

VODOJEM ČÍŽOVÁ A DOSTAVBA VODOVODU

DOKUMENTACE PRO PROVEDENÍ STAVBY (DPS)



B.3. HYDRAULICKÁ ANALÝZA

září 2024



**Vodohospodářský rozvoj a výstavba
akciová společnost**

Nábřeží 90/4, 150 00 Praha 5

VODOHOSPODÁŘSKÝ ROZVOJ A VÝSTAVBA
akciová společnost
150 00 Praha 5 - Smíchov, Nábřežní 90/4
DIVIZE 02

tel: 257 110 282
fax : 257 322 121

e-mail: vrkoc@vrv.cz
simunek@vrv.cz

VODOJEM ČÍŽOVÁ A DOSTAVBA VODOVODU

DOKUMENTACE PRO PROVEDENÍ STAVBY (DPS)

B.3. HYDRAULICKÁ ANALÝZA NAVRHOVANÉHO VODOVODNÍHO SYSTÉMU

Zpracoval : Ing. Adam Šimůnek
Ing. Jan Vrkoč

Schválil: Ing. Rostislav Kasal, Ph.D.
ředitel divize 02

V Praze, dne 26. září 2024

Obsah:

1.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE	6
1.1.	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE.....	6
1.2.	ÚVOD A ÚČEL PŘEDKLÁDANÉ DOKUMENTACE	6
1.3.	SEZNAM PODKLADŮ.....	6
1.4.	PŘESNOST A ÚPLNOST PODKLADŮ.....	7
1.5.	SEZNAM ZKRATEK	8
2.	SOUČASNÝ STAV ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU	9
2.1.	OBEČNÉ INFORMACE	9
2.2.	SOUČASNÝ STAV ZÁSOBOVÁNÍ OBCÍ PITNOU VODOU	9
2.3.	VÝHLEDOVÝ STAV ZÁSOBOVÁNÍ OBCE PITNOU VODOU	9
3.	STANOVENÍ POTŘEBY VODY	11
3.1.	VODOVOD - STANOVENÍ POTŘEBY VODY	11
3.2.	STANOVENÍ STÁVAJÍCÍHO A VÝHLEDOVÉHO POČTU PŘIPOJENÝCH OBYVATEL	12
3.3.	STANOVENÍ POTŘEBY VODY PRO VELKOODBĚRATELE	12
3.4.	STANOVENÍ POTŘEBY VODY NEFAKTUROVANÉ.....	13
3.5.	STANOVENÍ CELKOVÉ POTŘEBY VODY V ŘEŠENÝCH LOKALITÁCH	13
3.6.	NÁVRH OBJEMU AKUMULACE VODOJEMU.....	15
3.6.1.	<i>Způsob hodnocení</i>	<i>15</i>
3.6.2.	<i>VDJ Čížová</i>	<i>16</i>
4.	MATEMATICKÝ MODEL	17
4.1.	SCHEMATIZACE OBJEKTŮ V MATEMATICKÉM MODELU – OBEČNĚ	17
4.2.	STAVBA MODELU	21
4.2.1.	<i>Data o topologii sítě a jejich import do modelu</i>	<i>21</i>
4.2.2.	<i>Nadmořské výšky uzlů</i>	<i>22</i>
5.	KONCEPCE NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU	23
5.1.	OBEČNÝ POPIS	23
5.2.	VÝTLAČNÝ ŘAD + ČS ZLIVICE.....	25
5.3.	VODOJEM - AKUMULACE	28
5.4.	ZÁSOBNÍ ŘADY A SPOTŘEBIŠTĚ	28
6.	VÝSTUPY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ.....	29
7.	ZÁVĚRY	31

1. Základní údaje

1.1. Identifikační údaje

Název stavby:	Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s.
Místo stavby:	k.ú.: Nová Ves u Čížové, k.ú. Zlivice, k.ú. Bošovice u Čížové, k.ú. Borečnice
Kraj:	Jihočeský
Charakter stavby:	nová
Objednatel:	Obec Čížová
Odvětví stavby:	vodní hospodářství
Zpracovatel dokumentace:	Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s. Nábřeží 4, 150 56 Praha 5

1.2. Úvod a účel předkládané dokumentace

Moderní technologie posuzování a návrhu opatření ve vodovodních sítích jsou metodicky založeny na aplikaci výpočetní techniky. Nasazení digitálních technologií umožňuje vytvoření matematického modelu navrhovaných vodovodních a kanalizačních tlakových systémů. Vytvořený matematický model představuje základní nástroj pro řešení celé řady koncepčních a provozních úloh, na základě kterých je prováděna optimalizace navrhovaných opatření včetně investičních dopadů.

Předmětem této dokumentace je vytvoření rámcového matematického modelu pro optimalizaci a stanovení návrhových parametrů vodovodní a kanalizační tlakové sítě. Předmět plnění je přepočítání nekalibrovaného matematického modelu na základě teoretických hydraulických hodnot vodovodního potrubí.

1.3. Seznam podkladů

- [1] Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihočeského kraje, karty obcí
- [2] Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihočeského kraje, popis nadobecních systémů vodovodů a kanalizací
- [3] Územní plán obce Čížová
- [4] Mapové podklady 1:50 000 a 1:10 000.
- [5] Digitální zakres stávajících inženýrských sítí (vodovod) obce Čížová (ČEVAK a.s. , únor 2021)

1.4. Přesnost a úplnost podkladů

- Topologie stávajících sítí včetně objektů
Prostorové uspořádání sítí bylo převzato z dostupných podkladů (viz kap. 1.3.).
- Výškové uspořádání vodovodní sítě včetně objektu
Pro určení výškového uspořádání byl použit digitální model reliéfu 5. generace, který byl následně ověřen dle dostupných podkladů (viz kap. 1.3.). Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X,Y,H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.
- Další doplňující informace
Podklady pro výpočet bilance potřeby vody, změny v dimenzích, upřesnění trasy potrubí apod. byly upraveny během zpracování hydraulické analýzy po vzájemných konzultacích s objednatelem.

1.5. Seznam zkratk

PRVKUK	Plán rozvoje vodovodů a kanalizací
VVR	voda vyrobená k realizaci, tj. roční objem vody upravené a předané do přiváděcích řadů nebo přímo do distribuční sítě (m^3/rok)
VF	voda fakturovaná (m^3/rok)
VNF	voda nefakturovaná (m^3/rok)
Q_p	průměrná denní potřeba vody, tj. výpočtová hodnota množství vody za den stanovená ze specifické potřeby vody násobením počtem příslušných jednotek (m^3/rok , l/s)
Q_d	průměrná denní potřeba vody násobená součinitelem denní nerovnoměrnosti k_d . Potřeba vody kolísá v průběhu roku i týdnů, hodnoty k_d závisí na velikosti a charakteru spotřebiště (m^3/rok , l/s)
Q_h	maximální hodinová potřeba vody (l/s)
SPV	Specifická potřeba vody (SPV - $\text{l} \cdot \text{obyt}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$) je množství vody za jednotku času připadající na jednoho obyvatele nebo na jednotku charakterizující určitý výrobní a nevýrobní proces
Potřeba vody	Základním pojmem je „potřeba vody“ tj. množství vody udané za časovou jednotku potřebné ve zdroji pro zajištění dodávky vody pro odběratele.
ÚP	územní plán
PZO	počet zásobených obyvatel
ČS	čerpací stanice
ATS	automatická tlaková stanice
RŠ	redukční šachta
VDJ	vodojem
ÚV	úprava vody
DN	vnitřní průměr potrubí
De (d)	vnější průměr potrubí
HD PE (PE)	vysokohustotní polyetylén
OC	ocel
LT	šedá litina
TLT	tvárná litina

2. Současný stav zásobování pitnou vodou

2.1. Obecné informace

Předložený materiál řeší problematiku zásobování místních částí obce Čížová pitnou vodou. Čížová (~430,00 – 455,00 m n.m.) se nachází cca 6 km severo-západně od okresního města Písek. Celkově je obec tvořena sedmi obecními částmi na šesti katastrálních územích (Borečnice, Bošovice u Čížové, Krašovice u Čížové, Nová Ves u Čížové – části Nová Ves a Čížová, Topělec, Zlivice). V současné době v celé obci žije bezmála 1300 obyvatel. Existuje předpoklad, že trend vývoje počtu obyvatel obce Čížová bude mít rostoucí charakter.

2.2. Současný stav zásobování obcí pitnou vodou

Stávající vodovodní systém v současné chvíli zásobuje pitnou vodou spotřebiště (místní části) Čížová, Nová Ves, Bošovice a Zlivice. Místní částí Topělec a Krašovice jsou zásobeny samostatnými přívaděči z města Písku.

V obci Čížová je vybudován vodovod pro veřejnou potřebu, který je součástí skupinového vodovodu Písek. S jeho budováním bylo započato v 70-tých letech minulého století, a to vybudováním přívodního řadu DN 300 v délce 6,7 km z Písku a VDJ, respektive akumulací nádrže 100 m³ na okraji obce. Tato akumulace je součástí objektu ČS Zlivice, která zajišťuje zásobování prvního tlakového pásma.

S rozšiřováním rozvodné sítě po obci a vzhledem ke konfiguraci terénu byly vybudovány v letech 1991 a 2002 další dvě čerpací stanice pro dodávku pitné vody do vyšších partií obce.

Kvalita dodávané pitné vody je vzhledem ke zdrojové části (ÚV Písek a Vodárenská soustava Jižní Čechy) v souladu s Vyhláškou 376/2000 Sb. Je však třeba vzhledem k dlouhému přívodnímu řadu věnovat pozornost odkalování tohoto řadu. Rovněž systém tlakových pásem bez VDJ neposkytuje dostatečnou zabezpečenost dodávky pitné vody odběratelům.

Provozovatelem vodovodní sítě je ČEVAK a.s.

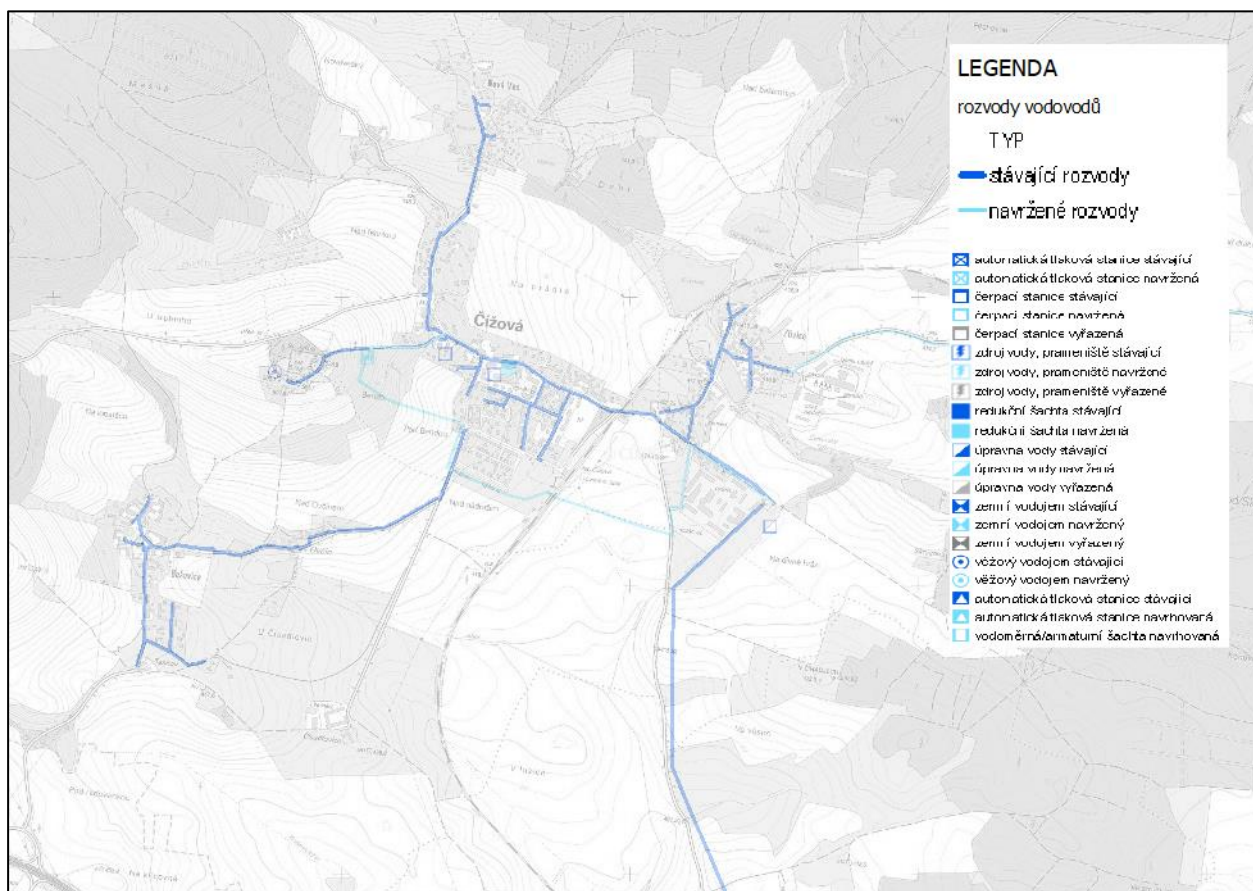
Informace ohledně současného stavu zásobení obce Čížová pitnou vodou byly převzaty z PRVKÚK Jihočeského kraje.

2.3. Výhledový stav zásobování obce pitnou vodou

V rámci předkládaného projektu DUR „Vodojem Čížová a dostavba vodovodu“ je zpracován návrh dostavby vodovodní sítě, která zajistí plynulé zásobování pitnou vodou pro stávající a výhledovou obytnou zástavbu obce Čížové, konkrétně jejích místních částí Čížová, Nová Ves, Zlivice a Bošovice. Navrhované řešení spočívá v čerpání pitné vody ze stávajícího přívodního vodovodního řadu Písek – Čížová samostatným výtlačným potrubím do nového vodojemu s následnou gravitační redistribucí pitné vody do jednotlivých tlakových pásem. K čerpání bude využita stávající čerpací stanice Zlivice, po posouzení nutnosti jejího technologického přestrojení. Pro akumulaci vody bude vybudován nový dvoukomorový zemní vodojem Čížová. Z vodojemu bude vyveden nový zásobní řad, který bude v západní části stávající zástavby napojen na stávající rozváděcí řad.

V rámci dalšího rozvoje je počítáno s rozšířením vodovodního systému o spotřebiště v místní části Borečnice. Tento záměr není zahrnut ve zpracovávaném projektu DUR „Vodojem Čížová a dostavba vodovodu“, bylo s ním však uvažováno při výpočtech potřeby vody a při stavbě matematického modelu za účelem komplexního posouzení návrhu pro výhledový stav.

Na Obr. 1 je uvedeno schéma stávající i výhledové podoby vodovodní sítě v obci Čížová, převzaté z PRVKÚK Jihočeského kraje na podkladu ZM10.



Obr. 1: Schéma současného a výhledového stavu vodovodu Čížová dle PRVKUK

3. Stanovení potřeby vody

3.1. Vodovod - stanovení potřeby vody

Jedním z podstatných parametrů návrhu systému je předpokládaná potřeba vody. Specifické množství pitné vody (množství na 1 obyvatele za den) závisí na bytové vybavenosti (koupelny, sprchy, toalety apod.). Pro Českou republiku se doporučuje uvažovat průměrnou hodnotu 100 až 120 l.os⁻¹.den. Tato hodnota je shodná s množstvím fakturované vody dodané obyvatelstvu. V malých obcích činí spotřeba fakturované vody až 80 l.os⁻¹.den. Uvedené hodnoty se týkají specifické potřeby vody fakturované pro domácnosti. Pro danou lokalitu bylo uvažováno s následujícími specifickými potřebami:

- trvale bydlící obyvatelé 100 l x osoba x den⁻¹

Potřeba vody je množství vody udávané za časovou jednotku (l.s⁻¹, m³.d⁻¹), potřebné pro zajištění dodávky vody pro jednotlivé odběratele. Potřeba vody není během roku - v jednotlivých dnech a během dne - v jednotlivých hodinách stálá, ale dosahuje minimálních, průměrných a maximálních hodnot. Výše hodnot potřeb vody potom ovlivňuje dimenzování jednotlivých částí vodovodu.

Vzhledem k tomu, že stanovená potřeba vody je základním parametrem při dimenzování vodovodní sítě byla tomuto tématu věnována patřičná pozornost.

Průměrná denní potřeba vody Q_p

Průměrná denní potřeba Q_p (rozumí se v roce) je výpočtová hodnota stanovená ze specifické potřeby vody násobením příslušných jednotek, zpravidla počtem obyvatel. Průměrná denní potřeba je výchozí výpočetní hodnotou.

Maximální denní potřeba Q_d

Maximální denní potřeba Q_{dmax} je průměrná denní potřeba násobená součinitelem denní nerovnoměrnosti a je to maximální potřeba jednoho dne v roce. Maximální denní potřeba je návrhovým parametrem pro dimenzování kapacity zdroje.

$$Q_d = Q_p \cdot k_d$$

Součinitel denní nerovnoměrnosti se stanoví na základě velikosti spotřebiště dle následující tabulky:

Tab. 1: Součinitel denní nerovnoměrnosti - k_d

Počet obyvatel	k_d
do 1000	1,5
1 000 – 5 000	1,4
5 000 - 20 000	1,35
20 000 – 100 000	1,25
Nad 100 000	1,15

Maximální hodinová potřeba Q_h

Maximální hodinová potřeba vody je výchozím parametrem pro návrh potrubí zásobních řadů a rozvodné sítě v lokalitě.

$$Q_h = Q_p * k_d * k_h$$

Tab. 2: Součinitel hodinové nerovnoměrnosti - k_h

Počet obyvatel	K_h
30	7,2
50	6,7
100	5,9
500	2,6
1 000	2,2
3 000	2,1
5 000	2,0
15 000	1,9
> 30 000	1,8

3.2. Stanovení stávajícího a výhledového počtu připojených obyvatel

Pro návrh vodovodu je rozhodující výhledová potřeba vody, tj. výhledový počet obyvatel připojených na vodovod. V návrhu je uvažováno s výhledem 20 let. Vzhledem k velkému zastoupení rekreačních objektů v řešených lokalitách byli do dalších výpočtů započtení také rekreanti. Níže je podrobněji popsán postup stanovení počtu výhledově zásobených obyvatel a rekreantů.

Stávající i výhledový stav počtu zásobených obyvatel, uvedený v Tab. 3, byl stanoven na základě informací poskytnutých objednavatelem.

Tab. 3: Stávající a výhledový počet zásobených obyvatel

Lokalita	Počet zásobených obyvatel	
	Stávající stav	Výhledový stav (dle informací poskytnutých starostou obce Čížová)
Čížová	627	727
Nová ves	93	108
Bošovice	97	117
Zlivice	123	193
Borečnice	0	50
SOUČET	940	1195

3.3. Stanovení potřeby vody pro velkoodběratele

V rámci řešení bylo uvažováno s velkoodběrateli, které uvedl objednavatel. Konkrétně se jedná o tyto odběratele, ke kterým objednavatel stanovil průměrnou spotřebu v m³/den.

- Čížová: 20 m³/den - (pivovar, škola, školka, jídelna ZD)
- Zlivice: 30 m³/den - (galvanovna, ostatní průmyslový areál a pekárna)

Není předpokládán žádný výhledový rozvoj v souvislosti s velkoodběrateli.

3.4. Stanovení potřeby vody nefakturované

Pro stanovení vody nefakturované byly využity Vybrané údaje majetkové evidence (VÚME) a Vybrané údaje provozní evidence (VUPE) z let 2018, 2017, 2016, 2015 a 2014. Konkrétně byla určena střední hodnota z poměrů celkového ročního objemu vody nefakturované ku celkovému ročnímu objemu vody fakturované. Výsledkem je potřeba vody nefakturované (VNF), vyjádřená prostřednictvím vody fakturované (VF).

$$VNF = 0.21 * VF$$

3.5. Stanovení celkové potřeby vody v řešených lokalitách

Postup stanovení jednotlivých výpočtových částí tabulky:

PZO – počet zásobených obyvatel

SPO – specifická potřeba vody na jednoho trvale bydlícího obyvatele [l/os./den]

k_d – koeficient denní nerovnoměrnosti (1,2 až 1,5 – dle počtu obyvatel)

k_h – koeficient hodinové nerovnoměrnosti (1,8 až 7,2 – dle počtu obyvatel)

$$Q_{p,VF} = (SPO \times PZO + Velkoodběratel) / 24 / 3600$$

$$Q_{VNF} = 0.21 * Q_{VF}$$

$$Q_p = Q_{p,VF} + Q_{VNF}$$

$$Q_{d,VF} = Q_{p,VF} \times k_d$$

$$Q_d = Q_{d,VF} + Q_{VNF}$$

$$Q_{h,VF} = Q_{d,VF} \times k_h$$

$$Q_h = Q_{h,VF} + Q_{VNF}$$

SPO	Specifická potřeba vody
Q_{p,VF}	Potřeba vody z vody fakturované
Q_{VNF}	Potřeba vody – voda nefakturovaná
Q_p	Průměrná denní potřeba vody
Q_{d,VF}	Maximální denní potřeba vody – voda fakturovaná
Q_d	Maximální denní potřeba vody (včetně ztrát)
Q_{h,VF}	Maximální hodinová potřeba vody – voda fakturovaná
Q_h	Maximální hodinová potřeba vody (včetně ztrát)

Tab. 4: Výpočet současné potřeby vody v jednotlivých řešených lokalitách

Lokalita	PZO	SPO	Velkoodběratel	Q _{p,VF}	Q _{VNF}	Q _p	k _d	Q _{d,VF}	Q _d	k _h	Q _{h,VF}	Q _h
	[obyvatel]	[l/ob./den]	[l/den]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[-]	[l/s]	[l/s]	[-]	[l/s]	[l/s]
Stávající stav												
Čížová	627	100	20000	0.957	0.201	1.16	1.5	1.44	1.64	2.5	3.56	3.76
Nová ves	93	100	0	0.108	0.023	0.13	1.5	0.16	0.18	6.3	1.01	1.03
Bošovice	97	100	0	0.112	0.024	0.14	1.5	0.17	0.19	6.2	1.05	1.07
Zlivice	123	100	30000	0.490	0.103	0.59	1.5	0.73	0.84	5.9	4.36	4.47
Borečnice	0	100	0	0.000	0.000	0.00	1.5	0.00	0.00	7.3	0.00	0.00
CELKEM	940	-	50000	1.67	0.35	2.02	-	2.50	2.85	2.2	5.59	5.94

Tab. 5: Výpočet výhledové potřeby vody v jednotlivých řešených lokalitách

Lokalita	PZO	SPO	Velkoodběratel	Q _{p,VF}	Q _{VNF}	Q _p	k _d	Q _{d,VF}	Q _d	k _h	Q _{h,VF}	Q _h
	[obyvatel]	[l/ob./den]	[l/den]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[-]	[l/s]	[l/s]	[-]	[l/s]	[l/s]
Výhledový stav												
Čížová	727	100	20000	1.073	0.225	1.30	1.5	1.61	1.83	2.4	3.85	4.07
Nová ves	108	100	0	0.125	0.026	0.15	1.5	0.19	0.21	6.1	1.14	1.17
Bošovice	117	100	0	0.135	0.028	0.16	1.5	0.20	0.23	6.0	1.22	1.25
Zlivice	193	100	30000	0.571	0.120	0.69	1.5	0.86	0.98	5.2	4.49	4.61
Borečnice	50	100	0	0.058	0.012	0.07	1.5	0.09	0.10	6.7	0.58	0.60
CELKEM	1 195	-	50000	1.96	0.41	2.37	-	2.94	3.35	2.1	6.20	6.61

3.6. Návrh objemu akumulace vodojemu

3.6.1. Způsob hodnocení

Vodojemy a přerušovací vodojemy se navrhují v souladu s ČSN 73 6650 „Vodojemy“ a ČSN EN 1508 (75 5356) „Požadavky na systémy a součásti pro akumulaci vody“.

Návrhy využitelného objemu vody ve vodojemu:

- Využitelný objem zásobního vodojemu se obvykle volí jako součet objemů, potřebných pro vyrovnání rozdílu mezi přítokem vody do vodojemu a odběrem vody z vodojemu do spotřebiště v době maximální denní potřeby vody, zajištění zásoby vody pro hašení požáru ve smyslu ČSN 730873 a ČSN EN 805 a zajištění zásoby vody pro případ drobných poruch na vodovodní síti nebo na zařízení, zajišťující přívod vody do vodojemu.
- Využitelný objem zásobního vodojemu, stanovený podle zásad ČSN 730873 a ČSN EN 805 se obvykle navrhuje na 60 až 100 % maximální denní potřeby vody zásobovaného pásma, do kterého je voda vodojemu přiváděna.

Způsob hodnocení podrobněji

Dle ČSN 75 5355 se objem zásobních vodojemů navrhuje jako součet objemu provozního, daného požadavky na vyrovnání hodinové nerovnoměrnosti odtoku z vodojemu při maximální denní spotřebě Q_d , objemu požární vody a objemu tvořícího provozní rezervu.

$$V_c = V_{pr} + V_{po} + V_r$$

Provozní objem

Provozní objem je vypočten jako objem nutný k dennímu vyrovnání nerovnoměrnosti odběrů dané uvažovanou křivkou součinitele hodinové nerovnoměrnosti. Při jeho výpočtu se předpokládá konstantní přítok vody do vodojemu.

Objem požární vody

Dle ČSN 73 0873 se objem požární vody, jde-li o vodovod s požárním účelem, stanovuje jako součin počtu hydrantů použitých pro hašení $n = 1 - 2$, doby hašení $t = 0,5 - 2$ hod a průtoku použitého při hašení $Q_{po} = 4,0 - 40$ l/s. Objem požární vody by měl být v rozmezí $14 - 72$ m³. Podle dostupných informací je zdroj požární vody dostupný ze stávajících požárních nádrží, proto v rámci

Provozní rezerva

Doba trvání poruchy je doba, po kterou je možné čerpat provozní rezervu po přerušení dodávky vody do vodojemu, ke které dojde v okamžiku, kdy je vodojem na nejnižší hladině svého denního cyklu. Požaduje se zachování objemu požární vody. Počítá se pro maximální denní průtok Q_d . Z hlediska výpočtu doby trvání poruchy je rozhodující spotřeba lokalit, pro které vodojem plní funkci akumulace objemu pro případ poruchy. Uvažovaná doba poruchy se doporučuje alespoň 6 hodin.

$$V_r = Q_m \cdot T/24$$

T = doba trvání poruchy – 6-12 hod

$Q_m = Q_d$ – maximální denní potřeba

V rámci navrhovaného systému zásobování byl navrhnut celkem jeden nový vodojem Čížová.

3.6.2. VDJ Čížová

$Q_{dmax} = 289.85 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} = 12.08 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$

Hodina		Přítok		Odběry celkem (kh=2,1)		Přebytky		Bilance objemů		Součtové čáry	
od	do	[%]	$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$	[%]	$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$	[%]	$[\text{m}^3]$	[%]	$[\text{m}^3]$	přítok	odběr
0 -1		5.88	17.05	0.86	2.49	5.02	14.56	5.02	14.6	0.00	0.00
1 -2		5.88	17.05	0.60	1.74	5.28	15.31	10.31	29.9	5.88	0.86
2 -3		5.88	17.05	0.60	1.74	5.28	15.31	15.59	45.2	11.76	1.46
3 -4		5.88	17.05	0.60	1.74	5.28	15.31	20.87	60.5	17.65	2.06
4 -5		5.88	17.05	1.74	5.03	4.15	12.02	25.02	72.5	23.53	2.66
5 -6		5.88	17.05	2.68	7.76	3.21	9.29	28.22	81.8	29.41	4.39
6 -7		5.88	17.05	4.90	14.21	0.98	2.84	29.20	84.6	35.29	7.07
7 -8		5.88	17.05	6.88	19.93	-0.99	-2.88	28.21	81.8	41.18	11.97
8 -9		5.88	17.05	4.29	12.43	1.59	4.62	29.80	86.4	47.06	18.85
9 -10		0.00	0.00	5.56	16.11	-5.56	-16.11	24.24	70.3	47.06	23.14
10 -11		0.00	0.00	5.56	16.11	-5.56	-16.11	18.68	54.2	47.06	28.70
11 -12		0.00	0.00	5.56	16.11	-5.56	-16.11	13.13	38.0	47.06	34.26
12 -13		0.00	0.00	4.90	14.21	-4.90	-14.21	8.22	23.8	47.06	39.82
13 -14		0.00	0.00	4.90	14.21	-4.90	-14.21	3.32	9.6	47.06	44.72
14 -15		0.00	0.00	3.72	10.78	-3.72	-10.78	-0.40	-1.1	47.06	49.62
15 -16		0.00	0.00	4.90	14.21	-4.90	-14.21	-5.30	-15.4	47.06	53.34
16 -17		5.88	17.05	4.90	14.21	0.98	2.84	-4.32	-12.5	52.94	58.24
17 -18		5.88	17.05	6.27	18.17	-0.39	-1.12	-4.70	-13.6	58.82	63.14
18 -19		5.88	17.05	7.03	20.38	-1.15	-3.33	-5.85	-17.0	64.71	69.41
19 -20		5.88	17.05	8.75	25.36	-2.87	-8.31	-8.72	-25.3	70.59	76.44
20 -21		5.88	17.05	4.90	14.21	0.98	2.84	-7.74	-22.4	76.47	85.19
21 -22		5.88	17.05	4.90	14.21	0.98	2.84	-6.76	-19.6	82.35	90.09
22 -23		5.88	17.05	3.72	10.78	2.16	6.27	-4.60	-13.3	88.24	95.00
23 -24		5.88	17.05	1.29	3.74	4.59	13.30	-0.01	0.0	94.12	98.71
24		100.00	289.85	0.86	289.86	-0.01	-0.02			100.00	100.01

$\text{balance}_{max} = 29.8 \% \quad 86.4 \text{ m}^3$
 $\text{balance}_{min} = -8.7 \% \quad -25.3 \text{ m}^3$
 $S \text{ abs} = 38.5 \% \quad 111.7 \text{ m}^3$

$V_{provoz} = 111.7 \text{ m}^3$

$V_{rezervni} = Q_m \cdot T / 24$ doba trvání poruchy v hod. uvažuje se v rozmezí 6-12h

$V_{rezervni} = 72.5 \text{ m}^3$ pro 6 hodin

$V_{rezervni} = 144.9 \text{ m}^3$ pro 12 hodin

$V_{celkovy} = V_{prov} + V_{pozar} + V_{rezer}$

$V_{celk.} = 184.1$ až 256.6 m^3

Celkový akumulční objem vodojemu musí dosahovat alespoň 60% $Q_{max.d.} = 173.907 \text{ m}^3$

184.1 = 64%

256.6 = 89%

Navrhujeme realizaci VDJ Čížová o celkovém objemu akumulace 2 x 100 m³.

4. Matematický model

4.1. Schematizace objektů v matematickém modelu – obecně

Objekty vodovodní sítě byly schematizovány v programovém prostředí InfoWater. Popis jednotlivých objektů a způsob schematizace je uveden v následujících státech. Program InfoWater schematizuje vodovodní síť jako soustavu uzlů a úseků. Kromě běžných uzlů, které slouží pouze k napojování potrubních úseků a do nichž se vkládají odběry spotřebiště, existují v modelu InfoWater následující typy uzlů se speciální funkcí:

- čerpadlo, tj. uzel s čerpadlem s vstupním a výstupním tlakem,
- uzávěr, tj. uzel s uzávěrem s vstupním a výstupním tlakem.
- vodojemy a nádrže.

Dále následuje hydraulický popis jednotlivých prvků sítě.

Potrubí

Potrubím protéká průtok mezi počátečním a koncovým uzlem ve směru sklonu tlakové čáry. Ztrátovou výšku v potrubí lze vyjádřit vztahem

$$Z = K \times Q^m$$

Kde Z je ztrátová výška v metrech vodního sloupce, Q je průtok a K je odporový součinitel potrubí. Program InfoWater umožňuje provádět hydraulický výpočet podle následujících vztahů pro ztráty třením:

- Darcy - Weisbachova rovnice,
- Manningova rovnice,
- Hazenova - Williamsova rovnice.

V níže dokumentovaných výpočtech je použito výpočtu dle Darcy - Weisbachovy rovnice, jejíž použití je v kontinentální Evropě nejběžnější a které je zároveň nejobecnější. V anglosaských zemích je nejpopulárnější Hazenova-Williamsova rovnice. Manningova rovnice platí pouze pro kvadratickou oblast ztrát třením.

Přehled hydraulických vztahů pro výpočet ztrátové výšky v potrubí je pro jednotky SI uveden v Tab. 6 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, zatímco tabulka Tab. 7 ukazuje pro jednotlivé typy trubních materiálů rozmezí drsnostních součinitelů. Je třeba počítat s tím, že hodnoty drsnostního součinitele se stárnutím potrubí mění.

Tab. 6: Rovnice pro výpočet ztrát třením (jednotky SI)

Rovnice	Odporový součinitel k	Exponent m
Darcy-Weisbach	$0,082626 \lambda L / D^5$	2
Manning	$10,245 n^2 L / D^{5,33}$	2
Hazen-Williams	$10,694 L / (C^{1,85} D^{4,867})$	1,85

kde:

- λ je součinitel tření, který je obecně funkcí Reynoldsova čísla a relativní drsnosti Δ/D ,
L je délka potrubí (m),
D je vnitřní průměr potrubí (m) - do programu se však zadává v milimetrech,
n je Manningův drsnostní součinitel,
C je Hazen - Williamsov drsnostní součinitel.

Tab. 7: Rozmezí drsnostních součinitelů trubních materiálů

Materiál potrubí	Hydraulická drsnost Δ (mm)	Manningův drsnostní součinitel n	Hazen-Williamsův součinitel C
Ocel	0,03 - 3	0,011 - 0,016	140 - 150
Pozinkovaná ocel	0,15 - 3	0,012 - 0,016	120
Litina	0,2 - 2	0,012 - 0,015	130 - 140
Plasty	0,003 - 0,015	0,011 - 0,015	140 - 150
Beton	0,3 - 3	0,012 - 0,017	120 - 140
Kamenina	0,1 - 3	0,013 - 0,015	110

V praxi by měly použité drsnostní koeficienty vycházet z měření v terénu. Obvykle zahrnují i místní ztráty a proto dosahují vyšších hodnot. Součinitel tření λ se v Darcy-Weisbachově rovnici v programu InfoWater počítá z explicitního vztahu, Swamee-Jain (1976):

$$\lambda = \frac{1,32547}{\left[\ln \left(\frac{5,47}{Re^{0,9}} + \frac{\Delta}{3,79 \times D} \right) \right]^2} \quad \text{pro: } 10^{-6} \leq \Delta / D \leq 10^{-2} \text{ a } 5000 \leq Re \leq 10^8$$

Potrubní úseky mohou v programu InfoWater rovněž simulovat funkci některých uzávěrů. Může jít o zpětné uzávěry, které umožňují směr proudění pouze v jednom předepsaném směru, nebo o uzávěry, které jsou v předepsaném čase buď otevřené, nebo zavřené v závislosti na zadané poloze hladiny v nádržích nebo na zadané hodnotě tlakové výšky v uzlu.

Uzly

Všechny uzly musí mít zadanou polohovou výšku nad zvolenou srovnávací rovinou (např. v nadmořských výškách), ke které se přičítají tlakové výšky. Veškeré uzlové odběry (přítoky) v uzlech bez akumulace vody musí být pro požadovaný čas simulace zadány. Uzly s akumulací vody, tj. nádrže a vodojemy, jsou speciální uzly, ve kterých je volná hladina zadána kótou nadmořské výšky. Nádrže se liší od vodojemů tím, že bez ohledu na přítok či odtok mají v průběhu výpočtu konstantní hladinu. Nádrže se používají k popisu hladiny např. v jezerech, řekách nebo studních, ze kterých se jímá voda. Uzly s akumulací vody nesmějí mít externí přítok, nebo odběr.

Vodojemy

Pokud je součástí projektu posouzení velikost objemu vodojemů a kolísání hladin, je potřeba, byly vodojemy v modelu schematizovány pomocí nádrže s proměnnou výškou hladiny (typ Tank). Program InfoWater počítá změnu hladiny ve vodojemu z rovnice kontinuity ve tvaru

$$dy = (Q / S_v) dt$$

kde:

- dy je změna hladiny (m),
- Q přítok do vodojemů (+) nebo výtok (-) z vodojemů (m^3s^{-1}),
- S_v průřezová plocha hladiny ve vodojemu (m^2),
- dt časový interval (s).

K hydraulickému výpočtu vodojemů potřebuje program InfoWater zadat plochu příčného průřezu vodojemů a minimální, resp. maximální polohu hladiny. U nádrží, ve kterých má být poloha hladiny zadána jako okrajová podmínka, je potřeba použít schematizaci typu Reservoir.

Vodojemy jsou v modelu schematizovány tak, že vícekomorové vodojemy jsou nahrazeny jednodukomorovým se stejným objemem. Pro zjednodušení byly použity válcové vodojemy, jejichž průměr se dopočítává z objemu vodojemu a jeho hloubky. Při gravitačním plnění vodojemů přítokem nad hladinu byl přítok schematizován s použitím uzávěrů PSV a FCV. čerpání nad hladinu vodojemu byl výtok schematizován uzávěrem PSV. Parametry vodojemů včetně provozních hladin jsou uvedeny ve zjednodušeném bilančním schématu.

Čerpadla

Čerpadlo je zařízení, které dodává do systému energii a zvyšuje tlakovou výšku. Vztah mezi dopravní výškou čerpadla H_c a průtokem Q se nazývá charakteristika čerpadla. V programu InfoWater je možné ji zadat tabelárně jako dvojice hodnot $[H_c Q]$. Alternativně je možné zadat dopravní výšku a průtok pro pouze charakteristické stavy (uzávěrový bod) a program pak provede aproximaci charakteristiky čerpadla vztahem,

$$H_c = H_o - a \times Q^b$$

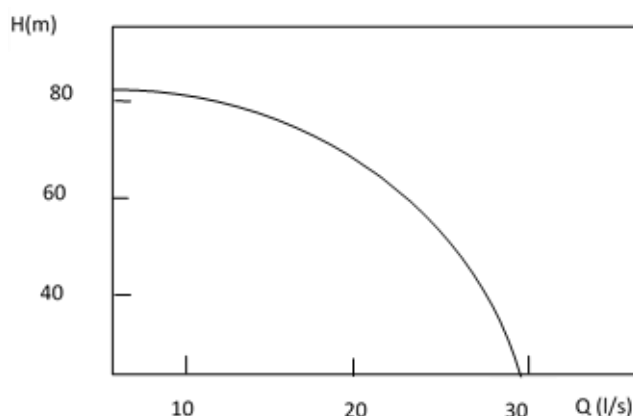
kde:

H_c je dopravní výška čerpadla (m),

H_o je závěrný bod čerpadla,

Q je průtok.

Po zadání závěrného bodu a dalších dvou bodů charakteristiky se v programu vypočtou hodnoty parametrů a , resp. b .



Obr. 2 Příklad charakteristiky čerpadla

Jestliže charakteristika čerpadla není známa, např. při předběžném návrhu, lze předpokládat, že čerpadlo bude do systému dodávat energii při konstantní dopravní výšce, která se určí z rovnice pro užitečný výkon čerpadla:

$$H_c = P_u / (\rho \times g \times Q) = P_u / (9810 \times Q)$$

Hodnotu užitečného příkonu P_u je třeba nejprve spočítat podle odhadnuté dopravní výšky čerpadla. Průtok čerpadlem je možný pouze v jednom směru a pracovní bod čerpadla se musí nacházet v rozmezí zadané charakteristiky. Pokud by hydraulické podmínky v trubní síti vyžadovaly větší dopravní výšku, než je závěrný bod čerpadla, program průtok čerpadlem zastaví. Program umožňuje zapínat nebo vypínat čerpadla v předem nastavených časech podle toho, dostanou-li se hladiny v nádržích nad nebo pod předepsanou hodnotu, nebo pokud hodnota tlakové výšky v uzlu klesne pod nebo vystoupí nad zadanou hodnotu. Rovněž lze použít čerpadlo se změnou otáček.

Uzávěry

Kromě uzavíracích armatur, které jsou buď plně otevřeny, nebo zavřeny (např. zpětný uzávěr), program InfoWater umožňuje simulovat i regulační armatury, které regulují průtok, nebo redukční armatury (ventily), které jsou určeny k regulaci tlaku. Jde o uzly se speciální funkcí. Simulovat lze následující typy uzávěrů (uvedeny včetně české a anglické zkratky):

- Tlakový regulační uzávěr pro maximální tlak (TRUMA) (PRV),
- Tlaková regulační uzávěr pro minimální tlak (TRUMI) (PSV),
- Uzávěr s předepsanou ztrátou (UPZ) (PBV),
- Regulační průtokový uzávěr (RPU) (FCV),
- Škrťací průtokový uzávěr (ŠPU) (TCV),
- Obecný uzávěr (OUZ) (OUZ).

Tlaková regulační armatura (TRUMA) udržuje tlakovou výšku v uzlu za uzávěrem pod předepsanou maximální hodnotou tlakové výšky. Pokud tlak ve vstupním uzlu klesne pod předepsanou hodnotu, průtok uzávěrem se nereguluje. Jestliže by měla být tlaková výška ve výstupním uzlu větší jak ve vstupním, uzávěr se zavře, aby zabránil zpětnému průtoku.

Tlaková regulační armatura (TRUMI) pro předepsanou tlakovou minimální výšku ve vstupním uzlu je ve funkci, pokud je tlaková výška v dolním uzlu pod předepsanou hodnotou v uzlu vstupním. Pokud tlak ve výstupním uzlu stoupne nad předepsanou hodnotu, průtok uzávěrem se nereguluje. Jestliže by měla být tlaková výška ve výstupním uzlu větší jak ve vstupním, uzávěr se zavře, aby zabránil zpětnému průtoku.

Armatura s předepsanou ztrátou (APZ) umožňuje zadat požadovanou ztrátovou výšku v uzávěru. Jestliže by měla být tlaková výška ve výstupním uzlu větší jak ve vstupním, uzávěr se zavře, aby zabránil zpětnému průtoku.

Regulační průtoková armatura (RPA) reguluje průtok na předepsanou hodnotu. Program zobrazí varovné hlášení, pokud by na základě hydraulického výpočtu vycházel průtok menší. Ke splnění zadané podmínky by se musela před uzávěrem zvýšit hodnota tlakové výšky.

Škrťací průtoková armatura (ŠPA) plní stejnou funkci jako (RPA) tím, že se může měnit hodnota ztrátového součinitele. Charakteristiku armatury, tj. závislost ztrátového součinitele na jejím otevření, je třeba získat od výrobce.

Obecný uzávěr (OUZ) umožňuje modelovat zařízení a situace při kterých si uživatel může zadat vlastní vztah mezi ztrátou a průtokem.

Místní ztráty

V armaturách, tvarovkách a měřících zařízeních (např. Venturimetr, clona, tryska) trubních sítí dochází k místním ztrátám. Důležitost místních ztrát závisí na velikosti a tvaru sítě a na požadované přesnosti výpočtu. Program InfoWater umožňuje každé armatuře nebo tvarovce přiřadit úsek se ztrátovou výškou počítanou z rovnice,

$$Z_m = (K_m \times Q^2) / (2g \times S^2)$$

kde:

- K_m je součinitel místní ztráty
- Q je průtok (m^3s^{-1})
- S je plocha potrubí (m^2), která se spočítá ze zadaného průměru.

Hodnoty ztrátových součinitelů některých armatur a tvarovek jsou v Tab. 8. Ve vodovodní síti jsou tlakové ztráty armatur a tvarovek zpravidla zahrnovány do ztrát třením v trubních úsecích.

Tab. 8: Hodnoty ztrátových součinitelů některých armatur a tvarovek

Armatura, tvarovka	Ztrátový součinitel (K_m)
Uzavírací ventil, plné otevření	10,0
Nárožní armatura, plné otevření	5,0
Zpětná klapka, plné otevření	2,5
Šoupátko, plné otevření	0,2
Kolenový průtokoměr o malém poloměru	0,9
Kolenový průtokoměr o středním poloměru	0,8
Kolenový průtokoměr o velkém poloměru	0,6
Kolenový průtokoměr s úhlem 45°	0,4
Armatura tvaru T, průtok hlavní větví	0,6
Armatura tvaru T, průtok z vedlejší větve	1,8
Vtok s ostrou vstupní hranou	0,5
Výtok z potrubí do nádrže	1,0

4.2. Stavba modelu

Tato kapitola popisuje samotnou stavbu matematického modelu. Výsledkem je hydraulický matematický model vodovodní sítě zahrnující vodovodní řady načtené z GISu a objekty, které jsou vytvořeny především na základě provozních schémat. Schematizace objektů v modelu vychází z dodaných podkladů, přičemž jsou dodrženy všechny podstatné funkce objektů.

Matematický model stávajících řadů byl sestaven na základě dat získaných od provozovatele. V digitální podobě (.dgn) byla předána topologie stávající vodovodní sítě. Data od provozovatele byla exportována do formátu (.shp), který využívá prostředí GIS. Vytvořené soubory .shp byly následně importovány do prostředí hydraulického softwaru InfoWater, kde proběhla jejich kontrola, vložení uzlových bodů, oprava diskontinuit způsobených nepřesnostmi v původním digitálním zdroji (doplnění chybějících uzlů v místech křížení potrubí s fyzickým propojením) a úpravy pro modelové schematizace.

Jednotlivé vodárenské objekty (VDJ, čerpací stanice, redukční šachty) byly do modelu vloženy manuálně dle informací dle provozních schémat vodovodu.

Stávající importovaná vodovodní síť byla dále doplněna o jednotlivé navržené vodárenské objekty.

4.2.1. Data o topologii sítě a jejich import do modelu

Pro stavbu modelu byla použita předaná topologická data vodovodních řadů ve formátu DXF. Data byla načtena do programu ArcMap, ve kterém byla jednotlivým řadům přiřazena dimenze a materiál dle anotací v souboru DXF.

V případě materiálu PE, PVC potrubí bylo zapotřebí přepočítat vnější profil na vnitřní podle převodníku v Tab. 9. Následně byla data importována do programu InfoWater, ve kterém proběhla jejich kontrola a případná oprava (odstranění duplicit, ztotožnění koncových bodů řadů, doplnění uzlových bodů).

Tab. 9: Vnitřní a vnější průměry potrubí pro PE

Materiál	De [mm]	t [mm]	Di [mm]
PE - PN16	63	5,8	51,4
	75	6,8	61,4
	90	8,2	73,6
	110	10	90,0
	125	11,4	102,2
	140	12,7	114,6
	160	14,6	130,8
	225	20,5	184,0
	180	16,4	147,2

Nastavení hydraulických parametrů vodovodního přivaděče má významný vliv na výsledné tlakové poměry. Základní hydraulické nastavení modelu je dáno stanovením koeficientů hydraulické drsnosti potrubí v závislosti na materiálu a stáří. Rozdělení hydraulické drsnosti v modelu bylo provedeno v souladu s níže uvedenou tabulkou Tab. 10. V této tabulce jsou uvedeny hydraulické drsnosti, které jsou typické pro běžné vodovodní potrubí se střední a vyšší inkrustací řadů.

Tab. 10: Hydraulická drsnost – základní rozložení hydraulických drsností potrubí v matematickém modelu

Materiál	Značka	Hydraulická drsnost Δ (mm)
Litina (stávající)	LT	5
PVC	PVC	0,5
PE	PE	0,5

4.2.2. Nadmořské výšky uzlů

Pro generaci nadmořských výšek jednotlivých uzlů modelu byl použit digitální model terénu (DMT), který byl vytvořen v 3D Analystu GIS programu ArcGIS na základě digitálního modelu reliéfu (DMR 5G) popisujícího zájmové území. Tímto digitálním modelem terénu (DMT) bylo v aplikaci InfoWater provedeno prolnutí uzlů potrubí a vygenerování Z-ových souřadnic. Model přivaděče a propojení s DMT je provedeno tak, že v případě rozšíření nebo změny topologie potrubní sítě je možné Z-ové souřadnice nových nebo modifikovaných uzlových prvků aktualizovat.

5. Koncepce navrhovaného řešení zásobování pitnou vodou

Současný stav:

V současné době je v obci Čížová vybudován vodovod pro veřejnou potřebu, který je součástí skupinového vodovodu Písek. S jeho budováním bylo započato v 70-tých letech minulého století, a to vybudováním přívodního řadu DN 300 v délce 6,7 km z Písku a VDJ, respektive akumulární nádrže 100m³ na okraji obce. Součástí tohoto objektu je i AT stanice, která zajišťuje zásobování prvního tlakového pásma. S rozšiřováním rozvodné sítě po obci a vzhledem ke konfiguraci terénu byly vybudovány v letech 1991 a 2002 další dvě čerpací stanice pro dodávku pitné vody do vyšších partií obce.

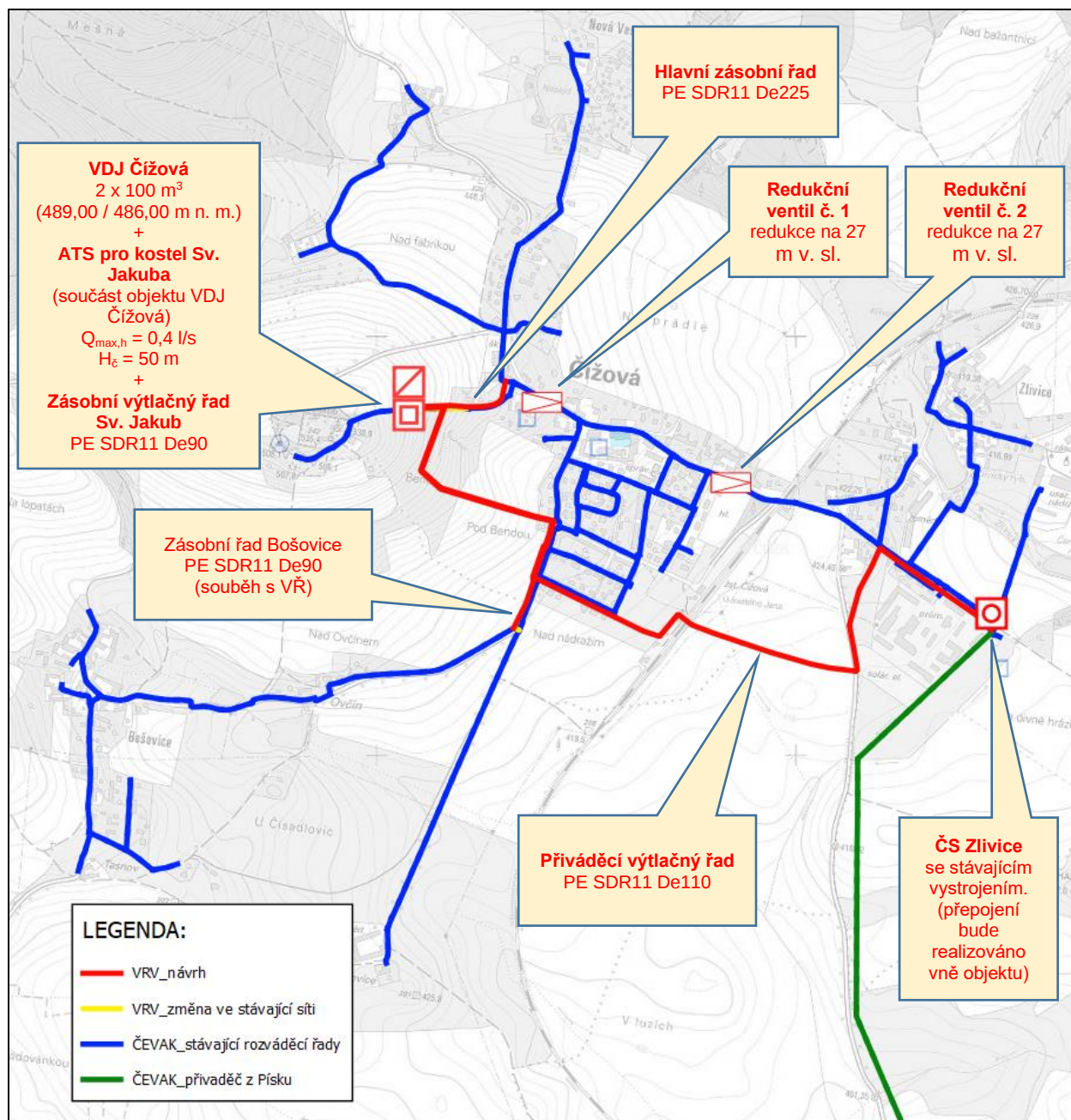
Kvalita dodávané pitné vody je vzhledem ke zdrojové části (ÚV Písek a Vodárenská soustava Jižní Čechy) v souladu s Vyhláškou 376/2000Sb. Je však třeba vzhledem k dlouhému přívodnímu řadu věnovat pozornost odkalování tohoto řadu.

Provozovatelem vodovodní sítě je společnost Čevak a.s.

Informace ohledně současného stavu zásobení obce Čížová pitnou vodou byly převzaty z PRVKÚK Jihočeského kraje.

5.1. Obecný popis

Je uvažováno s dostavbou vodovodní sítě v obci Čížová, která má za cíl zajistit spolehlivější zásobování pitnou vodou. Navrhované řešení uvažuje s čerpáním pitné vody ze stávajícího objektu ČS Zlivice s akumulací 100 m³, napojeného na přívodní vodovodní řad Písek – Čížová, navrhovaným samostatným výtlačným příváděcím řadem (PE SDR11 De110) do nově navrženého vodojemu Čížová (2x100 m³, 489,0/486,0 m n. m.). Odtud bude voda gravitačně distribuována nově navrženým hlavním zásobním řadem (PE SDR11 De225) do většiny dílčích spotřebišť v obci. Výjimku tvoří dílčí spotřebišť Bošovice a dílčí spotřebišť v okolí kostelu Sv. Jakuba. Do Bošovic bude pitná voda z VDJ Čížová dopravována novým samostatným zásobním řadem (PE SDR11 De90). Toto řešení je navrženo s cílem zajistit správné tlakové podmínky ve spotřebišti, stanovené vyhláškou č. 428/2001 Sb. Dílčí spotřebišť v okolí kastelu Sv. Jakuba bude vzhledem k jeho výškopisné poloze zásobeno prostřednictvím AT stanice, která je navržena jako součást objektu VDJ Čížová a bude osazena čerpadlem s parametry $Q_{\max,d} = 0,4$ l/s, $H_c = 50$ m (sestava 1+1). Z ATS bude voda napojena na stávající rozvodnou síť krátkým samostatným zásobním řadem (PE SDR11 De90). Situační schéma s popisem navrhovaných opatření v rámci projektu DUR „Vodojem Čížová a dostavba vodovodu“ je uvedeno na Obr. 3.



Obr. 3: Schéma navrhovaných opatření

Za účelem ověření správného návrhu předkládaných opatření a pro posouzení správné funkčnosti vodovodního systému jako celku, byla stávající síť rozváděcích řadů schematicky doplněna o rozvodné řady v obecní části Borečnice. Toto rozšíření vodovodní sítě není součástí předkládané projektové dokumentace DUR „Vodojem Čížová a dostavba vodovodu“, jejíž součástí je tato hydraulická analýza. Obdobně je tomu v případě některých rozvojových ploch, určených dle ÚP pro rozvojovou zástavbu, kde byla síť rozvodných řadů, pro účely hydraulického modelování, také pouze schematicky rozšířena. Je s ním však uvažováno v souvislosti s dalšími etapami výstavby vodovodní sítě a je proto vhodné tento záměr v rámci matematického modelování zahrnout.

5.2. Výtlačný řad + ČS Zlivice

Pro dopravu pitné vody přiváděné přivaděčem z vodárenského systému Písek do navrhovaného VDJ Čížová (489,0 / 486,0 m n. m.) je navržen nový přiváděcí výtlačný řad – PE SDR11 De110.

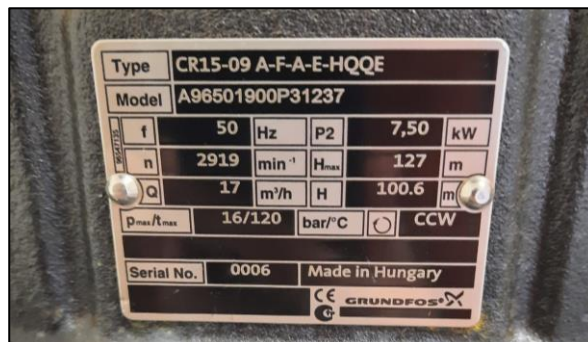
Při posouzení výtlačného řadu bylo vycházeno z obecného předpokladu, kdy přiváděcí řady dopravující vodu do vodojemů mají být navrhovány na maximální denní průtok. Současně by denní doba čerpání měla být ideálně 15 - 18 hodin. Tento předpoklad je vhodný pro zajištění optimálního provozu čerpadel.

V současné chvíli jsou ve stávajícím objektu čerpací stanice Zlivice osazena vertikální vícestupňová odstředivá čerpadla Grundfos CR 15-9 A-F-A-E-HQQE v sestavě 1+1. Stáří těchto čerpadel je dle provozovatele 1 rok. Jejich parametry a charakteristiky jsou vyhovující návrhovým požadavkům, které jsou kladeny pro zajištění spolehlivé dopravy vody do VDJ Čížová. Je tedy vhodné, v zájmu úspory ekonomických prostředků, tyto čerpadla k dopravě vody do VDJ Čížová použít.

Po konzultaci s provozovatelem stávající vodovodní sítě je navrženo použít stávající objekt ČS Zlivice s vystrojením v nezměněné podobě. Přiváděcí výtlačný řad do VDJ Čížová bude připojen vně objektu ČS Zlivice.

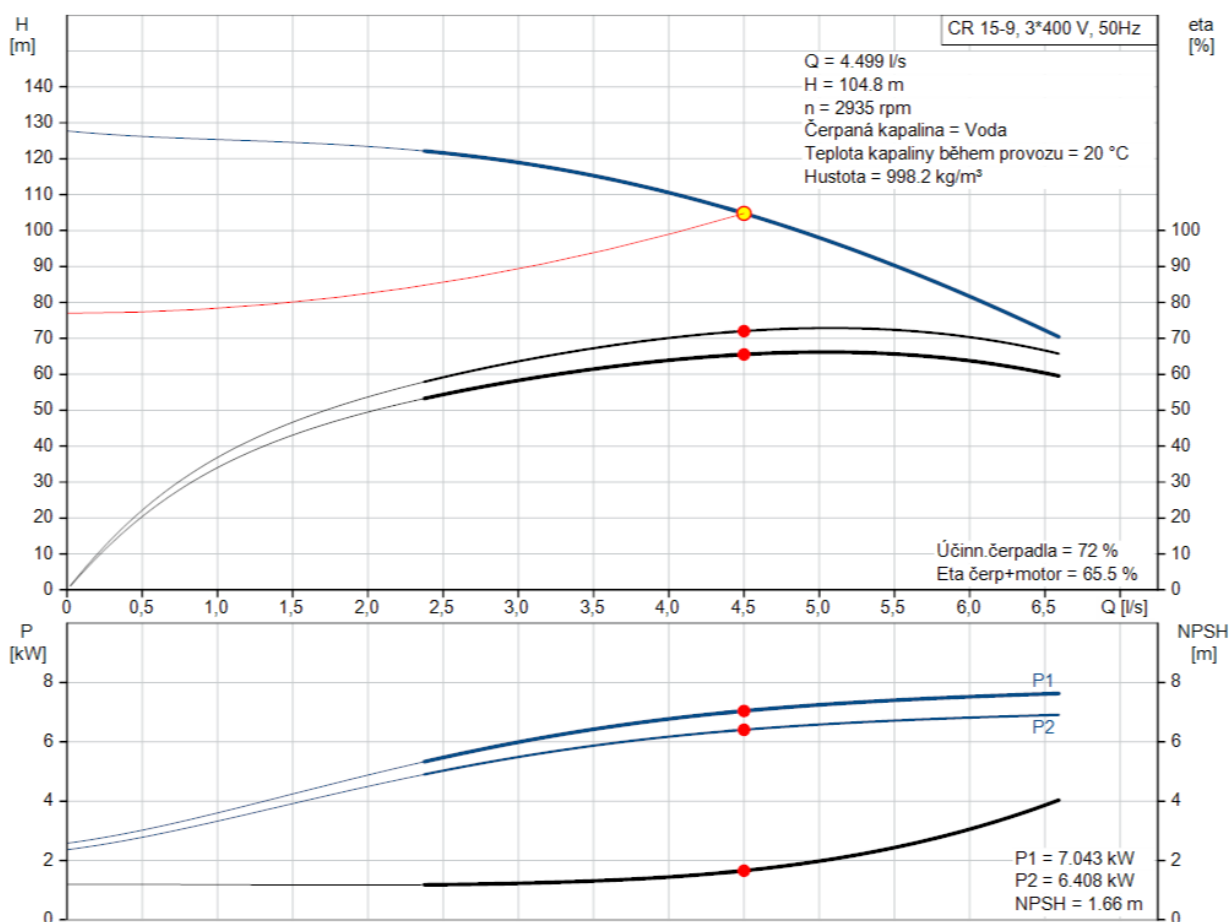


Obr. 4: čerpadla Grundfos
CR 15-9 A-F-A-E-HQQE
v ČS Zlivice(18.3.2022)



Obr. 5: výrobní štítek čerpadla
Grundfos CR 15-9 A-F-A-E-HQQE

Na Obr. 6 je uvedena charakteristika čerpadla *Grundfos CR 15-9 A-F-A-E-HQQE*, získaná na webových stránkách výrobce (dostupné z <https://product-selection.grundfos.com/cz/products/cr-cre-cri-crie-crn-crne-crt-crte/cr/cr-15-9-96501900?tab=variant-curves&pumpsystemid=1527776166>)



Obr. 6: charakteristika čerpadla Grundfos CR 15-9 A-F-A-E-HQQE dle výrobce

Na Obr. 6 je již vyznačen také pracovní bod čerpadla. Ten byl stanoven v rámci hydraulické analýzy při snaze zajistit denní dobu čerpání do VDJ v intervalu 15 až 18 hod a současně dodržet tlakové poměry na vstupu do VDJ v rozsahu 5 až 10 m v. sl. Současně byla optimalizována také dimenze příváděcího výtlačného řadu, která má vliv na velikost třecích ztrát v potrubí. Při navržené dimenzi potrubí De 110 byly návrhové čerpané průtoky stanoveny následovně:

Maximální denní potřeba vody pro stávající stav:

Čížová	$Q_d = 1,64 \text{ l/s}$
Nová Ves	$Q_d = 0,18 \text{ l/s}$
Bošovice	$Q_d = 0,19 \text{ l/s}$
Zlivice	$Q_d = 0,84 \text{ l/s}$
Borečnice	$Q_d = 0.0 \text{ l/s}$
Celkem	$Q_d = 2,85 \text{ l/s} = 246,2 \text{ m}^3/\text{den}$

Návrhový průtok pro stávající stav $Q_{n_{15}} = (24/15) \times Q_d = 4.56 \text{ l/s} = 273.6 \text{ l/min}$
Denní doba čerpání: cca 15 hod

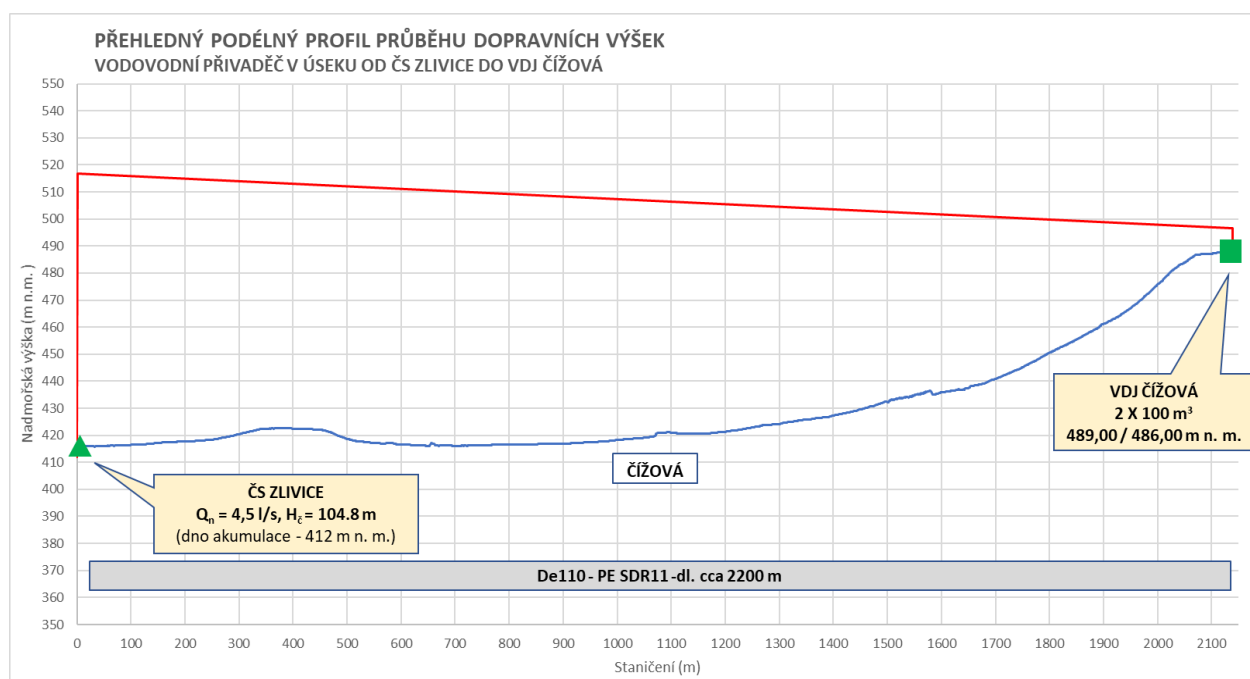
Maximální denní potřeba vody pro výhledový stav:

Čížová	$Q_d = 1,83 \text{ l/s}$
Nová Ves	$Q_d = 0,21 \text{ l/s}$
Bošovice	$Q_d = 0,23 \text{ l/s}$
Zlivice	$Q_d = 0,98 \text{ l/s}$
Borečnice	$Q_d = 0,1 \text{ l/s}$
Celkem	$Q_d = 3,35 \text{ l/s} = 289,8 \text{ m}^3/\text{den}$

Návrhový průtok pro výhledový stav $Q_{n,18} = (24/18) \times Q_d = 4.47 \text{ l/s} = 268,4 \text{ l/min}$
Denní doba čerpání: cca 18 hod

Na základě provedené hydraulické analýzy navrhujeme realizovat **výtlačný řad z potrubí HDPE SDR11 v dimenzi De110**. Pro zajištění dostatečného plnění VDJ Čížová budou využita stávající čerpadla *Grundfos CR 15-9 A-F-A-E-HQQE*, osazená ve stávajícím objektu „**ČS Zlivice**“ v sestavě 1+1 (100% záloha). Pracovní bod křivek čerpadla a potrubí má charakteristiky **$Q_\xi = 4,5 \text{ l/s}$, $H_\xi = 104,8 \text{ m}$ ($H_g = 77 \text{ m} + Z = 20 \text{ m} + p = 7,7 \text{ m v. sl.}$)**. Vystrojení ČS Zlivice zůstane v nezměněném stavu a přepojení na přívaděcí výtlačný řad do VDJ Čížová bude realizováno vně objektu.

Na Obr. 7 je znázorněn průběh hydrodynamické tlakové čáry na navrhovaném výtlačném řadu v úseku od ČS Zlivice a směrem do nového VDJ Čížová.



Obr. 7: Průběh terénu a hydrodynamické čáry energie v navrhovaném výtlačném řadu při čerpání do VDJ Čížová

5.3. Vodojem - akumulace

Pro zajištění potřebné akumulace pitné vody a dostatečného hydrostatického tlaku pro zásobení spotřebišť v obci Čížová je navržen nový zemní železobetonový dvoukomorový vodojem označený jako „VDJ Čížová“ o objemu $2 \times 100 \text{ m}^3$. Podrobné stanovení navrženého objemu vodojemu je uvedeno v kapitole 3.6 Návrh objemu akumulace vodojemu.

Základní návrhové parametry VDJ Čížová :

Objem akumulace	$2 \times 100 \text{ m}^3$ (200 m^3)
Maximální hladina	489,00 m n. m.
Minimální hladina	486,00 m n. m.

5.4. Zásobní řady a spotřebišť

Z VDJ Čížová bude východním směrem veden hlavní zásobní řad (PE SDR11 De225), který bude zásobovat většinu dílčích spotřebišť v obci Čížová. Dále bude jižně v souběhu s přiváděcím řadem veden zásobní řad PE De110 pro dílčí spotřebiště Bošovice. Důvodem je zajištění optimálních tlakových poměrů dle vyhlášky v tomto spotřebišti.

Třetí zásobní řad PE De90 vede pitnou vodu západně k malému dílčímu spotřebišti v okolí kostela Sv. Jakuba. Toto spotřebiště je výškopisně umístěno nad VDJ Čížová, je tedy nutné vodu tlačit za pomoci AT stanice, která je navržena jako součást objektu VDJ Čížová. Návrhový průtok pro návrh čerpadla, kterým bude osazena AT stanice, je uvažován jako maximální hodinový průtok pro spotřebiště v okolí kostela Sv. Jakuba (viz. výpočet níže):

ATS kostel Sv. Jakuba (součást objektu VDJ Čížová)

Maximální denní potřeba vody pro výhledový stav:

Okolí kostela Sv. Jakuba $Q_d = 0.05 \text{ l/s}$

Návrhový průtok čerpadlem pro výhledový stav $Q_n = Q_d * k_n = 0.05 * 7.2 = 0.36 \text{ l/s}$

Pro zajištění optimálního chodu ATS dopravující vodu do dílčího spotřebiště v okolí kostela Sv. Jakuba je vhodné osadit čerpadlo s charakteristikami $Q_c = 0,4 \text{ l/s}$ a $H_c = 50 \text{ m}$ v sestavě 1+1 (rezerva).

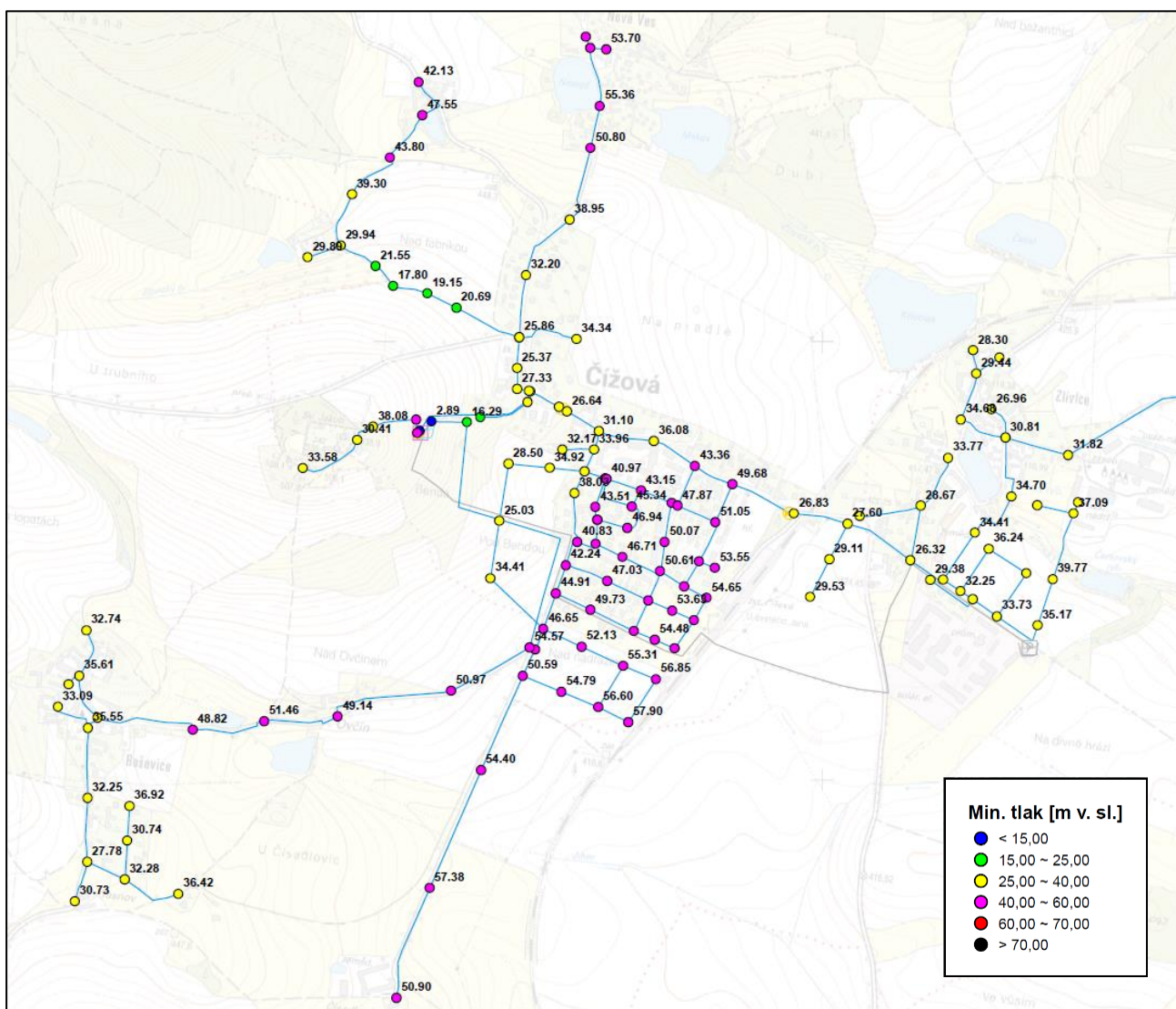
Síť rozvodných řadů v dílčích spotřebištích je stávající a její rozšiřování není předmětem řešení projektu DUR „Vodojem Čížová a dostavba vodovodu“. Přesto v rámci hydraulické analýzy a při skladbě nekalibrovaného matematického modelu bylo uvažováno s výhledovým rozšířením vodovodní sítě dle ÚP Čížová. Do výpočtů a hydraulických ověření bylo zahrnuto i dílčí spotřebiště Borečnice, které v současné chvíli na vodovodní síť napojené není, počítá se však s dostavbou v rámci dalších etap.

Pro zajištění optimálních tlakových poměrů v celém spotřebišti obce Čížová byly navrženy dva tlakově redukční ventily. Oba s nastavením redukce tlaku na 27 m v. sl. a jejich umístění je vyznačeno ve schématu na Obr. 3. Třetí redukční ventil je hypoteticky uvažován pro redukci tlaku v dílčím spotřebišti Borečnice, došlo-li by k dostavbě vodovodu v této místní části v nějaké z dalších etap výstavby.

6. Výstupy matematického modelování

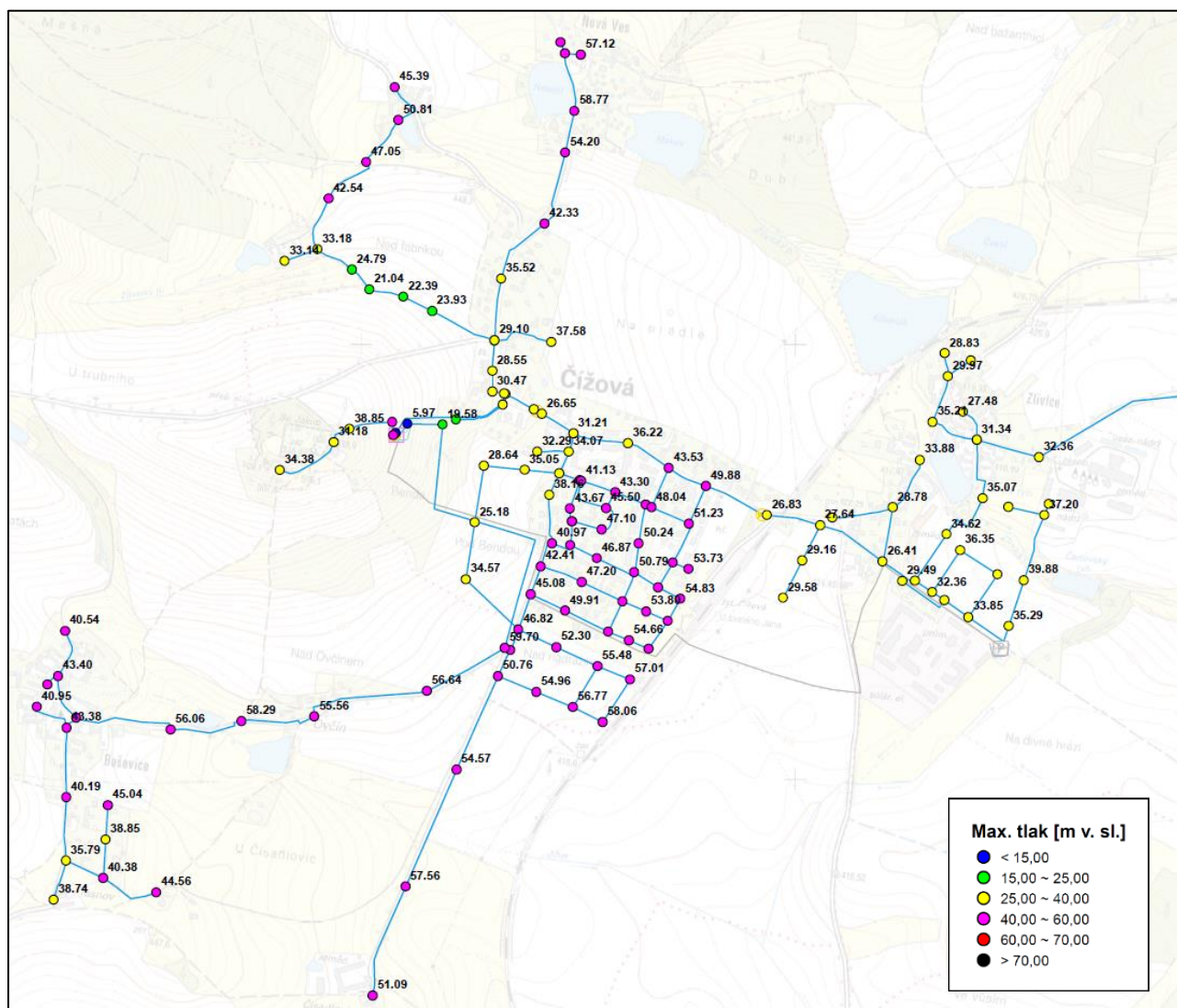
Z výstupů nekalibrovaného hydraulického modelu je zřejmé, že v případě realizace všech navržených opatření uvedených výše a dodržení navržených dimenzí jednotlivých řadů budou ve všech dílčích spotřebištích obce Čížová zajištěny optimální tlakové poměry.

- Posouzení minimálních tlaků bylo provedeno při zatížení vodovodní sítě stanovenými maximálními hodinovými odběry při minimální hladině (486,00 m n. m.) ve VDJ Čížová. Z mapy minimálních tlaků (Obr. 8) posuzovaného výhledového stavu vyplývá, že jsou ve všech částech spotřebiště na vodovodní síti dodrženy tlaky požadované vyhláškou MZe 428/2001 Sb. V žádné části spotřebiště neklesají tlaky pod 15 m v. sl.



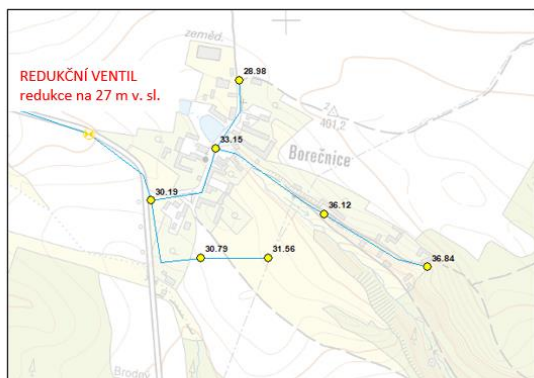
Obr. 8: Minimální tlaky ve spotřebišti Čížová vypočtené pro maximální hodinové odběry při minimální hladině (486,00 m n. m.) ve VDJ Čížová.

- Maximální tlaky byly posuzovány pro minimální průtoky a při maximální hladině (489,00 m n. m.) ve VDJ Pecerady. Na mapě maximální tlaků (Obr. 9) je vidět, že jsou také splněny maximální tlaky ve spotřebišti požadované vyhláškou MZe 428/2001 Sb. V žádném místě spotřebišť nepřekračují maximální tlaky 60 m v. sl.



Obr. 9: Maximální tlaky ve spotřebišti Čížová vypočtené pro minimální hodinové odběry při maximální hladině (489,00 m n. m.) ve VDJ Čížová.

Posouzení možnosti rozšíření vodovodní sítě – Borečnice – tlakové poměry:



MAXIMÁLNÍ TLAKY



MINIMÁLNÍ TLAKY

7. Závěry

- V rámci zpracované hydraulické analýzy byl vytvořen nekalibrovaný matematický model pro optimalizaci a stanovení návrhových parametrů navrhovaného VDJ Čížová a ostatních navrhovaných opatření v rámci dostavby vodovodu v obci Čížová.
- **Ve zpracovávaném projektu je nutné pro zajištění optimálního fungování navržených systémů dodržet navržené dimenze řadů, a výškové polohy a parametry vodárenských a kanalizačních objektů (vodojem, ATS, ČS, redukční šachta).**
- Navrhované plastové potrubí PE-HD je uvažováno v provedení SDR11.
- Návrh parametrů objektů a parametrů redukčních ventilů platí pouze v případě zachování jejich výškové polohy v terénu.

Při všech nejasnostech či problémech týkajících se navržených postupů jsou zpracovatelé materiálu připraveni kdykoli hledat s objednatelem řešení, popř. poskytnout konzultace, které povedou k očekávaným výsledkům.