



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

# ZDROJE PITNÉ VODY A JEJICH TECHNICKÉ PROVEDENÍ

WATER RESOURCES AND THEIR TECHNICAL CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

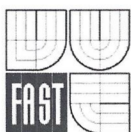
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. TOMÁŠ MACHAČ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ KUČERA, Ph.D.

BRNO 2015



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program** N3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby  
**Pracoviště** Ústav vodního hospodářství obcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Diplomant** Bc. Tomáš Machač  
**Název** Zdroje pitné vody a jejich technické provedení  
**Vedoucí diplomové práce** Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.  
**Datum zadání diplomové práce** 31. 3. 2014  
**Datum odevzdání diplomové práce** 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

.....  
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu



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



## Podklady a literatura

[1] AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. 4th ed. New York: McGraw-Hill, c1990, 1194 s. ISBN 0-07-001540-6.

[2] FINFRLOVÁ, Pavla. Příprava na krizovou situaci následkem sucha. Příprava na krizovou situaci následkem sucha [online]. 2010, roč. 1, č. 11 [cit. 2012-11-26]. ISSN 1804-7157. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/index.php/clanky/odborne/125-piprava-na-krizovou-situaci-nasledkem-sucha>

[3] LIN, Shun Dar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.

[4] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR. Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2010: Modrá kniha. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011. ISBN 978-80-7084-992-7. Dostupné z:

[http://eagri.cz/public/web/file/134470/Modra\\_zprava\\_2010\\_small.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/134470/Modra_zprava_2010_small.pdf)

[5] Water treatment handbook. 7th [English] ed. Rueil-Malmaison, France: Degremont, 2007. ISBN 978-2-7430-0970-0.

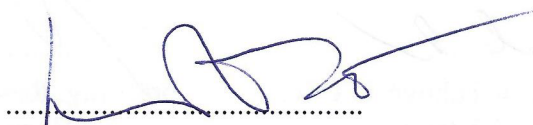
## Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Diplomová práce bude zaměřena na využití zdrojů pitné vody v ČR, jejich technické provedení a způsoby využívání. Cílem práce je sestavit postup pro hodnocení zdrojů vody, jak po stránce technické (stav konstrukce, soulad s normovými požadavky), tak i po stránce využití (kapacita, kvalita, sucho, povodně, atd.).

## Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

V dnešní době se stává stále aktuálnějším tématem obnova vodárenské infrastruktury. Postupná obnova je jedním z klíčových bodů pro dlouhodobé udržení kvalitního a bezporuchového provozu. Nejzákladnějším prvkem celého vodárenského systému jsou zdroje vody, které by při plánování obnovy neměly být opomíjeny. Tato práce se zabývá technickým provedením zdrojů pitné vody a je zaměřena hlavně na podzemní zdroje. Hlavní částí práce je návrh systému technického hodnocení podzemních zdrojů pitné vody pro veřejný vodovod. Účelem takového systému technického hodnocení je vytvoření nástroje, který umožní určit aktuální technický stav více zdrojů vody a porovnat je. Toto porovnání pak umožňuje v budoucnu vytvořit více efektivní plán obnovy.

## **ABSTRACT**

Nowadays, the renewal of water supply infrastructure is becoming increasingly hot topic. Gradual renewal is one of the key points for long-term maintenance of quality and trouble-free operation. The most basic element of the entire water supply system are water resources, which shouldn't be neglected during the planning of a renewal. This thesis deals with technical construction of drinking water resources and it is mainly focused on ground-water resources. The main part of the thesis is the design of a technical assessment system for underground drinking water resources for public water supply. The purpose of such system is to create a tool for technical assessment that will identify current technical status of multiple water resources and will compare them. This comparison enables to create more effective renewal plan in future.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

podzemní zdroje vody, pitná voda, technický stav, technické hodnocení, plán financování obnovy

## **KEY WORDS**

ground-water resources, drinking water, technical condition, technical assessment, plan for financing the renewal

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

MACHAČ, Tomáš. *Zdroje pitné vody a jejich technické provedení*. Brno, 2015. 95 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne .....

.....

podpis autora

Bc. Tomáš Machač

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Tomáši Kučerovi, Ph.D. za časté konzultace a připomínky, které mně pomohly při vytváření této práce.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Václavovi Kloubočnickovi z Vodárenské společnosti Chrudim a.s. za ochotu při poskytování informací a umožnění osobní návštěvy jímacího objektu přímo v terénu.



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ROZDĚLENÍ ZDROJŮ VODY A JEJICH VYUŽITÍ.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>POVRCHOVÉ ZDROJE VODY.....</b>	<b>6</b>
2.1.1	Historický vývoj .....	6
2.1.2	Využití povrchových zdrojů jako zdrojů pitné vody .....	7
<b>2.2</b>	<b>PODZEMNÍ ZDROJE VODY.....</b>	<b>8</b>
2.2.1	Historický vývoj .....	8
2.2.2	Využití podzemních zdrojů jako zdrojů pitné vody .....	9
<b>3</b>	<b>TECHNICKÉ PŘEVEDENÍ ZDROJŮ PODZEMNÍ VODY .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>VERTIKÁLNÍ JÍMACÍ ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>11</b>
3.1.1	Jehlové studny .....	12
3.1.2	Vrtané studny .....	12
3.1.3	Šachtové studny .....	15
3.1.4	Radiální studny .....	17
<b>3.2</b>	<b>HORIZONTÁLNÍ JÍMACÍ ZAŘÍZENÍ .....</b>	<b>18</b>
3.2.1	Jímací zářezy .....	18
3.2.2	Jímací galerie a štoly.....	19
<b>3.3</b>	<b>KOMBINOVANÉ JÍMACÍ ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>PODCHYCENÍ PRAMENŮ .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5</b>	<b>SPECIFIKA JÍMACÍCH OBJEKTŮ PODZEMNÍ VODY SLOUŽÍCÍ PRO VEŘEJNÝ VODOVOD.....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>SYSTÉM TECHNICKÉHO HODNOCENÍ ZDROJŮ PODZEMNÍ VODY .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>POPIS SYSTÉMU HODNOCENÍ.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>STAVEBNÍ ČÁST .....</b>	<b>27</b>
4.2.1	TS1 - Odvod povrchové vody .....	27
4.2.2	TS2 - Zabezpečení vstupu do objektu.....	28
4.2.3	TS3 - Stav stavební konstrukce.....	29
4.2.4	TS4 - Těsnost stavební konstrukce .....	33
4.2.5	TS5 - Stav elektroinstalací .....	35
<b>4.3</b>	<b>TECHNOLOGICKÁ ČÁST .....</b>	<b>36</b>
4.3.1	TT1 - Trubní vstrojení .....	36
4.3.2	TT2 - Zanášení jímacího zařízení .....	41
4.3.3	TT3 - Čerpací technika .....	42
4.3.4	TT4 - Měření a monitoring .....	43
<b>4.4</b>	<b>PROVOZNÍ ČÁST .....</b>	<b>47</b>
4.4.1	TP1 - Vydátnost a odběr .....	47
4.4.2	TP2 - Ohrožení suchem .....	49
4.4.3	TP3 - Jakost surové vody .....	52

---

<b>4.5</b>	<b>OCHRANA VODNÍHO ZDROJE .....</b>	<b>54</b>
4.5.1	TO1 - Stav ochranného pásma .....	54
4.5.2	TO2 - Zabezpečení před zdroji znečištění .....	55
<b>4.6</b>	<b>ZPŮSOB VYHODNOCENÍ.....</b>	<b>57</b>
4.6.1	Popis hodnocení .....	57
4.6.2	Zatřídění do kategorií.....	59
<b>5</b>	<b>PŘÍPADOVÁ STUDIE.....</b>	<b>61</b>
<b>5.1</b>	<b>POPIS ZDROJE.....</b>	<b>61</b>
<b>5.2</b>	<b>HODNOCENÍ ZDROJE .....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>75</b>
	<b>SUMMARY.....</b>	<b>76</b>

# 1 ÚVOD

V dnešní době se stává stále aktuálnějším problémem obnova vodárenské infrastruktury. Tyto problémy jsou způsobeny hlavně nedostatkem financí ze strany majitelů a také nedostatečným plánování obnovy postupně stárnoucí infrastruktury.

Každá část vodárenské infrastruktury má svojí určitou životnost, během které se postupně mění její technický stav až do bodu, kdy dojde k poruše a tato část musí být vyměněna či rekonstruována. V reálném provozu by za normálních podmínek neměl nikdy tento stav nastat, proto by měl majitel vodárenské infrastruktury plánovat včasnou obnovu svého majetku.

V České republice právě nastává doba, kdy velká většina vodárenské infrastruktury pomalu dosahuje hranice svojí životnosti a měla by být obnovena. Tato infrastruktura byla vybudována v době socialismu, kdy materiály nedosahovaly takové životnosti a odolnosti proti agresivním vlivům, jako je tomu dnes.

Tato práce je zaměřena zdroje vody, která je určena k pitným účelům. Velká část zdrojů vody byla vybudována v rozmezí 50. až 70. let. Lze říci, že jsou tyto zdroje v provozu průměrně již 55 let a může u nich docházet k častým poruchám. V souvislosti s jejich stářím by v nejbližších letech mělo docházet k jejich obnově.

V dnešní době omezeného rozpočtu je čím dál důležitější vhodně naplánovat obnovu těchto zdrojů v závislosti na jejich technickém stavu, aby se zajistila plynulost a bezporuchovost provozu. V rámci České republiky je přímo ze zákona uložena majitelům vodárenské infrastruktury, sloužící veřejnosti, povinnost vytvářet finanční rezervu na obnovu.

Při vytváření plánu obnovy může být obtížné vyhodnotit, který z provozovaných zdrojů je v horším technickém stavu, potažmo který ze zdrojů rekonstruovat (obnovit) nejdříve.

V průběhu plánování by byl vhodný nástroj, který by umožnil určit aktuální technický stav zdrojů vody a navzájem je porovnat.

Tato práce si bere za úkol vytvořit takovýto nástroj na hodnocení technického stavu zdrojů vody. Je samozřejmostí, že pro vytvoření takového nástroje je nejprve nutné si ozřejmit možnosti technického provedení zdrojů a legislativní (normové) požadavky na jejich provedení, aby bylo možné určit jejich technický stav.

Po domluvě s vedoucím práce, se tato práce soustředí hlavně na podzemní zdroje vody určené pro veřejný vodovod a to hlavně z důvodu rozsahu práce.

Účelem práce je vytvořit první verzi systému technického hodnocení zdrojů podzemní vody, který by mohl být v budoucnu použit jako nástroj v průběhu plánování obnovy vodárenské infrastruktury.

Vzhledem k faktu, že se bude jednat o první verzi hodnotícího systému zdrojů podzemní vody, nepředpokládá se, že systém bude plně funkční pro praktické použití. Hlavní ideou práce je vytvoření základu technického hodnocení zdrojů, na který budou moci navázat další práce, který systém zdokonalí a upraví pro potřeby praxe.

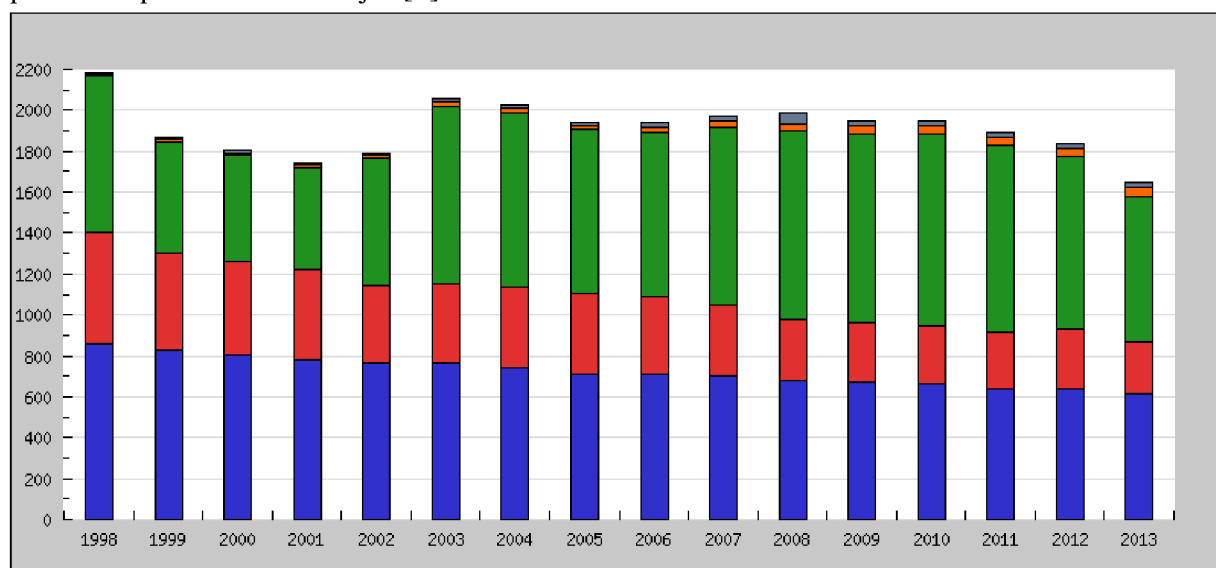
## 2 ROZDĚLENÍ ZDROJŮ VODY A JEJICH VYUŽITÍ

Nezákladnějším a obecně nejznámějším rozdělením zdrojů vody, které bylo již zmíněno výše, je rozdělení dle výskytu zdrojů v přírodě a to na zdroje podzemní a zdroje povrchové. Každý z těchto zdrojů má určitá specifika, které je nutné brát v úvahu, pokud chceme daný zdroj využít k odběrům vody dále určené pro úpravu na vodu pitnou. Samotná specifika zdrojů budou uvedena v následujících kapitolách.

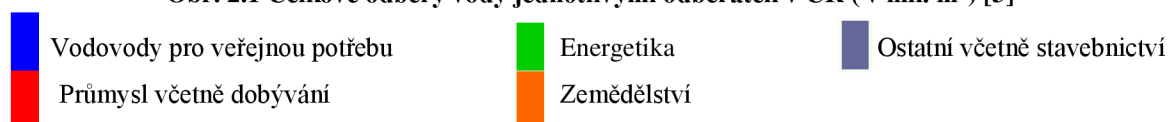
Dalším možným rozdělením je rozdělení zdrojů podle kvality surové vody ve zdroji. Toto rozdělení vychází z vyhlášky Ministerstva zemědělství č.428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Vyhláška stanovuje 3 kategorie surové vody - A1, A2 a A3, které jsou stanoveny na základě předem stanovených ukazatelů. U podzemních a povrchových zdrojů se při určování kategorie sleduje až 40 ukazatelů. Výsledná kategorie surové vody reprezentuje upravitelnost, resp. způsob úpravy surové vody, která by se měla provést, aby byla voda vhodně upravena na vodu pitnou. Je samozřejmostí, že dané ukazatele surové vody během roku kolísají a není možné jednoznačně surovou vodu zařadit do kategorie. Při velké rozkolísanosti hodnot můžeme využít tzv. indexu upravitelnosti, který je průměrem naměřených hodnot ukazatelů za dané časové období. Podle vypočtené hodnoty indexu upravitelnosti následně určíme kategorii surové vody. Další doplňující informace ohledně kvality vody ve zdrojích budou uvedeny v samostatné kapitole níže v této práci. [1]

Co se týče vlastních odběrů vody ze zdrojů, tak se v roce 2013 odebralo v ČR celkem 1649,8 mil. m<sup>3</sup> surové vody. Do tohoto čísla jsou započítány pouze evidovaní odběratelé, kteří odeberou 6000 m<sup>3</sup>/rok nebo 500 m<sup>3</sup>/měsíc. Z povrchových zdrojů bylo odebráno asi 1278,6 m<sup>3</sup> vody (cca 77,5%) a z podzemních zdrojů asi 371,2 m<sup>3</sup> vody (cca 22,5 %). [2]

Dále z celkového množství odebrané vody bylo odebráno 618,3 mil. m<sup>3</sup> do vodovodů pro veřejné zásobování pitnou vodou (což dělá asi 37,5 % z celkového množství odběrů). Poměr mezi povrchovými a podzemními zdroji v odběrech pro vodovody vychází v prospěch povrchových zdrojů a to asi 51% (314,8 mil. m<sup>3</sup>), zbylá část vody 49 % (303,5 mil. m<sup>3</sup>) pochází z podzemních zdrojů. [2]



Obr. 2.1 Celkové odběry vody jednotlivými odběrateli v ČR (v mil. m<sup>3</sup>) [3]



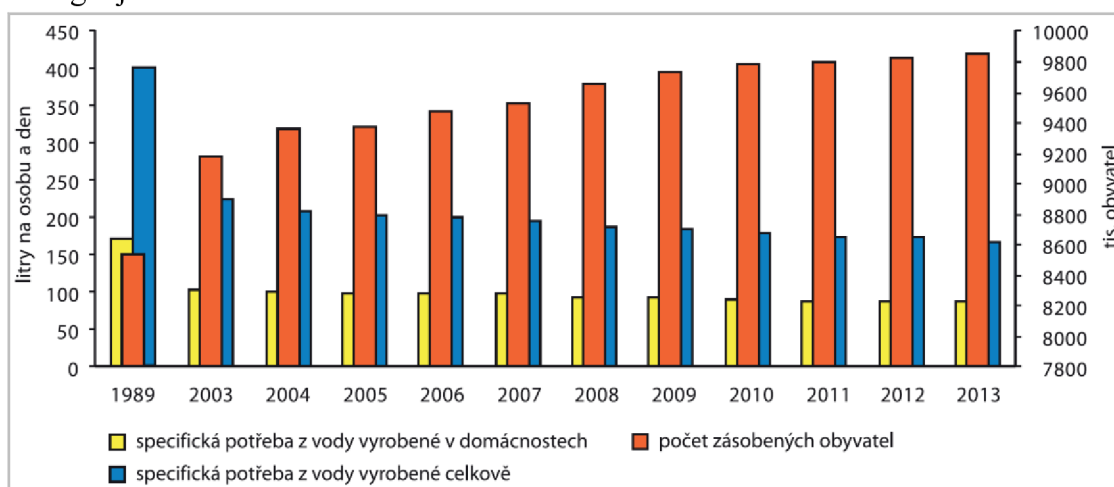
Z obrázku 1.1 je zřejmé, že odebírané množství vody (tudíž i spotřeba) má klesající trend. Dále je možné vypořádat, že největší množství odebrané vody je spotřebováno v oblasti energetiky. V energetickém průmyslu je voda využívána hlavně v chladicích systémech elektráren. Voda odebraná ze zdrojů se kromě oblastí vodárenství a energetiky využívá i průmyslu (např. v podobě provozních vod), zemědělství (v podobě závlah) a také stavebnictví.

Co se týče zásobování pitnou vodou, tak bylo v roce 2013 dle Českého statistického úřadu (dále jen ČSÚ) zásobováno 9,854 mil. obyvatel České republiky, tj. 93,8 % z celkového počtu obyvatel. Dle údajů ČSÚ bylo vyrobeno celkem 600,2 mil. m<sup>3</sup> pitné vody určené k realizaci. Za úplatu bylo dodáno (fakturováno) 471,8 mil. m<sup>3</sup> pitné vody. Ztráty vody na síti dosáhli 106,3 mil. m<sup>3</sup>, tj. 17,9 % z vody určené k realizaci. [2]

Tab. 2.1 Zásobování vodou z vodovodů v letech 1989 a 2007-2013 [2]

Ukazatel	Měrná jednotka	1989	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Obyvatelé (střední stav)	tis. obyvj.	10 364	10 323	10 430	10 491	10 517	10 495	10 509	10 511
Obyvatelé skutečně zásobování vodou z vodovodů	tis. obyvj.	8 537,0	9 525,0	9 664,2	9 733,0	9 787,5	9 805,4	9 823,1	9 854,4
	%	82,4	92,3	92,7	92,8	93,1	93,4	93,5	93,8
Voda vyrobená z vodovodů	mil. m <sup>3</sup> /rok	1 251,0	683,0	667,1	653,3	641,8	623,1	623,5	600,2
	% k 1989	100,0	54,6	53,3	52,2	51,3	49,8	49,8	48,0
Voda fakturovaná celkem	mil. m <sup>3</sup> /rok	929,4	531,7	516,5	504,6	492,5	486,0	480,7	471,8
	% k 1989	100,0	57,2	55,6	54,3	53,0	52,3	51,7	50,8
Specifická potřeba z vody vyrobené	l/os. den	401,0	196,0	188,0	184,0	180,0	174,0	173,8	166,8
	% k 1989	100,0	48,9	46,9	45,8	44,8	43,4	43,3	41,6
Specifické množství vody fakturované celkem	l/os. den	298,0	153,0	146,0	142,0	137,9	135,8	134,1	131,1
	% k 1989	100,0	51,3	49,0	47,7	46,3	45,6	45,0	44,0
Specifické množství vody fakturované pro domácnost	l/os. den	171,0	98,5	94,2	92,5	89,5	88,6	88,1	87,1
	% k 1989	100,0	57,6	55,1	54,1	52,3	51,8	51,5	50,9
Ztráty vody na 1 km řadů	l/km den	16 842,0 <sup>1)</sup>	4 893,0	4 889,0	4 705,0	4 673,0	4 220,0	4 351,0	3 856,9
Ztráty vody na 1 zásob. obyvatele	l/os. den	90,0 <sup>1)</sup>	36,0	37,0	35,0	35,0	32,0	33,0	29,5

Z tabulky 2.1 a z jejího grafického vyjádření (Obr. 2.2) je možno pozorovat, že spotřeba pitné vody má taktěž klesající trend, navzdory stoupajícímu počtu připojených obyvatel. Tento klesající trend je zapříčiněn hlavně šetřením vody ze strany spotřebitelů v domácnosti a stále se snižující potřebou provozní vody spotřebičů (např. myčky, pračky, toalety atd.). Avšak dá se říci, že za poslední roky specifická spotřeba vody v domácnostech spíše stagnuje.



Obr. 2.2 Vývoj počtu zásobovaných obyvatel a specifické, potřeby vody fakturované v letech 1989 a 2003-2013 [2]

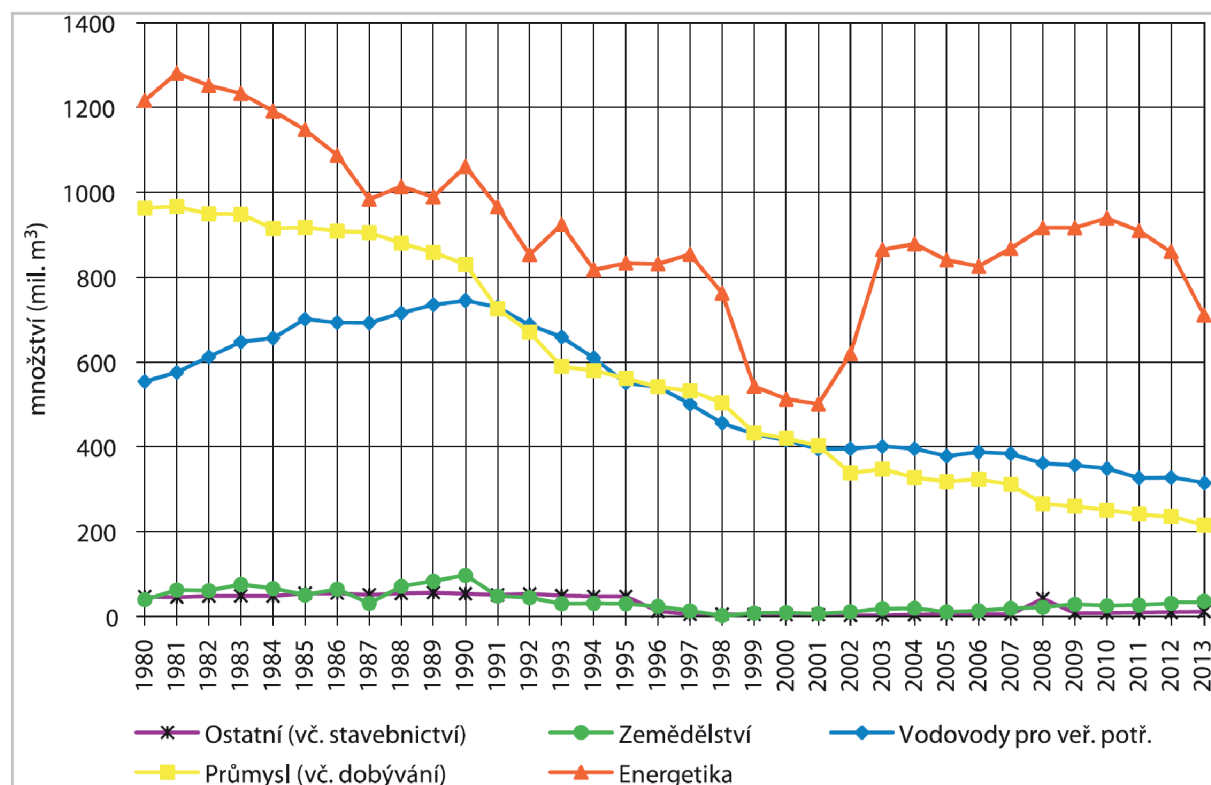
## 2.1 POVRCHOVÉ ZDROJE VODY

Povrchové zdroje surové vody můžeme rozdělit na stojaté (nádrže) a tekoucí (vodní toky). Voda z těchto zdrojů se obecně vyznačuje horší kvalitou než z podzemních zdrojů, často kolísající, a proto vyžadují vyšší stupně úpravy před použitím pro pitné účely.

### 2.1.1 Historický vývoj

V období před rokem 1989 se v České republice postupně rozrůstala vodárenská infrastruktura a vzrůstal také počet připojených obyvatel na veřejný vodovod. V téže době byla také průmyslová výroba na svém vrcholu. Bylo nutné proto vytvářet dostatečně kapacitní zdroje s ohledem na zabezpečení dodávky surové vody. Pokud jde o zabezpečení dodávky pitné vody, byly ideálním řešením pro tento účel vodárenské nádrže. Například nejstarší vodárenská nádrž na našem území byla postavena již v roce 1896 - Vodárenská nádrž na Ušovickém potoce.

V případě odebírání vody z vodních toků nastává možný problém se zabezpečením dodávky, kvůli častému kolísání hladiny vody a následným změnám kvality vody. Tudíž by odběratel, který využívá jako zdroj vody vodní tok, neměl mít tento zdroj jako pouze jediný, ale měl by mít možnost odebírat vodu z dalšího zdroje. Proto se postupně odběry z vodních toků ruší a dnes jsou už v provozu jenom zřídka (hlavně pokud jde o zdroje využívané pro vodárenství).



Obr. 2.3 Odběry povrchových vod v České republice v letech 1980-2013 [2]

Jak už bylo řečeno výše, odebíraná voda ze zdrojů je využívána v různých odvětvích. Na obrázku 2.3 je znázorněn vývoj odběrů od roku 1980 - 2013. Znovu je zde zřejmý klesající trend v odběru vody. Je zde také vidět velký nárůst odběrů pro energetický průmysl od roku 2001 do roku 2003, o což se z velké části zasloužilo uvedení jaderné elektrárny Temelín



do provozu, kde je voda používána jako chladicí médium turbíny a následně je vypařována v chladících věžích.

## 2.1.2 Využití povrchových zdrojů jako zdrojů pitné vody

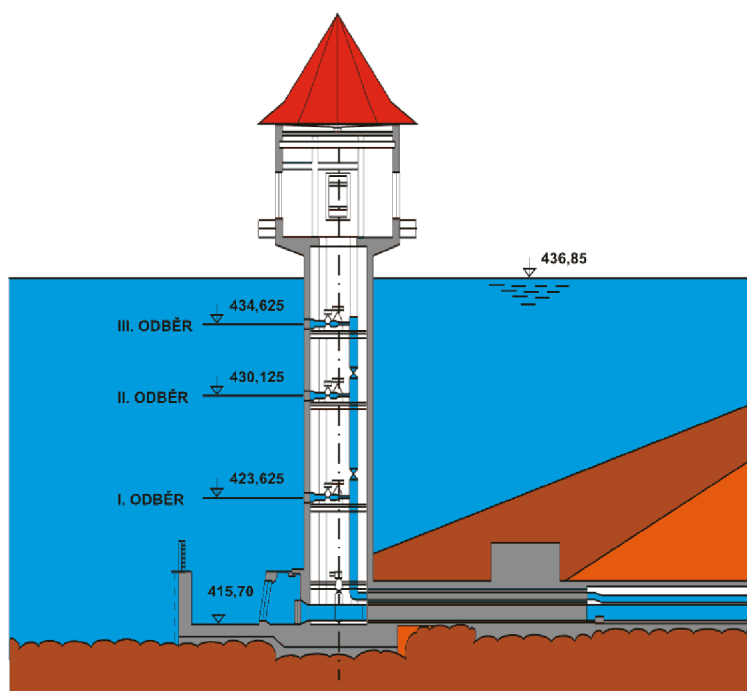
Jak již bylo zmíněno, více než polovina celkově odebrané surové vody, určené k výrobě vody pitné, pochází z povrchových zdrojů. Nicméně úprava povrchových vod na vodu pitnou sebou nese vyšší provozní náklady na úpravu vody a to hlavně z důvodu proměnlivé kvality.

Povrchové vody se vyznačují větší chemickou rozmanitostí než vody podzemní, obsahují větší množství organických látek, malé koncentrace oxidu uhličitého a poměrně vysoké koncentrace rozpuštěného kyslíku. Koncentrace kyslíku ve vodě je závislá na teplotě, obsahu biologicky rozložitelných látek a na fotosyntéze, je to jeden ze základních ukazatelů kvality povrchové vody. Hodnoty pH se u povrchových vod pohybují v rozmezí 6 - 8,5. Nižší hodnoty se mohou objevit u vod z rašelinišť, vyšší u eutrofizovaných vod. [4]

Při úpravě vody z povrchového zdroje se používají postupy k odstranění zákalu, organických látek, suspenzí, často je třeba zlepšovat organoleptické vlastnosti.

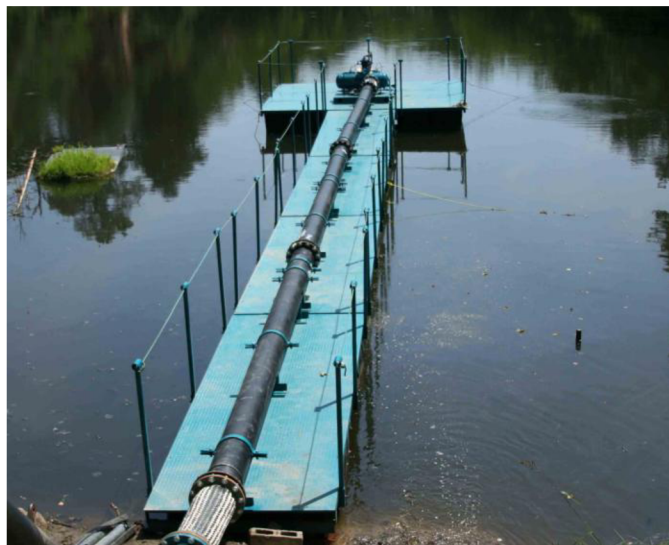
Samotné jímání povrchové vody se uskutečňuje v jímacích objektech. Jímací objekty povrchových vod můžeme rozdělit na objekty pro tekoucí vody a pro stojaté vody. V tekoucích vodách se pro jímání používají jímadla břehová a řečištní.

Jímání vody z vodních nádrží může být uskutečněno v tzv. věžových objektech, což je asi nejpoužívanější způsob. Ve věžových objektech bývají alespoň tři odběrné otvory umístěné v různých hloubkách, které odebírají vodu v každém období z nejpříznivější zóny. U nádrží totiž dochází k tzv. stratifikaci. Stratifikace je jev, kdy se v různých hloubkách vyskytuje voda různé kvality a to v závislosti na ročním období. Ke stratifikaci dochází u nádrží s hloubkou vody větší než 10 m. Samotné odběrné otvory musejí být samostatně uzavíratelné a musí být chráněny česly před vnikáním plovoucích látek. [4]



Obr. 2.4 Řez věžovým odběrným objektem VD Chřibská [5]

Dále se voda z nádrží může jímat pomocí plovoucích objektů, které mají tu přednost, že umožňují odběr z určité hloubky pod hladinou bez ohledu na kolísání hladiny.



Obr. 2.5 Plovoucí odběrný objekt [6]

Vzhledem k tomu, že je tato práce zaměřena hlavně na podzemní zdroje vody, nebude technické řešení zdrojů povrchových vod dále rozváděno. Popis jímacích objektů povrchových vod výše v textu má sloužit spíše jako orientační přehled možného technického řešení.

## 2.2 PODZEMNÍ ZDROJE VODY

Podzemní vody se nacházejí pod povrchem území v půdě a v nesoudržných horninách, kde vyplňují póry mezi zrny a puklinami.

Z hlediska fyziky se vodárensky využívá tzv. voda gravitační (či volná), která je soustředěna pod povrchem území a pohybuje se vlivem gravitačních sil. Prostor v zemině, kde se vyskytuje gravitační voda se nazývá zvodnělá vrstva (či zvodeň). Zvodnělá vrstva může mít volnou nebo napjatou hladinu (artézské podzemní vody). Mocnost vrstvy může dosahovat až několik desítek metrů. [4]

Dále se rozlišuje podzemní voda na stojatou a proudící.

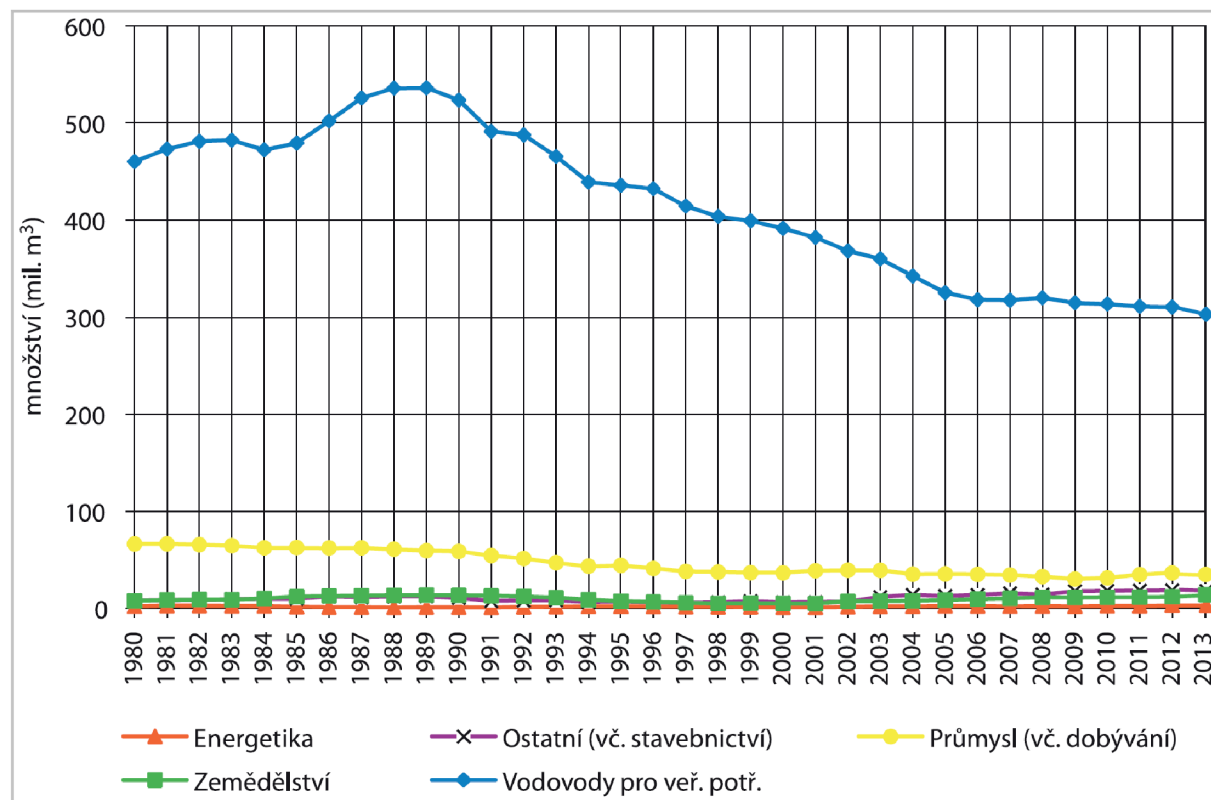
### 2.2.1 Historický vývoj

Studny se budovaly již od starověku. Už ve starém Egyptě se studny i vrtaly (primitivními ručními zařízeními nárazovým způsobem) a mnohdy i do značných hloubek. Ve středověku se mnohé studny kopaly nebo i hloubily hornickým způsobem (šachty). Například na hradech kopali studny i za cenu velkých nákladů tak hluboké, dokud na vodu nenarazili, protože sloužily jako důležitý zdroj vody v případech obléhání. [7]

Obecně lze říci, že podzemní vody jsou jako zdroj pitné vody vhodnější, jelikož jsou lépe chráněny před znečištěním (v závislosti na hloubce výskytu). Obvykle mívají vyhovující kvalitu a často je lze použít buď přímo bez nebo s minimální úpravou jako vodu pitnou, což snižuje výrobní náklady. [4]

Co se týče odběrů vody, tak i u podzemních zdrojů platí, že dochází k postupnému snižování celkových ročních odběrů, i když lze mluvit o postupné stagnaci. Vzhledem

k nadměrné spotřebě vody v letech před rokem 1989, byly navrženy dostatečně kapacitní zdroje. Dá se říci, že některé ze zdrojů podzemní vody jsou až předimenzované vzhledem k aktuální spotřebě vody.



Obr. 2.6 Odběry podzemních vod v České republice v letech 1980-2013 [2]

Na obrázku 2.6 je vidět postupný vývoj odběrů podzemní vody od roku 1980 až do roku 2013. Od roku 1989 nastalo postupné snižování odběrů až do dnešní doby. Také lze z obrázku vidět, že většina odebrané vody z podzemních zdrojů je využívána k výrobě pitné vody.

Zabezpečení dodávky vody je v případě podzemních zdrojů poněkud komplikovanější. Pohyb hladiny podzemní vody (potažmo objem podzemní vody) nelze v období sucha regulovat, tak jako v případě povrchových nádrží.

Legislativní ochrana zdrojů v současné době je vztažena právě k úrovni hladiny podzemní vody v daném území podzemního zdroje (myšleno pro ochranu množství podzemních vod). Podle úrovně podzemní vody je určeno, zda odběratel může vodu odebírat běžným způsobem, je nucen odběr omezit či dokonce odběr úplně přerušit. K této problematice bude věnována jedna z následujících kapitol.

## 2.2.2 Využití podzemních zdrojů jako zdrojů pitné vody

Chemické složení podzemních vod je závislé na místě výskytu, hloubce výskytu a na vlastnostech prostředí, ve kterém se nacházejí. Časové změny kvality nebývají podstatné. [4]

Podzemní vody se obvykle vyznačují vyššími koncentracemi oxidu uhličitého, což je způsobeno biologickým rozkladem organických látek a chemickým rozkladem uhličitánových materiálů. Dále jsou podzemní vody charakteristické nízkými nebo nulovými koncentracemi

organických látek (důsledek filtrace půdou). Bývají obsaženy ve zvýšeném množství hydrogenuhličitanů, sírany, vápník, hořčík, sodík, chloridy. Koncentrace kyslíku jsou obvykle velmi nízké, často jsou podzemní vody anoxické. Pokud je voda odebírána z malé hloubky, bývají významně zastoupeny i dusičnany. Vody z hlubších horizontů se vyznačují vyšší koncentrací kovů, především železa a manganu. Může se vyskytnout i zdroj s vyšší koncentrací radonu nebo jiných radioaktivních látek, v závislosti na místě výskytu. Teplota podzemních vod se pohybuje od +5 do +13°C a je stálá, hodnoty pH 5,5 - 7,5. [4]

Obvyklými procesy při úpravě podzemních vod bývá odkyselení (vysoké koncentrace oxidu uhličitého jsou příčinou agresivity vody vůči kovům a jiným stavebním materiálům), odželezování a odmanganování. Zpravidla bývá prováděna desinfekce, může být aplikováno provzdušnění pro vypuzení plynného radonu. [4]

### 3 TECHNICKÉ PŘÍJÍMÁNÍ ZDROJŮ PODZEMNÍ VODY

Tato kapitola o technickém provedení zdrojů podzemní vody částečně vychází z ČSN 75 5115 - *Jímání podzemní vody*.

Pro vytvoření hodnotícího formuláře zdrojů podzemní vody je nezbytně nutné si ozřejmit možnosti jejich technického provedení. V této kapitole budou popsány možné způsoby technického provedení těchto zdrojů, ale nebudou zde popsány práce, které jsou spjaty s návrhem a stavebním postupem jímacího zařízení, ať už se jedná o hydrologický průzkum, vhodné umístění jímacího objektu, určení rizik možného znečištění zdroje atd.

Je potřeba zmínit, že pro účely této práce se tato kapitola bude zabývat technickým provedením pouze zdrojů vody, které jsou využity k výrobě vody pitné. Neberou se zde v úvahu zdroje s požárním a jiným využitím. Dále v této kapitole budou popsána specifika zdrojů sloužících pro veřejný vodovod (tzn. denní produkce je vyšší než 10 m<sup>3</sup> nebo se z daného zdroje zásobuje více než 50 osob).

Zařízení pro jímání podzemní vody lze rozdělit na:

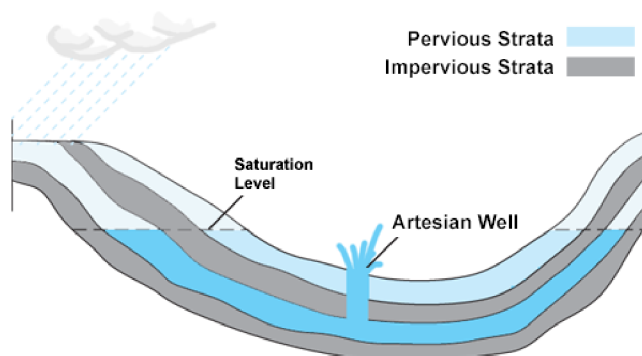
- vertikální - studny
- horizontální - jímací zářezy, štoly a galerie
- kombinované - např. kombinace kopané a vrtané studny
- podchycení pramenů - pramenní jímky

Návrh technického provedení jímacího zařízení se navrhuje na základě výsledků hydrogeologického průzkumu a požadavků na dodávku vody. Dále je při návrhu potřeba zohlednit možný vliv předpokládaného jímání na jiná jímací zařízení a případně návrh upravit nebo změnit umístění navrhovaného jímacího zařízení. [8]

#### 3.1 VERTIKÁLNÍ JÍMACÍ ZAŘÍZENÍ

V případě, kdy se hovoří o vertikálních jímacích zařízeních, se jedná o studny. Studny se zřizují v hydrologických poměrech, kdy má zvodněná vrstva dostatečnou mocnost. Do vertikálního jímacího zařízení natéká voda v důsledku umělého snížení hladiny ve studni v důsledku čerpání.

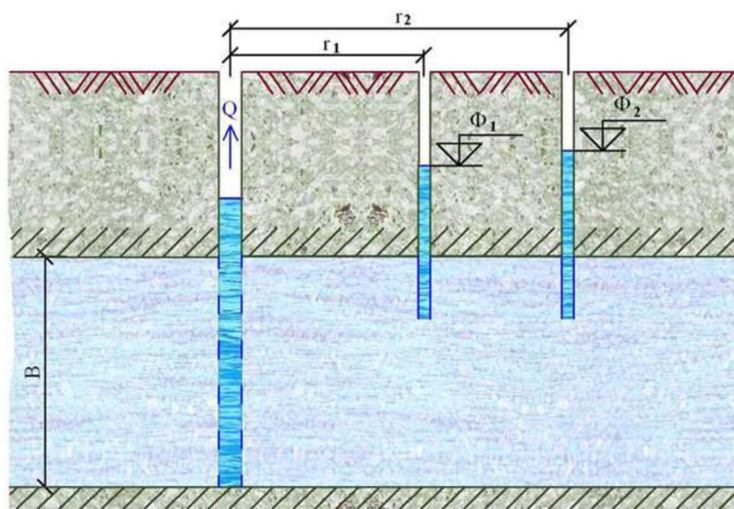
Podle hladiny jsou rozlišovány studny s volnou a s napjatou hladinou. Studna má napjatou hladinu v případě, že po porušení nepropustné vrstvy vystoupá hladina výše, než byla naražena při hloubení (Obr. 3.1).



Obr. 3.1 Schéma hydrologického uspořádání v místě artézské studny [9]



Podle vztahu k nepropustnému podloží lze rozlišit studny na úplné a neúplné (resp. dokonalé a nedokonalé). Úplná studna prochází celou zvodněnou vrstvou a sahá až k nepropustnému podloží. Neúplná studna zasahuje pouze do horní části zvodněné vrstvy (Obr. 3.2). [4]



Obr. 3.2 Schéma úplné studny (vlevo) a dvou neúplných studní (vpravo) [10]

Dalším rozdělením vertikálních jímacích zařízení (studní) je rozdělení dle možného konstrukčního uspořádání a řešení.

Rozlišují se:

- jehlové studny
- vrtané studny
- šachtové studny
- radiální studny

### 3.1.1 Jehlové studny

Jedná se o nejjednodušší typ studní a zároveň mezi levnější varianty. Životnost konstrukce je ovšem v porovnání s vrtanými a šachtovými studnami nízká. Jedná se o ocelové nebo nerezové trubky o průměru 30-80 mm a délce 1-2 m spojené na závit. Trubky jsou do země zatlukány nebo zavibrovány. Navrhují se do hloubky až 50 m. Trubky jsou ve své spodní části perforovány. Jehlové studny jsou vhodné pro malé odběry vody (do  $0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ). V případě zřizování zdrojů veřejného zásobování pitnou vodou se jehlové studny využívají pouze zřídka. [4] [11]

### 3.1.2 Vrtané studny

Vrtané studny jsou nejpoužívanější typ jímacího zařízení pro jímání podzemní vody (hlavně v oblasti individuálního zásobování vodou). Z tohoto důvodu bude technické provedení vrtaných studní popsáno a rozebráno podrobněji než ostatní typy jímacích zařízení.

Studny se zřizují hlubinným vrtáním (do 100 m, výjimečně i více), při kterém se zapouští do země kolona plnostěnných ocelových trubek, zvaných pažnice. Po vyhloubení se do pažnice vsune zárubnice, která je menšího profilu, provede se obsyp (šterk, popř. písek)





Na obrázku 3.3 je znázorněno stavební provedení vrtané studny dle příslušné normy. Obrázek je sám o sobě dostatečně vypovídající, a proto zde nebudou rozebrány všechny prvky vrtané studny z obrázku, ale pouze vybrané části.

### **Obsyp studny (filtry)**

Správně provedený obsyp je jednou z důležitých prací, která má vliv na provoz studny samotné. Dle normy ČSN 75 5115 se velikost zrna obsypového materiálu volí na základě zrnitostního rozboru hornin ve zvodněné části. Velikost zrna má být taková, aby nedocházelo k vplavování jemnozrnných částic horniny do jímacího zařízení. Zároveň se musí velikost zrna volit s ohledem na velikost otvorů v zárubnici. [8]

Kromě velikosti zrna obsypu je důležitá také jeho tloušťka. Tloušťku vrstvy obsypu doporučuje norma (Tab. 3.1)

**Tab. 3.1 Tloušťka vrstvy obsypu [8]**

Stanovená velikost zrna obsypu v mm	Tloušťka štěrkového obsypu v mm	
	nejmenší	doporučená
1 až 4	60	90
4 až 12	70	100
12 až 35	80	120

V případě, že se v místě studny vyskytují jemnozrnné zeminy, je třeba provést dvojitý nebo trojitý obsyp.

Další možností jak zamezit vplavování částic půdy do jímacího zařízení, kromě provedení obsypu, je využití tzv. filtrů. Můžeme rozlišit dva základní typy filtrů a to jsou - lepené filtry a síťové filtry.

Lepené filtry vznikají pevným spojením zrn tříděného materiálu při zachování vysoké pórovitosti. Mohou i zcela nahradit děrovanou zárubnici. Velikost zrn se lepeného filtru se volí v závislosti na hydrogeologických podmínkách dle doporučení výrobce filtru. [8]

Síťové filtry (síta) lze pro vrtané studny použít jen výjimečně. Síťové filtry musí být zhotoveny ze síťoviny odolné především proti chemické korozi. Síta se ovinují jen kolem účinné části zárubnice. [8]

### **Zárubnice**

Zárubnicí musí být vystrojena každá vrtaná studna. Zárubnice zajišťuje stabilitu vrtu po celou dobu jeho životnosti a spolu s filtrem (obsypem) umožňuje jímání vody bez nebezpečí zanášení vnitřního prostoru studny.

Zárubnice by měla splňovat určité požadavky, jako jsou např. mechanická pevnost, odolnost proti korozi a inkrustaci, zdravotní nezávadnost atd.

Zárubnicí lze rozdělit na plnostěnnou část a perforovanou část. Plnostěnná část nepní pouze funkci stabilizace vrtu, ale i chrání čerpací techniku v jímacím zařízení. Část plnostěnné zárubnice umístěná v nejnižší části vrtu je tzv. kalník. Kalník plní funkci kalové jímky a slouží tak k usazování vyplaveného jemnozrnného písku a kalu.

Perforovaná část zárubnice se umísťuje pouze v místě, kde se nachází zvodnělá vrstva a umožňuje dostatečný přítok podzemní vody do jímacího zařízení. Pokud se v podloží

vyskytuje více zvodnělých vrstev (kolektorů) nemělo by dojít k propojení těchto vrstev jímacím zařízením, tzn. v rámci jednoho vrtu by se měla voda jímat pouze z jedné vrstvy.



Obr. 3.4 Ukázka perforace zárubnice [35]

Hlavní rozměry zárubnice (délka a průměr) se stanoví předběžně na základě výsledků hydrogeologického průzkumu a na základě požadovaného množství jímaného množství vody. Při stanovení délky perforované části zárubnice a jejího průměru je nutno přihlížet ke kritické vtokové rychlosti. Průměr zárubnic se pohybuje nejčastěji od 100 mm až do 500 mm. [8]

Zárubnice jsou vyráběny nejčastěji z oceli a PVC. V dnešní době působí na trhu velké množství výrobců částí vystrojení vrtaných studen.

### **Zhlaví**

Zhlaví je část vystrojení vrtané studny, která zakrývá horní část zárubnice nad podlahou (dnem) jímacího objektu a mělo by být podle normy určitým způsobem upraveno.

Mělo by bezpečně zabraňovat vnikání nečistot nebo povrchové vody do studny. Spojení tělesa zhlaví a dnem šachty (objektu) musí být vodotěsné a prostor mezi ním a zárubnicí se utěsní jílem anebo jiným vhodným způsobem. [8]

V případě, že zhlavím prochází potrubí nebo jiné instalace, musí být tyto prostupy vodotěsné.

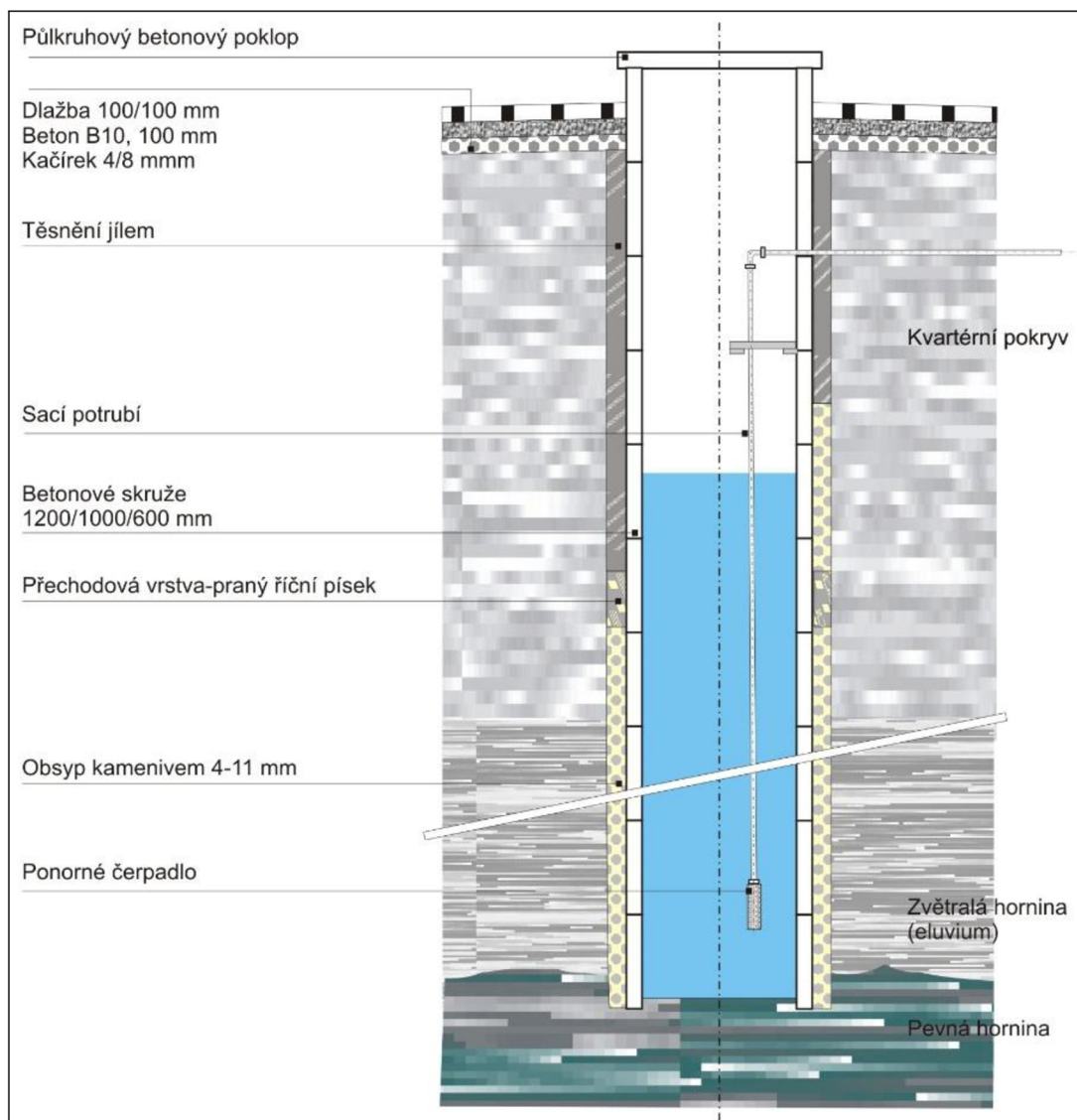
### **3.1.3 Šachtové studny**

Šachtové studny se využívají pro jímání většího množství vody. Hloubka těchto studní dosahuje maximálně 15 m. Při zřizování šachtové studny do větší hloubky se neúměrně zvyšují náklady a stavba je neekonomická.

Předností šachtových studní je velká styková plocha pláště a zvodnělé vrstvy, což umožňuje zmenšovat vtokové rychlosti a zamezit vplavování písku do studny. Průměr šachtové studny se stanoví podle potřebné akumulace vody, přípustné vtokové rychlosti a rozměrů odběrného zařízení. Šachtové studny se stavějí z cihelného zdiva, betonu nebo prefabrikovaných železobetonových dílců. V případě provádění stavby v jemnozrnných zeminách se provádí obsyp (filtr) podobně jako u vrtaných studní. Těsnění studny se provádí stejně jako u vrtaných studní. [8]

Šachtové studny můžeme rozdělit dle způsobu výstavby na:

- kopané
- spouštěné



Obr. 3.5 Příklad provedení šachtové studny [36]

### ***Kopané šachtové studny***

U kopaných šachtových studní se nejdříve vykope stavební jáma do hloubky projektované studny a následně se ve stavební jámě zhotoví plášť studny. Samotný plášť se nejčastěji zhotovuje z železobetonových prefabrikovaných skruží, které se v místě zvodnělé vrstvy ukládají pouze na sucho, aby voda mohla protékat spárami do studny. Plášť studny může být zhotoven i ze zdících materiálů, jako jsou klasické pálené cihly. Při zdění pláště se v místě zvodnělé vrstvy nevyplňují svislé spáry maltou, aby vznikly otvory pro vtékání vody. [4]

Kopané studny se zřizují do průměru 1,5 m a slouží spíše pro individuální zásobování vodou.

### ***Spouštěné šachtové studny***

Spouštěné šachtové studny se budují způsobem, že se nejdříve vykope stavební jáma o hloubce nejméně 2 m a na dno jámy se uloží studňový věnec se zabetonovaným ocelovým

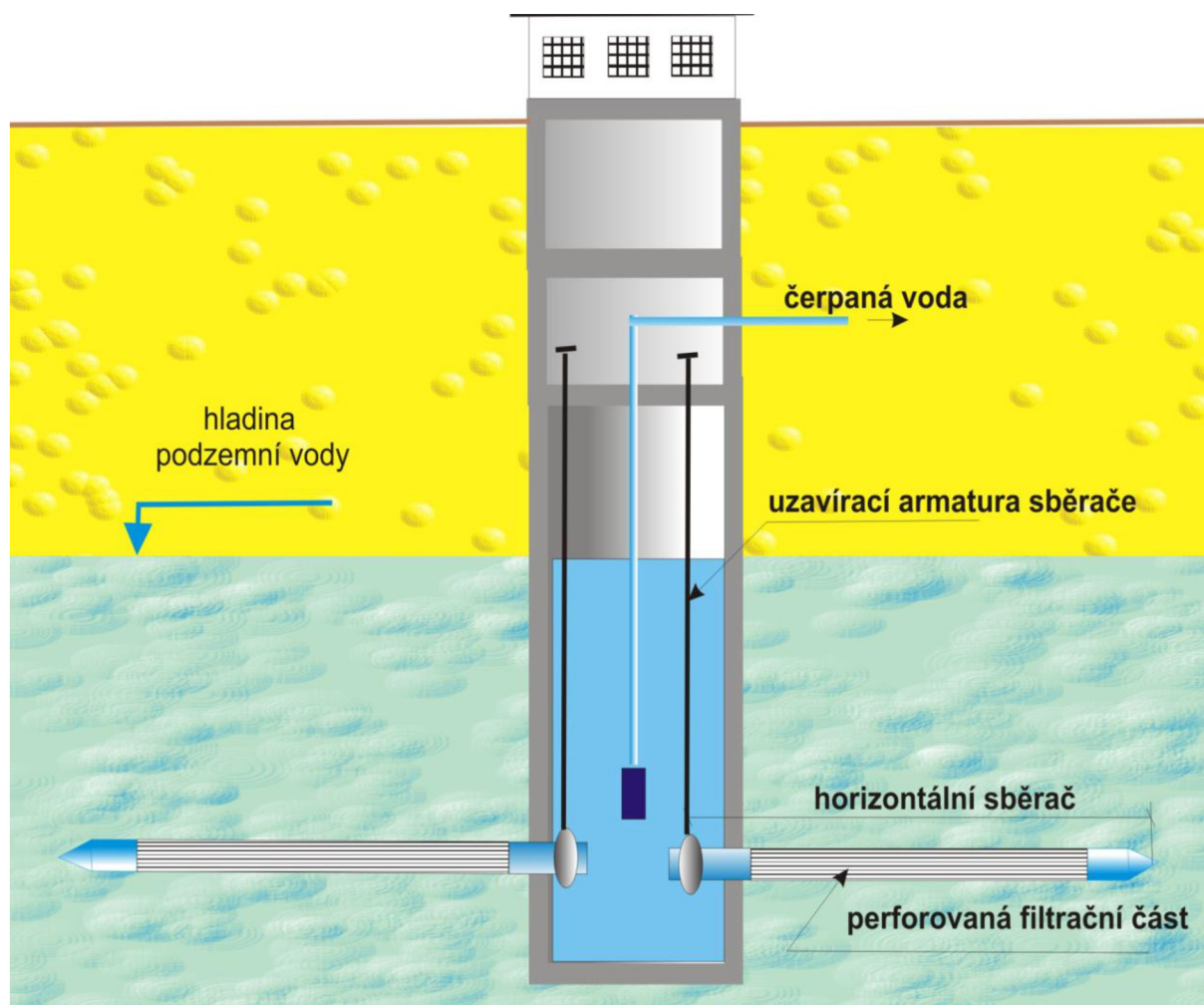
břítem, který usnadňuje klesání studny. Pomocí bednění se vybetonuje plášť studny do výše 1 m nad terén. Potom se začne těžit zemina ze dna studny, studna klesá a nadezdívá se. [4]

Spouštěné šachtové studny se zřizují o vnitřním průměru 3-6 m a budují se převážně jako jímací zařízení pro veřejnou potřebu (vodovod).

### 3.1.4 Radiální studny

Radiální studny se dají popsat jako zvláštní typ studny šachtové. V tomto případě lze také hovořit o tzv. kombinovaném způsobu jímání vody. Radiální studna je složena z vertikální studny šachtové a z horizontálních sběračů drénů.

Průměr šachtové studny bývá zpravidla 4-6 m. Horizontální drény (radiální sběrače) jsou perforované ocelové trubky, které se zatlačují ze šachtové studny hydraulickými lisami. Proto navrhovaný průměr šachtové studny musí být dostatečně velký, aby bylo možné ve studni bezpečně operovat se zatlačovacím zařízením. [4]



Obr. 3.6 Schéma radiální studny [7]

Radiální studny se budují s cílem zajištění velkého hydraulického dosahu studny. Návrh studny vychází z hydrologického průzkumu, kdy se na základě zjištěných skutečností stanoví nejvhodnější vrstva pro uložení sběračů, jejich počet, délka, průměr a vtoková rychlost. [8]



## 3.2 HORIZONTÁLNÍ JÍMACÍ ZAŘÍZENÍ

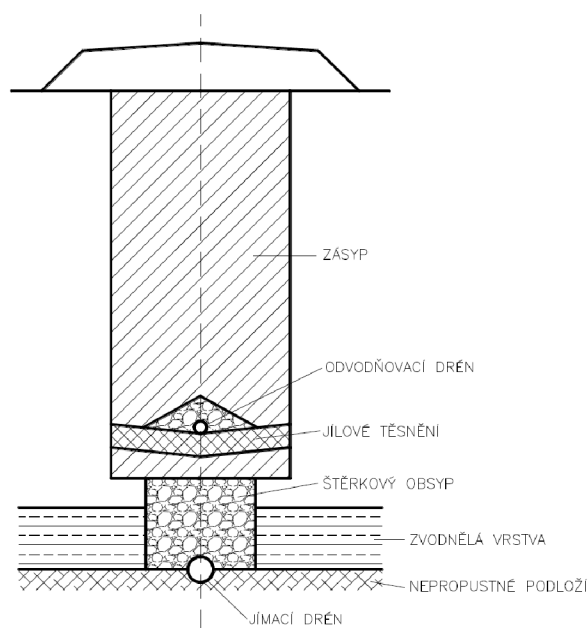
Horizontální jímací zařízení se navrhuje pro jímání podzemních vod v případech, kde se vyskytuje malá mocnost zvodnělé vrstvy (cca 1 m) a pokud nepropustné podloží není hluboko pod povrchem (do 5 m).

Mezi horizontální jímací zařízení patří:

- jímací zářezy
- jímací galerie, štoly

### 3.2.1 Jímací zářezy

Jímací zářez je jímací zařízení, které odvádí podpovrchovou vodu drénem, který je v horní polovině profilu perforovaný, obsypaný štěrskem a zajištěný proti znečištění jílovým těsněním. Pro kontrolu drénů se navrhuje v bodech zlomů nebo po 50 m délky revizní šachty. [4]



Obr. 3.7 Schéma provedení jímacího zářezu [4]

Jímací zářezy jsou obvykle nejméně 3 m hluboké, založené na nepropustném podloží, obvykle kolmo na směr pohybu podzemní vody.



Obr. 3.8 Snímek vnitřní části kameninového drénu jímacího zářezu [24]



Při navrhování vnitřního průměru drénu se musí brát v potaz předpokládané množství jímání vody s podmínkou plnění potrubí do jedné poloviny průměru a minimální průtočná rychlost  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Pro zlepšení vtoku vody do děrovaného potrubí se mohou vybudovat příčné vzdouvací zídky. Voda je z jímacího zářezu akumulována ve sběrné jímce, ze které se dále voda přečerpává dále na úpravnu vody. [8]

Při návrhu trasy vedení jímacího drénu by se mělo dbát na dostatečnou vzdálenost stromů a keřů od jímacího zářezu a to nejméně 10 m, aby kořeny nezarůstaly do jímacího zařízení, což je v případě jímacích zářezů častým problémem. [8]

Obecně lze říci, že se jímací zářezy navrhují v místech, kde není možný jiný způsob jímání vody, protože jímací zářezy jsou vysoce nespolehlivé v období sucha, kdy v mělkých zvodních dochází k výrazným změnám hladiny podzemní vody a samotné odběry nejdou regulovat..

### 3.2.2 Jímací galerie a štoly

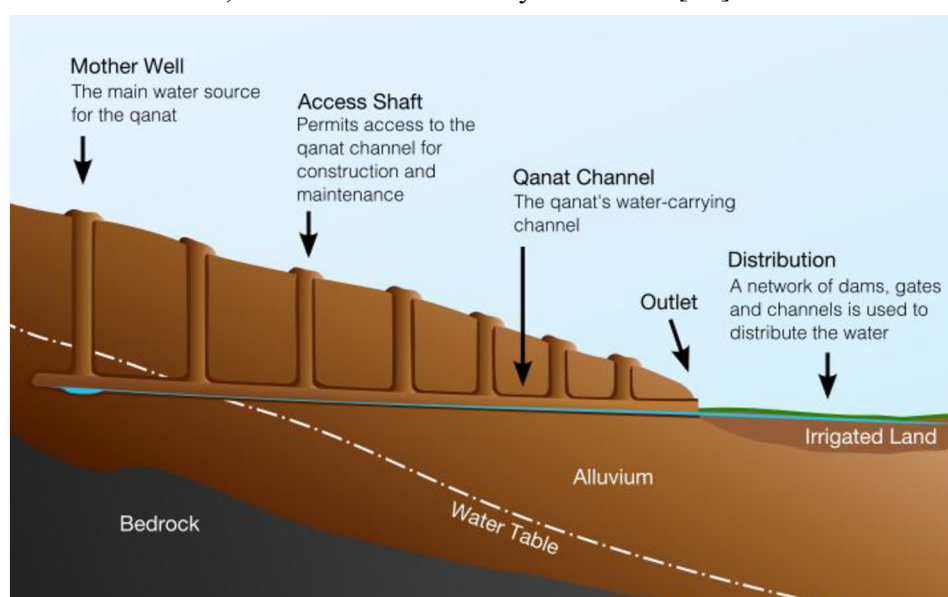
Jímací galerie a štoly jsou hornická díla, která slouží převážně k odvodnění horninového masivu.

Galerie a štoly se využívají pro jímání většího množství vody (až  $100 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Budují se jako průlezné nebo průchozí, a to železobetonové nebo zděné. Zřizují se v otevřené rýze nebo hornickým způsobem (štoly). [4]

Vnější strana galerie má šterkový 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. Svodný žlab ústí do sběrné šachtové studny. Jímací galerie jsou používány např. na Slovensku. [4]

Jímací štoly jsou využívány nejen v České republice, ale hojně jsou používány i v suchých oblastech Asie a severní Afriky.

V těchto suchých oblastech byli lidé často závislí na vodě právě ze štol, které ručně budovali. Vzhledem k tomu, že v suchých oblastech se podzemní voda vyskytuje ve velkých hloubkách, byli šachty budovány až 250 m pod povrchem. Při dosažení úrovně podzemní vody se trasa štoly nasměrovala pod určitým sklonem k místu, kde byla následně zřízena nad štolou šachtová studna, kterou se voda ze štoly odebírala. [37]



Obr. 3.9 Schéma provedení jímací štoly s šachtovými studnami (tzv. qanat) [37]

V České republice se štoly používají kromě jímání vody pro pitné účely také pro odvodnění podzemních nalezišť během těžby nerostných surovin atd.

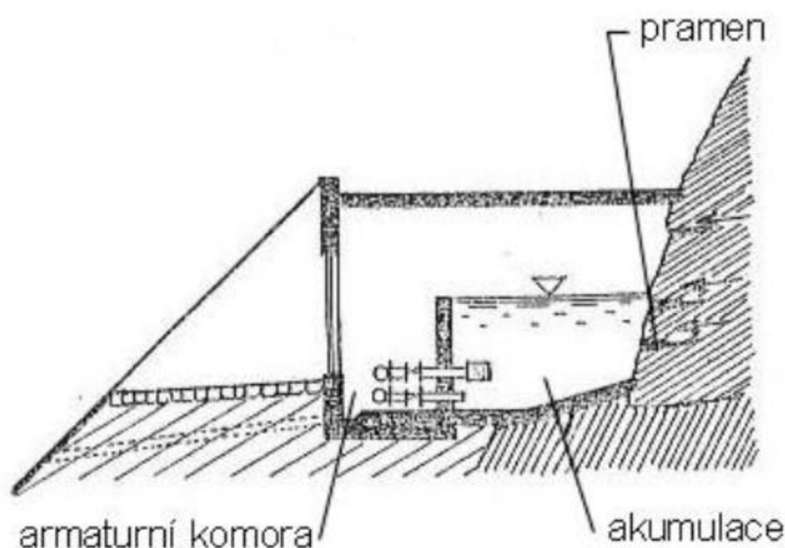
### 3.3 KOMBINOVANÉ JÍMACÍ ZAŘÍZENÍ

Z názvu je zřejmé, že mezi kombinované jímací zařízení patří jímací zařízení vzniklé kombinací vertikálních a horizontálních typu jímacích zařízení, ale nejen to.

Mezi kombinovaná zařízení by se dala zařadit i jímací zařízení, které je kombinací studny šachtové a vrtané. Takto kombinace se používá v místech s velkou mocností zvodnělé vrstvy a velkým předpokládaným množstvím odebírané vody. Z ekonomického důvodu se proto zřídí nejprve šachtová studna do určité (ekonomicky výhodné) hloubky a následně se z jejího dna provede vrt, aby bylo dosaženo dostatečné jímací kapacity zařízení pro potřeby odběru.

### 3.4 PODCHYCENÍ PRAMENŮ

Podchycení pramenů vody (neboli bodové jímání) je realizováno pomocí pramenní jímky. Pramenní jímky slouží k akumulaci volně vytékající podzemní vody v místě pramene. Podzemní jímky se realizují s přetokem vody, tzn. když se akumulovaná voda z jímky neodebírá, tak přebytečná voda volně odtéká do terénu nebo je odváděno potrubím. [4]



Obr. 3.10 Schéma pramenní jímky [4]

Před návrhem pramenní jímky se musí provést hydrologický průzkum a osvětlit typ pramene (vrstevný, přelivný, puklinový, krasový, artéský). Pro podchycení se nedoporučují prameny, u kterých během roku nastává velká rozkolísanost vydatnosti. Z tohoto důvodu by se v době příprav projektu měl daný pramen minimálně 2 roky sledovat, než se opravdu ověří, zda je pramen vyhovující.

Součástí objektů pramenních jímek by měla být část (místnost), kde budou umístěny armatury. Jakou součástí pramenních jímek by měla také být usazovací část, do které natéká voda a usazují se zde usaditelné částice, které jsou obsaženy ve vyvěrající vodě. Po průtokem usazovací částí voda natéká do akumulární jímky, ze které se voda odvádí dále do vodárenského systému. [8]

Zachycení pramene má co nejméně ovlivnit přirozený vývěr vody.

### 3.5 SPECIFIKA JÍMACÍCH OBJEKTŮ PODZEMNÍ VODY SLOUŽÍCÍ PRO VEŘEJNÝ VODOVOD

V předcházejících podkapitolách byly popsány různé typy jímacích zařízení, které mohou být použity pro individuální zásobování pitnou vodou, ale i v rámci veřejného vodovodu. V případě, že se bude určitý zdroj podzemní vody využívat v rámci veřejného vodovodu (veřejného zásobování pitnou vodou), musí tyto zdroje splňovat určité standarty, které udává norma ČSN 75 5115 - *Jímání podzemní vody*. Tyto standarty se týkají hlavně samotného stavebního provedení a vybavenosti jímacích objektů.

V této podkapitole budou popsány pouze vybrané části této normy týkající se stavebního vybavení jímacích objektů sloužících pro veřejný vodovod, kdy některé z nich budou v další části práce zapracovány do systému hodnocení zdroje.

Stejně jako u zdrojů individuálního zásobování vodou musí být umožněno měření odebraného množství vody a odebírání vzorků vody. Zároveň by měl být jímací objekt, který je vybaven měřicím zařízením a dalším vybavením nutným k provozu, dostatečně prostorný, aby byl umožněn snadný přístup ke všem zařízením a byla umožněna snadná montáž a demontáž potrubí, armatur atd. U jímacích objektů s přetokem vody (prameny, jímací zářezy, případně artézské studny) musí být umožněno měření i volně odtékajícího, nevyužívaného množství vody.

Pokud je nutno omezit nejvyšší hladinu podzemní vody v jímacím zařízení (vytvoření přetoku vody), navrhne se v požadované výšce přeliv, vyústěný do odtoku. Odtok musí svou výškovou dispozicí nebo konstrukčním provedením zabránit vniknutí srážkové nebo jakékoliv jiné vody zpětným vzdutím do jímacího objektu. Odtokové potrubí musí být rovněž provedeno tak, aby bylo zamezeno zpětnému vniknutí živočichů, hmyzu nebo jiných živočichů do tohoto potrubí (např. ochrannou mřížkou).

Dále by měl být jímací objekt vhodně výškově umístěn a zajištěn proti vnikání povrchové vody, zejména v inundačních územích vodních toků. Horní hrana vstupního poklopu nebo práh vstupních dveří musí být vyvýšen nad okolní terén nebo nad nejvyšší známou hladinu velké vody (100-leté vody) nejméně o 0,5 m. Okolní terén objektu by měl být upraven ve sklonu nejméně 5 % směrem od objektu do vzdálenosti nejméně 5 m.

Dalším požadavkem na zdroje sloužící pro veřejný vodovod je, aby dno, stěny a strop jímacího objektu a veškeré prostupy inženýrských sítí byly vodotěsné, aby nedocházelo k vnikání vody do vnitřní části objektu.

Z hlediska hygieny by měly být povrchy stěn a podlaha snadno čistitelné. Podlaha musí být nepropustná s hladkým, ale neklouzavým povrchem, a vyspádována ve sklonu k podlahové vpusti nebo sběrné jímce. Doporučuje se navrhnout gravitační odvodnění objektu z podlahových vpustí. Nelze-li jímací objekt gravitačně odvodnit, navrhne se přečerpávání vody ze sběrné jímky.

Dalším prvkem, na který by měl být kladen důraz z hlediska hygieny, je větrání jímacího objektu. Každý jímací objekt by měl být odvětrán, ale samotné větrání by mělo být provedeno tak, aby nemohlo dojít ke znečištění vnitřního prostoru objektu, zejména pak jímacího prostoru s volnou hladinou vody, ani polétavým prachem. Příslušné filtrační materiály je nutné periodicky kontrolovat a v případě potřeby vyměnit.

Vzhledem k tomu, že zdroj vody sloužící pro veřejný vodovod je základním, a dá se říci jedním z nejdůležitějších prvků vodovodního systému, musí být zdroj chráněn

a to jak před vnikem nepovolaných osob do jímacího objektu, tak i z hlediska udržení kvality vody a vydatnosti zdroje.

Vstup nepovolané osoby do jímacího objektu by mělo být automaticky detekováno a neprodleně oznámeno zástupci provozovatele vodního zdroje a nejbližší služebně policii ČR (popřípadě obecním strážníkům nebo bezpečnostní službě).

K ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdroje podzemních vod se v souladu s platnými právními předpisy (zákon o vodách) stanovují ochranná pásma vodního zdroje I. a II. stupně. Ochranné pásmo I. stupně se stanoví jako souvislé území sloužící k ochraně vodního zdroje v bezprostředním okolí jímacího zařízení. Ochranné pásmo II. stupně se stanovuje vně ochranného pásma I. stupně a slouží k ochraně vodního zdroje ve stanovených územích tak, aby nedocházelo k ohrožení jeho vydatnosti, jakosti nebo zdravotní nezávadnosti. V praxi je často hranice ochranného pásma I. stupně vymezena oplocením.

Doporučuje se, aby každý jímací objekt byl oplocen a v každém případě musí být každý jímací objekt v terénu viditelně označen a opatřen tabulkou s označením objektu a jeho majitele nebo provozovatele.

Dále norma určuje stavební vybavení, v rámci veřejného vodovodu, pro různé typy jímacích zařízení.

Například nad vrtanou studnou musí být zřízen stavební objekt, ve kterém se umístí zhlaví studny, potrubí, armatury a zařízení. Případný montážní otvor s poklopem ve stropě objektu musí být umístěn v ose studny. Pro umožnění měření hladiny podzemní vody a odběr vzorků se studna opatří pozorovací trubkou umístěnou uvnitř zárubnice. Tato trubka musí zasahovat nejméně po úroveň dolního okraje odběrného potrubí ve studni.

U šachtových studní o průměru 2,0 m a větším musí být nad nejvyšší hladinou podzemní vody vybudována nepropustná podesta velikosti alespoň rovné poloviční ploše příčného průřezu studny. Vstupní otvor pro vstup do takové studny shora musí být umístěn nad podestou.

U šachtových studní s radiálními sběrači (radiálních studen) se musí uvnitř umístit žebříky, popřípadě schodiště s příslušnými podestami pro bezpečný přístup na úroveň nutnou pro práci se zatlačovacím zařízením. Dále musí být místa konců radiálních sběračů v terénu řádně označena.

Požadavků na různé typy jímacích zařízení je v normě více, ale nebudou zde více rozváděny.

Jedním z největších rozdílů mezi zdroji individuálního zásobování a zdroji veřejného zásobování je, že u zdrojů pro veřejné zásobování musí jejich provozovatel vytvořit provozní řád zdroje. Provozní řád je sestaven na základě vlastních potřeb provozovatele a současně řád musí vyhovovat legislativním požadavkům (např. maximální povolený odběr daný povolením k odběru vod).

## 4 SYSTÉM TECHNICKÉHO HODNOCENÍ ZDROJŮ PODZEMNÍ VODY

Prvním krokem před samotným představením systému technického hodnocení zdrojů podzemní vody by mělo být vysvětlení, proč hodnocení zdrojů vůbec vzniklo a jakým způsobem by se dal systém hodnocení využít.

Při pročitání zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) se v §8 odstavci 11 lze dočíst, že vlastník vodovodu nebo kanalizace je povinen zpracovat a realizovat Plán financování obnovy vodovodů a kanalizací, a to na dobu nejméně 10 kalendářních let. Dále je zde odkazováno na prováděcí vyhlášku č. 428/2001 Sb., ve které se uvádí, že Plán financování obnovy se má aktualizovat nejpozději po 5-ti letech od jeho zpracování. [1] [12]

Č.j.:		Razítko vlastníka a podpis statutárního zástupce:									
Datum schválení:											
Poř. č.	Majetek podle skupin pro vybrané údaje majetkové evidence	Hodnota majetku v reprodukční pořizovací ceně jako součet všech příslušných položek uvedených ve vybraných údajích majetkové evidence (VÚME) v mil.Kč na 2 desetinná místa	Vyhodnocení stavu majetku vyjádřené v % opotřebení	Teoretická doba akumulace Finančních prostředků v počtu roků	Délka potrubí v roce schválení plánu v km	Finanční prostředky zajišťované na obnovu* vodovodů a kanalizací v mil. Kč na 2 desetinná místa					
						2011	2012	2013	2014	2015	2016-2020
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	Vodovody přiváděcí řady					++					
3	+ rozvodná vodovodní síť					++					
4	Úpravny vody				0	+					
5	+ zdroje bez úpravy					++					
6	Kanalizace, přiváděcí					+					
7	stoky+ stoková síť					++					
8	Čistírny odpadních vod				0	+					
9						++					
10	Vodovody celkem										
11	Kanalizace celkem										
12	CELKEM										
13	Celkem řádky 2, 4, 6, 8					+					
14	Celkem řádky 3, 5, 7, 9					++					

\* Obnova viz § 2 odst. 9 zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, ve znění pozdějších předpisů.  
+ Finanční prostředky získané z vodného a stočného; v komentáři vlastník popíše zdroje této hodnoty (nájemné, odpisy účetní, opravy, popř. prostředky účelově určené pro obnovu tímto plánem).  
++ Finanční prostředky ostatní - jedná se o jiné než získané z vodného a stočného; v komentáři vlastník popíše způsob členění a stanovení této hodnoty (např. dotace, zdroje z příjmů obcí, úvěry atd.).

Obr. 4.1 Tabulka plánu financování obnovy vodovodů nebo kanalizací [1]

Plán financování obnovy vodovodů a kanalizací není nic jiného než nástroj, který má zajistit životaschopnost vodohospodářského majetku do budoucna. V tomto ohledu lze totiž hovořit u některých vodárenských společností dokonce o časované bombě, kdy v ceně vodného a stočného (úmyslně tlačené dolů a tudíž způsobující podfinancování majetku) nejsou tvořeny dostatečné zdroje. Tyto společnosti však připravují svým následovníkům velmi nemilou situaci, kdy budou nakonec nuceni výrazně skokově vodné a stočné zdražit a provést nutnou obnovu. [13]

V rámci vytváření Plánu financování obnovy vodovodů a kanalizací vlastník plánuje, které části vlastněného majetku (v našem případě zdrojů) jsou již zastaralé nebo ve špatném technickém stavu a na jejich opravu následně vyčlení finanční prostředky nejdříve. Právě pro tuto fázi vytváření Plánu financování obnovy je systém technického hodnocení podzemních zdrojů určen.

Samotný systém technického hodnocení by mohl být nástrojem při určení stávajícího technického stavu každého ze všech zdrojů vody, které vlastník vlastní na základě jednotného hodnotícího formuláře. V návaznosti na určení stávajícího technického stavu u všech zdrojů

se určí, které jsou v nejhorsím technické stavu (nebo jejich části) a je nutné upřednostnit opravu či rekonstrukci tohoto zdroje vzhledem k ostatním zdrojům.

#### 4.1 POPIS SYSTÉMU HODNOCENÍ

Systém technického hodnocení podzemních zdrojů vody částečně vychází z metodiky technického auditu čerpacích stanic, která byla navržena v rámci společné aktivity Ústavu vodního hospodářství obcí pod Vysokým učením technickým v Brně a společnosti Moravská vodárenská, a.s.

Metodika technického auditu čerpacích stanic je založena na tzv. technických ukazatelích a faktorech. Agregací bodového skóre faktorů a ukazatelů se dospěje k celkovému hodnocení čerpací stanice. Jedná se o kategorizační metodu - ukazatele a následně čerpací stanice jako celek jsou zařazeny na základě skóre do kategorie, která reprezentuje jejich technický stav a udává příslušnou doporučenou akci. [14]

Při vytváření metodiky technického hodnocení zdrojů podzemní vody byla snaha o vytvoření podobného systému, jako je právě metodika technického auditu čerpacích stanic. Vzhledem k tomu, že metodika hodnocení zdrojů je prvním pokusem o vytvoření metodiky hodnocení na toto téma, tak se předpokládá možná budoucí úprava. Níže uvedená metodika by měla sloužit jako podklad pro další navazující práce.

Jak bylo řečeno výše, metodika je založená na technických ukazatelích, které jsou následně zařazovány do kategorií podle určených faktorů a jejich bodového skóre. Samotné technické ukazatele jsou rozřazeny do částí. Celý systém je pro lepší názornost vyobrazen v tabulce 4.1 .

Tab. 4.1 Schéma systému technického hodnocení

Výsledná kategorie technického stavu (K1, K2, K3, K4)							
Část 1 (kategorie K1, K2, K3, K4)				Část n (kategorie (K1, K2, K3, K4)			
TU1 (K1 - K4)		TU <sub>n</sub> (K1 - K4)		TU1 (K1 - K4)		TU <sub>n</sub> (K1 - K4)	
$F_l$	$F_n$	$F_l$	$F_n$	$F_l$	$F_n$	$F_l$	$F_n$

F - základní hodnotící faktor technického ukazatele

TU - technický ukazatel

K - kategorie technického stavu

Výsledná kategorie technického stavu podzemního zdroje vody je určena na základě kategorií jednotlivých částí, na které je zdroj rozdělen. Jsou to tyto části:

- Stavební část
- Technologická část
- Provozní část
- Ochrana vodního zdroje

Pod každou z částí spadají technické ukazatele. Počet ukazatelů vztahující se k dané části může být od jednoho, až po určitý počet n. Stejným způsobem spadají pod technické ukazatele jejich faktory, kterých může být od jednoho až po určitý počet n.

Jak je vidět na schématu, kategorizace technického stavu je rozdělena do čtyřech stupňů - K1, K2, K3, K4. Zařazení do kategorie K1 vypovídá o výborném technickém stavu a naopak zařazení do kategorie K4 vypovídá o velmi špatném až havarijním stavu, který by se měl řešit co nejdříve.

Je známo, jak již bylo uvedeno v rešeršní části, že možností technického provedení jímacích zařízení podzemní vody je více. V navrhovaném systému technického hodnocení byla snaha o vytvoření jednotné metodiky, která bude schopna ohodnotit všechny varianty technického provedení vodního zdroje.

Celý systém hodnocení byl sestavován na základě vlastních znalostí a konzultací s vedoucím práce. Výchozí dokument pro určování jednotlivých faktorů byla norma ČSN 75 5115 *Jímání podzemní vody*, protože tato norma je závazná pro provádění studní podle vyhlášky č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla.

Přehled všech hodnotících faktorů, technických ukazatelů a částí je uveden v následující tabulce 4.2 .

Tab. 4.2 Přehled hodnotících faktorů, technických ukazatelů a částí

Části	Technické ukazatele	Faktory technických ukazatelů
Stavební část	TS1 - Odvod povrchové vody	<i>Úprava okolního terénu jímacího objektu</i>
	TS2 - Zabezpečení vstupu do objektu	<i>Vstup do objektu</i>
		<i>Montážní otvor</i>
	TS3 - Stav stavební konstrukce	<i>Okna</i>
		<i>Stav dveří, poklopů, montážních otvorů a oken</i>
		<i>Stropní konstrukce</i>
<i>Stěny</i>		
<i>Podlaha</i>		
TS4 - Těsnost stavební konstrukce	<i>Odvodnění podlahy</i>	
	<i>Větrání</i>	
	<i>Schodiště, zábradlí, žebříky, madla, stupačky</i>	
TS5 - Stav elektroinstalací	<i>Těsnost dveří, poklopů, montážních otvorů a oken proti vnikání vody do vnitřních prostor</i>	
Technologická část	TT1 - Trubní vystrojení	<i>Těsnost stěn, podlah a stropů proti vnikání vody do vnitřních prostor</i>
		<i>Elektroinstalace</i>
		<i>Stav zárubnice, skruží, atd.</i>
		<i>Stav odběrného potrubí</i>
	TT2 - Zanášení jímacího zařízení	<i>Těsnost trubních spojů a prostupů</i>
<i>Armatury na odběrném potrubí</i>		
		<i>Těsnost armatur</i>
		faktor je přímo technickým ukazatelem



<b>Technologická část</b>	TT3 - Čerpací technika	<i>Čerpadlo</i> ----- <i>Inkrustace čerpadla</i>
	TT4 - Měření a monitoring	<i>Měření odběru vody</i> ----- <i>Monitoring výšky hladiny podzemní vody</i> ----- <i>Měřicí zařízení výšky hladiny</i>
<b>Provozní část</b>	TP1 - Vydatnost a odběr	<i>Vydatnost zdroje</i> ----- <i>Povolený odběr</i>
	TP2 - Ohrožení suchem	<i>Pohyb hladiny vzhledem k čáře překročení</i>
	TP3 - Jakost surové vody	<i>Jakost surové vody</i> ----- <i>Překročení mezní hodnoty ukazatele pro kategorii jakosti A3</i>
<b>Ochrana vodního zdroje</b>	TO1 - Stav ochranného pásma	<i>Shoda současného stavu ochranného pásma s projektovou dokumentací</i> ----- <i>Stav oplocení jímacího objektu</i>
	TO2 - Zabezpečení před zdroji znečištění	<i>Zdroje znečištění v blízkosti zdroje</i> ----- <i>Nachází se zdroj v záplavové oblasti Q100 ?</i>

- TS - označení technického ukazatele pro stavební část  
 TT - označení technického ukazatele pro technologickou část  
 TP - označení technického ukazatele pro provozní část  
 TO - označení technického ukazatele pro část ochrany vodního zdroje

Pro hodnocení bylo vytvořeno celkem 34 faktorů. Samotné faktory byly zpracovány do hodnotícího formuláře, který je přílohou této práce. Formulář je proveden způsobem, který by měl hodnotiteli usnadnit jeho práci a rozhodování. Faktory jsou seřazeny tak, aby pokud možno hodnotitel začínal s hodnocením faktorů, které se vztahují na vnějšík jímacího objektu a postupně postupoval do vnitřní části objektu a přecházel k hodnocení detailnějších částí uvnitř objektu. Z tohoto důvodu jsou faktory seřazeny v jiným způsobem, než je tomu v přehledové tabulce 4.2 .

Formulář slouží jako i částečný audit jímacího objektu. Do formuláře se doplňují určité základní informace o objektu, aby osoba, která neprováděla hodnocení a nemá dostatečné informace při pohledu do vyplněného formuláře dostala základní přehled nejen o technickém stavu, ale i obecné informace o daném zdroji, jeho provedení a vybavení. Formulář je proveden způsobem, který umožňuje případné doplňování dalších hodnotících faktorů nebo doplňujících informací.

Vyplňování formuláře se provádí v některých částech doplňováním dat a v některých částech zaškrťováním předem určených možností. Většina položek je možné vyplnit přímo na místě, ale pro některé položky je nutné zpracování určitých provozních dat nebo náhled do projektové dokumentace.

V následujících kapitolách budou popsány jednotlivé části a technické ukazatele. Budou zde také blíže popsány základní hodnotící faktory a u některých faktorů i způsob jakým by se měli do formuláře doplnit nebo důvod, proč právě daný ukazatel byl zvolen do hodnotícího formuláře. Po ozřejmení daných faktorů bude popsán způsob vyhodnocení vyplněného formuláře a způsob výpočtu následného zařazení do kategorií technického stavu.



## 4.2 STAVEBNÍ ČÁST

Hodnotící část vztahující se k technickému stavu a provedení stavební konstrukce obsahuje 5 technických ukazatelů. Jsou to tyto:

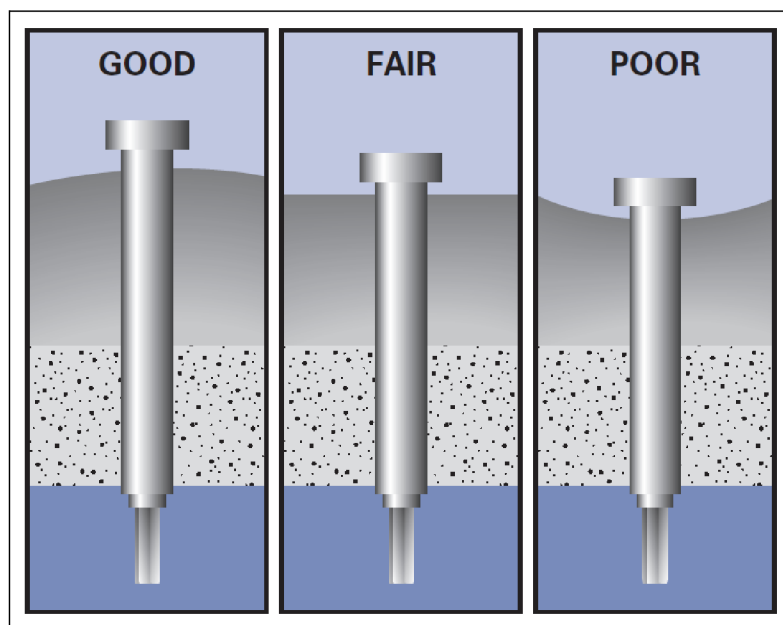
- TS1 - Odvod povrchové vody
- TS2 - Zabezpečení vstupu do objektu
- TS3 - Stav stavební konstrukce
- TS4 - Těsnost stavební konstrukce
- TS5 - Stav elektroinstalací

### 4.2.1 TS1 - Odvod povrchové vody

Technický ukazatel Odvod povrchové vody se snaží ohodnotit provedené technické řešení odvodu povrchové vody vznikající hlavně při srážkové události v místě objektu. Technický ukazatel obsahuje pouze jediný faktor a to Úprava okolního terénu jímacího objektu.

#### *Úprava okolního terénu jímacího objektu*

Úpravou v tomto případě je myšleno jak je upraven okolní terén kolem jímacího objektu a to z hlediska hlavně sklonitosti. Podle ČSN 75 5115 by měl být terén svahován směrem od jímacího objektu. Svahování terénu od jímacího objektu je nejideálnější řešením, které by mělo být dodrženo, ale nemusí tomu v praxi být všude. Úprava terénu v okolí do roviny je méně vhodným, ale ne nejhorším možným případem. Nejméně vhodný způsob úpravy terénu je v případě, že okolní terén je svahován směrem k objektu tak, že objekt samotný se nachází v prohlubni. Vhodnost způsobů úpravy terénu je schematicky znázorněna na obrázku 4.2 .



Obr. 4.2 Schéma vhodné úpravy terénu v okolí jímacího objektu [15]

Sklonitost terénu by měla být nejméně 5% směrem od objektu a to do vzdálenosti minimálně 5 m. Upravený terén by se měl zatravnit nebo vydláždit.

## 4.2.2 TS2 - Zabezpečení vstupu do objektu

Technický ukazatel Zabezpečení vstupu do objektu se snaží ohodnotit, zda je objekt zabezpečen z hlediska vniknutí nepovolaných osob do objektu.

Pod technický ukazatel Zabezpečení vstupu do objektu spadají tyto faktory:

- Vstup do objektu
- Montážní otvor
- Okna

Tento ukazatel byl začleněn do hodnocení pro skutečnost, že v případě vniknutí neoprávněné osoby do objektu, která záměrně poškodí nebo odcizí čerpací techniku nebo dokonce záměrně znečistí vodní zdroj, můžou být důsledky dalekosáhlé. Odstavení vodního zdroje na několik dní nebo v případě znečištění až na několik měsíců by byl problém, jak pro vodárenskou společnost po stránce zabezpečení dostatečné dodávky pitné vody obyvatelům, tak pro obyvatele samotné.

### *Vstup do objektu*

Vstup do jímacího objektu se může provést jako boční, což znamená klasicky dveřmi a nebo se dá provést jako stropní, což znamená poklopem. V každém případě, ať už se jedná o poklop nebo dveře by tyto vstupy měli být uzamykatelné. Možnost uzamknout vstup je základní ochranou před vstupem nepovolaných osob do objektu. V dnešní době, je ale tato základní ochrana nedostačující a objekt by měl být chráněn vlastním zabezpečovacím systémem.

Zabezpečovacích systémů se v dnes na trhu vyskytuje celá spousta. Technické řešení zabezpečovacích systémů se může skládat od čidel pohybu až po kamerový systém a to v závislosti na ceně. Podle osobního názoru je zbytečné zdroj vody mít 24 hodin denně pod dohledem kamer. Dále se rozlišují zabezpečovací systémy podle druhu úkonu, který nastává při narušení zabezpečeného prostoru. Základní a nejjednodušší systém jednoduše začne vydávat hlasitý zvukový signál při narušení prostoru. Asi nejideálnějším řešením je systém s dálkovým přenosem, kdy při narušení prostoru systém nejen začne vydávat zvukové signály, ale zároveň je dálkově odeslána zpráva o tom, že byl objekt narušen. Na této úrovni se rozlišuje, zda je zpráva zaslána pouze vlastníkovvi objektu, nějaké bezpečnostní agentuře nebo dokonce přímo na Policii ČR.

Řešení zabezpečení vstupu by nemělo být podceňováno v případech, kdy daný zdroj zásobuje velké množství obyvatel nebo daný zdroj nemá žádný záložní zdroj. Norma doporučuje jako nejvhodnější zabezpečovací systém s dálkovým přenosem.

### *Montážní otvor*

Tento faktor má spíše informativní charakter, kde se zjišťuje, zda daný objekt má zřízen montážní otvor. Pokud objekt má montážní otvor měl by být uzamykatelný stejně jako vstup a poskytovat stejnou ochranu proti vstupu nepovolaných osob.

V případě, že jímací zařízení je studna, tak by montážní otvor měl být umístěn přímo nad studnou (potažmo vrtem).

## ***Okna***

Tento faktor hodnotí zabezpečení oken proti vniknutí nepovolaných osob do objektu. Okna samotná nemusí být uzavíratelná, ale měly by být před okny instalovány mříže a to hlavně u oken, která mají rozměr dostačující osobě dostat se oknem do vnitřních prostor. Mříže by měly být zřízeny s dostatečně pevné, aby nebylo možné je vlastní silou odstranit.

### **4.2.3 TS3 - Stav stavební konstrukce**

Technický ukazatel Stav stavební konstrukce se snaží ohodnotit technický stav stavební konstrukce jímacího objektu.

Na stavbu jímacího objektu byly použity určité materiály, které mají svojí životnost a postupem času kvalita těchto materiálů degraduje. Hodnocení se snaží zachytit tuto skutečnost a posoudit zda stávající stav je vyhovující nebo je některá z částí stavební konstrukce potřeba rekonstruovat. Zároveň se technický ukazatel snaží ohodnotit způsob provedení konstrukce a to zejména co se týče povrchových úprav vnitřních prostor.

Pod technický ukazatel Stav stavební konstrukce spadá 5 faktorů a jsou to tyto faktory:

- Stav dveří, poklopů, montážních otvorů a oken
- Stropní konstrukce
- Stěny
- Podlaha
- Odvodnění podlahy

Tento technický ukazatel je jedním z nejdůležitějších ve stavební části. Stav stavebních konstrukcí je důležitý z bezpečnostních důvodů a mimo jiné i z hygienických důvodů.

#### ***Stav dveří, poklopů, montážních otvorů a oken***

Faktor se zabývá technickým stavem vybraných částí stavební konstrukce a to jmenovitě dveří, poklopů, oken a případně montážních otvorů. Hodnotí se stávající stav z hlediska koroze materiálu a samotné funkčnosti vybrané části.

Je asi logické, že každá z částí musí být funkční v celém rozsahu - dveře a okna se musí dát bez problému zavřít a otevřít, stejně tak vstupní poklopy a montážní otvory.

Koroze materiálu je samovolné, postupné rozrušení kovů či nekovových organických i anorganických materiálů (např. hornin či plastů) vlivem chemické nebo elektrochemické reakce s okolním prostředím. Toto rozrušování se může projevovat rozdílně a to od změny vzhledu až po úplný rozpad celistvosti. Rozrušování materiálu může mít ve svém důsledku vliv na funkčnost daného výrobku (části) a bezpečnost práce s takovýmto zkorodovaným výrobkem. Existuje několik typů koroze v závislosti na druhu korozního prostředí. Pro případ stavebního objektu je nejčastějším typem koroze tzv. atmosférická koroze. Pro tento typ koroze je rychlost korozivního děje závislá na klimatických podmínkách, jako je vlhkost a teplota vzduchu a jeho znečištění. [16]



Obr. 4.3 Příklad silné koroze kovových dveří (vlevo) a silné koroze okenního rámu (vpravo) [17] [18]

Koroze materiálu by se neměla podceňovat. Už při zjištění začínající koroze materiálu dané části by se tento stav měl řešit, než nastanou větší obtíže. Nejvhodnější způsob ochrany proti korozi je samotné korozi předcházet. Výrobci nabízejí široký sortiment možné ochrany materiálů proti korozi a široký sortiment samotných materiálů vhodných do různých typů agresivních prostředí.

### ***Stropní konstrukce***

Stav stropní konstrukce je důležitý z hlediska statiky celé stavby a bezpečnosti práce v daném místě. Materiál stropní konstrukce také postupem času začíná degradovat. Degradace materiálu se může projevit několika způsoby. Nejčastějším projevem jsou trhliny. Trhliny se mohou vyskytovat pouze na povrchu (v omítce) nebo mohou procházet celou konstrukcí, což je nebezpečnější varianta způsobená většinou špatným statickým návrhem. Dalším projevem degradace materiálu může být vydrolování (koroze) samotného materiálu. Vydrolování je většinou způsobeno špatným technologickým provedením materiálu (hlavně u betonu) nebo agresivitou prostředí. Při nadměrném vydrolování se může podstatně snížit statická bezpečnost konstrukce.



Obr. 4.4 Vydrolování (koroze) betonu stropní konstrukce a obnažení výztuže [19]

Například u vydrolování betonových stropních konstrukcí může dojít k obnažení výztuže, což je zcela nepřijatelné. Při návrhu opravy takového stavu by měl být přítomen statik. Stejně tak by měl být statik přivolán k posouzení prasklin, které nejsou jenom povrchové.

## ***Stěny***

Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit stávající stav stěn, jak z hlediska technického stavu, tak z hlediska provedení vnitřních povrchů.

Stav konstrukce stěn je nejméně stejně důležitý jako stav stropní konstrukce. U konstrukce stěn může docházet ke stejným problémům jako u konstrukce stropní. Hluboké praskliny a vydrolování materiálu může také ohrozit statickou bezpečnost celé konstrukce stavby.

Jedním z dalších požadavků podle normy je, aby vnitřní povrchová úprava stěn měla být z důvodu hygieny provedena z lehce omyvatelných materiálů. Lehce omyvatelnými materiály jsou myšleny keramické obklady, uhlazený beton, omyvatelný nátěr atd. Jako nevhodná povrchová úprava může být např. štuková omítka nebo neomítnuté (přiznané) zdivo.

## ***Podlaha***

Hodnotící faktor hodnotící stav konstrukce podlahy se snaží ohodnotit stávající stav a způsob provedení. Stejně jako stěny se klade důraz na hygienické požadavky, takže by povrchová úprava podlahy měla být provedena z lehce omyvatelných materiálů. Další požadavky, které by měla podlaha splňovat je provedení z neklouzavého materiálu a provedení podlahy, aby její konstrukce byla nepropustná.

Provedení z neklouzavého materiálu je z důvodu bezpečnosti práce, zatím co provedení nepropustné podlahy je z důvodu možného znečištění zdroje prosakující znečištěnou vodou z podlahy do jímacího zařízení (v případech, kdy je jímací zařízení umístěno pod úroveň podlahy). V případě, že v podlaze jsou umístěny poklopy, musí být provedeno dostatečné těsnění nebo vhodná stavební úprava, aby byla dodržena požadovaná nepropustnost podlahy.

Vhodnou povrchovou úpravou podlahy může být například keramická vysokozátěžová dlažba nebo uhlazený beton s protiskluzovými prvky.

## ***Odvodnění podlahy***

Odvodnění podlahy je hodnotící faktor, který se snaží ohodnotit způsob a vhodnost provedení odvodnění podlahy v objektu.

Podle normy by měl být každý objekt odvodněn. Podlaha by měla být vypádovaná ve sklonu k podlahové vpusti nebo sběrné jímce. Odvodnění by mělo být zaústěno do kanalizace. Pokud to výšková dispozice umožňuje a nehrozí-li vniknutí vzduté vody z kanalizace, doporučuje se navrhnout gravitační odvodnění z podlahových vpustí. Nelze-li jímací objekt gravitačně odvodnit, navrhne se přečerpávání vody ze sběrné jímky. Vyústění odtokového potrubí musí být provedeno tak, aby bylo zamezeno zpětnému vniknutí živočichů, hmyzu nebo jiných organismů do tohoto potrubí (např. ochrannou mřížkou v kombinaci s vodním sifonovým uzávěrem). [8]

Odvodnění objektu je důležité z důvodu odvodu znečištěné vody, která by mohla následně znečistit jímanou vodu.

### ***Větrání***

Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit, zda je v rámci jímacího objektu zřízeno větrání a pokud ano, jak je systém větrání chráněn před vnikem cizorodých látek do objektu.

Norma nařizuje, že by každý jímací objekt měl být řádně odvětrán. Odvětrání je důležité zejména pro zajištění dostatečnou cirkulace vzduchu v objektu, čímž se odvádí nežádoucí plyny, které se zde mohou vyskytovat ve vyšších koncentracích a při vstupu do objektu by mohli způsobit újmu na zdraví osob (např. zvýšené koncentrace oxidu uhličitého).

Dále se při dostatečné cirkulaci vzduchu odvádí přebytečná vlhkost z objektu. Nadměrná vlhkost uvnitř objektu podporuje růst plísní a hub, což je v rámci jímacích objektů pitné vody nežádoucí.

Součástí větracího systému by mělo být filtrační zařízení, které zabraňuje vnikání cizorodých látek do objektu. Například v *ČSN 73 6650 -Vodojemy* jsou blíže popsány požadavky na filtrační zařízení vodojemu.

Vnější část filtračního zařízení musí být osazena ochrannou mřížkou se sítkou, která zachycuje větší částice a hmyz. Dále by měla následovat vlastní filtrační vložka, skládající se ze čtyř filtračních vrstev. Tato filtrační vložka musí být sestrojena tak, aby byla samostatně vyměnitelná. Vnitřní část filtračního zařízení by měla být rovněž zajištěna ochrannou mřížkou se sítkou. Díky takovému uspořádání filtračních mezivrstev je minimalizována míra vzdušné kontaminace akumulací nádrže. Četnost výměny filtračních vložek se doporučuje upravit dle provozních podmínek a situování objektu. [43]

Je třeba říci, že požadavky na filtraci vzduchu u vodojemů musí být přísnější než u zdrojů vody. Filtrační zařízení u zdrojů vody tudíž nemusí splňovat veškeré požadavky, které jsou uvedeny v normě *ČSN 73 6650*. Bohužel norma *ČSN 75 5115 - Jímání podzemní vody* podrobněji nepopisuje vhodný a dostatečně zabezpečený způsob filtrace vzduchu u jímacích objektů.

### ***Schodiště, zábradlí, žebříky, madla, stupačky***

Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit stávající technický stav schodišť, zábradlí, žebříků, madel a stupaček, které se mohou být součástí jímacího objektu. Technický stav těchto zařízení má vliv hlavně na bezpečnost práce.

Tyto zařízení podléhají samostatným normám, kterým musí odpovídat jejich konstrukční řešení.

Obecně lze říci, že většina těchto zařízení je vyrobena z kovů (vyjma schodišť), které podléhají korozi. Při dosažení určitého stupně koroze může dojít k narušení konstrukce zařízení, což vede k nedostatečné bezpečnosti zařízení nebo spíše k nedostatečnému zajištění bezpečnosti, kdy se zařízení může uvolnit a osobám hrozí zranění.

V dnešní době přicházejí na trh výrobky (zařízení), které jsou vyrobeny z tzv. kompozitních materiálů bez obsahu kovu. Tyto kompozitní materiály jsou vyráběny nejčastěji z pryskyřice a skelných vláken. Zařízení vyrobené z tohoto materiálu pak nepodléhají korozi a mají vyšší životnost než kovové výrobky.





Obr. 4.5 Koroze kotvící části u kovového zábradlí [44]

V případě hodnocení schodišť se hodnotí, zda jsou dostatečně bezpečná (protiskluzová) a hodnotí se, zda se případně nevydroluje ze schodiště materiál a jiné technické nedostatky.

#### 4.2.4 TS4 - Těsnost stavební konstrukce

Technický ukazatel Těsnost stavební konstrukce se snaží ohodnotit schopnost stavební konstrukce zamezit vnikání vnější vody a vlhkosti do vnitřní části objektu. Pod tento technický ukazatel spadají dva hodnotící faktory a to jsou:

- Těsnost dveří, poklopů, montážních otvorů a oken proti vnikání vody do vnitřních prostor
- Těsnost stěn, podlah a stropů proti vnikání vody do vnitřních prostor

Těsnost celé konstrukce proti vnikání vnější vody je důležitou vlastností, kterou by určitě měla stavební konstrukce splňovat. Prosakování vody do vnitřních prostor může zapříčinit vznik plísní a tak mohou vznikat hygienická rizika s výskytem plísní spojená. Prosakování vody může zapříčinit nejen vznik plísní, ale i zvýšit degradaci materiálu. Jak již bylo zmíněno výše, degradace materiálu ve svém důsledku podstatně snižuje životnost stavební konstrukce.

#### ***Těsnost dveří, poklopů, montážních otvorů a oken proti vnikání vody do vnitřních prostor***

Pro dosažení těsnosti celé konstrukce je důležité, aby nejnáchylnější místa pro vnikání vody byla provedena s dostatečnou těsností. Mezi nejnáchylnější místa v konstrukci pro vnikání vody jsou právě místa otvorů a jejich výplně. Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit těsnost právě těchto míst.





Obr. 4.6 Vznik plísní vlivem netěsnosti okenního rámu [20]

V dnešní době při vysoké konkurenci mezi výrobci výplní otvorů se nepředpokládá, že budou samotné výplně otvorů těsné. Tím je myšlena dostatečná těsnost mezi jednotlivými okenními křídly, těsnost doléhací plochy dveřního křídla a dveřního rámu atd. . Nejčastější problémy v těsnosti otvorů jsou způsobeny netěsností styku rámu, do kterého se výplň osazuje, a ostění. To je většinou způsobeno špatnou nebo neodbornou stavební (řemeslnou) instalací rámu výplně otvoru během stavby.

Vzniku možných netěsností by se mělo předcházet už při výstavbě objektu vhodným řemeslným provedením. Při zjištění netěsností otvorů by se měl tento stav co nejdříve řešit.

### ***Těsnost stěn, podlah a stropů proti vnikání vody do vnitřních prostor***

Zajištění dostatečné těsnosti stěn, podlah a stropů proti vnikání vody do konstrukce je důležitou vlastností, kterou by objekt měl splňovat. Stejně jako při netěsnosti otvorů a jejich výplni může prosakování vody způsobit vznik plísní a celkově snížit životnost konstrukce, pokud nedojde k včasnému zásahu. Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit, zda dochází k průsakům vody a následně určit část konstrukce, kde k průsakům dochází.

Ochrana proti vnikání vody do konstrukcí stěn, podlah a stropů je většinou realizována pomocí hydroizolačních materiálů, jako jsou např. asfaltové lepenky.

Velká většina případů nežádoucího pronikání vody do konstrukce je způsobena špatným provedením hydroizolace ze strany stavebníka. Dokonce u starších objektů nemusí být hydroizolace provedena vůbec.

Největším problémem je nedostatečné odizolování základové konstrukce od konstrukce stěn a podlahy. Důsledkem toho se vzlínající zemní vlhkost dostává přes základovou konstrukci do stěn a podlah, kde ve vnitřních prostorech začne kondenzovat. Při zhotovení hydroizolace by se vždy měl dodržovat předepsaný postup provádění dle výrobce hydroizolačního materiálu.



Obr. 4.7 Vznik plísní vlivem průsaků vody špatně izolovanou stěnou [21]

Netěsnost stropní konstrukce je způsobena hlavně špatně provedenou hydroizolací, která je součástí střešní konstrukce. Nevhodným nebo nedokonalým provedením hydroizolace ze strany stavebníka dochází k zatékání dešťové vody skrz střešní konstrukci až do konstrukce stropní. Tento problém se vyskytuje hlavně u plochých střech, kde je provedení hydroizolace podstatně náročnější. Zatékání a průsak vody stropní konstrukcí je zvlášť nebezpečný jev, protože může docházet ke korozi materiálu ve stropní konstrukci a tím se snížit celá statická bezpečnost.

Je samozřejmostí, že i u vhodně a kvalitně provedené hydroizolace dochází ke stárnutí materiálu a časem hydroizolace ztrácí svoje hydroizolační vlastnosti. U asfaltových lepenek bývá odhadována jejich životnost do 20 let, zatím co u hydroizolačních fólií vyrobených z PVC se jejich životnost odhaduje minimálně na 50 let. [22]

Dnes na trhu působí mnoho odborných firem, které se zabývají hydroizolacemi a sanací konstrukcí, u kterých dochází k průsakům vody.

#### 4.2.5 TS5 - Stav elektroinstalací

Technický ukazatel Stav elektroinstalací se snaží ohodnotit hlavně bezpečnost těchto instalací. Pod tento ukazatel spadá pouze jediný faktor Elektroinstalace.

Vzhledem k tomu, že posouzení stávajícího stavu elektroinstalací je určitě práce pro odbornou firmu, proto se v tomto případě hodnotí pouze vizuální kontrolou, zda nejsou elektroinstalace obnaženy, aby nemohlo dojít k poraněním osob zásahem elektrickým proudem.

V rámci hodnocení se také hodnotí, zda má daný zdroj záložní zdroj elektřiny pro případ jejího výpadku. V případě výpadku proudu by měl být vodárenský systém být schopen zásobovat obyvatele po dobu několika hodin, větší systémy pak i několik málo dní. Výpadkem proudu se v tomto případě nemyslí několika hodinový výpadek, ale masivní výpadek elektřiny na velkém území tzv. blackout. V dnešní době je hrozba blackoutu stále

vážnější hrozbou, která může být způsobena živelnou pohromou, zhroutilím počítačové sítě až po teroristický útok. Pro případ České republiky je největším nebezpečím přetěžování sítě obnovitelnými zdroji elektřiny. V rámci České republiky je síť přetěžována obnovitelnými zdroji hlavně z Německa, o čemž v minulosti informovali média. V případě blackoutu může trvat několik dní až týden než se elektrická síť obnoví do původního stavu na všech místech. [23]

Pro zajímavost se Česká republika v roce 2011 asi týden pohybovala na hranici blackoutu vlivem přetěžování sítě obnovitelnými zdroji z Německa. Na začátku roku 2014 bylo provedeno cvičení v Praze, které simulovalo celodenní výpadek elektřiny. Toto cvičení prokázalo, že dodávka pitné vody je jedna z nejdůležitějších a zároveň nejproblémovějších věcí během dlouhodobého výpadku elektřiny.

Možnost náhradního zdroje elektřiny pro zdroje pitné vody by v budoucnu měla být nutností a to hlavně u zdrojů, které zásobují velká města.

### 4.3 TECHNOLOGICKÁ ČÁST

Hodnotící část vztahující se k technologii, která je v jímacím objektu použita obsahuje 4 technické ukazatele. Jsou to tyto :

- TT1 - Trubní vystrojení
- TT2 - Zanášení jímacího zařízení
- TT3 - Čerpací technika
- TT4 - Měření a monitoring

#### 4.3.1 TT1 - Trubní vystrojení

Technický ukazatel Trubní vystrojení se snaží ohodnotit stávající technický stav a způsob vystrojení jímacího zařízení, potažmo jímacího objektu jako celku. Pod tento technický ukazatel spadá 5 hodnotících faktorů a to jsou:

- Stav zárubnice, skruží atd.
- Stav odběrného potrubí
- Těsnost potrubních spojů a prostupů
- Armatury na odběrném potrubí
- Těsnost armatur

Stav trubního vystrojení je jeden z důležitých faktorů celého jímacího zařízení a ovlivňuje ve svém důsledku funkčnost celého zdroje. Trubní vystrojení by mělo být trvale udržováno v co možná nejlepším stavu.

Součástí hodnocení je nejenom stav trubního vystrojení, ale i skutečnost, zda je vystrojení armaturami dostačující dle normy a splňuje její požadavky.

#### *Stav zárubnice, skruží atd.*

Tento faktor se snaží ohodnotit stávající stav části trubního vystrojení jímacího zařízení, která umožňuje jímání vody. Pro případ studní je to zárubnice, betonové skruže

nebo zdící materiál. Pro případ jímacích zářezů je to sběrná drenáž a pro případ sběrných jímek je to část, která zachytává vyvěrající vodní pramen.

Je třeba říci, že pro zjištění stavu výše uvedených částí bude zapotřebí kamerový průzkum, který umožní zkontrolovat nedostupné části vystrojení jímacího zařízení a jejich technický stav.

Hodnocení technického stavu se v tomto hodnotícím faktoru opírá o stav degradace vlivem stárnutí nebo koroze. Při dosažení životnosti materiálu může docházet k deformacím nebo dokonce k zhroucení konstrukce. Dále se za zhoršený technický stav považuje prorůstání kořenového systému stromů do vnitřní části jímacího zařízení, což může omezit jímání vody nebo případně poškodit čerpací technologie.



Obr. 4.8 Prorůstání kořenů do jímacího zařízení (jímací zářez) [24]

Je důležité stav jímacího zařízení sledovat a při zjištění závady začít plánovat v brzké době její řešení. Plánování oprav a to hlavně v případě studní, kde je celá konstrukce jímacího zařízení pod povrchem (někdy až 100 m), se musí počítat s velkou finanční náročností. V některých případech se vyplatí vybudovat nový vrt než se snažit opravit závadu v původním vrtu. Rozdílné je to u jímacích zářezů a pramenních jímek, kdy je jímací zařízení relativně dobře přístupné.

### ***Stav odběrného potrubí***

Odběrným potrubím je v tomto případě myšlena část potrubí, které je součástí čerpací technologie nebo část potrubí, které se nachází uvnitř jímacího objektu a je dobře přístupné pro vizuální kontrolu.

Tento faktor se snaží ohodnotit technický stav tohoto potrubí vzhledem jeho degradaci vlivem stárnutí materiálu nebo korozní agresivity okolního prostředí.

Nejpoužívanější materiály, které se používají pro výrobu částí vystrojení jímacího zařízení jsou:

- ocel (v dřívějších dobách)
- nerezová ocel
- plast (hlavně PE a PVC)
- litina (dříve šedá litina, dnes tvárná litina)

Každý z těchto materiálů má svojí omezenou životnost. U prosté oceli se životnost odhaduje mezi 25 - 40 let. U nerezové oceli se průměrná životnost odhaduje na 80 - 100 let.



Životnost plastů je odhadována minimálně na 100 let a životnost tvárné litiny je srovnatelná s nerezovou ocelí (70 - 90 let). Při hodnocení technického stavu odběrného potrubí by se měla brát v potaz jeho životnost nebo lépe řečeno, zda se stáří potrubí neblíží k životnosti daného materiálu a v takovémto případě výhledově naplánovat jeho výměnu.

Dalším faktorem, který ovlivňuje technický stav je koroze materiálu. Nejnáchylnějším materiálem ke korozi je asi prostá ocel, která byla používána ve vodárenství hlavně v dřívějších dobách.



Obr. 4.9 Ocelové potrubí s velmi silnou korozi [24]

Koroze potrubí může mít vliv na funkčnost čerpací technologie a ve svém důsledku na bezporuchovost čerpání vody ze zdroje obecně. Dále může koroze mít vliv na kvalitu vody v případě, že se uvolňuje korodující materiál do protékající vody, což zapříčiňuje zhoršení hlavně organoleptických vlastností (barva, chuť atd.).

Vliv na technický stav potrubí může mít i tzv. zarůstání potrubí způsobené zvýšenou tvrdostí vody, která je ve většině případů typická pro podzemní zdroje vody. Tvrdost vody je dána množstvím rozpuštěných solí alkalických zemin, jako jsou vápník a hořčík. Zvýšená tvrdost vody způsobuje nejen zarůstání potrubí, ale i zhoršuje organoleptické vlastnosti vody. [25]



Obr. 4.10 Příklad zarůstání potrubí vápencem způsobeného nadměrnou tvrdostí vody [25]

Srážení solí na stěnách potrubí zmenšuje průřez potrubí, zvyšuje tak tlakové ztráty a tím snižuje celkovou účinnost čerpání vody.

Obecně lze říci, že technický stav odběrného potrubí má ve svém důsledku vliv na bezporuchové fungování zdroje a je vhodné jeho technický stav sledovat. Vhodná četnost pravidelné prohlídky potrubí, při bezporuchovém chodu, by měla být 1x za 2 až 5 let. Při zjištění zhoršování technické stavu odběrného potrubí by se měla naplánovat včasná oprava.

### ***Těsnost potrubních spojů a prostupů***

Tento hodnotící faktor má za účel ohodnotit technické provedení montáže potrubí (v tomto případě trubních spojů) a prostupů proti únikům vody a možným následným znečištěním vody ve zdroji.

Těsnost potrubních spojů se při montáži nového potrubí zjišťuje tlakovými zkouškami. Po několikaletém provozu může docházet k postupné degradaci těsnících materiálu v místě spojů (sváry, spojky, těsnící materiály atd.) a tím docházet k únikům vody mimo potrubí. Prakticky lze říci, že čím menší počet potrubních spojů bude na celé délce potrubí, tím bude menší riziko úniků vody. Hodnocení stavu těsnosti potrubních spojů se pro účel hodnotícího formuláře posuzuje vizuálně.

Technický stav těsnosti trubních prostupů je dán hlavně kvalitním provedením utěsnění mezi vnější stěnou potrubí a přiléhajícím ostěním. Dle normy by měly být všechny trubní prostupy provedeny jako vodotěsné, aby nedocházelo k jakýmkoliv možným průsakům vody. Při hodnocení prostupů vody by se měli hodnotit prostupy jak v rámci vnitřních prostorů jímacího objektu (např. vstup mezi pramenní jímku a armaturní komorou) a prostupy obvodovými konstrukcemi. V případě zjištění netěsností trubních prostupů by se mělo přistoupit k jejich včasné opravě.

Na trhu nabízí velké množství firem svoje výrobky k zajištění dostatečné těsnosti trubních prostupů. Takovými výrobky jsou například bobtnavé bentonitové pásy, které se omotají kolem potrubí a při styku s vodou bobtnají a tím utěsní spáru mezi potrubím a ostěním. Dalším systémem je tzv. řetězové těsnění. Oba tyto systémy jsou používány v době montáže potrubí. Existují však sofistikované systémy těsnění, které se v podobě tvarovek instalují do stěny už během výstavby a potrubí se následně protáhne touto tvarovkou. Obecně lze říci, že tyto systémy mají větší těsnící spolehlivost a životnost, než dva výše zmíněné systémy.

### ***Armatury na odběrném potrubí***

Tento hodnotící faktor se zabývá armaturním vybavením zdroje a hodnotí technický stav armatur. Armaturním vybavením jsou v tomto případě myšleny armatury, které předepisuje norma nebo jsou nezbytné z hlediska dodržení zákonných předpisů.

Zjednodušeně lze říci, že by se v rámci technologického řešení zdroje měly povinně vyskytovat tři druhy armatur a to jsou armatury sloužící k měření průtoku (odebraného množství), armatury zabraňující zpětnému průtoku a uzavírací armatury.

Prvně jmenované, armatury určené k měření průtoku vody využívané ve vodárenství, se dají rozdělit na dva typy z hlediska způsobu měření průtoku na armatury měřící objemový průtok a armatury měřící proteklé množství.

Armatury, které měří objemový průtok jsou v podstatě zařízení, které měří objem tekutiny, který projde potrubím za jednotku času (například  $m^3 \cdot s^{-1}$ ). Pro zjištění objemového

průtoku se využívá měření pomocí rozdílů tlaků nebo výpočet z rychlosti proudění tekutiny v potrubí o známém průřezu. Na trhu se dnes vyskytuje spousta výrobců různých typů průtokoměrů. Jedním z nejčastěji používaných typů průtokoměrů jsou tzv. indukční průtokoměry. Armatury, které měří proteklé množství jsou zařízení měřící objem prošlé určitým místem potrubí. Tyto typy armatur jsou také laicky nazývány vodoměry. [26]



Obr. 4.11 Indukční průtokoměr [27]

Povinnost měření odebraného množství vody ze zdrojů vody je zakotvena přímo ve vodním zákoně a každý zdroj vody by zařízením pro měření průtoku měl být vybaven.

Další z jmenovaných armatur, armatury zabraňující zpětnému průtoku (zpětné klapky), by měly být instalovány na potrubí z důvodu zabránění zpětného vtékání již odebrané (vyčerpané) vody zpět do zdroje (potažmo jímky) a to z důvodu možného znečištění.

Poslední z jmenovaných, uzavírací armatur, by měli být na potrubí instalována na vhodně zvolených místech a to hlavně z praktického důvodu, hlavně pro případ nutnosti uzavření částí potrubí, u které je nutná oprava nebo její výměna. V dnešní době je možnost výběru ze širokého sortimentu výrobků a výrobců zpětných klapek a uzavíracích armatur.

V rámci tohoto hodnotícího faktoru se hodnotí funkčnost armatury. Vliv na funkčnost může mít špatně provedená instalace armatury nebo stáří armatury, blížící se k její životnosti. Životnost armatur samotných se pohybuje v řádu desítek let v závislosti na typu armatury, četnosti používání a materiálu, ze kterého je armatura vyrobena.

### ***Těsnost armatur***

Tento hodnotící faktor se zabývá hodnocením těsnosti armatur instalovaných na potrubí v rámci daného zdroje.

Těsnost armatur závisí převážně na kvalitě provedených spojích mezi potrubím a armaturou. Může se vyskytnout i případ, že k únikům vody dochází v rámci samotných armatur (výrobků), ale vzhledem ke kvalitě dnešní výroby je do méně pravděpodobné.



Těsnost spojů armatur a potrubí je převážně dána technickým stavem těsnícího materiálu v místě spoje. Jak už v práci bylo několikrát řečeno, i materiál těsnění armatur podléhá postupné degradaci vlivem stárnutí a vlivem agresivity okolního prostředí.

### 4.3.2 TT2 - Zanášení jímacího zařízení

Technický ukazatel Zanášení jímacího zařízení se snaží ohodnotit aktuální stav jímacího zařízení vzhledem k možnému vyplavování částic ze zeminy do jímacího zařízení, což ve svém důsledku může zhoršit jímací kapacitu zdroje. V rámci technického ukazatele Zanášení jímacího zařízení se hodnotí i možnost inkrustace zařízení rozpuštěnými látkami ve vodě.

Pod tento technický ukazatel nespádají žádné hodnotící faktory a tak je sám hodnotícím faktorem.

V každém jímacím zařízení se časem na jeho dně vytvoří nános sedimentů (usazenin - písek, bahno, jíl, mikroskopické organismy). Tyto sedimenty se do jímacího zařízení dostávají s přitékající vodou. Sedimenty se na dně zařízení usazují jako jemný kal a jsou tvořeny především organickými látkami. Nachází se v nich částice půdy, řasy, plísně, bakterie atd. Sedimenty mohou ovlivnit nejen jímací schopnost zdroje, ale i organoleptické vlastnosti vody (chuť, pach, barva). Kontrola množství sedimentů v jímacím zařízení by měla být jednou z činností během pravidelných kontrol zdroje. Např. kontrola ve vrtaných studních vychází z kamerové zkoušky, kdy se porovná stávající maximální hloubka (místo, kde kamera "narazí" na sedimenty) s hloubkou původní při vybudování zdroje. Sedimenty by nikdy neměly dosahovat až do perforované části zárubnice (v případě studní). [28]

Inkrustace jímacího zařízení je v případě jímání podzemní vody nejčastěji způsobeno sloučeninami železa a manganu. Sloučeniny železa a manganu jsou ve vodě zpravidla obsaženy pohromadě a lze říci, že nejsou pro zdraví člověka a živočichů přímo škodlivé. Způsobují však hygienické a zejména technologické závady, kdy může docházet k ucpávání vtokových otvorů (např. v perforaci), tak jako můžeme vidět na obrázku 4.12, a následně pak odběrného potrubí.



Obr. 4.12 Zanášení vtokových otvorů sloučeninami železa v perforované části zárubnice [29]

Odstraňování nánosů železa a manganu se dá provést chemicky, kdy se do jímacího zařízení nadávkuje příslušná chemikálie a po určité době začne docházet k rozpuštění nánosů. Rozpuštěné nánosy se poté vyčerpají z jímacího zařízení.

### 4.3.3 TT3 - Čerpací technika

Technický faktor Čerpací technika se snaží ohodnotit aktuální technický stav čerpací techniky, která je součástí jímacího zařízení. Pod tento technický ukazatel spadají dva hodnotící faktory a to jsou :

- Čerpadlo
- Inkrustace čerpadla

Stav čerpací techniky je stěžejní prvek celého jímacího zařízení. Udržování čerpací techniky v dobrém technickém stavu by mělo být nejdůležitější věcí, co se týče provozu zdroje vody. Pravidelná údržba značně zvyšuje životnost a bezporuchovost čerpací techniky. Pravidelná údržba by měla proběhnout minimálně jednou ročně, kdy se zkontroluje celé soustrojí čerpací techniky a provede potřebná údržba, jako je dolítí či výměna oleje atd.

#### *Čerpadlo*

Tento hodnotící faktor hodnotí stav čerpací techniky použité v rámci zdroje. Metodika hodnocení čerpací techniky, která by mohla být v tomto případě použita, je metodika vytvořená v rámci technického hodnocení čerpacích stanic vytvořeného na Ústavu vodního hospodářství obcí na Fakultě stavební VUT v Brně.

Jak již bylo řečeno výše, celá metodika technického hodnocení zdrojů vody se inspirovuje právě v této metodice technického hodnocení čerpacích stanic. Pro účely samostatného hodnocení čerpací techniky v rámci hodnocení zdrojů by mohla být převzata část metodiky hodnocení čerpacích stanic, která je určena pro hodnocení čerpací techniky těchto stanic a na základě výsledku hodnocení následně implementovat tento výsledek jako hodnocení faktoru.

V případě hodnocení čerpacích stanic vychází hodnocení čerpací techniky z 5-ti technických ukazatelů a to jsou:

- TT1 - Stav čerpacích jednotek
- TT2 - Pracovní charakteristiky čerpadel
- TT3 - Stav technologické části (mimo čerpadel)
- TT4 - Protirázová ochrana

Pod tyto technické faktory spadají hodnotící faktory. V rámci technického ukazatele Stav čerpacích jednotek se hodnotí např. stáří čerpadel, frekvence údržby, četnost poruch atd. V rámci technického ukazatele Pracovní charakteristiky čerpadel se hodnotí např. průměrná denní doba chodu čerpadel, účinnost čerpadla, spotřeba elektřiny atd. V rámci dalšího technického ukazatele Stav technologické části (mimo čerpadel) se hodnotí např. stav armatur vztahujících se k čerpadlu, metoda řízení čerpadla atd. V rámci hodnocení Protirázové ochrany se hodnotí typ použité protirázové ochrany a průběh samotných rázů. [14] [30]

Je nutno říci, že metodika hodnocení čerpací techniky v rámci čerpacích stanic by nemusela plně vyhovovat pro potřeby hodnocení čerpací techniky jímacích objektů a musela by být provedena podrobná analýza a případná úprava této hodnotící metodiky.

Pro účely této práce, zde nebude podrobněji řešena tato problematika, protože úprava metodiky by jistě mohla být v rozsahu další samostatné práce a spíše jde zde jen o ozřejmení

faktu, že metodika hodnocení čerpací techniky byla již v minulosti zpracována a proto není předmětem této práce.

### ***Inkrustace čerpadla***

Tento hodnotící faktor je použit v případě, že je v jímacím zařízení použito ponorné čerpadlo, kdy může docházet ve vodním prostředí k vytváření nánosů (inkrustaci).

K inkrustaci čerpadla dochází ve vodním prostředí, kde jsou vysoké koncentrace rozpuštěných sloučenin železa a manganu, jak už bylo řečeno výše. Inkrustace čerpadla má vliv na jeho funkčnost a ve svém důsledku může způsobit až zničení čerpací techniky.

Pokud dochází k inkrustaci čerpadla mělo by se uvažovat o častějším chemickém čištění jímacího zařízení a prodloužit tak životnost čerpadla. Musí se však brát v potaz, jaké důsledky by časté dávkování určité chemikálie na rozpuštění nánosů mělo na kvalitu vody a případně tento problém řešit jiným způsobem.

### **4.3.4 TT4 - Měření a monitoring**

Technický ukazatel Měření a monitoring se snaží ohodnotit vybavení zdroje měřící technikou a jeho funkčnost. Pod tento hodnotící faktor spadají 3 hodnotící faktory a jsou to :

- Měření odběru vody
- Monitoring výšky hladiny podzemní vody
- Měřicí zařízení výšky hladiny

Měření a monitoring stavu podzemních vod jako celku vychází z vodního zákona. V rámci měření a monitoringu se nejčastěji sledují dvě veličiny (stavy) a to množství odebrané vody a výška hladiny. K měření těchto sledovaných veličin se používá k tomu určené vybavení.

### ***Měření odběru vody***

Tento faktor se snaží ohodnotit technický stav zařízení k měření vody a zjišťuje, pokud dochází k přetoku vody v rámci jímacího zařízení, jestli je tato nevyužitá odtékající voda také měřena.

V jedné z předchozích kapitol byly popsány měřicí zařízení, které slouží k měření odběrů vody. Pro zopakování jsou to průtokoměry a vodoměry. Průtokoměry měří aktuální odebírané množství (např. v  $l \cdot s^{-1}$ ). Vodoměry zaznamenávají objem vody proteklé zařízením od určité doby. Ať už se jedná o kterékoliv ze zmíněných měřících zařízení, je důležité, aby splňovaly svojí funkci a to co nejlépe. Funkčnost a přesnost měření závisí i na správně provedené montáži a dodržení požadavků montáže od výrobce (např. dodržení uklidňujících délek před a za zařízením).

V dnešní době je skoro pravidlem, že vodárenský systém je řízen z centrálního dispečinku, kde se soustředí veškeré aktuální údaje měřené přímo na vodovodní síti a dispečer tak může kontrolovat a řídit chod celého systému. Z tohoto důvodu by mělo být měření odběrů automatizováno a data z měření přenášena na dispečink.

Dálkový přenos dat je uskutečňován nejčastěji radiovým nebo infračerveným signálem. Data lze dálkově přenášet i pomocí jiných systémů, např. telefonní či počítačovou síti, optickými spoji a dalšími drátovými komunikačními technologiemi. [31]

Jedním z hodnotících kritérií v rámci faktoru je i skutečnost, zda i případě přetoku vody v rámci jímacího zařízení je zajištěno měření volně odtékající nevyužité vody. K přetoku vody dochází u zdrojů vody, kde je nutné omezit nejvyšší hladinu podzemní vody v jímacím zařízení. Omezení výšky hladiny je realizováno pomocí bezpečnostního přelivu. Nejčastěji dochází k přetokům vody u pramenních jímek, jímacích zářezů a artézských studní (s pozitivní výtlačnou hladinou).

Odběry vody jsou veličinou, kterou musí každý odběratel zaznamenávat. V případě veřejných zdrojů pitné vody se statistické údaje množství odběrů vody každoročně povinně zasílají na podniky Povodí, které tyto údaje evidují a vyhodnocují.

### ***Monitoring výšky hladiny podzemní vody***

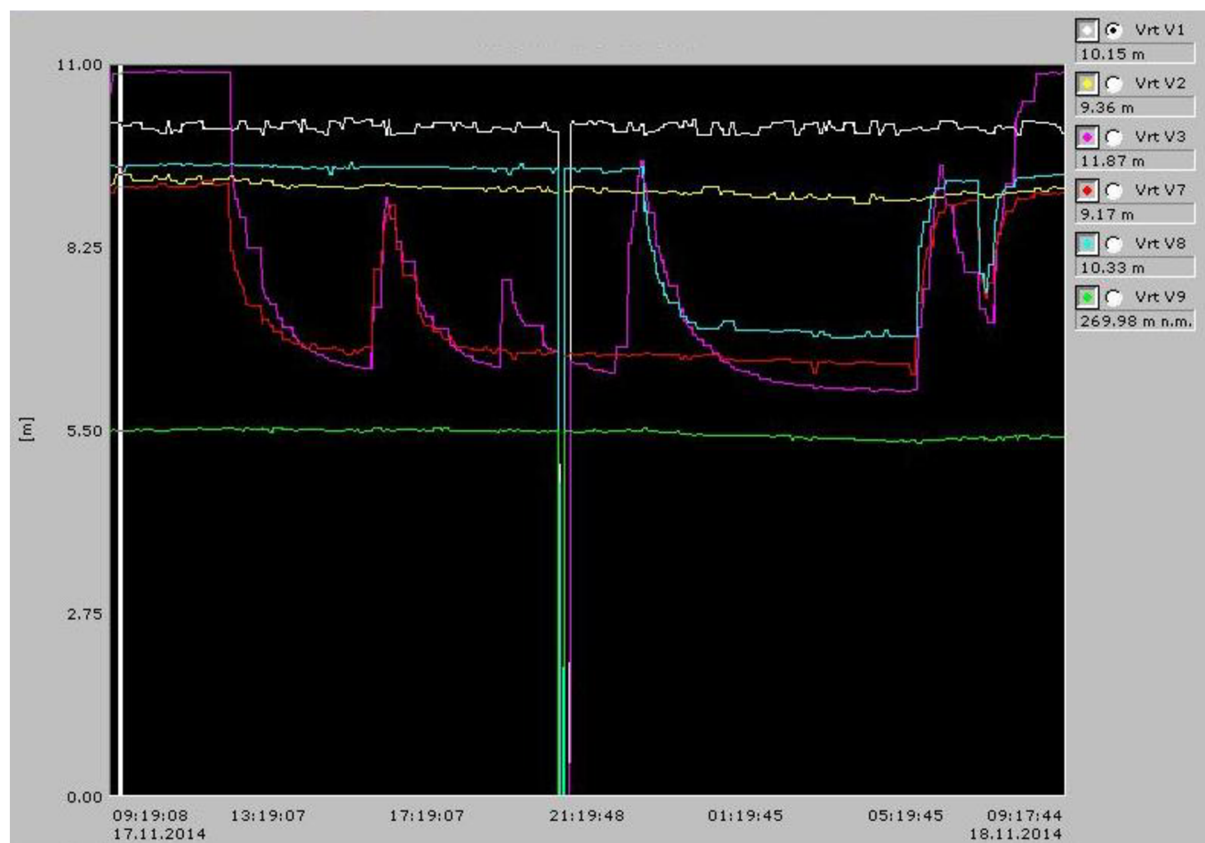
Tento faktor se snaží zjistit, v jakém rozsahu se provádí monitorování hladiny podzemní vody v místě zdroje.

Měření stavu hladiny podzemních vod je stejně důležité jako měření jejich odběru. Pokud jde o náhled na monitoring výšky hladiny vzhledem ke zdroji, lze rozlišit tři přístupy měření (monitoringu).

V prvním případě se monitoruje výška hladiny vody přímo v jímacím zařízení. Stav výšky hladiny přímo v jímacím zařízení se sleduje především u vertikálních typů jímacích zařízení (studny) a to z důvodu sledování snížení hladiny při čerpání vody. Snížení hladiny při čerpání vody zvyšuje hydraulický gradient (vtoková rychlost vody) v bezprostředním okolí jímacího objektu. Při překročení přípustného hydraulického gradientu (mezní vtokové rychlosti) může dojít k vyplavování částic zeminy do jímacího zařízení a tím se podstatně zvyšuje zanášení vrtu nebo může dojít dokonce k tzv. prolomení filtrů, kdy obsypový materiál (filtr) ztratí svojí filtrační funkci. Z tohoto důvodu by měla být určena minimální provozní hladina v jímacím zařízení a při dosažení této úrovně by se nemělo dále čerpat. Sledování snížení hladiny přímo v jímacím zařízení je důležité také v rámci ochrany čerpací techniky. Výrobce čerpací techniky většinou udává, jaký minimální vodní sloupec musí být nad vtokovou částí čerpadla (u ponorných čerpadel) nebo nad vtokovým otvorem sacího potrubí (u suchých čerpadel).

V rámci tohoto hodnotícího faktoru se hodnotí i skutečnost, zda jsou aktuální data o stavu hladiny přenášeny dálkově na dispečink nebo nejsou.

O důležitosti přenosu aktuálních dat přímo na dispečink bylo řečeno v rámci hodnotícího faktoru Měření odběru vody. Aktuální data o stavech hladin přímo indikují probíhající děje v rámci zdroje a mohou také indikovat možné poruchy.



Obr. 4.13 Dispečerský graf sledování stavu hladin v jímacích vrtech [33]

V druhém jmenovaném přístupu k monitoringu hladin podzemních vod, se může monitorovat výška hladiny podzemní vody v bezprostřední blízkosti jímacího zařízení. Stav výšky hladiny v bezprostřední blízkosti jímacího zařízení je vhodné sledovat také hlavně u vertikálních jímacích zařízení. Pohyb hladiny v bezprostřední blízkosti zařízení se sleduje buď v pozorovací trubce, která je instalována v obsypu zárubnice jímacího zařízení, nebo v pozorovacím vrtu, který je zřízen v oblasti ovlivnění hladiny podzemní vody v případě čerpání.

Pozorování pohybu hladiny vody v pozorovací trubce je důležité zejména pro porovnání výšky hladiny v pozorovací trubce a výšky hladiny přímo v jímacím zařízení. Výšky těchto hladin v době čerpání by měli být prakticky totožné. V případě, že tyto výšky hladiny vykazují neobvyklý rozdíl, tak tato skutečnost může indikovat problém (poruchu) se zárubnicí, přesněji s její perforovanou částí (např. zanesení vtokových otvorů). [34]

Pozorování pohybu hladiny v pozorovacím vrtu umístěným v oblasti, která je ovlivněna v době čerpání snížením hladiny ve zdroji, je důležitá také pro porovnání výšky hladiny vody mezi pozorovacím vrtem a jímacím zařízením. V tomto případě se porovnáním monitoruje rychlost a stupeň kolmatace zeminy v místě zdroje. Vlivem kolmatace dochází k postupnému snižování vydatnosti zdroje. [34]

V posledním třetím případě se monitorují stavy hladin podzemních vod v rámci celého prameniště. Monitoring hladiny podzemní vody v rámci celého prameniště nebo území vyhrazeného pro jímání podzemních vod monitoruje stav podzemních vod z hlediska aktuálního stavu (objemu) podzemních vod nezávisle na pohybu hladin způsobených odběry vody. Z tohoto vyplývá, že monitorovací vrty by měli být zřízeny v místě, které není ovlivněno odběry vody (např. snížením hladiny při čerpání). Monitoring hladiny v neovlivněném vrtu je důležité z hlediska dlouhodobého sledování stavu podzemních vod a

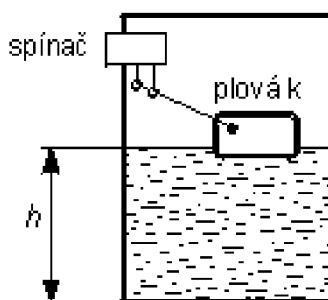
pro účel hodnocení, v rámci této práce, je tento monitoring důležitý také pro posouzení vlivů sucha na zdroj vody. Posouzení vlivu sucha na zdroj bude popsáno dále v práci.

### ***Měřicí zařízení výšky hladiny***

Tento faktor se snaží ohodnotit technický stav měřicího zařízení (hladinoměru), které slouží k měření výšky hladiny vody.

Měřicí zařízení výšky hladiny (sondy) nejčastěji využívané ve vodárenství, lze rozdělit podle způsobu snímání hladiny na plovákové sondy (plováky), tlakové sondy a ultrazvukové sondy.

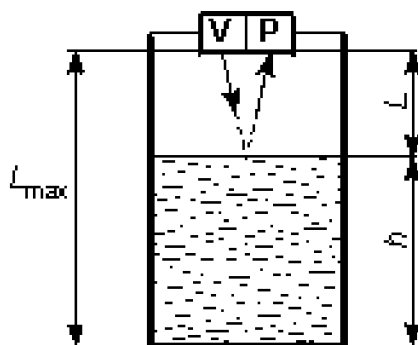
Plovákové sondy neboli plováky lze zařadit mezi mechanické hladinoměry. Snímání hladiny probíhá na základě pohybu plováku na hladině vody v jímacím zařízení nebo monitorovacím vrtu. Plovák je spojen se spínačem nebo převodníkem na elektrický signál pomocí lanka přes kladku nebo pákovým mechanismem. Přesnost měření je dána především tvarem plováku a jeho průřezem a pasivními odpory v převodovém mechanismu. Tvar plováku by měl být takový, aby neobsahoval pokud možno žádné horizontální plochy, na kterých se mohou udržovat kapky kapaliny a usazovat případné nečistoty. To pak vyvolává změnu hmoty plováku, a tím i změnu jeho ponoření. [32]



**Obr. 4.14 Schéma plovákového hladinoměru [32]**

Dalším typem hladinoměrů jsou tlakové hladinoměry neboli tlakové sondy. Určení výšky hladiny probíhá na základě měření hydrostatického tlaku sloupce vody v jímacím zařízení nebo v monitorovacím vrtu. Tlakové sondy jsou vybaveny tenzometrem, který na základě hydrostatického tlaku mění svůj odpor a z této hodnoty je následně určen sloupec vody nad tenzometrem. [32]

Posledně jmenované ultrazvukové sondy neboli ultrazvukové hladinoměry jsou založeny na měření dráhy ultrazvukového impulsu mezi vysílačem a přijímačem. Nejčastěji se měří tak, že se ultrazvukový impuls odráží od fázového rozhraní (hladiny) a měření délky dráhy se převádí na měření času. Přesnost měření u ultrazvukové sondy ovlivňuje hlavně správná instalace zařízení, kterou zahrnuje zejména požadavek, aby ultrazvuková sonda směřovala kolmo k měřené hladině. [32]



Obr. 4.15 Schéma ultrazvukového hladinoměru [32]

Při výběru vhodného zařízení pro měření výšky hladiny podzemní vody by se mělo brát v úvahu do jakého typu jímacího zařízení bude měřidlo určeno. V dnešní době je možnost výběru z širokého sortimentu hladinoměřů, které jsou vhodné pro konkrétní typ jímacího zařízení na základě doporučení výrobce.

## 4.4 PROVOZNÍ ČÁST

Část zabývající se provozem zdroje v rámci jeho vydatnosti a jakosti vody obsahuje celkem 3 technické ukazatele. Jsou to tyto:

- TP1 - Vydatnost a odběr
- TP2 - Ohrožení suchem
- TP3 - Jakost surové vody

### 4.4.1 TP1 - Vydatnost a odběr

Technický ukazatel Vydatnost a odběr se snaží ohodnotit vydatnost zdroje vzhledem k potřebě a vlivu povolení k odběru na provoz samotného zdroje.

Pod tento technický ukazatel spadají 2 hodnotící faktory a jsou to:

- Vydatnost zdroje
- Povolený odběr

Hodnocení vydatnosti zdroje a vlivu povolení odběru na provoz nejsou přímo technickou záležitostí, ale v rámci technického hodnocení zdroje by se mělo částečně přihlížet ke vztahu mezi zdrojem a možnostmi jeho využití v rámci zabezpečení dodávky vody. V případě, že zdroj není schopen dostatečně pokrývat aktuální potřebu vody ze strany odběratelů, musí se tento rozdíl mezi vydatností a potřebou dotovat z jiného zdroje a tím se mohou zvyšovat i provozní náklady.

### *Vydatnost zdroje*

Tento hodnotící faktor hodnotí skutečnost, zda je zdroj schopen dlouhodobě pokrýt potřebu vody ze strany spotřebiště, ke kterému daný zdroj přísluší.

Jak již bylo řečeno výše v jedné z kapitol, vydatnost zdroje může s postupem času vlivem kolmatace klesat a stejně tak se může zvyšovat potřeba vody ze strany spotřebiště, např. zvýšením počtu připojených obyvatel na vodovod. Může také dojít k případu, že zdroj



vody je dostatečně kapacitní i v případě velkého jednorázového zvýšení potřeby vody, např. při napojení nově vybudovaného sídliště, ale čerpací technika nedokáže čerpat dostatečné množství vody na pokrytí této potřeby. V každém případě by měl zdroj za normálního stavu podzemní vody vždy být schopen pokrývat potřebu spotřebiště.

Vzhledem ke kapacitě aktuálně provozovaných zdrojů podzemní vody, které byly vybudovány převážně v éře komunismu, se nepředpokládá, že kapacita zdroje bude vzhledem k potřebě vody spotřebištěm nevyhovující, protože v dřívější době byla spotřeba vody daleko vyšší než je dnes a předpokládá se, že zdroje mají při normálním stavu hladiny dostatečnou kapacitní rezervu.

V případě, že zdroj postupem času zakolmatuje (hlavně u studní), musí se zřídit nový zdroj. Zřízení nového zdroje by mělo být naplánováno s dostatečným předstihem před dobou, kdy dojde u starého zdroje k takovému stupni kolmatace, kdy nebude schopen zdroj pokrýt aktuální potřebu.

V případě, že čerpací technika v jímacím zařízení není schopna čerpat dostatečné množství vody k pokrytí potřeby, je nutné vyměnit tuto techniku za výkonnější. Při výměně za výkonnější čerpací techniku je nutné brát v potaz to, že při zvýšení odběrů vody může dojít k překročení kritické vtokové rychlosti, na kterou bylo jímací zařízení původně navrženo a mohou v budoucnu nastat provozní problémy, o kterých byla řeč v jedné z výše uvedených kapitol.

### ***Povolený odběr***

Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit, zda v průběhu roku dochází k nucenému omezení odběru vody z důvodu omezení, která jsou uvedena v rámci povolení k nakládání s podzemními vodami.

Pokud během roku dochází k častému nucenému omezování odběrů ze zdroje, může nastat období, kdy v případě zvýšené spotřeby vody nebude zdroj schopen tuto spotřebu pokrýt. Nedodané množství vody se musí odebrat z jiného zdroje a tím se mohou zvyšovat i provozní náklady. Zdroj, u kterého dochází k častému nucenému omezování odběru, se může považovat za rizikový z hlediska zabezpečení dostatečné dodávky vody.

Omezení vztahující se k určitému zdroji určuje vodoprávní úřad na základě hydrologických podkladů. Každý zdroj pro veřejné zásobování obyvatelstva pitnou vodou má určenou maximální výši povoleného ročního odběru. Dalším častým omezením jsou omezení vztahující se ke stavu hladiny podzemní vody v daném území. Při dosažení určitého stavu hladiny musí odběratel omezit nebo zcela přerušit odběr vody. Omezení může být určeno z hlediska celkového odebraného množství vody, tzn. během doby, kdy výška hladiny podzemní vody je nižší než určená úroveň, může se odebrat pouze určitý objem vody (např. v m<sup>3</sup>). Jiný způsob omezení spočívá ve snížení maximálního okamžitého odebíraného množství, tzn. během doby, kdy výška hladiny podzemní vody je nižší než určená úroveň, může se odebírat je omezené okamžité množství (např. v l/s). Tyto omezení jsou vydávána převážně z důvodu ochrany přírody, protože velká část podzemních zdrojů vody se nachází v chráněných krajinných územích apod.

Povolení k nakládání s podzemními vodami vydává vodoprávní úřad na časově omezenou dobu. V případě, že omezení vydaná v rámci povolení nevyhovují provozovateli (odběrateli) daného zdroje, může tento provozovatel požádat o změnu povolení. [38]

Během celé doby platnosti povolení musí provozovatel či odběratel dodržovat daná omezení. V případě, že provozovatel nakládá s podzemními vodami v rozporu s povolením k nakládání s vodami, může dostat ze zákona pokutu až 500 000 Kč. [38]

Často bývá uplatňována i metoda, kdy při porušení daných omezení se naúčtuje každý m<sup>3</sup>, odebraný "nelegálně", se zvýšenou sazbou. Obvyklá částka, kterou platí odběratel státu je 2 Kč za 1 m<sup>3</sup> odebrané vody. V případě porušování povolení k nakládání s vodami odběratel státu zaplatí např. 50-70 Kč za 1 m<sup>3</sup> odebrané vody.

#### 4.4.2 TP2 - Ohrožení suchem

Technický ukazatel Ohrožení suchem se snaží ohodnotit vliv suchých období na zdroj, přesněji řečeno vliv dlouhých bezsrážkových období na pohyb hladiny podzemní vody, potažmo na zabezpečení dodávky vody.

Pod tento technický ukazatel patří pouze jediný hodnotící faktor a tím je Pohyb hladiny vzhledem k čáře překročení.

Ohrožení podzemních zdrojů suchem je v dnešní době stále podceňovanou věcí a to hlavně kvůli přesvědčení, že zdroje jsou vzhledem k dnešní spotřebě předimenzované a také kvůli skutečnosti, že díky propojení vodárenských soustav se může v případě nedostatku v jedné části soustavy převést voda z jiné části. Časté převádění vody z jedné soustavy do jiné není ideálním řešením. V době výskytu bezsrážkového období na určitém území lze vodu do této části převádět, ale při představě, že dojde k výskytu dlouhodobého suchého období na velkém území naší republiky, nebude při snížení hladin podzemních vod možnost odebírat více než je nezbytně nutné.

Podle výzkumů se během posledních třiceti let dramaticky zvýšila četnost a intenzita výskytu sucha na území celé Evropy. Počet oblastí Evropy, které jsou pravidelně zasahovány suchem, vzrostl od roku 1976 do roku 2006 až o 20%. Dopady sucha negativně ovlivňují nejen množství dostupných vodních zdrojů, ale ovlivňují i ekonomiky celých států. [39]

Jako konkrétní případ dopadů extrémního sucha na vodárenské systémy je například sucho ve Španělsku v roce 2008. V jarním období byla suchem nejvíce zasažena oblast Katalánska, kde lidem hrozilo omezení domácí spotřeby vody. Místní vláda rozhodla, že se voda začne dovážet po moři v tankerech a to z Francie do Barcelony. Přímo v Barceloně poklesly zásoby vody na pouhou pětinu. Úřady měli nařízeno uzavřít zásobní řady, jakmile stav poklesne na 15%. V té době byl od října úhrn dešťových srážek asi 40% pod dlouhodobým průměrem. [39]

V případě, kdy vodárenská soustava je závislá hlavně na podzemních zdrojích může sucho způsobovat velké provozní problémy. Provozní problémy zapříčiňují hlavně omezení z důvodu ochrany přírody. V těchto případech lze hovořit o tzv. legislativním suchu. Jako příklad lze uvést Vodárenskou soustavu východní Čechy.

Celá soustava zásobuje cca 470 tisíc obyvatel. Průměrná spotřeba vody se v soustavě pohybuje kolem 90 litrů na osobu a den. Zdroje VSVČ jsou ze 75 % podzemního charakteru a 25 % pochází z vod povrchových. Jedna třetina vody vyráběné na Náchodsku je předávána na Královéhradecko a 50% vody vyrobené na Chrudimsku je převáděno do pardubického regionu. To vše se děje nikoli z důvodu ekonomické optimalizace, nýbrž proto, že na severu a jihu východočeského regionu je vody přebytek, kdežto v centru je její nedostatek. Zásobení obyvatelstva v okresech Hradec Králové a Pardubice je tedy téměř z jedné čtvrtiny závislé na cizích zdrojích. [39]

V současné době má VSVČ v průměru roční rezervu pouze 32 %. V období od 21.3. do 15.7. je rezerva prakticky nulová. Ztráta rezerv v tomto období je způsobena zákazem zaklesnutí hladiny podzemní vody pod stanovenou hodnotu ve zdrojové oblasti Litá. Jedná se o omezení z hlediska ochrany přírody, nikoliv kvůli hydrologickému nedostatku vody. Tudíž při poklesu hladiny ve zdrojové oblasti v období od 21.3 do 15.7. musí být odstaveno 50 % potenciálně dostupného množství podzemní vody pro Královéhradecko. Důvodem je to, že zdroje se nacházejí poblíž přírodní rezervace a evropsky významné lokality Zbytka. Důsledkem pak je to, že ve chvíli, kdy se v souběhu jarního nebo počátkem letního období vyskytne hladina pod limitem stanoveným orgánem ochrany přírody a krajiny, zájem zásobení obyvatelstva vodou je potlačen a provozovatel vodovodu musí tuto situaci řešit záložním způsobem. [39]

V rámci stanovení rizik způsobených suchem byl provozovatelem, vlastníkem a ČHMÚ navržen indikátor, který stanovuje hrozbu nedostatku vody (ve zdroji) pro zásobování obyvatel. Tento indikátor je inspirován metodikou povodňových stavů. [40]

Tento indikátor (nástroj) bude blíže popsán v rámci hodnotícího faktoru Pohyb hladiny vzhledem k čáře překročení.

### ***Pohyb hladiny vzhledem k čáře překročení***

Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit míru rizika ohrožení suchem v návaznosti na možnou nedostatečnou zabezpečení z hlediska dodávky vody.

Jak už bylo řečeno výše, indikátor vychází z metodiky povodňových stavů, kdy jsou určeny stavy možného ohrožení (rizika). V případě indikátoru se statisticky vyhodnocuje kolísání hladin s přihlédnutím k jejich typickému sezónnímu průběhu. Na základě vyhodnocení hladin v jednotlivých měsících je pak možné stanovit p-% čáry překročení. Pro sledování průběhu sucha byly navrženy 4 stupně, které odpovídají dosažení úrovně hladiny 60, 80, 90 % čáry překročení a základní úrovně odtoku. Pracovně byly tyto úrovně nazvány bdělost, pohotovost, nouze a krize. Tento návrh je třeba ověřit na jiných územích a zdrojích. Pozorování pohybu hladiny probíhá ve vrtu, který není ovlivněn čerpáním. [40] [41]

Tab. 4.3 Návrh indikátoru sucha [41]

<b>Normální stav</b>	↓ Úroveň hladiny 60%-ního překročení ↓
<b>Stav bdělosti</b>	↓ Úroveň hladiny 80%-ního překročení ↓
<b>Stav pohotovosti</b>	↓ Úroveň hladiny 90%-ního překročení ↓
<b>Stav nouze</b>	↓ Úroveň hladiny základního odtoku ↓
<b>Stav krize</b>	

Pro určení hodnot p-% úrovní překročení se musí vycházet z historicky naměřených dat (výšek hladin podzemní vody). Tato data je nutné statisticky zpracovat do vhodné podoby, aby je bylo možné použít pro účel vytvoření indikátoru a čáry překročení.

Prvním krokem je určení průměrných měsíčních stavů hladin pro všechny měsíce v roce. Určení časového intervalu, ze kterého budeme dělat průměr, může být prakticky libovolný, ale pro účely této práce je použit časový úsek jednoho měsíce. Určením

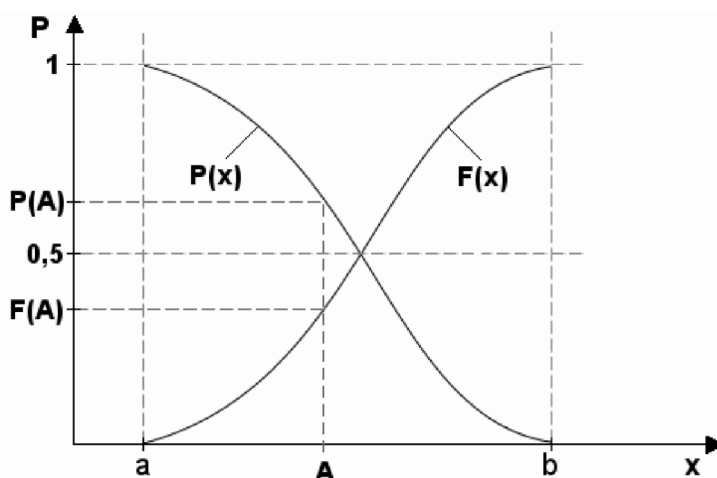
průměrných měsíčních stavů hladin získáme představu o průměrném pohybu hladin během roku. Tento úkon se provede skrze celou dobu měření, tzn. po 50-ti letech měření se získá 50 hodnot průměrných stavů hladin pro leden, 50 hodnot pro únor atd.

Dalším krokem je, pro každý měsíc zvlášť, seřadit hodnoty ( $x$ ) od nejvyšší po nejnižší (Tab. 4.4) a dopočítat pravděpodobnost překročení  $p$  dle Čegodajeva (Tab. 4.4).

Tab. 4.3 Výpočet pořadnic čáry překročení [42]

$i$	$x$	$p = \frac{i - 0,3}{n + 0,4}$
1	$x_{max}$	
2		
...		
...		
$k$	$x_{min}$	

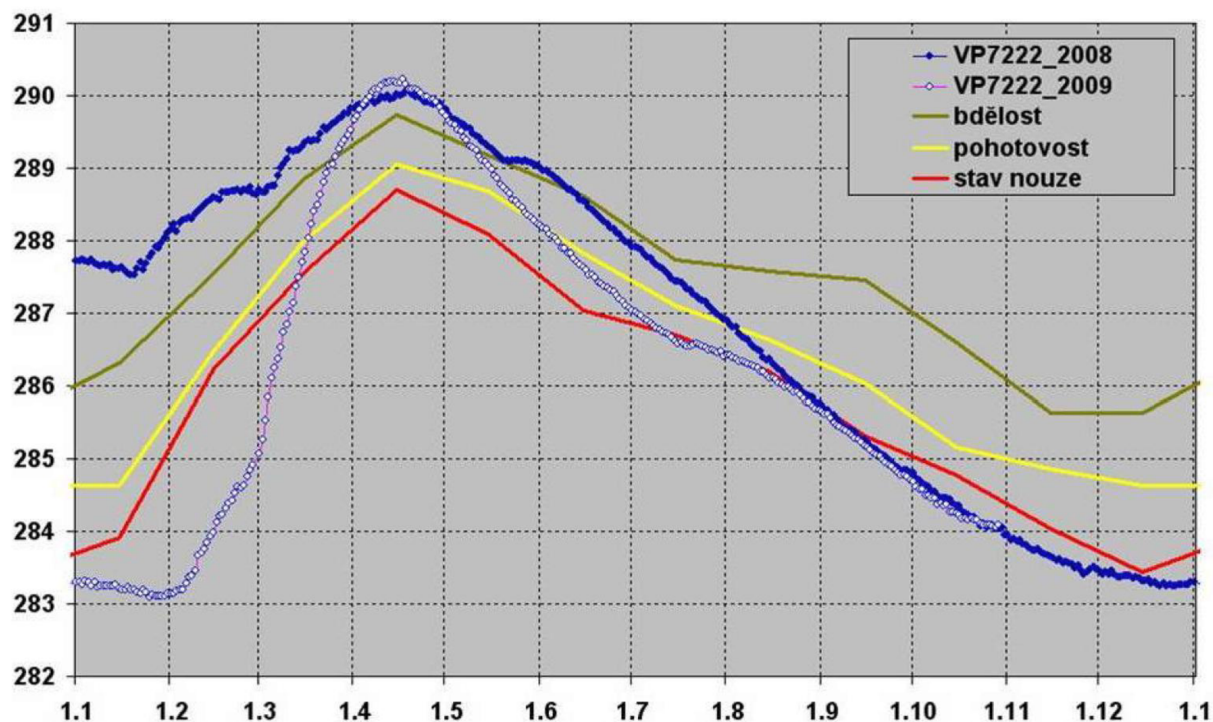
Pro případ měření po dobu 50-ti let, se pro každý měsíc seřadí 50 hodnot ( $k$ ) a ke každé hodnotě se dopočítá pravděpodobnost překročení. Následně se hodnoty vynesou do grafu a vytvoří se čára překročení (Obr. 4.16). Z grafu se zpětně odečtou výšky hladin odpovídající úrovním překročení (60, 80 a 90%). Během zpracování dat by se neměla zapomenout k naměřeným hodnotám přidat hodnota výšky hladiny podzemní vody odpovídající základnímu odtoku.



Obr. 4.16 Graf distribuční funkce  $F(x)$  a funkce pravděpodobnosti překročení  $P(x)$  [42]

Na obrázku 4.16 je znázorněna čára překročení ( $P$ ), ze které můžeme obrácením hodnoty pravděpodobnosti vypočítat distribuční funkci ( $F$ ). S následujícími lety se naměřené hodnoty přidávají do souboru dat, ze kterých indikátor vychází, a postupně se tak zpřesňuje čára překročení.

Po určení daných úrovní pro každý měsíc se může zhotovit graf, který přehledně znázorní celý indikátorový systém a prakticky ihned se může určit, právě aktuální stav výšky hladiny podzemní vody (Obr. 4.17).



Obr. 4.17 Systém indikátoru sucha [41]

V rámci hodnotícího formuláře se hodnotí četnost výskytu příslušného stavu za posledních 15 let.

Na závěr je znovu potřeba říci, že se jedná o návrh indikátoru sucha, který by musel projít testováním a dalšími úpravami, ale pro účely hodnocení vlivu sucha na zdroj vody v rámci technického hodnocení je tato forma dostačující.

### 4.4.3 TP3 - Jakost surové vody

Technický ukazatel Jakost surové vody se snaží ohodnotit aktuální stav surové vody z hlediska jakosti. Pod tento technický ukazatel spadají d hodnotící faktory a to jsou:

- Jakost surové vody
- Překročení mezní hodnoty ukazatele pro kategorii A3

Jakost vody techniky přímo neovlivňuje zdroj samotný, ale na základě jakosti (složení) vody se musí přizpůsobit technologie její úpravy. V případech, kdy je voda horší jakosti, musí se více upravit, aby mohla být použita jako voda pitná, a tím jsou vyšší i provozní náklady na samotnou výrobu, což není moc žádoucí. Z tohoto důvodu byl tento technický faktor zařazen do systému technického hodnocení.

#### *Jakost surové vody*

Tento hodnotící faktor hodnotí jakost surové vody v závislosti zařazení dané surové vody do kategorie jakosti dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č.428/2001 Sb..

Podle vyhlášky se surová voda rozděluje podle limitních hodnot do tří kategorií A1, A2 a A3 odpovídajících standardním metodám úpravy. Základní zařazení nového zdroje surové vody do kategorie se provádí vyhodnocením ukazatelů jakosti surové vody a to s četností minimálně 12 vzorků v průběhu dvou let. Každý ukazatel je svými výsledky

zařazen do vlastní kategorie. Výsledná kategorie je určena podle nejhorší kategorie jednotlivého ukazatele. [1]

Stávající kategorie surové vody se upřesňuje každý rok podle výsledků prováděných rozborů v rámci plánu kontroly jakosti rozborů surové vody. Dále je nutné sledovat ukazatele, které v posledních dvou letech určovaly zařazení do kategorie A3 a horší než A3. [1]

Výsledná kategorie surové vody reprezentuje upravitelnost, resp. způsob úpravy surové vody, která by se měla provést, aby byla voda vhodně upravena na vodu pitnou (Tab. 4.4).

**Tab. 4.4 Standardní metody úpravy vody pro jednotlivé kategorie surové vody [1]**

Kategorie	Typy úprav
A1	Úprava surové vody s koncovou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpustných látek a zvýšení jakosti.
A2	Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtrace, jednostupňové odželezování, odmanganování nebo infiltrace, pomalou biologickou filtrace, úpravu v hominovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.
A3	Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezováním a odmanganováním s koncovou desinfekcí, popř. jejich kombinací. Mezi další vhodné procesy se řadí např. využívání ozónu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (např. sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně.
Vyšší koncentrace než jsou uvedeny pro kategorii A3	Vodu této jakosti lze výjimečně odebírat pro výrobu pitné vody s udělením výjimky příslušným krajským úřadem. Pro úpravu na vodu pitnou se musí použít technologicky náročné postupy spočívající v kombinaci typů úprav uvedených pro kategorii A3, přičemž je nutné zajistit stabilní kvalitu vyráběné pitné vody podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Přednostním řešením v těchto případech je však eliminace příčin znečištění anebo vyhledání nového zdroje vody.

Je logické, že se koncentrace látek ve vodě v průběhu roku mění a zdroj vody nelze jednoznačně zařadit do jedné kategorie. V tomto případě může provozovatel určit průměrný index upravitelnosti ( $I_{u,p}$ ). Index upravitelnosti se vypočítá z četnosti výskytu v daných kategoriích během roku pro každý ukazatel. Průměrný index upravitelnosti surové vody se vypočítá jako průměr indexů upravitelnosti každého z ukazatelů. V případě, že hodnota vypočteného indexu upravitelnosti vychází mezi celými čísly, tak rozhodnutí o odpovídajícím typu úpravy musí akceptovat vzrůstající náročnost úpravy pro ukazatel s nejvyšší a nejvíce proměnlivou hodnotou. [1]

### ***Překročení mezní hodnoty ukazatele pro kategorii jakosti A3***

Tento hodnotící faktor hodnotí skutečnost, zda dochází u ukazatelů jakosti k překračování mezních hodnot pro kategorii jakosti A3.

V případě překračování těchto mezních hodnot v daném ukazateli musí zdroji být udělena výjimka, aby mohla být voda využívána k úpravě na vodu pitnou.



Nevyhovující jakost sebou nese vyšší provozní náklady na úpravu takové vody. V těchto případech je vhodné provést dostatečnou ekonomickou analýzu a zvážit, zda se finančně vyplatí danou látku (ukazatel) z vody odstranit i za cenu zvýšených provozních nákladů nebo zda je spíše vhodné vyhledat vhodnější zdroj vody.

V případě, že se hodnoty některého ukazatele náhle změní, a v dřívější době tyto hodnoty nebyly nikdy zaznamenány, může náhlé zhoršení značit znečištění antropogenního původu, tzn. např. havárie v blízkosti zdroje, používání zakázaných látek k hnojení orné půdy atd. Při takovém zjištění by se mělo hydrologické povodí daného podzemního zdroje prozkoumat a pokusit se o brzkou nápravu jakosti vody.

## 4.5 OCHRANA VODNÍHO ZDROJE

Část zabývající se ochranou vodního zdroje před znečištěním obsahuje celkem 2 technické ukazatele. Jsou to tyto:

- TO1 - Stav ochranného pásma
- TO2 - Zabezpečení před zdroji znečištění

### 4.5.1 TO1 - Stav ochranného pásma

Technický ukazatel Stav ochranného pásma se snaží ohodnotit aktuální stav a funkčnost ochranného pásma v terénu. Pod tento technický ukazatel spadají dva hodnotící faktory a jsou to:

- Shoda současného stavu ochranného pásma s projektovou dokumentací
- Stav oplocení jímacího objektu

Ochranné pásmo technicky nesouvisí s jímacím objektem, ale je nedílnou součástí zdroje vody obecně. Dobrý stav ochranného pásma zabezpečuje dostatečnou ochranu před možným znečištěním vody ve zdroji.

V rámci technického hodnocení podzemních zdrojů vody se hodnotí spíše technický stav a vhodné provedení vytyčení hranice ochranného pásma. Tímto je myšlena především hranice ochranného pásma I. stupně, protože v praxi se hranice ochranného pásma I. stupně u podzemních zdrojů často vytyčuje oplocením. Oplocení ochranného pásma zabezpečuje bezprostřední ochranu zdroje před znečištěním a zamezuje vniku nepovolaných osob do bezprostředního okolí zdroje.

Vytváření ochranných pásem vodních zdrojů je povinné ze zákona. Ochranná pásma daného zdroje vody navrhuje hydrogeolog. Každý zdroj vody musí mít minimálně ochranné pásmo I. stupně.

#### ***Shoda současného stavu ochranného pásma s projektovou dokumentací***

Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit, zda současný stav ochranného pásma odpovídá projektové dokumentaci.

Návrh ochranných pásem vychází z hydrologického průzkumu a návrh ochranných pásem by se mělo v každém případě dodržovat.

V rámci tohoto hodnotícího faktoru se hodnotí, zda je především ochranné pásmo I. stupně v terénu přesně vytyčeno dle návrhu. V dnešní době se totiž vodárenské společnosti



snaží mít ochranná pásma I. stupně s co nejmenší plochou, protože musejí tyto ochranná pásma v rámci možností udržovat a také oplotit. Společnosti se zmenšováním ochranných pásem (I. stupně) snaží snížit výdaje na údržbu a oplotení.

### ***Stav oplocení jímacího objektu***

Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit stávající stav oplocení jímacího objektu a způsob jeho označení.

Ať už oplocení vytyčuje ochranné pásmo nebo pouze chrání objekt před vnikem nepovolaných osob v bezprostředním okolí, musí být toto oplocení schopno plnit svojí funkci, tudíž být v dobrém technickém stavu. Bohužel se v dnešní době často stává, že oplocení jímacích objektů (či ochranných pásem) je předmětem krádeže a to hlavně u jímacích objektů, které se nacházejí na odlehlých místech. Toto je také jeden z důvodů, proč se vodárenské společnosti snaží mít ochranná pásma s co nejmenší plochou.

Samozřejmě může v průběhu provozu zdroje dojít k dalším událostem, které poškodí oplocení, např. pád stromu, nehoda automobilu atd. V každém případě je nutné chybějící nebo porušenou část oplocení urychleně opravit, aby oplocení mohlo znovu plnit svojí funkci.

Další záležitostí, kterou norma (ČSN 75 5115) nařizuje je, aby každý jímací objekt byl označen popisovou tabulkou, kde je uveden vlastník a provozovatel objektu. Popisové tabulky jsou často součástí oplocení objektu, proto je hodnocení této záležitosti zařazeno do tohoto faktoru. Popisové tabulky mohou být také předmětem krádeže nebo se mohou uvolnit vlivem větru a mělo by se proto čas od času zkontrolovat, zda jsou tyto tabulky v pořádku.

Zajímavostí je, že v některých zahraničních zemích se snaží totožnost vodárenských objektů obecně utajit a neoznačují se zde vodárenské objekty vůbec. Snaha neoznačovat vodárenské objekty má zřejmě ochránit tyto objekty před vnikem nepovolaných osob, které by chtěly vodu nějakým způsobem znečistit, a nepřitahovat tak tímto označením zbytečně pozornost. O vhodnosti označování vodárenských objektů by se dalo diskutovat, ale to není předmětem této práce.

## **4.5.2 TO2 - Zabezpečení před zdroji znečištění**

Technický ukazatel Zabezpečení před zdroje znečištění se snaží ohodnotit stav zabezpečení proti možnému znečištění vody ve zdroji. Pod tento technický ukazatel spadají dva hodnotící faktory a jsou to tyto:

- Zdroje znečištění v blízkosti zdroje
- Nachází se zdroj v záplavové oblasti ?

Zabezpečení zdroje proti znečištění, stejně jako ochranné pásmo, nemá přímý technický vliv na zdroj vody, ale je s ním přímo spjata. Pokud má zdroj fungovat dlouhou dobu, musí být kladen důraz na dostatečné zabezpečení před možným znečištěním. K znečištění může dojít během standardního každodenního provozu a také v případě výjimečných událostí, např. během povodní.

### ***Zdroje znečištění v blízkosti zdroje***

Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit skutečnost, zda případné zdroje znečištění v širším okolí zdroje vody jsou v dostatečné vzdálenosti od zdroje, aby nemohlo případně dojít k jeho znečištění.

Minimální dovolené vzdálenosti zdrojů znečištění od zdroje vody jsou dány legislativou. *Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání*, stanovuje minimální vzdálenosti zdroje vody (přesněji řečeno studny) od zdrojů možného znečištění. Ve vyhlášce se rozlišují minimální vzdálenosti v závislosti na propustnosti podloží. Rozdílné minimální vzdálenosti jsou určeny pro málo propustné podloží a pro propustné podloží (Tab. 4.5). [45]

Je však vhodné říci, že tyto vzdálenosti se vztahují ke zdrojům individuálního zásobování vodou. V případě zdrojů pro veřejný vodovod, by měli být minimální vzdálenosti zdrojů znečištění brány v potaz během návrhu ochranných pásem. Avšak je možné, že může nastat situace, kdy v budoucnu vznikne možný zdroj znečištění, který neleží v ochranném pásmu a při návrhu nebylo s takovou situací počítáno a tento zdroj znečištění může mít špatný vliv na jakost vody ve zdroji. Těmito zdroji znečištění jsou hlavně myšleny drobné stavby, které nepodléhají ani ohlašovací povinnosti na stavebním úřadu (např. malé domácí chlěvy, kurníky apod.)

**Tab. 4.5 Minimální vzdálenosti zdrojů znečištění od zdroje vody [45]**

Zdroje možného znečištění :	Nejmenší vzdálenost v m	
	málo propustné prostředí	propustné prostředí
Žumpy, septiky, kanalizační přípojky	12	30
Nádrže tekutých paliv pro individuální vytápění umístěné v obytné budově nebo samostatné pomocné budově	7	20
Chlěvy, močůvkové jímky a hnojiště při drobném ustájení jednotlivých kusů hospodářských zvířat	10	25
Veřejné pozemní komunikace	12	30
Individuální umývací plochy motorových vozidel a od nich vedoucí odtokové potrubí a strouhy	15	40

I když jsou vzdálenosti v tabulce určeny pro zdroje individuálního zásobování vodou, byly vybrány jako vhodné hodnotící kritérium v rámci hodnotícího faktoru.

Obecně lze říci, že by se zdroje vody měli chránit před zdroji znečištění. Provozovatel jímacího objektu by měl průběžně monitorovat okolí objektu a identifikovat možná rizika (zdroje znečištění), která by mohla mít vliv na jakost vody.

### ***Nachází se zdroj v záplavové oblasti Q100 ?***

Tento hodnotící faktor se snaží ohodnotit, zda se nachází zdroj v záplavové oblasti blízkého toku a pokud ano, jak je zdroj dostatečně chráněn před zaplavením. Označením Q100 je myšlen 100 letý průtok příslušným vodním tokem.

Dostatečnou ochranu před povodní přímo popisuje norma *ČSN 75 5115*, která nařizuje, že každý jímací objekt musí být výškovým uspořádáním a stavebním provedením zajištěn proti vnikání povrchové vody, zejména v inundačním území vodních toků. Horní hrana vstupního poklopu nebo práh vstupních dveří musí být vyvýšený nad okolní terén nebo nad nejvyšší známou hladinu velké vody (alespoň 100 leté) nejméně o 0,5 m. [8]

V dnešní době by asi stavbě nového zdroje bez dostatečné ochrany před povodní nebylo uděleno stavební povolení. Tento hodnotící faktor je spíše určen pro zdroje, které byly

vybudovány v dřívějších dobách, kdy riziko povodní nebylo tolik sledováno, jako je tomu dnes.

Je však nutné říci, že i když zdroj není přímo zasažen povodní, může být ovlivněna jakost vody vlivem propustnosti podloží. Povodňová vlna může při záplavě odnášet nebezpečné látky, které se následně vsakují do podloží a dostávají se až do podzemní vody. Při a také po povodňových událostech by se měla dostatečně sledovat kvalita surové vody, protože voda může značně změnit svojí barvu, zákal, pach či chuť a mohou se do vody také dostat nejrůznější nebezpečné látky. V tomto případě také záleží na technologii úpravy surové vody, která určuje, zda je daný stav zvládnutelný, z hlediska úpravy vody na pitnou, nebo se musí daný zdroj odstavit. [46]

Pokud byl daný jímací objekt zasažen povodní, kdy se povrchová voda dostala do jímacího zařízení, bývá většinou nutné provést kompletní sanaci. K sanaci (vyčištění a znovuuvedení do použitelného stavu) je ale možné přistoupit až tehdy, kdy to nejenom dovolí vnější podmínky (opadnutí povodňové vlny, odstranění nánosů ad.), ale také až dojde k poklesu zvýšené hladiny spodních vod. V průběhu povodně totiž dochází k velkému zvýšení hladiny podzemních vod jednak vlivem zvýšené hladiny v okolních tocích, jednak vlivem velkého nasycení země od nadměrných srážek. Do studny se pak dostává voda zcela jinými vrstvami zemin než obvykle, tudíž se i její kvalita může lišit od standardních podmínek. [46]

Způsob vhodného provedení sanace závisí na typu jímacího zařízení. Na trhu dnes nabízí svoje služby velké množství firem, které se zabývají sanací jímacích zařízení. Rozhodujícím faktorem pro znovuuvedení zdroje do provozu je vždy kvalita surové vody.

## 4.6 ZPŮSOB VYHODNOCENÍ

V této kapitole bude popsán postup, jakým probíhá hodnocení v rámci jednotlivých hodnotících faktorů až po určení výsledné kategorie zdroje.

### 4.6.1 Popis hodnocení

Hodnocení v rámci jednotlivých hodnotících faktorů probíhá na základě bodového hodnocení. Jak už bylo řečeno výše v popisu hodnotícího systému, hodnotící formulář se vyplňuje převážně zaškrťovacím způsobem. Do některých částí dotazníku se doplňují data ručně.

Ke každému hodnotícímu faktoru je převážně přiřazeno několik možností ve formě slovních odpovědí. Každá odpověď má přiřazené bodové hodnocení podle toho, jaký technický stav reprezentuje, tzn. odpověď, která reprezentuje špatný technický stav je oceněna horším bodovým ohodnocením a naopak. V případech, kdy se odpovědi doplňují ručně, jedná se většinou o číselné hodnoty, je odpověď porovnávána s určeným kritériem (většinou větší nebo menší než určitá hodnota) a na základě porovnání se přiřazuje bodové hodnocení.

V rámci některých hodnotících faktorů se hodnotí více prvků (součástí jímacího zařízení). V takovémto případě se bodové hodnocení odpovědi sčítá. Pro lepší pochopení systému vyplňování a bodového hodnocení bude níže uveden názorný příklad vyplnění jednoho vybraného hodnotícího faktoru.

Úprava okolního terénu jímacího objektu :	<i>zatravnění</i>		<i>dlažba</i>	
	<i>spád k objektu</i>	<i>spád od objektu</i>	<i>rovné</i>	
	Rozsah úpravy (vzdálenost od objektu, v metrech) :			

Obr. 4.18 Ukázka provedení hodnotícího faktoru v rámci hodnotícího formuláře

Jako ukázkový příklad byl vybrán hodnotící faktor Úprava okolního terénu jímacího objektu (Obr. 4.18). Tento hodnotící faktor zahrnuje vše, co bylo výše zmíněno. V rámci hodnotícího faktoru jsou obsaženy 3 prvky.

První prvek se zabývá povrchem okolního terénu, avšak neslouží k hodnocení. Jak již bylo zmíněno v popisu systému hodnocení, formulář slouží také jako částečný pasport zdroje a právě tento prvek je k tomuto určen. V případě, že se osoba, která je neznalá vybavení a provedení daného zdroje, si může skrze tyto informace vytvořit širší obraz o daném zdroji.

Druhý prvek se zabývá sklonitostí terénu v bezprostředním okolí jímacího objektu. Jak již bylo zmíněno, norma (ČSN 75 5115) nařizuje, aby byl vždy terén upraven ve spádu od objektu, což je nejlepší možné technické řešení. Další možností je, že terén je takřka rovný, což je v rozporu s normou, ale není to až tak závažný problém.

Poslední nabízenou možností je, že terén je ve spádu k jímacímu objektu, tudíž samotný objekt je v prohlubni, což je závažný problém, protože se zde dochází k akumulaci stékající povrchové vody.

Každá z těchto možností je bodově ohodnocena podle vhodnosti provedení. Spád k objektu - 1 bod, spád od objektu - 3 body a rovný terén - 2 body. Podle zaškrtnutí dané možnosti je udělen zdroji daný počet bodů v rámci hodnotícího faktoru. Avšak je zde ještě třetí prvek, který je taky bodově ohodnocen.

Poslední prvek se zabývá rozsahem provedené úpravy terénu směrem od objektu. V normě je uvedeno, že úprava okolního terénu by měla být provedena do vzdálenosti minimálně 5 metrů. V případě tohoto prvku se musí ručně doplnit hodnota (v metrech), do které je úprava přímo na místě provedena. V případě že se doplní hodnota 5 nebo větší, je uděleno 0 bodů. Pokud je doplněna hodnota menší než 5, je uděleno -1 bodů, tudíž se od již dosaženého počtu bodů z předchozího prvku odečte jeden bod. Pro lepší znázornění je hodnocení jednotlivých možností uvedeno na obrázku 4.19. Oranžovou barvou jsou označeny možnosti (odpovědi), které se projevují do celkového hodnocení. V závorkách je uvedeno bodové hodnocení každé z odpovědí. (Hodnota  $x$  představuje ručně doplněnou hodnotu)

Úprava okolního terénu jímacího objektu :	zatravnění		dlažba	
	spád k objektu (1)	spád od objektu (3)	rovné (2)	
	Rozsah úpravy (vzdálenost od objektu, v metrech) :		$x > 5$ (0)	$x < 5$ (-1)

Obr. 4.19 Hodnocení úpravy okolního terénu jímacího objektu v rámci hodnotícího formuláře

Jak je vidět z obrázku, v rámci hodnotícího faktoru může zdroj získat maximálně 3 body a minimálně 0 bodů.

Také je potřeba zmínit, že se v hodnotícím formuláři vyskytují případy, kdy při hodnocení určitého prvku lze zaškrtnout více možností (odpovědí). Bodové hodnocení při zaškrtnutí více možností se sčítá.

Z pohledu celkového systému hodnocení bylo určeno, že všechny faktory budou mít stejnou váhu, to znamená, že každý faktor by měl mít stejné maximum bodů, které může zdroj získat. Maximální počet bodů, který může zdroj v rámci jednoho faktoru získat, byl stanoven na 5 bodů. Při pohledu do hodnotícího formuláře je zřejmé, že v každém faktoru je jiný počet prvků a možných odpovědí, tudíž i rozdílný maximální počet bodů. Tento problém byl vyřešen tzv. "násobičem", což není nic jiného než hodnota, která se získá vydělením čísla 5 a maximálním možným dosažitelným počtem bodů v rámci daného faktoru. Tím je zaručeno, že i když je daných možností (odpovědí) více a jsou různě bodově ohodnoceny, vždy bude maximální počet dosažených bodů maximálně 5. Pro výše uvedený příklad by hodnota násobiče byla 1,66667, protože je maximálně možný dosažitelný počet bodů 3.

Při vynásobení čísla 3 a čísla 1,66667 je výsledná hodnota 5. Lze tedy říci, že při nejhodnějším technickém řešení (stavu) daného faktoru, obdrží zdroj 5 bodů. Pro každý z hodnotících faktorů je hodnota násobiče jiná.

Daný zdroj může získat maximálně 170 bodů (34 hodnotících faktorů). Kompletní podrobné bodové ohodnocení je uvedeno v samostatné příloze k této práci. Na základě bodového zisku v rámci faktorů se zařídí technické ukazatele do kategorií.

#### 4.6.2 Zatřídění do kategorií

Po vyplnění celého formuláře se z konečného bodového hodnocení jednotlivých faktorů určí kategorie technického stavu nejdříve pro technické ukazatele (TU). Po zatřídění technických ukazatelů se určí kategorie jednotlivých částí a na závěr se určí výsledná technická kategorie celého zdroje.

Jak již bylo uvedeno v jedné z dřívějších kapitol, technický ukazatel může být zaříděn do kategorie K1, K2, K3 nebo K4. Každá z těchto kategorií vypovídá o technickém stavu daného ukazatele. Obecně lze vypovídající technický stav v rámci každé kategorie slovně popsat tak, jak je uvedeno v tabulce 4.6.

Tab. 4.6 Slovní popis kategorií technického stavu

<b>K1</b> (velmi dobrý stav)	optimální stav daného TU, nejsou zapotřebí žádná opatření
<b>K2</b> (dobrý stav)	v rámci TU jsou malé nedostatky, nejsou zapotřebí akutní či rozsáhlá opatření
<b>K3</b> (dostatečný stav)	v rámci TU jsou některé vážnější nedostatky, v tomto případě by měla být provedena nebo plánována rozsáhlejší opatření
<b>K4</b> (nedostatečný stav)	v rámci TU jsou velmi vážné nedostatky, opatření by měla být provedena co nejdříve

Jak již bylo uvedeno v jedné z dřívějších kapitol, každý hodnotící faktor spadá pod určitý technický ukazatel. Počet faktorů spadající pod technický ukazatel udává maximální možný počet bodů, který může být dosažen v rámci daného ukazatele. Z maximálně možného počtu bodů se určí bodové hranice pro kategorie technického stavu. Počet kategorií je čtyři, takže se maximálně možný počet bodů v rámci daného technického ukazatele vydělí číslem 4 a následně se určí bodové hranice kategorií.

Pro názornost, v případě, že pod daný technický ukazatel spadá 8 hodnotících faktorů, může být maximálně dosaženo 40 bodů v rámci tohoto technického ukazatele. Po vydělení maximálního počtu bodů číslem 4 dostáváme bodové hranice kategorií. Pro kategorii K1 - minimálně 30 bodů, pro K2 - minimálně 20 bodů, pro K3 - minimálně 10 bodů. V případě dosažení menšího počtu než 10 bodů, spadá daný technický ukazatel do kategorie K4.

Po tomto zařídění všech technických ukazatelů do kategorií se přechází k určení technických kategorií jednotlivých částí. Tento způsob zařídění je poněkud odlišný a nehraje zde roli bodové hodnocení. Pro účel technického hodnocení by měly být vypovídající hlavně nejdůležitější technické ukazatele jímajícího objektu, které se týkají přímo technického stavu zařízení a stavby.

Zajištění zohlednění různé důležitosti všech ukazatelů pro účely technického hodnocení je provedeno přidělením různých vah pro každý z ukazatelů. Součet všech vah v rámci každé jedné části by měl být roven jedné. V každé části jsou technické ukazatele, které jsou pro danou část jinak důležité, a proto by se jim měla přidělit větší váha. Zařazení

části do kategorie je tedy určeno na základě váženého průměru, kdy kategorie důležitějšího ukazatele více určuje výslednou kategorii dané části.

Stejným způsobem se nakonec určí výsledná technická kategorie celého zdroje, kdy každá z částí má jinou důležitost v rámci technického hodnocení. V tomto případě mají hlavní vypovídající hodnotu o technickém stavu zdroje Stavební část a Technologická část. Provozní část a Ochrana vodního zdroje mají na celkové hodnocení také vliv, ale pouze omezený.

**Tab. 4.7 Váhy jednotlivých technických ukazatelů a částí**

<b>Stavební část</b>	<b>0,33</b>
TS1 - Odvod povrchové vody	0,1
TS2 - Zabezpečení vstupu do objektu	0,15
TS3 - Stav stavební konstrukce	0,33
TS4 - Těsnost stavební konstrukce	0,27
TS5 - Stav elektroinstalací	0,15
<b>Technologická část</b>	<b>0,35</b>
TT1 - Trubní vstrojení	0,35
TT2 - Zanášení jímacího zařízení	0,15
TT3 - Čerpací technika	0,35
TT4 - Měření a monitoring	0,15
<b>Provozní část</b>	<b>0,22</b>
TP1 - Vydátnost a odběr	0,6
TP2 - Ohrožení suchem	0,2
TP3 - Jakost surové vody	0,2
<b>Ochrana vodního zdroje</b>	<b>0,1</b>
TO1 - Stav ochranného pásma	0,5
TO2 - Zabezpečení před zdroji znečištění	0,5

V tabulce 4.7 jsou uvedeny váhy, které byly přiděleny každému technickému ukazateli a každé jednotlivé části. Z tabulky je tedy možné vyčíst, které technické ukazatele jsou pro danou část z hlediska technického hodnocení nejdůležitější.

Celý postup vyhodnocení formuláře je zde uveden velmi podrobně, protože formulář je proveden způsobem, aby bylo možné v budoucnu možné přidávat nebo odebrat kterýkoliv z faktorů nebo technických ukazatelů. V takovém případě se změní maximální celkový počet bodů, ale způsob bodování a určení kategorií zůstává pořád stejný. Stejně tak je to v případě, že některý z hodnotících faktorů se během hodnocení nevyplní. V takovém případě se počítá s nižším maximálním bodovým základem, stejně tak s nižším maximálně dosažitelným počtem bodů v technickém ukazateli, pod který daný faktor spadá, aby z tohoto důvodu nedocházelo k zařazení celého ukazatele do horší kategorie.

Je důležité zmínit, že celé bodové hodnocení a hodnoty vah technických ukazatelů a částí byly navrženy velmi subjektivně. Pro opravdu objektivní bodové hodnocení a určení vah by musely předcházet dlouhodobé konzultace s mnoha provozovateli zdrojů, projektanty atd. Bohužel v rámci této práce na dlouhodobou spolupráci s provozovateli nebo projektanty nebyl dostatek času.

Avšak naskytl se možnost podrobit navrhovaný hodnotící formulář přímému testu přímo v terénu. Popis případové studie hodnocení podzemního zdroje je uveden v následující kapitole.



## 5 PŘÍPADOVÁ STUDIE

V rámci případové studie bude popsáno hodnocení zdroje podzemní vody, který provozuje Vodárenská společnost Chrudim, a.s., jenž umožnila návštěvu jednoho ze svých jímacích objektů, a poskytla příslušnou projektovou dokumentaci. Konkrétně se jedná o vrt s označením V8, který se nachází jižně od města Chrast (Pardubický kraj).

Tato návštěva proběhla v době, kdy byl hodnotící formulář, reprezentovaný v této práci, v procesu návrhu. Díky návštěvě reálného zdroje bylo možné zjistit možné nedostatky hodnotícího formuláře a následně tyto nedostatky opravit.

### 5.1 POPIS ZDROJE

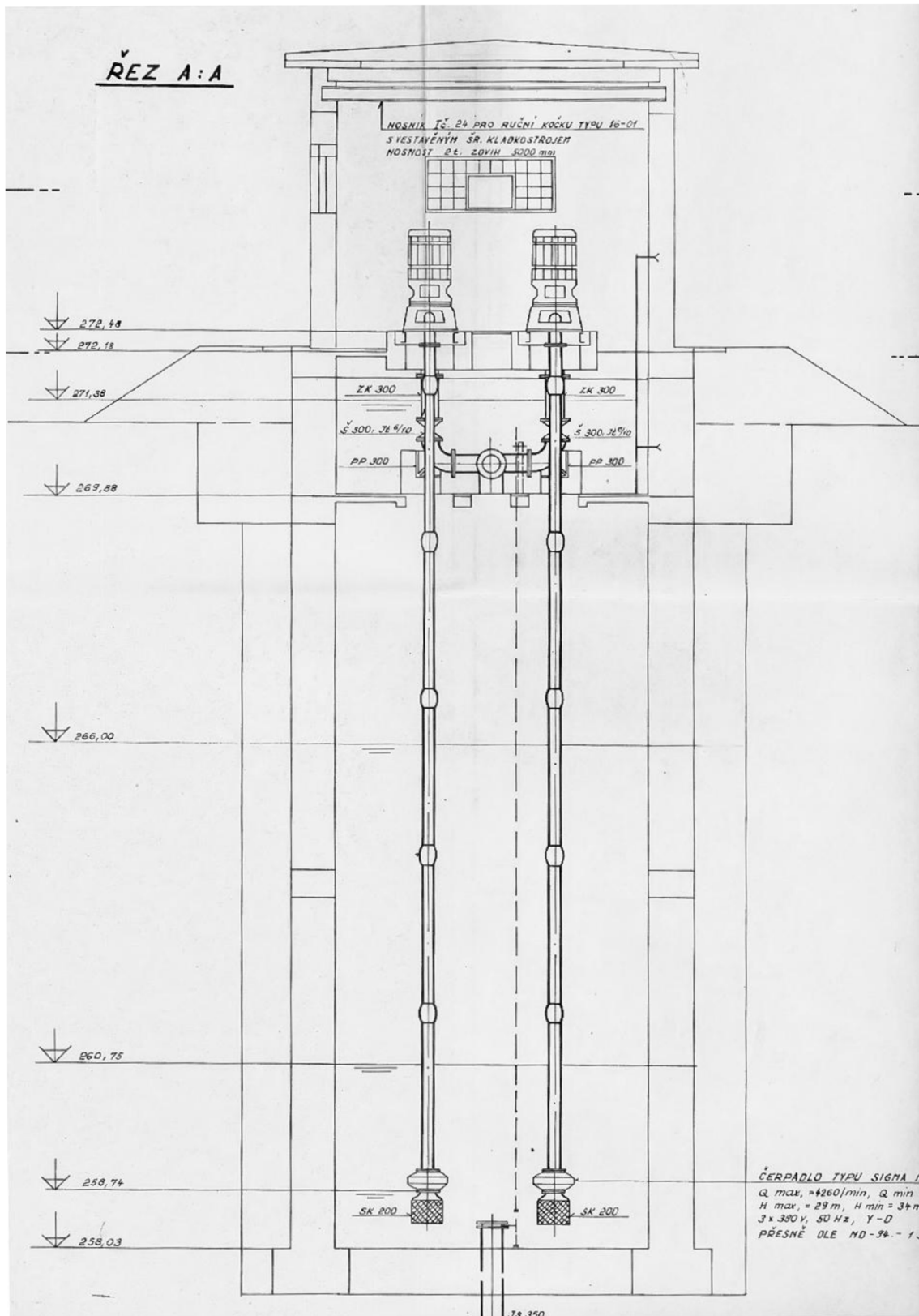
Samotný zdroj, vrt V8, je součástí zdrojové oblasti u obce Podlažice, kde je provozováno dalších 5 jímacích vrtů. Celková maximální jímací kapacita vrtů je 130 l/s. Voda ze všech vrtů je čerpána do akumulární nádrže, která je součástí čerpací stanice Podlažice. Z čerpací stanice je voda čerpána do VDJ Slatiňany, kde se míchá s vodou z povrchového zdroje (VN Křižanovice).



Obr. 5.1 Pohled na jímací objekt vrtu V8

Vrty jsou součástí skupinového vodovodu Chrudim, který zásobuje východní část chrudimského okresu a samotné město Chrudim s jeho širokým okolím. Zdrojová oblast Podlažice představuje asi jednu pětinu z celkové kapacity všech zdrojů v rámci celého skupinového vodovodu. [47]

Zdroj (vrt V8) je proveden jako vrtaná artézská studna s pozitivní výtlačnou úrovní. Samotný jímací objekt je proveden jako nadzemní (Obr. 5.1). Pod podlahou objektu je zřízena železobetonová šachta o hloubce 14,15 m a vnitřním průměru 5 m, z jejíhož dna je proveden vrt o průměru 355 mm a hloubce 94 m (Obr. 5.2). Zárubnice vrtu je vyrobena z oceli. Šachta je zřízena pro účel akumulace vody, která samovolně vytéká z vrtu. Maximální hladina vody v šachtě je určena výškou přelivné hrany bezpečnostního přelivu. Voda z šachty se čerpá dvěma vertikálními čerpadly.



Obr. 5.2 Řez jímacím objektem vrtu V8 [33]

Zdroj je v provozu od roku 1968. V době návštěvy tohoto zdroje byl jímací objekt po částečné rekonstrukci, což se projevilo na celkovém hodnocení zdroje. Hodnocení zdroje bude popsáno v následující kapitole.

## 5.2 HODNOCENÍ ZDROJE

Jak už bylo řečeno, v době hodnocení zdroje byl jímací objekt po částečné rekonstrukci. Hodnocení bylo provedeno na základě vyplnění formuláře.

Je nutno podotknout, že z časových důvodů nebylo možné zhodnotit některé části a zařízení přímo na místě, jako např. provést kamerový průzkum vrtu a detailní prohlídku všech armatur. Tato nedostupná data pro vyplnění formuláře byla doplněna na základě konzultace

s provozním technikem. Stejně tak nebyla z časových důvodů možnost vyhodnotit veškerá provozní data, sloužící jako podklad k některým hodnotícím faktorům.

V následujících podkapitolách budou slovně popsáno hodnocení všech částí hodnotícího formuláře a na závěr bude uveden celkový souhrn hodnocení daného zdroje.

### *Stavební část*

Vzhledem k tomu, že byl objekt po částečné rekonstrukci, kdy byla provedena nová fasáda a i ve vnitřním prostoru objektu byly opraveny omítky atd., nebyly v rámci stavební části žádné vážné nedostatky. Jedním z menších nedostatků byl fakt, že okna nebyla zabezpečena mříží před vniknutím osob a stěny měly jako povrchovou úpravu štukovou omítku, která neumožňuje případný oplach a omytí, ale jinak byla omítka ve velmi dobrém stavu (Obr. 5.3).



Obr. 5.3 Snímek vnitřní části jímacího objektu vrtu V8

Dalším drobným nedostatkem bylo nedostatečné odvodnění podlahy. Podlaha nebyla ve spádu a jediným místem, jak mohla případná voda z podlahy odtékat, byly otvory v poklopu pro přístup na podestu akumulární šachty pod podlahou.

### *Technologická část*

Současně s rekonstrukcí stavby byla provedena i výměna jednoho ze dvou vertikálních čerpadel. Vzhledem k tomu, že obě čerpadla před výměnou byly v provozu od počátku provozu samotného zdroje, tzn. zhruba 47 let, přišla doba, kdy se přiblížily hranici své

životnosti. Z důvodu neopravitelné poruchy bylo jedno z čerpadel vyměněno (Obr. 5.4). V rámci hodnocení se projevila skutečnost, že je nyní nainstalováno jedno čerpadlo zcela nové, ale současně je stále nainstalováno daleko starší čerpadlo, které bude muset být v nejbližší době také vyměněno, i když prozatím funguje dobře.



Obr. 5.4 Snímek stávajícího soustrojí starého (vlevo) a nového (vpravo) čerpadla

Dalším méně závažnou vadou v technologické části bylo stáří potrubí v rámci objektu, kdy je většina potrubí vyrobena z oceli a je stejného stáří, jako je zdroj samotný. Některé části potrubí budou muset být v budoucnu vyměněny.

Z pohledu měření odebírané vody byl objeven jeden malý nedostatek a to, že není měřeno množství vody odtékající přelivem umístěným v šachtě. Podle osobního názoru se u artézských studní s pozitivní výtlačnou hladinou, kde se nedá regulovat množství samovolně vytékající vody, a ta v některých případech odtéká právě přelivem, se dá tento stav charakterizovat jako přetok vody (stejně jako např. u pramenních jímek a zářezů) a proto by se tato přetékající voda přelivem měla dle normy řádně měřit. Tato skutečnost, ale má na celkové hodnocení měření a monitoringu jen nepatrný vliv.

### ***Provozní část***

Hodnocení provozní části se vycházelo pouze z omezených dat. Zdroj obecně zajišťuje svou kapacitou dostatečnou dodávku vody do spotřebišť. Samotný zdroj má v rámci povolení k nakládání s vodami určená omezení okamžitého odebíraného množství v závislosti na stavu hladiny v monitorovacím vrtu celé zdrojové oblasti. Během provozu v sušších obdobích občas nastane stav, kdy musí být omezeno jímání vody ze zdroje.

Pro určení ohrožení zdroje suchem nebyl dostatek provozních dat, proto nebyl tento technický ukazatel zařazen do hodnocení.

Jakost surové vody ve zdroji je velmi dobrá. Surová voda je dlouhodobě zařazena v kategorii A1. Surová voda neobsahuje zvýšené koncentrace železa ani manganu a tudíž nedochází k inkrustaci technického vybavení, které přichází do styku s touto vodou.

### ***Ochrana vodního zdroje***

Provedení a dodržování ochrany zdroje před znečištěním je na velmi dobré úrovni a nebyly zjištěny žádné problémy.

V blízkosti jímacího objektu se nachází vodní tok Žejbro. V záplavové oblasti 100-letého průtoku se však samotný jímací objekt nenachází (Obr. 5.5). (Červeně je označen jímací objekt vrtu V8 a světle modrá oblast značí záplavové území 100-leté vody).





Obr. 5.5 Poloha jímacího objektu vzhledem k záplavové oblasti [48]

Bodové zdroje možného znečištění, jako jsou žumpy, chlěvy, veřejné komunikace apod. jsou v dostatečné vzdálenosti od zdroje.

### *Celkové hodnocení*

Celkové hodnocení zdroje bylo provedeno dle zásad popsanych v předchozích kapitolách práce. Výsledek hodnocení zdroje je znázorněn v tabulce 4.8.

Tab. 5.1 Výsledek hodnocení podzemního zdroje pitné vody

<b>CELKOVÁ KATEGORIE ZDROJE</b>	<b>K1</b>
<b>Stavební část</b>	<b>K1</b>
TS1 - Odvod povrchové vody	K1
TS2 - Zabezpečení vstupu do objektu	K2
TS3 - Stav stavební konstrukce	K1
TS4 - Těsnost stavební konstrukce	K1
TS5 - Stav elektroinstalací	K1
<b>Technologická část</b>	<b>K2</b>
TT1 - Trubní vstrojení	K2
TT2 - Zanášení jímacího zařízení	K1
TT3 - Čerpací technika	K2
TT4 - Měření a monitoring	K1
<b>Provozní část</b>	<b>K1</b>
TP1 - Vydatnost a odběr	K1
TP2 - Ohrožení suchem	N
TP3 - Jakost surové vody	K1
<b>Ochrana vodního zdroje</b>	<b>K1</b>
TO1 - Stav ochranného pásma	K1
TO2 - Zabezpečení před zdroji znečištění	K1

Z výsledku hodnocení zpětně vyplývá stav jednotlivých částí a technických ukazatelů zdroje. Dle osobního pohledu výsledek vhodně reflektuje stávající stav hodnoceného jímacího objektu.

Technické ukazatele, které jsou zařazeny do kategorie K2, poukazují na místa, kde byly objeveny určité nedostatky. Zjištěné nedostatky nejsou akutního charakteru, ale do budoucna se budou tyto "slabá" místa muset sledovat a naplánovat jejich případná obnova, jako je například výměna starého čerpadla za nové nebo výměna starého korodujícího ocelového potrubí.

Celkově byl zdroj zařazen do kategorie K1, což znamená, že je zdroj ve velmi dobrém stavu. Více vypovídající než samotná výsledná kategorie jsou kategorie, do kterých byly zařazeny jednotlivé části a ukazatele.

Obecně lze říci, že pro případ hodnocení zdrojů vody podobného konstrukčního řešení je navrhovaný hodnotící formulář dostačující a vhodně prezentuje aktuální stav tohoto typu objektu.



## 6 ZÁVĚR

Jak už bylo řečeno dříve, systém technického hodnocení zdrojů podzemní vody, který je prezentován v této práci je prvním počinem v oblasti hodnocení zdrojů vody. Je nutné brát v úvahu, že celý systém bodového hodnocení v rámci hodnotících faktorů je silně subjektivní záležitostí. Stejně tak je tomu u určení vah jednotlivých technických ukazatelů a jednotlivých částí. Hlavní smysl této práce je ve vytvoření základu systému hodnocení podzemních zdrojů vody, který nemusí plně vyhovovat použití v praxi.

Po ověření relativní použitelnosti hodnotícího formuláře na reálném zdroji, bylo zjištěno několik věcí, na kterých by se mělo v budoucnu ještě zapracovat, aby mohl být systém použit v reálné praxi.

První věcí je zcela určitě spolupráce s vodárenskými společnostmi a testování vytvořeného systému na více reálných podzemních zdrojích. Spoluprací by se mělo zajistit vytvoření nejvhodnější sestavy hodnotících faktorů a technických ukazatelů, které nejlépe vystihují technický stav daného zdroje.

Stejně tak je důležité, podrobit systém hodnocení na jímacích zařízeních rozdílného typu, např. pramenních jímkách, jímacích zářezech apod. Je pravděpodobné, že v praxi nebude možné hodnotit různé typy jímacích zařízení jedním shodným formulářem, avšak také není vyloučeno, že po delším testování a vhodných úpravách nemůže být vytvořen jediný formulář pro hodnocení všech typů jímacích zařízení. V rámci této práce byla však snaha o vytvoření právě takového obecného formuláře pro všechny typy jímacích zařízení.

Další věcí, která by měla být prověřena je, zda samotný způsob zařazování do čtyř kategorií je způsob dostatečný nebo bude muset být tento způsob upraven, např. zařazování do pěti kategorií apod. Je také možné, že forma kategorizace nebude mít dostatečně vypovídající hodnotu a bude potřeba vytvořit jiný způsob prezentování výsledku hodnocení.

Jednou z dalších věcí, která by byla užitečná především pro praktické použití je, aby vyhodnocení celého formuláře proběhlo po zadání dat do počítače zcela automaticky.

Všechny výše zmíněné "slabiny" systému nemohly být z časových důvodů v rámci této práce detailně propracovány, ale je zde právě snaha o poukázání na tyto slabiny, jako podklad k dalším pracím, které mohou na tuto diplomovou práci navazovat.

Poslední a také možná nejdůležitější otázkou zůstává, zda by představovaný systém hodnocení našel uplatnění v praxi. Podle osobního názoru by mohl být systém použitelný v praxi, ale hlavně u malých vodárenských společností nebo v místech, kde si vodárenskou infrastrukturu spravuje sama obec. Velké vodárenské společnosti mají často svůj sofistikovaný systém technického hodnocení a nemají důvod přecházet na jiný.

Systém technického hodnocení představovaný v této práci by mohl být dostatečným nástrojem pro plánování obnovy vodárenské infrastruktury, avšak pro vytvoření spolehlivého systému je potřeba tento systém hodnocení ještě dlouhodobě testovat a upravovat dle potřeb praxe a platné legislativy, jinak takový systém ztrácí svůj význam.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Česká republika. Vyhláška č. 428/2001 Sb.: 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). In: *Sbírka zákonů*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2001. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-274-2001-sb-a-souvisejici-predpisy>
- [2] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2013*. Praha, 2014. ISBN 978-80-7434-154-0. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/341044/Modra\\_zprava\\_2013\\_komplet.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/341044/Modra_zprava_2013_komplet.pdf)
- [3] Klíčové indikátory ŽP ČR - voda. *ISSaR: Informační systém statistiky a reportingu* [online]. [cit. 2014-12-04]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz>
- [4] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Vodárenství: Úprava vody*. Brno, 2006.
- [5] Povodí Ohře: Vodní dílo Chřibská. [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://www.poh.cz/vd/chribska.htm>
- [6] Cannon's Service LLC: Floating Pump Station. [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: [http://www.cannonservice.com/Golf\\_Course\\_Products.php](http://www.cannonservice.com/Golf_Course_Products.php)
- [7] WIKIPEDIE. *Studna: Historie* [online]. 9.11.2014 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Studna>
- [8] ČSN 75 5115. *Jímání podzemní vody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 32 s.
- [9] WIKIPEDIA. *Artesian aquifer* [online]. 25.11.2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Artesian\\_aquifer](http://en.wikipedia.org/wiki/Artesian_aquifer)
- [10] ČVUT V PRAZE - FAKULTA STAVEBNÍ. *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství: PŘEDNÁŠKY A CVIČENÍ ON-LINE* [online]. [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: [http://storm.fsv.cvut.cz/on\\_line/hpvo/ulohy/obor\\_v/ul06v.html](http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/hpvo/ulohy/obor_v/ul06v.html)
- [11] WIKIPEDIE. *Jímání vody: Jímací objekty podzemních vod* [online]. 26.11.2013 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Jímání\\_vody](http://cs.wikipedia.org/wiki/Jímání_vody)
- [12] Česká republika. Zákon č. 274/2001 Sb.: o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: *Sbírka zákonů*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2001. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-274-2001-sb-a-souvisejici-predpisy>
- [13] SEVEROČESKÁ VODÁRENSKÁ SPOLEČNOST A.S. *Plníme Plán financování obnovy vodovodů a kanalizací* [online]. Teplice, 29.3.2013 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: [http://www.svs.cz/cz/pro\\_novinare/tiskove\\_zpravy/plnime-plan-financovani-obnovy-vodovodu-a-kanalizaci.html](http://www.svs.cz/cz/pro_novinare/tiskove_zpravy/plnime-plan-financovani-obnovy-vodovodu-a-kanalizaci.html)
- [14] TUHOVČÁK, Ladislav, Miloslav TAUŠ a Miroslav MARČÍK. Technický audit čerpacích stanic pitné vody. In: *Voda Zlín 2014: Sborník příspěvků*. 2014, s. 4. ISBN 978-80-905716-0-0.

- [15] U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Drinking Water From Household Wells* [online]. 2002 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: [http://water.epa.gov/drink/info/well/upload/2003\\_06\\_03\\_privatewells\\_pdfs\\_household\\_wells.pdf](http://water.epa.gov/drink/info/well/upload/2003_06_03_privatewells_pdfs_household_wells.pdf)
- [16] WIKIPEDIE. *Koroze* [online]. 24.11.2014 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Koroze>
- [17] Catalogs.com. *Top 10 Ways to Protect Metal* [online]. 8.2.2012 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.catalogs.com/info/bestof/top-10-ways-to-protect-metal>
- [18] Amtec Consultants. *Corrosion & Coatings Failures On Buildings* [online]. [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.amteccorrosion.co.uk/buildings.html>
- [19] FELDMANN, Gerard C. *Concrete Repair Basics*. [online]. 2008 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.structurearchives.org/article.aspx?articleID=590>
- [20] HEJLÁNEK, Jiří. Správné ošetření přípojovací spáry oken a dveří je klíčem k úspěchu. *Stavebnictví a interiér*. 2008, roč. 2008, č. 8. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/spravne-osetreni-pripojovaci-spary-oken-a-dveri-je/>
- [21] Plísně a houby na zdivu. In: *Mikrovlňné vysušování zdiva a mikrovlňné ošetřování dřeva* [online]. Přerov [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www.vysusovani-zdiva.cz/plisne-a-houby.html>
- [22] Charakteristika hydroizolačních systémů pro rodinné a bytové domy. STAVOFOL. [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www.stavofol.cz/hydroizolacni-systemy-rodinne-domy-charakteristika.html>
- [23] VEJVODOVÁ, Alžběta a Petr OBROVSKÝ. Blackout v Česku: Stoprocentně nebudeme připraveni nikdy. In: *Zpravodajství České televize* [online]. 27. 2. 2014 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/264504-blackout-v-cesku-stoprocentne-nebudeme-pripraveni-nikdy/>
- [24] VS CHRUDIM. *Záznam kamerové prohlídky jímacího zařízení* [DVD]. Chrudim, 2011 [cit. 5.12.2014].
- [25] Odstranění tvrdosti vody - odstranění vodního kamene. CENTRUM VODY S.R.O. [online]. Praha [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.agua.cz/odstraneni-tvrdosti-vody-odstraneni-vodniho-kamene/t-329/>
- [26] ORLÍKOVÁ, Soňa. Měření průtoku tekutin - principy průtokoměrů. *Elektrorevue* [online]. 2001, č. 49, 10.12.2001 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01049/index.html>
- [27] FC2 – Indukční průtokoměr. In: *SIMA servis, spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.simaservis.cz/fc2.html>
- [28] Čištění studní. In: *Aquarex WATERPROFIT s.r.o.* [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.aquarex.cz/cisteni-studni>
- [29] Well Clogging Risk Index. In: *Watershare* [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.watershare.eu/tool/well-clogging-risk-index/>

- [30] TUHOVČÁK, Ladislav, Miloslav TAUŠ a Tomáš KUČERA. The assessment of the technical condition of the water distribution systems. *ScienceDirect* [online]. 2014, s. 8 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [31] WIKIPEDIE. *Telemetrie* [online]. 12.11.2014 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Telemetrie>
- [32] KADLEC, Karel a Miloš KMÍNEK. *Měřicí a řídicí technika: Technologická měření - Měření výšky hladiny* [online]. 2005, 12.11.2014 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://uprt.vscht.cz/ucebnice/MRT/F4/F4-ram.htm>
- [33] VS CHRUDIM. *Provozní data a dokumenty* [snímek]. Chrudim, 2014 [cit. 20.11.2014].
- [34] ČERVENKOVÁ, Martina. *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.
- [35] Perforace trub: Výroba a produkty. PERFORATION. [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.pospisil-ro.cz/cz/vyroba-produkty/vysokopevnostni-zarubnice.htm>
- [36] Produkty: Kopané studny. GLAUKOS S.R.O. [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.glaukos.cz/kopane-studny.php>
- [37] WIKIPEDIA. *Qanat* [online]. [cit. 2014-12-25]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Qanat>
- [38] Česká republika. Zákon č. 254/2001 Sb.: o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů*. Praha, 2001.
- [39] MACHAČ, Tomáš. *Opatření v systémech zásobování vodou v době sucha*. Brno, 2013. 45 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
- [40] FINFRLOVÁ, Pavla a Pavel LOSKOT. Hrozba nedostatku vody pro zásobování obyvatel je reálná. *SOVAK: Časopis oboru vodovodů a kanalizací*. 2009, 10/2009.
- [41] FINFRLOVÁ, Pavla. Příprava na krizovou situaci následkem sucha. Konference SOVAK, ČR, Plzeň, 2010.
- [42] STARÝ, Miloš. VUT V BRNĚ, Fakulta stavební. *Hydrologie*. Brno, 2005.
- [43] ČSN 73 6650. *Vodojemy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009, 16 s.
- [44] Coatings for Pumps and Pipes. TALLEMENDO PTY LTD. *Tallemenco: Pumping and Hydraulics' Solutions for Irrigation and Water Supply* [online]. [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: <http://www.talle.biz/coatings.html>
- [45] Česká republika. Vyhláška č. 501/2006 Sb.: o obecných požadavcích na využívání území. In: *Sbírka zákonů*. Ministerstvo pro místní rozvoj, 2006. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?page=0&idBiblio=63140&nr=501~2F2006&rpp=15#local-content>

- [46] Postup při sanaci studní postižených povodněmi. KOŽÍŠEK, František a Jaroslav ŠAŠEK. MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. [online]. 2014 [cit. 2015-01-01]. Dostupné z: [http://www.mzcr.cz/obsah/postup-pri-sanaci-studni-postizenych-povodnemi\\_3092\\_5.html](http://www.mzcr.cz/obsah/postup-pri-sanaci-studni-postizenych-povodnemi_3092_5.html)
- [47] Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Pardubického kraje. PARDUBICKÝ KRAJ. [online]. [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://195.113.178.19/html/prvkuk/index.html>
- [48] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Povodňový plán České republiky: Záplavová území Q100* [online]. Praha, 2014, 16.11.2014 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: [http://webmap.dppcr.cz/dpp\\_cr/isapi.dll?GEN=LSTD&MAP=hlas\\_prof&TS=srst\\_chmu&CF\\_SQY=C\[KRAJ\]E3561&MU=001&LANG=CS-CZ&TS\\_PAGE=28](http://webmap.dppcr.cz/dpp_cr/isapi.dll?GEN=LSTD&MAP=hlas_prof&TS=srst_chmu&CF_SQY=C[KRAJ]E3561&MU=001&LANG=CS-CZ&TS_PAGE=28)

## SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Zásobování vodou z vodovodů v letech 1989 a 2007-2013.....	5
Tab. 3.1 Tloušťka vrstvy obsypu.....	14
Tab. 4.1 Schéma systému technického hodnocení .....	24
Tab. 4.2 Přehled hodnotících faktorů, technických ukazatelů a částí .....	25
Tab. 4.3 Návrh indikátoru sucha .....	50
Tab. 4.3 Výpočet pořadnic čáry překročení .....	51
Tab. 4.4 Standardní metody úpravy vody pro jednotlivé kategorie surové vody .....	53
Tab. 4.5 Minimální vzdálenosti zdrojů znečištění od zdroje vody .....	56
Tab. 4.6 Slovní popis kategorií technického stavu.....	59
Tab. 4.7 Váhy jednotlivých technických ukazatelů a částí .....	60
Tab. 5.1 Výsledek hodnocení podzemního zdroje vody .....	65



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Celkové odběry vody jednotlivými odběrateli v ČR ( v mil. m <sup>3</sup> ).....	4
Obr. 2.2 Vývoj počtu zásobovaných obyvatel a specifické. potřeby vody fakturované v letech 1989 a 2003-2013.....	5
Obr. 2.3 Odběry povrchových vod v České republice v letech 1980-2013 .....	6
Obr. 2.4 Řez věžovým odběrným objektem VD Chřibská .....	7
Obr. 2.5 Plovoucí odběrný objekt .....	8
Obr. 2.6 Odběry podzemních vod v České republice v letech 1980-2013.....	9
Obr. 3.1 Schéma hydrologického uspořádání v místě artézské studny .....	11
Obr. 3.2 Schéma úplné studny (vlevo) a dvou neúplných studní (vpravo).....	12
Obr. 3.3 Stavební provedení vrtané studny dle ČSN 75 5115 .....	13
Obr. 3.4 Ukázka perforace zárubnice.....	15
Obr. 3.5 Příklad provedení šachtové studny .....	16
Obr. 3.6 Schéma radiální studny .....	17
Obr. 3.7 Schéma provedení jímacího zářezu.....	18
Obr. 3.8 Snímek vnitřní části kameninového drénu .....	18
Obr. 3.9 Schéma provedení jímací štoly s šachtovými studnami (tzv. qanat) .....	19
Obr. 3.10 Schéma pramenní jímky.....	20
Obr. 4.1 Tabulka plánu financování obnovy vodovodů nebo kanalizací.....	23
Obr. 4.2 Schéma vhodné úpravy terénu v okolí jímacího objektu.....	27
Obr. 4.3 Příklady silné koroze kovových dveří a silné koroze okenního rámu .....	30
Obr. 4.4 Vydrolování (koroze) betonu stropní konstrukce a obnažení výztuže.....	30
Obr. 4.5 Koroze kotvící části u kovového zábradlí .....	33
Obr. 4.6 Vznik plísní vlivem netěsnosti okenního rámu .....	34
Obr. 4.7 Vznik plísní vlivem průsaků vody špatně izolovanou stěnou.....	35
Obr. 4.8 Prorůstání kořenů do jímacího zařízení (jímací zářez) .....	37
Obr. 4.9 Ocelové potrubí s velmi silnou korozí .....	38
Obr. 4.10 Příklad zarůstání potrubí vápencem způsobeného nadměrnou tvrdostí vody.....	38
Obr. 4.11 Indukční průtokoměr.....	40
Obr. 4.12 Zanášení vtokových otvorů sloučeninami železa v perforované části zárubnice ....	41
Obr. 4.13 Dispečerský graf sledování stavu hladin v jímacích vrtech .....	45
Obr. 4.14 Schéma plovákového hladinoměru .....	46
Obr. 4.15 Schéma ultrazvukového hladinoměru .....	47
Obr. 4.16 Graf distribuční funkce F(x) a funkce pravděpodobnosti překročení P(x).....	51

---

Obr. 4.17 Systém indikátoru sucha .....	52
Obr. 4.18 Ukázka provedení hodnotícího faktoru v rámci hodnotícího formuláře.....	57
Obr. 4.19 Hodnocení úpravy okolního terénu jímacího objektu v rámci hodnotícího formuláře.. .....	58
Obr. 5.1 Pohled na jímací objekt vrtu V8 .....	61
Obr. 5.2 Řez jímacím objektem vrtu V8 .....	62
Obr. 5.3 Snímek vnitřní části jímacího objektu vrtu V8 .....	63
Obr. 5.4 Snímek stávajícího soustrojí starého (vlevo) a nového (vpravo) čerpadla .....	64
Obr. 5.5 Poloha jímacího objektu vzhledem k záplavové oblasti .....	65

## **SEZNAM PŘÍLOH**

1. Příloha č.1 - Formulář technického hodnocení podzemního zdroje pitné vody
2. Příloha č.2 - Vzorově vyplněný formulář - vrt V8
3. Příloha č.3 - Přehled bodového hodnocení

## SUMMARY

Nowdays, the renewal of water supply infrastructure is becoming increasingly hot topic. Gradual renewal is one of the key points for long-term maintenance of quality and trouble-free operation.

The most basic element of the entire water supply system are water resources, which shouldn't be neglected during the planning of a renewal. This thesis deals with technical construction of drinking water resources and it is mainly focused on ground-water resources. In the first part of thesis is presented a sorting of water resources, their utilization and technical construction.

The second and main part of the thesis deals with the technical assessment of underground resources of drinking water for public water supply. Within the technical evaluation, the resource is divided into the structural part, technological part, the operational part and the part that deals with the protection of resources against pollution. Overall technical assessment is done by completing the form. The result of the assessment is the inclusion of resources into categories (K1, K2, K3, K4) that characterize the current technical condition. The purpose of such a system is to create a technical assessment tool that will identify current technical condition of multiple water resources and compare them. This comparison allows to sort the resources according to the technical condition and then create more effective plan of renewal.

In the third part is shown a case study where the assessment form was used to assess the real resource and then determinate the overall technical condition. The final section of the thesis summarizes the pros and cons of assessment system and points out to possible "weaknesses" of the system.