



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

# HYDRAULICKÁ ANALÝZA SKUPINOVÉHO VODOVODU DAMNICE

HYDRAULIC ANALYSIS OF THE DAMNICE WATER SUPPLY SYSTEM

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marie Bergerová

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Ručka, Ph.D.

BRNO 2023

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství obcí  
Studentka: **Bc. Marie Bergerová**  
Vedoucí práce: **Ing. Jan Ručka, Ph.D.**  
Akademický rok: 2022/23  
Studijní program: N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Hydraulická analýza skupinového vodovodu Damnice

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V rámci diplomové práce bude vytvořen hydraulický model vodovodní sítě skupinového vodovodu Damnice, který bude následně kalibrován a verifikován na základě měření hydraulických veličin na vodovodní síti. Studentka provede simulaci charakteristických provozních stavů vodovodu a následně také posouzení tlakových poměrů. Bude-li to relevantní s ohledem na výsledky hydraulické analýzy, bude v modelu také simulováno opatření, které umožní dosažení optimálních tlakových poměrů v celé vodovodní síti. V úvodu prací bude proveden podrobný terénní průzkum spotřebiště.

### Cíle a výstupy diplomové práce:

V rámci diplomové práce bude vytvořen hydraulický simulační model skupinového vodovodu Damnice.

### Seznam doporučené literatury a podklady:

- [1] INGEDULD, P., 2003: Modeling of Water Distribution Systems with MIKE NET, DHI Water & Environment, 2003
- [2] Rossman, A. L., 2000: EPANET 2 Users Manual, United States Environmental Protection Agency US E.P.A., USA, 9/2000
- [3] National Research Council of the national academies, 2006: Drinking Water Distribution Systems – Assessing and reducing Risks, the National Academic Press, Wasington D.C., ISBN: 0-309-10306-1, 2006



Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2022

L. S.

---

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
vedoucí ústavu

---

Ing. Jan Ručka, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá hydraulickou analýzou navrhované koncepce propojení skupinového vodovodu Damnice se skupinovým vodovodem Znojmo. V úvodní části je přiblížena problematika sucha a s ním související ohrožení dodávky pitné vody. Druhá část je zaměřena na základy matematického modelování vodovodních sítí a je přiblížen použitý modelovací softwarový program EPANET 2.2. V praktické části byla charakterizována zájmová oblast a byl objasněn postup sestavení modelu v programu EPANT 2.2. Byla provedena hydraulická analýza, při níž byly simulovány čtyři varianty, které představovaly napojení různého počtu obcí na navrhované propojení skupinových vodovodů. Pro jednotlivé varianty se hledala optimální dimenze příváděcího řadu i odbočných řadů po trase. Při zpracování výsledků hydraulické analýzy se posuzovaly tlakové poměry, rychlost proudění, stáří vody ve vodovodní síti a zásobní kapacity vodojemů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

hydraulická analýza, matematické modelování, vodovodní síť, propojování vodárenských soustav

## **ABSTRACT**

This thesis deals with hydraulic analysis of the proposed concept of connecting the Damnice group water supply system to the Znojmo group water supply system. In first part, the issue of drought and the related threat to the supply of drinking water are presented. The second part is focused on the basics of mathematical water supply network modelling and software program EPANET 2.2 used for modelling is described. In the practical part, the focus area is characterised and the process of building the model in EPANT 2.2 is clarified. A hydraulic analysis was processed for simulating four variants that represented the connection of different count of municipalities to the proposed group water supply system. For individual variants, the optimal pipe dimension of the main supply pipe as well as the branching water pipes along the route were sought. In processing the results of the hydraulic analysis, pressure ratios, flow rates, water age in the water supply network and the reserve capacities of the water tanks were assessed.

## **KEYWORDS**

hydraulic analysis, mathematic modeling, water supply network, water supply systems interconnection

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

BERGEROVÁ, Marie. *Hydraulická analýza skupinového vodovodu Damnice*. Brno, 2023. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí Ing. Jan Ručka, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Hydraulická analýza skupinového vodovodu Damnice* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12.1.2023

---

Bc. Marie Bergerová  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Hydraulická analýza skupinového vodovodu Damnice* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12.1.2023

---

Bc. Marie Bergerová  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych tímto poděkovala Ing. Janu Ručkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a věcné připomínky při zpracování této diplomové práce.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
1.1	Stávající stav problematiky.....	3
1.2	Motivace .....	6
1.3	Cíl práce.....	6
<b>2</b>	<b>MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ VODOVODNÍ SÍŤE.....</b>	<b>7</b>
2.1	Typy hydraulické analýzy .....	7
2.2	Vstupní data .....	8
2.3	Základní podmínky hydraulické analýzy .....	8
2.4	Metody hydraulické analýzy .....	10
2.5	Schematizace vodovodní sítě.....	10
2.6	Epanet 2.2 .....	12
<b>3</b>	<b>SKUPINOVÝ VODOVOD DAMNICE .....</b>	<b>15</b>
3.1	Popis zájmové oblasti.....	15
3.2	Charakter zástavby.....	16
3.3	Současný způsob zásobování pitnou vodou .....	16
3.3.1	Obec Oleksovice a SV Damnice .....	18
3.3.2	Obce Vítonice, Kyjovice a Žerotice .....	18
3.3.3	Obec Těšetice .....	19
3.3.4	Obec Bantice .....	19
3.3.5	Obec Práče .....	19
3.3.6	Obec Lechovice.....	19
3.3.7	Městys Prosiměřice .....	19
3.3.8	Obec Morašice .....	19
3.3.9	Obec Skalice.....	19
3.3.10	Obec Stošíkovice na Louce.....	20
3.3.11	SV Mackovice–Čejkovice .....	20
3.3.12	Obec Hostěradice .....	20
3.3.13	Město Miroslav .....	20
3.3.14	Obec Kadov .....	20
3.3.15	SV Bohutice .....	20
3.3.16	SV Loděnice .....	21
3.4	Vlastnická a provozovatelská struktura .....	22
3.5	Trasa přiváděcího řadu a zásobované oblasti .....	23
3.5.1	Topologie a výškopis .....	23

3.5.2	Schematizace odběrných míst .....	25
3.5.3	Objekty na trase přiváděcího řadu .....	27
<b>3.6</b>	<b>Výpočet potřeby vody .....</b>	<b>32</b>
3.6.1	Průběh spotřeby vody .....	36
<b>3.7</b>	<b>Hydraulický simulační model .....</b>	<b>37</b>
3.7.1	Zatěžovací stavy .....	37
3.7.2	Stavba hydraulického simulačního modelu .....	37
3.7.3	Kalibrace a verifikace modelu .....	42
<b>3.8</b>	<b>Výsledky hydraulické analýzy .....</b>	<b>43</b>
3.8.1	Posouzení zásobní kapacity VDJ Suchohrdly .....	47
3.8.2	Posouzení tlakových poměrů .....	47
3.8.3	Posouzení rychlosti proudění .....	52
3.8.4	Analýza stáří vody .....	54
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>66</b>
	<b>SUMMARY .....</b>	<b>67</b>

# 1 ÚVOD

## 1.1 STÁVAJÍCÍ STAV PROBLEMATIKY

Voda je jednou z nejdůležitějších složek životního prostředí. Jedná se o surovinu, bez níž by život nemohl existovat. V reakci na postupující změny klimatu se tak problematika vody stala politickým tématem, začala se o ni zajímat média a vyvinuly se o ní intenzivní diskuze. Zásadní otázkou je, jaké dopady bude mít klimatická změna na vodní zdroje, mezi které se řadí například ovlivnění srážko-odtokového procesu či očekávaný výskyt prohlubujících se suchých period.

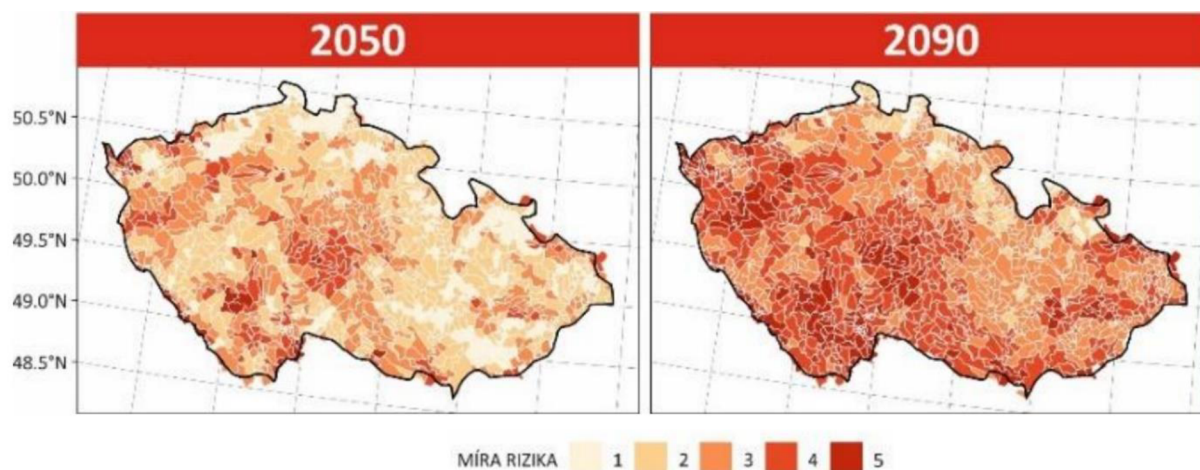
Výsledky několika mezinárodních projektů naznačují, že změny klimatu povedou k nárůstu výskytu extrémních hydrologických situací, mezi které spadá sucho. Jedná se o přírodní jev způsobený především déletrvajícím nedostatkem atmosférických srážek. Projevuje se jak v globálním, tak v lokálním měřítku. Z dlouhodobého hlediska přináší extrémní výskyt sucha velké množství rizik pro životní prostředí i pro úroveň a kvalitu lidského života. Sucho je součástí hydrologického cyklu, se kterým se pojí jeho dopady na vodní zdroje a jejich dostupnost v budoucnu. Toto významné přírodní riziko se již nevyhýbá ani střední Evropě, což je území, na kterém nebyly problémy se suchem v minulosti běžné. [1]

Mezi lety 2014 a 2015 mělo v České republice zhruba 16 % obcí problém se suchem (řády tisícovek). [2] Na našem území má sucho nepravidelný nahodilý ráz. Vodní zdroje jsou závislé na atmosférických srážkách, respektive na jejich množství a distribuci. Množství srážkové vody spadlé na zem sice zůstává v průměru ve stejných hodnotách, nicméně dochází ke změně rozložení srážek v průběhu roku. [1] Dle studií zaměřených přímo na území České republiky se bude klimatická změna na našem území primárně projevat nárůstem průměrné teploty. Ve srovnání s rokem 2005 se pro rok 2085 odhaduje vzrůst teploty až o 5–7 °C v letním období a 1–4 °C v zimním období. [3] [4] [5]

Nedílnou součástí zvyšování teploty je narůstající hodnota potenciální evapotranspirace a s tím související zvyšování bilančního rozdílu mezi objemem srážek a objemem vody odtékající z daného povodí. Následkem toho nastávají nepravidelně, za to častěji období sucha, které se spolu s čtenějšími výskyty přívalových povodní predikují jako dopady klimatické změny. Na mnoha povodích v České republice se tato skutečnost potvrzuje. Vyskytují se problémy s nedostatkem povrchové vody a dochází k zaklesávání hladin podzemní vody, což může ovlivnit i kvalitu těchto vod. [1] [6]

Vývoj těchto skutečností může mít zásadní vliv na zásobování pitnou vodou z lokálních podzemních zdrojů. Některé studie naznačují, že vlivem klimatických změn může dojít do roku 2085 k poklesu zásob pitné vody až o 20 %. [7] Případná adaptační opatření v krajině jako jsou zalesnění nebo zatravnění pozemků, průlehy, zasakovací pásy nebo agrotechnická opatření nemusejí tomuto trendu zabránit z důvodu malé rozlohy pozemků, na nichž by bylo možné tato opatření realizovat. [8]





Obr. 1.1 Výhledové klimatické scénáře zásoby podzemní vody [6]

Mezi následky těchto problémů, které mohou nastat, se řadí ohrožení dodávky pitné vody pro obyvatelstvo. V dnešní době blahobytu, kdy je voda vnímána jako zdroj, který je dostupný 24 hodin denně po 365 dnů v roce, dochází už i laické veřejnosti, že zajištění zdrojů pitné vody může být do budoucna problém. Tato skutečnost se potvrzuje na spotřebě pitné vody, která se za posledních přibližně 30 let snížila o 50 litrů na osobu za den (ze zhruba 140 litrů na 90 litrů na osobu za den). [9] Hnacím motorem tohoto chování často nemusí být snaha šetřit touto drahocennou surovinou, ale spíše ekonomické důvody. Spotřebitelé snižují svou spotřebu pitné vody s vidinou navazujících nižších účtů za vodné. V systému vodovodního potrubí je pak méně vody, čímž se mění hydraulické vlastnosti celého systému. Stávající infrastruktura byla v mnoha případech vybudována v minulém století, kdy její návrh uvažoval s mnohem vyšší spotřebou vody. Z důvodu zachování efektivní funkčnosti této infrastruktury, ale také zajištění její obnovy a rekonstrukce, jsou provozovatelé vodohospodářské infrastruktury nuceni k zvyšování cen vodného, aby mohli nadále zajistit bezpečnou dodávku pitné vody.

Ač obyvatelstvo v dlouhodobém horizontu snižuje svou spotřebu pitné vody, tak v období déletrvajícího sucha, kdy mohou být zdroje surové vody částečně omezeny, dochází ke zvýšení spotřeby pitné vody, což může přinášet provozní potíže. [10] Za největší problém se považují především obce, které jsou závislé na málo vydatných, menších a mělkých zdrojích podzemní vody, jež představují jeden z nejméně spolehlivých zdrojů zajišťující stabilní dodávku pitné vody pro obyvatelstvo. Jednotlivé domovní objekty v obci mohou mít individuální, tedy samostatné zdroje vody. Obvykle se jedná o relativně dostupný zdroj podzemní vody v hydrogeologicky příznivém území, kdy dostupnost zdroje je limitována místně specifickými podmínkami výskytu podzemní vody. V lepším případě se jedná o lokální zdroj surové vody, který umožňuje zásobování jednoho spotřebiště, tedy obecní studny. Oproti individuálním zdrojům je výhodou současné zajištění kvality dodávané pitné vody odpovídající požadavkům vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., v platném znění, kterou se stanoví požadavky na kvalitu pitné vody, zároveň ve shodě s požadavky s legislativou EU. [6]

Řešení dopadů klimatických změn na zásobování obyvatelstva pitnou vodou si žádá náročné rozhodovací procesy jak v kontextu technického řešení, tak zejména v hledání potřebných finančních prostředků. Vlivem sucha může být ve venkovských oblastech významným problémem nedostatečná vydatnost (množství) vody ve zdroji, případně

nevyhovující kvalita vody. Drobní provozovatelé vodovodu, často totožní s vedením malých obcí, mají omezené znalostní, technické i finanční možnosti. Většinou se tak spoléhá na zavedené vodní zdroje, které mohou být po vzniku mimořádné situace velmi obtížně nahraditelné. [11]. Prioritně je třeba zajistit bezproblémovou dodávku nezávadné pitné vody za pomoci stávající infrastruktury. Pakliže je to neproveditelné, je nutno zajistit dodávky pitné vody jiným způsobem, čímž významně vzrůstají ekonomické náklady. [12]

Jedno z navrhovaných opatření, jak postupně zmírnit negativní dopady sucha, je podpora budování lokálních vrtů a studní k zpřístupnění místních zdrojů podzemních vod, pakliže není jiná možnost, jak zajistit zásobování obyvatel pitnou vodou. Eventuálně lze lokální zdroje podzemních vod využívat jako alternativní zdroj pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou v případě, že je oblast v dosahu páteřní infrastruktury. [10]

Přes 3 miliony obyvatel České republiky je zásobeno jednou z deseti vodárenských soustav nebo z desítky oblastních či regionálních skupinových vodovodů. U některých již napojených lokalit na páteřní infrastrukturu však dochází k situaci, kdy páteřní infrastrukturu využívají pouze při snížené vydatnosti svých vlastních podzemních zdrojů v období sucha. Děje se tak z ekonomických důvodů, neboť náklady na distribuovanou pitnou vodu ze skupinového vodovodu jsou vyšší než náklady na úpravu pitné vody z místního zdroje. Plnohodnotné využívání budovaných a propojovaných soustav i v období relativního dostatku vody je však nezbytné v rámci odolnosti celého systému vůči projevům sucha. V opačném případě není možné tyto vodárenské soustavy provozovat efektivně, dlouhodobě ani ekonomicky. [13]

Životnost většiny stávající páteřní vodohospodářské infrastruktury se v současné době chýlí ke konci nebo skončí v nejbližších letech, neboť byla vybudována v šedesátých až sedmdesátých letech minulého století. Část této páteřní infrastruktury mají ve svém vlastnictví municipality. Finanční prostředky získávané z plateb za vodné a stočné bývají pro obnovu, rekonstrukci a zachování funkčnosti této klíčové infrastruktury nedostačující. Pro mnohé obce představují limitující faktor. [10]

Hlavním zdrojem financování menších i rozsáhlejších opatření v oblasti zásobování pitnou vodou jsou dotační tituly. Aktuálně je Ministerstvem zemědělství pro období 2021–2025 připraven program „Podpora výstavby a technického zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací III“, který navazuje na úspěšné dotační programy z předchozích let. Vedle toho byl nově spuštěn podprogram „Podpora opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody I“. Hlavní náplní tohoto podprogramu je podpora rekonstrukce a obnovy, modernizace a podpora výstavby za účelem zabezpečení vodárenských soustav. S důrazem na nejvíce suchem ohrožené oblasti je hlavním cílem zajištění a zabezpečení dostupnosti pitné vody z vodovodů pro veřejnou potřebu. Byl vydán také dotační program podporující odkup a scelování infrastruktury vodovodů a kanalizací. [14]

## 1.2 MOTIVACE

Pakliže by se opatření proti negativním dopadům sucha řešily pouze individuálně, mohlo by to do budoucna zvyšovat další ekonomickou náročnost pro jednotlivé malé provozovatele. Pouhé zvyšování kapacity vodních zdrojů neustálým prohlubováním a budováním nových studen není možné, neboť mohou velmi snadno vyschnout. Vysoké finanční požadavky rozsáhlejších i menších opatření by mohly v celkovém měřítku v těchto lokalitách omezit či zpomalit případný socio-ekonomický růst. V posledních letech se větší pozornost věnuje optimalizaci využití vodních zdrojů, tedy propojování velkých vodárenských systémů či připojování lokálních vodárenských systémů k větším systémům, revize funkčnosti stávajících propojení s ohledem na výhledovou potřebu vody aj. [15]

Investice do propojování vodárenských soustav se považuje za jedno z nejučinnějších opatření v boji proti rizikům sucha. Napojování jednotlivých obcí a měst na větší vodárenské celky a páteřní vodohospodářskou infrastrukturu je pak v tomto boji základním nástrojem. Systém propojených vodárenských celků je naprosto zásadní, neboť je méně náchylný ke kapacitním i kvalitativním nedostatkům zdrojů vody než lokální vodovody. Dokáže lépe čelit případným výpadkům dodávky pitné vody, které se budou projevovat krátkodobě a spotřebitelé si jich ani nemusí všimnout. [16] Velké provozní společnosti se dokáží lépe vypořádat s nepříznivými následky sucha, neboť disponují více zdroji vody pro výrobu vody pitné, úpravami vod, odpovídajícím technickým zázemím a vybavením. K dispozici mají také zkušené a kvalifikované pracovníky, kteří umí nepříznivé podmínky pro řádný provoz vodohospodářské infrastruktury zvládnout. [10]

Výše uvedené důvody byly motivací pro provedení této práce, ve které se zaměřuji hydraulickou analýzu propojení skupinového vodovodu Damnice se skupinovým vodovodem Znojmo.

## 1.3 CÍL PRÁCE

V rámci diplomové práce byl sestaven hydraulický simulační model pomocí softwaru EPANET 2.2, pomocí něhož byla provedena hydraulická analýza skupinového vodovodu Damnice. V úvodu práce byly s využitím rešerše literatury definovány důvody propojování vodárenských soustav. V další části bylo přiblíženo matematické modelování vodovodních sítí. Následně byla zpracována hydraulická analýza vodovodní sítě skupinového vodovodu pro více variantních řešení. Byly simulovány charakteristické provozní stavy a posouzeny tlakové poměry se zohledněním stávajícího i výhledového rozsahu zástavby. Výsledkem hydraulické analýzy byl návrh dimenze přivaděče. Práce obsahuje jak část rešeršní, tak i praktickou.

## 2 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ VODOVODNÍ SÍTĚ

V oblasti vodního hospodářství je matematické modelování nezbytností. Tlakový trubní systém popisuje systémem rovnic a proměnných, které jsou doplněny počátečními a okrajovými podmínkami. S využitím matematického modelu lze na vodovodních sítích simulovat řada provozních stavů. [17]

V oblasti matematického modelování vodovodní sítě je nejčastěji řešenou úlohou hydraulická analýza. Ta slouží k získání přehledu o tlakových a průtokových poměrech zkoumané sítě. Tyto údaje jsou podkladem pro správné provozování vodovodního systému. Jsou nezbytné při provozování a řízení stávajících distribučních systémů, dále při projekci nových rozvodných řadů, jejich rekonstrukci či rozšiřování a v neposlední řadě při napojování nových odběratelů na systém. Další řešenou úlohou je analýza kvalitativní, která popisuje stáří a jakost vody ve vodovodní síti. Pro matematické modelování je kvalitativní analýza komplikovanější, neboť kromě hydrauliky je nutné využít také znalosti o mísení kapalin spolu se znalostmi o průběhu chemických reakcí, které ve vodě probíhají. Používá se například pro určení koncentrací látek v systému, zejména dezinfekčních činidel na bázi chlóru, anebo pro trasování a určení doby zdržení nežádoucího látek v síti při hygienických haváriích. [18] [19]

### 2.1 TYPY HYDRAULICKÉ ANALÝZY

#### ***Statická***

Pro stavbu matematického modelu je statická analýza nejcílenějším prostředkem. Reprezentuje ustálené proudění. Charakteristická je výběrem pouze jednoho konkrétního zatěžovacího stavu, kterému se stanoví hydraulické parametry. Odběry v síti jsou při tomto zatěžovacím stavu pro daný časový úsek neměnné. [19] [20]

#### ***Dynamická***

Dynamická analýza reprezentuje neustálené proudění. Průběh této analýzy trvá relativně krátce, neboť časový krok mezi změnou průtokových a tlakových poměrů se pohybuje v rámci vteřin. Hojně je využívána pro hydraulickou analýzu vodního rázu na vodovodní síti, které mohou vznikat například náhlými změnami průtoku a rychlosti v potrubí, nebo také rychlou manipulací s uzávěry. [19] [20]

#### ***Kvazi-dynamická***

Jedná se o několik po sobě jdoucích statických analýz, při nichž dochází ke změnám zatěžovacích stavů vodovodní sítě. Posloupnost těchto statických analýz má mezi sebou totožný časový krok, zpravidla v rámci minut či hodin. Ke změně hodnot odběrů v síti nebo například změně úrovně hladiny vody ve vodojemu dochází pouze na rozhraní jednotlivých časových intervalů. Analýza se používá pro zatěžovací stavy dlouhodobějšího charakteru (dny až týdny). [19] [20]

## 2.2 VSTUPNÍ DATA

Aby bylo možné analýzu provést, je nezbytné znát a zadat parametry definující vodovodní síť. Modelovaná síť je charakterizována specifickými topologickými a hydraulickými daty. Topologie řešeného systému je definována směrovými, polohovými, výškovými a délkovými parametry. Mezi hydraulické parametry se řadí dimenze potrubí, trubní materiál a jeho hydraulická drsnost. Vedle těchto dat je nutná také znalost přítoků do sítě a odběry, které jsou podstatné při výběru vhodných zatěžovacích stavů během tvorby modelu. Důležité jsou také údaje o objektech ovlivňující vodovodní síť, mohou jimi být zejména vodojemy, čerpadla, regulační ventily, uzávěry atd. Pakliže je model sestaven k reálnému fungujícímu vodovodnímu systému, je účelné zahrnout také data získaná z reálného měření. Může se jednat o přesné hodnoty přítoků a odběrů vody v reálném čase nebo průtoky či tlaky na daných místech, které se uplatňují při kalibraci modelu pro zajištění jeho vyšší přesnosti. [19]

## 2.3 ZÁKLADNÍ PODMÍNKY HYDRAULICKÉ ANALÝZY

Základní podmínky nezbytné pro zdárný průběh hydraulické analýzy reprezentují základní fyzikální zákony (zákon zachování hmoty, zákon zachování energie). Jedná se o podmínku uzlovou, okruhovou a hydraulickou. Tyto tři podmínky musí být při tlakovém proudění v okruhových sítích splněny, kdy okruh je definován jako uzavřená cesta v síti se shodným počátečním a koncovým uzlem. Pakliže uzly leží na okruhu a jsou propojeny nejmenším možným počtem úseků jedná se o nezávislý okruh. Počet nezávislých okruhů v souvislém grafu lze dopočítat pomocí Eulerovy podmínky. [19] [21]

$$s = m - n + 1 \quad (2.1)$$

kde:                    s... počet nezávislých okruhů  
                          m... počet úseků  
                          n... počet uzlů

### ***Uzlová podmínka***

Uzlová podmínka je vyjádřením zákona zachování hmoty. Pro každý uzel vodovodní sítě musí platit, že součet všech přítoků (resp. vtoků) se musí rovnat součtu všech odběrů (resp. odtoků) z tohoto uzlu. Pro závislé uzly, jako je např. vodojem, to však neplatí. [19]

$$\sum Q = \sum O \quad (2.2)$$

kde:                    Q... přítoky (resp. vtoky)  
                          O... odběry (resp. odtoky)

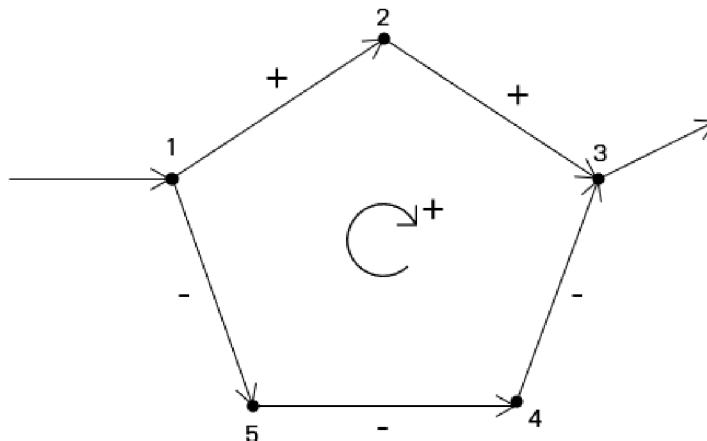
### ***Okruhová podmínka***

Okruhová podmínka je vyjádřením zákona zachování energie, podle kterého musí být suma všech tlakových ztrát přes všechny úseky v nezávislém okruhu při zvolené okruhové orientaci roven nule. Říká, že součet všech tlakových ztrát v nezávislém okruhu sítě při zvolené okruhové orientaci je nulový. Zpravidla se volí kladná okruhová orientace ve směru pohybu hodinových ručiček. Při shodné orientaci směru průtoku se zvolenou okruhovou orientací se tlakové ztrátě

přiřazuje kladné znaménko. Pakliže směr průtoku není totožný se zvolenou okružovou orientací, tak se tlakové ztrátě přiřazuje znaménko záporné. [19]

$$\sum h = 0 \quad (2.3)$$

kde: h... tlaková ztráta [m]



Obr. 2.1 Příklad zvolené orientace v nezávislém okruhu

### Hydraulická podmínka

Hydraulická podmínka je definována stavovou rovnicí, která udává vztah mezi tlakovou ztrátou a průtokem v daném úseku. Matematicky můžeme tento vztah popsat např. úpravou Darcy – Weisbachovy rovnice.

$$h = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.4)$$

kde: h... tlaková ztráta [m]

$\lambda$ ... součinitel ztrát třením [-]

L... délka úseku [m]

D... vnitřní průměr potrubí [m]

v... průřezová rychlost proudění při průtoku Q [m·s<sup>-1</sup>]

g... gravitační zrychlení [m·s<sup>-2</sup>]

Výše uvedený vztah platí pro kvadratickou oblast proudění vody v síti. V této oblasti závisí součinitel tření lambda pouze na relativní drsnosti potrubí. Po úpravě se dá vyjádřit následovně:

$$h = K \cdot Q^2 \quad (2.5)$$

kde: K... odporový součinitel příslušného úseku

Q'... průtok v trubním úseku [m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>]

## 2.4 METODY HYDRAULICKÉ ANALÝZY

Analýzu hydraulických poměrů v síti s tlakovým režimem proudění provádíme pomocí iterační a gradientní metody.

### *Iterační metoda*

U iterační metody jsou dvě ze tří základních podmínek splněny. Předpokládá se, že jsou určité hydraulické veličiny odhadnuty. Iteračním výpočtem se pomocí oprav odhadnutých veličin třetí podmínka zpřesňuje. [19]

#### **Metoda vyrovnání tlaků**

Ve všech okruzích sítě se odhadují průtoky i jejich směr tak, aby byla uzlová a hydraulická podmínka splněna. Nutné je dodržení okružové podmínky, které se kontroluje. Z odhadnutých průtoků se dopočítá ztrátová výška a v případě, že se podmínka nenaplní, provádí se pro každý uzel také výpočet tzv. opravného průtoku, kterým jsou průtoky v jednotlivých úsecích upraveny. K těmto metodám patří metody Newton I, Lobačev-Cross a Dubin-Cross. [19]

#### **Metoda vyrovnání průtoků**

V tomto případě se ve všech okruzích sítě odhadují ztrátové výšky tak, aby byla splněna okružová a hydraulická podmínka. Ve všech okruzích sítě je nepostradatelná kontrola splnění uzlové podmínky. Spadají zde metoda Newton II a metoda Hardy-Cross. [19]

#### **Metoda vyrovnání odporových součinitelů**

Při této metodě se odhaduje průtok i tlakové ztráty tak, aby byla splněna uzlová a okružová podmínka. Nezbytné je splnění hydraulické podmínky. Iteračním výpočtem dochází ke zpřesnění odhadovaných veličin na požadovanou přesnost. Tento postup můžeme uplatnit u metody Mc Illroyova. [19]

### *Gradientní metoda*

Gradientní metodu používá většina novodobých softwarů pro matematické modelování. V jednotlivých uzlech sítě jsou stanoveny hodnoty tlaku maticově zapsanou soustavou nelineárních rovnic vytvořených z uzlové a hydraulické podmínky. Řešení soustavy rovnic se hledá iteračním výpočtem. V první řadě se provede odhad průtoku ve všech úsecích bez nutnosti splnění uzlové podmínky. V jednotlivých uzlech se dopočítají hodnoty tlaků a řeší se soustava nelineárních rovnic, jejímž řešením jsou nové průtoky v úsecích a znovu dojde k výpočtu tlaků ve všech uzlech. Tímto iteračním postupem se hodnoty průtoku stále zpřesňují, dokud není splněna uzlová podmínka. Konec výpočtu nastává v okamžiku, kdy je dosaženo požadované meze přesnosti (v softwaru EPANET popsaném na konci kapitoly se jedná o hodnotu 0,001). [19] [22]

## 2.5 SCHEMATIZACE VODOVODNÍ SÍTĚ

Dle složitosti řešené situace se modelová situace vodovodní sítě zjednodušuje schematizací. Ta se využívá zejména v případě, že by se mohl rozsah modelu zbytečně zvětšovat a komplikovat vlivem velkého množství menších odběratelů. Vodovodní síť se schematizuje na propojenou soustavu uzlů a úseků. V **uzlech** se realizují veškeré odběry



a nátoky do sítě. Jedná se o krajní bod úseku, pomocí něhož jsou jednotlivé úseky propojovány. **Úsek** je část sítě, kterému lze definovat hydraulickou drsnost, dimenzi či průtok. Nejčastěji se jedná o potrubí, za úsek se však může označit také armatura nebo třeba čerpadlo, kterému je následně přiřazena ekvivalentní délka potrubí.

Především schematizace odběrů je důležitým krokem před zahájením analýzy. Důvodem tohoto zjednodušení je redukce množství výpočtových uzlů. Nemůžeme uvažovat s každou domovní přípojkou, neboť by jejich přebytek způsobil nepřehlednost modelu a modelování by bylo náročné a neefektivní. Výpočtové uzly tvoří odběry významnějšího charakteru. Jsou situovány v místě napojení velkoodběratelů (např. zemědělství, průmysl, občanská vybavenost). Odběry od obyvatelstva se koncentrují do krajních uzlů daného úseku, kde dochází k souběhu nebo rozdělení sítě, tam kde se mění profil nebo materiál potrubí nebo kde jsou osazeny hydranty. [19]

### **Metoda redukovaných délek**

Jedním způsobem, jak snížit počet odběrných míst, je metoda redukovaných délek. Na základě hustoty a výšky zástavby se každému trubnímu úseku přiřadí redukční součinitel  $C_1$ . Hodnota redukčního součinitele závisí na zpracovateli analýzy, který ji může určit například na základě zástavby nacházejících se na obou stranách úseku či na základě počtu připojených nemovitostí. Dle jednoduchého vztahu získáme tzv. redukovanou délku daného úseku. Získaný celkový odběr  $Q_i$  se rovnoměrně rozdělí do obou krajních uzlů daného úseku. [19]

$$L_r = C_1 \cdot L \quad (2.6)$$

kde:  $L_r$ ... redukovaná délka [m]  
 $L$ ... skutečná délka úseku [m]

Pro stanovení specifické potřeby vody je nutné vypočítat celkovou redukovanou délku posuzované sítě:

$$S_r = \sum_{i=1}^m L_{r,i} \quad (2.7)$$

$$q_r = \frac{Q_c}{S_r} \quad (2.8)$$

kde:  $S_r$ ... celková redukovaná délka sítě [m]  
 $q_r$ ... specifická potřeba sledované sítě [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]  
 $Q_c$ ... celková potřeba sledované sítě [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]

Pak se ve vyšetřovaném úseku stanoví průtok ze specifické spotřeby a redukované délky pomocí následujícího vztahu:

$$Q_i = q_r \cdot L_{r,i} \quad (2.9)$$

kde:  $Q_i$ ... odběr *i-tého* úseku [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]

Z důvodu nedostačující přesnosti je tato metoda vhodná do stejnoměrné zástavby.



## Metoda dvou součinitelů

Metodu lze využít tam, kde jsme díky podrobným podkladům schopni u každého odběrného místa charakterizovat například počet zásobovaných osob či bytových jednotek, plochu zásobované oblasti apod. Postup je obdobný jako u předcházející metody, kdy se každému úseku přiřadí dva součinitele C1 a C2. Získaný celkový odběr  $Q_i$  se rovnoměrně rozdělí do obou krajních uzlů daného úseku. [19]

$$P_i = C1 \cdot C2 \quad (2.10)$$

kde:  $P_i$ ... redukovaná délka [m]  
C1... součinitel vyjadřující počet obyvatel, typ zástavby, plochu zástavby  
C2... součinitel vyjadřující specifickou potřebu pro součinitel C1

Stanoví se součet všech těchto součinů:

$$S_r = \sum_{i=1}^m P_i \quad (2.11)$$

poté se jenom stanoví specifická potřeba vody dle (2.8) a vypočte se množství dopravované vody v  $i$ -tém úseku:

$$Q_i = q_r \cdot P_i \quad (2.12)$$

kde:  $Q_i$ ... odběr  $i$ -tého úseku [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]  
 $q_r$ ... specifická potřeba sledované sítě [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]

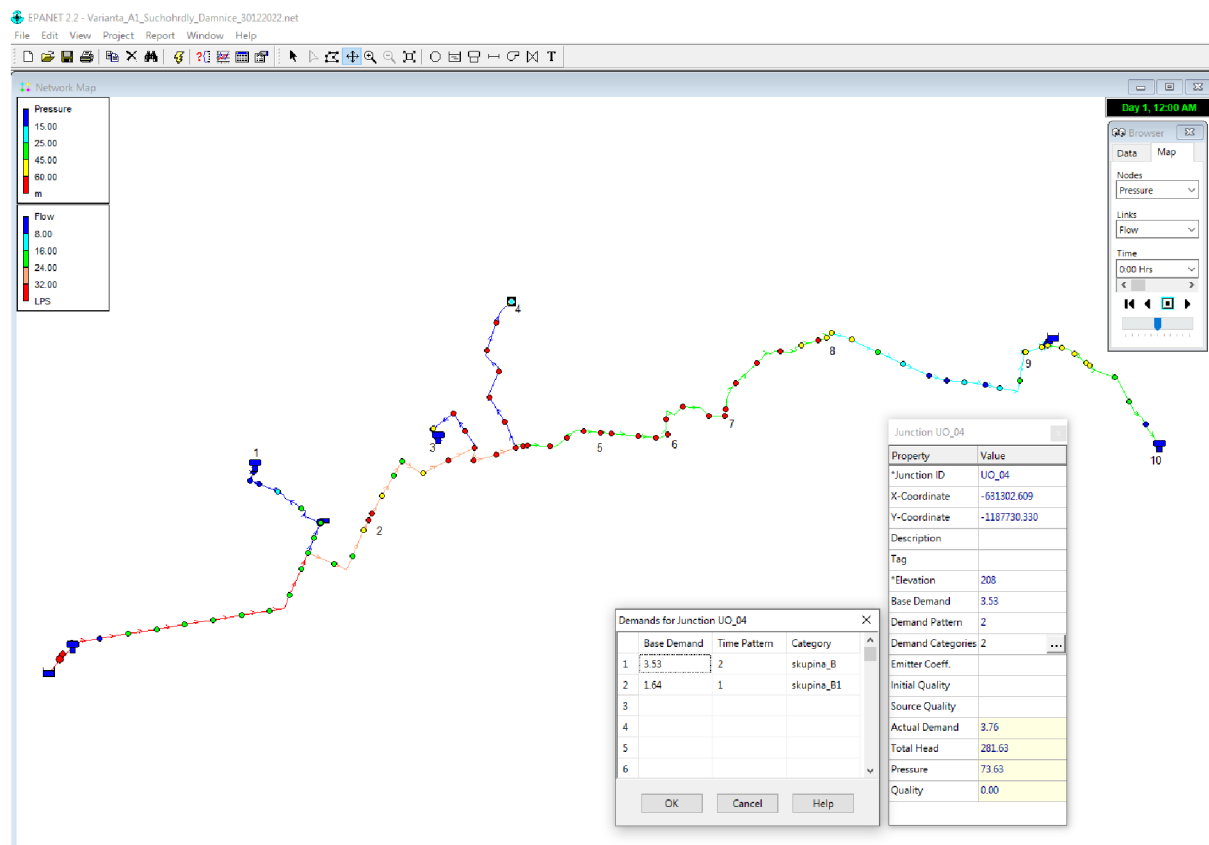
## 2.6 EPANET 2.2

Pro modelování a hydraulické posuzování vodovodních sítí se v dnešní době využívá řada softwarů, kdy jedním z nich je právě EPANET. Patří mezi celosvětově nejvíce využívané programy, neboť jeho instalace a využívání jsou bezplatné pro komerční i osobní využití již od roku 2000. Vyvinula ho agentura U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency) pro mnoho různých druhů aplikací v analýze trubních rozvodů. Nejhojněji je nepochybně využíván v oblasti navrhování nové vodní infrastruktury nebo také rozšíření či rekonstrukce stávající vodovodní sítě. Typickým využitím je realizace statických a kvazi-dynamických hydraulických analýz newtonských kapalin spolu se schopností řešit kvalitativní analýzy vody v tlakových trubních sítích. Tento nástroj umožňuje modelovat různé provozní situace, prověřovat chování sítě v odlišných zatěžovacích stavech nebo posuzovat alternativní strategie řízení celého systému. Lze zjišťovat tlakové a průtokové poměry ve zkoumaném systému, simulovat šíření znečištění v potrubí, analyzovat zbytkové množství dezinfekčního činidla nebo také provádět analýzu stáří vody. Uživatel má tak cenný nástroj k porozumění pohybu vody v trubním systému. [19] [23]

Ve srovnání s předchozí hojně využívanou verzí EPANET 2.0 se v současně nejnovější verzi EPANET 2.2 několik věcí vyvinulo. Obsahuje řadu podstatných vylepšení oproti předchozí verzi, mezi které se řadí např. příjemnější ovládání pracovního prostředí. Dále došlo k aktualizaci hydraulických mechanismů a mechanismů kvality vody tím, že poskytují

rychlejší, přesnější a robustnější výsledky ve srovnání s předchozí verzí. S tím je svázaná možnost vybrat si způsob výpočtové analýzy. Dříve umožňoval program pouze analýzu řízenou odběrem (Demand Driven Analysis – dále jen „DDA“). Nově je možnost zvolit alternativní **analýzu řízenou tlakem** (Pressure Driven Analysis – dále jen „PDA“), v níž se zohledňuje závislost průtoku na tlaku. V síti se nedefinuje tlak, k němuž je následně odvozen průtok a odběr. Tam, kde se definoval tlak, se určí odběry, u nichž nedochází k poklesu tlaku. Poklesem tlaku pod definovanou hodnotu dojde k úměrnému poklesu průtoku. [23]

V případě této práce se tato alternativa nevyužila a pracovalo se s DDA, díky čemuž můžeme sestavený model označit jako **model řízený odběrem** (Demand Driven Model – dále jen „DDM“). Jeho jako výpočtový základ využívá gradientní metodu, která byla blíže popsána v kapitole 2.4 *Metody hydraulické analýzy*. DDM je hydraulický model, ve kterém se pro určitý zatěžovací stav zadávají uzlové odběry, čímž se získají informace o průtocích v jednotlivých úsecích sítě. Z těchto průtoků se v úsecích zpětně dopočítávají ztráty a z nich následně v jednotlivých uzlech hydrodynamický přetlak. Uvažuje se se zjednodušujícím předpokladem, že jsou odběry realizovány v plném rozsahu (tj. beze ztrát) bez ohledu na tlak v síti. To ovšem neodpovídá realitě, neboť při poklesu tlaku klesá také průtok. V EPANETu se tato situace může projevit po proběhnutí výpočtu výskytem záporných hodnot tlaků v uzlech, což signalizuje chybné nastavení modelu, neboť taková situace nemůže ve skutečnosti nastat. [19] [23]



Obr. 2.2 Pracovní prostředí EPANET

Pro uživatele je pracovní prostředí EPANETu jednoduché a přehledné. Model lze zadávanými daty tvořit v souřadném systému X, Y. Celý modelovaný systém je složen z několika součástí, podle nichž můžeme rozdělit výsledky hydraulické analýzy podle toho, jaká část systému je zrovna vyšetřována. Hlavními elementy tvořící síť jsou uzly a úseky, kterými se sestavuje trubní síť. Velikost analyzované sítě není nijak limitována. Celý systém je doplněn dalšími prvky, mezi nich se řadí vodojemy, čerpací stanice, ventily a v neposlední řadě nádrže reprezentující zdroj vody. Pro správné fungování modelu je nutné správně nadefinovat skutečné parametry všech těchto objektů, např. velikost, průtok apod. U uzlů se zadává nadmořská výška a velikost odběrů vody, přičemž je možné zadat v jednom uzlu více odběrů vody. To se může využít například u uzlu určeného k odběru požární vody. Trubní úseky jsou definovány dimenzí, délkou a hydraulickou drsností materiálu. Přiřazení správné hodnoty drsnosti bývá do značné míry obtížné, jelikož se musí uvažovat s možným výskytem inkrustací v potrubí a s degradací materiálu vlivem jeho stáří, a to jak u stávajících sítí, tak u nově navrhovaných. Rozsah této hodnoty se může lišit na základě zvolené rovnice. V USA se používá Hazen-Williamsova rovnice, u níž se mohou hodnoty drsnosti pohybovat maximálně do hodnoty 150, přičemž nižší hodnoty představují vyšší drsnost potrubí. V Evropě je využívána Darcy-Weisbachova rovnice, u které se hodnota drsnosti běžně pohybuje v řádu desetinných čísel až jednotek, teoreticky ale může jít až do nekonečna. Začíná nulou a čím je pak vyšší, tím je potrubí drsnější. Zde se počítá pouze se ztrátami třením po délce. Místní ztráty způsobené armaturami se nahrazují ekvivalentní délkou nebo paušální procentuální hodnotou, která se přiřadí každému úseku v síti. Zadáním těchto potřebných parametrů je umožněno provést statickou analýzu vymodelovaného systému. Výstupem statické hydraulické analýzy vodovodní sítě je průtok a rychlost v úsecích a hydrodynamický přetlak v uzlech. Přiřazením časových křivek, které podávají informace například o průběhu odběrů během dne nebo doby, kdy je čerpadlo v provozu, se následně může provést i kvazi-dynamická analýza. Výstup je pak obohacen průběhem tlaků v uzlech, průběhem rychlostí v úsecích a také průběhem hladiny vody ve vodojemu. Výstupy analýzy se dají exportovat v grafické podobě, nebo jako datové tabulky. [19] [22] [23]

Pro tento program existuje několik doplňků a nadstaveb. Pro vypracování této práce byl použit jeden z nich, a to EpaCAD. Tento doplňkový software umožňuje například z programu AutoCAD převést vytvořenou kostru vodovodní sítě do EPANETu. Pro správné převedení je nutné rozdělit kostru do výpočtových úseků tak, že každý úsek bude tvořit jednu entitu. Všechny úseky pak musejí být pouze v jedné hladině, ve které už nebude žádný jiný objekt. Takto připravená síť uložená ve formátu \*.dxf lze pomocí softwaru EpaCAD převést do formátu \*.ipn, který lze v EPANETu otevřít a s kostrou sítě se může dále pracovat. Převodem zůstane zachován souřadný systém i délka úseků. [24]

### 3 SKUPINOVÝ VODOVOD DAMNICE

V letech 2019 až 2022 probíhaly práce na tvorbě hydraulického simulačního modelu Skupinového vodovodu Znojmo (dále jen „SV Znojmo“), pomocí něhož byly řešeny koncepce pro přivedení pitné vody z ÚV Znojmo do okolních obcí. Tyto koncepční práce na rozvoji vodovodní sítě mají dále pokračovat výhledovým propojením SV Znojmo a skupinového vodovodu Damnice (dále jen „SV Damnice“). Technicky bude propoj realizován přiváděcím řadem z vodojemu Suchohrdly (dále jen „VDJ Suchohrdly“), který je součástí SV Znojmo, do úpravny vody Oleksovice (dále jen „ÚV Oleksovice“), kde se napojí na již existující část přiváděcího řadu vedeného až do vodojemu Dolenice (dále jen „VDJ Dolenice“), kterým jsou zásobeny obce spadající pod SV Damnice. Po trase budoucího přiváděče se zároveň uvažuje s napojením dalších obcí.

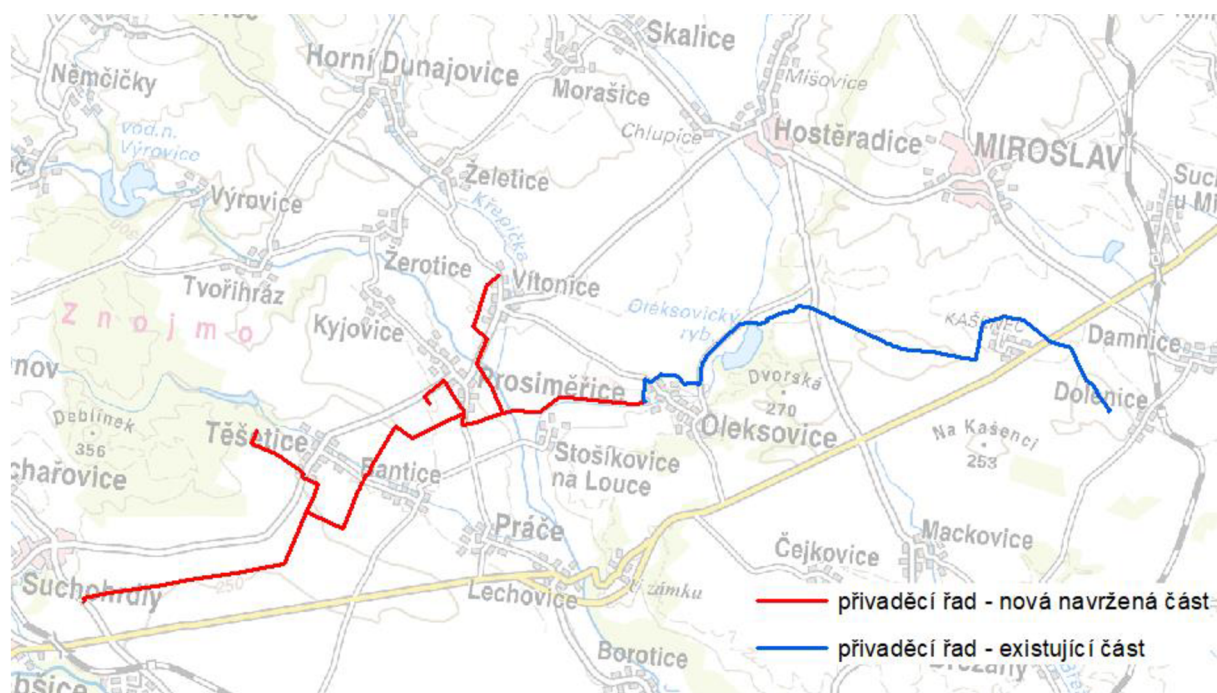
Z toho důvodu byl v rámci této práce vytvořen hydraulický simulační model celého přiváděče z VDJ Suchohrdly až po VDJ Dolenice. Tato diplomová práce má odpovědět na otázku, jakou dimenzi potrubí je nezbytné navrhnout tak, aby byly zajištěny optimální hydraulické poměry ve všech napojených vodovodech. Proto byla vypracována přehledná situace celé zásobované oblasti, byl proveden odhad budoucí potřeby vody a byla provedena hydraulická analýza přiváděcího řadu s využitím simulačního modelu. Pro zpracování této práce byly poskytnuty vstupní informace a podklady vedoucím práce a provozovatelem vodovodu, tj. Vodárenská akciová společnost, a.s. - divize Znojmo (dále jen „VAS, a.s. – divize Znojmo“).

#### 3.1 POPIS ZÁJMOVÉ OBLASTI

Vodovodní přiváděcí řad se nachází v Jihomoravském kraji v okrese Znojmo asi 17 km od státních hranic s Rakouskem. Celková délka nově navrženého úseku přiváděče z VDJ Suchohrdly až k ÚV Oleksovice činí 19,6 km a po trase protíná 8 katastrálních území. Již realizovaná část přiváděcího řadu vedoucího z ÚV Oleksovic až do VDJ Dolenice, na něž se bude nový přiváděč napojovat, je dlouhá 11,6 km.



Obr. 3.1 Poloha přiváděcího řadu na území České republiky



Obr. 3.2 Situace širších vztahů – poloha přiváděcího řádu

### 3.2 CHAREKTER ZÁSTAVBY

V zájmové oblasti se nenachází žádný průmyslový ani zemědělský velko odběratel vody. Veškeré uvažované napojované obce jsou charakteristické venkovskou zástavbou s rodinnými domy a dále bytovými domy, které jsou nejvýše dvoupodlažní. V obcích se nachází různé objekty občanské vybavenosti. Vzhledem k počtu obcí projevující zájem na připojení k přiváděči nebyly tyto objekty jednotlivě zjišťovány a zkoumány. Dominantním odběratelem vody je tedy obyvatelstvo. Zkoumání dílčích subjektů občanské vybavenosti v jednotlivých obcích nebylo v rámci nevýznamnosti pro model řešeno.

### 3.3 SOUČASNÝ ZPŮSOB ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU

Informace o současném způsobu zásobování pitnou vodou zmíněné v této kapitole byly čerpány z Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje dostupných na webovém portálu kraje. Doplňující informace upřesňující stávající stav byly převzaty z podkladů poskytnutých provozovatelem VAS, a.s. - divize Znojmo.

Při návrhu přiváděcího řádu byly vytipovány všechny obce po trase přiváděcího řádu, které by mohly být potrubím zásobovány. Obce byly rozděleny na ty, které patří do svazku, a které nikoli. Jedná se o dobrovolný svazek obcí Vodovody a kanalizace Znojmsko, jehož předmětem činnosti je zabezpečit zásobování pitnou vodou, odvádění a čištění odpadních vod, rozvoj vodárenských soustav, kanalizací a ČOV obcí sdružených ve svazku. Podílil se na řešení kvality vody a likvidace odpadních vod i v obcích mimo svazek. Přednostně se však uvažovalo s napojením obcí, které patří do svazku, neboť jejich napojení na přiváděč je považováno jako prioritní. Nicméně i několik nesusvazkových obcí pro trasu projevilo zájem o napojení na budoucí přiváděč. Dohromady se tedy jedná o 32 obcí, se kterými se v hydraulické analýze uvažovalo. Celkový počet uvažovaných zásobovaných obyvatel ze všech relevantních napojovaných obcí

tak činí 17 915 osob (údaj platný k 1.1.2022). Dle prognózy Českého statistického úřadu má tento počet pomalu klesat. Analýza potřeby vody a následná hydraulická analýza byla proto provedena pro rok 2022. Seznam obcí ve směru od VDJ Suchohrdly a základní informace jsou k nalezení v následující tabulce:

**Tab. 3.1 Seznam obcí uvažovaných k napojení na příváděcí řad**

Název obce	Počet obyvatel 2022 <sup>1)</sup>	Svazková obec
Těšetice	591	✓
Bantice	288	X
Práče	801	X
Lechovice	541	X
Prosiměřice	866	X
Vítonice	256	X
Žerotice	344	X
Kyjovice	145	X
Morašice	231	X
Skalice	514	X
Stošíkovice na Louce	311	X
Oleksovice	661	✓
Čejkovice	237	X
Mackovice	389	X
Hostěradice	1 618	X
Mirotslav	3 003	X
Mirotslavské Knínice	330	✓
Kadov	150	X
Bohutice	661	✓
Dolenice	135	✓
Damnice	355	✓
Jiřice u Miroslavi	469	✓
Trnové Pole	122	✓
Troskotovice	696	✓
Suchohrdly u Miroslavi	508	✓
Našiměřice	204	✓
Kubšice	157	✓
Olbramovice	1 120	✓
Šumice	295	✓
Braníšovice	602	✓
Loděnice	532	✓
Jezeřany-Maršovice	783	✓
<b>Celkem</b>	<b>17 915</b> z toho: 8 221 ✓ + 9 694 X	<b>32</b> z toho: 17 ✓ + 15 X

Pozn: 1) Údaje o počtu obyvatel z Českého statistického úřadu k 1.1.2022



Vybudováním přivaděcího řadu vznikne pro okolní obce nová možnost, jak zásobovat své obyvatele pitnou vodou, a to pitnou vodou ze SV Znojmo. Ten je v provozu od roku 1970 a zásobuje přibližně 50 tisíc obyvatel. Hlavním zdrojem pitné vody tohoto skupinového vodovodu je úpravna vody Znojmo, která upravuje surovou vodu z nádrže Znojmo. Její akumulace činí 8 000 m<sup>3</sup> a výkon až 200 l·s<sup>-1</sup>. Pitná voda je z úpravní vody distribuována do několika míst. Jedním z nich je vodojem Náměstí Republiky, kam je voda dopravována gravitačně přes vodovodní systém Znojma, odkud je dál přivaděčem a výtlačným řadem voda čerpána čerpací stanicí do VDJ Suchohrdly, jehož současná akumulace 2x250 m<sup>3</sup> by se při realizaci propojení musela navýšit. [25]

Současné zásobování těchto obcí je zajištěno samostatnými vodovody či skupinovými vodovody, přičemž všechny jsou zásobované z vlastních zdrojů sloužících pro tyto vodovody. Napojením obcí na přivaděč vznikne pro tyto obce možnost využívat vlastní stávající zdroje jako alternativní zdroj vody při výskytu poruch na přivaděcím řadu či při období sucha.

### 3.3.1 Obec Oleksovice a SV Damnice

Před pár lety bylo již zrealizováno propojení SV Damnice na vodovod obce Oleksovice, a to výtlačkem z ÚV Oleksovice ke zdroji Kašenec, který současně prošel rekonstrukcí, při níž byl k původnímu vrtu HV 211 vyvrtán jeden nový vrt HV 211a. Celkový odběr vody z obou vrtů se pohybuje kolem 8,00 l·s<sup>-1</sup>, přičemž v současné době je využíván pouze novější vrt HV 211a. Zdrojem pitné vody pro ÚV Oleksovice jsou vrty HV 101A a OL1 s celkovou vydatností 6,75 l·s<sup>-1</sup>. Surová voda je čerpána na úpravnu vody, kde úprava vody spočívá v provzdušňování, odželezování a odmanganování. Pro SV Damnice se předává veškerá nespotebovaná voda obcí Oleksovice. Veškeré přebytky se výtlačkem čerpají ke zdroji Kašenec, kde dochází k mísení vody z obou zdrojů s ohledem na nevyhovující kvalitu surové vody ze zdroje Kašenec. Surová voda zde totiž vykazuje zvýšenou koncentraci uranu. Smíšená voda ze zdroje Kašenec a z ÚV Oleksovice je čerpána do VDJ Dolenice. Touto vodou zásobuje SV Damnice obce **Damnice, Dolenice, Jiřice u Miroslavi, Suchohrdly u Miroslavi, Trnové Pole a Troskotovice**. [25]

### 3.3.2 Obce Vítonice, Kyjovice a Žerotice

Obce Vítonice, Kyjovice a Žerotice vyjádřily zájem o napojení na nový přivaděč, i když jsou v současnosti zásobovány pitnou vodou ze skupinového vodovodu Horní Dunajovice (dále jen „SV Horní Dunajovice“). Hlavním zdrojem tohoto skupinového vodovodu jsou vrty HV302 a HV303 o celkové vydatnosti 7,10 l·s<sup>-1</sup>. Jímaná voda se čerpá do zemního vodojemu Horní Dunajovice o objemu 2x400 m<sup>3</sup>, s horní provozní hladinou na kótě 285,22 m n.m. SV Horní Dunajovice tvoří systém v zásobování pitnou vodou pro celkem 5 obcí: Horní Dunajovice, Želetice a již zmiňované Kyjovice, Vítonice a Žerotice. Skupinový vodovod je rozdělen do tří tlakových pásem. První tlakové pásmo zásobuje obce Horní Dunajovice a Želetice, přičemž Želetice chtějí být nadále zásobovány pitnou vodou ze SV Horní Dunajovice. Tlakové poměry v tomto tlakovém pásmu jsou řízeny polohou hladiny ve VDJ Horní Dunajovice. Pro toto tlakové pásmo již existuje koncepce napojení na SV Znojmo. Druhé tlakové pásmo je tvořeno obcemi Žerotice a Kyjovice, tlak v něm je regulován pomocí regulačního ventilu Žerotice s nastaveným konstantním výstupním tlakem. Poslední, tedy třetí tlakové pásmo zásobuje obec

Vítonice, kde je tlak regulován pomocí regulačního ventilu Vítonice s nastaveným konstantním výstupním tlakem. [25] [26]

### 3.3.3 Obec Těšetice

Zdrojem pitné vody pro obec Těšetice jsou vrty HV 101 a HV 103 o celkové vydatnosti  $2,00 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Z těchto zdrojů je voda čerpacími stanicemi u každého vrtu dopravována do vodojemu Těšetice (dále jen „VDJ Těšetice“) o objemu  $1 \times 150 \text{ m}^3$ , s maximální hladinou 284,70 m n.m. [25]

### 3.3.4 Obec Bantice

Obec Bantice má Krajskou hygienickou stanicí Jihomoravského kraje udělenou výjimku, neboť využívá jako zdroj vody studnu Bantice o vydatnosti  $0,52 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , přičemž tento zdroj vykazuje překročení několika jakostních ukazatelů pitné vody. Voda je čerpána do věžového vodojemu Bantice o objemu  $1 \times 100 \text{ m}^3$ , s maximální hladinou 267,25 m n.m. [25]

### 3.3.5 Obec Práče

Obec Práče disponuje s vodojemem Práče o objemu  $2 \times 400 \text{ m}^3$  s maximální hladinou 250 m n.m., do kterého je voda čerpána z vrtu Práče o vydatnosti  $3,50 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . [25]

### 3.3.6 Obec Lechovice

Obec Lechovice získává surovou vodu z jímacího území tvořeného vrtanými studnami a pramenní jímkou o celkové vydatnosti  $1,30 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Odtud je voda čerpána do vodojemu Lechovice o objemu  $1 \times 150 \text{ m}^3$ . [25]

### 3.3.7 Městys Prosiměřice

Vodní zdroj městyse Prosiměřice je tvořen vrty HVP 1 a HVP 2, které se nacházejí v blízkosti úpravny vody, vodojemu a automatické tlakové stanice mimo zastavěnou část obce. Vodojem Prosiměřice má objem  $2 \times 75 \text{ m}^3$  a kóta maximální hladiny dosahuje 230,00 m n.m. [25]

### 3.3.8 Obec Morašice

Celková vydatnost zdroje pitné vody pro obec Morašice je  $1,47 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Zdrojem jsou studny ST1 a ST2, odkud je voda dopravována čerpací stanicí do vodojemu Morašice o objemu  $2 \times 15 \text{ m}^3$ , s maximální hladinou 286,70 m n.m. Jedná se o vodojem za spotřebišťem. [25]

### 3.3.9 Obec Skalice

Obec Skalice získává surovou vodu ze studen S1 a S2 o celkové vydatnosti  $1,53 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Je čerpána do vodojemu Skalice o objemu  $1 \times 105 \text{ m}^3$ , s maximální hladinou 283,00 m n.m. [25]



### 3.3.10 Obec Stošíkovice na Louce

Obec Stošíkovice na Louce zásobuje obyvatele upravenou vodou z podzemního vrtu o vydatnosti  $4,00 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Ze zdroje je voda čerpána do objektu úpravní vody a následně se akumuluje ve VDJ Stošíkovice na Louce s celkovou kapacitou  $80 \text{ m}^3$ . [25]

### 3.3.11 SV Mackovice–Čejkovice

Obce Čejkovice a Mackovice jsou zásobovány pitnou vodou ze skupinového vodovodu Mackovice – Čejkovice, jehož vodní zdroj o vydatnosti  $2,10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  je tvořen vrtem VH1. Čerpá se přes úpravní vody Mackovice až do věžového vodojemu Mackovice o objemu  $1 \times 100 \text{ m}^3$ , s kótou maximální hladiny na  $261,50 \text{ m n.m.}$  [25]

### 3.3.12 Obec Hostěradice

Pitná voda pro obec Hostěradice je získávána ze studny Hostěradice o vydatnosti  $2,20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , odkud je čerpána na úpravní vody, a pak je dále čerpací stanicí dopravována do vodojemu Hostěradice o objemu  $1 \times 250 \text{ m}^3$ , s maximální hladinou  $270,50 \text{ m n.m.}$  [25]

### 3.3.13 Město Miroslav

Skupinový vodovod Miroslav zásobuje město Miroslav a městskou část Kašenec. Disponuje s vodou pocházející ze vrtů V24, V25 a HV210 o celkové vydatnosti  $50,00 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Pro město Miroslav (včetně městské části Kašenec) je voda akumulována ve vodojemu Miroslav s kapacitou  $1 \times 650 + 2 \times 400 \text{ m}^3$ , jehož kóta maximální hladiny dosahuje  $302,00 \text{ m n.m.}$  [25]

### 3.3.14 Obec Kadov

Zdrojem samostatného vodovodu pro veřejnou potřebu obce Kadov je vrt Kadov o vydatnosti  $0,42 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , kdy voda je čerpána do vodojemu Kadov o objemu  $2 \times 10 \text{ m}^3$ . [25]

### 3.3.15 SV Bohutice

Skupinový vodovod Bohutice zásobuje **obce Bohutice a Našiměřice**. Z důvodu nadlimitních hodnot ukazatele uranu je plánováno stávající vodní zdroje těchto obcí vyřadit a do budoucna se napojit na SV Damnice. Z VDJ Dolenice by se voda čerpala přes síť do vodojemu Bohutice (vodojem za spotřebištěm) o objemu  $2 \times 100 \text{ m}^3$ , s maximální hladinou  $297,55 \text{ m n.m.}$ , ale také by voda byla dopravována do věžového vodojemu Našiměřice o objemu  $200 \text{ m}^3$  s kótou maximální hladiny na hodnotě  $254,63 \text{ m n.m.}$  Dosavadními zdroji pitné vody jsou vrty HV3A a HV3 o celkové vydatnosti  $3,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . V současné době zásobuje tento skupinový vodovod také **obec Miroslavské Knínice**, která bývala napojená na skupinový vodovod Miroslav. Přívodný výtlačný řad z Miroslavi byl z opuštěn a do vodojemu Miroslavské Knínice o objemu  $1 \times 150 \text{ m}^3$ , s maximální hladinou  $338,00 \text{ m n.m.}$ , je voda čerpána z vodojemu Bohutice. [25]

### 3.3.16 SV Loděnice

Součástí skupinového vodovodu Loděnice je dohromady 6 obcí: **Šumice, Loděnice, Branišovice, Kubšice, Olbramovice a Jezeřany-Maršovice**. Vodním zdrojem skupinového vodovodu je jímací území Loděnice s vrty L1, L2 a L3 s vydatností každého vrtu  $5,00 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  a dále studna v Jezeřanech s vydatností  $1,00 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Odtud je voda čerpána do objektu čerpací stanice s akumulací Jezeřany, kde je prováděna úprava vody metodou IN SITU. Dále je dopravována výtlačným řadem do dvou směrů – do vodojemu Kubšice o objemu  $2 \times 250 \text{ m}^3$ , s maximální hladinou na kótě 242,30 m n.m. a do vodojemu Maršovice za spotřebišťem s kapacitou  $2 \times 100 \text{ m}^3$  s maximální hladinou 267,00 m n.m. [25]

### 3.4 VLASTNICKÁ A PROVOZOVATELSKÁ STRUKTURA

Vodovody pro veřejnou potřebu všech vytipovaných obcí po trase přiváděcího řadu mají ve svém vlastnictví či správě subjekty definované v následující tabulce:

Tab. 3.2 Vlastnická a provozovatelská struktura zainteresovaných obcí [25]

Název obce	System vodovodu	Vlastník	Provozovatel	
Těšetice	samostatný vodovod	Zájmové sdružení obcí VaK Znojensko	VAS a.s. Brno divize Znojmo	
Bantice	samostatný vodovod	obec Bantice	obec Bantice	
Práče	samostatný vodovod	obec Práče	AQUAPROJEKT CZ Znojmo	
Lechovice	samostatný vodovod	obec Lechovice	obec Lechovice	
Prosiměřice	samostatný vodovod	městys Prosiměřice	VAS a.s.	
Vítonice	SV Horní Dunajovice	Zájmové sdružení obcí VaK Znojensko	VAS a.s. divize Znojmo	
Žerotice				
Kyjovice				
Morašice	samostatný vodovod	obec Morašice	VAS a.s. Brno divize Znojmo	
Skalice	samostatný vodovod	obec Skalice	D+V Stavos s.r.o.	
Stošikovice na Louce	samostatný vodovod	obec Stošíkovice na Louce	D+V Stavos s.r.o	
Oleksovice	samostatný vodovod	Zájmové sdružení obcí VaK Znojensko	VAS a.s. Brno divize Znojmo	
Čejkovice	SV Mackovice-Čejkovice	obec Čejkovice	AQUAPROJEKT CZ Znojmo	
Mackovice		obec Mackovice	obec Mackovice	
Hostěradice	samostatný vodovod	obec Hostěradice	obec Hostěradice	
Miroslav	SV Miroslav	město Miroslav	SMM Miroslav, p.o.	
Miroslavské Knínice	SV Bohutice	obec Miroslavské Knínice	VAS a.s. divize Znojmo	
Kadov	samostatný vodovod	obec Kadov	obec Kadov	
Bohutice	SV Bohutice	Zájmové sdružení obcí VaK Znojensko	VAS a.s. Brno divize Znojmo	
Našiměřice				
Damnice	SV Damnice	Zájmové sdružení obcí VaK Znojensko	VAS a.s. Brno divize Znojmo	
Jiřice u Miroslavi				
Trnové Pole				
Dolenice				
Suchohrdly u Miroslavi				
Troskotovice				obec Troskotovice
Kubšice				SV Loděnice
Olbramovice				
Šumice	obec Šumice			
Branišovice	obec Branišovice			
Loděnice	obec Loděnice			
Jezeřany-Maršovice	Zájmové sdružení obcí VaK Znojensko			

## 3.5 TRASA PŘIVÁDĚCÍHO ŘADU A ZÁSOBOVANÉ OBLASTI

### 3.5.1 Topologie a výškopis

Trasa přiváděcího řadu byla stanovená a dodána provozovatelem vodovodu, VAS, a.s. - divize Znojmo. Spolu s topologií rozvodných vodovodních řadů okolních obcí z různých digitálních zdrojů (které také byly k dispozici od provozovatele) byla trasa přenesena do přehledné situace vodovodní sítě, která je přílohou č. 1 této práce. Celková délka simulovaného přiváděče je 31,3 km, z toho nová navrhovaná trasa má délku přibližně 19,6 km.

Již zrealizované část přiváděcího řadu od ÚV Oleksovice po VDJ Dolenice je dlouhá 11,6 km. Tato část je z polyethylenu, přesněji PE100 RC 225x13,4 PN 10 SDR17, neboť je pro nové vodovodní sítě tento materiál spolu s tvárnou litinou upřednostňován technickými standardy společnosti VAS, a.s. [27]

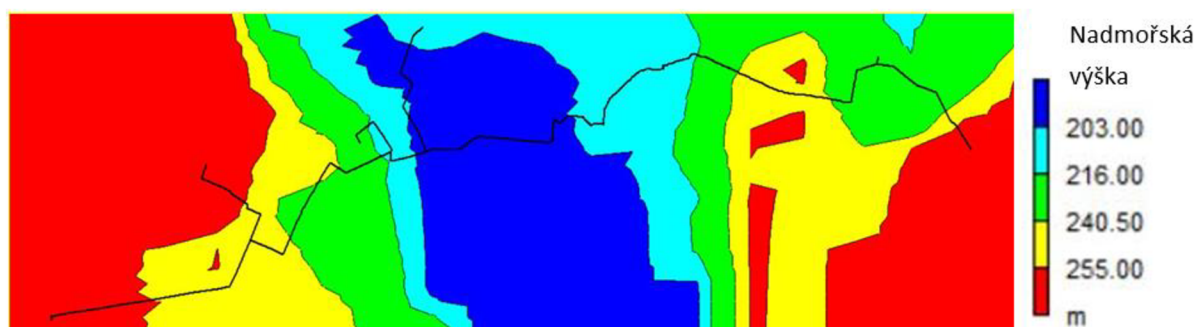


Obr. 3.3 Topologie vodovodní sítě

Tab. 3.3 Topologie vodovodní sítě – úseky mezi VDJ Suchohrdly a VDJ Dolenice

Číslo úseku	Popis úseku od – do	Délka úseku [km]	Barva úseku
1	Hlavní řad od VDJ Suchohrdly po odbočku k VDJ Těšetice	4,905	červená
2	Hlavní řad od odbočky k VDJ Těšetice po odbočku k VDJ Prosiměřice	4,306	hnědá
3	Hlavní řad od odbočky k VDJ Prosiměřice po odbočku k Vítonicím, Kyjovicím a Žeroticím	0,971	modrá
4	Hlavní řad od odbočky k Vítonicím, Kyjovicím a Žeroticím po ÚV Oleksovice	2,766	oranžová
5	Odbočný přiváděcí řad z hlavního řadu do VDJ Těšetice	2,364	růžová
6	Odbočný přiváděcí řad z hlavního řadu do VDJ Prosiměřice	1,358	zelená
7	Odbočný přiváděcí řad z hlavního řadu do Vítonic, Kyjovic a Žerotic	2,974	fialová
8	Zrealizovaný hlavní řad od ÚV Oleksovice po VDJ Dolenice	11,635	šedá

Výškopis terénu v místě objektů a potrubí byl převzat z GIS, který je ve správě VAS, a. s. - divize Znojmo. Chybějící výšky terénu, zejména v trasách mimo zastavěné území byly převzaty z veřejně dostupných databází ČUZK s přesností cca 1 m. Výškový profil se pohybuje v nadmořské výšce 194 až 292 m n.m. Jak je patrné z Obr. 3.4 znázorňující podbarvenou mapu oblasti podle vrstevnic, hlavní výškový profil trasy přiváděcího řadu má miskovitý tvar. V modře podbarvené oblasti přibližně uprostřed trasy lze očekávat vysoké tlakové poměry.



Obr. 3.4 Nadmořská výška zájmové oblasti

### 3.5.2 Schematizace odběrných míst

Vzhledem k rozsáhlé zájmové oblasti bylo potřeba pro stavbu modelu schematizovat odběrná místa. Modelovat úplně celé vodovodní sítě všech zainteresovaných obcí by bylo velmi náročné, zdlouhavé a neefektivní. Nejen že nebyly v rámci podkladových materiálů všechny rozvodné vodovodní sítě obcí k dispozici, ale propojení mezi některými z nich je teprve výhledově plánované. Starostové obcí v čase řešení této diplomové práce nedodali jasné stanovisko, zda o pitnou vodu z přiváděcího řadu mají zájem, či nikoli. Návrh a posouzení propojovacích řadů k obcím by tedy bylo v rámci této práce neúměrně složité. V takto podrobném a rozsáhlém modelu by byla vyšší pravděpodobnost výskytu chyb. Proto byla pro jednotlivé obce vypočítána potřeba vody, která se do modelu zadala jako jedno odběrné místo pro celou obec. Jako další zjednodušení byly některé sousedící obce zařazeny do samostatných skupin, neboť případné odbočení z přiváděče by zásobovalo všechny tyto obce.

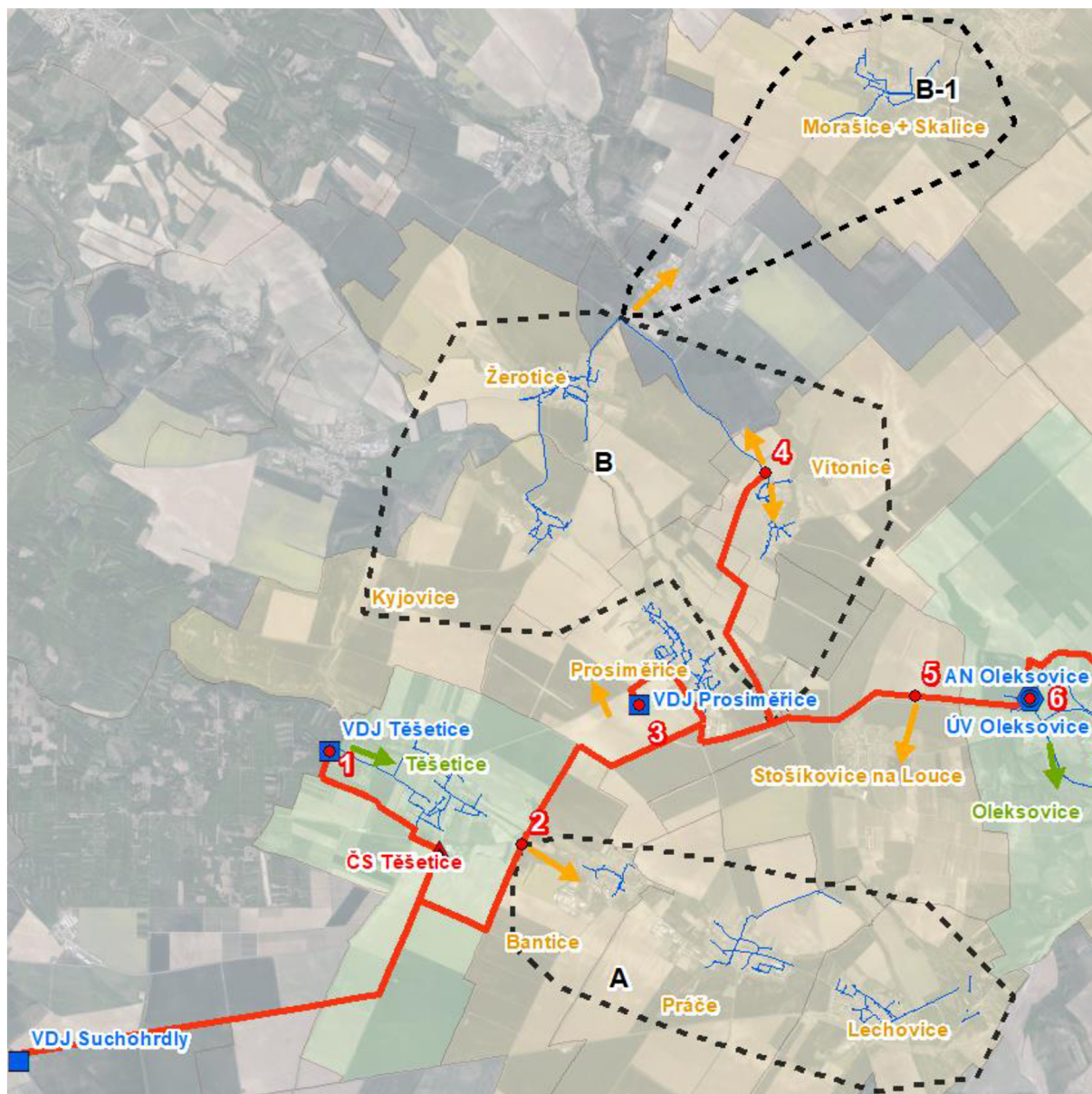
Následující tabulka znázorňuje, jak jsou v modelu jednotlivé obce rozříděny do uzlových odběrů (dále jen „UO“). Objasnění svazku, jehož obce jsou či nejsou součástí, bylo vysvětleno v kapitole 3.3 Současný způsob zásobování pitnou vodou.

Tab. 3.4 Uzlové odběry na trase přiváděcího řadu

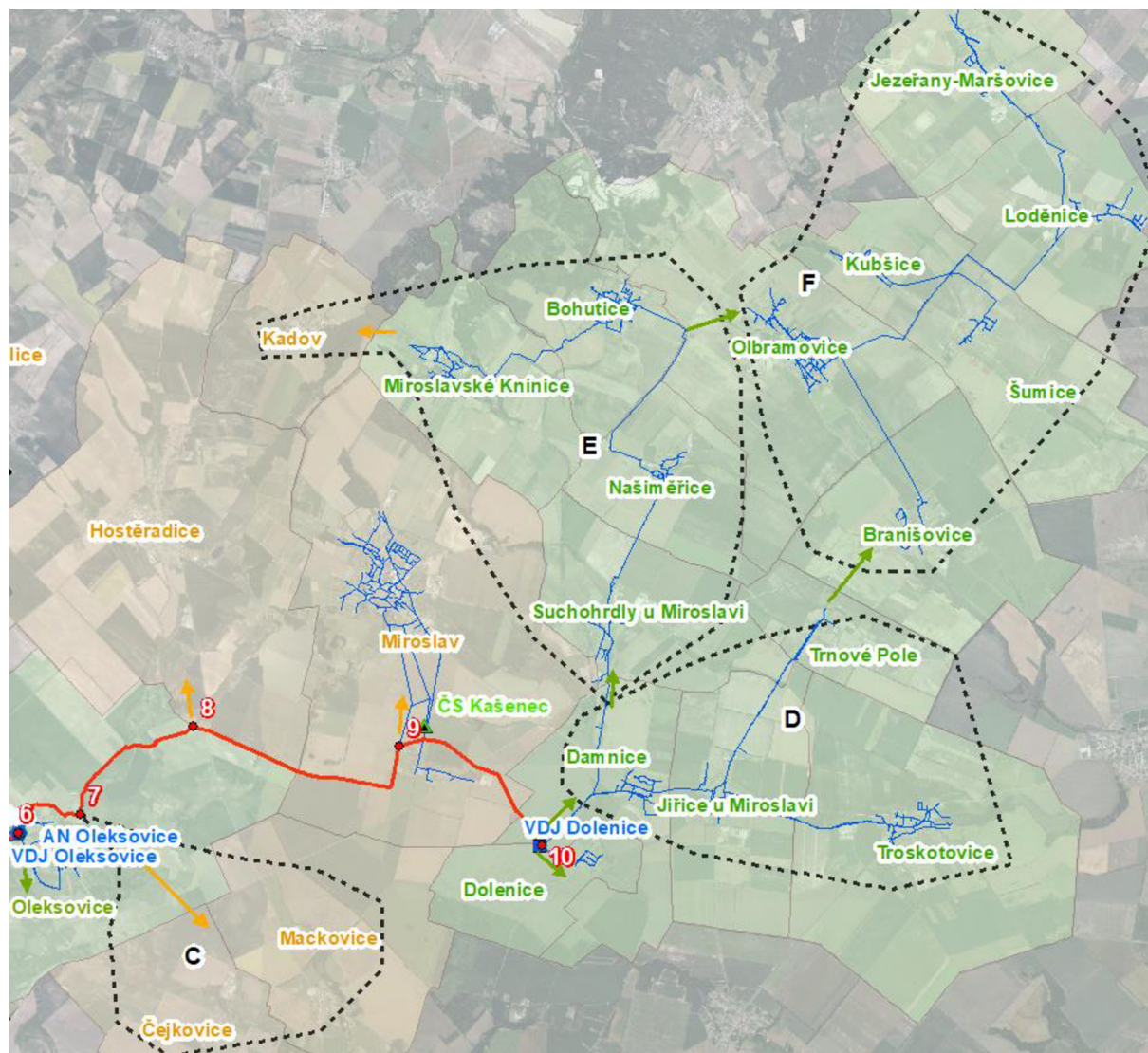
Číslo uzlového odběru	Svazek	Popis
1	✓	Napojení obce Těšetice
2	✗	Napojení skupiny obcí A: Bantice, Práče, Lechovice
3	✗	Napojení obce Prosiměřice
4	✗	Napojení skupiny obcí B: Vítovice, Žerotice, Kyjovice
	✗	Napojení skupiny obcí B-1: Morašice, Skalice
5	✗	Napojení obce Stošíkovice na Louce
6	✓	Napojení obce Oleksovice
7	✗	Napojení skupiny obcí C: Mackovice, Čejkovice
8	✗	Napojení obce Hostěradice
9	✗	Napojení obce Miroslav
10	✓	Napojení obce Dolenice
	✓	Napojení skupiny obcí D: Damnice, Jiřice u Miroslavi, Trnové Pole, Troskotovice
	✓ <sup>1)</sup>	Napojení skupiny obcí E: Kadov (✗), Miroslavské Knínice, Bohutice, Suchohrdly u Miroslavi, Našiměřice
	✓	Napojení skupiny obcí F: Kubšice, Olbramovice, Šumice, Branišovice, Loděnice, Jezeřany-Maršovice

Pozn.: <sup>1)</sup> Obec Kadov nesvazková





Obr. 3.5 Uzlové odběry (1 až 6) na trase příváděcího řadu



Obr. 3.6 Uzlové odběry (6 až 10) na trase přiváděcího řadu

### 3.5.3 Objekty na trase přiváděcího řadu

Ač má většina obcí vodojem, který by při napojení na přivaděč plnil vyrovnávací funkci, tak jsou v modelu na trase zahrnuty pouze 4 nejdůležitější vodojemy, kterými jsou VDJ Suchohrdly, VDJ Těšetice, VDJ Prosiměřice a VDJ Dolenice.

**VDJ Suchohrdly** se nachází jihovýchodně od obce Suchohrdly na kraji silnice II/408. Okolo něj se rozléhá vinice. Vodojem je zásoben přivodným řadem z ÚV Znojmo. V současnosti vede z VDJ Suchohrdly gravitační přivodný řad do armaturní šachty Tasovice, kde je voda předávána do vodovodů Svazku obcí Tasovice a Hodonice. Odbočkami z tohoto přivodného řadu jsou zásobovány objekty podél silnice č. 53 z Dobšic směr Brno a také obec Dyje. Jedná se o zemní vodojem s akumulací  $2 \times 250 \text{ m}^3$  a s kótou přelivu  $289,40 \text{ m n. m}$  a kótou dna nádrží  $286,00 \text{ m n. m}$ . Vstupní dveře do objektu jsou plechové s tepelnou izolací. Podlaha je z keramické dlažby, na níž navazuje keramický obklad na stěnách místností, které jsou zároveň vymalované. Sestup do armaturního prostoru je řešen kompozitovým žebříkem s ochranným zábradlím. Poklopy do akumuláčních nádrží jsou vodotěsné kompozitové s protiskluznou povrchovou úpravou. Vstup do akumuláčních nádrží je řešen nerezovými



žebříky. Celý prostor je odvětráván, přičemž vzduchové potrubí do nádrží jsou opatřeny vzduchovými filtry. [28]



Obr. 3.7 VDJ Suchohrdly. Foto Marie Bergerová



Obr. 3.8 VDJ Suchohrdly – vzduchový filtr. Foto Marie Bergerová



Obr. 3.9 VDJ Suchohrdly – sestup do armaturní komory a armaturní komora. Foto Marie Bergerová

**VDJ Těšetice** (maximální hladina 284,70 m n.m.) se nachází na kraji lesa západním směrem od obce Těšetice. V modelu musel být vodojem zahrnut z důvodu nízkého rozdílu maximálních hladin s VDJ Suchohrdly. Tento nízký rozdíl 4,70 m by nemusel zaručit gravitační nátok do VDJ Těšetice. Z toho důvodu by mohla nastat situace, kdy by na odbočce z hlavního řadu k VDJ Těšetice musela být navržena **posilovací čerpací stanice**.

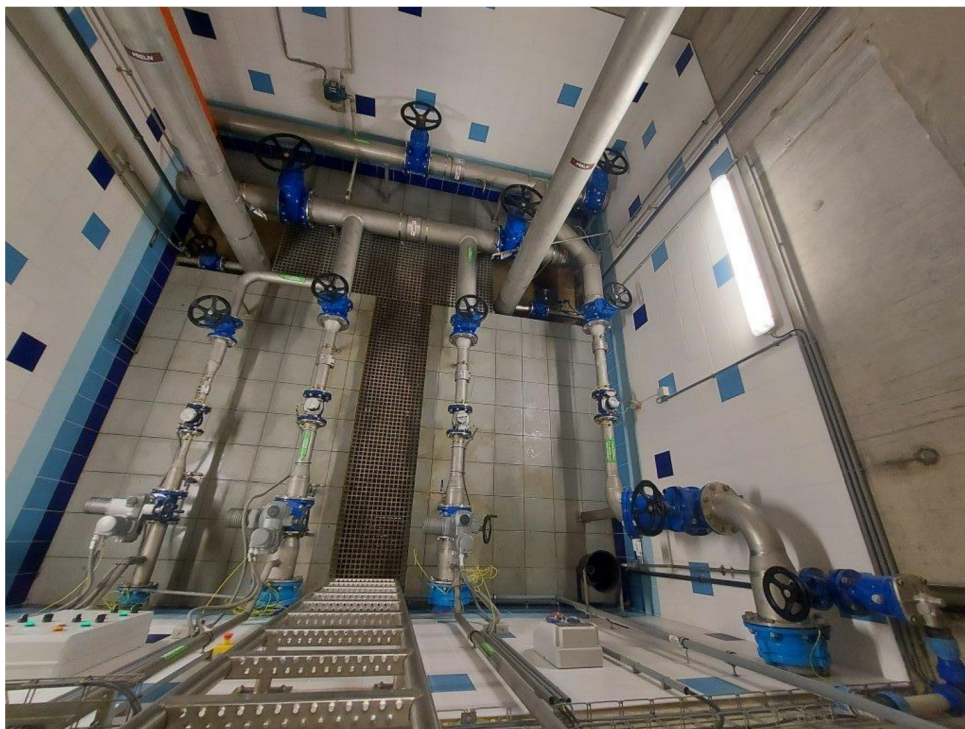
**VDJ Prosiměřice** se nachází jihozápadně od obce Prosiměřice nedaleko silnice II/413 směrem na Těšetice. Do modelu byl zahrnut s myšlenkou, že by se mohlo jednat o posilovací vodojem pro obce Vítonice, Žerotice a Žerotice, které by odloučením od SV Horní Dunajovice neměly vodojem, který by vyrovnával přítoky z přivaděče a odtok do spotřebišť.

**VDJ Dolenice** je situován západně od obce Dolenice na katastrálním území Damnice. Nachází se u zpevněné komunikaci asi 600 m od křížení se silnicí III/4152. Skládá se z dvoupodlažní armaturní komory a dvou akumulčních nádrží o objemu vody 2x500 m<sup>3</sup>. Nádrže tvoří pravidelný osmiúhelník. Výška vody v nádržích je 5,20 m. Z VDJ Dolenice vedou celkem 3 zásobní řady. Prvním zásobním řadem se gravitačně voda dopravuje do rozvodné vodovodní sítě obce Dolenice. Druhým zásobním řadem je voda přiváděna do obcí Damnice, Jiříce u Miroslavi, Trnové Pole a Troskotovice. Třetím zásobním řadem se zásobují obce Suchohrdly u Miroslavi, Našiměřice a Bohutice.



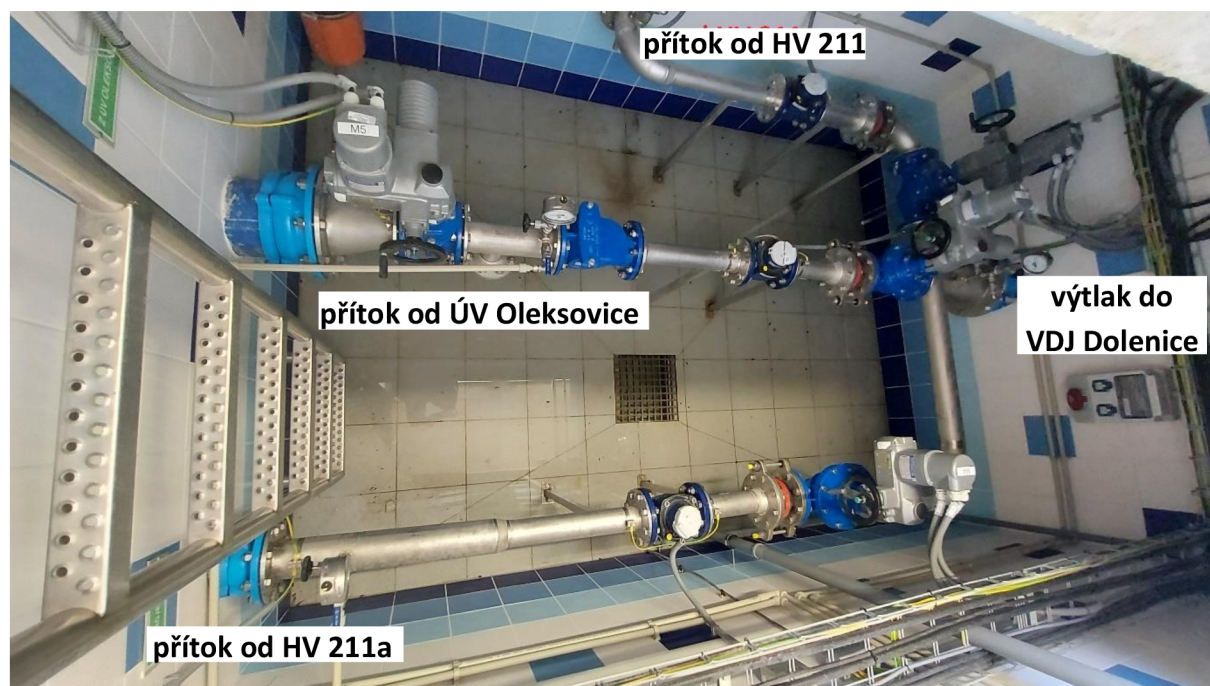


Obr. 3.10 VDJ Dolenice [29]



Obr. 3.11 VDJ Dolenice – armaturní komora [30]

Na trase přivaděče se nacházejí ještě další objekty mimo vodojemů, a těmi jsou **ÚV Oleksovice a ČS Kašenec**. U ÚV Oleksovice se uvažuje s propojením nové části přivaděče ke stávající části přivaděče v armaturní šachtě. ÚV Oleksovice se tak dostane mimo soustavu a bude **ukončen její provoz**, který by byl při napojení na SV Znojmo neefektivní. Informace o ČS Kašenec byly blíže popsány v kapitole 3.3 *Současný způsob zásobování pitnou vodou*.



Obr. 3.12 Armaturní šachta ČS Kašenec [31]

### 3.6 VÝPOČET POTŘEBY VODY

Pro výpočet potřeby vody byla použita metodika z roku 1973, a to směrnice č. 9/1973 Ú.v., pro výpočet potřeby vody při navrhování vodovodních a kanalizačních zařízení a posuzování vydatnosti vodních zdrojů vydaná Ministerstvem lesního a vodního hospodářství ČSR a Ministerstvem zdravotnictví ČSR. Dále byla použita Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). [32] [33]

Pro analýzu potřeby vody jsou použity následující vztahy:

$$Q_p = PO \cdot q_{spec} \quad (3.1)$$

$$Q_d = Q_p \cdot k_d \quad (3.2)$$

$$Q_h = Q_d \cdot k_h \quad (3.3)$$

$$VVR = VFC + VFN \quad (3.4)$$

$$FC = VFD + VFO = \sum Q_p \quad (3.5)$$

$$VNF = 0,17 \cdot VVR \quad (3.6)$$

kde:

- $Q_p$ ... průměrná denní potřeba vody [ $l \cdot s^{-1}$ ]
- $q_{spec}$ ... specifická potřeba vody [ $l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$ ]
- $PO$ ... počet obyvatel [os]
- $Q_d$ ... maximální denní potřeba vody [ $l \cdot s^{-1}$ ]
- $k_d$ ... koeficient denní nerovnoměrnosti [-]
- $Q_h$ ... maximální hodinová potřeba vody [ $l \cdot s^{-1}, m^3 \cdot den^{-1}$ ]
- $k_h$ ... koeficient hodinové nerovnoměrnosti [-]
- $VVR$ ... voda vyrobená k realizaci (dodaná do distribučního systému)
- $VFC$ ... voda fakturovaná celkem
- $VNF$ ... voda nefakturovaná
- $VFD$ ... voda fakturovaná domácnostem
- $VFO$ ... voda fakturovaná ostatním odběratelům

Denní spotřeba vody celé oblasti byla vypočítána k roku 2022, k čemuž byly využity údaje o počtu obyvatel z Českého statistického úřadu. Hodnota specifické potřeby vody pro obyvatelstvo byla převzata z Vyhlášky 428/2001 Sb., jedná se o hodnotu  $36 m^3 \cdot os^{-1} \cdot rok^{-1}$  pro rodinné domy, a to je  $99 l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$ . Jelikož nebyly podrobně zkoumány objekty občanské vybavenosti, hodnota specifické potřeby vody pro občanskou vybavenost byla stanovena pro všechny obce dle směrnice č. 9/1973, a to na  $20 l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$ . [32]

Ve zmíněné směrnici č. 9 jsou k nalezení hodnoty koeficientů denní nerovnoměrnosti dle velikosti spotřebiště. Postupem času byly koeficienty na základě zkušeností z reálného provozu postupně upravovány pomocí empirických vztahů. Různé zdroje aktuálně doporučují použití různých hodnot koeficientů. Koeficient hodinové nerovnoměrnosti se určuje na základě charakteru zástavby v intervalu 1,8-2,1, kde vyšší hodnoty se doporučují pro spotřebiště sídlištního charakteru. Zvolená hodnota může být také zvolena podle toho, zda se rozlišují pracovní dny nebo dny pracovního klidu. [19] [34] [33] V této práci byly využity koeficienty



denní nerovnoměrnosti uvedené v Tab. 3.6 níže. Pro výpočet maximální hodinové potřeby jednotlivých obcí byla maximální denní potřeba vody zatížena koeficientem hodinové nerovnoměrnosti  $k_h=1,8$ .

**Tab. 3.5 Koeficienty denní nerovnoměrnosti dle směrnice č. 9/1973 [34]**

Počet obyvatel	$k_d$
< 1 000	1,50
1 000 - 5 000	1,40
5 001 - 20 000	1,35
20 001 - 1 000 000	1,25
> 1 000 000	1,15

**Tab. 3.6 Koeficienty denní nerovnoměrnosti – empirické hodnoty [34]**

Počet obyvatel	$k_d$
< 500	1,50
500 - 2 000	1,35
2 001 - 20 000	1,30
20 001 - 1 000 000	1,25
> 1 000 000	1,20

Potřeba vody v obcích Vítonice, Žerotice a Kyjovice nebyla počítána, ale byla převzata z analýzy spotřeby vody ze studie *Skupinový vodovod Horní Dunajovice: Přechod na zásobování pitnou vodou bez použití chemické desinfekce z roku 2020*. Tyto hodnoty vyplývají z provedené měrné kampaně, které sloužily ke kalibraci hydraulického simulačního modelu SV Horní Dunajovice. Tento model byl i s vypracovanou studií poskytnuty vedoucím práce.

**Tab. 3.7 Spotřeba vody v obcích Žerotice, Kyjovice a Vítonice [26]**

Žerotice a Kyjovice		všechny dny	Vítonice		všechny dny
$Q_p$	$[l \cdot s^{-1}]$	0.66	$Q_p$	$[l \cdot s^{-1}]$	0.20
$Q_d$	$[l \cdot s^{-1}]$ $[m^3 \cdot d^{-1}]$	1.45 125.6	$Q_d$	$[l \cdot s^{-1}]$ $[m^3 \cdot d^{-1}]$	0.64 55.1
$Q_{min}$	$[l \cdot s^{-1}]$	0.0	$Q_{min}$	$[l \cdot s^{-1}]$	0.0
$Q_h$	$[l \cdot s^{-1}]$	2.97	$Q_h$	$[l \cdot s^{-1}]$	2.00

Vypočtené výsledné hodnoty potřeby vody ve všech obcích jsou shrnuta v Tab. 3.8 níže.

**Tab. 3.8 Potřeba vody zájmového území**

Název obce	Počet obyvatel 2022 <sup>1)</sup>	Potřeba vody obyvatelstvo + občanská vybavenost						
		Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> .den <sup>-1</sup> ]	Q <sub>p</sub> [l.s <sup>-1</sup> ]	k <sub>d</sub> [-]	Q <sub>d</sub> [m <sup>3</sup> .den <sup>-1</sup> ]	Q <sub>d</sub> [l.s <sup>-1</sup> ]	k <sub>h</sub> [-]	Q <sub>h</sub> [l.s <sup>-1</sup> ]
Těšetice	591	70,1	0,81	1,35	94,6	1,10	1,80	1,97
Bantice	288	34,2	0,40	1,50	51,2	0,59	1,80	1,07
Práče	801	95,0	1,10	1,35	128,3	1,48	1,80	2,67
Lechovice	541	64,2	0,74	1,35	86,6	1,00	1,80	1,81
Prosiměřice	866	102,7	1,19	1,35	138,7	1,61	1,80	2,89
Vítonice <sup>2)</sup>	256	17,3	0,20	-	55,1	0,64	-	2,00
Žerotice <sup>2)</sup>	344	57,0	0,66	-	125,6	1,45	-	2,97
Kyjovice <sup>2)</sup>	145							
Morašice	231	27,4	0,32	1,50	41,1	0,48	1,80	0,86
Skalice	514	61,0	0,71	1,35	82,3	0,95	1,80	1,71
Stošikovice na Louce	311	36,9	0,43	1,50	55,3	0,64	1,80	1,15
Oleksovice	661	78,4	0,91	1,35	105,9	1,23	1,80	2,21
Čejkovice	237	28,1	0,33	1,50	42,2	0,49	1,80	0,88
Mackovice	389	46,1	0,53	1,50	69,2	0,80	1,80	1,44
Hostěradice	1 618	191,9	2,22	1,35	259,1	3,00	1,80	5,40
Miroslav	3 003	356,2	4,12	1,30	463,1	5,36	1,80	9,65
Miroslavské Knínice	330	39,1	0,45	1,50	58,7	0,68	1,80	1,22
Kadov	150	17,8	0,21	1,50	26,7	0,31	1,80	0,56
Bohutice	661	78,4	0,91	1,35	105,9	1,23	1,80	2,21
Dolenice	135	16,0	0,19	1,50	24,0	0,28	1,80	0,50
Damnice	355	42,1	0,49	1,50	63,2	0,73	1,80	1,32
Jiřice u Miroslavi	469	55,6	0,64	1,50	83,5	0,97	1,80	1,74
Trnové Pole	122	14,5	0,17	1,50	21,7	0,25	1,80	0,45
Troskotovice	696	82,6	0,96	1,35	111,5	1,29	1,80	2,32
Suchohrdly u Miroslavi	508	60,3	0,70	1,35	81,4	0,94	1,80	1,69
Našiměřice	204	24,2	0,28	1,50	36,3	0,42	1,80	0,76
Kubšice	157	18,6	0,22	1,50	27,9	0,32	1,80	0,58
Olbramovice	1 120	132,9	1,54	1,35	179,4	2,08	1,80	3,74
Šumice	295	35,0	0,41	1,50	52,5	0,61	1,80	1,09
Branišovice	602	71,4	0,83	1,35	96,4	1,12	1,80	2,01
Loděnice	532	63,1	0,73	1,35	85,2	0,99	1,80	1,78
Jezeřany-Maršovice	783	92,9	1,08	1,35	125,4	1,45	1,80	2,61
<b>Celkem</b>	<b>17 526</b>	<b>2 111,2</b>	<b>24,4</b>	<b>-</b>	<b>2 978,0</b>	<b>34,5</b>	<b>-</b>	<b>63,2</b>

Pozn: <sup>1)</sup> Údaje o počtu obyvatel ze Statistického úřadu k 1.1.2022

<sup>2)</sup> Hodnoty převzaty ze studie Skupinový vodovod Horní Dunajovice: Přejít na zásobování pitnou vodou bez použití chemické desinfekce z roku 2020

Voda nefakturovaná (VNF) představuje ztráty vody, které byly uvažovány jako 17 % z vody vyrobené k realizaci (VVR), což je průměrná hodnota ztrát vody v České republice převzatá ze SOVAK. Zbýlých 83 % VVR tvoří voda fakturovaná celkem (VFC). [35]

**Tab. 3.9 Voda vyrobená k realizaci – průměrná denní potřeba**

Název obce	Voda fakturovaná celkem	Voda nefakturovaná	Voda vyrobená k realizaci
	$Q_p - Q_{VFC}$ [l.s <sup>-1</sup> ]	$Q_p - Q_{VNF}$ [l.s <sup>-1</sup> ]	$Q_p - Q_{VVR}$ [l.s <sup>-1</sup> ]
Těšetice	0,81	0,17	0,98
Bantice	0,40	0,08	0,48
Práče	1,10	0,23	1,33
Lechovice	0,74	0,15	0,89
Prosiměřice	1,19	0,24	1,43
Vítonice	0,20	0,04	0,24
Žerotice	0,66	0,14	0,80
Kyjovice			
Morašice	0,32	0,06	0,38
Skalice	0,71	0,14	0,85
Stošíkovice na Louce	0,43	0,09	0,51
Oleksovice	0,91	0,19	1,09
Čejkovice	0,33	0,07	0,39
Mackovice	0,53	0,11	0,64
Hostěradice	2,22	0,46	2,68
Mirotslav	4,12	0,84	4,97
Mirotslavské Knínice	0,45	0,09	0,55
Kadov	0,21	0,04	0,25
Bohutice	0,91	0,19	1,09
Dolenice	0,19	0,04	0,22
Damnice	0,49	0,10	0,59
Jiřice u Miroslavi	0,64	0,13	0,78
Trnové Pole	0,17	0,03	0,20
Troskotovice	0,96	0,20	1,15
Suchohrdly u Miroslavi	0,70	0,14	0,84
Našiměřice	0,28	0,06	0,34
Kubšice	0,22	0,04	0,26
Olbramovice	1,54	0,31	1,85
Šumice	0,41	0,08	0,49
Braníšovice	0,83	0,17	1,00
Loděnice	0,73	0,15	0,88
Jezeřany-Maršovice	1,08	0,22	1,30
<b>Celkem</b>	<b>24,6</b>	<b>5,0</b>	<b>29,7</b>



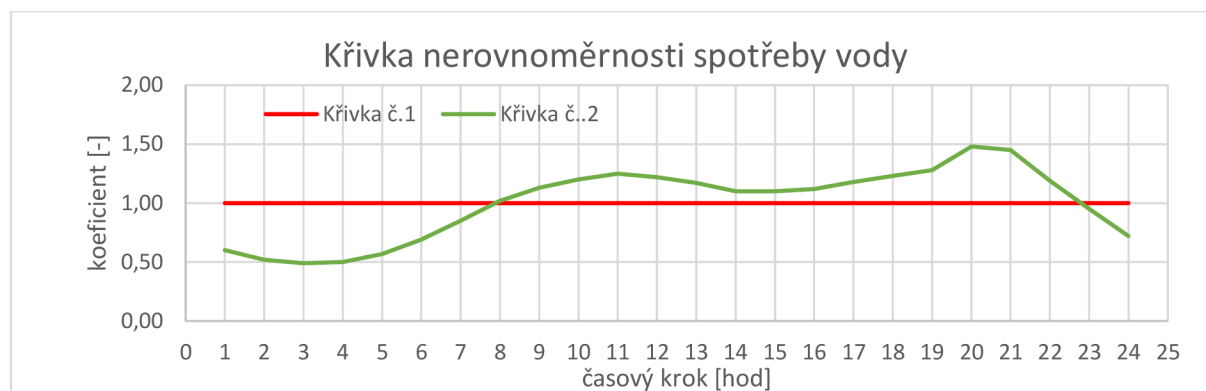
### 3.6.1 Průběh spotřeby vody

Nový přivaděč z VDJ Suchohrdly do Oleksovic bude sloužit pro zásobování více obcí. Tento prvek distribuční soustavy bude tedy sloužit jednak pro dopravu vody do vodojemů a jednak pro přímé zásobení spotřebišť. Je tak nutné znát průběh spotřeby vody v čase.

Následující tabulka vyobrazuje koeficienty nerovnoměrnosti odběru vody pro každý časový krok během dne, který je dlouhý 1 hodinu. Jedná se o koeficienty, jejichž hodnoty byly také převzaty ze studie *Skupinový vodovod Horní Dunajovice: Přechod na zásobování pitnou vodou bez použití chemické desinfekce* z roku 2020 a byly použity pro nový vytvořený model. Pakliže by byly ztráty vody zadávány v modelu samostatně, charakterizovala by je v modelu křivka č. 1. Jak byly ztráty vody v modelu zahrnuty je blíže vysvětleno v kapitole 3.7.2 Stavba hydraulického simulačního modelu. V případě této práce byla tato křivka použita pro simulaci napouštění vyrovnávacích vodojemů konstantním průtokem z přivaděčího řadu, tedy pro spotřebišťe zatížené maximální denní potřebou. Křivka č. 2 byla přiřazena spotřebišťím napojených přímo na přivaděčí řad bez vyrovnávacího vodojemu.

**Tab. 3.10 Koeficienty nerovnoměrnosti odběru vody pro různě zatížené uzlové odběry [26]**

Hodina / číslo křivky	1	2
0-1	1,00	0,60
1-2	1,00	0,52
2-3	1,00	0,49
3-4	1,00	0,50
4-5	1,00	0,57
5-6	1,00	0,69
6-7	1,00	0,85
7-8	1,00	1,02
8-9	1,00	1,13
9-10	1,00	1,20
10-11	1,00	1,25
11-12	1,00	1,22
12-13	1,00	1,17
13-14	1,00	1,10
14-15	1,00	1,10
15-16	1,00	1,12
16-17	1,00	1,18
17-18	1,00	1,23
18-19	1,00	1,28
19-20	1,00	1,48
20-21	1,00	1,45
21-22	1,00	1,19
22-23	1,00	0,95
23-24	1,00	0,72



Obr. 3.13 Graf znázorňující koeficienty nerovnoměrnosti odběru vody

## 3.7 HYDRAULICKÝ SIMULAČNÍ MODEL

### 3.7.1 Zatěžovací stavy

Na základě hydraulické analýzy soustavy byly v simulačním modelu definovány čtyři kombinace zohledňující varianty řešení, které se liší tím, zda voda z přiváděcího řadu do VDJ Těšetice:

- A) Bude dopravena gravitačně bez posilovací ČS Těšetice pod VDJ Těšetice.
- B) Bude uvažována výstavba posilovací ČS pod VDJ Těšetice.

Dalším kritériem pro variantní řešení je předpoklad, které obce budou výhledově na přiváděcí řad napojeny.

- 1) Budou napojeny všechny obce, které mají o napojení zájem, tedy „svazkové“ i „nesvazkové“.
- 2) Budou napojeny výhradně obce „svazkové“.

### 3.7.2 Stavba hydraulického simulačního modelu

Hlavním podkladem pro sestavení hydraulického simulačního modelu byla předběžně navržená trasa přiváděcího řadu společně s vodovodními sítěmi okolních obcí, které byly poskytnuty společností VAS a.s. ve formátu \*.dwg. Jako první krok při stavbě modelu je nezbytné provést skeletonizaci trasy přiváděče, tj. rozdělení sítě na přiměřený počet uzlů a úseků. Nejprve byly uzly vybrány v místě odbočení řadů, jejich spojení nebo křížení a samozřejmě koncích řadů. Výpočtové uzly se musely také přiřadit tam, kde se na trase přiváděče vyskytují výškové lomy. Následovalo rozdělování příliš dlouhých úseků na kratší. Nelze jednoznačně definovat, jak dlouhý by měl úsek v modelu být. Vhodná délka úseků a s tím související počet uzlů může mít určitý vliv na přesnost modelu. Model by byl nejpřesnější, kdyby byly úseky rozděleny podle jednotlivých odběrných míst a hustoty zástavby. Stavba takového modelu by však byla neúměrně zdlouhavá a složitá. Nejen z tohoto důvodu byly v tomto případě celé obce (případně skupina obcí) uvažovány jako jedno odběrné místo (viz 3.5.2 Schematizace odběrných míst). Dlouhé úseky pak byly vzhledem k celkové délce přiváděcího řadu rozděleny tak, aby nebyly delší 500 m.

Po rozdělení na uzly a úseky se přiváděcí řad uložil jako soubor ve formátu \*.dxf, který se následně pomocí podpůrného programu epaCAD exportoval do formátu \*.ipn. Tento formát

zachovává topologii sítě, souřadnice X,Y uzlů i délky úseků a lze jej otevřít v programu EPANET 2.2. V rámci simulace byly nastaveny jednotky průtoku na  $l \cdot s^{-1}$  a vztah pro výpočet tlakových ztrát třením po délce dle Darcy-Weisbacha. Pro simulace byla zvolena metoda výpočtu řízená odběrem, tj. Demand Driven Analysis.

### **Výpočtové úseky**

Jelikož nijak nelze převést informace o dimenzích potrubí, typu materiálu a drsnosti potrubí, je potřeba tato data přiřazovat úsekům v pracovním prostředí EPANET 2.2, a to buď každému úseku jednotlivě, nebo pomocí skupinového výběru přes kartu „Edit“. Úsekům, které spadají pod již hotovou část přivaděče, byla přiřazena odpovídající dimenze potrubí. Pro správný výpočet průtoku je nutné zadávat vnitřní průměr potrubí, zadala se tedy hodnota 198,20 mm. Pro tuto nedávno vybudovanou část přivaděče bylo nutné stanovit hydraulickou drsnost potrubí, které se s životností potrubí zvyšuje. Jelikož neproběhlo žádné měření, byla hydraulická drsnost potrubí pro úseky této části přivaděče odhadnuta dle zkušeností vedoucího práce na hodnotu 0,24 mm. U nových navrhovaných úseků se přednostně uvažovalo s použitím polyethylenového potrubí. Jelikož se i u nového potrubí počítá s počáteční drsností, byla na stranu bezpečnou stanovena hydraulická drsnost na hodnotu 0,202 mm. Dimenze těchto úseků byla nejprve odhadnuta na stejnou počáteční hodnotu a při následných simulacích se dimenze na hlavním i odbočném řadu pozměňovala tak, aby se našlo optimální řešení.

Na potrubí na přítoku do VDJ Těšetice a VDJ Prosiměřice byly navrženy škrtkové armatury pro omezení nátoku do vodojemů tak, aby nedocházelo k nežádoucímu rychlému nátoku do akumulacních nádrží vodojemů a tím kolísání tlaku v přivaděčím řadu.

V místě, kde se na přivaděčím řadu uvažuje s posílením průtoku z ČS Kašenec, se vložil úsek s čerpadlem. Q-H charakteristika čerpadla byla určena tak, aby do přivaděče přitékalo 7 až 8  $l \cdot s^{-1}$  vody, což odpovídá čerpanému množství z tohoto zdroje v současnosti. Byl zadán požadavek, aby průtok vody probíhal pouze směrem z VDJ Suchohrdly do VDJ Dolenice. Pro úsek před napojením ČS Kašenec byla tedy nastavena počáteční podmínka „Check Valve“. Je-li aktivní, umožní průtok v úseku pouze směrem z počátečního do koncového uzlu. Další úsek s čerpadlem se zároveň přidal na odbočný přivaděčí řad k VDJ Těšetice, jelikož se musel posoudit význam přítomnost posilovací čerpací stanice.

## Výpočtové uzly

Stejně jako u úseků, ani uzlům nelze nijak dopředu přiřadit nadmořské výšky terénu. Proto se musela každému uzlu jednotlivě vložit nadmořská výška převzatá z GIS provozovatele nebo z veřejně dostupných databází CUZK s přesností cca 1 m.

Do programu se vložily vodojemy a zadaly se potřebné údaje, jako je úroveň dna v nádrži, maximální a minimální hladina vody a objem vodojemu. Informace potřebné pro zadání těchto údajů byly dodány provozovatelem VAS, a.s – divize Znojmo.

Přítok pitné vody ze SV Znojmo do VDJ Suchohrdly, kterým se bude celá zájmová oblast zásobovat, se nasimuloval pomocí Reservoir jako nekonečný zdroj vody pro VDJ Suchohrdly.

Uzlovým odběrům bylo nutno přiřadit odpovídající odběr vody, který se v EPANETu zadává do kolonky „Base Demand“. Je nezbytné však pochopit princip výpočtu v EPANETu, který funguje podle následující rovnice:

$$A_D = DM \cdot BD \cdot DP_M \quad (3.7)$$

kde:  $A_D$ ... Actual Demand

$DM$ ... Demand Multiplier

$BD$ ... Base Demand

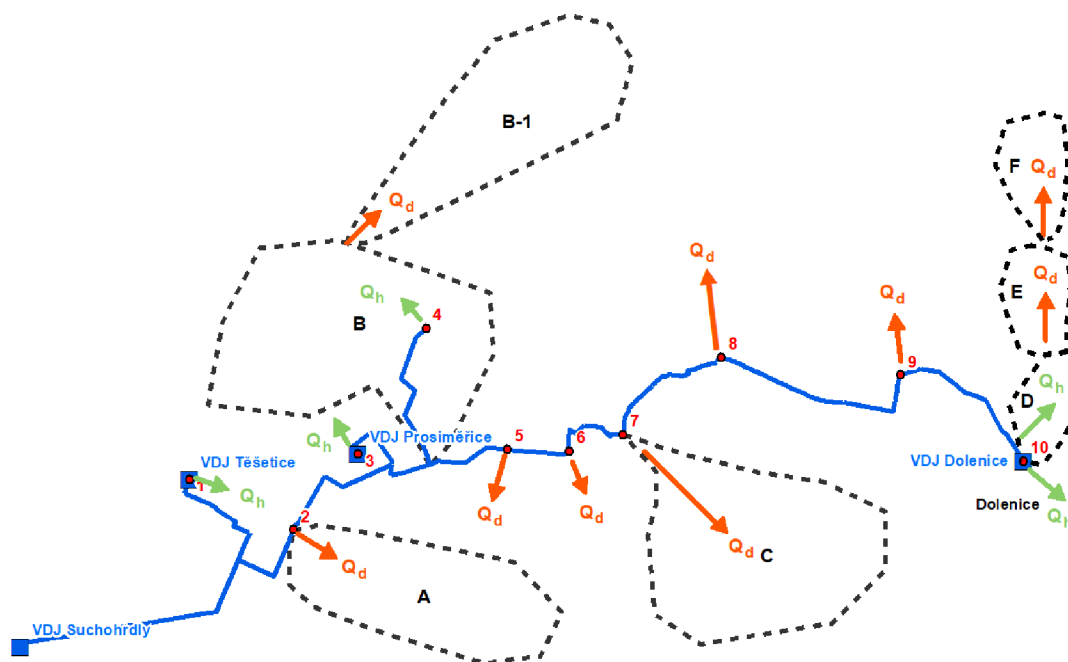
$DP_M$ ... Demand Pattern Multiplier

**Demand Multiplier** je koeficient, kterým jsou v modelaci vynásobeny veškeré odběry v uzlech. V rámci této práce však zůstala hodnota koeficientu na výchozí nastavené hodnotě, která je rovna 1. Pakliže bychom v simulaci potřebovali zadané odběry vody snížit či navýšit například dle simulovaného období (letní/zimní), hodnota koeficientu by se upravila.

**Actual Demand** je „skutečný odběr“, který je v EPANETu vypočten po správně provedené simulaci. Vypočtená hodnota je tvořena ze dvou složek, a to ztrát vody (VNF viz kapitola 3.6 Výpočet potřeby vody) a příslušné potřeby vody. Ta se pro obce počítala dvěma způsoby. Bylo totiž nutné rozlišit obce podle toho, zda jim bude voda z přivaděče dodávána přímo do rozvodné sítě nebo do vodojemu, který bude vyrovnávat přítoky a odtoky vody. Téměř všechny obce tento vyrovnávací vodojem mají. U těchto obcí se při výpočtu odběru vody uvažovalo s hodnotou maximální denní potřeby  $Q_d$ . Obce bez vyrovnávacího vodojemu, tj. „skupina obcí B“ (Vítovice, Žerotice a Kyjovice), se zatížily maximální hodinovou potřebou  $Q_h$ . Zároveň se však hodnotou  $Q_h$  zatížily také obce Těšetice, Prosiměřice, Dolenice a „skupina obcí C“, neboť se jedná o spotřebišť za vodojemem, jejichž vodojemy jsou jako objekty součástí modelu a sleduje se jejich plnění a prázdnění v průběhu simulace.

$$A_D = Q_j + VNF \quad (3.8)$$

kde:  $Q_j$ ... příslušná potřeba vody (denní/hodinová)



Obr. 3.14 Schéma uzlových odběrů dle příslušné potřeby vody

Jelikož se jedná o kvazi-dynamickou analýzu, bylo zapotřebí uzlovým odběrům přiřadit patřičný „Pattern“ představující posloupnost koeficientů nerovnoměrnosti odběrů vody během dne. Uzlovým odběrům zatížených  $Q_d$  byla z Obr 3.13 přiřazena křivka č.1. Uzlovým odběrům zatížených  $Q_h$  byla z Obr 3.13 přiřazena křivka č.2. Hodnoty potřeby vody bylo pak nutné vydělit maximálním koeficientem z náležité křivky nerovnoměrnosti odběrů vody během dne, aby byla hodnota Base Demand zadaná pro výpočet správně. Maximální hodnotu koeficientu nerovnoměrnosti odběru vody představuje **Demand Pattern Multiplier**. Uzlovým odběrům zatíženým  $Q_h$  byla přiřazena křivka č.2 z Tab. 3.10, v níž je nejvyšší hodnota koeficientu v čase 19-20 hodin rovna 1,48. Uzlovým odběrům zatíženým  $Q_d$  byla přiřazena křivka č.1 z Tab. 3.10. Demand Pattern Multiplier pro tyto uzlové odběry byl tedy roven hodnotě 1. Ztráty vody nejsou závislé na velikosti odběru vody, zůstávají tedy stejné po celou dobu simulace a nemůžou být maximálním koeficientem nerovnoměrnosti odběrů vody vyděleny.

Z výše uvedeného principu lze úpravou rovnice (3.7) vyjádřit **Base Demand** jako:

$$BD = \frac{Q_i}{DP_M} + VNF \quad (3.9)$$

Dosažením hodnot koeficientů Demand Multiplier a Demand Pattern Multiplier se docílí ke konečnému principu výpočtu Base Demand pro příslušné uzlové odběry:

$$BD_{Q_d} = \frac{Q_d + VNF}{1} = Q_d + VNF \quad (3.10)$$

$$BD_{Q_h} = \frac{Q_h + VNF}{1,48} = \frac{Q_h}{1,48} + VNF \quad (3.11)$$

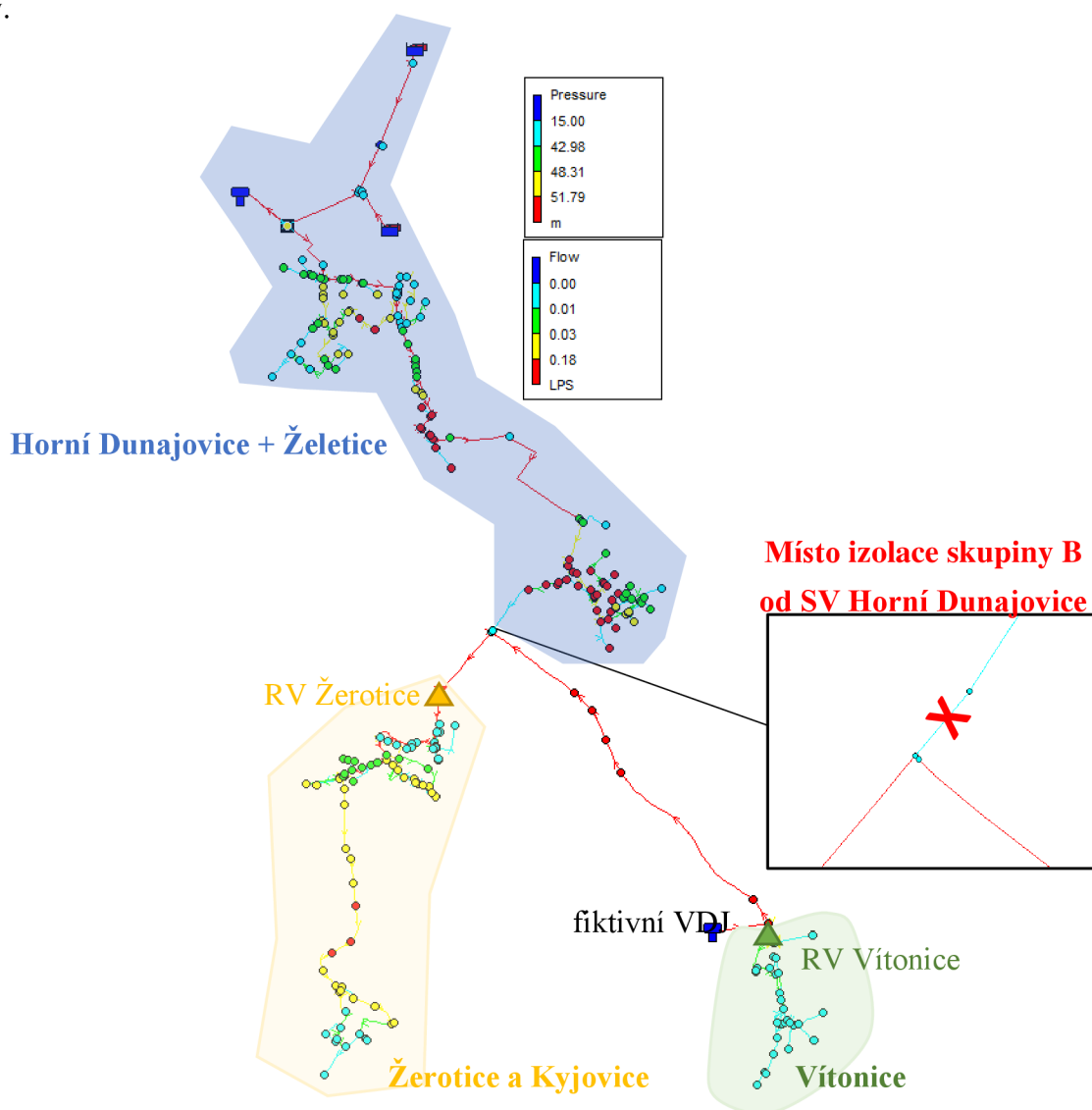
Přesné hodnoty Base Demand zadávané do programu EPANET a přiřazené Patterns pro jednotlivé uzlové odběry jsou v následující Tab. 3.11:

Tab. 3.11 Hodnoty Base Demand pro jednotlivé uzlové odběry

Uzlový odběr	Název obce	Výpočet Base Demand [l.s <sup>-1</sup> ]	Do modelu zadán Base Demand [l.s <sup>-1</sup> ]	Demand Pattern	Poznámka
UO_01	Těšetice	1,50	1,50	2	spotřebiště za VDJ Těšetice – $Q_h$
UO_02	Bantice	0,67	3,54	1	skupina A, napouštění VDJ Bantice, VDJ Práče a VDJ Lechovice – $Q_d$
	Práče	1,71			
	Lechovice	1,15			
UO_03	Prosiměřice	2,20	2,20	2	spotřebiště za VDJ Prosiměřice – $Q_h$
UO_04	Vítonice	1,39	3,53	2	skupina B bez VDJ – $Q_h$
	Žerotice	2,14			
	Kyjovice				
	Morašice	0,54	1,64	1	skupina B1, napouštění VDJ Morašice a VDJ Skalice – $Q_d$
	Skalice	1,10			
UO_05	Stošíkovice na Louce	0,73	0,73	1	napouštění VDJ Stošíkovice – $Q_d$
UO_06	Oleksovice	1,41	1,41	1	napouštění VDJ Oleksovice – $Q_d$
UO_07	Čejkovice	0,55	1,47	1	skupina C, napouštění VDJ Mackovice – $Q_d$
	Mackovice	0,91			
UO_08	Hostěradice	3,45	3,45	1	napouštění VDJ Hostěradice – $Q_d$
UO_09	Miroslav	6,20	6,20	1	napouštění VDJ Dolenice – $Q_d$
UO_10	Dolenice	0,38	0,38	2	spotřebiště za VDJ Dolenice – $Q_h$
UO_10D	Damnice	0,99	4,40	2	skupina D, spotřebiště za VDJ Dolenice – $Q_h$
	Jiřice u Miroslavi	1,31			
	Trnové Pole	0,34			
	Troskotovice	1,76			
UO_10E	Miroslavské Knínice	0,77	4,10	1	skupina E, napouštění VDJ Našiměřice, VDJ Bohutice a VDJ Knínice – $Q_d$
	Kadov	0,35			
	Bohutice	1,41			
	Suchohrdly u Miroslavi	1,08			
	Našiměřice	0,48			
UO_10F	Kubšice	0,37	7,54	1	skupina F, napouštění VDJ Kubšice a VDJ Maršovice – $Q_d$
	Olbramovice	2,39			
	Šumice	0,69			
	Branišovice	1,29			
	Loděnice	1,14			
	Jezeřany-Maršovice	1,67			

### 3.7.3 Kalibrace a verifikace modelu

Jelikož propojení SV Znojmo a SV Damnice zatím neexistuje, nemohla proběhnout taková měrná kampaň, jaká je obvyklá pro distribuční sítě v existujících spotřebištích. Modelovala se tedy pouhá plánovaná koncepce možného přivádění pitné vody do zájmového území. Z tohoto důvodu nemohla být provedena kalibrace a verifikace modelu. V rámci podkladů bylo však možné použít kalibrovaný a verifikovaný model SV Horní Dunajovice. Ten byl využit pro posouzení napojení skupiny B (Vítovice, Žerotice, Kyjovice) a B-1 (Morašice, Skalice), ve kterém byly obce Kyjovice, Žerotice a Vítovice odříznuty od VDJ Horní Dunajovice a přiváděcí řad byl simulován fiktivním vodojemem, jehož hladina byla nastavena tak, aby výškově odpovídala poloze tlakové čáry v místě připojení přiváděcího řadu z VDJ Suchohrdly (označeno jako „UO\_4“). Místo připojení na SV Horní Dunajovice bylo zvoleno tak, aby se nacházelo před stávajícími redukčními ventily s nastavenými konstantními výstupními tlaky. Dále byly poskytnuty údaje o čerpání vody ze zdroje Kašenec, díky čemuž jsme mohli nastavit v modelu čerpadlo tak, aby to odpovídalo reálnému stavu. K dispozici tak byly dva kalibrační body.



Obr. 3.15 Propojení přiváděcího řadu se SV Horní Dunajovice



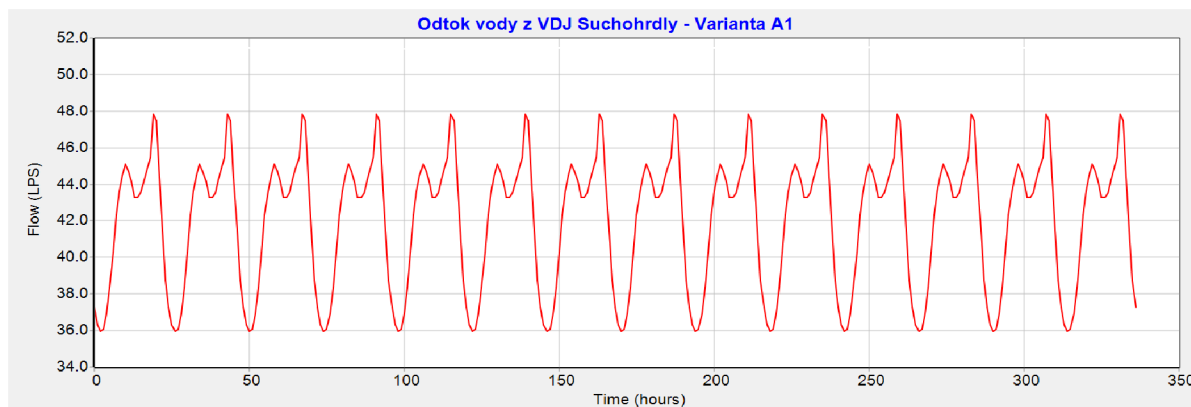
### 3.8 VÝSLEDKY HYDRAULICKÉ ANALÝZY

Pro všechny varianty řešení dle kapitoly 3.7.1 Zatěžovací stavy byl model nastaven na 336 časových kroků s délkou kroku 1 hodina (14x 24 hodin) a reprezentuje chování vodovodní sítě během jednoho reprezentativního dne, který se v simulaci opakuje 14x. Pro návrh dimenzí potrubí byl uvažován zatěžovací stav s vysokou spotřebou vody charakterizovanou denní odběrovou křivkou. Pro zjištění extrémních hodnot byla simulace v EPANETU nastavena tak, aby vykazovala nejhorší možné výsledky (v případě rychlosti proudění minimální extrémy, v případě stáří vody maximální extrémy). Výstupem této analýzy jsou grafické výstupy se zobrazením tlakových poměrů, rychlosti proudění a stáří vody pro všechny zatěžovací stavy uvedené v následujících kapitolách. Výsledek provedené analýzy umožní provozovateli přiváděcího řádu přiblížit chování sítě při jednotlivých variantách a může tak sloužit jako poklad při rozhodovacím procesu schvalování konceptu propojení SV Znojmo a SV Damnice. Simulovány byly variace jednotlivých zatěžovacích stavů, a to následovně:

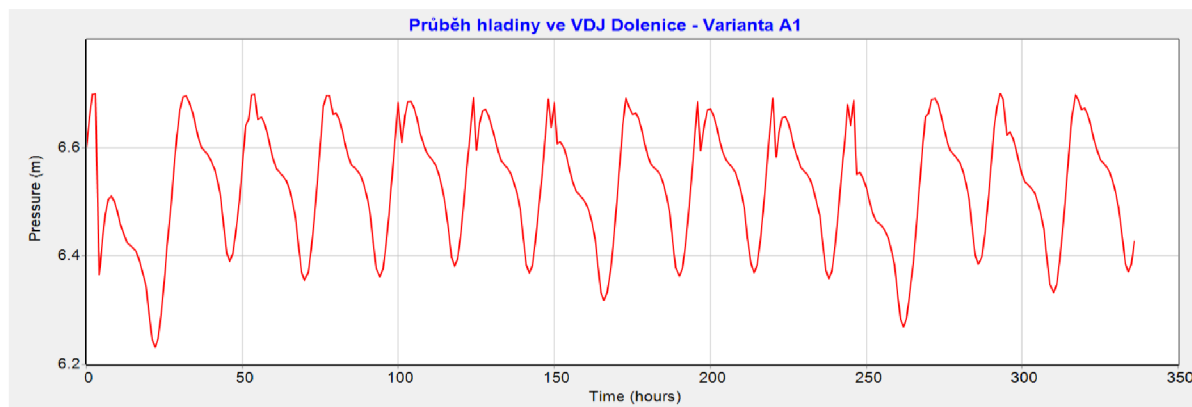
- (A1) Zásobovány obce „svazkové“ i „nesvazkové“, s ČS Těšetice se nepočítá,
- (B1) Zásobovány obce „svazkové“ i „nesvazkové“, výstavba posilovací ČS Těšetice,
- (A2) Zásobovány pouze obce „svazkové“, s ČS Těšetice se nepočítá,
- (B2) Zásobovány pouze obce „svazkové“, výstavba posilovací ČS Těšetice.

Vzhledem k morfologii terénu zájmové oblasti (patrně z Obr. 3.4) byl návrh optimální dimenze potrubí značně omezen. Bylo nutné navrhnout dostatečně kapacitní potrubí, jelikož je zde požadavek na dopravu velkého množství pitné vody na velkou vzdálenost a s omezeným výškovým rozdílem hladin ve vodojemech. Mezi VDJ Suchohrdly a VDJ Těšetice je rozdíl hladin pouhých 4,70 m. Mezi VDJ Suchohrdly a VDJ Dolenice je pak rozdíl hladin 26,60 m.

Ve **variantě A1** vycházejí největší dimenze potrubí. Počítá se plným zásobením všech obcí, tedy svazkové i nesvazkové. Bylo simulováno 14 dní s maximální denní spotřebou vody. Do VDJ Těšetice dotéká voda gravitačně, bez posilovací ČS Těšetice. Z VDJ Suchohrdly odtéká 36,0 až 48,0 l·s<sup>-1</sup>. ČS Kašenec čerpá do systému 7,0 až 8,0 l·s<sup>-1</sup>. Bez Kašence se VDJ Dolenice za 2 dny vyprázdní. Do VDJ Dolenice přitéká 16,0 až 17,0 l·s<sup>-1</sup>.



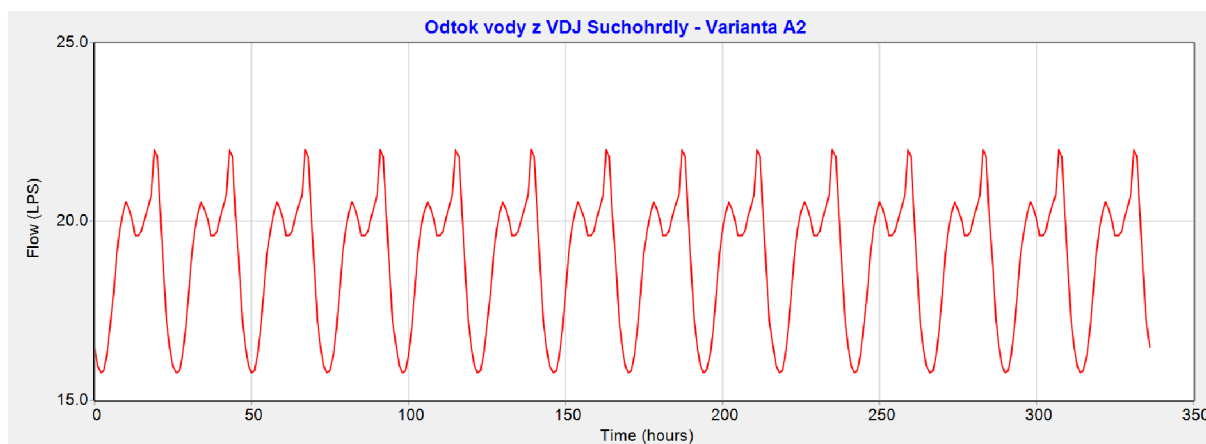
Obr. 3.16 Odtok vody z VDJ Suchohrdly – varianta A1



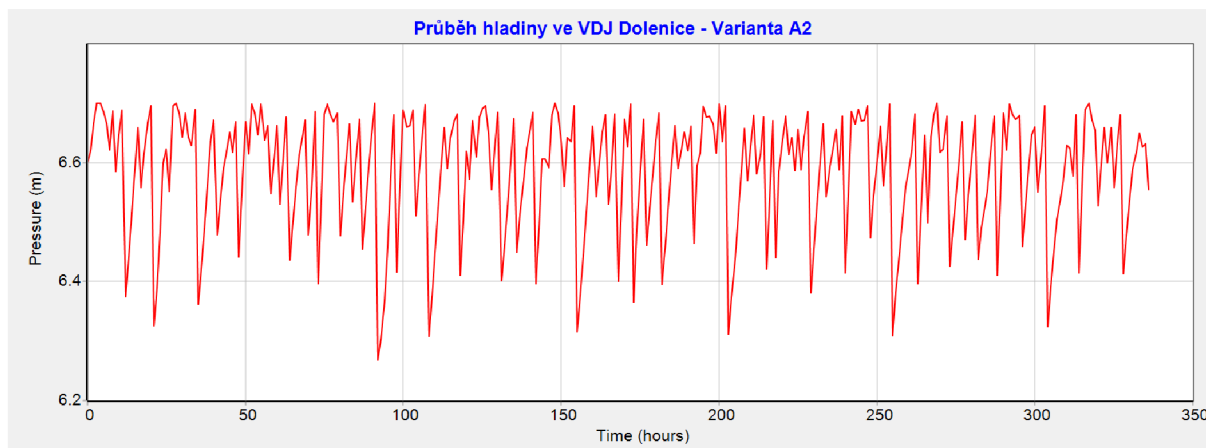
Obr. 3.17 Průběh hladiny ve VDJ Dolenice – varianta A1

**Varianta B1** počítá se s výstavbou ČS Těšetice, která umožní dopravit vodu do VDJ Těšetice. Stejně jako u varianty A1 se počítá se zásobením všech obcí. S ohledem na hydraulickou kapacitu potrubí lze v této variantě oproti variantě A.1 realizovat pouze jedinou změnu dimenze, a to je úsek č. 5, který lze položit v menší dimenzi. Jedná se o odbočný přívadecí řad z hlavního řadu do VDJ Těšetice, na kterém se v této variantě uvažuje posilovací ČS Těšetice ( $Q=1,50 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $H=4,0 \text{ m}$ ). Proto lze dimenzi potrubí snížit. Všechny ostatní úseky potrubí musí zůstat v dimenzích dle řešení A.1. Zmenšením kteréhokoliv z nich by do VDJ Dolenice na konci soustavy nedotékalo dostatečné množství vody. Varianty A.1 a B.1 jsou navrženy na návrhový zatěžovací stav bez kapacitní rezervy potrubí.

**Varianta A2** uvažuje pouze se zásobováním těch obcí, které patří do svazku. V modelu byly uvažovány jako nulové uzlové odběry UO\_02, UO\_03, UO\_04, UO\_05, UO07, UO\_08 a UO\_09. U uzlového odběru UO\_10E se nezapočítala potřeba vody Kadov, která je nesvazková. Do VDJ Těšetice dotéká voda gravitačně, bez posilovací ČS Těšetice. Z VDJ Suchohrdly odtéká  $13 \text{ až } 1\cdot\text{s}^{-1}$ . ČS Kašenec čerpá do systému  $7 \text{ až } 8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Do VDJ Dolenice přitéká  $18 \text{ až } 19 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Pakliže by ČS Kašenec nečerpal vodu do systému, VDJ Dolenice se za 3 dny vyprázdní. Do VDJ Dolenice přitéká  $19,0 \text{ až } 20,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 3.18 Odtok vody z VDJ Suchohrdly – varianta A2



**Obr. 3.19 Průběh hladiny ve VDJ Dolenice – varianta A1**

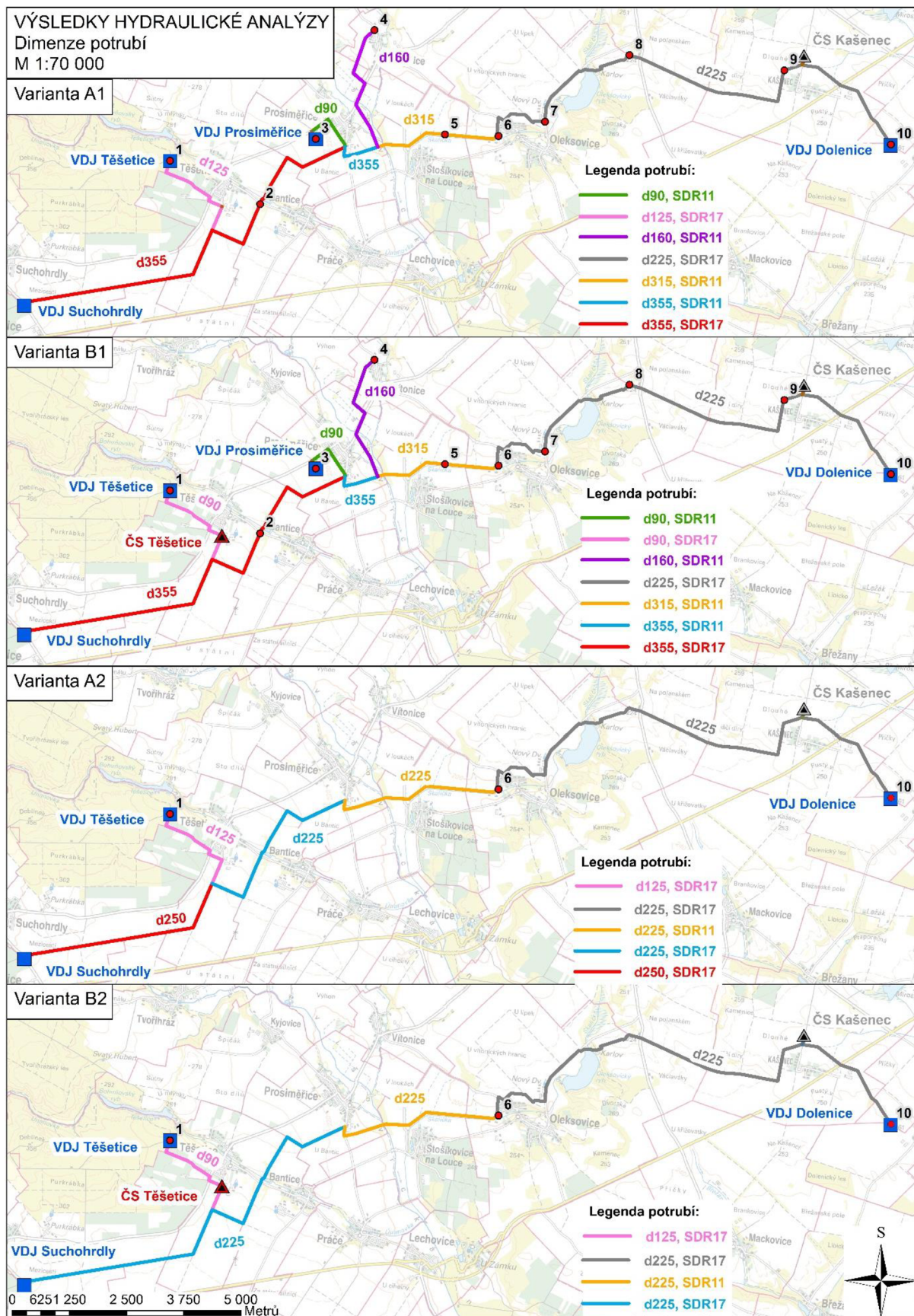
Nejmenší dimenze potrubí je možné navrhnout v rámci **varianty B2**. Oproti variantě A2 jsou zde menší dimenze na úsecích č. 1 a č. 5, které se mohou snížit, protože do VDJ Těšetice dočerpá vodu posilovací ČS Těšetice ( $Q=1,50 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $H=4,0 \text{ m}$ ).

V následující Tab. 3.12 a schématu na Obr. 3.20 jsou k nalezení navržené dimenze pro každou variantu:

**Tab. 3.12 Navržené dimenze potrubí pro jednotlivé varianty**

Číslo úseku	Délka úseku [km]	Dimenze potrubí			
		Varianta A1	Varianta B1	Varianta A2	Varianta B2
1	4,905	SDR17 d355x21,1	SDR17 d355x21,1	SDR17 d250x14,8	<b>SDR17 d355x21,1</b>
2	4,306	SDR17 d355x21,1	SDR17 d355x21,1	SDR17 d225x13,4	SDR17 d225x13,4
3	0,971	SDR11 d355x32,2	SDR11 d355x32,2	SDR11 d225x20,5	SDR11 d225x20,5
4	2,766	SDR11 d315x28,6	SDR11 d315x28,6	SDR11 d225x20,5	SDR11 d225x20,5
5	2,364	SDR17 d125x7,4	<b>SDR17 d90x7,4</b>	SDR17 d125x7,4	<b>SDR17 d125x7,4</b>
6	1,358	SDR17 d90x8,2	SDR17 d90x8,2	nerealizovat	nerealizovat
7	2,974	SDR11 d90x8,2	SDR11 d90x8,2	nerealizovat	nerealizovat
8	11,635	SDR17 d225x13,4	SDR17 d225x13,4	SDR17 d225x13,4	SDR17 d225x13,4





Obr. 3.20 Výsledky hydraulické analýzy – dimenze potrubí

Jelikož jednotlivé simulované varianty představují rozdílnou situaci, každá je definovaná jiným počtem uzlů či celkovou délkou simulované sítě. Nuance mezi těmito údaji je zapříčiněna přítomností posilovací čerpací stanice či úseků č. 6 a 7, které se v případě variant A2 a B2 nebudou realizovat. V následující tabulce jsou formulovány údaje k individuálním okolnostem, s nimiž se uvažovalo ve vyhodnocení hydraulické analýzy:

Tab. 3.13 Údaje o kostře sítě pro jednotlivé varianty

Varianta	Počet uzlů	Délka sítě [m]
A1	99	31 285
B1	101	31 286
A2	82	26 951
B2	84	26 952

### 3.8.1 Posouzení zásobní kapacity VDJ Suchohrdly

U této koncepce, budeme-li uvažovat, že se na SV Znojmo připojí všechny vytipované obce, tedy svazkové i nesvazkové, bude nevyhnutelné zvýšit zásobní kapacitu VDJ Suchohrdly. Norma ČSN 73 6650 Vodojemy říká, že zásobní objem vodojemu se navrhuje na nejméně 60 % maximální denní potřeby. [36] Maximální denní potřeba zájmové oblasti je  $2\,978\text{ m}^3$ , je však nutné k této hodnotě ještě přičíst ztráty vody, tj.  $436\text{ m}^3$ . Celkový objem vody, který by se v přivaděči mohl vyskytovat, je  $3\,414\text{ m}^3$ . **Kapacita VDJ Suchohrdly by se tak měla zvětšit o  $2\,100\text{ m}^3$**  (vypočtená hodnota  $0,6 \cdot 3\,414 = 2\,048\text{ m}^3$  zaokrouhlena na stovky nahoru). [36]

### 3.8.2 Posouzení tlakových poměrů

Pro posouzení tlakových poměrů v přivaděči byla využito ustanovení vyhlášky 428/2001 Sb. Vyhláška rozlišuje hydrostatický a hydrodynamický tlak. Dle vyhlášky by měla maximální hodnota hydrostatického tlaku dosahovat hodnoty 0,6 MPa (tj. 61,2 m v. sl.). V odůvodněných případech může hodnota dosahovat 0,7 MPa (tj. 71,3 m v.sl.). Minimální hydrodynamický tlak by neměl být menší než 0,15 MPa (tj. 15,3 m v. sl.) pro jednopodlažní a dvoupodlažní budovy, 0,25 MPa (tj. 25,5 m v. sl.) pak pro vícepodlažní. [32] Výsledné tlakové poměry přivaděčího řadu v jednotlivých zatěžovacích stavech popisují odstavce níže a také jsou graficky znázorněny.

Jelikož se výsledky tlakových poměrů simulacemi zatěžovacích stavů výrazně nelišily, lze pro všechny varianty poznamenat následující informace. Jak bylo předpokládáno díky Obr. 3.4, v oblasti odbočení z hlavního přivaděčího řadu směrem na skupinu B a B-1 se vyskytují vysoké tlakové poměry, které překračují hodnoty 60 m v.sl ve všech variantách, neboť rozdíl mezi geodetickou výškou nejnižší položeného uzlu (194,00 m n.m.) a maximální hladinou ve VDJ Suchohrdly (289,40 m n.m.) odpovídá 95,4 m. Z tohoto důvodu byly v těchto úsecích navrženy potrubí SDR 11, které jsou určeny pro trubní rozvody zatížené vysokými tlaky.

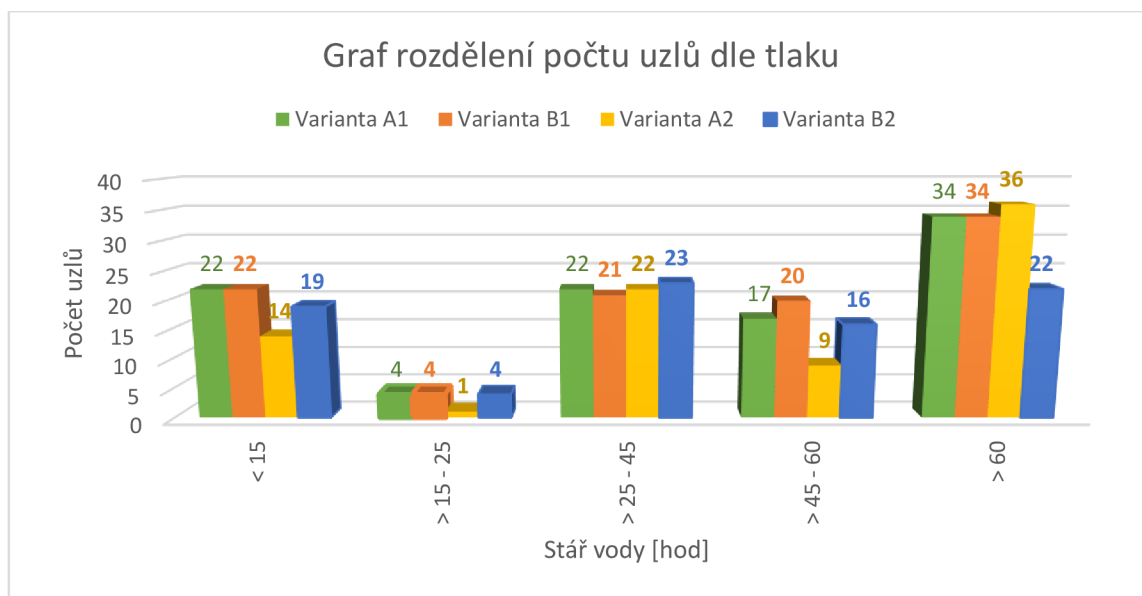


Skupina obcí B je jediná bez vyrovnávacího vodojemu, nicméně už ve stávajícím provozu se využívají redukční ventily s nastavenými konstantními výstupními tlaky umístěnými před spotřebišti. Jelikož se přívaděcí řad napojí před oba tyto ventily, tak vysoké tlakové poměry v přívaděči budou těmito ventily regulovány a tlaky budou v rozvodných sítích těchto obcí vyhovující. V místě napojení soustavy B a B-1 může být však poloha tlakové čáry nejnižší na výšce 267,00 m n. m, aby byl ve spotřebišti zajištěn maximální hydrostatický tlak.

Co se týká hodnot minimálního hydrodynamického tlaku, tak velmi nízké hodnoty vykazují uzly před VDJ Těšetice a VDJ Prosiměřice. Příčinou jsou navržené škrťací armatury navržené pro omezení nátoku do vodojemů. Vhodným trasováním po vrstevnici až k vodojemu by se mohlo docílit optimálnějších tlakových poměrů. Hodnoty hydrodynamického tlaku jsou také podkročeny pod legislativně stanovenou hodnotu hned za VDJ Suchohrdly z důvodu vysoké úrovně terénu v blízkosti vodojemu. Hodnoty pod hranicí 15 m v.sl. se objevují také mezi UO\_08 a UO\_09 na již hotové části přívaděče, neboť trasa je zde vedena přes mírný vrchol.

**Tab. 3.14 Tlakové poměry na trase přívaděcího řadu**

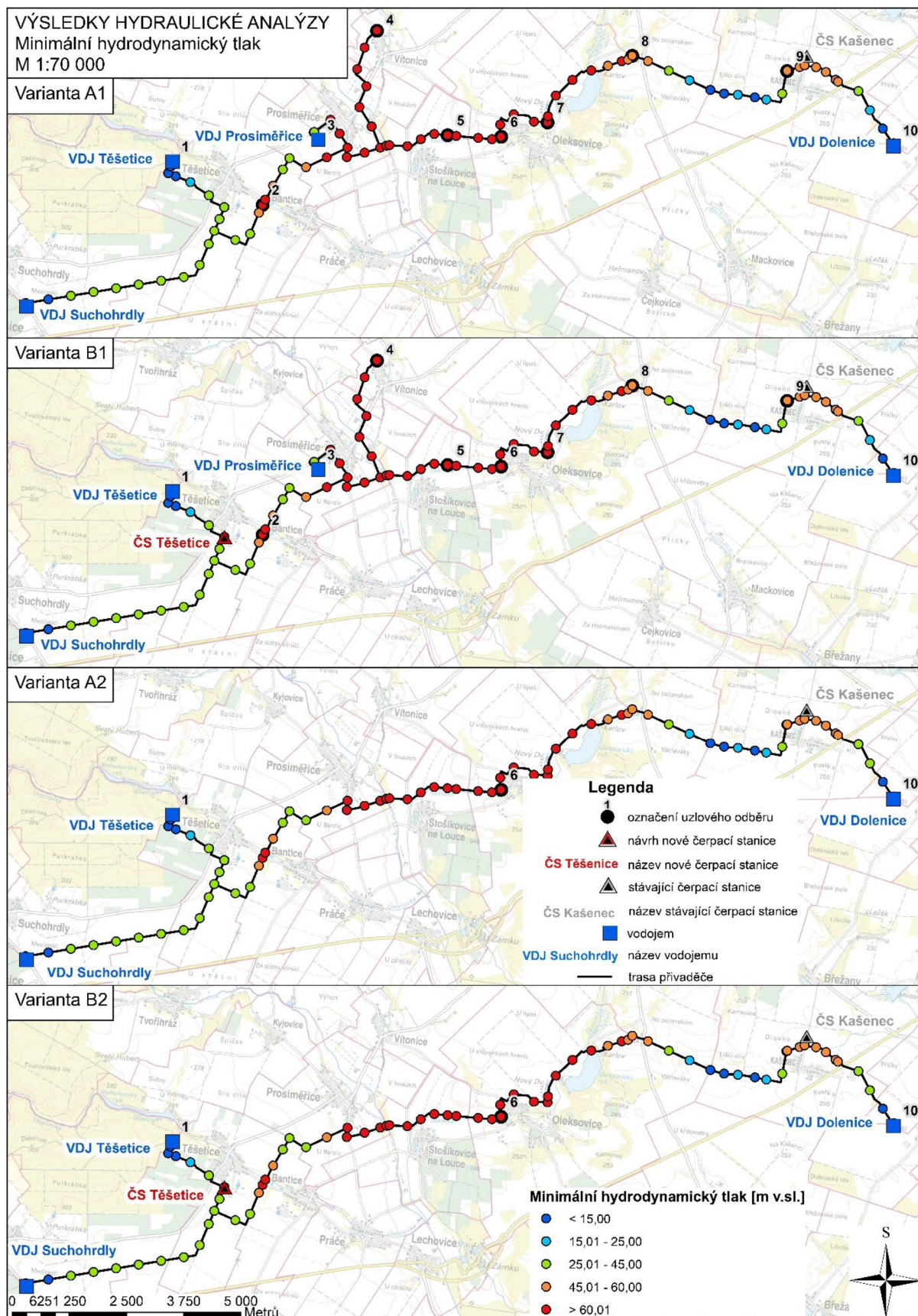
Tlak [m v.sl]		Úsek 1	Úsek 2	Úsek 3	Úsek 4	Úsek 5	Úsek 6	Úsek 7	Úsek 8
<b>Varianta A1</b>	<i>Minimální hodnota</i>	1,4	34,1	73,4	85,1	5,2	7,0	74,1	7,1
	<i>Průměrná hodnota</i>	28,1	52,9	80,9	87,6	21,8	37,7	82,8	42,0
	<i>Maximální hodnota</i>	40,2	74,5	88,0	89,6	44,3	72,4	86,7	79,4
<b>Varianta B1</b>	<i>Minimální hodnota</i>	1,4	34,4	73,7	85,5	5,4	7,0	74,3	7,1
	<i>Průměrná hodnota</i>	28,3	53,1	81,1	87,9	29,3	37,9	83,0	42,2
	<i>Maximální hodnota</i>	40,3	74,8	88,3	89,9	50,1	72,7	86,9	79,8
<b>Varianta A2</b>	<i>Minimální hodnota</i>	1,4	38,0	78,0	91,9	5,1	-	-	6,7
	<i>Průměrná hodnota</i>	29,4	55,5	85,6	93,5	23,5	-	-	57,9
	<i>Maximální hodnota</i>	154,3	79,0	93,0	94,9	46,5	-	-	86,9
<b>Varianta B2</b>	<i>Minimální hodnota</i>	1,3	30,4	68,9	78,3	5,2	-	-	6,3
	<i>Průměrná hodnota</i>	26,8	48,3	76,0	81,6	24,5	-	-	40,7
	<i>Maximální hodnota</i>	39,1	70,1	82,9	84,1	45,9	-	-	73,1



Obr. 3.21 Graf rozdělení počtu uzlů dle tlaku

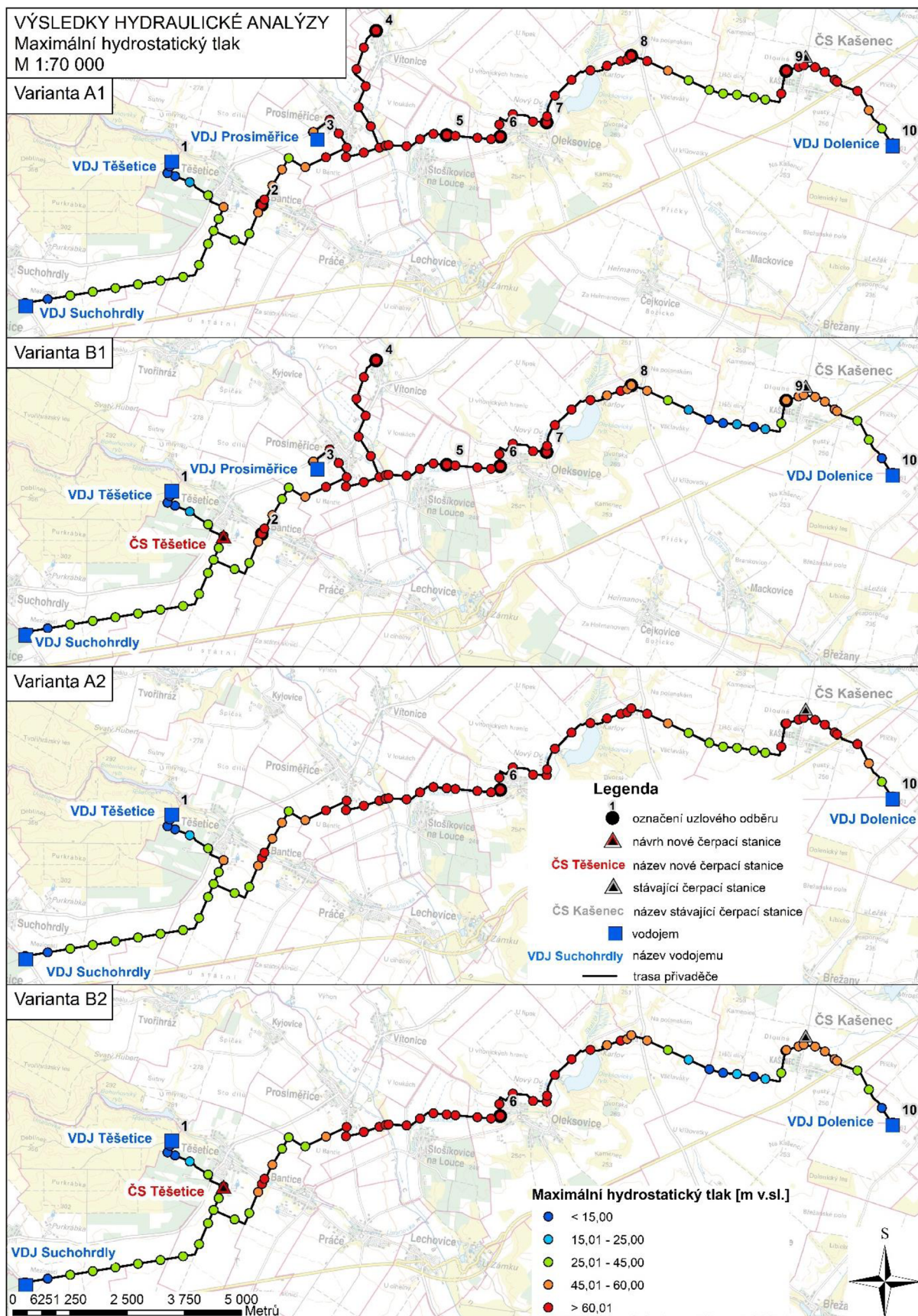
Z grafu na Obr. 3.21 je patrné, že varianty A1 a B1 jsou z hlediska tlakových poměrů srovnatelné. Variantu B2, tedy s posilovací čerpací stanicí, lze oproti variantě A2 označit jako vhodnější z hlediska počtů uzlů, které vyhovují legislativním hodnotám pro tlakové poměry. Uzly v překračující hodnotou maximálního statického tlaku se nachází v nížině u odbočného příváděcího řádu ke skupině B a B-1, kde se hodnoty těchto uzlů pohybují v rozmezí 61,7 až 89,9 m v.sl. ve variantách A1 a B1, 60,9 až 94,9 m v.sl. ve variantě A2 a 60,4 až 84,1 m v.sl. ve variantě B2. Z důvodu těchto vysokých hodnot **se doporučuje pro UO\_05, UO\_06 a UO\_07 osazení regulačních ventilů** pro redukci vstupního tlaku na nižší výstupní tlaky.





Obr. 3.22 Výsledky hydraulické analýzy – minimální hydrodynamický tlak





Obr. 3.23 Výsledky hydraulické analýzy – maximální hydrostatické tlaky

### 3.8.3 Posouzení rychlosti proudění

Jelikož je kladen požadavek na dopravu velkého množství vody na velkou vzdálenost, úseky přiváděcího řadu jsou předdimenzované. To potvrzují také analýzou získané hodnoty rychlostí proudění vody, které nebyly v rámci doporučených hodnot ČSN 75 5301 Vodárenské čerpací stanice dodrženy. Norma hovoří o tom, že by rychlost v potrubí měla být nejméně  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . [37] Jak již bylo popsáno v úvodu této kapitoly, výškový profil trasy přiváděče neumožňuje rychlost proudění v potrubí navýšit.

Legislativou doporučená minimální rychlost není v celé síti dodržena, ale za 336 hodin simulace proudí voda víceméně stejnou rychlostí a nedochází k její stagnaci, což znamená, že částice nečistot nemohou sedimentovat. Aby docházelo k průběžnému odnosu částic a nedocházelo zanášení potrubí sedimenty, tak tam musí být vyvinuta unášecí síla alespoň  $0,54 \text{ Pa}$ , což v případě 40 % sítě ve třech variantách (A1, B1 a B2) odpovídá. [38] EPANET 2.2 vypočítává ke každému úseku informaci, která udává tlakovou ztrátu v  $\text{m}\cdot\text{km}^{-1}$ . Ta se dosazuje jako sklon čáry energie do následujícího vzorečku:

$$U = \rho \cdot g \cdot R \cdot i \quad (3.12)$$

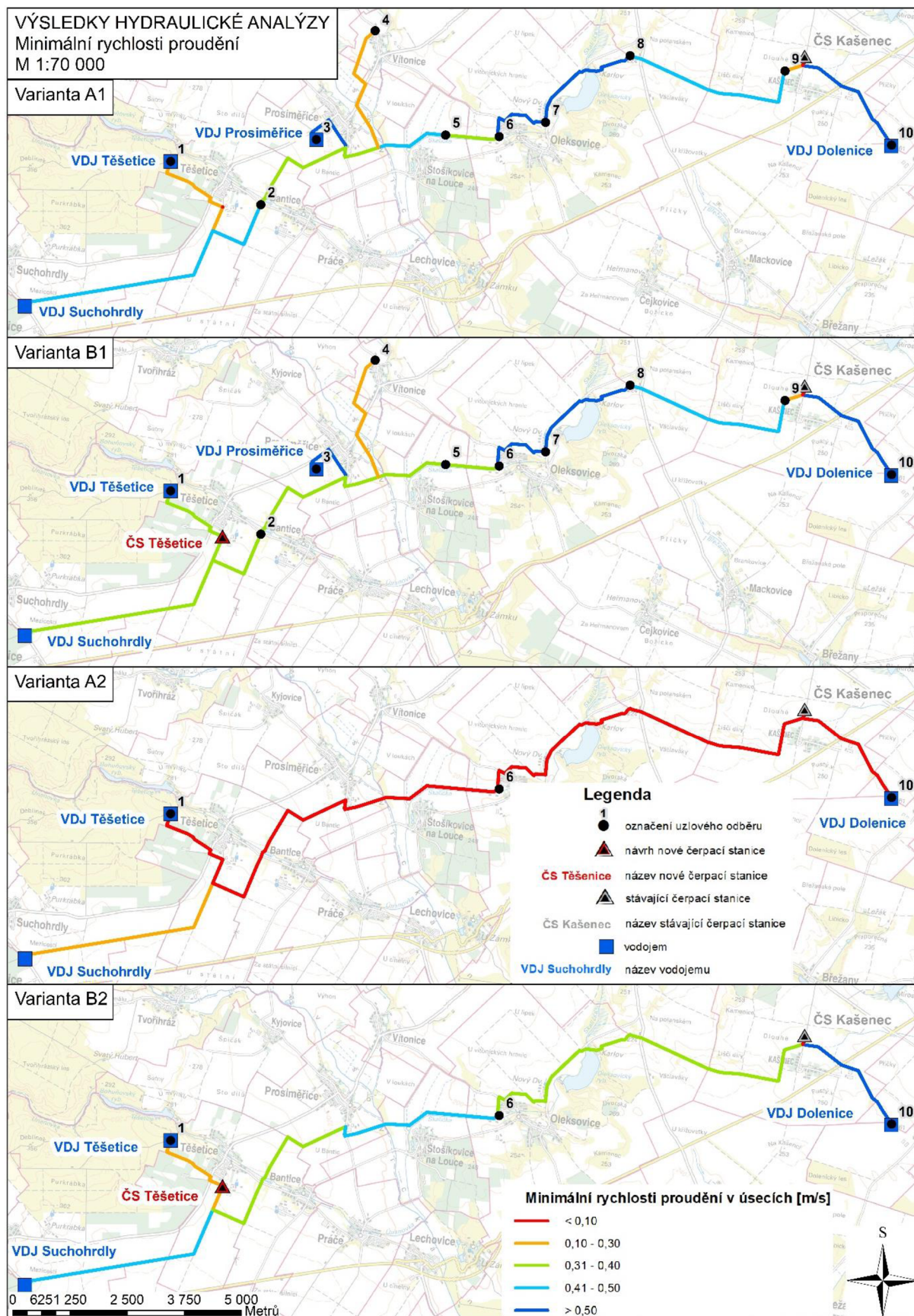
kde:                      U... unášecí síla [Pa]  
                              ρ... hustota vody [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]  
                              g... gravitační zrychlení [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ]  
                              R... hydraulický poloměr potrubí (při tlakovém proudění DN/4) [m]  
                              i... sklon čáry energie [-]

Samočisticí schopnost vykazují především úseky č. 6 a 8 ve variantách A1 a B1. Ve variantě B2 vykazují samočisticí schopnost úseky č. 1, 3, 4 a 8. Pakliže by se na síti vyskytly problémy s průtoky či odběry, které by snížily rychlost proudění vody, doporučuje se úseky v nejnižším místě 1x za 2 roky řízeně proplachovat.

Tab. 3.15 Rychlost proudění v úsecích

Rychlost proudění [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]		Úsek 1	Úsek 2	Úsek 3	Úsek 4	Úsek 5	Úsek 6	Úsek 7	Úsek 8
Varianta A1	Průměrná hodnota	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0	0,3	0,0
	Maximální hodnota	0,4	0,4	0,4	0,4	3,0	12,8	0,3	0,6
Varianta B1	Průměrná hodnota	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,0	0,3	0,0
	Maximální hodnota	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	12,9	0,3	0,6
Varianta A2	Průměrná hodnota	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	-	-	0,0
	Maximální hodnota	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	-	-	0,0
Varianta B2	Průměrná hodnota	0,4	0,4	0,5	0,5	0,0	-	-	0,0
	Maximální hodnota	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3	-	-	0,6



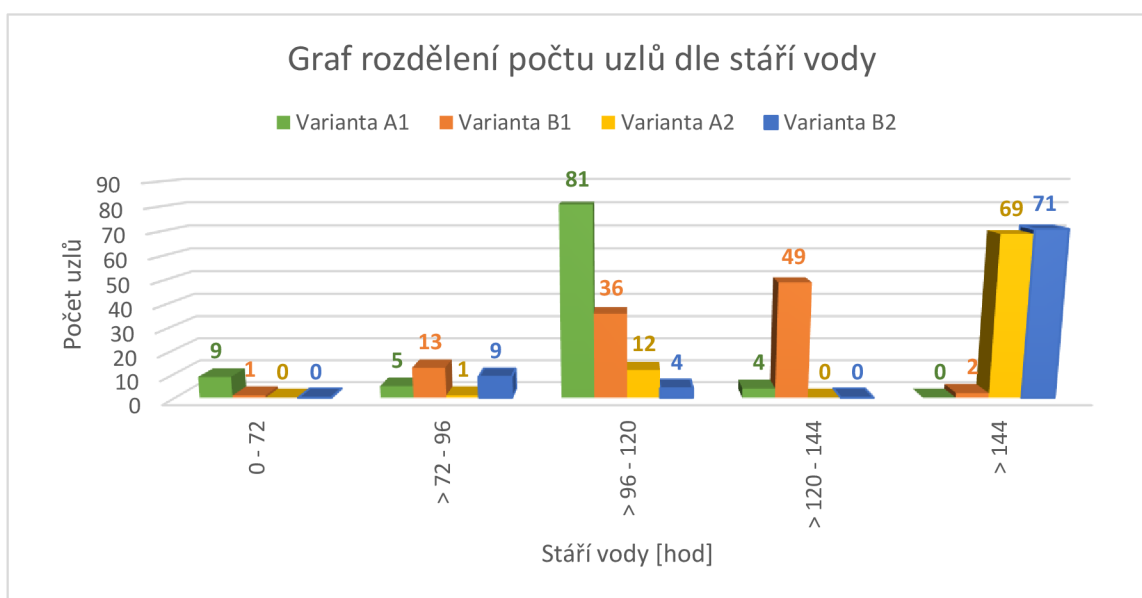


Obr. 3.24 Výsledky hydraulické analýzy – rychlost proudění

### 3.8.4 Analýza stáří vody

V rámci hydraulického modelu byla s využitím dostupných informací o přiváděcím řadu provedena také analýza stáří vody jednotlivých koncepčních variant, kdy lokalita byla zatížena průměrnou denní spotřebou vody. Díky analýze bylo zjištěno, že voda v uzlech i v úsecích dosahuje nejmenšího stáří ve variantě A1. V této variantě vykazuje přes 80 % přiváděcího řadu stáří vody 3-4 dny. O něco hůře je na tom varianta B1, ve které stáří vody v části systému dosahuje 4-5 dnů. Z Obr. 3.25 je patrné, že při snížených odběrech vody z přiváděče, které v tomto případě představují varianty A2 a B2, se stáří vody v potrubí zvyšuje. U těchto variant se průměrná doba zdržení vody v potrubí pohybuje kolem 6 dní. V návaznosti na již získané hydraulické veličiny přiváděče není překvapivé, že menší protékané množství vody v síti vede ke snížení rychlosti vody v potrubí a zvyšování zdržení vody v systému.

Obr. 3.25 Graf rozdělení počtu uzlů dle stáří vody



Tab. 3.16 Stáří vody v uzlech

Stáří vody v uzlech [hod]		Úsek 1	Úsek 2	Úsek 3	Úsek 4	Úsek 5	Úsek 6	Úsek 7	Úsek 8
Varianta A1	Průměrná hodnota	104,9	107,7	109,4	110,5	111,0	113,3	110,7	99,5
	Maximální hodnota	106,2	109,0	109,6	111,4	137,2	127,8	111,5	116,2
Varianta B1	Průměrná hodnota	115,7	118,4	120,1	121,2	29,3	123,9	121,3	108,7
	Maximální hodnota	117,0	119,7	120,3	122,1	144,6	137,6	122,1	126,7
Varianta A2	Průměrná hodnota	152,8	155,7	157,1	158,1	158,0	-	-	141,0
	Maximální hodnota	154,3	156,9	157,3	158,9	178,8	-	-	165,7
Varianta B2	Průměrná hodnota	152,8	155,4	156,8	157,8	156,5	-	-	140,1
	Maximální hodnota	153,9	156,5	157,0	158,6	176,9	-	-	165,6

Tab. 3.17 Stáří vody v úsecích

Stáří vody v úsecích [hod]		Úsek 1	Úsek 2	Úsek 3	Úsek 4	Úsek 5	Úsek 6	Úsek 7	Úsek 8
Varianta A1	Průměrná hodnota	104,7	107,5	109,3	110,4	110,8	112,7	110,6	99,2
	Maximální hodnota	106,1	108,8	109,5	111,3	137,2	127,8	111,4	116,0
Varianta B1	Průměrná hodnota	115,5	118,2	120,0	121,1	120,2	123,3	121,2	108,4
	Maximální hodnota	116,9	119,5	120,2	122,0	144,6	137,6	122,0	126,6
Varianta A2	Průměrná hodnota	152,7	155,6	157,1	158,0	157,8	-	-	141,6
	Maximální hodnota	154,2	156,8	157,2	158,8	178,8	-	-	165,7
Varianta B2	Průměrná hodnota	152,7	155,2	156,7	157,7	156,5	-	-	140,8
	Maximální hodnota	153,8	156,4	156,9	158,6	176,8	-	-	165,5

V úsecích nabývá stáří vody stejných hodnot, jako u uzlů připadajících danému úseku. Úseky přivaděče můžeme z hlediska stagnace vody posuzovat na základě délky potrubí nebo objemu potrubí spadající do dané kategorie stáří vody. Procentuální zastoupení obou možností může být velmi podobné, avšak přesnější hodnoty o stáří vody nám dává objem vody v potrubí, neboť pouhý údaj o délce potrubí nemusí být v rámci posuzování dostatečně relevantní. Pakliže bychom posuzovali dva stejně dlouhé úseky, ale každý by byl jiné dimenze, tak v potrubí s větším průměrem by docházelo při stejném průtoku k pomalejší rychlosti proudění, s čímž následně může souviset doba držení pitné vody v potrubí. Tato situace je patrná ve srovnání varianty B1 v Tab. 3.18 a Tab. 3.19, kde dle délky úseků spadá polovina z nich do kategorie 4-5 dnů, avšak dle objemu vody v potrubí 50 % úseků vykazuje stáří vody 3-4 dny.

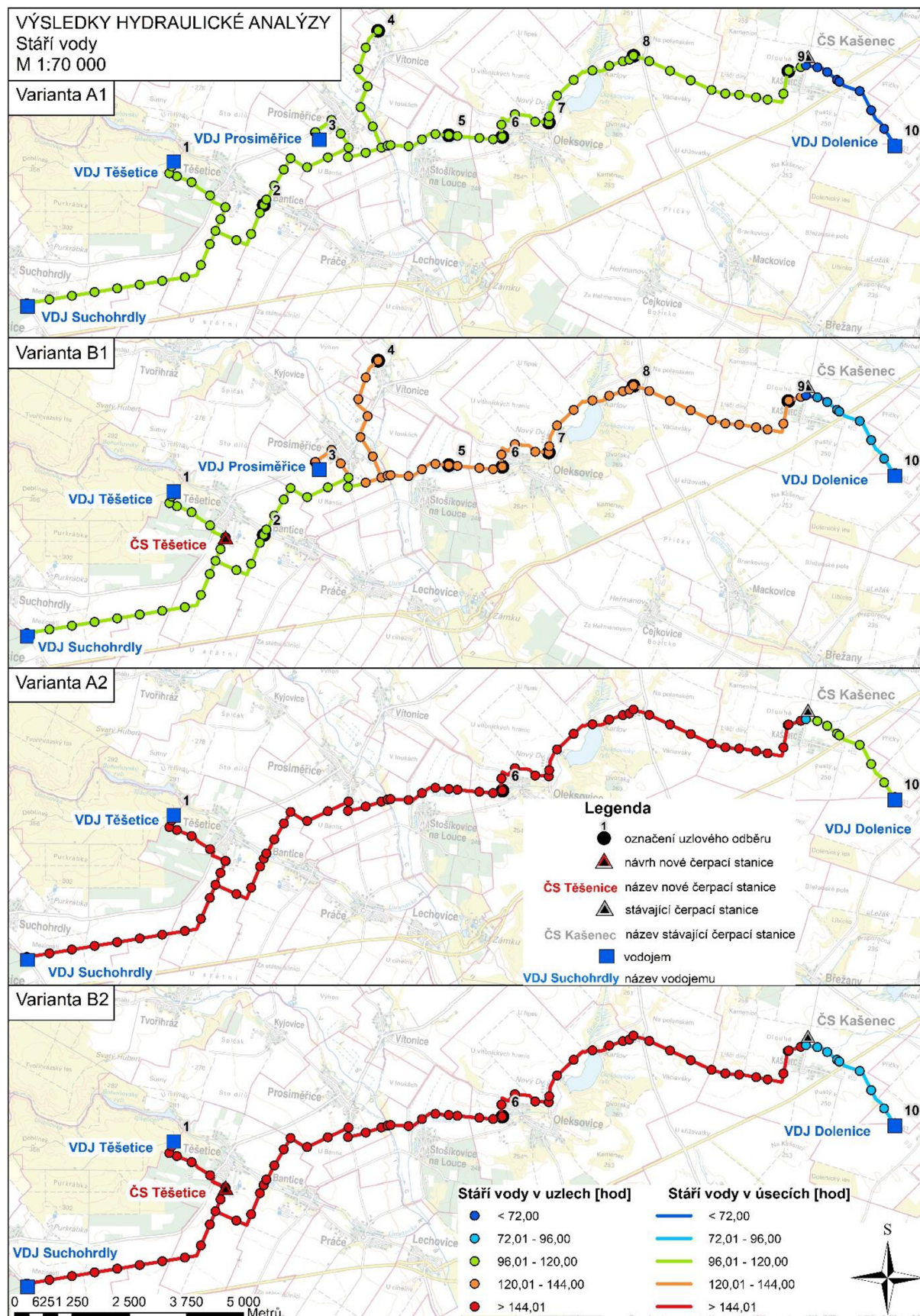
Tab. 3.18 Rozdělení délky přivaděčného řadu dle stáří vody

Stáří vody [hod] →		< 48	> 48 - 72	> 72 - 96	> 96 - 120	> 120
Varianta A1	Délka [m]	2 788,1	122,8	28 372,4	2,0	0,0
	Zastoupení [%]	8,9	0,4	90,7	0,0	0,0
Varianta B1	Délka [m]	498,9	2 293,2	12 305,4	16 187,9	1,0
	Zastoupení [%]	1,6	7,3	39,3	51,7	0,0
Varianta A2	Délka [m]	0,0	0,0	2 792,1	118,8	24 039,9
	Zastoupení [%]	0,0	0,0	10,4	0,4	89,2
Varianta B2	Délka [m]	0,0	2 788,1	4,0	118,8	24 040,9
	Zastoupení [%]	0,0	10,3	0,0	0,4	89,2

Tab. 3.19 Rozdělení objemu vody v přivaděčném řadu dle stáří vody

Stáří vody [hod] →		< 48	> 48 - 72	> 72 - 96	> 96 - 120	> 120
Varianta A1	Objem vody v potrubí [m <sup>3</sup> ]	86,0	6,8	1 254,1	1,6	0,0
	Zastoupení [%]	6,4	0,5	93,0	0,1	0,0
Varianta B1	Objem vody v potrubí [m <sup>3</sup> ]	15,4	73,8	763,6	484,0	0,8
	Zastoupení [%]	1,2	5,5	57,1	36,2	0,1
Varianta A2	Objem vody v potrubí [m <sup>3</sup> ]	0,0	0,0	89,2	3,7	711,9
	Zastoupení [%]	0,0	0,0	11,1	0,5	88,5
Varianta B2	Objem vody v potrubí [m <sup>3</sup> ]	0,0	86,0	3,1	3,7	665,2
	Zastoupení [%]	0,0	11,3	0,4	0,5	87,8





Obr. 3.26 Výsledky hydraulické analýzy – stáří vody

## 4 ZÁVĚR

V dnešní době, kdy klimatické změny významným způsobem ovlivňují Českou republiku i celou střední Evropu, se hledají nové možnosti, jak bojovat proti častějšímu výskytu extrémních hydrologických situací, mezi které spadá sucho. Sucho výrazně ovlivňuje životní prostředí i úroveň a kvalitu lidského života. Primárně se projevuje deficitem vodních zdrojů ať už pro potřeby zemědělství, průmyslu nebo zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Ze strany orgánů veřejné moci je proto prostřednictvím legislativních předpisů i dotačních titulů postupně zvyšován tlak i motivace k vyšší míře propojování systémů zásobování pitnou vodou.

Současný stav zásobování pitnou vodou malých spotřebišť se vyznačuje roztržitostí, nekonceptností a nekoordinací mezi drobnými vlastníky a provozovateli vodovodů. Nejen u malých obcí je zásobování pitnou vodou zásadní součástí rozvojového potenciálu. V posledních letech rezonuje společností téma nedostatku vody. S ohledem na období suchých period nejsou doposud uceleně vyřešeny otázky, jaké dopady má nedostačující dodávka pitné vody na socioekonomické aspekty a na územní rozvoj obcí, případně jak by se daly tyto dopady minimalizovat. Nedostatkem pitné vody jsou ohrožené především venkovské individuálně zásobované oblasti. Účinným nástrojem strategického zabezpečení obyvatel pitnou vodou i v případě déletrvajícího sucha je propojování vodárenských soustav. Jedná se o opatření, kterým lze zmírnit či eliminovat riziko nezajištění dodávky pitné vody. Pátevní vodovody, resp. vodárenské soustavy, jsou velké, nadobecní infrastrukturní systémy, které zpravidla disponují dostatečně kapacitními zdroji vody. Propojitelnost systémů zásobování pitnou vodou tak přináší výhodu provozních jistot a nabývá tak na významu.

Tomuto tématu se věnovala tato práce, která se zaměřila na koncept propojení SV Znojmo a SV Damnice. Cílem práce bylo zpracování hydraulické analýzy příváděcího řadu, u něhož se zároveň uvažovalo s napojením obcí v jeho blízkém okolí. Na obce bylo pohlíženo rozdílně z hlediska spojitosti s dobrovolným svazkem obcí Vodovody a kanalizace Znojemska. Propojení skupinových vodovodů se posuzovalo v rámci různých variant:

- (A1) Zásobovány obce „svazkové“ i „nesvazkové“, s ČS Těšetice se nepočítá,
- (B1) Zásobovány obce „svazkové“ i „nesvazkové“, výstavba posilovací ČS Těšetice,
- (A2) Zásobovány pouze obce „svazkové“, s ČS Těšetice se nepočítá,
- (B2) Zásobovány pouze obce „svazkové“, výstavba posilovací ČS Těšetice.

Před provedením hydraulické analýzy byla úvodní část práce zkráceně věnována teorii matematického modelování proudění vody ve vodovodních systémech. Byly přiblíženy základní typy a podmínky hydraulické analýzy, metody a výčet potřebných vstupních dat. Navazoval popis softwarového programu EPANET 2.2, pomocí něž byl sestaven hydraulický model zájmové oblasti. Cílem bylo hledání optimální dimenze příváděcího řadu, aby byly při patřičné variantě zásobovaných oblastí dodrženy požadované hydraulické poměry.

Jelikož se jedná o výhledovou koncepci, byla vypočtena výhledová potřeba vody zainteresovaných spotřebišť. Tomu předcházelo přiblížení zájmové lokality a podrobný výčet současného způsobu zásobování pitnou vodou jednotlivých napojovaných obcí. Následně byla popsána stavba modelu a princip schematizace odběrných míst.

Zadané cíle práce, které jsou popsány v úvodní části a v zadání diplomové práce, byly splněny. Pro jednotlivé varianty byly stanoveny dimenze potrubí, čím byly následně zjištěny

tlakové poměry, rychlosti proudění a byla provedena analýza stáří vody. Bylo zjištěno, že napojení všech vytipovaných obcí by mělo pozitivní vliv na stáří vody a rychlost proudění v přiváděcím řadu. Zároveň nás model přesvědčil o tom, že pakliže se napojí všechny uvažované obce, nebude potřeba výstavba posilovací čerpací stanice. Z důvodu členitého terénu, délky přiváděcího řadu a množství vody, které má být dopravováno, jsou úseky přiváděcího řadu předdimenzované. Jedná se však o nejpříznivější stav, neboť menšími dimenzemi by nebylo dopravováno dostatečné množství vody. Návrh ještě větší dimenze by zase způsobil snížení rychlosti proudění vody, což by mělo za následek vyšší stáří vody.

Jelikož se tato práce zabývá konkrétní případovou studií, její přínos bude doceněn zejména provozovatelem VAS, a.s. – divize Znojmo. Hlavním přínosem je možnost využití výsledků z modelu, a to v případě podrobnějšího posouzení plánované koncepce propojení SV Znojmo a SV Damnice a okolních obcí. Výsledky hydraulické analýzy současné koncepce mohou být využity k posouzení současného trasování přivaděče a k naléhavosti napojení sousedních obcí, čímž se zajistí stabilnější chod celého systému. Práce může posloužit jako první nástřel do diskuze se starosty obcí, kteří se budou na základě stanovených podmínek rozhodovat, zda se na přiváděcí řad připojí či nikoli.

## 5 BIBLIOGRAFIE

- [1] Co je sucho. *INTERSUCHO* [online]. [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz/cz/o-suchu/co-je-sucho/>
- [2] Na propojování a rekonstrukci vodárenských soustav by bylo třeba 22,6 miliard [online]. In: . Naše voda [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: [https://www.nase-voda.cz/na-propojovani-a-rekonstrukci-vodarenskych-soustav-by-bylo-treba-226-miliard/?doing\\_wp\\_cron=1670425735.0689949989318847656250](https://www.nase-voda.cz/na-propojovani-a-rekonstrukci-vodarenskych-soustav-by-bylo-treba-226-miliard/?doing_wp_cron=1670425735.0689949989318847656250)
- [3] KAŠPÁREK, Ladislav a kol. Hydrologie: Zpráva tematického oddílu A Výzkumného záměru 0002071101 Výzkum a ochrana hydrosféry – výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních nástrojů. Praha: VUV TG Masaryka, 2006.
- [4] NESLÁDKOVÁ, Magdalena. Navrhování adaptačních opatření pro snižování dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2012. ISBN 978-80-87402-25-2.
- [5] BERAN, Adam, Martin HANEL a Magdalena NESLÁDKOVÁ. Změny hydrologické bilance způsobené vlivem klimatických změn na území Karlovarského kraje. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace [online]. 2016, 58(6) [cit. 2022-12-13]. ISSN 03228916. Dostupné z: doi:10.46555/VTEI.2016.07.002
- [6] HEJDUKOVÁ, Pavlína a kol. Dostupnost pitné vody pro obyvatele malých obcí jako indikátor socio - ekonomického rozvoje společnosti. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2021. ISBN 978-80-88323-58-7.
- [7] HANEL, Martin, Ladislav KAŠPÁREK a Magdalena NESLÁDKOVÁ. Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2011. ISBN 978-80-87402-22-1.
- [8] PRETEL, Jan a kol. Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření: Technické shrnutí výsledků projektu 2007 – 2011. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2011.
- [9] Informace o stavu v zásobování pitnou vodou a o jakosti dodávané vody 2019 [online]. In: . s. 1-3 [cit. 2022-12-13]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/2020/07/Informace-o-stavu-v-z%C3%A1sobov%C3%A1n%C3%AD-pitnou-vodou-a-o-jakosti-dod%C3%A1van%C3%A9-vody-2019.pdf>
- [10] Suché období 2014-2017: vyhodnocení, dopady a opatření. 1. vydání. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2018. ISBN 978-80-87577-81-3.



- [11] DATEL, Josef, Anna HRABÁNKOVÁ a Zdeněk PIŠTORA. Riziko sucha a nouzové zásobování v malých vodárenských systémech [online]. In: . Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i. [cit. 2022-12-13]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/14241-riziko-sucha-a-nouzove-zasobovani-v-malych-vodarenskych-systemech>
- [12] BRÁZDIL, R. a M. TRNKA. Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost [online]. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, 2015 [cit. 2022-12-13]. ISBN 978-80-87902-11-0.
- [13] VLASÁK, O. Zkušenosti provozovatelů vodovodů a kanalizací s projevy sucha v roce 2015: SOVAK ČR. In: Suché období 2014-2017: vyhodnocení, dopady a opatření [online]. 1. vydání. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2018 [cit. 2023-01-11].
- [14] Dotace ve vodním hospodářství: Vodovody a kanalizace [online]. In: . [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/dotace/narodni-dotace/dotace-ve-vodnim-hospodarstvi/vodovody-a-kanalizace/>
- [15] HAVLOVÁ, Nina. Propojování vodárenských soustav je nejúčinnějším opatřením vůči suchu. In: Naše voda [online]. [cit. 2022-12-13]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/propojovani-vodarenskych-soustav-je-nejucinnejsim-opatrenim-vuci-suchu/>
- [16] TOMÁŠKOVÁ, Hana. Propojování vodárenských soustav: Bezpečné a plynulé zásobování obyvatel pitnou vodou [online]. [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: <https://www.komunalniekologie.cz/info/propojovani-vodarenskych-soustav-bezpecne-a-plynule-zasobovani-obyvatel-pitnou-vodou>
- [17] HŘEBÍČEK, J., Z. POSPÍŠIL a J. URBÁNEK. Úvod do matematického modelování s využitím Maple. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-691-1.
- [18] KUČERA, T. Hydraulická analýza vodovodních sítí [online]. Vodovod.info - vodárenský informační portál [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: <https://www.vodovod.info/extra/tema/251-hydraulicka-analyza-vodovodni-site#.Y5nmtXbMKUk>
- [19] TUHOVČÁK, L., P. ADLER, T. KUČERA a J. RÁCLAVSKÝ. Vodárenství. Brno: Vysoké učení technické, 2006.
- [20] PALUSZCZYSZYN, D., P. SKWORCOW a B. ULANICKI. Modelling and Simulation of Water Distribution Systems with Quantised State System Methods. Procedia Engineering [online]. 2015, 119, 554-563 [cit. 2022-12-14]. ISSN 18777058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2015.08.908
- [21] ŘÍHA, J. a kol. Matematické modelování hydrodynamických a disperzních jevů. Brno: Vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-214-0827-8.

- [22] BERGEROVÁ, M. Dopad sucha na systém zásobování pitnou vodou. Brno, 2021. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.
- [23] ROSSMANN, L. EPANET 2.2 Users manual [online]. United States Environmental Protection Agency, 2000 [cit. 2021-05-11].
- [24] SALOMONS, E. EPACAD – AutoCAD to EPANet. Water Simulation [online]. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <http://www.water-simulation.com/wsp/2010/08/25/epacad/>
- [25] Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje. Jihomoravský kraj [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?ID=408741&TypeID=2>
- [26] RUČKA, J., E. NÁPLAVOVÁ, M. RAJNOCHOVÁ a T. SUCHÁČEK. Skupinový vodovod Horní Dunajovice: Přechod na zásobování pitnou vodou bez použití chemické desinfekce. 2020.
- [27] VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. Technické standardy pro vodovody a kanalizace. 2016.
- [28] SKUPINOVÝ VODOVOD ZNOJMO: Distribuce - oblast Východ, Textová část. AQUA PROCON s.r.o., 2015.
- [29] VAK, a.s. - divize Znojmo. VDJ Dolenice [fotografie]. 2022.
- [30] VAK, a.s. - divize Znojmo. VDJ Dolenice – armaturní komora [fotografie]. 2022.
- [31] VAK, a.s. - divize Znojmo. Armaturní šachta ČS Kašenec [fotografie]. 2022.
- [32] ČR, Vyhláška MZe č. 428/2001 Sb. In. 428/2001. 2001.
- [33] ČR. Směrnice č.9/1973. In: 1973.
- [34] KUČERA, T. a D. KADULA. Stanovení potřeby vody v případě malých spotřebišť. Tzb-info [online]. [cit. 2023-01-02]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8156-stanoveni-potreby-vody-v-pripade-malych-spotrebist>
- [35] VOJTĚCHOVSKÁ ŠRÁMKOVÁ, M. a V. ŽÁK. Ztráty vody v České republice. SOVAK [online]. [cit. 2023-01-02]. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/cs/clanek/ztraty-vody-v-ceske-republice>
- [36] ČSN 73 6650. Vodojemy. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 16 s.
- [37] ČSN 75 5301. Vodárenské čerpací stanice. Český normalizační institut, 2006, 12 s.
- [38] RUČKA, J. vedoucí diplomové práce [ústní sdělení]. Brno, 06.01.2023.



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1	Výhledové klimatické scénáře zásoby podzemní vody [6].....	4
Obr. 2.1	Příklad zvolené orientace v nezávislém okruhu.....	9
Obr. 2.2	Pracovní prostředí EPANET .....	13
Obr. 3.1	Poloha přiváděcího řadu na území České republiky .....	15
Obr. 3.2	Situace širších vztahů – poloha přiváděcího řadu .....	16
Obr. 3.3	Topologie vodovodní sítě .....	23
Obr. 3.4	Nadmořská výška zájmové oblasti.....	24
Obr. 3.5	Uzlové odběry (1 až 6) na trase přiváděcího řadu .....	26
Obr. 3.6	Uzlové odběry (6 až 10) na trase přiváděcího řadu .....	27
Obr. 3.7	VDJ Suchohrdly. Foto Marie Bergerová .....	28
Obr. 3.8	VDJ Suchohrdly – vzduchový filtr. Foto Marie Bergerová.....	28
Obr. 3.9	VDJ Suchohrdly – sestup do armaturní komory a armaturní komora. Foto Marie Bergerová .....	29
Obr. 3.10	VDJ Dolenice [29] .....	30
Obr. 3.11	VDJ Dolenice – armaturní komora [30] .....	30
Obr. 3.12	Armaturní šachta ČS Kašenec [31].....	31
Obr. 3.13	Graf znázorňující koeficienty nerovnoměrnosti odběru vody .....	37
Obr. 3.14	Schéma uzlových odběrů dle příslušné potřeby vody.....	40
Obr. 3.15	Propojení přiváděcího řadu se SV Horní Dunajovice.....	42
Obr. 3.16	Odtok vody z VDJ Suchohrdly – varianta A1 .....	43
Obr. 3.17	Průběh hladiny ve VDJ Dolenice – varianta A1 .....	44
Obr. 3.18	Odtok vody z VDJ Suchohrdly – varianta A2 .....	44
Obr. 3.19	Průběh hladiny ve VDJ Dolenice – varianta A1 .....	45
Obr. 3.20	Výsledky hydraulické analýzy – dimenze potrubí.....	46
Obr. 3.21	Graf rozdělení počtu uzlů dle tlaku.....	49
Obr. 3.22	Výsledky hydraulické analýzy – minimální hydrodynamický tlak .....	50
Obr. 3.23	Výsledky hydraulické analýzy – maximální hydrostatické tlaky .....	51
Obr. 3.24	Výsledky hydraulické analýzy – rychlost proudění.....	53
Obr. 3.25	Graf rozdělení počtu uzlů dle stáří vody.....	54
Obr. 3.26	Výsledky hydraulické analýzy – stáří vody .....	56

## SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Seznam obcí uvažovaných k napojení na přiváděcí řad .....	17
Tab. 3.2 Vlastnická a provozovatelská struktura zainteresovaných obcí [25].....	22
Tab. 3.3 Topologie vodovodní sítě – úseky mezi VDJ Suchohrdly a VDJ Dolenice .....	24
Tab. 3.4 Uzlové odběry na trase přiváděcího řadu.....	25
Tab. 3.5 Koeficienty denní nerovnoměrnosti dle směrnice č. 9/1973 [34].....	33
Tab. 3.6 Koeficienty denní nerovnoměrnosti – empirické hodnoty [34].....	33
Tab. 3.7 Spotřeba vody v obcích Žerotice, Kyjovice a Vítonice [26] .....	33
Tab. 3.8 Potřeba vody zájmového území .....	34
Tab. 3.9 Voda vyrobená k realizaci – průměrná denní potřeba .....	35
Tab. 3.10 Koeficienty nerovnoměrnosti odběru vody pro různě zatížené uzlové odběry [26] .....	36
Tab. 3.11 Hodnoty Base Demand pro jednotlivé uzlové odběry .....	41
Tab. 3.12 Navrhnuté dimenze potrubí pro jednotlivé varianty .....	45
Tab. 3.13 Údaje o kostře sítě pro jednotlivé varianty .....	47
Tab. 3.14 Tlakové poměry na trase přiváděcího řadu .....	48
Tab. 3.15 Rychlost proudění v úsecích .....	52
Tab. 3.16 Stáří vody v uzlech.....	54
Tab. 3.17 Stáří vody v úsecích .....	55
Tab. 3.18 Rozdělení délky přiváděcího řadu dle stáří vody .....	55
Tab. 3.19 Rozdělení objemu vody v přiváděcím řadu dle stáří vody .....	55

## SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

$A_D$	Actual Demand
BD	Base Demand
C1	součinitel vyjadřující počet obyvatel, typ zástavby, plochu zástavby
C2	součinitel vyjadřující specifickou potřebu pro součinitel C1
ČOV	čistírna odpadních vod
ČS	čerpací stanice
ČUZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
D	vnitřní průměr potrubí [m]
DDA	analýza řízená odběrem (Demand Driven Analysis)
DDM	model řízený odběrem (Demand Driven Model)
DM	Demand Multiplier
$DP_M$	Demand Pattern Multiplier
g	gravitační zrychlení [ $m \cdot s^{-2}$ ]
GIS	geografický informační systém
h	tlaková ztráta [m]
i	sklon čáry energie [-]
K	odporový součinitel příslušného úseku
$k_d$	koeficient denní nerovnoměrnosti (s)potřeby vody
$k_h$	koeficient hodinové nerovnoměrnosti (s)potřeby vody
L	délka úseku [m]
L	skutečná délka úseku [m]
$L_r$	redukováná délka [m]
m	počet úseků
n	počet uzlů
O	odběry (resp. odtoky)
PDA	analýza řízená tlakem (Pressure Driven Analysis)
PE	polyethylen
$P_i$	redukováná délka [m]
PO	počet obyvatel
Q	přítoky (resp. vtoky)
$Q'$	průtok v trubním úseku [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]
$Q_c$	celková potřeba sledované sítě [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]
$Q_d$	maximální denní spotřeba vody
$Q_h$	maximální hodinová spotřeba vody

---

$Q_i$	odběr i-tého úseku [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$Q_j$	příslušná potřeba vody (denní/hodinová)
$Q_p$	průměrná spotřeba vody
$q_r$	specifická potřeba sledované sítě [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$q_{\text{spec}}$	specifická spotřeba vody za obyvatele
$R$	hydraulický poloměr potrubí (při tlakovém proudění $DN/4$ ) [m]
$s$	počet nezávislých okruhů
$S_r$	celková redukovaná délka sítě [m]
SV	skupinový vodovod
U	unášecí síla
U.S. EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí USA (United States Environmental Protection Agency)
UO	uzlový odběr
USA	Spojené státy americké (United States of America)
ÚV	úpravna vody
$v$	průřezová rychlost proudění při průtoku $Q$ [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]
VAS, a.s.	Vodárenská akciová společnost, a.s.
VDJ	vodojem
VFC	voda fakturovaná celkem
VFD	voda fakturovaná domácnostem (obyvatelům)
VFO	voda fakturovaná ostatním odběratelům (občanská vybavenost)
VNF	voda nefakturovaná (uvažována jako 17 % z VVR)
VVR	voda vyrobená k realizaci
$\lambda$	součinitel ztrát třením [-]
$\rho$	hustota vody [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

## SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledná situace zásobování pitnou vodou M 1:50 000



## SUMMARY

Nowadays, when climate changes significantly affect the Czech Republic and central Europe, new ways are being sought to combat the more frequent occurrence of extreme hydrological situations, including drought. Drought significantly affects the environment as well as the level and quality of human life. It is primarily characterised by a deficit of water resources, whether for the needs of agriculture, industry or the supply of drinking water to the population. Therefore, on the part of public authorities, through legislative regulations and subsidy titles, the pressure and motivation to a higher degree of interconnection of drinking water supply systems is gradually increasing.

The current state of supply of drinking water for small customers is characterised by fragmentation, lack of conception and non-coordination between small-scale owners and water operators. The supply of drinking water is a crucial part of the development potential not just for small municipalities. In recent years, the issue of water scarcity has resonated with society. With regard to dry periods, the question of what effects insufficient drinking water supply has on socio-economic aspects and on the territorial development of municipalities are not yet comprehensively addressed, or how these impacts could be minimised. Rural, individually supplied areas are particularly at risk of a lack of drinking water. An effective tool for the strategic provision of drinking water to the population, even in the event of a prolonged drought, is the interconnection of water supply systems. This is a measure that can mitigate or eliminate the risk of insecurity of drinking water supply. Backbone aquifers, or water systems, are large, super-municipal infrastructure systems that generally have sufficient capacity water sources. The interconnectivity of drinking water supply systems thus brings the benefit of operational security and thus becomes more important.

This theme was addressed in this work, which focused on the concept of connecting SV Znojmo and SV Damnice. The aim of the work was to process hydraulic analysis of the supply line, on which was also considered with connection of municipalities nearby. The municipalities were viewed differently from the point of view of connection with the voluntary association of municipalities The Water and Sewerage Municipalities of Znojemsko. The interconnector of group water pipes was assessed under various variants:

- (A1) "association" and "non-association" municipalities are supplied, ČS Těšetice is not counted,
- (B1) "association" and "non-association" municipalities are supplied, ČS Těšetice is counted
- (A2) only " association " municipalities are supplied, ČS Těšetice is not counted,
- (B2) only "association" municipalities are supplied, ČS Těšetice is counted.

Before performing the hydraulic analysis, the initial part of the work was briefly devoted to the theory of mathematical modelling of water flow in water supply systems. Basic types and conditions of hydraulic analysis, methods and enumeration of the necessary input data were approached. It followed the description of the EPANET 2.2 software program by which the hydraulic model of the area of interest was constructed. The goal of the thesis was to search for the optimal dimension of the supply line so that the required hydraulic ratios would be adhered to in the appropriate variant of the supplied areas.

As it is a forward-looking concept, the prospective water needs of the customers concerned have been calculated. This was preceded by an approach to the special interest site and a detailed account of the current way of supplying drinking water to individual connected municipalities. The construction of the model and the principle of schematization of water sampling points were subsequently described.

The entered goals of the thesis, which are described in the introductory section and in the thesis award, have been fulfilled. For each variant, the dimensions of the pipe were determined, by which pressure ratios, flow rates were subsequently detected and the water age analysis was carried out. It was found that connecting all the designated municipalities would have a positive effect on the age of the water and the speed of flow in the supply line. At the same time, the model has convinced us that if all the communities under consideration are connected, there will be no need for the construction of a strengthening pump station. Due to the rugged terrain, the length of the supply line and the amount of water to be delivered, the sections of the supply line are oversized. However, this is the most favourable condition, since not enough water would be delivered by smaller dimensions. In turn, the draft of an even larger dimension would reduce the velocity of water flow, resulting in a higher water age.

As this work deals with a specific case study, its contribution will be appreciated especially by the operator of VAS, a.s. - Znojmo division. The main benefit is the possibility of using the results from the model, in the case of a more detailed assessment of the planned concept of connecting SV Znojmo and SV Damnice and the surrounding municipalities. The results of the hydraulic analysis of the current concept can be used to assess the current route of the feeder and the urgency of connecting neighbouring municipalities, ensuring a more stable operation of the whole system. The work can serve as the first shot in the discussion with the mayors of the municipalities, who will decide, on the basis of the established conditions, whether they will join the supply line or not.