

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

# NÁVRH ZPŮSOBU MONITOROVÁNÍ ZDROJŮ PODZEMNÍ VODY

THE PROPOSAL FOR THE MONITORING OF GROUNDWATER RESOURCES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTINA ČERVENKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV TUHOVČÁK, CSc.



## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program** B3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Bakalářský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby  
**Pracoviště** Ústav vodního hospodářství obcí

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Martina Červenková

**Název** Návrh způsobu monitorování zdrojů podzemní vody

**Vedoucí bakalářské práce** doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.

**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2013

**Datum odevzdání bakalářské práce** 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Řečník Fakulty stavební VUT

#### **Podklady a literatura**

- [1] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. Vodárenství: Studijní opory. 1. vydání. Brno: VUT FAST, 2006. 252 s.
- [2] Zákon č. 62/1988 Sb. o geologických pracích
- [3] Vyhláška č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací
- [4] Vyhláška č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství vody, ve znění pozdějších předpisů
- [5] ČSN 75 5115 Jímání podzemní vody
- [6] <http://www.studny.info/>
- [7] Časopisy SOVAK, Vodní hospodářství, vybraná čísla ročníků 2009 až 2013

#### **Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)**

Předmětem bakalářské práce bude rešerše a analýza současného stavu sledování zdrojů podzemní vody (vrtů) z hlediska jejich kvantitativního využívání a monitorování kvality vody. Současně bude zpracován vzorový návrh monitorování podzemního vodního zdroje, způsob a četnost sledování navržených parametrů a z toho plynoucí nároky na technické vybavení jímacích objektů. Součástí práce bude implementace návrhu na konkrétní zdroj podzemní vody a to včetně grafických výstupů. Předpokládá se spolupráce se společností Aquaprocon s.r.o.

#### **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá analýzou současného stavu sledování zdrojů podzemní vody - vrtů, z hlediska jejich kvantitativního využívání a monitorování kvality vody. První část je zaměřena na obecné informace o využívání podzemní vody v České republice a v zahraničí, způsoby technického řešení jímání podzemní vody a jejich popis. V druhé části práce je zpracován vzorový návrh monitorování podzemního vodního zdroje, způsob a četnost sledování navržených parametrů a z toho plynoucí nároky na technické vybavení jímacích objektů. Dále následuje implementace návrhu na dvou konkrétních lokalitách. V závěru práce jsou popsána vhodná návrhová opatření pro daná jímací území.

## **Klíčová slova**

Podzemní voda, jímací vrt, pozorovací vrt, úroveň hladiny, průtok.

## **Abstract**

The bachelor thesis follows up the analysis of current state of monitoring groundwater sources – wells, in terms of their quantitative usage and monitoring of water quality. The first part is focused on general information about usage of groundwater in the Czech Republic and in foreign countries too, ways of technical solution of groundwater captation and the description of them. In the second part there is made up the proposed model of monitoring underground water source, the way and frequency of observation of proposed parameters and the resulting demands on technical equipment of collecting objects. Then the implementation of the proposal on two specific areas follows. Finally at the end of this thesis there are described appropriate proposed procurement.

## **Keywords**

Ground water, collecting bore, observation bore hole, water level, discharge.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Martina Červenková *Návrh způsobu monitorování zdrojů podzemní vody*. Brno, 2014. 60 s.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního  
hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.

***Prohlášení:***

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne .....

.....  
podpis autora  
Martina Červenková

Děkuji tímto vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Ladislavu Tuhovčákovi, CSc., za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat společnosti AQUA PROCON, s.r.o., jmenovitě Ing. Petru Baránkovi, který mi v průběhu bakalářské práce poskytl potřebné podklady.

V Brně 2014

Martina Červenková

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>LEGISLATIVA ČR .....</b>	<b>11</b>
2.1.1	Zákony .....	11
2.1.3	Vyhlášky.....	11
2.1.4	Nařízení vlády .....	11
2.1.5	Normy.....	12
<b>2.2</b>	<b>LEGISLATIVA EU .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>SOUČASNÝ STAV V ČESKÉ REPUBLICE .....</b>	<b>13</b>
2.3.1	Obecné využití podzemních vod .....	13
2.3.2	Příklady konkrétního využití podzemní vody .....	17
<b>2.4</b>	<b>SOUČASNÝ STAV V ZAHRANIČÍ .....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>TECHNICKÉ ŘEŠENÍ JÍMÁNÍ PODZEMNÍCH VOD .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>ZPŮSOBY JÍMÁNÍ .....</b>	<b>26</b>
3.1.1	Horizontální jímací objekty.....	26
3.1.2	Vertikální jímací objekty .....	28
3.1.3	Radiální studny .....	31
<b>4</b>	<b>SLEDOVÁNÍ PROVOZU VODNÍCH ZDROJŮ .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>TECHNICKÉ ŘEŠENÍ - VYBAVENÍ VRTŮ .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>MONITORING JÍMÁNÍ PODZEMNÍ VODY .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>ŘÍDÍCÍ SYSTÉMY A PŘENOSY DAT .....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>IMPLEMENTACE NÁVRHU NA KONKRÉTNÍ LOKALITĚ .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>REVITALIZACE JÍMACÍHO ÚZEMÍ ZAJEČÍ .....</b>	<b>41</b>
5.1.1	Popis současného stavu .....	41
5.1.2	Popis navrhovaných opatření .....	41
5.1.3	Vrtné práce a vystrojení vrtů .....	42
5.1.4	Hydrodynamické zkoušky .....	44
5.1.5	Vzorkovací a laboratorní práce.....	45
5.1.6	Hydrogeologické práce .....	46
5.1.7	Závěr .....	46
<b>5.2</b>	<b>REVITALIZACE JÍMACÍHO ÚZEMÍ TROUBSKO .....</b>	<b>48</b>
5.2.1	Popis vodního zdroje .....	48
5.2.2	Způsob čerpání .....	48
5.2.3	Hydrogeologické posudky .....	48
5.2.4	Povolená množství .....	49
5.2.5	Skutečné odběry.....	49

---

5.2.6	Kvalita vody .....	50
5.2.7	Závěr .....	51
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>59</b>

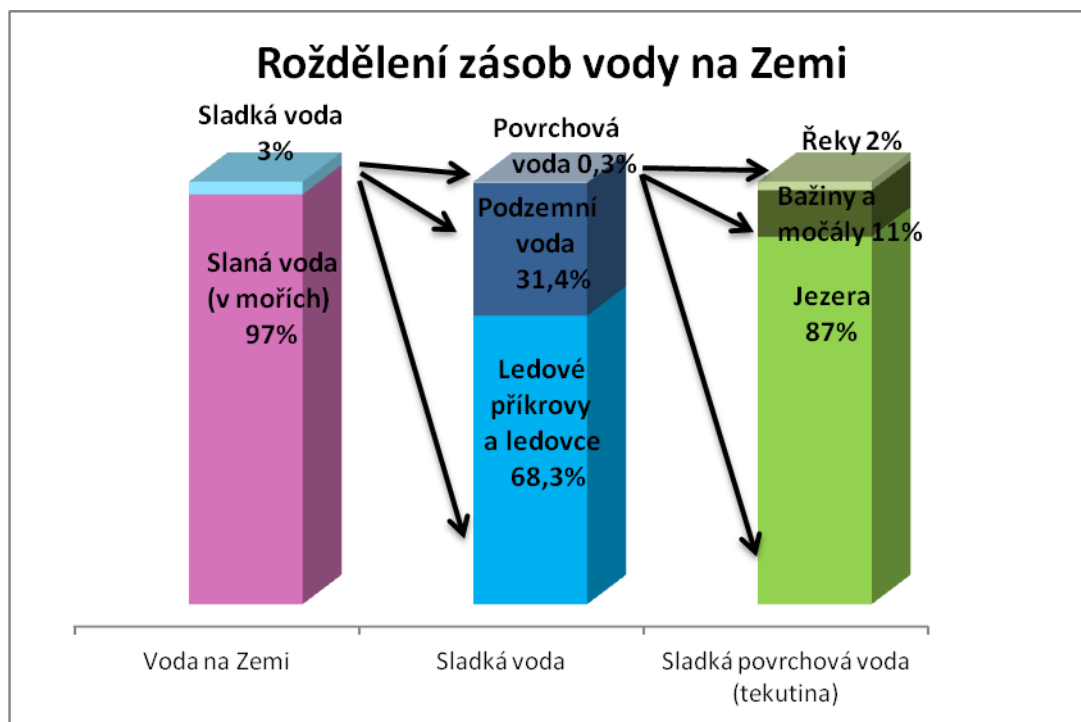
# 1 ÚVOD

Voda je přírodním zdrojem, který má vzácnou vlastnost obnovitelnosti ve všech svých složkách na rozdíl od jiných přírodních zdrojů neživé přírody [12].

Podzemní vodou se podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (vodní zákon) označuje voda, která se přirozeně vyskytuje pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami. Její zásoby se doplňují průsakem atmosférických a povrchových vod, kondenzací vodních par v půdě a kondenzací vodních par z magmatu. Za podzemní vody se také považují vody protékající drenážními systémy a vody ve studních. Podzemní voda se v horninách vyskytuje v dutinách, z nichž jsou nejvýznamnější průliny, pukliny a krasové dutiny [12].

Podzemní voda a půdní voda (voda obsažená v půdě při styku s atmosférou) ve všech skupenstvích se souborně nazývá vodou podpovrchovou. Podzemní voda s běžným obsahem rozpuštěných látek je voda prostá a je obvykle používána jako zdroj surové vody pro úpravu na vodu pitnou [12].

V oceánech je soustředěno okolo 97% slané vody na Zemi. Na sladkou vodu tak připadají pouhá 3% z veškeré vody na Zemi. V ledovcích je akumulována převážná část sladké vody na pevnině a to zhruba 68%. Pod zemským povrchem se ukrývá asi 31% sladké pevninské vody. Zbylé necelé jedno procento tvoří vody povrchové (jezera, řeky, bažiny) a půdní vlhkost [17].



**Obr. 1 Rozdělení zásob vody na Zemi [17]**

Česká republika je jednou z mála zemí v Evropě, která má velké zásoby kvalitních podzemních vod. Využití a ochrana zdrojů podzemních vod patří k nejdůležitějším úkolům současnosti. Využitelné zdroje podzemních vod nejsou rozmístěny rovnoměrně, ale pitnou vodu, přírodní léčivé vody a přírodní minerální vody lze získávat na téměř 350 místech v České republice [19].

Na podzemní vody nelze pohlížet jen jako na zásoby vody, ale také jako na důležitou složku životního prostředí, kterou je potřeba chránit. Tvoří základní odtok, který dotuje po celý rok systémy povrchových vod (vodní toky), užívaných v mnoha případech pro rekreaci či zásobování [14].

Podzemní vody jsou jakýmsi “skrytým“ zdrojem, který je kvantitativně významnější, než zdroje vody povrchové. Jejich ochrana, monitoring a obnova je však kvůli jejich nedostupnosti obtížnější, než u vod povrchových. Současné průzkumy dokazují, že největším problémem stále zůstává znečištění z domácností, zemědělství a průmyslu, a to ať se jedná přímo o vypouštění (odpadní vody), nebo nepřímo o znečištění způsobené aplikací dusičnanů a pesticidů či průsaky ze starých zdrojů znečištění (skládky, doly, staré ekologické zátěže aj.) [14].

Podzemní voda je nedílnou součástí života a proto je potřeba dbát i na technické vybavení jejích jímacích objektů.

## **2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU**

Monitorování zdrojů podzemní vody musí dodržovat zákony, vyhlášky a normy, týkající se daného tématu.

### **2.1 LEGISLATIVA ČR**

#### **2.1.1 Zákony**

- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) a jeho změny.
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) a jeho změny.

#### **2.1.3 Vyhlášky**

- Vyhláška č. 432/2001 Sb. Ministerstva zemědělství, o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu a její změny.
- Vyhláška č. 137/1999 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.
- Vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků a její změny.
- Vyhláška č. 428/2001 Sb. Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) a její změny.
- Vyhláška č. 274/1998 Sb. Ministerstva zemědělství, o skladování a způsobu používání hnojiv a její změny.

#### **2.1.4 Nařízení vlády**

- Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu a jeho změna.

- Nařízení vlády č. 416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.

### 2.1.5 Normy

**ČSN 75 0130** Vodní hospodářství. Názvosloví ochrany vod a procesů změn jakosti vod.

**ČSN 75 1500** Hydrologické údaje podzemních vod.

**ČSN 75 3415** Ochrana vody před ropnými látkami. Objekty pro manipulaci s ropnými látkami a jejich skladování.

**ČSN 75 3418** Ochrana povrchových a podzemních vod před znečištěním při dopravě ropných látek silničními vozidly.

**ČSN 75 4200** Hydromeliorace. Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním.

**ČSN 75 5201** Navrhování úpraven vody.

**ČSN 73 6614** Zkoušky zdrojů podzemní vody.

**ČSN 75 5115** Jímání podzemní vody.

Norma ČSN 755115 Jímání podzemní vody v odstavci 4.3.1 týkající se umístění jímacího zařízení uvádí, že jímací zařízení musí být situováno v prostředí, které není zdrojem možného znečištění ani ohrožení jakosti jímané vody [13].

Dále pak v odstavci 4.3.2 uvádí, že jímací zařízení má být umístěno proti směru proudění podzemní vody od zdroje možného znečištění s přihlédnutím ke tvaru depresivního kužele, způsobeného v hladině podzemní vody jímáním vody z tohoto zařízení [13].

Odstavec 5.1.3 týkající se zařizování jímacích zařízení uvádí, že součásti a vybavení jímacího zařízení, které přicházejí do styku s jímanou vodou musí být z materiálů vyhovujících platným právním předpisům, stanovujícím hygienické požadavky na výrobky určené pro styk s pitnou vodou [13].

V odstavci 5.1.5 je uvedeno, že otevřená jímací zařízení nejsou dovolena. Provedení jímacího zařízení musí zabraňovat vnikání dešťové vody a nečistot do jímacího zařízení [13].

A v neposlední řadě odstavec 5.1.6 nařizuje, aby po vybudování jímacího zařízení nebo po jeho opravě bylo před zahájením jeho užívání jímací zařízení vyčištěno a v případě potřeby dezinfikováno [13].

## 2.2 LEGISLATIVA EU

Evropská Unie požaduje většinu regulací nepřímo - formou tzv. směrnic, kde je uveden cíl a pak jsou uvedeny postupné kroky, jak tohoto cíle dosáhnout. V případě podzemních vod to je hlavně Rámcová směrnice o vodě - *Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a rady z 23. října 2000, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky* a dceřinná (tj. upřesňující) směrnice o ochraně podzemních vod před znečištěním - *Směrnice 2006/118/ES Evropského parlamentu a rady ze dne 12. prosince 2006, o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu*. Dalšími významnými směrnicemi, které se týkají také podzemních vod, jsou směrnice o pitné vodě - *Směrnice 98/83/ES ze dne 3. listopadu 1998, o jakosti vody určené k lidské spotřebě* a nitrátová směrnice k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů - *Směrnice 91/676/ES z 12. prosince 1991, k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů* [22].

## 2.3 SOUČASNÝ STAV V ČESKÉ REPUBLICCE

### 2.3.1 Obecné využití podzemních vod

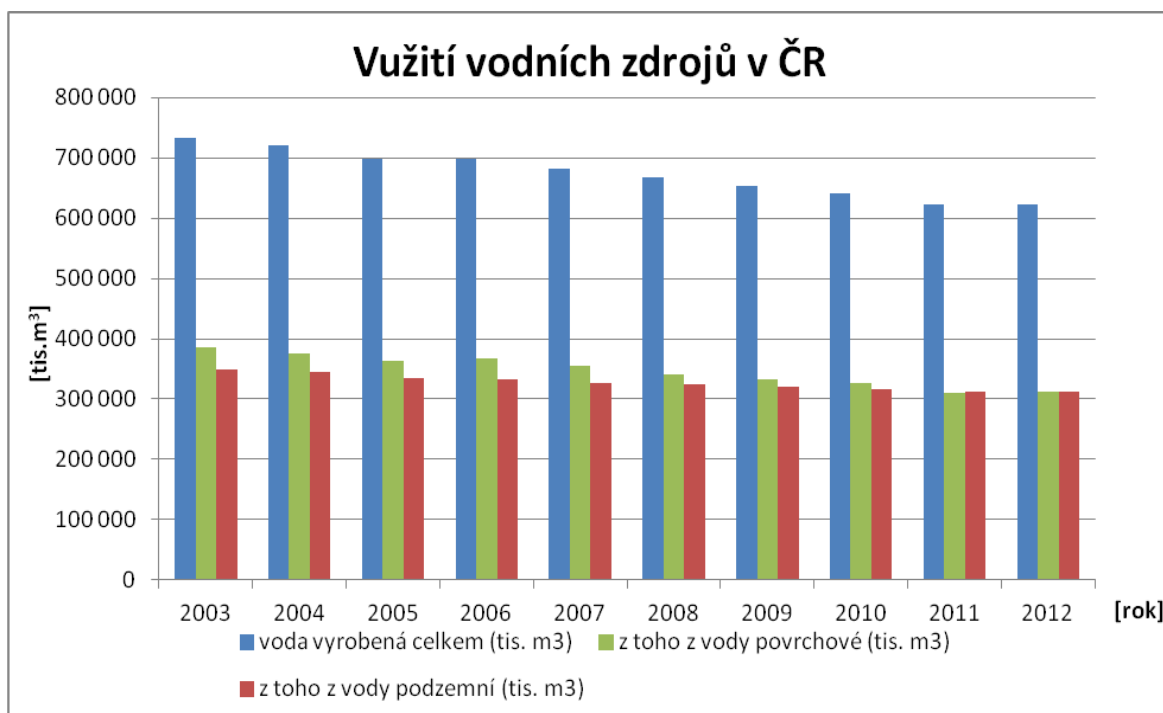
Podzemní voda je významná součást přírodního prostředí a její zásoby představují složku, která stabilizuje odtok z území. Zejména v delších obdobích beze srážek jsou povrchové toky dotovány výhradně z podzemních vod a vzhledem k pozici našeho území jsou podzemní vody fenoménem, jehož účinek pro vyrovnaní odtoků z území je významnější, než všechny existující nádrže [5].

Vzhledem ke geologické stavbě území ČR je přibližně 80 % využitelného množství podzemních vod soustředěno na zhruba 30 % plochy. K nejvýznamnějším územím náleží část české křídové pánve, vymezené přibližně Jizerou, dolním tokem Labe a státní hranicí, dále východní Čechy na pomezí s Moravou, Třeboňská, Budějovická pánev na jihu Čech a údolní nivy řek Moravy a Dyje. Všechna tato území musí být chráněna proti znečištění a neuváženému čerpání podzemních vod a dalším činnostem, které by mohly ohrozit jejich množství nebo kvalitu [5].

Výsledky pozorování režimu podzemních vod neslouží pouze úzkému okruhu specialistů, ale zprostředkovaně nejširší veřejnosti v podobě zajištění zdrojů pitné vody, ochrany ekologických systémů a podobně [5].

**Tab. 1 Využití vodních zdrojů v ČR**

rok	voda vyrobená celkem (tis. m <sup>3</sup> )	z toho z vody podzemní (tis. m <sup>3</sup> )	z toho z vody povrchové (tis. m <sup>3</sup> )
2003	733 740	348 353	385 387
2004	720 196	344 487	375 709
2005	698 850	334 882	363 968
2006	698 673	331 974	366 699
2007	682 804	327 153	355 651
2008	667 114	325 322	341 792
2009	653 338	321 227	332 111
2010	641 783	316 250	325 533
2011	623 059	312 813	310 246
2012	623 534	311 890	311 644



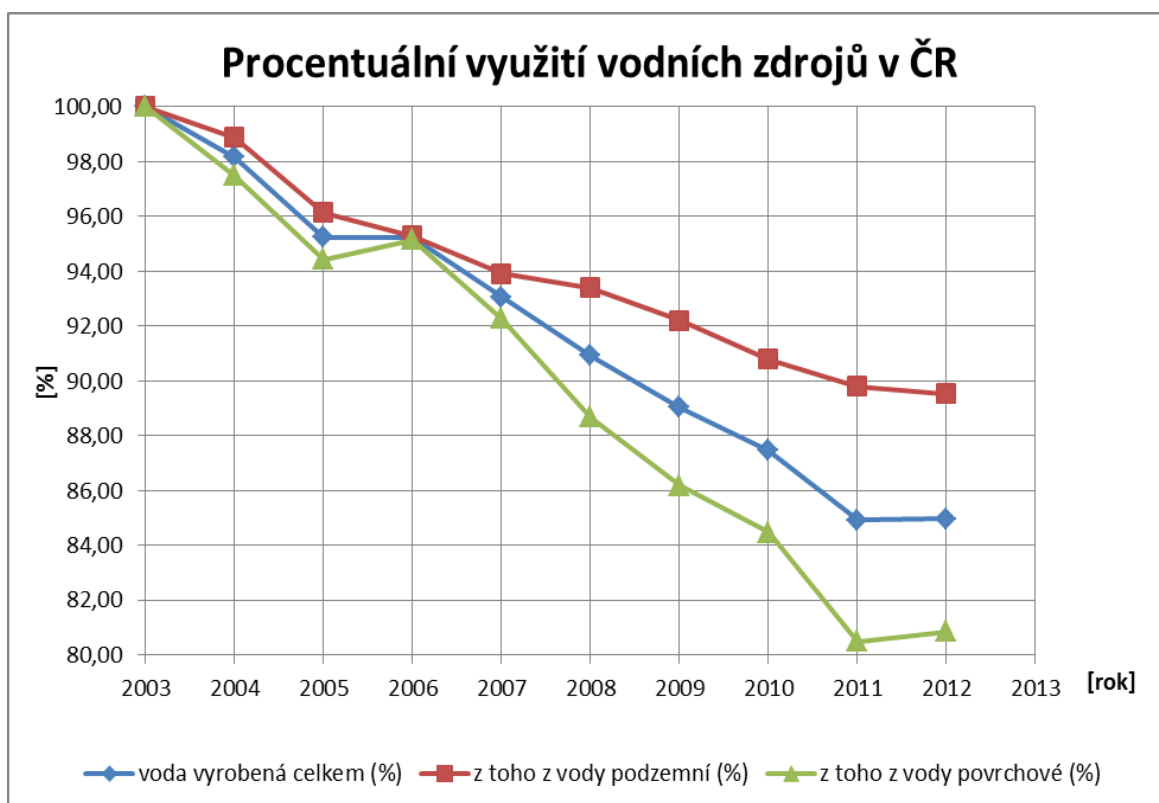
**Graf 1 Využití vodních zdrojů v ČR**

Graf zobrazuje zvyšující se využití podzemní vody v zásobení pitnou vodou.

**Tab. 2 Procentuální využití vodních zdrojů v ČR**

rok	voda vyrobená celkem (%)	voda vyrobená podzemní (%)	voda vyrobená povrchová (%)
2003	100	100	100
2004	98	99	97
2005	95	96	94
2006	95	95	95
2007	93	94	92
2008	91	93	89
2009	89	92	86
2010	87	91	84
2011	85	90	81
2012	85	90	81

Z tabulky je patrný nižší pokles odběrů podzemní vody oproti vodě povrchové.



**Graf 2 Procentuální využití vodních zdrojů v ČR**

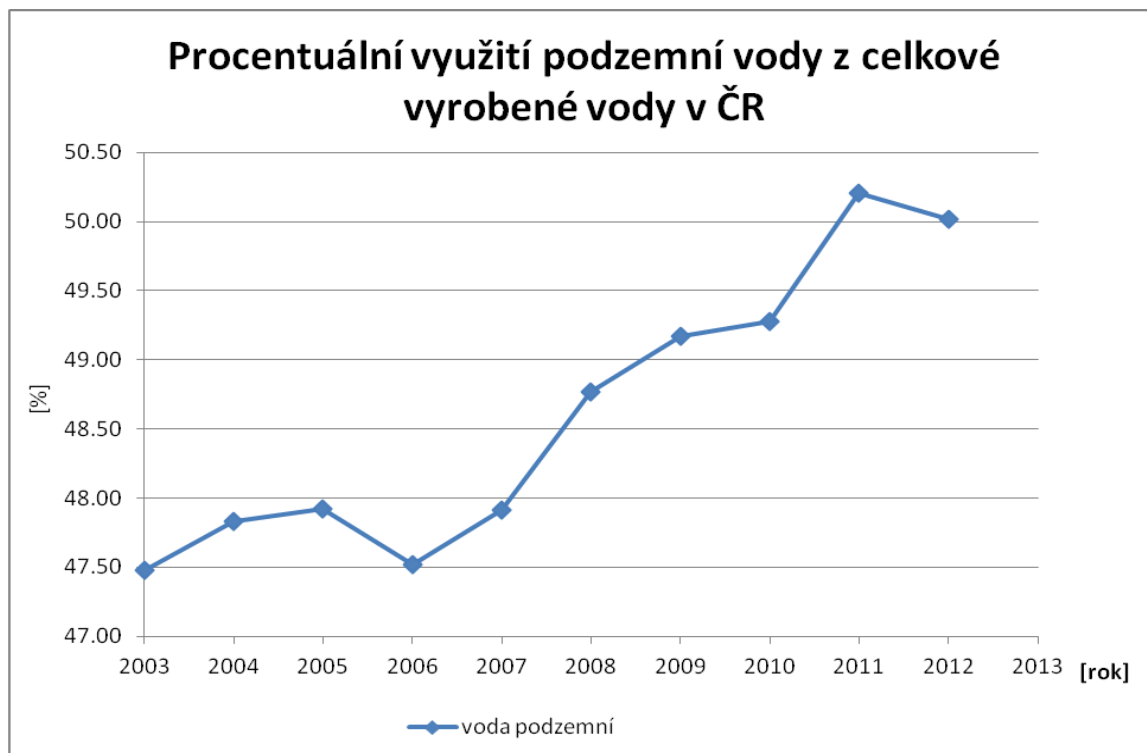
Z grafů je patrné, že celková výroba vody v ČR klesá. Od roku 2003 do roku 2012 se výroba snížila o 110 206 tis.m<sup>3</sup>. Přibližně polovina vody vyrobené celkem je

z povrchových zdrojů. Voda vyrobená z podzemních zdrojů má sice také klesající tendenci, ale v posledních dvou letech se stává konstantní. Pokles vody vyrobené z podzemních zdrojů od roku 2003 do roku 2012 je pouze 36 463 tis. m<sup>3</sup>.

**Tab. 3 Procentuální využití podzemní vody z celkové vyrobené vody v ČR**

rok	voda vyrobená celkem (tis. m <sup>3</sup> )	z toho z vody podzemní (tis. m <sup>3</sup> )	z toho z vody podzemní (%)
2003	733 740	348 353	47,48
2004	720 196	344 487	47,83
2005	698 850	334 882	47,92
2006	698 673	331 974	47,51
2007	682 804	327 153	47,91
2008	667 114	325 322	48,77
2009	653 338	321 227	49,17
2010	641 783	316 250	49,28
2011	623 059	312 813	50,21
2012	623 534	311 890	50,02

Tabulka ukazuje zvyšující se procento využití podzemní vody na vodě vyrobené celkem.



**Graf 3 Procentuální využití podzemní vody z celkové vyrobené vody v ČR**

Graf zobrazující procentuální využití podzemní vody z celkové vyrobené vody v ČR ukazuje, že výroba vody z podzemních zdrojů vzhledem k celkové výrobě roste. Zatímco v roce 2003 tvořila podzemní voda 47,48 % z celkové vyrobené vody v ČR, do roku 2012 stoupla o 2,54% a dostala se tak na 50 % z celkové vyrobené vody v ČR.

Pokles odběrů podzemní vody je výrazně nižší než pokles odběrů vody povrchové. Z toho tedy vyplývá, že důležitost podzemních zdrojů se zvyšuje.

### **2.3.2 Příklady konkrétního využití podzemní vody**

Jako příklad využití podzemní vody v ČR jsem vybrala města Brno a Prahu.

#### ***Zdroje pitné vody pro Brno***

Podíl zásobení města Brna podzemní vodou je cca 85 - 90%.

#### **Prameniště podzemní vody Březová nad Svitavou, I. a II. březovský přivaděč**

Prameniště využívá velkých zásob puklinových podzemních vod v komplexu křídových vrstev v okolí Březové nad Svitavou, doplňovaných především infiltrací atmosférických srážek do horninového prostředí [7].

Násoskový řad I.březovského vodovodu je tvořen 14 vrtanými nevystrojenými studnami profilu 650 a 635 mm. Studny jsou hloubeny do hloubky 17-21 m a v celé délce nejsou vystrojeny. Studna A leží v samostatném objektu, studna B a dalších 12 studní je umístěno ve štolu dlouhé 300 m, z níž odbočují krátké příčné štoly k jednotlivým studnám, vzdáleným od sebe 25 m. Voda se odebírá násoskou, jejíž sestupné rameno tvoří sběrný řad z litinových trub profilu 600 mm a přechází v prodloužení na přivaděč vody do Brna. Odvzdušňovací potrubí je vyvedeno do evakuační stanice situované mimo štolu násosky [21].

Násoskový řad II.březovského vodovodu tvoří 28 taktéž vrtaných studní do hloubky 12-18 m, spojených násoskovým řadem z ocelového potrubí profilu 600, 1000 a 1200 mm, dlouhým 688 m. Tato vzestupná část násosky je obestavěna štolou včetně zabezpečení přístupu k jednotlivým jímacím vrtům. Jako opatření proti vztlakům při přerušení provozu násosky je provedeno důkladné odvodnění pláň štoly šterkovým ložem a příčným i podélným systémem drenáží zaústěných do kanalizace položené podél štoly. Kanalizace spolehlivě odvádí obnovený odtok zachycených Petrových a Lučních

pramenů, při možném přerušení provozu. Ve vrcholu násosky štola přechází do objektu evakuační stanice [21].

Voda z jímacích celků obou březovských vodovodů je svedena do společného vodojemu v Březové nad Svitavou o objemu 5 000 m<sup>3</sup>. Tento vodojem slouží jak k fixaci hydraulických poměrů v násoskách, tak i jako provozně nezbytná akumulace pro ovládání odběru vody z prameniště I. a II. březovským přivaděčem, které oba odvádějí vodu z tohoto vodojemu. Uvedený způsob provozování trvá od roku 1975, kdy byl v rámci výstavby II. březovského vodovodu vodojem v Březové dostavěn a uveden do provozu. Původně byl přivaděč I. březovského vodovodu provozován z jímacího zařízení až do města Brna bez akumulace [7].

### I. březovský přivaděč

Přivaděč je téměř po celé své délce uložen v sevřeném údolí řeky Svitavy v souběhu s komunikacemi a železnicí, kterou sedmkrát kříží. Výškový rozdíl mezi hladinou podzemní vody v prameništi a hladinou ve vodojemu Holé Hory, kde přivaděč končí, je 89 m a zajišťuje trvalý průtok cca 264 l/s. Přímo z přivaděče je odběr vody do Adamova a do Letovic [7].



**Obr. 2 Štola násosky I. březovského vodovodu v prameništi Březová nad Svitavou [7]**



**Obr. 3 Portál štoly násosky I. březovského vodovodu [7]**

## **II. březovský přivaděč**

Přivaděč je veden od zmíněného vodojemu z Březové nad Svitavou a končí ve vodojemu  $2 \times 17\,500 \text{ m}^3$  na Palackého vrchu. Výškový rozdíl hladin vodojemů na obou koncích přivaděče je 66,50 m a zajišťuje maximální průtok 1 140 l/s [7].

V roce 1997 bylo v souvislosti s budováním Vířského oblastního vodovodu provedeno propojení II. březovského přivaděče a přivaděče Vířského oblastního vodovodu v uzlu Čebín, což umožňuje míchání vod z obou rozdílných vodních zdrojů ve vodojemu Čebín, vybudovaného v rámci výstavby Vířského oblastního vodovodu a tím možnost kvalitativní homogenizace tvrdší vody březovské a měkké vody vířské. Na potrubí II. březovského přivaděče byla před vodojem Čebín předřazena posilovací čerpací stanice, která při aktuálně vysoké vydatnosti prameniště v Březové nad Svitavou umožňuje zvýšení průtoku vody v přivaděči oproti gravitačnímu průtoku při provozu přes vodojem Čebín [7].

II. březovský přivaděč byl do stavby VOV samostatným funkčním celkem a ve svém posledním úseku mezi vodojemem Čebín a vodojemem Palackého vrch zůstává v současné době hlavním dálkovým přivaděčem pro centrální spotřebiště Brno. Je schopen plynulé regulace a dodávky plné vydatnosti prameniště Březová s následujícími technickými limity [7]:

- maximální gravitační přítok do vodojemu Čebín 910 - 938 l/s

- maximální přítok do vodojemu Palackého vrch mimo vodojem Čebín 1 140 l/s
- maximální propustnost úseku vodojem Čebín - vodojem Palackého vrch 1 140 l/s
- čerpací režim na přítoku do vodojem Čebín max. 1 150 l/s (pak podtlaky na trase)



**Obr. 4 Štola násosky II. březovského vodovodu [7]**

### **Kvalita vody z prameniště Březová nad Svitavou**

Kvalita vody z prameniště Březová je velmi vyrovnaná a splňuje průběžně požadavky normy (dle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č.252/2004 Sb.) na pitnou vodu bez úpravy. Některé vrty do druhé zvodně dokonce splňují podmínky kvality pro umělou výživu kojenců a jsou také pro tyto účely využívány. Celkově však pro zvýšený a bohužel i vzrůstající obsah dusičnanů (30 - 37 mg/l) pro kojence vhodná není. Jinak má velmi vyvážený obsah minerálií, stálou teplotu 9 - 10 °C a patří mezi velmi kvalitní, pro lidskou spotřebu hodnotné, pitné vody. K udržení současného stavu kvality vody jsou vyhlášena ochranná pásma vodního zdroje [7].

## Zdroje pitné vody pro Prahu

- Vodárna v Káraném:

Vodárna Káraný dodává do pražského distribučního systému směs podzemní a infiltrované vody. Dlouhodobý výkon vodárny je 1750 l/s, současný 1000 l/s [10]. Podzemní voda se získává ze tří systémů [9]:

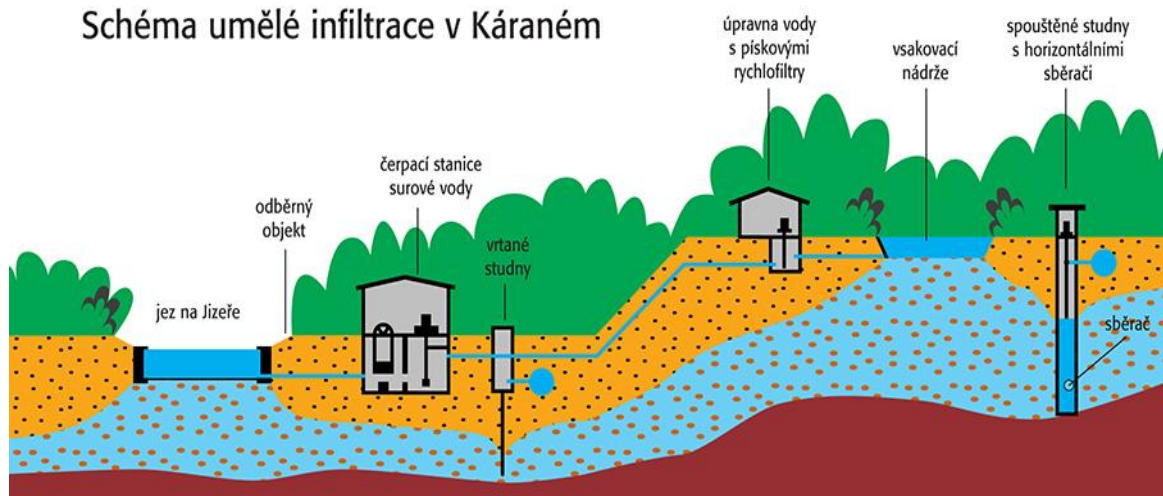
- Přírozenou infiltrací - v činnosti od roku 1914, využívá zčásti podzemní vodu prosakovanou z Jizeřy a zčásti vodu podzemní - k Jizeři přirozeným spádem proudící.
- Artézskými zdroji - v činnosti od roku 1914, jsou syceny vodou, pomalu proudící z oblasti ještědského hřbetu, v pískovcové vrstvě, uložené hluboko pod štěrkopískovými náplavy - prakticky vodotěsně oddělené sousedními geologickými vrstvami v jejím nadloží i podloží.
- Umělou infiltrací - v činnosti od roku 1968, využívá předupravenou jizerskou vodu k obohacování zásob vody podzemní a je následně jímána jako uměle infiltrovaná.

Souhrnná data o vodárně [9]:

- Celková kapacita je 1750 l/s. Z toho přirozená infiltrace 900 - 1000 l/s, umělá infiltrace 700 - 900 l/s.
- Celkový počet studní 943.
- Délka vodovodních řadů představuje cca 140 km.

Podíl kárané vody na zásobování hlavního města je v současnosti cca 28%.

### Schéma umělé infiltrace v Káraném



Obr. 5 Schéma umělé infiltrace v Káraném [9]

- Vodárna v Podolí:

Zprovozněna v roce 1929. Byla založena na principu vícestupňové filtrace a chemické úpravy vltavské vody o výkonu cca 400 l/s, který byl postupně zvyšován. V roce 1961 byl zprovozněn nový systém chemické úpravy vody pomocí čističů o celkově možném výkonu 1700 - 2200 l/s.

- Vodárna Želivka:

Zprovozněna v roce 1972. Pracuje na principu chemické jednostupňové úpravy vody z vybudované vodárenské nádrže Švihov na říčce Želivce o původním výkonu 3000 l/s, který byl postupně rozšiřován, až na 7000 l/s.

Vodárna v Podolí a vodárna Želivka představují zdroje povrchové vody.

## 2.4 SOUČASNÝ STAV V ZAHRANIČÍ

### *Slovensko*

Území Slovenska je díky pestré geologické stavbě a četným tektonickým poruchám velmi bohaté na různorodé zdroje podzemních vod. Vyskytují se zde vody prosté i minerální s volnou i napjatou hladinou. Základním faktorem ovlivňujícím charakter podzemních vod je geologická stavba území, neboť jak prosakující, tak vystupující vody se obohacují o minerální látky právě průchodem horninovým prostředím. Z hydrogeologického hlediska lze území Slovenska rozdělit na dva základní regiony: oblast krystalinika a neovulkanitů a region se sedimentárními útvary. Podzemní vody krystalinika jsou zastoupeny v jádrových pohořích Západních Karpat a ve Slovenském rudohoří. Převládá u nich puklinový charakter vod. Samostatnou kategorií tvoří důlní vody v opuštěných hornických dílech, plnící funkci kolektorů podzemních vod. Dobré podmínky pro vznik vydatnějších pramenů existují ve vysokých pohořích, vedle hydrologických předpokladů zde totiž panují i příznivé klimatické poměry, zejména vyšší srážkové úhrny a nízké teploty i výpar. Významnou oblast akumulace podzemních vod představují sedimentární útvary. Plocha karbonátových hornin se zvláště příznivými podmínkami pro výskyt podzemních vod dosahuje na Slovensku více než 3400 km<sup>2</sup>. Krasové prameny a vyvěračky se vyznačují menší mineralizací (150 až 600 mg/l) a většími výkyvy ve vydatnosti. Vydatné prameny se nacházejí ve Spišsko-gemerském a Slovenském krasu. Značné zásoby podzemních vod se vážou na fluvialní sedimenty

údolních niv. Kvalitnější vodu lze nalézt všude tam, kde jsou sedimenty dostatečně mocné, aby se mohla prosakující voda dostatečně filtrovat. Příhodné podmínky jsou v Podunajské nížině mezi Šamorínem, Dunajskou Stredou a Gabčíkovem, kde dosahují fluvialní sedimenty mocnosti až 200 m. Vydatnost hydrogeologických vrtů na Žitném ostrově činí 100 až 150 l/s, což jej řadí mezi jednu z nejvýznamnějších akumulací podzemních vod ve střední Evropě. Druhou významnou akumulační oblastí je niva Latorice, Bodrogu a Tisy, kde se v tzv. Stránsko-trakanské nádrži nalézají využitelné zásoby podzemních vod o celkové vydatnosti 800 l/s. Menší, ale regionálně významné zásoby se akumulují v nivě Váhu, Nitry, Ondavy nebo Laborce [4].

## ***Rakousko***

### Vídeň

Vídeňská voda se vydává na cestu v horských pramenech štýrsko-dolnorakouských Alp a po 36 hodinách bez použití čerpadel a pod přísnou kontrolou přitéká do rakouského hlavního města. Vídeň je zásobována ze dvou vysokohorských pramenitých zdrojů z oblasti Schneebergu, Raxu, Schneesalpe a Hochschwabu. Denně je to 400 000 m<sup>3</sup> čisté pramenité vody. To má jeden příznivý vedlejší efekt. Na cestě do města protéká voda vodními elektrárnami, které vyrábějí 65 mil. kilowatthodin elektrické energie, což je spotřeba elektřiny jednoho malého města [11].

Pozůstatkem z dob zásobování pitnou vodou ještě před vybudováním druhého vodovodu je vodárenská věž ve čtvrti Favoriten [11].

Celkové množství vody pro Vídeň [11]:

- 43,4% I. Císařský vodovod - cca 61 900 000 m<sup>3</sup>/rok
- 51,6% II. Císařský vodovod - cca 73 500 000 m<sup>3</sup>/rok
- 5% Podzemních a povrchových vod - cca 7 100 000 m<sup>3</sup>/rok

celkově: cca 142 500 000 m<sup>3</sup>/rok

Podobná situace v zásobení podzemní vodou je i v ostatních Rakouských městech.

## ***Německo***

Přes 70% pitné vody v Německu pochází z podzemních zdrojů, které tak představují pro Německo nejdůležitější zdroj pitné vody. Až na regionální výjimky nemá Německo problémy, pokud jde o množství podzemních vod [19].

## ***Itálie***

Více než 50% zdrojů podzemních vod v Itálii se nachází v pórovitých prostředích o ploše více než 157 244 km<sup>2</sup>. Podzemní zvodnělé vrstvy v krasových oblastech jsou rozšířeny na více než 50 615 km<sup>2</sup> (tj. 16,76%) a konečně existují menší zdroje podzemních vod ve vulkanických horninách s rozlohou přes 13 488 km<sup>2</sup> (tj. 4,46%) [19].

## ***Polsko***

V Polsku vycházely charakteristiky zdrojů podzemních vod z hydrogeologického rozdělení a výsledného uspořádání hydrogeologických regionů, v nichž jsou umístěny hlavní zdroje podzemní vody. Bylo vytvořeno 180 hlavních zdrojů podzemní vody o celkové rozloze 163 441 km<sup>2</sup>, které zajišťují dostupné zdroje 7,35 km<sup>3</sup>/rok [19].

## ***Anglie a Wales***

Asi 35% pitné vody v Anglii a Walesu pochází z podzemních vod. Podzemní voda se využívá mnoha způsoby ve všech částech Spojeného království. V jihovýchodní Anglii se čerpá většina veřejných dodávek vody ze zvodnělých vrstev. V jiných částech Spojeného království se podzemní voda podílí také výrazně na dodávkách vody, dokonce i v nejlhčích částech země. Podzemní voda je stále k dispozici a je všeobecně spolehlivá a kvalitní, takže představuje nejlepší volbu pro zásobování malých společenstev. Podzemní voda je zvláště důležitá ve východní Anglii, kde se využívá k zavlažování během suchého léta a zlepšuje výnosy plodin [19].

Hlavní zvodnělé vrstvy ve Spojeném království se nacházejí v křídových, jurských vápencových a permsko-triasových pískovcích, ale výrazné zásoby jsou k dispozici i z dalších formací, jako jsou říční štěrky a karbonský vápenec. V posledních letech bylo mnoho podzemní vody baleno na prodej jako minerální voda. Tyto vody často pocházejí z menších zvodnělých vrstev v hornatých oblastech, kde jim výrazná geologie dodává zajímavé příchutě [19].

## ***Severní Irsko***

V severním Irsku představuje podzemní voda důležitou součást zásob vody. Asi 8% vody ve veřejné síti se čerpá přímo z vrtů a pramenů a další dodávky se odebírají ze soukromých zdrojů podzemní vody pro průmyslové, zemědělské a domácí využití. Zásoby podzemních vod dále zajišťují základní tok do povrchových vod, potoků a řek, které také zajišťují vodu pro veřejné dodávky - ta představuje dalších 60% celkové zásoby [19].

## ***Dodávka vody v EU***

Ve dvanácti členských státech jsou hlavním zdrojem na výrobu pitné vody podzemní zdroje. Ve třech zemích dokonce produkovaly vodu z podzemních zdrojů v 99 až 100%. Jen šest členských států spoléhá především na povrchové zdroje vody, z nichž je nejvyšší procento v Irsku a ve Španělsku. Lucembursko a Řecko čerpají například ze stejného poměru povrchových i podzemních vod, Malta a Kypr mají ve své pitné vodě zase zastoupeno velké procento mořské nebo podzemní slané vody [6].

## **3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ JÍMÁNÍ PODZEMNÍCH VOD**

### **3.1 ZPŮSOBY JÍMÁNÍ**

Základní podmínkou pro umožnění zásobování určité oblasti vodou je zajištění potřebného množství vody [1].

Technická zařízení pro jímání vody se nazývají jímací objekty. Rozeznáváme tyto hlavní druhy jímacích objektů [1]:

A) pro jímání podzemní vody:

1. horizontální jímací objekty
  - a) zářezy
  - b) galerie, štoly
2. vertikální jímací objekty
  - a) trubkové studny
  - b) trubní studny
  - c) šachtové studny (kopané nebo spouštěné)
3. radiální studny

B) pro jímání povrchové vody:

- a) jímadla břehová (v tekoucích vodách);
- b) jímadla řečištní (v tekoucích vodách);
- c) jímadla hrázová (v nádržích);
- d) jímadla věžová (v nádržích).

Přechod mezi horizontálními a vertikálními jímacími objekty tvoří radiální studny, které jsou kombinací obou typů.

#### **3.1.1 Horizontální jímací objekty**

Horizontální jímání vody navrhujeme v místech, kde není možné jímat vodu studnou pro malou hloubku nepropustného podloží zvodnělé vrstvy a pro malou výšku zvodnělé vrstvy. Horizontální jímací objekty budou tedy vhodné v pískách a štěrcích,

jejichž nepropustné podloží není pod povrchem hlouběji než 5 m a mocnost zvodnělé vrstvy je menší než 1 m, nebo kde podzemní voda protéká zvětralinami či puklinami zvodnělé horniny. Jímání vody v celé šířce proudu podzemní vody připouští malé snížení hladiny podzemní vody při malých vtokových rychlostech. Následkem toho je menší možnost zanášení a provoz je spolehlivější [2].

Horizontální jímací objekty pro menší množství jímané vody nazýváme zářezy, pro větší množství galerie. Hlavní částí jímacího objektu jsou jímací sběrače a sběrné jímky nebo sběrné studny. U dlouhých zářezů z provozních důvodů navrhujeme revizní šachty [2].

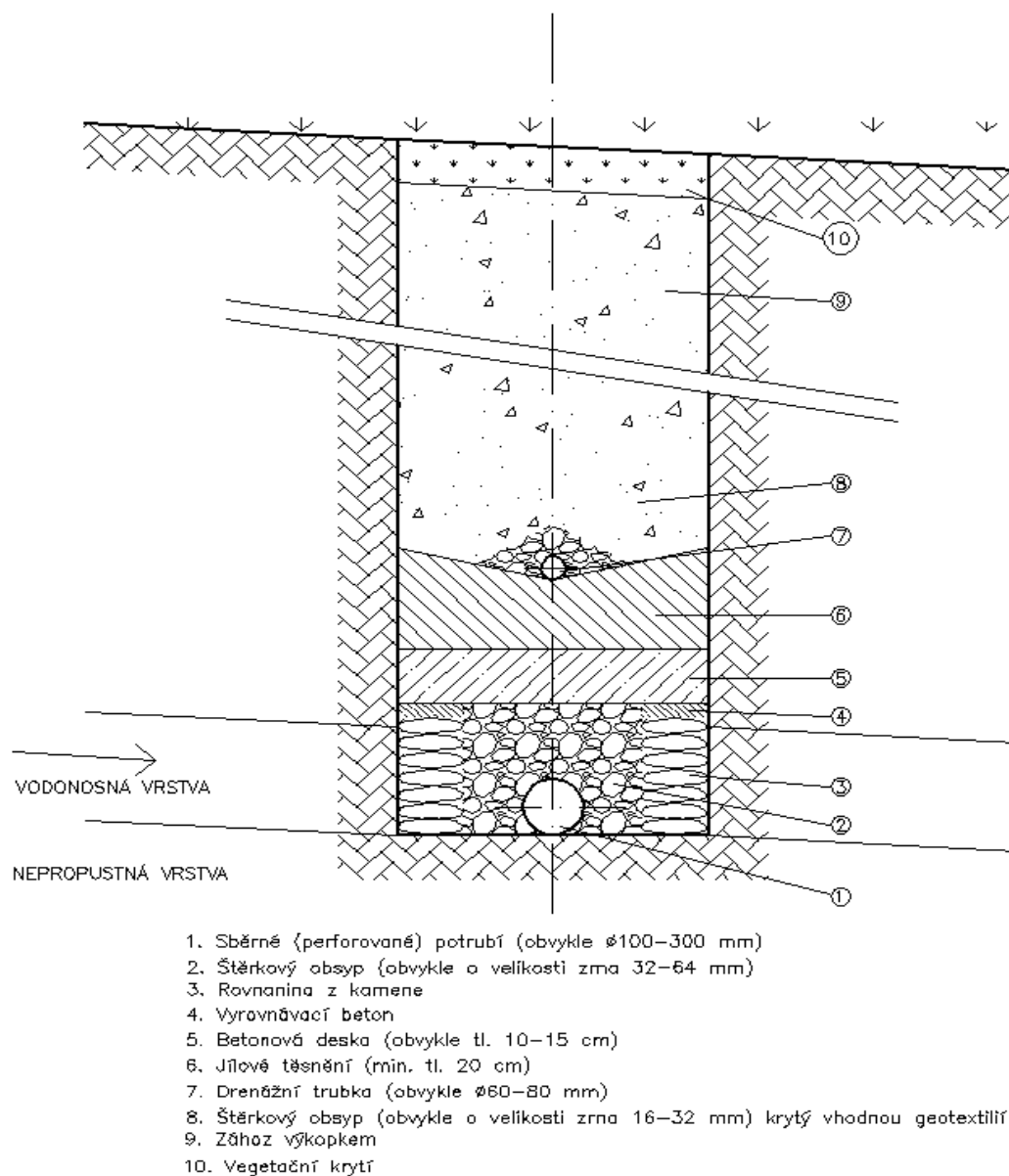
### ***Jímací zářezy***

Jímací zářezy se používají pro jímání ze zvodnělých vrstev do hloubky 3 m. Podzemní voda je odváděna drénem, který je v horní polovině profilu perforovaný, obsypaný štěrkem a zajištěný proti znečištění jílovým těsněním. Pro kontrolu drénů se navrhují v bodech zlomů nebo po 50 m délky revizní šachty [3].

Tento způsob jímání se volí pouze v místech, kde není jiná možnost z důvodů nespolehlivosti v období sucha [3].

### ***Jímací galerie, štoly***

Galerie se využívají pro jímání většího množství vody (až 100 l/s). Budují se jako průlezové nebo průchozí, a to železobetonové nebo zděné. Zřizují se v otevřené rýze nebo hornickým způsobem (pak jde o štoly). Vnější strana galerie má štěrkový filtr pro soustředění vody a zamezení vplavování jemnějších částic. Voda stéká do galerie otvory, umístěnými ve spodní části stěn a shromažďuje se v podélném svodném žlabu, kterým odtéká. Podél svodného žlabu je na jedné straně nebo na obou stranách revizní chodník. Svodný žlab ústí do sběrné šachtové studny. Jímací galerie jsou používány např. na Slovensku [3].



**Obr. 6 Horizontální jímací zářez**

### 3.1.2 Vertikální jímací objekty

Vertikální jímání podzemních vod se navrhuje v případech, kdy zvodněná vrstva má dostatečnou mocnost. Pokud se mluví o vertikálním jímání podzemních vod, jedná se o studny, které představují nejčastější způsob jímání podzemních vod. Studna je vertikální zařízení k jímání podzemní vody, do které je uměle přiváděna voda, např. snížením hladiny vody ve studni v důsledku čerpání [3].

Studny lze rozdělovat podle několika hledisek. Jednak je to podle použití, v tomto případě rozeznáváme studny veřejné (vodárenské - pro hromadné zásobování obyvatelstva a průmyslu pitnou a užitkovou vodou), neveřejné (domovní - pro jednu nebo několik domácností) a požární (pro odběr vody při požárním zásahu) [3].

Podle vztahu k nepropustnému podloží lze rozlišit studny na úplné a neúplné (resp. dokonalé a nedokonalé). Úplná studna prochází celou zvodnělou vrstvou a sahá až k nepropustnému podloží. Neúplná studna zasahuje pouze do horní části zvodnělé vrstvy [3].

Podle hladiny jsou rozlišovány studny s volnou hladinou a s napjatou hladinou. Studna má napjatou hladinu v případě, že po porušení nepropustné vrstvy vystoupá hladina výše, než byla naražena při hloubení [3].

Podle konstrukce rozlišujeme studny na trubkové (jehlové), trubní (vrtané) a šachtové.

### ***Trubkové studny***

Trubkové studny, zvané též jehlové studny nebo jehly, jsou nejjednodušším typem trubních studní. Jsou to ocelové trubky, nejčastěji průměru 30 až 80 mm, dlouhé 1 až 2 m, navzájem spojené šroubením. Dole na výšku asi 1 m jsou děrovány (nejméně 5% děrování). Zakládají se beraněním, zatlačováním, zavrtáváním, vplavováním nebo zavibrováním do zvodnělých vrstev [2].

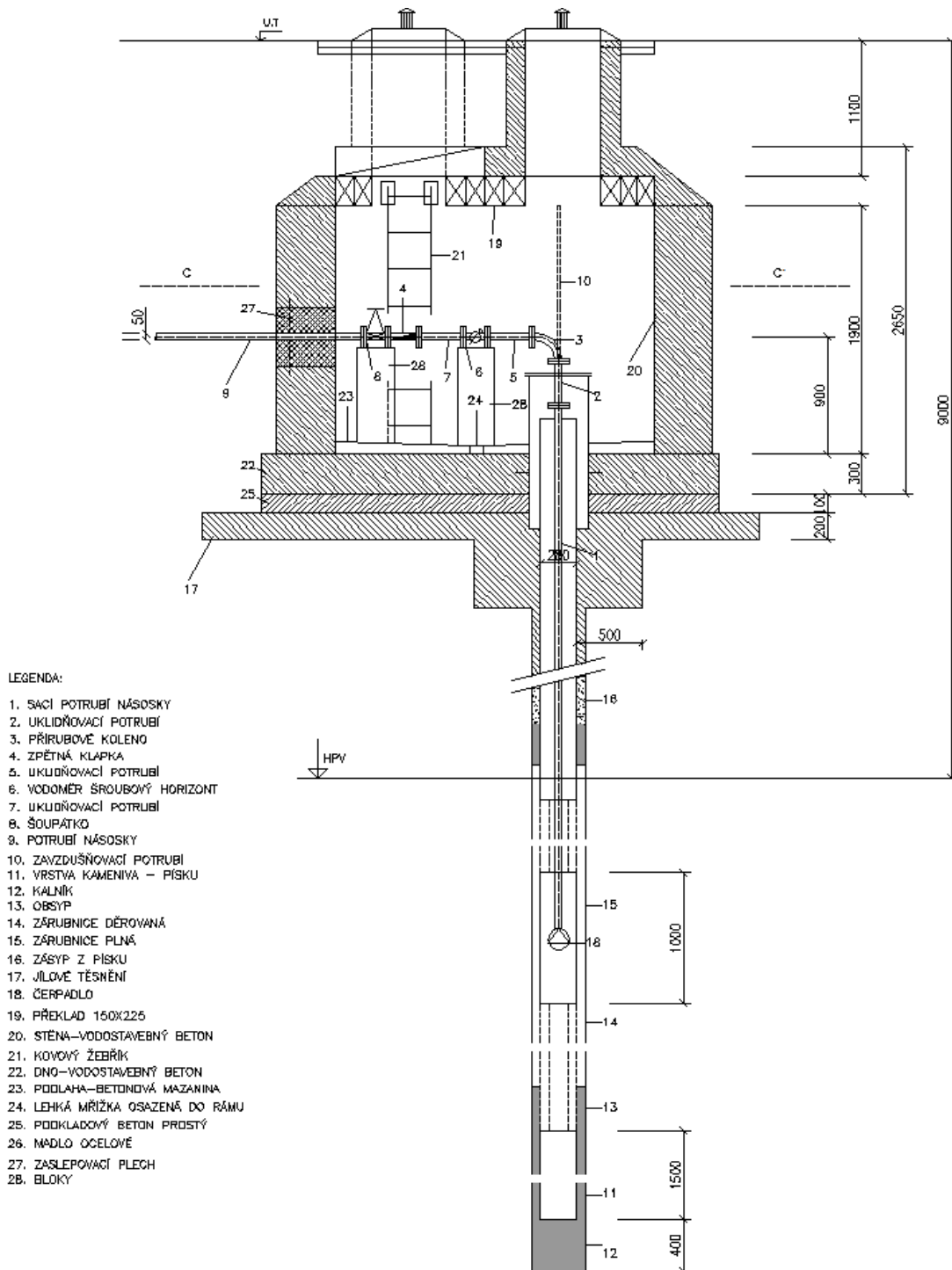
Trubkové studny se po splnění účelu mohou vytáhnout ze země a lze je znovu použít na jiném místě. Slouží tak pouze pro individuální odběry, ve vodárnách nejsou používány.

### ***Trubní studny***

Trubní studny jsou výhodné k jímání většího množství vody z rozlehlých štěrkopískových údolních náplavů, v nichž je možné založit řadu jímacích objektů a nelze zajistit odběr vody jiným druhem jímání. Dále jimi lze umožnit odběr vody z hlubokých zvodnělých vrstev. Trubní studny jsou nevhodné pro přerušovaný provoz, poněvadž hydraulické rázy se přímo přenášejí na zvodnělé prostředí, a tím může dojít k většímu zanesení obsypu a zapískování studny [2].

Trubní studny můžeme rozlišovat podle různých hledisek. Je to především účel, kterému má studna sloužit. Podle toho se řídí též její vybavení nebo případné hygienické zajištění. Z hlediska navrhování a provádění vrtaných trubních studní je základní rozdělení

podle geologických útvarů s ohledem na fyzikálně mechanické vlastnosti hornin. Podle hydrogeologických podmínek se trubicí studny dělí na studny o volné hladině a studny artézské. Oba typy mohou být buď úplné, jímají-li vodu po celé výšce zvodnělé vrstvy, nebo neúplné, jímají-li podzemní vodu jen z části zvodnělé vrstvy. Konečně dělíme studny podle průměru vrtu na studny maloprůměrové (220 mm), středoprůměrové (od 245 do 475 mm) a velkopřůměrové (nad 530 mm) [2].



Obr. 7 Vrtaná studna

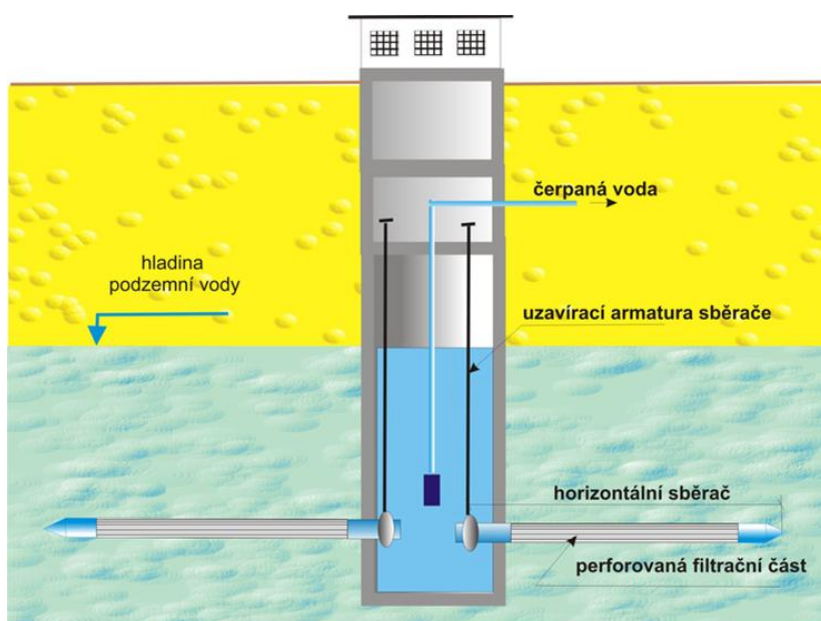
## Šachtové studny

Používají se pro jímání většího množství vody. Jejich zřizování je hospodárné do hloubky asi 15 m (dále se neúměrně zvyšují náklady). Předností šachtových studní je velká styková plocha pláště a zvodnělé vrstvy, což umožňuje zmenšovat vtokové rychlosti a zamezit vplavování písku do studny. Šachtové studny se stavějí z cihelného zdiva, betonu nebo prefabrikovaného železobetonu a dále se rozdělují na [3]:

- *kopané* - průměr do 1,5 m, které jsou spíše pro individuální zásobování. Často se studniční plášť kopaných studní vytváří ze železobetonových prstencových skruží, které se ve zvodnělé vrstvě osazují nasucho, aby spárami mohla do studny přitékat voda;
- *spouštěné* - mají vnitřní průměr 3-6 m. Nejprve se vykope stavební jáma o hloubce nejméně 2 m a na dno se uloží studňový věnec se zabetonovaným ocelovým břitem, který usnadňuje klesání studny. Pomocí bednění se vybetonuje plášť studny do výše 1 m nad terén. Potom se začne těžit zemina ze dna studny, studna klesá a nadezdívá se.

### 3.1.3 Radiální studny

Představují tzv. kombinovaný způsob jímání, jsou složeny ze dvou základních konstrukčních vrtů: z vertikální šachtové studny a z horizontálních sběrných drénů. Průměr šachtové studny bývá zpravidla 4 - 6 m. Horizontální drény jsou perforované ocelové trubky, které se zatlačují ze šachtové studny hydraulickými lisami [3].



Obr. 8 Schéma studny s horizontálními sběrači [20]

## 4 SLEDOVÁNÍ PROVOZU VODNÍCH ZDROJŮ

Účelem je navrhnout potřebná opatření, nutná ke správnému provozování zdrojů pitné vody [8].

Základním požadavkem je určení způsobu a četnosti sledování jednotlivých jímacích objektů (vesměs vrtů), aby bylo možné znát v každém období aktuální vydatnost zdroje, jeho technický stav a s dostatečným předstihem informovat o jeho kapacitních problémech. Následně navrhnout technická opatření, nutná k docílení optimálního stavu [8].

Jedná se o návrh:

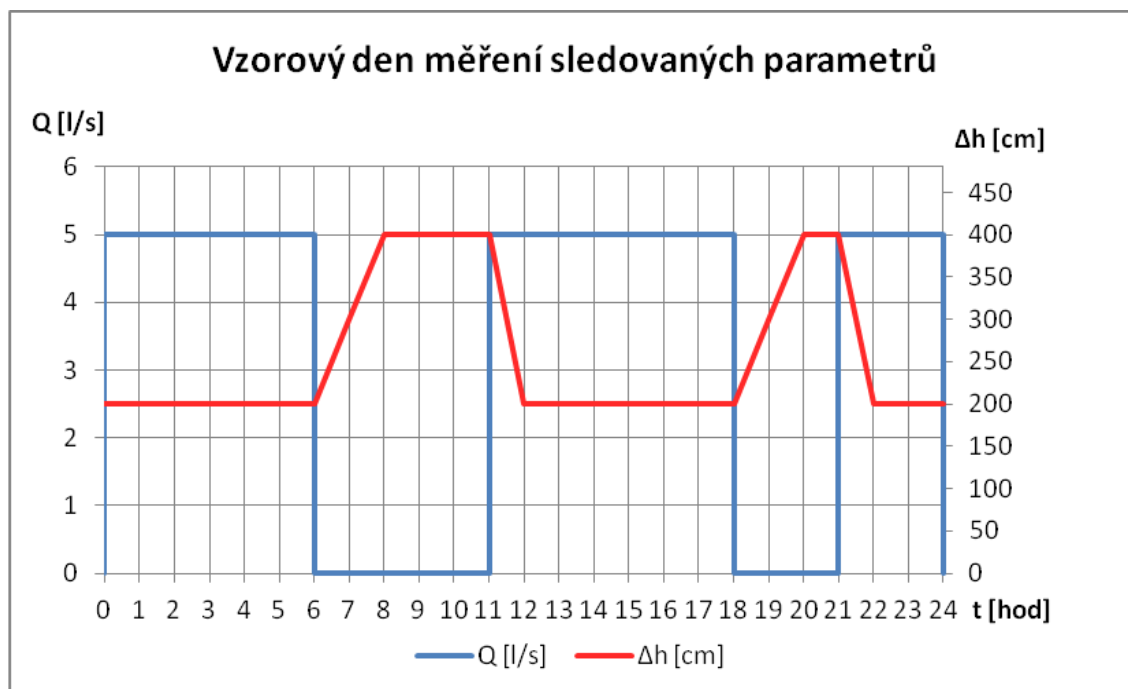
- sledovaných ukazatelů
- četnosti sledování
- technických opatření

**Tab. 4 Sledované parametry dle typu jímacího objektu**

Typ jímadla	Jímací objekt	Sledovaný parametr
Horizontální jímací objekty	Jímací zářez	průtok
	Jímací galerie	průtok
	Jímací štola	průtok
Vertikální jímací objekty	Trubkové studny	průtok, úroveň hladiny
	Trubní studny	průtok, úroveň hladiny
	Šachtové studny	průtok, úroveň hladiny
	Radiální studny	průtok, úroveň hladiny

V rámci bakalářské práce se zaměřím na návrh a popis sledovaných parametrů u vertikálních jímacích objektů, především tedy u vrtaných (trubních) studní, který je podrobně popsán v kapitole 4.2.

Příklad, jak by mohlo vypadat snímání sledovaných parametrů v jímacích vrtech během dne, je znázorněn na následujícím grafu.



**Graf 4 Vzorový den měření sledovaných parametrů**

Z grafu je patrné, že při výkonu čerpadla 5 l/s je hodnota snížení hladiny 2 m a doba čerpání 16 hodin. Od výkonu čerpadla se odvíjí doba čerpání a od té zase úroveň hladiny. Po dobu, kdy je podzemní voda odebírána (čerpána) z vrtu, je úroveň hladiny stabilizovaná na určité hodnotě. V okamžiku vypnutí čerpadla začne hladina rovnoměrně stoupat až se ustálí na hodnotě hladiny stabilizované bez odběru. Na této hodnotě setrvává do doby dalšího zapnutí čerpadla. V tomto okamžiku začne hladina rovnoměrně klesat opět na hodnotu hladiny stabilizované při odběru. Z hlediska ochrany konstrukce vrtu i horninového prostředí, by mělo být čerpání plynulé s minimálním počtem vypnutí. Ze stejného důvodu nesmí hodnota skutečného snížení překročit tzv. maximální snížení stanovené hydrogeologem.

Z hodnot uvedených v grafu můžeme dále určit průměrný denní odběr z vrtu a celkový odběr podzemní vody v daný den nebo v případě potřeby i za delší časové období.

Kromě jímacích vrtů slouží ke sledování a zaznamenávání potřebných parametrů ve vertikálních jímacích zařízeních také následující monitorovací systémy:

### Pozorovací vrty

Pozorovací vrty jsou určeny ke sledování hydrogeologických údajů, konkrétně k měření úrovně hladiny podzemní vody. Průběh a kolísání hladiny podzemní vody závisí na prostorové geometrii a na směru hydraulického gradientu. Výšková úroveň hladiny podzemní vody není časově stálá. Kolísá v závislosti na celé řadě faktorů, jako jsou například srážky, kolísání hladiny v povrchových vodotečích, umělých hydraulických zásazích a podobně. Proto je dlouhodobé pozorování úrovně hladiny podzemní vody velmi důležité. Ze zaznamenaných údajů, které nám poskytnou pozorovací vrty, máme přehled o funkčnosti jímacích objektů. Zvětšení rozdílu hladin mezi jímacím a pozorovacím vrtem signalizuje možný problém na vstrojení jímacího vrtu, respektive na jeho aktivní oblasti. V tomto případě by měla být realizována nápravná opatření směřující k obnovení původní vydatnosti vrtu. Při shodném trendu změny hladiny podzemní vody bude možné tuto změnu přisoudit změně klimatických podmínek. Pozorovací vrty nás tak mohou upozornit na měnící se zásoby podzemní vody.

V případě čerpání podzemní vody z více zvodní je vhodné vybudovat pro každou zvodně pozorovací vrt.

Pokud bychom chtěli sledovat úroveň hladiny podzemní vody také u horizontálních jímacích objektů, bylo by potřeba zřídit i zde pozorovací vrty.



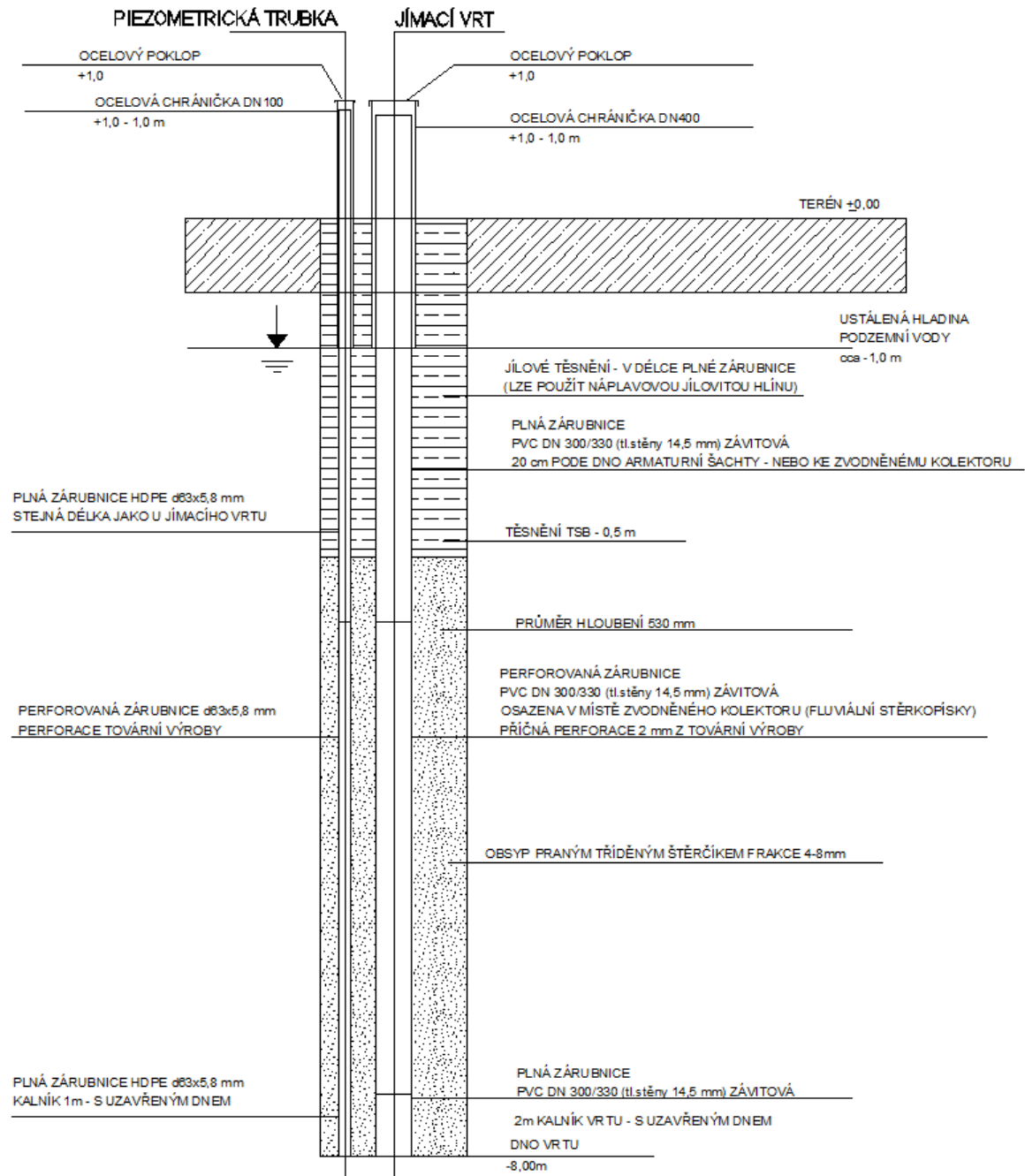
**Obr. 9** Pozorovací a jímací vrt v Rosicích [zdroj:Červenková]



**Obr. 10 Pozorovací vrt v Rosicích [zdroj: Červenková]**

### Piezometrická trubka

Piezometrická trubka se umísťuje do obsypu vrtu a slouží k monitorování vodního tlaku, respektive polohy hladiny podzemní vody. Na základě rozdílu hladin v jímacím vrtu a piezometrické trubce upozorňuje na poruchu v perforaci zárubnice.



Obr. 11 Piezometrická trubka [8]

Dodatečná realizace pozorovacího a piezometrického vrtu je možná a lze ji provést následovně:

- Pozorovací vrt o průměru cca 100 cm umístit 6 - 10 m od jímacího vrtu, realizace je poměrně bezproblémová.
- Piezometrický vrt je možné dodatečně realizovat například následující technologií:

Vrty jsou hloubeny metodou ztracených hrotů pomocí např. malých vibračních vrtacích souprav o průměru 7 - 9 cm. Sestava prefabrikovaného filtru o vnějším průměru 34 - 65 mm je dopravena vnitřkem vrtacích kolon do požadované polohy. Filtr je propojen pomocí PE hadice o průměru 10 x 12 mm s povrchem. Izolace provrtaných poloh je provedena pomocí bentonitových ucpávek [18].

## 4.1 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ - VYBAVENÍ VRTŮ

### Snímače hladiny

Za účelem sledování hladiny ve vrtech by měly být vrty osazeny ponornými snímači hladiny, které mají kontinuální výstup. Ustálená hladina by měla být měřena od zhlaví. Sonda se potom spustí do perforovaného drenážního potrubí, které by mělo být bodově připevněno k výtlačnému potrubí nebo k přírubám tak, aby nedošlo k zvlnění. Průměr drenážního potrubí by měl být min. 63 mm a více, pokud to dovolí průměr vrtu. Průměr sondy bývá cca 3,5 cm. Spouštění do ochranného perforovaného potrubí je za účelem ochrany sondy, která se často omotá kolem výtlačného potrubí vlivem víření vody při čerpání [8].

Při běhu čerpadla bez vody by měly být do vrtu dále osazeny sondy EZH, které jsou válcové o průměru 15 mm a snadno se spouštějí kolem vrtu. Také tyto sondy se doporučuje do vrtu spouštět v ochranných potrubích připevněných k výtlačnému potrubí [8].

### Snímače průtoku

Vodoměry na výtlačku z vrtů se osadí elektronickými optosnímači, které budou sloužit k získávání informací o průtoku a spotřebě. Výstup optosnímače má otevřený kolektor a jeden impuls se rovná 1l. Z tohoto údaje se v řídicím systému přepočítává okamžitý průtok a spotřeba. Nepřesnost optosnímače se pohybuje kolem 5% [8].

### **Kabeláž k vrtu**

Kabeláž k vrtu by měla být provedena stíněnými kabely s měděnými jádry vhodnými pro uložení do země. Kabely by měly být uloženy v chrániče po celé délce ve výkopu 80x40 cm v rostlém terénu a ve výkopu 110x40 cm pod komunikací. V obou případech v pískovém loži a překryty červenou silnostěnnou fólií umístěnou 40 cm nad kabeláží. Pro signály ze snímačů by mohl být použit kabel do země, např. typ TCEPKPFLE 4x2x0,8 a pro přívod NN do korkovacího rozvaděče např. kabel CYKY-J 4x průřez dle délky, min. však 2,5 mm<sup>2</sup> [8].

### **Svorkovací pilíř**

U vrtu by mohl být osazen plastový pilíř s přechodovou svorkovnicí, přes kterou by byly napojeny snímače. Pilíř by byl vybaven temperací a zásuvkou 230V pro servisní účely, odjištěnou proudovým chráničem s reziduálním proudem 30mA [8].

## **4.2 MONITORING JÍMÁNÍ PODZEMNÍ VODY**

### **Měření úrovně hladiny v jímácích objektech**

Sledování stavu hladiny v jímácích objektech v průběhu dne je znázorněno na grafu 4. Při čerpání podzemní vody z vrtů mohou nastat dva stavy hladiny. Hladina snížená, tj. hladina stabilizovaná při odběru (čerpání) a hladina ustálená, tj. hladina stabilizovaná v době bez odběru. Měření úrovně hladiny podzemní vody v čerpaných objektech (jímácích vrtech) je tedy třeba provádět vždy při odběru (čerpání) podzemní vody a po vypnutí čerpadla. U záznamu o měření je nutné uvést čas měření. Odečet by měl být proveden automaticky při povelu od hladiny v příslušné akumulaci "zapni".

### **Sledování čerpaných množství podzemní vody z jednotlivých jímácích objektů**

Četnost sledování čerpaných množství podzemní vody z jednotlivých jímácích objektů během dne je také znázorněna na grafu 4. Z naměřených hodnot pak lze stanovit průměrný odběr vody během dne, celkový odběr vody v daný den a v případě potřeby průměrný nebo celkový odběr podzemní vody za delší časové období. Naměřené hodnoty by měly být evidovány v sumě od posledního měření, přičemž je nutné vždy uvést přesný čas měření. U pramenišť, kde nelze sledovat odběr podzemní vody z jednotlivých jímácích objektů, by měla být uváděna souhrnná hodnota ze společně měřených objektů.

### **Měření úrovně hladiny podzemní vody**

Sledování úrovně hladiny podzemní vody by mělo být prováděno v pozorovacích vrtech vždy ve stejnou dobu jako u čerpaných objektů (jímacích vrtů). Ze zjištěných rozdílných trendů změn úrovně hladiny podzemní vody v čerpaných a pozorovacích vrtech pak bude možné posoudit míru funkčnosti stávajících jímacích objektů, zejména jeho filtrů. V případě zvětšení rozdílu hladin mezi jímacím a pozorovacím vrtem budou okamžitě realizovány kontrolní práce spojené se zajištěním kvality filtru vrtu a jímací schopnosti vodního zdroje, včetně kamerové zkoušky, případně s technickým stavem čerpací techniky. Naopak při shodném trendu změny hladiny podzemní vody bude možno případný pokles, respektive nástup hladiny podzemní vody, přisoudit změně klimatických podmínek [8].

### **Sledování odběrných proudů čerpadel v jímacích objektech**

Současně se zaznamenáním okamžitého průtoku čerpadla každý den, se doporučuje odečíst a uložit též hodnotu odběrového proudu čerpadla. Zvýšení hodnoty odběrného proudu může znamenat blížící se poruchu čerpadla [8].

### **Hydrogeologické vyhodnocení naměřených hodnot**

Průběžné sledování hodnot by měl provádět automaticky software příslušného dispečinku vždy, když příslušný údaj přijde. Signálem pro vysílání alarmu bude rozdíl hladin mezi jímacím a pozorovacím objektem do 0,5 m v pěti po sobě následujících dnech nebo nad 0,5 m okamžitě. U okamžitého průtoku a odběrového proudu pokud dojde k odchylce o 10 % od sledovaného průměru. Uvedené hodnoty bude možné měnit na základě provozních zkušeností. Vznik relevantní databáze se předpokládá po měsíci provozu, kdy může být spuštěna automatická kontrola. Předpokládá se, že dalších minimálně šest měsíců by měl probíhat zkušební provoz systému a to samostatně na každém zdroji [8].

Minimálně jedenkrát za rok by měly být veškeré naměřené hodnoty z jednotlivých jímacích území hydrogeologicky vyhodnoceny. Při tomto vyhodnocení by byly vzaty v úvahu i převzaté hodnoty denních úhrnů srážek za příslušná hodnocená období s případným vyhodnocením denních průtoků vody ve vodotečích, protékajících v blízkosti jímacích území. Závěry hydrogeologických zhodnocení by pak obsahovaly případné návrhy úpravy režimu jímání podzemní vody z jednotlivých jímacích území [8].

Nejpozději po prvním hydrogeologickém vyhodnocení režimních měření z jednotlivých pramenišť by měly být stanoveny všechny hodnoty minimální úrovně hladiny podzemní vody v čerpaných i pozorovacích objektech [8].

### **Evidence vypnutí čerpadel v jímacích objektech**

V průběhu exploatace podzemní vody z jednotlivých jímacích objektů je potřeba průběžně vést evidenci vypnutí čerpadel v jímacích objektech, a to z důvodu dosažení minimální předepsané úrovně hladiny podzemní vody ve vrtu. Před zahájením sledování bude nutné posoudit aktuální umístění blokovací hladiny pro každý konkrétní jímací objekt a to po konzultacích s hydrogeologem. Je třeba uvědomit si, že zde uváděná blokovací hladina nechrání čerpadlo před během na "sucho", ale vrt před škodlivým zvýšením vtokové rychlosti. Blokování čerpadla může být zabezpečeno ještě samostatným elektrodoým zařízením [8].

### **Kamerové prohlídky jímacích vrtů**

V pravidelných, nejlépe pětiletých intervalech, se doporučuje realizovat kamerové prohlídky jímacích vrtů. Při těchto prohlídkách by byla současně provedena revize čerpadla. Naopak při poruše čerpadla, v průběhu jeho výměny, by bylo účelné provést rovněž kamerovou prohlídku, pokud předchozí nebyla provedena v kratší době než 3 roky [8].

## **4.3 ŘÍDÍCÍ SYSTÉMY A PŘENOSY DAT**

Doposud bylo prováděno osobní sledování přímým měřením, které se dělo jedenkrát týdně až jedenkrát měsíčně, většinou bez následného vyhodnocení. Proto se zavádí následné opatření. Ve většině případů je potřeba na objektech vodních zdrojů doplnit systém telemetrie, sestávajícím z řídicího systému PROMOS a radiomodemu CDA70 od fa CONEL pro začlenění do stávající radiové sítě. Dispečerské pracoviště bude doplněné novými mozaikami se schémata vodních zdrojů a ukládání dat z vrtů bude provedeno dle potřeb monitoringu. Archivní soubory pro vodní zdroje pak budou samostatně začleněny do dispečerského pracoviště, oddělené od objektů s pitnou vodou nebo kanalizačních objektů z důvodu snazšího přehledu a srovnání potřebných dat v různých obdobích [8]. Tento způsob měření a přenosu dat nevyžaduje téměř žádný zásah obsluhy a v případě potřeby upozorní pracovníky na poruchu.

## **5 IMPLEMENTACE NÁVRHU NA KONKRÉTNÍ LOKALITĚ**

### **5.1 REVITALIZACE JÍMACÍHO ÚZEMÍ ZAJEČÍ**

#### **5.1.1 Popis současného stavu**

Zdrojová část Skupinového vodovodu (SV) Velké Pavlovice byla vybudována v 70-tých letech. Jeho součástí bylo prameniště (jímací území) Zaječí s čerpací stanicí surové vody a úpravna vody v Zaječí. Později byla zvýšena kapacita prameniště realizací dalších jímacích vrtů a sběrné studny se samostatnou čerpací stanicí. Současně probíhala intenzifikace úpravny vody Zaječí na maximální kapacitu až 45 l/s. Technologická linka a potrubní rozvody uvnitř úpravny vody byly průběžně rekonstruovány, takže jsou nyní v poměrně dobrém stavu.

Pitná voda je čerpána z akumulace na úpravně vody do vodojemu Zaječí a odtud gravitačně odtéká do SV Velké Pavlovice. Ten zajišťuje zásobování pitnou vodou pro 16 obcí s celkovým počtem cca 17 800 obyvatel.

Postupem času byl SV Velké Pavlovice propojen se SV Hustopeče a tím bylo umožněno zásobování SV Hustopeče i ze zdroje Zaječí. SV Hustopeče zajišťuje zásobování pitnou vodou pro 18 obcí s celkovým počtem cca 25 800 obyvatel. Deficit v kapacitě zdrojů pitné vody pro SV Hustopeče je nutno pokrýt ze zdroje Zaječí.

Jeden z hlavních důvodů pro realizaci revitalizace jímacího území Zaječí je následující:

- Vlivem kolmatace okolí vrtu je snížena vydatnost stávajících jímacích objektů v jímacím území Zaječí. Zvýšení kapacity jímacích objektů regenerací vrtů již není možné a bude nutno vybudovat jímací objekty nové. Násosky přivádějící vodu z jímacích objektů jsou zainkrustované, nemají dostatečnou kapacitu a je třeba vybudovat nové, s vyšší kapacitou.

#### **5.1.2 Popis navrhovaných opatření**

V jímacím území Zaječí budou realizovány nové jímací a pozorovací vrty. Budou zde položeny nové potrubní řady, včetně napájecích a signalizačních kabelů pro přenos údajů o stavu hladiny a odběru z každého vrtu. Tato opatření umožní sledování aktuálního

stavu v podzemní vodonosné vrstvě a zajistí řízený odběr v závislosti na přírodních podmínkách. Opuštěné vrty včetně šachet budou zrušeny a odstraněny. V návaznosti na zkapacitnění jímacího území bude intenzifikována i čerpací stanice surové vody, na které budou provedeny stavební úpravy nutné pro vyšší výkon čerpací stanice a zajišťující funkčnost strojního zařízení.

### **5.1.3 Vrtné práce a vystrojení vrtů**

V rámci revitalizace jímacího území Zaječí se počítá s realizací nových jímacích vrtů napojených na tři násoskové větve, a to „Novomlýnskou násosku I“, „Přítluckou násosku I“ a „Přítluckou násosku II“. Stávající jímací vrty napojené na Novomlýnskou násosku I a Přítluckou násosku I budou nahrazeny novými jímacími vrty. Přítlucká násoska II s novými jímacími vrty se vybuduje JV od stávající Přítlucké násosky I [15].

Za účelem zkvalitnění monitoringu podzemních vod budou v blízkosti nových jímacích vrtů, ve vzdálenosti minimálně 5,0 m, vyvrtány vrty pozorovací. Každý jímací vrt i s vrtem pozorovacím bude umístěn v samostatné oplocence [15].

Jímací vrty budou vždy uváděny jako HV s příslušným číslem vrtu a označením J jako jímací. Vrty pozorovací budou označovány jako PV s příslušným číslem vrtu [15].

Všechny nové hydrogeologické vrty (jímací i pozorovací) budou provedeny jako hydraulicky úplné, tj. v celé mocnosti provrtají kvartérní fluviální sedimenty a paleogenní sedimenty v podloží provrtají v mocnosti max. 1,0 m u vrtů pozorovacích a max. 2,0 m u vrtů jímacích [15].

### ***Technologický postup vrtaných prací***

Hydrogeologické jímací i pozorovací vrty budou realizovány technologií tzv. bezjádrového nárazovotočivého vrtání s pažením.

#### Jímací vrty

Budou vrtány profilem minimálně 530 mm a vrty budou následně vystrojeny zárubnicemi s perforací tovární výroby - PVC DN 300/330 (tl. stěny 14,5 mm), závit, perforace příčná tl. 2 mm. Perforované zárubnice budou osazeny v místě zvodněných kolektorů (tj. fluviálních štěrkopísků). Délka horní plné zárubnice musí být taková, aby byla o cca 20 cm delší a nebo minimálně kopírovala hloubku armaturní šachty. V případě, že mocnost povodňových hlín bude větší než hloubka armaturní šachty, bude plná zárubnice dosahovat až na bázi tohoto svrchního souvrství [15].

Pro možnost sledování skoku hladiny podzemní vody na plášti vrtu bude v mezikruží každého jímacího vrtu osazena piezometrická trubka z HDPE o průměru 63 mm, tl. stěny 5,8 mm. Délka piezometrické trubky se doporučuje stejná jako délka jímacích vrtů s tím, že perforovaná část bude stejná jako u vrtu jímacího [15].

#### Pozorovací vrty

Budou vrtány profilem cca 420 mm a budou následně vystrojeny zárubnicemi PVC o průměru 225/10 mm, v místě zvodnělých kolektorů perforovanými (perforace příčná, tl. 2 mm) [15].

V dolní části všech jímacích vrtů bude z plné zárubnice proveden kalník s uzavřeným dnem v délce 2,0 m. U vrtů pozorovacích postačí kalník dlouhý maximálně 1,0 m [15].

Mezikruží mezi stěnou vrtu a výstrojí jímacího i pozorovacího vrtu bude vyplněno filtračním obsypem – praným tříděným štěrčíkem o zrnitosti 4/8 mm. Horní část mezikruží v celé délce plné zárubnice bude vyplněno jílovým těsněním s 0,5 m mocným těsněním TSB v nadloží filtračního obsypu [15].

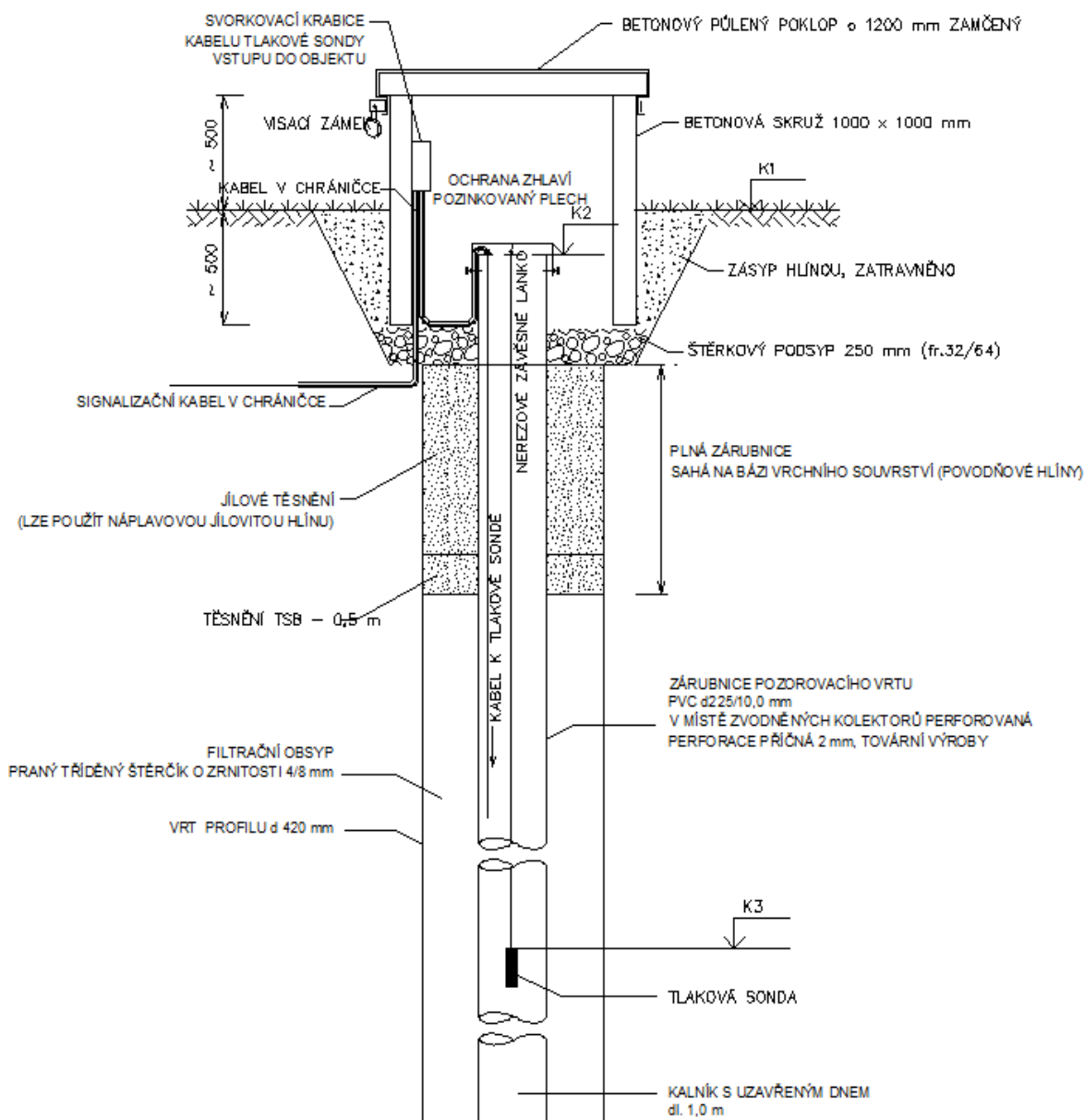
#### Zhlaví jímacích i pozorovacích vrtů

Bude opatřeno 2 m dlouhými ocelovými ochrannými pažnicemi vyvedenými 1,0 m nad terén. Tyto ochranné pažnice budou opatřeny poklopem na šroub a v délce 1,0 m pod terénem zabetonovány. Dále budou natřeny a označeny číslem vrtu. Od budování ochranných ocelových pažnic chránících zhlaví jímacích vrtů bude možné upustit v případě, že budování armaturních šachet bude následovat bezprostředně po skončení hydrodynamických zkoušek. V takovémto případě se zhlaví vrtů bude chránit pouze PVC poklopy [15].

K zárubnicím z PVC i z HDPE musí být doložen atest na jejich použití pro pitné účely [15].

Vrtmistr v průběhu vrtání bude odebírat dokumentační vzorky hornin a dále zaznamená u každého jímacího i pozorovacích vrtu hloubku naražené a ustálené hladiny podzemní vody a také zaznamená případné mimořádné události [15].

Po vystrojení se každý hydrogeologický jímací vrt a také vrt pozorovací pročistí čerpáním tak dlouho, až poteče čistá voda. Při čišťení vrtů musí být čerpaná podzemní voda vhodným potrubím a nebo hadicí odváděna na předem určené místo tak, aby nedošlo k devastaci terénu podmáčením [15].



Obr. 12 Vystrojení pozorovacího vrtu

#### 5.1.4 Hydrodynamické zkoušky

Za účelem ověření vydatnosti a stanovení využitelného množství podzemní vody budou v realizovaných hydrogeologických jímacích vrtech provedeny hydrodynamické zkoušky.

Dle normy „Zkoušky zdrojů podzemní vody“ se bude jednat o tzv. krátkodobé (orientační) čerpací zkoušky v délce 2 dnů s následnou 1-denní zkouškou stoupací, a to postupně na každém hydrogeologickém jímácím vrtu (tj. celkově 15 orientačních čerpacích a stoupacích zkoušek). Vrty pozorovací budou sloužit jako objekty k měření hladiny podzemní vody v průběhu jednotlivých hydrodynamických zkoušek (tj. čerpacích a stoupacích zkoušek) [15].

Na základě výsledků těchto individuálních hydrodynamických zkoušek bude vždy na jímácích vrtech v rámci příslušné násosky postupně provedena společná poloprovozní jímací zkouška v délce 28 dní s navazující minimálně 7-denní zkouškou stoupací. Na Novomlýnské násosce I bude společně jímáno z pěti nových jímácích vrtů, na Přítlucké násosce I bude společně jímáno ze 6ti nových jímácích vrtů a na Přítlucké násosce II bude společně jímáno ze 4 nových jímácích vrtů. Ve vrtech pozorovacích bude v průběhu společných jímácích i stoupacích zkoušek opět měřena hladina podzemní vody. V průběhu hydrodynamických zkoušek musí být odstaveny mimo provoz stávající jímací vrty vždy na příslušné násosce. O průběhu hydrodynamických zkoušek se budou vést příslušné provozní záznamy. Jímaná voda z jednotlivých hydrogeologických jímácích vrtů bude již novými násoskami dopravována do sběrných jímek u čerpací stanice surové vody, odkud bude čerpána do úpravní vody [15].

Množství čerpané vody bude měřeno vodoměrem nebo měrnou nádobou a hladiny podzemní vody budou měřeny elektrokontaktním hladinoměrem. V průběhu všech hydrodynamických zkoušek se budou také zaznamenávat údaje o teplotě podzemní vody a o stavu počasí [15].

Předpokládaná vydatnost  $Q = \text{konst.}$  bude u jednotlivých hydrogeologických vrtů činit v průměru cca 5 až 10 l/s. Na základě výsledků orientačních hydrodynamických zkoušek zpracuje odpovědný řešitel podrobné dispozice na realizaci společných poloprovozních čerpacích zkoušek. Na základě jejich výsledků pak bude stanoveno exploatační množství podzemní vody [15].

### **5.1.5 Vzorkovací a laboratorní práce**

V průběhu realizace vrtných prací budou odebírány z jednotlivých petrografických změn u každého vrtu (jímacího i pozorovacího) dokumentační vzorky hornin a ukládány do normovaných dřevěných vzorkovnic. Vzorkovnice se vzorky hornin potom budou po ukončení vrtných prací uloženy u investora až do doby jejich skartace [15].

Na konci krátkodobé čerpací zkoušky bude z každého nového jímacího vrtu odebrán vzorek podzemní vody a odvezen do akreditované laboratoře za účelem zjištění jeho základních fyzikálně-chemických ukazatelů, případně ukazatelů bakteriologických. Parametry kvality vody stanovované v průběhu čerpacích zkoušek: pH, železo, mangan, CHSK(Mn), acidita, alkalita, tvrdost, CO<sub>2</sub> volný, amonné ionty, dusičnany, chloridy, sírany, konduktivita [15].

Další vzorky podzemní vody budou odebírány ze všech nových hydrogeologických vrtů v průběhu společné poloprovozní čerpací zkoušky takto [15]:

- cca po 10 dnech jímání a následně cca po 20 dnech jímání na tzv. základní fyzikálně-chemický, případně bakteriologický rozbor,
- na konci poloprovozní jímací zkoušky na celkový fyzikálně-chemický, případně bakteriologický rozbor dle přílohy č.1 vyhlášky MZdr. č. 254/2004 Sb. v aktuálním znění.

### **5.1.6 Hydrogeologické práce**

Veškeré technické a laboratorní práce v rámci akce intenzifikace jímacího území Zaječí budou realizovány jako podrobný průzkum (jímací a pozorovací vrtv v rámci Příkladné násosky II) nebo doplňkový hydrogeologický průzkum (jímací a pozorovací vrtv v rámci Novomlýnské násosky I a Příkladné násosky I), a to v souladu se zákonem č. 62/1988 Sb. o geologických pracích v aktuálním znění a na základě něho vydaných platných vyhlášek [15].

### **5.1.7 Závěr**

V souladu s obecným popisem v kap. 4 budou objekty vybaveny následovně: Za účelem sledování hladiny ve vrtech jímacích i pozorovacích, budou vrtv osazeny ponornými snímači hladiny. Vodoměry na výtlačku z vrtů budou osazeny elektronickými optosnímači, které budou poskytovat informace o průtoku a spotřebě. Budou zde napájecí a signalizační kabely pro přenos údajů o stavu hladiny a odběru z vrtu. Kabely budou uloženy v chrániče, pískovém loži a budou překryty červenou silnostěnnou fólií.



**Obr. 13** Prameniště Zaječí [zdroj: Červenková]

## 5.2 REVITALIZACE JÍMACÍHO ÚZEMÍ TROUBSKO

### 5.2.1 Popis vodního zdroje

Jímací území Troubsko se nachází v hydrogeologické struktuře Troubsko-střelické kotliny, jihozápadně od obce Troubsko. Je tvořen čtyřmi hydrogeologickými vrty HV 1, HV 101, HV 102 a HV 301. Vrt HV 1 byl vyhlouben v roce 1963, vrty HV 101 a HV 102 v roce 1975 a vrt HV 301 v roce 2008 [16].

**Tab. 5 Základní údaje o jímacích objektech**

označení	rok zprovoznění	hloubka [m]	průměr [mm]	nadm. výška poklopu [m n.m.]	výstroj
HV 1	1963	60	225/18,5	280,00	HDPE
HV 101	1975	40	325	277,80	ocel
HV 102	1975	40	325	281,25	ocel
HV 301	2008	60	400/23,7	277,12	HDPE

### 5.2.2 Způsob čerpání

Voda z vrtů je čerpána do VDJ Střelice a odtud je dále dodávána do spotřebiště. Spínání čerpadel je řízeno hladinou ve VDJ Střelice [16].

Desinfekce vody je zabezpečena chlornanem sodným dávkovaným do VDJ Střelice [16].

### 5.2.3 Hydrogeologické posudky

Hydrogeologický průzkum jímacího území byl zakončen závěrem, že ze tří vrtů HV 1, HV 101 a HV 102 lze při snížení hladiny vody 9 m odebírat 12 l/s. V roce 2003 byl zpracován hydrogeologický posudek o možnostech a podmínkách většího vodárenského využívání podzemních vod „Střelice - jímací území,“. Závěr uvádí, že při optimálním způsobu využívání lze ze stávajících jímacích vrtů odebírat množství cca 15 l/s, přičemž toto množství by bylo možné odebírat pouze z nejvydatnějšího vrtu - HV 102 a ostatní nechat jako pozorovací [16].

V roce 2004 byla provedena regenerace všech tří vrtů a ověření současného technického stavu výstroje vrtu HV 102 s výsledkem uspokojivým [16].

V roce 2006 byl převrtán nejstarší vrt HV 1 vrtem HV 1A. Vrt hloubky 60 m byl vystrojen HDPE pažnicí o průměru 225/18,7 mm. Na vrtu byla provedena čerpací zkouška 56+2 dny a dopočtem byla zjištěna vydatnost  $Q_p = 5,0$  l/s,  $Q_{max} = 7,79$  l/s s tím, že deprese při snížení hladiny vody o 9 m neovlivní stávající vrty HV 101 a HV 102 a nebudou čerpány statické zásoby podzemní vody. Mimo bakteriologické závadnosti voda vyhovovala k použití bez úpravy [16].

V roce 2008 byl vyhlouben jímací vrt HV 301. Vrt byl ukončen 60 m pod terénem a vystrojen HDPE zárubnicí o průměru 400/23,7 mm. Vrt je situován cca 160 m ve východním směru od vrtu HV 101. Na základě dopočtu čerpacích zkoušek bylo stanovené  $Q_{max} = 5,64$  l/s, při snížení hladiny podzemní vody o 12 m a dosahu depresivního kužele do vzdálenosti 181,8 m [16].

#### 5.2.4 Povolená množství

**Tab. 6 Povolená množství odběru vody z JÚ**

JÚ	[l/s]	[m <sup>3</sup> /měsíc]	[m <sup>3</sup> /rok]
Troubsko	14	37 500	320 000

#### 5.2.5 Skutečné odběry

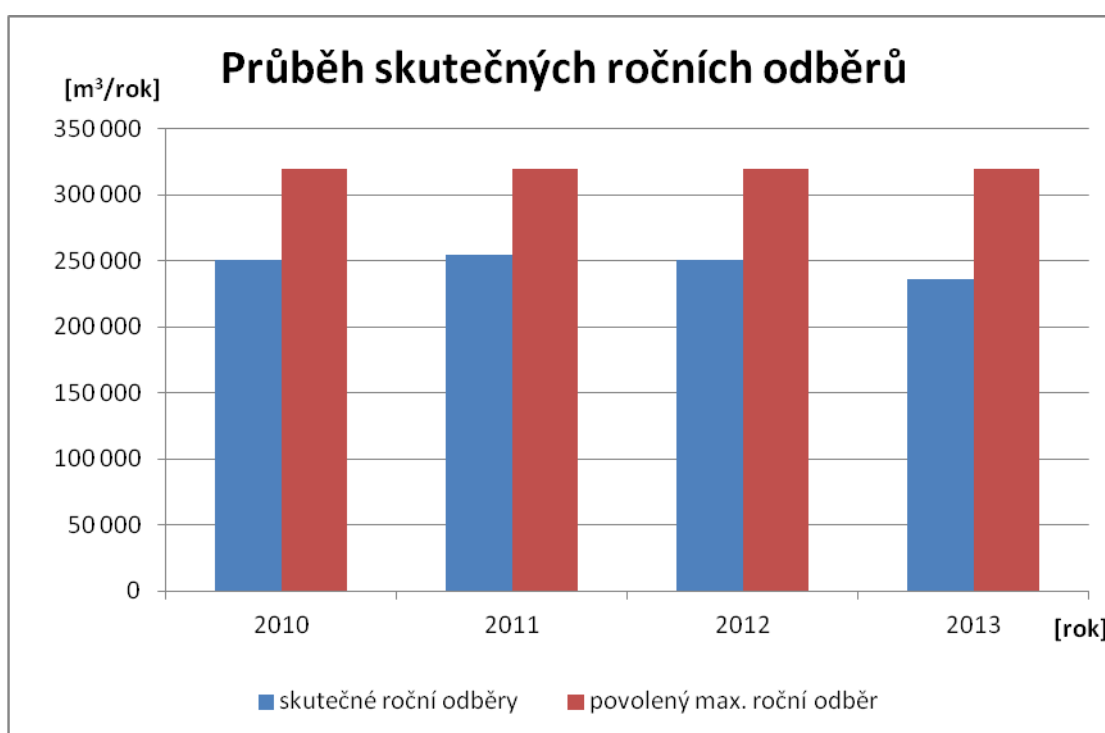
Jako vstupní data pro hodnocení skutečných odběrů ze zdroje byly využity odečty vodoměru v týdenních intervalech [16].

**Tab. 7 Bilanční hodnoty za uvedené období**

rok	$Q_p$ měsíční	$Q_{max}$ měsíční
	l/s	l/s
2010	8,05	9,59
2011	8,18	9,27
2012	8,05	10,69
2013	7,60	9,64

**Tab. 8 Procentuální roční využití JÚ**

rok	skutečnost	povolené	%
	m <sup>3</sup> /rok	m <sup>3</sup> /rok	
2010	250 272	320 000	78,2
2011	254 449		79,5
2012	250 277		78,2
2013	236 294		73,8



**Graf 5 Průběh skutečných ročních odběrů**

### 5.2.6 Kvalita vody

Na podzim roku 2003 se projevilo krátkodobé zhoršení kvality vody ve vrtu HV 101 - zvýšený obsah železa a manganu. Vrt byl krátkodobě odstaven a provedením karotáže bylo vyloučeno vniknutí vody z půdního horizontu. Následnou regenerací byl uveden do vyhovujícího stavu [16].

## 5.2.7 Závěr

Ve všech jímacích objektech je třeba sledovat denní i okamžitá jímaná množství podzemní vody, současně je třeba sledovat ve všech jímacích objektech úroveň hladiny podzemní vody.

Sledování hladiny podzemní vody v horninovém prostředí hydrogeologické struktury v prostoru jímacího území bude prováděno ve stejných termínech, jako u čerpaných objektů (jímacích vrtů) a to ve stávajícím objektu HV 1, který bude zařazen jako pozorovací.

V souladu s obecným popisem v kap. 4 budou objekty vybaveny následovně:

Jímací i pozorovací vrty budou osazeny ponornými snímači hladiny ke sledování hladiny ve vrtech. Informace o průtoku a spotřebě budou poskytovat elektronické optosnímače umístěné na vodoměrech na výtlaku z vrtů. Napájecí a signalizační kabely pro přenos údajů o stavu a odběru z vrtu budou uloženy v chrániče a pískovém loži.

Pro detailní sledování případných změn technického stavu jímacích vrtů, případně i hydrogeologických změn v horninové struktuře by bylo účelné opatřit pozorovacími objekty i zbývající jímací vrty HV 101, HV 102 a HV 301. Návrh umístění pozorovacího vrtu k jímacímu vrtu HV 301 je znázorněn na obrázku níže (Obr. 14 Jímací vrt Troubsko).



**Obr. 14 Jímací vrt Troubsko [zdroj: Červenková]**

## 6 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala analýzou současného stavu sledování zdrojů podzemní vody - vrtů, z hlediska jejich kvantitativního využívání a monitorování kvality vody. V první části práce byla zkoumána nejprve obecná fakta o využívání podzemní vody v České republice, doplněna konkrétními příklady využití podzemní vody, kterými jsou Brno a Praha. Bylo uvedeno, že Brno je zásobeno podzemní vodou z cca 85 - 90% a Praha z cca 30%. Pozornost byla věnována také využití podzemní vody v zahraničí, konkrétně na Slovensku, v Rakousku, Německu, Itálii, Polsku, Anglii a Walesu a Severním Irsku.

V další části obsahuje práce stručný přehled technického řešení jímání podzemních vod. Byly zde uvedeny způsoby jímání jak podzemní, tak i povrchové vody.

Cílem této práce bylo také zpracovat vzorový návrh monitorování podzemního vodního zdroje, způsob a četnost sledování navržených parametrů a z toho plynoucí nároky na technické vybavení jímacích objektů. Následovala tedy část, zabývající se podrobným popisem sledovaných parametrů u vertikálních jímacích objektů, konkrétně tedy u vrtaných (trubních) studní, kterými jsou např. měření úrovně hladiny v jímacích objektech, sledování čerpaného množství podzemní vody z jednotlivých jímacích objektů a měření úrovně hladiny podzemní vody. Byla zde zmíněna i důležitost pozorovacích vrtů, které slouží společně s jímacími vrty k měření a zaznamenávání výše uvedených parametrů.

Součástí práce byla implementace návrhu na konkrétní zdroj podzemní vody. Implementace byla provedena na dvou lokalitách, Zaječí a Troubsko. U obou lokalit byl nejprve popsán současný stav, poté následoval popis návrhových opatření. U jímacího území Zaječí byla jedním z hlavních důvodů pro revitalizaci kolmatace, jejímž vlivem byla snížena vydatnost stávajících jímacích objektů a bylo nutné vybudovat jímací objekty nové. Násosky přivádějící vodu z jímacích objektů byly zainkrustované a bylo potřeba vybudovat taktéž nové. Pro zkvalitnění monitoringu podzemních vod bylo navrženo vybudování vrtů pozorovacích v blízkosti nových jímacích vrtů. Za účelem sledování hladiny ve vrtech jímacích i pozorovacích bylo navrženo osadit vrty ponornými snímači hladiny. K získání informací o průtoku a spotřebě byly navrženy elektronické optosnímače, umístěné na vodoměrech na výtlačku z vrtů. U druhé lokality, Troubska, které je tvořeno čtyřmi hydrogeologickými vrty, byly taktéž navrženy ponorné snímače hladiny ke sledování hladiny ve vrtech a elektronické optosnímače podávající informace o průtoku a spotřebě. Pro detailní sledování případných změn technického stavu jímacích vrtů,

případně i hydrogeologických změn v horninové struktuře zde bylo doporučeno opatřit jímací vrty pozorovacími objekty.

Závěrem lze konstatovat, že návrh sledování potřebných parametrů ve vrtech popsany v kapitole 4, představuje ideální stav, kterého se snažíme dosáhnout. Proto by bylo vhodné budovat vrty zcela nové, které by byly vybaveny dle požadavků. Ne vždy je to ale možné. Mnohdy lze uskutečnit pouze částečnou revitalizaci daného území u něhož se provedou nejnnutnější opatření ke zlepšení jímacích schopností.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] OŠLEJŠEK, CSC., Doc. Ing. Jiří. *Vodárenství I: Návody pro cvičení*. první. Praha: SNTL, 1978, 210 s.
- [2] ROTH, J. a P. KROUPA. *Vodárenství I*. Praha: SNTL, 1970.
- [3] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Vodárenství: A. Úprava vody*. Brno, 2006.
- [4] Slovensko regionální geografie. *Katedra geografie Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci* [online]. 2008 [cit. 2013-11-17]. Dostupné z: <http://geography.upol.cz/soubory/lide/smolova/RGSR/ucebnice/fg/vodstvo/podpovrch.html>
- [5] Český hydrometeorologický ústav: Hydrologie - oddělení podzemních vod. *ČHMU Praha* [online]. 2013 [cit. 2013-11-17]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/opzv>
- [6] *Vodárenství.cz*. *Vodárenství.cz* [online]. 2013 [cit. 2013-11-17]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/kvalita-vody-v-evropske-unii>
- [7] Březovské přivaděče: akciová společnost. *Brněnské vodárny a kanalizace* [online]. 2005-2013 [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: <http://www.bvk.cz>
- [8] *Sledování provozu a údržby vodních zdrojů: Technická pomoc*. 2010.
- [9] KŘIVÁNEK, Oldřich a Miroslav KNĚŽEK. *Zdroje pitné vody v Káraném: Principy získávání vody v oblasti Káranéské vodárny*. 2001.
- [10] *VODÁRNA KÁRANÝ*. 2003.
- [11] *Trinkwasser für Wien*. 2003.
- [12] Základní principy hydrogeologie. *Metodická příručka MŽP* [online]. 2010 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: [www.mzp.cz/cz/metodiky\\_ekologicke\\_zateze](http://www.mzp.cz/cz/metodiky_ekologicke_zateze)
- [13] ČSN 75 5115. *Jímání podzemní vody*. Praha, 2010.
- [14] *Ochrana podzemních vod v Evropě*. Spain, 2008. ISBN 978-92-79-09813-0.
- [15] *Úpravna vody zaječí - intenzifikace a rekonstrukce: TECHNICKÁ ZPRÁVA*. 2013.
- [16] *Vodní zdroje Svazu vodovodů a kanalizací Ivančice*. Brno: Vodárenská akciová společnost, 2008.
- [17] Oběh vody na Zemi: Rozložení zásob vody na Zemi. *Fyzická geografie* [online]. 2013 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js13/fyz\\_geogr/web/pages/07-voda.html](http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js13/fyz_geogr/web/pages/07-voda.html)
- [18] *Nové trendy ve vrtací technice, výstroji vrtů a přístrojích pro vzorkování půdy a podzemní vody*. Praha: EKOTECHNIKA, 2006. ISBN 80-213-1492-3.
- [19] *Groundwater: Module 5*. 2007. ISBN 978-80-254-0425-6.

- [20] HERZÁN, Miroslav. *Studny - zásady pro vyhledávání zdrojů podzemní vody*. 2008. ISBN 978-80-7300-188-9.
- [21] KRČMÁŘ, Arnošt a Hubert KŘÍŽ. *Studia Geographica 89: Vliv geografických podmínek na využívání podzemní vody v jímacím území u Březové nad Svitavou*. 1987.
- [22] *Podzemní voda ve vodárenské praxi: Sborník přednášek z konference*. Dolní Morava: Vodovody a kanalizace Jablonné nad Orlicí, 2014.

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Využití vodních zdrojů v ČR .....	14
Tab. 2 Procentuální využití vodních zdrojů v ČR .....	15
Tab. 3 Procentuální využití podzemní vody z celkové vyrobené vody v ČR .....	16
Tab. 4 Sledované parametry dle typu jímacího objektu .....	32
Tab. 5 Základní údaje o jímacích objektech .....	48
Tab. 6 Povolená množství odběru vody z JÚ .....	49
Tab. 7 Bilanční hodnoty za uvedené období .....	49
Tab. 8 Procentuální roční využití JÚ .....	50

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rozdělení zásob vody na Zemi [17].....	9
Obr. 2 Štola násosky I. březovského vodovodu v prameništi Březová nad Svitavou [7] ...	18
Obr. 3 Portál štoly násosky I. březovského vodovodu [7] .....	19
Obr. 4 Štola násosky II. březovského vodovodu [7] .....	20
Obr. 5 Schéma umělé infiltrace v Káraném [9].....	21
Obr. 6 Horizontální jímací zářez .....	28
Obr. 7 Vrtaná studna.....	30
Obr. 8 Schéma studny s horizontálními sběrači [20].....	31
Obr. 9 Pozorovací a jímací vrt v Rosicích [zdroj:Červenková] .....	34
Obr. 10 Pozorovací vrt v Rosicích [zdroj: Červenková] .....	35
Obr. 11 Piezometrická trubka [8] .....	36
Obr. 12 Vystrojení pozorovacího vrtu .....	44
Obr. 13 Prameniště Zaječí [zdroj: Červenková].....	47
Obr. 14 Jímací vrt Troubsko [zdroj: Červenková] .....	51

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Využití vodních zdrojů v ČR .....	14
Graf 2 Procentuální využití vodních zdrojů v ČR .....	15
Graf 3 Procentuální využití podzemní vody z celkové vyrobené vody v ČR .....	16
Graf 4 Vzorový den měření sledovaných parametrů.....	33
Graf 5 Průběh skutečných ročních odběrů .....	50

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

č.	číslo
ČR	Česká republika
tis. m <sup>3</sup>	tisíc metrů krychlových
cca	přibližně
mm	milimetr
cm	centimetr
m	metr
l/s	litr za sekundu
VOV	Vírský oblastní vodovod
max.	maximum
mg/l	miligram na litr
°C	stupeň Celsia
km <sup>2</sup>	kilometr čtverečný
tj.	to je
např.	například
tzv.	takzvaný
PE	polyethylen
V	volt
mA	miliampér
SV	skupinový vodovod
JV	jihovýchodně
PVC	polyvinylchlorid
DN	světlost potrubí
tl.	tloušťka
HDPE	vysokopevnostní polyethylen
konst.	konstantní
tab.	tabulka
obr.	obrázek
NN	nízké napětí
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
Mn	mangan
pH	vodíkový exponent
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý

MZdr.	Ministerstvo zdravotnictví
HV	hydrogeologický vrt
m n.m.	metr nad mořem
VDJ	vodojem
$Q_p$	průměrný průtok
$Q_{max}$	maximální průtok
JÚ	jímací území