

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh systému zásobování pitnou vodou
v obci Krakovec

prosinec 2021

Bc. Jáchym Dobeš

Obsah práce

- Teoretická a praktická část
- Projekt „*Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec*“

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh systému zásobování pitnou vodou
v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

prosinec 2021

Bc. Jáchym Dobeš

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Diplomová práce

**Návrh systému zásobování pitnou vodou
v obci Krakovec**

Design of a drinking water supply system in the village
Krakovec

Teoretická a praktická část

Bc. Jáchym Dobeš

Vedoucí diplomové práce: Ing. Filip Horký, Ph.D.

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

prosinec 2021



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Dobeš Jméno: Jáchym Osobní číslo: 468286
Zadávající katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec
Název diplomové práce anglicky: Design of a drinking water supply system in the village Krakovec

Pokyny pro vypracování:

Rešerše literatury k dané tématice. Analýza dané lokality. Příprava a zpracování podkladů. Zpracování projektové dokumentace ve stupni DUR + DSP.

Seznam doporučené literatury:

Grünwald A., a kol.: Vodárenství. ČKAIT, Praha 1998, ISBN 80-902460-7-9,
Tesařík I. a kol.: Vodárenství. SNTL, Praha 1987,
zákon č. 274/2001 Sb., vyhláška č. 428/2001 Sb., vyhláška č. 499/2006 Sb.,
ČSN EN 805 Vodárenství - Požadavky na vnější sítě a jejich součásti,
ČSN 75 5401 Navrhování vodovodního potrubí,
ČSN 75 5355 Vodojemy

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Filip Horký, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 22.09.2021 Termín odevzdání diplomové práce: 02.01.2022
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

22.9.2021

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci „*Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec*“ vypracoval samostatně a že jsem v teoretické a praktické části citoval veškerou použitou literaturu a že jsem v projektové části uvedl veškeré použité podklady.

V Praze dne 31.12.2021

.....

Bc. Jáchym Dobeš

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Filipovi Horkému, Ph.D. za odborné vedení práce a poskytnutí cenných rad, které mi pomohly při zpracování této práce.

Abstrakt:

Hlavním cílem diplomové práce je vypracování sloučené projektové dokumentace pro územní rozhodnutí a stavební povolení na vodovod v obci Krakovec. Obec se nachází ve Středočeském kraji v okrese Rakovník a její součástí je i ves Zhoř, která je také součástí projektu a bude připojena na projektovaný vodovod. Celá obec Krakovec má 80 stálých obyvatel žijících ve 20 domech a také se v obci nachází 39 rekreačních objektů. Vodovod bude napojen na obecní vodovod v Krakově, který se začne v nejbližší době stavět. Součástí této stavby bude i nový vodojem, který bude zásobovat obce Malinová, Krakov a Krakovec.

Odhadovaná cena projektovaného vodovodu je 32 500 000 Kč. Cena byla stanovena na základě průměrných cen dopravní a technické infrastruktury obcí z roku 2021 a byla navýšena z důvodu nevhodné geologie v obci Krakovec.

Součástí diplomové práce je i teoretická a praktická část. Teoretická část obsahuje obecné informace o vodárenství včetně základních výpočtů. Praktická část především rozvádí a doplňuje informace z projektové části.

Klíčová slova:

Vodovod, Krakovec, Zhoř, vodárenství, vodojem, potrubí, pitná voda, tlak, projektová dokumentace

Abstract:

The main aim of the diploma thesis is to develop a project documentation for zoning and building permit for the water supply system in the village Krakovec. The village is in the Central Bohemian Region in the Rakovník district and part of the village is also the village Zhoř which is included in the project documentation as well and will be connected to the water supply system. The village Krakovec has population of 80 inhabitants who live in 20 houses and there are also 39 holiday houses. The water supply system will be connected to the water supply system in the village Krakov, its construction will begin soon. Part of the water supply system in Krakov is a new water tower, which will supply villages Malinová, Krakov and Krakovec.

Estimated costs of the projected water supply system are 32 500 000 CZK. Costs were determined based on average costs in 2021 and were increased due to improper geology in the village Krakovec.

The diploma thesis contains also a theoretical and practical part. The theoretical part includes general information about water supply systems and some basics calculations. The practical part mainly develops information from the project documentation.

Key words:

Water supply system, Krakovec, Zhoř, water tower, piping, potable water, pressure, project documentation

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| A. | ÚVOD | 2 |
| B. | TEORETICKÁ ČÁST | 3 |
| B.1 | HISTORIE VODÁRENSTVÍ..... | 4 |
| B.1.1 | ČESKÉ ZEMĚ | 4 |
| B.1.2 | PRAHA | 4 |
| B.2 | VODÁRENSKÁ SOUSTAVA | 6 |
| B.3 | VODNÍ ZDROJE | 7 |
| B.3.1 | PODZEMNÍ VODY..... | 7 |
| B.3.2 | POVRCHOVÉ VODY | 7 |
| B.4 | ÚPRAVA VODY | 8 |
| B.4.1 | PŘEDČIŠTĚNÍ SUROVÉ VODY | 8 |
| B.4.2 | PREOXIDACE..... | 8 |
| B.4.3 | ČIŘENÍ VODY | 8 |
| B.4.4 | FILTRACE | 9 |
| B.4.5 | ADSORPCE | 9 |
| B.4.6 | MEMBRÁNOVÉ PROCESY | 9 |
| B.4.7 | DEZINFEKCE | 9 |
| B.4.8 | DALŠÍ MOŽNÉ ZPŮSOBY ÚPRAVY VODY | 10 |
| B.5 | POTŘEBA VODY | 11 |
| B.5.1 | VÝPOČET POTŘEBY VODY | 12 |
| B.6 | AKUMULACE VODY..... | 17 |
| B.6.1 | VODOJEMY | 17 |
| B.7 | DOPRAVA A ROZVOD VODY..... | 25 |
| B.7.1 | DĚLENÍ VODOVODŮ | 25 |
| B.7.2 | TVAR VODOVODNÍ SÍŤE | 25 |
| B.7.3 | TLAKOVÁ PÁSMATA..... | 26 |
| B.7.4 | TRUBNÍ MATERIÁLY ARMATURY A TVAROVKY VODOVODŮ..... | 27 |
| B.7.5 | ČERPADLA..... | 28 |
| B.7.6 | HYDRAULICKÉ VÝPOČTY VODOVODNÍCH POTRUBÍ | 31 |
| B.7.7 | POSTUP VÝPOČTU VODOVODNÍCH SÍŤÍ | 33 |
| C. | PRAKTICKÁ ČÁST | 35 |
| C.1 | POPIS ŘEŠENÉ OBLASTI..... | 36 |
| C.2 | NAPOJENÍ NA STÁVAJÍCÍ VODOVODNÍ SÍŤ..... | 39 |
| C.3 | TLAKOVÉ POMĚRY V NAVRHOVANÉM VODOVODU A RYCHLOSTI PROUDĚNÍ | 40 |
| C.4 | INVESTIČNÍ NÁKLADY | 44 |
| D. | ZÁVĚR..... | 45 |
| E. | BIBLIOGRAFIE | 46 |

A. ÚVOD

Tématem této diplomové práce je vodárenství a konkrétně projekt vodovodu. Voda je základní složkou života, a proto je vodárenství spojeno s lidmi odjakživa. Tento obor se vyvíjí společně s lidmi, a i v dnešní době je neustále prostor k jeho zlepšování a modernizaci. Ani v dnešní době nejsou stále ještě všichni obyvatelé České republiky připojeni na veřejné vodovodní sítě, a tak se neustále projektují a staví nové vodovody. Zároveň ale s postupujícím časem dochází ke stárnutí stávajících vodovodních sítí, s čímž souvisí možné poruchy, a i konec jejich životností. Proto je nutné stávající vodovodní sítě rekonstruovat.

Hlavní částí této diplomové práce je vytvoření projektu vodovodu v obci Krakovec, která se nachází ve Středočeském kraji v okrese Rakovník. Pod obec Krakovec spadá také ves Zhoř, která je od Krakovce vzdálená necelé 2 km. Obec Krakovec v současné době není napojena na veřejný vodovod a obyvatelé jsou zásobováni pouze vodou z místních zdrojů, kterými jsou obecní a soukromé studny.

Projekt je zpracováván v úrovni sloučené dokumentace pro územní rozhodnutí a stavební povolení (DUR + DSP). Projektová dokumentace se skládá z textové a výkresové části. Součástí práce byla také opakovaná návštěva Krakovce a účast na jednáních se zástupci obce a vlastníků a provozovatelů vodovodní sítě na Rakovnicku. Jednání sloužila zejména k tomu, aby se domluvilo umístění jednotlivých vodovodních řadů a jejich trasy z hlediska připojovaných současných i budoucích obyvatel obce, a také z hlediska pozemků a jejich majitelů. Dále bylo potřeba domluvit systém řešení rozdílných tlaků ve vodovodní síti a základní parametry vodovodu, jako například minimální profil potrubí.

V rámci diplomové práce byla kromě projektu vytvořena také teoretická a praktická část. Teoretická část pojednává o vodárenství. Popisuje jeho historii a základní informace o současné podobě vodárenství. Obsahuje informace o vodních zdrojích, úpravě vody, potřebě vody, akumulaci vody a dopravě a rozvodu vody. Součástí jednotlivých kapitol jsou i základní výpočty potřebné pro návrh vodovodu.

Praktická část je určena k bližšímu seznámení s obcí Krakovec a doplňuje některé informace z projektové části. Její součástí je podrobný popis řešené oblasti, řešení napojení na stávající vodovodní síť, informace o tlakových poměrech a rychlostech v projektovaném vodovodu a základní výpočet investičních nákladů.

Cíle práce:

- Vypracování **teoretické části**, ve které je zpracována obecná teorie vodárenství.
- Vypracování **praktické části**, která slouží jako doplnění nebo rozvedení vybraných informací z projektu.
- Vypracování **projektové dokumentace** vodovodu v Krakovci ve stupni DUR + DSP.

B. TEORETICKÁ ČÁST

B.1 HISTORIE VODÁRENSTVÍ

B.1.1 ČESKÉ ZEMĚ

Vodu potřebovali lidé odjakživa, a proto můžeme najít počátky vodárenství v Čechách ve velmi jednoduché podobě již od začátku prvního osídlování našeho území. Lidé využívali povrchovou i podzemní vodu. Povrchovou vodu zachytávali v jímkách a ze studen odebírali vodu podzemní. (1)

Lidé vodu běžně roznášeli nebo rozváželi. Na některá místa se takto ale nedalo dopravovat dostatečné množství vody. Proto byly od 12. století stavěny přivaděče, které vodu přivedly na potřebná místa. Od poloviny 14. století byly budovány první veřejné vodovody. Velký rozkvět vodárenství v Čechách nastal v období renesance na přelomu 16. a 17. století. Vznikaly vodojemy ve formě vodních věží nebo nadzemních nádrží a voda tak byla rozváděna i do míst, kam by nemohla dotéci samospádem. Voda byla rozváděna do odběrných míst, které byly často kašny umístěné na veřejných nebo soukromých pozemcích. Další období rozmachu vodárenství nastalo na konci 19. století a pokračovalo až do konce 20. století. (1)

Vodárenství se neustále rozvíjí i v současnosti. Stále ještě nemají všechny obce veřejný vodovod. Dle dat Ministerstva zemědělství z roku 2019 bylo v České republice zásobováno 10,09 milionů obyvatel z vodovodu. Stále tak nebylo připojeno asi 5,4 % obyvatel. (2)

„Nejvyšší podíl obyvatel zásobených pitnou vodou z vodovodů byl v roce 2019 v Karlovarském kraji (100 %), v hlavním městě Praze (100 %) a v Moravskoslezském kraji (99,9 %), nejnižší podíl obyvatel zásobených pitnou vodou byl v kraji Plzeňském (85,9 %) a Středočeském (86,5 %).“ (2)

B.1.2 PRAHA

Vzhledem k tomu, že je vodárenství obor, který je úzce spjat s městským inženýrstvím a urbanismem, je vhodné, ukázat jeho historii na konkrétním příkladu města.

Od 12. století vznikaly v Praze přivaděče, které sloužily k dopravě vody na místa, kde jí nebyl dostatek. Voda z nich byla určena pouze pro soukromé objekty církevní nebo panovnické. Přivaděče byly ve formě otevřených koryt nebo vodovodů z různých materiálů (např. dřevo, pálená hlína, olovo, kámen). Prvním objektem, který sloužil veřejnosti byl Novoměstský vodovod, postavený v polovině 14. století. (3)

Jedním z nejstarších přivaděčů v Praze byl pravděpodobně vodovod na Vyšehrad. Ten byl nejprve ve formě otevřeného koryta a přiváděl vodu ze studánky na Jezerce nad vesnicí Michle. (3)

V období renesance vznikaly první vodárny. Postupně byly v Praze mezi 15. a 16. stoletím založeny čtyři, Staroměstská, Petřilíkovská, Šítkovská a Novomlýnská. Vzniklý vodárenský systém sloužil s drobnými úpravami téměř až do konce 19. století. (3)



Obrázek 1 - Petržilkovská vodárna v roce 1870 (3)

V 19. století nastalo období vodárenské krize. Systém byl zastaralý a dřevěné potrubí chátralo. Také kvalita vody ve Vltavě se výrazně zhoršila. Proto bylo dřevěné potrubí postupně nahrazováno olověným a byla postavena parní Žofínská vodárna. Nejdůležitější změnou byla stavba vodárny v Podolí a s ní spojená stavba nového distribučního systému. Poté vznikaly další menší vodárny, například vodárna Karlínská nebo Smíchovská. V roce 1906 byla započata stavba vodárny v Káraném a dokončena byla v roce 1913. První pitná voda z Káraného byla do Prahy dopravena 1. 1. 1914. (3)

Ve 20. století byly postupně rušeny lokální zdroje vody a vznikaly nové čerpací stanice a vodojemy, potřebné pro vznik nové vodovodní sítě a rekonstrukci té staré. Také byla navyšována kapacita vodárny v Káraném. Nová vodárna v Podolí byla dostavena v roce 1929 a byla navržena na filtraci Vltavské vody. Praha ale neustále rostla a s ní i potřeba vody. V padesátých letech byla provedena rekonstrukce Podolské vodárny. Byly postaveny čičiče, nové čerpací stanice a další objekty. Rekonstrukce navýšila výkon vodárny na 2 200 l/s. V roce 1968 byla v Káraném dokončena stavba objektů umělé infiltrace. (3)

V roce 1972 byla zprovozněna vodárna Želivka, která odebírá vodu z nádrže Švihov a je největší vodárnou v České republice. Při jejím uvedení do provozu měla výkon 3 000 l/s, který byl v roce 1987 rozšířen na 7 000 l/s. (3)

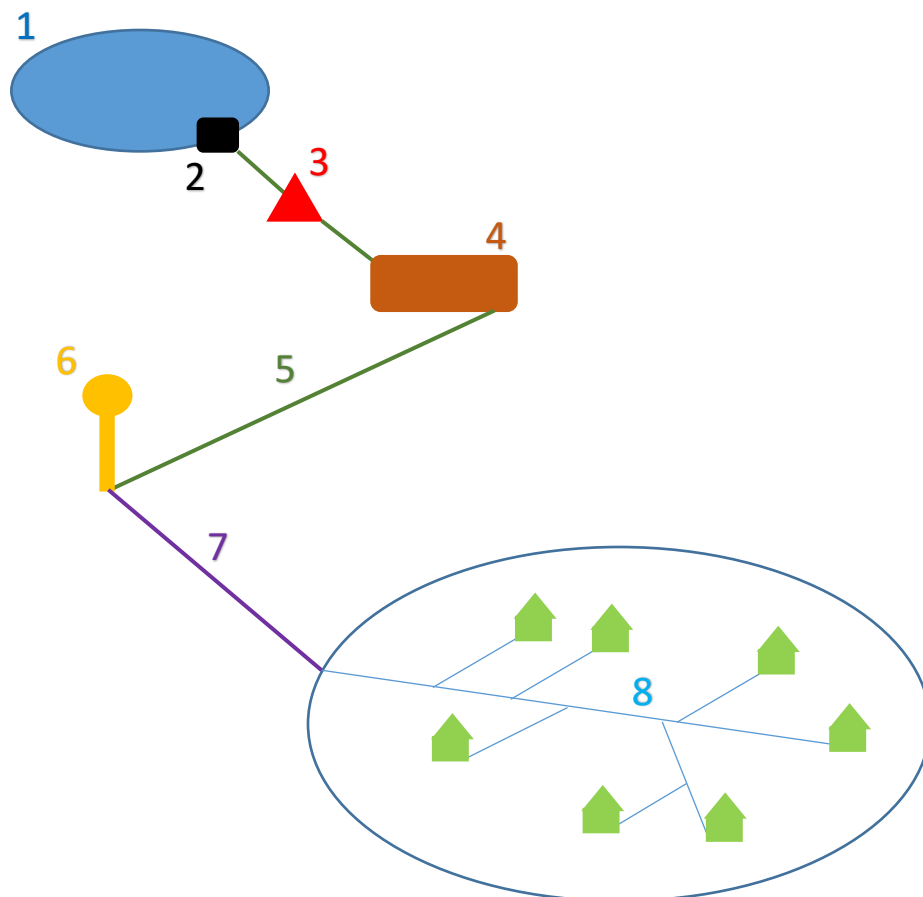
„Základní technologií úpravy vody je přímá filtrace, zahrnující destabilizaci, agregaci a jednostupňovou separaci na pískových otevřených rychlofiltrech.“ (3)

B.2 VODÁRENSKÁ SOUSTAVA

Vodárenská soustava je systém, který jako celek slouží k zásobování obyvatel pitnou vodou. Skládá se z různých objektů, které jsou podrobněji popsány v následujících kapitolách.

Vodárenské objekty:

- Vodní zdroj 1
- Jímací objekt 2
- Čerpací stanice – pouze na výtlačných vodovodech 3
- Úpravna vody 4
- Příváděcí řad – vodovodní řad od zdroje vody do vodojemu 5
- Vodojem 6
- Zásobní řad – vodovodní řad od vodojemu ke spotřebišti 7
- Rozvodná vodovodní síť – vodovodní síť ve spotřebišti 8 (4)



B.3 VODNÍ ZDROJE

Zdroje pitné vody mohou být buď podzemní, nebo povrchové. Výhoda povrchových zdrojů je možnost odběru většího množství za kratší čas. Výhoda podzemních zdrojů je vyšší kvalita vody. (5)

B.3.1 PODZEMNÍ VODY

Podzemní vody můžeme rozdělit na vody statické, které jsou dány stálou zásobou podzemní vody na určitém místě a vody dynamické, které jsou dány podzemním odtokem. (5)

Podzemní voda má několik forem. Využitelná voda pro vodárenství je voda gravitační. Další formy jsou voda v plynné fázi, kapilární voda a voda vázaná, která je držena silami většími než gravitační síla. (5)

Gravitační voda se pohybuje v netěsnostech hornin, které jsou propustné. Propustnost dělíme podle tvaru netěsností na průlinovou, puklinovou a krasovou. Propustnost můžeme vyjádřit pomocí součinitele propustnosti K_p . Hladina podzemní vody může být buď volná, nebo napjatá. Napjatá hladina může tvořit artéské studny v případě, že po jejím navrtání vystoupí voda nad povrch. (5)

Jímání podzemní vody se provádí pomocí jímacích objektů. Ty mohou být plošné, vertikální nebo horizontální. Plošné jímací objekty se v současné době příliš nepoužívají, protože je preferováno čerpat vodu z hlubších vrtů. Nejrozšířenější typ jsou vertikální objekty ve formě hydrogeologických vrtů. V případě, kdy jímání vertikálními objekty není dostatečné, doplňují se vertikální objekty horizontálními. Ty mohou být ve formě zářezů štol nebo vodorovných vrtů. (5)

Podzemní voda nemusí být pouze z přírodních zdrojů. Způsob, jak čistit povrchovou vodu, je umělá infiltrace. Povrchová voda se čerpá do nádrží s propustným dnem, ze kterých infiltruje do podzemních vrstev, ze kterých je voda opět čerpána v lepší kvalitě. (5)

B.3.2 POVRCHOVÉ VODY

Povrchové vody můžeme rozdělit na stojaté nebo tekoucí. Stojaté povrchové vody jsou v nádržích přírodních nebo uměle vytvořených. Tekoucí vody jsou ve vodotečích, na kterých musí být často kvůli odběrům budovány vzdouvací objekty ve formě jezů. (5)

Na kvalitu povrchové vody má zásadní vliv hloubka. U mělkých nádrží dochází k promíchávání všech vrstev působením větru, takže kvalita je v celé nádrži stejná a nepříliš vysoká. U hlubokých nádrží k promíchávání všech vrstev nedochází, takže kvalita vody se s hloubkou mění, což umožňuje odebírat pouze vodu s vyšší kvalitou. Vliv na kvalitu vody má také teplota. Čím nižší teplota vody je, tím je její kvalita vyšší. Proto je vhodné budovat vodárenské nádrže ve větších nadmořských výškách. (5)

Z nádrží je voda odebírána nejčastěji pomocí věžových objektů. Ty umožňují odebírat vodu z různých hloubek. Tekoucí vody mohou být odebírány pomocí jíma del v řečišti nebo pomocí jíma del břehových. U toků bystrinného charakteru mohou být také použita jíma dla ve dně koryta. (5)

B.4 ÚPRAVA VODY

Cílem úpravy vody je, aby voda měla dostatečnou kvalitu pro plnění svého účelu, ať už se jedná o vodu pitnou pro obyvatelstvo nebo například technologickou vodu pro průmysl. Zdroje vody mají různé kvality a složení. Proto je nutné ke každému zdroji vody přistupovat individuálně a navrhnout úpravu vody podle místních podmínek. (6)

B.4.1 PŘEDČIŠTĚNÍ SUROVÉ VODY

Voda musí být nejprve zbavena hrubých nečistot, které by mohly poškodit některé části úpravny. K tomu se používá nástrojů:

- Hrubé česle
- Jemné česle
- Síta (6)

B.4.2 PREOXIDACE

Preoxidace je proces, který se spouští přidáním oxidačního činidla do vody. To může být provedeno buď fyzikálně-chemicky, nebo chemicky. Preoxidace se provádí při nízkém obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě. Zlepšuje chuť vody nebo se používá jako prevence koroze ocelového potrubí. (6)

Druhy preoxidace:

- Preoxidace chlórem
- Preoxidace oxidem chloričitým
- Preoxidace ozonem
- Preoxidace manganistanem draselným (6)

B.4.3 ČIŘENÍ VODY

Čiření zahrnuje procesy, kterými se z vody odstraňují částice koloidně dispergovaných látek původu organického i anorganického. Hlavním procesem je koagulace. Při té se shlukují koloidní částice do větších agregátů. Ty je možné z vody odstranit filtrací nebo usazováním. Koagulace se vyvolává pomocí sloučenin zvaných koagulanty. Jsou to nejčastěji soli hliníku a železa. Další možnosti spuštění koagulace jsou zvýšení teploty, UV záření nebo ultrazvuk. (6)

B.4.4 FILTRACE

Filtrací odstraňujeme z vody předměty určité velikost. Filtraci dělíme na pomalou a rychlou. (6)

Pomalá filtrace

Pomocí pomalé filtrace je možné z vody odstranit až 50 % virů a bakterií. V průběhu filtrace dochází také k rozkladu organických látek mikroorganismy. Filtry jsou tvořeny odspodu štěrkem, nad kterým je vrstva písku. Filtrace trvá řádově několik týdnů. (6)

Rychlofiltrace

Rychlofiltrace má cyklický průběh, při kterém se střídá filtrační a prací fáze. Filtrační náplně se pere buď vodou, nebo vzduchem a vodou. Pro rychlofiltraci mohou být používány i tlakové filtry. (6)

B.4.5 ADSORPCE

Adsorpcí můžeme zachytávat plyny, páry a rozpuštěné látky na povrchu pevných látek. Jako adsorbent se nejčastěji používá aktivní uhlí. (6)

B.4.6 MEMBRÁNOVÉ PROCESY

Pomocí membránových procesů se z vody odstraňují částice určitých velikostí nebo určitého elektrického náboje. (6)

Membránové procesy:

- Mikrofiltrace
- Ultrafiltrace
- Nanofiltrace
- Reverzní osmóza (6)

B.4.7 DEZINFEKCE

Pomocí dezinfekce odstraňujeme z vody bakterie a viry. Dezinfekci dělíme na primární, která je součástí úpravy vody a na sekundární, která probíhá v distribuční síti. Dezinfekci můžeme provádět pomocí chemických nebo fyzikálních procesů. (6)

Druhy dezinfekce:

- Dezinfekce ozonem
- Dezinfekce chlorem
- Dezinfekce chlornanem sodným
- Dezinfekce monochloraminem
- Dezinfekce oxidem chloričitým
- Dezinfekce stříbrem a jeho solemi
- Dezinfekce UV zářením (6)

B.4.8 DALŠÍ MOŽNÉ ZPŮSOBY ÚPRAVY VODY

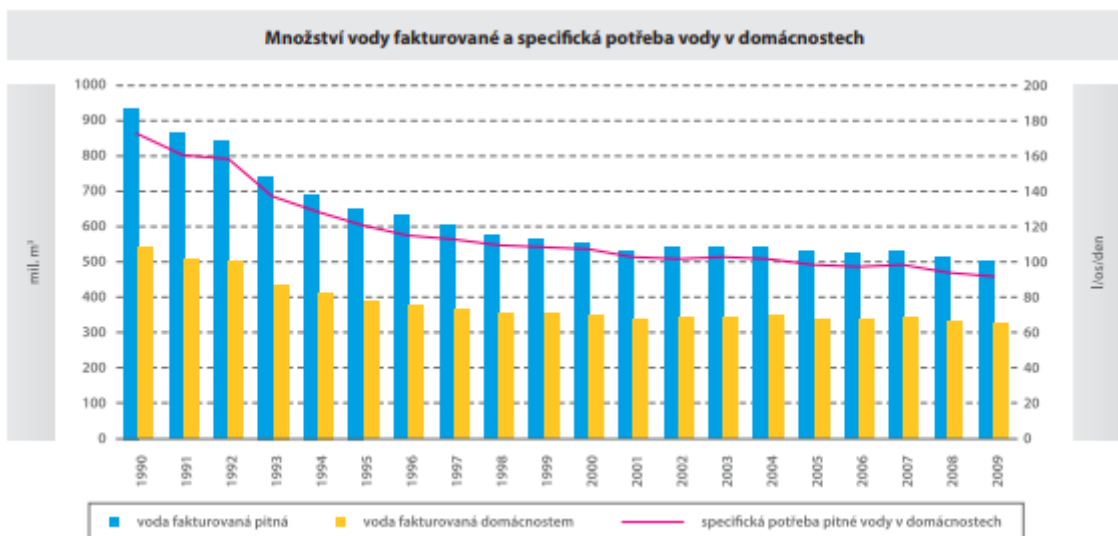
- Odkyselování – odstraňování oxidu uhličitého
- Odželezování
- Odmanganování
- Odstraňování vápníku
- Odstraňování hořčíku
- Stabilizace vody – stabilizují se vody s nízkým obsahem vápníku a hořčíku (6)

B.5 POTŘEBA VODY

„Průměrná denní potřeba vody Q (m^3/d) je specifická potřeba vody v l nebo m^3 vztahovaná na jednoho obyvatele za den.“ (6)

Výpočet potřeby vody je základní údaj, který potřebujeme znát pro návrh vodárenského systému, ať už se jedná o návrh vodních zdrojů, úpraven vody, vodojemů nebo vodovodních sítí. Od minulého století spotřeba vody výrazně poklesla. (6)

V roce 2019 bylo dle dat Ministerstva zemědělství specifické množství vody v České republice celkem 133,8 l/os/den a množství vody fakturované domácnostem 90,6 l/os/den. (2)



Graf 1 - Množství vody fakturované a specifická potřeba vody v domácnostech (7)

Potřebu vody dělíme na několik druhů:

Domácnosti

Voda spotřebovávaná na umývání, pití, vaření, toaletu, úklid, praní, zalévání, bazény a další. (6)

Vybavenost obce

Voda, která se používá pro veřejné zařízení obce, jako jsou školy, zdravotní zařízení, kulturní zařízení a další. A také voda, která se používá pro údržbu veřejných prostor jako je například zalévání veřejné zeleně, čištění komunikací a podobné. (5)

Průmysl

Voda, která slouží pro provoz průmysl a pro zaměstnance průmyslových závodů. (5)

Zemědělství

Voda pro rostlinnou a živočišnou výrobu, zahradnictví a podobné. (6)

Voda pro požární účely

Voda, která se používá pro hašení požárů. (5)

Ztráty

Ztráty vody dělíme na:

- Plýtvání spotřebiteli a úniky ze zařizovacích předmětů
- Úniky vody ve zdroji, akumulaci a v distribuční síti
- Ztráty způsobené chybou měřících přístrojů (6)

Dle dat Ministerstva zemědělství z roku 2019 dosáhly ztráty pitné vody v České republice 86,3 milionů m³, to bylo 14,5 % z vody určené k realizaci. (2)

Pro výpočet potřeby vody je zejména nutné znát počet napojovaných obyvatel a specifickou potřebu vody. Obě tyto veličiny se v čase mohou měnit, a proto je důležité zejména sledovat faktory jako vývoj počtu obyvatel a jejich věkové složení a migraci obyvatel a také meteorologické a klimatické podmínky, vybavenost bytů a obcí a alternativní vodní zdroje. (6)

Životnost technologických zařízení je přibližně 30 let, a proto je nutné určit potřebu vody minimálně na tento časový horizont. Některé objekty, jako například vodárenské nádrže, vodojemy, přiváděcí řady a další, mají životnost delší. (6)

Vztahy mezi potřebou, spotřebou a odběrem vody dle ČSN 75 0150 – Vodní hospodářství – Názvosloví vodárenství

„Potřeba vody je množství vody udávané za časovou jednotku, potřebné ve zdroji pro zajištění dodávky vody pro odběratele.

Spotřeba vody je množství vody skutečně odebrané z vodovodního zařízení za určité časové období.

Vyrobená voda je plánovací název pro vodu předanou ze zdroje nebo z úpravny vody jak pro vlastní spotřebu, tak i k její dopravě, akumulaci a rozvodu.

Ztráta vody ve vodovodu je množství vody, které uniká při provozu vodovodních zařízení, při jejich obsluze a údržbě, při poruchách a opravách a které nemůže být použito k určenému účelu.“ (8)

B.5.1 VÝPOČET POTŘEBY VODY

V současné době neexistuje v České republice závazná směrnice pro výpočet potřeby vody. K tomu to účelu se stále používá dnes již neplatná směrnice č. 9/1973 Směrnice pro výpočet potřeby vody při navrhování vodovodních a kanalizačních zařízení a posuzování vydatnosti vodních zdrojů. (9)

Od 6.5.2011 platí Vyhláška č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství 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), ve znění pozdějších předpisů. V této vyhlášce je reflektováno výrazné snížení potřeby vody.

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

B.5.1.1 Potřeba vody pro obyvatelstvo

Potřeba vody pro bytový fond:

Potřeba vody pro bytový fond je závislá na dostupnosti teplé a studené vody.

| | | |
|----|--|-------------------|
| 1. | na jednoho obyvatele bytu s tekoucí studenou vodou mimo byt za rok | 15 m ³ |
| 2. | na jednoho obyvatele bytu bez tekoucí teplé vody (teplé vody na kohoutku) za rok | 25 m ³ |
| 3. | na jednoho obyvatele bytu s tekoucí teplou vodou (teplá voda na kohoutku) za rok | 35 m ³ |

Tabulka 1 - Roční potřeba vody pro obyvatele bytů (10)

Hodnota uvedená v položce č. 3 je součtem spotřeby studené a teplé vody. (10)

„Teplou vodou na kohoutku je teplá voda vytékající z výtoku ovládaného uzávěrem přímo do dřezu, umyvadla, vany, sprchy apod. Není rozhodující, zda je voda ohřívána elektrickým zásobníkem, průtokovým ohřevem, plynovým kotlem pro byt nebo dům, nebo je připravována centrálně pro celou obec nebo město; tedy ze zdroje mimo fakturační vodoměr studené vody v domě. V případech dodávky teplé vody ze zdroje mimo fakturační vodoměr studené vody se při výpočtu použijí hodnoty podle bytu bez tekoucí teplé vody.“ (10)

Rodinné domy

„Na jednoho obyvatele bytu v rodinném domu s (max. 3 byty - 3 rodiny) se připočítává 1 m³ na spotřebu spojenou s očištěním okolí rodinného domu i s očištěním osob při aktivitách v zahradě apod. Kropení zahrady a provoz bazénů je samostatnou položkou a nespadá pod bytový fond.“ (10)

Rekreační chaty (chalupy)

„Na jednoho obyvatele rekreační chaty (chalupy) se spotřeba vypočte jako u položek č. 1, 2 a 3 s přihlédnutím k době, po kterou je chata během roku využívána. Tento výpočet se v případě, že odběr pitné vody není měřen vodoměrem, uvede do smlouvy podle § 8 odst. 6 zákona.“ (10)

Potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost:

Potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost dle směrnice č. 9/1973.

| Velikost obce | l/osoba*den |
|---------------------------|-------------|
| Do 1 000 obyvatel | 20 |
| 1 000 – 5 000 obyvatel | 30 |
| 5 000 – 20 000 obyvatel | 70 |
| 20 000 – 100 000 obyvatel | 125 |

Tabulka 2 - Specifická potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost dle směrnice č. 9/1973 (9)

Výpočet dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.

Potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost se počítá pro konkrétní objekty v dané obci. Vyhláška rozděluje objekty do několika kategorií, pro které udává hodnoty roční potřeby vody.

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

Kategorie dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.:

- Veřejné budovy, školy
- Hotely, ubytovny, internáty
- Zdravotnická a sociální zařízení
- Kulturní a osvětové podniky, sportovní zařízení
- Restaurace, vinárny
- Provozovny
- Prodejny
- Hospodářská zvířata a drůbež
- Zahrady
- Mytí automobilů (11)

B.5.1.2 Potřeba vody pro zemědělskou živočišnou výrobu

V zemědělství dělíme potřebu vody na:

- Potřebu vody pro zemědělskou živočišnou výrobu
- Potřebu vody pro pracovníky v zemědělství
- Potřebu vody pro doplňkovou závlahu (5)

Vyhláška č. 428/2001 Sb. udává specifickou potřebu vody na 1 nebo 100 kusů zvířat. Tuto hodnotu vynásobíme počtem zvířat.

V případě velkochovů je nutné posuzovat potřebu vody individuálně. (9)

B.5.1.3 Potřeba požární vody

Zásady pro zásobování požární vodou určuje norma ČSN 73 0873.

Zásady pro zdroje požární vody určuje norma ČSN 75 2411.

„Pro zásobování požární vodou se musí zabezpečit zdroje požární vody, které jsou schopny trvale zajišťovat požární vodu v předepsaném množství po dobu alespoň 30 minut.“ (12)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

| Číslo položky | Druh objektu a jeho mezní plocha požárního úseku S v m^2 | Potrubí DN v mm | Odběr Q ($l \cdot s^{-1}$) pro $v = 0,8 \text{ m} \cdot s^{-1}$ (doporučená rychlost) | Odběr Q ($l \cdot s^{-1}$) pro $v = 1,5 \text{ m} \cdot s^{-1}$ (s požárním čerpadlem) ³⁾ | Obsah nádrže požární vody v m^3 |
|---------------|--|-----------------|---|--|-----------------------------------|
| 1 | Rodinné domy do zastavěné plochy $S \leq 200$ a nevýrobní objekty (kromě skladů) do plochy $S^{1)} \leq 120$ | 80 | 4 | 7,5 | 14 |
| 2 | Nevýrobní objekty o ploše $120 < S^{1)} \leq 1\ 000$; výrobní objekty a sklady do plochy $S^{1)} \leq 500$; čerpací stanice kapalných a zkapalněných plyných pohonných hmot | 100 | 6 | 12 | 22 |
| 3 | Nevýrobní objekty o ploše $1\ 000 < S^{1)} \leq 2\ 000$; Výrobní objekty a sklady o ploše $500 < S^{1)} \leq 1\ 500$; otevřená technologická zařízení do plochy $S^{1)} \leq 1\ 500$ | 125 | 9,5 | 18 | 35 |
| 4 | Nevýrobní objekty o ploše $S^{1)} > 2\ 000$; Výrobní objekty, sklady a otevřená technologická zařízení o ploše $S^{1)} > 1\ 500$ | 150 | 14 | 25 | 45 |
| 5 | Objekty s vysokým požárním zatížením ²⁾ ($p > 120 \text{ kg} \cdot m^{-2}$) a současně s plochou $S^{1)} > 2\ 500$ | 200 | 25 | 40 | 72 |

¹⁾ Plocha S v m^2 představuje plochu požárního úseku (u vícepodlažních úseků je dána součtem ploch užitných podlaží).

²⁾ U položek 1 až 4 se nemusí k požárnímu zatížení přihlížet.

³⁾ U hasebnímu zásahu lze připojením mobilní techniky na hydrant překročit doporučenou rychlost proudění vody v potrubí ($v = 0,8 \text{ m} \cdot s^{-1}$) až na hodnotu $v = 2,5 \text{ m} \cdot s^{-1}$, aby se zabránilo „kavitačnímu“ režimu při provozu požárního čerpadla vlivem zvýšených hydraulických ztrát byla pro účely této normy navržena nižší hodnota rychlosti, a to $v = 1,5 \text{ m} \cdot s^{-1}$.

Tabulka 3 - Hodnoty nejmenší dimenze potrubí, odběru vody a obsahu nádrže (12)

B.5.1.4 Potřeba vody pro průmysl

Průmyslové závody je nutné posuzovat individuálně. Rozlišujeme potřebu technologické vody a potřebu vody pro pracovníky. Kvalita technologické vody obvykle nemá takové nároky, jako kvalita vody pro pracovníky. (5)

Výpočet potřeby vody pro pracovníky dle směrnice č. 9/1973:

- Specifická potřeba vody pro přímou potřebu na osobu za směnu
 - Pití 5 l
 - Závodní kuchyně 25 l
 - Celkem 30 l (5)
- Specifická potřeba vody pro mytí, sprchování a podobné na osobu za směnu
 - Závody s horkými a špinavými provozy 220 l
 - Závody se špinavými a prašnými provozy nebo horkými a čistými provozy 120 l
 - Závody pouze s čistými provozy 50 l (5)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

B.5.1.5 Nerovnoměrnost potřeby vody

V průběhu času se potřeba vody mění. Dle směrnice č. 9/1973 počítám se dvěma nerovnoměrnostmi. (5)

Denní nerovnoměrnost je dána různými potřebami vody v jednotlivých dnech roku. Je závislá na klimatických podmínkách, velikosti zásobované oblasti a místních podmínkách. (5)

Maximální denní potřebu vody vypočteme ze vzorce:

$$Q_m = Q_p * k_d \quad [l/s] \quad 1$$

Q_m – maximální denní potřeba vody [l/s]

Q_p – průměrná denní potřeba vody [l/s]

k_d – koeficient denní nerovnoměrnosti [-] (5)

| Velikost obce | Součinitel denní nerovnoměrnosti k_d |
|-----------------------|--|
| Do 1000 obyvatel | 1,5 |
| 1000-5000 obyvatel | 1,4 |
| 5000-20000 obyvatel | 1,35 |
| 20000-100000 obyvatel | 1,25 |
| nad 100000 obyvatel | 1,15 |

Tabulka 4 - Součinitel denní nerovnoměrnosti dle směrnice č. 9/1973 (9)

Maximální denní potřebu potřebujeme znát pro návrh zařízení pro odběr vody, úpravy vody, přiváděcího řadu a vodojemu. (6)

Hodinová nerovnoměrnost je dána různými potřebami vody v jednotlivých hodinách daného dne. Je závislá na způsobu života v dané oblasti (rozdělení pracovní doby, typ práce a další). (5)

Maximální hodinovou potřebu vody vypočteme ze vzorce:

$$Q_h = Q_m * k_h \quad [l/s] \quad 2$$

Q_h – maximální hodinová potřeba vody [l/s]

Q_m – maximální denní potřeba vody [l/s]

k_h – koeficient hodinové nerovnoměrnosti [-] (9)

Koeficient hodinové nerovnoměrnosti k_h volíme 1,8. U oblastí se sídlištním charakterem je doporučovaná hodnota 2,1. (6)

Maximální hodinovou potřebu vody potřebujeme znát pro návrh vodovodní sítě.

B.6 AKUMULACE VODY

Akumulace vody je nedílnou součástí vodárenského systému. Akumulaci můžeme rozdělit na krátkodobou a dlouhodobou, podle jejího účelu. (5)

Dlouhodobá akumulace slouží k tomu, aby byla zajištěna spolehlivá dodávka vody po celý rok. K zajištění tohoto účelu jsou budovány různé objekty. K akumulaci povrchové vody slouží vodárenské nádrže nebo rybníky. Podzemní voda může být akumulována ve vhodných vodonosných vrstvách, do kterých se dostává buď z přírodních zdrojů, nebo je voda čerpána uměle. V obou případech je využívána infiltrace, která zajišťuje kvalitu podzemní vody. (5)

Krátkodobá akumulace je nejčastěji zajištěna pomocí zásobních vodojemů. Zásobní vodojem slouží k vyrovnávání nerovnoměrností mezi přítokem a odtokem, které jsou způsobeny tím, že odběr vody z vodovodní sítě neprobíhá ve stejný čas, jako dopravování vody do vodojemu. Vodojem dále slouží k zajištění zásoby vody v případě poruchy v části vodovodní sítě před vodojemem. Zajišťují zásobu vody pro hašení požárů. A také slouží ke stabilizaci tlakových poměrů ve vodovodní síti. (5)

Vodojem plní i funkci kontaktní. To znamená, že doba zdržení vody ve vodojemu bude dostatečně dlouhá na to, aby voda reagovala s chemikálií (například chlor). Je tak zajištěno hygienické zabezpečení vody. (6)

Další místa akumulace vody ve vodárenské soustavě jsou šachtové studny a jímky čerpacích stanic, kde je nutné udržovat dostatečné množství vody, aby byl zajištěn bezporuchový provoz čerpadel. (5)

B.6.1 VODOJEMY

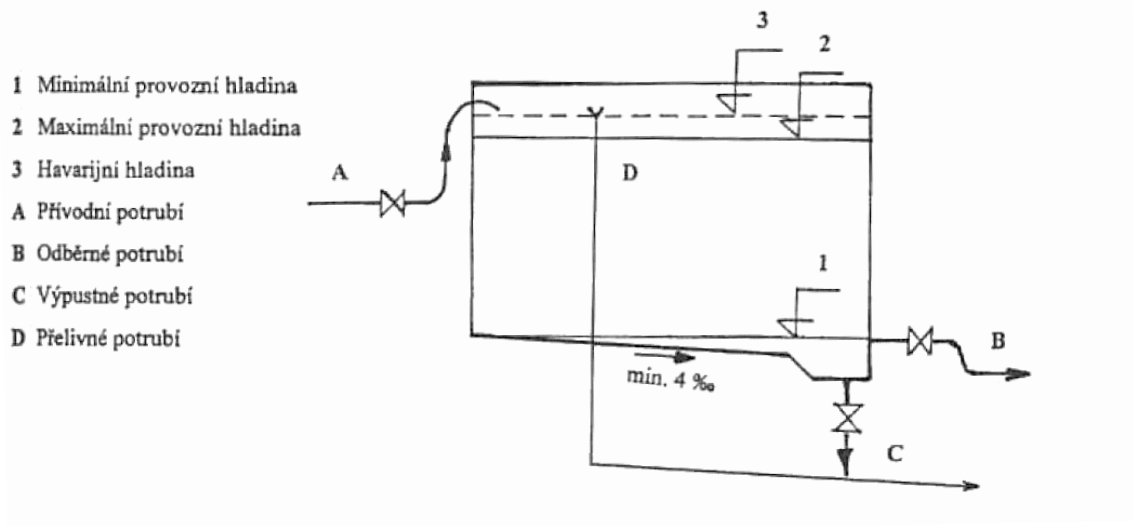
Rozlišujeme dva typy vodojemů, vodojem zemní a věžové. (6)

Vodojem musí být vodotěsný a musí být provedena zkouška vodotěsnosti dle normy ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží.

Vodojem musí být dostatečně tepelně izolovaný, tak aby nedocházelo v zimě k zamrznání a v létě k ohřívání vody. (5)

Povrchy vnitřních stěn vodojemů musí být hladké, aby bylo možné vodojem čistit. (5)

Umístění vodovodu je v ideálním případě v těžišti vodovodní sítě. To však většinou není realizovatelné a volí se poloha co nejbližší ke spotřebišti. (6)



Obrázek 2 - Zemní vodojem (6)

B.6.1.1 Zemní vodojemy

Zemní vodojemy mají dno pod úrovní, nebo v úrovni terénu. Jsou levnější než věžové vodojemy a v případě jejich umístění pod terénem využívají izolační schopnosti zeminy. (5)

Zemní vodojemy se skládají z vodní nádrže a z armaturní komory. Vždy se navrhují nejméně dvě nádrže. V armaturní komoře se nacházejí ovládací prvky vodojemu. (5)

Přívodní potrubí do vodojemu musí být opatřeno uzávěry tak, aby bylo možné napouštět zvlášť jednotlivé nádrže vodojemu. Stejně tak odběrné potrubí musí být navrženo tak, aby umožňovalo odběr z jednotlivých nádrží a umístěno tak, aby bylo možné odebrat celý objem vody. Každá nádrž musí mít svojí samostatnou výpust, aby bylo možné nádrže úplně vypustit a vyčistit. Každá nádrž musí mít přeliv takové kapacity, aby odvedl maximální možný přítok do vodojemu. Nejvyšší hladina při přepadu přes přeliv nesmí dosáhnout stropu vodojemu. (5)

Pozemek vodojemu musí být chráněn oplocením a musí být upraven tak, aby byla dostatečně rychle odvedena srážková voda. (5)

Konstrukce vodojemu musí odolávat negativním vlivům podzemní a povrchové vody. (5)



Obrázek 3 - Zemní vodojem na Šibeničním vrchu (13)

B.6.1.2 Věžové vodojemy

Věžové vodojemy mají dno umístěné nad úrovní terénu. Oproti zemním vodojemům mají výhodu, že mohou zajistit dostatečný tlak ve vodovodní síti v místech, kde toho není možné dosáhnout pomocí různých nadmořských výšek terénu. (5)

Objem věžových vodojemů se navrhuje co nejmenší. Není povinnost navrhovat věžové vodojemy s akumulací požární vody, ani poruchové vody. Navrhují se vždy jednokomorové věžové vodojemy. (6)

Věžový vodojem má stejně jako vodojem zemní přívodní potrubí, odběrné potrubí, výpusť a přeliv. Nároky na tyto objekty jsou stejné jako u zemního vodojemu s jediným rozdílem, že u věžových vodojemů je pouze jedna nádrž.



Obrázek 4 - Věžový vodojem v Ohrazenicích (14)

B.6.1.3 Tlaková funkce vodojemu

Při gravitační dopravě vody určuje umístění vodojemu maximální a minimální tlak ve vodovodní síti. Ideální je, když jeden vodojem zásobuje oblast s výškovým rozdílem maximálně přibližně 35 m (výjimečně 45 m viz výpočet). (6)

Výpočet výškového rozdílu:

$$h = H_{max} - H_{min} - \Delta h - \Delta p \quad [m] \quad 3$$

h – výškový rozdíl [m]

H_{max} – maximální tlak vodovodní sítě (0,6 MPa = 60 m v. sl., ve výjimečných případech 0,7 MPa = 70 m v. sl.) [m v. sl.]

H_{min} – minimální tlak vodovodní sítě (0,15 MPa = 15 m v. sl. pro objekty do dvou nadzemních podlaží, 0,25 MPa = 25 m v. sl. pro objekty s více než dvěma nadzemními podlažími) [m v. sl.]

Δh – kolísání hladiny ve vodojemu (cca 5 m) [m]

Δp – tlakové ztráty na trase z vodojemu do spotřebiště [m v. sl.] (6)

V případě, že uvažujeme tlakové ztráty na trase 5 m v. sl. a minimální tlak vodovodní sítě 15 m v. sl. nám vyjde výškový rozdíl 35 m pro maximální tlak vodovodní sítě 60 m v. sl. a 45 m pro maximální tlak vodovodní sítě 70 m v. sl. (6)

Je-li navrhováno pro jedno tlakové pásmo více vodojemů, jsou vodojemy navrhovány se stejnou maximální provozní hladinou. (6)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

B.6.1.4 Výpočet objemu vodojemu

Celkový objem vodojemu je složen ze dvou částí. (5)

Využitelný objem je část, kterou můžeme použít. Skládá se z provozní, požární a poruchové zásoby vody. (5)

Nevyužitelný objem je část, kterou nemůžeme použít k žádným účelům. Je dán konstrukcí vodojemu. (5)

Výpočet využitelného objemu:

Využitelný objem získáme součtem tří částí.

1. **Provozní zásoba** – Vyrovňuje rozdíly mezi odběrem vody z vodojemu a přítokem do vodojemu v průběhu dne.
2. **Požární zásoba** – Dostatečná zásoba vody pro hašení požárů.
3. **Poruchová zásoba** – Dostatečná zásoba vody pro případy, kdy dojde k poruše na vodovodní síti před vodojemem. (5)

Provozní zásoba:

Pro výpočet provozní zásoby potřebujeme znát přítok vody do vodojemu a odběr vody z vodojemu a jejich rozložení v čase v jednom dni. (5)

Přítok do vodojemu:

- Gravitační – Rovnoměrný přítok do vodojemu po celých 24 hodin.
- Čerpání – Přítok probíhá mimo energetické špičky cca 17 hodin denně. (6)

Odběr vody z vodojemu je závislý na typu odběratelů a typu spotřebiště.

Průběh potřeby vody pro obytné pásmo obce rozdělíme podle tabulky 5.:

| Průběh potřeby vody v procentech celodenní potřeby | | | | | |
|--|------------------|-----|--------|------------------|-----|
| 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 |

Tabulka 5 - Denní průběh potřeby vody dle směrnice č. 9/1973 (5)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

Průběh potřeby vody pro zemědělství stanovíme individuálně pro jednotlivé objekty. V případě, není-li to možné, použijeme rozdělení z tabulky 5. (5)

Průběh potřeby pro průmysl stanovíme individuálně pro jednotlivé závody. V případě, není-li to možné, můžeme určit průběh odběru pro pracovníky dle směrnice č. 9/1973. (5)

- 1. až 7. hodina směny $1/16$ směnové potřeby vody na hodinu
- 8. hodina směny $1/16 + 1/2 = 9/16$ směnové potřeby vody (5)

Na základě stanoveného průběhu přítoku do vodojemu a odběru z vodojemu můžeme vypočítat objem provozní zásoby. Buď pomocí numerického, nebo grafického výpočtu. (5)

Numerický výpočet objemu provozní zásoby:

- Vypočteme rozdíly mezi přítokem a odtokem. Výsledky mohou být kladné i záporné.
- Z výsledků uděláme součtovou čáru.
- Sečteme absolutní hodnoty minimální záporné hodnoty a maximální kladné hodnoty součtové čáry.

(5)

Výpočet můžeme provádět v procentuálních hodnotách Q_m (celkové maximální denní potřeby vody). (5)

Ukázka výpočtu (přítok po dobu 17 h a odběr pro obytné pásmo obce):

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

| Období | Množství vody | | | | | | | |
|--------|-----------------------------------|-------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | Obytné pásmo se součinitelem 1,8 | | | | Obytné pásmo se součinitelem 2,1 | | | |
| | přítok | odběr | + pře- bytok — nedo- statok | součtová čára <i>P a N</i> | přítok | odběr | + pře- bytok — nedo- statok | součtová čára <i>P a N</i> |
| (h) | (% maximální denní potřeby) | | | | (% maximální denní potřeby) | | | |
| 0—1 | 5,88 | 1,00 | 4,88 | + 4,88 | 5,88 | 1,60 | 4,20 | + 4,28 |
| 1—2 | 5,88 | 0,70 | 5,18 | + 10,06 | 5,88 | 1,50 | 4,38 | + 8,66 |
| 2—3 | 5,88 | 0,70 | 5,18 | + 15,24 | 5,88 | 1,50 | 4,38 | + 13,04 |
| 3—4 | 5,88 | 0,70 | 5,18 | + 20,42 | 5,88 | 1,50 | 4,38 | + 17,42 |
| 4—5 | 5,88 | 2,00 | 3,88 | + 24,30 | 5,88 | 3,00 | 2,88 | + 20,30 |
| 5—6 | 5,88 | 3,00 | 2,88 | + 27,18 | 5,88 | 4,20 | 1,68 | + 21,98 |
| 6—7 | 5,88 | 5,00 | 0,88 | + 28,06 | 5,88 | 5,00 | 0,88 | + 22,86 |
| 7—8 | 0,00 | 6,40 | -6,40 | + 21,66 | 0,00 | 5,00 | -5,00 | + 17,86 |
| 8—9 | 0,00 | 4,50 | -4,50 | + 17,16 | 0,00 | 5,00 | -5,00 | + 12,86 |
| 9—10 | 0,00 | 5,50 | -5,50 | + 11,66 | 0,00 | 4,60 | -4,60 | + 8,26 |
| 10—11 | 0,00 | 5,50 | -5,50 | + 6,16 | 0,00 | 4,20 | -4,20 | + 4,06 |
| 11—12 | 5,88 | 5,50 | 0,38 | + 6,54 | 5,88 | 4,60 | 1,28 | + 5,34 |
| 12—13 | 5,88 | 5,00 | 0,88 | + 7,42 | 5,88 | 4,60 | 1,28 | + 6,62 |
| 13—14 | 5,88 | 5,00 | 0,88 | + 8,30 | 5,88 | 4,80 | 1,08 | + 7,70 |
| 14—15 | 5,88 | 4,00 | 1,88 | + 10,18 | 5,88 | 4,60 | 1,28 | + 8,98 |
| 15—16 | 5,88 | 5,00 | 0,88 | + 11,06 | 5,88 | 4,60 | 1,28 | + 10,26 |
| 16—17 | 5,88 | 5,00 | 0,88 | + 11,94 | 5,88 | 4,60 | 1,28 | + 11,54 |
| 17—18 | 5,88 | 6,00 | -0,12 | + 11,82 | 5,88 | 5,00 | 0,88 | + 12,42 |
| 18—19 | 0,00 | 6,50 | -6,50 | + 5,32 | 0,00 | 6,50 | -6,50 | + 5,92 |
| 19—20 | 0,00 | 7,50 | -7,50 | -2,18 | 0,00 | 8,80 | -8,80 | -2,88 |
| 20—21 | 0,00 | 5,00 | -5,00 | -7,18 | 0,00 | 5,00 | -5,00 | -7,88 |
| 21—22 | 5,88 | 5,00 | 0,88 | -6,30 | 5,88 | 4,60 | 1,28 | -6,60 |
| 22—23 | 5,88 | 4,00 | 1,88 | -4,42 | 5,88 | 3,20 | 2,68 | -3,92 |
| 23—24 | 5,92 | 1,50 | 4,42 | 0,00 | 5,92 | 2,00 | 3,92 | 0,00 |
| Součet | 100 | 100 | 0,00 | — | 100 | 100 | 0,00 | — |
| | $A_{pr} = 28,06 + 7,18 = 35,24\%$ | | | | $A_{pr} = 22,86 + 7,88 = 30,74\%$ | | | |

Tabulka 6 - Ukázka výpočtu provozní zásoby vody (5)

Grafický výpočet objemu provozní zásoby:

Do dvousého grafu (vodorovná osa – čas v hodinách, svislá osa – objem vody) se vynášejí součtové čáry přítoku a odtoku z vodojemu. Na základě vynesení čar se hledají největší rozdíly mezi čarami, kladný i záporný. Součtem rozdílů získáme objem provozní zásoby. (5)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

Požární zásoba:

Potřebný objem požární zásoby vody stanovíme dle vzorce:

$$A_{pož} = 3,6 * q_p * h * t \quad [m^3] \quad 4$$

$A_{pož}$ – objem požární zásoby vody [m^3]

q_p – potřeba požární vody [m^3/s] dle ČSN 73 0873 – tabulka 3

h – uvažovaný počet odběrů [-]

t – předpokládaná doba trvání požáru [s] (5)

Poruchová zásoba:

Podle normy ČSN 75 5355 se doporučuje zvětšit využitelný objem vodojemu na 60 % až 80 % maximální denní potřeby vody zásobovaného pásma. (15)

Je doporučeno navrhovat objemy zemních vodojemů podle tabulky 7. Zemní vodojemy se doporučuje řešit vždy jako dvoukomorové. (15)

| | |
|--|--|
| 15 m³ | 2 × 250 m³ = 500 m³ |
| 2 × 15 m³ = 30 m³ | 2 × 400 m³ = 800 m³ |
| 2 × 25 m³ = 50 m³ | 2 × 650 m³ = 1 300 m³ |
| 2 × 50 m³ = 100 m³ | 2 × 1 000 m³ = 2 000 m³ |
| 2 × 100 m³ = 200 m³ | 2 × 1 500 m³ = 3 000 m³ |
| 2 × 150 m³ = 300 m³ | 2 × 2 500 m³ = 5 000 m³ |

Tabulka 7 - Velikostní řada objemů zemních vodojemů (15)

B.7 DOPRAVA A ROZVOD VODY

Zařízení, která se podílejí na zásobování vodou jako celek, nazýváme vodárenská soustava. Je to systém zásobování vodou, který můžeme dále dělit na subsystémy, například subsystémy pro jímání a úpravu vody, akumulaci vody, dopravu a rozvod vody. Nedílnou součástí tohoto systému je potrubí. To můžeme dělit na přiváděcí řad, kterým se dopravuje voda od zdroje ke spotřebišti a zásobní řad, kterým se rozvádí voda uvnitř spotřebišť. (5)

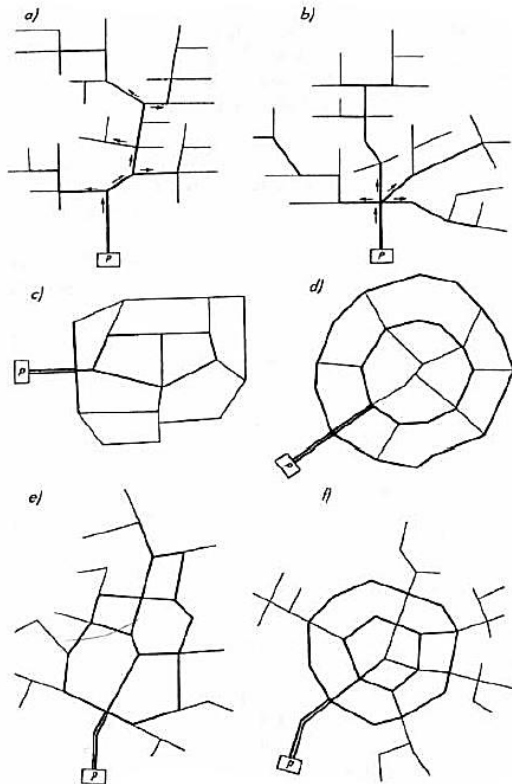
B.7.1 DĚLENÍ VODOVODŮ

Vodovody můžeme dělit na místní, který je v jedné obci, která má vlastní zdroj, od kterého se dopravuje voda ke spotřebitelům. Dále vodovod skupinový, který dopravuje vodu ze zdroje do několika obcí, které jsou umístěny za sebou na jednom řadu a vodovod oblastní, který zahrnuje více obcí, které jsou mezi sebou propojeny a vytvářejí okruhy, takže v případě poruchy na jednom řadu nedojde k odstávce vody ve všech obcích. (5)

Vodovody dále dělíme na gravitační, které mají zdroj s dostatečným převýšením nad vodojemem a vodovody výtlačné, ve kterých je nutné vodu do vodojemu čerpat. (5)

B.7.2 TVAR VODOVODNÍ SÍŤ

Tvar vodovodní sítě je do značné míry dán velikostí a tvarem spotřebišť. V případě malého spotřebiště může být navržena síť větvená. V případě poruchy zde není možnost zálohy a dochází k odstávce vody. U větších spotřebišť, kde je to možné, se tak navrhuje síť kombinované a okruhové, ve kterých máme možnosti zálohy v případě poruchy. Aby takto navržena okruhová síť mohla plnit svůj účel, musí být na křižovatkách umístěna šoupátka. (6)



a) větvná, b) paprscitá, c) okružová, d) prstencová, e) okružovo-větvná,
f) prstencově-paprscitá

Obrázek 5 - Tvary vodovodních sítí (6)

B.7.3 TLAKOVÁ PÁSMA

V kapitole G1.1 Tlaková funkce vodojemu je uvedeno, že jeden vodojem může zásobovat oblast s převýšením 35 m (maximálně 45 m). V případě, že je převýšení v dané oblasti vyšší, je nutné rozdělit oblast na tlaková pásma. Tlaková pásma jsou hydraulicky nezávislé systémy, které mají každý svůj vlastní vodojem. Propojení tlakových pásem se provádí pouze z důvodu možné havárie a za běžného provozu je uzavřené. (6)

U výtlačných vodovodů je možné uspořádat tlaková pásma buď paralelně, nebo sériově. (6)

Paralelní řazení má dva možné způsoby provedení. První je společné výtlačné potrubí, ze kterého vedou odbočky k jednotlivým vodojemům. Na odbočkách je škrcením regulován tlak. Tento způsob je energeticky náročný, protože dopravní výška čerpadel je stanovena pro nejvyšší tlakové pásmo. Druhý způsob je tvořen samostatnými výtlačnými potrubími pro každý vodojem. Pro každé tlakové pásmo je navrženo vlastní čerpadlo. (6)

U sériového řazení je voda postupně čerpána do vodojemů. Každé tlakové pásmo má tak svojí čerpací stanici. (6)

Malé oblasti se nemusí řešit pomocí tlakových pásem, ale v případě vysokého tlaku může být použit redukční ventil a v případě nízkého tlaku automatická tlaková stanice. (6)

B.7.4 TRUBNÍ MATERIÁLY ARMATURY A TVAROVKY VODOVODŮ

Materiál vodovodního potrubí musí splňovat různá kritéria. Musí být dostatečně odolný, a to jak proti tlaku zvenku, tak i tlaku vody zevnitř potrubí. Musí odolávat klimatickým vlivům i chemické agresivitě prostředí. Vnitřní stěny potrubí by měly být hladké, aby se omezily ztráty třením. Zároveň musí být potrubí vyrobeno z materiálu, který je dostupný, a nepříliš drahý a se kterým se dá dobře manipulovat při stavbě. (6)

Vnitřní povrch vodovodního potrubí musí být hygienicky a zdravotně nezávadný. (16)

B.7.4.1 Kovové materiály

Šedá litina

Jedná se o sloučeninu železa a uhlíku. Bez vnitřní povrchové úpravy jsou trouby náchylné k inkrustaci. Trouby se spojují pomocí hrdlových nebo přírubových spojů. Výhodou šedé litiny je velká pevnost a dobrá odolnost proti mechanickému opotřebení a korozi. Nevýhodou je křehkost a menší pevnost v tahu a v ohybu. Dnes je preferována litina tvárná. (16)

Tvárná litina

V Čechách se tento materiál začal používat až po roce 1989. Vyrábí se tak, že se do šedé litiny přidá nikl a uhlík. Potrubí je opatřeno vnitřní úpravou z cementové vystýlky, nebo z plastu. Trouby jsou spojovány hrdlovými nebo přírubovými spoji. Trouby z tvárné litiny jsou lehčí než z šedé a mohou se obsypávat zeminou z výkopu, na rozdíl od trub z šedé litiny, které se obsypávají štěrkoiskem. Tvárná litina je pružnější a je odolná proti korozi. (16)

Ocel

Ocel má vysokou pevnost proti silám vnitřního přetlaku i proti ostatním silám. Materiál má dobrou odolnost proti vodním rázům. Používá se pro velké profily DN 800 a víc s tlaky většími než PN 10. Nevýhodou je, že je nutné ocel chránit proti působení koroze. Ocelové trouby se spojují pomocí spojů hrdlových, hrdlových svařovaných, přírubových nebo pomocí svaru na tupo. (16)

B.7.4.2 Nekovové materiály

PVC

Materiál vyráběný z polyvinylchloridu. PVC neobsahuje změkčovadla, je to tvrdý materiál s vysokou tepelnou roztažností. PVC je odolné proti korozi i dezinfekčním prostředkům. PVC má nižší hmotnost než kovové materiály a snadněji se s ním manipuluje. Potrubí je nutné pokládat do pískového lože a musí se obsypat pískem, nebo štěrkoiskem. Spoje se provádí pomocí nastrčených hrdel s těsnícím kroužkem. (16)

PE

Materiál vyráběný z lineárního polyetyleny. Nejčastěji se používá vysokohustotní polyetylen HDPE. Materiál je měkčí, je možná bezvýkopová pokládka pomocí řízeného podvrtní nebo pomocí pluhování. Materiál není náchylný na působení koroze. Potrubí se spojuje buď pomocí svařování na tupo, nebo pomocí elektrotvarovek. (16)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

Potrubí z nového materiálu PE 100 RC není nutné ukládat do pískového lože a je možné ho obsypat materiálem z výkopu. To ovšem není možné v podmínkách, kde se nacházejí zeminy nebo horniny, u kterých očekáváme velké riziko porušení potrubí, například zvětralé skalní horniny. (17)

Sklolaminát

Málo používaný materiál, který má výhodu ve velké hladkosti stěn a vysoké pevnosti proti vnitřním přetlakům. (16)

Nevýhodou je křehkost, malá odolnost proti úderům.

B.7.4.3 Armatury a tvarovky vodovodů

Armatury dělíme dle funkce a způsobu použití. Jako uzávěry slouží šoupátka, klapky nebo ventily. V ulicích jsou šoupátka pod zemí a jejich otevření je možné pomocí zemní soupravy. Ke snížení příliš velkého tlaku slouží redukční ventily. Zpětné klapky umožňují průtok pouze v jednom směru a je tak vhodné, umísťovat je do míst, kde hrozí záplavy. Kompenzátory slouží k vyrovnávání podélných změn potrubí vlivem teplotní roztažnosti. Hydranty slouží k odběru vody z vodovodu a mohou být podzemní nebo nadzemní. Nadzemní hydranty slouží také pro požární účely. Pomocí hydrantů je také možné potrubí v nejvyšších místech odzdušňovat a v nejnižších místech odkalovat. Jako tvarovky se používají různé typy kolen a oblouků s různými úhly zakřivení a pro křížení řadů se používají T kusy. (5)

B.7.5 ČERPADLA

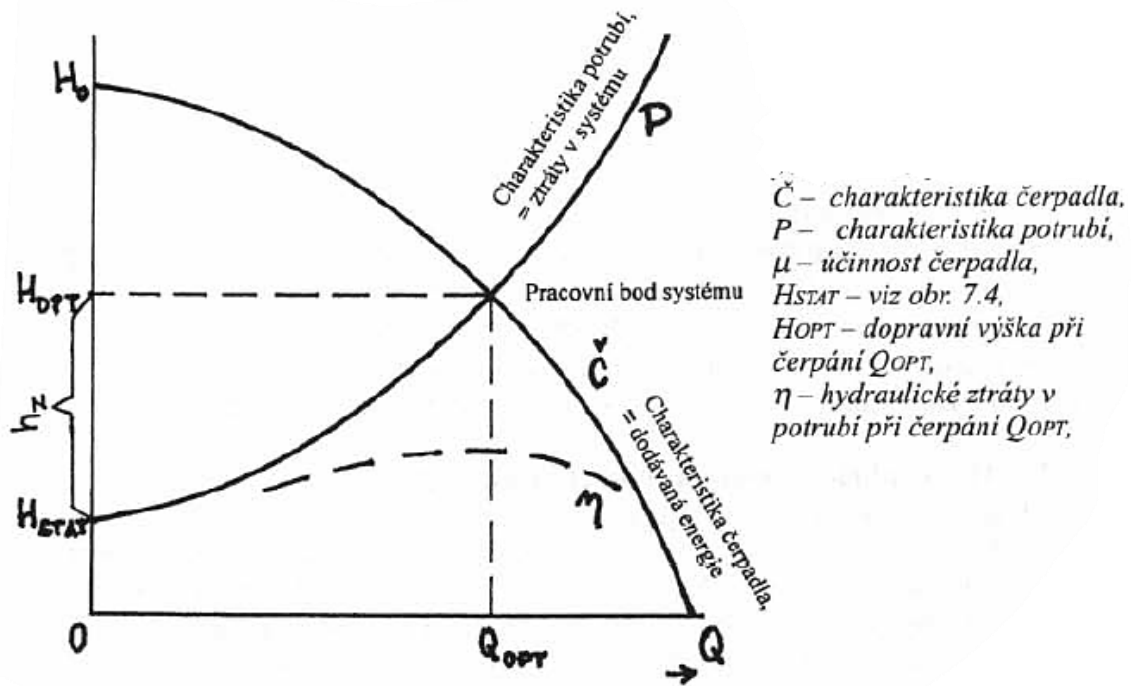
Ve výtlačných vodovodech musíme vodu dopravit do vodojemu, který je ve vyšší nadmořské výšce než zdroj vody. K tomuto účelu slouží čerpadla.

Pro návrh vhodného čerpadla potřebujeme znát celý hydraulický systém, který se skládá z potrubí a čerpadla. Potrubí se skládá z části sací, která je před čerpadlem a z části výtlačné, která je za čerpadlem. V sací části se vytváří podtlak. Ten teoreticky nesmí dosáhnout hodnoty vyšší než 10 m v. sl. Reálně je ale tato hodnota nižší, cca 7 m v. sl. Tuto hodnotu získáme pomocí křivky NPSH (Net Positive Suction Head) (6)

Při návrhu čerpadla tedy potřebujeme znát charakteristiku systému potrubí – čerpadlo. Ta se skládá z charakteristiky potrubí a čerpadla, které jsou vyjádřeny ve dvouosém systému, kde na vodorovné ose je průtok a na svislé ose je výška. Charakteristika potrubí začíná na vodorovné ose v nule a na svislé ose v bodě, který odpovídá rozdílu hladin v sací jímce a vodojemu. Průběh křivky odpovídá rostoucím ztrátám s rostoucím průtokem. Charakteristika čerpadla začíná v dopravní výšce čerpadla při nulovém průtoku. Průběh křivky je dán typem čerpadla, dopravní výška klesá s rostoucím průtokem až do bodu nulové dopravní výšky. Bod, ve kterém se křivky protnou, se nazývá pracovní. V bodě je průtok a výška, ve kterých má čerpadlo v ideálním případě nejvyšší účinnost (V praxi volíme takové čerpadlo, které se tomuto ideálu nejvíce blíží.). Součástí charakteristiky čerpadla jsou také křivky příkonu a NPSH. (6)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

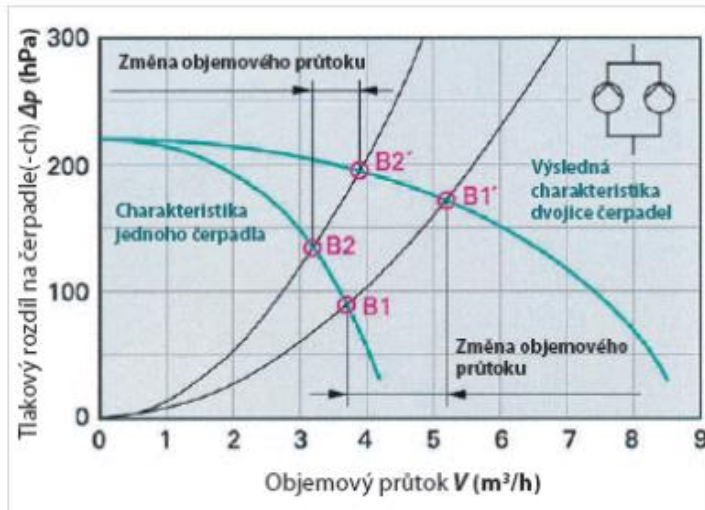
Teoretická a praktická část



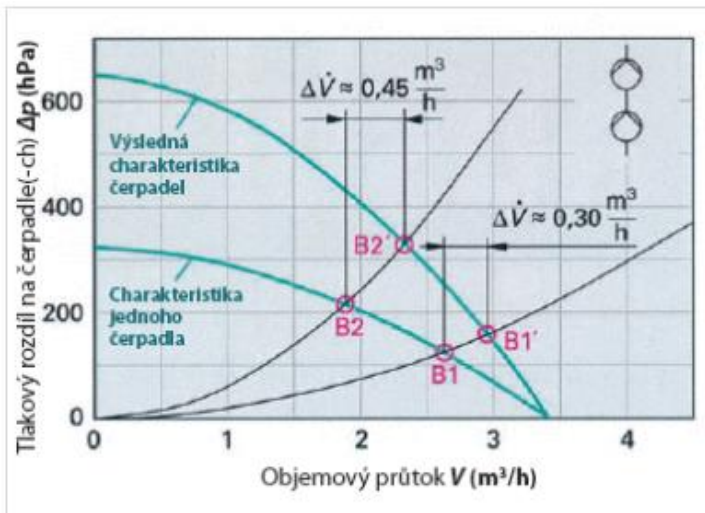
Graf 2 - Charakteristika systému potrubí – čerpadlo (6)

B.7.5.1 Paralelní a sériové zapojení čerpadel

V případě sériového zapojení se sčítají dopravní výšky a průtok se nemění. V případě paralelního zapojení se sčítají průtoky a dopravní výška se nemění. (6)



Graf 3 - Paralelní zapojení čerpadel (18)



Graf 4 - Sériové zapojení čerpadel (18)

B.7.6 HYDRAULICKÉ VÝPOČTY VODOVODNÍCH POTRUBÍ

B.7.6.1 Rovnice kontinuity

Základní rovnicí pro hydraulické výpočty je rovnice kontinuity.

$$v = \frac{Q}{S} \quad [m/s] \quad 5$$

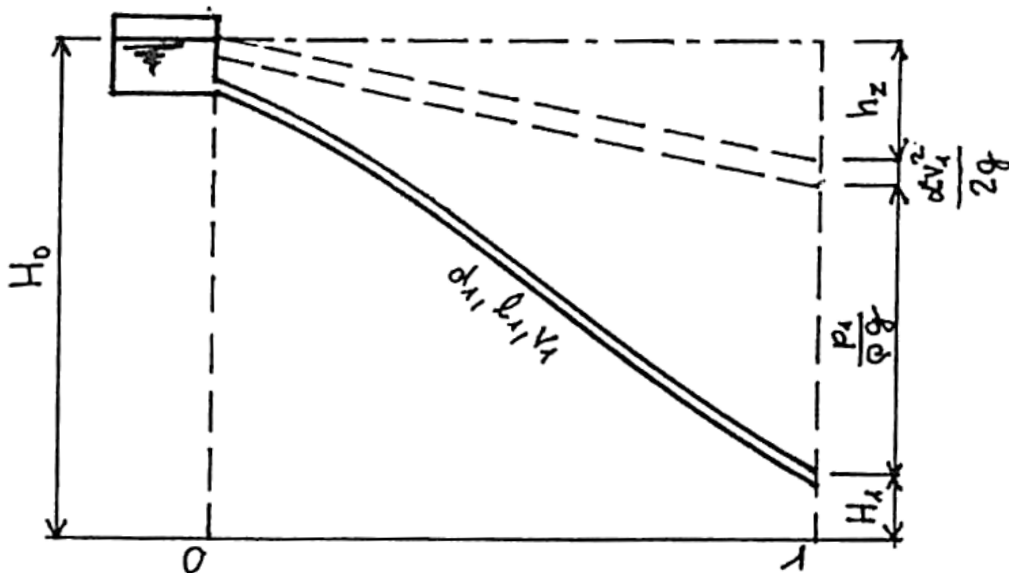
v – střední průřezová rychlost [m/s]

Q – průtok [m³/s]

S – průtočná plocha [m²] (6)

B.7.6.2 Bernoulliho rovnice

Na obrázku vidíme schéma gravitačního vodovodu, které se skládá z vodojemu a z vodovodního řadu. (6)



Obrázek 6 - Schéma gravitačního vodovodu (6)

Bernoulliho rovnice pro dané schéma:

$$H_0 = H_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} + h_z \quad 6$$

H_0 – kóta hladiny vody ve vodojemu [m n. m.]

H_1 – kóta osy potrubí [m n. m.]

p_1 – Tlak vody [Pa]

ρ – měrná hmotnost vody [kg/m³]

g – tíhové zrychlení [m/s²]

α – Coriolisovo číslo [-]

v_1 – střední průřezová rychlost [m/s]

h_z – hydraulické ztráty třením a místní ztráty [m v. sl.] (6)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

Hydraulickou ztrátu třením vypočteme pomocí Darcy-Weisbachovi rovnice:

$$h_t = \lambda \frac{l v^2}{d 2g} \quad [m \text{ v. sl.}] \quad 7$$

λ – součinitel tření potrubí [-]

l – délka potrubí [m]

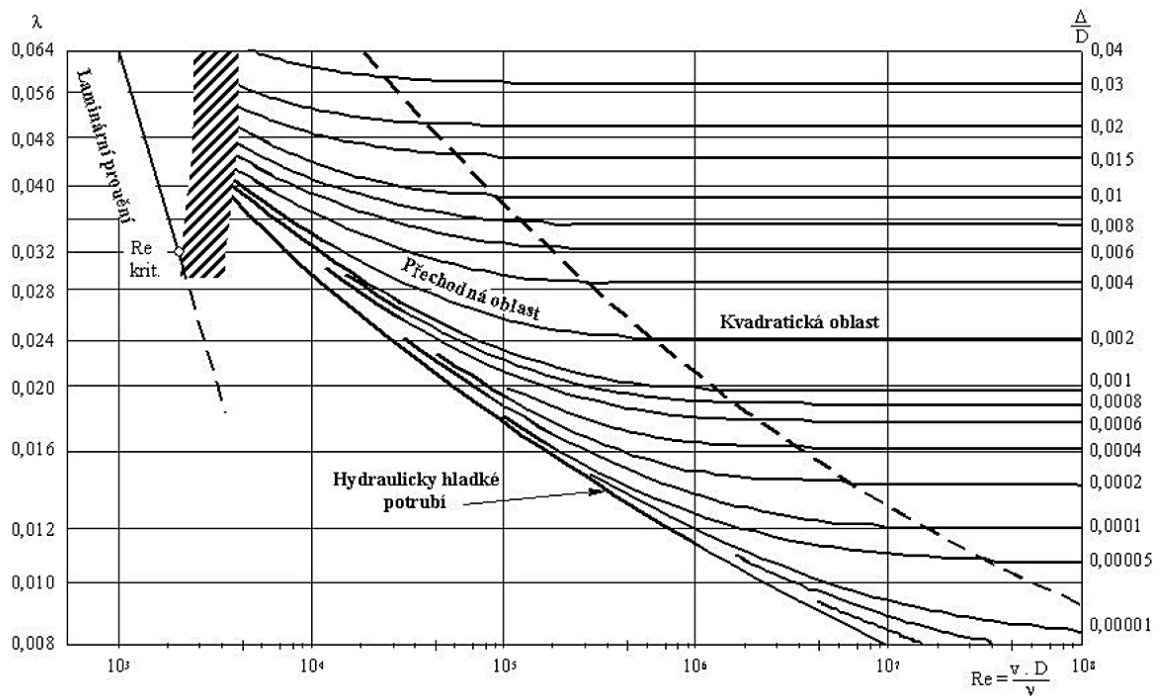
d – vnitřní průměr potrubí [m]

v – střední průřezová rychlost [m/s]

g – tíhové zrychlení [m/s²]

(6)

Součinitel tření potrubí získáme pomocí Moodyho diagramu.



Graf 5 - Moodyho diagram (19)

Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad [-] \quad 8$$

ν – kinematická viskozita [m²/s]

d – vnitřní průměr potrubí [m]

v – střední průřezová rychlost [m/s]

(6)

Relativní drsnost potrubí $= \frac{\Delta}{d}$

Δ – hydraulická drsnost [mm]

d – vnitřní průměr potrubí [mm] (19)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

Další možnost výpočtu součinitele tření je pomocí rovnic, které jsou různé v závislosti na charakteru proudění vody v potrubí. Pro turbulentní proudění v kvadratické oblasti je možné použít **Altšulovu rovnici**:

$$\lambda = 0,11 * \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} \quad 9$$

λ – součinitel tření potrubí [-]

Re – Reynoldsovo číslo [-]

Δ – hydraulická drsnost [mm]

d – vnitřní průměr potrubí [mm] (19)

Místní ztráty:

$$h_m = \xi \frac{v^2}{2g} \quad [m \ v. \ sl.] \quad 10$$

ξ – koeficient místních ztrát [-]

v – střední průřezová rychlost [m/s]

g – tíhové zrychlení [m/s²] (6)

B.7.7 POSTUP VÝPOČTU VODOVODNÍCH SÍTÍ

B.7.7.1 Výpočet odběrů z úseků

Odběr z jednotlivých úseků:

$$q_i = \frac{Q_h - \sum Q_b}{\sum_{j=1}^m a_i b_i} a_i b_i \quad [m^3/s] \quad 11$$

Q_h – maximální hodinová potřeba vody [m³/s]

$\sum Q_b$ – součet všech bodových odběrů [m³/s]

a_i – první parametr (například koeficient zástavby nebo zalidnění)

b_i – druhý parametr (například délka úseku)

m – počet úseků (6)

B.7.7.2 Výpočet odběrů z uzlů

Odběr z uzlu:

$$G_j = 0,5 \sum_{i=1}^m q_{ij} + B_j \quad [m^3/s] \quad 12$$

q_{ij} – úsekové odběry úseků, jejichž jeden z koncových uzlů je j [m³/s]

B_j – Bodové odběry z bodu j [m³/s]

m – počet úseků (6)

B.7.7.3 Výpočet průtoku ve větvených sítích

Ve větvených sítích postupujeme tak, že průtok postupně načítáme od míst odběrů směrem k vodojemu. Ve všech uzlech musí platit uzlová podmínka. (6)

Uzlová podmínka:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} Q_i + G_j = 0 \quad 13$$

Q_i – průtok v i -tém úseku sítě [m^3/s]

G_j – uzlový odběr z uzlu j [m^3/s]

$a_{ij} = -1$ je-li uzel j koncovým uzlem úseku i

$a_{ij} = 1$ je-li uzel j počátečním uzlem úseku i

$a_{ij} = 0$ není-li uzel j krajním uzlem úseku i (6)

Tlakové výšky spočítáme postupným načítáním směrem od vodojemu k odběrným místům.

B.7.7.4 Výpočet průtoku v okružových sítích

Kromě uzlové podmínky musí platit i podmínka okružová. Ta vychází ze zákona zachování energie a říká, že součet hydraulických ztrát v okruhu se rovná nule. Okruhy orientujeme tak, aby kladná orientace byla proti směru hodinových ručiček. Při výpočtu musíme postupovat tak, že si nejprve okruhy přerušíme v úsecích a vznikne nám tak větvená síť. Provedeme výpočet pro větvenou síť, zkontrolujeme okružovou podmínku a v případě, že neplatí, musíme výpočet opravit a provést znovu až do té doby, než bude podmínka alespoň s drobnou odchylkou platit. (6)

Okružová podmínka:

$$\sum_{i=1}^m b_{ik} h_i = 0 \quad 14$$

h_i – hydraulická ztráta v úseku i [m v. sl.]

$b_{ik} = -1$ je-li úsek i součástí okruhu k a základní orientace úseku a okruhu je opačná

$b_{ik} = 1$ je-li úsek i součástí okruhu k a základní orientace úseku a okruhu je shodná

$b_{ik} = 0$ není-li úsek i součástí okruhu k (6)

C. PRAKTICKÁ ČÁST

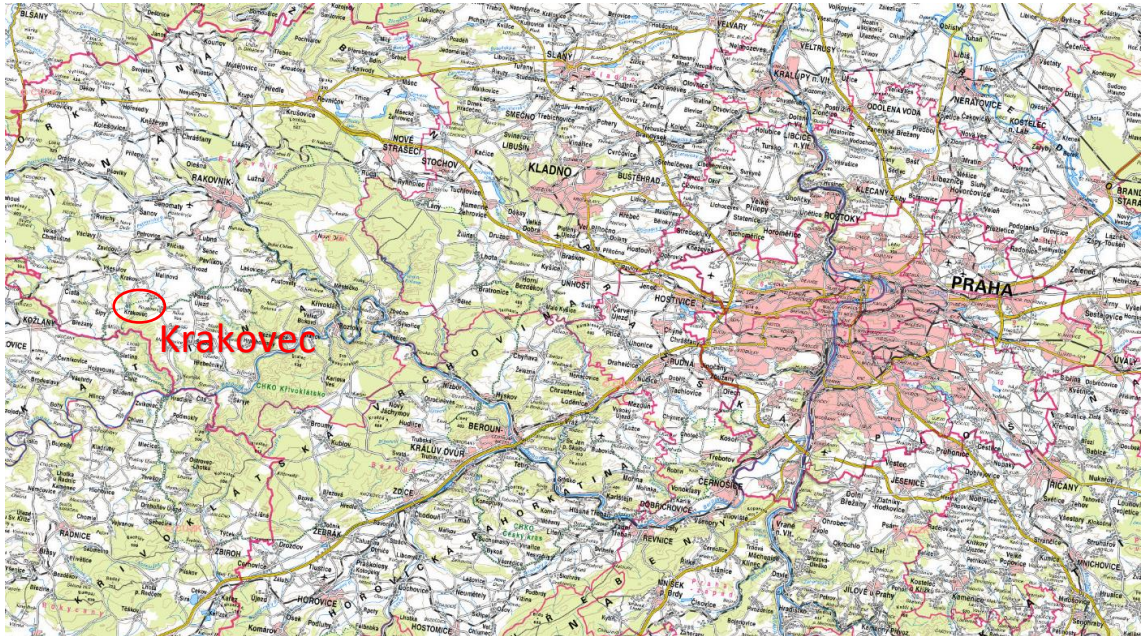
Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

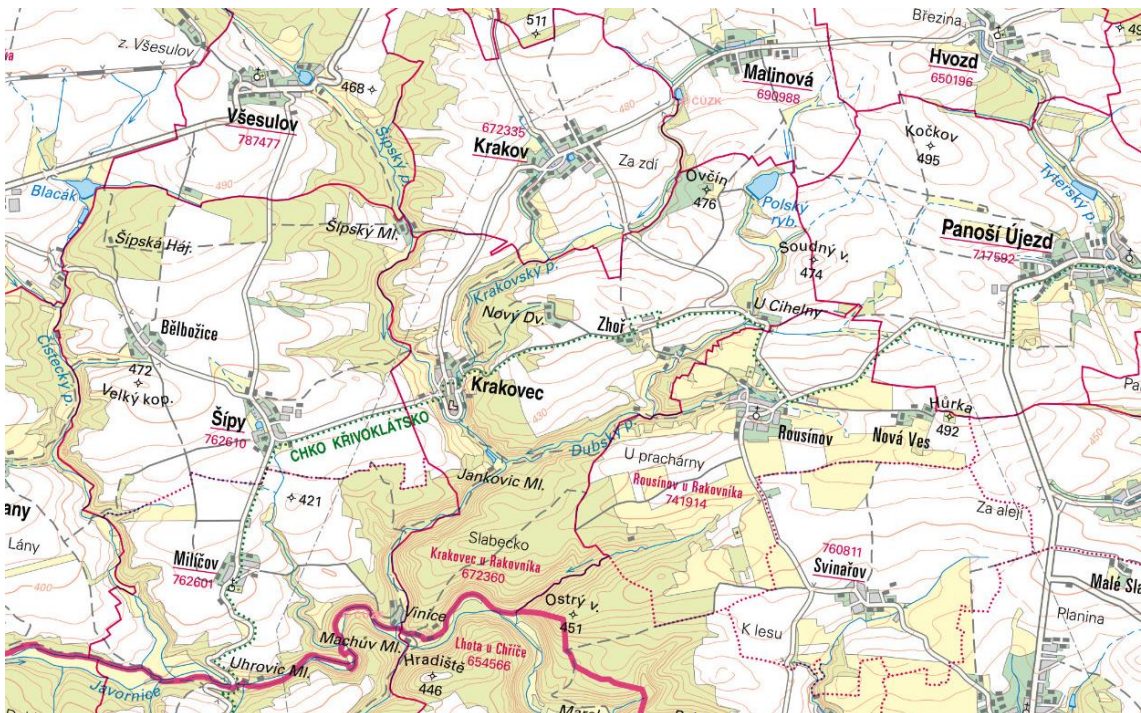
C.1 POPIS ŘEŠENÉ OBLASTI

V rámci diplomové práce je zpracován projekt vodovodu v obci Krakovec.

Krakovec se nachází ve Středočeském kraji v okrese Rakovník asi 11 km jihozápadně od Rakovníka. Obec Krakovec sousedí s obcemi Šípy, Slatina, Chříč, Slabce, Panoší Újezd, Malinová a Krakov. Obec se skládá ze dvou vsí, Krakovec a Zhoř.



Obrázek 7 - Přehledná mapa (20)



Obrázek 8 - Podrobná mapa (20)

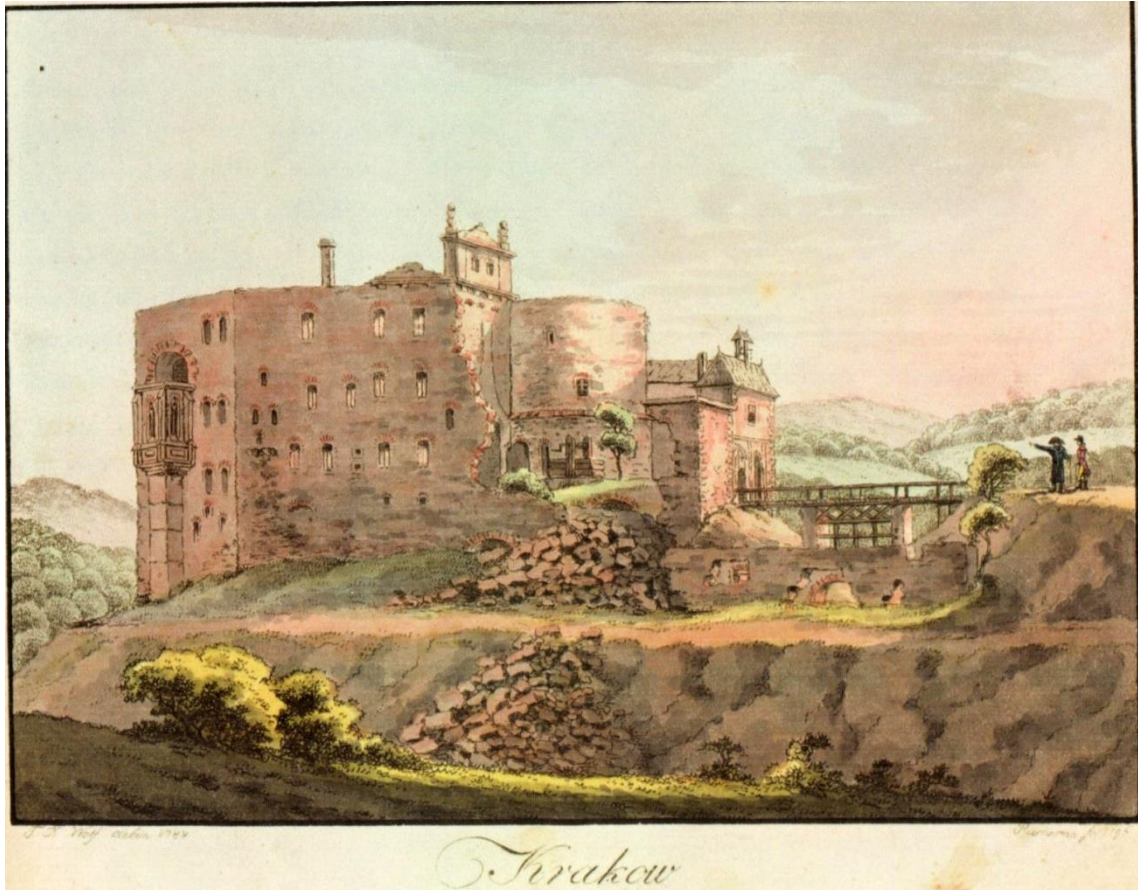
Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

Dle dat Českého statistického úřadu má Krakovec 80 stálých obyvatel. (21) Stálí obyvatelé obývají 20 domů a dále se zde nachází 39 rekreačních objektů. (22) Přibližně polovina obyvatel a rekreaantů se nachází ve vsi Krakovec a zbylá část ve vsi Zhoř. V současnosti se staví v Krakovci dva nové domy.

Zástavba se skládá převážně z rodinných domů. Ve Zhoři se nachází dva bytové domy se dvěma nadzemními podlažími.

Krakovec je historická obec. Nachází se zde zřícenina stejnojmenného hradu. Hrad byl založen v roce 1381. V roce 1414 zde byl hoštěn Mistr Jan Hus, před svým odjezdem na kostnický koncil. (23) Na hradě byl natáčen film Ať žijí duchové.



Obrázek 9 - Hrad Krakovec (23)

Ves Krakovec se nachází na soutoku Šípského a Krakovského potoka, do kterého se na kraji obce vlévá bezejmenný potok přitékající směrem od Zhoře.

Velká část vsi Krakovec se nachází na skalním ostrohu mezi dvěma potoky. To může být zásadní problém při stavbě vodovodu, protože skála zde není moc hluboko pod povrchem. Dle geologické mapy České geologické služby se zde nachází hlavně droby, prachovce a břidlice. (24)

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část



Obrázek 10 - Geologická mapa (24)

Geologická mapa 1 : 50 000

Tektonické linie GeoČR50

— zlom zjištěný

Hranice hornin GeoČR50

— hranice zjištěná

--- hranice předpokládaná

Horniny GeoČR50

kvartér

KENOZOIKUM

KVARTÉR

6 nivní sediment

13 kamenitý až hlinito-kamenitý sediment

středočeská oblast (bohemikum)

Barrandien

PROTEROZOIKUM

NEOPROTEROZOIKUM

743 prachovce, břidlice, droby

745 droby, prachovce, břidlice

746 hrubozrnné droby

PALEOZOIKUM

2094 křemenný porfyr

Obrázek 11 - Legenda geologické mapy (24)

C.2 NAPOJENÍ NA STÁVAJÍCÍ VODOVODNÍ SÍŤ

V současné době je obec Krakovec zásobována vodou z obecních a soukromých studní. Nejbližší veřejná vodovodní síť se nachází na trase Hvozd – Panoší Újezd – Slabce. V tuto chvíli je ale už hotový projekt nového vodovodu z Hvozdu přes Malinovou do Krakova a čeká se jen na zahájení stavby. Součástí projektu je i nadzemní vodojem, který bude postaven mezi Hvozdem a Malinovou. V rámci tohoto projektu se již počítalo s budoucím napojením obce Krakovec. Součástí projektu vodovodu v Krakovci je tak navržená trasa z Krakova do Krakovce.

Původní a zdánlivě nejjednodušší návrh je vést vodovod podél silnice č. 22912, která je mezi Krakovem a Krakovcem (var. 1). Ale vzhledem k novému požadavku připojit na vodovodní síť i ves Zhoř, a také kvůli velkému množství soukromých pozemků podél silnice č. 22912, se ukázalo jako mnohem vhodnější varianta, vést vodovod z Krakova podél silnice č. 2338 ke Krakovskému potoce, následně podél remízku v polích do Zhoře a dále po polní cestě do Krakovce (var. 2).



Obrázek 12 - Varianty vodovodu Krakov – Krakovec (20)

C.3 TLAKOVÉ POMĚRY V NAVRHOVANÉM VODOVODU A RYCHLOSTI PROUDĚNÍ

Tlakové poměry v sítí byly spočítány ručně a výpočet byl ověřen programem EPANET. Výpočet vychází z vodojemu mezi Hvozdem a Malinovou, který je navržen v rámci projektu vodovodu z Hvozdu do Malinové a Krakova. Ve výpočtu jsou uvažovány ztráty třením, místní ztráty jsou zanedbány kromě redukce tlaku, které se nachází dle projektu Hvozď – Malinová – Krakov před Krakovem, kde je tlak redukován o 20 m vodního sloupce a další navržená redukce tlaku je před Krakovcem, kde je tlak redukován o 62 m vodního sloupce.

Tlak ve vodovodní síti je navržen tak, aby splňoval podmínky dané normou ČSN 75 5401, které říkají, že maximální tlak má být 0,6 MPa, ve výjimečných případech 0,7 MPa. V navrhované síti se ve vsi Zhoř vyskytují tři objekty s vyšším než povoleným tlakem. Tyto objekty budou muset mít tlakové redukce na přípojkách. Ve vsi Krakovec se nachází několik objektů s navrhovaným tlakem v rozmezí 0,6 – 0,7 MPa. Pro tyto objekty budou tlakové redukce na přípojkách doporučeny.

Vodovod je navržen tak, aby minimální tlak dosahoval hodnot 0,15 MPa u budov do dvou nadzemních podlaží a 0,25 MPa u budov s více než dvěma nadzemními podlažími.

Ve výpočtu jsou použity rovnice z teoretické části práce:

Ztráty třením pomocí Darcy-Weisbachovi rovnice (rov. 7)

Součinitel tření dle rovnice Altšula (rov. 9)

Reynoldsovo číslo (rov. 8)

Střední průřezová rychlost (rov. 5)

Maximální tlak je počítán jako tlak statický, který je odečten z rozdílu geodetické výšky daného bodu a geodetické výšky maximální hladiny ve vodojemu od kterého jsou odečteny redukce tlaku.

Minimální tlak je počítán jako hydrodynamický. Je počítán pro extrémní případ minimální hladiny ve vodojemu a maximálních odběrů ve vodovodní síti. Do hydrodynamického tlaku jsou započítávány ztráty třením.

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

| | kóta terénu m n. m. | kóta max. tlaku m n. m. | max. tlak m | kóta min. tlaku m n. m. | min. tlak m | potrubí | DN m | S m ² | délka m | průtok l/s | v m/s | Re | λ | ztráty m | red. tlaku m |
|---------------------|------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|----------------|---------|---------|---------------------|------------|---------------|----------|-------|------|-------------|-----------------|
| věžový vodojem | 503.60 | 517.89 | 14.3 | 515.20 | 11.6 | | | | | | | | | | |
| Malinová zem. druž. | 497.15 | | 20.7 | 512.73 | 15.6 | PE 160 | 0.131 | 0.013 | 915 | 7.8 | 0.6 | 58405 | 0.02 | 2.5 | |
| Malinová nahoře | 493.80 | | 24.1 | 512.48 | 18.7 | PE 160 | 0.131 | 0.013 | 263 | 4.3 | 0.3 | 32198 | 0.02 | 0.2 | |
| Malinová dole | 478.10 | | 39.8 | 512.11 | 34.0 | PE 160 | 0.131 | 0.013 | 391 | 4.3 | 0.3 | 32198 | 0.02 | 0.4 | |
| Krakov | 466.60 | | 31.3 | 487.45 | 20.9 | PE 110 | 0.090 | 0.006 | 1470 | 3.1 | 0.5 | 33735 | 0.02 | 4.7 | 20.0 |
| Zhoř | 446.80 | | 51.1 | 483.28 | 36.5 | PE 90 | 0.074 | 0.004 | 1808 | 1.5 | 0.4 | 19961 | 0.03 | 4.2 | |
| Nový dvůr | 447.50 | | 50.4 | 481.79 | 34.3 | PE 63 | 0.051 | 0.002 | 805 | 0.5 | 0.2 | 9527 | 0.03 | 1.5 | |
| Zhoř dole | 408.70 | | 89.2 | 483.21 | 74.5 | PE 63 | 0.051 | 0.002 | 670 | 0.1 | 0.0 | 1905 | 0.05 | 0.1 | |
| Krakovec redukce | 396.56 | | 39.3 | 420.28 | 23.7 | PE 90 | 0.074 | 0.004 | 1475 | 0.8 | 0.2 | 9980 | 0.03 | 1.0 | 62.0 |
| Krakovec dole | 366.50 | | 69.4 | 420.24 | 53.7 | PE 90 | 0.074 | 0.004 | 519 | 0.2 | 0.0 | 2661 | 0.04 | 0.0 | |
| Krakovec nahoře | 404.00 | | 31.9 | 420.23 | 16.2 | PE 90 | 0.074 | 0.004 | 754 | 0.2 | 0.0 | 2661 | 0.04 | 0.1 | |

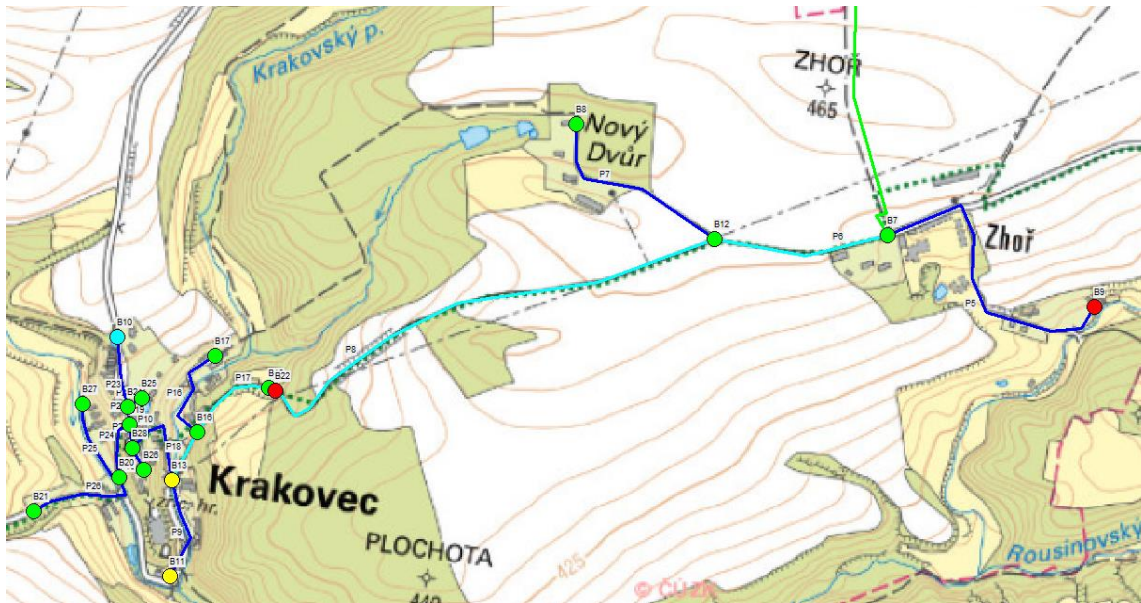
| | |
|----------------------------|----------|
| v [m ² /s] 10°C | Δ [m] |
| 0.0000013 | 0.000007 |

Tabulka 8 - Výpočet tlakových poměrů ve vodovodu

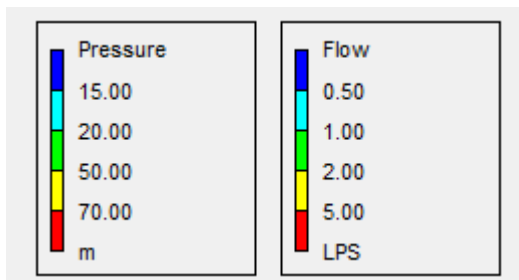
Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

Výpočet hydrodynamického tlaku byl kontrolován pomocí programu EPANET 2.2, který je volně dostupný z <https://www.epa.gov/water-research/epanet>. Hodnoty z programu byly srovnatelné s vypočtenými hodnotami. V jednotlivých bodech je zobrazen tlak a v jednotlivých úsecích průtok.



Obrázek 13 - Výstup z programu EPANET, tlaky, průtoky (podkladní mapa (20))



Obrázek 14 - Legenda k výstupu z programu EPANET, tlak, průtok

Pressure – tlak

Flow – průtok

LPS – l/s

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

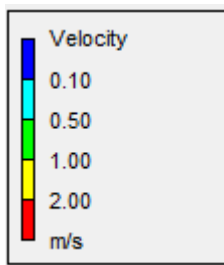
Teoretická a praktická část

Rychlosti proudění vody v potrubí:

V programu EPANET byly také zkontrolovány rychlosti proudění vody v potrubí, které vzhledem k malým průtokům vycházejí všude do 0,5 m/s.



Obrázek 15 - Výstup z programu EPANET, rychlosti (podkladní mapa (20))



Obrázek 16 - Legenda k výstupu z programu EPANET, rychlost Velocity – rychlost

C.4 INVESTIČNÍ NÁKLADY

Investiční náklady jsou vypočteny podle publikace „Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí, aktualizace 2021“, kterou vydalo Ministerstvo pro místní rozvoj.

Součástí projektu není položkový rozpočet. Proto jsou uváděné ceny pouze orientační. Ceny jsou uváděny pouze od DN 80 a proto jsou i všechny řady v tomto výpočtu brány jako DN 80. V ceně ale není započten podíl potřebných armatur, šachet a chrániček na vodovodu.

Uvedené ceny jsou bez DPH.

| | materiál | jed. cena | délka | cena |
|---|--------------------------------------|-----------|---------|------------|
| | | Kč | m | Kč |
| Vodovod v nezastavěném území pažená rýha (extravilán) | HD PE 100 RC SDR 11 (PN 16) DN 80 | 2 780 | 3 530 | 9 813 400 |
| Vodovod v zastavěném území pažená rýha nezpevněná | HD PE 100 RC SDR 11 (PN 16) DN 80 | 3 370 | 324 | 1 091 880 |
| Vodovod v zastavěném území pažená rýha ve vozovce (tl. 65 cm) | HD PE 100 RC SDR 11 (PN 16) DN 80 | 7 910 | 2 183 | 17 267 530 |
| | | | celkem: | 28 172 810 |

Cena stavby bude ovšem vyšší vzhledem k tomu, že se v obci Krakovec nachází skalní podloží nepříliš hluboko pod povrchem.

Zjednodušený odhad zvýšení ceny kvůli možnému uložení vodovodu ve skalním podloží:

- Délka vodovodu s rizikem uložení ve skále je cca 25 % z celkové délky
 - 25 % z 6 037 m je 1 509 m, cena – 7 043 203 Kč
- Zemní práce tvoří cca 30 % ceny
 - 30 % z 7 043 203 je 2 112 961 Kč
- Nárůst ceny zemních prací při změně skupiny těžitelnosti z 3 na 6 je dle průměrných cen z roku 2021 cca 280 %
 - 280 % z 2 112 961 je 5 916 291 Kč
- Celková cena vzroste o 3 803 330 Kč, to je nárůst o 14 %

Před další fází projektové dokumentace je naplánovaný geologický průzkum, který ukáže, ve kterých lokalitách se skalní podloží skutečně nachází nízko pod povrchem a jaká je jeho kvalita a skupina těžitelnosti.

Odhadovaná cena vodoměrné šachty je 150 000 Kč bez DPH.

Po připočtení dvou šachet a zaokrouhlení je tedy celková odhadovaná cena vodovodu **32 500 000 Kč** bez DPH.

D. ZÁVĚR

Diplomová práce „Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec“ měla v úvodu definované tři základní cíle, kterými bylo vypracování teoretické a praktické části a projektu.

V teoretické části jsou obecné informace o vodárenství. Nejprve se zabývá historií vodárenství, a to v celých Čechách a následně podrobněji na území Prahy. Dále je definován pojem vodárenská soustava a na přehledném schématu jsou uvedeny části, ze kterých se skládá. Další kapitola je o vodních zdrojích. Popisuje, jaké jsou druhy vod a jaké jsou způsoby odběru. Následují informace o úpravě vody, kde jsou stručně popsány jednotlivé kroky úpravy. Dále je popsána potřeba vody, nejprve obecně a poté je popsán i výpočet potřeby vody. Další kapitola se věnuje akumulaci vody. Jsou v ní popsány druhy akumulace a věnuje se také vodojemům, u kterých jsou uvedeny i výpočty. V poslední kapitole jsou informace o dopravě a rozvodu vody. Jedná se o dělení vodovodů a tvary vodovodních sítí, informace o tlakových pásmech, trubních materiálech a stručně o čerpadlech. Nakonec jsou popsány hydraulické výpočty vodovodních potrubí a postup výpočtu vodovodních sítí.

V praktické části jsou především rozvedeny a doplněny informace z projektu, který je samostatnou přílohou této práce. Nejprve je podrobně popsána řešená oblast. Je popsáno, kde se nachází obec Krakovec, kolik má obyvatel a jaký je v obci typ zástavby. Také je popsána místní geologie. Dále praktická část obsahuje informace o tom, jak bylo navrženo napojení na stávající vodovodní síť. Popisuje původní variantu, která zahrnovala pouze připojení části obce Krakovec. Ta byla ale nahrazena variantou novou, která počítá i s připojením vsi Zhoř a také je značně výhodnější vzhledem k výrazně nižšímu počtu pozemků, na kterých je nová trasa vedena. Popsány jsou i tlakové poměry a rychlosti proudění v navrhovaném vodovodu, které byly ověřeny jak výpočtem, tak i pomocí programu EPANET. V poslední kapitole se praktická část věnuje odhadu investičních nákladů, které byly dle průměrných cen v roce 2021 stanoveny na 32 500 000 Kč bez DPH. Oproti průměrným cenám byly celkové náklady navýšeny vzhledem k nevhodným geologickým podmínkám v obci Krakovec a také byly připočteny vodoměrné a redukční šachty.

Projekt byl zpracován ve stupni DUR + DSP. Obsahuje průvodní, souhrnnou technickou a technickou zprávu a ve výkresové části je situační výkres širších vztahů, katastrální situační výkresy a koordinační situační výkresy. Dále projekt obsahuje přehledný profil tlakových ztrát, podélné a příčné profily potrubí a výkres vodoměrné a redukční šachty. Součástí projektu není dokladová část.

Současně s projektem pro diplomovou práci je zpracováván i reálný projekt „Krakovec obecní vodovod“ ve stupni DUR, který zatím není dokončený. Vzhledem k tomu byly součástí diplomové práce i opakované návštěvy obce Krakovec a jednání se zástupci obce a vlastníků a provozovatelů vodovodní sítě. Na jednáních byla řešena především trasa vodovodu, ale například i tlakové poměry, profily potrubí, vodoměrné a redukční šachty a další. Odevzdaný projekt, a především jeho část pro územní rozhodnutí, je tak v souladu s požadavky investora a vlastníka a provozovatele vodovodní sítě.

E. BIBLIOGRAFIE

1. **Kryštof Drnek, Pražské vodovody a kanalizace, a.s.** Historie vodárenského a kanalizačního oboru. *Tzbinfo*. [Online] 25. 8. 2020. [Citace: 15. 10. 2021.] <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/21071-historie-vodarenskeho-a-kanalizacniho-oboru>.
2. **Fousová, Eva, Jiroudová, Lenka a Koubová, Jana a kol.** *Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2019*. Praha : Ministerstvo zemědělství, 2020. str. 140. ISBN 978-80-7434-570-8.
3. **Jásek, Jaroslav a kolektiv.** *VODÁRENSTVÍ v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Praha : MILPO MEDIA s.r.o., 2000. 80-86098-15-X.
4. **Autor neuveden.** Výškové a plošné uspořádání vodovodní sítě a působnost vodárenských soustav. *Zásobování vodou, učební texty VŠB-TU Ostrava*. [Online] [Citace: 17. 11. 2021.] <http://zasobovanivodou.vsb.cz/index.php/osnova-prednasek/9-rozvodne-vodovodni-site>.
5. **Tesařík, Igor a kol.** *Vodárenství*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1987. str. 440. Typové číslo L17-C3-IV-31/78334.
6. **Grünwald, Alexander, Macek, Lubomír a Šrytr, Petr a kol.** *Vodárenství*. Praha : Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků, 1998. str. 192. 80-902460-7-9.
7. **Horáčková, Soňa.** Statistika vodního hospodářství. *Český statistický úřad*. [Online] 3 2011. [Citace: 17. 10. 2021.] https://www.czso.cz/documents/10180/20541261/1804110332_33.pdf/0f36bbf9-2ee9-4f89-81b4-fe4c291d3b6c?version=1.0.
8. **Český normalizační institut.** ČSN 75 0150 Vodní hospodářství - Názvosloví vodárenství. Praha : Český normalizační institut, únor 1994. str. 44.
9. **Autor neuveden.** Potřeba vody. *Zásobování vodou, Učební texty VŠB-TU Ostrava*. [Online] VŠB-Ostrava. [Citace: 17. 10. 2021.] <http://zasobovanivodou.vsb.cz/index.php/osnova-prednasek/4-potreba-vody>.
10. Vyhláška č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství 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), ve znění. *pozdějších předpisů*. 6. 5. 2011. částka 46/2011.
11. 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). 11. 12. 2001. částka 161/2001.
12. ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou. Praha : ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, červen 2003.
13. **tomason.** vodojem šibeniční vrch. *mobilmania.cz*. [Online] 13. 3. 2008. [Citace: 23. 10. 2021.] <https://galerie.mobilmania.zive.cz/showphoto.php?photo=33547>.
14. **Hoření, Jaroslav, Český rozhlas.** Nový věžový vodojem v Ohrazenicích je zároveň turistickou atrakcí. Připomíná fotbalovou trofej. *Český rozhlas region*. [Online] 15. 11. 2019. [Citace: 21. 10. 2021.] <https://region.rozhlas.cz/novy-vezovy-vodojem-v-ohrazenicich-je-zaroven-turistickou-atrakci-pripomina-8110435>.
15. ČSN 75 5355 Vodojemy. místo neznámé : Česká agentura pro standardizaci, listopad 2021.

Návrh systému zásobování pitnou vodou v obci Krakovec

Teoretická a praktická část

16. **Autor neuveden.** Trubní materiály vodovodních sítí. *Zásobování vodou, Učební texty VŠB-TU Ostrava*. [Online] VŠB-Ostrava. [Citace: 22. 10. 2021.] <http://zasobovanivodou.vsb.cz/index.php/osnova-prednasek/15-trubni-materialy-vodovodnich-siti>.
17. **Wavin.** PE potrubní systémy, Rozvody vody, plynu a kanalizace. místo neznámé : Wavin, únor 2020. dostupné z: <https://www.wavin.com/cs-cz/ke-stazeni>.
18. **Autor neuveden.** Dvě čerpadla – dvojnásobný výkon? *tzbinfo*. [Online] 22. 10. 2012. [Citace: 22. 10. 2021.] upravený překlad: Chyba, A., recenzent: Čepěk, Lubomír, zdroj: Český instalatér 4/2012. <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/9194-dve-cerpadla-dvojnashobny-vykon>.
19. **Havlík, Aleš a Píček, Tomáš.** Hydraulika potrubí. místo neznámé : K141 FSv ČVUT. Fakulta stavební ČVUT v Praze, Katedra hydrauliky a hydrologie, Předmět HYA2.
20. **Zeměměřičský úřad.** Geoprohlížeč. ČÚZK. [Online] [Citace: 19. 11. 2021.] <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>.
21. **Autor neuveden.** Počet obyvatel v obcích - k 1.1.2021. *Český statistický úřad*. [Online] [Citace: 19. 11. 2021.] <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112021>.
22. **Autor neuveden.** Krakovec. *Wikipedie*. [Online] [Citace: 19. 11. 2021.] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Krakovec>.
23. **Autor neuveden.** Historie, Hrad Krakovec – snoubí urozenost Pravdy s tvarovou bohatostí architektury. *Krakovec*. [Online] [Citace: 19. 11. 2021.] <https://www.hrad-krakovec.cz/cs/o-hradu/historie>.
24. **Česká geologická služba.** Mapové aplikace. *Česká geologická služba*. [Online] [Citace: 19. 11. 2021.] <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>.