

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra zdravotního a ekologického inženýrství



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh systému zásobování pitnou vodou ve vybrané obci

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

Květen 2020

Bc. Štefan Ambrozi

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Ambrozi Jméno: Štefan Osobní číslo: 395632
Zadávací 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 ve vybrané obci.

Název diplomové práce anglicky: Design of drinking water supply system in selected municipality.

Pokyny pro vypracování:

Rešerše literatury k dané tématice. Analýza dané lokality. Návrh systému zásobování pitnou vodou ve formě studie. Vytvoření matematického modelu vodovodu. Posouzení a vyhodnocení výsledků. Závěry a doporučení.

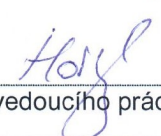
Seznam doporučené literatury:

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. 482/2001 Sb., ČSN EN 805, ČSN 75 5401.

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

Datum zadání diplomové práce: 18.02.2020 Termín odevzdání diplomové práce: 17.05.2020

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“.

21.2.2020
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT č. 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

.....

Místo zpracování, datum

.....

Bc. Štefan Ambrozi

Poděkování:

Děkuji panu Ing. Filipu Horkému, Ph.D., který mne vedl při zpracování této závěrečné práce. Věnoval mi svůj čas i přesto, že ve světě panoval nouzový stav, kvůli kterému jsme nemohli provádět osobní konzultace. Jeho pozitivní přístup, odborné rady a postřehy mi umožnili práci dokončit.

Dále bych rád stručně poděkoval všem osobám, které mě provázeli po celou dobu mého studia. Jsou jimi učitelé, spolužáci, kolegové z práce, a především má rodina.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá zásobováním obyvatelstva pitnou vodou. V první části práce je vypracována rešerše odborné literatury na téma vodárenství. V druhé části je zdokumentován současný stav zásobování pitnou vodou ve vybrané obci, proveden výpočet potřeby vody a navrženo rozšíření sítě do zbytku zastavěného území. Návrhový stav je vymodelován a následně vyhodnocen pomocí programu EPANET 2, který slouží k posuzování a navrhování vodárenských systémů.

Klíčová slova

vodovod, vodovodní potrubí, pitná voda, potřeba vody, automatická tlaková stanice, EPANET, hydraulické modelování

Abstract

The main topic of this thesis is supply of drinking water. The first section of the thesis consists of technical literature search on the topic water supply. In the second part, there is a documentation of current status of water supply in selected municipality, water demand calculation and new design of network expansion. The design is modeled and evaluated with use of EPANET 2, which is a program for water flow calculation.

Key words

water supply, water pipes, drinking water, water demand, automatic pressure station, EPANET, hydraulic modeling

Obsah

OBSAH	1
1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE	3
2 TEORETICKÁ ČÁST – LITERÁRNÍ REŠERŠE	4
2.1 VODÁRENSKÉ SOUSTAVY	4
2.1.1 Prvky vodárenských soustav	5
2.2 NAVRHOVÁNÍ VODOVODŮ	16
2.2.1 Výpočet potřeby vody	16
2.2.2 Hydraulika trubních sítí	20
2.2.3 Návrh vodojemu	22
2.2.4 Legislativní a normové požadavky	24
2.3 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ VODOVODNÍ SÍTĚ	24
2.3.1 EPANET 2.0	25
3 PRAKTICKÁ ČÁST – VODOVOD KOZMICE	29
3.1 POPIS ŘEŠENÉ LOKALITY	29
3.1.1 Širší vztahy	29
3.1.2 Zastavěné území obce	30
3.2 ÚZEMNĚ PLÁNOVACÍ DOKUMENTY	30
3.2.1 Územní plán	30
3.2.2 Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území kraje (PRVKÚK)	32
3.3 SOUČASNÝ STAV ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU	33
3.3.1 Zdroje pitné vody	33
3.3.2 Vodárna	34
3.3.3 Vodovodní síť	37
3.4 NÁVRH ZÁSOBOVÁNÍ OBCE KOZMICE PITNOU VODOU	38
3.4.1 Zdroje pitné vody	39
3.4.2 Vodárna	40
3.4.3 Vodovodní síť	44

3.5	POSOUZENÍ VODOVODNÍ SÍŤE.....	47
3.5.1	<i>Rekapitulace stanovených cílů</i>	47
3.5.1	<i>Výpočet potřeby vody</i>	48
3.5.2	<i>Model vodovodní sítě v programu EPANET 2</i>	49
4	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ	72
4.1	POTŘEBA VODY A VYDATNOST VODNÍCH ZDROJŮ.....	73
4.2	TRUBNÍ SÍŤ.....	73
4.3	AKUMULACE.....	75
4.4	AUTOMATICKÁ TLAKOVÁ STANICE.....	77
5	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
6	SEZNAM TABULEK	80
7	SEZNAM PŘÍLOH	80
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	81

1 Úvod a cíle práce

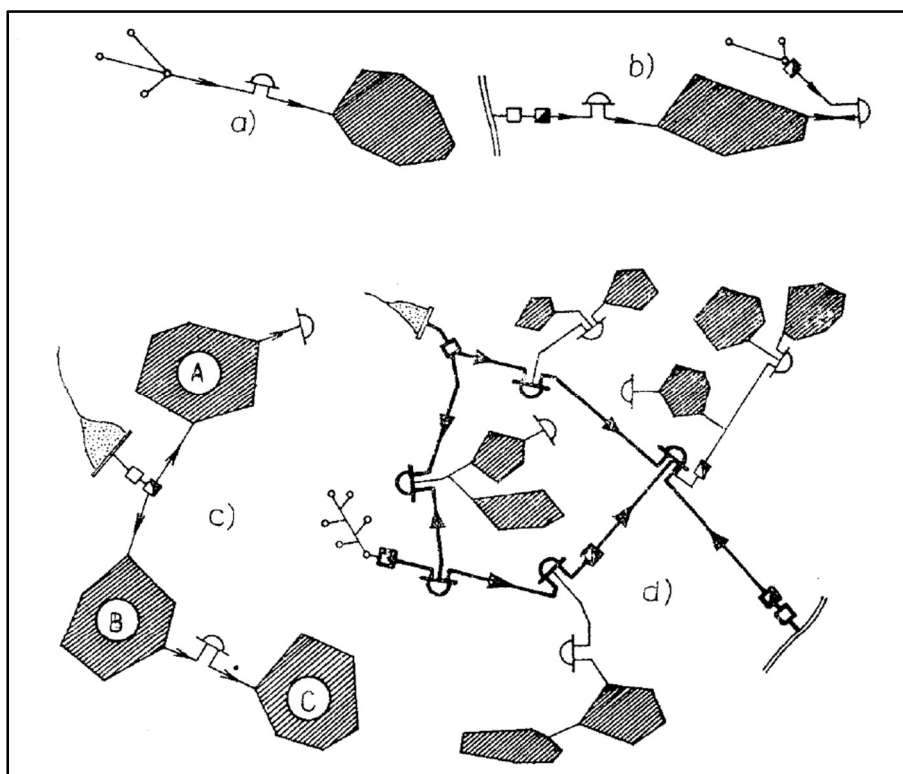
Tato diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením vodovodní sítě ve vybrané lokalitě. Tou je obec Kozmice, která leží v okrese Benešov, poblíž exitu 34 dálnice D1. Obec v současné době provozuje malou vodárnu s automatickou tlakovou stanicí a výtlačnými řady na části svého území. Tento systém byl vybudován developery v letech 2004 a 2014. V současné době se obec připravuje na rozšíření sítě sítí na celé své zastavěné území. To by mělo spočívat v posílení vodního zdroje, výstavbě nových řadů, zvětšení akumulčního prostoru a úpravě technologie vodárny.

Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout rozšíření stávajícího systému, jeho vymodelování a následné posouzení v programu EPANET 2. Celý návrh by měl být v souladu s technickými normami a platnou legislativou ČR. Zároveň by ale měl být ekonomický a vycházet z podmínek, které jsou dané současnou podobou vodovodní sítě. Výsledkem by mělo být doporučení, jak má obec nadále postupovat ve věci rozšiřování vodovodní sítě. Výsledky by mělo být možné využít jako podklad pro projektovou dokumentaci.

2 Teoretická část – Literární řešerše

2.1 Vodárenské soustavy

Pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou jsou v dnešní době budovány více či méně rozsáhlé systémy, které lze souhrnně označit termínem vodárenské soustavy. Jedná se o soubor vzájemně propojených prvků, které dohromady tvoří komplexní celek, sloužící k zajištění dodávky pitné vody spotřebiteli. Vodárenské soustavy vznikaly už ve starověku, a cesta k jejich současné podobě byla dlouhá. V současné době lze pozorovat trend stále se zvětšujících vodárenských systémů, nicméně ani vznik nových lokálních vodovodů není výjimkou. Jedním ze způsobů členění vodárenských soustav je podle jejich územní působnosti. Nejmenší vodárenské soustavy mohou obsluhovat spotřebiště sestávající jen z několika málo domů. Na druhé straně spektra jsou systémy, které zajišťují dodávku vody pro území okresů či krajů. Na Obr. č. 1 jsou tyto systémy znázorněny. [1]



Obr. č. 1 – Územní působnost vodárenských soustav [1]

Poznámky k Obr. č. 1 [1]:

- a) místní vodovod s jedním zdrojem vody
- b) místní vodovod s více zdroji vody
- c) skupinový vodovod
- d) oblastní vodovod

2.1.1 Prvky vodárenských soustav

V následující kapitole budou popsány jednotlivé prvky vodárenských soustav. Ne každý navrhovaný systém musí nutně sestávat ze všech zmíněných prvků. O konkrétním složení a uspořádání systému rozhoduje řada faktorů, jako je například velikost zásobovaného území, morfologie terénu, typ a kvalita vodních zdrojů a další.

Základní prvky vodárenských soustav

- Zdroj vody
- Úpravna vody
- Čerpací stanice
- Akumulace
- Doprava vody

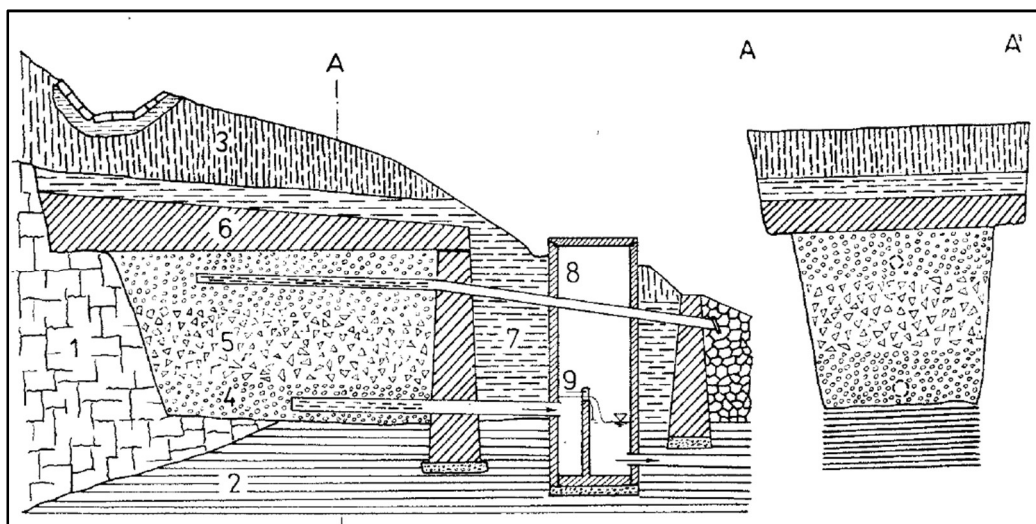
a) Zdroj vody

Vodní zdroje se dělí do dvou hlavních skupin podle toho, odkud voda v daném zdroji pochází. Na pitnou vodu může být upravena jak voda podzemní tak i povrchová. Oba typy vody mají své výhody, nevýhody a specifické požadavky na úpravu kvality i techniku jímání.

Zdroje podzemní vody

Hlavními procesem, který nám dovoluje získávat podzemní vodu je infiltrace srážek do půdy. To úzce souvisí se skladbou horninového podloží a s propustností půdy. Ve vodárenství má praktický význam pouze voda v tzv. zvodnělé vrstvě. Vodu ze zvodnělé vrstvy je možné získat podzemními jímacími objekty, které lze rozdělit na plošné, vertikální a horizontální. [1]

Plošné jímací objekty, pramenní jímký, se v dnešní době budují už jen ojediněle. Jedná se o zařízení sloužící k zachycení plošných vývěrů a pramenů vody. Oproti objektům, které vodu jímají ve větších hloubkách, hrozí při této metodě daleko větší riziko kolísání vydatnosti a kvality vody. [1]

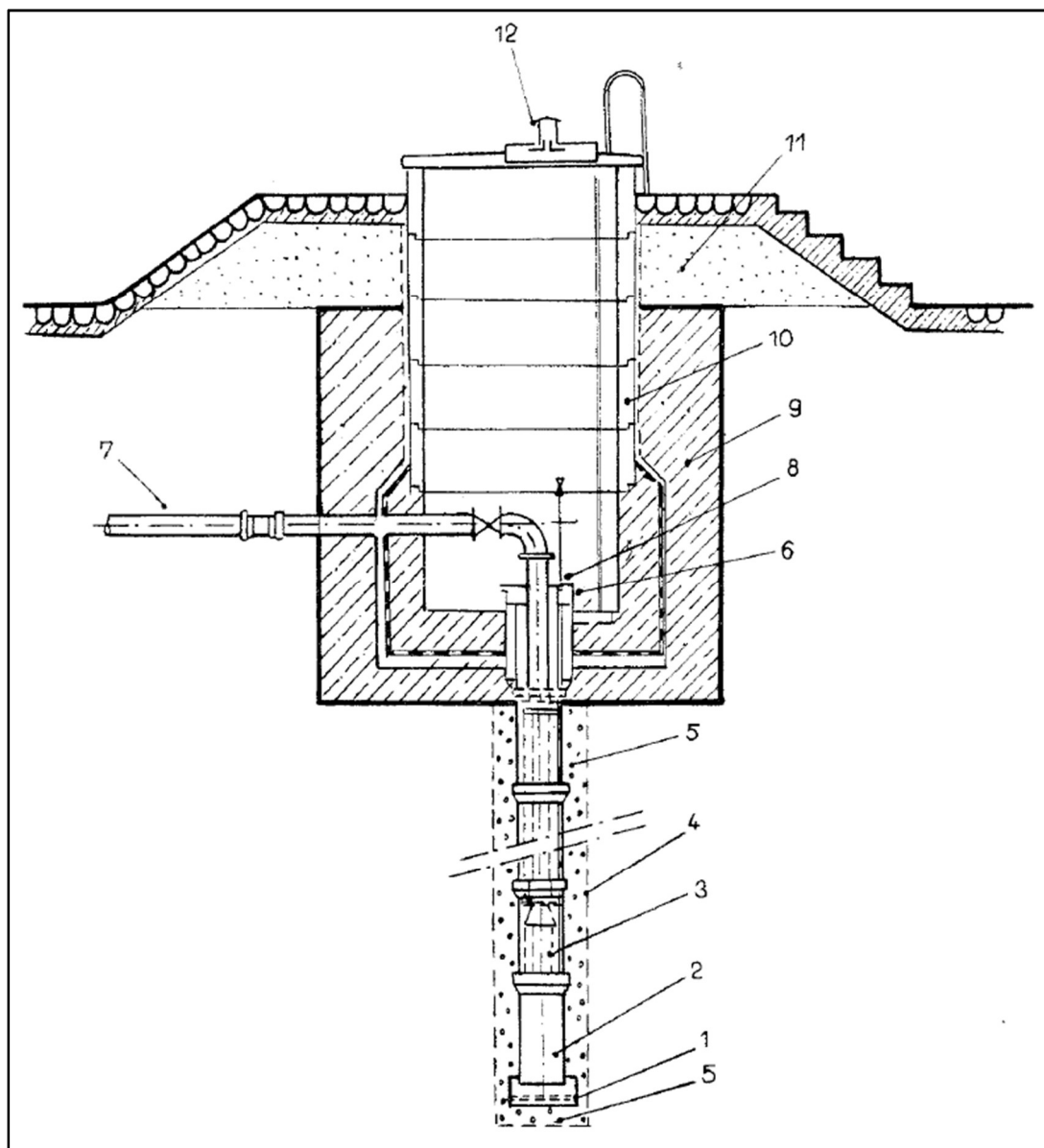


Obr. č. 2 – Pramenní jímka [1]

Poznámky k Obr. č. 2 [1]:

1 – křídové spongility, 2 – slánovce, 3 – hlíny, 4 – štěrkový obsyp, 5 – kamenný zásyp, 6 – betonové krytí jímání, 7 – jílové těsnění, 8 – šachtice, 9 – měrný přeliv

Vertikální jímací objekty jsou nejrozšířenějším typem objektů pro jímání podzemní vody. Způsobů hloubení existuje více (kopání, nárazové vrtání, rotační vrtání) a jejich volba se odvíjí od geologie podloží, požadované hloubky a průměru objektu. V dnešní době jsou nejčastěji využívány vrtané studny. Po provedení vrtných prací a ověření vydatnosti se vrt vystrojí, příklad takového vystrojení vidět na Obr. č. 3. [1]



Obr. č. 3 – Vrtaná studna se zhlavím [1]

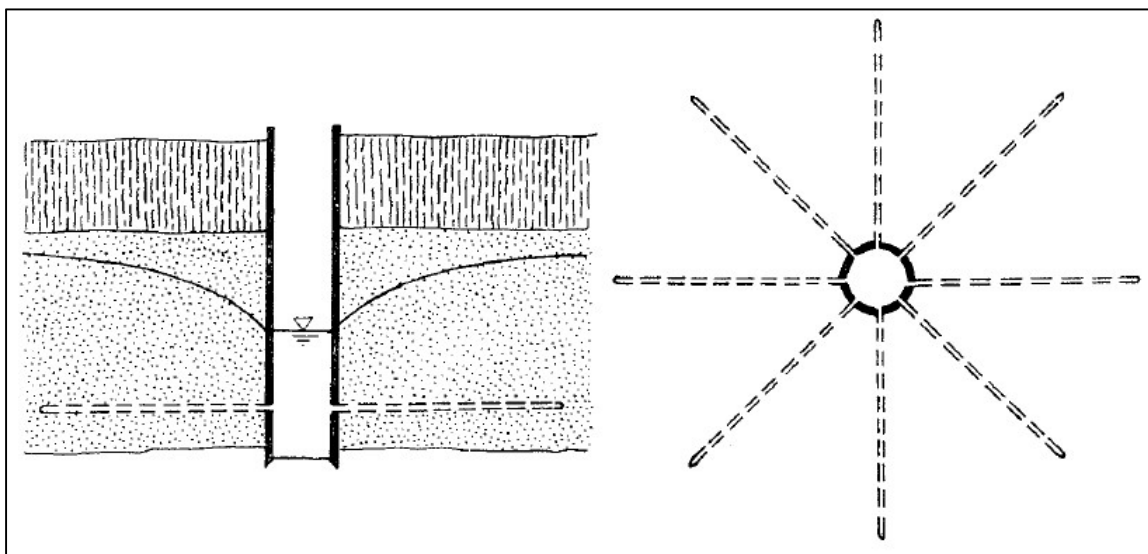
Poznámky k Obr. č. 3 [1]:

1 – pata zárubnice, 2 – kalník, 3 – zárubnice, 4 – manipulační pažnice, 5 - obsyp, 6 - zhlaví, 7 – odběrné potrubí, 8 – pozorovací trubka, 9 – betonová šachta, 10 – betonové skruže, 11 – jílové těsnění, 12 – vrtací otvor

Mezi horizontální jímací objekty se řadí zářezy, štoly a vodorovné vrty. Využívají se v případech, kdy se vertikální jímací objekty jeví jako nevýhodné.

Zářezy najdou své uplatnění v případě výskytu mělkých zvodnělých vrstev v málo propustných horninách. Jsou prováděny otevřeným výkopem až na nepropustné podloží, kam se uloží perforované potrubí a štěrkový obsyp v celé tloušťce zvodnělé vrstvy. Obsyp se následně shora utěsí a výkop se zasype. Na konec zářezu se umístí jímka na zachycení jímané vody.

Horizontální vrty mohou být využity například ke zvýšení kapacity vertikálních studní. Ze studny se ve zvodnělé vrstvě vyvrtají horizontální jímače, které se následně vystrojí perforovaným potrubím. Jímače mohou dosahovat délky až 100 m a mohou výrazně zvýšit účinnost jímacího objektu. [1]



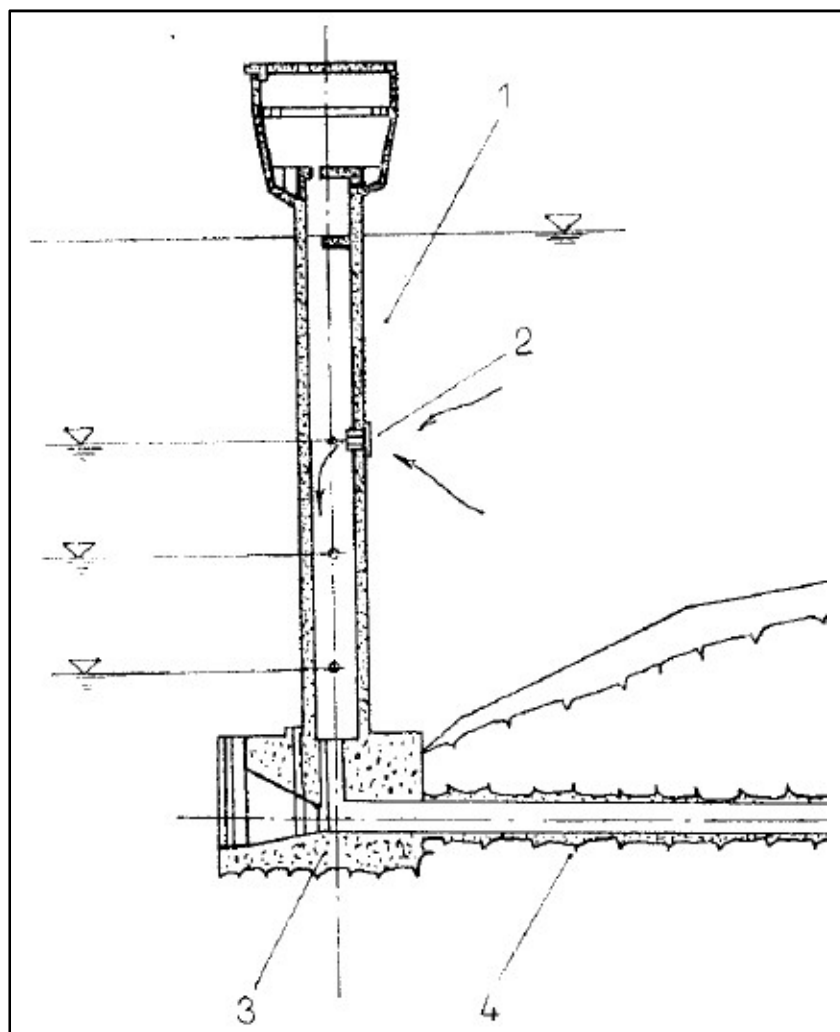
Obr. č. 6 – Studna s horizontálními jímači [1]

Zdroje povrchové vody

V případě, že nemáme k dispozici dostatečně vydatné zdroje podzemní vody, je možné využít také vodu povrchovou. Jímací objekty povrchové vody se dělí na jímací objekty v nádržích a v tekoucích vodách. [1]

Ve vodárenských nádržích se zpravidla budují věžové jímací objekty, které dosahují až nad maximální hladinu vody. Mohou mít samostatnou konstrukci, nebo být součástí hráze. Zpravidla ve více úrovních, takzvaných etážích, jsou ve stěně věžového objektu umístěny uzavíratelné vtokové otvory pro odběr vody. Tyto otvory mohou být připojeny přímo na potrubí, které dále prochází štolou skrz hráz. Druhou variantou jsou vtoky volně vyústěné do věžového objektu, na který navazuje tlaková štola skrz hráz. Schéma věžového objektu je vidět na Obr. č. 7. [1]

Druhou, méně běžnou variantou jímání vody v nádržích jsou objekty pro jímání vody nade dnem. Ač jejich budování může být levnější než v případě věžového objektu, jejich hlavní nevýhodou je špatná přístupnost a problémy s čistotou vody. Nade dnem nádrže se většinou hromadí sedimenty a dochází tam k rozkladu organických látek. [1]



Obr. č. 7 – Odběrný věžový objekt [1]

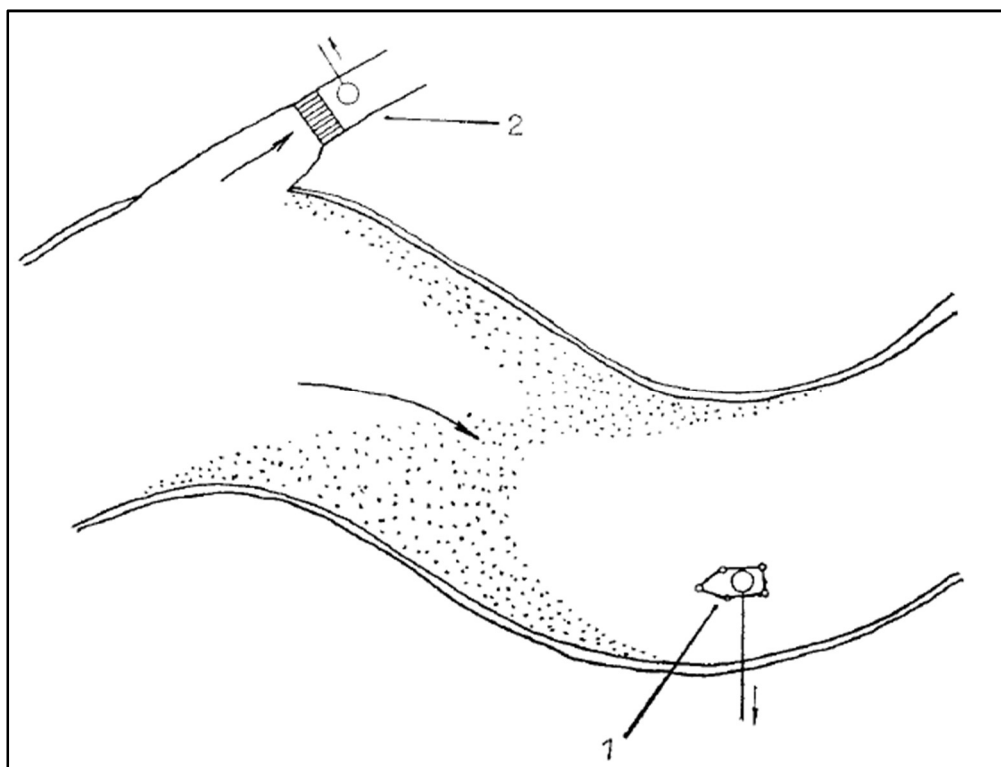
Poznámky k Obr. č. 7 [1]:

1 – věž, 2 – odběr, 3 – spodní uzávěr, 4 – štola

Při budování jímacího objektu na vodním toku musíme v první řadě najít takové místo, kde neohrozíme ostatní funkce toku. V toku musí být zajištěn minimální průtok, koryto musí být stabilní a nesmí docházet k zanášení objektu. Pokud není možné najít místo splňující všechny tyto podmínky, je nutné přistoupit k úpravě na toku. Jímací objekty lze budovat nade dnem řečiště, na břehu nebo ve dně koryta. [1]

Nade dnem se jímací objekty budují u větších vodních toků, kde není z nějakého důvodu možné vybudovat břehové jímadlo. Tento jímací objekt by měl být umístěn v proudnici, mimo oblasti s ukládáním sedimentu a mimo oblast znečištění. [1]

Břehové jímací objekty je možné využít ve vodních tocích se stabilními břehy a dnem. Jímací objekt musí být navržen tak, aby zajistil potřebný odběr vody i při minimální hladině vody ve vodním toku. Objekty je potřeba zabezpečit proti vymílání a ukládání sedimentů. [1]

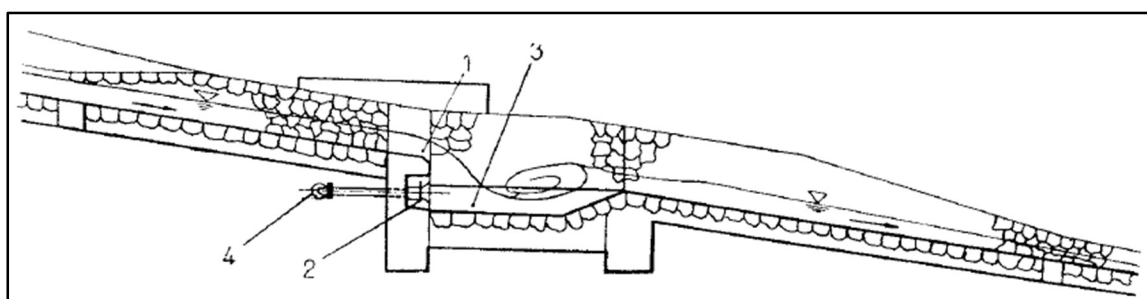


Obr. č. 8 – Jímací objekty v korytě vodního toku [1]

Poznámky k Obr. č. 8 [1]:

1 – v řečišti, 2 – na břehu

Další možností, jak jímat vodu ve vodních tocích je vybudování jímacího objektu ve dně koryta. Toto řešení je vhodné v úsecích toků s vyššími rychlostmi proudění vody, kde nedochází ke zvýšenému ukládání sedimentů. Podle typu unášených sedimentů se tyto objekty budují buď jako příčné žlaby chráněné česlemi, nebo jako drenáže se štěrkovým obsypem. U drobných vodních toků je také možné odebírat vodu bodově, potrubím umístěným pod přelivem. [1]



Obr. č. 9 – Jímání vody pod přelivem [1]

Poznámky k Obr. č. 9 [1]:

1 – přeliv, 2 – jímání, 3 – vývařště, 4 odběr

b) Úprava vody

Úprava vody je proces, jehož cílem je zlepšení kvality vody před jejím dalším využitím. V oblasti vodovodů pro veřejnou potřebu máme na mysli úpravu surové vody na pitnou. U malých sítí tento proces často probíhá dávkováním chemických látek přímo do vodojemu. V případě větších systémů nebo složitějších procesů úpravy jsou budovány samostatné objekty, takzvané úpravny vody. [2]

Pitná voda je podle zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví veškerá voda která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda určená k péči o tělo a dalším účelům lidské spotřeby. Hygienické požadavky na kvalitu pitné vody stanovuje vyhláška č. 252/2004 Sb. Tato vyhláška definuje mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity. [3] [4]

Jakým způsobem má být surová voda upravována definuje vyhláška č. 252/2004 Sb. Podle té je možné surovou vodu zatřídit do jedné ze tří jakostních kategorií, z nichž každá vyžaduje jinou úroveň úpravy. Zatřídění se provádí na základě mezních hodnot pozorovaných ukazatelů, mezi které patří namátkou třeba pH, biochemická spotřeba kyslíku, obsah různých chemických látek a další. [4]

Pro kategorii	Typ úpravy
A1	Úprava surové vody s případnou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpuštěných látek a zvýšení jakosti.
A2	Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtrace, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltrace, pomalou biologickou filtrace, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.
A3	Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezňováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí, popř. jejich kombinací. Dalšími vhodnými procesy jsou například využívání ozónu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (například sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně.
Vyšší koncentrace než jsou uvedeny pro kategorii A3	Podle § 13 odst. 2 zákona lze vodu této jakosti výjimečně odebírat pro výrobu pitné vody s udělením výjimky příslušným krajským úřadem. Pro úpravu na vodu pitnou se musí použít technologicky náročné postupy spočívající v kombinaci typů úprav uvedených pro kategorii A3, přičemž je nutné zajistit stabilní kvalitu vyráběné pitné vody podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Přednostním řešením v těchto případech je však eliminace příčin znečištění anebo vyhledání nového zdroje vody.

Tab. č. 1 – Typy úprav pro jednotlivé jakostní kategorie surové vody [4]

Konkrétní proces úpravy vody se volí dle druhu surové vody a podle a podle toho, které z požadavků na kvalitu nejsou splněny. Obecně platí, že voda povrchová obsahuje více organického znečištění, voda podzemní naopak obsahuje více minerálních látek. [2]

Povrchová voda	Podzemní voda
Mechanické předčištění	Odkyselování
Čiření	Odželezování
Filtrace	Odmanganování
Dezinfekce	Dezinfekce
Adsorpce	Odstraňování vápníku a hořčíku
Fluoridace	Deionizace
Ultrafiltrace	Demineralizace
Nanofiltrace	Desorpce
Stabilizace	Membránové procesy

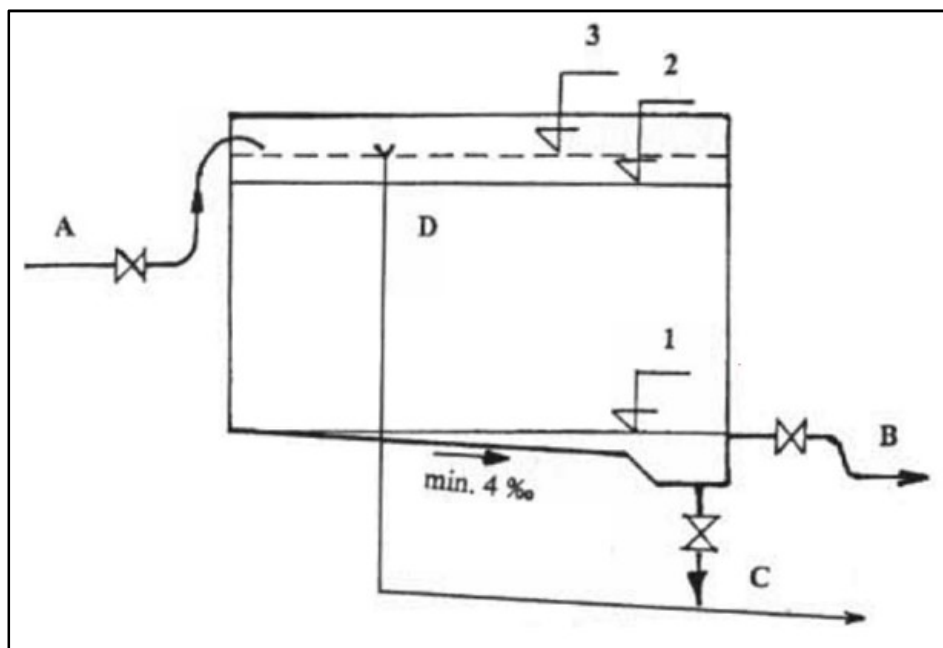
Tab. č. 2 – Typické procesy úpravy povrchové a podzemní vody [2]

c) Akumulace

Ve vodárenství můžeme pozorovat dvojí způsob akumulace vody. Tím prvním je akumulace dlouhodobá, která slouží k zajištění zásoby vody pro spotřebiště v dlouhodobém časovém horizontu. Objekty dlouhodobé akumulace jsou například vodárenské nádrže nebo zvodnělé vrstvy půdního podloží. Pod pojem objekty krátkodobé akumulace patří především vodojemy, ale i další objekty jako jsou studny nebo nádrže čerpacích stanic. [1]

Vodojemem se rozumí vodárenská stavba pro krátkodobou akumulaci vody. Vodojemy se budují hned z několika důvodů. Jsou jimi vyrovnávání rozdílů mezi přítokem a odběrem vody v průběhu dne, zajištění zásoby vody pro případ poruchy na ostatních vodovodních zařízeních, zajištění zásoby vody pro hašení požáru a udržování tlakových poměrů v navazující vodovodní síti. [1]

Konstrukčně se vodojemy dělí na zemní a věžové. Zemní vodojemy bývají většinou budovány pod úrovní terénu nebo zároveň s ním. Umísťují se na vyvýšená místa v krajině, aby zajistili dostatečný tlak v rozvodné síti. Věžové vodojemy jsou bodovány v místech, kde morfologie terénu neumožňuje výstavbu vodojemu zemního. Často se umísťují přímo do centra spotřebiště a tím se z nich stává i významná stavba z hlediska estetiky. [1]



Obr. č. 10 – Schéma zemního vodojemu [2]

Poznámky k Obr. č. 10 [2]:

1 – minimální hladina, 2 – maximální hladina, 3 – havarijní hladina, A – přívodní potrubí, B – odběrné potrubí, C – vypustné potrubí, D – přelivné potrubí

d) Doprava vody

Nezbytnou součástí vodovodních systémů jsou i zařízení pro dopravu vody. Jsou jimi hlavně čerpací stanice, vodovodní řady a domovní přípojky.

Čerpání vody

Málokdy je možné vybudovat celý vodovodní systém jako gravitační. Po cestě od zdroje ke spotřebiteli zpravidla někde nastane moment, kdy je potřeba vodu dopravit z nízko položeného místa do místa vyššího. Za tímto účelem jsou budovány čerpací stanice, objekty ve kterých se nachází jedno nebo více čerpadel, která za cenu elektrické energie dodají vodě potřebnou tlakovou výšku. Čerpací stanice bývají často budovány pro dopravu vody od zdroje, a to obzvlášť pokud se jedná o zdroj vody podzemní. Využívají se ale také k dopravě vody z úpravně do vodojemu, který bývá obvykle na vyvýšeném místě. [2]

Speciálním typem čerpacích stanic jsou takzvané automatické tlakové stanice (ATS), které se používají pro dopravu vody přímo do rozvodné sítě za požadovaného (zvýšeného) tlaku. Budují se v místech, kde je z morfologických, ekonomických či jiných důvodů nemožné vybudovat klasický gravitační vodojem. Kromě čerpadel je součástí ATS i tlaková nádoba, která slouží k vyrovnávání kolísavého odběru vody. Uvnitř tlakové nádoby se nachází pryžový vak s vodou obklopený natlakovaným vzduchem. Voda uvnitř vaku je v případě odběru vytlačována do rozvodné sítě, čímž dochází k poklesu tlaku. Jakmile tlak klesne na přednastavenou

minimální hodnotu, spustí se čerpadla, která do nádoby vodu dočerpají. Objem tlakové nádoby je potřeba navrhnout podle velikosti odběrů a tlakového rozmezí, kterého chceme ve spotřebišti docílit. Obecně platí, že čím větší odběr a menší tlakové rozmezí, tím je objem tlakové nádoby větší. [2]

Co se čerpadel týče, ve vodárenství se používají hlavně dva typy čerpadel. Pro čerpání vody ze studní se používají ponorná čerpadla, pro dopravu vody se používají čerpadla horizontální. [2]

Vodovodní potrubí

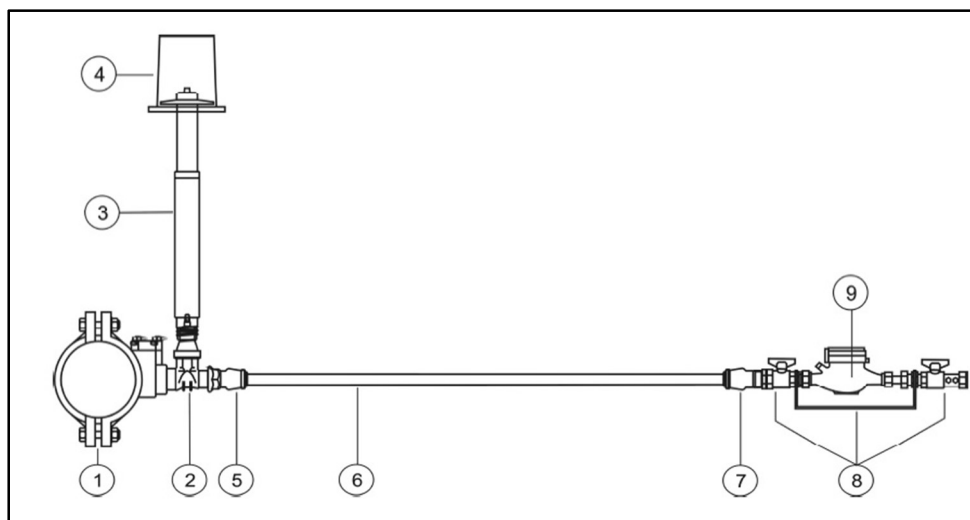
Vodovodní potrubí se vyrábí v různých materiálových provedeních, z nichž jsou v dnešní době nejčastější plasty. Plastové potrubí má řadu výhod, mezi které patří například jejich nízká hmotnost, snadná montáž nebo odolnost vůči vnějším vlivům. Mimo to je povrch plastových potrubí velmi hladký, potrubí tak dosahuje velmi nízkých hodnot drsnostního součinitele, což je velmi žádoucí vlastnost. Polyetylenové potrubí je navíc možné ohýbat, čímž se značně redukuje nutnost potrubí při výstavbě spojovat, urychluje se tím práce a snižují rizika se spojováním spojená. Z dalších materiálů lze zmínit potrubí litinové, ocelové či betonové. Tyto materiály se nově využívají jen ve výjimečných případech, můžeme na ně však narazit například při rekonstrukci starých sítí. [1]

Jednotlivé úseky vodovodního potrubí se dělí podle toho, jakou mají funkci. Rozlišujeme tři základní typy vodovodních potrubí. Jsou jimi příváděcí řady, rozváděcí řady a domovní přípojky. [1]

Příváděcí řady jsou takové úseky potrubí, které dopravují vodu od zdroje k vodojemu, nebo například mezi několika spotřebišti skupinového vodovodu. Často to bývají dlouhé úseky potrubí v extravilánu, výjimkou ale nejsou ani přivaděče vedené napříč zastavěným územím. Vždy záleží na konkrétních podmínkách řešeného území. Hlavním poznávacím znamením příváděcích řadů je to, že na nich nejsou připojeni žádní odběratelé. Jejich hlavním úkolem je dopravovat do spotřebišť stabilní množství vody bez ohledu na kolísání odběrů v průběhu dne. Dimenzují se tedy na maximální denní potřebu vody v cílovém spotřebišti. [1]

Rozvodnou síť se rozumí jednotlivé rozváděcí řady, které slouží k dopravě pitné vody po spotřebišti, k jednotlivým odběratelům. Jejich výchozím bodem bývá vodojem. Podle prostorového uspořádání lze rozvodné sítě dělit na sítě uspořádané liniově, sítě větvené, okružové, a další. Prostorové uspořádání rozvodné sítě by se vždy mělo řídit charakterem spotřebišť a místními podmínkami. Obecně ale platí, že bychom se měli snažit síť budovat jako okružovou, pokud by to neznamenal neúměrný nárůst investičních nákladů. Okruhy na rozvodných sítích zvyšují zabezpečení dodávky pitné vody a porucha na některém z řadů ještě nutně nemusí znamenat výpadek celého systému, jako tomu může být například u sítí liniových. [1]

Podle české legislativy se vodovodní přípojkou rozumí samostatná stavba tvořená úsekem potrubí od odbočení z vodovodního řadu k vodoměru. Pokud je přípojka bez vodoměru, je za její konec považován vnitřní uzávěr připojené nemovitosti. Vodovodní přípojka na rozdíl od řadu není vodním dílem. Vlastníkem vodovodní přípojky je osoba, která na své náklady přípojku pořídila. Zpravidla se jedná o vlastníka pozemku, výjimkou ale nejsou ani přípojky ve vlastnictví provozovatele vodovodní sítě. [5]



Obr. č. 11 – Schéma vodovodní přípojky [6]

Poznámky k Obr. č. 11 [6]

1 – navrtávací pas, 2 – šoupě, 3 – zemní souprava, 4 – uliční poklop, 5 – tvarovka s vnitřním závitem, 6 – potrubí přípojky, 7 – tvarovka s vnějším závitem, 8 – vodoměrná sestava, 9 – vodoměr

2.2 Navrhování vodovodů

2.2.1 Výpočet potřeby vody

Pro návrh vodovodního systému je jedním z nejdůležitějších údajů množství vody, které je nutné do daného spotřebiště dodat. Zároveň je potřeba znát rozložení potřeby vody v průběhu dne a extrémní hodnoty odběrů, které mohou nastat. Bez znalosti těchto údajů není možné danou problematiku řešit.

Množství odebírané vody a jeho denní průběhy se odvíjí od mnoha faktorů, kterými jsou například velikost spotřebiště, charakter zástavby, věkové složení populace, množství objektů občanské vybavenosti, zemědělská a průmyslová výroba. Nejpřesnějším způsobem, jak tento údaj stanovit je statistické zpracování dlouhodobějších měření v konkrétním spotřebišti. Tuto metodu lze ale využít pouze při výpočtech v místech, kde už vodovodní síť je, nikoliv při návrhu nového systému. Druhou možností je využití empirických výpočtů, kdy je potřeba vody stanovena na základě pozorování v rámci rozsáhlejšího území.

Navrhovaný systém by měl zajistit dostatek vody jak v současnosti, tak i v horizontu minimálně třiceti let. Výpočet potřeby vody je proto nutné provádět právě na výhledový stav. Ke zjištění výhledového stavu je vhodné využít územně plánovací dokumenty a plány rozvoje vodovodů a kanalizací. [7]

a) Směrnice č. 9

Nejznámější ucelenou metodikou v této oblasti je „*Směrnice ze dne 20. 7. 1973 pro výpočet potřeby vody při navrhování vodovodních a kanalizačních zařízení a posuzování vydatnosti vodních zdrojů*“ (dále jen směrnice č. 9). Výpočet se provádí ve dvou krocích, výpočet potřeby vody a výpočet nerovnoměrnosti. [7]

Tento dokument je nicméně téměř padesát let starý. Už Doc. Čiháková v publikaci Vodárenství od Prof. Grünwalda roku 1998 uvádí, že hodnoty v ní uváděné jsou zastaralé. V současné době je tedy nutné k ní přistupovat kriticky, a zejména při stanovování potřeby vody sáhnout po aktuálnějších materiálech. Při výpočtu nerovnoměrnosti lze nicméně tuto metodiku využít i dnes. [2]

Výpočet potřeby vody

- Potřeba vody pro obyvatelstvo je uváděna v litrech na obyvatele za den, a odvíjí se od vybavení bytů. K této hodnotě se zároveň připočte rezerva pro základní občanskou vybavenost, odvíjející se od velikosti obce. V samostatné příloze pak směrnice obsahuje hodnoty potřeby vody pro jednotlivé objekty občanské vybavenosti.
- Pro zemědělskou živočišnou výrobu jsou uváděny hodnoty v litrech na kus chovaného zvířete za den, s výjimkou velkochovů, kde je potřebu vody nutno posoudit individuálně.
- Potřeba vody pro pracovníky v průmyslu se odvíjí od typu provozu (čistý/špinavý), a od způsobu stravování pracovníků. Množství technologické vody je nutné posoudit individuálně.[7]

Nerovnoměrnost potřeby vody

- Maximální denní potřeba vody se vypočte vynásobením denní potřeby vody součinitelem maximální denní nerovnoměrnosti k_d (viz Tab. č. 3). Tato hodnota se pak využívá k návrhu vodního zdroje, přívodního řadu a kapacity úpravny.
- V průběhu dne dochází k výkyvům potřeby vody. Směrnice č. 9 obsahuje tabulkové hodnoty, které tyto výkyvy popisují procentuálním rozdělením celkové denní potřeby do jednotlivých hodinových potřeb (viz Tab. č. 4). Ty lze použít v případě, že není tento průběh v řešeném spotřebišti zjistitelný. V případě větších průmyslových areálů je vhodné rozvržení potřeby přizpůsobit charakteru provozu. Znalost denního průběhu potřeby vody se využívá k návrhu vodojemu.
- Maximální hodinová potřeba vody je taková hodnota, která odpovídá maximálnímu odebranému množství vody v konkrétní hodině. Je to tedy hodnota, získaná vynásobením maximální denní potřeby vody a nejvyšší hodnoty koeficientu denní nerovnoměrnosti k_h . U běžných spotřebišť je

hodnota k_h rovna 1,8. V případě spotřebišť sídlištního charakteru se používá hodnota 2,1. Získaná hodnota maximální hodinové potřeby se pak využívá k návrhu rozváděcí sítě a souvisejících objektů. [7]

Velikost obce	Součinitel denní nerovnoměrnosti k_d
a) do 1000 obyvatel	1.50
b) 1 000 - 5 000 obyvatel	1.40
c) 5 000 - 20 000 obyvatel	1.35
d) 20 000 - 100 000 obyvatel	1.25

Tab. č. 3 – Součinitel denní nerovnoměrnosti [7]

Hodina	Součinitel hodinové nerovnoměrnosti		Hodina	Součinitel hodinové nerovnoměrnosti	
	k_h 1.8	k_h 2.1		k_h 1.8	k_h 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	3.0
11 - 12	5.5	4.6	23 - 24	1.5	2.0

Tab. č. 4 – Průběh potřeby vody v procentech potřeby celodenní [7]

b) Vyhláška č. 120/2011 Sb.

Touto vyhláškou se aktualizují některé přílohy starší vyhlášky č. 428/2001 Sb., která je prováděcí vyhláškou Ministerstva zemědělství k zákonu o vodovodech a kanalizacích. Jednou z aktualizovaných příloh je i příloha č. 12 s názvem Směrná čísla roční potřeby vody, která slouží k výpočtu množství odebírané vody bez možnosti měření. Obdobným způsobem jako ve směrnici č. 9 je zde stanovena potřeba vody pro obyvatelstvo, občanskou vybavenost, zemědělství a průmysl, ale hodnoty zde uváděné mnohem více odpovídají dnešní skutečnosti. Vyhláška stanovuje potřebu vody pro celkem 67 položek rozdělených do jedenácti kategorií. Seznam kategorií s výběrem reprezentativních hodnot je uveden níže. Pro jejich kompletní přehled viz vyhlášku č. 120/2011 Sb. [8]

I. Bytový fond

- | | |
|---|-------------------|
| 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 za rok | 25 m ³ |
| 3. Na jednoho obyvatele bytu s tekoucí teplou vodou za rok | 35 m ³ |

II. Veřejné budovy a školy

- | | |
|---|-------------------|
| 5. Kanceláře, na jednu osobu při průměru 250 pracovních dnů za rok
(WC, umyvadla a tekoucí teplá voda) | 14 m ³ |
| 8. Školy, na jednu osobu (žáka, učitele, pracovníka) při průměru 200 pracovních dnů za rok
(WC a tekoucí teplá voda) | 5 m ³ |

III. Hotely, ubytovny, internáty

- | | |
|---|-------------------|
| 11. Hotely a penziony, na jedno lůžko za rok
(většina pokojů má WC s koupelnou a teplou vodou) | 45 m ³ |
| 12. Hotely a penziony, na jedno lůžko za rok
(většina pokojů je bez koupelny, WC na chodbě) | 23 m ³ |

IV. Zdravotnická a sociální zařízení

- | | |
|--|-------------------|
| 21. Zdravotnická střediska, ambulatoria, ordinace, na 1 pracovníka v denním průměru za rok | 18 m ³ |
| 22. Nemocnice, na jedno lůžko za rok (včetně stravování, kuchyně, bez léčebných zařízení) | 50 m ³ |

V. Kulturní a osvětové podniky, sportovní zařízení

- | | |
|--|-------------------|
| 31. Tělocvična, sportoviště, fitness centrum, na jednoho návštěvníka v denním průměru za rok
(vybavení WC, umyvadla, možnost sprchování s teplou vodou) | 20 m ³ |
| 35. Kropení travnatých hřišť, na 100 m ² za provozní den | 20 m ³ |

VI. Restaurace, vinárny

- | | |
|--|-------------------|
| 41. Výčep, podávání studených a teplých jídel, na jednoho pracovníka v jedné směně | 80 m ³ |
|--|-------------------|

VII. Provozovny

- | | |
|---|-------------------|
| 44. Provozovny místního významu, kde se vody nevyužívá k výrobě
(WC, umyvadla, tekoucí teplá voda) | 18 m ³ |
|---|-------------------|

VIII. Prodejny

- | | |
|--|-------------------|
| 50. Prodejny s čistým provozem, včetně obchodních domů, supermarketů, na jednoho pracovníka v jedné směně v průměru za rok (WC, umyvadla a tekoucí teplá voda) | 18 m ³ |
|--|-------------------|

IX. Hospodářská zvířata a drůbež

- | | |
|--|-------------------|
| 55. Dojnice, na jeden kus v průměru za rok | 36 m ³ |
| 58. Prasnice, na jeden kus v průměru za rok | 8 m ³ |
| 61. Slepice, perličky na 100 ks v průměru za rok | 11 m ³ |

X. Zahrady

63. Venkovní zahrady okrasné (trávníky, květiny) nebo osázené zeleninou
na 100 m² v průměru za rok 16 m³

XI. Mytí automobilů

67. Osobní automobil užívaný pro domácnost (stříkání a umývání) v průměru za rok 1 m³

2.2.2 Hydraulika trubních sítí

Při návrhu a posuzování vodovodních systémů se neobejdeme bez hydraulických výpočtů. Základní vztahy, které se v této oblasti využívají, jsou rovnice kontinuity, Bernoulliho rovnice a rovnice pro výpočet tlakové ztráty třením. [2]

a) Rovnice kontinuity

Rovnice kontinuity je notoricky známý vztah, který se využívá napříč celé řady oborů. Rovnice kontinuity vychází ze zákona zachování hybnosti. V hydraulice potrubí nám tento vztah říká, že množství vody, které do systému dodáme, se musí rovnat množství součtu množství odebíraného a časové změny zásoby vody v systému. Pokud tento vztah aplikujeme na uzavřený úsek potrubí s tlakovým prouděním, můžeme ho zjednodušeně formulovat větou: „Průtok je v každém úseku potrubí konstantní“, což vyjadřuje následující rovnice. [9]

$Q = v * S = konst.$	$[m^3/s]$	...	<i>objemový průtok</i>
v	$[m/s]$	...	<i>průřezová rychlost</i>
S	$[m^2]$	...	<i>průtočná plocha</i>

b) Bernoulliho rovnice

Bernoulliho rovnice je základním vztahem v hydraulice talkového proudění a vyjadřuje zákon zachování mechanické energie mezi dvěma body v potrubí. Běžně se používá ve tvaru, který obsahuje 4 složky. Jsou jimi geodetická výška, tlaková výška, rychlostní výška a ztrátová výška. Při dopravě vody (což je případ vodovodního potrubí) má každá z těchto složek jednotku metr vodního sloupce. [9]

$h_1 + \frac{p_1}{\rho * g} + \frac{\alpha * v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho * g} + \frac{\alpha * v_2^2}{2g} + Z$	...	<i>Bernoulliho rovnice</i>
h_i	$[m H_2O]$	... <i>geodetická výška</i>
$\frac{p_i}{\rho * g}$	$[m H_2O]$	... <i>tlaková výška</i>
$\frac{\alpha * v_i^2}{2g}$	$[m H_2O]$	... <i>rychlostní výška</i>
Z	$[m H_2O]$	... <i>ztrátová výška</i>

c) Ztráty

Jak jsme si mohli všimnout v předchozí kapitole, jednou ze složek Bernoulliho rovnice je i ztrátová výška. Při proudění kapaliny v potrubí vznikají tlakové ztráty, které se dělí do dvou skupin, ztráty místní a ztráty třením. Celkové ztráty se stanoví jako součet všech místních ztrát i ztrát třením na řešeném úseku. [9]

$$Z = Z_m + Z_t \quad [m \text{ H}_2\text{O}] \quad \dots \quad \text{ztrátová výška}$$

Ztráty místní vznikají v místech s náhlou změnou v potrubí. Bývá to například na odbočkách, v lomových bodech potrubí, v místě osazení armatur, v místech zúžení nebo rozšíření a dalších. Tyto ztráty se vyjadřují bezrozměrným součinitelem místních ztrát, a obvykle se stanovují pouze při výpočtech na krátkých úsecích potrubí. [9]

$$Z_m = \xi * \frac{v^2}{2g} \quad [m \text{ H}_2\text{O}] \quad \dots \quad \text{místní ztráty}$$

Ztráty třením vznikají při každém proudění, a odvíjí se především od drsnosti materiálu, se kterým voda přichází do styku. Pro jejich stanovení existuje několik matematických vztahů. V hydraulice potrubí se používá Darcy-Weisbachova rovnice. [9]

$$Z_t = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad [m \text{ H}_2\text{O}] \quad \dots \quad \text{Darcy-Weisbachova rovnice}$$

$$\lambda \quad [-] \quad \dots \quad \text{součinitel ztráty třením}$$

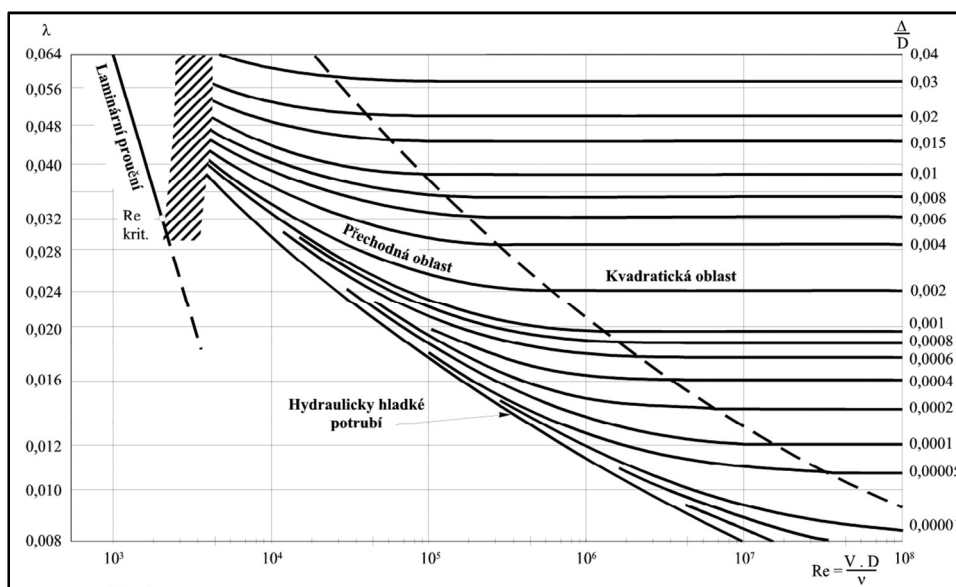
$$L \quad [m] \quad \dots \quad \text{délka potrubí}$$

$$D \quad [m] \quad \dots \quad \text{vnitřní průměr potrubí}$$

$$v \quad [m/s] \quad \dots \quad \text{průřezová rychlost}$$

$$g \quad [m/s^2] \quad \dots \quad \text{gravitační zrychlení}$$

Pro stanovení součinitele ztráty třením λ neexistuje jeden univerzální matematický vztah, neboť proudící kapalina se v různých režimech proudění chová různě. Velmi dobrou pomůckou je Moodyho diagram. Jedná se o graficky znázorněnou závislost součinitele λ na Reynoldsově čísle a relativní drsnosti potrubí. Pro různé oblasti Moodyho diagramu existují matematické vztahy. [9]



Obr. č. 12 – Moodyho diagram [9]

2.2.3 Návrh vodojemu

Hlavním úkolem při návrhu vodojemu je stanovit jeho velikost. Celkový objem vodojemu se skládá ze tří složek, a to z objemu provozního, požárního a poruchového. Provozní objem je takový objem, který zajistí vyrovnání přítoků a odtoků v průběhu dne. Objem požární se počítá pro pokrytí nutné doby hašení požáru. Objem poruchový by měl zajistit dodávku vody v případě poruchy na některém vodárenském zařízení. Dle ČSN 75 5355 by celkový využitelný objem vodojemu měl být roven 60 % – 80 % maximální denní potřeby vody zásobovaného pásma, pro které je určen. [10]

a) Provozní objem

Provozní objem je tou asi nejdůležitější složkou celkového objemu vodojemu. Odběry vody bývají v průběhu dne rozloženy nerovnoměrně, na rozdíl od množství vody dodávané ze zdroje, které se příliš nemění. Provozní objem slouží k vyrovnání těchto rozdílů. V období ranních a večerních špičkových odběrů se množství vody ve vodojemu snižuje, v noci se naopak vodojem plní. [1]

Při výpočtu provozního objemu vody musíme nejprve určit celkovou potřebu vody a její rozložení v průběhu dne (viz kapitolu 2.2.1). Poté musíme navrhnout způsob a dobu, po kterou bude voda do vodojemu během dne čerpána. Následně provedeme výpočet, při kterém pro každou hodinu v průběhu dne spočteme rozdíl přítoku a odtoku a vytvoříme z nich součtovou čáru. Tato součtová čára reprezentuje kolísání objemu v průběhu dne. Velikost provozního objemu je dána rozdílem maximální a minimální hodnoty součtové čáry. Příklad tabelárního výpočtu za předpokladu nerovnoměrnosti odběru vody podle $k_h=1,8$ a celodenního rovnoměrného čerpání do vodojemu je uveden níže. [1]

Hodina	Přítok	Odběr	Rozdíl	Součtová čára
	[% $Q_{max,d}$]			
0 - 1	4.17%	1.00%	3.17%	3.17%
1 - 2	4.17%	0.70%	3.47%	6.63%
2 - 3	4.17%	0.70%	3.47%	10.10%
3 - 4	4.17%	0.70%	3.47%	13.57%
4 - 5	4.17%	2.00%	2.17%	15.73%
5 - 6	4.17%	3.00%	1.17%	16.90%
6 - 7	4.17%	5.00%	-0.83%	16.07%
7 - 8	4.17%	6.40%	-2.23%	13.83%
8 - 9	4.17%	4.50%	-0.33%	13.50%
9 - 10	4.17%	5.50%	-1.33%	12.17%
10 - 11	4.17%	5.50%	-1.33%	10.83%
11 - 12	4.17%	5.50%	-1.33%	9.50%
12 - 13	4.17%	5.00%	-0.83%	8.67%
13 - 14	4.17%	5.00%	-0.83%	7.83%
14 - 15	4.17%	4.00%	0.17%	8.00%
15 - 16	4.17%	5.00%	-0.83%	7.17%
16 - 17	4.17%	5.00%	-0.83%	6.33%
17 - 18	4.17%	6.00%	-1.83%	4.50%
18 - 19	4.17%	6.50%	-2.33%	2.17%
19 - 20	4.17%	7.50%	-3.33%	-1.17%
20 - 21	4.17%	5.00%	-0.83%	-2.00%
21 - 22	4.17%	5.00%	-0.83%	-2.83%
22 - 23	4.17%	4.00%	0.17%	-2.67%
23 - 24	4.17%	1.50%	2.67%	0.00%
Apr = 16.90 + 2.83 = 19.73 %				

Tab. č. 5 – Příklad výpočtu provozního objemu vodojemu v procentech denní potřeby vody

b) Požární objem

Výpočet potřebného objemu vody pro hašení požáru se provádí podle ČSN 73 6622, a to podle následujícího vztahu. [1]

$$A_{pož} = 3,6 * q_p * n * t$$

$[m^3]$... objem požární vody
 q_p ... potřeba požární vody
 n ... počet odběrných míst
 t ... doba trvání požáru

c) Poruchový objem

Dle ČSN 75 5355 by měl součástí objemu vodojemu být i objem pro zajištění zásoby vody pro případ drobných poruch na vodovodní síti nebo zařízeních zajišťujících přívod vody do vodojemu. [10]

$$A_{por} = \frac{Q_{max,d}}{24} * T$$

$[m^3]$... poruchový objem
 $Q_{max,d}$... maximální denní potřeba vody
 T ... doba trvání poruchy, volí se 6 – 12 hodin

2.2.4 Legislativní a normové požadavky

Každá nově navrhovaná stavba včetně těch vodárenských musí být bezpodmínečně v souladu s platnou legislativou České Republiky. Pokud navíc chceme, aby systém správně fungoval dlouhou řadu let, měli bychom se řídit i požadavky technických norem. Až na výjimky není sice jejich dodržování ze zákona povinné, jsou ale vypracovávány odborníky v oboru a pokud nemáme pádné důvody je zanedbat, měli bychom se jich držet. Níže jsou uvedeny požadavky legislativních dokumentů a technických norem, které se týkají vodárenských zařízení.

Vyhláška č. 428/2001 Sb.

§ 15

- (4) Maximální přetlak v nejnižších místech vodovodní sítě každého tlakového pásma nesmí převyšovat hodnotu 0,6 MPa. V odůvodněných případech se může zvýšit na 0,7 MPa. [11]
- (5) Při zástavbě do dvou nadzemních podlaží hydrodynamický přetlak v rozvodné síti musí být v místě připojení vodovodní přípojky nejméně 0,15 MPa. Při zástavbě nad dvě nadzemní podlaží nejméně 0,25 MPa. [11]

ČSN EN 805 Vodárenství – Požadavky na vnější sítě a jejich součásti

A.11 k 8.3.2.3 Průtočné rychlosti

V praxi je žádoucí vyvarovat se zbytečně velkých nebo malých rychlostí. Rozsah od 0,5 m/s do 2,0 m/s se může považovat za přiměřený. Za zvláštních okolností je však možno připustit rychlost až do 3,5 m/s. Pro výtlačné řady se má provést ekonomické zhodnocení pro určení neekonomičtějšího průměru výtlačného řadu za minimalizace pořizovacích nákladů a předvídaných nákladů na čerpání. Výsledná rychlost se potom běžně pohybuje v rozsahu od 0,8 m/s do 1,4 m/s. [12]

2.3 Matematické modelování vodovodní sítě

V dnešní době již není třeba výpočet vodovodní sítě provádět ručně. Existuje celá řada softwarů pro modelování vodárenských systémů. S jejich využitím se může projektant více zaměřit na řešení samotného návrhu a nemusí provádět zdlouhavé výpočty.

EPANET 2.0

Program EPANET 2 od americké společnosti U. S. Environmental Protection Agency je volně přístupný software pro modelování vodovodních sítí. Program umí počítat jednak hydraulické charakteristiky sítě, tak i kvalitativní vlastnosti vody. Vodovodní síť je v programu reprezentována jednotlivými prvky, kterými jsou potrubí, uzly, čerpadla, uzávěry, zásobní nádrže a zdroje vody. Pokud v prostředí programu správně nasimulujeme řešenou vodovodní síť, EPANET dokáže spočítat průtoky a rychlosti proudění v jednotlivých

úsecích trubní sítě, tlaky v odběrných místech, úroveň hladiny v zásobních nádržích, případně i šíření koncentrace chemických látek. Všechny tyto veličiny program počítá v jednotlivých časových krocích, které si uživatel sám navolí. [13]

MIKE URBAN +

MIKE URBAN + je software od společnosti DHI pro vodohospodářské modelování. Obsahuje moduly pro výpočet vodárenských systémů, stokových sítí, proudění v otevřených korytech, dešťového odtoku a další. Program uživateli nabízí možnost pracovat v integrovaném prostředí GIS, případně i propojení s ArcGI Pro od společnosti Esri. Při výpočtu vodovodních sítí pracuje s výpočetním jádrem EPANETU rozšířeným o doplňky od DHI. Zvládá jak hydraulické tak kvalitativní výpočty. [14]

WaterCAD

WaterCAD je software od společnosti Bentley a stejně jako v případě MIKE URBAN + pracuje s výpočetním jádrem EPANETU je jeho užívání zpoplatněno. Program nabízí buďto vlastní uživatelské prostředí, do kterého je možné importovat vektorová data, nebo možnost pracovat přímo v programech AutoCAD či MicroStation. Program umožňuje provádět hydraulické i kvalitativní výpočty. [15]

2.3.1 EPANET 2.0

V praktické části této práce bude provedeno posouzení vodovodní sítě v programu EPANET 2.0. V následující kapitole bude proto popsáno jak program funguje a jaké jsou jeho základní funkce.

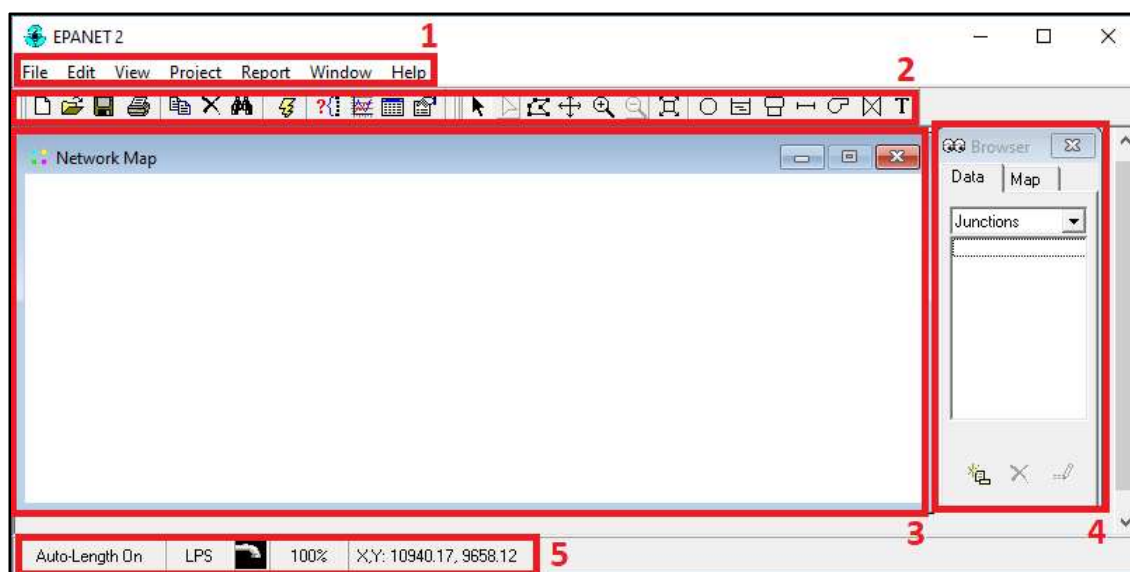
a) Výpočetní model

Program analyzuje vodovodní síť v přednastaveném počtu časových kroků. Délku časového kroku je možné zvolit v délce jedné minuty a více. Výchozími hodnotami výpočtu v každém časovém kroku jsou přednastavené velikosti odběrů, přednastavené úrovně hladiny vody ve zdrojích a dopočítané úrovně hladiny vody v nádržích z předchozího kroku. Velikost odběrů a úroveň hladiny ve zdrojích mohou být fixní, nebo mohou být v čase proměnné. Na základě těchto výchozích hodnot dopočítává program hodnoty tlaků v jednotlivých uzlech vodovodní sítě, hodnoty průtoků a rychlostí v potrubí a nové úrovně hladiny vody v nádržích. Tento výpočet vyžaduje řešení rovnice kontinuity mezi jednotlivými body sítě a rovnice ztrát třením pro jednotlivé úseky potrubí. Program provádí sérii iteračních výpočtů nelineárních rovnic pomocí

gradientního algoritmu. Výpočet končí ve chvíli, kdy je dosažena buď hodnota konvergence, nebo maximální počet iterací které nastavil uživatel. Hodnota konvergence se vypočte jako podíl součtu všech změn v průtoku a součtu všech průtoků v potrubí, a její doporučená hodnota je 1. Doporučený maximální počet iterací je 40. [13]

b) Uživatelské prostředí

Uživatelské prostředí programu EPANET 2 je velice intuitivní. Součástí programu je navíc manuál a obsáhlá nápověda, kde se lze o všech funkcích programu podrobně dočíst. Po spuštění programu se otevře okno, které se dělí na 5 hlavních částí.




Obr. č. 13 – Uživatelské prostředí programu EPANET 2

Poznámky k Obr. č. 13 [13]:







- 1 – Panel Menu - Obsahuje všechna menu sloužící k základnímu ovládní programu.
- 2 – Panel nástrojů - Obsahuje řadu symbolů, které reprezentují běžně užívané operace.
- 3 – Okno s mapou - Slouží k vymodelování vodovodní sítě, práci s ní a ke grafickému zobrazování výsledků
- 4 – Browser - Schraňuje všechny objekty, které vymodelovaná síť obsahuje, a umožňuje editaci jejich vlastností. Pomocí Browseru je také možné nastavit některé další vlastnosti modelu a následně zobrazovat časovou animaci výpočtu.
- 5 – Stavový řádek - Obsahuje informace, jako jsou například používané jednotky, měřítko zobrazení a další

c) Práce s projektem

Vytvoření nového projektu


- Nový projekt lze vytvořit přes menu *File - New*, nebo kliknutím na tlačítko  v panelu nástrojů.
- Před začátkem tvorby modelu je potřeba nastavit výchozí hodnoty, to se provádí v menu *Project - Defaults*. Nejdůležitější je zde správně zvolit jednotky průtoku, a rovnici pro výpočet tlakových ztrát.

Součásti modelu vodovodní sítě



- Uzly (*Nodes*) 
 - Uzly jsou místa, kde je ve vodovodní síti možné spojovat jednotlivá potrubí. Zároveň reprezentují místa s odběrem vody. Pomocí Browseru lze v každém uzlu nastavit jeho charakteristiky, jako jsou především nadmořská výška, základní potřeba vody a její časový průběh.
- Zdroje (*Reservoirs*) 
 - Zdroje jsou v EPANETU uzly, které slouží jako nekonečný přítok vody. U zdroje je potřeba nastavit především hydraulickou výšku. Množství vody, které každý zdroj může dodat je neomezené. Podmínkou však je, že vždy musí platit rovnice kontinuity, tedy že součet všech přítoků, mínus součet všech odběrů (včetně plnění nádrží) se rovná nule.
- Nádrže (*Tanks*) 
 - Nádrž je bod se schopností akumulovat vodu. U nádrže se nastavuje nadmořská výška dna, počáteční a maximální úroveň hladiny vody a závislost objemu na hladině vody. Tento vztah lze zadat buďto jednoduše, pomocí průměru kruhové nádrže, nebo křivkou která daný vztah popisuje. Tímto způsobem lze popsat i nepravidelný tvar nádrže.
- Potrubí (*Pipes*) 
 - Potrubí jsou prvkem, který propojuje jednotlivé body, zdroje a nádrže. Potrubí by svými vlastnostmi mělo co možná nejlépe reprezentovat reálné vodovodní potrubí. Nastavuje se u něj počáteční a koncový bod, délka, vnitřní průměr a drsnostní koeficient. Ten je se volí na základě materiálu a rovnice, použité rovnice pro výpočet ztrát třením.
- Čerpadla (*Pumps*) 
 - Každé čerpadlo musí stejně jako potrubí spojovat dva různé body. Nejdůležitějším parametrem čerpadla je jeho Q-H křivka, což je vztah mezi tlakovou výškou a průtokem.
- Ventily (*Valves*) 
 - Ventily slouží k ovládní tlaků a průtoků v síti. Existuje celkem 6 typů ventilů, z nichž každý se využívá k různým účelům

- PRV (Redukce tlaku) – Vpřípadě, že tlak na přítoku vzroste nad požadovanou hodnotu, ventil se postupně uzavírá, a tím redukuje tlak na odtoku.
 - PSV (Udržování tlaku) – V případě, že tlak na přítoku klesne pod požadovanou hodnotu, ventil se postupně uzavírá, a tím udržuje tlak na přítoku.
 - PBV (Bodový pokles tlaku) – Simuluje místo, ve kterém tlak vody klesne o určitou zadanou hodnotu.
 - FCV (Kontrola průtoku) – Ventil nedovolí, aby přes něj prošel větší průtok než je zadaná hodnota.
 - TCV (Škrčení průtoku) – Tento ventil simuluje škrčení průtoku na základě koeficientu místní ztráty
 - GPV (Obecný ventil) – Ventil, kterému lze pomocí křivky nastavit vztah mezi průtokem a ztrátou tlaku.
- Časové řady (*Time Patterns*)
 - Časové řady jsou tvořeny sekvencí násobitelů v zadaných časových krocích. Lze je využít například k simulaci nerovnoměrnosti potřeby vody, kolísání tlaku na zdroji apod.. Délku časového kroku je možné nastavit pomocí *Browseru*, v záložce *Options – Times*.
 - Podmínky (*Controls*)
 - Podmínky se dělí na jednoduché a složité. Jednoduché podmínky mohou být využity k uzavření určitých úseků sítě na základě tlaku v uzlu, úrovně hladiny v nádrži či času.
 - Nastavení (*Options*)
 - Nastavení je přístupné přes *Browser*, a lze v něm hlouběji nastavit další vlastnosti modelu. Důležitou položkou je zde především nastavení hydraulických vlastností, nastavení délky simulace, a délky časových kroků.
 - Popisky (*Labels*) **T**
 - Popisky mohou být umístěny kamkoliv do okna s mapou, a slouží pouze k uživatelskému popsání sítě. Samotný model nijak neovlivňují.

Výpočet

- Ke spuštění výpočtu lze použít menu *Project – Run Analysis*, nebo tlačítko . Doba, po kterou bude výpočet probíhat se může pohybovat od několika sekund po dlouhé hodiny. Závisí především na složitosti modelu, délce simulace, délce časových kroků a výkonnosti použitého počítače.

Prezentace výsledků

- Okno s mapou
 - První možností, kterou lze výsledky prezentovat je v okně s mapou. Nejprve v menu *View – Options – Notation* zaškrtneme možnost *Display Link Values* a *Display Node Values*. V *Browseru*, v okně *Map* pak zvolíme, které z vlastností chceme v uzlech a potrubích zobrazit. Ve stejném okně se pak můžeme pohybovat po časové ose a sledovat, jak se dané hodnoty mění.
- Grafy 
 - Grafy slouží k přehlednému vykreslení požadované hodnoty. Hlavním využitím jsou především časové průběhy tlaků, průtoků či rychlostí. Můžeme si také nechat vykreslit podélný profil vodovodního řádu, celkovou bilanci průtoků v systému, či tzv. *Contour plot*, což je graf zobrazující tlakové úrovně ve všech místech sítě v daný časový okamžik.
- Tabulky 
 - Pro detailnější analýzu výsledků poskytuje EPANET i tabulkové exporty výsledků. Lze exportovat buďto časovou řadu pro jeden konkrétní uzel či potrubí, nebo hodnoty v celé síti v daný časový okamžik. Tabulkový export je vhodný pro další analýzu například v programu MS Excel.

Doporučený postup práce

- 1) Vytvoření nového projektu
- 2) Nastavení výchozích hodnot
- 3) Zadání časových řad a křivek
- 4) Zakreslení všech fyzických součástí modelu, editace vlastností, přiřazení časových řad a křivek
- 5) Nastavení Hydrauliky, délky simulace a délky časových kroků
- 6) Spuštění výpočtu
- 7) Analýza výsledků
- 8) Doladění modelu, aby odpovídal předpokladům

3 Praktická část – Vodovod Kozmice

3.1 Popis řešené lokality

3.1.1 Širší vztahy

Obec Kozmice se nachází v okrese Benešov, na silnici č. II/110, která obec po asi 11 km jízdy jihozápadně přímo spojuje s Benešovem. 3 km severozápadně po této silnici se zase nachází exit č. 34 dálnice D1. [1]

Kozmice mají status obce (LAU 2 - CZ0201 529940) a spravují jedno katastrální (Kozmice u Benešova – 671851). Kromě samotných Kozmic se zde nachází ještě vesnice Kácová Lhota a Rousínov. Rozloha katastru je asi 800 ha, majoritní část z toho tvoří orná půda (400 ha) a lesní pozemky (270 ha). Předkládaná studie se zabývá řešením zásobování pitnou vodou pouze pro zastavěné území Kozmice. [17]

3.1.2 Zastavěné území obce

Nadmořská výška v obci se pohybuje v rozmezí 480 do 510 m n. m., přičemž nejnižší bod se nachází na východě, nejvyšší na západě. Zástavba v celé obci je nízkopodlažní, v centrální části ji tvoří bývalé zemědělské usedlosti a rodinné domy. V severní části obce se nachází dvě novější obytné lokality, Kodína (2004) a Na Skalce (2014). Parcely v těchto lokalitách jsou postupně zastavovány novými, solitárními rodinnými domy, jejich kapacita nicméně ještě není zdaleka vyčerpána.

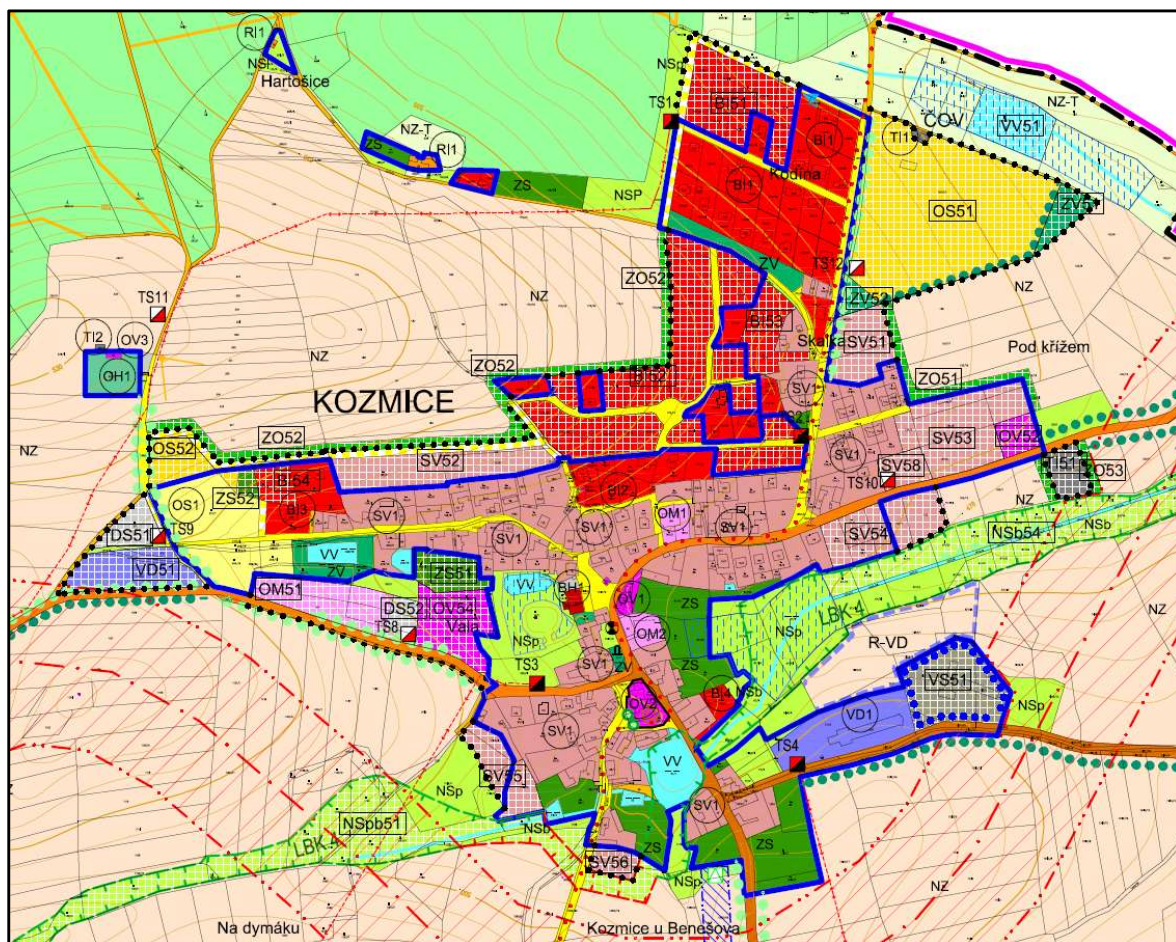
Občanskou vybavenost v obci zastává několik málo objektů na návsi. V obci se nachází obecní úřad s poštou a knihovnou, prodejna potravin s drobnou výrobnou uzenin, hostinec, kostel a hasičská zbrojnice. Nachází se zde také bývalá budova školy, která ale byla přestavěna na bytový dům. Vedle kostela se nachází budova fary, kde má obec v plánu vybudovat mateřskou školkou.

Co se vody týče, nachází se v zastavěném území Kozmic dvě větší vodní plochy a několik drobných. Na severozápadě obce leží bývalé betonová nádrž o rozměrech asi 55 x 25 m. Tato nádrž dříve sloužila jako koupaliště, dnes se jedná o požární nádrž. Na jihu obce pak leží nádrž spíše přírodního charakteru, ta je nicméně do značné míry zanesena sedimentem a zarostlá vegetací. Obcí protékají ze západu na východ dva vodní toky – Kozmický potok a jeho bezejmenný levostranný přítok. Oba toky jsou v obci částečně zatrubněny. [18]

3.2 Územně plánovací dokumenty

3.2.1 Územní plán

Obec Kozmice má nově zpracovaný územní plán z července 2019. Údaje zde uvedené lze tedy považovat za velmi aktuální. Pro naše potřeby je nejdůležitější dohledat informace o zastavěném a zastavitelném území a o koncepci veřejné infrastruktury. Prostorové uspořádání zastavitelných ploch lze dohledat ve výkresové části územního plánu, jejich podrobný popis a předpokládaný způsob využití je pak uveden v textové části. Nás zajímají zejména plochy pro obytnou zástavbu a občanskou vybavenost. Výběr těchto ploch je uveden níže. [19]



Obr. č. 14 – Výřez hlavního výkresu územního plánu obce Kozmice [19]

Poznámky k Obr. č. 14 [19]:

Stav Výhled

BI **BI** Bydlení v rodinných domech – městské a příměstské

SV **SV** Plochy smíšené obytné – venkovské

OV **OV** Občanské vybavení – veřejná infrastruktura

OM **OM** Občanské vybavení – komerční zařízení malá a střední

Lokalita	Orientační výměra [ha]	Orientační název	Stávající využití plochy	Příklad využití, předběžná nezávazná kapacita
BI51	0.97	Kozmice - Kodína	orná půda	obytné území cca 15 RD
BI52	2.93	Kozmice - sever	orná půda	obytné území cca 23 - 25 RD
BI53	0.40	Kozmice - sever	zahrada	obytné území cca 2 RD
BI54	0.17	Kozmice - západ	travní porost	obytné území cca 1 RD
OV52	0.18	Kozmice - střed	orná půda	obecní úřad, sociální péče, dům pro seniory, mateřská škola, komunitní centrum stanoviště IZS, policie, sociální péče
OV54	0.60	Kozmice - střed	orná půda, travní porost	obecní úřad, sociální péče, dům pro seniory, mateřská škola, komunitní centrum
OM51	0.60	Kozmice - střed	orná půda	ubytování, veřejné stravování, služby, obchody
SV51	0.50	Kozmice - sever	orná půda	smíšené obytné území cca 2-3 RD s hospodářskými objekty a prostory pro podnikání
SV52	1.00	Kozmice - západ	orná půda	smíšené obytné území cca 5-6 RD s hospodářskými objekty a prostory pro podnikání
SV53	0.81	Kozmice - východ	orná půda	smíšené obytné území cca 6-7 RD s hospodářskými objekty a prostory pro podnikání
SV54	0.73	Kozmice - východ	zahrada, orná půda	smíšené obytné území cca 5-6 RD s hospodářskými objekty a prostory pro podnikání
SV55	0.45	Kozmice - jih	zahrada, orná půda	smíšené obytné území cca 1 RD s hospodářskými objekty a prostory pro podnikání
SV56	0.15	Kozmice - jih	orná půda	smíšené obytné území cca 1 RD s hospodářskými

Tab. č. 6 – Zastavitelné plochy dle územního plánu (výběr) [19]

3.2.2 Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území kraje (PRVKÚK)

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací je dle § 4 zákona č. 274/2001 (Zákon o vodovodech a kanalizacích) územně plánovací dokument, jehož zpracování a schvalování zajišťuje kraj. PRVKÚK obsahuje hrubou koncepci zásobování pitnou vodou a koncepci odkanalizování a čištění odpadních vod pro jednotlivé obce na území daného kraje. Plán by měl obsahovat technicky nejvhodnější řešení, a měl by být průběžně aktualizován. Nové projekty vodovodů a kanalizací musí být s PRVKÚK v souladu, v opačném případě je nutné podat žádost o jeho změnu. Návrhy na změnu PRVKÚK mohou krajskému úřadu předkládat jednotlivé obce. Úřad žádost před jejím schválením projedná s jednotlivými dotčenými subjekty. [5]

Poslední aktualizace PRVKÚK pro obec Kozmice proběhla v roce 2019, na základě žádosti z listopadu 2018. Obec o změnu žádala na základě technickoekonomické studie zásobování pitnou vodou, kterou si nechala v roce 2017 vypracovat. V původní verzi PRVKÚK bylo pro obec Kozmice počítáno s připojením na skupinový vodovod CHOPOS, který v dané oblasti funguje. Obec na základě zmíněné studie od této varianty upustila a rozhodla se o posílení vlastních vodních zdrojů. Hlavním důvodem, proč byla původní varianta zavržena, byla nutnost výstavby 1,5 km dlouhého přivaděče z vodojemu Teplýšovice, a potřeba výstavby nové automatické tlakové stanice na druhém konci obce. Krajský úřad žádosti vyhověl, a požadavek obce byl do PRVKÚK zanesen změnou v roce 2019. Záměr obce je tedy s PRVKÚK v souladu. [21] [20]

3.3 Současný stav zásobování pitnou vodou.

Obec Kozmice je možné rozdělit na dvě hlavní oblasti – stará obec a nové obytné lokality. Objekty ve staré obci nemají v současné době centrální zdroj pitné vody, místní obyvatelé jsou odkázáni na vlastní studny. Ve většině případů se jedná o staré kopané studny, v nichž je vydatnost i kvalita vody proměnlivá. Na severu obce byly v minulosti, v rámci dvou developerských projektů vybudovány a kompletně zasařovány dvě obytné lokality. Ve starší z nich – Kodína, byla navíc postavena automatická tlaková stanice, která nyní obě lokality zásobuje. Jako zdroj vody zde slouží dvě vrtané studny. [21]

3.3.1 Zdroje pitné vody

Severně od obce se v současné době nacházejí celkem tři zdroje podzemní vody, všechny provedené jako vrtané studny s perforovanou zárubnicí. Vrt HV-1 s údajnou vydatností 0,47 l/s není v současné době využíván, protože v něm v roce 1992 byl zjištěn zvýšený obsah manganu a železa. Obytné lokality jsou nyní zásobovány pouze vrty HV-2 a HV-2N. Ze studní je voda čerpána ponornými čerpadly do akumulární nádrže, která je součástí automatické tlakové stanice. [21] [22]



Obr. č. 15 – Studna HV-2N

Označení zdroje	Rok výstavby	Hloubka	Zárubnice		Vydatnost
		[m]	materiál	DN	[l/s]
HV-1	1983	19.3	ocel	200	0.470
HV-2	1983	19.0	ocel	200	0.070
HV-2N	2011	29.0	PVC	160	0.129

Tab. č. 7 – Stávající vodní zdroje

3.3.2 Vodárna

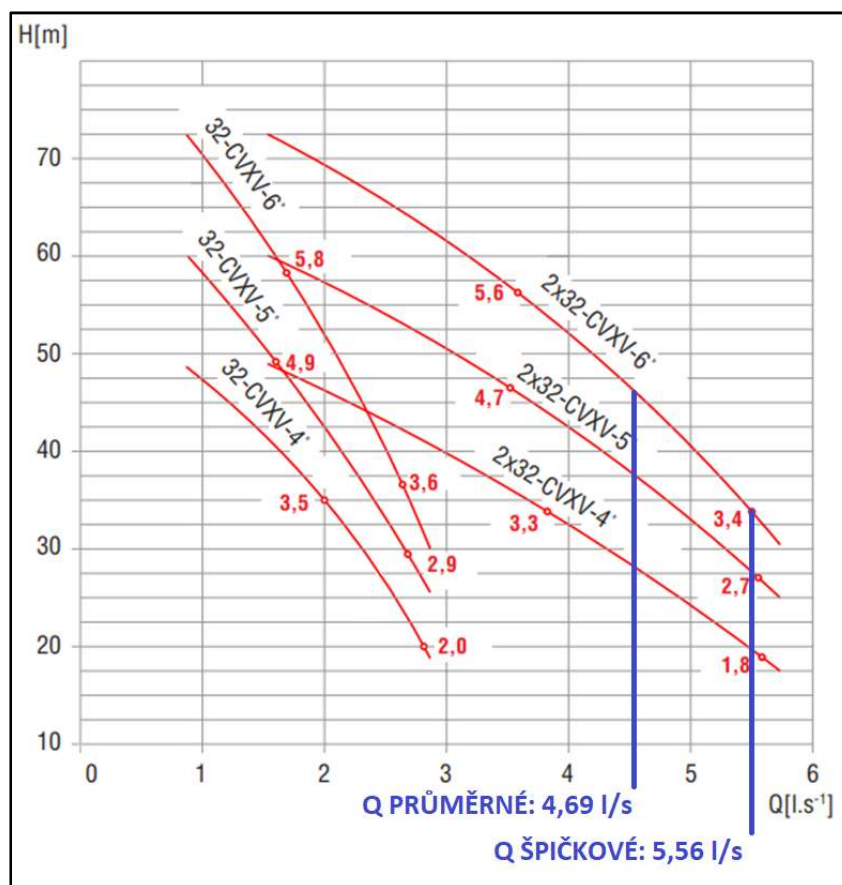
Tlak ve vodovodní síti je v současnosti zajišťován automatickou tlakovou stanicí. Ta se spolu s akumulací nachází v objektu vodárny o půdorysných rozměrech 4,76 x 5,25 m. Podlaha vodárny leží na kótě 482,93. Objekt se nachází v severní části lokality Kodína. [23]



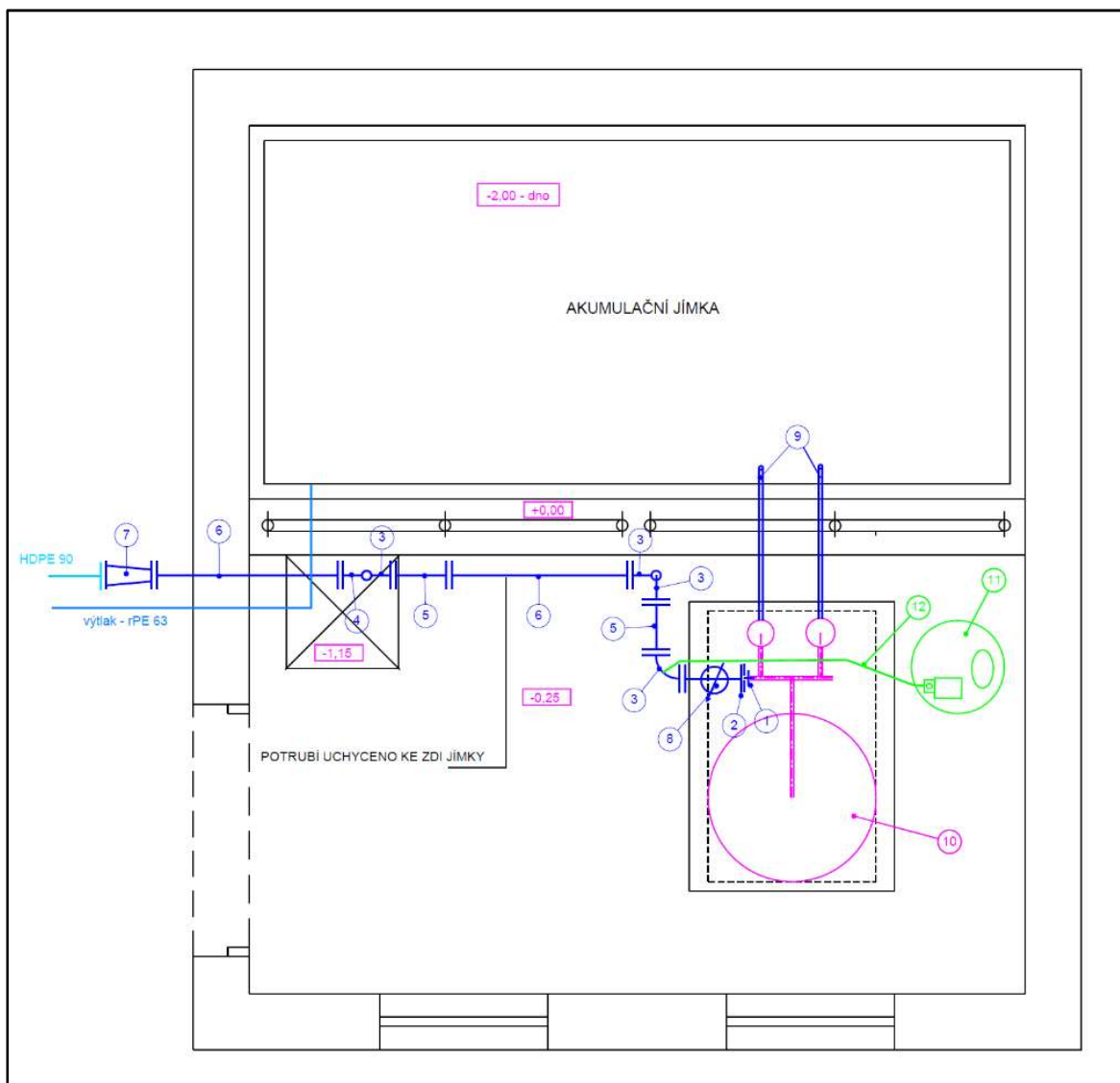
Obr. č. 16 – Objekt vodárny

Akumulační nádrž se nachází v podzemní části objektu, a je provedena jako svařená jímka z polypropylenových desek tloušťky 16 mm, která je zároveň obetonována. Nádrž má vnitřní rozměry 4 x 1,84 x 2 m a její dno leží na kótě 481,18 m n. m. Maximální hladina vody v nádrži je v úrovni 1,7 m ode dna, maximální objem je tedy roven 12,51 m³. Uvnitř jsou instalovány plovákové spínače. Jakmile hladina vody ve vodojemu klesne pod úroveň 0,8 m ode dna, spustí se čerpadlo na zdroji. Při vystoupení hladiny na úroveň 1,6 m se toto čerpadlo naopak vypne. [23]

Automatická tlaková stanice umístěná v objektu vodárny je typu CS-1000V-4-R od výrobce Sigma Pumpy Hranice. Z čerpací jímky jsou vyvedena dvě sací potrubí z pozinkované oceli, na která navazují dvě čerpadla typu 3-CVXV-6°. Za čerpadly následuje tlaková nádoba o objemu 1000 l, vodoměr a dávkování chlornanu sodného. ATS je napojena na potrubí HDPE DN 90 rozváděcího řadu 1. Oblastní diagram čerpadel a celkové schéma technologie jsou uvedeny níže. [23]



Obr. č. 17 – Oblastní diagram čerpadel (v našem případě $2 \times 32\text{-CVXV-6}^\circ$) [24]



Obr. č. 18 – Schéma technické části vodárny [23]

Poznámky k Obr. č. 18 [23]:

1 – Vsvka dvojitá 6/4"	1 ks
2 – Příruba s vnitřním závitem DN 50	1 ks
3 – Přírubové koleno Q-kus DN 50	4 ks
4 – Přírubové koleno s patkou N-kus DN 50	1 ks
5 – Přírubová trouba FF DN 50/300 mm	4 ks
6 – Přírubová trouba FF DN 50/1000 mm	2 ks
7 – Přírubová redukce FFR DN 80/50	1 ks
8 – Vodoměr přírubový FLOSTAR-M DN 50	1 ks
9 – Potrubí z pozinkované oceli	6 m
10 – Automatická tlaková stanice CS-1000V-4-R	1 ks

11 – Dávkovací čerpadlo IWAKI EH-B10-VC-S	1 ks
12 – Dávkovací potrubí	3 m

3.3.3 Vodovodní síť

a) Příváděcí řady

Od studny HV-2 je veden směrem na jih příváděcí řad „V1“, který je proveden z potrubí rPE D63 a má celkovou délku 210 m. Řad je veden podél lesní cesty, dále pak v místní komunikaci na Kodíně kterou je přiveden až k objektu vodárny. Na tento řad se zhruba v jeho třetině od východu napojuje řad „V2“ provedený z potrubí PE 100, SDR 11, D63 délky 133 m, který slouží jako přívaděč od studny HV-2N. V souběhu s příváděcími řady jsou umístěny i elektrifikační a sdělovací kabely pro čerpadla. [23]

Výčet stávajících příváděcích řadů [23]:

Řad „V1“	studna HV-2	rPE	d63	242 m
Řad „V2“	studna HV-2N	PE 100, SDR11	d63	133 m
Celková délka:			d63	375 m

b) Rozvodná síť

Rozvodná síť v Kozmicích vznikala ve dvou etapách, spolu s vybudováním obytných lokalit. První část vznikla v roce 2004 spolu s lokalitou Kodína, a jedná se celkem o 928 m potrubí d90 z materiálu PE 100, SDR 11. Spolu s vodovodními řady byly vybudovány i přípojky pro celkem 33 parcel, z nichž je v současné době zastavěno 17. [23]

V roce 2014 pak bylo vybudováno dalších 579 m vodovodních řadů v lokalitě Na Skalce, a to opět z PE 100, SDR 11 d90. Celková délka rozvodné sítě v obci tedy v současné době činí 1582 m. V této lokalitě byly vybudovány přípojky pro 26 parcel, z toho 17 je nyní zastavěno. [23]

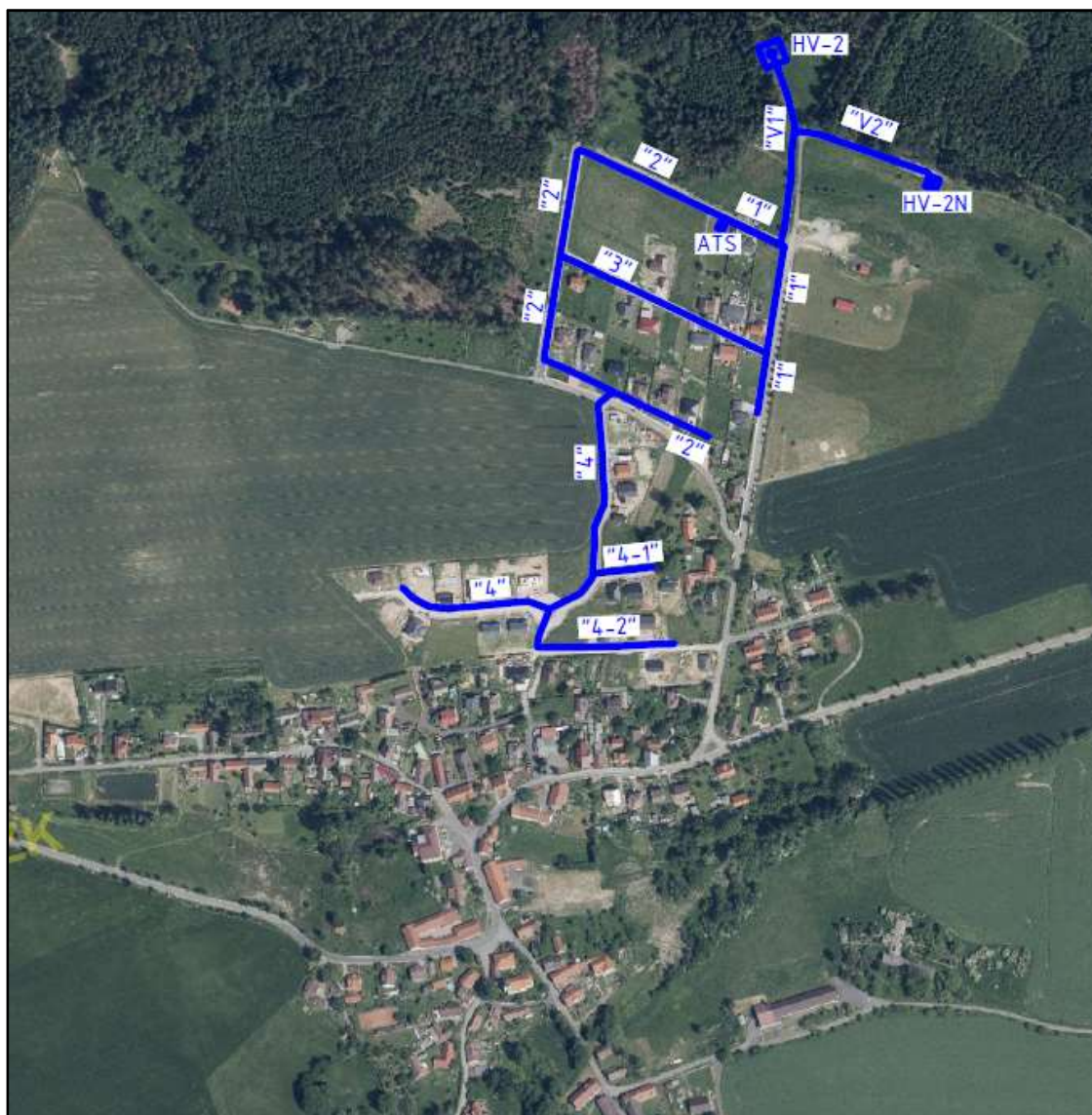
Výčet stávajících rozváděcích řadů [23]:

Řad „1“	Kodína	PE 100, SDR11	d90	216,5 m
Řad „2“	Kodína	PE 100, SDR11	d90	504,0 m
Řad „3“	Kodína	PE 100, SDR11	d90	207,5 m
Řad „4“	Na Skalce	PE 100, SDR11	d90	366,5 m
Řad „4-1“	Na Skalce	PE 100, SDR11	d90	53,8 m
Řad „4-2“	Na Skalce	PE 100, SDR11	d90	159,0 m
Celková délka:			d90	1507,3 m

Celkem připojených parcel: 59 ks

Z toho zastavěných:

34 ks



Obr. č. 19 – Stávající vodovodní síť v obci Kozmice na podkladu ortofoto mapy ČUZK [17]

3.4 Návrh zásobování obce Kozmice pitnou vodou

Obec má v současné době velmi reálný záměr rozšířit vodovodní síť na celé území obce. Pro tento krok se rozhodla na základě Studie zásobování pitnou vodou, kterou si nechala vypracovat v roce 2017. [20]

V návaznosti na zmíněnou studii probíhají v současné době přípravné práce před zpracováním projektové dokumentace pro získání územního rozhodnutí na nové vodovodní řady, na rozšíření prostoru akumulace a případnou úpravu technologie ATS. Po získání souhlasu úřadů požádá obec o dotaci a přistoupí k realizaci.

V souběhu s výše uvedeným řeší obec i posílení vodního zdroje. V této věci už se posunuli dále, nechali si vypracovat odborný posudek na nový zdroj podzemní vody, mají zažádáno o dotaci a nechávají si zpracovat dokumentaci. Vrtné práce proběhnou nejspíš už v roce 2020.

3.4.1 Zdroje pitné vody

Jak bylo zmíněno výše, v současné době probíhají přípravné práce na posílení vodního zdroje. Obec si nechala vypracovat odborný posudek, a chystá se objednat projekt a realizaci nového vrtu pro jímání podzemní vody z horninového prostředí. Nový vrt má být vybudován na pozemkové parcele č. 140, což je stejný pozemek, kde se nachází vrt HV-2N. Pozemek je ve vlastnictví obce. Vzhledem k výše uvedenému si tato studie neklade za cíl provést technický návrh nového vodního zdroje. V následující kapitole bude shrnut návrh uvedený ve zmíněném posudku. [22]

Na parcele č. 140 se vyskytuje vodonosná struktura, na které je vybudován stávající vrt. Aby nedošlo k jeho přímému ovlivnění, je doporučeno umístit nový vrt minimálně do vzdálenosti 80 m od vrtu HV-2N. Maximální vzdálenost od současného vrtu byla stanovena na 200 m. [22]

Budování nového vrtu bude probíhat ve třech fázích. První fází bude vyhledávací geofyzikální průzkum, kdy na zadaném pozemku bude provedena přesná lokalizace průzkumného vrtu. Pro toto vytyčení bude primárně využito geofyzikální metody velmi dlouhých vln. Jedná se o metodu využívající elektromagnetických polí navigačních radiostanic. Zkreslení těchto polí indikuje výskyt vodivostních nehomogenit, což mohou být inženýrské sítě, vodivé horniny, nebo právě vodou nasycené zóny. V případě zjištění složitějších podmínek bude tato metoda doplněna odporovou tomografií, což je metoda založená na měření rezistivity země pomocí elektrod. [22] [25]

Druhou fází bude podrobný hydrogeologický průzkum, kdy už budou provedeny vrtné práce, čerpací zkoušky a laboratorní rozbory vody. Předpokládá se provedení 100 m hlubokého průzkumného vrtu, ve kterém bude provedena čerpací zkouška. Podle posudku bude odhadovaná vydatnost minimálně 0,5 l/s. Vrt bude vystrojen PVC pažnicí o průměru 160 mm vyhovující hygienickým požadavkům na pitnou vodu. Po vybudování vrtu bude následovat jednadvacetidenní čerpací zkouška a třídní zkouška stoupací. Při čerpací zkoušce budou zároveň odebírány vzorky pro laboratorní rozbory vody. Na základě výsledku zkoušek a rozborů bude rozhodnuto, zda je vrt vhodný jako zdroj pitné vody a zda je jeho vydatnost vyhovující. V případě neuspokojivého výsledku bude proveden jeho zpětný zásyp vytěženým materiálem. [22]

Poslední fází budování zdroje pitné vody bude jeho připojení k vodovodní síti. Od vrtu bude až k vodárně vybudován nový tlakový přivaděč, ten bude proveden z materiálu HDPE d63, předpokládaná délka je asi 490 m. Uvnitř vrtu bude osazené ponorné čerpadlo, které bude navrženo na základě zjištěné hladiny vody ve vrtu, hladiny vody v akumulační nádrži a podélného profilu přivaděče. V těsné blízkosti vrtu se bude

nacházet šachta, v níž bude umístěn vodoměr, šupě, vzdušník, zpětná klapka a výtokový ventil pro odběr vzorků. K vrtu bude také dovedena nová přípojka elektřiny a komunikační kabel z objektu vodárny pro ovládání čerpadla. [22]



Obr. č. 20 – Průzkumná plocha nového zdroje vody na mapovém podkladu ČUZK [17] [22]

Výčet navrhovaných objektů:

Studna HV-3	PVC DN 160	hloubka 100 m
Přivaděč „V3“	HDPE d63	délka cca 490 m

Stanovené cíle pro model vodovodu:

- Výpočet potřeby vody a posouzení
- Stanovení ideální vydatnosti nového vodního zdroje

3.4.2 Vodárna

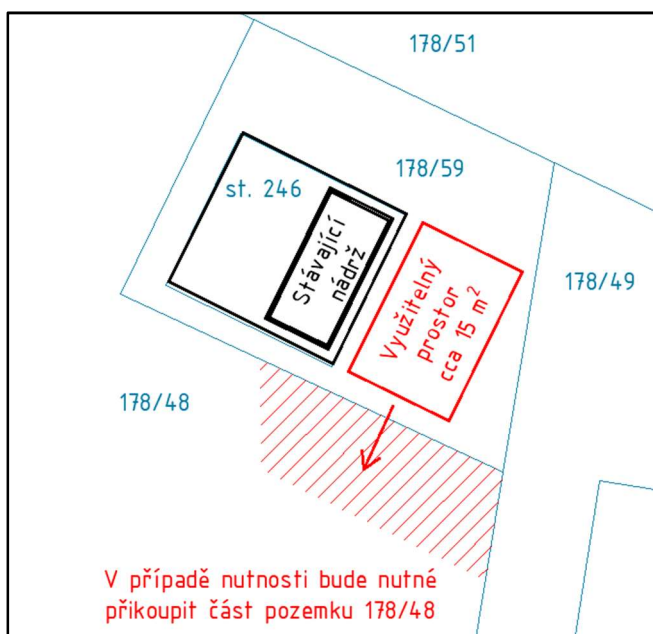
Součástí návrhu rozšíření vodovodní sítě by mělo být i posouzení, zda je současné technologické vstrojení vodárny a velikost akumulární nádrže dostačující pro potřeby celé obce. Nádrž by měla mít provozní a poruchový objem navržený na výhledové hodnoty potřeby vody. Součástí nádrže nebude požární objem, neboť vodovod nemá sloužit jako požární. Na západě obce se nachází nádrž s volnou hladinou využívaná jako požární a v centru obce se připravuje rekonstrukce rybníka, který by mohl také sloužit pro účely hašení požáru.

Jak je uvedeno v kapitole 3.3.2, součástí vodárny je nádrž o objemu 12 m³. Předběžně lze odhadovat, že tento objem akumulace nebude dostačující. Nádrž je provedena jako podzemní plastová, obetonovaná jámka, která je uložena přímo v objektu vodárny. Její výměna by znamenala nákladnou přestavbu celé vodárny, nehledě na to, že by po dobu rekonstrukce byla dlouhodobě přerušena dodávka vody pro obyvatele lokalit Kodína a Na Skalce. Muselo by tedy být zajištěno náhradní zásobování pitnou vodou. Z těchto důvodů se jeví jako výhodnější varianta vybudovat novou akumulaci nádrž, která bude s tou stávající propojena na principu spojených nádob. Délka odstávky vody tak bude zkrácena pouze na dobu nezbytnou k přepojení potrubí a bude ušetřena část finančních nákladů.

Vodárna se nachází na pozemcích č. 178/59 a st. 246 které jsou ve vlastnictví obce. Prostorově jsou ale pozemky poměrně omezené a jsou obklopeny soukromými pozemky. Výměra obou pozemků je 92 m², z čehož je 25 m² zastavěno objektem vodárny. Po bližší analýze pozemku pak zjistíme, že v úvahu pro novou nádrž připadá plocha jen asi 15 m². Pokud budeme půdorysnou plochu navyšovat, může vzniknout požadavek na odkoupení části soukromého pozemku. Možnosti prostorového uspořádání v rámci pozemku jsou znázorněny na Obr. č. 21.

Ideálním řešením by bylo, aby obě nádrže byly uloženy stejně hluboko. Vzhledem k malé hloubce staré nádrže a malé využitelné ploše pozemku je ale pravděpodobné, že nová nádrž bude muset být hlubší. Aby systém fungoval co nejlépe, bude přivaděč i nadále zaústěn do staré nádrže, ale sání bude dovedeno do nové nádrže. Maximální hladina obou nádrží bude ve stejné výškové úrovni jako nyní, tedy 1,7 m nade dnem staré nádrže.

Co se automatické tlakové stanice týče, návrh předpokládá se zachováním stávajícího řešení. To bude posouzeno a v případě nevyhovění bude navržena úprava. Ta může spočívat ve výměně čerpadel, tlakové nádoby nebo celé ATS.



Obr. č. 21 – Možnosti prostorového uspořádání vodárny v rámci pozemku [17]

Doporučený postup prací

- 1) Výstavba přivaděče „V3“ od studny HV-3 až k pozemku vodárny.
- 2) Ve vhodném úseku přivaděče „V3“ bude vybudována spojná šachta, ve které bude provedena příprava na propojení přivaděčů. V této fázi nesmí být přerušen přivaděč „V1“.
- 3) Provedení výkopových prací pro novou akumulční nádrž s ohledem na statické zajištění vodárny
- 4) Osazení nové nádrže
- 5) Zajištění náhradní dodávky pitné vody pro lokality Kodína a Na Skalce
- 6) Odstavení současných zdrojů vody a vypuštění stávající nádrže
- 7) Propojení přivaděčů „V1“ a „V3“ ve spojné šachtě
- 8) Zaústění přivaděče „V3“ do staré nádrže
- 9) Propojení nádrží
- 10) Případná úprava nebo výměna technologie ATS
- 11) Zkouška vodotěsnosti
- 12) Zpětné zásypy, násyp zemního valu a kompletační práce
- 13) Uvedení systému do provozu
- 14) Přerušování náhradní dodávky pitné vody

Stanovené cíle pro model vodovodu:

- Výběr vhodné velikosti nové akumulční nádrže
- Posouzení ATS a případný návrh úpravy technologie

3.4.3 Vodovodní síť

Vzhledem k tomu, že se obec připravuje na realizaci vodovodní sítě, je k dispozici aktuální geodetické zaměření celé obce. Trasový návrh nové rozvodné sítě vychází ze studie zásobování pitnou vodou z roku 2017. Ta navrhuje celkem 2118 m nových zásobních řadů z materiálu HDPE 100 SDR11 d90. S využitím geodetického zaměření byl tento návrh zrevidován a zpřesněn. Níže je uveden stručný popis všech navrhovaných řadů. [20]

Řad „1“ - prodloužení

Vodovodní řad „1“ má v současné době délku 216,5 m, a lemují lokalitu Kodína ze severovýchodní strany. Od objektu vodárny je veden v místní komunikaci směrem na východ, a poté se stáčí jižně. Na konci lokality je ukončen hydrantem. Řad bude z tohoto místa prodloužen o 919,1 m, bude protínat zastavěné území obce ve směru SV – JZ a bude převážně uložen v tělesech silnic č. II/110 a III/1104. Částečně bude také uložen v místní komunikaci a v zeleném pásu. Řad „1“ je pomyslnou páteří celého systému. Přímo na řad „1“ se bude napojovat 33 nemovitostí.

Řad „1-1“

Řad „1-1“ se napojí na páteřní řad „1“ z východu a má délku 105,5 m. Jedná se o přímý úsek uložený ve zpevněné místní komunikaci, na který se napojí 6 nemovitostí.

Řad „1-2“

Řad „1-2“ se napojí na páteřní řad „1“ ze západu a má délku 94,1 m. Jedná se o přímý úsek uložený v nezpevněné cestě, na který se napojí 5 nemovitostí.

Řad „1-3“

Řad „1-3“ se napojí na páteřní řad „1“ z východu, a to v křižovatce místní komunikace a silnice č. II/110. Řad bude mít délku 98,9 m a budou se na něj napojovat 2 nemovitosti.

Řad „1-4“

Řad „1-4“ se napojí na páteřní řad „1“ ze severu v centrální části obce. Bude uložen v místní komunikaci a bude mít délku 79,6 m. Bude se na něj napojovat 5 nemovitostí.

Řad „1-4-1“

Řad „1-4-1“ se se napojí na řad „1-4“ v jeho koncovém úseku a má délku 148,1 m. Bude uložen v místní komunikaci a bude se na něj napojovat 6 nemovitostí.

Řad „1-5“

Řad „1-5“ se napojí na páteřní řad „1“ ze severozápadu, a to na návsi před hasičárnou. Bude uložen částečně v místní komunikaci a částečně v zeleném pásu podél ní. Jeho délka bude 444,8 m a bude se na něj napojovat 27 nemovitostí.

Řad „1-6“

Řad „1-6“ se na páteřní řad „1“ napojí z jihozápadu, a to na křižovatce před budovou bývalé fary. Bude uložen v místní komunikaci, bude mít délku 173,6 m a bude se na něj napojovat 7 nemovitostí.

Řad „1-6-1“

Řad „1-6-1“ se bude napojovat na řad „1-6“ ze západu před objektem bývalé fary. Bude uložen v místní komunikaci, bude mít délku 157,3 m a bude se na něj napojovat 7 nemovitostí.

Řad „4-2“ – prodloužení a zokruhování

Řad „4-2“ má v současné době délku 159,0 m a zásobuje vodou nejnižší část lokality Na Skalce. Tento řad bude prodloužen o 43,8 m směrem na východ, kde bude propojen s páteřním řadem „1“. Na tento

Výčet navrhovaných rozváděcích řadů:

Řad „1“	HDPE 100, SDR 11	d90	919,1 m
Řad „1-1“	HDPE 100, SDR 11	d90	105,5 m
Řad „1-2“	HDPE 100, SDR 11	d90	96,0 m
Řad „1-3“	HDPE 100, SDR 11	d90	98,9 m
Řad „1-4“	HDPE 100, SDR 11	d90	79,6 m
Řad „1-4-1“	HDPE 100, SDR 11	d90	148,3 m
Řad „1-5“	HDPE 100, SDR 11	d90	419,2 m
Řad „1-6“	HDPE 100, SDR 11	d90	173,6 m
Řad „1-6-1“	HDPE 100, SDR 11	d90	157,2 m
Řad „4-2“	HDPE 100, SDR 11	d90	43,8 m
Celková délka:		d90	2241,2 m

Stanovené cíle pro model vodovodní sítě:

- Posouzení tlakových a rychlostních poměrů v síti, v případě neuspokojivého výsledku návrh vhodných opatření

3.5 Posouzení vodovodní sítě

V předchozích kapitolách jsme nejprve stanovili postup, kterými budeme danou síť posuzovat. Poté jsme si popsali současný a návrhový stav zásobování pitnou vodou a provedli předběžné návrhy jednotlivých vodárenských zařízení. Nyní je na čase celou vodovodní síť posoudit a případně optimalizovat návrh. To bude provedeno ve třech krocích. Prvním krokem bude výpočet potřeby vody. Tento výpočet je jasně daný metodickými postupy, a jeho výsledek bude sloužit jako podklad ke kroku č. 2. Tím bude vymodelování systému v prostředí programu EPANET 2 a nasimulování skutečného provozu. Krokem č. 3 pak bude analýza výsledků simulace. Na jejím základě zjistíme, zda předběžný návrh vyhovuje všem požadavkům. V případě že tomu tak nebude, pokusíme se návrh optimalizovat tak, aby vyhověl.

3.5.1 Rekapitulace stanovených cílů

- Výpočet potřeby vody a posouzení
- Stanovení ideální vydatnosti nového vodního zdroje
- Výběr vhodné velikosti nové akumulární nádrže
- Posouzení ATS a případný návrh úpravy technologie
- Posouzení tlakových a rychlostních poměrů v síti, v případě neuspokojivého výsledku návrh vhodných opatření

3.5.1 Výpočet potřeby vody

V současné době se v obci Kozmice nachází 103 obydlených rodinných domů a jeden bytový dům. Žije zde 344 obyvatel, z toho 12 osoby v bytovém domě a 332 v rodinných domech. Počet rekreantů je 48 a jsou přítomni v průměru 1/4 roku. V obci je v provozu obecní úřad s jednou stále zaměstnanou osobou. Nachází se zde prodejna potravin, s přidruženou malou výrobnou uzenin. Pracují zde v průměru tři pracovníci, a na výrobu se zde spotřebuje cca 6 m³ vody týdně. Ve zkráceném provozu zde funguje restaurace se studenou kuchyní. Na poště pracuje jeden pracovník polovinu pracovního týdne, v restauraci je jeden pracovník třetinu pracovního týdne. Kompletní výpočet byl proveden za pomoci Směrných čísel potřeby vody z vyhlášky č. 120/2011, a je uveden v Příloze č. 1.

Výhledový stav byl stanoven na základě územního plánu, kdy pro zastavitelné parcely v obci bylo uvažováno s počtem 3 obyvatel na každou novou parcelu. Výhledově bude v obci bydle 487 obyvatel, z toho 50 v bytovém domě, zbytek v rodinných domech. V obci se nepředpokládá s nárůstem počtu rekreantů. Připravuje se výstavba mateřské školky pro celkový počet 26 osob, tato skutečnost byla do výpočtu zahrnuta.

Vzhledem k tomu, že směrná čísla potřeby vody z vyhlášky č. 120/2011 jsou primárně určena pro fakturaci, tedy k výpočtu vodného a stočného, nejsou v nich započteny ztráty na potrubí. Ztráty vody jsou vodou nefakturovanou, kterou je ale potřeba do výpočtu přidat, protože lze předpokládat, že k nim dřív nebo později bude docházet. Běžně se uvažují ztráty 20 % z celkové potřeby vody.

15 918	47.35	0.55	71.02	0.82	5.33	1.480
<i>[m³/rok]</i>	<i>[m³/den]</i>	<i>[l/s]</i>	<i>[m³/den]</i>	<i>[l/s]</i>	<i>[m³/hod]</i>	<i>[l/s]</i>
Q_r	Q_{24}	Q_{24}	Q_m	Q_m	Q_m	Q_m
<i>Průměrná roční potřeba vody</i>	<i>Průměrná denní potřeba vody</i>		<i>Maximální denní potřeba vody</i>		<i>Maximální hodinová potřeba vody</i>	
PO ZAPOČTENÍ ZTRÁT 20%						
19 101	56.81	0.66	85.22	0.99	6.39	1.775

Tab. č. 8 – Potřeba vody, Návrhový stav 1, stávající (viz příloha č. 1)

23 898	70.44	0.82	105.67	1.22	7.64	2.123
<i>[m³/rok]</i>	<i>[m³/den]</i>	<i>[l/s]</i>	<i>[m³/den]</i>	<i>[l/s]</i>	<i>[m³/hod]</i>	<i>[l/s]</i>
Q_r	Q_{24}	Q_{24}	Q_m	Q_m	Q_m	Q_m
<i>Průměrná roční potřeba vody</i>	<i>Průměrná denní potřeba vody</i>		<i>Maximální denní potřeba vody</i>		<i>Maximální hodinová potřeba vody</i>	
PO ZAPOČTENÍ ZTRÁT 20%						
28 678	84.53	0.98	126.80	1.47	9.17	2.548

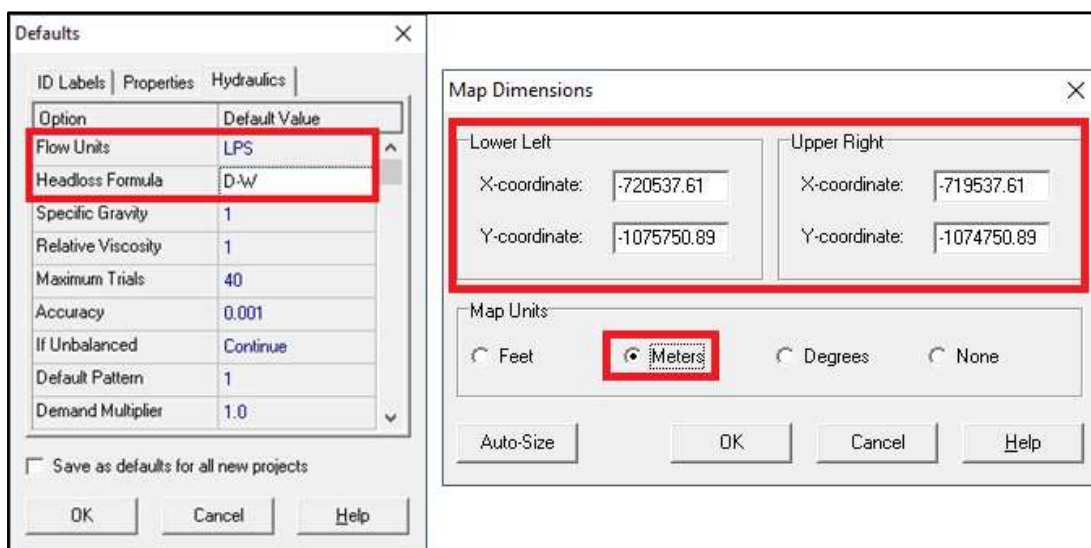
Tab. č. 9 – Potřeba vody, Návrhový stav 2, výhledový (viz příloha č. 2)

3.5.2 Model vodovodní sítě v programu EPANET 2

V následujících odstavcích bude krok po kroku popsán postup práce v programu EPANET 2. Síť budeme posuzovat na dva návrhové stavy, stávající a výhledový. Nejprve si vytvoříme všechny prvky modelu, a poté budeme postupně upravovat jejich charakteristiky, aby vyhověl oběma návrhovým stavům.

a) Výchozí nastavení modelu

Po založení nového projektu nastavíme v menu *Project – Defaults* průtokové jednotky v litrech za sekundu (LPS) a pro výpočet tlakových ztrát zvolíme Darcy-Wisbachovu (D-W) rovnici. Dále v menu *View – Dimensions* nastavíme délkové jednotky v metrech a definujeme souřadnicový systém. To se provádí zadáním X a Y souřadnic dolního levého a horního pravého rohu zobrazované mapy. Tyto souřadnice je pro Českou republiku vhodné zadat v systému S-JTSK, avšak v minusových hodnotách.



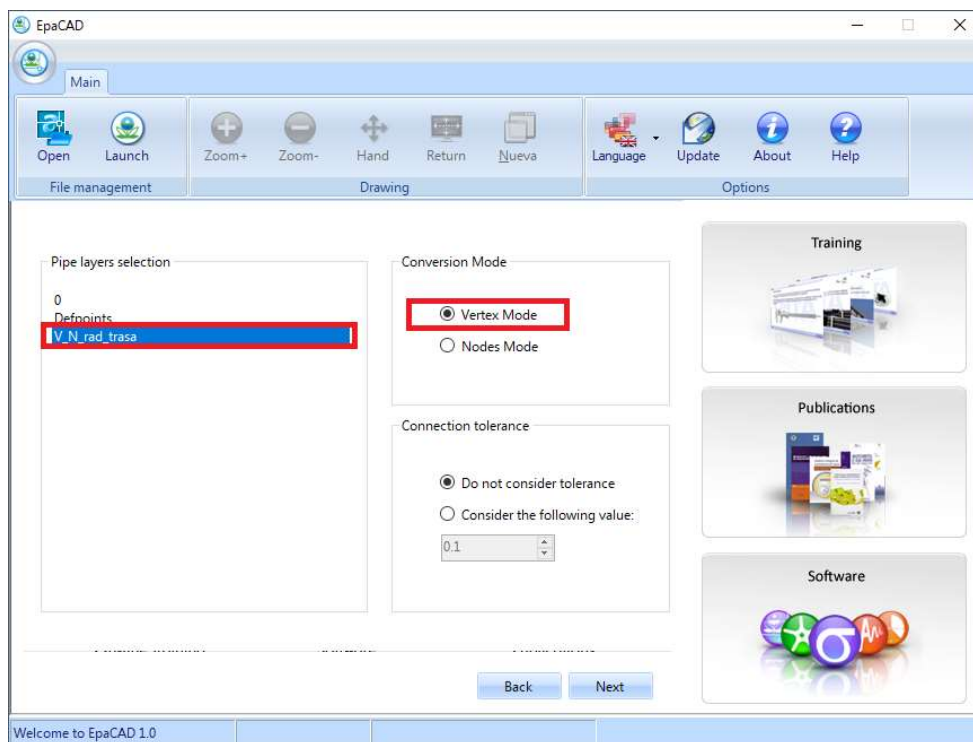
Obr. č. 24 – Nastavení výchozích hodnot

b) Tvorba rozvodné sítě

Vodovodní síť je možné do programu zadat dvěma způsoby. Prvním z nich je postupné, ruční zakreslení všech prvků do okna s mapou. Tato metoda je vhodná v případě menších, jednoduchých sítí. Pokud se ale chceme ručnímu zadávání vyhnout, existuje i možnost importovat do programu vektorová data vytvořená například v programu AutoCAD. Tato metoda je vhodná v případě větších systémů, protože práce v AutoCADu je uživatelsky příjemnější. Nejvíce pak tuto možnost uvítáme, máme-li zakres sítě už ve vektorové podobě k dispozici. Toto je i náš případ, neboť dokumentaci stávající i nově projektované sítě máme k dispozici. Program, který takový import umožňuje, se nazývá EpaCAD a je volně ke stažení.

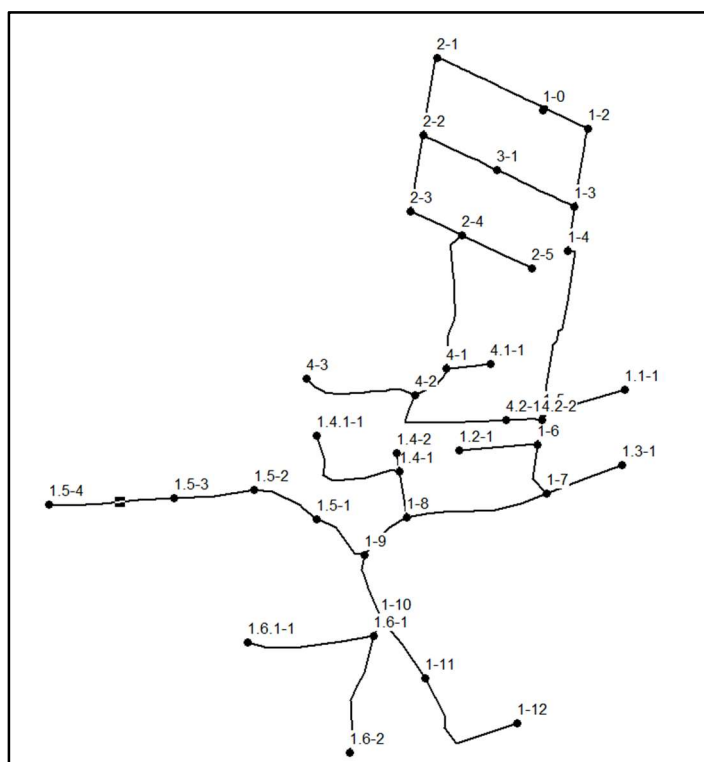
Prvním krokem je příprava datového souboru. Je důležité se rozhodnout, kolik uzlů v síti vytvoříme. Uzly jsou totiž jedinými místy s možností odběru vody a jejich hustota může značně ovlivnit výsledky. Uzly musí být na koncích všech řadů a v místech, kde se řady spojují. V případě dlouhých řadů, změny charakteru zástavby nebo velkých bodových odběrů je také vhodné vložit uzly průběžné. Soubor v AutoCADU si připravíme tak, aby každý úsek mezi dvěma uzly byl reprezentovaný samostatnou křivkou (polyline). Všechny řady budou umístěny do stejné hladiny a soubor bude uložen s příponou *.dxf.

Do programu EpaCAD nahrajeme vytvořený soubor, vybereme hladinu s vodovodními řady a zvolíme konverzní metodu *Vertex Mode*. Tato metoda zajistí, že uzly budou vytvořeny pouze na konci každé křivky, nikoliv v jejích jednotlivých lomových bodech. Po spuštění konverze program vytvoří soubor s příponou *.inp, což je vstupní soubor do EPANETU.



Obr. č. 25 – Konverze v programu EpaCAD

Soubor *.inp můžeme do EPANETU importovat přes menu *File – Import – Network*. V tuto chvíli si všechna potrubí a uzly pro přehlednost přejmenujeme. Při přejmenovávání je vhodné postupovat systematicky, podle čísel jednotlivých vodovodních řadů.



Obr. č. 26 – Importovaná rozvodná síť se zobrazenými názvy uzlů

c) Charakteristiky potrubí

Dalším krokem je nastavit všem úsekům potrubí jejich průměr a hydraulickou drsnost. Délku potrubí zadávat nemusíme, neboť byla v předchozím kroku importována. Stávající rozvodná síť je provedena z plastového potrubí SDR 11 d90. Toto potrubí má vnější průměr 90 mm a tloušťku stěny 8,2 mm. Vnitřní průměr potrubí je tedy 73,6 mm. U nově navrhované sítě se předběžně počítá se stejným provedením. V případě malých rychlostí v potrubí může být průměr snížen na d63. Při zachování stejného rozměrového poměru (SDR) má toto potrubí vnitřní průměr 51,4 mm. Hydraulická drsnost plastového potrubí pro Darcy-Weisbachovu rovnici se pohybuje v hodnotách tisícín až setin milimetru. Pokud budeme uvažovat vznik nerovnoměrností v potrubí při svařování na tupo a jeho postupné provozní opotřebení, můžeme zvolit bezpečnou hodnotu 0,05 mm. [9]

Řad	ID potrubí	Délka [m]	Vnitřní průměr [mm]	Drsnost [mm]	Řad	ID potrubí	Délka [m]	Vnitřní průměr [mm]	Drsnost [mm]
Řad "1"	RAD_1_I	9.17	73.60	0.05	Řad "1-5"	RAD_1.5_I	77.27	73.60	0.05
	RAD_1_II	59.18	73.60	0.05		RAD_1.5_II	87.37	73.60	0.05
	RAD_1_III	97.56	73.60	0.05		RAD_1.5_III	100.20	73.60	0.05
	RAD_1_IV	54.83	73.60	0.05		RAD_1.5_IV	154.40	73.60	0.05
	RAD_1_V	215.70	73.60	0.05	Řad "1-6"	RAD_1.6_I	23.18	73.60	0.05
	RAD_1_VI	8.43	73.60	0.05		RAD_1.6_II	150.41	73.60	0.05
	RAD_1_VII	31.12	73.60	0.05	Řad "1-6-1"	RAD_1.6.1	157.15	73.60	0.05
	RAD_1_VIII	66.89	73.60	0.05	Řad "2"	RAD_2_I	146.00	73.60	0.05
	RAD_1_IX	176.60	73.60	0.05		RAD_2_II	97.93	73.60	0.05
	RAD_1_X	70.31	73.60	0.05		RAD_2_III	94.79	73.60	0.05
	RAD_1_XI	83.40	73.60	0.05		RAD_2_IV	69.84	73.60	0.05
	RAD_1_XII	91.86	73.60	0.05		RAD_2_V	94.91	73.60	0.05
	RAD_1_XIII	170.48	73.60	0.05	Řad "3"	RAD_3_I	100.00	73.60	0.05
Řad "1-1"	RAD_1.1	105.49	73.60	0.05		RAD_3_II	106.40	73.60	0.05
Řad "1-2"	RAD_1.2	96.03	73.60	0.05	Řad "4"	RAD_4_I	173.20	73.60	0.05
Řad "1-3"	RAD_1.3	98.92	73.60	0.05		RAD_4_II	53.02	73.60	0.05
Řad "1-4"	RAD_1.4_I	57.47	73.60	0.05		RAD_4_III	141.20	73.60	0.05
	RAD_1.4_II	22.17	73.60	0.05	Řad "4.1"	RAD_4.1	53.67	73.60	0.05
Řad "1-4-1"	RAD_1.4.1	148.30	73.60	0.05	Řad "4.2"	RAD_4.2_I	159.80	73.60	0.05
						RAD_4.2_II	43.80	73.60	0.05

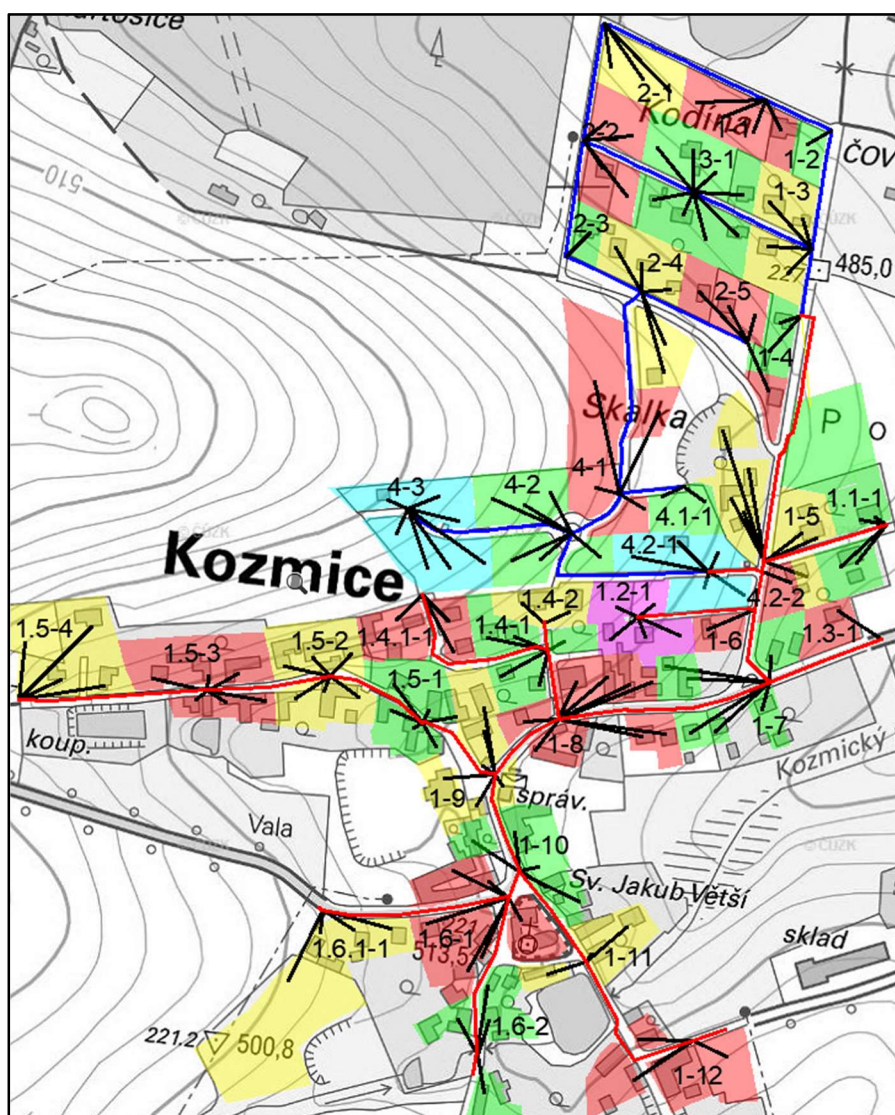
Tab. č. 10 – Charakteristiky potrubí

d) Charakteristiky uzlů

Uzlům nejprve přiřadíme nadmořské výšky. U stávajícího potrubí vychází tyto hodnoty z projektu skutečného zaměření vodovodních řadů, a jsou tak maximálně podobné realitě. Pro stanovení výšek nově navrhovaných řadů můžeme využít geodetického zaměření, a požadavku normy ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technické infrastruktury. Norma požaduje vodovodní potrubí v komunikaci uložit s minimálním krytím 1,5 m. Výšku v uzlech můžeme tedy předběžně stanovit jako nadmořskou výšku terénu mínus 1,5 m mínus průměr potrubí. [26]

Jednou z nejdůležitějších charakteristik každého uzlu je uzlová potřeba. Udává se v aktuálních průtokových jednotkách, pro nás tedy v litrech za sekundu. Stanovit uzlové potřeby lze více způsoby. Záleží

hlavně na tom, zda známe rozložení obyvatelstva v řešeném území, a na podrobnosti našeho modelu. Jednou z možností je stanovení úsekových potřeb, kdy se potřeba vody počítá nejprve pro mezilehlé úseky potrubí. Výsledná hodnota se následně vydělí dvěma a přiřadí krajním uzlům. V našem případě jsme stanovili rovnou uzlové potřeby, a to na základě předpokládaného množství objektů odebírajících z jednotlivých uzlů vodu. Objekty byly přiřazeny k nejbližším uzlům na základě předpokládané polohy budoucí přípojky (viz Obr. č. 27). Podrobný výpočet uzlových potřeb je uveden v přílohách č. 3 a 4.



Obr. č. 27 – Schéma ke stanovení uzlových potřeb

Řad	ID uzlu	Nadm. Výška [m n. m.]	$Q_{m, stav}$ [l/s]	$Q_{m, výhled}$ [l/s]	Řad	ID uzlu	Nadm. Výška [m n. m.]	$Q_{m, stav}$ [l/s]	$Q_{m, výhled}$ [l/s]
Řad "1"	1-1	481.14	0.0112	0.0494	Řad "1-5"	1.5-1	489.13	0.0364	0.0364
	1-2	480.81	0.0000	0.0127		1.5-2	493.77	0.0385	0.0385
	1-3	483.41	0.0335	0.0462		1.5-3	497.50	0.0364	0.0364
	1-4	485.10	0.0167	0.0549		1.5-4	503.36	0.0198	0.0325
	1-5	484.71	0.0440	0.0440	Řad "1-6"	1.6-1	488.16	0.0364	0.0798
	1-6	483.77	0.0066	0.0066		1.6-2	489.36	0.0253	0.0253
	1-7	481.22	0.0395	0.0395	Řad "1.6.1"	1.6.1-1	496.14	0.0264	0.0264
	1-8	486.23	0.0684	0.0684	Řad "2"	2-1	483.77	0.0000	0.0382
	1-9	485.93	0.0448	0.1218		2-2	487.30	0.0112	0.0494
	1-10	486.75	0.0251	0.0485		2-3	493.01	0.0112	0.0112
	1-11	487.28	0.0187	0.0187		2-4	491.47	0.0446	0.0574
	1-12	490.86	0.0253	0.0253		2-5	489.00	0.0223	0.0478
Řad "1-1"	1.1-1	481.57	0.0264	0.0264	Řad "3"	3-1	485.31	0.0558	0.0940
Řad "1-2"	1.2-1	489.19	0.0132	0.0453	Řad "4"	4-1	494.87	0.0112	0.0494
Řad "1-3"	1.3-1	479.37	0.0066	0.0066		4-2	495.98	0.0558	0.0685
Řad "1-4"	1.4-1	491.09	0.0264	0.0371		4-3	505.81	0.0446	0.0829
	1.4-2	493.01	0.0132	0.0132	Řad "4.1"	4.1-1	491.45	0.0223	0.0223
Řad "1.4.1"	1.4.1-1	500.04	0.0187	0.0187	Řad "4.2"	4.2-1	486.80	0.0446	0.0553
						4.2-2	484.58	0.0066	0.0066

Tab. č. 11 – Charakteristiky uzlů

e) Časové řády

Ve chvíli, kdy máme v modelu nahrané uzlové potřeby, je nutné zadat jejich rozvržení v průběhu dne. Využijeme k tomu průběh pro $k_h = 1,8$ dle směrnice č. 9 který je udáván v procentech potřeby celodenní pro jednotlivé hodiny v průběhu dne. My pro EPANET ale potřebujeme tento průběh přepočítat na násobky hodinových, potažmo vteřinových potřeb potřeb. Docílíme toho jednoduchým výpočtem. Kontrolou správnosti pak pro nás může být to, že průměr všech násobků se musí rovnat 1. Jakmile průběh přepočteme, můžeme ho zadat do EPANETU. Provádí se to pomocí *Browseru*, vzáložce *Data – Patterns*. Posledním krokem je přiřadit průběh jednotlivým uzlům. V okně vlastností každého uzlu jednoduše napíšeme název časové řady do kolonky *Demand Pattern*.

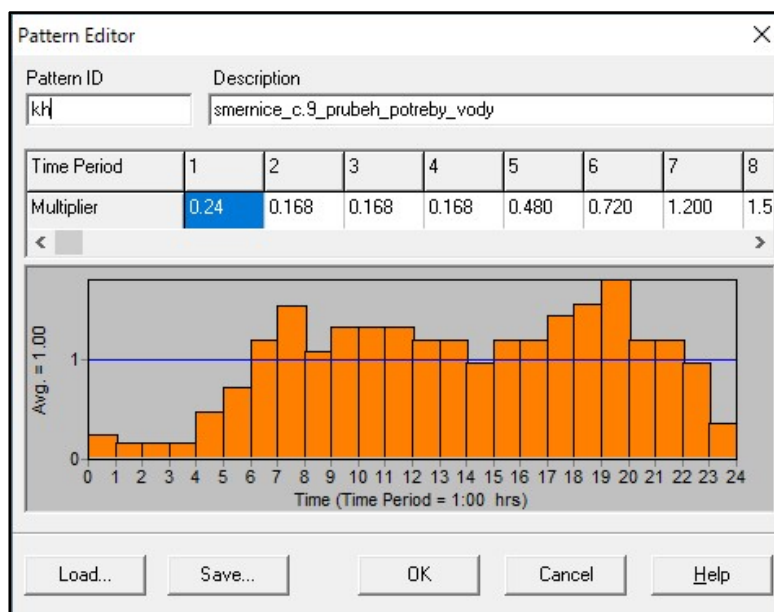
$k_{h,EPA,t} = k_{h,t}/100 * 24$... násobek hodinové potřeby v hodině t

$k_{h,i}$... procento celodenní potřeby v hodině t dle směrnice č. 9

$\frac{\sum_{t=1}^{24} k_{h,EPA,t}}{24} = 1$... kontrola správnosti výpočtu

t [h]	k_h	k_{EPA}	t [h]	k_h	$k_{h,EPA}$
1	1.00	0.240	13	5.00	1.200
2	0.70	0.168	14	5.00	1.200
3	0.70	0.168	15	4.00	0.960
4	0.70	0.168	16	5.00	1.200
5	2.00	0.480	17	5.00	1.200
6	3.00	0.720	18	6.00	1.440
7	5.00	1.200	19	6.50	1.560
8	6.40	1.536	20	7.50	1.800
9	4.50	1.080	21	5.00	1.200
10	5.50	1.320	22	5.00	1.200
11	5.50	1.320	23	4.00	0.960
12	5.50	1.320	24	1.50	0.360
Průměr:					1.000

Tab. č. 12 – přepočítání průběhu denní potřeby vody

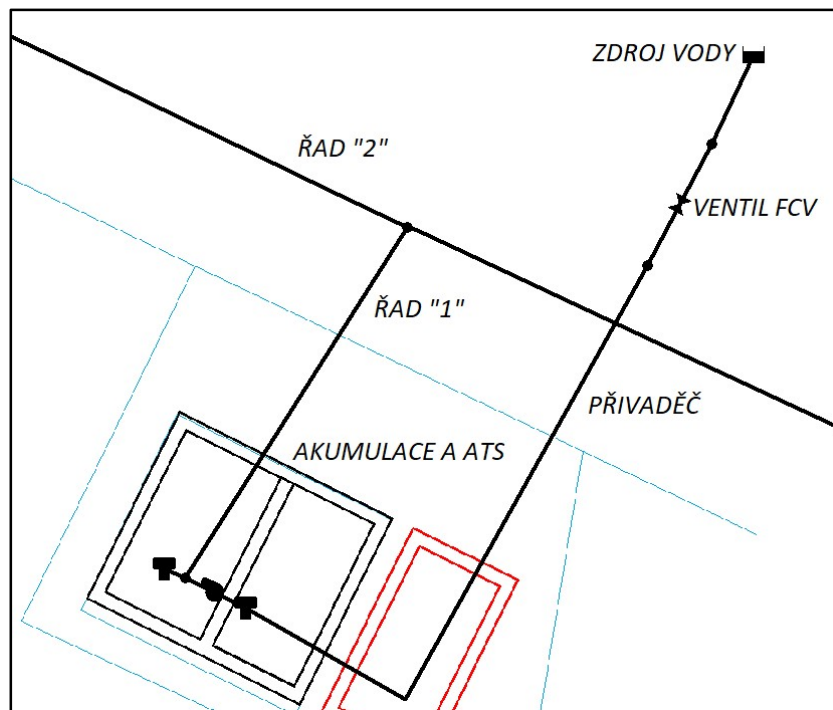


Obr. č. 28 – Průběh potřeby vody zadaný do EPANETU

f) Zdroj vody

Potrubí přivaděče, ani čerpadlo na vodním zdroji není předmětem našeho návrhu, a proto si u jeho modelování vystačíme se zjednodušením. Do modelu umístíme zdroj (*Reservoir*) a nastavíme mu takovou tlakovou výšku, aby z něj voda bez problému gravitačně dotekla do akumulární nádrže. Za zdroj umístíme ventil kontroly průtoku (FCV), na kterém budeme nastavovat maximální povolený průtok. Tato hodnota bude simulovat celkovou vydatnost všech připojených zdrojů vody. Budeme ji upravovat podle posuzovaných

návrhových stavů, a měla by vždy být vyšší než maximální denní potřeba vody pro daný návrhový stav. V reálu bude hrát roli ještě akumulční objem studní (asi 2,5 m³) a osazená čerpadla, ale to si v našem modelu dovolíme zanedbat. Ventil FCV spojíme potrubím s akumulční nádrží (její nasimulování je popsáno v další kapitole). Potrubí a ventilu nastavíme průměr 73,6 a drsnost 0,05 mm.



Obr. č. 29 – Detail zjednodušení vodního zdroje

Valve VYDATNOST	
Property	Value
*Valve ID	VYDATNOST
*Start Node	PRIVADEC-1
*End Node	PRIVADEC-2
Description	
Tag	
*Diameter	73.6
*Type	FCV
*Setting	1.1
Loss Coeff.	0
Fixed Status	None

NASTAVENÍ VYDATNOSTI

Obr. č. 30 – Nastavení FCV ventilu simulujícího vydatnost zdroje

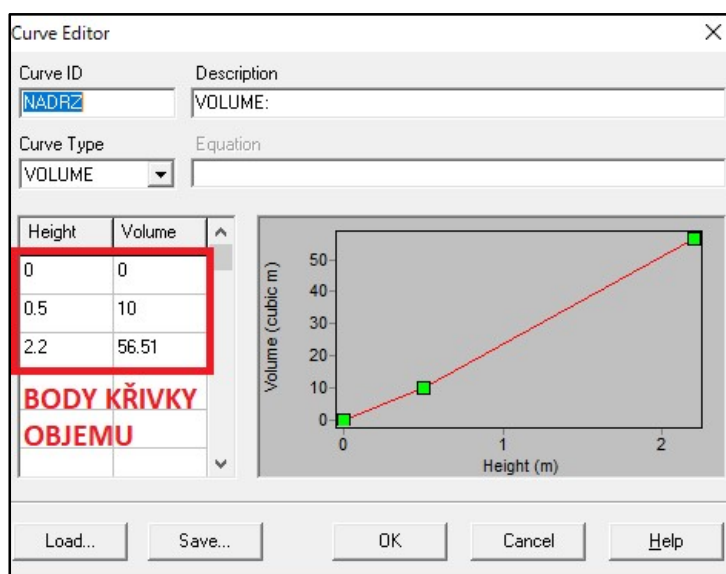
g) Akumulace

Akumulace bude tvořena soustavou dvou nádrží (staré a nové), které budou propojeny systémem spojených nádob. Pro simulaci v EPANETU toto řešení zjednodušíme, a nasimulujeme celou akumulaci jako jedinou nádrž, kterou umístíme na konec přiváděcího potrubí od zdroje vody.

Stará nádrž leží na kótě 481,18 m n. m. a její maximální hladina leží v úrovni 1,7 m ode dna. Objem při maximální hladině je 12,51 m³ (viz kapitola 3.3.2). Vzhledem k tomu, že kóta maximální hladiny je daná starou nádrží, se zvyšující se hloubkou nové nádrže se bude tato nádrž zahlubovat. Předmětem optimalizace bude tedy půdorysná plocha a kóta dna nové nádrže.

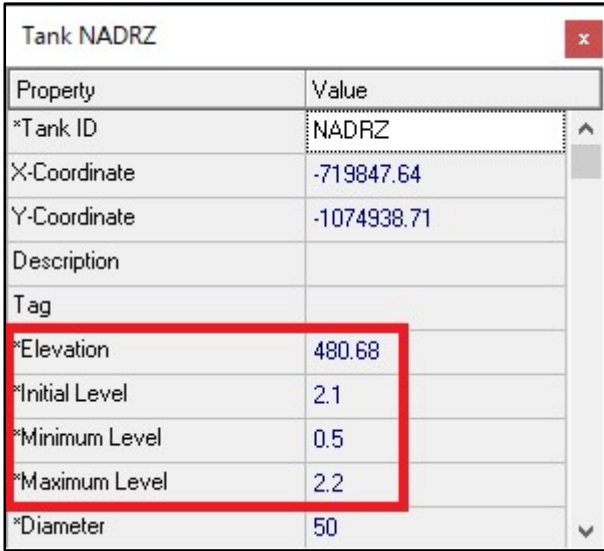
Vztah výšky a objemu definujeme v EPANETU křivkou objemu, která bude mít tři body. První bod bude v úrovni dna nové nádrže, druhý v úrovni dna staré nádrže a třetí v úrovni maximální hladiny. Vztahy pro jejich stanovení jsou uvedeny níže.

A_N	[m ²]	... navržená půdorysná plocha nové nádrže
H_N	[m]	... navržená kóta dna nové nádrže
$H_S = 481,18$	[m n. m.]	... kóta dna staré nádrže
$h_{S,max} = 1,7$	[m]	... maximální úroveň hladiny staré nádrže
$V_{S,max} = 12,51$	[m ³]	... maximální objem staré nádrže
$H_S = 1,7$	[m n. m.]	... maximální hladina staré nádrže
$h_1 = 0 \wedge V_1 = 0$	[m] [m ³]	... první bod křivky objemu
$h_2 = H_S - H_N \wedge V_2 = h_2 * A_N$	[m] [m ³]	... druhý bod křivky objemu
$h_3 = h_2 + h_{S,max} \wedge V_3 = h_3 * A_N + V_S$	[m] [m ³]	... třetí bod křivky objemu
$h_{N,max} = h_3$	[m]	... maximální hladina nové nádrže



Obr. č. 31 – Definice křivky objemu

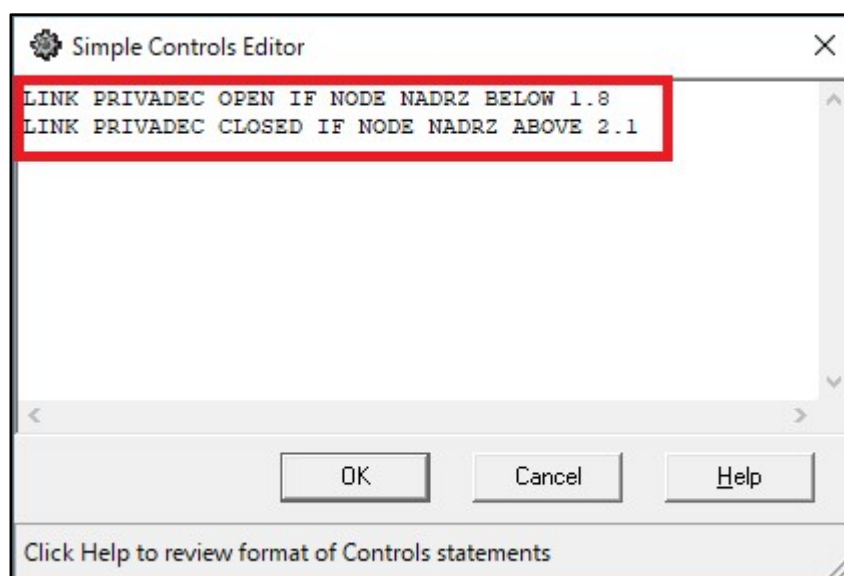
Jakmile máme definovanou křivku nádrže, upravíme samotný objekt nádrže v mapovém okně. Nádrži přiřadíme kótu dna, křivku objemu, výchozí, maximální a minimální úroveň hladiny. Maximální hladina bude stejná jako nejvyšší bod křivky objemu, minimální hladinu umístíme do úrovně 0,5 m ode dna, abychom zajistili bezporuchový chod čerpadel. Výchozí hladina je úroveň, ve které se voda nachází na začátku výpočtu. Umístíme ji do úrovně 10 cm pod maximální hladinu.



Property	Value
*Tank ID	NADRZ
X-Coordinate	-719847.64
Y-Coordinate	-1074938.71
Description	
Tag	
*Elevation	480.68
*Initial Level	2.1
*Minimum Level	0.5
*Maximum Level	2.2
*Diameter	50

Obr. č. 32 – Nastavení charakteristik nádrže

Nyní pomocí jednoduchých podmínek nastavíme zapínací a vypínací hladinu pro čerpání vody ze zdroje. Vypínací hladinu umístíme 10 cm pod maximální hladinu, jak je tomu v současnosti. Vypínací hladinu budeme pro jednotlivé návrhové stavy upravovat, abychom dosáhli optimálního výsledku.

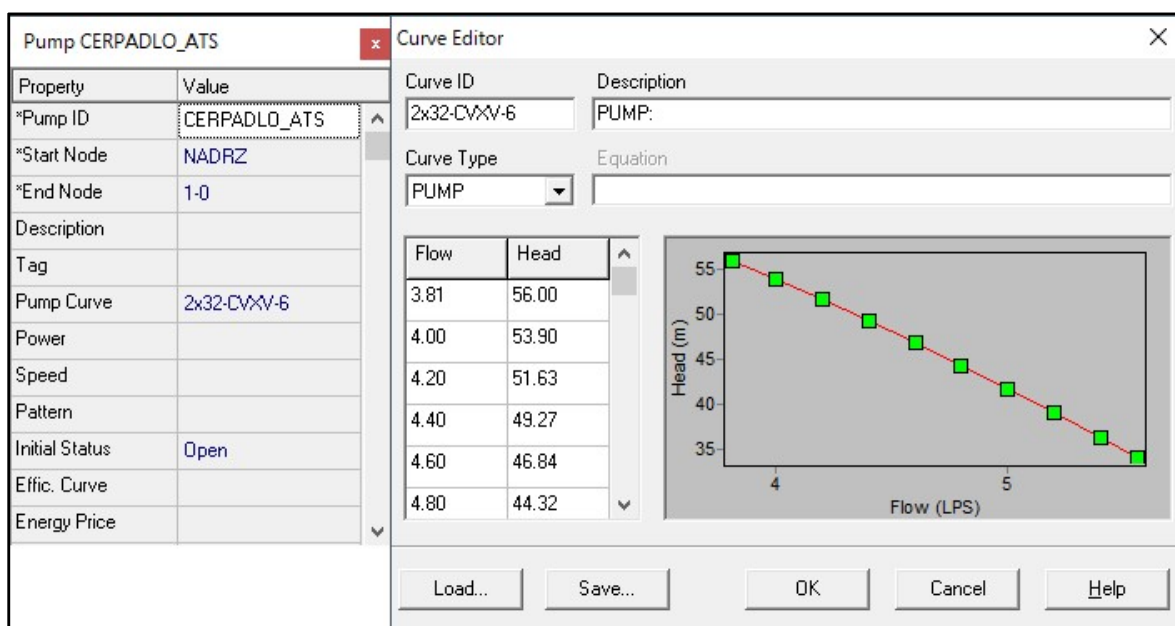


Obr. č. 33 – Nastavení zapínací a vypínací hladiny nádrže

h) Automatická tlaková stanice

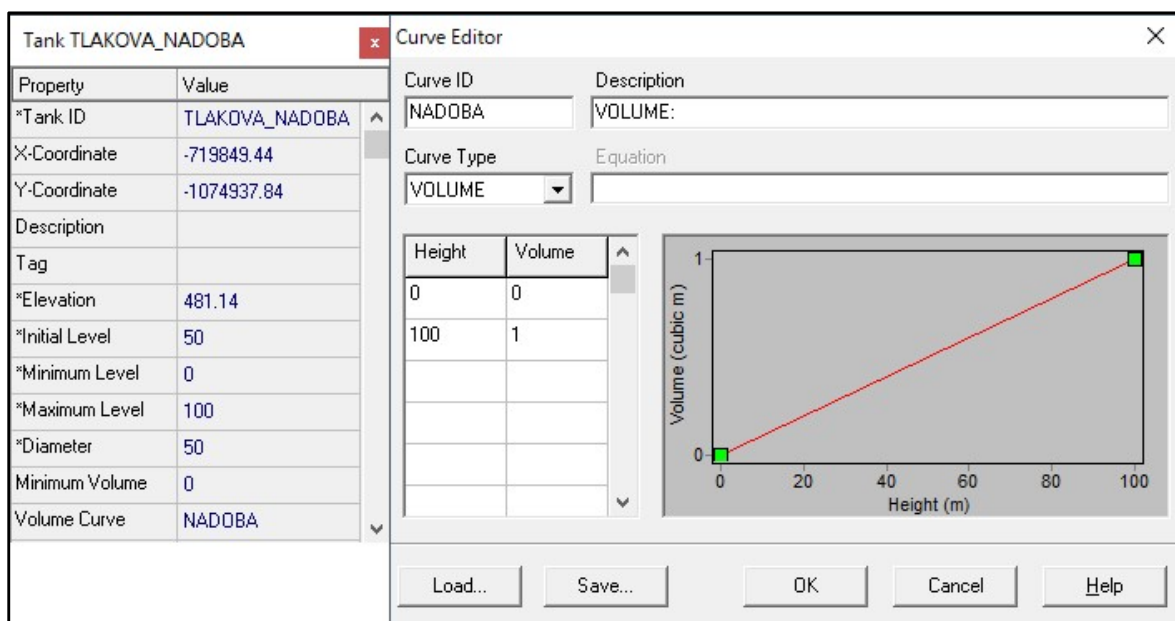
V EPANETU neexistuje žádný objekt, který by sám o sobě mohl reprezentovat automatickou tlakovou stanici. ATS se skládá z čerpadel a tlakové nádoby, při jejím modelování se pokusíme tyto prvky nasimulovat zvlášť.

Nasimulovat čerpadlo není problém, neboť EPANET přímo takový objekt obsahuje. Jedinou charakteristikou čerpadla, kterou do modelu zadáváme je Q-H křivka (křivka závislosti průtoku a tlaku). Použijeme křivku čerpadel, která jsou v současné době na ATS osazena (viz kapitola 3.3.2). Zjistíme tak, zda budou čerpadla stačit i v novém systému, nebo bude potřebná jejich výměna.



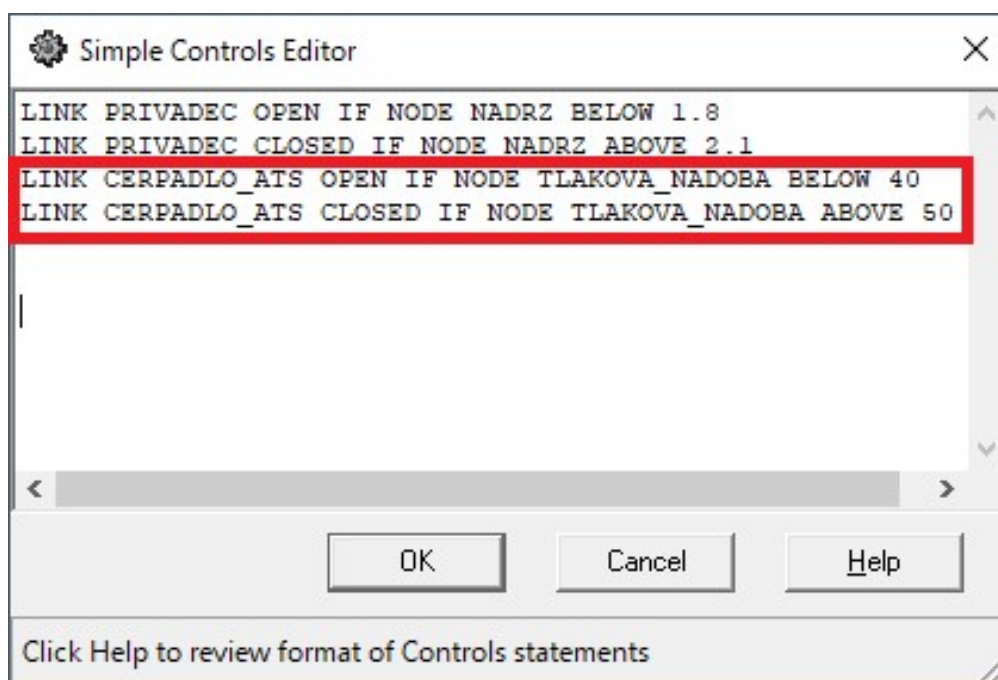
Obr. č. 34 – Nastavení čerpadla a Q-H křivka

Abychom mohli tlakovou nádobu nasimulovat co možná nejpřesněji, potřebovali bychom znát vztah mezi poklesem tlaku a poklesem objemu vody. Tlakovou nádobu nasimulujeme jako nádrž o objemu 1 m³. Její dno umístíme na kótu 483,43 m n. m., což je 0,5 m nad úrovní podlahy ve vodárně. V této úrovni předpokládáme, že se zhruba nachází potrubí vycházející z tlakové nádoby. Maximální úroveň hladiny v simulované nádrži bude v takové úrovni, aby zajistila tlak 1 MPa, což je 100 m.

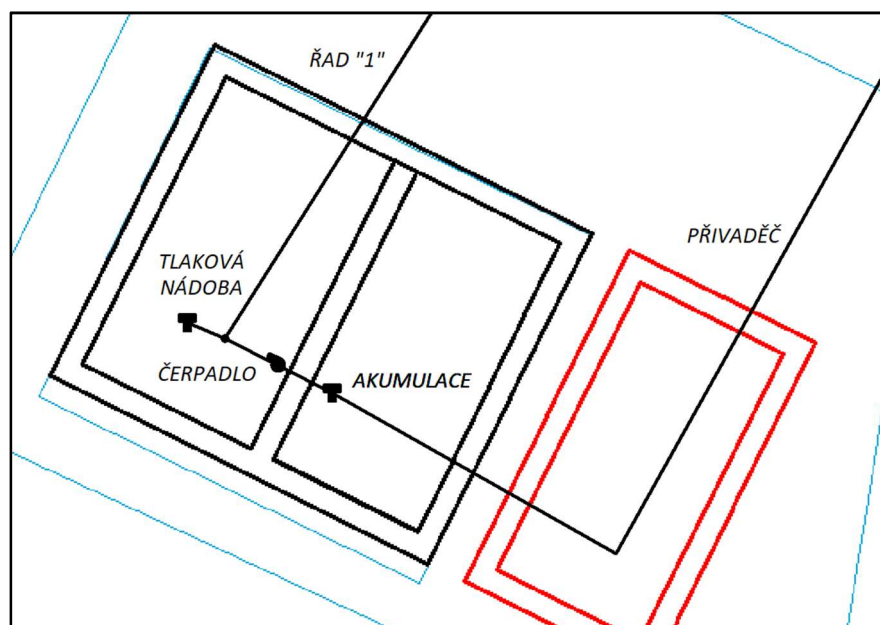


Obr. č. 35 – Nastavení tlakové nádoby a křivka objemu

Pomocí jednoduchých podmínek pak budeme zapínat a vypínat čerpadla tak, aby se tlak v síti držel v námi požadovaném rozmezí. Pro začátek toto rozmezí nastavíme na 40 – 50 m H₂O.



Obr. č. 36 – Nastavení podmínek pro ovládání čerpadla na ATS



Obr. č. 37 – Detail ATS v EPANETU

i) Nastavení času

Posledním krokem před spuštěním výpočtu bude nastavení všech časových charakteristik výpočtu. To provedeme v *Browseru*, podokně *Data - Options - Times*. Zadané hodnoty jsou patrné z Obr. č. 38.

Property	Hrs:Min
Total Duration	168
Hydraulic Time Step	0:01
Quality Time Step	0:05
Pattern Time Step	1:00
Pattern Start Time	0:00
Reporting Time Step	0:01
Report Start Time	0:00
Clock Start Time	12 am
Statistic	None

Obr. č. 38 – Nastavení času

Poznámky k Obr. č. 38:

Total Duration (Celková délka výpočtu)

- Pro začátek provedeme simulaci týdenního provozu. Zadáme tedy hodnotu 168 hodin.

Hydraulic Time Step (Délka kroku při výpočtu hydrauliky)

- Předpokládáme časté spouštění a vypínání čerpadel na ATS, proto tuto hodnotu volíme co nejmenší (1 min).

Quality Time Step (Délka kroku při výpočtu kvality)

- V našem modelu změnu kvality vody nesimulujeme, a proto tuto hodnotu nemusíme nijak měnit.

Pattern Time step (Délka kroku časových řad)

- Do modelu jsme zadali časovou řadu denního průběhu potřeby vody po hodinách. I zde tedy zadáme hodnotu 1 hodina.

Reporting Time step (Délka záznamového kroku)

- Tato hodnota nám určuje, v jakých intervalech bude program vypisovat výsledky. Obvykle zadáváme stejnou hodnotu jako Hydraulic Time Step nebo vyšší.

Report Start Time (Čas po začátku výpočtu, kdy má program začít zaznamenávat výsledky)

- Ponecháme nulu.

Clock Start Time (Hodina v rámci dne, od které má výpočet probíhat)

- Ponecháme 12 am, tedy půlnoc.

Statistic (Statistické zpracování výsledků)

- V případě že chceme znát časové průběhy, ponecháme hodnotu „None“. Pokud hledáme například maxima či minima některých veličin, můžeme toho docílit změnou této položky.

j) Simulace, optimalizace, výsledky

Ještě před začátkem simulací je vhodné si vytvořit scénářové soubory s jednotlivými návrhovými stavy (stávající a výhledový) a do těch si uložit charakteristiky potrubí a uzlů. Provádí se to v menu *File – Export – Scenario*. Tento soubor je kdykoliv možné si do modelu znovu nahrát, čímž si ulehčíme práci při přepínání mezi návrhovými stavy. Následně provedeme sérii simulací a optimalizací modelu pro oba návrhové stavy.

Upravovat budeme následující parametr:

- Vydatnost zdroje
- Půdorysná plocha a kóta dna nové nádrže
- Zapínací hladina čerpání do nádrže
- Tlakové rozmezí ATS
- Dimenze potrubí v rozvodné síti

Jejich úpravou se pokusíme docílit následujících výsledků:

- Zajištění stálé dodávky vody do všech odběrných míst vodovodní sítě
- Dodržení maximálních a minimálních tlaků v odběrných místech, tj. 25 (15) m H₂O – 60 m H₂O
- Dodržení optimálních rychlostí v potrubí, tj. 0,5 m/s – 1,4 (2,0) m/s
- Zajištění poruchového objemu akumulace pro dodávku vody v délce alespoň 6 h

Návrhový stav č. 1 (stávající)Výchozí hodnoty:

$Q_{m,stav}$	0,99 l/s	...	maximální denní potřeba vody
A_r	21,38 m ³	...	šestihodinový poruchový objem

Navržené hodnoty:

Q_{zdroj}	1,10 l/s	...	vydatnost vodního zdroje
$H_{nové}$	480,68 m n. m.	...	kóta dna nové nádrže
S_n	20 m ²	...	půdorysná plocha nové nádrže
h_{max}	2,2 m	...	maximální hladina
h_0	2,1 m	...	počáteční hladina
h_{vyp}	2,1 m	...	vypínací hladina čerpání ze zdroje
h_{zap}	1,8 m	...	zapínací hladina čerpání ze zdroje
p_{vyp}	50 m	...	vypínací tlak ATS
p_{zap}	40 m	...	zapínací tlak ATS

Dimenze potrubí:

Řad „1“	d90	...	stávající + navrhované
Řad „1-1“	d63	...	navrhované
Řad „1-2“	d63	...	navrhované
Řad „1-3“	d63	...	navrhované
Řad „1-4“	d63	...	navrhované
Řad „1-4-1“	d63	...	navrhované
Řad „1-5“	d63	...	navrhované
Řad „1-6“	d63	...	navrhované
Řad „1-6-1“	d63	...	navrhované
Řad „2“	d90	...	stávající
Řad „3“	d90	...	stávající
Řad „4“	d90	...	stávající
Řad „4.1“	d90	...	stávající
Řad „4.2“	d90	...	stávající

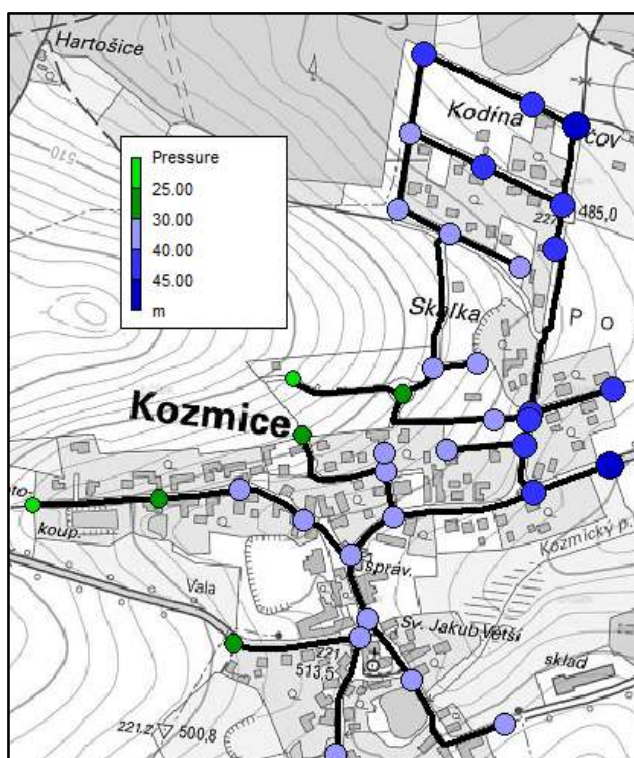
Návrhový stav č. 1 - Tlakové poměry:

Návrhový stav vyhověl požadavku vyhlášky č. 428/2001 Sb. na hodnoty minimálního i maximálního přetlaku v rozvodné vodovodní síti. [11]

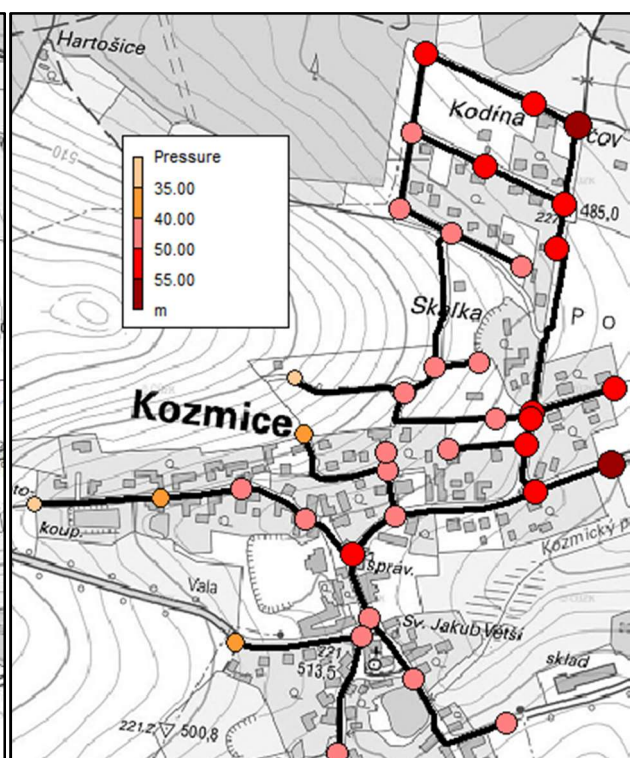
Kromě dvou uzlů je v celé síti dodržena hodnota minimální tlakové výšky 25 m H₂O. V uzlech 4-3 a 1.5-4 je dodržena hodnota 15 m H₂O. Zmíněné uzly leží v okrajových částech obce, kde se nachází pouze dvoupodlažní zástavba. Dle územního plánu je maximální povolená výška nového objektu na hranici zástavby 7,5 m v nejvyšším bodě šikmých střech a 6 m v nejvyšším bodě plochých střech, což rovněž odpovídá dvoupodlažní zástavbě. Hodnota 15 m H₂O je tedy v těchto lokalitách přijatelná. [11]

Maximálního tlaku tlak je dosahováno v uzlech 1.3-1 a 1-2. Nejvyšší povolený přetlak je dle výše zmíněné vyhlášky 60 m H₂O, což je v obou případech splněno, stejně jako ve zbytku obce. Níže jsou uvedeny extrémní hodnoty a přehledová schémata. Pro kompletní přehled tlakových poměrů za návrhového stavu č. 1 viz přílohu č. 5.

	Tlak	ID uzlu	Čas od začátku simulace
Minimální tlak:	19,95 m	uzel 4-3	19 h 00 min
	22,04 m	uzel 1.5-4	19 h 00 min
Maximální tlak:	56,76 m	uzel 1.3-1	72 h 05 min
	55,33 m	uzel 1-2	72 h 05 min



Obr. č. 39 – Návrhový stav č. 1, minimální tlaky



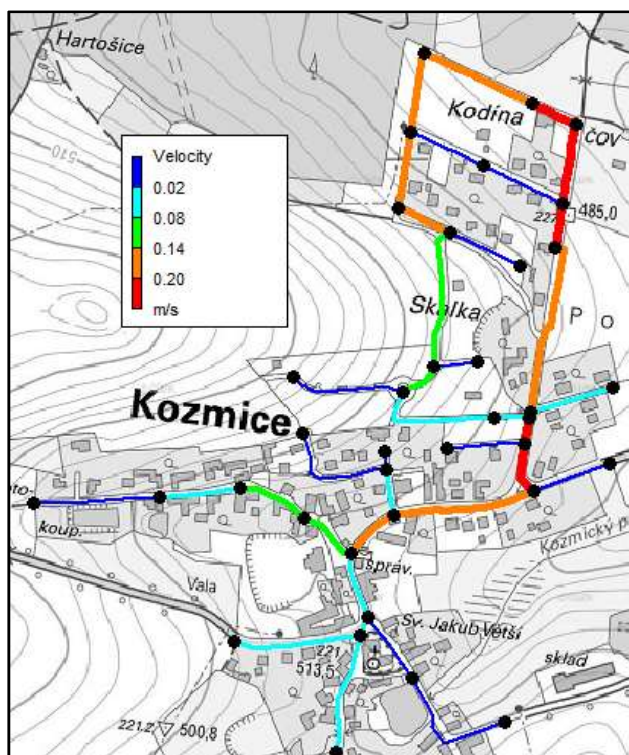
Obr. č. 40 – Návrhový stav č. 1, maximální tlaky

Návrhový stav č. 1 - Rychlosti proudění

Norma ČSN EN 805 doporučuje optimální rozsah průtočných rychlostí od 0,5 m/s do 2,0 m/s. Vzhledem k tomu, že tlak v síti je zajišťován automatickou tlakovou stanicí, můžeme k řadům přistupovat i jako k výtlačným. Pro výtlačné řady se doporučují hodnoty od 0,8 m/s do 1,4 m/s.

Návrhový stav vyhověl požadavku na maximální průtočnou rychlost, minimální rychlosti ale nebylo možné dodržet. Dimenze většiny nově navrhovaných řadů byla snížena dimenze potrubí na d63. Řad „1“ je paterí celého systému, proto u něj byla v celé délce zachována dimenze d90.

Nejvyšší rychlosti jsou dosahovány na úseku řadu „1“. V úseku označeném jako „1_1“ dosahuje maximální rychlost proudění vody hodnoty 0,42 m/s. V okrajových částech obce vychází maximální rychlosti mnohem nižší, v některých místech až 0,01 m/s. Dimenze okrajových úseků byly za účelem zvýšení průtočné rychlosti a snížení doby zdržení vody v potrubí sníženy z d90 na d63. Na následujícím obrázku je přehledové schéma maximálních rychlostí, pro jejich kompletní přehled za návrhového stavu č. 1 viz přílohu č. 5.

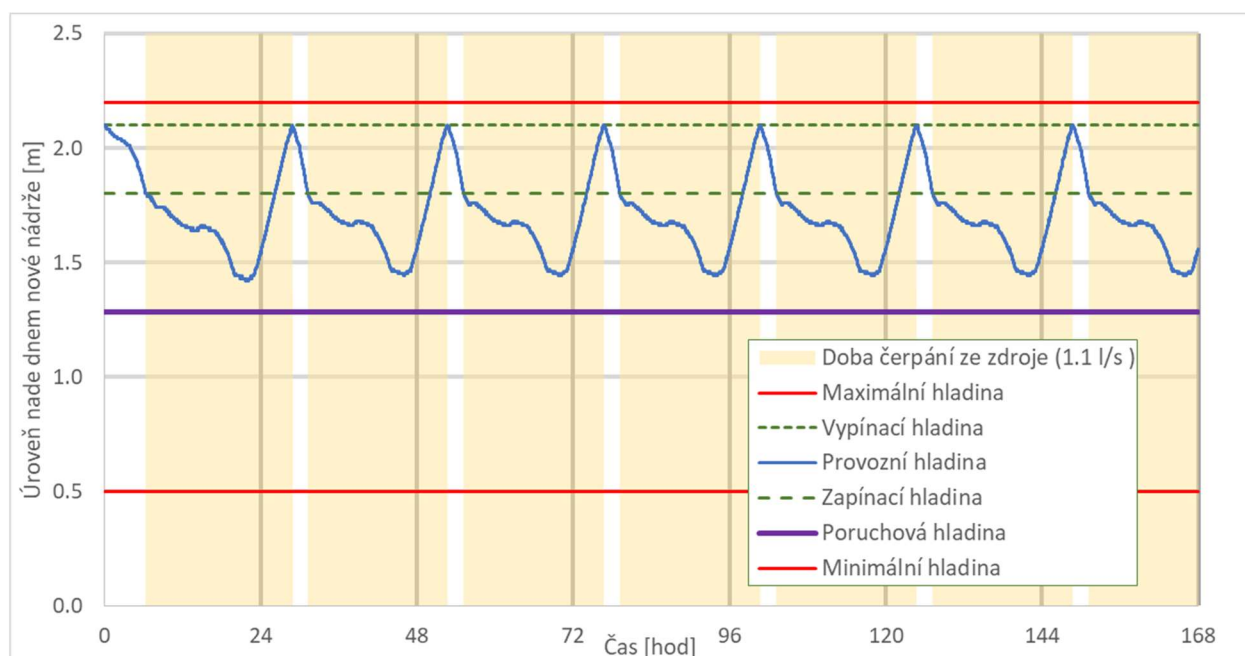


Obr. č. 41 – Návrhový stav č. 1, maximální průtočné rychlosti

Návrhový stav č. 1 - Akumulace

Soustava akumulčních nádrží (stará a nová) má při nasimulovaném provozu dostatečně velký provozní objem pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou. V nádrži je dále zajištěn stálý poruchový objem pro překonání šestihodinového výpadku zdroje vody nebo poruchy na přivaděči. Tento objem nelze brát jako rezervní v případě výpadku elektrického proudu, neboť tlak v síti je udržován automatickou tlakovou stanicí, která jako zdroj energie potřebuje elektřinu. Vzhledem k velikosti spotřebiště není vodovod navrhován jako požární, nádrž tedy nemusí mít požární objem.

Při návrhové vydatnosti zdroje 1,1 l/s vychází doba čerpání 21 h a 1 min denně. Pokud by byla vydatnost vyšší, doba čerpání by se zkrátila. Čerpadlo osazené na zdroji a potrubí přivaděče musí být navrženo na dané čerpané množství. Tyto objekty ale nejsou předmětem návrhu v této studii a tím pádem nejsou posuzovány.



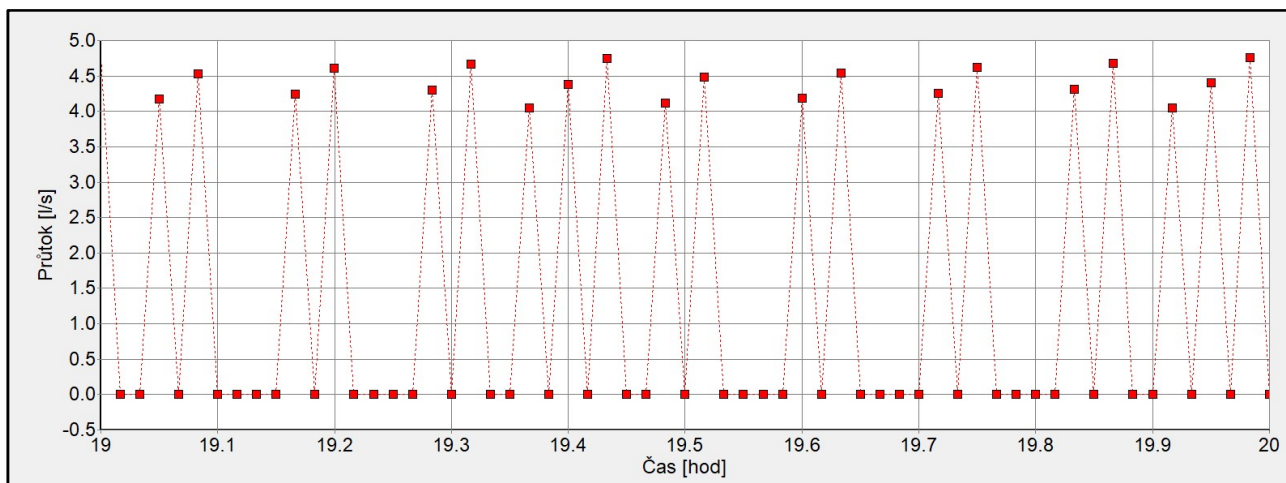
Obr. č. 42 – Graf průběhu plnění a prázdnění akumulace (Návrhový stav č. 1)

Návrhový stav č. 1 - Automatická tlaková stanice

Posouzena byla stávající ATS, která se skládá ze dvou čerpadel typu 32-CVXV-6° a tlakové nádoby o objemu 1 m³, pracující při maximálním provozním tlaku 1 MPa. Takto nakonfigurovaná ATS zvládá v modelu plynule zásobovat spotřebiště vodou. Čerpadla při svém chodu čerpají v průměru 4,43 l/s, což se se blíží průměrnému průtoku udávanému výrobcem (4,69 l/s).

Důležitý parametr, který musí být u ATS posouzen, je frekvence spínání čerpadel. Stanovení této hodnoty je v našem modelu problematické ze dvou důvodů. Prvním je skutečnost, že neznáme přesný objem vody, který se do posuzované tlakové nádoby dočerpá při nárůstu tlaku ze zapínacího na vypínací. V konfiguraci, kterou jsme do programu zadali je tento objem přesně 100 l. V realu je ale jiný, což bude mít zásadní vliv na frekvenci spínání. Druhý zadrhel je pak v samotném EPANETU, neboť nejkratší výpočetní krok který program dovoluje, má délku jedné minuty. To by mohlo způsobovat nepřesnosti, neboť objem 100 l je při čerpání 4,69 l/s a odběru například 1,5 l/s naplněn asi za 30 sekund. Maximální dovolenou frekvenci sepnutí by měl udávat výrobce, pro námi posuzovaná čerpadla ale tato hodnota není uváděna.

V následujícím grafu můžeme vidět hodnoty průtoků dvou paralelně zapojených čerpadel 32-CVXV-6° v nejvytíženějším časovém úseku dne (19:00 – 20:00). Průměrná hodnota průtoku při chodu čerpadel je 4,43 l/s. Z grafu by bylo možné vyčíst i frekvenci spínání, tato hodnota je ale zkrácená, a proto zde není uvedena.



Obr. č. 43 – Graf průtoků na čerpadlech ATS v časovém úseku 19:00 – 20:00 (Návrhový stav č. 1)

Návrhový stav č. 2 (výhledový)Výchozí hodnoty:

$Q_{m,stav}$	1,54 l/s	...	maximální denní potřeba vody
A_r	33,26 m ³	...	šestihodinový rezervní objem

Navržené hodnoty:

Q_{zdroj}	1,65 l/s	...	vydatnost vodního zdroje
$H_{nové}$	480,68 m n. m.	...	kóta dna nové nádrže
S_n	25 m ²	...	půdorysná plocha nové nádrže
h_{max}	2,7 m	...	maximální hladina
h_0	2,6 m	...	počáteční hladina
h_{vyp}	2,6 m	...	vypínací hladina čerpání ze zdroje
h_{zap}	2,3 m	...	zapínací hladina čerpání ze zdroje
p_{vyp}	50 m	...	vypínací tlak ATS
p_{zap}	40 m	...	zapínací tlak ATS

Dimenze potrubí:

Řad „1“	d90	...	stávající + navrhované
Řad „1-1“	d63	...	navrhované
Řad „1-2“	d63	...	navrhované
Řad „1-3“	d63	...	navrhované
Řad „1-4“	d63	...	navrhované
Řad „1-4-1“	d63	...	navrhované
Řad „1-5“	d63	...	navrhované
Řad „1-6“	d63	...	navrhované
Řad „1-6-1“	d63	...	navrhované
Řad „2“	d90	...	stávající
Řad „3“	d90	...	stávající
Řad „4“	d90	...	stávající
Řad „4.1“	d90	...	stávající
Řad „4.2“	d90	...	stávající

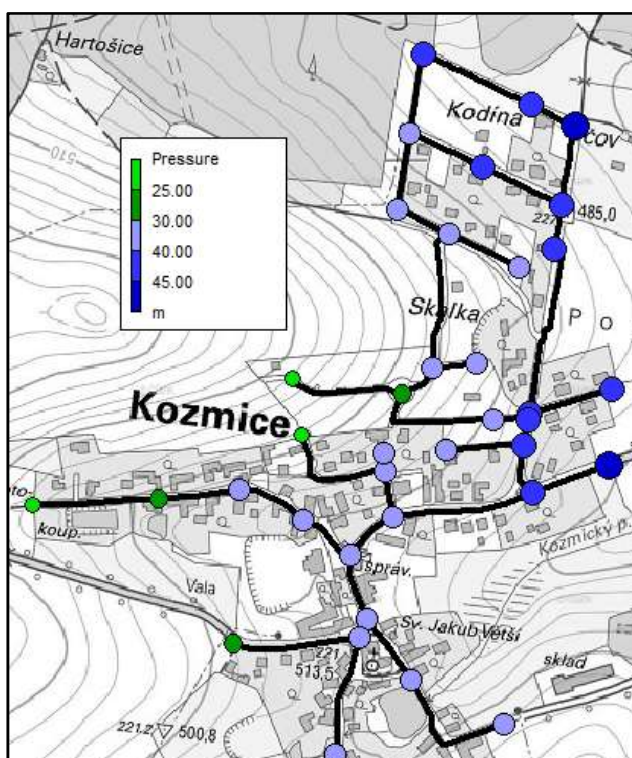
Návrhový stav č. 2 - Tlakové poměry:

Návrhový stav vyhověl požadavku vyhlášky č. 428/2001 Sb. na hodnoty minimálního i maximálního přetlaku v rozvodné vodovodní síti. [11]

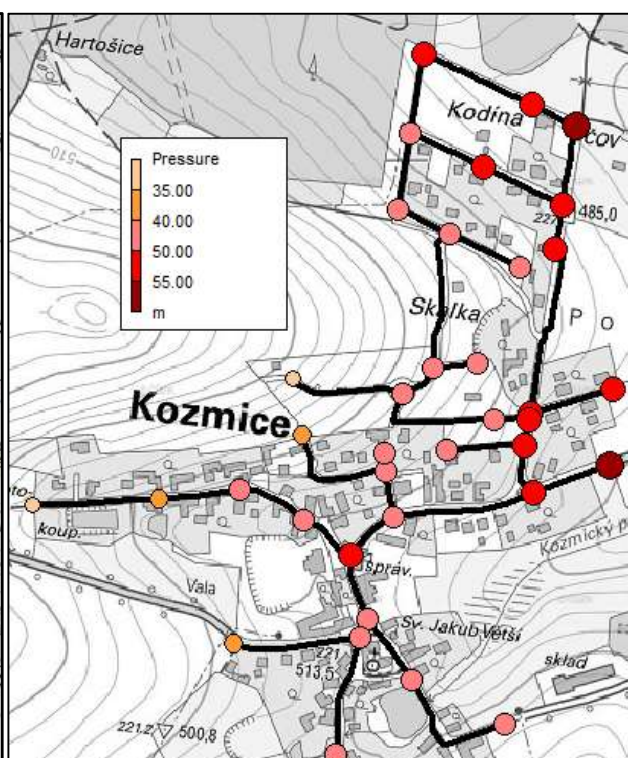
Kromě dvou uzlů je v celé síti dodržena hodnota minimální tlakové výšky 25 m H₂O. V uzlech 4-3 a 1.5-4 je dodržena hodnota 15 m H₂O. Zmíněné uzly leží v okrajových částech obce, kde se nachází pouze dvoupodlažní zástavba. Dle územního plánu je maximální povolená výška nového objektu na hranici zástavby 7,5 m v nejvyšším bodě šikmých střech a 6 m v nejvyšším bodě plochých střech, což rovněž odpovídá dvoupodlažní zástavbě. Hodnota 15 m H₂O je tedy v těchto lokalitách přijatelná. [11]

Maximálního tlaku tlak je dosahováno v uzlech 1.3-1 a 1-2. Nejvyšší povolený přetlak je dle výše zmíněné vyhlášky 60 m H₂O, což je v obou případech splněno, stejně jako ve zbytku obce. Níže jsou uvedeny extrémní hodnoty a přehledová schémata. Pro kompletní přehled tlakových poměrů za návrhového stavu č. 2 viz přílohu č. 6.

	Tlak	ID uzlu	Čas od začátku simulace
Minimální tlak:	19,58 m	uzel 4-3	19 h 20 min
	21,44 m	uzel 1.5-4	19 h 20 min
Maximální tlak:	56,76 m	uzel 1.3-1	01 h 02 min
	55,33 m	uzel 1-2	01 h 02 min



Obr. č. 44 – Návrhový stav č. 2, minimální tlaky



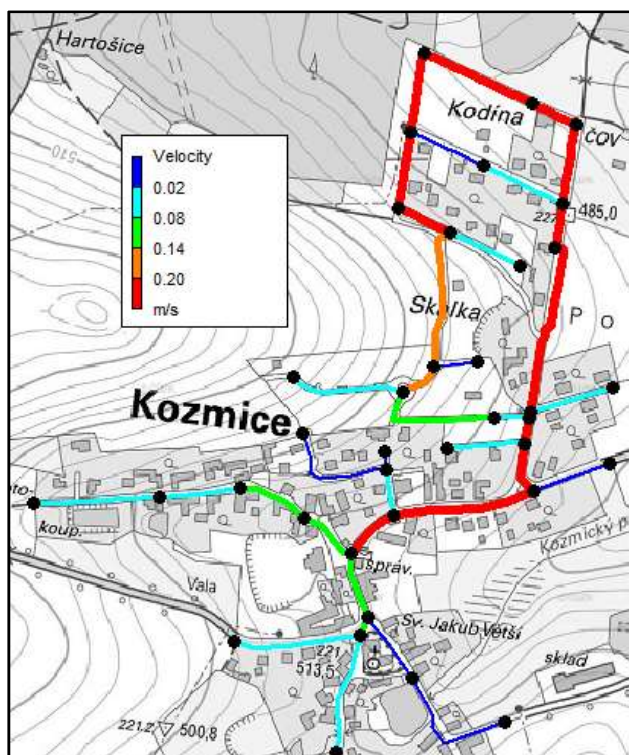
Obr. č. 45 – Návrhový stav č. 2, maximální tlaky

Návrhový stav č. 2 - Rychlosti proudění

Norma ČSN EN 805 doporučuje optimální rozsah průtočných rychlostí od 0,5 m/s do 2,0 m/s. Vzhledem k tomu, že tlak v síti je zajišťován automatickou tlakovou stanicí, můžeme k řadům přistupovat i jako k výtlačným. Pro výtlačné řady se doporučují hodnoty od 0,8 m/s do 1,4 m/s. [12]

Návrhový stav vyhověl požadavku na maximální průtočnou rychlost, minimální rychlosti ale nebylo možné dodržet. Dimenze většiny nově navrhovaných řadů byla snížena dimenze potrubí na d63. Řad „1“ je paterí celého systému, proto u něj byla v celé délce zachována dimenze d90.

Nejvyšší rychlosti jsou dosahovány na úseku řadu „1“. V úseku označeném jako „1_1“ dosahuje maximální rychlost proudění vody hodnoty 0,65 m/s. V okrajových částech obce vychází maximální rychlosti mnohem nižší, v některých místech až 0,01 m/s. Dimenze okrajových úseků byly za účelem zvýšení průtočné rychlosti a snížení doby zdržení vody v potrubí sníženy z d90 na d63. Na následujícím obrázku je přehledové schéma maximálních rychlostí, pro jejich kompletní přehled za návrhového stavu č. 2 viz přílohu č. 6.

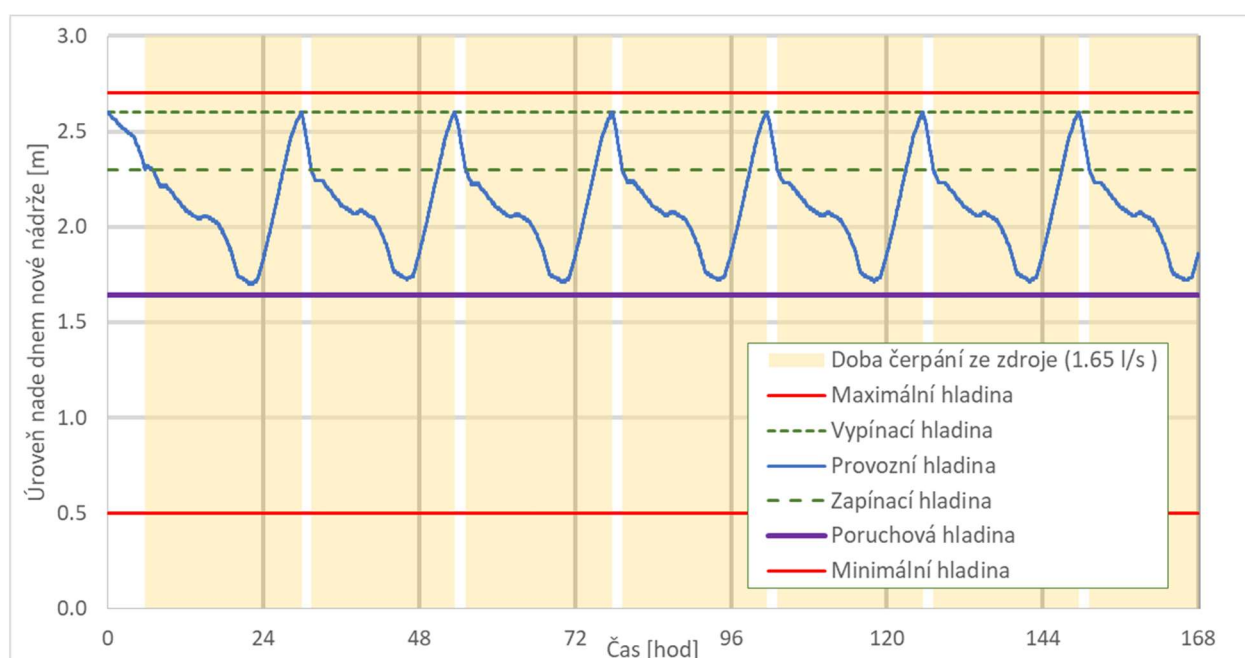


Obr. č. 46 – Návrhový stav č. 2, maximální průtočné rychlosti

Návrhový stav č. 2 - Akumulace

Soustava akumulčních nádrží (stará a nová) má při nasimulovaném provozu dostatečně velký provozní objem pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou. V nádrži je dále zajištěn stálý poruchový objem pro překonání šestihodinového výpadku zdroje vody nebo poruchy na přivaděči. Tento objem nelze brát jako rezervní v případě výpadku elektrického proudu, neboť tlak v síti je udržován automatickou tlakovou stanicí, která jako zdroj energie potřebuje elektřinu. Vzhledem k velikosti spotřebiště není vodovod navrhován jako požární, nádrž tedy nemusí mít požární objem.

Při návrhové vydatnosti zdroje 1,65 l/s vychází doba čerpání 21 h a 50 min denně. Pokud by byla vydatnost vyšší, doba čerpání by se zkrátila. Čerpadlo osazené na zdroji a potrubí přivaděče musí být navrženo na dané čerpané množství. Tyto objekty ale nejsou předmětem návrhu v této studii a tím pádem nejsou posuzovány.



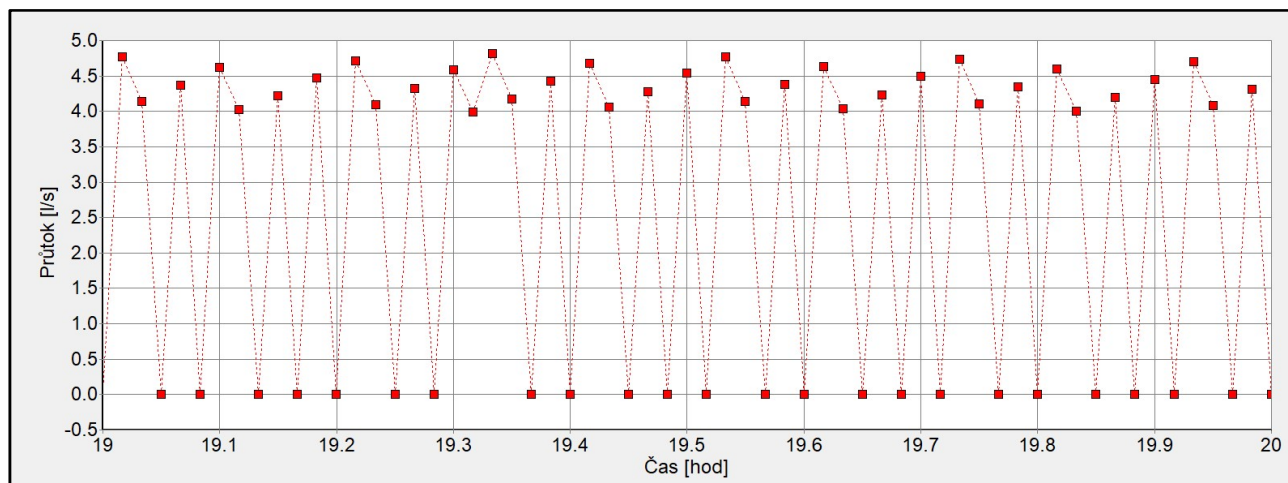
Obr. č. 47 – Graf průběhu plnění a prázdnění akumulace (Návrhový stav 2, výhledový)

Návrhový stav č. 2 - Automatická tlaková stanice

Posouzena byla stávající ATS, která se skládá ze dvou čerpadel typu 32-CVXV-6° a tlakové nádoby o objemu 1 m³, pracující při maximálním provozním tlaku 1 MPa. Takto nakonfigurovaná ATS zvládá v modelu plynule zásobovat spotřebiště vodou. Čerpadla při svém chodu čerpají v průměru 4,43 l/s, což se se blíží průměrnému průtoku udávanému výrobcem (4,69 l/s).

Důležitý parametr, který musí být u ATS posouzen, je frekvence spínání čerpadel. Stanovení této hodnoty je v našem modelu problematické ze dvou důvodů. Prvním je skutečnost, že neznáme přesný objem vody, který se do posuzované tlakové nádoby dočerpá při nárůstu tlaku ze zapínacího na vypínací. V konfiguraci, kterou jsme do programu zadali je tento objem přesně 100 l. V realu je ale jiný, což bude mít zásadní vliv na frekvenci spínání. Druhý zadrhel je pak v samotném EPANETU, neboť nejkratší výpočetní krok který program dovoluje, má délku jedné minuty. To by mohlo způsobovat nepřesnosti, neboť objem 100 l je při čerpání 4,69 l/s a odběru například 1,5 l/s naplněn asi za 30 sekund. Maximální dovolenou frekvenci sepnutí by měl udávat výrobce, pro námi posuzovaná čerpadla ale tato hodnota není uváděna.

V následujícím grafu můžeme vidět hodnoty průtoků dvou paralelně zapojených čerpadel 32-CVXV-6° v nejvytíženějším časovém úseku dne (19:00 – 20:00). Průměrná hodnota průtoku při chodu čerpadel je 4,43 l/s. Z grafu by bylo možné vyčíst i frekvenci spínání, tato hodnota je ale zkrácená, a proto zde není uvedena.



Obr. č. 48 - Graf průtoků na čerpadlech ATS v časovém úseku 19:00 – 20:00 (Návrhový stav č. 2)

4 Závěr a doporučení

Cílem studie bylo posoudit z technického hlediska záměr obce Kozmice o rozšíření vodovodní sítě. V programu EPANET 2 jsme vymodelovali systém, skládající se ze starých i nových prvků. Staré prvky

reprezentuje vodovodní síť obytných lokalitách, automatická tlaková stanice a malá akumulární nádrž. Tento systém by měl v horizontu několika let být rozšířen o vodovodní řady na celém území obce. S tím by měla být spojena i úprava technologie ATS a rozšíření akumulárního prostoru.

Posouzení bylo provedeno pro dva návrhové stavy, stávající a výhledový. Stávající stav počítá s aktuálními počty obyvatel a charakterem zástavby v obci, výhledový stav pak zohledňuje předpokládaný růst obce dle územního plánu.

4.1 Potřeba vody a vydatnost vodních zdrojů

Potřeba vody byla stanovena pro dva návrhové stavy. V návrhovém stavu č. 1 je počítáno se současným stavem obyvatelstva a zástavby v obci, návrhový stav č. 2 zohledňuje předpokládaný růst obce dle územního plánu. Stávající zdroje vody v obci dosahují vydatnosti 0,2 l/s, obec má v plánu jejich posílení na hodnotu 1 l/s. Předmětem posouzení je proto i zjištění, zda je tato hodnota postačující.

V návrhovém stavu č. 1 dosahuje maximální denní potřeba vody hodnoty 0,99 l/s, vydatnost 1 l/s by tedy měla být postačující. Model byl nicméně testován s vydatností 1,1 l/s, což je i hodnota, která se pro tento stav doporučuje.

V návrhovém stavu č. 2 je maximální denní potřeba vody rovna hodnotě 1,54 l/s. Při nárůstu počtu obyvatel na tento stav se doporučuje posílení vydatnosti alespoň na 1,65 l/s.

Závěr:

Návrhový stav č. 1 byl testován s vydatností 1,10 l/s a VYHOVĚL. Potřeba vody v tomto návrhovém stavu je 0,99 l/s.

Návrhový stav č. 2 byl testován s vydatností 1,65 l/s a VYHOVĚL. Potřeba vody v tomto návrhovém stavu je 1,54 l/s.

Doporučení:

V současné době stačí posílit vodní zdroje na celkovou vydatnost 1,1 l/s. S rostoucím počtem obyvatel je ale v budoucnu nutné počítat s dalším posilováním, a to až na 1,65 l/s.

4.2 Trubní síť

Posuzovaná trubní síť sestává ze dvou částí, stávající a nové sítě. Stávající síť je provedena z potrubí PE 100 SDR11 d90, a byla vymodelována dle dokumentace jejího skutečného provedení. Nová síť byla navržena na základě studie zásobování pitnou vodou z roku 2017. Všechny řady byly nejprve navrženy ve stejné dimenzi jako stávající řady. Cílem bylo ověřit, zda navržená dimenze vyhoví požadavku na optimální průtočné rychlost v potrubí, a zda bude v celé síti zajištěn dostatečný tlak pro dopravu vody ke spotřebiteli.

Doporučená průtočná rychlost ve výtlačném potrubí je podle normy ČSN EN 805 0,8 až 1,4 m/s. Dle vyhlášky č. 428/2001 Sb. musí být hodnota přetlaku v každém místě vodovodní sítě v rozmezí hodnot 15 – 60 m H₂O pro dvoupodlažní zástavbu, a 25 – 60 m H₂O pro vícepodlažní zástavbu. V odůvodněných případech se může horní hranice přetlaku zvýšit až na 70 m H₂O. [11] [12]

V návrhovém stavu č. 1 dosahuje maximální průtočná rychlost hodnoty 0,42 m/s, což s rezervou vyhovuje kritériu pro maximální rychlost. Minimální rychlosti nebylo možné vzhledem k velikosti odběru dodržet v žádné části obce, včetně stávající sítě. Tlaky v potrubí se pohybují od 19,95 m H₂O do 56,76 m H₂O. Tyto hodnoty splňují jak kritérium maximálního tlaku (60 m H₂O), tak kritérium minimálního tlaku pro dvoupodlažní zástavbu (15 m H₂O). Kritérium pro vícepodlažní zástavbu (25 m H₂O) splňuje většina obce kromě dvou lokalit. V obou případech se ale jedná o místa, kde se vícepodlažní zástavba nevyskytuje, a dle územního plánu ani vyskytovat nebude. [11] [12]

V návrhovém stavu č. 2 dosahuje maximální průtočná rychlost hodnoty 0,65 m/s, což s rezervou vyhovuje kritériu pro maximální rychlost. Minimální rychlosti nebylo možné vzhledem k velikosti odběru dodržet v žádné části obce, včetně stávající sítě. Tlaky v potrubí se pohybují od 19,58 m H₂O do 56,76 m H₂O. Tyto hodnoty splňují jak kritérium maximálního tlaku (60 m H₂O), tak kritérium minimálního tlaku pro dvoupodlažní zástavbu (15 m H₂O). Kritérium pro vícepodlažní zástavbu (25 m H₂O) splňuje většina obce kromě dvou lokalit. V obou případech se ale jedná o místa, kde se vícepodlažní zástavba nevyskytuje, a dle územního plánu ani vyskytovat nebude. [11] [12]

Závěr:

V návrhovém stavu č. 1 dosahuje maximální rychlost proudění vody hodnoty 0,42 m/s, návrh VYHOVĚL kritériu na maximální průtočnou rychlost dle normy ČSN EN 805. Kritérium minimální průtočné rychlosti NEMOHLO BÝT Z DŮVODU NÍZKÝCH ODBĚRŮ VODY SPLNĚNO.

V návrhovém stavu č. 2 dosahuje maximální rychlost proudění vody hodnoty 0,65 m/s, návrh VYHOVĚL kritériu na maximální průtočnou rychlost dle normy ČSN EN 805. Kritérium minimální průtočné rychlosti NEMOHLO BÝT Z DŮVODU NÍZKÝCH ODBĚRŮ VODY SPLNĚNO.

Závěr:

V návrhovém stavu č. 1 se tlaky v potrubí pohybují od 19,95 m H₂O do 56,76 m H₂O. Tyto hodnoty VYHOVUJÍ kritériu pro maximální i minimální tlaky dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.

V návrhovém stavu č. 2 se tlaky v potrubí pohybují od 19,58 m H₂O do 56,76 m H₂O. Tyto hodnoty VYHOVUJÍ kritériu pro maximální i minimální tlaky dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.

Doporučení:

Za účelem zvýšení průtočné rychlosti a zkrácení doby zdržení vody v potrubí se doporučuje vybudovat všechny nově navrhované řady kromě řadu „1“ z potrubí o průměru d63. Řad „1“ který má být páteří celého systému se navrhuje vybudovat z potrubí o průměr d90.

4.3 Akumulace

Předmětem posouzení objektů akumulace byla soustava dvou nádrží, stávající a nově navrhovaná. Stávající nádrž o objemu 12,51 m³ pro potřeby celé obce nestačí. Nově navrhovaná nádrž by měla být umístěna v těsné blízkosti té staré, a měly by být propojeny systémem spojených nádob. Objem nádrží by měl pokrýt denní výkyvy odběru vody, a zároveň by měla být zajištěna dostatečná rezerva pro zajištění dodávky vody v případě poruchy na zdroji o délce trvání alespoň 6 hodin.

V návrhovém stavu č. 1 byla nová nádrž navržena s půdorysem o ploše 20 m² a maximální hloubce vody 2,2 m. Celkový maximální objem akumulace v tomto případě činí 56,51 m³. Zapínací hladina čerpání ze zdroje byla umístěna do výšky 1,8 m, vypínací do výšky 2,2 m. Soustava nádrží v této konfiguraci dokáže zajistit plynulou dodávku pitné vody a vyhověla i požadavku na šestihodinovou rezervu, která je v návrhovém stavu č. 1 21,38 m³. Při výpočtu byla zohledněna i minimální hladina 0,5 m pro chod čerpadel.

V návrhovém stavu č. 2 byla nová nádrž navržena s půdorysem o ploše 25 m² a maximální hloubce vody 2,7 m. Celkový maximální objem akumulace v tomto případě činí 80,01 m³. Zapínací hladina čerpání ze zdroje byla umístěna do výšky 2,3 m, vypínací do výšky 2,6 m. Soustava nádrží v této konfiguraci dokáže zajistit plynulou dodávku pitné vody a vyhověla i požadavku na šestihodinovou rezervu, která je návrhovém stavu č. 2 33,26 m³. Při výpočtu byla zohledněna i minimální hladina 0,5 m pro chod čerpadel.

Závěr:

Návrhový stav č. 1 VYHOVĚL po přidání nové nádrže o půdorysné ploše 20 m² s maximální hladinou vody v úrovni 2,2 m. Celkový objem akumulace činí 56,51 m³, zapínací a vypínací hladiny jsou v úrovni 1,8 a 2,2 m.

Návrhový stav č. 2 VYHOVĚL po přidání nové nádrže o půdorysné ploše 25 m² s maximální hladinou vody v úrovni 2,7 m. Maximální objem akumulace činí 80,01 m³, zapínací a vypínací hladiny jsou v úrovni 2,3 a 2,6 m.

Doporučení:

Doporučuje se rozšířit akumulaci o takový prostor, který vyhoví požadavkům návrhového stavu č. 2 (výhledového). Vzhledem k tomu, že nová nádrž vyšla v tomto stavu více než 5 krát větší než je ta stará, je na zvážení i změna celého konceptu. Nabízí se dvě řešení:

Varianta a) Držet se starého návrhu. Vybudovat novou nádrž o půdorysné ploše 25 m² a hloubce 3 m. Vzhledem k nedostatku místa na pozemku vodárny bude nutné dokoupit část sousedního pozemku. V případě výstavby takto velké nádrže je také potřeba zohlednit stabilitu celého objektu vodárny.

Varianta b) Stávající vodárnu zdemolovat a vybudovat nový objekt s dostatečně velkými podzemními nádržemi. Nádrže by měly být navrženy na výhledový stav s dostatečnou rezervou. Tato varianta je více ekonomicky náročná, ale z hlediska technického se jeví vhodnější.

4.4 Automatická tlaková stanice

Systém byl posuzován s nasimulovanou stávající ATS, která se skládá z tlakové nádoby a dvou čerpadel. Tlaková nádoba má objem 1000 l a pracuje do provozního 1 MPa. Čerpadla jsou typu 32-CVXV-6° a jsou sériově zapojená. Zapínací a vypínací tlak na ATS byl nastaven na hodnoty 45 a 55 m H₂O. Při této konfiguraci dokázala ATS v obou návrhových stavech dodávat vodu do sítě. Při spuštění čerpadel byl jejich průtok v obou návrhových stavech 4,43 l/s. V modelu nebylo možné posoudit frekvenci spínání čerpadel, neboť neznáme přesný vztah mezi poklesem tlaku a objemu v tlakové nádobě.

Závěr:

Stávající ATS v modelu dokázala plynule zásobovat spotřebiště vodou. Pro zajištění dostatečného tlaku v rozvodné síti byl vypínací a zapínací tlak nastaven na hodnoty 45 a 55 m H₂O. Čerpadla při svém chodu dodávala průměrně 4,43 l/s vody v obou návrhových stavech. Frekvenci spínání čerpadel nebylo možné posoudit.

Doporučení:

Zapínací a vypínací tlak se doporučuje nastavit na 45 a 55 m H₂O. Stávající čerpadla by měla být schopna fungovat v novém systému, a to jak ve stávajícím i výhledovém stavu. Doporučuje se nechat výrobcem posoudit frekvenci jejich spínání. V případě že nevyhoví, může stačit výměna tlakové nádoby za větší. Pokud by ani to nestačilo, bude potřeba navrhnout novou ATS. Při rozhodování o dalším postupu je také třeba vzít v úvahu stáří a technický stav čerpadel.

5 Seznam obrázků

Obr. č. 1 – Územní působnost vodárenských soustav [1]	4
Obr. č. 2 – Pramenní jímka [1]	6
Obr. č. 3 – Vrtaná studna se zhlavím [1].....	7
Obr. č. 4 – Zářez [1]	8
Obr. č. 5 – Štola s gravitačním výtokem jímané vody [1]	8
Obr. č. 6 – Studna s horizontálními jímači [1]	9
Obr. č. 7 – Odběrný věžový objekt [1]	10
Obr. č. 8 – Jímací objekty v korytě vodního toku [1]	11
Obr. č. 9 – Jímání vody pod přelivem [1].....	11
Obr. č. 10 – Schéma zemního vodojemu [2]	14
Obr. č. 11 – Schéma vodovodní přípojky [6]	16
Obr. č. 12 – Moodyho diagram [9]	22
Obr. č. 13 – Uživatelské prostředí programu EPANET 2	26
Obr. č. 14 – Výřez hlavního výkresu územního plánu obce Kozmice [19].....	31
Obr. č. 15 – Studna HV-2N.....	33
Obr. č. 16 – Objekt vodárny.....	34
Obr. č. 17 – Oblastní diagram čerpadel (v našem případě 2x32-CVXV-6°) [24]	35
Obr. č. 18 – Schéma technologické části vodárny [23].....	36
Obr. č. 19 – Stávající vodovodní síť v obci Kozmice na podkladu ortofoto mapy ČUZK [17]	38
Obr. č. 20 – Průzkumná plocha nového zdroje vody na mapovém podkladu ČUZK [17] [22].....	40
Obr. č. 21 – Možnosti prostorového uspořádání vodárny v rámci pozemku [17].....	42
Obr. č. 22 – Schéma navrhované úpravy vodárny.....	43
Obr. č. 23 – Výsledná podoba vodovodní sítě v obci Kozmice na mapovém podkladu ČUZK [17]	46
Obr. č. 24 – Nastavení výchozích hodnot.....	50

Obr. č. 25 – Konverze vprogramu EpaCAD	51
Obr. č. 26 – Importovaná rozvodná síť se zobrazenými názvy uzlů	51
Obr. č. 27 – Schéma ke stanovení uzlových potřeb.....	53
Obr. č. 28 – Průběh potřeby vody zadaný do EPANETU.....	55
Obr. č. 29 – Detail zjednodušení vodního zdroje.....	56
Obr. č. 30 – Nastavení FCV ventilu simulujícího vydatnost zdroje	56
Obr. č. 31 – Definice křivky objemu.....	57
Obr. č. 32 – Nastavení charakteristik nádrže.....	58
Obr. č. 33 – Nastavení zapínací a vypínací hladiny nádrže	58
Obr. č. 34 – Nastavení čerpadla a Q-H křivka	59
Obr. č. 35 – Nastavení tlakové nádoby a křivka objemu	60
Obr. č. 36 – Nastavení podmínek pro ovládání čerpadla na ATS	60
Obr. č. 37 – Detail ATS v EPANETU	61
Obr. č. 38 – Nastavení času	61
Obr. č. 39 – Návrhový stav č. 1, minimální tlaky	64
Obr. č. 40 – Návrhový stav č. 1, maximální tlaky	64
Obr. č. 41 – Návrhový stav č. 1, maximální průtočné rychlosti	65
Obr. č. 42 – Graf průběhu plnění a prázdnění akumulace (Návrhový stav č. 1).....	66
Obr. č. 43 – Graf průtoků na čerpadlech ATS v časovém úseku 19:00 – 20:00 (Návrhový stav č. 1) ..	67
Obr. č. 44 – Návrhový stav č. 2, minimální tlaky	69
Obr. č. 45 – Návrhový stav č. 2, maximální tlaky	69
Obr. č. 46 – Návrhový stav č. 2, maximální průtočné rychlosti	70
Obr. č. 47 – Graf průběhu plnění a prázdnění akumulace (Návrhový stav 2, výhledový).....	71
Obr. č. 48 - Graf průtoků na čerpadlech ATS v časovém úseku 19:00 – 20:00 (Návrhový stav č. 2)...	72

6 Seznam tabulek

Tab. č. 1 – Typy úprav pro jednotlivé jakostní kategorie surové vody [4].....	12
Tab. č. 2 – Typické procesy úpravy povrchové a podzemní vody [2]	13
Tab. č. 3 – Součinitel denní nerovnoměrnosti [7]	18
Tab. č. 4 – Průběh potřeby vody v procentech potřeby celodenní [7].....	18
Tab. č. 5 – Příklad výpočtu provozního objemu vodojemu v procentech denní potřeby vody.....	23
Tab. č. 6 – Zastavitelné plochy dle územního plánu (výběr) [19]	32
Tab. č. 7 – Stávající vodní zdroje.....	33
Tab. č. 8 – Potřeba vody, Návrhový stav 1, stávající (viz příloha č. 1)	49
Tab. č. 9 – Potřeba vody, Návrhový stav 2, výhledový (viz příloha č. 2).....	49
Tab. č. 10 – Charakteristiky potrubí	52
Tab. č. 11 – Charakteristiky uzlů.....	54
Tab. č. 12 – přepočtení průběhu denní potřeby vody.....	55

7 Seznam příloh

Příloha č. 1 – Výpočet potřeby vody, návrhový stav č. 1 – stávající
Příloha č. 2 – Výpočet potřeby vody, návrhový stav č. 2 – výhledový
Příloha č. 3 – Výpočet uzlových potřeb, návrhový stav č. 1 – stávající
Příloha č. 4 – Výpočet uzlových potřeb, návrhový stav č. 2 – výhledový
Příloha č. 5 – Posouzení trubní sítě, návrhový stav č. 1 - stávající
Příloha č. 6 – Posouzení trubní sítě, návrhový stav č. 2 - výhledový

8 Seznam použité literatury

- [1] **TESAŘÍK, Igor. Vodárenství.** Praha: SNTL, 1987.
- [2] **GRÜNWARD, Alexander. Vodárenství.** Praha: ČKAIT, 1998. ISBN 80-902460-7-9.
- [3] **Zákon č. 258/2000 Sb.: Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů** [online]. 2000 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258/>.
- [4] **Vyhláška č. 252/2004 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody** [online]. 2004 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252/>
- [5] **Zákon č. 274/2001 Sb.: Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)** [online]. 2001 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274/>
- [6] **Napojení na vodovodní síť.** Českoskalické vodárny s.r.o. [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.ceskoskalickevodarny.cz/napojeni-na-vodovodni-sit/>
- [7] **Směrnice ze dne 20.7.1973 pro výpočet potřeby vody při navrhování vodovodních a kanalizačních zařízení a posuzování vydatnosti vodních zdrojů.** *Epravo.cz* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/vyhledavani-aspi/?Id=32306&Section=1&IdPara=1&ParaC=2>
- [8] **Vyhláška č. 120/2011 Sb.: Vyhláška, 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** [online]. 2011 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-120a>
- [9] **HAVLÍK, Aleš. Hydraulika 141HYA2: Přednášky** [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/prednasky.htm>
- [10] **ČSN 75 5355: Vodojemy.** Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [11] **Vyhláška č. 428/2001 Sb.: Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)** [online]. 2001 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428/>
- [12] **ČSN EN 805: Vodárenství - Požadavky na vnější sítě a jejich součásti.** Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2001.
- [13] **ROSSMAN, Lewis A. EPANET 2 USERS MANUAL.** Cincinnati: U. S. Environmental Protection Agency, 2000

- [14] **MIKE URBAN** [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z:
<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-urban>
- [15] **OpenFlows WaterCAD - Water Distribution Modeling and Analysis Software** [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.inas.ro/en/bentley-watercad>
- [16] **Silniční a dálniční síť ČR (veřejná aplikace)**. *GEOPORTÁL SILNIČNÍ A DÁLNIČNÍ SÍŤE ČR* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://geoportal.rsd.cz/webappbuilder/apps/7/>
- [17] **Geoportál ČUZK**. *Státní správa zeměměřičtví a katastru* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://geoportal.cuzk.cz>
- [18] **Centrální evidence vodních toků (CEVT)**. *Portál eAGRI - resortní portál Ministerstva zemědělství* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/cevt.html>
- [19] **C.H.S. Praha s.r.o. Projekční a inženýrská společnost**. *Územní plán Kozmice*. 2019.
- [20] **SOLICITE s.r.o.** *Studie zásobování pitnou vodou v obci Kozmice*. 2017
- [21] **Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Středočeského kraje, Změna 2019, Kozmice**. 2019
- [22] **KOPEČKOVÁ, Veronika**. *Odborný posudek Kozmice – vodní zdroj, Jihlava: 2019*
- [23] **DATEL, Petr**. *Provozní řád vodovodu Kozmice Lokality „Kodíny“ a „Na Skalce“*, Benešov: 2016
- [24] **SIGMA PUMPY HRANICE** [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://sigmapumpy.com>
- [25] **Možnosti použití geofyzikálních metod**. 1999, VII(1/99). ISSN 1210-4124.
- [26] **ČSN 73 6005**: *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1994.
- [27] **Zákon č. 258/2000 Sb.**: *Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů* [online]. 2000 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258/>.

Výpočet potřeby vody Obec Kozmčie, současný stav dle směrných čísel potřeby vody z přílohy č. 12 k Vyhlášce č. 428/2001 Sb.	Měrná jednotka	Směrné číslo roční spotřeby vody	Počet měrných jednotek - stav	Počet dnů s odběrem vody	Průměrná roční potřeba vody	Průměrná denní potřeba vody		Maximální denní potřeba vody ($k_d=1.5$)		Maximální hodinová potřeba vody ($k_h=1.8$)	
					Q_r	Q_{24}	Q_{24}	Q_m	Q_m	Q_m	Q_m
		$[m^3]$	$[m.j.]$	$[dnů/rok]$	$[m^3/rok]$	$[m^3/den]$	$[l/s]$	$[m^3/den]$	$[l/s]$	$[m^3/hod]$	$[l/s]$
I. BYTOVÝ FOND											
Byty na jednu osobu za rok											
3. byt s tekoucí teplou vodou (teplá voda na kohoutku)	osoba	35	344	365	12 040	32.986	0.382	49.479	0.573	3.71	1.031
Rodinné domy Na jednu osobu bytu v rodinném domu (max. 3 byty - 3 rodiny) se připočítává 1 m3 na spotřebu spojenou s očištěnou okolí rodinného domu i s očištěnou osob při aktivitách v zahradě apod. Kropení zahrady a provoz bazénů je samostatnou položkou a nespadá pod bytový fond.											
připočet	osoba	1	103	365	103	0.282	0.0033	0.423	0.0049	0.03	0.009
Rekreační chaty (chalupy) Na jednu osobu rekreační chaty (chalupy) se spotřeba vypočte jako u položek č. 1, 2, 3 i s připočtením 1 m3 jako u rodinného domu, vše 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.											
tekoucí teplá voda	osoba	9	48	91	432	4.747	0.055	7.121	0.082	0.53	0.148
připočet	osoba	0.25	18	91	5	0.049	0.001	0.074	0.001	0.01	0.002
II. VEŘEJNÉ BUDOVY, ŠKOLY											
Kancelářské budovy (bez stravování) na jednu osobu při průměru 250 pracovních dnů za rok											
5. WC, umyvadla a tekoucí teplá voda	osoba	14	1.5	250	21	0.084	0.001	0.126	0.001	0.01	0.003
VI. RESTAURACE, VINÁRNÍ (vybavení WC, umyvadla, tekoucí teplá voda)											
Restaurace, vinárny, kavárny na jednoho pracovníka v jedné směně (365 dnů) za rok (zahrnuje i zákazníky bez mytí skla)											
40. výčep, podávání studených jídel	pracovník	60	0.33	156	20	0.127	0.001	0.190	0.002	0.01	0.004
43. mytí skla bez trvalého průtoku nebo myčka skla za jednu směnu připočítává se k položkám č. 39, 40 a 41	směna	60	0.33	156	20	0.127	0.001	0.190	0.002	0.01	0.004
VIII. PRODEJNY											
Potravinářské výroby místního významu (např. řeznictví, výroba uzenin, salátů, pečiva apod.) na jednoho pracovníka v jedné směně v průměru za rok											
54. WC, umyvadla a tekoucí teplá voda s možností sprchování	pracovník	26	3	365	78	0.214	0.002	0.321	0.004	0.02	0.007
Spotřeba vody k výrobě se vypočte podle technologie výroby a vybavení prodejny	týden	52	6	365	312	0.855	0.010	1.282	0.015	0.10	0.027
X. ZAHRADY											
v průměru za rok											
63. venkovní zahrady okrasné (travníky, květiny) nebo osázené zeleninou na 100 m ²	100 m ²	16	170	365	2 720	7.452	0.086	11.178	0.129	0.84	0.233
XI. MYTÍ AUTOMOBILŮ											
67. osobní automobil užívaný pro domácnost (stříkání a umývání, předpokládá se mytí 10x ročně)	ks	1	172	365	172	0.471	0.005	0.707	0.008	0.05	0.015

Průměrná roční potřeba vody	Průměrná denní potřeba vody		Maximální denní potřeba vody		Maximální hodinová potřeba vody	
Q_r	Q_{24}	Q_{24}	Q_m	Q_m	Q_m	Q_m
$[m^3/rok]$	$[m^3/den]$	$[l/s]$	$[m^3/den]$	$[l/s]$	$[m^3/hod]$	$[l/s]$
15 922	47.39	0.55	71.09	0.82	5.33	1.481
PO ZAPOČTENÍ ZTRÁT 20%						
$[m^3/rok]$	$[m^3/den]$	$[l/s]$	$[m^3/den]$	$[l/s]$	$[m^3/hod]$	$[l/s]$
19 107	56.87	0.66	85.31	0.99	6.40	1.777

Poznámky:

I. BYTOVÝ FOND

- V obci žije v současné době 344 obyvatel ve 103 rodinných domech a jednom bytovém domě.
- Počet rekreatantů je 48.

II. VEŘEJNÉ BUDOVY, ŠKOLY

- 1 pracovník na obecní m úřadě a 1 pracovník na poště s knihovnou na poloviční úvazek

VI. RESTAURACE, VINÁRNÍ

- 1 pracovník, restaurace funguje průměrně třetinu směny denně

VII. PRODEJNY

- 3 pracovníci v průměru
- 6 m3 technologické vody za týden

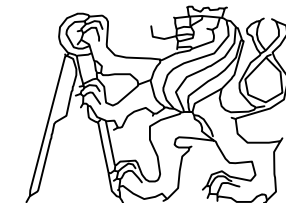
X. ZAHRADY

- Při nejmenší povolené ploše pozemku a nejvyšším možným podílu zpevněných ploch (dle územního plánu) vychází minimální velikost zahrady 371 m2. Ve výpočtu je uvažováno s 500m2 na každou parcelu v lokalitách Kodína a Na Skalce

- Ve zbytku obce se uvažuje závlaha ze stávajících studní, a tím pádem nejsou zahrady započítány

XI. MYTÍ AUTOMOBILŮ

- Je uvažována míra automobilizace 2, tedy 1 automobil na dvě osoby

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO STUDENTA		
SI-V	K144	Bc. Štefan Ambrozi		
ROČNÍK:	VEDOUcí PRÁCE:			
2.	Ing. Filip Horký Ph.D.			
NÁZEV PRÁCE:			FORMÁT:	3 x A4
NÁVRH SYSTÉMU ZÁSBOVÁNÍ PITNOU VODOU VE VYBRANÉ OBCI POSOUZENÍ TRUBNÍ SÍTĚ			MĚŘÍTKO:	1 : 5 000
			DATUM:	05/2020
OBSAH :			Č. VÝKRESU:	PŘÍLOHA Č. 1
VÝPOČET POTŘEBY VODY, NÁVRHOVÝ STAV Č 1 - STÁVAJÍCÍ				

Výpočet potřeby vody Obec Kozmčie, výhledový stav dle směrných čísel potřeby vody z přílohy č. 12 k Vyhlášce č. 428/2001 Sb.	Měrná jednotka	Směrné číslo roční spotřeby vody [m ³]	Počet měrných jednotek - výhled [m.j.]	Počet dnů s odběrem vody [dnů/rok]	Průměrná roční potřeba vody	Průměrná denní potřeba vody		Maximální denní potřeba vody (k _d =1.5)		Maximální hodinová potřeba vody (k _h =1.8)	
					Q _r [m ³ /rok]	Q ₂₄ [m ³ /den]	Q ₂₄ [l/s]	Q _m [m ³ /den]	Q _m [l/s]	Q _m [m ³ /hod]	Q _m [l/s]
I. BYTOVÝ FOND											
Byty na jednu osobu za rok											
3. byt s tekoucí teplou vodou (teplá voda na kohoutku)	osoba	35	513	365	17 955	49.192	0.569	73.788	0.854	5.53	1.537
Rodinné domy Na jednu osobu bytu v rodinném domu (max. 3 byty - 3 rodiny) se připočítává 1 m ³ 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.											
přípočet	osoba	1	137	365	137	0.375	0.004	0.563	0.007	0.04	0.012
Rekreační chaty (chalupy) Na jednu osobu rekreační chaty (chalupy) se spotřeba vypočte jako u položek č. 1, 2, 3 i s připočtením 1 m ³ jako u rodinného domu, vše 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.											
tekoucí teplá voda	osoba	9	48	91	432	4.747	0.055	7.121	0.082	0.53	0.148
přípočet	osoba	0.25	18	91	5	0.049	0.001	0.074	0.001	0.01	0.002
II. VEŘEJNÉ BUDOVY, ŠKOLY											
Kancelářské budovy (bez stravování) na jednu osobu při průměru 250 pracovních dnů za rok											
5. WC, umyvadla a tekoucí teplá voda	osoba	14	1.5	250	21	0.084	0.001	0.126	0.001	0.01	0.003
Mateřské školy a jesle s celodenním provozem (bez stravování) na jednu osobu (učitele, pracovníka, dítě) při průměru 200 pracovních dnů za rok											
10. WC, umyvadla a tekoucí teplá voda s možností sprchování	osoba	16	26	200	416	2.080	0.024	3.120	0.036	0.23	0.065
VI. RESTAURACE, VINÁRNÍ (vybavení WC, umyvadla, tekoucí teplá voda)											
Restaurace, vinárny, kavárny na jednoho pracovníka v jedné směně (365 dnů) za rok (zahrnuje i zákazníky bez mytí skla)											
40. výčep, podávání studených jídel	pracovník	60	1.0	156	60	0.385	0.004	0.577	0.007	0.00	0.000
43. mytí skla bez trvalého průtoku nebo myčka skla za jednu směnu připočítává se k položkám č. 39, 40 a 41	směna	60	1.0	156	60	0.385	0.004	0.577	0.007	0.00	0.000
VIII. PRODEJNY											
Potravinářské výroby místního významu (např. řeznictví, výroba uzenin, salátů, pečiva apod.) na jednoho pracovníka v jedné směně v průměru za rok											
54. WC, umyvadla a tekoucí teplá voda s možností sprchování	pracovník	26	3	365	78	0.214	0.002	0.321	0.004	0.00	0.000
Spotřeba vody k výrobě se vypočte podle technologie výroby a vybavení prodejny	týden	52	6	365	312	0.855	0.010	1.282	0.015	0.00	0.000
X. ZAHRADY v průměru za rok											
63. venkovní zahrady okrasné (trávníky, květiny) nebo osázené zeleninou) na 100 m ²	100 m ²	16	340	365	5 440	14.904	0.173	22.356	0.259	0.00	0.000
XI. MYTÍ AUTOMOBILŮ											
67. osobní automobil užívaný pro domácnost (stříkání a umývání, předpokládá se mytí 10x ročně)	ks	1	256	365	256	0.703	0.008	1.054	0.012	1.68	0.466

Poznámky:

I. BYTOVÝ FOND

- Přírůstek obyvatel je počítán pro zastavitelné parcely dle územního plánu, za předpokladu průměrného počtu 3 obyvatel na nemovitost

- Počet obyvatel ve výhledu může dosáhnout až 484

- V obci se nepředpokládá přírůstek rekreačních objektů.

II. VEŘEJNÉ BUDOVY, ŠKOLY

- V obci se plánuje výstavba mateřské školky s kapacitou 26 osob

VI. RESTAURACE, VINÁRNÍ

- V restauračním zařízení se při nárůstu počtu obyvatel předpokládá prodloužení provozní doby na 1 směnu v průměru denně

VII. PRODEJNY

- 3 pracovníci v průměru

- 6 m³ technologické vody za týden

X. ZAHRADY

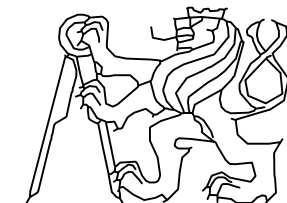
- Při nejmenší povolené ploše pozemku a nejvyšším možném podílu zpevněných ploch (dle územního plánu) vychází minimální velikost zahrady 371 m². Ve výpočtu je uvažováno s 500m² na každou parcelu v lokalitách Kodina a Na Skalce, a každou nově zastavěnou parcelu dle územního plánu

- Ve zbytku obce se uvažuje zálička ze stávajících studní a zahrady nejsou započítány

XI. MYTÍ AUTOMOBILŮ

- Je uvažována míra automobilizace 2, tedy 1 automobil na dvě osoby

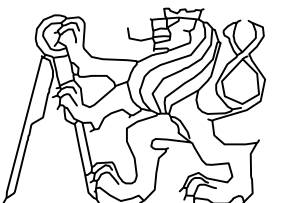
Průměrná roční potřeba vody	Průměrná denní potřeba vody		Maximální denní potřeba vody		Maximální hodinová potřeba vody	
Q _r	Q ₂₄	Q ₂₄	Q _m	Q _m	Q _m	Q _m
[m ³ /rok]	[m ³ /den]	[l/s]	[m ³ /den]	[l/s]	[m ³ /hod]	[l/s]
25 172	73.97	0.86	110.96	1.28	8.04	2.232
PO ZAPOČTENÍ ZTRÁT 20%						
[m ³ /rok]	[m ³ /den]	[l/s]	[m ³ /den]	[l/s]	[m ³ /hod]	[l/s]
30 206	88.77	1.03	133.15	1.54	9.64	2.679

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO STUDENTA	
SI-V	K144	Bc. Štefan Ambrozi	
ROČNÍK:	VEDOUcí PRÁCE:		
2.	Ing. Filip Horký Ph.D.		
NÁZEV PRÁCE:			
NÁVRH SYSTÉMU ZÁSBOVÁNÍ PITNOU VODOU VE VYBRANÉ OBCI POSOUZENÍ TRUBNÍ SÍŤ			
OBSAH :			
VÝPOČET POTŘEBY VODY, NÁVRHOVÝ STAV Č 2 - VÝHLEDOVÝ			
FORMÁT:		3 x A4	
MĚŘÍTKO:		1 : 5 000	
DATUM:		05/2020	
Č. VÝKRESU:		PŘÍLOHA Č. 2	

Označení uzlu	Počet připojených objektů	Počet objektů s odběrem vody				Maximální denní potřeba vody [l/s]						Ztráty [l/s]	Označení uzlu	Uzlová potřeba [l/s]
		Rodinné domy	Rekreační objekty	Bytové domy	Občanská vybavenost	Obyvatelstvo + přípočet	Rekreanti + přípočet	Občanská vybavenost	Zahrady	Automobily	Celkem			
1-1	4	1	0	0	0	0.0054	0	0	0.0038	0.0001	0.0093	0.0019	1-1	0.0112
1-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-2	0
1-3	4	3	0	0	0	0.0162	0	0	0.0114	0.0002	0.0279	0.0056	1-3	0.0335
1-4	3	1	1	0	0	0.0054	0.0046	0	0.0038	0.0001	0.0139	0.0028	1-4	0.0167
1-5	7	5	2	0	0	0.0271	0.0093	0	0	0.0004	0.0367	0.0073	1-5	0.0440
1-6	1	1	0	0	0	0.0054	0	0	0	0.0001	0.0055	0.0011	1-6	0.0066
1-7	6	6	0	0	0	0.0325	0	0	0	0.0005	0.0329	0.0066	1-7	0.0395
1-8	8	7	0	0	Prodejna	0.0379	0	0.0186	0	0.0005	0.0570	0.0114	1-8	0.0684
1-9	5	2	1	1	Obecní úřad	0.0308	0.0046	0.0015	0	0.0004	0.0373	0.0075	1-9	0.0448
1-10	5	3	0	0	Restaurace	0.0162	0	0.0044	0	0.0002	0.0209	0.0042	1-10	0.0251
1-11	3	2	1	0	0	0.0108	0.0046	0	0	0.0002	0.0156	0.0031	1-11	0.0187
1-12	4	3	1	0	0	0.0162	0.0046	0	0	0.0002	0.0211	0.0042	1-12	0.0253
1.1-1	4	4	0	0	0	0.0217	0	0	0	0.0003	0.0220	0.0044	1.1-1	0.0264
1.2-1	5	2	0	0	0	0.0108	0	0	0	0.0002	0.0110	0.0022	1.2-1	0.0132
1.3-1	1	1	0	0	0	0.0054	0	0	0	0.0001	0.0055	0.0011	1.3-1	0.0066
1.4-1	5	4	0	0	0	0.0217	0	0	0	0.0003	0.0220	0.0044	1.4-1	0.0264
1.4-2	2	2	0	0	0	0.0108	0	0	0	0.0002	0.0110	0.0022	1.4-2	0.0132
1.4.1-1	3	2	1	0	0	0.0108	0.0046	0	0	0.0002	0.0156	0.0031	1.4.1-1	0.0187
1.5-1	6	3	3	0	0	0.0162	0.0139	0	0	0.0002	0.0304	0.0061	1.5-1	0.0364
1.5-2	6	5	1	0	0	0.0271	0.0046	0	0	0.0004	0.0321	0.0064	1.5-2	0.0385
1.5-3	6	3	3	0	0	0.0162	0.0139	0	0	0.0002	0.0304	0.0061	1.5-3	0.0364
1.5-4	4	3	0	0	0	0.0162	0	0	0	0.0002	0.0165	0.0033	1.5-4	0.0198
1.6-1	7	3	3	0	0	0.0162	0.0139	0	0	0.0002	0.0304	0.0061	1.6-1	0.0364
1.6-2	4	3	1	0	0	0.0162	0.0046	0	0	0.0002	0.0211	0.0042	1.6-2	0.0253
1.6.1-1	4	4	0	0	0	0.0217	0	0	0	0.0003	0.0220	0.0044	1.6.1-1	0.0264
2-1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2-1	0
2-2	4	1	0	0	0	0.0054	0	0	0.0038	0.0001	0.0093	0.0019	2-2	0.0112
2-3	1	1	0	0	0	0.0054	0	0	0.0038	0.0001	0.0093	0.0019	2-3	0.0112
2-4	5	4	0	0	0	0.0217	0	0	0.0152	0.0003	0.0372	0.0074	2-4	0.0446
2-5	4	2	0	0	0	0.0108	0	0	0.0076	0.0002	0.0186	0.0037	2-5	0.0223
3-1	8	5	0	0	0	0.0271	0	0	0.0190	0.0004	0.0465	0.0093	3-1	0.0558
4-1	4	1	0	0	0	0.0054	0	0	0.0038	0.0001	0.0093	0.0019	4-1	0.0112
4-2	6	5	0	0	0	0.0271	0	0	0.0190	0.0004	0.0465	0.0093	4-2	0.0558
4-3	7	4	0	0	0	0.0217	0	0	0.0152	0.0003	0.0372	0.0074	4-3	0.0446
4.1-1	2	2	0	0	0	0.0108	0	0	0.0076	0.0002	0.0186	0.0037	4.1-1	0.0223
4.2-1	5	4	0	0	0	0.0217	0	0	0.0152	0.0003	0.0372	0.0074	4.2-1	0.0446
4.2-2	1	1	0	0	0	0.0054	0	0	0	0.0001	0.0055	0.0011	4.2-2	0.0066
Celkem	158	103	18	1	3	0.5776	0.0833	0.0244	0.1294	0.0082	0.8228	0.1646	0.99	

Poznámky:

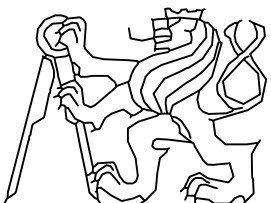
- Počet připojených objektů je roven celkovému počtu stávajících i nových přípojek, včetně 4 dalších objektů v lokalitách SV51 a B154 dle územního plánu.
- V obci se nachází jeden bytový dům, ve kterém v současnosti žije 12 obyvatel.
- Počet obyvatel v jednom obydleném rodinném domě je v současném průměru roven 3.22 a byl stanoven následujícím výpočtem: $[(\text{celkový počet obyvatel}) - (\text{počet obyvatel v BD})] / (\text{počet RD})$
- Počet rekreatantů v jednom rekreačním objektu je v současném průměru roven 2.67 a byl stanoven následujícím výpočtem: $(\text{celkový počet rekreatantů}) / (\text{počet rekreačních objektů})$
- Výpočet maximální denní potřeby vody byl proveden dle postupu v příloze č. 1.

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO STUDENTA:	
SI-V	K144	Bc. Štefan Ambrozi	
ROČNÍK:	VEDOUcí PRÁCE:		
2.	Ing. Filip Horký Ph.D.		
NÁZEV PRÁCE:			
NÁVRH SYSTÉMU ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU VE VYBRANÉ OBCE POSOUZENÍ TRUBNÍ SÍTĚ			
OBSAH :			
VÝPOČET UZLOVÝCH POTŘEB, NÁVRHOVÝ STAV Č. 1. - STÁVAJÍCÍ			
FORMÁT:	3 x A4		
MĚŘÍTKO:	1 : 5 000		
DATUM:	05/2020		
Č. VÝKRESU:	PŘÍLOHA Č. 3		

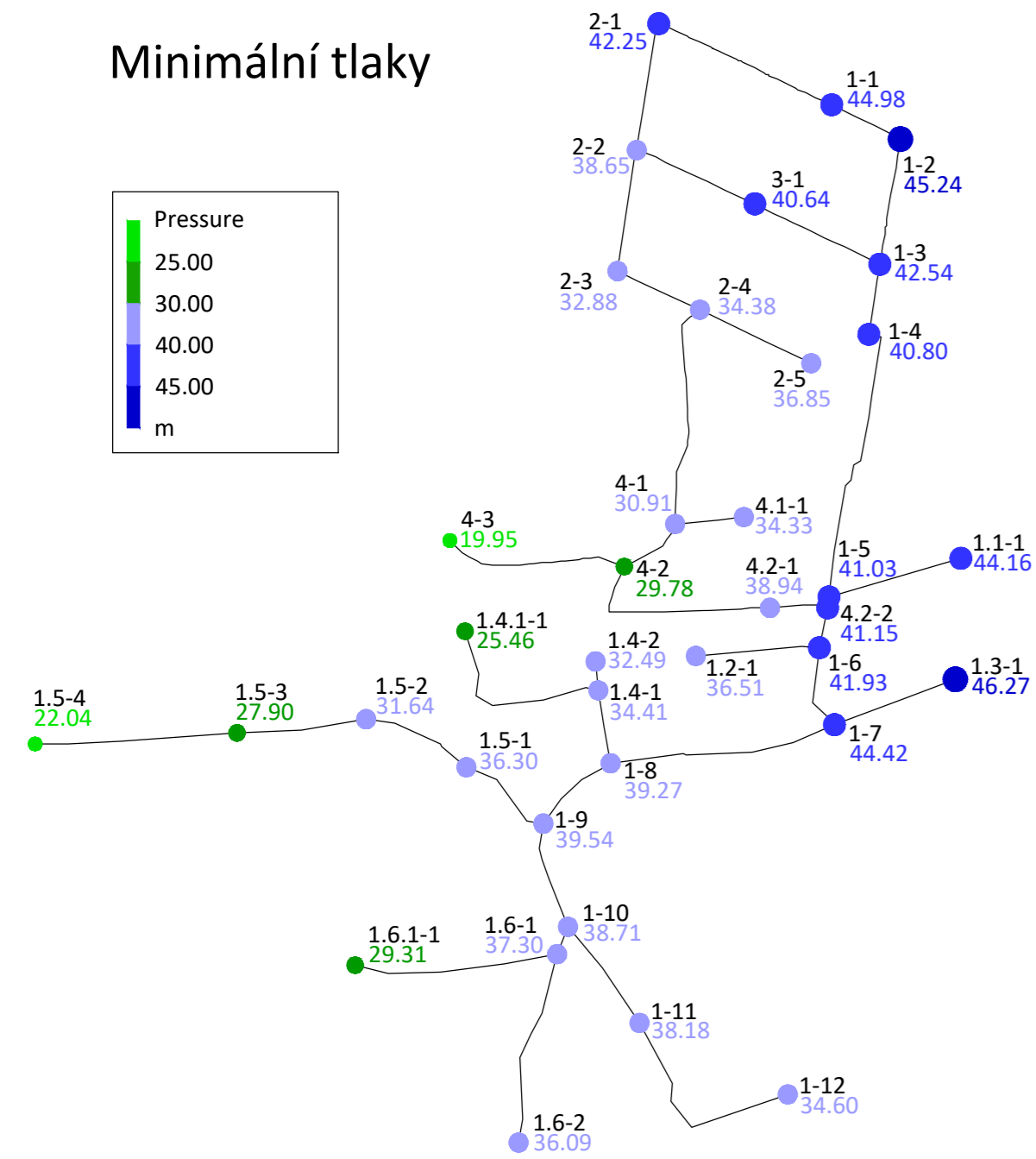
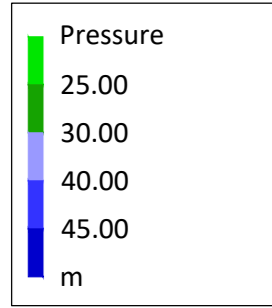
Označení uzlu	Počet připojených objektů	Počet objektů s odběrem vody				MAXIMÁLNÍ DENNÍ POTŘEBA VODY [l/s]						Ztráty [l/s]	Označení uzlu	Uzlová potřeba [l/s]
		Rodinné domy	Rekreační objekty	Bytové domy	Občanská vybavenost	Obyvatelstvo + přípočet	Rekreatanti + přípočet	Vybavenost	Zahrady	Automobily	Celkem			
1-1	4	4	0	0	0	0.0256	0	0	0.0152	0.0004	0.0412	0.0082	1-1	0.0494
1-2	1	1	0	0	0	0.0067	0	0	0.0038	0.0001	0.0106	0.0021	1-2	0.0127
1-3	4	4	0	0	0	0.0230	0	0	0.0152	0.0003	0.0385	0.0077	1-3	0.0462
1-4	3	1	1	0	0	0.0256	0.0046	0	0.0152	0.0004	0.0458	0.0092	1-4	0.0549
1-5	7	5	2	0	0	0.0271	0.0093	0	0	0.0004	0.0367	0.0073	1-5	0.0440
1-6	1	1	0	0	0	0.0054	0	0	0	0.0001	0.0055	0.0011	1-6	0.0066
1-7	6	6	0	0	0	0.0325	0	0	0	0.0005	0.0329	0.0066	1-7	0.0395
1-8	8	7	0	0	Prodejna	0.0379	0	0.0186	0	0.0005	0.0570	0.0114	1-8	0.0684
1-9	5	2	1	1	Obecní úřad	0.0941	0.0046	0.0015	0	0.0013	0.1015	0.0203	1-9	0.1218
1-10	5	4	0	0	Restaurace	0.0230	0	0.0134	0.0038	0.0003	0.0404	0.0081	1-10	0.0485
1-11	3	2	1	0	0	0.0108	0.0046	0	0	0.0002	0.0156	0.0031	1-11	0.0187
1-12	4	3	1	0	0	0.0162	0.0046	0	0	0.0002	0.0211	0.0042	1-12	0.0253
1.1-1	4	4	0	0	0	0.0217	0	0	0	0.0003	0.0220	0.0044	1.1-1	0.0264
1.2-1	5	5	0	0	0	0.0260	0	0	0.0114	0.0004	0.0377	0.0075	1.2-1	0.0453
1.3-1	1	1	0	0	0	0.0054	0	0	0	0.0001	0.0055	0.0011	1.3-1	0.0066
1.4-1	5	5	0	0	0	0.0267	0	0	0.0038	0.0004	0.0309	0.0062	1.4-1	0.0371
1.4-2	2	2	0	0	0	0.0108	0	0	0	0.0002	0.0110	0.0022	1.4-2	0.0132
1.4.1-1	3	2	1	0	0	0.0108	0.0046	0	0	0.0002	0.0156	0.0031	1.4.1-1	0.0187
1.5-1	6	3	3	0	0	0.0162	0.0139	0	0	0.0002	0.0304	0.0061	1.5-1	0.0364
1.5-2	6	5	1	0	0	0.0271	0.0046	0	0	0.0004	0.0321	0.0064	1.5-2	0.0385
1.5-3	6	3	3	0	0	0.0162	0.0139	0	0	0.0002	0.0304	0.0061	1.5-3	0.0364
1.5-4	4	3	0	0	0	0.0230	0	0	0.0038	0.0003	0.0271	0.0054	1.5-4	0.0325
1.6-1	7	3	3	0	Školka	0.0162	0.0139	0.0361	0	0.0002	0.0665	0.0133	1.6-1	0.0798
1.6-2	4	3	1	0	0	0.0162	0.0046	0	0	0.0002	0.0211	0.0042	1.6-2	0.0253
1.6.1-1	4	4	0	0	0	0.0217	0	0	0	0.0003	0.0220	0.0044	1.6.1-1	0.0264
2-1	3	3	0	0	0	0.0202	0	0	0.0114	0.0003	0.0319	0.0064	2-1	0.0382
2-2	4	4	0	0	0	0.0256	0	0	0.0152	0.0004	0.0412	0.0082	2-2	0.0494
2-3	1	1	0	0	0	0.0054	0	0	0.0038	0.0001	0.0093	0.0019	2-3	0.0112
2-4	5	5	0	0	0	0.0284	0	0	0.0190	0.0004	0.0478	0.0096	2-4	0.0574
2-5	4	4	0	0	0	0.0243	0	0	0.0152	0.0003	0.0398	0.0080	2-5	0.0478
3-1	8	8	0	0	0	0.0472	0	0	0.0304	0.0007	0.0783	0.0157	3-1	0.0940
4-1	4	4	0	0	0	0.0256	0	0	0.0152	0.0004	0.0412	0.0082	4-1	0.0494
4-2	6	6	0	0	0	0.0338	0	0	0.0228	0.0005	0.0571	0.0114	4-2	0.0685
4-3	7	7	0	0	0	0.0418	0	0	0.0266	0.0006	0.0691	0.0138	4-3	0.0829
4.1-1	2	2	0	0	0	0.0108	0	0	0.0076	0.0002	0.0186	0.0037	4.1-1	0.0223
4.2-1	5	5	0	0	0	0.0267	0	0	0.0190	0.0004	0.0461	0.0092	4.2-1	0.0553
4.2-2	1	1	0	0	0	0.0054	0	0	0	0.0001	0.0055	0.0011	4.2-2	0.0066
SUMA:	158	133	18	1	4	0.8610	0.0833	0.0695	0.2588	0.0122	1.2847	0.2569	1.54	

Poznámky:

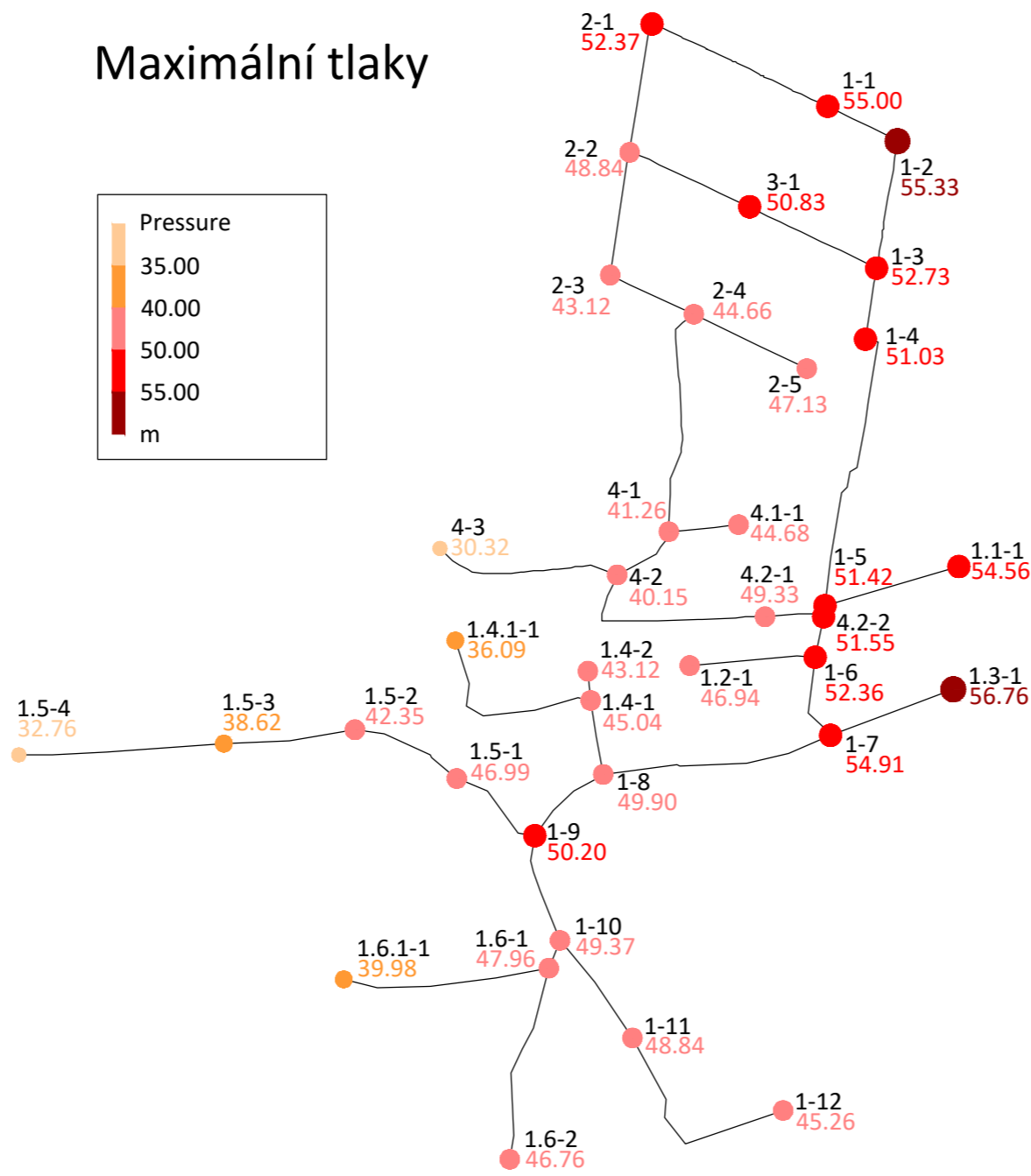
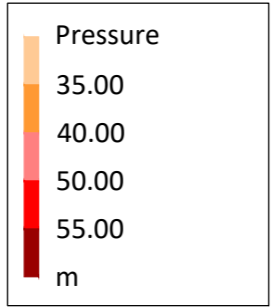
- Počet připojených objektů je roven celkovému počtu stávajících i nových přípojek, včetně 4 dalších objektů v lokalitách SV51 a B154 dle územního plánu.
- V obci se nachází jeden bytový dům, jeho kapacita je 50 obyvatel.
- Počet obyvatel v jednom obydleném rodinném domě je v současném průměru roven 3.22 a byl stanoven následujícím výpočtem: $[(\text{celkový počet obyvatel}) - (\text{počet obyvatel v BD})] / (\text{počet RD})$
- Pro plánovanou zástavbu bylo uvažováno s počtem 4 obyvatel na 1 RD.
- Počet rekreatantů v jednom rekreačním objektu je v současném průměru roven 2.67 a byl stanoven následujícím výpočtem: $(\text{celkový počet rekreatantů}) / (\text{počet rekreačních objektů})$
- Výpočet maximální denní potřeby vody byl proveden dle postupu uvedeném v příloze č. 2

OBOR:	KATEDRA:	JMÉNO STUDENTA:		
SI-V	K144	Bc. Štefan Ambrozi		
ROČNÍK:	VEDOUcí PRÁCE:			
2.	Ing. Filip Horký Ph.D.			
NÁZEV PRÁCE:			FORMÁT:	3 x A4
NÁVRH SYSTÉMU ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU VE VYBRANÉ OBCE POSOUZENÍ TRUBNÍ SÍTĚ			MĚŘÍTKO:	1 : 5 000
			DATUM:	05/2020
OBSAH :			Č. VÝKRESU:	PŘÍLOHA Č. 4
VÝPOČET UZLOVÝCH POTŘEB, NÁVRHOVÝ STAV Č. 2 - VÝHLEDOVÝ				

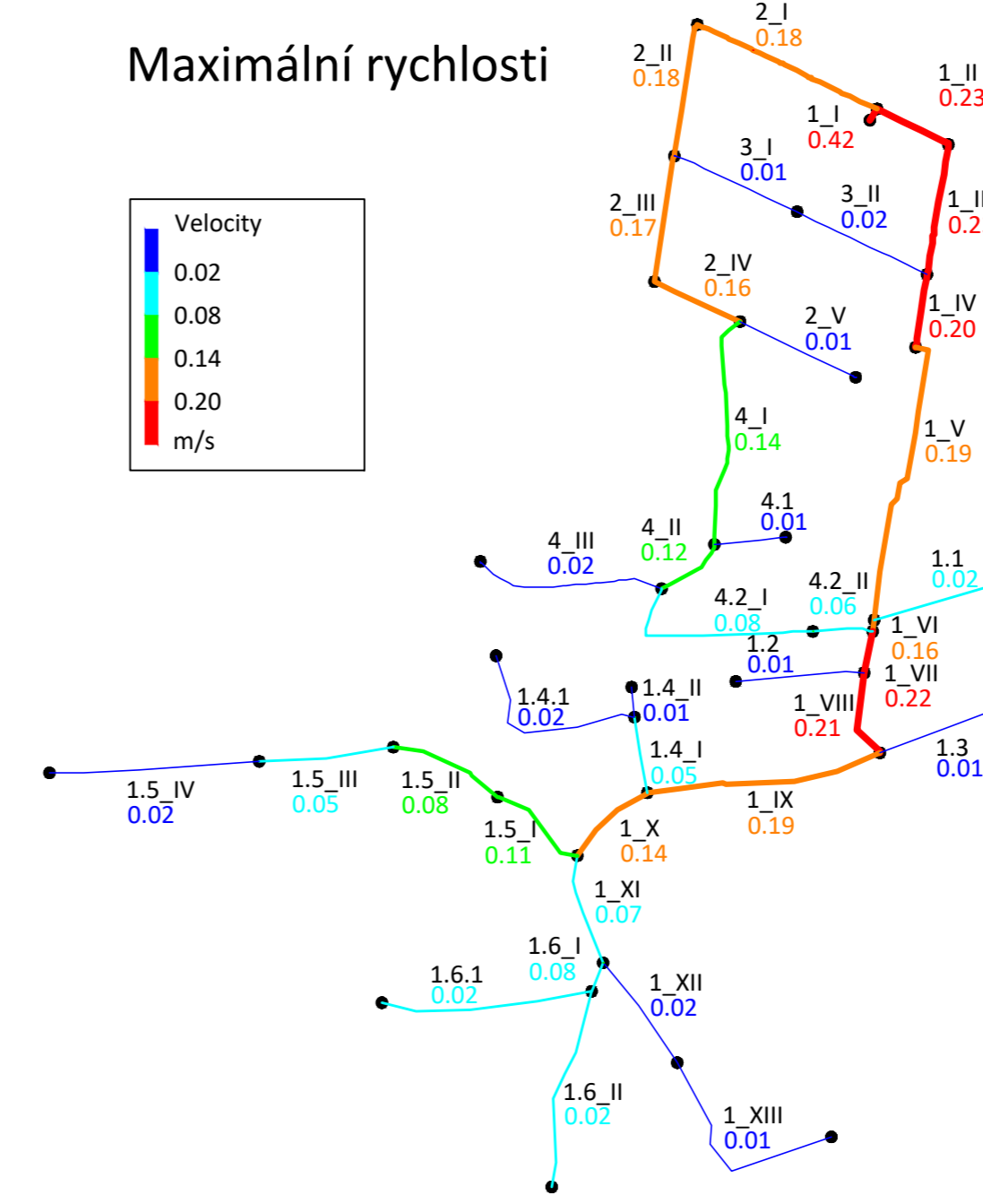
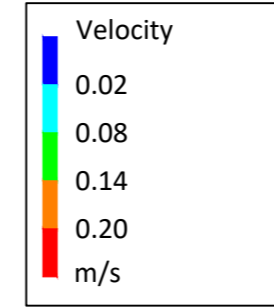
Minimální tlaky



Maximální tlaky



Maximální rychlosti



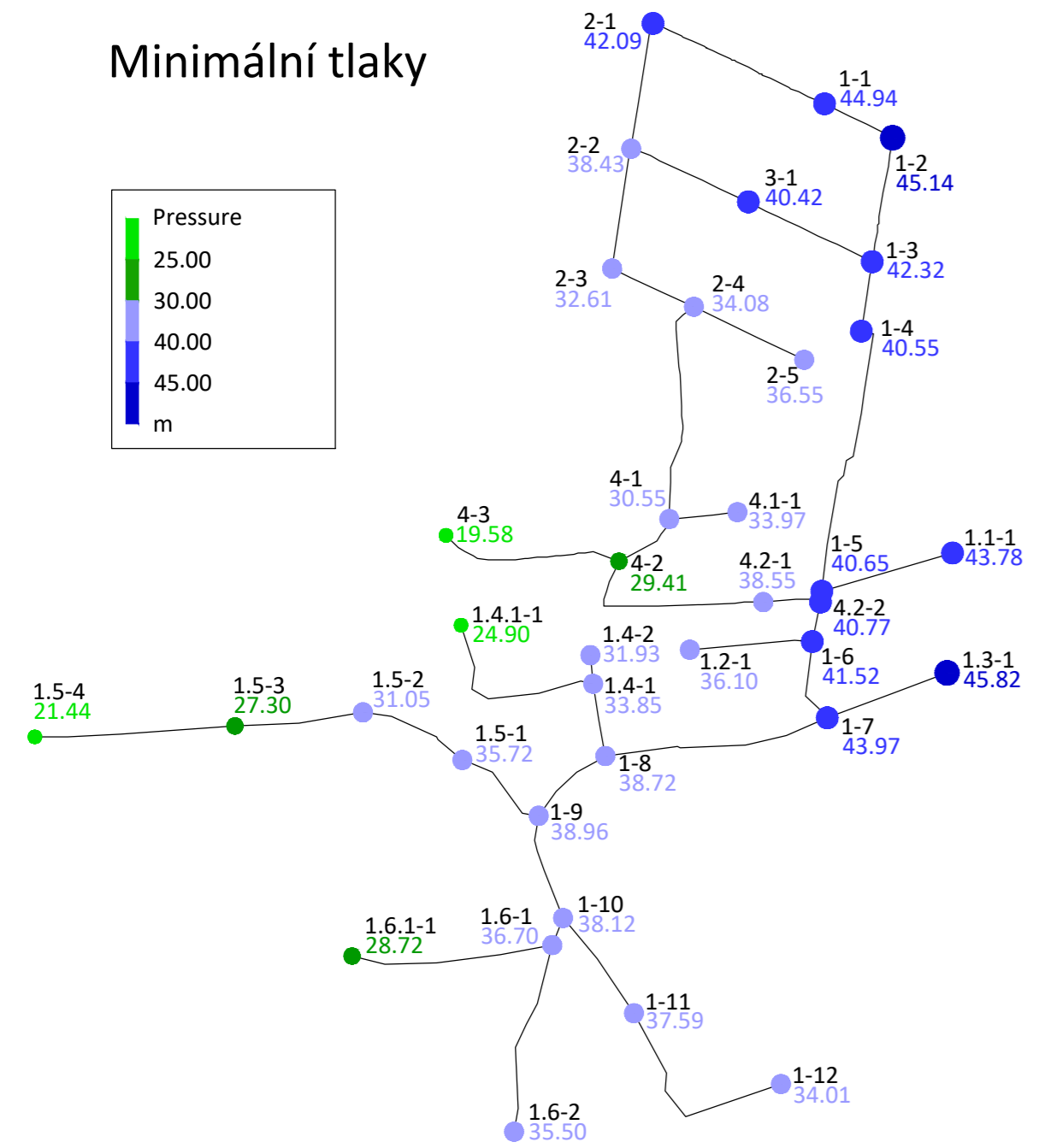
PŘEHLED UZLŮ					
Řad	ID uzlu	Nadm. výška [m n. m.]	Potřeba vody [l/s]	Maximální tlak [m H ₂ O]	Minimální tlak [m H ₂ O]
Řad "1"	1-1	481.14	0.0112	55.00	44.98
	1-2	480.81	0.0000	55.33	45.24
	1-3	483.41	0.0335	52.73	42.54
	1-4	485.10	0.0167	51.03	40.80
	1-5	484.71	0.0440	51.42	41.03
	1-6	483.77	0.0066	52.36	41.93
	1-7	481.22	0.0395	54.91	44.42
	1-8	486.23	0.0684	49.90	39.27
	1-9	485.93	0.0448	50.20	39.54
	1-10	486.75	0.0251	49.37	38.71
	1-11	487.28	0.0187	48.84	38.18
	1-12	490.86	0.0253	45.26	34.60
Řad "1-1"	1.1-1	481.57	0.0264	54.56	44.16
Řad "1-2"	1.2-1	489.19	0.0132	46.94	36.51
Řad "1-3"	1.3-1	479.37	0.0066	56.76	46.27
Řad "1-4"	1.4-1	491.09	0.0264	45.04	34.41
	1.4-2	493.01	0.0132	43.12	32.49
Řad "1.4.1"	1.4.1-1	500.04	0.0187	36.09	25.46
Řad "1-5"	1.5-1	489.13	0.0364	46.99	36.30
	1.5-2	493.77	0.0385	42.35	31.64
	1.5-3	497.50	0.0364	38.62	27.90
	1.5-4	503.36	0.0198	32.76	22.04
Řad "1-6"	1.6-1	488.16	0.0364	47.96	37.30
	1.6-2	489.36	0.0253	46.76	36.09
Řad "1.6.1"	1.6.1-1	496.14	0.0264	39.98	29.31
Řad "2"	2-1	483.77	0.0000	52.37	42.25
	2-2	487.30	0.0112	48.84	38.65
	2-3	493.01	0.0112	43.12	32.88
	2-4	491.47	0.0446	44.66	34.38
	2-5	489.00	0.0223	47.13	36.85
Řad "3"	3-1	485.31	0.0558	50.83	40.64
Řad "4"	4-1	494.87	0.0112	41.26	30.91
	4-2	495.98	0.0558	40.15	29.78
	4-3	505.81	0.0446	30.32	19.95
Řad "4.1"	4.1-1	491.45	0.0223	44.68	34.33
Řad "4.2"	4.2-1	486.80	0.0446	49.33	38.94
	4.2-2	484.58	0.0066	51.55	41.15

PŘEHLED POTRUBÍ					
Řad	ID potrubí	Délka [m]	Průměr [m]	Drsnost [m]	Maximální rychlost [m]
Řad "1"	1_I	9.17	73.60	0.05	0.42
	1_II	59.18	73.60	0.05	0.23
	1_III	97.56	73.60	0.05	0.23
	1_IV	54.83	73.60	0.05	0.20
	1_V	215.70	73.60	0.05	0.19
	1_VI	8.43	73.60	0.05	0.16
	1_VII	31.12	73.60	0.05	0.22
	1_VIII	66.89	73.60	0.05	0.21
	1_IX	176.60	73.60	0.05	0.19
	1_X	70.31	73.60	0.05	0.14
	1_XI	83.40	73.60	0.05	0.07
	1_XII	91.86	73.60	0.05	0.02
	1_XIII	170.48	73.60	0.05	0.01
Řad "1-1"	1.1	105.49	51.40	0.05	0.02
Řad "1-2"	1.2	96.03	51.40	0.05	0.01
Řad "1-3"	1.3	98.92	51.40	0.05	0.01
Řad "1-4"	1.4_I	57.47	51.40	0.05	0.05
	1.4_II	22.17	51.40	0.05	0.01
Řad "1-4-1"	1.4.1	148.30	51.40	0.05	0.02

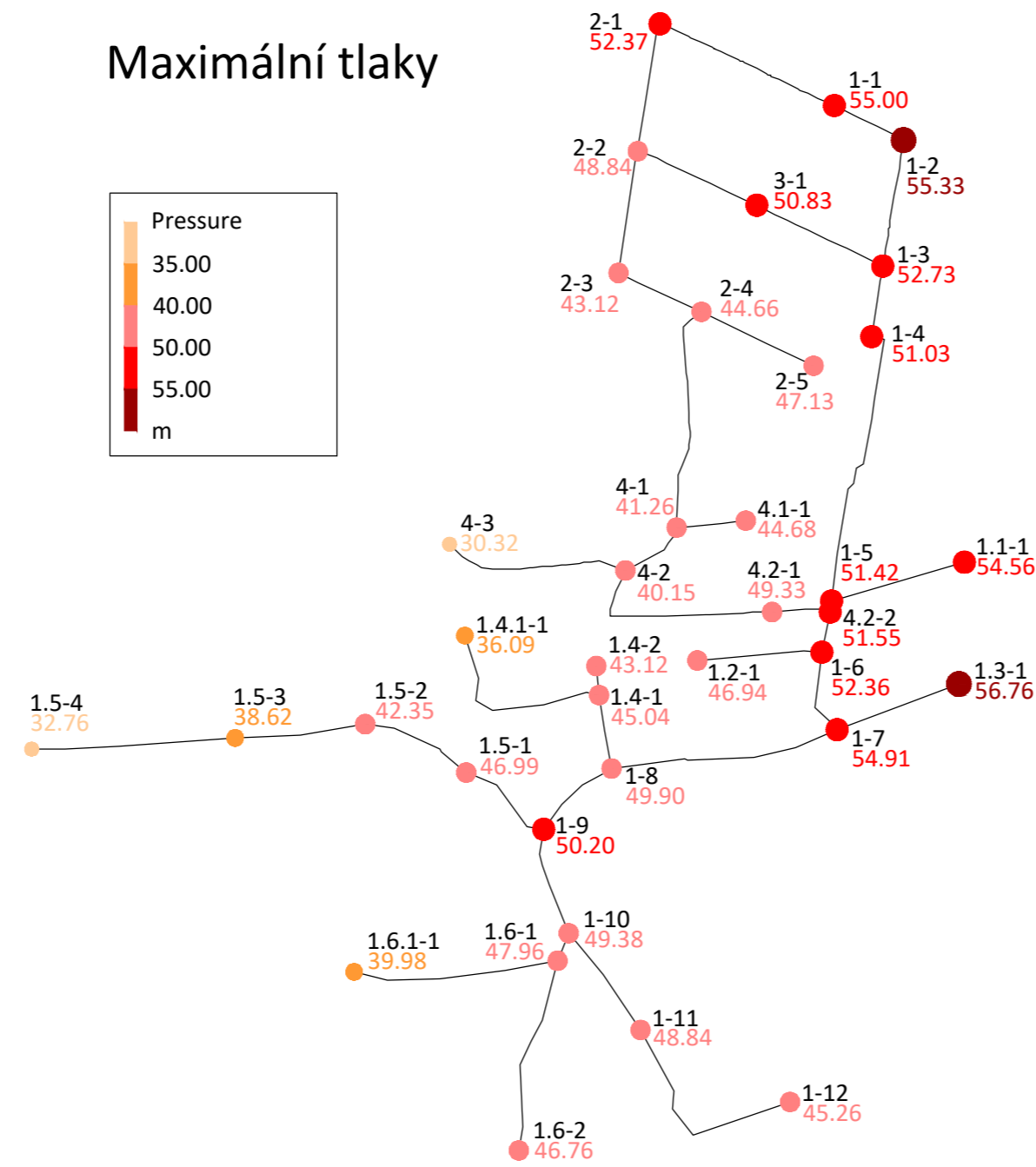
PŘEHLED POTRUBÍ					
Řad	ID potrubí	Délka [m]	Průměr [m]	Drsnost [m]	Maximální rychlost [m]
Řad "1-5"	1.5_I	77.27	51.40	0.05	0.11
	1.5_II	87.37	51.40	0.05	0.08
	1.5_III	100.16	51.40	0.05	0.05
	1.5_IV	154.35	51.40	0.05	0.02
Řad "1-6"	1.6_I	23.18	51.40	0.05	0.08
	1.6_II	150.41	51.40	0.05	0.02
Řad "1-6-1"	1.6.1	157.15	51.40	0.05	0.02
Řad "2"	2_I	146.04	73.60	0.05	0.18
	2_II	97.93	73.60	0.05	0.18
	2_III	94.79	73.60	0.05	0.17
	2_IV	69.84	73.60	0.05	0.16
	2_V	94.91	73.60	0.05	0.01
Řad "3"	3_I	100.00	73.60	0.05	0.01
	3_II	106.40	73.60	0.05	0.02
Řad "4"	4_I	173.20	73.60	0.05	0.14
	4_II	53.02	73.60	0.05	0.12
Řad "4.1"	4.1	141.15	73.60	0.05	0.02
	4.2_I	53.67	73.60	0.05	0.01
Řad "4.2"	4.2_I	159.80	73.60	0.05	0.08
	4.2_II	43.80	73.60	0.05	0.06

OBOR: SI-V	KATEDRA: K144	JMÉNO STUDENTA Bc. Štefan Ambrozi	
ROČNÍK: 2.	VEDOUČÍ PRÁCE: Ing. Filip Horký Ph.D.		
NÁZEV PRÁCE: NÁVRH SYSTÉMU ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU VE VYBRANÉ OBCE POSOUZENÍ TRUBNÍ SÍTĚ			FORMÁT: 3 x A4
OBSAH : POSOUZENÍ TRUBNÍ SÍTĚ, NÁVRHOVÝ STAV Č 1 - STÁVAJÍCÍ			MĚŘÍTKO: 1 : 5 000
			DATUM: 05/2020
			Č. VÝKRESU: PŘÍLOHA Č. 5

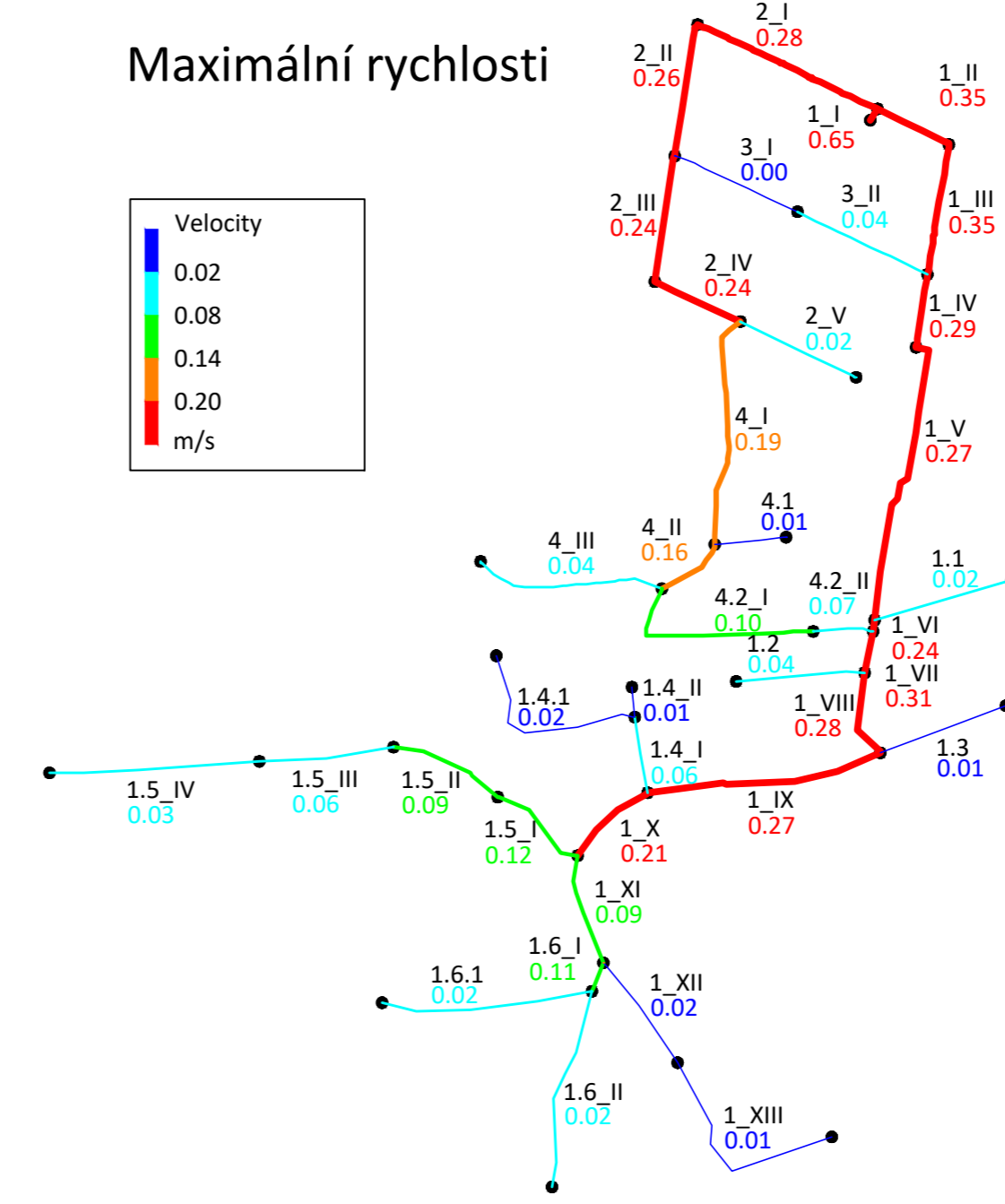
Minimální tlaky



Maximální tlaky



Maximální rychlosti



PŘEHLED UZLŮ					
Řad	ID uzlu	Nadm. výška [m n. m]	Potřeba vody [l/s]	Maximální tlak [m H ₂ O]	Minimální tlak [m H ₂ O]
Řad "1"	1-1	481.14	0.0494	55.00	44.94
	1-2	480.81	0.0127	55.33	45.14
	1-3	483.41	0.0462	52.73	42.32
	1-4	485.10	0.0549	51.03	40.55
	1-5	484.71	0.0440	51.42	40.65
	1-6	483.77	0.0066	52.36	41.52
	1-7	481.22	0.0395	54.91	43.97
	1-8	486.23	0.0684	49.90	38.72
	1-9	485.93	0.1218	50.20	38.96
	1-10	486.75	0.0485	49.38	38.12
	1-11	487.28	0.0187	48.84	37.59
	1-12	490.86	0.0253	45.26	34.01
Řad "1-1"	1.1-1	481.57	0.0264	54.56	43.78
Řad "1-2"	1.2-1	489.19	0.0453	46.94	36.10
Řad "1-3"	1.3-1	479.37	0.0066	56.76	45.82
Řad "1-4"	1.4-1	491.09	0.0371	45.04	33.85
	1.4-2	493.01	0.0132	43.12	31.93
Řad "1.4.1"	1.4.1-1	500.04	0.0187	36.09	24.90
	1.5-1	489.13	0.0364	46.99	35.72
	1.5-2	493.77	0.0385	42.35	31.05
	1.5-3	497.50	0.0364	38.62	27.30
	1.5-4	503.36	0.0325	32.76	21.44
Řad "1-6"	1.6-1	488.16	0.0798	47.96	36.70
	1.6-2	489.36	0.0253	46.76	35.50
Řad "1.6.1"	1.6.1-1	496.14	0.0264	39.98	28.72
	2-1	483.77	0.0382	52.37	42.09
Řad "2"	2-2	487.30	0.0494	48.84	38.43
	2-3	493.01	0.0112	43.12	32.61
	2-4	491.47	0.0574	44.66	34.08
	2-5	489.00	0.0478	47.13	36.55
	3-1	485.31	0.0940	50.83	40.42
Řad "4"	4-1	494.87	0.0494	41.26	30.55
	4-2	495.98	0.0685	40.15	29.41
	4-3	505.81	0.0829	30.32	19.58
Řad "4.1"	4.1-1	491.45	0.0223	44.68	33.97
Řad "4.2"	4.2-1	486.80	0.0553	49.33	38.55
	4.2-2	484.58	0.0066	51.55	40.77

PŘEHLED POTRUBÍ					
Řad	ID potrubí	Délka [m]	Průměr [m]	Drsnost [m]	Maximální rychlost [m]
Řad "1"	1_I	9.17	73.60	0.05	0.65
	1_II	59.18	73.60	0.05	0.35
	1_III	97.56	73.60	0.05	0.35
	1_IV	54.83	73.60	0.05	0.29
	1_V	215.70	73.60	0.05	0.27
	1_VI	8.43	73.60	0.05	0.24
	1_VII	31.12	73.60	0.05	0.31
	1_VIII	66.89	73.60	0.05	0.28
	1_IX	176.60	73.60	0.05	0.27
	1_X	70.31	73.60	0.05	0.21
	1_XI	83.40	73.60	0.05	0.09
	1_XII	91.86	73.60	0.05	0.02
	1_XIII	170.48	73.60	0.05	0.01
Řad "1-1"	1.1	105.49	51.40	0.05	0.02
Řad "1-2"	1.2	96.03	51.40	0.05	0.04
Řad "1-3"	1.3	98.92	51.40	0.05	0.01
Řad "1-4"	1.4_I	57.47	51.40	0.05	0.06
	1.4_II	22.17	51.40	0.05	0.01
Řad "1.4.1"	1.4.1	148.30	51.40	0.05	0.02

PŘEHLED POTRUBÍ					
Řad	ID potrubí	Délka [m]	Průměr [m]	Drsnost [m]	Maximální rychlost [m]
Řad "1-5"	1.5_I	77.27	51.40	0.05	0.12
	1.5_II	87.37	51.40	0.05	0.09
	1.5_III	100.16	51.40	0.05	0.06
	1.5_IV	154.35	51.40	0.05	0.03
Řad "1-6"	1.6_I	23.18	51.40	0.05	0.11
	1.6_II	150.41	51.40	0.05	0.02
Řad "1-6-1"	1.6.1	157.15	51.40	0.05	0.02
	2_I	146.04	73.60	0.05	0.28
Řad "2"	2_II	97.93	73.60	0.05	0.26
	2_III	94.79	73.60	0.05	0.24
	2_IV	69.84	73.60	0.05	0.24
	2_V	94.91	73.60	0.05	0.02
	3_I	100.00	73.60	0.05	0.00
Řad "3"	3_II	106.40	73.60	0.05	0.04
	4_I	173.20	73.60	0.05	0.19
Řad "4"	4_II	53.02	73.60	0.05	0.16
	4_III	141.15	73.60	0.05	0.04
Řad "4.1"	4.1	53.67	73.60	0.05	0.01
Řad "4.2"	4.2_I	159.80	73.60	0.05	0.10
	4.2_II	43.80	73.60	0.05	0.07

OBOR: SI-V	KATEDRA: K144	JMÉNO STUDENTA Bc. Štefan Ambrozi	
ROČNÍK: 2.	VEDOUČÍ PRÁCE: Ing. Filip Horký Ph.D.		
NÁZEV PRÁCE: NÁVRH SYSTÉMU ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU VE VYBRANÉ OBCE POSOUZENÍ TRUBNÍ SÍTĚ			FORMÁT: 3 x A4
OBSAH : POSOUZENÍ TRUBNÍ SÍTĚ, NÁVRHOVÝ STAV Č 2 - VÝHLEDOVÝ			MĚŘÍTKO: 1 : 5 000
			DATUM: 05/2020
			Č. VÝKRESU: PŘÍLOHA Č. 6