

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Katedra: Katedra krajinného managementu
Vedoucí katedry: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vyhodnocení vztahu teploty vody a vydatnosti pramene
v oblasti vodní nádrže Švihov.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek, Ph.D.
Konzultant diplomové práce: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

Autor: David Kužel

Sedmpány, duben 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: David KUŽEL
Osobní číslo: Z07609
Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Název tématu: Vyhodnocení vztahu teploty vody a vydatnosti pramene
v oblasti vodní nádrže Švihov
Zadávací katedra: Katedra krajinného managementu

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

Cílem práce je vyhodnocení závislosti mezi kolísáním vydatnosti pramene a teploty vody jak v průběhu roku, tak i při extrémních srážko-odtokových událostech. Sběr dat bude probíhat na konkrétním pramenu vybaveným měrným přepadem a přístrojovou technikou s kontinuálním záznamem teploty vody a výšky vodní hladiny na přepadu.

1. Literární rešerše.
 - a. Oběh vody v přírodě.
 - b. Pramenné vývěry.
 - c. Vztah teploty vody a kolísání vydatnosti pramene.
2. Popis konkrétního povodí a metod.
3. Sběr a zpracování naměřených dat.
4. Vyhodnocení výsledků a závěr.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


- Brutsaert, W. Hydrology: An introduction. Cambridge University Press, 2005, 605 s.
Císlarová, M. Preferenční proudění ve vadozní zóně a formování odtoku. Hydrologie půdy v malém povodí, Praha, 2003, s. 103-109.
Hynie, O. Hydrogeologie ČSSR, část I. prosté vody, Praha, 1961, 564 s.
Kettner, R. Všeobecná geologie, III. vnější geologické síly, zemský povrch a geologická činnost vody, Praha, 1954, 464 s.
Luxmoore, R.J. Micro-, meso-, and macroporosity of soil. Soil Sci. Soc. Am. J.: 45, 1981, s. 45-671.
Maidment, D.R. (ed.): Handbook of hydrology. McGraw-Hill, New York, 1993, 1424 s.
Články v recenzovaných časopisech (dop. Journal of Hydrology, Hydrological processes, Water Resources Research a další)

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek, Ph.D.
Katedra krajinného managementu


Datum zadání diplomové práce: 15. března 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2010

Prohlášení autora DP

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum

Podpis studenta

.....

.....

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat svým blízkým, především rodičům, za podporu a vytvoření vhodných podmínek k práci.

Velice rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Žlábkovi, Ph.D. za podporu při tvorbě této práce. Děkuji za odborné vedení, cenné rady a připomínky.

Dále bych chtěl poděkovat prof. Ing. Tomáši Kvítkovi, CSc. za užitečné rady a za pomoc.

Děkuji společnosti VÚMOP Praha za zapůjčení měřících zařízení.

RNDr. Stanislavu Škodovi, Ph.D. za průzkum v oblasti pramene.

Svému kolegovi a spolužákovi Zdeňku Havlovi za společné řešení problémů spojených s touto prací.

Hydrometeorologickému ústavu Košetice a ZD Trhový Štěpánov za poskytnutí údajů o naměřených srážkách.

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na vyhodnocení vztahu teploty vody a vydatnosti pramene za pomoci vlastního měření. Vybraný pramen se nachází v oblasti vodní nádrže Švihov, přesněji v katastru obce Hulice. V rámci studie byly zkoumány hydrologické poměry, klima, geologie, přírodní poměry, tektonika, hydrogeologie a další možní činitele, které mohly tvorbu odtoku v lokalitě ovlivnit. Práce spočívala v pravidelném pozorování pramene a následném vyhodnocení naměřených dat. Pro zjištění dalších možných závislostí byly naměřené údaje o teplotě vody, vzduchu a vydatnosti pramene porovnávány s údaji o teplotě půdy a její vlhkosti, které byly rovněž získány vlastním měřením. Na měřeném území byly prokázány odlišné závislosti vydatnosti pramene a teploty vody v průběhu roku. Změny vydatnosti a teploty pramene jsou zde způsobovány rychlou infiltrací srážkové vody a následným rychlým odtokem vody ze subpovodí.

Klíčová slova: pramen, vydatnost, teplota, závislost, tvorba odtoku

Abstract

This Diploma thesis is focused on the evaluation of relation between spring water temperature and spring discharge by means of own measuring. A chosen spring was found in the area of reservoir Švihov close to the locality Hulice. Following local conditions were explored within the study: hydrology, climate, geology, natural conditions, tectonics, hydrogeology and other potential factors, which may influence runoff generation in studied locality. The work consists in a continuous monitoring of spring and following evaluation of measured data. To find other possible dependencies data of water and air temperature and spring discharge were compared with the data of soil Temperature and soil moisture (this data were also obtain by own measurements). Different dependences of spring discharge and water temperature were demonstrated on the monitored site during the year. Changes in spring discharge and water temperature are cause by rapid infiltration of rainwater and by subsequent rapid runoff out of the subbasin.

Key words: spring, discharge, temperature, dependence, runoff generation

Obsah:

1. ÚVOD	10
1.1 UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY	10
1.2 CÍL PŘEDKLÁDANÉ PRÁCE	10
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	11
2.1 OBĚH VODY V PŘÍRODĚ.....	11
2.1.1 Povrchové vody	13
2.1.2 Podpovrchové vody	14
2.1.2.1 Půdní vody	14
2.1.2.2 Podzemní vody	16
2.1.3 Infiltrace	19
2.1.4 Propustnost hornin.....	19
2.1.5 Proudění vody v půdě.....	22
2.2 PRAMENNÉ VÝVĚRY	24
2.2.1 Vznik pramenů	24
2.2.2 Rozdělení pramenů.....	25
2.2.3 Prameny sestupné (sestupující)	25
2.2.4 Prameny výstupné (vzestupné).....	27
2.2.5 Další dělení pramenů.....	29
2.2.5.1 Prameny podle směru proudění vyvěrající vody.....	29
2.2.5.2 Prameny podle stálosti.....	29
2.2.5.3 Prameny podle setrvalosti vývěru	30
2.2.5.4 Prameny podle míry proměnlivosti	30
2.2.6 Artéské vody.....	31
2.2.7 Vodohospodářský význam pramenů	32
2.3 VZTAH TEPLoty VODY A KOLÍSÁNÍ VYDATNOSTI PRAMENE	33
2.3.1 Měření	33
2.3.2 Teplota vody	34
2.3.3 Vydatnost pramene.....	35
2.3.4 Závislost teploty drenážní vody a odtoku.....	36
2.3.5 Závislost teploty vody na vydatnosti pramenného vývěru	39
3. MATERIÁL A METODY	41
3.1 MATERIÁL	41
3.1.1 Lokalizace pramene.....	41
3.1.2 Povodí.....	43
3.1.3 Klima	44
3.1.4 Přírodní poměry území	46
3.1.4.1 Fyzickogeografické poměry	46
3.1.4.2 Geologické poměry	46
3.1.4.3 Tektonika.....	46
3.1.4.4 Hydrogeologie	46
3.1.4.5 Radonový index.....	47
3.1.4.6 Popis pramene	47
3.1.5 Orografická rozvodnice	48
3.1.6 Zařazení pramene	48

3.1.6.1 Zařazení pramene podle vydatnosti.....	49
3.1.6.2 Zařazení pramene podle stálosti.....	49
3.1.6.3 Prameny podle míry proměnlivosti.....	49
3.1.7 Srážky.....	50
2.1.8 Rozbor vody.....	51
3.2 METODY.....	53
3.2.1 Postup práce.....	53
4. VÝSLEDKY A DISKUZE.....	56
4.1 KONSUMPČNÍ KŘIVKA.....	56
4.2 ZAŘAZENÍ PRAMENE.....	57
4.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....	58
5. ZÁVĚR.....	65
6. SEZNAM LITERATURY.....	67
Seznam obrázků:.....	72
Seznam tabulek:.....	73
7. PŘÍLOHY.....	74

1. ÚVOD

1.1 UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY

V posledních několika letech byly na území České republiky zkoumány závislosti teploty vody a průtoku na drenážích (například A. Zajíčkem, T. Kvítkem, M. Kaplickou). Bylo dokázáno, že závislosti v zimním a letním období jsou odlišné. V chladné části roku je zvýšení průtoku doprovázeno poklesem teploty drenážní vody, naopak při snížení průtoku teplota drenážní vody stoupá. V teplé části roku teplota drenážní vody kopíruje chod průtoků, při vzestupné fázi průtokové události roste, při poklesové se snižuje. Nejpravděpodobnější se ukazuje hypotéza, že drény jsou napájeny i vzestupnými puklinovými prameny podchycenými při výstavbě drenáže. Prameny jsou dotovány i vodou z oblastí mělkých, velmi propustných půd při rozvodnici, kde dochází k rychlé infiltraci vody. To má za následek náhlou a rychlou změnu průtoku i teploty vody.

Na našem území bylo jen sporadicky prováděno podobné měření vztahu teploty vody a vydatnosti pramene. Při ojedinělých měřeních pramenů byly prokázány podobné zimní a letní závislosti jako na drenážích.

1.2 CÍL PŘEDKLÁDANÉ PRÁCE

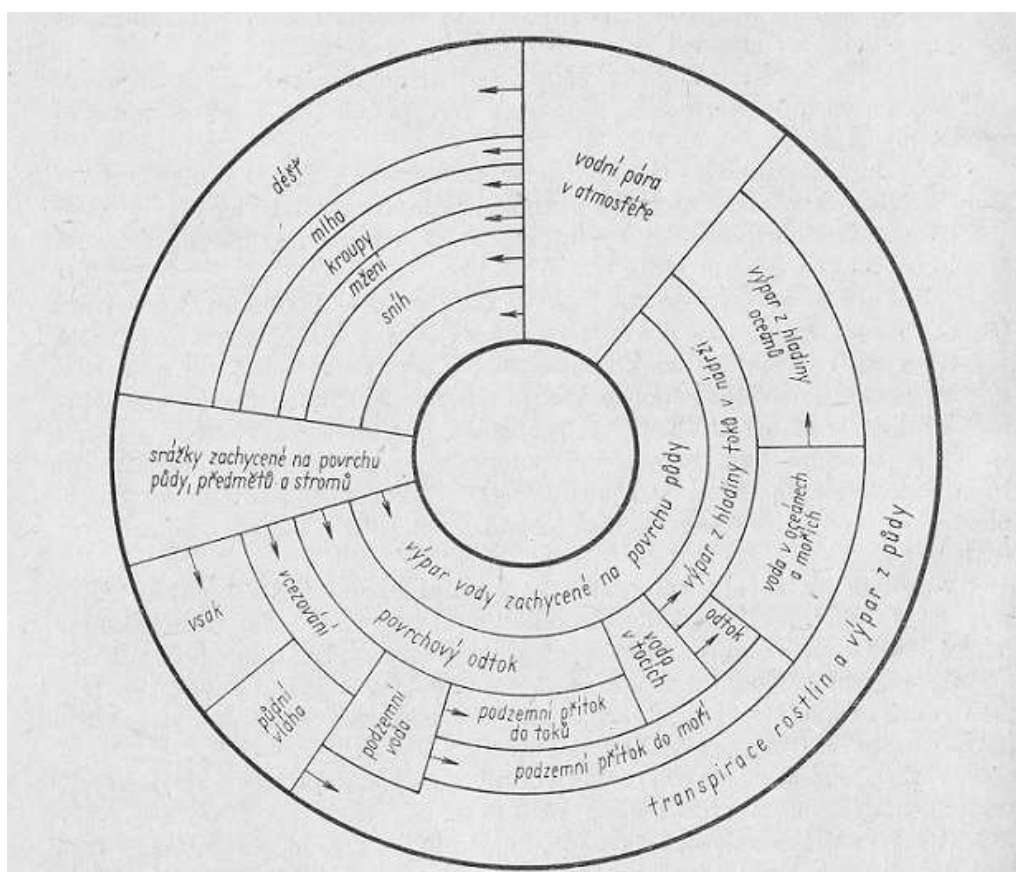
Cílem této diplomové práce, a celého měření s ní spojeného, bylo vyhodnotit závislosti vztahu teploty vody a vydatnosti pramene v průběhu roku. Naměřené údaje o teplotě vody a vydatnosti pramene pak porovnat s naměřenými údaji o vlhkosti a teplotě půdního profilu a dále prokázat závislosti naměřených dat na srážkách a teplotě vzduchu.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 OBĚH VODY V PŘÍRODĚ

Voda je obsažena ve všech přírodních hmotách, jak v minerálech, horninách, tak v živé hmotě. Jako jedna z mála hmot na Zemi se vyskytuje ve všech fyzikálních skupenstvích – v plynném, kapalném i pevném, a ve svém souhrnu tvoří vodní obal Země, nazývaný hydrosféra (která spolu s aerosférou – vzdušným obalem, a litosférou – pevnou kůrou, představuje základní obaly čili sféry Země) (KREŠL, 2001).

Obr. 1 : Koloběh vody v přírodě

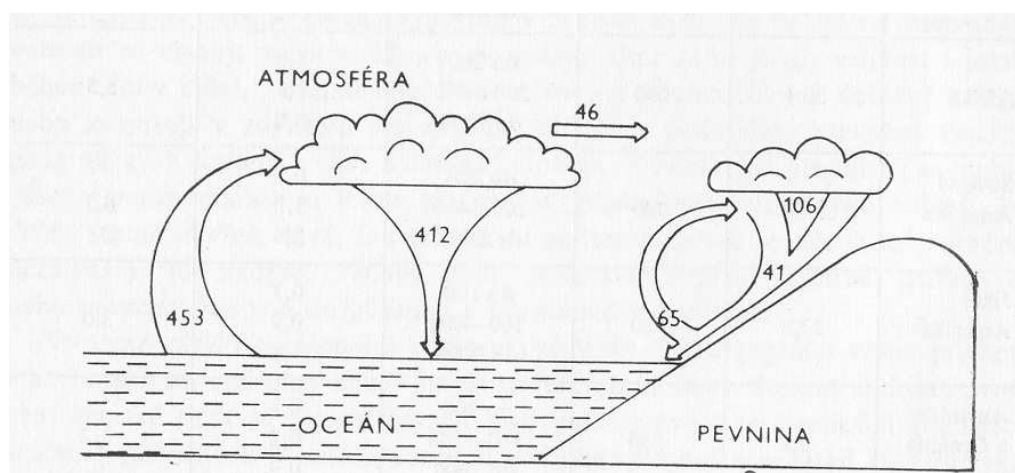


Zdroj: (DUB, et al., 1969)

Hydrologie je doslova věda o vodě (BRUTSAERT, 2005). Hydrometeorologie se podle BEDNÁŘE (2003) zabývá studiem vlivů dějů v atmosféře na vodní režim Země. Atmosféra je podle BEDIENT, HUBER (2002) hlavní hydrologické spojení mezi oceánem a pevninou.

Oběh vody v přírodě je umožněn slunečním zářením, zemskou gravitací, zemskou tepelnou energií a geochemickou energií. Kromě velkého oběhu vody, charakterizovaného povrchovým odtokem, působí v přírodě oběh vody nad pevninou, tzv. malý oběh vody, který má z hydrologického hlediska pro hospodaření s vodou největší význam (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Základním zdrojem i recipientem vody na Zemi je světový oceán, který při ploše asi $361 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ zaujímá 71% zemského povrchu (KREŠL, 2001).

Obr. 2 : Schéma oběhu vody na Zemi (číselné údaje - objem v tis. km³)



Zdroj: (KŘÍŽ, 1983)

Část vody, která je v oběhu, je celkem malá ve srovnání s vodou, která je v oceánech, mořích a ve věčném ledu (NĚMEC, 1965). Podle ASTAPENKA (1982) je v atmosféře asi 0,001% světových zásob vody. NETOPIL (1972) uvádí, že v atmosféře se vyskytuje množství vody odhadované na $13\,000 \text{ km}^3$. Na povrch Země může spadnout mnohem větší množství srážek, jen díky nepřetržitému pohybu vody v atmosféře.

Tab. 1 : Rozdělení zásob vody na Zemi

Dílčí části hydrosféry	Objem vody (tisíce km ³)	Podíl ze zásob na Zemi (%)
1. Povrchová voda na souši:		
sladkovodní jezera	130	0,0093
slaná jezera	105	0,0075
umělé vodní nádrže	6	0,0004
mokřady	6	0,0004
koryta řek	1,25	0,0001
2. Podpovrchová voda		
půdní vláh	25	0,0018
voda v pásmu provzdušnění (zóna aerace)	40	0,0029
voda v pásmu nasycení (zóna saturace)	8 000	0,5746
3. Ledovce a dlouhodobá sněhová pokrývka	24 000	1,7237
4. Voda v atmosféře (do průměrné výšky 11 km)	13	0,0009
5. Světový oceán	1 360 000	97,6783
Celkové zásoby vody na Zemi*	1 392 000	100,0

* zaokrouhleno

Zdroj: (JANSKÝ in BLAŽEK, 2006)

2.1.1 Povrchové vody

Voda na zemském povrchu ve formě různých vodních útvarů (ČSN 75 0130 IN ČSN 75 0101).

Voda přirozeně se vyskytující na zemském povrchu, tento charakter neztrácí, protéká-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních (ČSN 75 0101).

Povrchové vodní zdroje zahrnují:

- vodní toky (bystřiny, potoky, řeky, veletoky),
- vodní nádrže,
- bažiny (vrchoviště, slatiny),
- ledovce (JERMÁŘ, 1982).

2.1.2 Podpovrchové vody

Voda v zemské kůře ve všech skupenstvích (ČSN 75 0101). Je to souborné označení pro vodu *půdní* a *podzemní* (KEMEL, 1994). Podpovrchový oběh vody začíná infiltrací srážkové, popřípadě i povrchové vody z toků, jezer a vodních nádrží do půdních vrstev. Půdní vodu zčásti odebírají rostliny a spotřebují ji při fyziologických procesech nebo ji vypaří ze svého povrchu. Kromě toho se voda vypařuje i z povrchu půdy. Část vody působením gravitace prosakuje vrstvami hornin k hladině podzemní vody a doplňuje její zásoby. V horninovém prostředí se voda pohybuje ve směru sklonu vrstev do míst, kde dochází k jeho odvodňování. Přirozené odvodňování hornin se děje buď v podobě pramenů, anebo častěji rozptýleným odtokem podzemní vody přímo do vodních toků, popřípadě i do moří při pobřeží (KŘÍŽ, 1983). HYNIE (1961) uvádí, že režimem podzemní vody nazýváme veškeré zákonitosti oběhu podzemní vody v určité geologické struktuře.

2.1.2.1 Půdní vody

Veškerá voda obsažená v půdě bez ohledu na skupenství, která obvykle nevytváří souvislou hladinu (ČSN 75 0145 IN ČSN 75 0101). V půdních pórech je vždy obsaženo určité množství kapalné fáze, kterou nazýváme půdní voda. Ve skutečnosti to je roztok obsahující v malé koncentraci minerální i organické sloučeniny, avšak v praktických úvahách se většinou vliv rozpouštěných látek na vlastnosti a na proudění vody zanedbává (KUTÍLEK, 1978). Mezi nejdůležitější vlastnosti půdy charakterizující jejich vodní režim patří: objemová a měrná hmotnost, celková pórovitost, vodní kapacita, vlhkost, kapilarita, rychlost (intenzita) infiltrace a další (DRBAL IN SKLENIČKA, 2003). Zóna půdní vody začíná na povrchu půdy a zasahuje do takové hloubky, která odpovídá hloubce kořenové zóny. Ta je závislá na typu půdy a druhu vegetace. Vlhkostní rozdělení v této zóně je ovlivněno podmínkami na povrchu půdy a hladinou podzemní vody v případě, že tato hladina je blízko

pod povrchem. Pohyb vody je směrem dolů při infiltraci a směrem vzhůru při evaporaci a transpiraci. Dočasně může být toto pásmo v důsledku vysoké infiltrace kompletně nasyceno (VALENTOVÁ, 2001).

Formace půdní vody jsou:

- *Zavěšená voda* je voda zadržaná v povrchových vrstvách půdy bez zřetelného stékání ve směru gravitace.
- *Gravitační voda podepřená* je podzemní voda kumulovaná nad nepropustným horizontem, kterým je podepřena.
- *Voda vzlínající z hladiny podzemní vody* existuje díky kapilárním silám. Směrem k povrchu se vzlínání zpomaluje, až se zastaví při dosažení rovnováhy kapilárních a gravitačních sil (SKLENIČKA, 2003).

Vodní režim půdy

Vodní režim půdy je prostorové a časové uspořádání vody v půdě. Je výslednicí všech vstupů, pohybů, zadržení a výstupů z půdy. Při charakterizování vodního režimu půdy se zjišťují vodní poměry v půdním profilu a v přilehlé podložní vrstvě do hloubky bezprostředních hydrologických souvislostí obou částí této vrstvy – tzv. *pedohydrologické vrstvy* (DRBAL IN SKLENIČKA, 2003). Podklady pro vyhodnocení vodního režimu půdy se získávají terénním měřením vlhkostí v pedohydrologické vrstvě. Jde především o hloubky hladiny podzemní vody, výparu, srážek, transpirace, vlivu melioračních opatření,... (SKLENIČKA, 2003).

2.1.2.2 Podzemní vody

Podpovrchová voda v kapalném skupenství (ČSN 75 0130 IN ČSN 75 0101). Voda přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vodu se považuje též voda protékající drenážními systémy a voda ve studních (ČSN 75 0101). Podzemní vody vzhledem ke svým nenahraditelným vlastnostem patří všeobecně k nejcennějším složkám přírodního bohatství a zároveň zdravého životního prostředí (ČERVENÝ, et al., 1984). Podzemní voda se dále člení podle původu na vodu *vadózní, juvenilní a fosilní* (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Podle celkového chemického složení dělí PITTER (1999) podzemní vody na *prosté vody a minerální vody*.

Vody vadózní, juvenilní a fosilní

Vadózní voda se dostává do země s jejího povrchu zatékáním kapalně vody, která je určitým podílem ovzdušných srážek všeho druhu (déšť, kroupy, sníh, rosa, jinovatka), event. i určitým podílem vody povrchových toků a nádrží. K této vodě se připojuje voda kondensovaná pod povrchem z ovzdušných par při jejich pronikání z vnější atmosféry do atmosféry podzemní. První případ nazýváme tvořením, resp. napájením nebo doplňováním podzemních vod infiltrací, druhý kondensací (HYNIE, 1961).

Juvenilní voda je podzemní voda uvolňující se z magmatu a poprvé vstupující do oběhu vody v přírodě. Avšak tento juvenilní příspěvek je velmi malý (PITTER, 1999).

TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT (1992) i PITTER (1999) popisují *vodu fosilní* jako vodu obsaženou v horninách již od dob jejich vzniku. Tato voda se nezúčastňuje oběhu vody v přírodě.

Prosté vody, minerální vody

Prostá voda je voda s nízkým obsahem rozpuštěných látek, která nesplňuje žádné z kritérií pro minerální vodu (PITTER, 1999).

Přírodní minerální voda je přirozeně se vyskytující podzemní voda původní čistoty stálého složení a vlastností, která má z hlediska výživy fyziologické účinky dané obsahem minerálních látek, stopových prvků nebo jiných součástí, které umožňují její použití jako potravin a k výrobě balených minerálních vod (ČSN 75 0101).

Podzemní voda je přirodně živena čtyřmi příjmovými složkami. Jsou to:

- a) zasakování určitého podílu atmosférických srážek,
- b) procezování vody z povrchových toků a nádrží,
- c) kondensace par podzemní atmosféry,
- d) přínos juvenilní vody.

První tři složky jsou povrchovým napájením podzemní vody. Proti tomuto sestupnému příjmu vadovní vody je podíl nově tvořené juvenilní vody celkově nepatrný (HYNIE, 1961).

Podzemní vody se až na výjimky účastní všeobecného oběhu vody na Zemi. Příčinou tohoto oběhu je nerovnoměrné množství slunečního záření, které dopadá na zemský povrch, dále rotace a přitažlivost Země (KŘÍŽ, 1983). Podzemní voda se v rámci hydrologického cyklu pohybuje z míst přirozené či umělé dotace do míst přirozeného nebo umělého odběru. Charakteristickým znakem proudění podzemní vody je, že jeho rychlost je velice malá. Vzhledem k velkým oblastem, ve kterých podzemní voda proudí, se ale jedná o velká transportovaná množství (VALENTOVÁ, 2001).

Přítomnost podzemních vod

Pokud prameny nevystupují na povrch (ty jsou nejlepším důkazem existence podzemních vod), lze usuzovat na přítomnost vody pod terénem podle některých příznaků. V širokých údolích je velmi pravděpodobný výskyt podzemních vod v rozsáhlých zvodnělých náplavech. Vlhká místa s vlhkomilnými rostlinami jsou rovněž dobrým průkazem výskytu vod. Obdobně místa, na kterých dochází v zimním období k tání sněhové pokrývky, kde povrch terénu nezamrzá, svědčí o existenci vývěru podzemních vod

z větších hloubek. Velmi vhodným postupem při poznávání režimu pramenů je pozorování jejich vydatnosti, pozorování proměnlivosti, kolísání hladin ve studních zkoumané oblasti. Spolehlivou informaci o rozsahu zásob podzemních vod poskytuje chování těchto studní hlavně v období dlouhodobého sucha. Nákladným, ale spolehlivý způsob zjištění zásob podzemních vod je geologický průzkum (KEMEL, 1994). Významné zdroje se vytvářejí zejména v platformních sedimentech křídového a terciárního stáří, dále pak ve fluvialních a fluvio-glaciálních sedimentech kvartéru (PLECHÁČ, 1989).

Ochrana podzemních vod

Vývoj ochrany podzemních vod souvisí bezprostředně s vývojem zásobování lidské společnosti vodou. Člověk odjakživa potřeboval vodu a mohl žít jenom tam, kde si ji v potřebném množství zajistil (PELIKÁN, 1983). Je však stále jasnější, že na podzemní vody nelze pohlížet jen jako na zásoby vody pitné, ale také jako na důležitou složku životního prostředí, kterou je potřeba chránit (PRCHALOVÁ, NEDVĚDOVÁ, 2008). Pro ochranu, zlepšení stavu podzemních vod je třeba dosáhnout vyváženého stavu mezi odběry podzemní vody a jejím doplňováním (MUZIKÁŘ, 2009). Nezbytným předpokladem úspěšné ochrany tvorby podzemních vod je znalost způsobu vzniku podzemní vody konkrétní hydrogeologické struktury. Ochrana tvorby se vždy týká celé oblasti či zóny infiltrace. Jde proto o úkol s regionálním dopadem, proto se často dostává do protikladu s jinými hospodářskými zájmy. Často se tato část ochrany podzemních vod opomíná, průzkumy často ve výpočtech využitelných zdrojů podzemních vod uvažují parametry tvorby podzemních vod jako konstantní a nevěnují se příliš jejich možnému ovlivnění (pozitivnímu či negativnímu) (ŠRÁČEK, DATEL, MLS, 2002).

2.1.3 Infiltrace

Intenzita srážek, teplota, rychlost větru a typ a hustota porostu určují, jaký je poměr mezi množstvím vody zachyceným vegetací a z jejího povrchu ihned vypařeným a množstvím vody skutečně spadlým na zemský povrch (PAČES, 1982). Intenzita vsaku srážek je závislá na druhu půdy a době vsaku (FICTUM). RAWLS, et al. (1993) popsal infiltraci jako proces, kdy voda spadá ze srážek zasakuje do půdy. K zasakování do půdy může docházet i táním sněhu či zavlažováním. PAČES (1982) infiltraci charakterizuje jejím koeficientem infiltrace. Tento koeficient udává, kolik vody z celkových srážek se začlení do oběhu podzemní vody.

2.1.4 Propustnost hornin

V přírodě jsou pozvolné přechody od hornin dokonale propustných až k horninám dokonale nepropustným. Zhruba rozlišujeme čtyři stupně propustnosti, při čemž posuzujeme kromě vlastního propouštění i schopnost přijímat vodu. Dokonale propustné horniny skoro stejně rychle vodu přijímají, jako dále propouštějí (např. kamenité ssuti, štěrky a hrubší písky bez jílovitých příměsí, pórovité pískovce a slepence, sopečné tufy, hrubě pórovité lávy, silně rozpukané masivní horniny, zkrasovělé vápence apod.). Částečně propustné horniny mohou sice přijmout mnoho vody, ale jen zvolna ji propouštějí hlouběji (hlíny a spraše, jemněji pórovité štěrky, písky, slepence a pískovce, méně rozpukané masivní horniny). Částečně nepropustné horniny mohou sice do jisté hloubky přijmout menší množství vody, nemohou ji však již propustit hlouběji (jílnaté zeminy, horniny s kapilárními póry a trhlinkami). Dokonale nepropustné horniny již vodu nepřijímají (prakticky sem patří vlastně jen zmrzlá půda) (STEJSKAL, 1958).

Tab. 2 : Rozdělení hornin podle propustnosti

Horniny	Vodu přijímají	Vodu propouštějí	Horniny
Dokonale propustné	rychle	stejně rychle	silně zkrasovělé horniny, balvanité a kamenité suti bez výplní mezer
Dobře propustné	poměrně rychle	dosti rychle	šterky a hrubší písky bez podstatnější jílovité příměsi, horniny drcené v místech poruchových pásem
Málo propustné	zvolna	velmi zvolna	jemnozrnné a prachovité písky bez jílovité příměsi, pravé spraše, pórovité pískovce, slepence a sopečné tufy, normálně rozpukané masívní horniny
Velmi málo propustné	velmi zvolna	ještě pomaleji	těžší hlíny, jílnaté zeminy, pevné horniny s těsnějšími puklinami
Nepropustné	částečně	-	jíly, jílovce, lupky
Absolutně nepropustné	-	-	všechny horniny se zamrzlou podzemní vodou

Zdroj: (STEJSKAL, 1967)

Propustnost je podmíněna velikostí, tvarem i četností volných prostorů, které jsou v horninách obsaženy. Z hlediska rozdílné propustnosti horninového prostředí se rozlišuje průlinová, puklinová a krasová podzemní voda (KŘÍŽ, 1983).

Průlinová podzemní voda (obr. 3 a)

Vyplňuje malé i větší prostory v usazených horninách a zvětralinách, tj. v horninách nezpevněných čili zeminách (píscích, štercích, sprašových a svahových hlínách, sutích apod.), popřípadě i v sopečných tufech a tufitech. Pohybuje se v těchto prostorách vlivem působení gravitace, jakož i hydrostatického tlaku. Jde o velmi pomalý pohyb v důsledku odporu horninových částic a viskozity vody. Průměrná rychlost proudění podzemní

vody v průlinově propustném prostředí dosahuje od několika centimetrů za den v jemnozrnných sedimentech do desítek metrů za den v hrubozrnných uloženinách. Doba pobytu vody v horninách s průlinovou propustností od jejího vsaku po výtok v místech odvodnění je poměrně dlouhá. Dochází přitom k filtraci vody, tj. zachycení jak rozptýlených, tak i některých rozpuštěných látek, které se do zvodně dostaly nejen z povrchu terénu, ale i při prosakování vody půdním profilem (KŘÍŽ, 1983).

Puklinová podzemní voda (obr. 3 b)

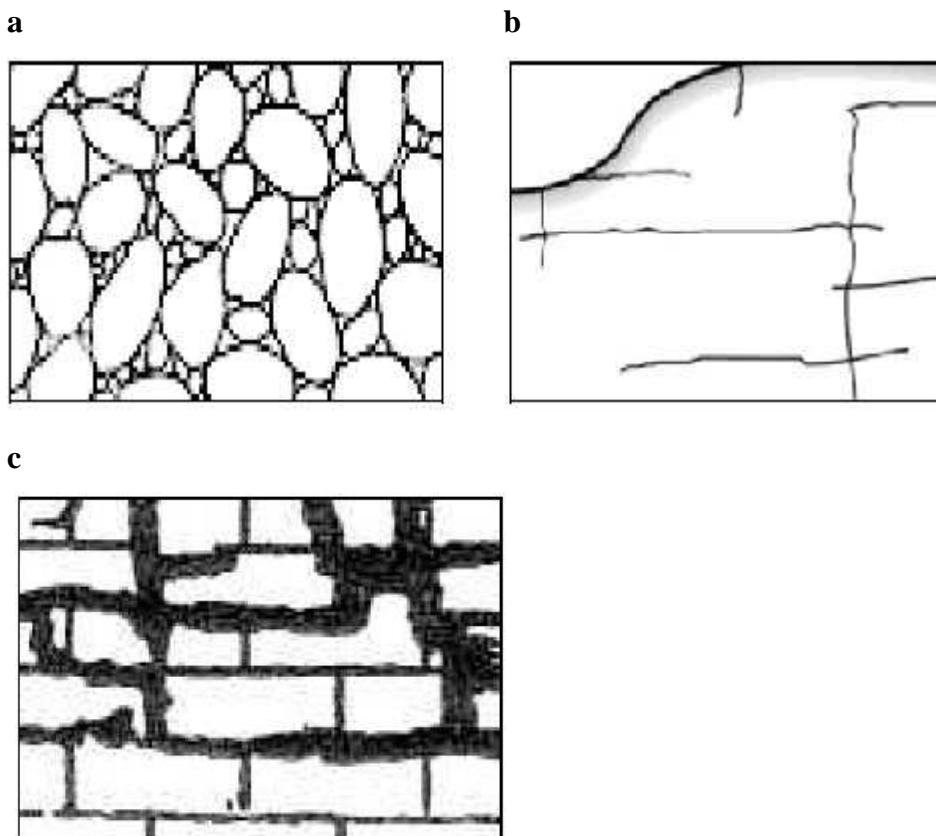
Vyskytuje se a proudí v puklinách, trhlinách a zlomech (zlomových pásmech). Jde jak o prvotní plochy odlučnosti, které se vytvořily již při usazování hornin (vrstevnatost), tak i druhotně vlivem působení tlaků a tahů při pozdější přeměně hornin, zejména při jejich smršťování či roztahování. Rozlišuje se dělitelnost hornin podle rovnoběžných puklin (břidličnatost), která souvisí s jejich mechanickou nebo i chemickou přeměnou, a výraznější porušení hornin většími puklinami, trhlinami a zlomy následkem zprohýbání vrstev (vrásnění) a porušení dislokacemi. V povrchových vrstvách hornin se mohou vytvořit pukliny a jako následek zvětrávání (KŘÍŽ, 1983). U puklinových spodních vod může být vyvinuta hladina do jisté míry pouze v plochých terénech. Ve členitém území se uplatňuje šířka, poloha a vzájemný průběh puklin, takže často i sousední pukliny jsou vyplněny vodou do různé výšky (STEJSKAL, 1958).

Krasová podzemní voda (obr. 3 c)

Posledním typem je krasová podzemní voda v horninách vyznačujících se krasovou propustností. Tato propustnost vzniká postupným vyluhováním vápencových a dolomitických hornin. V počáteční fázi je v těchto horninách síť puklin, z nichž se během vyluhovacího procesu postupně vytvářejí kavernózní dutiny až rozsáhlé systémy jeskyň i dalších podzemních prostorů. Pro podzemní vodu, která proudí v těchto dutinách, platí podobné zákonitosti jako pro pohyb vody v potrubí, když podzemní prostory jsou zcela zaplněny pouze z části. Podobně jako ostatní druhy vod se krasové podzemní vody

doplňují vodou ze srážek, která se dostává k jejich hladině prostřednictvím krasové propustnosti horninového prostředí. Kromě toho pronikají v určitých místech (ponorech) do podzemních prostorů celé vodní toky z nichž se tak stávají krasové ponorné toky (KŘÍŽ, 1983).

Obr. 3 : a - průlinová voda, b - puklinová voda, c - krasová voda



Zdroj: (DATEL, 2010)

2.1.5 Proudění vody v půdě

Voda v půdě se pohybuje v pórech. Proudění je převážně nestacionární, což ztěžuje jeho popis. Proto v případech rámcovějších hodnocení dochází ke zjednodušení a nahrazení prouděním stacionárním. Proudění vody v půdě se člení na základní kategorie:

- 1) proudění v půdě nasycené vodou (proudění podzemní vody – filtrace),
- 2) proudění v půdě nenasycené (částečně nasycené) (SKLENIČKA, 2003).

Podle povahy půdního prostředí, zejména podle druhu pórů (kapilární, nekapilární) a stupně vlhkosti, zaujímá pak voda v půdě různé formy výskytu, jež se vyznačují rozličnou pevností vazby a různou pohyblivostí i přístupností rostlinstvu. V hlavním dělení rozeznáváme dva druhy půdní vody: jednak vodu vázanou, jednak volnou (JÚVA, 1957).

Vodní potenciál

Vzhledem k tomu, že rychlost pohybu vody v půdě je malá (menší než $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), je její kinetická energie zanedbatelná a rozhodující význam má energie potenciální, která je výslednicí polohy a vnitřního uspořádání. Pohyb (přesun) vody v půdě pak nastává úměrně rozdílu hladin potenciální energie mezi dvěma body: z bodu s vyšší potenciální energií (s větší její absolutní hodnotou) k bodu s potenciální energií menší (s menší její absolutní hodnotou) (KREŠL, 2001).

2.2 PRAMENNÉ VÝVĚRY

Jsou to přirozené výtoky spodních vod na povrch (STEJSKAL, 1958). Plošné výrony povrchové vody tvoří prameniště, a když jsou vývěry v řadě, vytvářejí řadu pramenů. Vznik pramenů je podmíněn vhodnými geologickými, hydrologickými a morfologickými podmínkami. Pro hodnocení pramenů existuje několik klasifikací, vypracovaných podle různých kritérií (DUB, et al., 1969). Prameny se vyskytují nad erozní bází nebo častěji při její úrovni, tj. nad hladinou toků při úpatí údolních svahů. Někdy však vyvěrají pod hladinou toků, jezer a moře (ŠILAR, 1996). Původ pramene do značné míry určuje i jeho vydatnost (množství vody vyvěrající za sekundu), zejména však jeho stálost (poměr statisticky definovaných malých a velkých vydatností). Obecně můžeme říci, že vydatnější a stálejší jsou prameny s hlubším oběhem podzemní vody, tj. prameny výstupné, popř. přelivné. Naopak prameny sestupné, zejména při menším rozsahu odvodňované části zvodnělé vrstvy, bývají nestálé (KŘÍŽ, et al., 1988).

2.2.1 Vznik pramenů

Vznik pramenů je podmíněn příznivými geologickými, tektonickými, hydrogeologickými poměry nebo i reliéfem území. Nejčastěji se prameny vyskytují na výchozech nepropustných vrstev, které jsou v podloží zvodněných hornin, nebo na tektonických poruchách a zlomech, popřípadě i při úpatí zvodněných svahových sutí. Jde zpravidla o jednotlivé prameny, ale v některých případech i o skupiny pramenů, které tvoří např. tzv. pramenní linie vyskytující se zejména na tektonických zlomech (KŘÍŽ, 1983). Prameny vystupují často v pramenních kotlinách, vzniklých chemickou i mechanickou suffozí i erodí pramenité vody v okolí výronu. Pramenní ústí často přechází v pramenní hrdlo, vyklizené uvedenou činností, které bývá sběrnou pramenité vody. Pro režim podzemního výronu i pro jeho využití je důležitá plocha

vlastního výstupu pramenité vody z hornin, tzv. pramenní plocha (HYNIE, 1961).

2.2.2 Rozdělení pramenů

Klasifikace pramenů byly vypracovány na základě různých hledisek. Rozlišují se např. prameny podle geologických útvarů, v nichž se vyskytují, nebo podle petrografie hornin, např. prameny flyšové, krasové, který bývají někdy označovány názvem vyvěračka. Další dělení pramenů je podle teploty jejich vody na studené (akratopegy) a teplé (akratotermny). Nejčastěji se rozdělují prameny podle původu, způsobu vzniku a podle vydatnosti. Rozlišují se přitom dvě základní skupiny pramenů, a to prameny sestupné a výstupné (KŘÍŽ, 1983).

ŠILAR (1996) dělí prameny podle: vydatnosti, setrvalosti vývěru, směru proudění vyvěrající vody, geologických okolností původu a podle geomorfologické situace.

Zvláštním druhem pramenů jsou gejzíry, z nichž periodicky vystřikuje horká voda a vodní pára, popřípadě proplyněná podzemní voda. Výška, kterou dosahuje vystřikující voda, je různá a může dosahovat až kolem 100m; rovněž i trvání erupce bývá značně rozdílné a pohybuje se od několika minut do několika hodin. Výrony vody z gejzíru se opakují v různě dlouhých intervalech, v rozsahu od několika minut až po dny (KŘÍŽ, 1983).

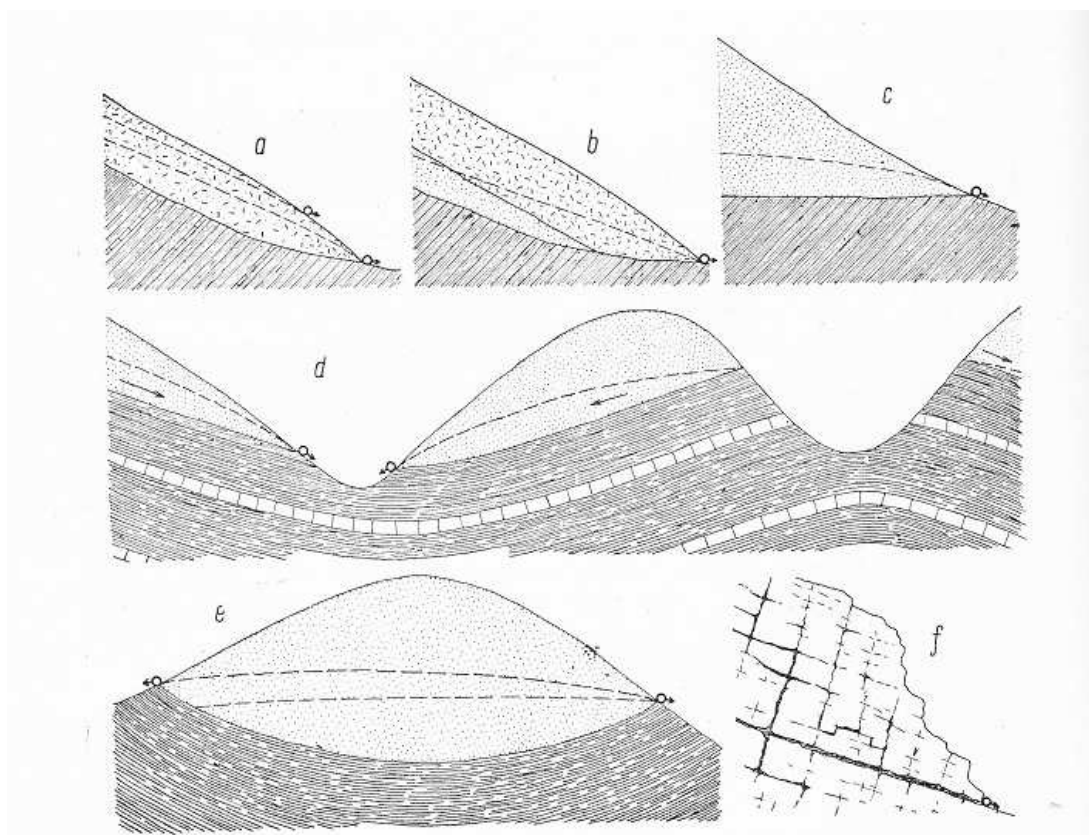
2.2.3 Prameny sestupné (sestupující)

STEJSKAL (1958) říká, že prameny sestupné jsou nejhodnotnější. Nejčastěji se s nimi setkáváme ve svazích, nebo v úpatí svahů.

Prameny sestupující neboli sestupné vznikají, má-li nepropustná spodina, zadržující podzemní vodu při jejím pronikání do hloubky, sklon k vývěru, po příp. sklání-li se k vývěru hladina spodní vody (KETTNER,

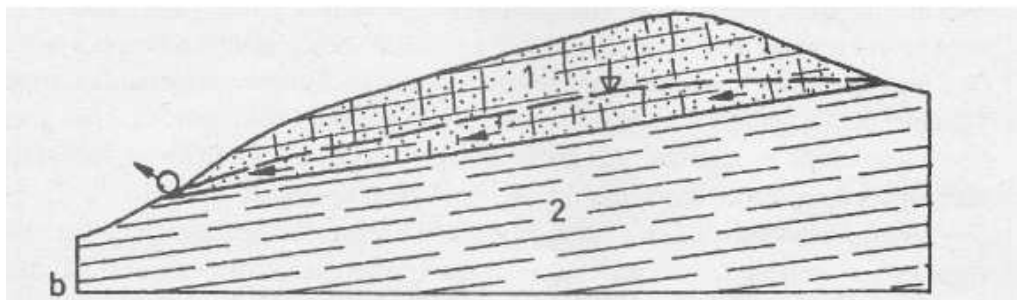
1954). Největší vydatnost mají prameny vystupující z dokonale propustných vrstev, mírně skloněných ve směru svahu, který se rozkládá pod rozlehlou plošinou (tedy ne pod hřebenem nebo vrcholem). Sestupné prameny se mohou tvořit i u puklinových vod. Vody sestupných pramenů zpravidla vnikají nejprve do svahových sedimentů a sestupují jimi do nižších poloh, kde teprve vystupují na povrch a činí dojem suťových pramenů (nepravé suťové prameny). Vlastní, čistě suťové prameny mají značně kolísavou vydatnost a za sucha zpravidla zanikají (STEJSKAL, 1958).

Obr. 4 : Prameny sestupné: a – suťový (prameniště se může posouvat po svahu podle stavu spodních vod v ssuti), b – nepravý suťový (voda v ssuti pochází z vodonosných vrstev – skrytý vrstevní pramen), c – vrstevní, d – vrstevní v synklinálním údolí (v antiklinálním údolí nevystupují), e – přepadové (v místech vyšší polohy nepropustného podkladu mohou za sucha zanikat), f – puklinový (sestupný)



Zdroj: (STEJSKAL, 1958)

Obr. 5 : Sestupný pramen: 1 – propustný pískovec, 2 – nepropustný slínovec

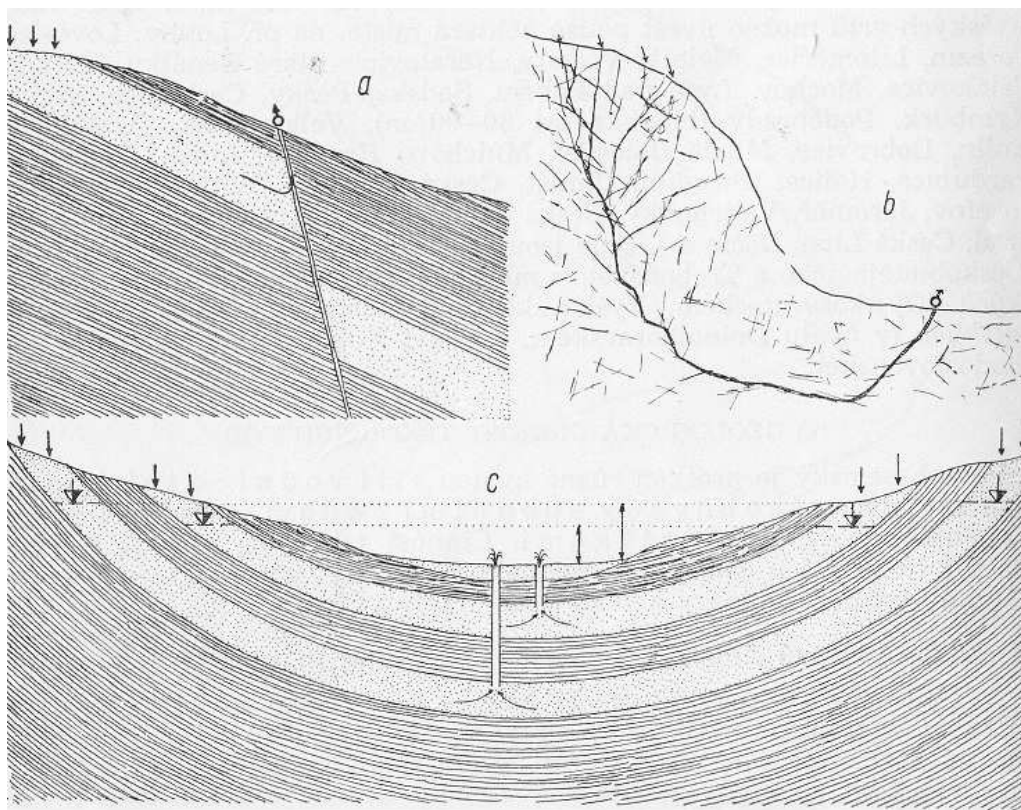


Zdroj: (ŠILAR, 1996)

2.2.4 Prameny výstupné (vzestupné)

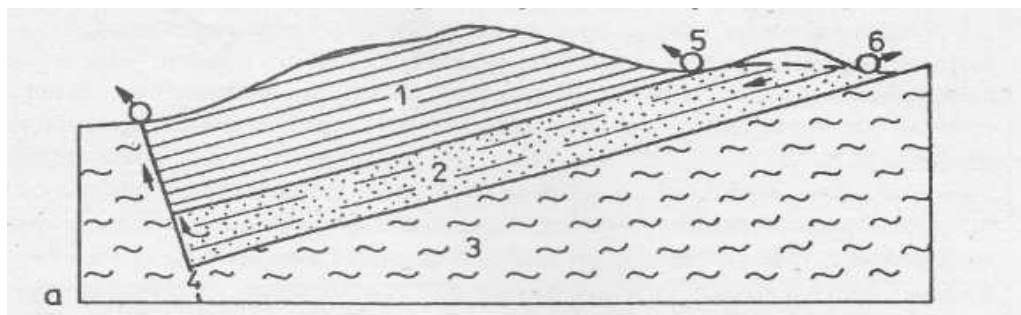
Prameny vystupující neboli výstupné, jak jméno ukazuje, jsou vývěry podzemní vody vystupující zdola nahoru přetlakem. Přetlak může mít zpravidla dvojí příčinu: buď je způsoben hydrostatickým tlakem, nebo nastává přítomností vodních par a plynů v podzemních vodách (KETTNER, 1954). Vzestupné prameny mohou vystupovat i ve vodorovném terénu, ale v určité vzdálenosti musí být terén vyvýšený, kde nastává infiltrace (STEJSKAL, 1958). K vystupujícím pramenům můžeme čítat i vývěry podzemních vod, které vytékají na dně řek nebo na mořském dně blízko pobřeží. Vznikají zde buď na výchozu styčné plochy mezi nakloněnými propustnými a nepropustnými vrstvami, nebo jako vody krasové vytékající na dně řek nebo moří z výše položených podzemních vápencových dutin. Pod vlivem hydrostatického tlaku prostupují pak říční neb mořskou vodou vzhůru k jejich hladině (KETTNER, 1954).

Obr. 6 : Prameny vzestupné: a – dislokační, b – puklinový (vzestupný). Artéské vody: c – při synklinálním uložení vrstev



Zdroj: (STEJSKAL, 1958)

Obr. 7 : Výstupný pramen: 1 – nepropustný slínovec, 2 – propustný pískovec, 3 – nepropustná rula, 4 – propustný zlom, 5, 6 – občasné prameny



Zdroj: (ŠILAR, 1996)

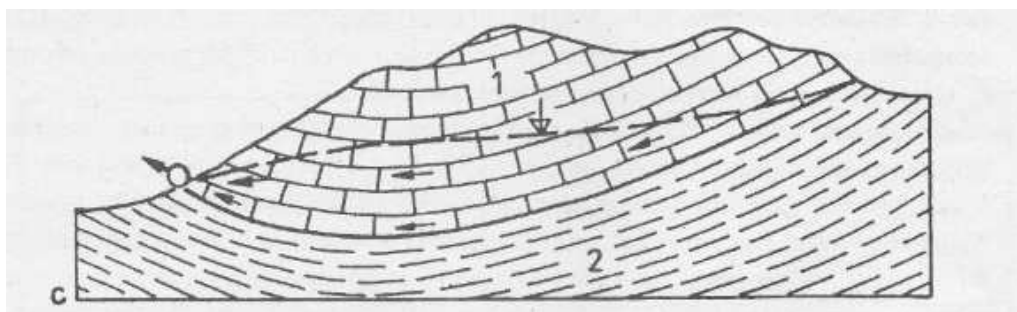
2.2.5 Další dělení pramenů

2.2.5.1 Prameny podle směru proudění vyvěrající vody

ŠILAR (1996) dělí prameny podle směru proudění vyvěrající vody nejen na prameny výstupné a sestupné, ale i na prameny přelivné.

Prameny přelivné

Obr. 8 : Přelivný pramen: 1 – propustný vápenec, 2 - nepropustná břidlice



Zdroj: (ŠILAR, 1996)

2.2.5.2 Prameny podle stálosti

KEMEL (1996) dělí prameny podle stálosti či vydatnosti. Stálost posuzujeme jako poměr největší a nejmenší vydatnosti pramene zaznamenané za období pozorování. Když je pramen nevyrovnaný, tak to svědčí o tom, že se jedná o pramen povrchový.

Je třeba vzpomenout, že kolísání vydatnosti pramene bývá též způsobeno kolísáním atmosférického tlaku – při jeho poklesu vydatnost pramene stoupá. Ve snaze poznat režim pramene musíme dlouhodobě pozorovat jeho vydatnost, ale také ovlivňující činitele, které mohou vysvětlit mnohé charakteristické rysy režimu. Pozorujeme teplotu vzduchu, vody, srážkové úhrny, tlak vzduchu, pokud třeba i chemické složení. Názorný přehled o vzájemných souvislostech získáme vykreslením grafu, ve kterém

bude zobrazen časový chod uvedených prvků. Z takového grafu velmi rychle poznáme, nakolik je pramen závislý na vydatných srážkách, získáme představu o jeho stálosti apod. (KEMEL, 1994).

2.2.5.3 Prameny podle setrvalosti vývěru

- a) prameny permanentní, které vyvěrají trvale,
- b) prameny intermitentní (též občasné), které vyvěrají po určitou část roku a v době nízkých srážek vysychají,
- c) prameny periodické, které vytékají v pravidelných intervalech a vyskytují se v krasových oblastech s dutinami ve tvaru sifonů, patří k nim i periodicky tryskající gejzíry, kde je periodicitu způsobena expanzí páry z přehřáté vody (ŠILAR, 1996).

2.2.5.4 Prameny podle míry proměnlivosti

Jde o klasifikaci, která vychází z variačního rozpětí, ale přihlíží i k průměrné vydatnosti vypočítané z delšího pozorovacího období. Míra variability vydatnosti pramenů se stanoví jako poměr rozdílu mezi nejvyšší a nejnižší vydatností k průměru podle vzorce:

$$V = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_a} \cdot 100 \%,$$

kde V - míra proměnlivosti vydatnosti pramene,

Q max – nejvyšší vydatnost,

Q min – nejnižší vydatnost,

Q a – průměrná vydatnost.

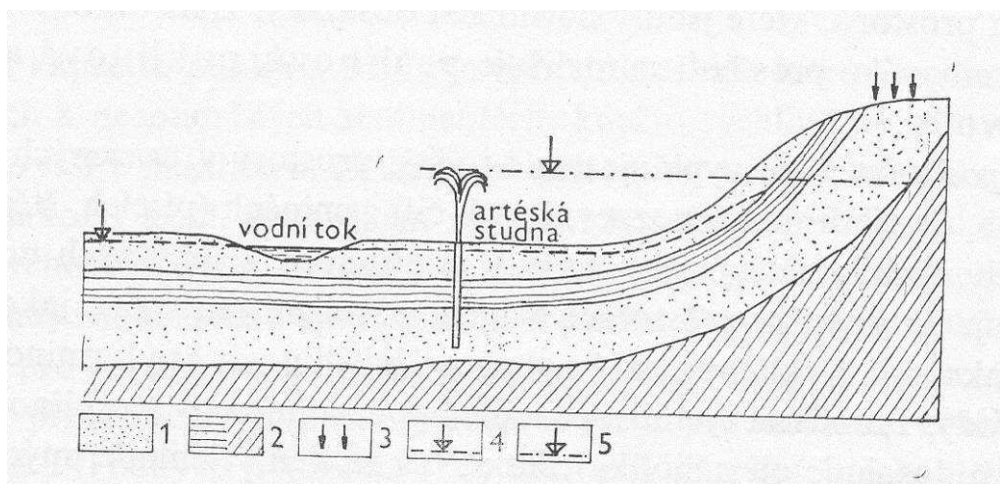
Podle této míry proměnlivosti vydatnosti rozlišujeme u pramenů, které nevysychají:

1. Prameny stálé s mírou rozkolísanosti vydatnosti do 25%.
2. Prameny subvariabilní s mírou proměnlivosti vydatnosti od 25% do 100%.
3. Prameny variabilní, jejichž míra rozkolísanosti vydatnosti přesahuje 100% (KŘÍŽ, 1983).

2.2.6 Artéské vody

Mají také napjatou hladinu, podobně jako vody vzestupných pramenů, pokud jsou ještě v hloubce. Nemají však přirozené spojení s povrchem a musí se získávat uměle provrtáním nepropustného nadloží. Podmínkou ke vzniku artéských vod je střídání propustných a nepropustných vrstev a příznivé poměry geomorfologické a tektonické. Ve vyvýšené sběrné oblasti musí vystupovat propustné vrstvy až na povrch, aby srážková voda mohla infiltrovat. Podle uložení vrstev se rozlišují dva hlavní případy vzniku artéských vod. Buď je celé souvrství nakloněné, a to na stejnou stranu jako povrch terénu (ovšem pod větším úhlem, než je sklon terénu), nebo je souvrství uloženo pánvovitě a také terén má pánvovitý tvar; sklony vrstev přitom musí být větší než sklony povrchu terénu. Vydatnost artéských studní (vrtů) může být značná, ale není neomezená. Teoreticky odpovídá množství infiltrované vody ve sběrných oblastech. Odebírá-li se vody více, přestane za různě dlouhou dobu voda vytryskovat nad povrch a její hladina začne klesat pod korunu vrtu (STEJSKAL, 1967).

Obr. 9 : Schéma artéské pánve, 1 – propustné vrstvy hornin, 2 – nepropustné vrstvy hornin, 3 – infiltrace srážkové vody, 4 – volná hladina podzemní vody, 5 – výstupná výška piezometrické hladiny podzemní vody



Zdroj: (KŘÍŽ, 1983)

2.2.7 Vodohospodářský význam pramenů

Prameny mají i značný vodohospodářský význam, neboť jsou zdroji pitné vody. V blízkosti pramenů zřizoval člověk svoje sídla odedávna. Nejprve se voda z pramenů odebírala bez jakýchkoli úprav a zasahování do jejich přirozeného stavu, avšak s postupem doby se prováděly zpočátku jednoduché a později i složitější vodohospodářské úpravy. Především se budovala různá jímací zařízení, která sloužila k zachycení podzemní vody odtékající z pramenů (jímky, studny, štol, čerpací stanice apod.) (KŘÍŽ, 1983).

2.3 VZTAH TEPLoty VODY A KOLÍSÁNÍ VYDATNOSTI PRAMENE

Hydrologické procesy, jako časové průběhy vzájemného působení hydrologických jevů, jsou ve své podstatě procesy stochastickými – náhodnými. Tím se nikterak nepopírá klíčová role příčinnosti v hydrologických procesech, zdůrazňuje se pouze vliv náhody na jejich konečné dotváření (DUB, et al., 1969).

2.3.1 Měření

Obecnými zásadami měření se zabývá metrologie, která definuje měrové jednotky, určuje měřidla a jejich kontrolu, zabezpečuje etalonová měřidla nejvyšších řádů a návaznost dalších měřidel na tyto etalony. Předepisuje také základní postupy a zásady pro měření (PELIKÁN, et al., 1988). V hydrologii málokdy zkoumáme jevy jako náhodné veličiny izolovaně, tj. bez uvážení jejich závislosti na jiných jevech nebo faktorech. Obvykle měříme hydrologické a jiné veličiny proto, abychom zjistili jejich vztahy a vzájemné závislosti. Studium a kvantitativním vyjadřováním těchto závislostí se zabývá korelační počet (DUB, et al., 1969).

Chyby měření

Každé měření je postiženo chybami, které můžeme rozdělit do několika skupin:

- chyby nahodilé,
- chyby systematické,
- chyby hrubé (PELIKÁN, et al., 1988).

Přesnost měření

Přesnost měřicího přístroje je vlastnost přístroje, která charakterizuje schopnost měřidla stanovit údaje blízké pravé hodnotě měřené veličiny. Poněvadž pravá (skutečná) hodnota měřené veličiny je hodnota, která charakterizuje veličinu dokonale definovanou za podmínek existujících v okamžiku zkoumání této veličiny, není možno ji stanovit s absolutní přesností (PELIKÁN, et al., 1988).

2.3.2 Teplota vody

Měření teploty vody patří po hladinách a průtocích k nejstarším hodnotám, které u podzemních vod byly měřeny (PELIKÁN, et al., 1988). Teplota vody patří ke kvalitativním ukazatelům režimu vodních útvarů. Sledujeme ji, abychom poznali teplotní režim vodních útvarů, získali konkrétní údaje pro technické nebo speciální účely nebo ji chápeme jako doplňujícího činitele při stanovení dalších prvků vodní bilance (KŘÍŽ, et al., 1988). Podle HAVLÍČKA (1986) je maximální teplota vody obvykle v srpnu a minimální v únoru až v březnu.

Velmi často se měří teplota vody pramenů. Nejstálější teplota pramenů je v místě jejich přímého vývěru z horniny. Velmi často, zvláště u pramenů s malou vydatností, se teplota vody již na krátké vzdálenosti mění a rozdíl také mohou dosáhnout až několika stupňů (PELIKÁN, et al., 1988). Podzemní vody vykazují malé teplotní výkyvy. S hloubkou se změny zpravidla zmenšují. Teplota v hloubce 10 až 20 m kolísá kolem průměrné roční teploty vzduchu místa pozorování. Teplotní změny jsou v blízkosti povrchu největší, což může být vliv nejen zmenšení izolační vrstvy, ale také vliv infiltrace. S hloubkou stoupá teplota podzemních vod v důsledku stoupání zemské teploty (artéské vody u nás mají teplotu 12 až 14 °C), takže prameny svou teplotou částečně svědčí o původu: z hloubek 20 až 30 m mají teplotu 7 až 11 °C, z vyšších poloh pouze 6 °C (DUB, et al., 1969).

2.3.3 Vydatnost pramene

Měření vydatnosti pramenů můžeme v zásadě rozdělit do dvou skupin. První z nich tvoří přímé měření vydatnosti, tzv. objemové, kdy pomocí měrných nádob a času plnění určujeme přímo vydatnost pramene. Druhou skupinu tvoří měření zprostředkující, kdy přepočtem měřené veličiny určujeme vydatnost na základě hydraulických rovnic, popř. empirických vztahů (KŘÍŽ, et al., 1988). Přímé měření nádobou lze použít pouze u málo vydatných pramenů a nejmenších potůčků. Průtok se soustředí žlabem nebo přehrazením prknem s výřezem, vytékající voda se zachycuje do nádoby známého obsahu. Doba plnění nádoby se změří stopkami nebo vteřinovou ručičkou hodinek. Průtok je podíl obsahu nádoby (většinou v l) a doby plnění v sekundách (je tedy v l/s). Měření se opakuje několikrát, aby se dosáhlo větší přesnosti (NĚMEC, 1965).

Měrné přelivy

Podle konstrukce přelivné hrany rozlišujeme tyto základní typy ostrohranných přelivů:

- obdélníkový přeliv bez postranní kontrakce (Bazinův),
- obdélníkový přeliv s boční kontrakcí (Ponceletův),
- trojúhelníkový přeliv s vrcholovým úhlem výřezu 90° (Thomsonův), 45° , $22\frac{1}{2}^\circ$,
- lichoběžníkový přeliv (Cipolettiho).

Kombinací mohou vzniknout složené přelivy (dva obdélníkové, trojúhelníkový s obdélníkovým). V literatuře se ještě udávají speciální typy přelivů:

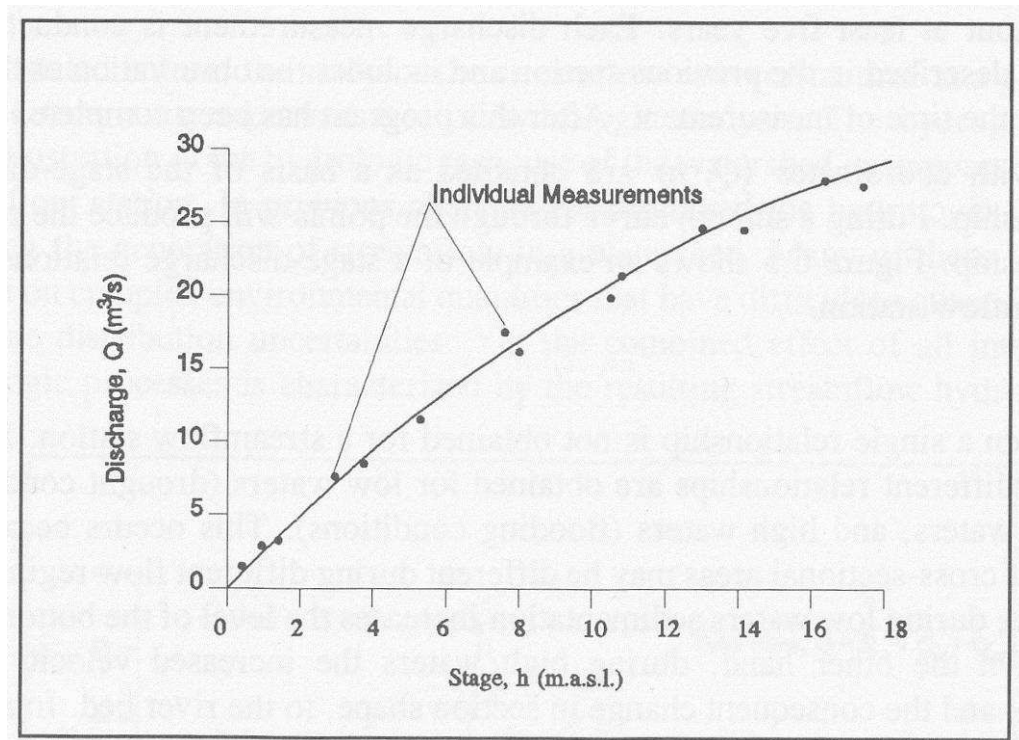
- kruhový přeliv,
- parabolický přeliv aj.,

které se však při praktickém měření užívají jen výjimečně. Při hydrologických měřeních se nejčastěji setkáváme s trojúhelníkovým a obdélníkovým výřezem měrných přelivů. Přelivy se budují stabilní nebo přenosné (PELIKÁN, et al., 1988).

Měrná křivka průtoku

JANDORA, STARA, STARÝ (2011) popisují měrnou křivku jako vynesení výšky vodního stavu h a odpovídajícího průtoku Q do pravoúhlého souřadnicového systému Qh . Když tyto body proložíme regresní křivkou, tak získáme měrnou neboli konsumpční křivku.

Obr. 10 : Měrná křivka průtoku vodního toku



Zdroj: (SERRANO, 1997)

2.3.4 Závislost teploty drenážní vody a odtoku

Drenážní voda je voda zachycená a odváděná odvodňovacími zařízeními do vodního recipientu (ČSN 75 0101). Cílem odvodňování zemědělských půd byla stabilizace zemědělské produkce při důrazu na pěstování obilovin (kultur stepního typu). V ČR byla v převažující míře zvolena technologie plošného odvodnění drenáží s recipientem drenážních vod v síti otevřených nebo zatrubněných kanálů či přirozených vodotečí (KULHAVÝ, et al., 2010).

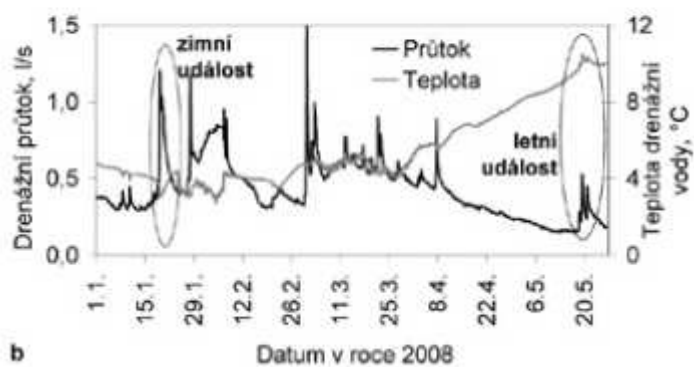
ZAJÍČEK, et al. (2011) napsal článek o závislosti teploty drenážní vody na odtoku. Měření bylo prováděno v povodí Dehtáře. Bylo dokázáno, že náhlá změna drenážního průtoku je doprovázena změnou teploty drenážní vody. Dále pak je uvedeno, že změny v letním a zimním období jsou odlišné (obr. 11 a, b, c, d).

V chladné části roku je vzestupná větev průtokové události doprovázena poklesem teploty drenážní vody, a naopak na poklesové větvi průtokové události teplota drenážní vody stoupá. V teplé části roku teplota drenážní vody kopíruje chod průtoků, při vzestupné fázi průtokové události roste, na poklesové větvi klesá. Tyto vztahy se projevují jak na plošné systematické drenáži, tak i na záchytných drénech a pramenech, a to nejen na jedné odvodněné lokalitě. Na základě analyzovaných průtokových událostí se ukazuje jako nejpravděpodobnější hypotéza, že drény jsou napájeny i vzestupnými puklinovými prameny podchycenými při výstavbě drenáže. Prameny jsou preferenčními cestami v půdě a puklinami v geologickém podloží dotovány i vodou z oblastí mělkých, velmi propustných půd při rozvodnici (infiltrační oblasti), kde dochází k rychlé infiltraci vody. To má za následek náhlou, rychlou změnu průtoku i teploty drenážní vody (ZAJÍČEK, KVÍTEK, KAPLICKÁ, 2009).

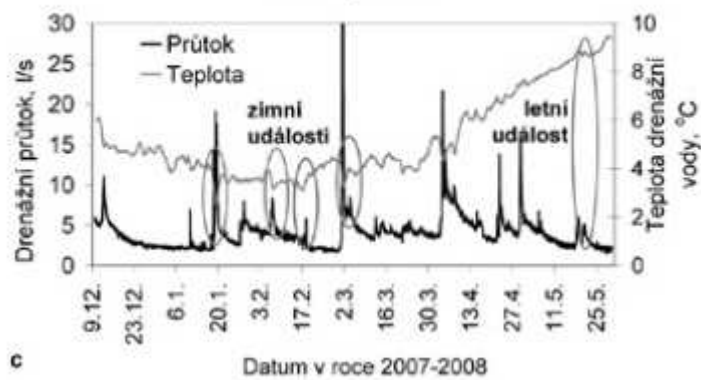
Obr. 11 : Letní a zimní událost na drenáži a - profil Š1 - Černíčí, b - profil Š2-Černíčí, c - profil J2 – Jenín, d - zimní událost – Kladno



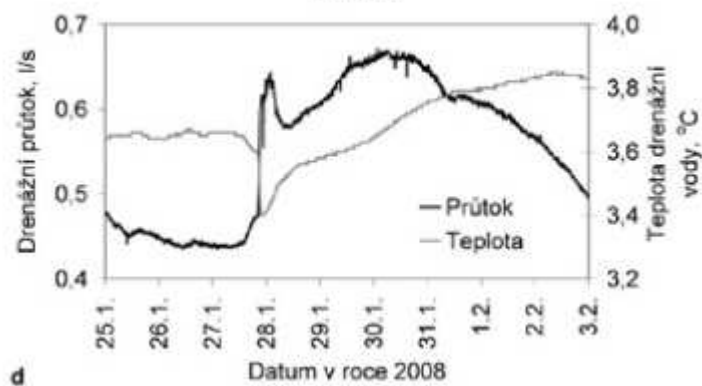
Černiči - profil Š2



Jenin - profil J2



Kladno

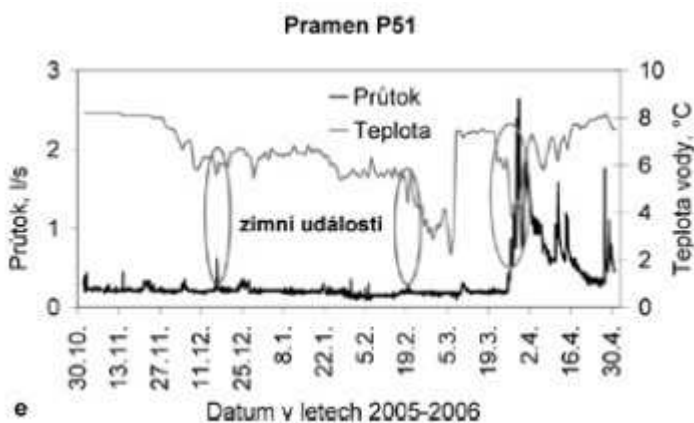


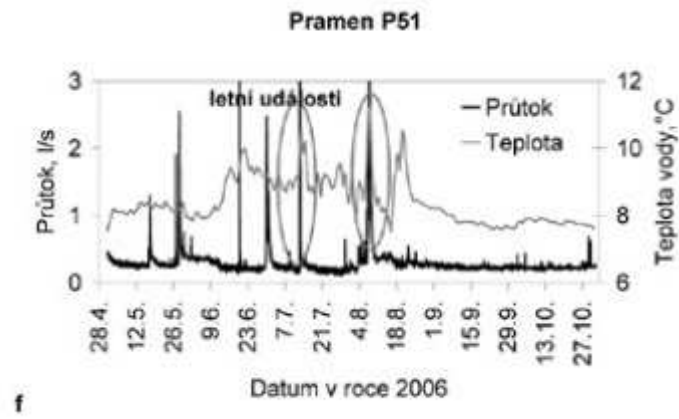
Zdroj: (ZAJÍČEK, KVÍTEK, KAPLICKÁ, 2009)

2.3.5 Závislost teploty vody na vydatnosti pramenného vývěru

ZAJÍČEK, et al. (2009) z měření zjistili, že závislost teploty vody na vydatnosti pramene je totožná s výsledky měření na drenážích (závislost průtoků drenážních vod na teplotě drenážních vod). To znamená, že v chladné části roku je vzestup vydatnosti pramene doprovázen poklesem teploty vody, naopak snížení vydatnosti pramene je doprovázeno zvýšením teploty vody na prameni (obr. 11 e). V teplé části roku vydatnost pramene kopíruje chod teploty. Při zvýšení vydatnosti se zvyšuje i teplota vody na prameni. Při snížení vydatnosti pramene se naopak teplota vody pramene snižuje (obr. 12 f).

Obr. 12 : Průběh vydatnosti a teploty vody na prameni P51 s náhlou zimní (e) a letní (f) událostí. Pramen P51 patří do povodí Kopaninského potoka. Poloha pramene je 49° 28' SŠ; 15° 18' VD. Substrát tvoří pararula. Půdní typ kambizem (kambizem oglejená). Pramen se nachází v lese. Roční úhrn srážek na tomto území je 670 mm.





Zdroj: (ZAJÍČEK, KVÍTEK, KAPLICKÁ, 2009)

3. MATERIÁL A METODY

3.1 MATERIÁL

3.1.1 Lokalizace pramene

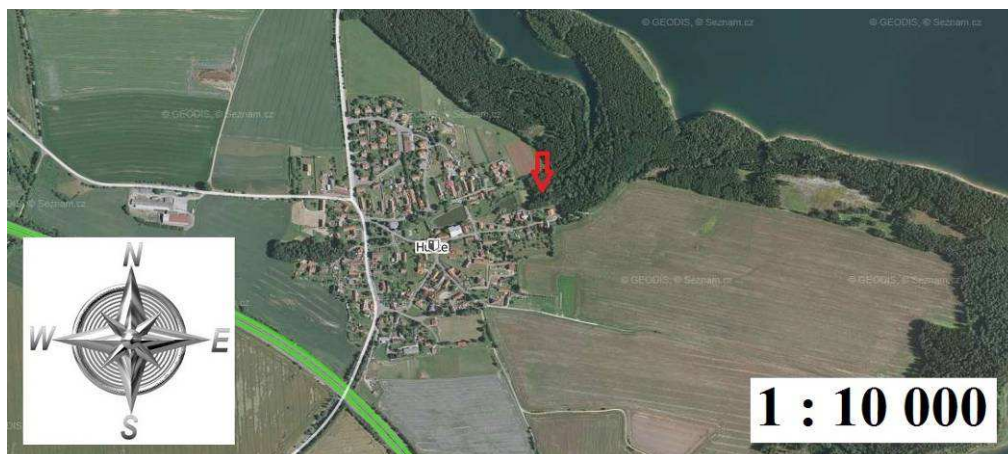
Pramen se nachází na parcele s parcelním číslem 637/1 (12875m²), katastrální území Hulice 649287, lesní pozemek, mapový list: GUST2880, V.S.X-21-09, vlastnické právo Česká republika, právo hospodařit s majetkem státu: Lesy České republiky, s.p.

Obr. 13 : Hulice, vodní nádrž Švihov



Zdroj: (<http://mapy.cz>, 2012), upraveno dle potřeb vlastní práce

Obr. 14 : Hulice



Zdroj: (<http://mapy.cz>, 2012), upraveno dle potřeb vlastní práce

Geomorfologické členění

Subprovincie: Česko-moravská soustava

Oblast: Středočeská pahorkatina

Celek: Vlašimská pahorkatina

Podcelek: Mladovožická pahorkatina

Okrsek: Káповská pahorkatina

Provincie: Česká vysočina

System: Hercynský

Fytogeografické členění

Okrsek: Střední povltaví

Obvod: Českomor. M

Oblast: M

Rozloha: 219790,6375 ha

Název: 41 - Střední povltaví

Územně správní členění

Obec: Hulice

ORP: Vlašim

POU: Vlašim

LAU1: Benešov (<http://geoportal.gov.cz>)

3.1.2 Povodí

Povodí je základní územní hydrologickou jednotkou, z hlediska hydrologických vstupů (s výjimkou srážek) uzavřenou, v terénu vymezenou rozvodnicí. Rozvodnice je definována jako pomyslná čára v terénu probíhající rozvodím (rozhraním mezi povodími). Povodí se vztahuje ke konkrétnímu uzavírajícímu profilu toku. Plocha mezi dvěma uzavírajícími profily je tzv. mezipovodí. Z hlavních charakteristik povodí se zpravidla uvádí plocha povodí, tvar povodí, zeměpisná poloha, nadmořská výška, klimatické charakteristiky, orografické poměry, geologické a pedologické poměry, typ říční soustavy, způsoby využití krajiny (land use) a další (SKLENIČKA, 2003).

Hydrologické členění povodí:

1 – 22 – 33 – 444

a) 1 – příslušnost do povodí hlavního toku I. řádu,

b) 22 – příslušnost do dílčího povodí hlavního toku,

c) 33 – hydrologické pořadí dalšího dělení dílčích povodí,

d) 444 – hydrologické pořadí detailních plošek povodí v rámci dílčích

ploch povodí (SKLENIČKA, 2003).

Hydrologické povodí zkoumaného území: 1 - 09 - 02 - 109/0

1 - 09 - 02 - 1091 Želivka (nádrž Švihov)

Plocha dílčího povodí: 5,010 km²

Plocha povodí k profilu nad zaústěním: 1178,500 km²

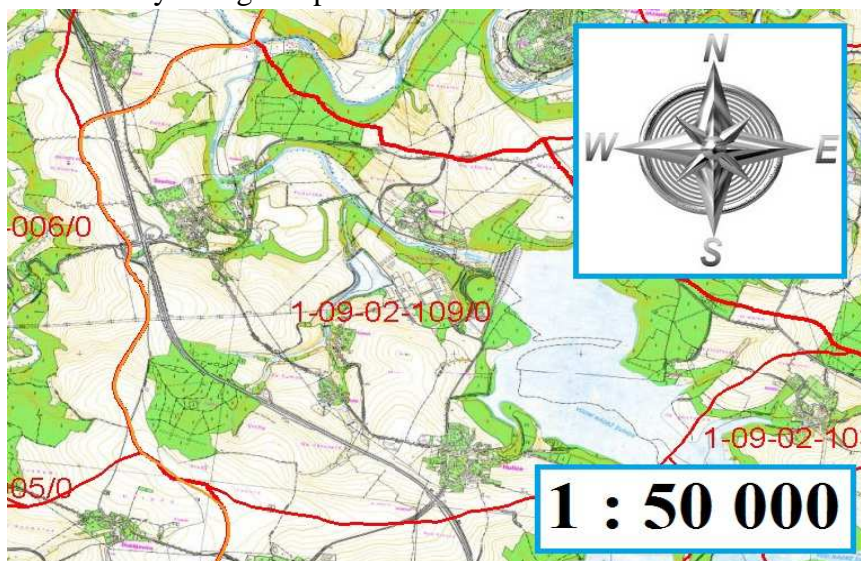
1 - 09 - 02 - 1092 Želivka

Plocha dílčího povodí: 9,783 km²

Plocha povodí k profilu nad zaústěním: 1188,283km²

(<http://heis.vuv.cz>)

Obr. 15 : Hydrologické povodí



Zdroj: (<http://heis.vuv.cz>, 2012), upraveno dle potřeb vlastní práce

3.1.3 Klima

Největší význam pro doplňování podzemních zásob podzemních vod mají klimatické podmínky. Jejich působení se projevuje prostřednictvím řady klimatických činitelů a prvků, které ovlivňují rozsah doplňování zásob podzemních vod. Převládající vliv klimatických podmínek na změny zásob podzemních vod je omezen pouze v územích budovaných kvartérními fluviálními sedimenty údolních niv a nižších terasových stupňů vodních toků, v nichž jsou mělké podzemní vody v hydraulické spojitosti s povrchovými vodami v těchto tocích (KŘÍŽ, 1983).

Klimatické oblasti podle Köppenovy klasifikace:

Cfb: Podtyp listnatých lesů mírného pásma (Cfb). Průměrná teplota nejteplejšího měsíce převyšuje 10°C, přičemž teplota nejchladnějšího měsíce leží mezi -3 až 18°C. Písmeno f značí, že množství srážek v nejvlhčím letním měsíci je vyšší než toto množství v nejsušším zimním měsíci, ale méně než desetkrát. Dále pak úhrn srážek v nejvlhčím zimním měsíci je menší než trojnásobek úhrnu srážek v nejsušším letním měsíci. Písmeno b, které je

na třetí pozici značí, že teplota nejteplejšího měsíce je menší než 22°C, přičemž alespoň čtyři měsíce mají průměr větší než 10°C. Celkově to znamená vlhké, mírně teplé podnebí se suchou zimou (KÖPPEN IN TOLASZ, et al., 2007).

Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace:

MW7: *Počet letních dní: 30 - 40*

Počet dní s průměr. teplotou 10°C a více: 140 - 160

Počet dní s mrazem: 110 - 130

Počet ledových dní: 40 - 50

Průměrná lednová teplota: -2 až -3°C

Průměrná červencová teplota: 16 – 17°C

Průměrná dubnová teplota: 6 - 7°C

Průměrná říjnová teplota: 7 - 8°C

Průměr. počet dní se srážkami 1 mm a více: 100 - 120

Suma srážek ve vegetačním období: 400 - 450 mm

Suma srážek v zimním období: 250 - 300 mm

Počet dní se sněhovou pokrývkou: 60 - 80

Počet zatažených dní: 120 - 150

Počet jasných dní: 40 - 50 (QUITT IN TOLASZ, et al., 2007)

Klimatické oblasti podle klasifikace z atlasu podnebí ČSR 1958:

Označení: B2

Oblast: mírně teplá oblast

Charakteristika podoblasti: mírně suchá oblast

Iz: -20 až 0

Charakteristiky okrsku: mírně teplý, mírně suchý, převážně s mírnou zimou

Znaky klimatické nebo terénní: lednová teplota nad -3°C (TOLASZ, et al., 2007)

3.1.4 Přírodní poměry území

V průběhu měření byl udělán průzkum přírodních poměrů území RNDr. Stanislavem Škodou, Ph.D. Výsledky průzkumu jsou uvedeny níže (kapitola 3.1.4.1 - 3.1.4.6).

3.1.4.1 Fyzickogeografické poměry

Podle regionálního geomorfologického členění ČSR (T. Czudek et al. 1972) se studovaná lokalita v obci Hulice nalézá na severozápadním okraji Želivské pahorkatiny, která je součástí Křemešnické vrchoviny v podsoustavě Českomoravská vrchovina. Nadmořská výška zvlněného reliéfu území, svažitého k severu, se pohybuje v prostoru lokality kolem 390 m.

3.1.4.2 Geologické poměry

Z regionálně geologického hlediska se zájmové území nalézá v severní části českého moldanubika, které je tvořeno proterozoickými krystalickými horninami jednotvárné skupiny. Skalní podloží budují biotitické a sillimanit-biotitické pararuly, které jsou místy slabě migmatitizovány. Z minerálů obsahují biotit, sillimanit, cordierit, muskovit i granát. Pararuly jsou jemně až středně zrnité, hnědošedé, rezavě zbarvené železem. Světlý, převážně živcový metatekt je nepravidelně rozmístěn v prachovitopísčitém substrátu. Foliace není příliš zřetelná. Kvartérní pokryv území je tvořen svahovými hlínami, které jsou písčité, na bázi přecházejí až v kamenité sutě.

3.1.4.3 Tektonika

Foliace pararul sleduje směr SV - JZ, úklon je k SSZ. V závěru variské orogeneze vznikla v moldanubickém krystaliniku řada radiálních dislokací směru S - J, tj. směru blanické brázdy.

3.1.4.4 Hydrogeologie

Z hydrogeologického hlediska se jedná o hydrogeologický masiv, tvořený krystalinikem, náležející do rajonu č. 6520 – Krystalinikum v povodí

Sázavy. Horniny krystalinika představují z hydrogeologického hlediska jednokolektorový zvodnělý systém připovrchové zóny zvětralin a rozevřených puklin s infiltrací prakticky v celé ploše hydrologického povodí. Propustnost metamorfitů je hodnocena obecně jako nízká s pozitivními anomáliemi v místech většího rozpukání a na tektonických dislokacích. Lepší puklinovou propustnost mají granitoidy moldanubického plutonu. Oběh podzemních vod v krystaliniku je obecně vázán převážně na zónu podpovrchového rozvolnění hornin a na systém otevřených puklin v hloubkách několika metrů. Příznačný je lokální oběh podzemní vody s volnou zvodní, uzavřený v jednotlivých povodích. Chemické složení bývá obvykle v horninách jednotvárné série Ca-HCO₃ typu. K drenáži podzemních vod dochází v úrovni nebo nad úrovní místní erozní báze Želivky. Ve studované lokalitě je mělká podzemní voda drenována v pramenní kotlině z otevřených puklin v hloubce kolem 3 metrů pod povrchem území. Vydatnost vod kolísá s ohledem na množství atmosférických srážek od 0,01 do 0,3 l.s⁻¹.

3.1.4.5 Radonový index

Podle mapy radonového indexu podloží ČR leží studovaná lokalita v území se středním radonovým indexem, kdy lze očekávat většinu hodnot objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v intervalu 10 - 30 kBq/m³. Lokálně se však mohou vyskytnout i hodnoty vyšší než 40 kBq/m³.

3.1.4.6 Popis pramene

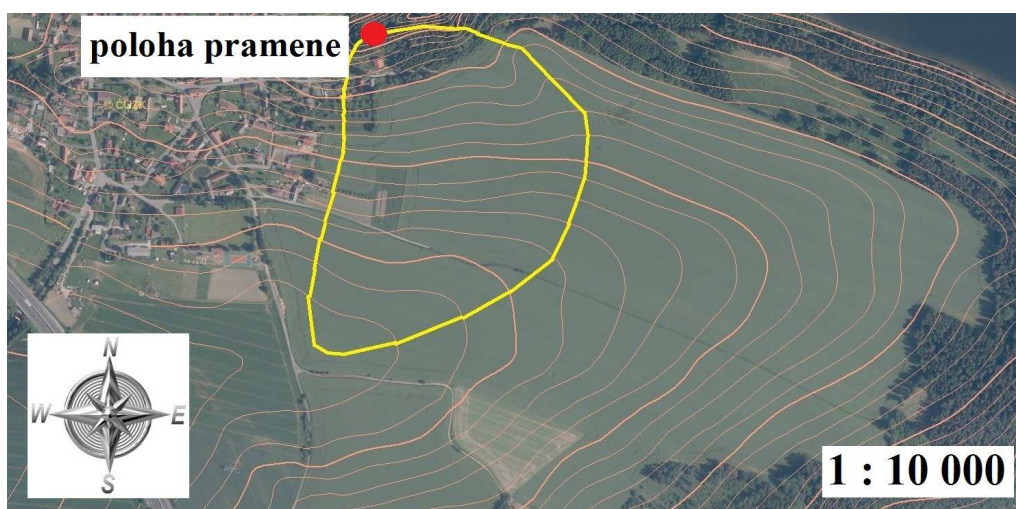
Jedná se o pramen sestupný, puklinový. Z hlediska propustnosti horninového prostředí jde o průlinově-puklinovou vodu. Voda vystupuje z hloubky 3 až 4 metrů. V oblasti pramene se nachází 3 nakloněné pukliny se severo-východním až východním úklonem (okolo 80°). Pukliny jsou z části vyplněny písčitou hlínou a z části jsou bez výplně. Jedná se o trvalý vývěr. Vydatnost pramene koresponduje s množstvím srážek. Profil v blízkém okolí pramene tvoří písčité hlíny, od 2 metrů pararula.

3.1.5 Orografická rozvodnice

Rozvodnice je myšlená hranice mezi povodími. Orografická rozvodnice probíhá po hřebenech, vrcholech a sedlech. Hydrologická rozvodnice ohraničuje povodí povrchových vod (ŘEDINOVÁ, PAVLÁSEK, MÁCA, 2009).

Na obr. 16 je žlutou barvou vyznačena rozvodnice zkoumaného subpovodí, červená tečka označuje polohu pramene. Většina zkoumaného subpovodí je využívána jako orná půda (Příloha 1).

Obr. 16 : Rozvodnice zkoumaného území



Zdroj: (<http://mapy.cz>, 2012), upraveno dle potřeby vlastní práce

3.1.6 Zařazení pramene

Pramen byl zařazen podle vydatnosti, stálosti, setrvalosti a míry proměnlivosti. Zařazení pramene je uvedeno v kapitole Výsledky a diskuze (str. 57).

3.1.6.1 Zařazení pramene podle vydatnosti

Tab. 3 : Klasifikace pramenů podle vydatnosti

Třída pramene	Vydatnost pramene ($l \cdot s^{-1}$)
I	Nad 10 000
II	1 000 – 10 000
III	100 – 1 000
IV	10 - 100
V	1 - 10
VI	0,1 - 1
VII	0,01 – 0,1
VIII	méně než 0,01

Zdroj: (PAZDRO IN ŠILAR, 1996)

3.1.6.2 Zařazení pramene podle stálosti

Tab. 4 : Hodnocení stálosti pramene

Charakter pramene	Poměr vydatnosti Q_{min}/Q_{max}
velmi stálý	1:1
stálý	od 1:1 do 1:2
nestálý	od 1:2 do 1:10
velmi nestálý	od 1:10 do 1:30
celkem nestálý	od 1:30 a více

Zdroj: (KEMEL, 1996)

3.1.6.3 Prameny podle míry proměnlivosti

$$V = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_a} \cdot 100 \%$$

kde V - míra proměnlivosti vydatnosti pramene,

Q_{\max} – nejvyšší vydatnost,

Q_{\min} – nejnižší vydatnost,

Q_a – průměrná vydatnost.

Podle této míry proměnlivosti vydatnosti rozlišujeme u pramenů, které nevysychají:

1. Prameny stálé s mírou rozkolísanosti vydatnosti do 25%.
2. Prameny subvariabilní s mírou proměnlivosti vydatnosti od 25% do 100%.
3. Prameny variabilní, jejichž míra rozkolísanosti vydatnosti přesahuje 100% (KŘÍŽ, 1983).

3.1.7 Srážky

Množství srážek naměřené za určitý časový úsek – den, měsíc, rok apod. označujeme jako srážkový úhrn. Meteorologických měření získáme tyto srážkové charakteristiky:

a) Denní úhrn srážek – množství srážek zachycené srážkoměrem za 24 hodin, vždy od 7 do 7 hodin. Může to být výsledek srážek za několik minut, stejně jako za několik hodin.

b) 24 hodinový srážkový úhrn – úhrn srážek za stejnou dobu jako v případě denního úhrnu, ovšem s libovolným začátkem. Lze odečíst z ombrografu. Měsíční úhrn srážek – je to součet všech denních úhrnů v daném měsíci bez ohledu na počet dní, v nichž se srážky vyskytly.

c) Počet srážkových dnů v měsíci (ROŽNOVSKÝ, 1999).

Košetice

Pro diplomovou práci byly poskytnuty údaje o denních úhrnech srážek z meteorologické stanice Košetice. Meteorologická stanice Košetice je nejbližší stanicí měřící denní úhrny srážek v okolí pramene. Vzdálenost

vzdušnou čarou mezi pramenem a meteorologickou stanicí je 17,2 km (Příloha 2).

Trhový Štěpánov

Dále byly poskytnuty údaje o naměřených srážkách z města Trhový Štěpánov. Místní společnost ZD Trhový Štěpánov, a.s. provádí každý den v 7:00 odečet ze srážkoměru. Vzdálenost 4,8 km (Příloha 3) vzdušnou čarou od pramene je výhodnější než vzdálenost meteorologické stanice Košetice. Kvůli důvěryhodnosti budou ve výsledcích a závěrech používány údaje o srážkách z meteorologické stanice Košetice. Údaje z Trhového Štěpánova budou sloužit pouze pro kontrolu.

2.1.8 Rozbor vody

Hydrochemie je obor zabývající se chemickým složením vod, jeho původem i změnami a jeho vlivem na vlastnosti a jakost vod (ČSN 75 0101). Povodí, která se nacházejí v pramenných oblastech, spolurozhodují o vývoji jakosti vod níže situovaných vodních útvarů (FUČÍK, et al., 2010).

Zkoumané subpovodí se nachází v ochranném pásmu vodní nádrže Švihov. Subpovodí je z převážné části využíváno jako orná půda. O většinu orné půdy se v katastru obce Hulice stará ZD Trhový Štěpánov. Zemědělské družstvo má v celém katastru obce Hulice omezeno a redukováno postřikování pěstovaných plodin chemickými přípravky. Proto by voda vytékající na prameni neměla být chemicky závadná.

Dne 2. 4. 2010 byl odebrán vzorek vody na zkoumaném prameni. Následně byl Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy na Zbraslavi udělán chemický rozbor vody uvedený v tabulce 5.

Tab. 5 : Chemický rozbor vody

pH	5.89
konduktivita	281 $\mu\text{S}/\text{cm}$
amonné ionty	<0.05 mg/l
dusitany	0.02 mg/l
dusičnany	95.5 mg/l
fosforečn.	0.05 mg/l
P celk.(PO ₄)	0.15 mg/l

Zdroj: (VÚMOP - Zbraslav, 2010)

Podle ČSN 26 777 je z rozboru vody patrné, že množství dusičnanů ve vzorku bylo zvýšeno. 95,5 mg /l je množství, díky kterému voda vytékající z pramene nesplňuje kritéria pitné vody.

3.2 METODY

3.2.1 Postup práce

Nejprve bylo nutné vyhledat vhodný pramen. Po zvážení mnoha okolností (především vzdálenosti bydliště a vlastnictví pozemku) byl vybrán pramen v katastru obce Hulice. Pramen se nacházel ve svahu, v lesním porostu. Nad lesním porostem se nachází zástavba (Příloha 4).

Protože se pramen nacházel v poměrně nepřístupném terénu, bylo potřeba provést několik terénních úprav (Příloha 5). Nejprve bylo odstraněno asi 1m³ půdního profilu, aby bylo možné dostat se přímo na místo vývěru pramene a mohlo zde být nainstalováno měřicí zařízení. Součástí měřicího zařízení byl trojúhelníkový přeliv (Thomsonův), o velikosti úhlu 15°. Ten byl zhotoven ze staré nádrže na vodu (vyříznutím do přední části nádoby). Nádoba byla poté upravena jak kvůli bezpečnosti, tak i funkčnosti (Příloha 6). Úpravami bylo docíleno toho, že se nádoba stala uzamykatelnou. Dále byla do nádoby připevněna PVC trubka, která přiváděla vodu přímo z pramene a nedocházelo tak ke ztrátám vody. Upravená nádoba na vodu s trojúhelníkovým přelivem byla dovezena na místo pramene. Okolní terén byl upraven a vše utěsněno za pomoci těsnícího jílu (Příloha 7). Poté byl pramen osazen třemi měřicími zařízeními, které byly zapůjčeny společností VÚMOP na Zbraslavi.

První měřicí váleček MINIKIN (Příloha 8) byl položen přímo na místo vývěru pramene. MINIKIN se celý ponořil do vody a po jeho nastavení zaznamenával teplotu vody pramene každých pět minut s přesností na 10 desetinných míst. Veškerá data byla zaokrouhlována na 2 desetinná místa.

Druhý měřicí váleček LEVELOGGER (Příloha 9) byl umístěn do středu upravené nádoby na vodu. Po nastavení nadmožské výšky a časového intervalu zaznamenávání údajů po 5-ti minutách začal měřicí váleček měřit. LEVELOGGER zaznamenával vydatnost pramene (po přepočtu) a dále pak teplotu vody v nádobě. Teplota vody měřená LEVELOGGEREM sloužila

pouze pro orientaci, neboť byla do značné míry ovlivněna množstvím vody zadržovaným v nádobě.

Třetí měřicí váleček BAROLOGGER (Příloha 10) byl umístěn kvůli bezpečnosti poblíž kůlny na nářadí, která se nacházela v zástavbě nad lesním porostem. BAROLOGGER opět po nastavení intervalu 5-ti minut a správné nadmořské výšky zaznamenával hodnotu tlaku (po přepočtu) a teploty vzduchu v okolí pramene.

Vzhledem k velmi častému intervalu zaznamenávání hodnot byla omezena velikost paměti měřících válečků na necelé 2 měsíce. V pravidelných intervalech bylo nutné dojíždět k pramenu a za pomoci kabelů a softwaru (Příloha 12) nainstalovaného v notebooku stahovat naměřená data do paměti notebooku a mazat je z paměti měřících válečků.

Ruční měření

Na pramenu bylo nezbytné provádět ruční kalibrační měření. Za pomoci kalibrované nádoby, stopek a metru byla zjištěna aktuální vydatnost pramene a výška vody v měrném přelivu. Kvůli přesnosti bylo celé měření vždy 3 krát opakováno a výsledky průměrovány. Ruční měření bylo prováděno vždy při mé přítomnosti v okolí pramene. Výsledky ručního měření byly ukládány do programu Microsoft EXCEL a následně byla z naměřených údajů vyhotovena měrná křivka průtoku (konsumpční křivka). Získaná konsumpční křivka je uvedena níže (str. 56).

Teplota půdy

Po určité době (když už bylo z naměřených údajů patrné, že se na vybraném pramenu projevují různé závislosti teploty a vydatnosti pramene) byla za účelem výzkumu zapůjčena další dvě měřicí zařízení. Opět se jednalo v obou případech o měřicí váleček MINIKIN. Pro správné umístění měřících válečků bylo vybráno místo na okraji rozvodnice. Oba dva měřicí válečky byly zakopány do země. První do hloubky 30 cm a druhý do hloubky 100 cm. Tyto měřicí válečky zaznamenávaly údaje o teplotě půdy.

Vlhkost půdy

Jako poslední mi bylo zapůjčeno měřicí zařízení TMS první generace (Příloha 11), které zaznamenávalo naměřené hodnoty vlhkosti půdy. Měřicí zařízení bylo opět zakopáno do hloubky 100 cm.

Doba měření

Měření vydatnosti pramene, teploty vody, teploty vzduchu a tlaku začalo 29. 5. 2011 v 7:00. Hodnoty o teplotě půdy v hloubce 30 cm a hloubce 100 cm byly zaznamenávány od 1. 6. 2011, opět v 7:00. Měření vlhkosti půdy začalo 21. 9. 2011 v 18:00. Veškerá měřicí zařízení byla synchronizována a zaznamenávala údaje s maximálním rozdílem několika sekund. Bylo důležité počkat na údaje, které se naměřily po období tání sněhu na jaře roku 2012 a zaznamenat zvýšení vydatnosti pramene v závislosti na tání sněhu. Proto bylo měření pro diplomovou práci ukončeno 1. 4. 2012 v 7:00.

Srážkové úhrny

Při samotném vyhodnocení výsledků bylo pracováno s údaji z meteorologické stanice Košetice. Poskytnuté srážkové údaje od ZD Trhový Štěpánov sloužily pouze pro kontrolu a pro případnou korekci.

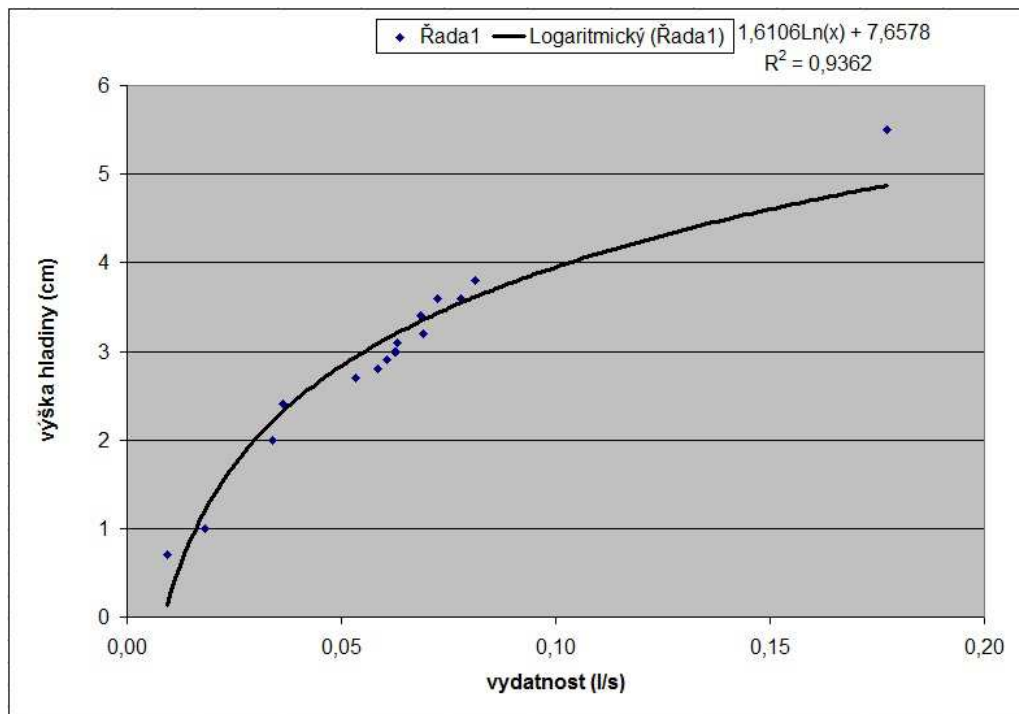
Pro obsáhlost není problematika zaznamenávání dat pomocí měřících zařízení v diplomové práci popisována. V případě zájmu je možné si ji nastudovat na internetových stránkách <http://www.solinst.com> a <http://www.emsbrno.cz>.

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 KONSUMPČNÍ KŘIVKA

Konsumpční křivka (měrná křivka průtoku) byla získána ručním měřením objemovou metodou.

Obr. 17 : Konsumpční křivka



Zdroj: vlastní práce

Získaná rovnice regrese: $1,6106\ln(x) + 7,6578$

Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9362$

4.2 ZAŘAZENÍ PRAMENE

Zařazení pramene podle vydatnosti

skupina	vydatnost
VI	0,1 - 1
VII	0,01 – 0,1

Zařazení pramene podle stálosti

Charakter pramene	Poměr vydatnosti Q_{min}/Q_{max}
celkem nestálý	od 1:30 a více

Zařazení pramene podle míry proměnlivosti

$$V = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_a} \cdot 100 \%$$
$$V = \frac{0,24 - 0,01}{0,06} \cdot 100 \% = \underline{\underline{383 \%}}$$

3. Prameny variabilní, jejichž míra rozkolísanosti vydatnosti přesahuje 100 %.

Zařazení pramene podle setrvalosti vývěru

- a) prameny permanentní, které vyvěrají trvale

4.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Samotná naměřená data jsou uváděna od 29. 5. 2010, od 7:00. Konec měření byl pak stanoven 1. 4. 2012, v 7:00. Tento čas byl vybrán z důvodu pravidelného zaznamenávání srážkových úhrnů na meteorologické stanici Košetice, které probíhalo pravidelně právě v 7:00. Data získaná vlastním měřením byla synchronizována na stejný čas, údaje v grafech jsou uváděny s maximálním rozdílem několika sekund. Vyhodnocení a vytváření grafů bylo prováděno v programu Microsoft EXCEL. Pro obsáhlost měření a přesné zpracování výsledků byly grafy sestrojovány po 3 měsících. Náhlé změny vydatnosti pramene a jeho teploty byly zaznamenávány v menších časových intervalech ve zvláštních grafech.

V uvedených grafech, vždy v horní polovině, značí světle modrá barva denní úhrn srážek (mm), žlutá barva pak průměrnou denní teplotu (°C). V dolní polovině grafů značí tmavě modrá barva vydatnost pramene (l/s), červená barva teplotu pramene (°C), zelená barva teplotu půdního profilu v hloubce 30 cm (°C) a hnědá barva teplotu půdního profilu v hloubce 100 cm (°C).

červen 2010 – srpen 2010

Výsledný graf je uveden v přílohách (Příloha 13).

V tomto období ještě docházelo k úpravám půdního profilu, utěšňování nádoby sloužící k měření a samotnému seznamování s měřícími zařízeními. Získané údaje, především v měsíci červnu, mohou být ovlivněny chybou.

V období mezi 16. 7. 2010 – 17. 7. 2010 bylo patrné zvýšení teploty pramene z 9,5°C až na 10,5°C. Toto zvýšení teploty bylo způsobeno náhlým deštěm po dlouhém období bez srážek. Samotný srážkový úhrn činil 22 mm. V tomto období se průměrná denní teplota pohybovala přes 25°C.

Od 5. 8. 2010 až do 20. 8. 2010 bylo zaznamenáno zvýšení vydatnosti pramene. Průtok na začátku období byl 0,03 l/s, při největším průtoku byl

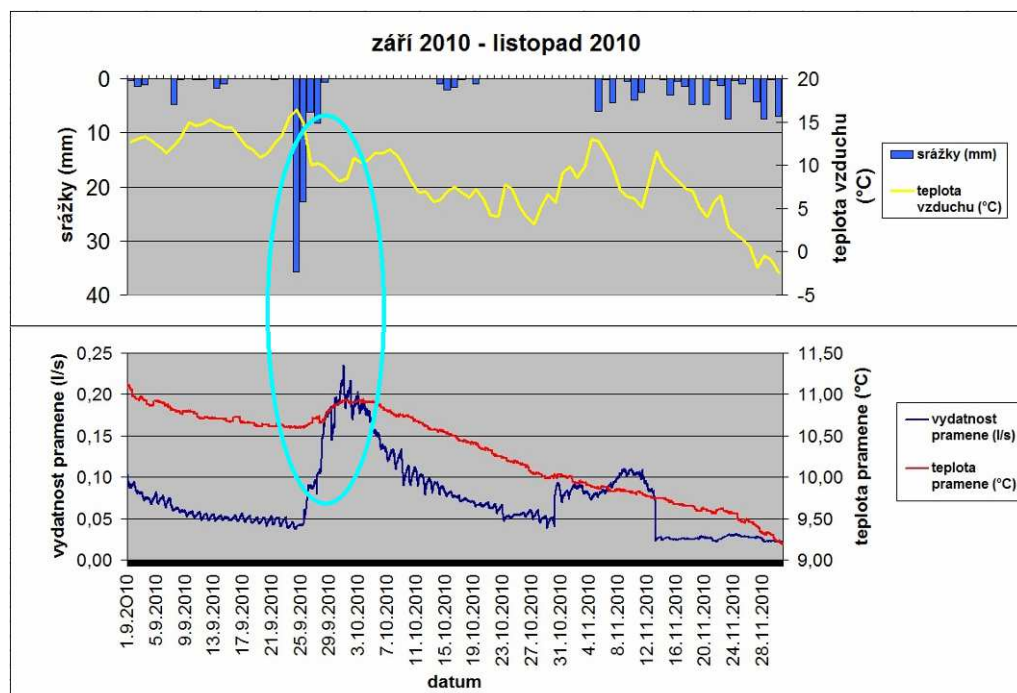
naměřen údaj 0,23 l/s. Tento vývoj byl zapříčiněn velkými srážkovými úhrny za toto období. V některých dnech činily až 40 mm. Po tomto období se vydatnost pramene začala opět snižovat.

září 2010 – listopad 2010

V tomto období byla naměřena a zaznamenána náhlá letní událost (obr. 19). Po dešti, při kterém na povrch dopadlo 36 mm srážek, se náhle začala zvyšovat vydatnost pramene. Průtok se místy i zpětinásobil oproti původní hodnotě. Tento vývoj byl doprovázen náhlým zvýšením teploty pramene.

Dále pak je patrné zvýšení vydatnosti pramene začátkem měsíce listopadu, které bylo způsobeno pravidelnými srážkami.

Obr. 19 : Náhlá letní událost



Zdroj: vlastní práce

Zvětšený graf tohoto období je uveden v přílohách (Příloha 14).

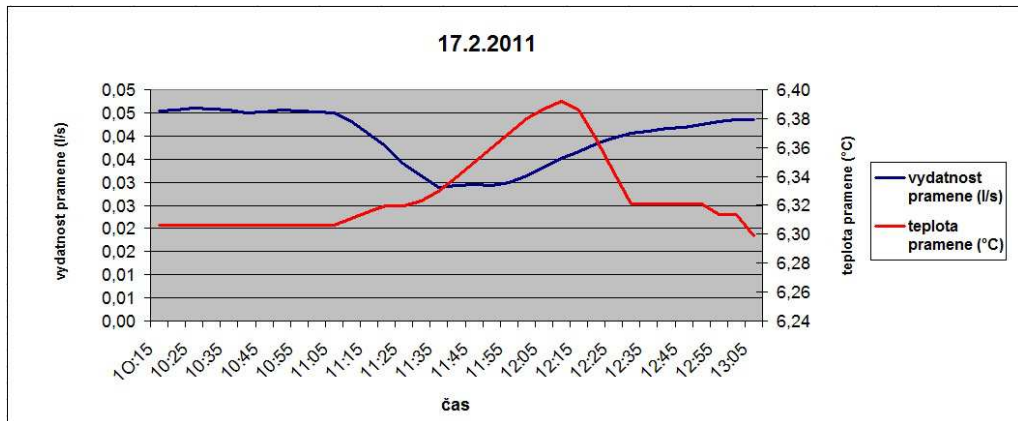
Prosinec 2010 – únor 2011

Graf tohoto období je uveden v přílohách (Příloha 15).

Z tohoto období je patrné snižování teploty pramene. Počátkem měsíce prosince se teplota ještě pohybovala okolo 9°C. Po snížení průměrné denní teploty a promrznutí půdy se teplota pramene zastavila až na 6°C.

Z období od 16. 1. 2011 až 21. 1. 2011 je vidět zimní událost na prameni. Při zvyšování vydatnosti pramene se teplota pramene snižovala. Při následném snižování vydatnosti naopak teplota pramene stoupala. Tento vývoj se zde opakoval ještě dvakrát. Pro ukázkou byla vybrána náhlá zimní událost ze 17. 2. 2011 (obr. 20). Náhlé snížení vydatnosti pramene je doprovázeno náhlým zvýšením jeho teploty. Po hodině se naopak vydatnost začne zvyšovat a teplota pramene klesá.

Obr. 20 : Náhlá zimní událost



Zdroj: vlastní práce

březen 2011 – květen 2011

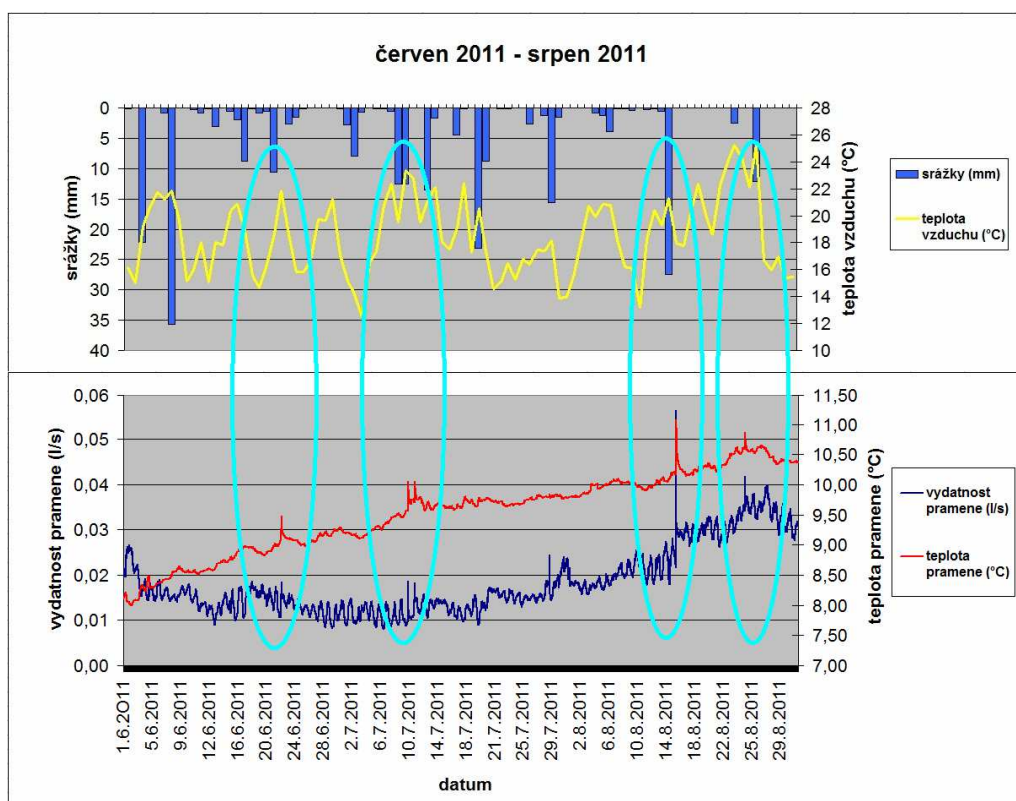
V období od 17. 3. 2011 do 1. 4. 2011 je nepatrné zvyšování vydatnosti pramene doprovázeno také nepatrným snižování teploty pramene. Tento vývoj byl způsoben vydatnými srážkami, které se 15. 3. 2011 i 16. 3. 2011

pohybovaly okolo 15 mm. Výsledný graf tohoto období je uveden v přílohách (Příloha 16).

červen 2011 – srpen 2011

Toto období bylo charakteristické nízkou vydatností pramene. Celé období by se dalo popsat jako suché. Průtok se pohyboval okolo 0,02 l/s. Bylo ale zaznamenáno několik letních událostí (obr. 21). Ve dnech 22. 6. 2011, 10. 7. 2011, 11. 7. 2011 a 24. 8. 2011 se zvýšila vydatnost pramene, která byla vždy doprovázena zvýšením teploty pramene. Všechny letní události byly způsobeny srážkovými úhrny, které na zkoumané území spadly.

Obr. 21 : Letní události

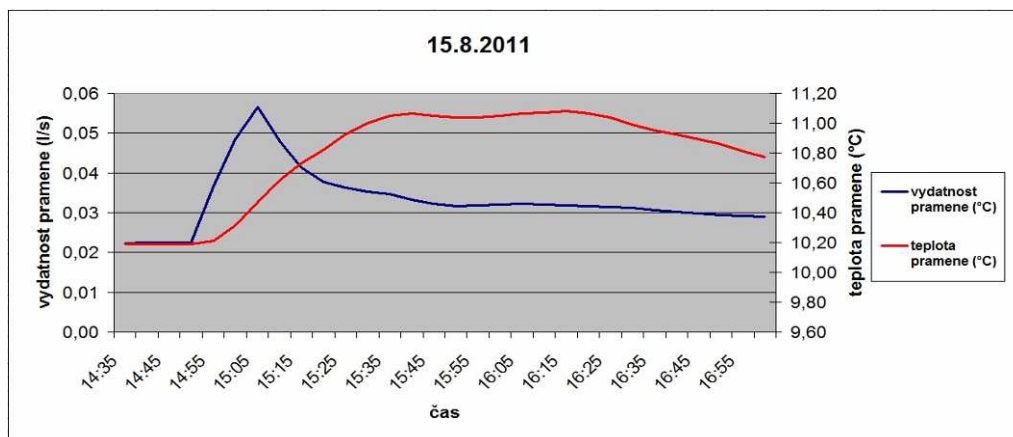


Zdroj: vlastní práce

Dne 15. 8. 2011 byla zaznamenána největší letní událost (obr. 22). Od 14:55 se začala zvyšovat vydatnost pramene a zároveň i jeho teplota.

Průtok se po 10-ti minutách ztrojnásobil a teplota vody se za 40 minut zvedla o 0,9°C. Po 2 hodinách se jak vydatnost, tak i teplota pramene vrátily na původní hodnoty.

Obr. 22 : Letní událost



Zdroj: vlastní práce

Od tohoto období byla také měřena teplota půdního profilu. Z podrobnějšího grafu (Příloha 17) je patrné, že křivka teploty půdního profilu v hloubce 30 cm kopíruje křivku teploty vzduchu. Křivka teploty půdního profilu v hloubce 100 cm kopíruje spíše křivku teploty pramene.

září 2011 – listopad 2011

V tomto období byla zaznamenána jak náhlá letní událost, tak i náhlá zimní událost (Příloha 18). Dne 4. 9. 2011 spadlo 47 mm srážek. Následujícího dne se náhle zdvojnásobil průtok a teplota se ve stejný čas zvedla z 10,1°C na 10,8°C. Vše bylo doprovázeno zvýšením teploty půdního profilu v hloubce 30 cm o 1,2°C, které probíhalo ve stejný čas.

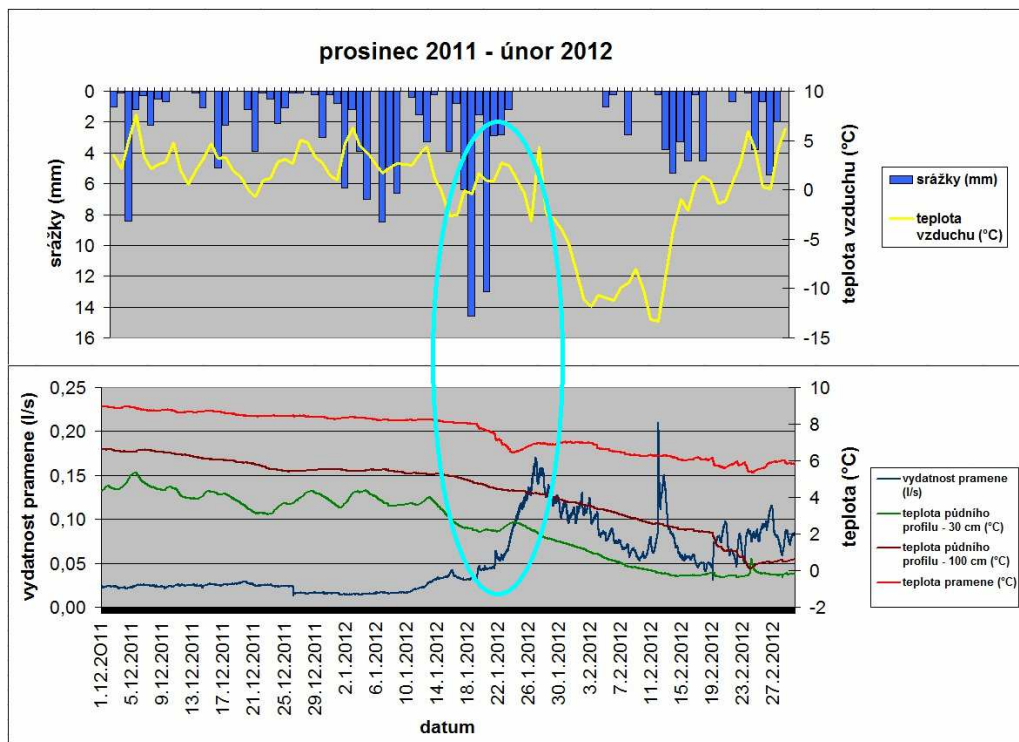
Dne 14. 11. 2011 byla zaznamenána náhlá zimní událost. V tomto období se už průměrná denní teplota pohybovala okolo 0°C. Po zdvojnásobení průtoku se náhle snížila teplota pramene o 2°C. Když pak následně průtok začal klesat, tak se teplota pramene zvedla zpět o 2°C, na původních 9°C.

Prosinec 2011 – únor 2012

V tomto období byla zaznamenána největší zimní událost za průběh celého měření (obr. 24). Od 19. 1. 2012, kdy bylo celé povodí ovlivněno i značným úhrnem srážek, se začal zvedat průtok. Z původních 0,02 l/s se permanentní zvyšování průtoku zastavilo po 8 dnech až na 0,18 l/s, což znamenalo devítinásobek původního průtoku. V tomto období se začala měnit i teplota pramene. Z původních 9°C klesla až na 6°C.

Dále je pak patrné (Příloha 19), že křivka teploty půdního profilu v hloubce 30 cm opět kopíruje křivku průměrných denních teplot. Křivka půdního profilu v hloubce 100 cm kopíruje křivku teploty pramene.

Obr. 24 : Zimní událost



Zdroj: vlastní práce

březen 2012

Konec měření byl záměrně zvolen až po březnovém tání sněhu. Bohužel za toto období nebyla zaznamenána neobvyklá událost na prameni (Příloha 20). Pouze se ke konci měsíce března začala zvedat vydatnost pramene, což bylo způsobeno srážkovými úhrny za toto období. Průměrná teplota pramene se pohybovala celý měsíc okolo 7°C.

Při vyhodnocování výsledků nebylo pracováno s údaji o vlhkosti. Zařízení na měření vlhkosti v průběhu měření přestalo fungovat. Následkem toho na něm nebyla zaznamenána žádná naměřená data.

5. ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na vyhodnocení vztahu teploty vody a vydatnosti pramene. Problematika byla zkoumána v oblasti vodní nádrže Švihov. I když se popsané výsledky a závěry shodují s výsledky měření pramenného vývěru na Kopaninském potoce (viz. str. 39, pramenný vývěr P51), tak platí primárně jen pro zkoumanou oblast. Dohromady tak tato práce posloužila k utvrzení hypotézy především A. Zajíčka, T. Kvítka, M. Kaplické o stejné závislosti vztahu teploty vody a průtoku na drenážích, jako o stejných závislostech vztahu teploty vody a vydatnosti pramene.

Výsledky ukazují, že se v teplé části roku při náhlém zvýšení vydatnosti pramene zvýší i jeho teplota. Naopak při snížení vydatnosti pramene se jeho teplota také sníží. V chladné části roku se při zvýšení vydatnosti pramene sníží jeho teplota. Při snížení vydatnosti pramene naopak jeho teplota stoupá. Měřený pramen na tomto území je sestupný, puklinový. Tento pramen je za pomoci preferenčních cest v půdě a tří puklin na daném území dotován vodou z propustných půd při rozvodnici, kde dochází k rychlé infiltraci. Následkem toho dochází na pozorovaném prameni k náhlým změnám vydatnosti pramene i jeho teploty. Rychlost odtoku vody ze subpovodí je urychlena i tím, že pukliny na daném území jsou částečně bez výplně.

Dále se z naměřených údajů o teplotě pramene, vydatnosti, srážkách a teplotě vzduchu nechala posoudit hloubka podzemního oběhu vyvěrající vody. Vydatnější srážky, které dopadly na infiltrační oblast, měly za následek změnu teploty pramene i jeho vydatnosti. Tato změna se projevila většinou po krátké době. Proto se na daném území jedná o mělký oběh vyvěrající vody.

Dále pak na daném území bylo dokázáno, že teplota půdního profilu v hloubce 30 cm je ovlivněna především teplotou vzduchu. Křivka průměrné denní teploty do značné míry kopíruje křivku teploty půdního profilu v hloubce 30 cm na témže území. Naopak křivka teploty půdního profilu

v hloubce 100 cm spíše kopíruje křivku teploty vody, která vytéká z pozorovaného pramene.

6. SEZNAM LITERATURY

Literatura:

- 1) ASTAPENKO, Dmitrijevič, Pavel. *Voprosy o pogodě*. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1982. 304 s.
- 2) BEDIENT, Philips B., HUBER, Wayne C.. *Hydrology and Floodplain Analysis*. Upper Saddle River : Prentice-Hall, 2002. 763 s.
- 3) BEDNÁŘ, Jan. *Meteorologie*. Praha : Nakladatelství Portál, 2003. 224 s. ISBN 80-7178-653-5.
- 4) BLAŽEK, Vladimír, et al. *Voda v České republice*. Praha : Consult, 2006. 253 s. ISBN 80-903482-1-1.
- 5) BRUTSAERT, Wilfried. *Hydrology An introduction*. Cambridge : Cambridge University Press, 2005. 605 s.
- 6) CZUDEK, Tadeáš, et al. *Geomorfologické členění ČSR*. Praha : Studia geographica, 1972. 137 s.
- 7) ČERVENÝ, Jaroslav, et al. *Podnebí a vodní režim ČSSR*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1984. 416 s.
- 8) DATEL, V. Josef in KOLEKTIV AUTORŮ. *Základní principy hydrogeologie*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2010. 37 s.
- 9) DUB, Oto, et al. *Hydrologie*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1969. 380 s.
- 10) DRBAL, Jiří in SKLENIČKA, Petr. *Základy krajinného plánování*. Praha : Nakladatelství Naděžda Skleničková, 2003. 321 s. ISBN 80-903206-1-9.
- 11) FICTUM, Vladislav. *Hydrologie a hydraulika*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1980. 180 s.
- 12) FUČÍK, Petr; KAPLICKÁ, Markéta; ZAJÍČEK, Antonín; KVÍTEK, Tomáš. Vyhodnocení monitoringu jakosti vod v malém zemědělsko-lesním povodí: diskrétní a kontinuální přístup. *Vodní hospodářství*. 2010, č. 8.

- 13) HAVLÍČEK, Vladimír, et al. *Agrometeorologie*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1986. 264 s.
- 14) HYNIE, Ota. *Hydrogeologie ČSSR I.* Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1961. 564 s.
- 15) JANDORA, Jan; STARA, Vlastimil; STARÝ, Miloš. *Hydraulika a hydrologie*. Brno : Akademické nakladatelství Cerm, 2011. 188 s. ISBN 978-80-7204-739-0.
- 16) JANSKÝ, Bohumír in BLAŽEK, Vladimír, et al. *Voda v České republice*. Praha : Consult, 2006. 256 s. ISBN 80-903482-1-1.
- 17) JERMÁŘ, Milan. *Vodní hospodářství*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1982. 220 s.
- 18) JŮVA, Karel. *Odvodňování půdy*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1957. 532 s.
- 19) KEMEL, Miroslav. *Hydrologie*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1994. 222 s. ISBN 80-01-00509-7.
- 20) KEMEL, Miroslav. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1996. 289 s. ISBN 80-01-01456-8.
- 21) KETTNER, Radim. *Všeobecná geologie III.* Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1954. 464 s.
- 22) KETTNER, Radim. *Všeobecná geologie IV.* Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1955. 364 s.
- 23) KOLEKTIV AUTORŮ. *Základní principy hydrogeologie*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2010. 37 s.
- 24) KÖPPEN in TOLASZ, Radim, et al. *Atlas podnebí Česka*. Praha : Český hydrometeorologický ústav ; Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ). ISBN 978-80-244-1626-7 (UP).
- 25) KREŠL, Jiří. *Hydrologie*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 128 s. ISBN 80-7157-513-5.
- 26) KŘÍŽ, Hubert. *Hydrologie podzemních vod*. Praha : Academia, 1983. 292 s.
- 27) KŘÍŽ, Vladislav, et al. *Hydrometrie*. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1988. 176 s.

- 28) KULHAVÝ, Zbyněk; TLAPÁKOVÁ, Lenka; ČMELÍK, Milan; DOLEŽAL, František. Podíl drenážního odtoku na celkovém odtoku z povodí. *Vodní hospodářství*. 2010, č. 7.
- 29) KUTÍLEK, Miroslav. *Vodohospodářská pedologie*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1978. 296 s.
- 30) KUTÍLEK, Miroslav; KURÁŽ, Václav; CÍSLEROVÁ, Milena. *Hydropedologie 10*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000. 176 s. 80-01-02237-4.
- 31) MAIDMENT, David R.. *Handbook of hydrology*. MAIDMENT, David R.. Handbook of hydrology. New York : McGraw-Hill, 1993. 1424 s.
- 32) MUZIKÁŘ, Radomír. Kvantitativní antropogenní zásahy do podzemní vody, jejich ekologické dopady a interakce podzemní a podpovrchové vody. *Vodní hospodářství*. 2009, č. 8.
- 33) NĚMEC, Jaromír. *Hydrologie*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1965. 237 s.
- 34) NETOPIL, Rostislav. *Hydrologie pevnin*. Praha : Československá akademie věd, 1972. 296 s.
- 35) PAČES, Tomáš. *Voda a Země*. Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1982. 144 s.
- 36) PAZDRO, Zdzisław in ŠILAR, Jan. *Hydrologie v životním prostředí*. Ostrava : Technická univerzita Ostrava, 1996. 138 s. ISBN 80-7078-361-3.
- 37) PELIKÁN, Vladimír. *Ochrana podzemních vod*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1983. 324 s.
- 38) PELIKÁN, Vladimír, et al. *Hydrogeologická měření*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1988. 220 s.
- 39) PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Praha : Vydavatelství VŠCHT, 1999. 568 s. ISBN 80-7080-340-1.
- 40) PLECHÁČ, Václav. *Voda problém současnosti a budoucnosti*. Praha : Nakladatelství Svoboda, 1989. 334 s.
- 41) PRCHALOVÁ, Hana; NEDVĚDOVÁ, Emílie. Ochrana podzemních vod České republiky v evropském kontextu. *Vodní hospodářství*. 2008, č. 12.

- 42) QUITT in TOLASZ, Radim, et al. *Atlas podnebí Česka*. Praha : Český hydrometeorologický ústav ; Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ). ISBN 978-80-244-1626-7 (UP).
- 43) RAWLS, W.J., et al. Infiltration and soil water movement in MAIDMENT, David R.. *Handbook of hydrology*. New York : McGraw-Hill, 1993. 1424 s.
- 44) ROŽNOVSKÝ, Jaroslav. *Klimatologie*. Brno : Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. 146 s. ISBN 80-7157-419-8.
- 45) ŘEDINOVÁ, Jana; PAVLÁSEK, Jirka; MÁCA, Petr. *Hydrologie*. Praha : Vydavatelství ČZU, 2009. 79 s.
- 46) SERRANO, Sergio E.. *Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental Professional*. Kentucky : HydroScience. 1997. 468 s.
- 47) SKLENIČKA, Petr. *Základy krajinného plánování*. Praha : Nakladatelství Naděžda Skleničková, 2003. 321 s. ISBN 80-903206-1-9.
- 48) STEJSKAL, Jan. *Zemědělská geologie*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1967. 358 s.
- 49) STEJSKAL, Jan. *Zemědělská geologie*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1958. 464 s.
- 50) ŠILAR, Jan. *Hydrologie v životním prostředí*. Ostrava : Technická univerzita Ostrava, 1996. 138 s. ISBN 80-7078-361-3.
- 51) ŠRÁČEK, Ondřej; DATEL, Josef; MLS, Jiří. *Kontaminační hydrogeologie*. Praha : Karolinum, 2002. 238 s.
- 52) TLAPÁK, Václav; ŠÁLEK, Jan; LEGÁT, Vladimír. *Voda v zemědělské krajině*. Praha : Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992. 320 s. ISBN 80-209-0232-5.
- 53) TOLASZ, Radim, et al. *Atlas podnebí Česka*. Praha : Český hydrometeorologický ústav ; Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ). ISBN 978-80-244-1626-7 (UP).
- 54) VÁŇA, Milan; HOLOUBEK, Ivan, et al. *Košetice observatory – 20years*. Praha : Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, 2007. 151 s. ISBN 978-80-86690-46-9.

55) VALENTOVÁ, Jana. *Hydraulika podzemní vody*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2001. 174 s. ISBN 80-01-02404-0.

56) VOTRUBA, Ladislav; BROŽA, Vojtěch. *Hospodaření s vodou v nádržích*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 324 s.

57) ZAJÍČEK, Antonín; KVÍTEK, Tomáš; KAPLICKÁ Markéta. Teplota drenážní vody jako indikátor formování odtoku. *Vodní hospodářství*. 2009, č. 10.

58) ZAJÍČEK, Antonín; KVÍTEK, Tomáš; KAPLICKÁ, Markéta; DOLEŽAL, František; KULHAVÝ, Zbyněk; BYSTRICKÝ, Václav; ŽLÁBEK, Pavel. Drainage water temperature as a basis for verifying drainage runoff composition on slope. *Hydrological processes*. 2011.

Právní normy:

1) ČSN 26 777. *Jakost vod*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1995. 12 s.

2) ČSN 75 0101. *Vodní hospodářství – Základní terminologie*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003. 28 s.

3) ČSN 75 0130 in ČSN 75 0101. *Vodní hospodářství – Základní terminologie*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003. 28 s.

4) ČSN 75 0145 in ČSN 75 0101. *Vodní hospodářství – Základní terminologie*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003. 28 s.

Internetové zdroje:

1) *eAGRI* [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://eagri.cz>

2) *HYDROEKOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM VÚV TGM* [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://heis.vuv.cz/>

3) *MAPY.CZ* [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://.mapy.cz>

4) *Národní geoportál INSPIRE* [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://geoportal.gov.cz>

Seznam obrázků:

Obr. 1 : Koloběh vody v přírodě	11
Obr. 2 : Schéma oběhu vody na Zemi (číselné údaje - objem v tis. km ³)	12
Obr. 3 : a - průlinová voda, b - puklinová voda, c - krasová voda	22
Obr. 4 : Prameny sestupné: a – suťový (prameniště se může posouvat po svahu podle stavu spodních vod v ssuti), b – nepravý suťový (voda v ssuti pochází z vodonosných vrstev – skrytý vrstevní pramen), c – vrstevní, d – vrstevní v synklinálním údolí (v antiklinálním údolí nevystupují), e – přepadové (v místech vyšší polohy nepropustného podkladu mohou za sucha zanikat), f – puklinový (sestupný)	26
Obr. 5 : Sestupný pramen: 1 – propustný pískovec, 2 – nepropustný slínovec	27
Obr. 6 : Prameny vzestupné: a – dislokační, b – puklinový (vzestupný). Artéské vody: c – při synklinálním uložení vrstev	28
Obr. 7 : Výstupný pramen: 1 – nepropustný slínovec, 2 – propustný pískovec, 3 – nepropustná rula, 4 – propustný zlom, 5, 6 – občasné prameny	28
Obr. 8 : Přelivný pramen: 1 – propustný vápenec, 2 - nepropustná břidlice....	29
Obr. 9 : Schéma artéské pánve, 1 – propustné vrstvy hornin, 2 – nepropustné vrstvy hornin, 3 – infiltrace srážkové vody, 4 – volná hladina podzemní vody, 5 – výstupná výška piezometrické hladiny podzemní vody	32
Obr. 10 : Měrná křivka průtoku vodního toku	36
Obr. 11 : Letní a zimní událost na drenáži a - profil Š1 - Černičí, b - profil Š2-Černičí, c - profil J2 – Jenín, d - zimní událost – Kladno	37
Obr. 12 : Průběh vydatnosti a teploty vody na prameni P51 s náhlou zimní (e) a letní (f) událostí. Pramen P51 patří do povodí Kopaninského potoka. Poloha pramene je 49° 28' SŠ; 15° 18' VD. Substrát tvoří pararula. Půdní typ kambizem (kambizem oglejená). Pramen se nachází v lese. Roční úhrn srážek na tomto území je 670 mm.	39
Obr. 13 : Hulice, vodní nádrž Švihov.....	41
Obr. 14 : Hulice	42
Obr. 16 : Rozvodnice zkoumaného území	48
Obr. 17 : Konzumpční křivka	56
Obr. 19 : Náhlá letní událost	59
Obr. 20 : Náhlá zimní událost	60
Obr. 21 : Letní události.....	61
Obr. 22 : Letní událost.....	62
Obr. 24 : Zimní událost	63

Seznam tabulek:

Tab. 1 : Rozdělení zásob vody na Zemi	13
Tab. 2 : Rozdělení hornin podle propustnosti	20
Tab. 3 : Klasifikace pramenů podle vydatnosti	49
Tab. 4 : Hodnocení stálosti pramene	49
Tab. 5 : Chemický rozbor vody	52

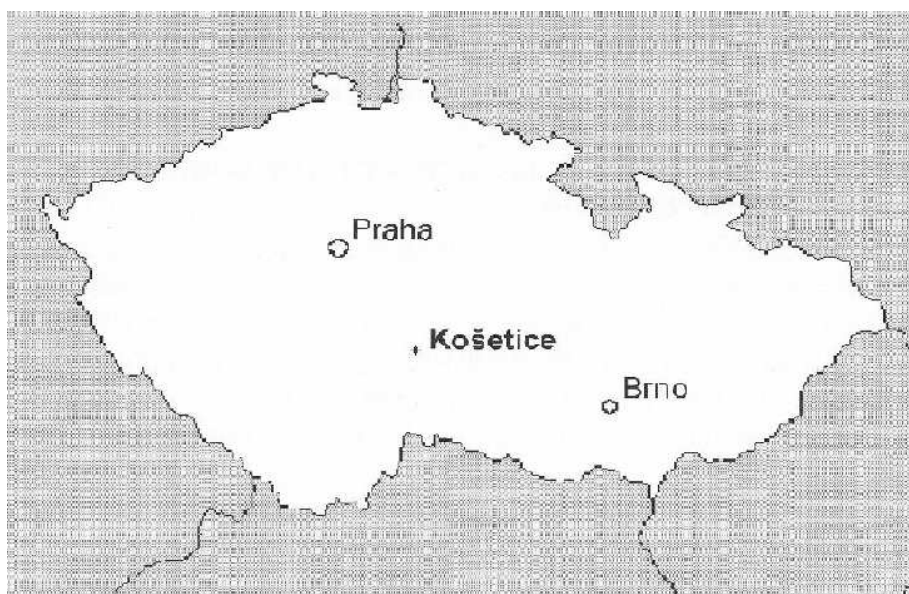
7. PŘÍLOHY

Příloha 1 : Pohled na subpovodí



Foto: David Kužel

Příloha 2 : Poloha meteorologické stanice Košetice



Zdroj: (VÁŇA, 2007)

Příloha 3 : Poloha srážkoměru v Trhovém Štěpánově a pramenného vývěru



Zdroj: (<http://eagri.cz>, 2012), upraveno dle potřeby vlastní práce

Příloha 4 : Zástavba nad lesním porostem



Foto: David Kužel

Příloha 5 : Pramen před terénní úpravou



Foto : David Kužel

Příloha 6 : Stará nádoba na vodu upravená pro měření pramene



Foto : David Kužel

Příloha 7 : Instalované zařízení



Foto: David Kužel

Příloha 8 : Měřicí zařízení (MINIKIN)



Foto : David Kužel

Příloha 9 : LEVELOGGER



Foto : David Kužel

Příloha 10 : BAROLOGGER



Foto: David Kužel

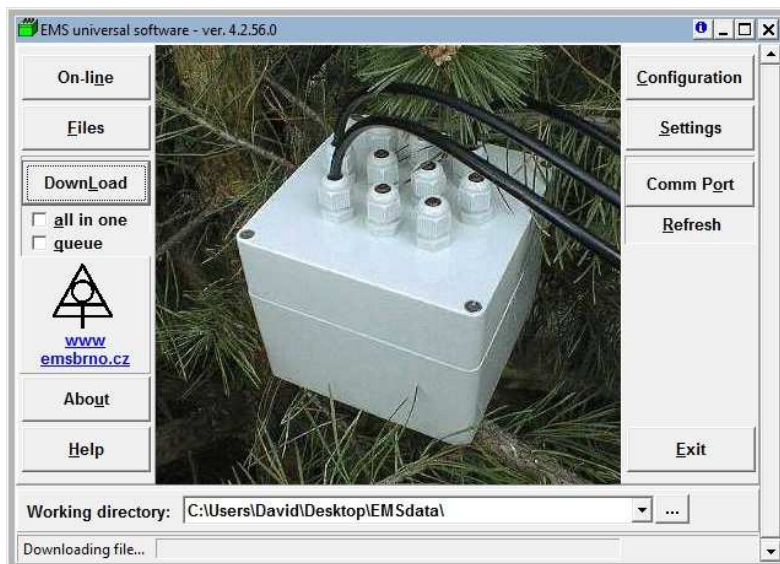
Příloha 11 : TMS první generace



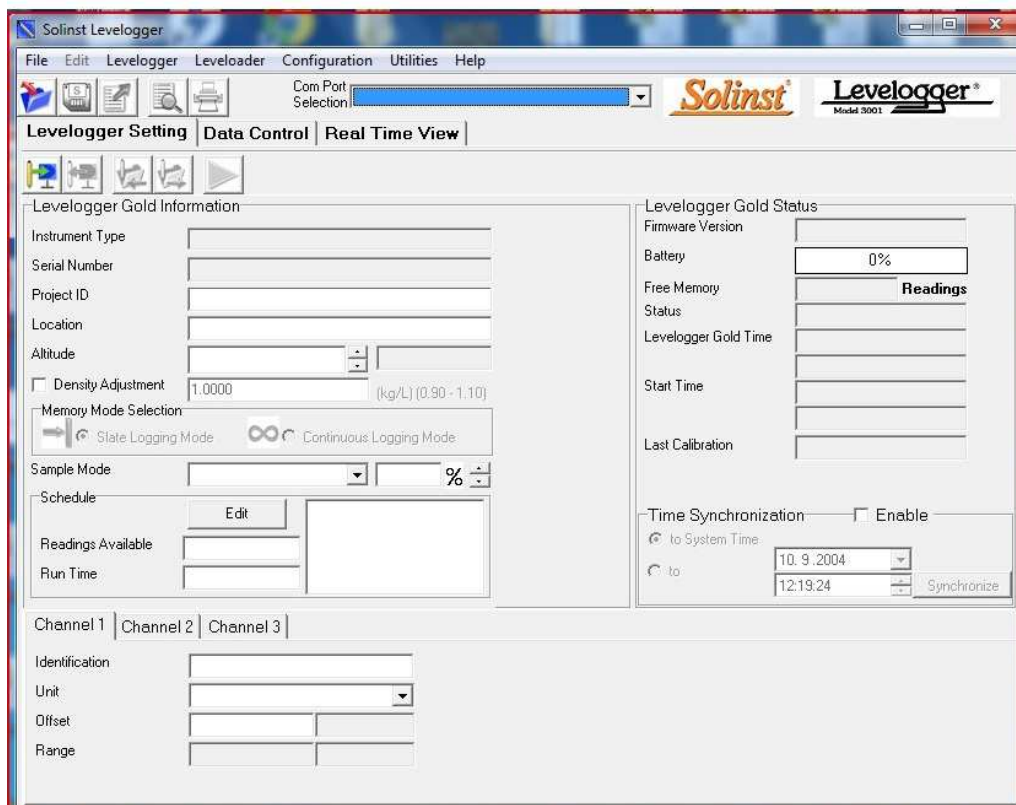
Foto : David Kužel

Příloha 12 : a – program pro stahování dat z měřících zařízení MINIKIN, b – program pro stahování dat z DATALOGGERŮ

a

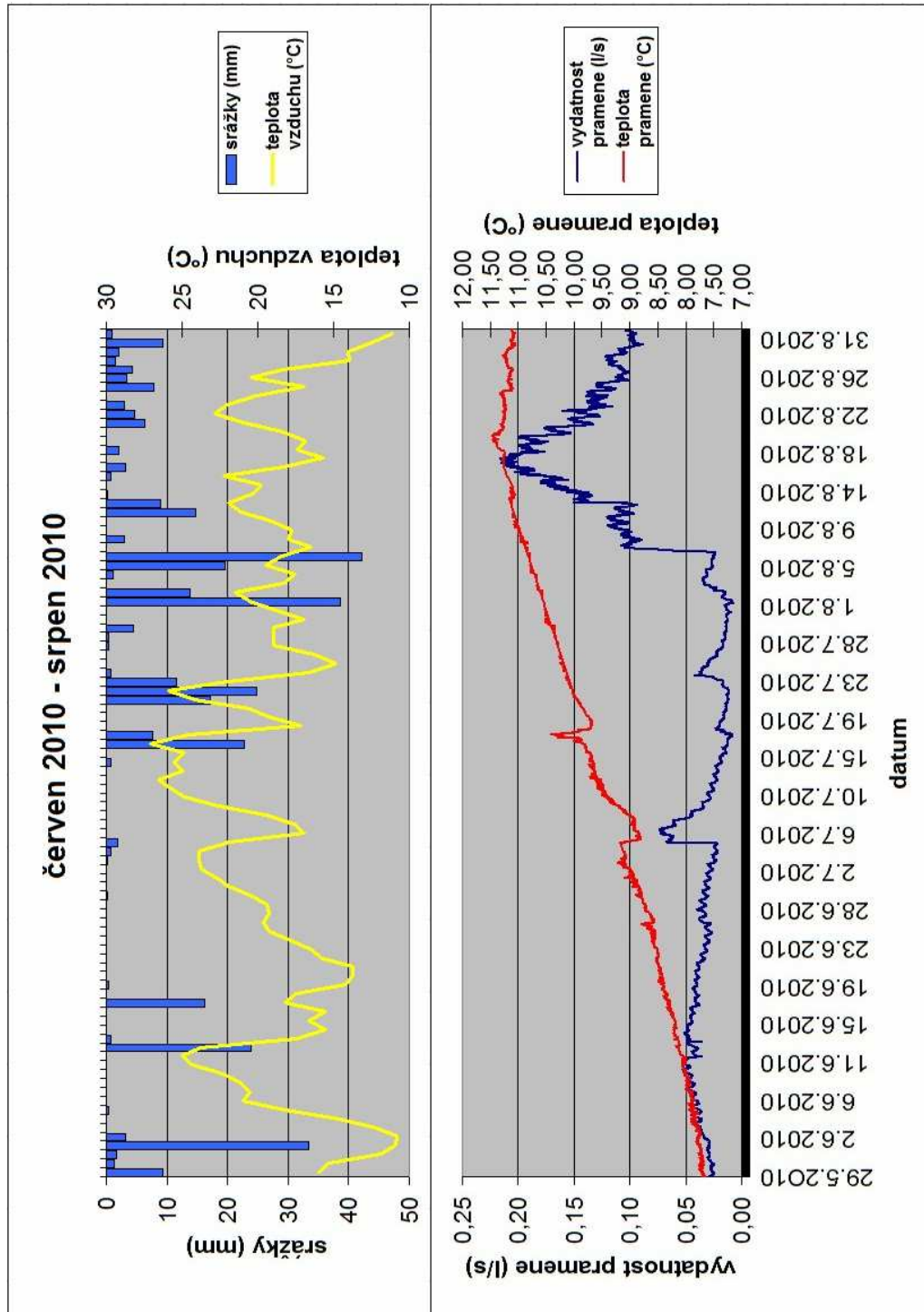


b



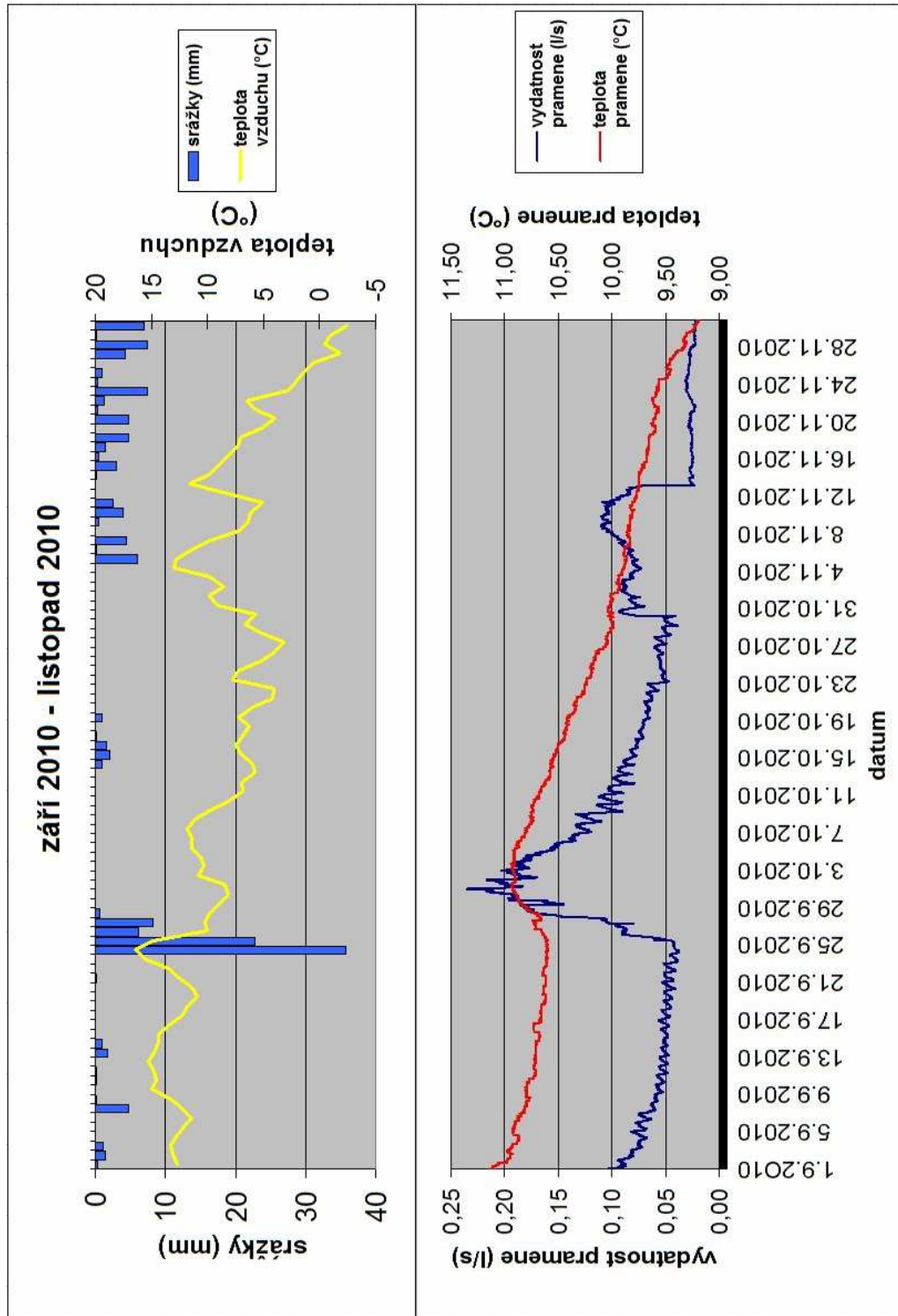
Zdroj: vlastní práce

Příloha 13 :



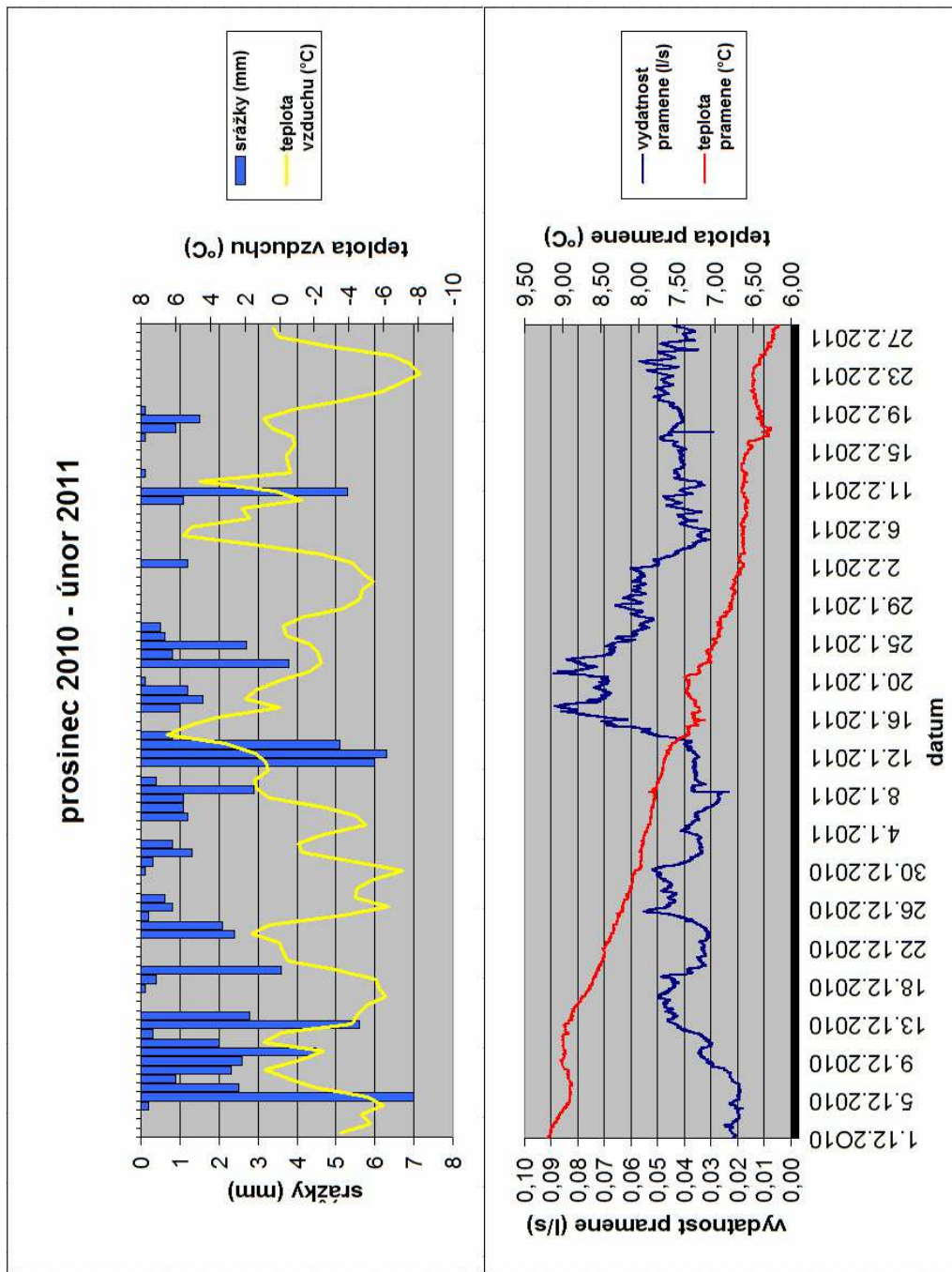
Zdroj : vlastní práce.

Příloha 14 :



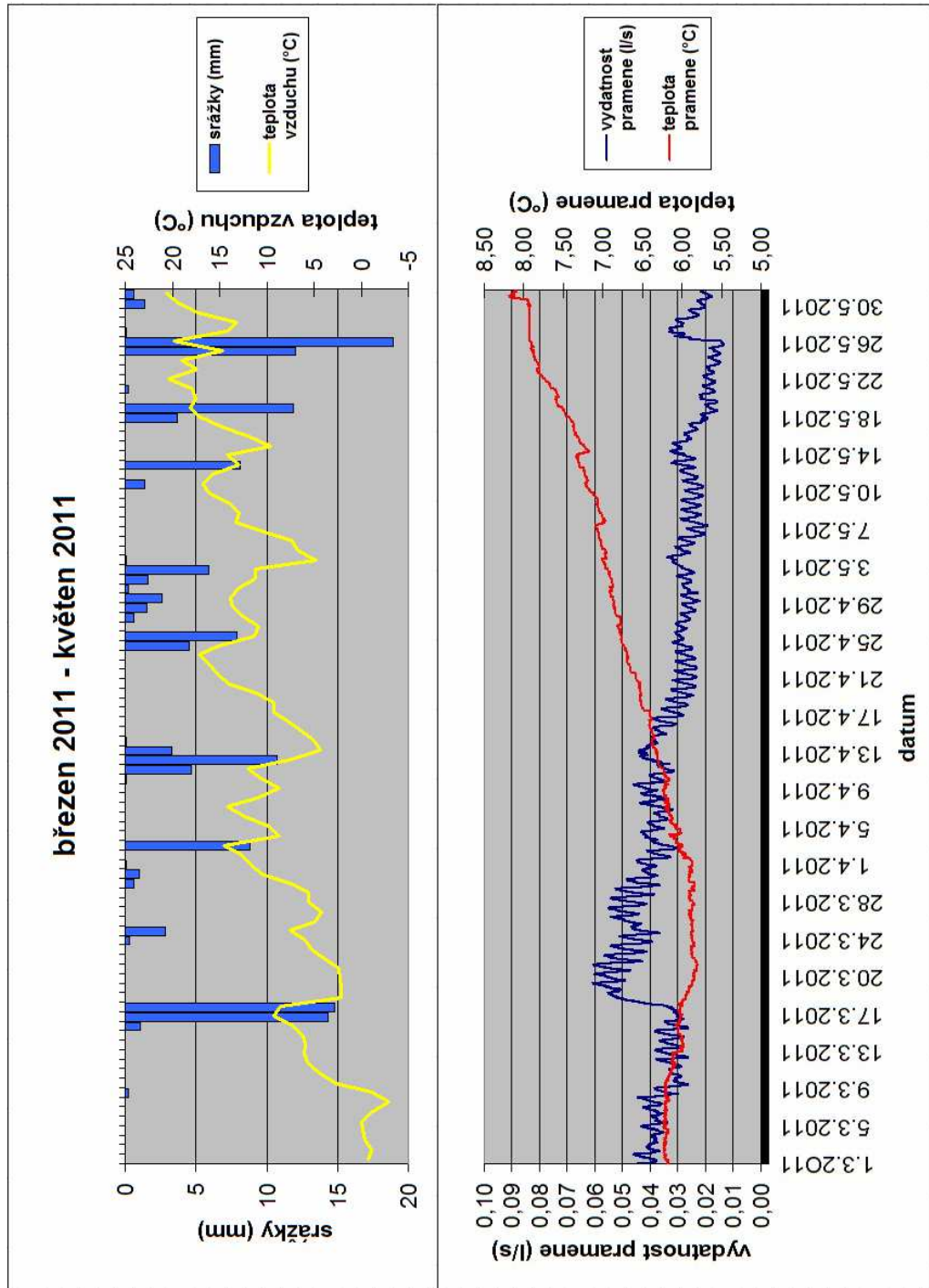
Zdroj: vlastní práce

Příloha 15 :



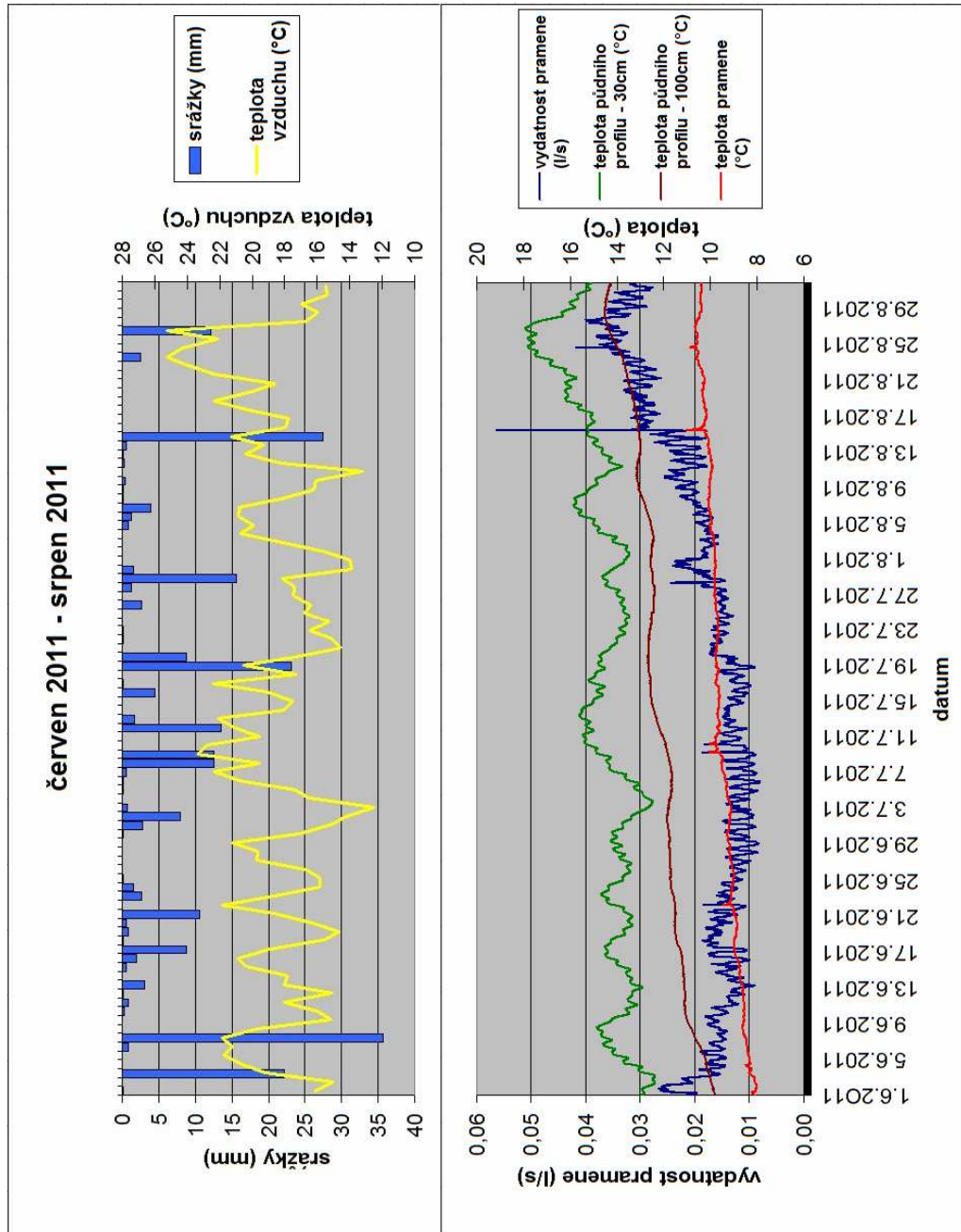
Zdroj: vlastní práce

Příloha 16 :



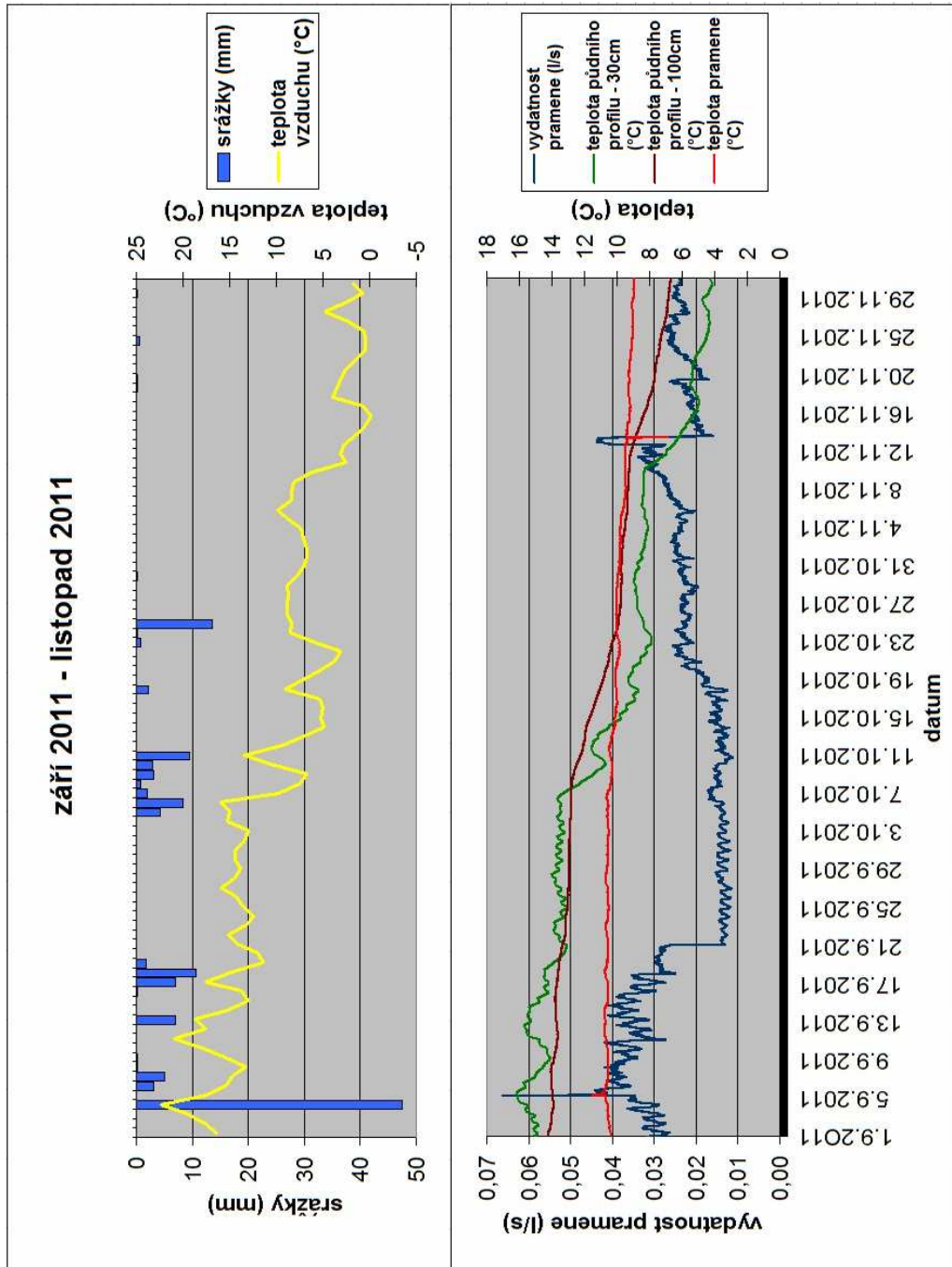
Zdroj: vlastní práce

Příloha 17 :



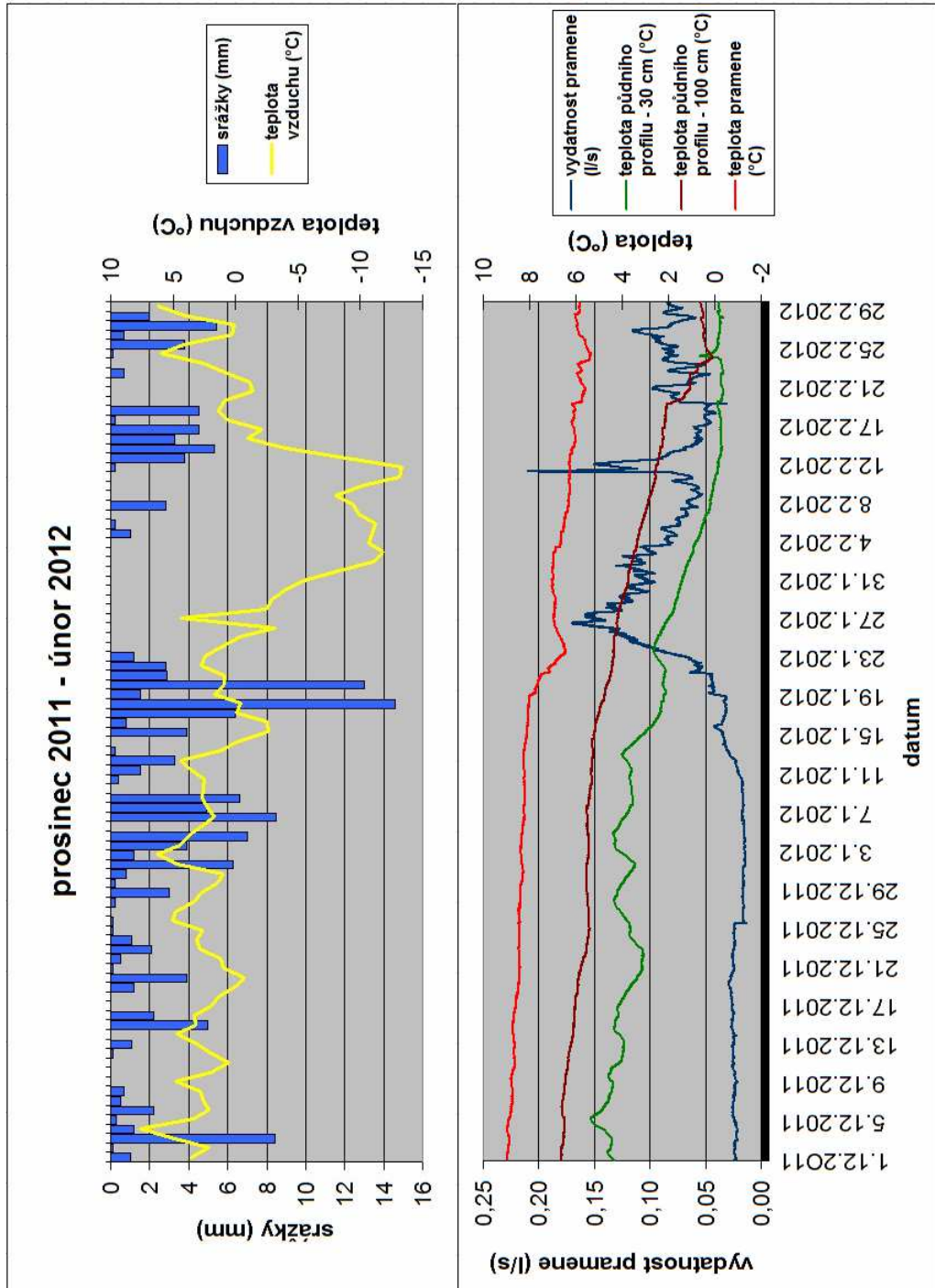
Zdroj: vlastní práce

Příloha 18 :



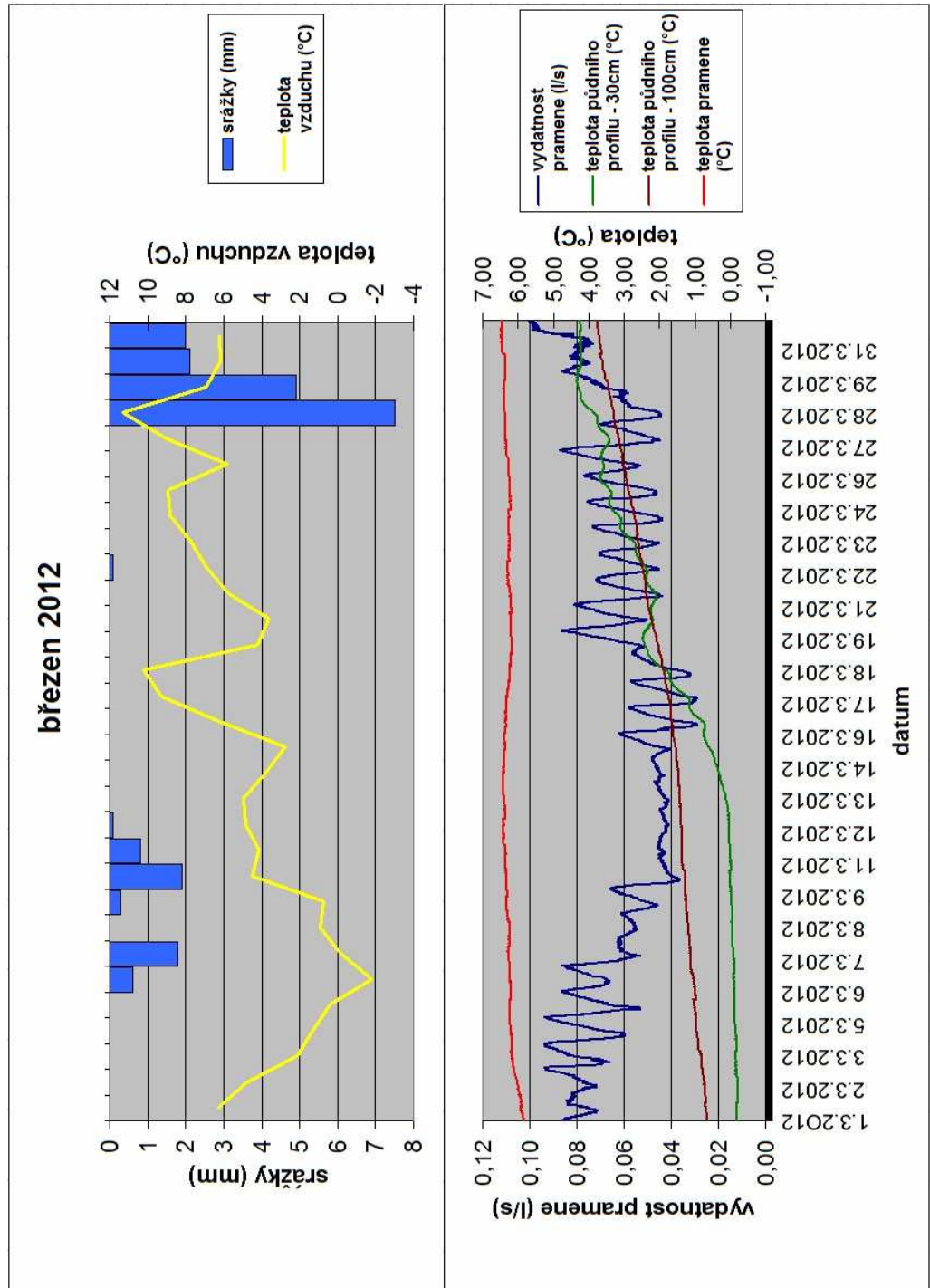
Zdroj: vlastní práce

Příloha 19 :



Zdroj: vlastní práce

Příloha 20 :



Zdroj: vlastní práce