vikové Kunětické nedaleko č. p. 1469 (ČHMÚ, 2018).

Pozorovací vrt VP1822 nacházející se 150 m od vesnice Milčeves leží 0,5 km od vesnice Radíčeves a 8 km od srážkoměrné stanice Žatec. Pozorovací vrt VP1879 patřící do vesnice Stroupeč je vzdálen 3,2 km od obce Žiželice a 3,7 km od srážkoměrné stanice Žatec. Celková vzdálenost mezi vrty činí 9,2 km (ČHMÚ, 2018).

Odměrný bod (O. B.) pozorovacího vrtu VP1822 je umístěn v nadmořské výšce 275,82 m n. m. a hloubka vrtu sahá od O. B. 10,48 metrů pod zem. O. B. pozorovacího vrtu VP1879 leží v nadmořské výšce 230,01 m n. m. a hloubka vrtu od

O.B. činí 22,13 metrů. Srážkoměrná stanice Žatec leží v nadmořské výšce 210 m n. m. (ČHMÚ, 2017)

Lokalizace vrtu VP1822 v souřadnicovém systému S-JTSK:

X: 1 012 968,42, Y: 804 924,81

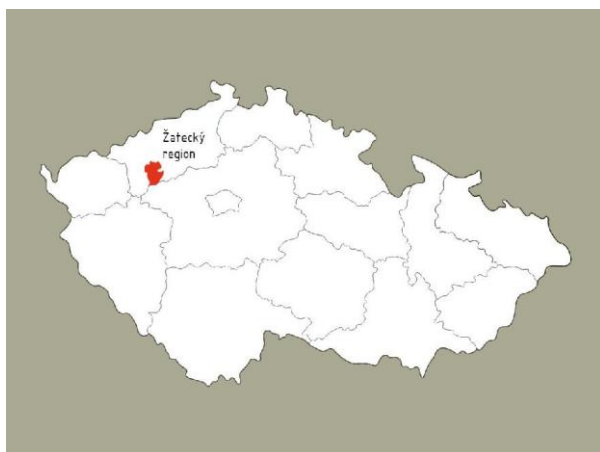
50°16'30,89" s. š., 13°30'55" v. d.

Lokalizace vrtu VP1879 v souřadnicovém systému S-JTSK:

X: 1 003 832,43, Y: 803 727,24

50°21'29,06" s. š., 13°29'52,82" v. d.

Lokalizace srážkoměrné stanice Žatec: 50°19'26" s. š., 13°31'53" v. d.



Lokalizace města Žatec:

50°19'38" s. š., 13°32'45" v. d.

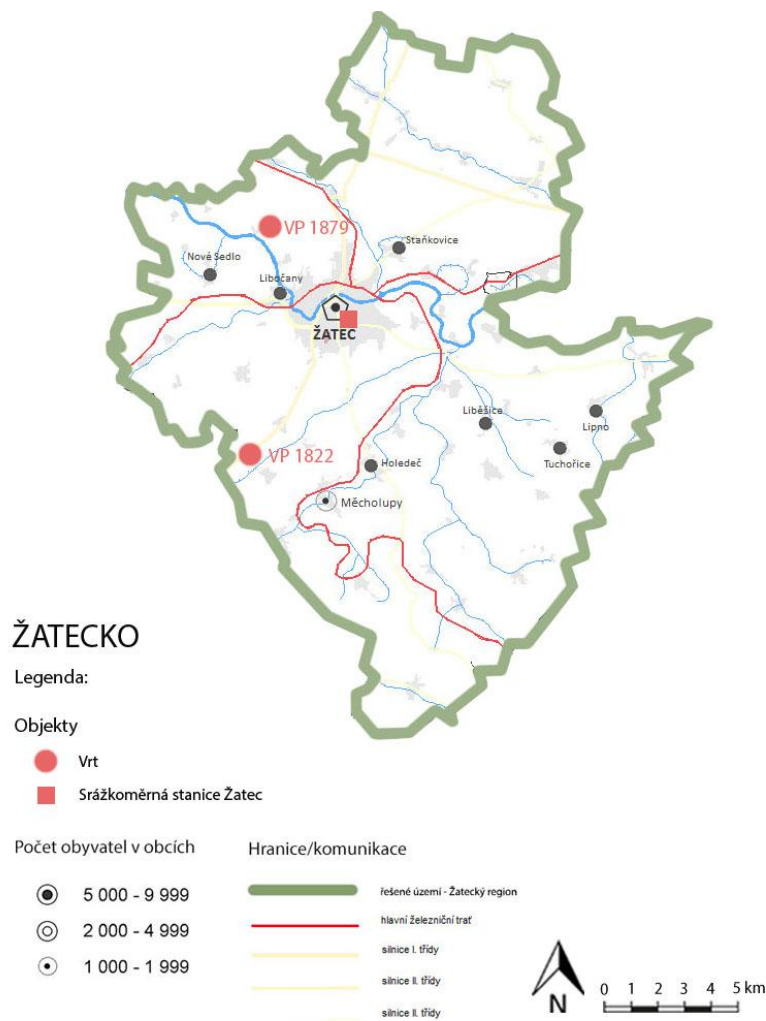
Lokalizace obce Žiželice:

50°22'3" s. š., 13°32'24" v. d.

Lokalizace obce Radíčeves:

50°17'31" s. š., 13°30'54" v. d.

**Obr. 4:** Vymezení Žateckého regionu na území České republiky (zdroj: autorka)



**Obr. 5:** Vymezení Žateckého regionu v Lounském okrese (zdroj: autorka)

## 6.2 Charakteristika řešeného území

Žatecký region nese název podle královského města Žatec, které bylo jeho správním centrem od nepaměti. Ke dni 31. 12. 2017 žilo ve správním obvodu ORP Žatec celkem 27 158 obyvatel. Převážná většina obyvatel (72 %) žije v sídelním městě Žatec. Hustotou osídlení 89 obyvatel/km<sup>2</sup> se řadí na druhé místo nejméně osídleným správním obvodem v našem kraji (EDPP, 2018).

Město Žatec se nachází uprostřed Žatecké pánve, téměř 75 km severozápadně od hlavního města Prahy, v Ústeckém kraji, v zaniklém okrese Louny, a patří mezi nejstarší města ve střední Evropě. Rozprostírá se na povodí řeky Ohře. Nyní, po

zániku okresních úřadů, se Žatec stal obcí s rozšířenou působností. Stále je nejlidnatějším městem celého regionu, s počtem obyvatel 19 300 (Město Žatec, 2018). Město leží v nadmořské výšce 240 m n. m. a jeho katastrální výměra odpovídá hodnotě 4 269 ha (Místopisy, 2018).

V historickém jádru města Žatec, které bylo prohlášeno v roce 1961 za památkovou rezervaci, se nachází řada významných a zajímavých staveb postavených v románském slohu až po secesní sloh. Jsou zde zachovány historické domy s podloubími. Z velkého počtu církevních památek je nejvýznamnější kostel Nanebevzetí Panny Marie doložený již z roku 1004. V památkové rezervaci je možné nalézt až 550 staveb různorodých architektonických slohů a svou rozlohou se řadí mezi největší v České republice (Město Žatec, 2018).

Tento region je především znám pro věhlasný Žatecký chmel, bez kterého by ty nejznámější značky českých a zahraničních piv nemohly vůbec vzniknout. V Žateckém regionu se kromě pěstování nejkvalitnějšího chmele na světě také vaří výborné pivo. Žatecký chmel si svou kvalitou a specifičností vysloužil proslulost po celém světě a ovlivnil historii regionu po více než 800 let. Díky chmelařské a pivovarnické tradici se vyvinula celá čtvrť centra města, kde se zpracovával a skladoval chmel. V současnosti se tato oblast technických památek uchází o zařazení na seznam památek UNESCO. V těchto původních prostorách se nachází Chrám Chmele a Piva představující historii i současnost světoznámé Žatecké chmelařské oblasti, který zahrnuje i Chmelařské muzeum Žatec (Město Žatec, 2018).

Obec Žiželice, ke které patří pozorovací vrt VP1879, leží 4 km severním směrem od města Žatec. Žiželice se svými 391 obyvateli jsou přibližně 23 km západně vzdáleny od okresního města Louny. Nadmořská výška obce dosahuje 231 m n.m. Katastrální výměra obce činí 1 476 ha (Místopisy, 2018). Obcí protéká Černovický potok a směrem na jihozápad od obce se nalézá přírodní památka Stroupeč (Obec Žiželice, 2018). Mezi nejvýznamnější pamětihodnosti obce patří kaple Navštívení Panny Marie, boží muka a kříž u mostu (Místopisy, 2018).

Poblíž vesnice Radíčeves, v katastrálním území Milčeves, se nalézá pozorovací vrt VP1822. Radíčeves je vesnicí, místní částí či osadou spadající pod

obec s pověřeným obecním úřadem Žatec a leží od ní 4,5 km jihozápadním směrem. Obec je vzdálena zhruba 9 km jižně od obce Žiželice a 27 km jihozápadně od okresního města Louny. Radičeves má 151 obyvatel a jeho katastrální území o rozloze 4,78 km<sup>2</sup> leží v nadmořské výšce 277 m n. m. Ve vesnici je význačný kostel svatého Václava v dochované podobě z barokní přestavby (Tošnerová, 2000).

Číslo vrtu	OBEC	Hloubka Vrtu od OB	H.G. RAJON	JTSK - Křovák X Y		Výška m n.m. O.B.	Sledovaný horizont	k.ú.
VP1822	Radičeves	10,48	2132	1 012 968,42	804 924,81	275,82	kvartér	Milčeves
VP1879	Žiželice	22,13	2132	1 003 832,43	803 727,24	230,04	Miocén	Stroupeč

**Tab. 6:** Identifikace jednotlivých vrtů (ČHMÚ, 2018)

### 6.3 Land use

Termín land use obsahuje dvě základní složky – biofyzikální a socioekonomickou. Je to pojem dynamický, stejně jako jsou v čase a prostoru proměnlivé atributy krajiny. Shrnuje jak formu analýzy aktuálního či historického stavu, tak i posouzení krajiny z hlediska vhodnosti pro jednotlivé způsoby využívání potenciálního stavu (Van Der Zee, 1998).

Klasifikace krajiny znamená uspořádání krajiny do tříd a může být provedena mnoha různými způsoby a pro různé účely, většinou mající praktický charakter (Beek, 1979).

Podle přiložené tabulky se statistickými údaji k datu 31. 12. 2015 je patrné, že na území obce Žatec s rozšířenou působností se vyskytuje značné množství orné půdy a malý podíl trvalých travních porostů. Z celkové výměry (30 737,5 ha) ORP Žatec tvoří 70,3 % zemědělská půda a pouhé 1,1 % vodní plochy.

Koeficient ekologické stability (KES) je poměrové číslo, které stanovuje poměr ploch tzv. stabilních a nestabilních krajinotvorných prvků ve zkoumaném území (Míchal, 1985). KES pro území ORP Žatec vychází 0,35, což znamená, že je toto území intenzivně využívané, zejména zemědělskou velkovýrobou, oslabení autoregulačních pochodů v ekosystémech způsobuje jejich značnou ekologickou labilitu a vyžaduje vysoké vklady dodatkové energie (Míchal, 1985).

Sledovaný jev		Údaj k 31.12.2015
22	Podíl zemědělské půdy z celkové výměry (%)	70,3
23	Podíl orné půdy ze zemědělské půdy (%)	85,2
24	Podíl trvalých travních porostů ze zemědělské půdy (%)	5,5
27	Podíl zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry (%)	14,2
28	Podíl vodních ploch z celkové výměry (%)	1,1
29	Podíl lesů z celkové výměry (%)	14,4
30	Orná půda - rozloha (ha)	18 396,80
30	Chmelnice - rozloha (ha)	1 557,20
30	Vinice - rozloha (ha)	-
30	Zahrady - rozloha (ha)	342,90
30	Ovocné sady - rozloha (ha)	108,00
30	Trvalé travní porosty - rozloha (ha)	1 190,80
30	Lesní půda - rozloha (ha)	4 435,60
30	Vodní plochy - rozloha (ha)	349,20
30	Zastavěné plochy - rozloha (ha)	515,5
30	Ostatní plochy - rozloha (ha)	3 840
30	Zemědělská půda - rozloha (ha)	21 597,20
30	Celková výměra (ha)	30 737,50
30	Koeficient ekologické stability	0,35

**Tab. 2:** Základní statistické údaje pro území SO ORP Žatec k datu 31. 12. 2015

(zdroj: autorka, podklad: ČSÚ, 2018)

Využití krajiny v roce 2015 a 2016 dosahovalo téměř totožných hodnot, až na malé odchylky. Například zastavěná plocha se v ORP Žatec rozrostla o 2 ha a hustota zalidnění se naopak snížila. Pro srovnání, jak se změnilo využití krajiny během jednoho roku, nám poslouží následující tabulka:

	2015	2016
<b>Výměra v ha (k 31. 12.)</b>	30 737	30 736
<b>Zemědělská půda v ha</b>	21 597	21 605
<b>Lesní pozemky v ha</b>	4 436	4 435
<b>Zastavěné plochy v ha</b>	515	517
<b>Hustota zalidnění (osoby/km<sup>2</sup>)</b>	88,7	88,4

**Tab. 3:** Využití krajiny v roce 2015 a v roce 2016

(zdroj: autorka, podklad: ČSÚ, 2018)



## 6.4 Přírodní poměry řešeného území

Žatecký správní obvod se rozléhá v povodí řeky Ohře. Na západní straně je tato oblast obehána Doupovskými horami, na jihu se již postupně zvedá Rakovnická pahorkatina. Na východní straně se Žatecká pánev široce rozevívá do Dolnooharské tabule. Postavení Doupovských hor i vzdálenějších Krušných hor výrazně ovlivňuje klimatické poměry Žatecka, neboť tyto hory jsou přirozenouhradbou a brání tak proniknout západnímu vzdušnému proudění (ČSÚ, 2014).

Celé území leží v tzv. srážkovém stínu Krušných hor, což znamená, že na závětrné straně hor jsou místa podstatněsušší, a představuje tak nejnižší roční úhrny srážek z celé České republiky (ČSÚ, 2014).

Do řešeného území zasahuje Přírodní park Džbán (EDPP, 2018).

### 6.4.1 Geomorfologické poměry

Správní obvod ORP Žatec se rozprostírá v mírně zvlněném terénu, z geomorfologického hlediska se nachází v provincii Česká vysočina a ve třech subprovinciích, a to v Krušnohorské soustavě, Poberounské soustavě a v České tabuli. Tato oblast spadá dále do čtyř geomorfologických oblastí, kterými jsou Podkrušnohorská oblast, Plzeňská pahorkatina, Brdská oblast a Středočeská tabule. Krušnohorské hornatiny a vrchoviny vytvářejí dešťový stín, který značně ovlivňuje klima v oblasti podkrušnohorských pánví. Mezi geomorfologické celky sahající do území ORP Žatec se řadí Mostecká pánev, Rakovnická pahorkatina, Džbán a Dolnooharská tabule. Geomorfologické podcelky tvoří Žatecká pánev, Kněžveská pahorkatina, Hazmburská tabule a Ročovská vrchovina. Průměrná nadmořská výška oblasti se pohybuje převážně mezi 300 – 400 m n. m. Nejvyšším bodem oblasti je vrch o nadmořské výšce 509 m n. m. (EDPP, 2018)

Řešené území pozorovacích vrtůve vesnici Stroupeč patřící k obci Žiželice a srážkoměrná stanice Žatec se nachází na území geomorfologického podcelku

Žatecké pánve a náleží dvěma geomorfologickým okrskům, a to Čeradické plošině a Blažimské plošině (viz tabulka č. 4).

Geomorfologieměsta Žatec a obce Žiželice podle Demkaje znázorněna v následující tabulce:

<b>System:</b> Hercynský	<b>Subsystem:</b> Hercynská pohoří
<b>Provincie:</b> Česká vysočina	<b>Subprovincie:</b> Krušnohorská
<b>Oblast:</b> Podkrušnohorská	<b>Celek:</b> Mostecká pánev
<b>Podcelek:</b> Žatecká pánev	<b>Okrsek:</b> Čeradická plošina, Blažimská plošina (Žiželice)

**Tab. 4:** Geomorfologické členění pro město Žatec a obec Žiželice (Demek, 1987)

#### 6.4.1.1 Čeradická plošina

Tato členitá pahorkatina o rozloze 173,68 km<sup>2</sup>, ve které leží pozorovací vrt VP1822 a srážkoměrná stanice Žatec, se nachází na jihozápadní straně Žatecké pánve, v povodí řeky Ohře a skládá se převážně z miocenních, případně z eocén-miocenních jílu, písků, pískovců a uhelných slojemi, místy je protkávaná terciérním vulkanismem. Plošina nasedá na proterozoické granulitové ruly s pokryvy kvartérních sedimentů (spraší). Morfologicky a strukturně jde o členitou pahorkatinu s významným projevem kryogenních pochodů, přítomností četných sesuvů na údolních svazích a výskytem erozních rýh. Čeradická plošina je tvořena převážně erozně akumulacním povrchem staropleistocenních a vyšších středopleistocenních říčních teras, většinou s pokryvy spraší. Na západní straně plošiny se uplatňuje exhumovaný třetihorní zarovnaný povrch na fosilně zvětralém krystaliniku s kaňovitým údolím řeky Ohře a čedičovými sukly. Mezi nejvýraznější bod oblasti patří vrchol V písku (397 m), který je nejvyšším bodem celého území. (Demek et al., 2006).

### **6.4.1.2 Blažimská plošina**

Tato plošina, ve které leží pozorovací vrt VP1879 patřící k obci Žiželice, se nachází v severní části Žatecké pánve, severním směrem od Čeradické plošiny. Blažimská plošina je rovinou akumulárního rázu kvartérních struktur v oblasti vyšších fluviálních teras (Geoportál, 2018).

Povrch terénu má parovinný charakter, většinou s mírně svažnými údolími vodních toků a roklemi. Morfologicky nepříliš výrazně zvlnění terénu způsobují odolnější a pevnější podložní křídové sedimenty. Nadmořská výška se v zájmovém území pohybuje mezi 215 a 255 m n. m.

## **6.4.2 Geologické a pedologické poměry**

Podstatnou část území Ústeckého kraje pokrývá severočeská hnědouhelná pánev. V jižní části pánve v Žateckém regionu se vyskytují permokarbonské horniny (ÚAP, 2009).

Správní území ORP Žatec patří do geologické jednotky hercynské mezoevropy, kam spadá Český masiv, který reprezentuje území nejednotné genezí sjednocené procesy v době hercynského neboli variského vrásnění před 380 až 300 miliony lety. Nejrozsáhlejším geologickým předčtvrtohorním podkladem jsou vrásněné sedimenty – křídové útvary, třetihorní usazeniny (EDPP, 2018).

Poblíž města Žatec se vyskytují zejména černozemní půdy lemující nivní půdy podél řeky Ohře. Také se zde vyskytují hnědozemě a kambizemě. Z hlediska obsahu jílnatých částic a štěrku se v řešeném území objevují půdy jílovitohlinité (EDPP, 2018).

Obsyp vrtu VP 1822 (k. o. Milčeves) složen granulovanou drtí sahá do hloubky 7,3 m, zajílování nastává v hloubce 2 m pod terénem a podsyp 0,3 m hluboko. V geologickém podloží vrtu VP1822 o mocnosti vrstvy 0,3 m se nachází do hloubky 0,3 m světle šedá, silně jemně písčítá, slabě jílovitá zemina s valouny do průměru 4 cm. V další vrstvě o mocnosti 2,2 m do hloubky 2,5 m se vyskytuje světle šedá, písčito-jílovitá zemina s valouny do průměru 2 cm. Následující vrstva sahá do

hloubky 4 m, jejíž mocnost činí 1,5 m, a obsahuje světle šedožlutý, silně jemně písčité jíly, tmavě šedohnědě skvrnitý a louhovaný. Ve vrstvě hluboké 4,5 m o mocnosti 0,5 m se nalézá světle šedožlutý, jemnozrný silně jílovitý písek s vápnitými konkréciemi do průměru 1,5 cm. V této hloubce 4,5 m je naražená voda. Sledovaný horizont – kvartér – nyní končí v následující vrstvě dosahující hloubky 5 metrů o mocnosti vrstvy 0,5 m a nachází se zde světle šedohnědý, silně jemně písčité jíly, slabě vápnité, s rezavě hnědými okrovými konkréciemi. Začíná vrstva v horizontu – terciér, která sahá do hloubky 6 metrů a její mocnost činí 1 m. Obsahuje světle žlutošedý, rezavě šmouhovaný tuhý jíly se slabou jílovitou příměsí. V následující hlubší vrstvě o hloubce 7,5 m a mocnosti 1,5 m se vyskytuje světle šedý, jemně písčité jíly. V poslední vrstvě v hloubce 9,3 m a mocnosti 1,8 m se nachází světle šedý, slabě jemně písčité jíly (ČHMÚ, 2018).

Na území obce Žiželice, v blízkosti vrtu VP1822, leží geologicky významná lokalita Stroupeč sousedící se stejnojmennou vesnicí. Jedná se o přírodní památku patřící na Ústřední seznam ochrany přírody AOPK ČR kvůli výskytu křovinatých strání a entomologickému charakteru lokality. Přístup k lokalitě je bez omezení, autem přístupná. Hlavní horninou reprezentující tuto geologickou lokalitu, a také její okolí, je jíly, písek a hlína sprašová. V podloží lze nalézt třetihorní sedimenty severočeské hnědouhelné pánve tvořené spodnomiocenními uhelnými jíly, jíly a písky mosteckého souvrství. V nadloží se vyskytují kvartérní pleistocenní říční štěrkopísky a sprašové hlíny. Lokalita Stroupeč se rozprostírá v okrajové části širokého údolí řeky Ohře, kde se v jílech a píscích zformovaly strmé svahy modelované četnými sesuvy. Původ geologických jevů je sedimentární.

**Stáří hornin (stratigrafie):** terciér, kvartér

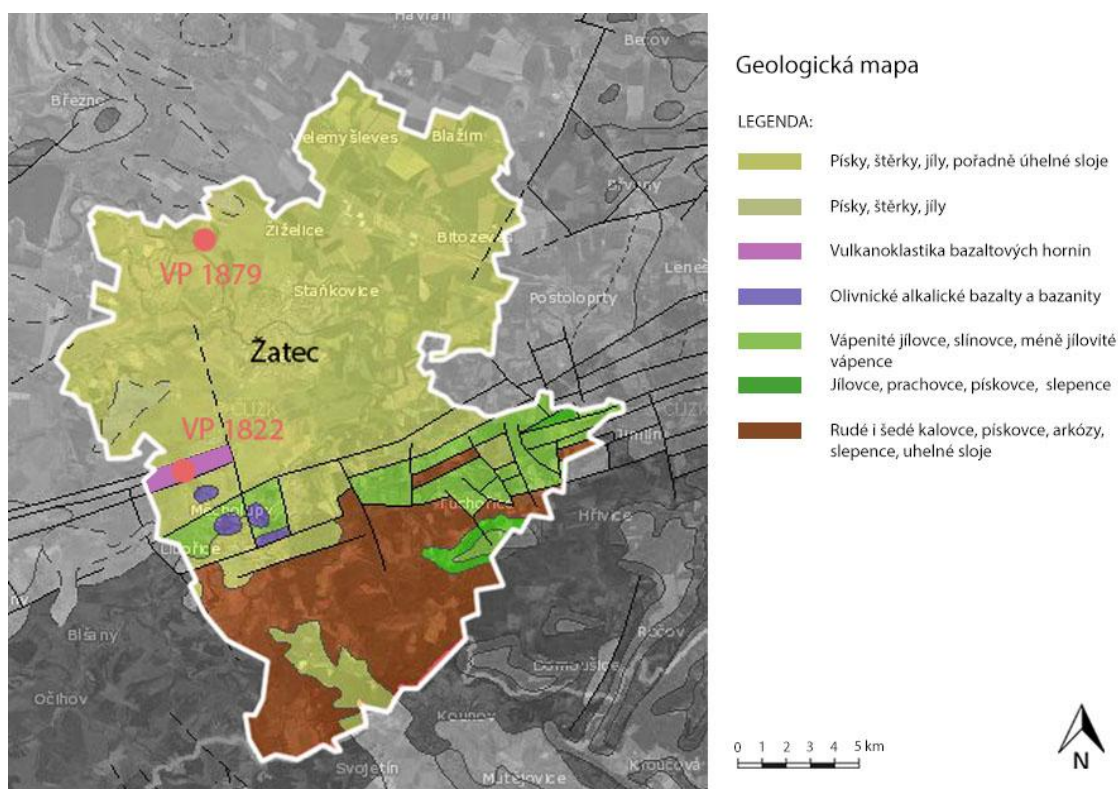
**Regionální členění:** Český masiv – pokryvné útvary a postvariské magmatity – terciér Českého masivu – podkrušnohorské pánve a přilehlé vulkanické hornatiny, Český masiv – pokryvné útvary a postvariské magmatity – kvartér – kvartér akumulčních oblastí Českého masivu (Kolektiv autorů, 1999)

Další geologicky významná lokalita v řešeném území leží 500 metrů severozápadně od obce Staňkovice, přibližně 2,5 km od obce Žiželice a 2 km od

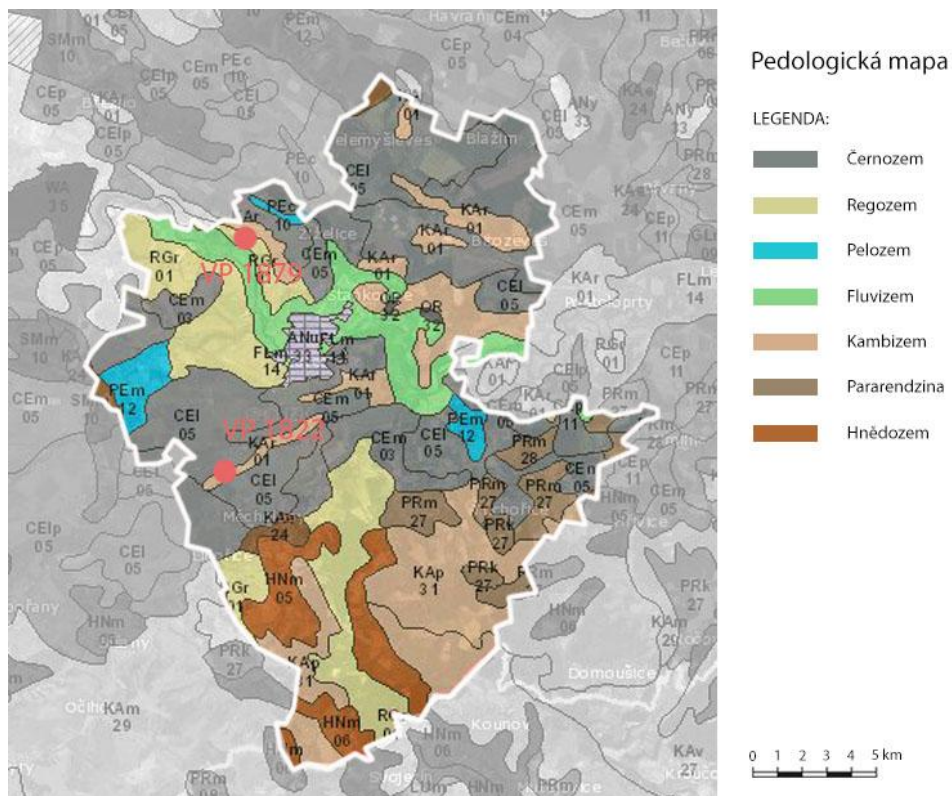
města Žatec. Jedná se o přírodní památku patřící na Ústřední seznam ochrany přírody AOPK ČR díky opuštěným pastvinám. Má významnou entomologickou hodnotu. Přístup k lokalitě není omezen, možnost příjezdu autem. Toto území reprezentují horniny - písek, jíla a štěrko-písek. Třetihorní sedimenty severočeské hnědouhelné pánve jsou zastoupeny jíly a písky spodního miocénu. Nadloží obsahuje kvartérní pleistocenní říční štěrko-písky a sprašové hlíny. V měkkých pískách a jílech se vyformovaly strmé svahy se stržemi a roklemi, kde jíly a písky místy vystupují přímo na povrch. Svahy leží v okrajové části širokého údolí řeky Ohře.

**Stáří hornin (stratigrafie):** terciér

**Regionální členění:** Český masiv – pokryvné útvary a postvariském agmatity – terciér Českého masivu – podkrušnohorské pánve a přilehlé vulkanické hornatiny (Kolektiv autorů, 1999)



**Obr. 6:** Geologická mapa řešeného území (zdroj: autorka, podklad: Geoportál, 2018)



Obr. 7: Pedologická mapa řešeného území (zdroj: autorka, podklad: Geoportál, 2018)

### 6.4.3 Klimatické poměry

Mírné klimatické podmínky Žatecka byly důvodem časného osídlování tohoto území prvními zemědělci. Zemědělství podstatnou měrou ovlivňuje krajinu Žatecka dosud (Město Žatec, 2018).

Podle Quittovy klimatické klasifikace většina území ORP Žatec patří do teplé klimatické podoblasti T2 a z jižní strany zasahuje mírně teplá klimatická podoblast MT11. Pro toto území je tedy charakteristické dlouhé, teplé a suché léto, velmi krátké přechodné období s teplým až mírně teplým jarem i podzimem a krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá zima s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrný roční úhrn srážek v této oblasti se pohybuje okolo 450–500 mm, průměrné roční teploty činí kolem 7-8 °C. Nejteplejším měsícem v roce je zajisté červenec

s průměrnou teplotou 18 až 19 °C a naopak nejchladnějším měsícem je leden s průměrnými teplotami -2 až -3°C (Quitt, 1971).

<b>Charakteristika</b>	<b>T2</b>	<b>MT11</b>
Počet letních dnů	50 - 60	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	160 - 170	140 - 160
Počet mrazových dnů	100 - 110	110 - 130
Počet ledových dnů	30 - 40	30 - 40
Průměrná teplota v lednu	-2 °C - (-3) °C	-2 °C - (-3) °C
Průměrná teplota v červenci	18 °C - 19 °C	17 °C - 18 °C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 - 100 mm	90 - 110 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 - 50	50 - 60

**Tab. 5:** Charakteristika teplé klimatické podoblasti T2 a mírně teplé podoblasti MT11 (Quitt, 1971)

#### 6.4.4 Hydrologické poměry

Celý správní obvod ORP Žatec spadá do působnosti Povodí Ohře, s. p. Nejvýznamnějšími vodními toky v řešeném území jsou Ohře, Blšanka, Chomutovka či Liboc. Nad SO ORP Žatec se vyskytuje na vodním toku Ohře vodní dílo Nechranice, jehož vlivem dochází k ovlivnění a regulaci průtoku vody ve vodním toku Ohře pod tímto vodním dílem. Vodní tok Ohře a Liboc je v této oblasti evropsky významnou lokalitou (EDPP, 2018).

Největší hustota říční sítě je v jižní a jihovýchodní části ORP Žatec, naopak sever a severozápad jsou na vodní toky chudé. Zastoupení vodních ploch, zejména rybníků, je v celém správním obvodu ORP Žatec extrémně nízké. Vymezené pásmo pro užívání pozemků sousedících s korytem vodního toku pro zabezpečení výkonu správy vodního toku jejich správci je široké 8 metrů od břehové čáry u ostatních významných toků a 6 metrů u drobných vodních toků (Město Žatec, 2018).

Název vodního útvaru	% plochy útvaru v obci
Ohře po soutok s tokem Blšanka	19,3
Blšanka po ústí do toku Ohře	7,56
Ohře po soutok s tokem Liboc	5,96
Liboc po ústí do toku Ohře	0,16
Ohře po soutok s tokem Chomutovka	0,01

**Tab. 6:** Procentuální zastoupení vodních ploch v obci (Město Žatec, 2018)

Nejpodstatnějším tokem v dané oblasti je řeka Ohře pramenící u Wiesenstadtu v Německu na svazích Schneebergu v nadmořské výšce 752 m n. m. Na katastrální území města Žatec přitéká v severozápadní části, kde ústí i vodní tok Liboc pod železničním mostem. Avšak ještě předtím napájí výše na toku vodní dílo Nechanice, jehož manipulace ovlivňuje průtok vody ve vodním toku Ohře. Řeka Ohře se vlévá do Labe u Litoměřic v nadmořské výšce 143 m a celková délka toku měří 300,2 km. Délka toku pouze v oblasti povodí Ohře a dolního Labe dosahuje 253,6 km (EDPP, 2018).

Místo profilu	ř. km	Q <sub>a</sub> [m <sup>3</sup> /s]	N-leté průtoky [m <sup>3</sup> /s]							
			1	2	5	10	20	50	100	
Hlásný profil kat. A Louny, Ohře	53,40	37,3	250	--	466	568	--	823	942	
Hlásný profil kat. B Žatec, Ohře	87,60	32,2	212	--	395	482	--	699	800	
Hlásný profil kat. A Stranná, Ohře	98,90	30,7	200	--	373	455	--	622	756	
Hlásný profil kat. B Klášterec nad Ohří, Ohře	133,50	29	193	--	361	450	--	640	734	

**Tab. 7:** Základní hydrologické charakteristiky vodního toku Ohře (EDPP, 2018)



## 7 METODIKA ZPRACOVÁNÍ

### 7.1 Popis dat a jejich zpracování

V rámci analytického zhodnocení vlivu srážek na hladinu podzemní vody v Žateckém regionu byla posuzována data hladin podzemní vody v pozorovacích vrtech VP1822 a VP1879 a data srážek naměřená ve srážkoměrné stanici Žatec.

Pro tvorbu výstupních grafů a posouzení situace bylo nutné sehnat data výšky(hloubky) hladiny podzemní vody od O. B. v pozorovacích vrtech a data srážkových úhrnů v dané lokalitě. Pan RNDr. Jiří David z Českého hydrometeorologického ústavu, pobočky Ústí nad Labem poskytl data (v MS Excel) týdenních výšek hladin podzemní vody od O. B. v metrech pro pozorovací vrt VP1822 a VP1879 v období 1. 1. 2009 – 31. 12. 2016 SEČ, dále také data srážkových úhrnů v mm měřená v časovém intervalu – v pentádách, neboli v časovém období 5 dnů - pro nejbližší dostupnou srážkoměrnou stanici Žatec.

Týdenní výšky jednotlivých hladin podzemní vody se musely pro každý měsíc zprůměrovat, aby se při tvorbě grafů lépe s daty pracovalo. Data srážkových úhrnů v pentádách se pro každý měsíc sečetly pro dosažení efektivních výsledných hodnot.

Pro zjištění závislosti mezi úhrnem srážek a kolísáním hladiny podzemní vody v pozorovacích vrtech je použit bodový graf s vyobrazením hodnoty koeficientu spolehlivosti neboli determinace  $R^2$ .

Koeficient spolehlivosti je vyjádřen vzorcem:

$$R^2 = 1 - Se/St$$

Kde  $Se$  je reziduální a  $St$  je celkový součet čtverců

V modelu lineární regrese s absolutním členem leží hodnota  $R^2$  v intervalu (0,1) a udává, jaký podíl rozptylu v pozorování závislé proměnné se podařilo regresí vysvětlit, přičemž větší hodnoty znamenají větší úspěšnost regrese.

Vstupem pro bodový graf v každém vrtu jsou hodnoty hladiny podzemní vody se zpožděným časovým intervalem o několik měsíců než hodnoty srážkových úhrnů, protože však vody ze srážkového úhrnu do půdy nastává s určitým zpožděním. Do grafů vstupují sumy měsíčních dat srážkových úhrnů a průměrné měsíční hodnoty hladiny podzemní vody v každém vrtu reprezentované v určitém období, pro které vyšla hodnota koeficientu spolehlivosti nejvyšší.

Vliv úhrnu srážek na hladinu podzemní vody v jednotlivých vrtech je vyobrazen prostřednictvím kombinovaného grafu, kde plošný graf znázorňuje srážkový úhrn a spojnicový graf výšku hladiny podzemní vody ve vrtu. V každém grafu je vykreslena spojnice trendu, která zobrazuje, zda se hladina podzemní vody zvyšuje či snižuje v daném období. Pro každý rok v období 2009-2016 je vytvořen tento kombinovaný graf pro každý z řešených vrtů.

Na závěr je vytvořen celkový graf kombinovaného typu, kde jsou zobrazeny sumy srážkového úhrnu a průměry hladin podzemní vody ke každému vrtu pro celý časový úsek 2009-2016.

## 7.2 Popis vrtů

Ve vrtu VP1822, jehož stáří se datuje od roku 1964, nedávno ČHMÚ provedl čištění. Nachází se přibližně 150 m od vesnice Milčeves. Odběrný bod vrtu (O. B.) je umístěn v hloubce 1,35 m pod zemí. Vrt slouží k pozorování hladiny podzemní vody pro výzkumné účely Českého hydrometeorologického ústavu.



**Obr. 7:** Vrt VP1822 (zdroj: autorka)

Vrt VP1879 je nový vrt a probíhá zde odebrání vzorků 2x ročně, vždy na jaře a na podzim, pracovníky ČHMÚ. Nachází se 100 m od zastavěného území vesnice, v oblasti přírodní památky Stroupeč. I tento pozorovací vrt slouží pro výzkumné účely Českého hydrometeorologického ústavu.

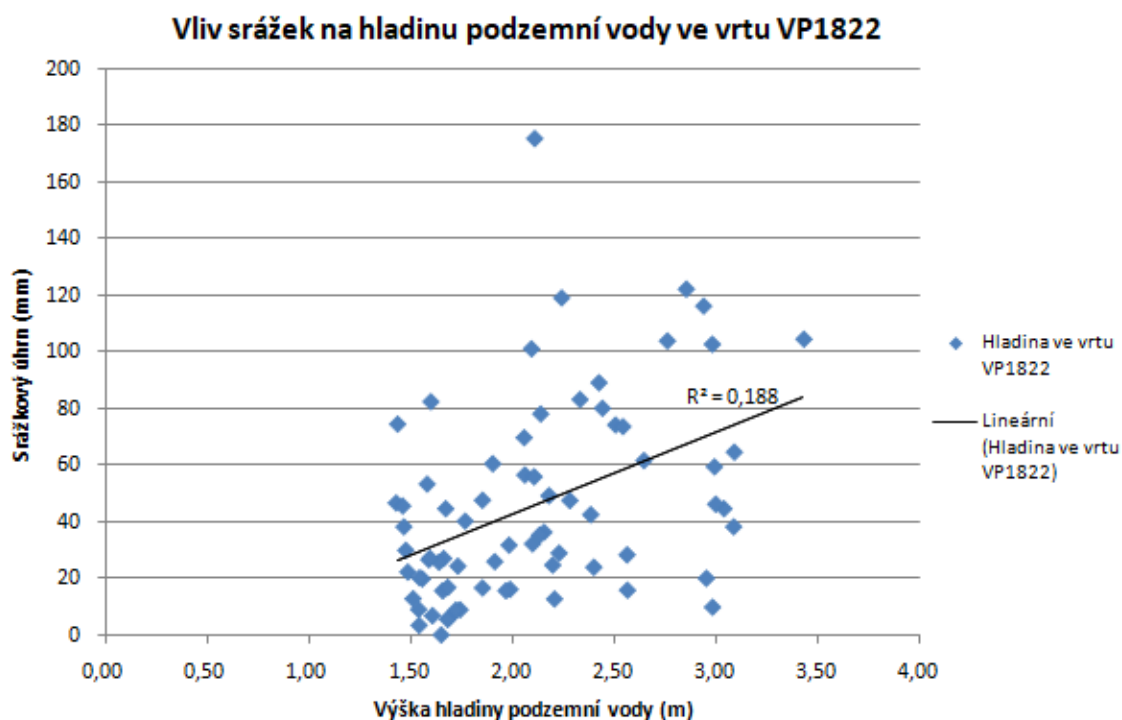


**Obr. 8:** Vrt VP1879 (zdroj: autorka)

## 8 VÝSLEDKY

Obsahem této kapitoly jsou výstupy dat v podobě grafů a komentáře k jednotlivým grafům.

### 8.1 Vrt VP1822



**Graf 1:** Graf závislosti úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822  
(zdroj: autorka)

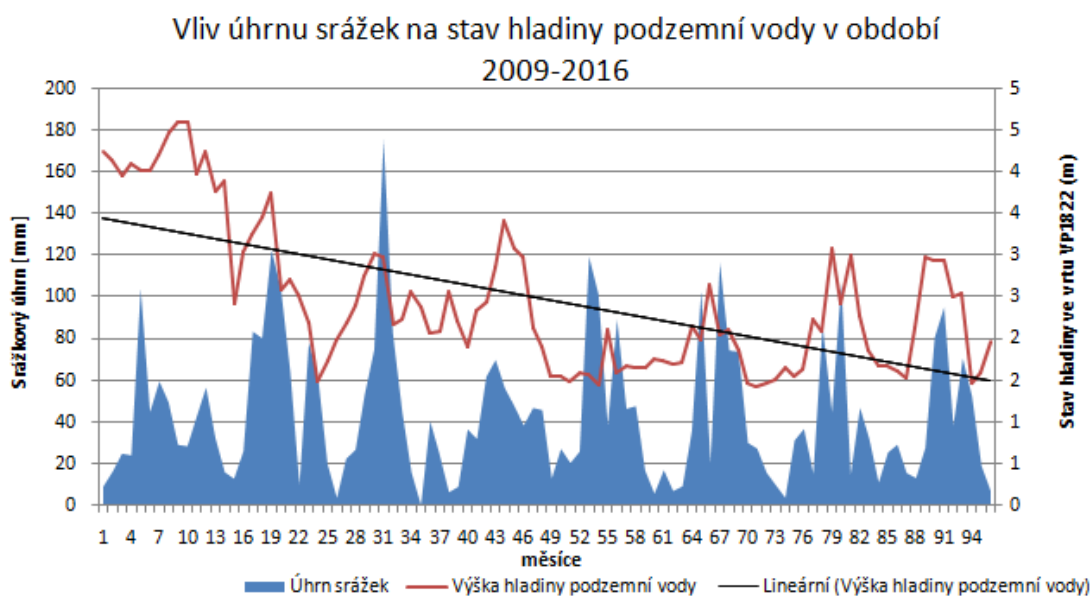
Graf závislosti srážkového úhrnu na výšce hladiny podzemní vody v pozorovacím vrtu VP 1822 (k. o. Milčeves) ukazuje fluktuování naměřených hodnot.

Protože vsak vody ze srážek do půdy nastává s určitým zpožděním, vstupem pro graf jsou hodnoty hladiny podzemní vody se zpožděným časovým intervalem o několik měsíců než hodnoty srážkových úhrnů. Do grafu 1 vstupují tedy sumy měsíčních dat srážkových úhrnů reprezentované v období 1. 1. 2009 – 31. 12. 2014 a

průměrné měsíční hodnoty hladiny podzemní vody ve vrtu v období 1. 1. 2011 – 31. 12. 2016.

Graf zobrazuje nejvyšší hodnotu koeficientu spolehlivosti  $R^2$  v řešeném časovém období, která vychází 0,188. Tato hodnota tedy vyjadřuje, že úhrn srážek má minimální vliv na kolísání hladiny podzemní vody ve vrtu VP1822.

V pozorovacím vrtu VP1822 vykreslená spojnice trendu v jednotlivých grafech značí pokles hladiny podzemní vody v roce 2009, 2011, 2012, 2013, 2015 a v roce 2016 (viz příloha 1, 3, 4, 5, 7, 8). V roce 2010 a 2014 se hladina podzemní vody ve vrtu zvýšila, obzvláště v roce 2014 byl nárůst podzemní vody značný (viz příloha 2 a 6).



**Graf 2:** Vliv úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822 v celém období

(zdroj: autorka)

Z výše uvedeného grafu 2, kde jsou znázorněny sumy všech srážkových úhrnů a hladin podzemní vody v celém časovém intervalu 2009-2016 v pozorovacím

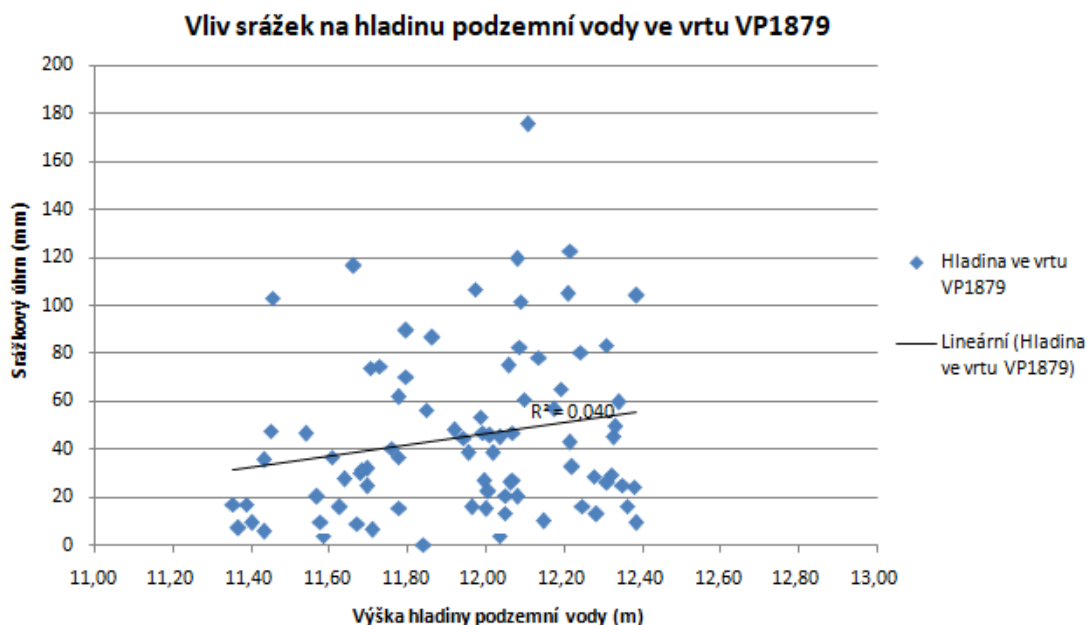
vrtu VP1822, je patrné oscilování hodnot srážkových úhrnů. Maximálních hodnot je dosaženo v letních měsících, minimálních hodnot v zimních měsících.

Hladina podzemní vody neustále kolísá. Největší úhrn srážek, který nastal v červenci roku 2011, by mohl být důsledkem zvýšení hladiny podzemní vody ve vrtu VP1822 v srpnu a září roku 2011, která se však neprojevila tak značně pravděpodobně vlivem vysoké teploty vzduchu a většímu odparu vody.

Jak lze vidět z grafu - kupříkladu rok 2009, který byl suchým rokem, se projevil velmi nízkou hladinou podzemní vody ve vrtu. Z grafu lze dále vyčíst, že v zimních měsících a na jaře stoupla hladina podzemní vody pravděpodobně vlivem tání sněhové pokrývky.

Vykreslená spojnice trendu v grafu 2 jasně ukazuje zvýšení hladiny podzemní vody pro celé časové období 2009-2016 ve vrtu VP1822.

## 8.2 Vrt VP1879



**Graf 3:** Graf závislosti úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879

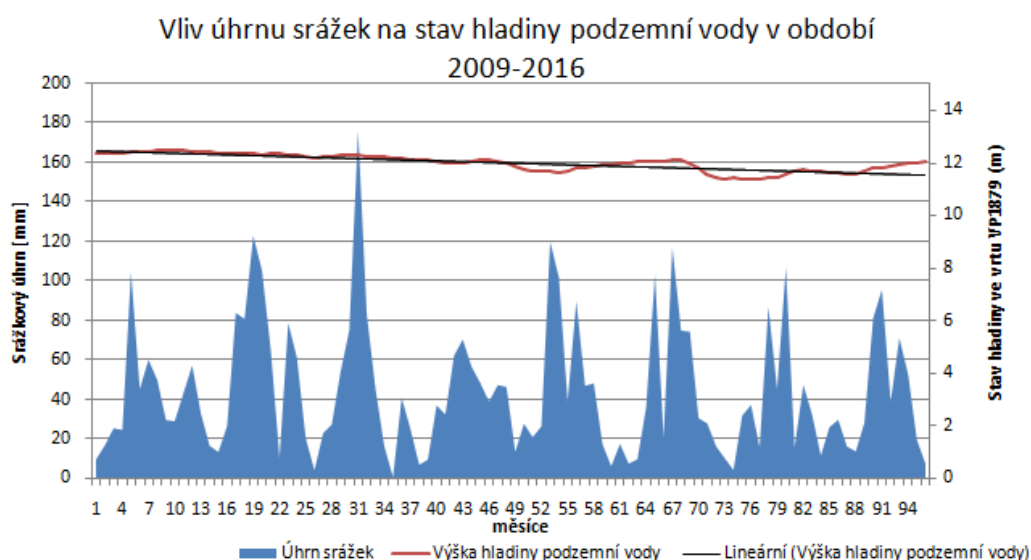
(zdroj: autorka)

Graf závislosti srážkového úhrnu na výšce hladiny podzemní vody v pozorovacím vrtu VP 1879 (k. o. Stroupeč) prezentuje kolísání naměřených hodnot.

Protože vsak vody ze srážek do půdy nastává s určitým zpožděním, vstupem pro graf jsou hodnoty hladiny podzemní vody se zpožděným časovým intervalem o několik měsíců než hodnoty srážkových úhrnů. Do grafu 3 vstupují tedy sumy měsíčních dat srážkových úhrnů reprezentované v období 1. 1. 2009 – 31. 10. 2015 a průměrné měsíční hodnoty hladiny podzemní vody ve vrtu v období 1. 3. 2010 – 31. 12. 2016.

Graf zobrazuje nejvyšší hodnotu koeficientu spolehlivosti  $R^2$  v řešeném časovém období, která vychází 0,040. Tato hodnota tedy vyjadřuje, že úhrn srážek má minimální až zanedbatelný vliv na kolísání hladiny podzemní vody ve vrtu VP1879.

V pozorovacím vrtu VP1879 vykreslená spojnice trendu v jednotlivých grafech zaznamenává poklesnutí hladiny podzemní vody v roce 2009, 2013, 2015 a v roce 2016 (příloha 9, 13, 15, 16). V roce 2010, 2012 a 2014 se hladina podzemní vody ve vrtu zvýšila, avšak v roce 2012 byl nárůst podzemní vody minimální (viz příloha 10, 12 a 14).



**Graf 4:** Vliv úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879 v celém období

(zdroj: autorka)



Z grafu 4, kde jsou zobrazena data všech srážkových úhrnů a hladin podzemní vody v celém časovém období v pozorovacím vrtu VP1879, je poznat, že hodnoty srážkových úhrnů kolísají.

Hladina podzemní vody v tomto vrtu VP1879 nijak extrémně nekolísá. Pouze v roce 2013 a 2015. V teplých měsících roku 2013 hladina stoupla do výšky 11,61 m od O. B., následně poklesla až na hodnotu 12,09 m v srpnu roku 2014. Začátkem roku 2015 se hladina podzemní vody opět zvýšila a poté znovu klesla, neboť byl rok 2015 velmi suchý.

V grafu 4 je zobrazená spojnice trendu, která poukazuje na pozvolný nárůst hladiny podzemní vody pro celé časové období 2009-2016 ve vrtu VP1879.

Rok	Měsíc	MAX	Měsíc	MIN
2009	květen	104,3	leden	9,3
2010	červenec	122,60	říjen	10,2
2011	červenec	175,80	listopad	0,4
2012	červenec	70,10	únor	6,6
2013	květen	119,50	prosinec	5,9
2014	červenec	116,60	únor	7,2
2015	srpen	106,80	únor	3,9
2016	červenec	95,30	prosinec	7,1

**Tab. 8:** Maximální a minimální hodnoty srážkového úhrnu (zdroj: autorka)

Tabulka 8 ukazuje, ve kterém měsíci v roce byly naměřeny maximální a minimální hodnoty srážkového úhrnu.

Největší úhrn srážek nastal vždy v teplých měsících a nejmenší úhrn srážek v zimních měsících, kromě roku 2010, kdy minimum srážkového úhrnu nastalo v říjnu – 10,2 mm. Maximální hodnoty z celého časového období je dosaženo v měsíci červenci roku 2011, kdy je srážkový úhrn 175,8 mm, naopak minimální hodnota srážkového úhrnu je v měsíci listopadu téhož roku – 0,4 mm. Tudíž rok 2011 je za všech okolností nejextrémnější.

## 9 DISKUZE

Z řešených grafů v této práci je patrné, že vliv srážek na hladinu podzemní vody je minimální. Mohlo by to být způsobeno výskytem jílovitých hornin v geologickém podloží jednotlivých vrtů, neboť jílovitá zemina absorbuje vodu velmi pomalu. Mohlo by to být také způsobené tím, že část vody z atmosférických srážek odteče do vodních toků – do Radíčovské strouhy a řeky Ohře, část vody se vypaří a zbylá část se vsákne do půdy jen ve velmi malém množství.

Ačkoliv tato oblast patří k nejsušším místům v České republice, tento výzkum prokázal, že hladina podzemní vody v řešených vrtech v období 2009-2016 mírně stoupá. Toto zjištění je poněkud překvapivé. Avšak pravděpodobně je to dáno zvolením velmi krátkého časového úseku, protože graf hladiny podzemní vody v uvedených vrtech za delší časové období kolísá stále stejně a zrovna v této zvolené časové řadě 2009-2016 hodnoty hladiny podzemní vody mírně stoupají. Také záleží na intenzitě a rozmístění srážek, protože srážkoměrná stanice Žatec nemusí správně naměřit všude stejný úhrn srážek v rámci celé oblasti.

Tento vrt je více ovlivněn úhrnem srážek než vrt VP1879 nový, avšak na velké kolísání hladiny musí mít vliv i jiné aspekty než jen naměřené srážky. Otázkou také je spolehlivost pozorovatele srážkoměrné stanice Žatec, zda kontroluje naměřené hodnoty správně.

Dle výpovědi odborníků z ČHMÚ je vrt VP 1822 příkladem zvláštního jevu, kdy hladina podzemní vody neustále vykazuje velké výkyvy již od počátku umístění vrtu v 60. letech a důvod není znám. Hladina podzemní vody v tomto vrtu je více ovlivněn úhrnem srážek než vrt VP1879 nový, avšak na takové velké kolísání hladiny podzemní vody musí mít vliv i jiné aspekty než jen naměřené srážky.

Stoupající hladina podzemní vody ve vrtu VP1822 by mohla být způsobena například neshodou mezi podzemní a povrchovou rozvodnicí. Hladina podzemní vody by mohla být dále ovlivněna tokem Radíčovské strouhy, která teče v bezprostřední blízkosti daného vrtu. Umístění vrtu by také mohlo ovlivňovat stoupání hladiny podzemní vody, protože se vrt VP1822 nachází přímo na

zemědělsky využívané půdě, kde rostoucí plodina pojme více vody, která se vsakuje do půdy.

Vrt VP1879 se nachází pod svahem přírodní památky Stroupeč, tudíž klimatické srážky mohou být po svahu odvodněny k řešenému vrtu a ovlivní tak hladinu podzemní vody v daném vrtu. Samotná lokalizace vrtu se nachází v blízkosti vodního toku Ohře, který též může ovlivnit stoupání hladiny podzemní vody ve vrtu.

Předpoklad, že sumy srážkových úhrnů měřené ve srážkoměrné stanici Žatec budou mít zásadní vliv na zprůměrované výšky hladin podzemní vody ve vrtech VP1822 a VP1879, se tedy zcela nepotvrdil. Předpoklad, že zvolení této časové řady, která obsahuje suché roky - viz rok 2009 a rok 2015, prokáže mírný pokles hladiny podzemní vody, se také nepotvrdil.

## 10 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zanalyzování dat srážkových úhrnů naměřených ve srážkoměrné stanici Žatec a hladin podzemní vody v pozorovacích vrtech VP1822 a VP1879 měřených Českým hydrometeorologickým ústavem a především určení vlivu srážkového úhrnu na kolísání hladiny podzemní vody v řešených vrtech.

Zamyšlením se nad vyhotovením této práce bylo, zdali bude mít hladina podzemní vody klesající či rostoucí trend, a proč k tomu tak došlo.

Předpokládalo se, že vlivem suchých roků ve zvoleném časovém období a vlivem výběru jedné z nejsušších oblastí v České republice, bude hladina podzemní vody v pozorovacích vrtech klesat. Tato práce však ukázala, že naměřená data srážkových úhrnů a hladin podzemní vody ve vrtech, mají na sebe malý vliv, a že hladina podzemní vody je ovlivněna ještě dalšími faktory než jen srážkovým úhrnem. Také se ukázalo, že v tomto časovém období má hladina podzemní vody rostoucí trend. Mohlo dojít k nepřesnému měření v pozorovacích vrtech či srážkoměrné stanici ČHMÚ nebo také k nevhodně zvolenému časovému období.

Odhad stavu hladiny podzemní vody pro příští roky bude nejspíše obdobný jako pro zvolenou časovou řadu.

Tato práce se zabývala vlivem úhrnu srážek na hladinu podzemní vody v časovém období 2009-2016 v Žateckém regionu a ukázala neočekávané výsledky. Výsledky studie byly prezentovány prostřednictvím grafů a tabulek.

# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

## Knižní publikace a časopisy

- **Augustin F., 1894:** Sucha v Čechách v době od roku 962–1893. A. Reinwart, Praha. 37 s.
- **Beek, 1979:** Land Evaluation Guidelines for Rainfed Agriculture. Report of an Expert Consultation, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 118 s.
- **Blažek V., 2006:** Voda v České republice. Consult. Praha. 253 s. ISBN 80-903-4821-1.
- **Blinka, P., 2009:** Klimatologické hodnocení sucha na území Čech a Moravy v letech 1875-2002. Praha, 139 s.
- **Brázdil R., Kirchner K., et al. 2007:** Vybrané přírodní extrémny a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku, MU, ČHMÚ Praha, Ústav geoniky AV ČR v. v. i., Brno, Praha, Ostrava, 2007, 431 s.
- **Brázdil, R., Trnka, M. a kolektiv, 2015:** Historie počasí a podnebí v českých zemích XI: Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v. v. i., Brno, 402 s. ISBN 978-80-87902-11-0
- **Cílek V., 2016:** Co se děje se světem? 1. Vydání. Praha: Dokořán, 269 s.
- **Červený J., Kolektiv, 1984:** Podnebí a vodní režim ČSSR. Státní zemědělské nakladatelství v Praze, Praha, 416 s
- **Demek J. a kol, 1987:** Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Brno: Adademia, 584 s.
- **Demek J., Mackovčín P., 2006:** Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. II. vyd. Brno: AOPK ČR. 582 s., ISBN 80-86064-99-9
- **DIN (German Institute for Standardization), 1994:** Hydrologie – Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. Part 3

- **Environmental Research Letters, 2018:** Future heat-waves, droughts and floods in 571 European cities. Selma B Guerreiro et al 2018 Environ. Res. Lett. 13 034009, United Kingdom, publikováno: 21. 2. 2018
- **Holmes R. M., 2000:** The importance of groundwater to stream ecosystem functioning. San Diego: Academic Press, 137-148 s. ISBN 978-80-7363-761-3
- **Kakos V., 1979:** Sucho v ČSR ve vegetačním období 1976. Meteorologické zprávy, roč. 32, č. 4, s. 108-110.
- **Kolektiv autorů, 1999:** Ústecko. In: Mackovčín P. (ed.): Chráněná území ČR, svazek I. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, str. 148
- **Kopáček J., Bednář J., 2005:** Jak vzniká počasí. Praha: Karolinum, 226 s.
- **Krásný J. a kol., 2012:** Podzemní vody České republiky: Regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. 1. Vyd. Praha: Česká geologická služba, 1144 s. ISBN 978-80-7075-797-0
- **Kravčík M. et al., 2007:** Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. Krupa Print: Žilina. 89 s.
- **Litschmann T., Klementová E., Rožnovský J., 2002:** Vyhodnocení period sucha v časových řadách pražského Klementina a Hurbanova pomocí PDSI. In: Rožnovský J., Litschmann T. (ed): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference Bioklima – prostředí – hospodářství, Lednice 2. - 4. 9. 2002, CD, ISBN 80-85813-99-8, Česká bioklimatologická společnost, s. 280-289.
- **Míchal I., 1985:** Ekologický generel ČSR. Brno: Terplan Praha a GgÚ ČSAV.
- **Mužíková B., Středa T., Středová H., 2013:** State of bare soil surface as a spring drought indicator. Contributions to Geophysics and Geodesy, 43, s. 197–207.
- **Netopil R. a kol., 1984:** Fyzická geografie. 1. Vydání. Praha: SPN, 272 s.
- **Neue Schriften der kais, 1837:** königl. patriotisch-ökonomischen Gesellschaft im Königreiche Böhmen. Gottlieb Haase Söhne, Prag 1830–1847

- **Pejml K., 1966:** Příspěvek ke kolísání klimatu v severočeské vinařské a chmelařské oblasti od roku 1500-1900. In: Sborník prací HMÚ, sv. 7, s. 23-78
- **Pithart D., 2018:** Voda. Fokus Václava Moravce: Česká televize.
- **Quitt E., 1971:** Klimatické oblasti Československa. – Československá akademie věd- geografický ústav Brno. Brno. 73 s.
- **Respekt, 2018:** Všechna evropská města budou týrat intenzivní vlny sucha, záplav a veder. *Economia*, a.s., ISSN 1801-1446, publikováno 22. 2. 2018
- **Rožnovský J., 2015:** Sucho v České republice v roce 2015 (srpen 2015). Česká meteorologická společnost: Praha, MZ 2015/4, str. 123 a 128
- **Schmidt S. I. et Hahn H. J., 2012:** *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters*. Essen (Germany): Hydrobiology University of Duisburg-Essen, 86 s.
- **Slabá N., 1972:** Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČSSR. 2. Přepřacované vydání. Sborník předpisů, svazek 7. Praha: HMÚ. 224 s.
- **Soukalová E., Muzikář R., 2015:** Hydrologické sucho v podzemních vodách. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, online: [VTEI.cz](http://VTEI.cz)
- **Tlapák V., Šálek J., Legát V., 1992:** Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s MŽP ČR. Praha. 318 s.
- **Tolasz R., Míková T., Valeriánová A., Voženílek V., eds., 2007:** Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, Praha — Olomouc, 256 s.
- **Trnka M., Brázdil R., Možný M., Štěpánek P., Dobrovolný P., Zahradníček P., Balek J., Semerádová D., Dubrovský M., Hlavinka P., Eitzinger J., Wardlow B., Svoboda M., Hayes M., Žalud Z., 2015:** Soil moisture trends in the Czech Republic between 1961 and 2012. *International Journal of Climatology*, on-line. DOI: 10.1002/joc.4242.
- **Trnka M., Kersebaum K. C., Eitzinger J., Hayes M., Hlavinka P., Svoboda M., Dubrovský M., Semerádová D., Wardlow B., Pokorný E., Možný M., Wilhite D., Žalud Z. (2013):** Consequences of climate change for

the soil climate in Central Europe and the central plains of the United States. *Climatic Change*, s. 120, 405–418.

- **ÚAP Ústeckého kraje, 2009:** Podkladové informace pro zpracování rozboru udržitelného rozvoje území. 15 s.
- **Van Der Zee D., 1998:** The use of GIS in the study of nature-culture interactions in landscapes. In *Nature and culture in landscape ecology*. Editor Pavel Kolář. Praha: Karolinum Press, 319-326 s.
- **Wilhite D. A. (ed.), 2005:** *Drought and Water Crises: Science, Technology and Management Issues*. CRC Press, Boca Raton, FL

## Internetové zdroje

- **Arnika, 2014:** Stromy a zeleň. Online: cit. 20. 3. 2018
- **Česká geologická služba, 2014:** Podzemní vody. Praha, online: [www.geology.cz](http://www.geology.cz), cit. 7. 3. 2017
- **Český statistický úřad (ČSÚ), 2018:** Krajská správa ČSÚ v Ústí nad Labem, online: [https://www.czso.cz/csu/xu/orp\\_zatec](https://www.czso.cz/csu/xu/orp_zatec), cit. 28. 3. 2018
- **Český statistický úřad, 2014:** Charakteristika správního obvodu Žatec. Krajská správa ČSÚ v Ústí nad Labem, online: [https://www.czso.cz/csu/xu/spravni\\_obvod\\_zatec](https://www.czso.cz/csu/xu/spravni_obvod_zatec), cit. 28. 3. 2018
- **ČHMÚ, 2018:** Český hydrometeorologický ústav. Online: <http://portal.chmi.cz/>, cit. 2. 2. 2018,
- **EDPP, 2018:** Povodňový plán OS ORP Žatec. Elektronický digitální povodňový plán, online: [https://www.edpp.cz/orpzate\\_charakteristika-zajmoveho-uzemi/](https://www.edpp.cz/orpzate_charakteristika-zajmoveho-uzemi/), cit. 1. 4. 2018
- **Geoportál, 2018:** Národní geoportál INSPIRE. Online: <https://geoportal.gov.cz>, cit. 5. 3. 2018
- **Infomet, 2018:** Informační stránky Českého hydrometeorologického ústavu. Online: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1276515350>, cit. 5. 4. 2018



- **Intersucho, 2017:** Ústav výzkumu globální změny AV ČR. online: cit. 22. 3. 2018
- **Jindřich Polák, 2007:** Podzemní voda. Online: <http://www.jindrichpolak.wz.cz/encyklopedie/abc/podzemnivoda.php>, cit. 20. 2. 2018
- **Město Žatec, 2018:** Oficiální stránky města Žatec. Online: <https://www.mesto-zatec.cz/>, cit. 2. 3. 2018
- **Meteocentrum, 2018:** Meteorologické centrum. Online: <https://www.meteocentrum.cz/>, cit. 5. 3. 2018
- **Místopisy, 2018:** Místopisný průvodce po České republice. Online: <https://www.mistopisy.cz/>, cit. 3. 2. 2018
- **MŽP, 2017:** Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky. Online: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news\\_170724\\_sucho/\\$FILE/konceptce\\_sucho\\_material.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_170724_sucho/$FILE/konceptce_sucho_material.pdf), cit. 10. 4. 2018
- **Ruda A., 2014:** Klimatologie a hydrogeografie pro učitele. Brno: Katedra geografie, Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, online: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz\\_geogr/web/pages/11-podpovrchova-voda.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/pages/11-podpovrchova-voda.html), cit. 7. 3. 2017
- **Tošnerová K., 2000:** Obce lounského okresu – znovu po šesti letech: 151. Radíčeves. Svobodný hlas. 2000-03-16. Roč. 10, čís. 12, online: [http://www.svobodnyhlas.cz/archiv/2000/hlas12\\_5.pdf](http://www.svobodnyhlas.cz/archiv/2000/hlas12_5.pdf), cit. 20. 3. 2018
- **Ústav geotechniky Fakulty Stavební VUT v Brně, 2017:** Podzemní voda. Kapitola-Původ podzemní vody, online: <http://geotech.fce.vutbr.cz/studium/geologie/skripta/PODVODA.htm>, cit. 8. 3. 2017
- **Vodohospodářské stavby, 2018:** Zdravotně technické stavby. VÚT v Brně. Online: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BS01-Vodohospodarske%20stavby/M02-Zdravotni%20inzenyrstvi.pdf>, cit. 3. 4. 2018

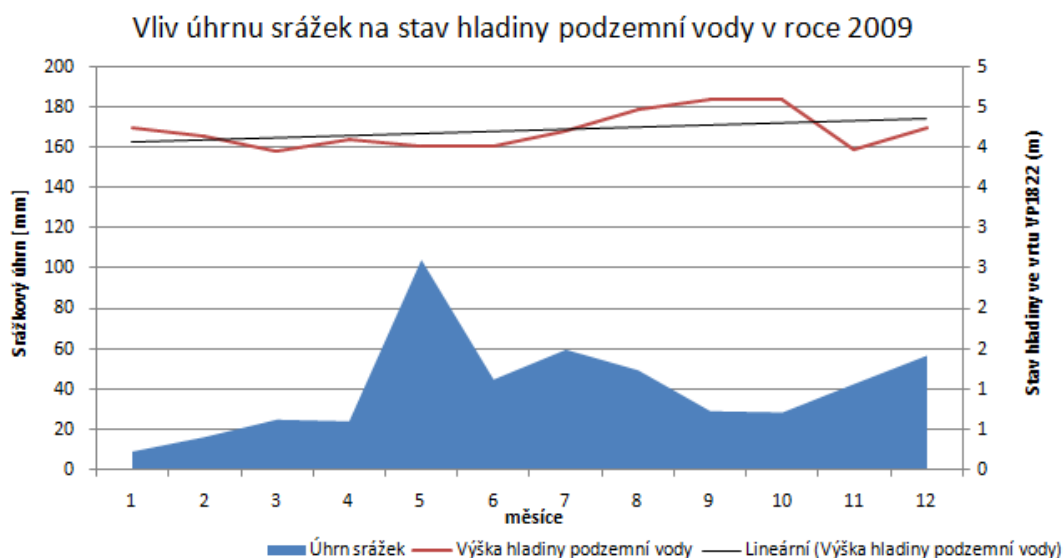
## **Data**

- **ČHMÚ, 2018:** Český hydrometeorologický ústav, Praha

# SEZNAM PŘÍLOH

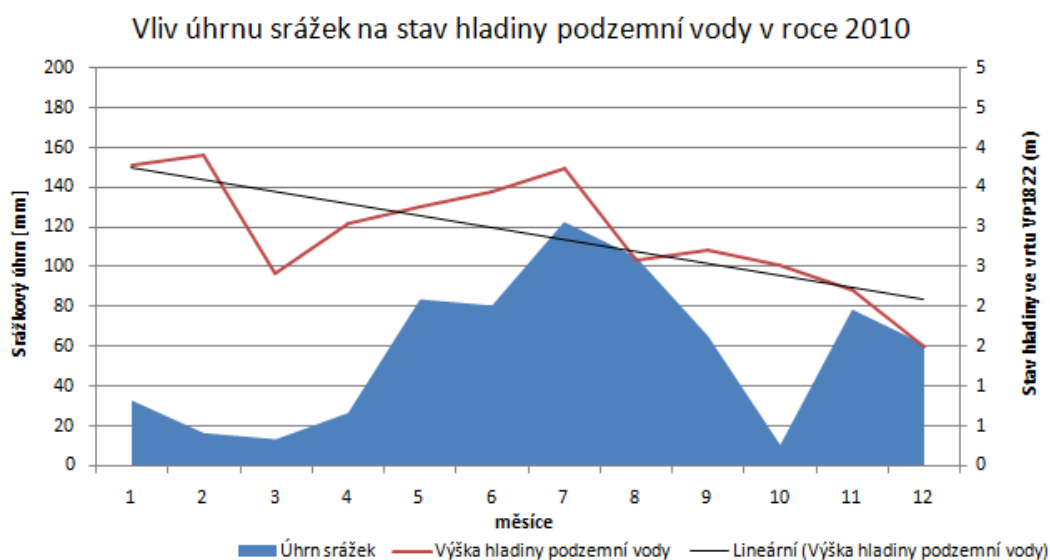
**Příloha 1:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822 v roce 2009

(zdroj: autorka)



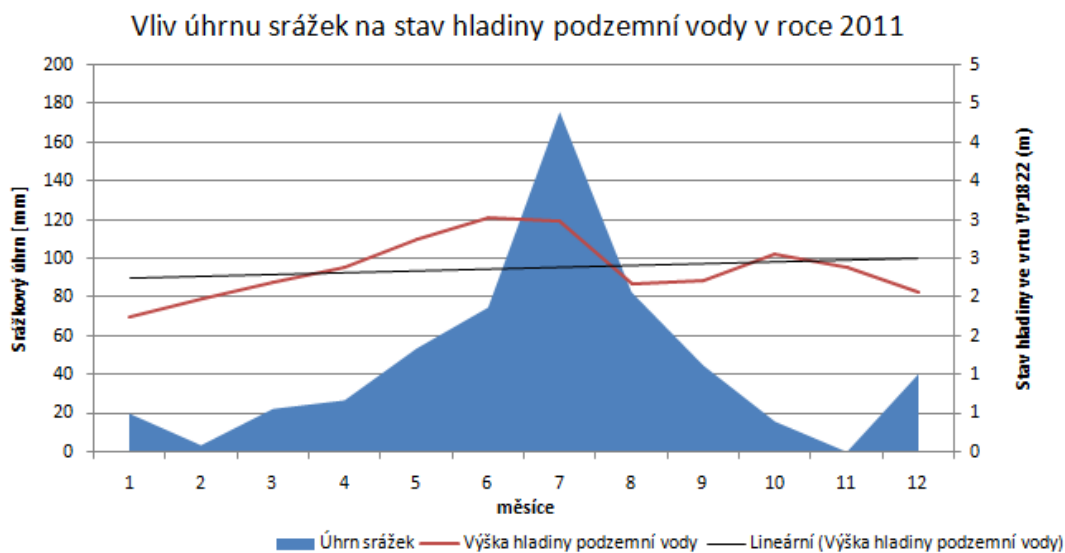
**Příloha 2:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822 v roce 2010

(zdroj: autorka)



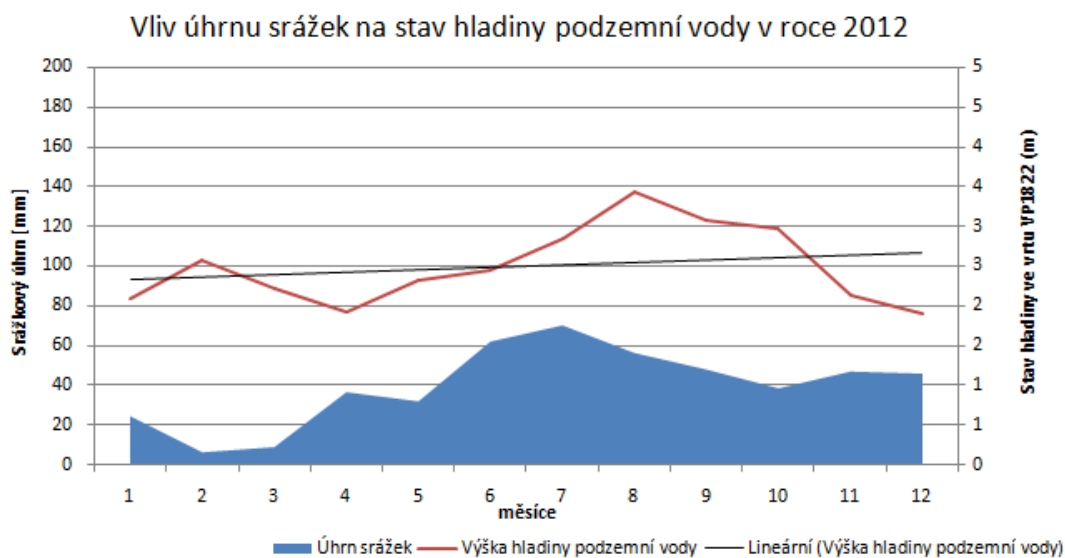
**Příloha 3:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822 v roce 2011

(zdroj: autorka)



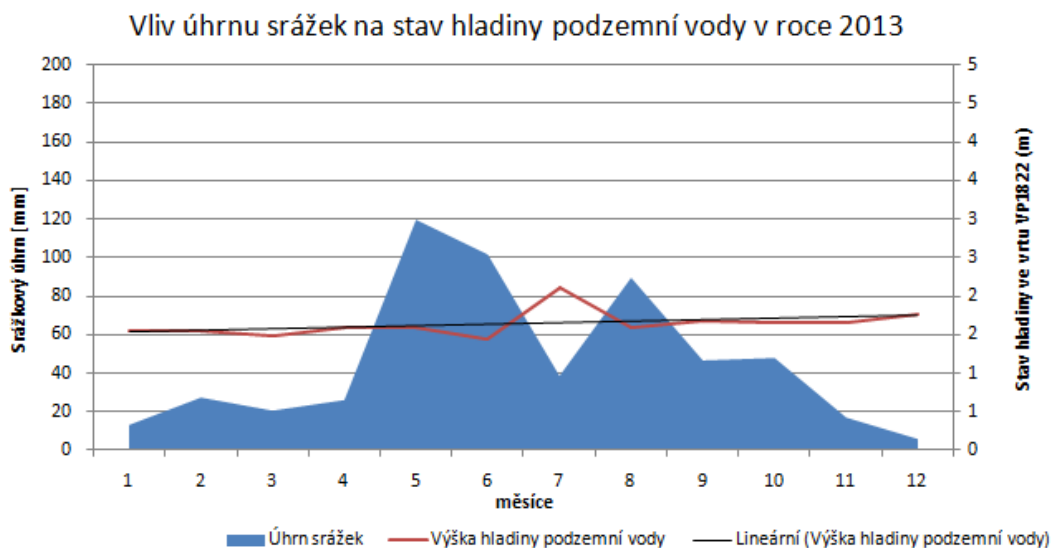
**Příloha 4:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822 v roce 2012

(zdroj: autorka)



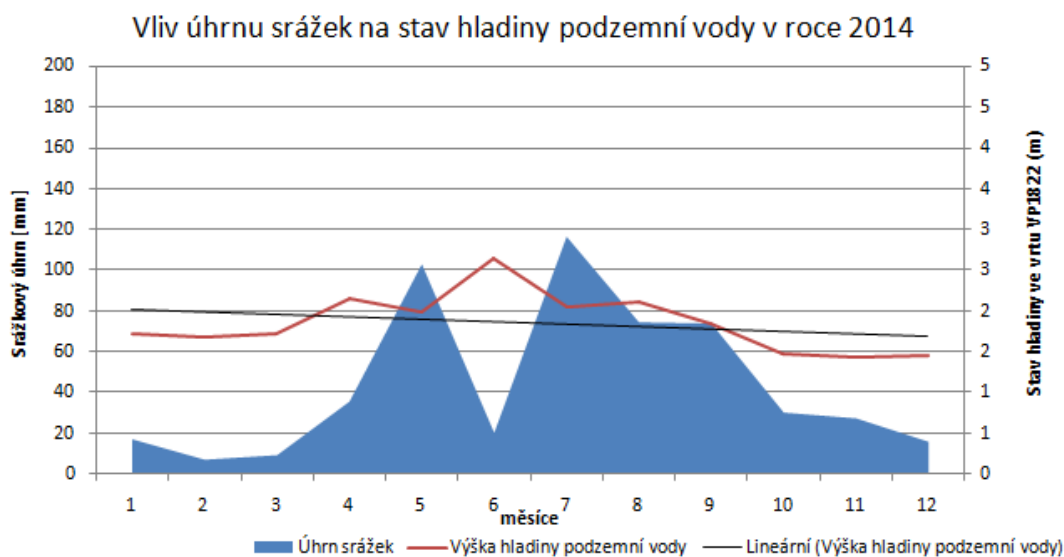
**Příloha 5:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822 v roce 2013

(zdroj: autorka)



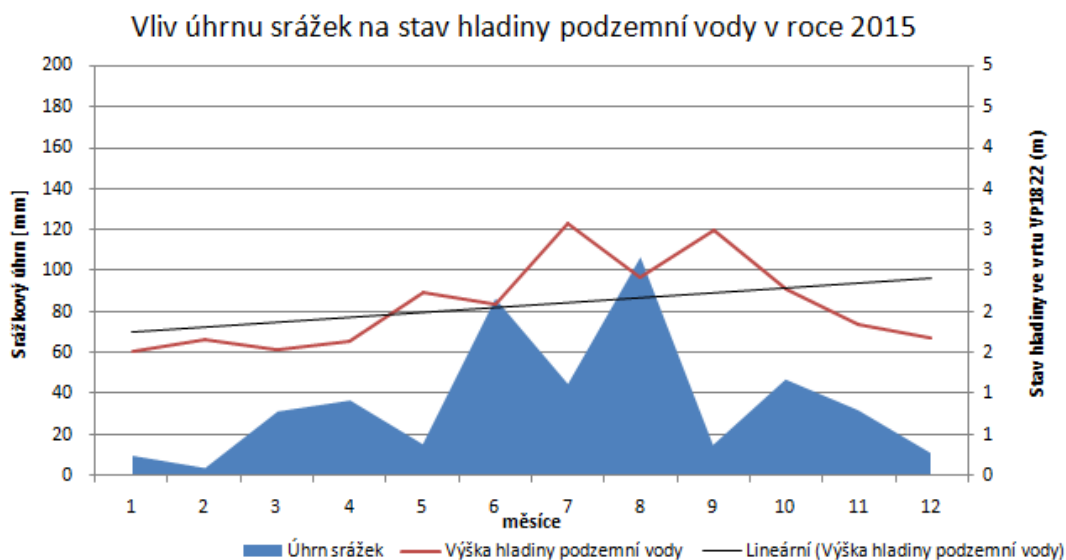
**Příloha 6:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822 v roce 2014

(zdroj: autorka)



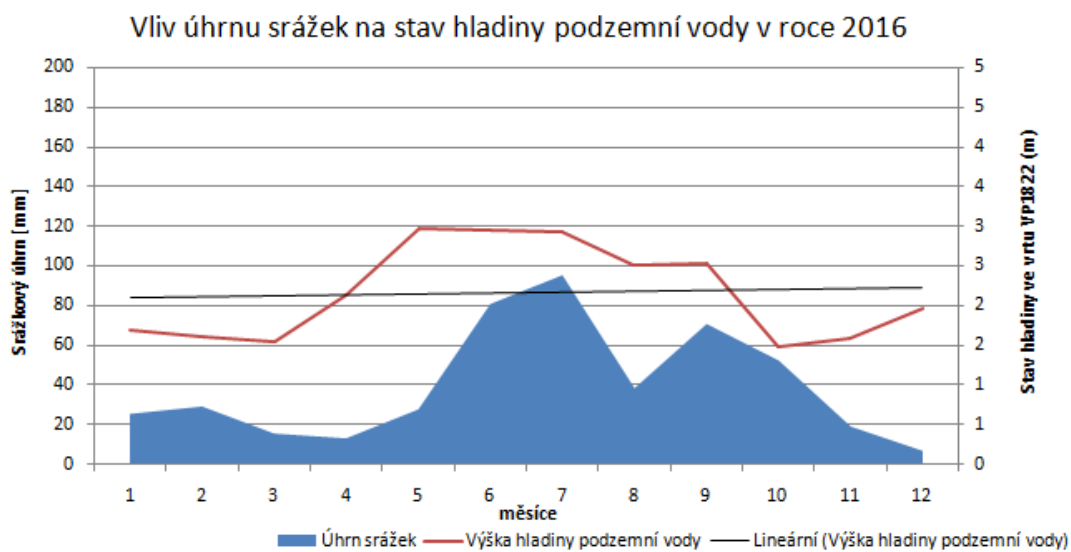
**Příloha 7:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822 v roce 2015

(zdroj: autorka)



**Příloha 8:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1822 v roce 2016

(zdroj: autorka)



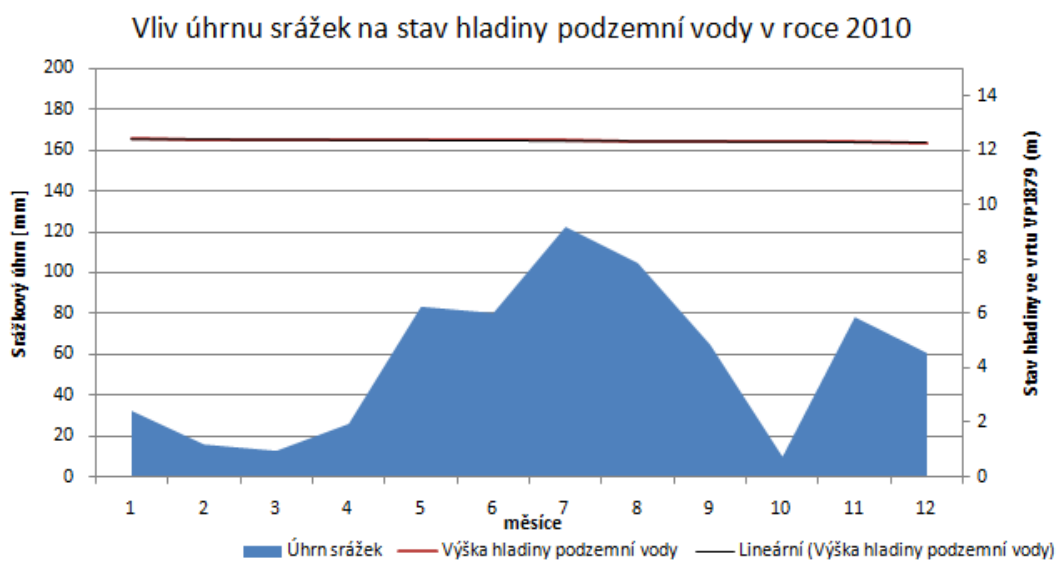
**Příloha 9:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879 v roce 2009

(zdroj: autorka)



**Příloha 10:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879 v roce

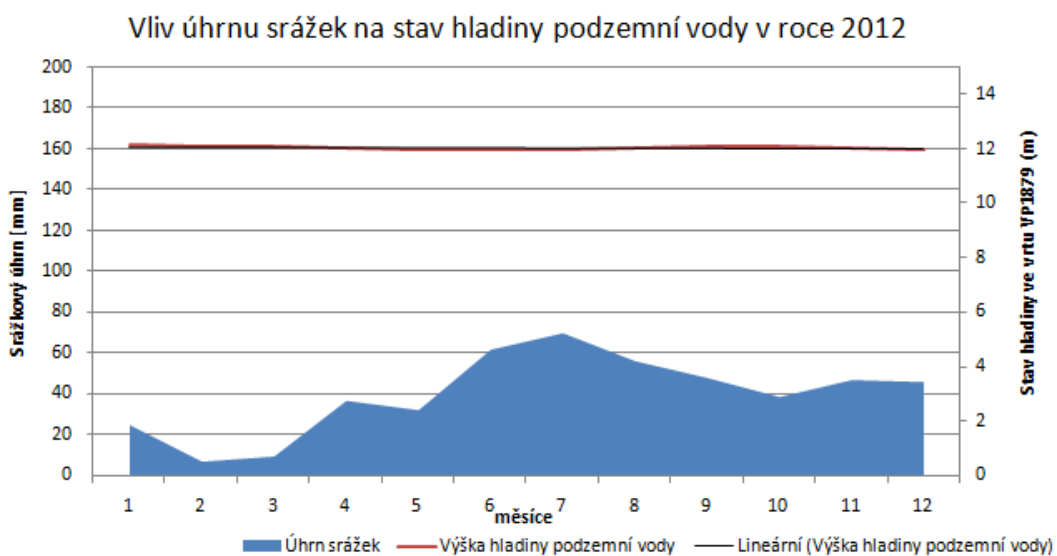
2010 (zdroj: autorka)



**Příloha 11:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879 v roce 2011 (zdroj: autorka)

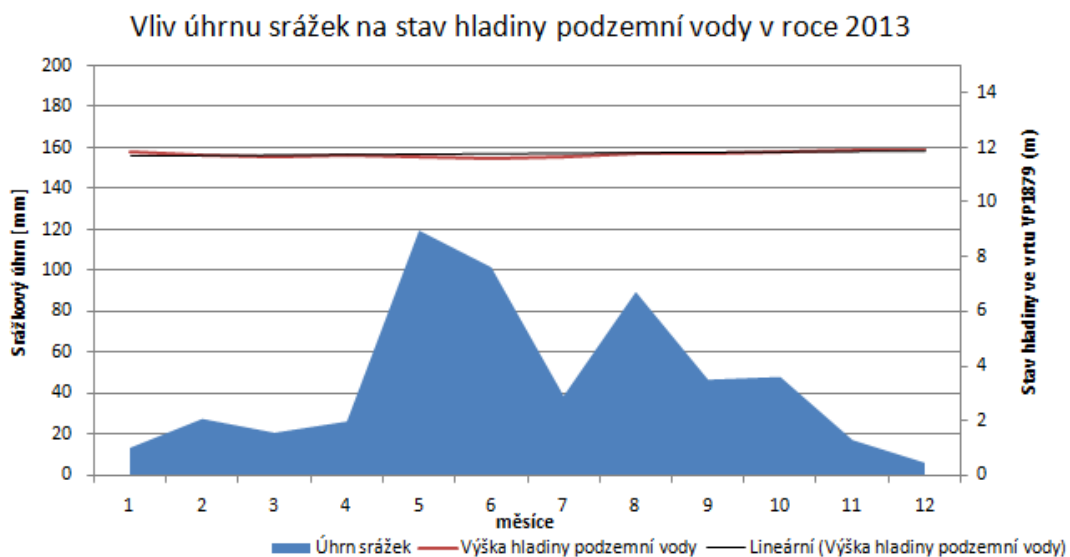


**Příloha 12:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879 v roce 2012 (zdroj: autorka)



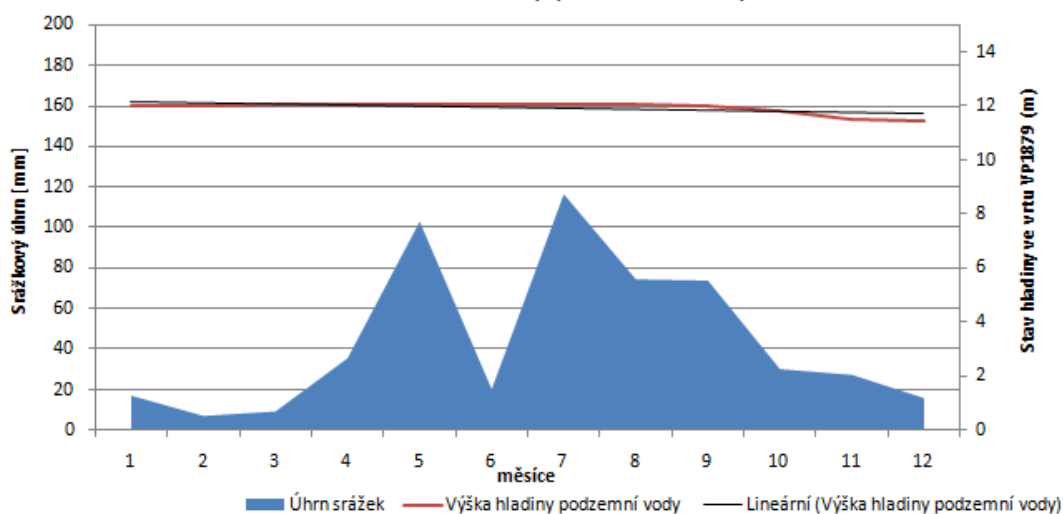


**Příloha 13:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879 v roce 2013 (zdroj: autorka)



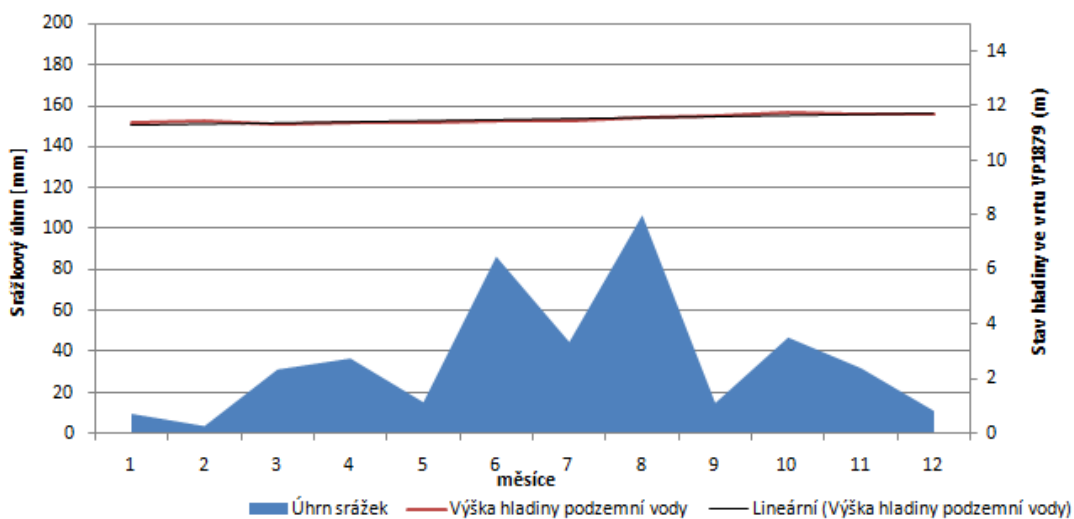
**Příloha 14:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879 v roce 2014 (zdroj: autorka)

Vliv úhrnu srážek na stav hladiny podzemní vody v roce 2014



Příloha 15: Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879 v roce 2015 (zdroj: autorka)

Vliv úhrnu srážek na stav hladiny podzemní vody v roce 2015



**Příloha 16:** Graf vlivu úhrnu srážek na hladinu podzemní vody ve vrtu VP1879 v roce 2016 (zdroj: autorka)

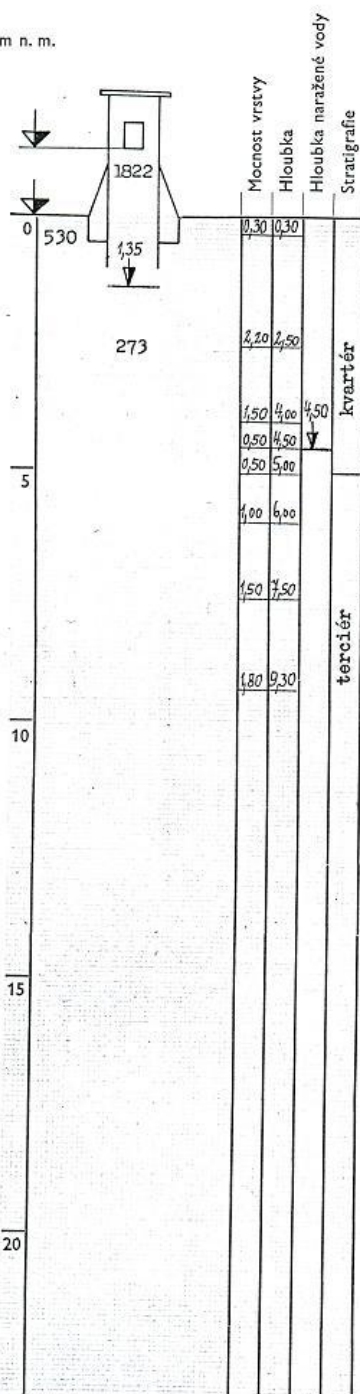


**Příloha 17:** Geologie a umístění vrtu VP1822

VP 1822

Hloubka vrtu: 9,30 m  
 Profil vrtu: 530 mm  
 Profil def. vystrojení: 273 mm  
 Materiál def. vystrojení: ocel

m n. m.



podšyp: 0,30m  
 zajílování: 2,00m pod terén  
 obsyp: 7,30m granulovanou drtí

**Příloha 18: Charakteristika vrtu VP1879**

**Geologická část skutečného provedení**

Číslo	Hydrogeologický rajon	Kraj
<b>VP1819N</b>	<b>213</b>	<b>Ústecký</b>
<b>a)</b>	Účel vrtu	pozorovací vrt nový
	Hloubka vrtu	21,5 m
	Orientace vrtu (směr, úklon)	svislý
<b>b)</b>	Skutečný geologický profil	na konci textu
	Sledovaný kolektor	terciér - miocén
	Předpokládaná hydrogeologická fce. horninových typů	hlína, jíl - izolátor písek, štěrk, písčité jíly - kolektor
	Hloubkové úrovně hydrogeo. kolektorů	13-15,5 m 19-23,0 m
	Hloubkové úrovně izolátorů	15,5 - 16,0 m 23,0-25,0
	Hloubkové úrovně hladiny podzemní vody naražené	13 m, 19 m
	Hloubkové úrovně hladiny podzemní vody ustálené	12,41 m od odm. b. před ČZ
	Přítomnost plynů	nebyla
	Teplota vody	10,8 - 12,1 °C během HDZ
<b>c)</b>	Hloubky obtíží při vrtání (svírání, příchvaty, ztráty výplachu atd.)	Zapadávka vrtu nesoudržnou horninou v hloubce 21,5-25 m
<b>d)</b>	Typ a intervaly odběrů vzorků horniny	síťový vzorek.
<b>e)</b>	Karotážní měření, účel a rozsah	kamera po vystrojení - revizní
<b>f)</b>	Izolace hydrogeologických horninových typů	0 - 10 m cementace, 10 - 10,5 m pískový polštář
<b>g)</b>	Hydrodynamické testy - metodika:	Jacob - ČZ při Q konst., SZ
	délka,	36+12 hodin
	způsob měření,	hladinové čidlo + vodoměr
	frekvence měření,	1 minuta
	odběr vzorků vody,	v 36 hod.
	rozsah analýzy	UCHR, NEL, TOC
<b>h)</b>	Způsob aktivace monitorovacího horninového kolektoru:	perforace výstroje příčná šíře štěrbin
	typ hloubkové úrovně perforace,	1,0 mm
	% perforace,	11,5 - 15,5 m; 16,5 - 20,5 m
	% ověření úseku,	5%
	stabilizační a filtrační obsyp	100%
		od 10,5 m štěrk frakce 4/8 mm
<b>Ostatní poznámky</b>		
Typ zhlaví vrtu	rotačně odklopné	
Typ ochranného objektu vrtu	nerezové otočné zhlaví, betonová skruž	
Poznámka		