



FAKULTA STAVEBNÍ

Bakalářská práce

2019/2020

Porovnání vodárenské části městských standardů

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bledý** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **458592**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Vodní hospodářství a vodní stavby**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Porovnání městských standardů.

Název bakalářské práce anglicky:

Comparison of urban standards.

Pokyny pro vypracování:

Rešerše literatury k dané tématice. Porovnání vodárenské části městských standardů vybraných měst a vodárenských oblastí v České republice. Shrnutí a závěry.

Seznam doporučené literatury:

Grünwald A., a kol.: Vodárenství. ČKAIT, Praha, 1998, ISBN 80-902460-7-9,
Tesařík I. a kol.: Vodárenství. SNTL, Praha 1987

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Filip Horký, Ph.D., katedra zdravotního a ekologického inženýrství FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **19.02.2020** Termín odevzdání bakalářské práce: **24.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Filip Horký, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) katedry/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis díkovařky

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Filipa Horkého, Ph.D. Veškeré podklady, ze kterých byly čerpány informace, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Mariánských Lázních dne 24. 5. 2020

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Filipovi Horkému, Ph.D. za ochotu, trpělivost a pomoc při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Michalovi Skalickému, Ph.D. za pomoc při výběru tématu.

Abstrakt

Každé město v České republice má svou vlastní vodohospodářskou infrastrukturu. Zásady navrhování, projektování, provozu a rekonstrukcí této infrastruktury jsou uvedeny ve vodárenské části městských standardů. Cílem bakalářské práce je shromáždit a porovnat informace získané z městských standardů vybraných vodárenských společností. Shromážděné informace a porovnání jednotlivých okruhů městských standardů jsou obsahem praktické části bakalářské práce.

Klíčové výrazy: Městské standardy, vodohospodářská infrastruktura, vodárenské společnosti, vodovodní síť, zásobování pitnou vodou

Abstract

Each city in the Czech Republic has its water management infrastructure. Principles of design, operation planning and reconstruction of this infrastructure are listed in the water supply section of the urban standards. The Bachelor's thesis aims to collect and compare information obtained from urban standards of selected water supply companies. Collected information and comparisons of individual circuits from urban standards are the content of the practical part of the thesis.

Key words: Urban standards, water management infrastructure, water companies, water supply, drinking water supply

Obsah

Úvod.....	8
Cíl práce	8
I. Teoretická část	9
1. Systém zásobování pitnou vodou.....	9
2. Vodovodní síť.....	10
2.1 Rozdělení vodovodů podle územní působnosti.....	10
2.2 Rozdělení vodovodů podle výškového uspořádání.....	13
2.3 Tvar vodovodní sítě.....	15
3. Směrové a výškové řešení vodovodu.....	16
3.1 Směrové řešení vodovodu	16
3.2 Výškové řešení vodovodu:	19
4. Provoz a údržba vodovodu.....	20
5. Akumulace vody.....	21
5.1 Akumulační funkce vodojemu	22
5.2 Tlaková funkce vodojemu.....	22
5.3 Kontaktní funkce vodojemu.....	22
5.4 Typy vodojemů.....	22
6. Potřeba vody.....	24
6.1 Výpočet potřeby vody	26
7. Základy hydrauliky vodovodních sítí.....	27
7.1 Rovnice spojitosti (kontinuity).....	27
7.2 Bernoulliho rovnice.....	27
7.3 Tlakové ztráty.....	28
8 Trubní materiály	29
8.1 Kritéria pro návrh materiálu.....	29

8.2 Životnost materiálu potrubí.....	29
8.3 Rozdělení trubních materiálů:	30
8.3.1 Kovové materiály	30
8.3.2 Nekovové materiály	31
8.4 Spoje.....	32
9. Armatury	33
9.1 Uzavírací armatury:.....	33
9.2 Odběrné armatury.....	34
9.3 Ostatní armatury	35
II. Praktická část.....	36
10. Vybrané vodárenské společnosti	36
10.1 Stručné informace o vodárenských společnostech.....	36
11. Porovnání vodárenské části městských standardů vybraných společností.....	38
11.1 Ochranné pásmo vodovodu	38
11.2 Výškové vedení vodovodu	40
11.3 Výstavba vodovodních řadů v otevřeném výkopu	41
11.4 Materiály a armatury	42
11.5 Ochrana potrubí proti korozi	42
11.6 Tlakové zkoušky.....	43
11.7 Hygienické zabezpečení vody	44
11.8 Statické zajištění potrubí	45
11.9 Shrnutí	46
Závěr	47
Literatura	48
Seznam obrázků:	49
Seznam tabulek:	50

Úvod

Tématem Bakalářské práce (dále jen BP) je porovnání vodárenské části městských standardů vybraných měst a vodárenských společností v České republice. Konkrétně se jedná o shrnutí a porovnání vybraných okruhů městských standardů, kterými jsou například ochranná pásma, sklony vodovodních potrubí či protikorozní ochrana potrubí.

Teoretická část BP má za úkol stručně popsat problematiku vodohospodářství v ČR, přesněji systému zásobování pitnou vodou, uspořádání vodovodních sítí, směrového a výškového vedení vodovodu, provozu a údržby vodovodu, akumulace vody, základních hydraulických výpočtů, potřeby vody, trubních materiálů a armatur na vodovodních sítích.

Praktická část BP se zaměřuje na průzkum městských standardů vybraných vodárenských společností a shrnutí zkoumaných okruhů, popřípadě porovnání rozdílů mezi nimi.

Cíl práce

Jelikož dosud nebyl vytvořen žádný oficiální dokument městských standardů platný pro každou oblast České republiky, je cílem BP prozkoumat městské standardy vodárenských společností rozmístěných po celém území ČR a následně vytvořit stručné shrnutí vybraných okruhů těchto standardů, zejména zaměřit se na případné rozdíly.

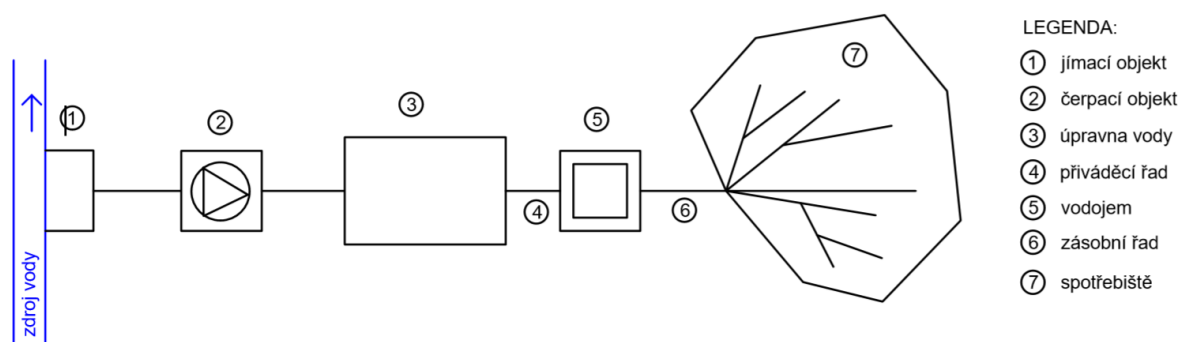
I. Teoretická část

1. Systém zásobování pitnou vodou

Hlavními komponenty zásobovacího systému pitné vody pro každé spotřebiště jsou:

- Zdroj surové vody,
- Objekt na jímání surové vody,
- Čerpací stanice,
- Úpravna vody,
- Přiváděcí řad,
- Akumulační objekt (vodojem),
- Zásobní řad,
- Rozvodná síť,

jejich uspořádání je patrné z obrázku 1. [1]



Obrázek 1 – schéma zásobování pitnou vodou

Zdroje vody: Surová voda pro zásobovací účely může být odebírána z povrchových i podzemních zdrojů. [1]

Jímání surové vody: V současnosti jsou většinovým zdrojem pro odběr surové vody v České republice vody povrchové díky snazšímu jímání a množství vody, které lze odebrat. Vodu lze jímat přímo z tekoucích vod nebo pomocí nádrží z vod stojatých. Nejčastějším vodohospodářským dílem pro odběr povrchové vody jsou přehradní nádrže. Voda z podzemních zdrojů je obecně kvalitnější a méně znečištěna než ta ze zdrojů povrchových, avšak možnosti odběru jsou omezené. Jímací objekty podzemních vod rozdělujeme na vertikální (studny, vrty), horizontální (jímací zářezy, galerie), kombinované a bodové (jímací z pramenů). [1]

Čerpací objekt: Zařízení, které přečerpává vodu do výše položených míst pomocí přetlaku. [2]

Úpravna vody: Zařízení, ve kterém se provádí úprava surové vody za účelem zlepšit její kvalitu podle toho, jak se bude dále využívat. Hlavním cílem je zásobovat obyvatelstvo zdravotně nezávadnou pitnou vodou. [2]

Přiváděcí řad: Přiváděcí řad je vodovodní soustava dopravující vodu z úpravny do akumulčního objektu (vodojemu). Může být gravitační či výtlačný. [1]

Vodojem: Objekt sloužící ke krátkodobé akumulaci vody se nazývá vodojem. Kromě funkce akumulční mají vodojemy funkci tlakovou a kontaktní. [2]

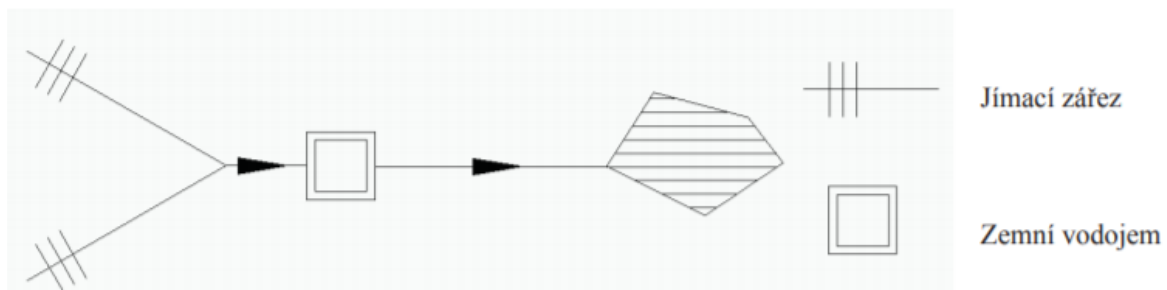
Zásobovací řad: Voda je z akumulčních objektů dopravována do spotřebiště pomocí zásobovacího řadu. Ten je navrhnut většinou jako gravitační a pokud možno co nejkratší. [1]

2. Vodovodní sítě

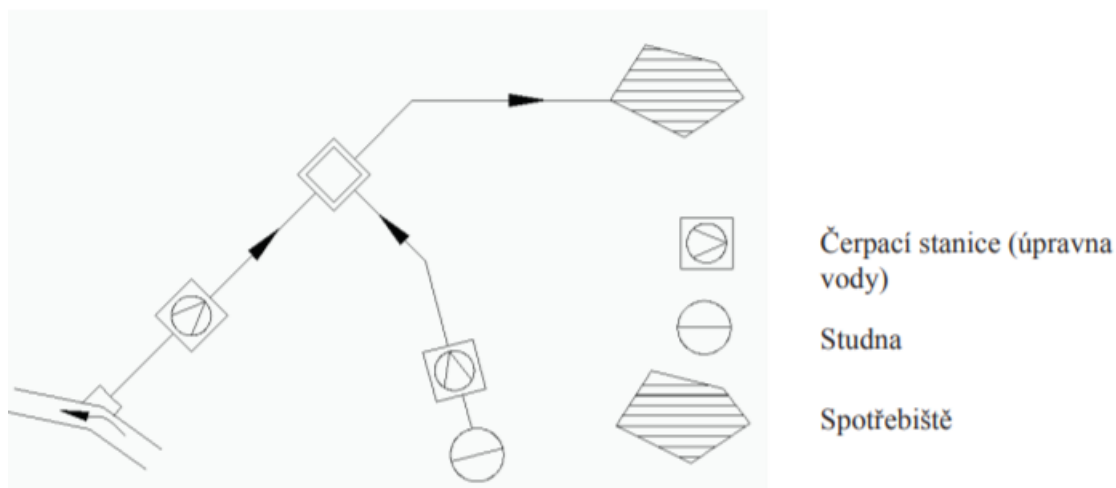
Vodovodní sítě se dělí podle několika hledisek, a to podle územní působnosti, podle výškového uspořádání a podle půdorysného uspořádání.

2.1 Rozdělení vodovodů podle územní působnosti

Vodovody místní: Jedná se o historicky nejstarší typ vodovodů, první zmínky se objevují již od starověku. Obecně lze tento typ charakterizovat jako jednoduché zařízení sloužící k zásobování jedné obce jedním či více zdroji vody. Uspořádání místního vodovodu je patrné na obrázcích 2 a 3. [2], [3]



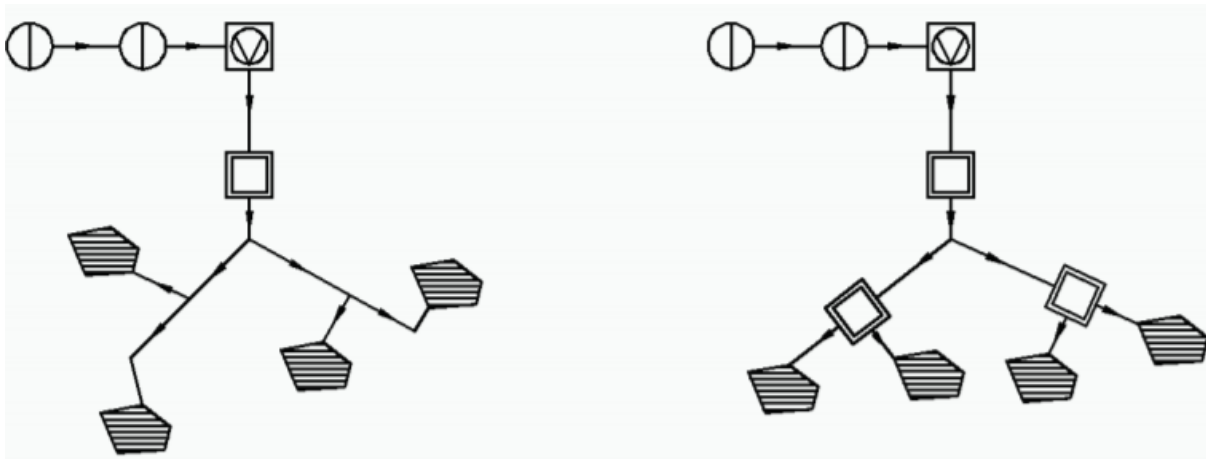
Obrázek 2 – Místní vodovod s jedním zdrojem [3]



Obrázek 3 – Místní vodovod s dvěma zdroji [3]

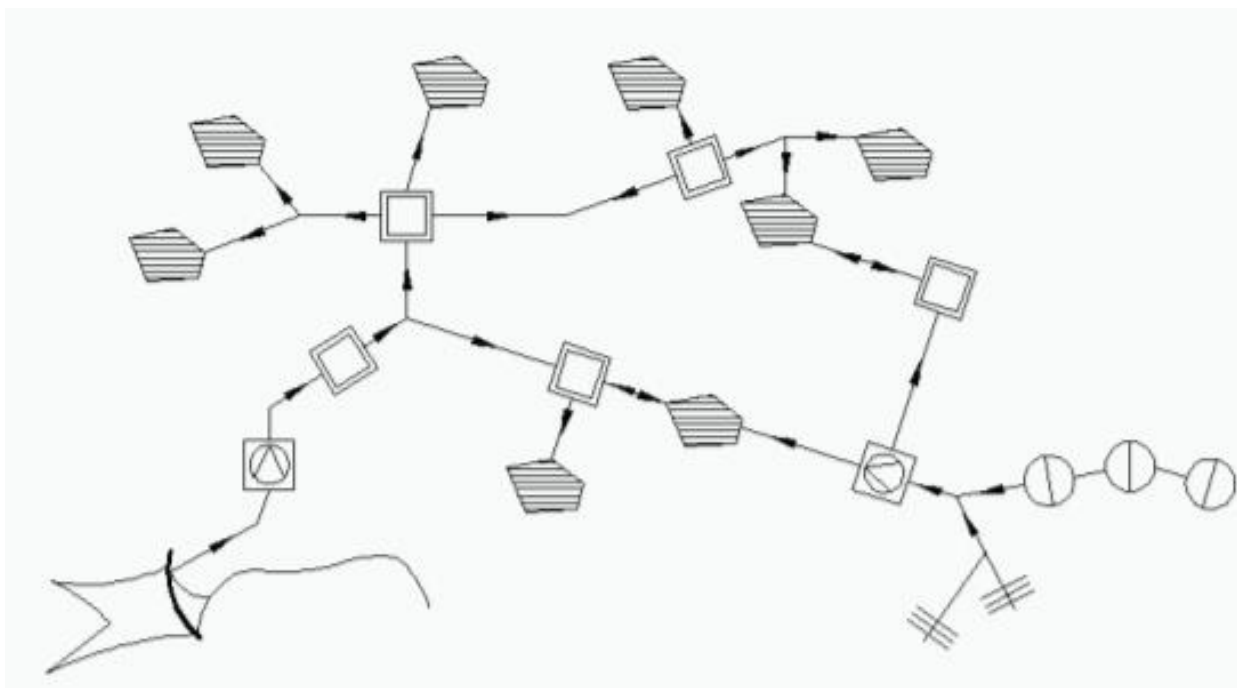
Vodovody skupinové: *Skupinové vodovody se začali budovat přibližně ve dvacátých letech minulého století jako důsledek rozvoje spotřebišť a zvyšování potřeby vody. Jejich charakteristickým znakem je společné zásobování několika spotřebišť (měst a obcí) z jednoho nebo více vodních zdrojů. Voda je zde dopravována gravitačně, ale ve velkém rozsahu i čerpáním a kromě zdrojů podzemní vody se využívá upravované vody povrchové. Podle technického uspořádání a objektového vybavení je možno skupinové vodovody navrhovat buď s jedním společným vodojemem nebo s několika místními vodojemy u jednotlivých spotřebišť.* [3]

U skupinového vodovodu s jedním vodojemem je upravená voda odváděna do jednoho hlavního vodojemu, ovládajícího všechna spotřebišť. Výhodou tohoto řešení je jednoduchost provozu a investiční náklady na akumulaci (kvůli jedinému vodojemu). Investiční náklady na zásobní řady jsou však vyšší, protože potrubí budou delší a větších průměrů (musí se navrhovat na max. hod. potřebu). Pro skupinový vodovod s dvěma vodojemy je upravená voda přiváděna gravitačně nebo výtlačně do zásobních vodojemů, které jsou umístěny co nejbližší spotřebišti, díky čemuž jsou zásobní řady kratší. Výhodou této varianty je naopak úspora nákladů za přívodní řady, které jsou kratší a menších dimenzí. (návrh na max. denní potřebu). Náklady na pořízení dvou vodojemů místo jednoho jsou samozřejmě vyšší. Další nevýhodou jsou případné náklady na rekonstrukce přivaděčů a vodojemů, pokud vzroste potřeba vody. Oba případy skupinových vodovodů je vhodné zokruhovat. [2], [3], [4]



Obrázek 4 – skupinový vodovod s jedním a dvěma vodojemy [3]

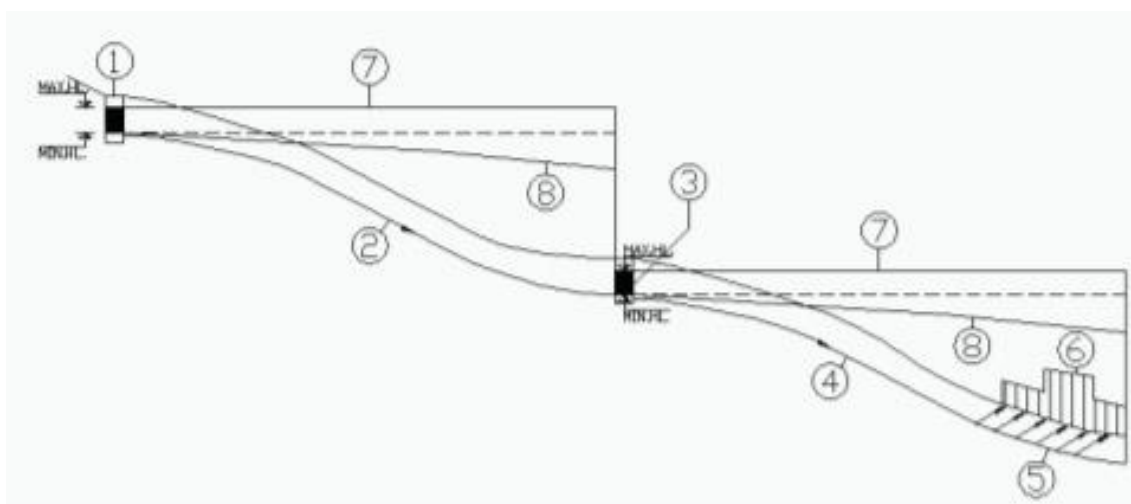
Vodovody oblastní: Jsou to vodovody, u kterých je z jednoho strategického vodního zdroje (vodárenské nádrže), příp. dalších zdrojů zásobováno rozsáhlé území zahrnující velké množství spotřebišť, spadajících do několika okresů nebo krajů. Jejich vznik u nás je možno situovat do období po 2. světové válce, kdy v souvislosti s hospodářským růstem vznikla potřeba rozšiřování územní působnosti vodovodů plošným zásobováním. Vodovody tohoto typu a rozsahu s velkým množstvím objektů, dopravou vody na velké vzdálenosti (běžně desítky km) a složitým systémem řízení se nazývají vodárenskými soustavami. [3] Mezi nejdůležitější vodárenské soustavy v ČR patří např. vodárenská soustava Střední Čechy, Jižní Čechy a Západní Čechy, každá z těchto soustav je situovaná kolem určitého zdroje vody, ať už je jím řeka či nádrž. Kvůli jejich důležitosti jsou největšími přednostmi vodárenských soustav vyšší zabezpečení dodávky vody, optimální využití vodních zdrojů a centrální řízení celého vodárenského systému. Nevýhodou bývají vyšší náklady (ať už investiční či provozní), dlouhá realizace výstavby a dopady případných poruch systému na velké oblasti. [2], [3], [5]



Obrázek 5 – oblastní vodovod s několika zdroji [3]

2.2 Rozdělení vodovodů podle výškového uspořádání

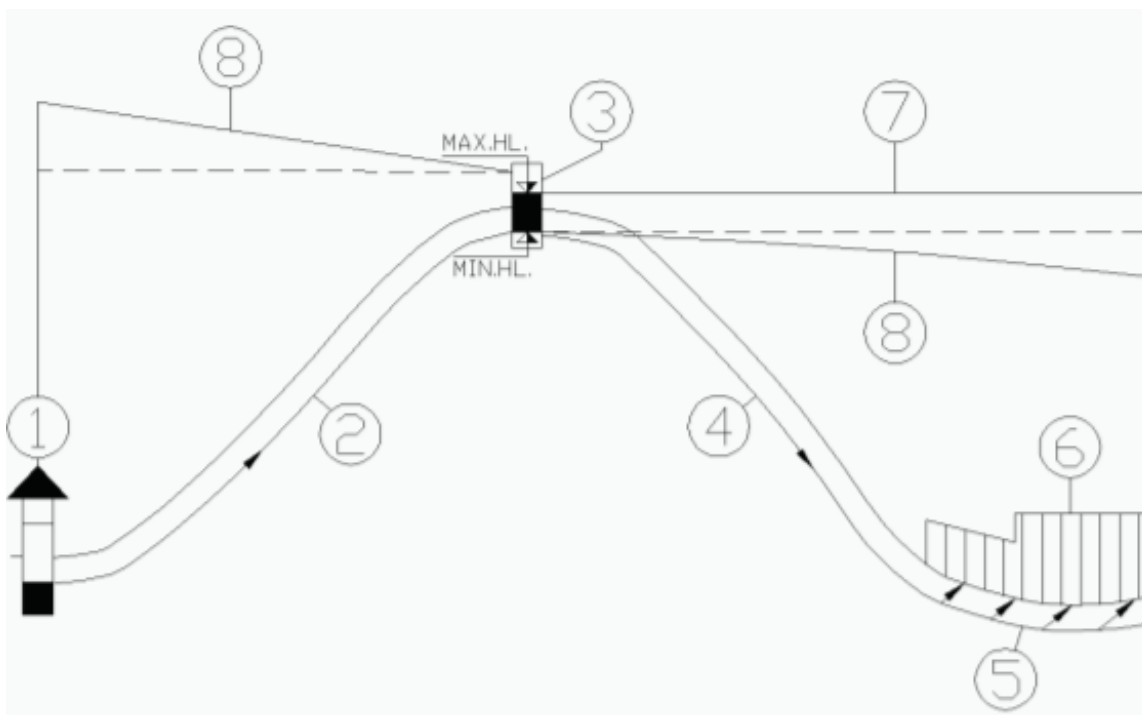
Gravitační vodovod: Pokud je kvůli výškovému rozdílu vodního zdroje a spotřebiště zajištěn dostatečný spád, je provozně výhodné navrhovat vodovod gravitační. V celé síti musí být minimální hydrodynamický přetlak 0,25 MPa. Obecně je voda ze zdroje samospádem sváděna do úpravní vody, poté je transportována přívaděči do vodojemu a z vodojemu je opět gravitačně dopravována zásobním řadem do spotřebiště. Charakteristikou gravitačních vodovodů je celodenní přítok vody bez potřeby čerpání. Princip gravitačních vodovodů je znázorněn na obrázku 6. [3], [6]



Obrázek 6 – Gravitační vodovod [3]

- 1) vodní zdroj, 2) přiváděcí řád, 3) vodojem, 4) zásobovací řád, 6) spotřebiště, 7) čára max. HST, 8) čára min. HDT

Výtlačný vodovod: Návrh této varianty vodovodu se realizuje tehdy, pokud se vodní zdroj nachází pod spotřebištěm, ve stejné výškové úrovni nebo jen lehce nad ním, tudíž není možné dopravovat vodu do spotřebiště gravitačně. Výtlačné vodovody jsou samozřejmě provozně nejnákladnější variantou než ty gravitační, kvůli členitosti území však častější. [3], [5]



Obrázek 7 – Výtlačný vodovod [3]

- 1) vodní zdroj s ČS, 2) výtlačný řád, 3) vodojem, 4) zásobní řád, 5) rozvodná síť, 6) spotřebiště, 7) čára max. HST, 8) čára HDT

Kategorizace vodovodních řadů

Vodovodní řady jako tzv. sítě technického vybavení (technické infrastruktury) lze dělit podle územní působnosti, funkčního a kapacitního významu, ve smyslu ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení na

a) vedení dálková

1. kategorie, kam patří přiváděcí, výtlačné a zásobovací řady

b) vedení místní

2. kategorie, kam patří hlavní rozvodové řady dopravující vodu do těžiště spotřebiště.

3. kategorie, kterými jsou vedlejší (uliční) rozvodné řady s přímou funkční vazbou na zásobované objekty a

c) vodovodní přípojky,

které však podle platné legislativy nejsou vodními díly. Zajišťují dodávku vody jednotlivým odběrním místům. [3]

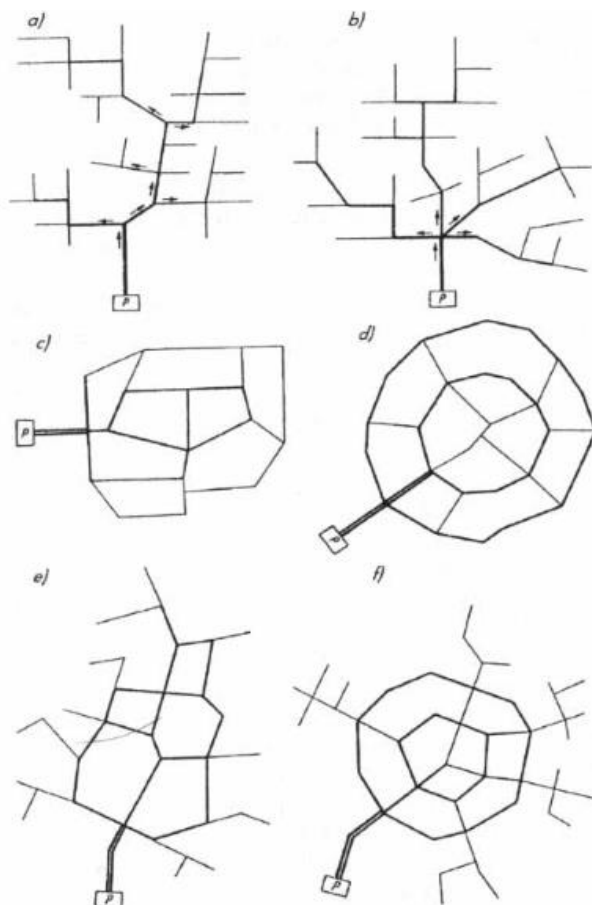
2.3 Tvar vodovodní sítě

Vodovodní síť se navrhuje s ohledem na to, že voda musí být rozvedena všem potenciálním odběratelům. Podle toho se navrhuje půdorysný tvar vodovodní sítě. Podle uspořádání řadů vodovodní sítě můžeme rozlišit základní půdorysné tvary sítě, mezi které patří větvená síť, okružová síť a síť kombinovaná. Dalšími možnými variantami jsou síť paprscitá, prstencová a prstencově – paprscitá, viz. obrázek 8. [1], [2]

Větvená síť: Větvené uspořádání vodovodní sítě se navrhuje zejména u malých spotřebišť (většinou ve vesnicích), jelikož to umožňuje zdejší liniový charakter zástavby. Výhodami větvené sítě jsou menší investiční náklady, jednodušší návrh, výpočet, provoz a údržba. Nevýhodou je, že voda se může dostat na určité místo pouze z jedné strany, případné poruchy proto mají velký dopad na plynulost zásobení. Další nevýhodou je možná stagnace vody v úsecích na konci řadů. [2], [3]

Okružová síť: Vodovodní řady v okružové síti jsou uspořádány do uzavřených kruhů, které se vzájemně propojují v uzlech a styčných úsecích. Navrhuje se pro větší spotřebišť s plošným charakterem zástavby, kde je vhodné zakruhovat rozvodné řady. Hlavní výhodou okružové sítě je fakt, že se voda ke každému spotřebiteli dostává z obou stran, takže případné poruchy mají dopad pouze pro konkrétní řady a úseky, zbytek sítě může fungovat dál. Dalšími výhodami je cirkulace vody a vyrovnanější tlaky než v síti větvené. Nevýhodami jsou vyšší investiční náklady a složitější návrh s výpočtem. [3]

Kombinovaná síť: Výhodným řešením je zkombinovat předchozí dva tvary vodovodní sítě, umožňuje-li to stávající zástavba. Hlavní řady jsou zokruhované a vychází z nich vedlejší zásobovací řady. Touto kombinací se zajišťuje vyšší spolehlivost vodovodní sítě, jelikož se dá lépe zamezit dopadu poruch systému a zajistí se spolehlivé měření dodávané vody. [2]



Obrázek 8 – Tvary vodovodní sítě [2]

a) větvená, b) paprscitá, c) okruhová, d) prstencová, e) kombinovaná, f) prstencově – paprscitá

3. Směrové a výškové řešení vodovodu

Vodovody musí být navrženy a provedeny tak, aby bylo zabezpečeno dostatečné množství zdravotně nezávadné pitné vody pro veřejnou potřebu ve vymezeném území a aby byla zabezpečena nepřetržitá dodávka pitné vody pro odběratele. Je-li vodovod jediným zdrojem pro zásobování požární vodou, musí splňovat požadavky požární ochrany na zajištění odběru vody k hašení požáru, je-li to technicky možné. [7]

3.1 Směrové řešení vodovodu

Zastavěné území: *V zastavěném území se trasy vodovodního potrubí navrhují ve smyslu ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení. Ta stanoví m. j. zásady pro*

- *Směrový návrh a prostorové uspořádání sítí*
- *Souběh a křížení s ostatními podzemními sítěmi*
- *Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí*

Podzemní sítě směrově koordinované s místními komunikacemi se navrhují souběžně s osou komunikace podle těchto zásad:

- Přednostně do nezpevněných částí tzv. přidruženého prostoru
- Po využití předchozí možnosti také do pásů pro pěší (chodníků) [3]

Ideálně by trasa vodovodu měla být co nejprůmějšší a s co nejmenším počtem křížení s dalšími sítěmi. Úhel tohoto křížení by měl být 60 až 90 stupňů. Při souběhu vodovodu s ostatními sítěmi je důležité dodržovat předepsané svislé a vodorovné vzdálenosti. Hodnoty těchto vzdáleností jsou patrné z obrázku 9 a 10. Minimální vzdálenost vodovodu od budov při jejich vzájemném souběhu závisí zejména na hloubce založení budov, jejich technickým stavem a geologií podloží. [3], [8]

Druh sítě	Silové kabely do				Sdělovací kabely	Plynovodní potrubí ²⁾		Vodovodní sítě a přípojky	Tepelné sítě	Kabelovody	Stokové sítě a kanalizační přípojky	Potrubní pošta	Kolektor	Koleje tramvajové dráhy	
	1 kV	10 kV	33 kV	220 kV		do 0,005 MPa - nízkotlak	do 0,4 MPa - středotlak								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
silové kabely do	1 kV	0,05 ¹⁵⁾	0,15	0,2	0,2	0,3 ³⁾ 0,1 ⁴⁾	0,4	0,6	0,4	0,3	0,1	0,5	0,5	5)	1
	10 kV	0,15	0,15	0,2	0,2	0,8 ³⁾ 0,3 ⁴⁾	0,4	0,6	0,4	0,7	0,3	0,5	0,5	5)	1
	35 kV	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8 ³⁾ 0,3 ⁴⁾	0,4	0,6	0,4	1	0,3	0,5	0,5	5)	1
	220 kV	0,2	0,2	0,2	0,5 ⁵⁾	0,8 ⁷⁾ 8)	0,4	0,6 ⁶⁾	0,4	2 ⁶⁾	0,5	1	0,5 ⁵⁾	5)	1
sdělovací kabely	0,3 ³⁾	0,8 ³⁾	0,8 ³⁾	0,8 ³⁾	10)	0,4	0,4	0,4	0,8 ¹¹⁾	0,3	0,5	0,2	0,3	1	
	0,1 ⁴⁾	0,3 ⁴⁾	0,2 ⁴⁾	0,8 ⁷⁾ 8)											
plynovodní potrubí ²⁾	do 0,005 MPa	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5 ¹²⁾	0,5	0,4	1 ¹²⁾	0,4	0,4	1,2
	do 0,4 MPa	0,6	0,6	0,6	0,6 ³⁾	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	1	1	0,4	1	1,2
vodovodní sítě a přípojky	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5 ¹²⁾	0,6	0,6	1 ¹³⁾	0,6	0,6	0,5	0,6	1,2	
tepelné sítě	0,3	0,7	1	2 ⁶⁾	0,8 ¹¹⁾	0,5	1	1 ¹³⁾		0,3	0,3	0,3	0,3	1,2	
kabelovody	0,1	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,6	0,6	0,3		0,3	0,2	0,3	1,2	
stokové sítě a kanalizační přípojky	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1 ¹²⁾	0,6	0,6	0,3	0,3		0,3	0,3 ¹⁴⁾	1,2	
potrubní pošta	0,5	0,5	0,5	0,5 ⁸⁾	0,2	0,4	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3		0,3	1,2	
kolektor	5)	5)	5)	5)	0,3	0,4	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3 ¹⁴⁾	0,3		1,2	
koleje tramvajové dráhy	1	1	1	1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	

Obrázek 9 – nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při souběhu podzemních sítí v m [8]

Druh sítí	Silové kabely do				Sdělovací kabely	Plynovodní potrubí ²⁾		Vodovodní sítě a přípojky	Tepelné sítě	Kabelovody	Stokové sítě a kanalizační přípojky	Potrubní pošta	Kolektor	Koleje tramvajové dráhy
	1 kV	10 kV	33 kV	220 kV		do 0,005 MPa - nízkotlak	do 0,4 MPa - středotlak							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
silové kabely do	1 kV	0,05	0,15	0,2	0,2	0,3 ⁴⁾ 0,3 ⁵⁾	0,1 ⁶⁾	0,1 ⁶⁾	0,4 ⁴⁾ 0,2 ⁵⁾	0,3 ⁷⁾	0,1	0,3	0,3	1
	10 kV	0,15	0,15	0,2	0,2	0,8 ⁴⁾ 0,3 ⁵⁾	0,1 ⁶⁾	0,2 ⁶⁾	0,4 ⁴⁾ 0,2 ⁵⁾	0,5 ⁷⁾	0,3	0,3	0,3	1
	35 kV	0,2	0,2	0,2	0,25 ⁹⁾	0,8 ⁴⁾ 0,3 ⁵⁾	0,1 ⁶⁾	0,2 ⁶⁾	0,4 ⁴⁾ 0,2 ⁵⁾	0,5 ⁷⁾	0,3	0,5	0,3	1
	220 kV	0,2	0,2	0,25 ⁹⁾	0,25	0,8 ¹⁰⁾ 1 ¹¹⁾ 1 ¹²⁾	0,3 ¹³⁾	0,7 ¹³⁾	0,4	1	0,3	0,5	0,3 ¹⁰⁾ 1 ¹²⁾	0,3
sdělovací kabely	0,3 ⁴⁾	0,8 ⁴⁾	0,8 ⁴⁾	0,5 ¹⁰⁾ 1 ¹¹⁾ 1 ¹²⁾	1 ⁴⁾	0,1	0,1	0,2	0,5 ⁴⁾	0,1	0,2	0,2	0,1	1 ⁵⁾
	0,1 ⁵⁾	0,3 ⁵⁾	0,3 ⁵⁾						0,15 ⁵⁾					
plynovodní potrubí ²⁾	do 0,005 MPa	0,1 ⁶⁾	0,1 ⁶⁾	0,1 ⁶⁾	0,3 ¹³⁾	0,1	0,1	0,15	0,1 ¹⁵⁾	0,1 ¹⁵⁾	0,5 ¹⁶⁾	0,1	0,1 ¹⁵⁾	1
	do 0,4 MPa	0,1 ⁶⁾	0,2 ⁶⁾	0,2 ⁶⁾	0,7 ¹³⁾	0,1	0,1	0,15	0,1 ¹⁵⁾	0,1 ¹⁵⁾	0,5 ¹⁶⁾	0,1	0,1 ¹⁵⁾	1
vodovodní sítě a přípojky	0,4 ⁴⁾	0,4 ⁴⁾	0,4 ⁴⁾	0,4	0,2	0,15	0,15		0,2 ¹⁷⁾	0,2 ¹⁷⁾	0,1	0,2	0,2 ¹⁷⁾	1,5
tepelné sítě	0,3 ⁷⁾	0,5 ⁷⁾	0,5 ⁷⁾	1	0,5 ⁴⁾ 0,15 ⁵⁾	0,1 ¹⁵⁾	0,1	0,2 ¹⁷⁾	0,2	0,15	0,1	0,2	0,2	1
kabelovody	0,1	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1 ¹⁵⁾	0,1	0,2 ¹⁷⁾	0,15		0,1	0,2	0,2	1
stokové sítě a kanalizační přípojky	0,3	0,3	0,5	0,5	0,2	0,5 ¹⁶⁾	0,5	0,1	0,1	0,1		0,3	0,1	
potrubní pošta	0,3	0,3	0,3	0,3 ¹⁰⁾ 1 ¹²⁾	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3		0,2	1
kolektor	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1 ¹⁵⁾	0,1	0,2 ¹⁷⁾	0,2	0,2	0,1	0,2		1
koleje tramvajové dráhy	1	1	1	1,3	1 ⁵⁾	1	1	1,5	1	1		1	1	

Obrázek 10 – nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při souběhu podzemních sítí v m [8]

Nezastavěné území: Trasa vodovodu v nezastavěném území se většinou navrhuje v blízkosti komunikací. Potrubí by nemělo procházet územím, které je jakkoli kontaminované zdraví škodlivými látkami (např pod hřbitovy, odkališti, skládkami, závody využívajícími chemikálie). Dále se musí brát ohled na stabilitu podloží (vodovodní potrubí se nenavrhuje tak, kde je poddolovaná či jinak nestabilní základová půda). Pokud trasa vodovodního potrubí vede pod silniční komunikací či železnicí, její návrh se řídí podle ČSN 75 5630 Vodovodní podchody pod drahou a silniční komunikací. [3]

Vodovodní potrubí se navrhuje mimo ochranné pásmo dráhy. Se souhlasem drážního správního orgánu je možno vodovod navrhovat ve vzdálenosti nejméně 4 m od osy krajní koleje. Vodorovná vzdálenost od paty násypu nebo horní hrany zářezu drážního tělesa se určí s ohledem na hloubku výkopu rýhy tak, aby nebyla ohrožena stabilita drážního tělesa, tato vzdálenost by neměla být menší než 2,0 m.

Vodovodní potrubí se navrhuje mimo ochranné pásmo silnice. Se souhlasem silničního správního orgánu je možné navrhovat vodovodní potrubí v souběhu se silnicí ve vzdálenosti nejméně 2,0 m od paty násypu nebo horní hrany zářezu a nejméně 0,6 m od vnější hrany příkopu. [9]

K bezprostřední ochraně vodovodních řadů a kanalizačních stok před poškozením se vymezují ochranná pásma vodovodních řadů. Ochranná pásma jsou vymezena vodorovnou vzdáleností od vnějšího lince stěny potrubí na každou stranu

- *U vodovodních řadů do průměru 500 mm včetně 1,5 m*
- *U vodovodních řadů nad průměr 500 mm, 2,5 m*
- *U vodovodních řadů o průměru nad 200 mm, jejichž dno je uloženo v hloubce větší než 2,5 m pod upraveným povrchem, se vzdálenosti podle předchozích dvou případů od vnějšího líce zvyšují o 1,0 m. [7]*

3.2 Výškové řešení vodovodu:

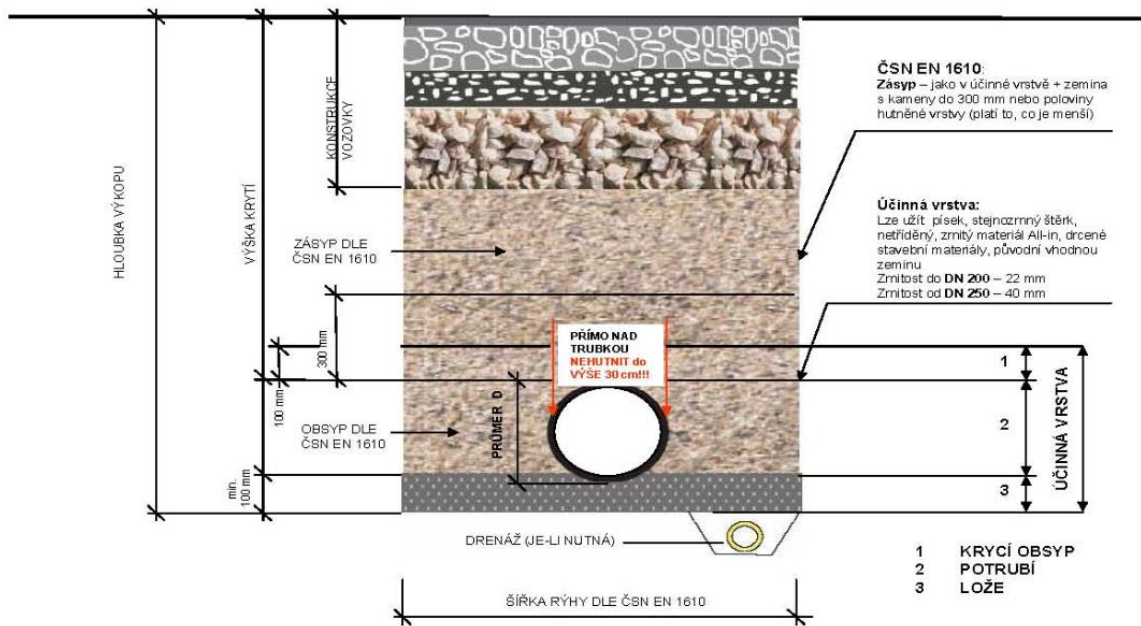
Výškový návrh vodovodu se skládá z dvou částí, jimiž jsou návrh podélného sklonu potrubí a návrh hloubky krytí a uložení potrubí. [1]

Podélný sklon: Niveleta se navrhuje jako množství sestupných i vzestupných úseků mezi jednotlivými výškovými lomy na trase potrubí (mezi šachtami, vzdušnými, kalosvody). Při návrhu musí být vždy dodržen minimální sklon, který je

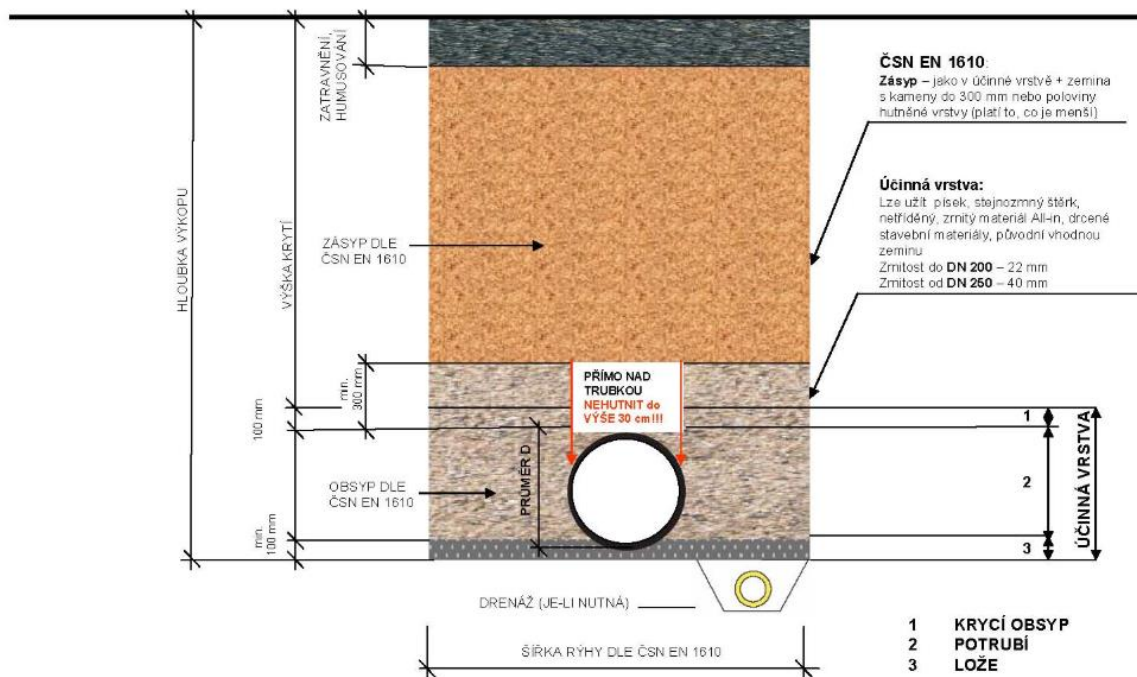
- 3‰ při DN do 200 mm
- 1‰ při DN od 250 do 500 mm
- 0,5 při DN 600 a větším [3]

V normě se neuvádí maximální doporučený sklon, pokud ovšem sklon přesahuje hodnotu 100 ‰, musí se prokázat stabilita potrubí výpočtem proti posunu a případně naistalovat záchytné bloky.

Krytí: Pro vodovodní potrubí se musí krytí navrhnout tak, aby nedocházelo k poškození potrubí vnějšími vlivy, k zamrznutí v zimním období, a naopak k nežádoucímu ohřevu vody v letním období. Minimální a maximální velikost krytí se liší podle toho, je-li potrubí uloženo v území zastavěném nebo nezastavěném a je-li potrubí uloženo mimo komunikace nebo do komunikace. Maximální krytí v zastavěném území je do 2 m, pokud situace nevyžaduje krytí větší. V nezastavěném území by velikost krytí neměla překročit 1 m. Potrubí uložené mimo komunikace musí mít krytí minimálně 1,2 m, při uložení potrubí do komunikace se dodržuje minimální krytí 1,5 m. Schéma uložení potrubí (v tomto případě plastového potrubí PVC Quantum) je znázorněno na obrázku 11 a 12. [3], [7]



Obrázek 11 – schéma uložení potrubí PVC Quantum v komunikaci [10]



Obrázek 12 – schéma uložení potrubí PVC Quantum mimo komunikaci [10]

4. Provoz a údržba vodovodu

Zařízení vodovodu vyžadují pravidelnou obsluhu a údržbu po celé období jejich provozu. Provoz vnitřních vodovodů je popsán v ČSN EN 806-5 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě – Část 5: Provoz a údržba, kde jsou stanoveny povinnosti pro provozovatele, hlavním kritériem je zajistit spolehlivý provoz. Problém je nejčastěji stagnace

vody, zejména v řídicí pouzítvaných částech vodovodu. Tato norma též obsahuje související normy pro armatury, zařízení na úpravu vody, filtry a další. Doplňující normou je pak česká zbytková norma ČSN 75 5409 Vnitřní vodovody. [1], [4]

Návrhová teplota pro rozvod studené vody se uvažuje min. 20 °C, pro rozvod teplé vody pak min. 60 °C. Teplota teplé vody by měla být dosažena po 30 sekundách od úplného otevření výtokové armatury, a je uvedena v normě ČSN 06 0320. Jestliže není možné dosáhnout dané teploty, musí se potrubí pro rozvod teplé vody přehřívát samoregulačním elektrickým topným kabelem nebo se navrhne cirkulace rozvodu. Zařízení vnitřního vodovodu musí odpovídat nejvyššímu provoznímu přetlaku nejméně 1000 kPa, životnost jednotlivých armatur je uvedena v normách výrobků. [4]

Již dříve zmíněná norma ČSN 806-5 obsahuje tři přílohy s informacemi o četnostech kontrol a údržbě zařízení vnitřních vodovodů. Podle těchto příloh se například doporučuje nejméně jednou za rok zkontrolovat stav a funkčnost vodoměrů, nejméně jednou za půl roku zvyšovací tlakové stanice a další informace. Musí se vést záznamy o údržbě daného vodovodu či jeho zařízení tak, aby byly snadno vyhledatelné. Z tohoto nařízení vyplývá požadavek na zhotovení provozního řádu a pravidelné vedení provozního deníku, alespoň v elektronické podobě. [1], [2], [3]

Na základě provozního schématu určitého vodovodu se zpracovávají provozní pokyny pro provoz celého vodovodu. Je v nich obsaženo, jaký je účel daného vodovodu, jakou kapacitu mají jeho zdroje vody, jaká je kapacita čerpacích stanic, vodojemů přivaděčů, úpraven vody apod. Dále pokyny obsahují základní popis jednotlivých objektů na vodovodu, popisují například jejich umístění, funkci, kapacitu, způsoby ovládání a regulace apod. Součástí pokynů jsou také údaje o provozu strojních a elektrických zařízení, signalizace a samotném řízení vodovodu. Z nasbíraných záznamů se pak vyhodnocuje statistiky a prognózy samočinný počítač či samotní pracovníci. [4]

5. Akumulace vody

Ve vodárenství se účelově rozlišují dva druhy akumulace vody, akumulace dlouhodobá a krátkodobá. Cílem dlouhodobé akumulace je zajištění dostatečného množství vody pro zásobování daného spotřebiště každý den v roce. *Krátkodobá akumulace vody se vytváří nejčastěji ve vodojemech, jejichž úkolem je:*

- *Vyrovnávat nerovnoměrnosti mezi přítokem a odběrem vody ve spotřebišti a při přerušovaném čerpání vody do vodovodní sítě z vodního zdroje*

- *Udržovat zásobu vody pro hašení požárů*
- *Udržovat zásobu vody pro případ poruch na vodovodních zařízeních*
- *Stabilizovat tlakové poměry ve vodovodní síti [1]*

Prakticky se rozlišují tři základní funkce vodojemů, kterými jsou funkce akumuláční, tlaková a kontaktní. [1]

5.1 Akumulační funkce vodojemu

Akumulační funkcí vodojemu se rozumí vyrovnávání nerovnoměrnosti přítoků a odtoků z vodojemu. Díky tomu se vodojem navrhuje na takový objem, který je schopen pokrýt nerovnoměrnosti mezi přítoky a odběry vody ve spotřebišti, požární zásoby vody a zásoby vody pro případ poruch na přiváděcím řadu. [1], [2]

5.2 Tlaková funkce vodojemu

Tlaková, též polohová funkce vodojemu závisí na vzájemné poloze vodojemu a spotřebišť. Je vhodné umístit vodojem co možná nejbliž ke spotřebišti, ideálním umístění vodojemu je v těžišti spotřebišť. Z výškového hlediska se doporučuje umístit vodojem maximálně 25–30 m od spotřebišť. Vzniká tzv. tlakové pásmo, které většinou celé zásobuje jeden vodojem. Pro případ dvou a více vodojemů zásobujících jedno tlakové pásmo se vodojemy navrhuje tak, aby jejich provozní hladina byla ve stejné výšce. [1], [2]

5.3 Kontaktní funkce vodojemu

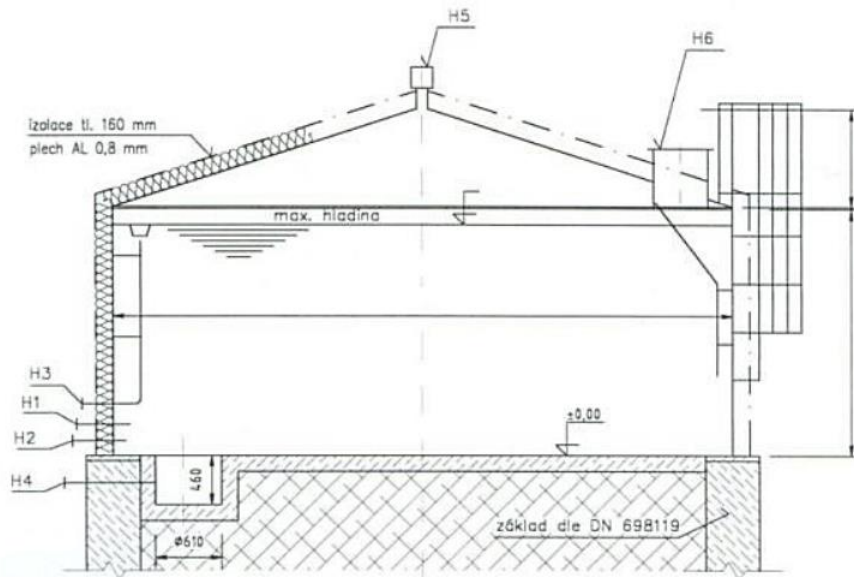
Vodojemy musí být navrhovány na dostatečný objem potřebný k tomu, aby byly schopné zadržet vodu na dobu postačující k reakci s určitými chemikáliemi (zejména k hygienickému zabezpečení vody). [2]

5.4 Typy vodojemů

Vodojemy se dělí na vodojemy zemní a věžové. Vodojem se skládá ze tří částí: vstupního prostoru, akumuláčního prostoru a armaturní komory. Podle půdorysného tvaru dělíme vodojemy na kruhové a pravoúhlé (krabicové), podle počtu nádrží na jednokomorové a vícekomorové, nejčastěji dvoukomorové. [2]

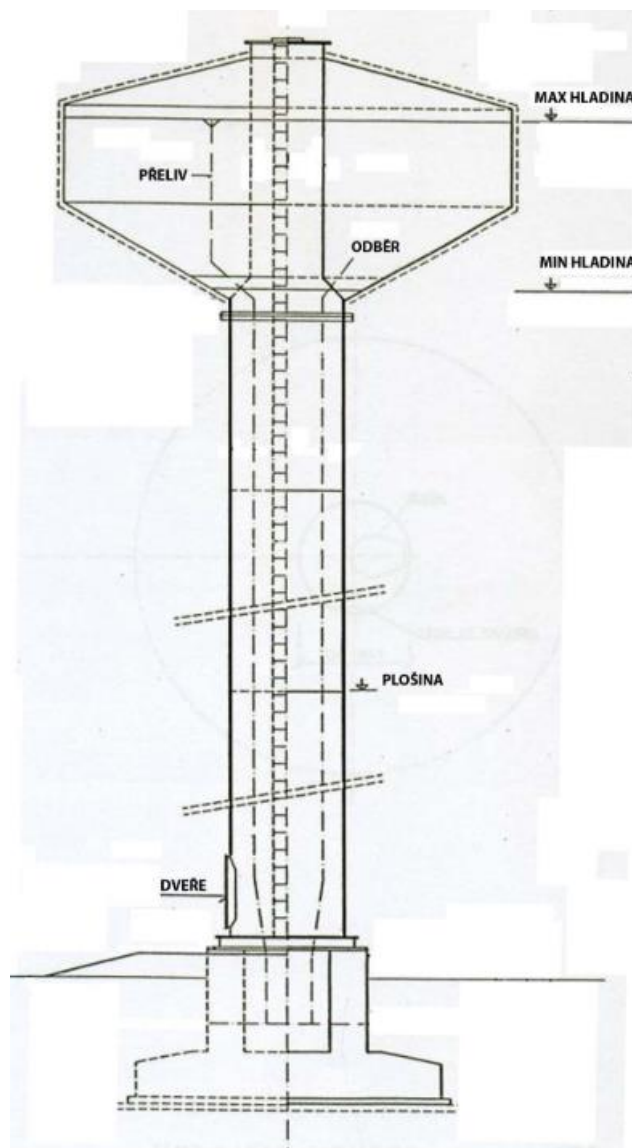
Zemní vodojemy: Nejčastějším návrhem vodojemu jsou vodojemy zemní. Dají se osadit pod terén, díky čemuž využívají tepelně izolačních schopností terénu (např. vodojemy částečně zapuštěné do terénu). Konstrukce zemních vodojemů je znázorněna na obrázku 13 a tvoří ji nádrže nejčastěji ze železového betonu, monolitické či montované. Velikost zemního vodojemu

udává celkový navržený objem, jehož částmi jsou objem akumulční, objem vody na překrytí poruchy a objem požární vody. [2]



Obrázek 13 – schéma zemního vodojemu

Věžové vodojemy: Návrh věžových vodojemů je ekonomicky i esteticky náročnější než u vodovodů zemních, i proto se navrhují pouze v případech, kdy nemůže být zrealizována jiná alternativa. Pokud již dojde k návrhu věžového vodojemu, navrhuje se na pokrytí nerovnoměrnosti mezi přítokem a odtokem na co nejmenší objem. Při návrhu je dále vhodné spojovat věžové vodojemy s těmi zemními do funkčních soustav, které jsou schopny obsluhovat dvě tlaková pásma z jednoho místa. Konstrukčně jsou věžové vodojemy řešeny jako základová deska se středním nosným dříkem, na kterém je osazený jednokomorový akumulční prostor, tepelně izolovaný opláštěním. Materiálem je železobeton či ocel. Konstrukce věžového vodovodu je patrná z obrázku 14. [2]



Obrázek 14 – možné schéma věžového vodojemu

6. Potřeba vody

Výpočet potřeby vody je základním podkladem pro navrhování a posuzování vodovodních sítí, vodních zdrojů, vodojemů a úpraven vody. Při projektování nových vodovodů či při rozšiřování stávajících vodárenských zařízení je potřeba nejprve důkladně stanovit potřebu vody s rozlišením potřeby vody pitné, provozní a užitkové. Většinou je cílem navrhnout co nejekonomičtější alternativu zásobování dané oblasti vodou. Informace o potřebě vody je důležitá nejen pro stávající stav zásobované oblasti, ale zejména pro budoucí stav po rozšířeních, pokud jsou plánována. Výhledově se potřeba vody stanovuje na 20–30 let dopředu (doba minimální životnosti zařízení vodovodů). [2], [3]

Na celkovém množství spotřebované vody se podílí voda pro domácnosti, zemědělství, průmysl a voda pro požární účely. V domácnostech je voda používána na umývání, vaření, pití, úklid, splachování toalet, do bazénů apod. Co se týče průmyslu a administrativy, zde je voda používána v technologických procesech nebo jako součást výrobků, například v potravinářském průmyslu, voda pro zaměstnance, děti a studenty, ve službách a zdravotnictví. V zemědělství se voda využívá k rostlinné a živočišné výrobě, na provoz skleníků či v zahradnictví. Ztráty vody z vodovodních systémů se dělí na úniky vody v distribuční síti, ve zdrojích a v akumulaci, na úniky vody ze zařizovacích předmětů a plýtvání spotřebiteli a na ztráty způsobené chybou měřících zařízení (u zdroje či odběratele) nebo nedostatky ve fakturaci vody. [2], [5]

Celková velikost potřeby vody je ovlivněna řadou faktorů, například chováním společnosti, jedince, dodavatele i odběratele, cenovou politikou, ekonomickou situací odběratele apod. Rozhodujícími kritérii pro výpočet vody jsou počet obyvatel a procento napojení obyvatel a specifická potřeba vody. Obě tyto veličiny jsou proměnné v čase a dále závisí na různých faktorech. Počet obyvatel a procento napojení obyvatel závisí na:

- Vývoji počtu obyvatel (celkové přírůstky, úbytky)
- Migraci obyvatel
- Věkovém složení obyvatel

Specifická potřeba vody závisí na:

- Klimatických a meteorologických podmínkách
- Sociálních podmínkách
- Kvalitě a ceně vody
- Technické vybavenosti bytů
- Možnostech alternativních zdrojů vody [2], [4]

Dnes není výpočet potřeby vody nijak právně stanoven, jelikož je Směrnice č. 9 z roku 1973, která sloužila pro výpočet potřeby vody, v současné době neplatná. *Podpůrně lze použít tzv. směrná čísla roční potřeby vody uvedená v příloze č. 12 – vyhlášky č. 428/2001 Sb., která stanoví potřebu vody v m³/rok na měrnou jednotku pro jednotlivé kategorie odběratelů, a sice*

I. Bytový fond

II. Veřejné budovy

III. Hotely, penziony a ubytovny

IV. Zdravotnická a sociální zařízení

V. Kulturní a osvětové podniky

VI. Provozovny, prodejny a výrobní

VII. Hospodářská zvířata a drůběž

VIII. Různé [3]

6.1 Výpočet potřeby vody

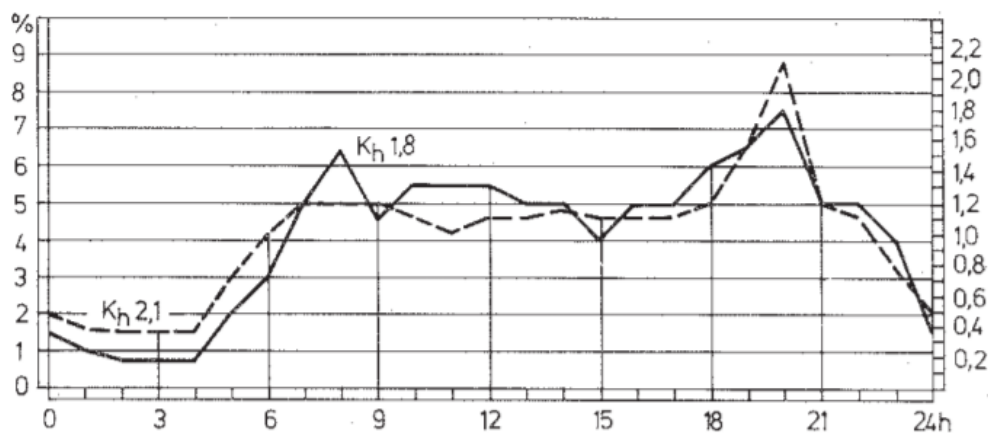
Pro každé konkrétní spotřebiče se postupně vypočítá průměrná denní potřeba vody Q_p , maximální denní potřeba vody Q_m a maximální hodinová potřeba vody Q_h .

Průměrná denní potřeba vody (Q_p): Výchozí hodnota, ze které se pak počítá Q_m a Q_h . Například průměrná denní potřeba vody pro bytový fond se vypočítá ze vztahu:

$$Q_p = O * q_s \text{ [l/den]},$$

kde O je počet obyvatel v bytech a q_s je specifická potřeba vody v l/ob./den. [3]

Maximální denní potřeba vody (Q_m): V maximální denní potřebě vody jsou zohledněny rozdíly odběrů a potřeby vody pro jednotlivé dny týdne, měsíce či roku, tzv. denní nerovnoměrnost. Na maximální denní potřebu vody se u vodovodů dimenzuje vodní zdroj, čerpací stanice, úprava vody, výtlačný nebo přívodní řad a vodojem. [3] Hodnoty odběrů a potřeby vody jsou proměnné v čase, což je dáno klimatickými změnami, režimem obyvatelstva a dalšími faktory. Výrazné rozdíly odběrů v jednotlivých denních hodinách jsou patrné z odběrových ranních a večerních špiček, viz. obrázek č. 15. [4]



Vztah pro výpočet maximální denní potřeby vody je:

$$Q_m = Q_p * K_d \text{ [l/den]},$$

kde Q_p je průměrná denní potřeba vody a K_d je součinitel denní nerovnoměrnosti. Hodnota tohoto součinitele závisí na velikosti spotřebiště a pohybuje se v rozmezí 1,2 – 1,5. [1], [3]

Maximální hodinová potřeba vody (Q_h): Maximální hodinová potřeba vody zohledňuje hodinový rozdíl v odběrech a potřebě vody (hodinovou nerovnoměrnost). Vztah pro její výpočet je následující:

$$Q_h = Q_m * K_h \text{ [l/h]},$$

kde Q_m je maximální denní potřeba vody v l/h a K_h je součinitel hodinové nerovnoměrnosti, který má pro sídlištní charakter hodnotu 2,3 a 1,8 pro ostatní spotřebiště. *Na maximální hodinovou potřebu vody se u vodovodů dimenzuje zásobní řad z vodojemu do spotřebiště a rozvodná vodovodní síť ve spotřebišti.* [3]

7. Základy hydrauliky vodovodních sítí

Pro vodovodní síť je charakteristický tlakový průtok vody. Při dimenzování a návrhu potrubí se uvažuje s ustáleným průtokovým režimem. Během proudění kapaliny potrubím vznikají tlakové ztráty, a to třením kapaliny o stěnu potrubí nebo kvůli místním odporům. Tlakové proudění kapaliny v potrubí popisují základní hydraulické rovnice, a to rovnice průtoková, rovnice kontinuity a Bernoulliho rovnice. [1], [3]

Průtoková rovnice: Obecně je průtok vyjádřen vztahem:

$$Q = S * v.$$

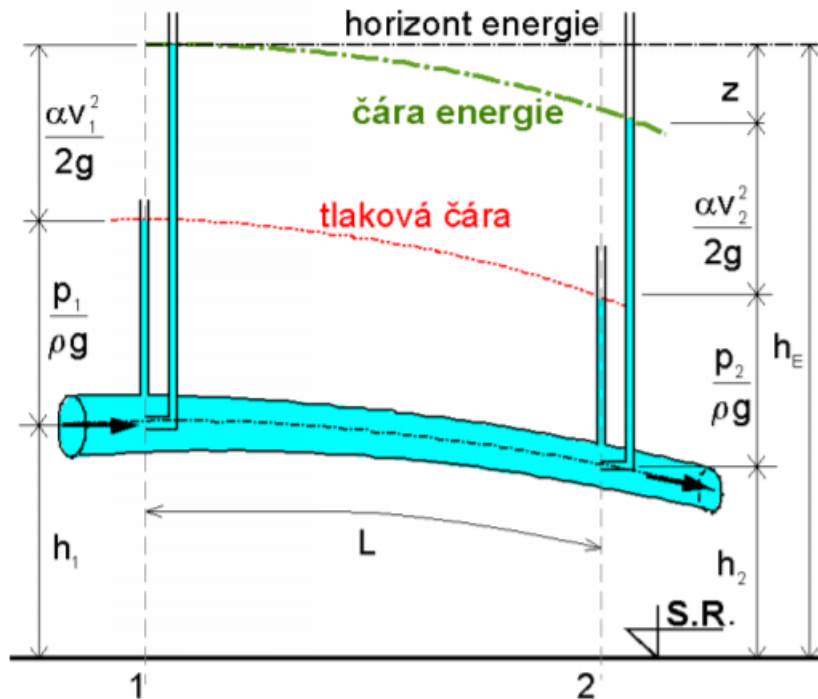
7.1 Rovnice spojitosti (kontinuity)

Rovnice kontinuity popisuje proudění z pohledu zákona zachování hmotnosti. Vychází z toho, že hmotnostní tok kapaliny musí být ve všech místech průtočného kanálu stejný. Jinak by se kapalina někde akumulovala nebo by z kanálu unikala. [11] Obecný tvar rovnice kontinuity je následující:

$$Q = S_1 * v_1 = S_2 * v_2 = konst.$$

7.2 Bernoulliho rovnice

Vztah vyjadřující zákon zachování mechanické energie pro ustálené proudění kapalin se nazývá Bernoulliho rovnice. Tato rovnice vzniká integrací Eulerovi hydrostatické rovnice a její princip je znázorněn na obrázku 16. [12]



Obrázek 16 – Princip Bernoulliho rovnice [12]

Tvar Bernoulliho rovnice pro reálnou kapalinu je následující:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + Z.$$

7.3 Tlakové ztráty

Během proudění kapaliny vodovodním potrubím vznikají tlakové ztráty. Celková velikost tlakových ztrát se určí součtem ztrát třením (z_t) a místních ztrát (z_m).

Ztráty třením: Tento typ tlakových ztrát vzniká třením proudící kapaliny o stěnu potrubí. Velikost třecích ztrát je dána materiálem potrubí, jeho délkou a průtočnou rychlostí. Výpočet místních ztrát je dán Darcy – Weissbachovou rovnicí:

$$Z_t = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{\alpha v^2}{2g}. [1], [3]$$

Místní ztráty: Určitá místa na potrubí vyvolávají nadměrné turbulence. Patří mezi ně hlavně různé armatury, rozšíření či zúžení, lomy aj. Místní ztráty mají větší význam u tzv. hydraulicky krátkých potrubí, u kterých platí vztah délka potrubí/průměr potrubí je kratší než 1000. U tzv.

hydraulicky dlouhých potrubí je možné tyto ztráty zanedbat. Velikost místních ztrát vychází ze vzorce:

$$z_m = \zeta_i * \frac{\alpha v^2}{2g}. [3], [12]$$

8 Trubní materiály

8.1 Kritéria pro návrh materiálu

Návrh druhu trubního materiálu je nezbytná část každého projektu. Za materiál vodovodů se považuje materiál použitý na výrobu liniových částí vodovodu, tvarovek, armatur a dalších příslušenství a objektů na vodovodu. To, jaký bude zvolen materiál je klíčové pro správnou funkci systémů a zásobování vodou. Je důležité, aby byl materiál vodovodního potrubí zdravotně nezávadný a aby vnitřní ochrana potrubí neměla vliv na jakost pitné vody v něm dopravované. Existuje řada hledisek a kritérií, která určují, jaké materiály jsou vhodné pro daný případ, u kterých materiálů se musí počítat s nižší efektivností použití a jaké se dají zcela vyloučit. *Rozhodující pro návrh trubního materiálu pro vodovody jsou hlavně tato hlediska:*

- *Pracovní přetlak a hydraulické rázy v potrubí*
- *Způsob a druh vnějšího zatížení potrubí*
- *Druh, únosnost a agresivita okolní zeminy*
- *Výskyt bludných proudů*
- *Kvalita dopravované vody*
- *Požadovaná životnost potrubí*
- *Způsob provádění*
- *Dostupnost trubního materiálu [1], [2], [4]*

8.2 Životnost materiálu potrubí

V minulosti se životnost potrubí podle dnes již neplatné vyhlášky č. 94/1980 Sb. odhadovala jednotně na 67 let bez ohledu na druh trubního materiálu. Dnes zkušenosti s životností stávajících vodovodních potrubí umožnili odhadnout průměrnou životnost jednotlivých trubních materiálů:

- Ocel: 30 až 40 let
- Litina: 60 až 80 let

- Azbestocement: 30 až 40 let
- Sklolaminát: až 100 let
- PE: 30 až 50 let
- PVC: 30 až 50 let [1], [13]

8.3 Rozdělení trubních materiálů:

Základním rozdělením trubních materiálů je dělení na materiály kovové a nekovové. Nejběžnějšími materiály potrubí vodovodu jsou podle normy ČSN 75 5401 litina, plasty (polyvinylchlorid, polyethylen), sklolaminát a dnes již málokdy ocel (kvůli délce přivaděčů, nestabilitě podloží, velkým průměrům trub atd.). [5]

8.3.1 Kovové materiály

Litina: Litinové trouby pro vodovody jsou u nás nejdéle používaným a dříve nejčastěji se vyskytujícím materiálem. Po druhé světové válce byl podíl délky litinových trub ve stávající vodovodní síti přibližně 70 %, kolem roku 1980 litina stále tvořila největší část používaných vodovodů, asi 36 %. Mezi hlavní výhody litinových trub (zejména proti těm ocelovým) patří životnost, větší odolnost vůči korozi (může být způsobeno větší tloušťkou stěn u litinových trub), dlouholetá tradice a s tím spojené zkušenosti pracovníků s tímto materiálem. Nevýhodou litinových trub je hlavně jejich hmotnost, křehkost a menší odolnost v tahu, díky čemuž jsou tyto trouby náchylné na nerovnoměrné venkovní zatěžování. Díky těmto nedostatkům se postupně přestala navrhovat potrubí z klasické tzv. šedé litiny a začala se zkoumat vyrábět tzv. tvárná litina, která má rychlejší proces výroby a lepší mechanické vlastnosti než litina šedá. V porovnání s šedou litinou má litina tvárná asi o 35% menší hmotnost, o 100% větší pevnost v tahu a umožňuje vyrábět trouby pro větší pracovní přetlaky. Tvárná litina má samozřejmě vyšší pořizovací náklady. [1]

Ocel: Po troubach litinových jsou ty ocelové nejstarším trubním materiálem pro vodovodní potrubí, do roku 1970 bylo v ČSSR zrealizováno kolem 20 % z celkové délky vodovodů právě z ocelových trub. Obecně se ocelové trouby používali pro velké světlosti (nad DN 800) a u potrubí s většími přetlaky. Oproti litinovým troubám jsou ocelové trouby pevnější, lépe se vyrábí a opravují a mají vyšší odolnost vůči namáhání přetlakem a ostatním silám, působícím na potrubí. Proto lze ocelové trouby výhodně používat pro nerovnoměrné venkovní zatížení, na rozdíl od litinových. Hlavní nevýhodou ocelových potrubí je jejich náchylnost vůči korozi, proto je vždy nutné s ocelovým troubou navrhnout i příslušnou protikorozi ochranu, zejména

když se potrubí ukládá do země. Pokud je totiž ocelové potrubí uložené v agresivním prostředí, může se jeho životnost drasticky snížit z předpokládaných 30 až 40 let na 4 až 5 let. [1], [5]

8.3.2 Nekovové materiály

Azbestocement: *Azbestocementové tlakové trouby a spojky se vyrábějí ze směsi azbestu, cementu a vody. V ČSSR se vyrábějí systémem MAZZA, a to navíjením pásu azbestocementu a dodatečným dosoušením. Vyrábějí se trouby s rovnými konci, přičemž vnější povrch obou konců trub je dodatečně ve výrobním závodě opracován (osoustružen) na předepsaný tvar a rozměr s požadovanými minimálními tolerancemi, aby umožňoval použití přesuvkové azbestocementové spojky pro spojování trub. [1]* Dnes se již azbestocementové (eternitové) trouby nevyrábějí, přestal se totiž používat jako stavební materiál poté, co byla zjištěna jeho zdravotní závadnost (azbestová vlákna mají karcinogenní účinky). V současnosti probíhá na území České republiky program náhrady azbestocementových dílů za jiné, zdravotně nezávadné materiály. [3]

Sklolaminát: Sklolaminátový materiál (ve zkratce také GRP – Glass Reinforced Plastic) je kompozitní materiál, který tvoří plast vyztužený skleněným vláknem (rovingem), je tedy složen alespoň ze dvou různých materiálů. *Správnou volbou jednotlivých materiálů, kombinací ve struktuře stěny a jejich zpracováním jsou dosaženy požadované vlastnosti. Vazba a spolupůsobení surovin se specifickými vlastnostmi není založeno na molekulárních vazbách, nýbrž na kontaktu a vazbách společně vázaných dotykových ploch. Tímto se sklolaminát (GRP) liší od ostatních plastů z polymerů PVC, PE, HD-PE, PP. Důležité je, aby tyto složky kompozitů spolupůsobily nejen v procesu výroby a zpracování, ale také v provozním stavu. [13]* V porovnání s ocelí či litinou má sklolaminát výrazně nižší hmotnost, výhodou tohoto materiálu je taktéž vysoká odolnost vůči chemikáliím i počasí a dobré hygienické vlastnosti. [13]

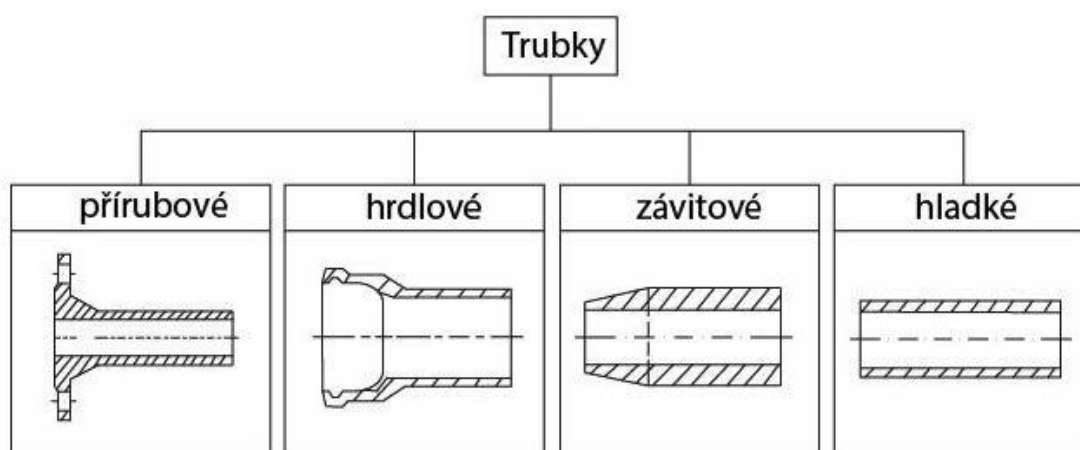
Plasty: Mezi nejrozšířenější trouby nekovové patří trouby plastové, světlost přibližně do DN 500. Nejčastějšími materiály jsou PE – polyetylen, PP – polypropylen a PVC – polyvinylchlorid. Plastové trouby disponují řadou výhod, také proto jsou od 80. let minulého století hojně využívány. Největší výhodou proti ostatním trubním materiálům je menší hmotnost (plastová trouba má přibližně 20% hmotnost stejné trouby z oceli), díky čemuž je snazší doprava, a manipulace s materiálem. Dále plasty dobře odolávají korozi, jsou nevodivé a hydraulicky výhodné, jelikož mají hladký povrch a tím pádem v nich vznikají menší ztráty. V neposlední řadě se plastové materiály používané na vodovodní potrubí snadno montují a vzniklé spoje dobře těsní. Za největší nevýhodu plastů se dá považovat jejich tepelná roztažnost

(přibližně sedminásobná co u ocelových trub), která je větší než u ostatních trubních materiálů. Díky tomu se při vysokých teplotách deformují po zatížení a při nízkých teplotách jsou velmi křehké a mohou se zlomit. Právě proto mají nižší životnost a nejsou vhodné pro vedení horké vody. [1], [4]

Předpjatý beton: trouby z předpjatého nachází uplatnění hlavně u konstrukcí hlavních vodovodních přivaděčů. Tyto trouby odolávají tlaků, do 1,0 MPa a jejich světlost může být až DN 1200 mm. [14]

8.4 Spoje

Existuje vícero typů spojů trub, armatur a tvarovek, každý vhodný pro určitý materiál potrubí. Nejednodušší rozdělení spojů je na přírubové, hrdlové, závitové a hladké. [15]

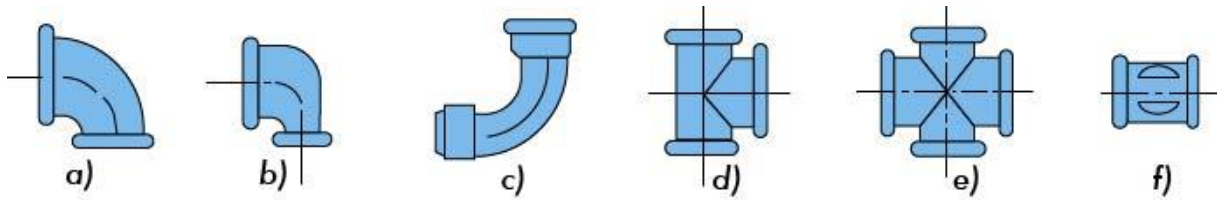


Obrázek 17 – Základní způsoby spojování trub [15]

Přírubové spoje: Tento typ spojů se používá zejména pro větší průměry potrubí, spojují se jimi obvykle ocelové a litinové trouby. *Vlastní spojení se provede sešroubováním přírub. Počet šroubů pro přírubové spoje musí být dělitelný čtyřmi. Příruby se k trubce připojují např. přivařením, naválcováním, nebo příruba zůstává volně otočná.* [15] Příruby se dále rozdělují na pevné, otočné, přišroubované na konec trubky a zhotovené s trubkou z jednoho kusu. [15]

Hrdlové spoje: Hlavním rozdílem hrdlových spojů oproti přírubovým je nižší cena, nedají se také rozebrat. Používají se na nízkotlaká potrubí ukládaná do země. *Trubka má jeden konec opatřen hrdlem, do kterého se zasune hladký konec druhé trubky. Používá se u litinových, kameninových, betonových, PVC a měděných trubek. Utěšňování se provádí konopím nebo hliníkovou vlnou, dále pak vylitím olovem nebo betonem. Ocelové trubky se těsní přivařením, PVC trubky pryžovými kroužky.* [15]

Závítové spoje: Používají se pro ocelové trouby s menší světlostí potrubí. Trouby jsou na konci opatřeny vnějším závitem. Spojení zajišťují fitinky (viz. obr. 18)



Obrázek 18 – Fitinky [8]

a) kolínko, b) redukované kolínko, c) oblouk, d) T odbočka, e) kříž, f) nátrubek

Hladké spoje: Hladké spoje se využívají, když se v budoucnu nepředpokládá jejich demontáž, většinou jsou tedy uloženy pod zemí. Vyrábí se jako nerozebíratelný spoj, pro ocelové trouby svařováním, pro trouby z neželezných kovů pájením a lepením pro plastové trubky. [8]

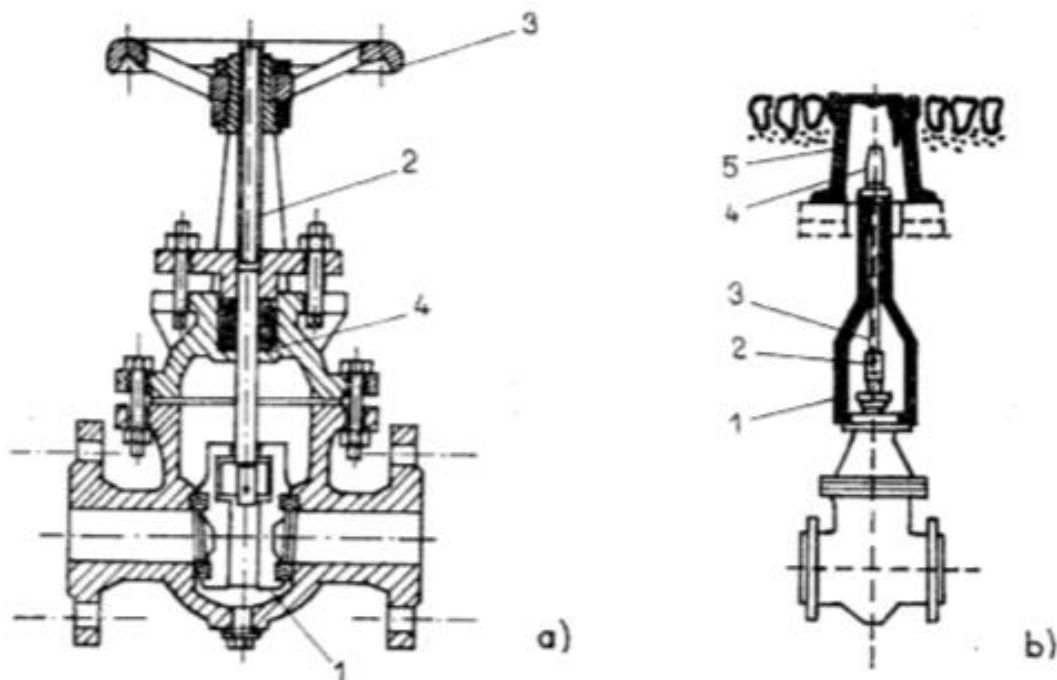
9. Armatury

Armatury jsou zařízení na vodovodní síti, která umožňují řízení provozu na vodovodní síti. *Armatury dělíme podle funkce a způsobu na:*

- Uzavírací (*šoupátka, klapky, ventily, kohouty, plovákové uzávěry*)
- Odběrné (*hydranty, vzdušníky, kalosvody, výtokové stojany*)
- Ostatní (*redukční ventily, zpětné klapky, montážní vložky, kompenzátory*) [1], [13]

9.1 Uzavírací armatury:

Šoupátka: Jak již napovídá název, šoupátka slouží k zahrazení (otevření, uzavření) jednotlivých úseků na vodovodní síti. Umístění šoupátek se odvíjí od typu vodovodní sítě – u větvené sítě jsou šoupátka usazena na odbočném řadu a za odbočkou na hlavním řadu. Okružová síť má šoupátka rozmístěna i před obočným řadem kvůli možným poruchám. Dále se šoupátka umisťují v pravidelných vzdálenostech na dlouhé úseky přivaděčů. Těmto šoupátkům se říká trasová. Dnes existuje velké množství šoupátek, dají se rozřadit například podle druhu materiálu (z šedé či tvárné litiny) nebo podle způsobu montážního spoje (přítrubová, hrdlová, nátrubková). Konstrukce šoupátek je patrná z obrázku 19. [1], [13]



Obrázek 19 – Šoupátko [1]

- a) šoupátko s ručním kolečkem: 1 – klín, 2 – vřeteno, 3 – kolečko, 4 – těsnění,
- b) šoupátko se zemní soupravou: 1 – ochranné pouzdro, 2 – ořech, 3 – vřetenový nástavec, 4 – hruška, 5 - poklop

Uzavírací klapky: Klapky fungují na stejném principu jako šoupátka, jejich výhodou je snadná manipulace – důvodem je působení tlaku proudící vody na stěnu klapky při jejím pootevření. Klapky se používají zejména pro potrubí větších profilů, ovládají se pomocí servopohonu. [4]

Ventily a kohouty: Tyto armatury slouží k ovládání vodovodních přípojek v dimenzích 20–50 mm. [4]

Zpětná klapka: Na rozdíl od klasických klapek umožňuje zpětná klapka průtok pouze jedním směrem. [4]

9.2 Odběrné armatury

Hydranty: *Hydranty jsou armatury sloužící k odběru vody z vodovodní sítě pro požární účely, pro proplachování trubních úseků, odvzdušňování a odkalování potrubí. Hydranty jsou podzemní, nadzemní a šachtové, které se někdy označují jako zkrácené. Hydranty pro odběr požární vody se osazují do vodovodní sítě ve vzdálenostech dle ČSN 73 0873. [4]* Nadzemní hydranty mají ústí pro připojení požárních hadic nad terénem. Používají se na místech, kde nijak neomezují dopravu či v místech se sněhovou pokrývkou. Nadzemní hydranty se dají ještě

rozdělit podle jejich funkčnosti a umístění, například na dopravně silně frekventovaných místech se používají hydranty objezdové, v historických částech měst hydranty staroměstské. Podzemní hydrant má výtok vody umístěn pod zemí a je chráněn poklopem. Jak nadzemní, tak podzemní hydranty se vyrábí z šedé či tvárné litiny. [1], [4]

Vzdušníky: K odvedení nežádoucího vzduchu z nejvyšších míst vodovodního potrubí slouží vzdušníky. Lze je rozdělit podle způsobu ovládní na ruční a automatické. Funkci vzdušníku ve vodovodní síti může zaujmout i vodovodní přípojka či hydrant. [1], [4]

Kalosvody: Jsou to zařízení na odvádění usazených kalů, další funkcí je vyprazdňování jednotlivých úseků při poruchách. Kalosvody se umísťují na rozdíl od vzdušníků do nejnižších úseků vodovodního potrubí, například do přivaděčů. V městské síti mohou funkci kalosvodů zastávat hydranty. [1], [4]

9.3 Ostatní armatury

Redukční ventily: Tlak vody v potrubí se reguluje pomocí redukčních ventilů. *Používají se zejména u přivaděčích a zásobních potrubí a v úsecích rozdělující jednotlivá tlaková pásma. Redukční ventil je složen z talířového škrťacího orgánu (ventilu), regulačního pístu a pružiny, kterou je možno nastavit na požadovaný tlak. Při zvýšení tlaku nad stanovenou hodnotu stlačuje tlak vody pružinu a přitlačuje škrťací ventil k sedlu, čímž se přítok vody částečně nebo zcela uzavře. Při poklesu tlaku je postup opačný.* [4]

Montážní vložky: Montážní vložky jsou používány pro usnadnění montáže a demontáže armatur a tvarovek. Připojují se z jedné strany na armaturu či tvarovku a z druhé strany na potrubí. Pro dlouhou životnost vložek je klíčová kontrola šroubů. [1], [4]

Kompenzátory: Kompenzátory vyrovnávají podélné změny potrubí způsobené rozdílnými teplotami. [1]

II. Praktická část

Tématem praktické části BP je porovnání vodárenské části městských standardů vybraných provozovatelů vodohospodářské infrastruktury měst, kterými jsou vodárenské společnosti. Každá tato společnost má své vlastní městské standardy, souhrnné standardy pro celou Českou republiku nebyly zatím vytvořeny. Cílem práce je proto vybrat okruhy městských standardů a shrnout informace o nich ze standardů všech vybraných vodárenských společností.

10. Vybrané vodárenské společnosti

Každé město disponuje svou vlastní vodohospodářskou infrastrukturou, která má svého vlastníka a provozovatele. Vlastníkem je většinou samotné město, provozem městské vodohospodářské infrastruktury jsou pověřeny vodárenské společnosti, pod jejichž oblast působnosti dané město spadá. Pro porovnání vodárenské části městských standardů jsou vybrány následující vodárenské společnosti:

- Pražské vodovody a kanalizace, a.s.
- Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.
- ČEVAK, a.s.
- Středočeské vodárny, a.s.
- Ostravské vodárny a kanalizace, a.s.
- Vodárenská akciová společnost, a.s.
- Vodárna Plzeň, a.s.
- Vodovody a kanalizace Pardubice, a.s.
- CHEVAK, a.s.

10.1 Stručné informace o vodárenských společnostech

Pražské vodovody a kanalizace, a.s. (dále jen PVK): Provozem vodohospodářské infrastruktury hl. m. Prahy je pověřena společnost PVK, která vznikla 1. dubna 1998. Jejím úkolem je zajistit výrobu a distribuci pitné vody, celkem pro 1,267 mil. obyvatel Prahy a dalších přibližně 60 tis. obyvatel Středočeského kraje. Společnost PVK je dále pověřena provozem úpravny vody Káraný a Podolí, přičemž vodárna v Podolí je pouze rezervním zdrojem. PVK se také stará o zabezpečení odpadních vod. [16]

Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. (dále jen BVK): Vodohospodářská infrastruktura města Brna a okolních měst (Kuřimi, Vranova aj.) je provozována společností BVK. Ta se soustředí

na výrobu a distribuci pitné vody (celkem zásobí 413 369 obyvatel, délka vodovodní sítě 1 421 km), provoz vodovodu a kanalizace pro veřejnou potřebu a provoz čistírny odpadních vod Brno – Modřice. [17]

ČEVAK, a.s.: Vodárenská společnost ČEVAK se zabývá provozem vodohospodářské infrastruktury měst ve Vysočině, Jihočeském a Plzeňském kraji. Zajišťuje distribuci pitné vody a zabezpečení odpadních vod a další služby spojené s vodárenskou činností. Aktuálně je na vodovodní síť společnosti ČEVAK napojeno 501 922 obyvatel, celková délka vodovodní sítě je 4 658 km. [18]

Středočeské vodárny, a.s.: Provoz vodovodů a kanalizací některých bývalých okresů Středočeského kraje má na starost společnost Středočeské vodárny. K největším městům spadající pod oblastní působnost této společnosti patří Kladno a Mělník [19]

Ostravské vodárny a kanalizace, a.s. (dále jen OVAK): Cílem společnosti OVAK je zajistit distribuci pitné vody a zabezpečit odpadní vody města Ostravy. Celková délka vodovodní sítě včetně přípojek je přes 1 520 km a je na ni napojeno více než 300 000 obyvatel města Ostravy. [20]

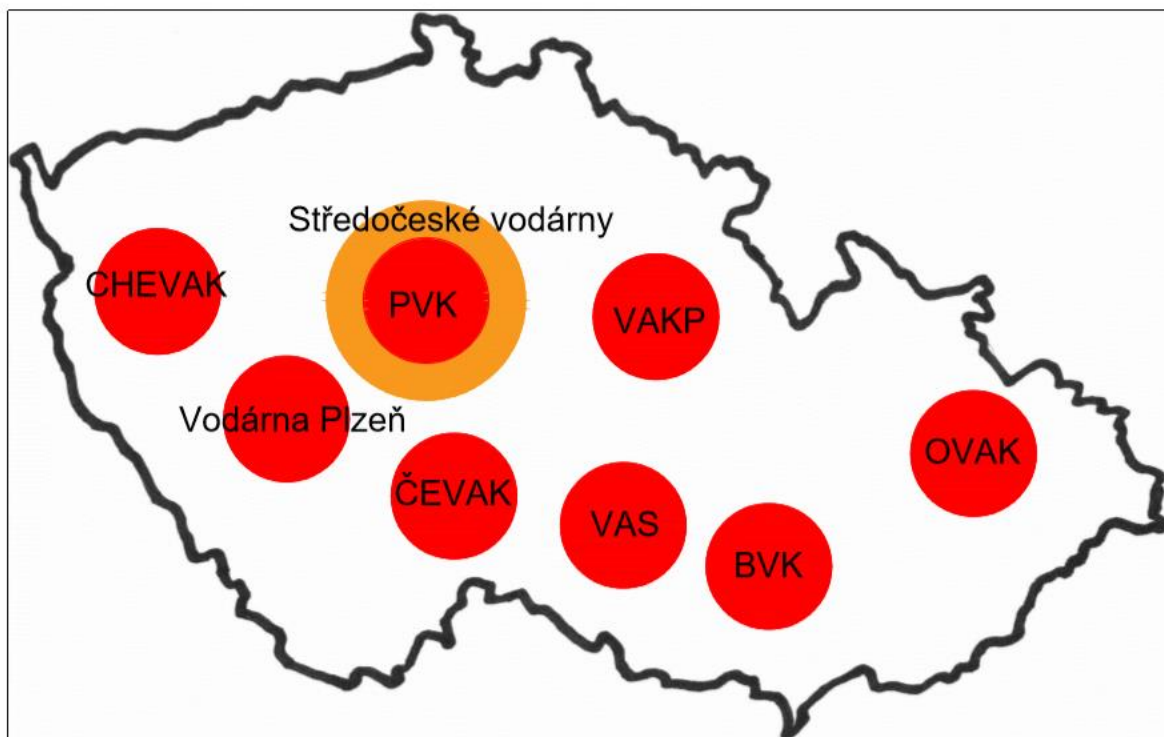
Vodárenská akciová společnost, a. s. (dále jen VAS): Společnost VAS zajišťuje distribuci pitné vody a odvod odpadních vod pro více než 500 tis. obyvatel Vysočiny a Jihomoravského kraje. Celková délka vodovodní sítě činí přibližně 5 000 km. [21]

Vodárna Plzeň, a.s.: Provoz vodárenské infrastruktury města Plzeň a přilehlých oblastí řídí společnost Vodárna Plzeň. Zásobuje vodou bezmála 230 tis. obyvatel. [22]

Vodovody a kanalizace Pardubice, a.s. (dále jen VAKP): Tato vodohospodářská společnost založena r. 1994 má na starost provoz vodovodní a kanalizační sítě města Pardubice. Celkem provozuje přibližně 1 250 km vodovodu a zásobuje pitnou vodou více než 160 tis. obyvatel. [23]

CHEVAK, a.s.: Společnost CHEVAK zajišťuje zásobování pitnou vodou a zabezpečení odpadních vod pro oblast bývalého okresu Cheb. Celkem zásobuje pitnou vodou přibližně 85 tis. obyvatel. [24]

Přibližné oblasti působnosti jednotlivých vodárenských společností jsou patrné z obrázku 20.



Obrázek 20 – přibližné oblasti působnosti vybraných vodárenských společností

11. Porovnání vodárenské části městských standardů vybraných společností

Vodárenská část městských standardů je dokument stanovující pravidla a podmínky pro navrhování, posuzování a provoz vodovodních sítí včetně přípojek a objektů na těchto sítích. *Městské standardy jsou závazné pro přípravu a realizaci nových objektů a obnovu současného zařízení umožňujícího dopravu pitné vody na území celého města. [22]*

Okruhy vodárenské části městských standardů vybrané k porovnání jsou následující:

- Ochranné pásmo vodovodu
- Výškové vedení vodovod
- Výstavba vodovodních řadů v otevřeném výkopu
- Materiály a armatury
- Ochrana potrubí proti korozi
- Tlakové zkoušky
- Hygienické zabezpečení vody
- Statické zajištění potrubí

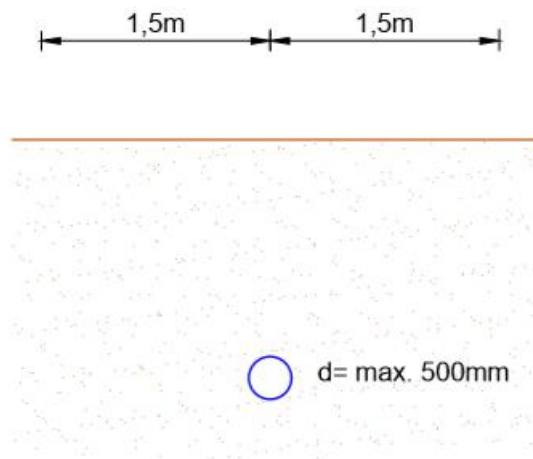
11.1 Ochranné pásmo vodovodu

Ochranné pásmo vodovodu je oblast vymezená svislými rovinami vedenými na obě strany od vnějšího líce potrubí nebo od stěn jiných vodárenských objektů. Předepsané vzdálenosti ochranných pásem jsou uvedeny v zákoně č. 274/2011 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Výjimku těchto předepsaných vzdáleností povoluje vodoprávní úřad. [7]

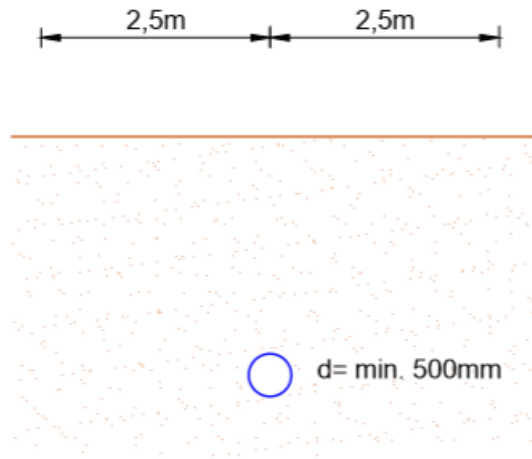
Předepsané vzdálenosti ochranných pásem:

- *U řadů do DN 500 včetně – 1,5 m od vnějšího líce potrubí na každou stranu*
- *U řadů nad DN 500 – 2,5 m od vnějšího líce stěny potrubí na každou stranu*
- *U čerpacích stanic a vodojemů – 2 m od vnějšího líce nadzemního nebo podzemního objektu*
- *U vodovodů o průměru nad 200 mm, jejichž dno je uloženo v hloubce větší než 2,5 m pod upraveným povrchem, se vzdálenosti od vnějšího líce zvětšují o 1,0 m [7]*

Rozsah ochranného pásma u nově navrhovaných vodovodních řadů je součástí vodoprávního rozhodnutí. První dva případy ochranných pásem jsou schematicky znázorněny na obrázcích 21 a 22. Ochranné pásmo pro vodovodní přípojky se řídí podle ČSN 75 5411 Vodovodní přípojky. Předepsaná vzdálenost tohoto ochranného pásma je 1,5 m.



Obrázek 21 – Ochranné pásmo vodovodu u řadů do DN 500 včetně



Obrázek 22 – Ochranné pásmo vodovodu u řadů nad DN 500

Ve většině porovnávaných městských standardů vybraných vodárenských společností byly uvedeny stejné hodnoty, jedinou odchylkou byly Středočeské vodárny, které ve svých technických standardech uvádí, že pokud je dno vodovodu uloženo v hloubce větší než 2,5 m, tak bez ohledu na velikost profilu potrubí je ochranné pásmo 2,5 m, o zvětšujících se vzdálenostech o 1 m na každou stranu nebyla zmínka.

11.2 Výškové vedení vodovodu

U problematiky výškového vedení vodovodu jsou stěžejními kritérii krytí vodovodního potrubí, podélné sklony potrubí a křížení (s inženýrskými sítěmi, s vodními toky, s komunikacemi). Tyto hodnoty jsou předepsány přílohou B ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení. Velikost krycí vrstvy se liší podle toho, zda se jedná o územní zastavěné či nezastavěné. Hodnoty minimálního a maximálního krytí potrubí pro zastavěná území shromážděné z vybraných městských standardů jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 1 - krytí potrubí v zastavěném území		
Povrch	Krytí potrubí (m)	
	min.	max.
Vozovka	1,5	1,8
Chodník	1,3	1,6
Volný prostor	1,2	1,7
Vodní tok	1,2	-
Dráha (tramvaj, železnice)	1,5	-

Jak již bylo zmíněno v teoretické části BP, hodnoty krytí pro nezastavěná území by neměla přesahovat 1 m a pro zastavěná území 2 m, výjimky jsou povoleny pouze v opodstatněných případech.

Hodnoty krytí pro nezastavěná území se nelišily v žádných ze zkoumaných městských standardů, pouze v hodnotách krytí pro zastavěná území byly rozdíly. Například společnost VAKP uvádí, že minimální hodnota krytí vodovodního potrubí v zastavěném území by měla být vždy 1,5 m bez ohledu na to, jedná-li se o potrubí uložené ve vozovce či ve volném prostoru. Společnost CHEVAK má zase jako jediná ve svých technických standardech hodnoty krytí rozdělené podle průměru potrubí.

Porovnávání hodnot minimálního podélného sklonu přineslo zajímavé poznatky. Téměř všechny vybrané vodárenské společnosti používají pro návrh minimálního sklonu hodnoty z tabulky č. 4, ovšem hodnoty minimálních sklonů z technických standardů společností PVK a CHEVAK jsou stejné a liší se od ostatních společností (viz. tabulka č. 5).

Tabulka 2 - Podélné sklonu uložení vodovodního potrubí	
Profil potrubí (mm)	Podélný sklon
do DN 200	min. 3 ‰
DN 250 - DN 500	min. 1 ‰
nad DN 600 včetně	min. 0,5 ‰

Tabulka 3 - Podélné sklonu (společnosti PVK a CHEVAK)	
Profil potrubí (mm)	Podélný sklon
do DN 200	min. 3 ‰
DN 250 - DN 500	min. 2 ‰
nad DN 600 včetně	min. 1 ‰

Křížení: V technických standardech vybraných vodárenských společností se nevyskytovali žádné rozdíly v minimálních vzdálenostech při křížení s inženýrskými sítěmi, komunikacemi či vodními toky. Hodnoty těchto vzdáleností jsou popsány v teoretické části BP v kapitole vodovodní sítě – směrové a výškové vedení vodovodu.

11.3 Výstavba vodovodních řadů v otevřeném výkopu

Podmínky pro výstavbu vodovodního potrubí ukládaného do země stanovuje ČSN 73 3055. Porovnávanými kritérii výstavby jsou šířka zapažené rýhy dle hloubky výkopu a šířka zapažené rýhy dle dimenze potrubí a obsyp potu. Hodnoty shromážděné z vybraných městských standardů jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Tabulka 4 - šířka zapažené rýhy dle hloubky výkopu (ČSN)	
Hloubka rýhy H	Šířka rýhy
1,00 m < H < 1,75 m	0,8 m
1,75 m < H < 4,00 m	0,9 m
H > 4,00 m	1,0 m

Tabulka 5 - šířka zapažené rýhy dle dimenze (ČSN)	
DN potrubí (mm)	Šířka rýhy
< 225	DN + 0,40 m
> 225 až < 350	DN + 0,50 m
> 350 až < 700	DN + 0,70 m
> 700 až < 1200	DN + 0,85 m
> 1200	DN + 1,00 m

[25]

Hodnoty šířek zapažené rýhy v otevřených výkopech byly ve všech technických standardech vybraných vodárenských společností stejné nebo nebyly uvedeny.

11.4 Materiály a armatury

Co se týče problematiky materiálu vodovodního potrubí a armatur na něm umístěných, městské standardy všech vybraných společností se řídí stejnými normami a používají stejné materiály. Dnes se pro výstavbu nového potrubí používá nejčastěji tvárná litina či plast. Informace o používaných materiálech a armaturách jsou obsaženy v teoretické části BP v kapitolách trubní materiály a armatury.

11.5 Ochrana potrubí proti korozi

Potrubí vodovodního řadu je potřeba chránit proti korozi, vnitřní i vnější. Vnitřní koroze kovového potrubí vzniká působením CO₂ a O₂ ve vodě, Vnější korozi způsobuje zejména agresivní půdní prostředí a výskyt bludných proudů v zemině. Ochrana proti korozi se rozděluje na aktivní a pasivní. Aktivní ochrana je pouze doplňkovou ochranou, kvalita a provedení pasivní ochrany je pro omezení koroze klíčová. K zjištění vlivu agresivity zemního prostředí na materiál vodovodního potrubí se provádí řada průzkumu a zkoušek, a to měření rezistivity (zdánlivého měrného odporu půdy), chemický rozbor vodních výluhů z odebraných vzorků zemin a zjištění bludných proudů (přítomnosti cizího proudového pole). Tyto průzkumy jsou nezbytné pro volbu vhodné protikorozi ochrany odpovídající prostředí, do kterého bude potrubí ukládáno. Postupy průzkumů a hodnoty používané při výpočtech a zkouškách byly ve všech zkoumaných městských standardech stejné, nebo nebyla protikorozi ochrana vůbec zmíněna. Hodnoty pro výpočty jsou rozděleny podle stupně agresivity prostředí v následující

tabulce, která se řídí ČSN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi.

Tabulka 6 - Stupně agresivity pro ocelová svařovaná potrubí					
Stupeň agresivity prostředí	Zdánlivý měrný odpor (Ωm)	Hustota proudu v zemi (mA/m ²)	Obsah síranů (%)	Obsah chloridů (%)	Reakce vody pH
I. Velmi nízká	> 100	< 0,00001	< 0,1	< 0,02	6,5 - 8,5
II. Střední	50 - 100	0,003 - 0,00001	0,1 - 0,2	0,02 - 0,05	8,5 - 14
III. Zvýšená	23 - 50	0,1 - 0,003	0,2 - 0,3	0,05 - 0,1	6,0 - 6,5
IV. Velmi vysoká	< 23	> 0,1	> 0,3	> 0,1	< 6,0

[26]

11.6 Tlakové zkoušky

Před uvedením vodovodu či vodovodní přípojky do provozu musí úspěšně proběhnout tlaková zkouška. Ta probíhá za přítomnosti správce a provozovatele. Jestliže je tlaková zkouška neúspěšná, musí se o tom provést zápis. Postup při tlakových zkouškách se řídí ČSN 75 5911 Tlakové zkoušky vodovodních řadů.

Tlakové zkoušky jsou úsekové a celkové. Nejprve se provádí tlakové zkoušky úsekové na nezasypaném potrubí.

Úseková zkouška: Cílem této zkoušky je prokázat odolnost vůči vnitřnímu přetlaku a vodotěsnost daného úseku. U řadů rozváděcích se délka zkoušeného úseku volí do 500 m, u řadů ostatních do 1000 m, rozdíl nivelety potrubí by v daném úseku neměl překročit 20 m. Nejdříve se potrubí plní z nejnižšího místa vodou, poté se odvzdušní a až do samotného provedení tlakové zkoušky se nechává pod provozním tlakem. Doba, po které se může vlastní tlaková zkouška provádět je závislá na materiálu potrubí:

- u litinových potrubí s vnitřní PUR ochranou a potrubí ocelových se může provádět ihned,
- u potrubí z PE se může provádět nejdříve po 12 hodinách,
- u potrubí s vnitřní cementovou výstelkou se může provádět nejdříve po 24 hodinách.

Taktéž hodnota zkušebního přetlaku se volí dle použitého materiálu:

- minimálně jako 1,3násobek maximálního provozního tlaku u potrubí z PE,
- minimálně jako 1,5násobek maximálního provozního tlaku u potrubí z oceli a tvárné litiny.

Tlaková zkouška je rozdělena na tři fáze. Tou první je kontrola pevnosti a vodotěsnosti. Poté, co se zvýší provozní přetlak na přetlak zkušební je přerušeno čerpání na 15 minut a sleduje se pokles tlaku. Následuje prohlídka zkoušeného potrubí, při které se opět zvýší přetlak

z provozního na zkušební, který se pak minimálně po dobu 30 minut udržuje. Zároveň se kontroluje, jestli nedochází k úniku vody. Třetí fází je zkouška pevnosti a vodotěsnosti, při které se opět zvyšuje přetlak na zkušební, čerpání se přerušuje na dobu 15 minut a kontroluje se následný pokles tlaku. Tlaková zkouška vyhovuje, pokud pokles tlaku není větší než 0,02 MPa.

Celková tlaková zkouška: Celková neboli závěrečná tlaková zkouška se provádí při předávání stavby. Touto zkouškou se prokazuje správné propojení všech dříve odzkoušených úseků celého funkčního celku. Potrubí je již celé zasypané, jsou na něm namontovány všechny armatury a tvarovky a uzávěry jsou kromě těch koncových otevřené. Příprava na zkoušku probíhá tak, že se nejdříve po naplnění a odvzdušnění udržuje potrubí pod provozním přetlakem do začátku zkoušky. Samotná zkouška trvá 8 hodin, zkušební přetlak se volí na maximální hodnotu přetlaku provozního. Zkouška vyhovuje, pokud přetlak v potrubí neklesne pod 90% hodnoty maximálního provozního přetlaku.

Tlakové zkoušky přípojek: Princip tlakových zkoušek vodovodních přípojek je stejný jako pro vodovodní řady, jen se u přípojek z PE do d 50 a délky 30 m provádí pouze jedna tlaková zkouška. Zkouška trvá 10 minut pod zkušebním přetlakem rovným 1,3násobku maximálního provozního přetlaku. Po danou dobu nesmí klesat tlak v potrubí a nesmí být viditelné jakékoli úniky vody. Jestliže se vodovodní přípojka skládá pouze z jednoho kusu trubního materiálu beze spojů, potrubí se pak může odzkoušet při hodinové zkoušce na maximální provozní přetlak.

V porovnávaných městských standardech vybraných vodárenských společností nebyli v popisu postupu tlakových zkoušek žádné rozdíly. Všechny se řídí podle výše zmíněné ČSN 75 5911.

11.7 Hygienické zabezpečení vody

Jakost vody je zdravotně zabezpečena pomocí plynného chloru, chlornanu sodného či jiného dezinfekčního činidla uvedeného ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., která stanovuje hygienické požadavky pro pitnou a teplou vodu. Dále určuje velikost a četnost kontrol pitné vody podle daných předpisů. Dezinfekční prostředky musí kvalitativně odpovídat zákonu č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a s vyhláškou č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody ve znění pozdějších předpisů. Kvalitu dezinfekčních přípravků prokazuje dodavatel či výrobce. Hygienické zabezpečení vody se rozděluje na zabezpečení při běžném provozu vodovodní sítě a na zabezpečení při výstavbě a rekonstrukcích na síti.

Hygienické zabezpečení vody při běžném provozu: Hlavní faktory ovlivňující kvalitu vody ve vodovodní síti jsou následující:

- kvalita surové vody
- technologický proces úpravy surové vody
- procentuální obsah organických látek ve vodě upravené
- celková doba zdržení vody v potrubí
- kvalita vnitřního povrchu potrubí

Podle výše zmíněné vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. je obsah volného chlóru u spotřebitele uveden v následující tabulce.

Tabulka 7 - obsah volného chlóru v distribuční síti (mg/l)
0,05 - 0,3

Hygienické zabezpečení vody při výstavbě a rekonstrukcích: Pokud je vodovodní potrubí při svém provozu jakkoli znečištěno, provádí se proplachy kontaminovaných úseků potrubí. Při proplachování vodovodního potrubí se počítá se zvýšeným dávkováním chlóru a chlornanu sodného. Chlór se dávkuje co nejbližší směru toku vody v potrubí v maximální koncentraci 0,3 mg/l, povolené dle vyhlášky č. 252/2004 Sb., viz tabulka 7.

V městských standardech vybraných vodárenských společností se problematika hygienického zabezpečení řídí bez výjimky vyhláškami Ministerstva zdravotnictví.

11.8 Statické zajištění potrubí

Zásady návrhu uložení potrubí jsou popsány v ČSN EN 1295–1, koncepce statického výpočtu potrubí se řídí podle TNV 75 0211. Pokud statický výpočet prokáže, že potrubí není schopno spolehlivě přenášet silové deformační účinky vnějšího i vnitřního zatížení, jsou navrženy bloky či jiná opatření na zajištění potrubí (zámkové spoje aj.). Bloky slouží k usměrňování kinetické a tlakové síly vody proudící v potrubí. Druhy bloků k zajištění vodovodního potrubí jsou následující:

- bloky opěrné
- bloky kotevní
- bloky záchytné

Opěrné bloky: K přenášení výslednice sil z potrubí směrem do boku nebo do podloží slouží opěrné bloky

Kotevní bloky: Tento typ bloků zachycuje tahovou sílu mezi blokem a zeminou svou vlastní tíhou.

Záchytné bloky: Bloky zabraňující nežádoucímu vyplavování obsypu a podsypu potrubí ve stavební rýze se nazývají záchytné. Nejčastěji se využívají u sklonů uložení potrubí větších než 15 %.

Ve vybraných technických standardech nebyly v kapitolách o statickém zajištění potrubí větší rozdíly, jediným rozdílem byl mezní sklon, při kterém se doporučeno navrhovat záchytné bloky. Většina vodárenských společností uváděla ve svých standardech mezní hodnotu sklonu pro návrh záchytných bloků 15 %, tato hodnota nesouhlasila pouze ve standardech společností PVK a CHEVAK. Městské standardy společnosti PVK uvádí hodnotu doporučeného sklonu pro návrh kotevních bloků 10 %, standardy společností CHEVAK uvádí 25 %, což je překvapivě velký rozdíl.

11.9 Shrnutí

Není překvapením, že v městských standardech všech vybraných vodárenských společností nebyly u zkoumaných okruhů nalezeny větší rozdíly. Největší rozdíly byly nalezeny při porovnání návrhových podélných sklonů uložení potrubí a v kritériích pro návrh statického zajištění. Menší rozdíly se vyskytovali u problematiky předepsaného krytí a ochranných pásem. Zajímavým poznatek je fakt, že většinou byly největší odchylky od „normálu“ v hodnotách jednotlivých okruhů pozorovány ve standardech společností PVK a CHEVAK, ačkoli jedna společnost má za úkol provozovat vodohospodářskou infrastrukturu města Prahy a okolí a druhá města Chebu a okolí. Města Praha a Cheb se výrazně liší rozlohou a počtem obyvatel, proto je zajímavé, že zrovna v městských standardech těchto oblastí jsou některé okruhy stejné a zároveň se liší od ostatních oblastí.

Závěr

Bakalářská práce se zabývá problematikou vodárenské části městských standardů. Celkem bylo vybráno 8 vodárenských společností (PVK, BVK, Středočeské vodárny, OVAK, CHEVAK, ČEVAK, vodárna Plzeň, VAS a VAKP), z městských standardů těchto společností bylo vybráno celkem 8 okruhů (ochranné pásmo vodovodu, výškové vedení vodovodu, výstavba vodovodních řadů v otevřeném výkopu, materiály a armatury, ochrana potrubí proti korozi, tlakové zkoušky, hygienické zabezpečení vody a statické zajištění potrubí) které byly hlouběji zkoumány a porovnávány. Až na výjimky nebyly nalezeny výrazné rozdíly informací obsažených v jednotlivých městských standardech vybraných vodárenských společností.

V současné době nejsou oficiálně vydány jednotné městské standardy s působností po celé České republice, proto může komplexní shrnutí vybraných okruhů městských standardů sloužit jako jeden z podkladů pro návrh nových vodovodních systémů na území ČR.

Literatura

- [1] **Tesařík, Igor.** *Vodárenství*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987. str. 440. L17-C3-IV31/78334.
- [2] **Grünwald, Alexander, Macek, Lubomír a Šrytr, Petr.** *Vodárenství*. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998. str. 192. 80-238-9946-5.
- [3] **Ing. Pavel Chejnovský.** *Vodárenství – vodovodní síť*: Pro Vyšší odbornou školu stavební a Střední školu stavební Vysoké Mýto [online]. [cit. 2020-05-15].
- [4] **Novák, Josef a kol.** *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy : Medim, 2003. str. 151. 80-238-994-5.
- [5] **Hasík, Otakar, Dostálová, Jarmila.** *Stavby pro zásobování vodou a odkanalizování*: pro rozsah studia jednoho semestru. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0222-8.
- [6] *Instalace vody a kanalizace* [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/177/01.html>.
- [7] *Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*, [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>.
- [8] *Norma ČSN 73 6005, Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. [cit. 2020-05-13].
- [9] *Norma ČSN 75 5630, Podchody vodovodního potrubí pod železnicí a silniční komunikací* [cit. 2020-05-14].
- [10] **Pipelife Czech. s.r.o.** *Tlakové potrubí z PVC* [online]. [cit. 2020-05-14] Dostupné z: https://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_downloads/2018_TLAKOVE-POTRUBI-PVC.pdf.
- [11] **Onlineschool.cz.** *Rovnice kontinuity* [online]. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://onlineschool.cz/fyzika/rovnice-kontinuity/>.
- [12] *Přenáška předmětu 1141 HYA (Hydraulika 1)* [online]. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/prednasky/04_hydraulika_potrubí.pdf.
- [13] **HOBAS** – *Technický průvodce* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <http://www.hobas.cz/technicky-pruvodce.html>.

[14] **Studijni-svet.cz** – *Materiál vodovodního potrubí* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://studijni-svet.cz/material-vodovodniho-potrubí/>.

[15] *Potrubí a armatury: stavba a provoz strojů I* [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/208/07.html>.

[16] **Pražské vodovody a kanalizace, a.s.** – *Městské standardy vodovodů a kanalizací na území hl. m. Prahy – Vodárenská část. 6. aktualizace* – leden 2020.

[17] **Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.** – *Městské standardy pro vodovodní síť*. Aktualizace 22. 12. 2010.

[18] **ČEVAK, a.s.** – *Technické požadavky na vnitřní vodovod a na vodovodní přípojky napojené na vodovod ve správě společnosti*.

[19] **Středočeské vodárny, a. s.** – *Technický standard vodohospodářských staveb*. Aktualizace leden 2018.

[20] **Ostravské vodárny a kanalizace, a.s.** – *Požadavky na provádění vodovodních řadů a přípojek*. Aktualizace 5.3. 2019.

[21] **Vodárenská akciová společnost, a.s.** – *Technické standardy pro vodovody a kanalizace*. Aktualizace listopad 2016.

[22] **Vodárna Plzeň, a.s.** – *Plzeňský standard – Kanalizace a Vodovod*. Aktualizace 17. 10. 2017.

[23] **Vodovody a kanalizace Pardubice, a.s.** – *Technické standardy infrastruktury vodovodů a kanalizací*. Aktualizace 2019.

[24] **CHEVAK Cheb, a.s.** – *Materiálové a technické standardy vodárenských a kanalizačních zařízení*. Aktualizace srpen 2016.

[25] *Norma ČSN 73 3055, Zemní práce při výstavbě potrubí*. [cit. 2020-05-22].

[26] *Norma ČSN 73 3055, Zemní práce při výstavbě potrubí*. [cit. 2020-05-22].

Seznam obrázků:

Obrázek 1: (autor Ondřej Bledý).....	9
Obrázek 2: [3].....	10
Obrázek 3: [3].....	11
Obrázek 4: [3].....	12

Obrázek 5: [3].....	13
Obrázek 6: [3].....	13
Obrázek 7: [3].....	14
Obrázek 8: [2].....	16
Obrázek 9: [8].....	17
Obrázek 10: [8].....	18
Obrázek 11: [10].....	20
Obrázek 12: [10].....	20
Obrázek 13: Akvael s.r.o. [online]. http://www.vodojemy.cz/vodojemy/zemni/	23
Obrázek 14: Geocoaching.com [online]. https://www.geocaching.com/geocache/GC6EP2X_voda-na-hranicku-iii-vodojem-usti?guid=4d97e7bf-7c78-4711-9244-50d83c9c1a95	24
Obrázek 15: [3].....	26
Obrázek 16: [12].....	28
Obrázek 17: [15].....	32
Obrázek 18: [8].....	33
Obrázek 19: [1].....	34
Obrázek 20: (autor Ondřej Bledý).....	38
Obrázek 21: (autor Ondřej Bledý).....	39
Obrázek 22: (autor Ondřej Bledý).....	40
Seznam tabulek:	
Tabulka 1: (autor Ondřej Bledý).....	40
Tabulka 2: (autor Ondřej Bledý).....	40
Tabulka 3: (autor Ondřej Bledý).....	40
Tabulka 4: (autor Ondřej Bledý) [25].....	40
Tabulka 5: (autor Ondřej Bledý) [25].....	40
Tabulka 6: (autor Ondřej Bledý) [26].....	40

Tabulka 7: (autor Ondřej Bledý).....40