

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

Ústav managementu a marketingu

Radek Ježák

Posílení stávajícího vodního zdroje obce Litohlavy ze
skupinového vodovodu Rokycany.

The reinforcement of the existing water source for Litohlavy
community from the main water supply of Rokycany area.

Vedoucí práce: Ing. Váňa Jaroslav

Olomouc 2010

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené informační zdroje.

Praha 30. dubna 2010

vlastnoruční podpis

Děkuji Ing. Jaroslavu Váňovi za odborné vedení bakalářské práce. Děkuji vedení firmy Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r. o., za umožnění a podporu studia a za poskytnutí potřebných informací při zpracování bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD	6
1. POPIS SOUČASNÉHO STAVU	7
1.1. Zásobování vodou.....	8
1.2. Provozní zkušenosti	10
1.2.1. Prohlídka vrtané studny HV-1 průmyslovou televizí	10
1.2.2. Provozní havárie a poruchy prameniště Litohlavy a vodovodní sítě Litohlavy.....	12
1.3. Zhodnocení provozních zkušeností a navržené řešení.	14
2. STANOVENÍ POTŘEBY VODY TEORIE	14
2.1. Celková potřeba vody.....	15
2.1.1. Voda pro obytné pásmo obce.	15
2.1.2. Voda pro zemědělství.....	15
2.1.3. Voda pro průmysl.....	16
2.1.4. Voda pro požární účely.....	16
2.1.5. Voda pro provozní potřebu.....	16
2.2. Výpočet potřeby vody.....	16
2.2.1. Specifická potřeba vody	17
2.2.2. Nerovnoměrnost potřeby (vody).....	17
2.2.3. Součinitel nerovnoměrnosti	17
2.2.4. Občanská vybavenost	17
2.2.5. Technická vybavenost	17
2.2.6. Základní vybavenost obytného území (dále jen základní vybavenost).....	18
2.2.7. Vyšší vybavenost obytného území (dále jen vyšší vybavenost).....	18
2.2.8. Specifická občanská vybavenost	18
2.2.9. Spádové území obce (sídlíště)	18
2.3. Obecné zásady výpočtu.....	18
3. VÝPOČET POTŘEBY VODY PRO OBEC LITOH LAVY	19
3.1. Výpočet potřeby vody pro obyvatelstvo	19
3.1.1. Výpočet potřeby vody pro bytový fond.....	19
3.1.2. Výpočet potřeby vody pro občanskou a technickou vybavenost.....	19
3.2. Výpočet potřeby vody pro zemědělskou a živočišnou výrobu	20
3.3. Výpočet vody pro pracovníky v průmyslu a průmysl	20
3.5. Výpočet potřeby požární vody	20
3.4. Průměrná denní potřeba vody	21
3.5. Nerovnoměrnost potřeby vody.....	21
3.5.1. Maximální denní potřeba vody	22
3.5.2. Maximální hodinová potřeba vody.....	22
4. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ TEORIE.....	23
4.1. Vodárenské soustavy - systémový přístup k zásobování vodou.....	24
4.1.1. Konceptní řešení vodárenských soustav	24
4.2. Základní hydraulické vztahy pro výpočet potrubí.....	26
5. NÁVRH TRASY A PROFILU POTRUBÍ	33

5.1.	<i>Popis vodárenské soustavy obcí sdružených do VSR</i>	33
5.1.1.	<i>Zdroje surové vody</i>	33
5.1.2.	<i>Úpravna vody Strašice</i>	33
5.1.1.	<i>Skupinový vodovod Rokycany - SVR</i>	34
5.2	<i>Návrh trasy vodovodního přivaděče pro obec Litohlavy</i>	35
5.3	<i>Stanovení nadmořské výšky objektů</i>	37
5.4	<i>Stanovení hydrodynamického tlaku</i>	37
5.4.1	<i>Výpočet hydrodynamické výšky</i>	38
5.5	<i>Návrh profilu potrubí</i>	38
5.5.1	<i>Návrh profilu pro Q_h</i>	39
5.5.2	<i>Návrh profilu pro Q_m</i>	41
5.5.3	<i>Vyhodnocení vypočítaných veličin</i>	41
6.	NÁVRH ČERPACÍ STANICE	41
6.1	<i>Výpočet dopravní výšky a průtoku</i>	42
6.2	<i>Výběr čerpadla</i>	43
7.	STAVEBNÍ OBJEKTY PŘÍVODNÍHO ŘADU	44
7.1	<i>Stavební objekt vodovodní potrubí</i>	44
7.2	<i>Stavební objekt podchod pod komunikací</i>	44
7.3	<i>Stavební objekt čerpací stanice Litohlavy</i>	45
7.4	<i>Vystrojení vodojemu Litohlavy</i>	46
7.5	<i>Začlenění čerpací stanice do dispečinku</i>	46
	ZÁVĚR	47
	ANOTACE	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
	SEZNAM TABULEK	51
	SEZNAM ZKRATEK	52
	LITERATURA A PRAMENY	53

ÚVOD

V současnosti jsem zaměstnán na pracovní pozici provozního technika ve Vodohospodářské společnosti Sokolov, s. r. o. Mojí pracovní náplní je zajistit dostatečné množství kvalitní pitné vody našim zákazníkům. V průběhu mé kariéry, která se odvíjí od nástupu do zaměstnání v roce 2000, sleduji různé provozní problémy a jejich následná řešení. Musím přiznat, že řešení jsou rozličná a ne všechna se ukázala jako správná. Mnohdy levné a dočasné řešení se ukázalo jako krok zpět a následná náprava chybného řešení se ukázala jako velmi drahé zjištění pravdy. Tou pravdou je, že mnohdy zdánlivě drahá investice do nového moderního zařízení je levnější, než lpění na starém konzervativním řešení, které se musí draze opravovat a udržovat.

S jedním konkrétním případem, který nás jako provozovatele vodohospodářského majetku zatěžuje již delší dobu, vás chci seznámit. Tento případ se pojí k malebné obci Litohlavy nedaleko města Rokycany. Obec v současnosti obývá 500 obyvatel. Co se týče provozování, vyskytlo se několik problémů. Voda z obecního vodovodu se poměrně pravidelně zbarvuje do bílého odstínu při přívalových srážkách. Dalším problémem je poměrně častá poruchovost ponorného čerpadla v místním vrtu a nedostatek vody v letním období. Místní zastupitelstvo v čele se starostou předneslo myšlenku, zda existuje možnost napojit obec Litohlavy na skupinový vodovod Rokycany. Tato myšlenka mě natolik zaujala, že jsem si ji vybral jako téma mé bakalářské práce.

Cílem práce je především zjistit aktuální potřebu vody v obci Litohlavy podle jednotlivých ukazatelů a složek potřeby vody, které se vyskytnou v dané lokalitě. Popsat teoreticky jednotlivé složky potřeby vody a posléze provést výpočet. Zvolit trasu přiváděcího vodovodního potrubí, popsat současný stav vodárenské soustavy Vodohospodářského sdružení Rokycanska, navrhnout dimenzi potrubí s ohledem na možnost včlenění čerpací stanice a opět popsat teorii výpočtu tlakových ztrát v potrubí. Vypočítat parametry a uvést příklad výběru čerpací stanice s ohledem na provozní zkušenosti a komfort obsluhy. Pokusit se stanovit základní požadavky na provedení stavebních objektů. Při výpočtech a stanoveních využít dostupné literatury v oboru.

1. POPIS SOUČASNÉHO STAVU

Litohlavy, obec o nadmořské výšce cca 400 m naleznete v údolí Oseckého potoka, asi 3,5 km severozápadně od Rokycan a necelých 20 km od krajského města Plzně. Přínosem pro obec je bezesporu i 1 km vzdálený sjezd z dálnice D5 Praha - Plzeň.

Významnou dominantou Litohlav je poutní kaple Navštívení Panny Marie, nacházející se na pahorku Vršíček, vysokém 431 nad mořem. Kapli se třemi hvězdičkami postavila obec Rokycanská v letech 1744 - 1747 jako vděk za ochránění města od moru, který zuřil v letech 1680, 1689 a 1713 a Rokycany ušetřil.

Litohlavy prosluly svým vyspělým ovocnářstvím a včelařstvím, udržováním lidových zvyků a slavností (mezi které patří dodnes Vršíčková pouť konaná první neděli v červenci) i bohatým společenským a spolkovým životem. Každoročně se zde koná cca 7 tanečních zábav v přírodním areálu a házenkářský turnaj. K dispozici je dobře vybavený hostinec (v jeho blízkosti je sportoviště) s možností pořádání nejrůznějších oslav.

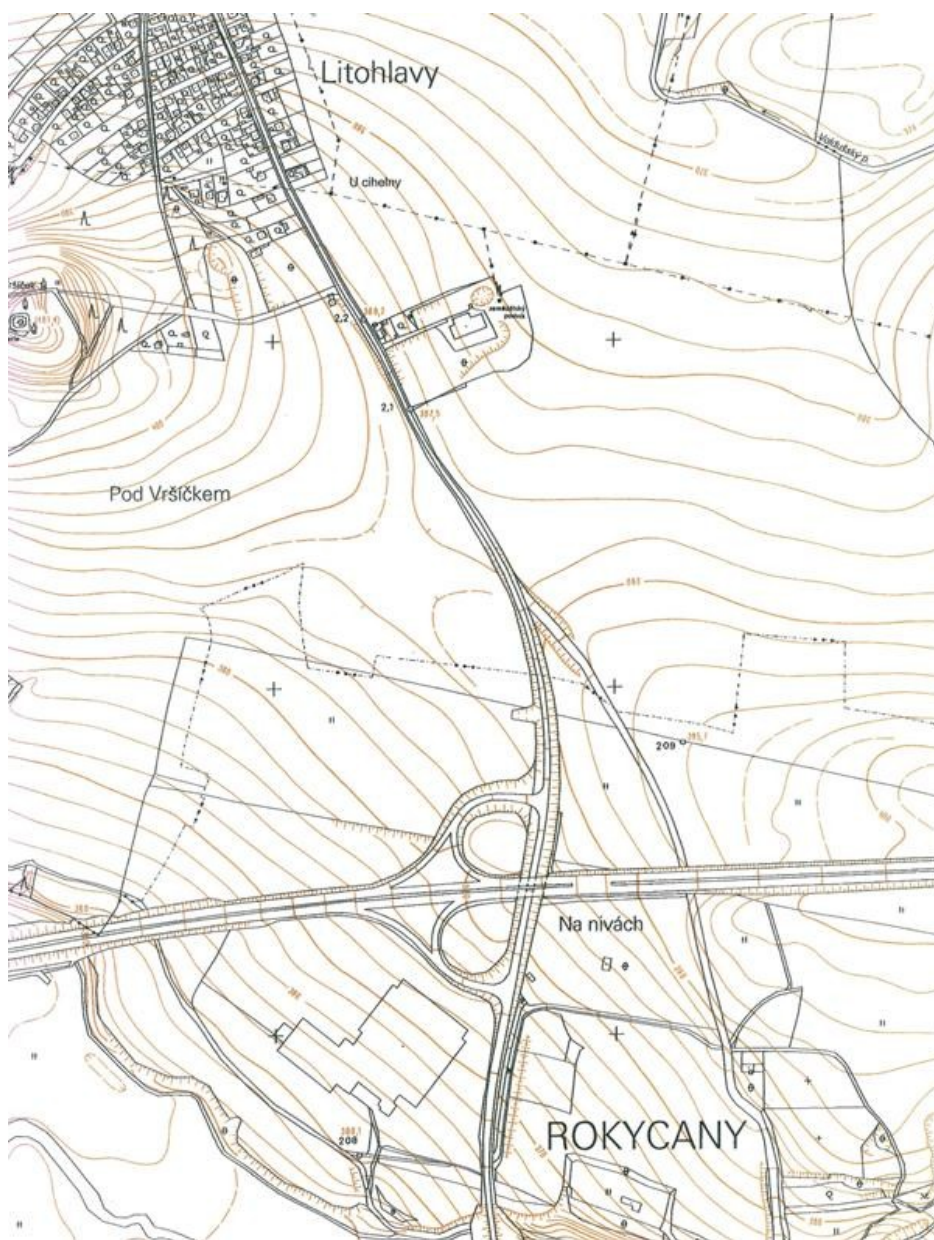
Od 1. 1. 1980 rozhodnutím ústředních orgánů byla obec připojena k Rokycanům. Její opětovné osamostatnění se uskutečnilo dne 1. 1. 1994 na základě výsledku referenda místních občanů.

V současné době žije v obci bezmála 500 obyvatel. Občané jsou zásobováni pitnou vodou z obecního vodovodu s vlastním vrtem. Obec je plynofikována od roku 1998 a je zde zavedena kanalizace pro povrchové vody.

Dopravní obslužnost Litohlav je díky přímému silničnímu spojení do Rokycan a blízkosti dálnice na velmi dobré úrovni, jejich poloha je též výhodná pro podnikání. Schválený územní plán umožňuje další rozvoj obce v příštích letech.¹

¹ Srov. **Globalweb. 2008.** <http://www.litohlavy.rokycansko.cz/index.php?page=uvod>.
<http://www.litohlavy.rokycansko.cz>. [Online] 2008. [Citace: 14. 4 2010.] www.globalweb.cz.

Obr. 1 - Obec Litohlavý situace²



1.1. Zásobování vodou.

V obci Litohlavý byla v roce 1991 dokončena výstavba obecního vodovodu podle projektu Ing. P. Žáka z let 1985 – 1987. Projekt navázal na studii využití vrtané

² Český úřad zeměměřičský a katastrální. 2006. Státní mapa 1:5000 - Rastrová. PLZEŇ 3-5. [Dokument]. Praha : Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2006. Sv. 070435, str. mapový list.

studny v údolní nivě Voldušského potoka východně od obce, kterou zpracoval Ing. J. Váňa v roce 1980.

Obr. 2 - Vodní zdroj vrt HV-1 Litohlavy



Vrtaná studna HV-1 je hluboká cca 50 m, naražená hladina vody byla 1,2 m pod terénem. Při depresi při čerpacím pokusu 8 m pod terénem vykazovala studna vydatnost 1,61 l/s, při depresi 12 m byla vydatnost 1,17 l/s. Podle závěru hydrogeologického posudku lze uvažovat s vydatností studny pro zásobování obce 2 l/s. Kolem studny je vytyčeno a oploceno pásmo hygienické ochrany I. stupně. Voda ze studny je bez úpravy čerpána plastovým výtlačným potrubím do vodojemu o objemu 100 m³ umístěného pod vrcholem vrchu Vršíček s kótou dna 420 m n. m. Délka výtlačného potrubí je cca. 1000 m.

Zásobovací řad a rozvodná síť vodovodu v obci je vybudována z plastového potrubí v profilech 100, 80, 50 mm v celkové délce 3300 m. Současně s postupnou výstavbou vodovodní sítě bylo provedeno 165 vodovodních přípojek. Vodovod je vybaven požárními hydranty. V několika případech slouží jedna přípojka pro několik rodinných domků. Řada objektů v obci není dosud připojena na veřejný vodovod a

využívá vodu z místních studní i přes to, že neodpovídá hygienickým požadavkům na pitnou vodu.³ Podle dosavadního trendu nové výstavby rodinných domků, lze uvažovat o nárůstu počtu obyvatel na počet 600 osob v příštím období do roku 2015.⁴

1.2. Provozní zkušenosti

Podle vyjádření současného provozovatele patří mezi hlavní problémy nedostatečná kapacita vrtané studny v období letního přisušku, kdy musí být dovážena voda do VDJ Litohlavy (vodojem Litohlavy) mobilní cisternou tento stav většinou trvá 10 dní. Další nevýhodou je absence náhradního vodního zdroje v případě havárie ponorného čerpadla ve studni. Současné ochranné pásmo čtverec 20 x 20 m je nedostatečný z hlediska ochrany vrtu před ropnou havárií – je plánována výstavba silničního obchvatu obce Litohlavy. Trasa vede v blízkosti výše zmíněného vrtu v údolní nivě Voldušského potoka. Posledním nedostatkem je každoroční pravidelné objevování koloidních částic (projevem je bílý zákal vody) v jarním období tání sněhu a při přivalových srážkách. Vrt je kontaminován zpravidla po dobu jednoho týdne, po této lhůtě dojde k samovolnému vyčištění. Na základě tohoto zakalení se provedl hydrogeologický průzkum spolu s prohlídkou pažení vrtu průmyslovou televizí v roce 2002, dále následuje zpráva z prohlídky.

1.2.1. Prohlídka vrtané studny HV-1 průmyslovou televizí

Dne 1. 10. 2002 byla provedena prohlídka průmyslovou televizí vrtané studny HV-1 za účelem ověření stavu výstroje. Prohlídku provedla společnost NEPTUN Plzeň, hydroekologické sdružení, odpovědný zpracovatel Antonín Příbyl. Demontáž čerpadla a potrubí provedli pracovníci Vodohospodářské společnosti Sokolov, s.r.o. prohlídky se dále zúčastnil starosta Litohlav a zástupce investora p. Šmolík. Práce provedl pan Vladimír Zelenka, TvS centrum Praha.

³ Srov. **Tauš, Petr., 1996. Územní plán obce Litohlavy.** Plzeň : Urbiprojekt, ateliér urbanismu, architektury a ekologie, 1996. str. 34.

⁴ Tamtéž, s. 19

Televizní prohlídkou bylo zjištěno, že ocelová výstroj není mechanicky porušena. Pažnice je po celé délce zanesena povlakem tvrdých inkrustů. Perforační otvory jsou velmi málo zřetelné, místy jsou téměř ze 100% zaneseny usazeninami. Vrstva kalu na dně dosahuje mocnosti 4,7 m.

Byl navržen další postup HG posouzení v prosinci 2001 bylo vypracováno na základě stížností odběratelů vody na bílý zákal v jímané vodě po přívalových srážkách. Bylo konstatováno, že změna vlastností jímané vody může být způsobena přítokem průlinové vody z prostředí propustných kvartérních hornin do vrtu. Průlinová zvodeň byla při vystrojování vrtu oddělena 5 m nosnou vrstvou jílového těsnění a plným úsekem pažnice do hloubky 16,87 m. Mechanické porušení plného úseku pažnice by umožnilo přítok vody mělké průlinové zvodně, která by přinášela částičky jílu z těsněného úseku.

Bylo zjištěno, že vrt realizovaný v roce 1973 nebyl dosud čištěn. Prohlídka provedena bezprostředně po vytažení čerpadla – voda zakalená, pažnice však byla zřetelná. Vrt je v celé délce silně zanesený povlakem tvrdých inkrustů tloušťky do 0,5 cm a v místě perforací měkkými usazeninami tloušťka až 3 cm. Rozmístění perforačních úseků proto nešlo přesně ověřit. Na dně je napadaná vrstva kalu o mocnosti přibližně 5 m.

Oproti těmto předpokladům nebylo mechanické porušení pažnice zjištěno. Bílý zákal při zatopení okolí vrtu je tedy způsoben náhle zvýšeným hydrostatickým tlakem v horní části horninového prostředí. Průlinová voda pod tlakem uvolňuje a odnáší částičky jílu z těsnění vrtu. Tyto se spolu s vodou pohybují, obsypem vrtu po plném úseku pažnice a v perforaci vnikají do vrtu. Vytváří nejen bílý zákal, ale lze jim přičíst i část nánosů při dně vrtu.

Pro zlepšení technického stavu vrtané studny HV-1 bylo doporučeno a posléze i provedeno její mechanické vyčištění. Práce byly provedeny v říjnu 2002. V první fázi byla do vrtu zapuštěna čistící aparatura, která na bázi otáčivých trysek při tlaku vhaněné vody 30 Mpa. Postupně po dobu 6 hodin vnitřek výstroje zbavovala usazenin a nánosů. Bude postupováno po metrových úsecích dolů až na současnou hloubku 45,3 m a postup je opakován v opačném směru. Tlakem tryskající vody byl narušen stávající nános inkrustů. Dalším krokem bylo zapuštění mamutky (čerpadlo), kdy při

vhánění vzduchu pod tlakem 8 Mpa. Do vrtu plného vody bylo prováděno v intervalech 15 min. propírání výstroje a jejího okolí. Kal byl vyčerpáván. Toto mechanické čištění se provádělo do doby, než se z vrtu čerpala čistá voda. Součástí prací bylo ověření stupně vyčištění následnou prohlídkou průmyslovou televizí.⁵

1.2.2. Provozní havárie a poruchy prameniště Litohlavy a vodovodní sítě

Litohlavy.

Ke zhodnocení jsem využil provozní deník dané lokality. Jedná se o soubor vybraných údajů z provozní evidence. V období od 1. 1. 2002 do 31. 3. 2010 došlo na prameništi Litohlavy celkem k 8 haváriím. V 5 případech se jednalo o havárii ponorného čerpadla, ve dvou případech o poškozený stykač. V posledním zbývajícím případě šlo o poškozenou zpětnou klapku na výtlačném potrubí. Z tohoto výčtu vychází, že na průměrnou dobu mezi poruchami čerpadla připadá 19 měsíců, což je poměrně krátká doba!⁶

Obr. 3 - Demontáž ponorného čerpadla pomocí jeřábu



⁵ Srov. Příbyl, Antonín. 2002. Litohlavy - prohlídka vrtané studny HV-1 průmyslovou televizí. *Technická zpráva*. [Dokument]. Plzeň : NEPTUN Plzeň, hydroekologické sdružení, 10 2002. stránky 1-3.

⁶ Srov. Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. 2002 - 2010. Provozní deník provozu vodovody. *Provozní deník*. [Dokument]. Rokycany : Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o., 2002 - 2010.

Obr. 4 - Demontované ponorné čerpadlo z vrtu HV-1



Zmíním zde ještě jednu poruchu, která se stala nedávno, jde o poruchu č. 1394 ze dne 25. 12. 2009. Podle data došlo k poruše v nejnevhodnější okamžik z hlediska odběru vody a to na svátky, kdy je spotřeba vody zvýšená díky vaření a úklidu domácností. Porucha se projevila celkem obvyklým jevem, což je rychlý pokles hladiny ve vodojemu Litohlavy. Díky dálkovému přenosu údajů o výšce hladiny ve VDJ Litohlavy jsme byli informováni o havárii. V tomto momentu jsme nemohli stanovit místo poruchy. První domněnkou byla porucha na ponorném čerpadle a elektroinstalaci vrtu. Na kontrolu je vyslán elektromontér, který drží tento den pohotovost pro případ poruchy. Po jeho zjištění, že se nejedná o poruchu na el. Zařízení a po prověření, že ponorné čerpadlo je provozuschopné a čerpá vodu, je povolán montér vodovodů s úkolem pokusit se lokalizovat případné místo úniku vody. Po vizuální obhlídce lokality, kdy nebyl zjištěn únik vody, jsme uzavřeli přívodní potrubí z VDJ Litohlavy směrem do obce. Veškerá voda z vodojemu vytekla a čerpadlo nestačilo k pokrytí spotřeby vody. Poté jsme vyrozuměli starostu o přerušení dodávky vody do dalšího dne. Bez vody v potrubí nelze lokalizovat poruchu. Druhý den ráno po částečném naplnění vodojemu a uzavření úsekových šoupat jsme lokalizovali místo poruchy – postupovalo se od hlavního řádu k vedlejším řadům od jednoho přípojkového uzávěru k druhému. Nakonec bylo zjištěno, že v jednom

opuštěném rekreačním objektu praskl vodoměr mrazem a celý objem vodojemu vytekl přes tuto přípojku.⁷

1.3. Zhodnocení provozních zkušeností a navržené řešení.

Z minulé kapitoly vyplývá: vysoká poruchovost čerpadla osazeného ve vrtu a kolísavost kvality pitné vody co se týče vzhledu. Z předchozího výčtu provozních zkušeností navrhuji provedení přívodního řadu ze skupinového vodovodu města Rokycany.

Tímto navrženým řešením se omezí výpadky v dodávce pitné vody v době zvýšené spotřeby (letní zalévání v období přisušku), vyloučení výskytu koloidních (neladitelných) látek v podobě bílého zákalu při přívalových srážkách a v neposlední řadě dostatek zásoby vody při odstraňování havárie na vodovodní síti. Dalším přínosem je omezení rizika kontaminace zdroje pitné vody případnou ropnou havárií. Stávající vrt by tvořil 100% rezervu v případě havárie přívodního řadu z města Rokycan. Pro navržení profilu přívodního potrubí je třeba nejprve vypočítat celkovou potřebu vody pro danou lokalitu, stanovit trasu potrubí, jeho délku a navrhnout profil a materiál potrubí. K tomu jsem využil teoretického pojednání v odborné literatuře, zvláště pak v publikaci Vodárenství, Tesařík a kolektiv, Praha 1987, SNTL.

2. STANOVENÍ POTŘEBY VODY TEORIE

Základním podkladem pro navrhování a posuzování každého vodovodu je potřeba vody. Zejména při projektování nových vodovodů a při rozšiřování stávajících vodárenských objektů a zařízení je třeba nejprve podrobně stanovit potřebu vody

⁷ Srov. **Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. 2002 - 2010**. Provozní deník provozu vodovody. *Provozní deník*. [Dokument]. Rokycany : Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o., 2002 - 2010.

(popř. s rozlišením potřeby vody pitné, užitkové a provozní). Potřebu vody je nutno stanovit nejen pro stávající stav zásobované oblasti, ale hlavně pro budoucí stav po plánovaném rozšíření. Po zvážení a posouzení všech alternativ se navrhne nejekonomičtější způsob zásobování vodou. Pro výpočet potřeby vody pro zásobovanou oblast jsou stanoveny poměrně přesné zásady, a to na základě mnoha měření spotřeby vody na již vybudovaných vodovodech a jejich statistického vyhodnocení. Dlouholeté sledování potřeby vody u různých skupin odběratelů dává záruku, že při správném použití platných směrnic anebo norem pro výpočet potřeby vody se získají výsledky, které se budou jen málo lišit od skutečnosti. Potřeba vody se však dosti podstatně mění v průběhu času, a to hlavně v závislosti na růstu životní úrovně obyvatelstva a na rozšiřování rozsahu výroby v jednotlivých odvětvích hospodářství.⁸

2.1. Celková potřeba vody.

Celkovou potřebu vody pro zásobovanou oblast dělíme dále na:

2.1.1. Voda pro obytné pásmo obce.

Člení se na vodu pro bytový fond (na pití, vaření, mytí, koupání) a vodu pro vybavenost obce, to je vodu pro údržbu obce (kropení komunikací, hřišť apod.) a ostatní zařízení obce (školství, kulturu, zdravotnictví apod.)

2.1.2. Voda pro zemědělství.

Patří sem voda pro pracovníky, pro provoz zemědělských společností, pro hospodářská zvířata a pro závlahu.

⁸Srov. Tesařík, Igor, a kolektiv. 1987. *Vodárenství*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. stránky 11-22, 260-279.

2.1.3. Voda pro průmysl.

Zahrnuje vodu pro zaměstnance a pro provoz průmyslových závodů.

2.1.4. Voda pro požární účely.

Slouží k hašení požárů.

2.1.5. Voda pro provozní potřebu.

Kromě uvedených potřeb vody je třeba se ještě zmínit o potřebě vody pro provoz vodárenských zařízení a o ztrátách vody. Ve vodárenských provozech se uvažuje potřeba vody v provozu úpraven (hlavně na praní filtrů) v množství 2 – 5% upravované vody. Potřeba vody v ostatních provozech je zanedbatelná, kromě potřeby vody pro proplachování potrubí a hydrantů, které se však provádí v období malého odběru vody pro spotřebitele. Ztráty vody vznikají jednak při poruchách potrubí, jednak jsou způsobeny netěsnostmi vodovodních potrubí a domovních vodovodů (instalací); jsou poměrně značné a odhadují se v průměru na 20 – 30% dodávané vody - tato potřeba je už započítána v potřebě vody pro obyvatelstvo ve směrnici č. 9.⁹

2.2. Výpočet potřeby vody

Pro výpočet potřeby vody pro obyvatelstvo, pro zemědělskou živočišnou výrobu a pro pracovníky v průmyslu se stále používá Směrnice č. 9 ze dne 20. 7. 1973, vydaná ministerstvem lesního a vodního hospodářství ČSR, ministerstvem zdravotnictví ČSR a hlavním hygienikem ČSR pro výpočet potřeby vody při navrhování vodovodních a kanalizačních zařízení a pro posuzování vydatnosti vodních zdrojů (dále jen Směrnice č. 9). Tato směrnice používá následující pojmy:

⁹ Srov. Tamtéž str. 11-12

2.2.1. Specifická potřeba vody

Specifická potřeba vody připadající na základní spotřební jednotku (osoba). Udává se na jednotku za den. Zahrnuje i ztráty v rozvodu vody až ke spotřebiteli (uvažují se ztráty ve výši asi 20%);

2.2.2. Nerovnoměrnost potřeby (vody)

Nerovnoměrnost potřeby – kolísání odebíraného množství vody ve spotřebišti za časovou jednotku ve sledovaném období; pro navrhování základních parametrů vodárenských zařízení (úpravna vody, čerpací stanice, vodojem, trubní řad) je třeba počítat s časově nerovnoměrným průběhem potřeby vody a stanovit maximální denní a maximální hodinovou potřebu vody.

2.2.3. Součinitel nerovnoměrnosti

Součinitel nerovnoměrnosti – poměr mezi maximální a průměrnou potřebou vody za časovou jednotku ve sledované období (neplatí pro určení součinitele hodinové nerovnoměrnosti v kanalizacích).

2.2.4. Občanská vybavenost

Občanská vybavenost – soubor budov, ploch a jiných zařízení, který slouží bezprostředně k potřebám obyvatelstva v souvislosti s bydlením (obchody, školy, kina, divadla apod.);

2.2.5. Technická vybavenost

Technická vybavenost – souhrn ploch, objektů a vedení nevýrobního charakteru s převládajícím technickým rázem, nezbytných k provozu sídlišť (inženýrské sítě, zařízení pro čištění města apod.);

2.2.6. Základní vybavenost obytného území (dále jen základní vybavenost)

Základní vybavenost obytného území – občanská a technická vybavenost, která slouží pouze pro potřebu obyvatel příslušného území (sídliště), o jehož zásobování vodou jde;¹⁰

2.2.7. Vyšší vybavenost obytného území (dále jen vyšší vybavenost)

Vyšší vybavenost obytného území – občanská a technická vybavenost, využívaná kromě obyvatel vlastního obytného území (obce) také obyvateli příslušného spádového území;

2.2.8. Specifická občanská vybavenost

Specifická občanská vybavenost – občanská zařízení, která se vyskytují nahodile a nedají se vyjádřit obecně platnými urbanistickými ukazateli;

2.2.9. Spádové území obce (sídliště)

Spádové území obce (sídliště) – okolí obce, komunikačně zpravidla s obcí výhodně spojené, jehož obyvatelstvo využívá vyšší vybavenost obce.

2.3. Obecné zásady výpočtu

Výpočet potřeby vody se provádí pro budoucí stav, a to asi za 30 let od provádění výpočtu. Potřeba vody se vyčíslí především podle zpracovaných územních

¹⁰ Srov. Tamtéž str. 13

plánů s tímto výhledem a podle dalších podkladů, které poskytnou orgány oblastního plánování (dnes stavební odbor příslušného obecního nebo městského úřadu).

Pro dimenzování vodovodních zařízení se použijí údaje o celkové potřebě vody a o nerovnoměrnosti potřeby vody.

3. VÝPOČET POTŘEBY VODY PRO OBEC LITOHLOVY

3.1. Výpočet potřeby vody pro obyvatelstvo

Potřeba vody pro obyvatelstvo se dělí na potřebu vody pro bytový fond a pro občanskou a technickou vybavenost.

3.1.1. Výpočet potřeby vody pro bytový fond

Potřeba vody pro bytový fond je odvislá od vybavení bytů a nezávisí na velikosti obce.¹¹ Specifická potřeba vody je potřeba průměrná a činí: 230 l/osoba a den (podle směrnice č. 9 se jedná o byty s koupelnou a lokálním ohřevem teplé vody). Dále je možné tuto potřebu snížit až o 40% pokud se byty nacházejí v rodinných domcích, popřípadě tam, kde je odběr vody samostatně měřen pro každý byt. Snížíme tedy specifickou potřebu z 230 l/os.den o 40% na 138 l/os.den.¹²

Specifická potřeba vody pro obyvatelstvo je 138 l/os.den.

3.1.2. Výpočet potřeby vody pro občanskou a technickou vybavenost

¹¹ Srov. Tamtéž str. 14

¹² Srov. **Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR. 1973.** Směrnice č. 9 ze dne 20. července 1973. *Směrnice.* [Dokument]. Praha : Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, 1973. stránky 7-13, příloha C.

Potřeba vody pro základní a vyšší vybavenost se vyčíslí v závislosti na velikosti obce. Litohlavy je venkovská obec s plánovaným počtem obyvatel 600. Specifická potřeba vody pro základní, popřípadě vyšší vybavenost podle směrnice č. 9 činí u venkovských obcí do 1000 obyvatel 20 l/os.den.¹³

Specifická potřeba vody pro základní, popřípadě vyšší vybavenost je 20 l/os.den.

3.2. Výpočet potřeby vody pro zemědělskou a živočišnou výrobu

S potřebou vody pro zemědělství se neuvažuje, protože místní zemědělská společnost využívá vlastní zdroj pitné vody, což je studna s akumulací vody pod lesem severozápadně od obce. Potíže v zásobování vodou nebyly zaznamenány. S výhledem do budoucna ani neuvažuje o napojení na veřejný vodovod z ekonomických důvodů.¹⁴

Specifická potřeba vody pro zemědělskou a živočišnou výrobu je 0 l/os.den.

3.3. Výpočet vody pro pracovníky v průmyslu a průmysl

Průmysl se v obci nenachází, přestože má obec dobré podmínky na další rozvoj v jižní části katastru u dálnice D5. Specifikace průmyslu je obtížná a nedá se s určitostí předpovědět její budoucí potřeba vody. Proto ji nelze zahrnout do výpočtu.¹⁵

Specifická potřeba vody pro pracovníky v průmyslu a průmysl je 0 l/os.den.

3.5. Výpočet potřeby požární vody

Pro výpočet potřeby požární vody se počítá s jedním požárním zásahem, předpokládajícím využití jednoho podzemního hydrantu na potrubí DN80, v délce 30

¹³ Srov. Tamtéž str. 8

¹⁴ Srov. Tamtéž str. 9-10

¹⁵ Srov. Tamtéž str. 10-11

min. podle ČSN 73 0873 je stanoven odběr s požárním čerpadlem $Q = 7,5 \text{ l/s}$ pro $v = 1,5 \text{ m/s}$ po dobu 30 minut. Jako záloha požární vody se v obci nachází víceúčelová nádrž o dostatečném objemu.

Specifická potřeba požární vody je $13,5 \text{ m}^3/\text{den}$.

Na uvažovanou zásobu požární vody je dimenzován stávající vodojem Litohlavy.

3.4. Průměrná denní potřeba vody

Průměrná denní potřeba vody Q_p je součtem jednotlivých složek potřeb vody pro obyvatelstvo, pro občanskou vybavenost, pro zemědělství, průmysl a požární vodu.¹⁶

$$Q_p = 600 \times (138 + 20) + 13500$$

Průměrná denní potřeba vody je $Q_p = 1,25 \text{ l/s}$

3.5. Nerovnoměrnost potřeby vody

Pro navrhování základních parametrů vodárenských zařízení je třeba počítat s časově nerovnoměrným průběhem potřeby vody. Stanovujeme maximální denní a maximální hodinovou potřebu vody ve vztahu k zařízení, které právě dimenzujeme. Maximální denní potřebu musíme určit pro navrhování úpraven vody, vdj, přivaděčů apod.

V našem případě, kdy navrhujeme a dimenzujeme řad pro dopravu vody do vodojemu, na maximální denní potřebu vody.

Na maximální hodinovou potřebu vody se dimenzuje zařízení na přívod vody do spotřebišť. Průběh kolísání hodinových potřeb se užívá pro dimenzování čerpacích

¹⁶ Srov. Tesařík, Igor, a kolektiv. 1987. *Vodárenství*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. stránky 11-22, 260-279. str. 21

zařízení dodávajících vodu přímo do spotřebišť, jako jsou hydroforové čerpací stanice, automatické tlakové stanice.¹⁷

3.5.1. Maximální denní potřeba vody

Maximální denní potřeba se vypočte ze vzorce $Q_m = Q_p * k_d$, kde je Q_m maximální denní potřeba vody, Q_p průměrná denní potřeba vody a k_d součinitel denní nerovnoměrnosti podle směrnice č. 9 a v našem případě součinitel k_d činí 1,5 podle počtu obyvatel v obci (do 1000).

Průměrná denní potřeba vody Q_p je součtem jednotlivých složek potřeb vody pro obyvatelstvo, pro občanskou vybavenost, pro zemědělství, průmysl.¹⁸

$$Q_p = 600 \times (138 + 20)$$

Průměrná denní potřeba vody je $Q_p = 1,09$ l/s

Maximální denní potřeba vody se vypočítá ze vztahu $Q_m = 1,09 \times 1,5$

Maximální denní potřeba vody $Q_m = 1,635$ l/s

3.5.2. Maximální hodinová potřeba vody

Pro výpočet maximální hodinové potřeby vody Q_h pro obyvatelstvo se hodnoty maximální denní potřeby vody vynásobí součinitelem hodinové nerovnoměrnosti $k_h = 1,8$.

$$Q_h = Q_m * k_h$$

Dosaďme hodnoty $Q_h = 1,635 * 1,8$ a vyjde: $Q_h = 2,943$ l/s

Maximální hodinová potřeba vody je $Q_h = 2,943$ l/s.

¹⁷ Srov. Tamtéž str. 18

¹⁸ Srov. Tamtéž str. 22

Pro zajímavost uvádím: skutečný průběh hodinové potřeby vody a jeho kolísání jsou odvislé od charakteru obce a způsobu života obyvatel. Nejsou – li přesnější podklady, předpokládá se, že její průběh odpovídá hodnotám uvedeným v tabulce níže uvedené ze směrnice č. 9.¹⁹

PŘÍLOHA C

PRŮBĚH POTŘEBY VODY V PROCENTECH POTŘEBY CELODENNÍ

Hodina	Součinitel k_h		Hodina	Součinitel k_h	
	1,8	2,1		1,8	2,1
0—1	1,0	1,6	12—13	5,0	4,6
1—2	0,7	1,5	13—14	5,0	4,8
2—3	0,7	1,5	14—15	4,0	4,6
3—4	0,7	1,5	15—16	5,0	4,6
4—5	2,0	3,0	16—17	5,0	4,6
5—6	3,0	4,2	17—18	6,0	5,0
6—7	5,0	5,0	18—19	6,5	6,5
7—8	6,4	5,0	19—20	7,5	8,8
8—9	4,5	5,0	20—21	5,0	5,0
9—10	5,5	4,6	21—22	5,0	4,6
10—11	5,5	4,2	22—23	4,0	3,2
11—12	5,5	4,6	23—24	1,5	2,0

Tab. 1- Průběh potřeby vody v procentech potřeby celodenní²⁰

4. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ TEORIE

Než začneme s teorií dimenzování potrubí, musíme se nejprve dozvědět něco o systémovém přístupu v zásobení obyvatelstva.

¹⁹ Srov. **Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR. 1973.** Směrnice č. 9 ze dne 20. července 1973. *Směrnice.* [Dokument]. Praha : Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, 1973. stránky 7-13, příloha C.

²⁰ **Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR. 1973.** Směrnice č. 9 ze dne 20. července 1973. *Směrnice.* [Dokument]. Praha : Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, 1973. stránky 7-13, příloha C.

4.1. Vodárenské soustavy - systémový přístup k zásobování vodou

Zařízení pro zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou jsou v podstatě více či méně rozsáhlými soubory prvků, mezi nimiž existují různé vazby. Účelově definovanou množinu takových prvků a vztahů mezi nimi nazýváme systémem zásobování vodou, nebo také vodárenskou soustavou.

Systémy zásobování vodou se dělí na subsystémy. K nim patří zejména subsystémy pro jímání a úpravu vody, pro akumulaci vody a pro dopravu a rozvod vody. Důležitou součástí subsystému pro dopravu a rozvod vody je potrubí, které lze rozdělit na přívodní řad (doprava vody ze zdrojů do vodojemu popř. ke spotřebišti), zásobovací potrubí (doprava vody z vodojemu ke spotřebišti) a rozvodnou síť (rozvod vody uvnitř spotřebišť).

Systémy zásobování vodou mohou být pojímány jako subsystémy systémů vyšších řádů, tj. vodohospodářských soustav, které sdružují veškeré vodní zdroje a vodohospodářská zařízení v určité oblasti.²¹

4.1.1. Koncepční řešení vodárenských soustav

Pro objasnění koncepčního řešení vodárenských soustav je třeba vysvětlit základní funkci akumulačních článků ve vodárenských soustavách, tj. vodojemů. Vodojemy plní ve vodárenských soustavách několik funkcí, jejich základní funkcí je však vyrovnání přítoku vody do vodojemu a odběru vody z vodojemu. Umožňují tím racionální využívání vody z vodních zdrojů, protože vodu lze odebírat ze zdrojů rovnoměrně, a to buď nepřetržitě po celých 24 hodin, nebo s provozními přestávkami. Zdroje vody, úpravnu a přívodní řad není proto třeba dimenzovat na špičkovou maximální hodinovou potřebu vody, ale pouze na maximální denní potřebu vody Q_m při nepřetržitém odběru nebo na denní potřebu vody Q_c při přerušovaném odběru

²¹ Srov. Tesařík, Igor, a kolektiv. 1987. *Vodárenství*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. stránky 11-22, 260-279., str. 260

$$Q_c = \frac{24Q_m}{T}$$

kde T je počet hodin denního cyklu, v němž se vody ze zdroje odebírá.

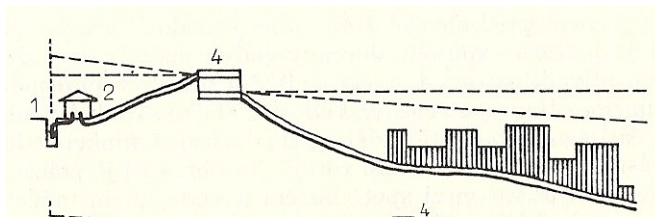
Odtéká-li z vodojemu do spotřebiště méně vody, než přitéká do vodojemu ze zdroje (např. v noci), vodojem se plní. Vytváří se tak zásoba pro zvýšené odběry ve spotřebišti, při nichž již zdroj vody nestačí pokrýt požadavky spotřebiště. Pak je spotřebiště zásobováno jak ze zdroje vody, tak z vodojemu.

Vodojemy se obvykle umísťují do takové výškové polohy, aby z nich voda mohla být do zásobovací sítě dopravena gravitací (bez čerpání). Pokud má území v ekonomicky dostupné vzdálenosti od spotřebiště takovou nadmořskou výšku, že vodojem lze umístit do úrovně terénu, budujeme vodojem zemní. V opačném případě je třeba nádrž vodojemu uložit na nosnou konstrukci věžového typu (věžový vodojem). Pouze v případě ojedinělých výškových budov přečerpáváme vodu ze sítě automatickou čerpací stanicí.

Podle výškového vztahu vodojemu ke zdrojům vody rozlišujeme vodovody na gravitační, je-li zdroj umístěn s dostatečným převýšením nad vodojemem, nebo výtlačné je-li zdroj umístěn pod vodojemem a vodu je nutno ze zdroje do vodojemu čerpat.²²

Na následujícím obrázku je zobrazeno schéma gravitačního vodovodu obce Litohlavy, jedná se o uspořádání s vodojemem před spotřebištem (vodojem je umístěn mezi zdrojem a vrtanou studnou HV-1 a spotřebištem).

Obr. 5 - Schematické zobrazení vodovodu Litohlavy



²² Srov. Tamtéž str. 262 - 263

Přívodní řad je řešen, jako výtlačné potrubí. Voda je čerpána ze studny do vodojemu. Navrhovaný přívodní řad z města Rokycany se napojí na stávající výtlačné potrubí ze studny HV-1, v místě napojení bude umístěna tlaková čerpací stanice, která zajistí dopravu vody do stávajícího vodojemu. Přívodní řad bude navržen podle Směrnice č. 9 v ustanovení o způsobu výpočtu o maximální denní a maximální hodinové potřeby vody, které jsou nutné pro navrhování základních parametrů vodárenských zařízení.

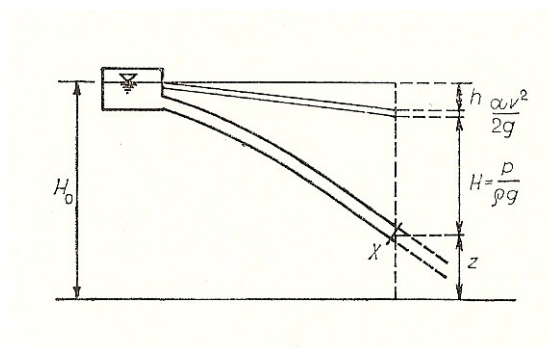
Na maximální denní potřebu vody se dimenzuje zařízení na odběr ze zdroje, kapacita úpravny vody a vodovodní řady pro dopravu vody do vodojemu.

Na maximální hodinovou potřebu vody se dimenzuje zařízení na dopravu vody ke spotřebitelům (z vodojemu do spotřebiště). Průběh kolísání hodinových potřeb vody se užívá pro dimenzování čerpacích zařízení dodávajících vodu přímo do spotřebiště (hydroforové čerpací stanice, čerpací stanice podle přetlaku nebo průtoku v síti), pro dimenzování čerpací stanice čerpající vodu přes spotřebiště do vodojemu s minimálním obsahem pro vyrovnávání nerovnoměrnosti odběru a je jednou ze složek pro stanovení užitečného objemu vodojemu.

4.2. Základní hydraulické vztahy pro výpočet potrubí

Průtok vody ve vodovodních sítích je tlakový. Pro stanovení nebo hydraulické posouzení průměrů potrubí se vychází z předpokladu ustáleného průtokového režimu.

Obr. 6 - K vysvětlení Bernoulliho rovnice



Ustálený tlakový průtok se řídí Bernoulliho rovnicí; podle schématu na obrázku platí pro každý průřez vodovodního potrubí

$$H_o = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g} + h = konst$$

Kde H_o je místní výška hladiny vody v nádrži (zpravidla nadmořská výška hladiny v nádrži)

z – místní výška průřezu potrubí X (zpravidla nadmořská výška osy potrubí v průřezu X, popř. v praxi se často uvažuje zjednodušená kóta povrchu území v místě průřezu X),

p - hydrodynamický přetlak v průřezu X,

ρ - měrná hmotnost vody

α - Coriolisovo číslo

v - střední průtoková rychlost v průřezu X

h - ztrátová výška třením a v místních odporech.²³

Výraz

$$H = \frac{p}{\rho g}$$

Nazýváme přetlakovou výškou v průřezu X.

Přetlak p v průřezu X je pak dán vztahem

$$p = \rho g(H_o - z - h) - \frac{\alpha v^2 \alpha}{2}$$

²³ Srov. Tesařík, Igor, a kolektiv. 1987. *Vodárenství*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. stránky 11-22, 260-279. str. 269

Popř. přetlaková výška

$$H = H_o - z - h - \frac{\alpha v^2}{2g}$$

Rychlostní výška je vzhledem k běžným přetlakovým výškám ve vodovodních sítích zanedbatelná. U relativně vysoké průtokové rychlosti $v = 1,5 \text{ m}^{-1}$ činí asi 0,13 m. Jejím zanedbáním se při minimální přetlakové výšce $H = 25 \text{ m}$ dopouštíme chyby asi 0,5 %. Chyby za běžných provozních poměrů jsou podstatně nižší. Rychlostní výšku při běžných výpočtech vodovodních potrubí a sítí neuvažujeme, a proto se rovnice zjednoduší:

$$H = H_o - h - z$$

Uvedli jsme již, že při stanovení místní výšky z nahrazujeme kótu osy potrubí kótou povrchu území. Chyba, které se tak dopouštíme, je ve prospěch bezpečnosti výpočtu, protože skutečné přetlakové výšky jsou o hloubku potrubí pod povrchem, to znamená asi o 1,5 m vyšší než přetlakové výšky vypočítané. Při minimální přetlakové výšce 25 m to činí asi 6%.

Rozdíl

$$H_x = H_o - h$$

Nazýváme kótou čáry hydrodynamického přetlaku. Její hodnoty v jednotlivých průřezích potrubí vypočítáme postupným odečítáním ztrátových výšek od kóty hladiny vody v nádrži (nebo od kóty čáry hydrodynamického přetlaku ve výchozím uzlu). Přetlakové výšky v jednotlivých průřezích pak počítáme jako rozdíl kóty čáry hydrodynamického přetlaku a kóty terénu, tj.

$$H = H_x - z$$

Z uvedeného vyplynulo, že rozhodujícími činiteli, ovlivňujícími v daných územních podmínkách a při daných odběrech vody přetlakové výšky v potrubí, jsou kóta hladiny v nádrži a ztrátové výšky v potrubí. Výškovým polohám vodojemu a stanovení průměru potrubí je proto třeba při navrhování systémů zásobování vodou věnovat hlavní pozornost.

Ztrátová výška třením se počítá zpravidla podle Darcyho – Weissbachovy rovnice

$$h = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} = 0,82 \ 66 \lambda \frac{L}{d^5} Q^2 = \lambda_0 \frac{L}{d^5} Q^2$$

kde platí

$$\lambda_0 = 0,082 \ 66 \ \lambda$$

kde λ je součinitel tření,

d – vnitřní průměr potrubí (m)

v – střední průřezová rychlost ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Q – průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

L – délka úseku (m)

g – gravitační zrychlení ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$)

Součinitel tření λ se stanoví podle režimu proudění v potrubí. Ve vodovodních potrubích a sítích přichází v úvahu téměř výlučně turbulentní režim proudění.

Vzhledem k rozmanitosti druhů trubního materiálu, a tedy i rozmanitosti drsnosti vnitřního povrchu materiálu a vzhledem k poměrně širokému rozsahu používaných průměrů je možno říci, že průtokový režim ve vodovodních potrubích zahrnuje celý rozsah turbulentního proudění, a to hydraulicky hladkou, přechodnou i kvadratickou oblast odporu. Vzhledem k této skutečnosti je vhodné se při výpočtech vodovodních sítí orientovat především na vzorce se širokým rozsahem platnosti, abychom se použitím vztahu mimo rozsah jeho platnosti nedopouštěli chyb, jak se to v minulosti občas stávalo.

Ke vzorcům, které lze použít téměř v celé oblasti turbulentního proudění ve vodovodech, patří především vzorec Whiteův – Colebrookův

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{k}{3,71 d} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right)$$

Kde Reynoldsovo číslo

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu}$$

Kde k je absolutní drsnost potrubí (m)

ν – kinematická viskozita vody ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)

Whiteův – Colebrookův vzorec je poloempirický vzorec, vycházející z teoretických i experimentálních prací Nikuradseho, Prandtlových a Kármánových. Je široce experimentálně ověřen. Od r. 1952, kdy byl kongresem mezinárodního vodárenského sdružení IWSA v Paříži doporučen k používání, se rychle ve světové vodárenské praxi rozšířil a dnes patří k nejužívanějším vztahům pro výpočty vodovodních potrubí a sítí. U nás se ujal od poloviny šedesátých let.

Implicitní tvar vzorce, který nedovoluje přímý jednorázový výpočet součinitele λ , byl v prvních letech jeho užívání zdrojem určitých potíží a brzdil jeho rozšiřování. Dnes při širokém využívání výpočetní techniky není již sestavení tabulek a grafických tabulek pro určení součinitele λ problémem.

Na základě některých vlastních měření a zkušeností (Tesařík) a po srovnání s údaji v zahraniční literatuře jsme dospěli k těmto doporučením hodnot absolutních drsností pro běžné výpočty vodovodních sítí:

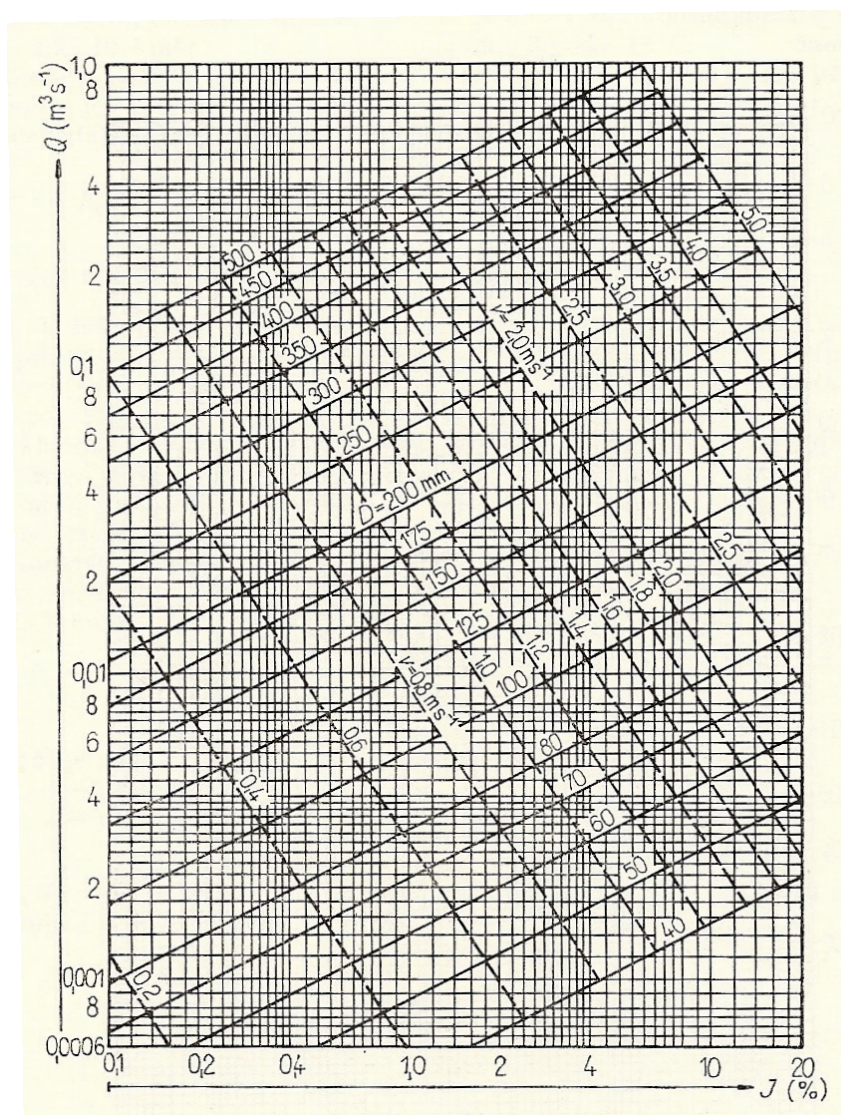
- Trubky z plastů $k = 0,05 \text{ mm}$
- Použité ocelové a litinové potrubí $k = 1 - 1,5 \text{ mm}$

Dále v textu je uveden nomogram pro výpočet ztrátových výšek v ocelovém a litinovém vodovodním potrubí DN 40 – DN 500. Ztrátové výšky jsou udávány na 100 m délky potrubí.

Ztrátové výšky v potrubí jsou dvojího druhu: ztrátové výšky třením a ztrátové výšky v místních odporech. Ztrátové výšky způsobené vnitřním třením kapaliny a jejím třením o stěny potrubí se projevují u přímých úseků potrubí. Ke ztrátovým výškám v místních odporech dochází při náhlých změnách průřezů a směru proudění a při rozdvojování a spojování proudů v tvarovkách a armaturách. U krátkých potrubí je

nutno tento odpor brát v úvahu. U dlouhých přivaděčů a zásobovacích sítí převažují ztráty třením natolik, že ztráty v místních odporech se zanedbávají. Ve starší literatuře se jako kritérium udával poměr délky potrubí L a průměru potrubí d . Při L/d větším než 1000 bylo možné již ztráty v místních odporech zanedbat. Totéž platí i v našem případě.²⁴

Ke stanovení ztrátové výšky třením můžeme využít nomogram uvedený v následující tabulce, nebo můžeme využít tabulky přímo od výrobce potrubí.



Tab. 2- Nomogram pro určení ztrátových výšek v potrubí DN40 až DN500

²⁴ Srov. Tamtéž str. 270

5. NÁVRH TRASY A PROFILU POTRUBÍ

Na začátku práce jsem navrhnul posílit stávající zdroj pitné vody přivedením vody z města Rokycan. Tím by se vyřešilo trvale zásobení obce Litohlavy kvalitní pitnou vodou z Brd.

5.1. Popis vodárenské soustavy obcí sdružených do VSR

Pojďme se podívat na vodárenskou soustavu svazku obcí spojených do Vodohospodářského sdružení Rokycanska dále jen VSR. Mezi hlavní prvky této soustavy patří zdroje surové vody, úpravní vody, akumulace a skupinové vodovody.

5.1.1. Zdroje surové vody

Surová voda je na úpravnu vody přiváděna gravitací dvěma přívodními řady – jednak z povrchových zdrojů – Klabavy (ve starších podkladech též Padrt'ský potok podle odtoku z Padrt'ských potoků, zde je uveden název podle vodohospodářské mapy a vodohospodářského rozhodnutí) a Třítrubeckého potoka litinovým potrubím DN 400 mm, jednak z podzemních zdrojů – historických pramenišť „Tři trubky“ pro Rokycany litinovým potrubím DN 200 mm. Projektovaná kapacita zdrojů surové vody pro vodovod Strašice – Rokycany je 75,0 l/s z toho povrchových zdrojů – Klabava a Třítrubecký potok 50,0 l/s a zbytek tedy 25,0 l/s připadá na zdroj podzemní vody „Tři trubky“.

5.1.2. Úpravna vody Strašice

ÚV Strašice (úpravna vody Strašice) je objektem skupinového vodovodu Rokycany. Voda z ÚV Strašice zásobuje spotřebiště Strašice, Dobřív, okrajovou část města Hrádek, a přes vodojem „Bouchalka“ 1350 m³ zejména město Rokycany.

Rokycany jsou také koncovkou tzv. Janovské větve z dalšího zdroje vody z ÚV Janov na této větvi je zásobováno město Hrádek a město Mirošov.²⁶

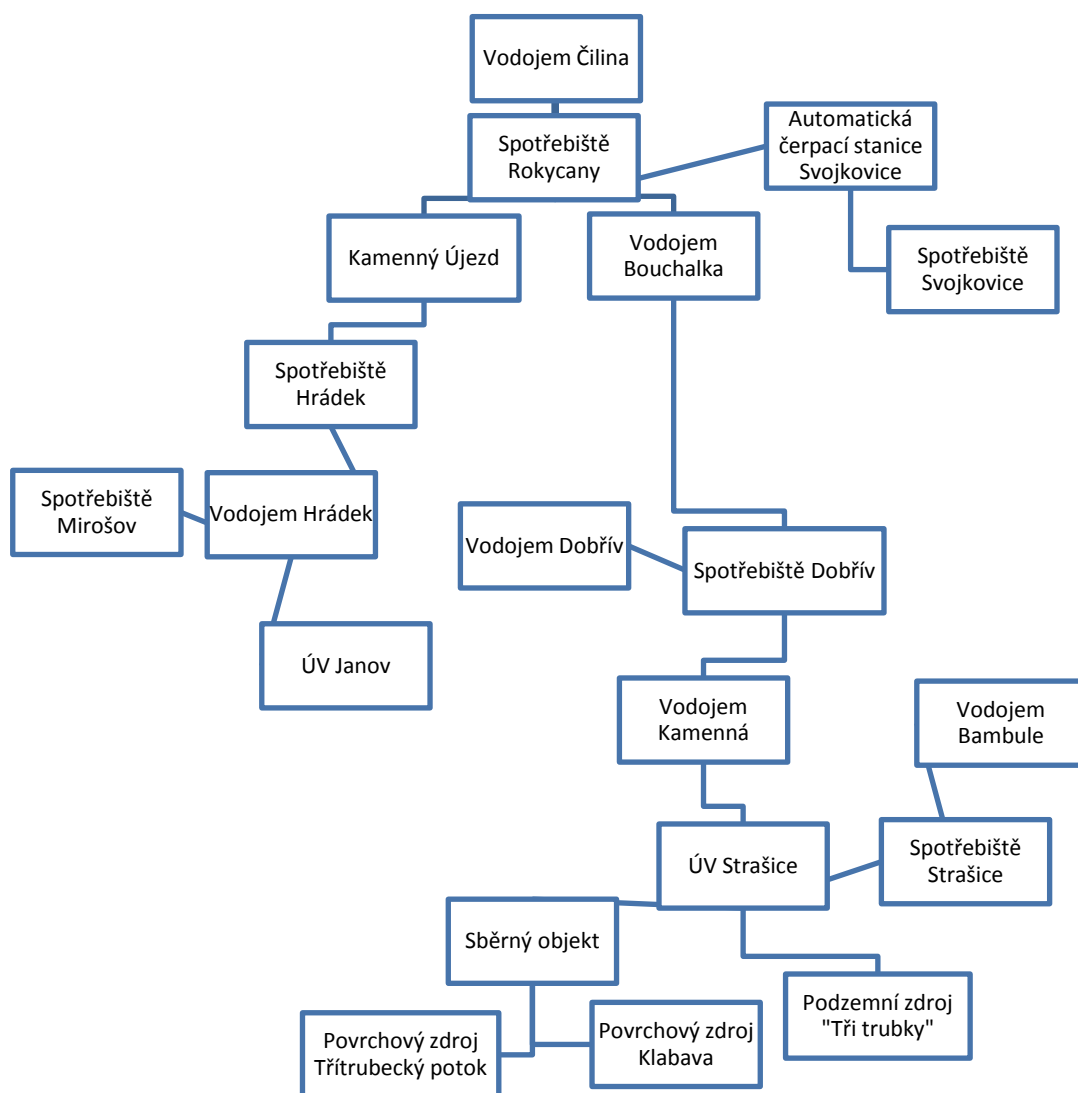
5.1.1 Skupinový vodovod Rokycany - SVR

Skupinový vodovod Rokycany (SVR) zajišťuje přívod pitné vody z ÚV Strašice a ÚV Janov do následujících sídel: Dobřív Mirošov, Kamenný Újezd a především město Rokycany. SVR byl posílen novým řadem DN 400 mm a v některých částech se již původní historický řad DN 200 mm nepoužívá a tvoří provozní zálohu. Z hlavních vodojemů ÚV Strašice je gravitačně vedena voda do čelních vodojemů a odboček, z nichž jsou zásobena jednotlivá spotřebišť. Z ÚV Strašice je zásobován skupinový vodovod – Strašická větev, která přivádí vodu do VDJ Bouchalka jedná se o vodojem před spotřebišťem s kapacitou komor $1350 \text{ m}^3 + 2 \times 240 \text{ m}^3$. Oba tyto vodojemy slouží pro zásobování města Rokycany. Na SVR jsou napojeny jednotlivé nemovitosti, nebo skupiny nemovitostí a celá obec Dobřív s VDJ Dobřív za spotřebišťem této obce. Celý systém doplňuje Janovská větev, která je zásobena z ÚV Janov a začíná na akumulaci VDJ Hrádek o kapacitě $2 \times 650 \text{ m}^3$. Voda z ÚV Janov je čerpána na VDJ Hrádek odtud je napájeno město Mirošov a město Hrádek, obec Kamenný Újezd a město Rokycany zde tvoří okružní síť se Strašickou větví a končí na VDJ Čilina o kapacitě $2 \times 2000 \text{ m}^3$, který tvoří akumulaci za spotřebišťem města Rokycany.²⁷

²⁶ Srov. **Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. 2004.** Provozní řád úpravny vody Strašice. [dokument]. Sokolov : Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o., 2004. str. 11

²⁷ Srov. **Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r.o. 2009.** Provozní řád vodovodu - Skupinový vodovod Rokycany. *Provozní řád vodovodu.* [Dokument]. Sokolov : Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r.o., 2009. str. 6

Obr. 7 - Schéma vodárenské soustavy Vodohospodářského sdružení Rokycanska



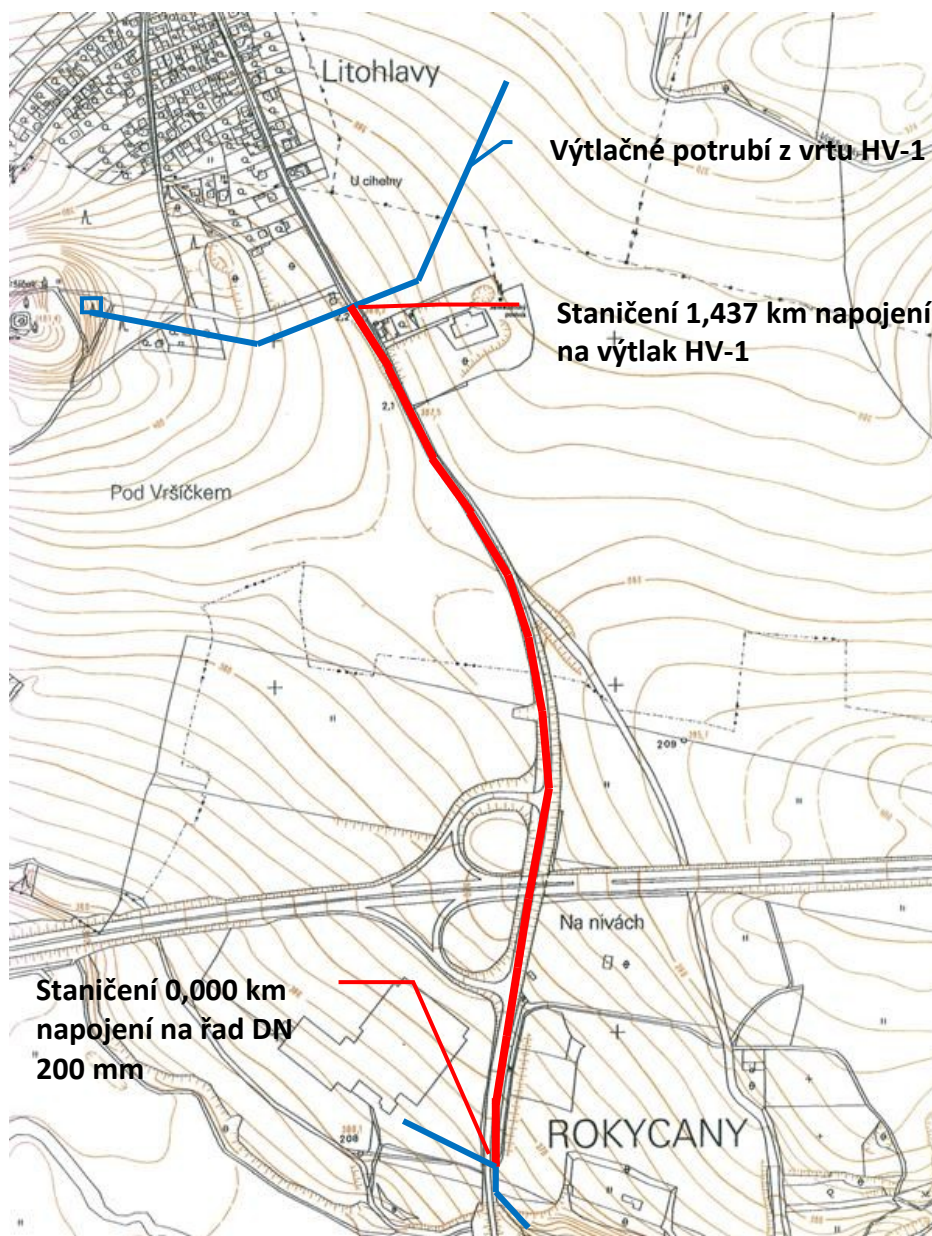
5.2 Návrh trasy vodovodního přivaděče pro obec Litohlavy

Propojení obou vodovodních sítí tedy města Rokycany a obce Litohlavy zajistí vodovodní řad. Místo napojení na stávající řad DN 200 mm bude vedle trasy místní účelové komunikace u státní silnice. Potrubí povede v tělese státní komunikace v majetku SÚS Rokycany (Správa a údržba silnic Rokycany) směrem obec Litohlavy. Dálnici D5 (dálnice číslo 5) překoná v tělese státní komunikace pod dálničními mosty.

Dále bude pokračovat až k místu křížení s trasou výtlačného potrubí z vrtu HV-1.
Délka potrubí je 1437 m.

Délka navržené varianty trasy je 1437 m.

Obr. 8 – Situace navržené trasy vodovodního potrubí²⁸



²⁸ Český úřad zeměměřičský a katastrální. 2006. Státní mapa 1:5000 - Rastrová. PLZEŇ 3-5. [Dokument]. Praha : Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2006. Sv. 070435, str. mapový list.

5.3 Stanovení nadmořské výšky objektů.

Jak jsem se již zmínil v kapitole 4.2. závisí ztrátová výška na délce potrubí. Délku jsme již zjistili volbou trasy. Nyní k výpočtu a dimenzování potrubí potřebujeme zjistit nadmořskou výšku místa budoucího napojení. Jako podklad k určení nadmořské výšky jsem použil státní mapu 1:5000 – rastrovou, 070435, PLZEŇ 3-5, vydanou Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním. Podle této mapy vychází nadmořská výška napojení na hodnotu 365,00 m n. m. Dalším údajem je nadmořská výška hladin ve VDJ Bouchalka: 422,65 m n. m. v případě dna a maximální hladina 427,65 m n. m. posledním výškovým údajem, který nyní potřebujeme je nadmořská výška v místě napojení nového příváděcího potrubí na současný výtlak z vrtané studny HV-1. Výška v místě nového napojení je 389,00 m n. m. Výška maximální hladiny ve vodojemu Litohlavy je 423,30 m n. m.²⁹

Rekapitulace zjištěných výškových údajů:

Minimální hladina ve VDJ Bouchalka 422,65 m n. m.

Napojení nového řadu do řadu DN200 staničení 0,000 km 365,00 m n. m.

Napojení nového řadu na výtlak staničení 1,437 km 389,00m n. m.

Maximální hladina ve VDJ Litohlavy 423,30m n. m.

5.4 Stanovení hydrodynamického tlaku

Pro stanovení výše čáry hydrodynamického tlaku jsem provedl měření stanoveným tlakoměrem v šachtě nedaleko plánovaného napojení řadu. Šachta se nachází v areálu firmy Prowell cca 100 m od budoucího napojení. Hodnotu naměřeného tlaku uvádím ve výšce vodního sloupce pro snadnější počítání.

²⁹ Srov. Český úřad zeměměřičský a katastrální. 2006. Státní mapa 1:5000 - Rastrová. PLZEŇ 3-5. [Dokument]. Praha : Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2006. Sv. 070435, str. mapový list.

Dosažená hodnota 59 m vodního sloupce při geodetické výšce šachty 362,00 m n. m. po konzultaci s provozovatelem lze uvažovat o vstupním tlaku v místě nového napojení na hodnotě 50 m vodního sloupce.

5.4.1 Výpočet hydrodynamické výšky

Nyní vypočítáme hydrodynamickou výšku v místě napojení nového řadu ze stávajícího řadu DN200 mm. Musíme vzít v úvahu nepříznivý stav hladiny ve VDJ Bouchalka a to sice minimální výšku hladiny která činí 422,65 m n. m. Dále víme, že výška vodního sloupce ve VDJ Bouchalka je 5m. tuto výšku musíme odečíst od doporučeného vstupního tlaku (50m vodního sloupce) v místě nového napojení kóta 365m n. m. tuto hodnotu přičteme ke kótě 365m n. m. a vyjde nám kóta čáry hydrodynamického tlaku 410m n. m. Výšková kóta místa napojení na výtlačné potrubí v obci Litohlavy má hodnotu 389m n. m.

5.5 Návrh profilu potrubí

Aby voda dotekla do místa napojení v obci Litohlavy, musíme zjistit, jaký profil navrhovaného potrubí nám provede vypočítané množství vody při přijatelném poklesu hydrodynamické čáry. To zjistíme z tabulky pro výpočet vodovodních potrubí z tvárné litiny podle Prandtl-Colebrooka.³⁰ Sklon čáry nesmí dosáhnout hodnoty 389m n. m. (to je nadmožská výška napojení nového potrubí na výtlačný řad z vrtu HV-1) pokud by hodnota byla menší, voda by nedotekla do místa napojení. Budeme tedy hledat profil při daném průtoku s co možná minimálním poklesem čáry hydrodynamického tlaku. Ještě se musím zmínit o ekonomickém hledisku. Není problém navrhnout potrubí s minimálním sklonem čáry hydrodynamického tlaku (čím větší profil tím menší sklon), ale je problém s realizací takového potrubí co se týče finanční částky.

³⁰ Srov. **BUDERUS. 2002.** *Trouby z tvárné litiny*. 3. vydání. Hradec Králové : Buderus Guss s. r. o. Beroun, 2002. str. 90.

5.5.1 Návrh profilu pro Q_h

Budeme uvažovat nejnepříznivější stav, jaký může nastat a to sice prázdný vodojem v Litohlavech a největší hodinovou potřebu vody (Q_h) v daný okamžik. Pro určení ztrátové výšky použijí tabulky pro hydraulický výpočet vodovodního potrubí podle Prandtl – Colebrooka od výrobce litinových trub (Buderus). Této modelové situaci odpovídá řádek tabulky s průtokem $Q = 3,00$ l/s budeme uvažovat potrubí se součinitelem $k_i = 0,1$ mm (přívodní řad) začneme s profilem DN80mm. Vychází ztráta tlakové výšky $J = 5,846$ m/km.³¹ Při délce potrubí 1437 m je celkový pokles $5,846 * 1,437 = 8,40$ m na celou trasu přivaděče. Musíme zachovat podmínku, že ztráta tlakové výšky bude menší než rozdíl výšek kót na začátku a na konci potrubí. Dosadíme hodnoty $410 - 389 = 21$ m je více než 8,40 m pro profil DN80 mm, tím je podmínka splněna.

³¹ Srov. Tamtéž str. 90

TABULKY

pro hydraulický výpočet vodovodních potrubí z tvárné litiny t
 $k_i = 0,1 \text{ mm}$ (dálková a příváděcí potrubí), $k_i = 0,4 \text{ mm}$

Q (l/s), v (m/s), J (m/km), k_i (mm)

Q	DN 80				DN 100				Q
	v	$k_i = 0.1$	$k_i = 0.4$	$k_i = 1.0$	v	$k_i = 0.1$	$k_i = 0.4$	$k_i = 1.0$	
		J	J	J		J	J	J	
0.50	0.10	0.232	0.258	0.303					0.50
0.60	0.12	0.320	0.360	0.427	0.08	0.110	0.120	0.137	0.60
0.70	0.14	0.420	0.477	0.572	0.09	0.144	0.158	0.183	0.70
0.80	0.16	0.532	0.610	0.737	0.10	0.182	0.201	0.235	0.80
0.90	0.18	0.656	0.758	0.924	0.11	0.224	0.249	0.293	0.90
1.00	0.20	0.791	0.922	1.130	0.13	0.269	0.302	0.357	1.00
1.25	0.25	1.181	1.400	1.738	0.16	0.400	0.456	0.546	1.25
1.50	0.30	1.641	1.975	2.474	0.19	0.554	0.639	0.774	1.50
1.75	0.35	2.171	2.645	3.339	0.22	0.730	0.852	1.041	1.75
2.00	0.40	2.770	3.412	4.334	0.25	0.929	1.095	1.347	2.00
2.25	0.45	3.438	4.274	5.457	0.29	1.149	1.367	1.693	2.25
2.50	0.50	4.173	5.233	6.710	0.32	1.392	1.669	2.077	2.50
2.75	0.55	4.976	6.287	8.091	0.35	1.656	2.000	2.501	2.75
3.00	0.60	5.846	7.437	9.601	0.38	1.941	2.361	2.964	3.00
3.25	0.65	6.784	8.683	11.24	0.41	2.247	2.751	3.466	3.25
3.50	0.70	7.788	10.03	13.01	0.45	2.575	3.171	4.007	3.50
3.75	0.75	8.859	11.46	14.91	0.48	2.924	3.620	4.587	3.75
4.00	0.80	9.996	13.00	16.93	0.51	3.294	4.099	5.207	4.00
4.25	0.85	11.20	14.63	19.09	0.54	3.684	4.607	5.865	4.25
4.50	0.90	12.47	16.35	21.37	0.57	4.096	5.144	6.563	4.50

Tab. 4 – Ukázka hledání hodnot v tabulce pro hydraulický výpočet potrubí

Pro větší rezervu budeme uvažovat s profilem DN100 mm. Pro tento profil vychází při průtoku $Q = 3,00 \text{ l/s}$ a součiniteli $k_i = 0,1 \text{ mm}$ (přívodní řad) pokles tlakové výšky $1,941 \text{ m/km}$, ale na celkovou délku potrubí 1825m to činí $1,941 * 1,437 = 2,8 \text{ m}$. Odečteme ztrátovou výšku od nadmořské výšky hydrodynamické čary tlaku v místě napojení nového řadu na řad DN 200 mm. $410 - 2,8 = 407,20$

Výsledná kóta tlakové čary v místě napojení na výtlačné potrubí činí $407,20 \text{ m n. m.}$ při profilu DN100 mm a uvažovaném průtoku Q_h .

5.5.2 Návrh profilu pro Q_m

Za standardních podmínek se bude pohybovat průtok přiváděcím potrubím kolem hodnoty $Q_m = 1,635$ l/s. Pro výše navržený profil DN 100 mm bude pokles tlakové výšky při součiniteli $k_i = 0,1$ mm činit $0,730 * 1,437 = 1,04$ m.

Výsledná kóta tlakové čáry v místě napojení na výtlačné potrubí je 408,96 m n. m. při profilu DN100 mm a uvažovaném průtoku Q_m .

5.5.3 Vyhodnocení vypočítaných veličin

Co vyplývá z předchozích výpočtů? Vezmeme-li nadmořskou výšku maximální hladiny ve vodojemu Litohlavy a porovnáme ji s výslednými kótami čar hydrodynamického tlaku v místě napojení na výtlačné potrubí, logicky dojdeme k závěru, že se voda do vodojemu nedostane pomocí gravitace (samospádem), ale pomocí automatické čerpací stanice (ATS). Návrhem základních veličin potřebných pro výběr ATS se budeme zabývat v další kapitole. Co se týče tlakových poměrů a odebíraného množství vody neovlivní nový přívodní řad DN 100 mm stávající řad DN 200 mm v Rokycanech.

6. NÁVRH ČERPACÍ STANICE

Na tomto místě se musím vrátit k samému začátku úkolu, kdy jsem studoval podklady pro zpracování. V územním plánu obce Litohlavy je navrhováno zvětšení objemu VDJ Litohlavy přístavbou další komory, a tím navýšení celkové kapacity na cca 170 m³.³² To by jistě pomohlo k odstranění výpadků v dodávce vody do spotřebiště, ale kvalita pitné vody by zůstala na stejné úrovni.

³² Srov. **Tauš, Petr., 1996.** Územní plán obce Litohlavy. *ÚPN - SÚ Litohlavy*. [Dokument]. Plzeň : Urbioprojekt, ateliér urbanismu, architektury a ekologie, 12 1996. str. 34.

V dnešní době máme na výběr i jiné řešení. Je jím automatická tlaková stanice (ATS), která reaguje na okamžitou potřebu vody. Jinými slovy dodá jen tolik vody, kolik jí je v daný okamžik potřeba a udržuje stálý tlak v potrubí, který můžeme podle potřeby regulovat a tím snižovat ztráty vody v potrubí. Dalo by se říci, že dokáže svoji funkci nahradit akumulací tedy vodojem.

6.1 Výpočet dopravní výšky a průtoku

Nejprve si zopakujeme vstupní údaje:

<u>Nadmožská výška maximální hladiny vodojemu Litohlavy</u>	<u>423,30 m n. m.</u>
<u>Nadmožská výška umístění čerpadel na konci přivaděče</u>	<u>389,00 m n. m.</u>
<u>Rozdíl výšek</u>	<u>34,30 m</u>

Dalším údajem, který je nezbytný k výpočtu dopravní výšky budoucí čerpací stanice je tlaková ztráta, způsobená průtokem vody potrubím stávajícího výtlačného potrubí DN 80 mm. Tuto ztrátu zjistíme, z tabulky pro hydraulický výpočet vodovodních potrubí podle Prandtl – Colebrooka.

Budeme opět uvažovat průtok $Q_h = 3,00$ l/s a délku potrubí 500m. Opět najdeme řádek, který se nejvíce blíží k hodnotě Q_h , tedy s průtokem $Q = 3,0$ l/s. Budeme uvažovat součinitel $k_i = 0,1$ (přivaděcí a dálková potrubí) pokles čáry vychází pro profil DN 80 mm 5,846 m/km.³³ Pro naši délku 500 m, výtlačného potrubí z vrtu HV-1, musíme přepočítat pokles čáry na hodnotu $5,846 * 0,5 = 2,923$ m. Tuto hodnotu (2,923 m) nebudeme odečítat od maximální výškové hodnoty hladiny VDJ Litohlavy, nýbrž přičítat, protože vodu čerpáme na vodojem!

Dopravní výška je součtem tlakové ztráty a rozdílu výškových kót maximální hladiny ve VDJ Litohlavy a výškové kóty v místě navrhované čerpací stanice. Vyjádřeno číselně: $2,923 + (423,30 - 389,00) = 37,223$ m

³³ Srov. BUDERUS. 2002. *Trouby z tvárné litiny*. 3. vydání. Hradec Králové : Buderus Guss s. r. o. Beroun, 2002. str. 90.

Dopravní výška pro čerpadla ATS je přibližně 40m.

Požadovaný průtok při této dopravní výšce $Q = 3,0 \text{ l/s}$

6.2 Výběr čerpadla

Po dobré zkušenosti s podobnými čerpacími stanicemi, které provozujeme, jsem se rozhodnul uvést je zde jako možnou variantu výběru. Jedná se o čerpadlo firmy WILO. Výrobce disponuje širokým sortimentem čerpací techniky, k tomu aby se zákazník neztratil v široké nabídce čerpadel, vytvořila firma WILO internetový vyhledávací program, který je vtipně vyřešen. Zákazník jednoduše zadá požadované parametry a program poskytne odpovídající nabídku čerpadel. Jak to vypadá, si ukážeme na obrázku níže.

Obr. 9 - Aplikace WILO-SELECT – výběr čerpadla podle parametrů³⁴

The screenshot shows the 'Wilo-Select Online' web application. The interface includes a sidebar with 'oblasti použití' (application areas) such as heating, cooling, and hot water. The main area is titled 'hydraulický výběr' (hydraulic selection) and contains several input sections: 'typové řady' (pump series) with a dropdown menu, 'typ zařízení' (equipment type) set to 'zařízení s více čerpadly' (multi-pump system), 'počet čerpadel' (number of pumps) set to 2, and 'provozní bod' (operating point) with fields for flow rate (3.5 l/min), head (40 m), and static head (22 m). There is also a 'médiá' (media) section with fields for media type (water), temperature (8 °C), concentration (100%), density (999.79 kg/m³), and kinematic viscosity (1.3885 mm²/s). A 'Start Selection' button is visible at the bottom of the form.

³⁴ 2008. www.wilo-select.com. *Wilo-Select Online*. [Online] Ecomplexx, 2008. [Cited: 4 18, 2010.] <http://www.wilo-select.com/L2006/inner.asp?FRAMED=1&AW__GROUP=DE>.

Po zadání vstupních údajů postačí stisknout odkaz *Start Selection* a program nabídne větší množství čerpadel s uvedením jejich základních charakteristik. Poté je možné vybrat konkrétní čerpadlo a zobrazit všechny dostupné údaje.

7. STAVEBNÍ OBJEKTY PŘÍVODNÍHO ŘADU

7.1 Stavební objekt vodovodní potrubí

Vodovodní potrubí bude uloženo v nezámrazné hloubce 1,5m. K realizaci bych doporučil využít moderní technologie řízeného podvrtnu a to v celé trase nového vodovodu. Pomocí této technologie ušetříme nemalé prostředky oproti klasické technice, kdy se ukládá potrubí do otevřeného výkopu. V našem případě by stačilo vyhloubit tzv. startovací jámu a cílovou jámu. Stroj zajišťující provedení řízeného podvrtnu nejprve dosáhne cílového bodu, poté se na konec vrtného soustrojí připevní rozšiřující hlavice a nové potrubí. Celé potrubí se zatáhne zpět k vrtnému stroji. Tímto způsobem se opakovaně postupuje. Délka zataženého potrubí se pohybuje do 100 m. Výrobce dodává potrubí v návinech a je už uzpůsobeno pro tuto technologii. Zde musím upozornit, že se jedná o plastové potrubí. Po zatažení potrubí se vhodně pospojuje tvarovkami. Pro pozdější lokalizaci trasy potrubí se přidává vytyčovací vodič, někteří výrobci jej integrují do potrubí již při výrobě.

7.2 Stavební objekt podchod pod komunikací

Dálnice D5 představuje dopravní stavbu nadregionálního charakteru. Tomu odpovídá i ochrana této stavby před škodlivými vlivy okolí. K překonání dálnice vodovodním potrubím je třeba věnovat zvláštní pozornost. Musíme předpokládat stav, kdy dojde k porušení potrubí v místě křížení s dálničním tělesem. Aby nedošlo k

podemletí a odplavení zemního tělesa, nebo v našem případě podemletí opěry dálničního mostu, musíme vodovodní potrubí uložit do ochranného potrubí – chráničky, které chrání těleso dálnice v celé délce přechodu potrubí. Na každé straně chráničky se vybuduje kontrolní šachta. V první šachtě ve směru na Litohlavy, tedy v první šachtě od napojení na řad DN 200 mm se provede odvodnění odpadním potrubím pro případ havárie. Rozměry vstupního otvoru a této šachty musí umožnit demontáž potrubí uloženého v chráničce pod tělesem dálnice.

Při navrženém profilu potrubí DN100 mm se předpokládá použití ocelové chráničky o profilu min. DN 150 mm. Potrubí vodovodu se většinou uloží na centrovací prvky tzv. Raci spojky (to je objímka s výstupky, které zajistí konstantní vzdálenost od povrchu chráničky). Obě šachty budou vystrojeny sekčními šoupatovými uzávěry. Spoje potrubí budou na příruby, kvůli případné demontáži.

7.3 Stavební objekt čerpací stanice Litohlavy

Objekt čerpací stanice Litohlavy je navržen jako zděná stavba z vhodného materiálu s přihlédnutím na ekologii provozu stavby. Mám zejména na mysli řešení stavby po stránce vytápění v zimě a větrání v létě. Skloubit obojí lze pomocí vhodné volby izolace, větrání a vytápění elektrickým topením a regulace pomocí prostorového termostatu. Do objektu je nutné vybudovat elektrickou přípojku v odpovídající dimenzi. Rozměry stavby a vstupního otvoru musí umožnit zejména snadnou montáž a demontáž čerpadla a umožnit obsluhu a údržbu zařízení s ohledem na platné předpisy o bezpečnosti a ochraně při práci. Vystrojení čerpací stanice zajistí, v případě poruchy, přepojení na stávající vrt HV-1 se kterým se počítá jako se zálohou. Na přívodním potrubí do čerpací stanice ve směru od Rokycan se osadí vodoměr s datovým přenosem, který nám zajistí sledování objemu vody, který protekl, a tím i případných ztrát. Další vodoměr se osadí na stávající výtlačné potrubí před napojení nového potrubí čerpací stanice, tím budeme mít měřený úsek z vrtu HV-1 až k místu napojení potrubí čerpací stanice. Pro přenos provozních údajů je nutné vytvořit datové spojení s dispečinkem na ÚV Strašice. ATS WILO je ovládána vlastní řídicí jednotkou, která sleduje celou řadu provozních údajů. Řídicí jednotka umožňuje rovnoměrný náběh

motohodin každého jednotlivého čerpadla a tím i rovnoměrné opotřebení celé soustavy. Otáčky motorů jsou plynule regulovatelné pomocí frekvenčních měničů. Zabudovaná diagnostika ulehčuje údržbu a pomáhá odstranit vzniklé závady.

7.4 Vystrojení vodojemu Litohlavy

Přestože tento stavební objekt není přímo součástí přívodního řadu Rokycany – Litohlavy, je třeba provést určité úpravy ve vystrojení. Ke správné funkci ATS musíme dodatečně osadit na přívodní potrubí do vodojemu uzávěr – klapku ovládanou plovákem. To zajistí automatické ovládání nátoky do vodojemu. Doporučujeme rozšířit stávající přenos provozních údajů o měření hladiny a přítoku vody v reálném čase. Důvodem je princip provozu ATS, který pracuje na základě poklesu tlaku v potrubí. V případě havárie výtlačného potrubí, v úseku ATS - vodojem Litohlavy, by došlo ke značnému úniku vody. Takto lze snížit možnost úniku vody na minimum.

7.5 Začlenění čerpací stanice do dispečinku

S vlastním provozem čerpací stanice souvisí i sledování provozních ukazatelů, mezi hlavní ukazatele je čerpané množství vody na přítoku do vodojemu. Tento ukazatel je asi nejkritičtější z celé soustavy s ohledem na princip činnosti ATS. Aby bylo možné sledovat průtok v reálném čase, je nutné osadit odpovídající měřidla na potrubí a zajistit přenos údajů na dispečink v ÚV Strašice.

Dále je nutné vystrojit čerpací stanici a místo napojení na stávající výtlačné potrubí tak, aby bylo možné v případě havárie přívodního potrubí, přepojit na současný zdroj HV-1. S ohledem na komfort obsluhy navrhuji tuto funkci zahrnout do rozšíření dispečinku.

ZÁVĚR

Po prostudování dostupné vědecké literatury a po provedení výpočtů, jsem dospěl k závěru, že je technicky možné připojit obec Litohlavy na skupinový vodovod Rokycany. Tím by odpadly veškeré problémy se zásobováním dostatečného množství kvalitní pitné vody.

Výpočet potřeby vody jsem provedl na uvažovaný počet obyvatel s výhledem do budoucna tedy pro 600 trvale žijících osob. Provedením výpočtu jsem zjistil, že průměrná denní potřeba vody obce Litohlavy činí 1,635 l/s, dále maximální hodinová potřeba je 3,00 l/s. Při volbě trasy vodovodního potrubí jsem upřednostnil využití pozemků v majetku státním a obecním z důvodu zjednodušeného řízení a projednávání budoucího uložení vodovodu. Zohlednil jsem též volbou trasy umožnit revitalizaci stávajících pozemků zejména na katastrálním území města Rokycan. Délka trasy vodovodu činí 1437 m. Zvláštní pozornost se musí věnovat překonání dálnice D5 pomocí podchodu pod komunikací. Pro dopravu vody je nutné vybudovat automatickou tlakovou stanici v místě napojení nového vodovodního potrubí na stávající výtlačné potrubí. Po zjištění a změření tlakových poměrů a nadmořských výšek hladin vodojemů Bouchalka a Litohlavy, jsem provedl výpočet dimenze potrubí. Jako optimální profil se jeví DN100 mm. Dále bylo nutné stanovit základní ukazatele pro výběr čerpadla, zejména dopravní výšku, která činí min. 40m a průtočné množství 3,00 l/s s ohledem na nepříznivý provozní stav. Výběr čerpadla jsem provedl na základě kladných provozních zkušeností se spolehlivostí a komfortem obsluhy. Tím čerpadlem je typ od firmy WILO. V případě realizace by se samozřejmě muselo vybírat z více nabídek. Co se týče samotného provedení, mám několik poznámek z pohledu budoucího provozovatele. V první řadě je nutné sledovat provozní ukazatele a hledat případné úniky vody a to vše při minimálních nárocích na obsluhu a finanční výdaje spojené s provozem. Zde nám pomůže automatizace a vizualizace provozu pomocí dispečinku. Vystrojení čerpací stanice musí umožnit využití stávajícího vrtu HV-1 pro případ havárie vodovodního přivaděče z města Rokycany.

Práce by měla posloužit všem, kteří projevují zájem o danou problematiku, jako určité vodítko pro případné posouzení obdobného problému v jiné lokalitě.

ANOTACE

- Příjmení a jméno autora:** Radek Ježák, DiS
- Instituce:** Moravská vysoká škola Olomouc
- Název práce v českém jazyce:** Posílení stávajícího vodního zdroje obce Litohlavy ze skupinového vodovodu Rokycany
- Název práce v anglickém jazyce:** The Reinforcement of The Existing Water Source for Litohlavy Comunity from The Main Water Suplly of Rokycany Area
- Vedoucí práce:** Ing. Jaroslav Váňa
- Počet stran:** 54
- Počet příloh:** 0
- Klíčová slova v českém jazyce:** potřeba vody, vodovodní potrubí, dimenze potrubí, skupinový vodovod, automatická tlaková stanice
- Klíčová slova v anglickém jazyce:** the requirement of a water, water pipe, dimension of a water pipe, the main water supply, pump for pressure boosting

Práce se zabývá vyřešením problému obce Litohlavy v zásobení kvalitní pitnou vodou. Popisuje současný stav a nedostatek vody vrtu. Hlavním úkolem je prověření možnosti zásobování obce Litohlavy ze skupinového vodovodu Rokycany. Práce pojednává o výpočtu potřeby vody, o návrhu a výpočtu dimenze potrubí, jak v teoretické, tak v praktické rovině. Dále návrhem trasy potrubí a automatické čerpací stanice. V závěru práce pojednává o provozních požadavcích na stavební objekty navrženého přiváděcího potrubí, z hlediska provozovatele.

This paper deals with the problematic fresh water supply to the community of Litohlavy. It describes the status quo and the insufficiency of the recent waterbore. The main task is to check a possibility of a watersupply to the community of Litohlavy from the main water supply of the township Rokycany. This paper includes the water requiurement – calculations and the design and the dimensioning of the water pipe

work; all of that a theoretical and a practical level. Further it presents the piping lay-out and the design of the pump for pressure boosting. At least are discussed the building structures needed – that from the operators point of view.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 - Obec Litohlavy situace</i>	8
<i>Obr. 2 - Vodní zdroj vrt HV-1 Litohlavy</i>	9
<i>Obr. 3 - Demontáž ponorného čerpadla pomocí jeřábu</i>	12
<i>Obr. 4 - Demontované ponorné čerpadlo z vrtu HV-1</i>	13
<i>Obr. 5 - Schematické zobrazení vodovodu Litohlavy</i>	25
<i>Obr. 6 - K vysvětlení Bernoulliho rovnice</i>	26
<i>Obr. 7 - Schéma vodárenské soustavy Vodohospodářského sdružení Rokycanska</i>	35
<i>Obr. 8 – Situace navržené trasy vodovodního potrubí</i>	36
<i>Obr. 9 - Aplikace WILO-SELECT – výběr čerpadla podle parametrů</i>	43

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1- Průběh potřeby vody v procentech potřeby celodenní</i>	23
<i>Tab. 2- Nomogram pro určení ztrátových výšek v potrubí DN40 až DN500.....</i>	31
<i>Tab. 3 - Tabulka pro hydraulický výpočet potrubí podle Prandtl-Colebrooka</i>	32
<i>Tab. 4 – Ukázka hledání hodnot v tabulce pro hydraulický výpočet potrubí</i>	40

SEZNAM ZKRATEK

ATS.....	<i>automatická tlaková stanice</i>
D5.....	<i>dálnice s označením 5</i>
SÚS.....	<i>Správa a údržba silnic</i>
SVR.....	<i>skupinový vodovod Rokycany</i>
ÚV	<i>úpravna vody</i>
VDJ.....	<i>vodojem</i>
VSR.....	<i>Vodohospodářské sdružení Rokycanska</i>

LITERATURA A PRAMENY

BUDERUS. 2002. *Trouby z tvárné litiny*. 3. vydání. Hradec Králové : Buderus Guss s. r. o. Beroun, 2002. str. 90.

Český úřad zeměměřičský a katastrální. 2006. Státní mapa 1:5000 - Rastrová. *PLZEŇ 3-5*. [Dokument]. Praha : Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2006. Sv. 070435, str. mapový list.

Ecomplexx. 2008. www.wilo-select.com. *Wilo-Select Online*. [Online] Ecomplexx, 2008. [Citace: 18. 4 2010.] <http://www.wilo-select.com/L2006/inner.asp?FRAMED=1&AW__GROUP=DE>.

Globalweb. 2008. www.litohlavy.rokycansko.cz. <http://www.litohlavy.rokycansko.cz>. [Online] Globalweb, 2008. [Citace: 14. 4 2010.] <<http://www.litohlavy.rokycansko.cz/index.php?page=uvod>>.

Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR. 1973. Směrnice č. 9 ze dne 20. července 1973. *Směrnice*. [Dokument]. Praha : Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, 1973. stránky 7-13, příloha C.

Příbyl, Antonín. 2002. Litohlavy - prohlídka vrtané studny HV-1 průmyslovou televizí. *Technická zpráva*. [Dokument]. Plzeň : NEPTUN Plzeň, hydroekologické sdružení, 10 2002. stránky 1-3.

Tauš, Petr. 1996. Územní plán obce Litohlavy. *ÚPN - SÚ Litohlavy*. [Dokument]. Plzeň : Urbioprojekt, ateliér urbanismu, architektury a ekologie, 12 1996. str. 34.

Tesařík, Igor, a kolektiv. 1987. *Vodárenství*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. stránky 11-22, 260-279.

Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r.o. 2009. Provozní řád vodovodu - Skupinový vodovod Rokycany. *Provozní řád vodovodu*. [Dokument]. Sokolov : Vodohospodářská společnost Sokolov, s. r.o., 2009.

Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. 2002 - 2010. Provozní deník provozu vodovody. *Provozní deník*. [Dokument]. Rokycany : Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o., 2002 - 2010.

Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. 2004. Provozní řád úpravny vody Strašice. [Dokument]. Sokolov : Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o., 2004.