

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**



**STUDIE ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU
OBCE ROŽMITÁL NA ŠUMAVĚ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

KATEŘINA MÁROVÁ

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Filip Horký, Ph.D.

květen 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Márová Jméno: Kateřina Osobní číslo: 486187
Zadávající katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie zásobování pitnou vodou obce Rožmitál na Šumavě
Název bakalářské práce anglicky: Study of drinking water supply in the village Rožmitál na Šumavě
Pokyny pro vypracování:

Rešerše literatury k dané tématice. Analýza dané lokality. Příprava a zpracování podkladů. Vyhodnocení a posouzení stávajícího stavu zásobování obce pitnou vodou. Výpočet potřeby vody a posouzení kapacity stávajících a výhledových zdrojů surové vody. Posouzení a vyhodnocení výsledků. Závěry a doporučení.

Seznam doporučené literatury:


Grünwald A., a kol.: Vodárenství. ČKAIT, Praha, 1998, ISBN 80-902460-7-9,
Tesařík I. a kol.: Vodárenství. SNTL, Praha 1987
zákon č. 274/2001 Sb., vyhláška č. 482/2001 Sb., ČSN EN 805, ČSN 75 5401, ČSN 75 5355

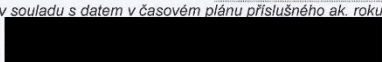
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Filip Horký, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 15.02.2022

Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.05.2022

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku



Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

17. 02. 2022
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 15.5.2022

Podpis

Poděkování

Děkuji panu Ing. Filipovi Horkému, Ph.D. za jeho vedení a odbornou pomoc při zpracování této bakalářské práce. Dále děkuji firmě PRVOK s.r.o. za četné konzultace a poskytování potřebných materiálů a podkladů pro tuto práci.

V Praze dne 15.5.2022

Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá současným stavem zásobování místní části obce Rožmitál na Šumavě a zároveň předkládá možná budoucí řešení zásobování na základě výpočtu současné a výhledové potřeby vody. Teoretická část práce se zaměřuje na literární rešerši z oblasti jednotlivých vodárenských soustav, prvků vodárenského systému, potřeby a ztrát vody. V praktické části je pak uveden výpočet stávající a výhledové potřeby vody s ohledem na ztráty vody v potrubí a nerovnoměrnost odtoku vody z vodojemu. Na základě výsledků výpočtu jsou následně předloženy různé varianty možného řešení budoucího stavu zásobování obce.

Klíčová slova

pitná voda, zásobování pitnou vodou, vodní zdroj, podzemní voda, povrchová voda, potřeba vody, ztráty vody, varianty řešení zásobování pitnou vodou

Abstract

This bachelor's thesis deals with the current state of water supply for the local part of the village Rožmitál na Šumavě as well as possible future water supply solutions based on the calculation of the current and future water demand. The theoretical part of the thesis is focused on the literature search in the field of particular water systems, elements of the water system, water demand and water loss. The calculation of the current and future water demand according to water loss through the pipes and the uneven outflow of water from the water tank is then presented in the practical part of this work. At the end there are various variants of the possible future state of the village's water supply presented based on the calculation results.

Key words

drinking water, drinking water supply, water source, groundwater, surface water, water demand, water loss, variants of drinking water supply solutions

Obsah:

A	Úvod	9
1	Cíle bakalářské práce	9
B	Teoretická část	10
1	Dělení vodárenských soustav.....	10
1.1	Dělení vodárenských soustav podle rozsahu zásobení.....	10
1.1.1	Vodovody místní.....	10
1.1.2	Vodovody skupinové	11
1.1.3	Vodovody oblastní.....	11
1.2	Dělení vodárenských soustav podle výškového uspořádání	12
1.2.1	Vodovody gravitační.....	12
1.2.2	Vodovody výtlačné	13
1.3	Dělení vodárenských soustav podle plošného uspořádání vodovodní sítě	14
1.4	Dělení vodárenských soustav podle účelu využití	14
2	Prvky vodárenského systému.....	15
2.1	Zdroj vody	15
2.1.1	Podzemní zdroje pitné vody	15
2.1.2	Povrchové zdroje pitné vody	18
2.1.3	Ochranná pásma vodních zdrojů.....	20
2.2	Čerpací stanice	20
2.3	Úpravna vody	21
2.4	Přivaděcí řad.....	22
2.5	Vodojem.....	22
2.5.1	Akumulační funkce vodojemu.....	23
2.5.2	Tlaková funkce vodojemu	24
2.5.3	Kontaktní funkce vodojemu.....	25
2.5.4	Dělení vodojemů.....	25

2.6	Zásobní řad.....	28
2.7	Rozvodná síť	28
2.7.1	Větevová síť	28
2.7.2	Okružová síť	29
2.7.3	Kombinovaná síť	29
2.8	Materiál potrubí.....	29
2.9	Hydraulika trubních systémů	31
2.9.1	Rovnice kontinuity.....	31
2.9.2	Rovnice Bernoulliho	32
2.9.3	Tlakové ztráty	32
3	Potřeba vody	35
3.1	Maximální denní potřeba vody	36
3.2	Maximální hodinová potřeba vody	36
3.3	Potřeba vody pro obyvatelstvo.....	37
3.3.1	Potřeba vody pro bytový fond	38
3.3.2	Potřeba vody pro občanskou vybavenost.....	38
3.4	Potřeba vody pro průmysl	38
3.4.1	Potřeba vody pro pracovníky v průmyslu.....	38
3.5	Potřeba vody pro zemědělství	39
3.5.1	Potřeba vody pro živočišnou výrobu	39
3.5.2	Potřeba vody pro pracovníky v zemědělství.....	39
3.6	Potřeba vody pro požární účely.....	40
4	Ztráty vody a jejich ukazatele	41
C	Praktická část	44
1	Popis zásobovaného území	44
2	Popis vodovodního systému	46
2.1	Prameniště Třešňovice	46

2.2	Močeradský potok.....	47
2.3	Úpravna vody	48
2.4	Vodojem Rožmitál na Šumavě.....	50
2.5	Rozvodná síť	51
2.6	Hydrogeologické vrty.....	51
3	Ztráty vody ve vodovodní síti části obce Rožmitál na Šumavě.....	53
4	Vyhodnocení nerovnoměrnosti odtoku vody z vodojemu.....	55
4.1	Denní nerovnoměrnost	55
4.2	Hodinová nerovnoměrnost	58
5	Výpočet stávající potřeby vody	61
5.1	Výpočet potřeby vody pro obyvatelstvo	61
5.1.1	Výpočet potřeby vody pro bytový fond.....	61
5.1.2	Výpočet potřeby vody pro občanskou vybavenost.....	61
5.2	Výpočet potřeby vody pro zemědělství.....	66
5.2.1	Výpočet potřeby vody pro živočišnou výrobu.....	66
5.2.2	Výpočet potřeby vody pro pracovníky v zemědělství	66
6	Porovnání vypočtených hodnot současné potřeby vody a vody skutečně fakturované	69
7	Výpočet výhledové potřeby vody	70
7.1	Výpočet výhledové potřeby vody pro bytový fond.....	70
7.2	Výpočet potřeby vody pro občanskou vybavenost	70
7.3	Výsledná výhledová potřeba vody	71
8	Posouzení vydatnosti zdrojů	72
9	Závěr	74

A Úvod

Voda je základní podmínkou pro život na Zemi. S růstem počtu obyvatel rostly zároveň i požadavky na dostupnost a kvalitu pitné vody, což vedlo k rozvoji nejprve zjednodušených vodárenských soustav, které se dále vyvíjely a zdokonalovaly až do současného stavu.

Zásobování pitnou vodou je komplexní proces sloužící k zabezpečení dopravy pitné vody od zdroje k odběrateli. Pro zásobování pitnou vodou se využívají jak zdroje povrchové, tak zdroje podzemní, jež se vzájemně liší především kvalitou jímané vody a náročností samotného jímání.

Řešení zásobování pitnou vodou tedy závisí nejenom na výběru zdroje pitné vody, ale též na požadavcích na její výslednou kvalitu, zajištění potřebného množství a dostatečných tlaků u spotřebitele, stejně tak na ekonomickém hledisku daného řešení.

Tato bakalářská práce se v praktické části zabývá řešením současné a výhledové potřeby vody v místní části obce Rožmitál na Šumavě s ohledem na ztráty vody v potrubí a nerovnoměrnost odtoku vody z vodojemu. V současné době je tato část obce zásobována jak z povrchového zdroje vody, tak ze zdroje podzemního. V budoucnu se plánuje napojení nových hydrogeologických vrtů na vodovodní síť se záměrem úplného nahrazení jímané vody z povrchového zdroje vodou z těchto vrtů pro zajištění potřebné kvality.

1 Cíle bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce je provést v teoretické části literární rešerši v oblasti systému zásobování měst a obcí pitnou vodou. V praktické části je pak cílem provést výpočet stávající potřeby vody a jeho srovnání se skutečnou spotřebou. S ohledem na výsledky bude následně zpracován výpočet výhledové potřeby vody a bude posouzeno, zda je možné z hlediska vydatnosti jednotlivých zdrojů nahradit stávající povrchový zdroj pitné vody napojením nově plánovaných zdrojů na vodovodní systém. Dalším cílem je návrh možných variant řešení zásobování místní části obce Rožmitál na Šumavě s ohledem na výsledek výhledového stavu spotřeby vody a vydatnost jednotlivých zdrojů.

B Teoretická část

1 Dělení vodárenských soustav

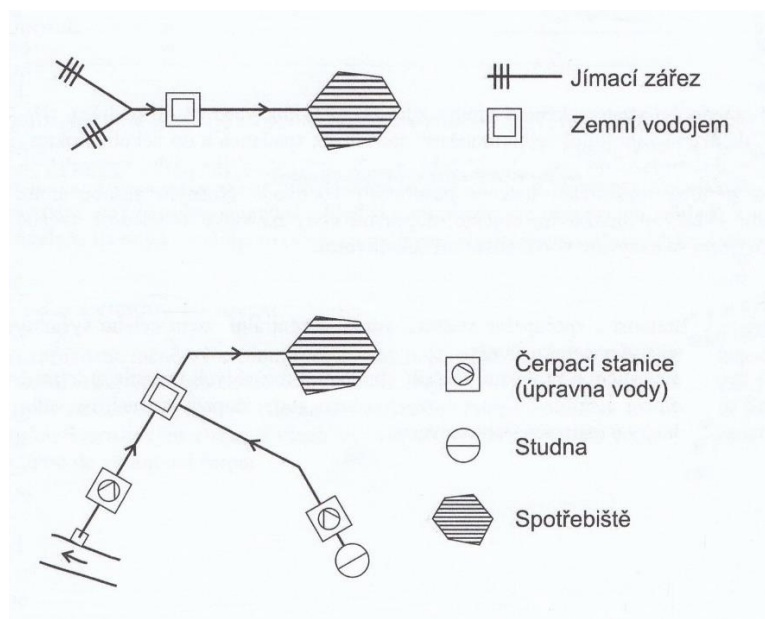
Vodárenské soustavy jsou soubory zařízení a staveb propojené vzájemnými vazbami a sloužící pro zásobování obyvatelstva, průmyslu či zemědělství vodou. Vodárenské soustavy se obecně dělí podle čtyř základních hledisek [1; 2].

1.1 Dělení vodárenských soustav podle rozsahu zásobení

Podle rozsahu zásobení, tedy počtu spotřebišť a velikosti zásobené oblasti, se vodárenské soustavy dělí na vodovody místní, vodovody skupinové a vodovody oblastní [1].

1.1.1 Vodovody místní

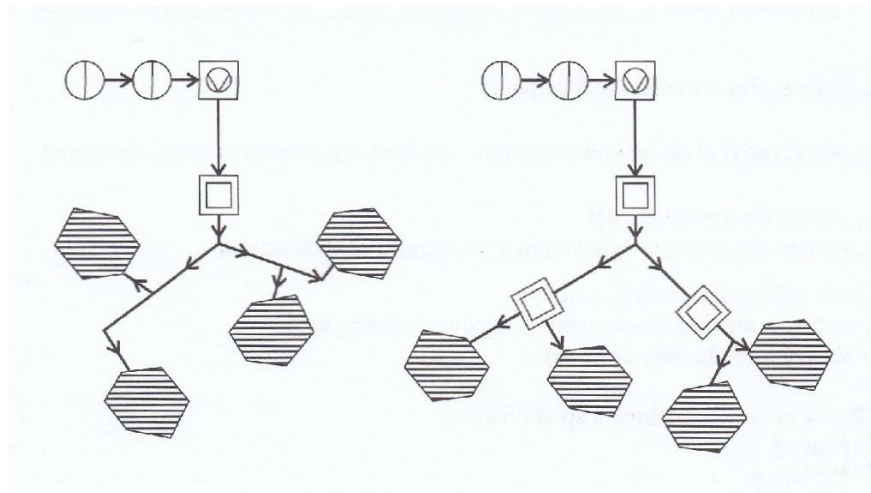
Místní vodovody jsou historicky nejstarším typem vodovodů, s čímž souvisí jejich technická a provozní jednoduchost. Voda byla většinou dopravována do spotřebišť z výše položených zdrojů, tedy gravitačně, a v soustavě se většinou vyskytoval pouze jeden vodojem, jak je patrné z Obr. 1. Obecně jsou tedy místní vodovody charakterizovány tím, že zásobují jednu obec či město z jednoho nebo více zdrojů vody vyskytujících se nedaleko spotřebišť [1; 2].



Obr. 1: Místní vodovod s jedním a dvěma vodními zdroji [1]

1.1.2 Vodovody skupinové

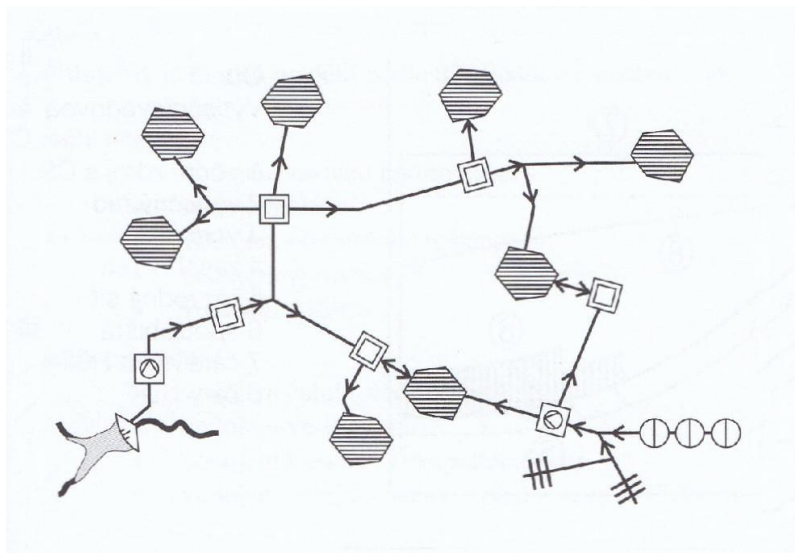
S postupným vývojem spotřebišť a rostoucí potřebou vody se postupně začaly budovat vodovody skupinové. Tyto vodovody zásobují větší množství spotřebišť (měst a obcí) z jednoho či více vodních zdrojů, které mohou být jak podzemní, tak povrchové. Voda může být do spotřebišť dopravována gravitačně i výtlačně, v systému se může vyskytovat jeden společný vodojem či několik místních vodojemů pro jednotlivá spotřebišť, jak je patrné z Obr. 2 [1; 2].



Obr. 2: Skupinový vodovod s jedním a více vodojemů [1].

1.1.3 Vodovody oblastní

Další rozvoj spotřebišť vedl ke vzniku vodovodů oblastních. Tyto vodovody již slouží k zásobování větších územních celků a k umožnění dodávky vody do spotřebišť, v jejichž blízkosti se nevyskytuje vhodný zdroj vody. Oblastní vodovody zajišťují vyšší zabezpečení dodávky vody a vyšší provozní spolehlivost, jsou však investičně a provozně náročnější v porovnání s vodovody místními a skupinovými. Příklad vodovodů oblastních je uveden na Obr. 3 [1; 2].



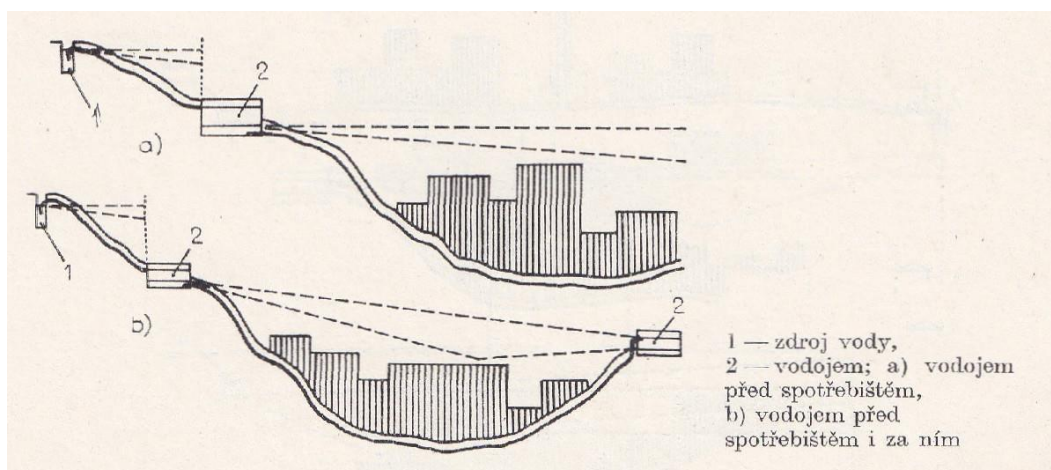
Obr. 3: Oblastní vodovod s několika zdroji [1]

1.2 Dělení vodárenských soustav podle výškového uspořádání

Podle vzájemného výškového umístění vodního zdroje a spotřebiště se vodárenské soustavy dělí na vodovody gravitační a vodovody výtlačné [1; 2].

1.2.1 Vodovody gravitační

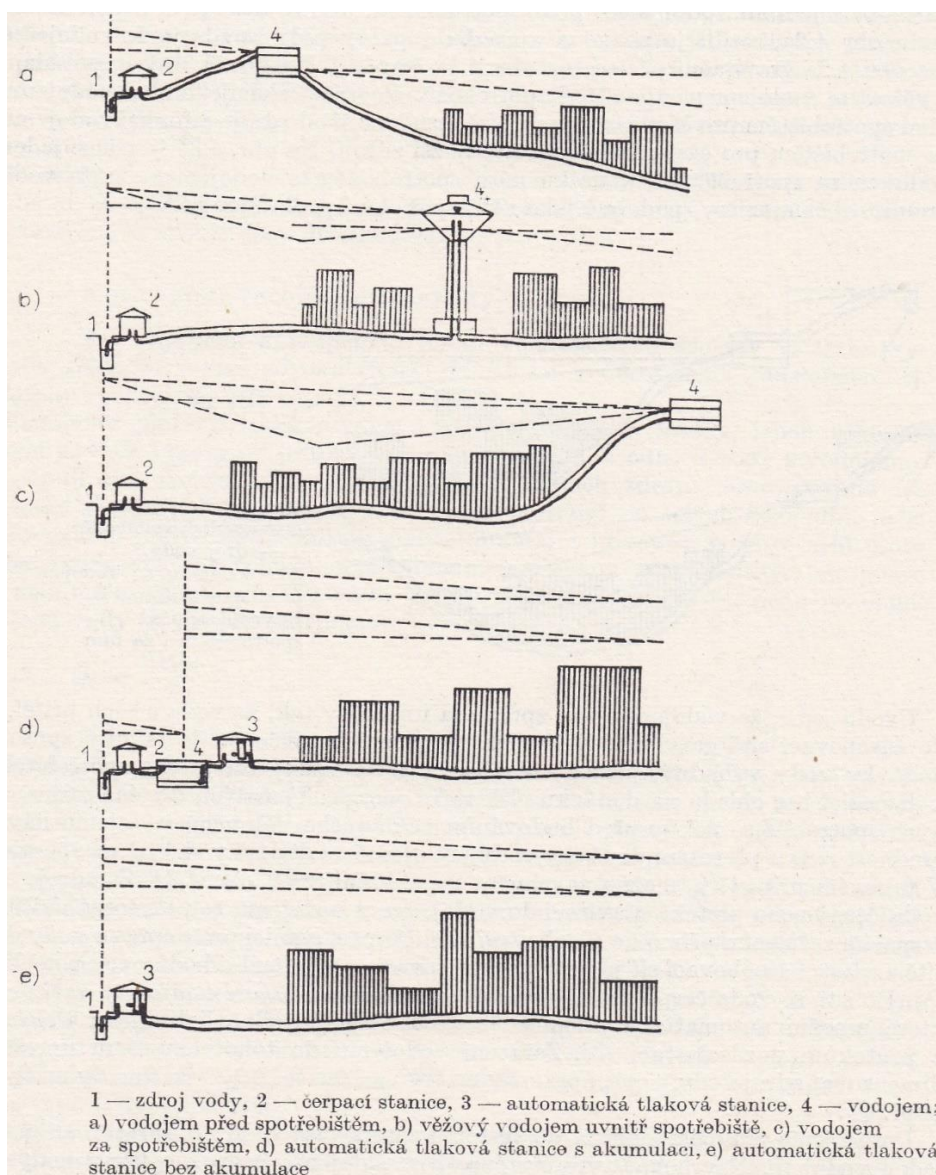
O vodovody gravitační, jak je uvedeno na Obr. 4, se jedná v případě, kdy je zdroj umístěn s dostatečným převýšením nad spotřebištěm (včetně vodojemu) tak, aby byl v celé rozvodné síti zajištěn hydrodynamický přetlak bez nutnosti použití čerpadel. Jmenovité hodnoty tohoto přetlaku jsou stanoveny vyhláškou 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích. Výhodou gravitačních vodovodů jsou jejich nízké provozní náklady a provozní bezpečnost, kdy je zásoba vody ve vodojemu k dispozici pro spotřebiště bez ohledu na dodávku elektrické energie [1-4].



Obr. 4: Schémata gravitačních vodovodů [2]

1.2.2 Vodovody výtlačné

O vodovody výtlačné, jejichž schémata jsou uvedena na Obr. 5, se jedná v případě, kdy je zdroj umístěn pod, ve stejné úrovni nebo o něco málo výše než spotřebiště. Dochází pak k situaci, kdy gravitační doprava vody do spotřebiště buď není možná, nebo při ní nedojde k dodržení minimálních požadovaných tlakových podmínek v síti. Vodu je pak tedy nutné ze zdroje do vodojemu čerpat. Výtlačný vodovod je méně výhodný z provozního hlediska, s ohledem na místní podmínky je dnes však nejčastěji používanou variantou uspořádání vodovodů [1-3].



Obr. 5: Schémata výtlačných vodovodů [2]

1.3 Dělení vodárenských soustav podle plošného uspořádání vodovodní sítě

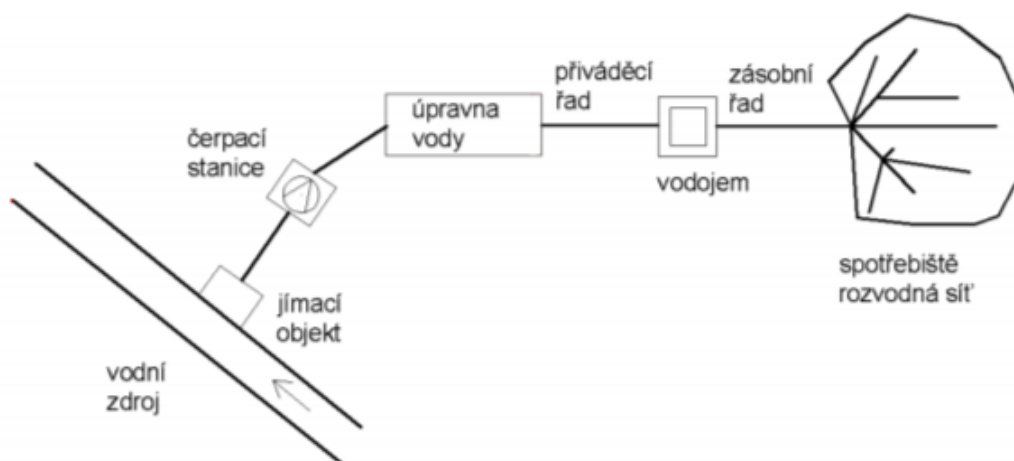
Vodovodní síť je tvořena hlavními a rozváděcími vodovodními řady [5]. Podle plošného uspořádání vodovodní sítě se vodárenské soustavy dělí na větevnu, okružovou a kombinovanou síť.

1.4 Dělení vodárenských soustav podle účelu využití

Podle účelu využití se vodárenské soustavy dělí na požární, průmyslové a vodovody s převažující funkcí hromadného zásobování pitnou vodou [1].

2 Prvky vodárenského systému

Vodárenský systém nebo také vodovod se definuje jako soubor staveb a zařízení včetně vodovodních řadů a vodárenských objektů, které slouží primárně pro jímání a odběr povrchové a podzemní vody, úpravu vody a její akumulaci [6]. Hlavní prvky vodárenského systému pitné vody jsou zobrazené níže na Obr. 6 a jsou jimi zdroje vody s jímacími objekty (odběrnými), čerpací stanice, úpravny vody, přiváděcí vodovodní řady, vodojem, zásobní řady a rozvodné sítě [2; 7].



Obr. 6: Schéma zásobování pitnou vodou od zdroje ke spotřebiteli [7]

2.1 Zdroj vody

Jako zdroj pitné vody lze využít vodu podzemní či povrchovou. Povrchové vody mají oproti podzemním výhodu z hlediska jednoduššího jímání a průmyslového využití s ohledem na jejich měkkost a absenci železa, manganu a oxidu uhličitého. Oproti tomu zpravidla bývají silněji znečištěné než vody podzemní, s čímž souvisí vyšší náklady a technologická náročnost jejich úpravy [2; 3].

2.1.1 Podzemní zdroje pitné vody

Podzemní vodou se rozumí voda vyskytující se pod zemským povrchem, tedy v nasycené i nenasycené zóně. Pro vodárenské účely se podzemní voda uvažuje v nasycené zóně [7; 8].

Podzemní zdroje pitné vody jsou vždy upřednostňovány před vodami povrchovými. U chemického složení podzemních vod je rozhodující horninové a půdní prostředí, se kterým je voda při svém oběhu v kontaktu, dále ho ovlivňuje působení povrchových a srážkových vod a podzemní atmosféry [7; 9]. Podzemní vody se vyznačují větší

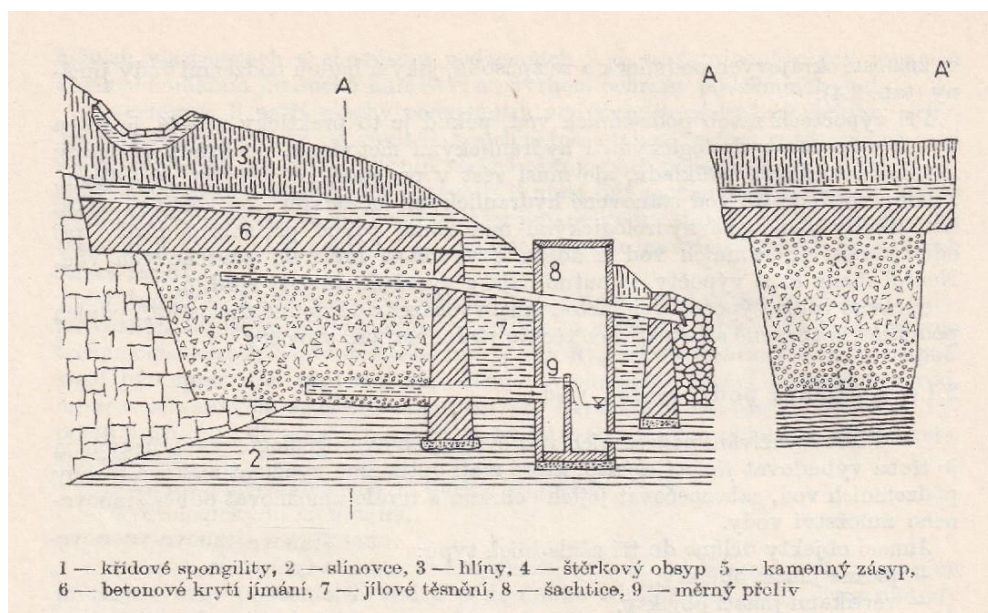
mineralizovaností než vody povrchové, obsahují větší množství rozpuštěných látek, iontů železa a manganu, oxidu uhličitého. Jejich teplota kolísá jen minimálně, neobsahují téměř žádné organismy, stejně tak koncentrace organických látek a obsah rozpuštěného kyslíku je v těchto vodách velmi nízký [7].

Jako ukazatel výskytu podzemní vody a zároveň pro zjištění vydatnosti podzemních zdrojů se využívají tzv. čerpací zkoušky. Čerpací zkoušky jsou hydrodynamické zkoušky, při kterých je ze studně, vrtu či jiného zařízení odebírána voda čerpáním. Tyto zkoušky se obecně dělí na orientační, informační, krátkodobé a dlouhodobé, které se od sebe liší dobou skutečného čerpání [5; 8; 10].

2.1.1.1 Jímání podzemních vod

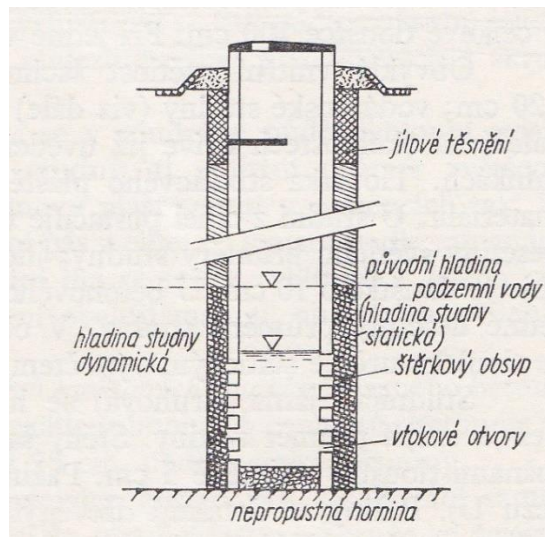
Aby bylo možné využívat podzemní vody, je třeba vybudovat jímací objekty pro optimální využití zásob podzemních vod, zajištění jejich ochrany a umožnění trvalého odběru [2]. Jímací objekty se dělí do čtyř základních skupin:

Plošné jímací objekty (např. pramenní jímky) slouží pro zachycování pramenů nebo plošných vývěřů vody. Příklad plošného jímacího objektu je uveden na Obr. 7 [2; 7; 8].



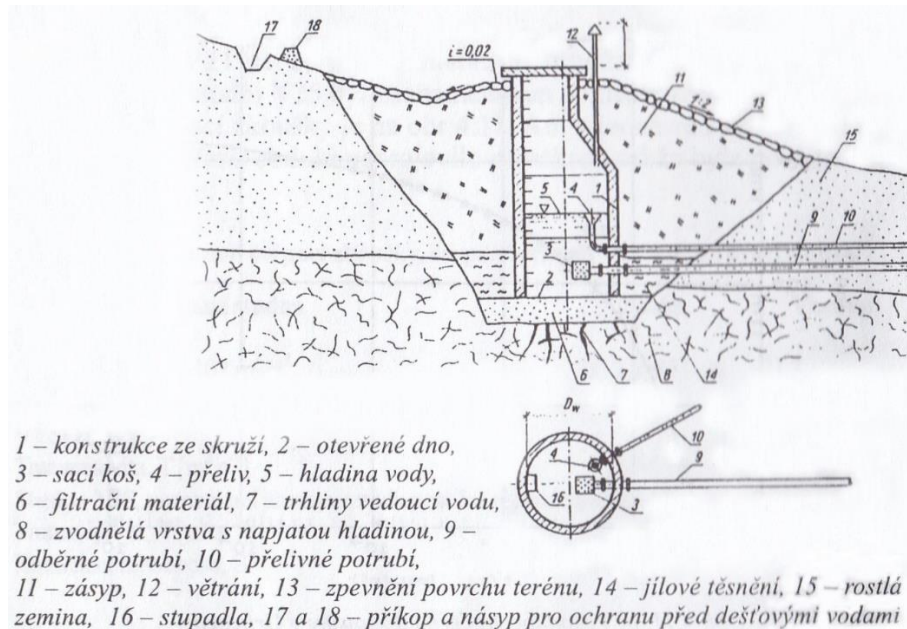
Obr. 7: Jímání pramene [2]

Vertikální jímací objekty neboli studny mohou být trubní (vrtané), jehlové či šachtové (kopané nebo spouštěné). Příklad vertikálního jímacího objektu je uveden na Obr. 8 [5; 7; 8].



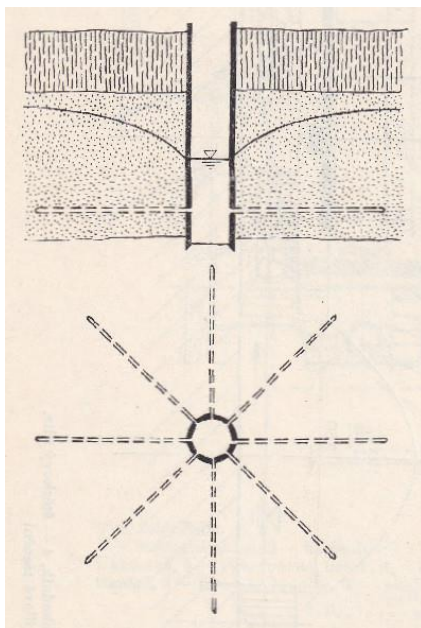
Obr. 8: Schéma šachtové studny [3]

Mezi *horizontální jímací objekty* patří štoly, jímací zářezy a galerie. Navrhují se tam, kde není možné či vhodné vodu jímat vertikálními jímacími objekty. Příklad horizontálního jímacího objektu je uveden na Obr. 9 [2; 5; 7].



Obr. 9: Pramenní jímka pro zachycení pramene [8]

Kombinované jímací objekty (šachtová studna doplněná o horizontální vrty, tzv. radiální studna) jsou přechodným typem mezi vertikálními a horizontálními jímacími objekty. Příklad kombinovaného jímacího objektu je uveden na Obr. 10 [5; 7].



Obr. 10: Studna s horizontálními jímáči [2]

2.1.2 Povrchové zdroje pitné vody

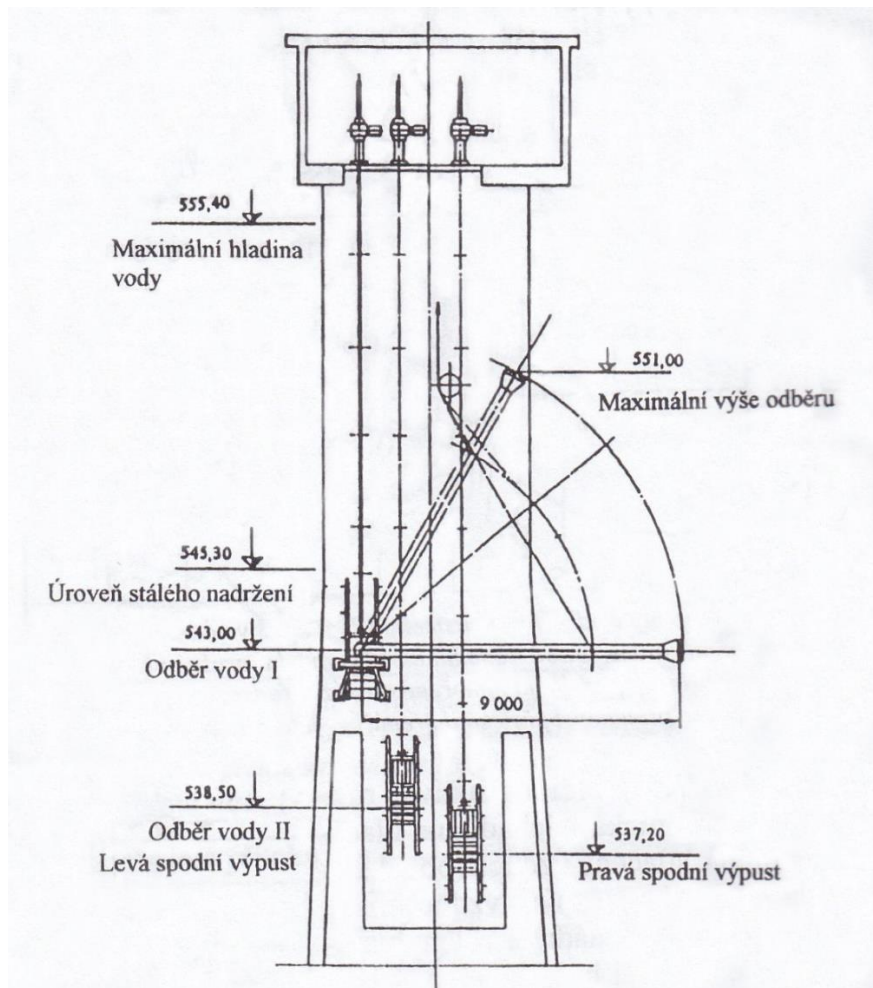
Povrchovými vodami rozumíme všechny vody vyskytující se na zemském povrchu. Dělí se na tekuté a stojaté [7; 9].

Povrchové zdroje pitné vody se používají pouze v případech, kdy není k dispozici vhodný zdroj podzemní vody. Při využití povrchových vod jako zdroje pitné vody se vždy upřednostňují vody akumulované ve vodárenských nádržích nebo vody z vodárenských toků (vodní tok či jeho část určena k zásobování pitnou vodou). V případě, že nejsou tyto zdroje k dispozici, lze využít i vody z nevodárenských toků. Chemické složení vod povrchových je ovlivněno geologickým a pedologickým podložím, botanickými poměry, antropogenní činností, atmosférickými vodami a příronem podzemních vod [3; 7; 9]. Povrchové vody jsou charakterizovány výskytem většího množství rozpuštěného kyslíku a s tím souvisejících vyšších koncentrací organických látek, velkého množství mikroorganismů a obecně velmi rozmanitým biologickým složením. Obsahují jen malé koncentrace oxidu uhličitého, jejich teplota je proměnlivá a vyznačují se též nižší mineralizací [7; 9].

2.1.2.1 Jímání povrchových vod

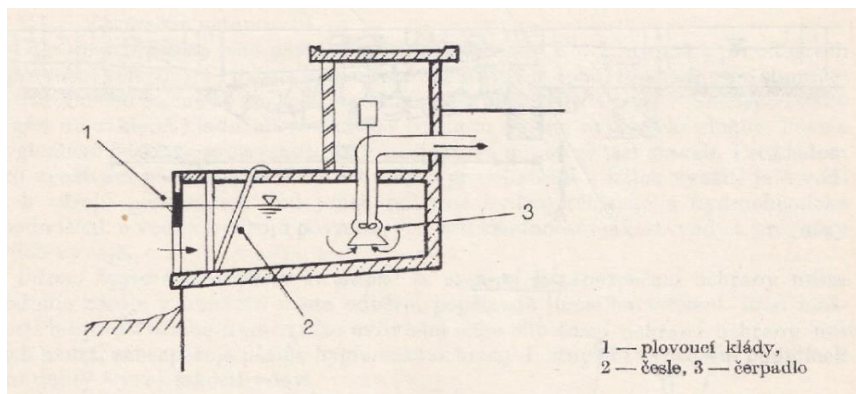
Jímání povrchových vod se může uskutečňovat buď ze stojatých vod (nádrží) či z vod tekoucích (vodních toků) [3; 7].

Při *jímání povrchové vody z nádrží* se využívají jímací objekty věžové, sružené, nade dnem nádrže (možno pouze u nádrží s vodou neznečištěnou sedimenty), břehové a plovoucí. Příklad jímacího objektu pro jímání povrchových vod z nádrží je uveden na Obr. 11 [2; 7; 8].



Obr. 11: Věžový odběrný objekt [8]

Pro *jímání povrchové vody z vodních toků* je nutné vybrat v toku stabilní místo nebo vodní tok vhodně směrově a výškově upravit. Samotné jímací zařízení se skládá z jímky, jež je chráněna hrubými a jemnými česlemi. Z jímky se voda dopravuje do úpravný vody. Pro jímání se využívají jímací objekty jezové, dnové a břehové (vhodné pro vodní toky se stabilním dnem a břehy). Příklad břehového jímacího objektu je uveden na Obr. 12 [2; 7].



Obr. 12: Břehový jímací objekt [2]

2.1.3 Ochranná pásma vodních zdrojů

Pro ochranu vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti povrchových i podzemních vodních zdrojů s průměrným odběrem větším než 10 000 m³ ročně a podzemních zdrojů vody využívaných pro výrobu balené kojenecké či pramenité vody se stanovují vodoprávním úřadem ochranná pásma. Problematika ochranných pásem je ukotvena v zákoně 254/2001 Sb. Vodní zákon. Ochranná pásma vodních zdrojů se dělí na ochranná pásma I. stupně a ochranná pásma II. stupně [11].

Ochranná pásma I. stupně slouží k ochraně vodního zdroje přímo v okolí jímacího či odběrného objektu. Je do něj zakázán vstup či vjezd s výjimkou vlastníků vodních děl a osob s právem odběru vody z vodního zdroje, většinou tedy bývá oplocené [11].

Ochranná pásma II. stupně slouží k ochraně vodního zdroje v územích, která stanovuje vodoprávní úřad v takovém rozsahu, aby nedošlo k ohrožení vydatnosti, jakosti či zdravotní nezávadnosti vodního zdroje. Ochranné pásmo II. stupně je stanoveno vně ochranného pásma I. stupně [11].

2.2 Čerpací stanice

Vodárenská čerpací stanice je objekt vybavený čerpacím zařízením, které slouží pro dopravu vody z níže do výše položených poloh, případně pro posílení tlaku pro zajištění požadovaných tlakových podmínek v rozvodné síti. Hydraulický systém čerpací stanice je tvořen sacím potrubím, čerpadlem a výtlačným potrubím. Čerpadlo je strojně – technologické zařízení, které dopravuje vodu z oblastí níže položených do míst s vyšší polohou. Při čerpání vody musí čerpadlo překonat rozdíl hladin mezi dolní a horní nádrží, rozdíl tlaků nad jejich hladinami, rozdíl rychlostních výšek v sacím a výtlačném potrubí a ztráty energie. Při volbě čerpadla je hlavním cílem vybrat čerpadlo s vysokou

účinností a zároveň s pracovním bodem v oblasti nejvyšší účinnosti. Důležité je také zohlednit možnost kavitačních jevů [1; 8; 10; 12].

Čerpací stanice lze dle normy ČSN 75 5301 Vodárenské čerpací stanice obecně rozdělit dle důležitosti zásobování na čerpací stanice, ve kterých se nesmí připustit přerušení dodávky vody a na čerpací stanice, ve kterých se smí připustit přerušení dodávky vody. Dále se čerpací stanice člení do tří typů na čerpací stanice hlavní, přečerpávací a automatické [10; 12; 13].

Hlavní čerpací stanice se nejčastěji nachází za úpravnou vody nebo za odběrným zařízením [10; 12].

Přečerpávací stanice slouží pro dopravu vody do vyššího tlakového pásma [10; 12].

Automatická tlaková stanice se používá pro dopravu vody přímo do zásobovacího pásma bez využití akumulace. Chod čerpadel je ovládán automaticky s ohledem na tlakové poměry v tlakové nádobě [10; 12].

2.3 Úpravna vody

Úpravna vody je sestava vodohospodářských budov a zařízení, které jsou vybudované za účelem zvýšení kvality surové vody z podzemních a povrchových zdrojů tak, aby odpovídala požadavkům na vodu pitnou a vodu k provozním, výrobním a dalším záměrům [7; 8; 14]. Pitnou vodou se rozumí voda po úpravě či v původním stavu, která slouží pro pití, přípravu pokrmů a nápojů a přichází do kontaktu s potravinami či lidským tělem [15]. Je zdravotně nezávadná a ani po dlouhodobém užívání nevyvolává zdravotní komplikace přítomností mikroorganismů či nežádoucích látek [7; 8].

Při návrhu technologie úpravy vody je rozhodující druh a jakost využívaných zdrojů, jejich fyzikálně-chemické a bakteriologické vlastnosti. Obecně platí, že úprava podzemní vody je méně náročná a nákladná než úprava vody povrchové, a to z důvodu jejich nižšího znečištění a vyšší kvality [8; 9].

Základními stupni úpravy podzemní vody je *odkyselování* (odstranění agresivního oxidu uhličitého z vody), *odželezování a odmanganování* (odstranění železa a manganu z vody), *dezinfekce vody* (zneškodnění choroboplodných zárodků), *odstranění vápníku a hořčíku*, *deionizace* (odstranění iontů z vody), *demineralizace* (odstranění rozpuštěných látek anorganického původu z vody), *desorpce*. Případně je možné využít též *odstraňování dusíkatých látek*, *odstraňování radioaktivních látek*, *membránové procesy* atd. [7-9].

Základními stupni úpravy povrchové vody je pak *mechanické předčištění surové vody* (česle, síta, lapáky písku, usazovací nádrže...), *číření* (odstranění koloidních částic z vody za použití činidel – tzv. koagulantů), *filtrace* (průchod vody přes zrnitý či porézní materiál, ve kterém se zachytávají částice nerozpuštěných látek; dělí se na pomalou filtraci s využitím fyzikálně-chemických a biochemických procesů a na rychlofiltraci s využitím pouze fyzikálně-chemických procesů), *preoxidace* (přídavek oxidačního činidla k surové vodě pro oxidaci anorganických a organických látek), *dezinfekce vody* (zneškodnění choroboplodných zárodků), *adsorpce* (odstranění plynů a rozpuštěných látek např. pomocí aktivního uhlí). Případně je možné použít i *stabilizaci* (pokud se ve vodě vyskytuje nedostatek vápníku a hořčíku a voda má nízkou $KNK_{4,5}$), *fluoridaci*, *dechloraci*, *odstraňování dusíkatých látek*, *ultrafiltraci*, *nanofiltraci* atd. Přehled jednotlivých procesů úpravy povrchových a podzemních vod je uveden v Tab. 1 [7-9].

Tab. 1: Přehled typických procesů úpravy povrchových a podzemních vod [8]

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

2.4 Přivaděcí řad

Přivaděcí neboli přívodní vodovodní řad slouží pro dopravení vody ze zdroje do úpravny vody, vodojemu a/nebo zásobovacího pásma, většinou bez přímého napojení odběratelů. Je navržen na maximální denní potřebu vody [1; 10; 12].

2.5 Vodojem

Dle normy ČSN 75 5355 Vodojem je vodojem definován jako objekt určený k akumulaci vody. Akumulace vody může být buď dlouhodobá nebo krátkodobá. Dlouhodobá akumulace slouží pro zásobování spotřebiště v průběhu celého roku,

krátkodobá akumulace se pak tvoří nejčastěji právě ve vodojemech. Využitelný objem zásobního vodojemu se většinou navrhuje na 60% až 80% maximální denní potřeby vody. Objekt vodojemu se skládá nejčastěji ze dvou či více nádrží a z jedné nebo z více manipulačních komor. Nádrže vodojemu nesmí být přímo osvětleny z důvodu nebezpečí rozvoje biologického oživení na hladině. Každý vodojem plní tři základní funkce, a to funkci akumulaci, tlakovou a kontaktní [2; 3; 8; 16; 17].

2.5.1 Akumulační funkce vodojemu

Dle normy ČSN 75 5355 Vodojemy slouží akumulaci funkce vodojemu pro krátkodobou akumulaci vody ve vodojemu a k zajištění požární vody a vody potřebné pro překlenutí poruchy. Celkový objem vodojemu se tedy skládá z objemu provozního, požárního a poruchového [2; 8; 16].

2.5.1.1 Provozní objem vodojemu

Provozní objem vodojemu slouží k vyrovnání nerovnoměrností mezi přítokem vody do vodojemu a odběrem vody během dne. Provozní objem se počítá pro dva základní způsoby plnění vodojemu, a to způsob *gravitační*, kdy voda přitéká do vodojemu bez přerušení 24 hodin nebo způsob, při kterém je *voda do vodojemu čerpána* po dobu 20 hodin denně v letním období a 17 hodin denně v zimním období [2; 8].

2.5.1.2 Požární objem vodojemu

Požární objem vodojemu slouží k vytvoření zásoby vody pro případ nutnosti hašení požáru. Jednotlivé požární odběry pro různé druhy objektů dle normy ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou jsou uvedeny v Tab. 2. Požární objem vodojemu se vypočte dle následujícího vzorce:

$$V_{\text{pož}} = 3,6 \cdot q_p \cdot n \cdot t \quad (2.1)$$

Kde: $V_{\text{pož}}$ je požární objem [m^3]

q_p je požární potřeba vody [m^3/h]

n je počet odběrů [ks]

t je doba trvání požáru [h] [2]

Tab. 2: Tabulka požárních odběrů [18]

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

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

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

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

2.5.1.3 Poruchový objem vodojemu

Poruchový objem slouží pro zásobování spotřebiště pro případ vzniku poruchy na přivaděčím řadu. Většinou se počítá jako doplněk do 60% – 100% z maximální denní potřeby vody ($Q_{\max,d}$) nebo dle následujícího vzorce [2; 8]:

$$V_{\text{prov}} = \frac{T}{24} \cdot Q_{\max,d} \quad (2.2)$$

Kde: V_{prov} je objem pro překlenutí poruchy [m^3]

T je doba potřebná na opravu [h]

$Q_{\max,d}$ je maximální denní potřeba vody [m^3/den] [19]

2.5.2 Tlaková funkce vodojemu

Tlaková či polohová funkce vodojemu slouží pro udržení požadovaného tlaku v systému a je dána umístěním vodojemu vůči spotřebišti. Vodojem by měl být umístěn

co nejbližše spotřebišti, nejlépe však v jeho těžišti. Při gravitačním zásobování pak poloha vodojemu udává minimální a maximální tlaky v síti [8]. V případě zástavby do dvou nadzemních podlaží se požaduje na přípojce hydrodynamický přetlak nejméně 0,15 MPa. U zástavby nad dvě nadzemní podlaží se pak požaduje minimální přetlak 0,25 MPa. Naproti tomu se maximální přetlaky ve vodovodní síti uvažují do hodnoty 0,6 MPa, v odůvodněných případech až 0,7 MPa [4; 8; 20].

2.5.3 Kontaktní funkce vodojemu

Kontaktní funkce vodojemu značí takový objem vodojemu, při kterém je v něm zaručena dostatečná doba zdržení pro potřebnou reakční dobu vody s přidanými chemikáliemi, především při hygienickém zabezpečení vody [8].

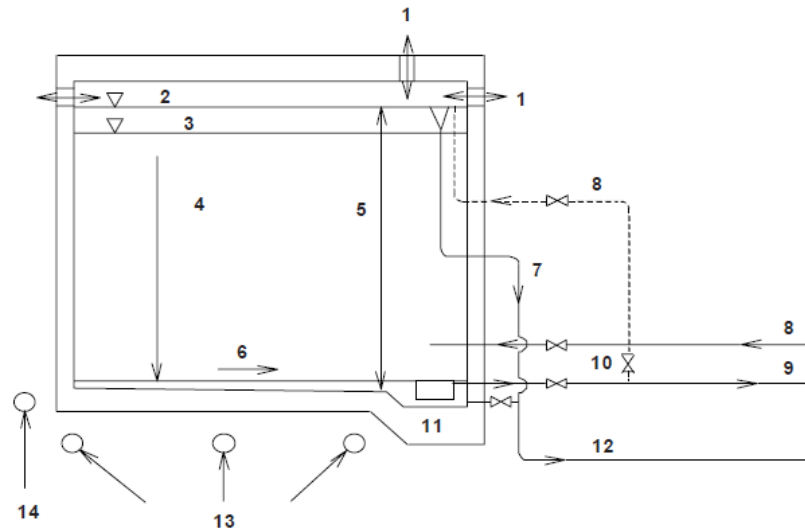
2.5.4 Dělení vodojemů

Vodojemy lze rozdělit dle několika různých pohledů a kritérií:

2.5.4.1 Dělení vodojemů dle způsobu uložení

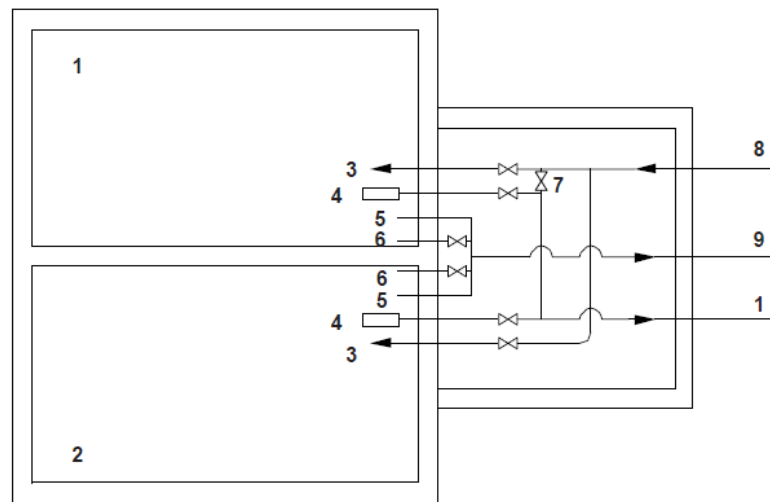
Dle způsobu uložení lze vodojemy rozdělit na vodojemy zemní a věžové [19].

Zemní vodojem je vodojem se dnem umístěným pod či na úrovni terénu a využívá především tepelně izolační vlastnosti zeminy. Může být plně či částečně zapuštěn pod terén, případně se celý nachází nad úrovní terénu. Skládá se dnes již většinou ze dvou a více vodních nádrží sloužících pro akumulaci vody a z manipulační komory, ve které se nacházejí veškeré armatury a ovládací prvky vodojemu. Jednokomorové zemní vodojemy se dnes již téměř nenavrhují. Celkový objem zemního vodojemu se pak navrhuje na jak objem provozní, tak objem poruchový, případně i požární. Schématický řez a půdorysné uspořádání zemního vodojemu včetně vybavení jsou uvedeny na Obr. 13 a Obr. 14 [1; 8; 16].



- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 větrací zařízení | 8 přítok |
| 2 maximální hladina vody ^{****)} | 9 odběr |
| 3 maximální provozní hladina vody | 10 uzávěr na obtoku |
| 4 kapacita | 11 jímka |
| 5 maximální výška vody | 12 výpust/přeliv |
| 6 dno ve sklonu | 13 drenáž pode dnem (je-li nutná) |
| 7 přeliv | 14 drenáž obvodová (je-li nutná) |

Obr. 13: Schématický řez zemním (zásobním) vodojemem [17]



- | | |
|-----------|--|
| 1 nádrž 1 | 6 výpust |
| 2 nádrž 2 | 7 uzávěr na obtoku |
| 3 přítok | 8 přívod z úpravní nebo ze zdroje vody |
| 4 odběr | 9 výpust/přeliv |
| 5 přeliv | 10 do zásobovacího pásma |

Obr. 14: Schématické uspořádání zemního (zásobního) vodojemu [17]

Věžový vodojem je vodojem s nádrží umístěnou na nosné konstrukci nad terénem. Skládá se výhradně z jedné vodní nádrže, nosné a základové konstrukce. Tyto typy vodojemů jsou investičně náročné, v praxi je obecně snaha se jim vyhýbat. Při nutnosti

návrhu se pak jejich objem navrhuje na nejmenší možnou hodnotu, a to na objem provozní [1; 8; 10].

2.5.4.2 Dělení vodojemů dle tvaru nádrže

Dle tvaru nádrže se rozlišují zemní vodojemy s nádrží *kruhového* a *pravoúhlého* (krabicového) tvaru a věžové vodojemy *kulového* či zcela *obecného* tvaru [19].

2.5.4.3 Dělení vodojemů dle použitých materiálů

Dle použitých materiálů se obecně vodojemy dělí na vodojemy *monolitické* a *prefabrikované*, podrobněji to pak mohou být např. vodojemy železobetonové, z předpjatého betonu, z upravovaných ocelí, jiných kovů a slitin [17; 19].

2.5.4.4 Dělení vodojemů dle počtu nádrží

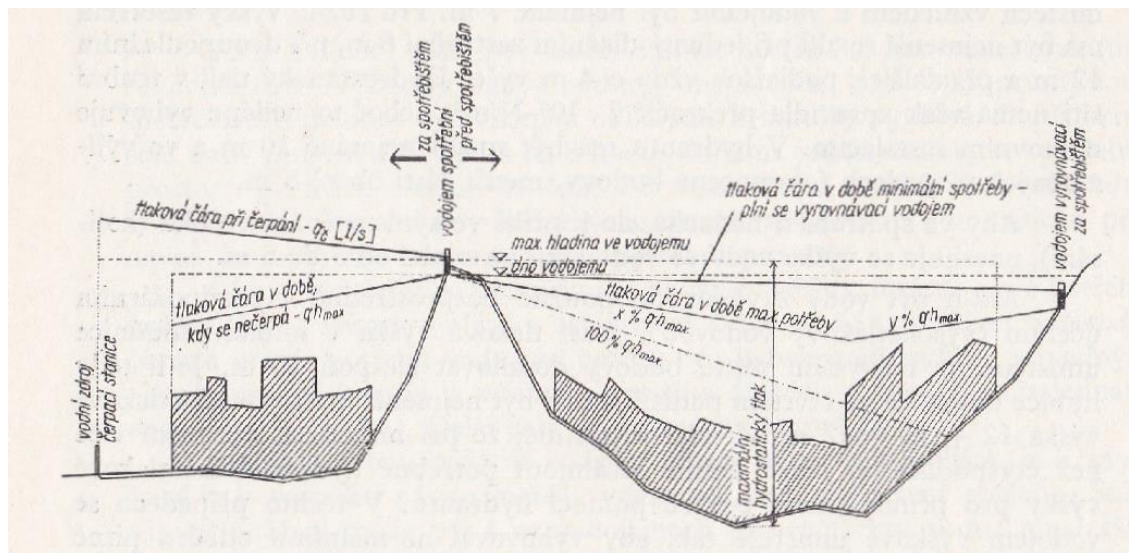
Dle počtu nádrží se vodojemy dělí na *jednokomorové* a *vícekomorové* (nejčastěji dvoukomorové) [2; 16; 19].

2.5.4.5 Dělení vodojemů dle funkce

Dle funkce se rozlišují především vodojemy *zásobní* (pro zásobování vodou rozvodné sítě), vodojemy *hlavní* (zásoba vody pro další vodojemy), vodojemy *přerušovací* (pro přerušování tlaku), vodojemy *provozní* (akumulace vody pro provoz vodárenských objektů), vodojemy *vyrovnávací* (zajištění minimálních hydrodynamických tlaků v síti v oblastech s nevýhodným terénem), vodojemy *požární* (akumulace požární vody) a vodojemy *prací vody* (akumulace vody pro praní filtrů úpravní vody) [10; 21].

2.5.4.6 Dělení vodojemů dle polohy vůči spotřebišti

Vodojemy se mohou umisťovat *před spotřebišť* (tzv. vodojemy čelní), *za spotřebišť* (tzv. vodojemy koncové) a *přímo do spotřebišť*. V případě použití zásobního a vyrovnávacího vodojemu je pak možné umístit *jeden vodojem před spotřebišť a druhý za spotřebišť*, jak je uvedeno na Obr. 15 [10; 21].



Obr. 15: Umístění vodojemu před a za spotřebišť [17]

2.6 Zásobní řad

Zásobní vodovodní řad slouží pro dopravení vody z vodojemu do rozvodné vodovodní sítě. Je navržen na maximální hodinovou potřebu vody [1; 10].

2.7 Rozvodná síť

Rozvodná vodovodní síť slouží pro dopravu vody ze zásobního řadu do míst jejího odběru. Na rozvodnou síť jsou již přímo napojeny vodovodní přípojky, jejichž vlastníky jsou sami odběratelé. Rozvodná síť se, jak již bylo uvedeno v kapitole 1.3 - Dělení vodárenských soustav podle plošného uspořádání vodovodní sítě, rozděluje podle plošného uspořádání na síť větvnou, okružovou a kombinovanou a je navržena na maximální hodinovou potřebu vody. Schémata jednotlivých sítí jsou uvedena na Obr. 16 [1; 10].

2.7.1 Větvná síť

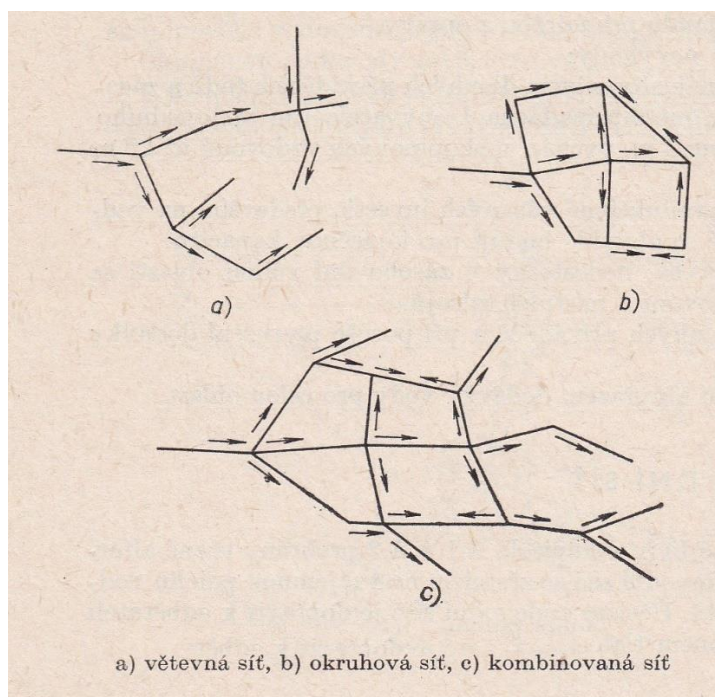
Větvná síť je napájena z vodojemu hlavním zásobovacím řadem, ten se rozvětjuje na jednotlivé rozváděcí vodovodní řady, jejichž konce nejsou nijak propojeny (odbočky ke koncovým spotřebitelům). Výhodou větvné sítě je její jednoduchý výpočet a menší pořizovací náklady. Nevýhodou je však jednostranný přívod vody, který způsobí při poruše situaci, kdy je část spotřebišť za místem poruchy bez vody. Konce řadu větvné sítě musí být kvůli stagnaci a možnému zahánění vody opatřeny hydranty [5; 22].

2.7.2 Okruhová síť

Okruhová síť je napájena z vodovodu hlavním zásobovacím řadem, ze kterého odbočují vedlejší rozváděcí řady tvořící uzavřené okruhy. Konce zásobovacích řadů jsou navzájem propojeny, což umožňuje zásobování každého místa spotřebiště ze dvou stran. Při poruše je tedy možné odstavit pouze porušený úsek a zbytek spotřebiště je tak stále zásobován. Velkými výhodami okruhové sítě jsou též stálá cirkulace vody a vyrovnanější tlakové poměry v síti. Nevýhodou jsou však vysoké pořizovací náklady [5; 22].

2.7.3 Kombinovaná síť

Kombinovaná síť je složena z okruhové sítě v centru spotřebiště a z větvné sítě vybíhající na obvodu. Kombinuje jak výhody, tak i nevýhody obou systémů [5].



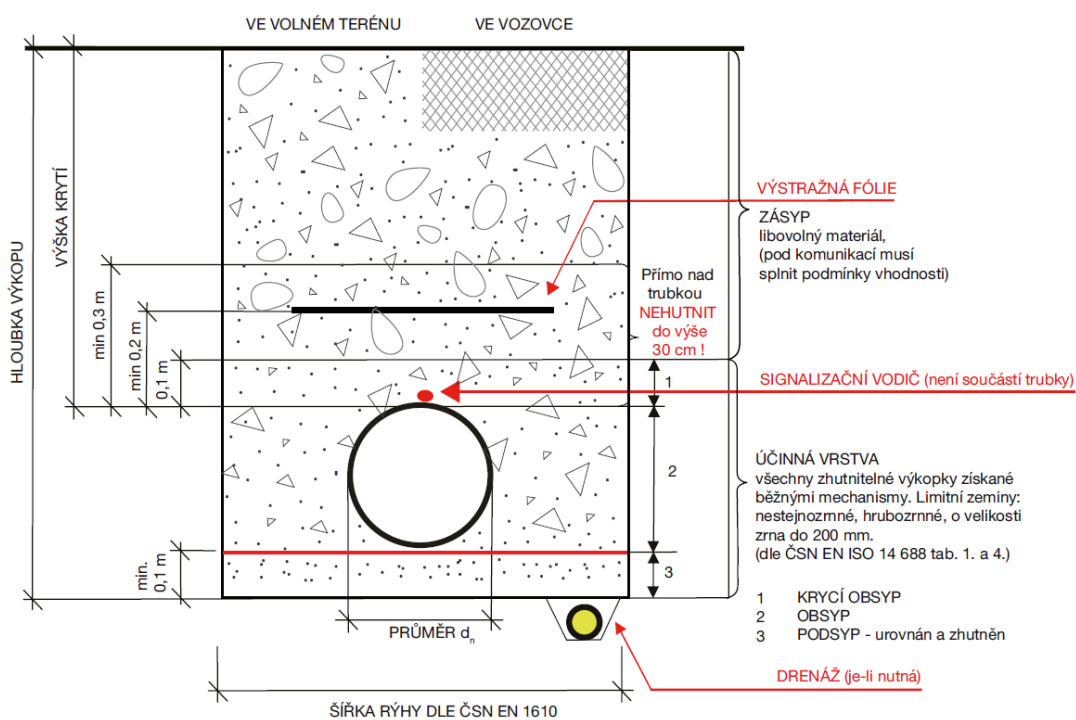
Obr. 16: Schémata vodovodní sítě [5]

2.8 Materiál potrubí

Materiál potrubí vodovodní sítě, který přichází do styku s pitnou vodou, nesmí jakkoliv negativně ovlivňovat jakost vody či její zdravotní nezávadnost [12; 23]. Dále je nutné při návrhu zohledňovat pracovní a zkušební přetlak, podtlak, vodní rázy, statické a dynamické zatížení, únosnost a agresivitu půdy, provozní spolehlivost, životnost materiálu atd. [20]. Ve vodárenství se dnes používá především vysokohustotní polyetylén (HDPE) a tvárná litina, dále i polyvinylchlorid (neměkčené PVC), sklolaminát a ocel. Potrubí jsou vyráběna v tlakových řadách PN 2,5 / 6 / 10 / 16 / 25 /

40 / 63 a 100, kde PN značí jmenovitý tlak a číselný údaj zkušební přetlak v barech, tedy desetinách MPa. Pro použití na veřejné vodovody se požaduje tlaková řada PN 10 a vyšší. Životnost potrubí je dána výrobcem a závisí na použitém materiálu, např. pro tvárnou litinu je to 80 let, pro plastové vodovodní potrubí pak až 50 let [1; 24].

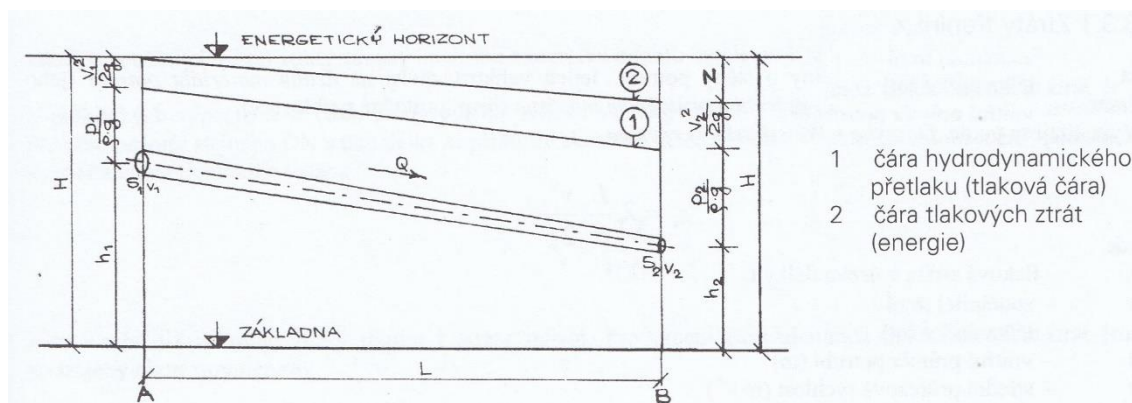
Dle zákona 274/2001 Sb. náleží vodovodním řadům ochranná pásma k bezprostřední ochraně před poškozením ve vodorovné vzdálenosti 1,5 m od vnějšího líce stěny potrubí u řadů do průměru 500 mm, u řadů nad průměr 500 mm pak ve vodorovné vzdálenosti 2,5 m od vnějšího líce stěny potrubí. U vodovodních řadů o průměru větším než 200 mm, jejichž dno je uloženo v hloubce větší než 2,5 m pod povrchem, se vodorovné vzdálenosti ochranných pásem zvyšují o 1 m. Při vedení vodovodních řadů a přípojek je také velmi důležité dbát na nejmenší dovolené odstupové vzdálenosti ve vodorovném a svislém směru při souběhu či křížení s ostatním vedením technického vybavení. Jmenovité hodnoty jsou uvedeny v Příloze A ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání vedení technického vybavení. Tato norma dále v příloze B udává nejmenší povolené a maximální doporučené krytí vodovodních řadů a přípojek v závislosti na zpevnění terénu. Při ukládání potrubí se musí dbát nejenom na dodržení příslušných norem, ale i na dodržení požadavků výrobce, jehož potrubí je při pokládce použito. Tyto požadavky jsou většinou uvedeny ve vzorových schématech uložení potrubí publikovaných právě výrobcem, viz. Obr. 17 [6; 25].



Obr. 17: Příklad vzorového uložení vodovodního potrubí [26]

2.9 Hydraulika trubních systémů

Průtok vody ve vodovodním potrubí se uvažuje jako tlakový a při návrhu nebo hydraulickém posouzení dimenze potrubí, případně při řešení tlakových poměrů v síti, se využívá předpoklad ustáleného průtokového režimu. Při proudění vody v potrubí vznikají tlakové ztráty, které mohou být buď způsobeny třením kapaliny o stěny potrubí (ztráty třením Z_t) nebo se nacházejí v místech tzv. místních odporů, kde dochází např. ke změně směru potrubí, změně vnitřní dimenze potrubí, k výskytu armatury atd. (ztráty místní Z_m). Bude-li se uvažovat tlakové proudění kapaliny v potrubí v úseku délky L mezi profily A a B dle Obr. 18, uplatní se při proudění vody v potrubí tři základní rovnice hydrauliky: průtoková rovnice, rovnice kontinuity a Bernoulliho rovnice [1; 2].



Obr. 18: Ustálené tlakové proudění mezi profily A–B [1]

2.9.1 Rovnice kontinuity

Nebo také rovnice spojitostní, která vychází z Eulerových hydrodynamických rovnic a uvažuje proudění nestlačitelné kapaliny. Vyjadřuje zákon zachování hmoty a využívá rovnici průtokovou, kdy při konstantním průtoku a změně profilu dochází i ke změně rychlosti proudění kapaliny [27].

$$Q = S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = \text{konst.} \quad (2.3)$$

Kde: Q je průtok potrubím [m^3/s]

S je plocha průtočného průřezu potrubí [m^2]

v je střední profilová rychlost [m/s] [1]

2.9.2 Rovnice Bernoulliho

Rovnice Bernoulliho vyjadřuje zákon zachování energie a lze ji odvodit integrací Eulerových pohybových rovnic, případně z aplikace Newtonova zákona na infinitezimální válec [27].

$$H = h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + Z = \text{konst.} \quad (2.4)$$

Kde: H je výška energetického horizontu od základny [m]

h_1 a h_2 jsou polohové výšky [m]

v_1 a v_2 jsou střední profilové rychlosti [m/s]

ρ je hustota (měrná hmotnost) [kg/m^3]

g je tíhové zrychlení [m/s^2]

Z je tlaková ztráta v úseku potrubí A-B délky L [m]

členy $\frac{p_1}{\rho g}$ a $\frac{p_2}{\rho g}$ vyjadřují přetlakové výšky [m]

členy $\frac{v_1^2}{2g}$ a $\frac{v_2^2}{2g}$ vyjadřují rychlostní výšky [m] [1]

2.9.3 Tlakové ztráty

Jak již bylo popsáno výše, při proudění kapaliny v potrubí dochází ke ztrátám třením a ztrátám místním. Celkové ztráty jsou dány součtem těchto dvou druhů ztrát [1].

$$Z = Z_t + Z_m \quad (2.5)$$

Kde: Z jsou celkové tlakové ztráty [m]

Z_t jsou ztráty třením [m]

Z_m jsou ztráty místní [m] [1]

2.9.3.1 Ztráty třením Z_t

Ztráty třením vznikají třením proudící vody o stěny potrubí a jsou vždy ve vodovodních sítích ve srovnání se ztrátami místními dominantní. Velikost ztrát třením závisí na materiálu potrubí, jeho drsnosti, délce a průměru potrubí, průtočném množství (resp. průtočné rychlosti). Lze je vypočítat z tzv. *Darcyho – Weissbachovy rovnice* [1, 2].

$$Z_t = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.6)$$

Kde: Z_t jsou ztráty třením [m]

λ je součinitel tření [-]

L je délka úseku [m]

d je vnitřní průměr potrubí [m]

v je střední průřezová rychlost [m/s]

g je tíhové zrychlení [m/s²] [1]

Součinitel tření (λ) je možné stanovit různými postupy a vzorci. Univerzálním vzorcem pro vodovodní potrubí, který platí v celé oblasti proudění vody, je vzorec White – Colebrook [1; 2].

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{k}{3,71 \cdot d} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad (2.7)$$

Kde: λ je součinitel tření [-]

k je absolutní drsnost potrubí [m]

d je vnitřní průměr potrubí [m]

Re je Reynoldsovo číslo [-] [1]

Reynoldsovo číslo Re se určí z následující rovnice a slouží pro rozdělení proudění na laminární a turbulentní [27].

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (2.8)$$

Kde: Re je Reynoldsovo číslo [-]

v je střední průřezová rychlost [m/s]

d je vnitřní průměr potrubí [m]

ν je kinematická viskozita [m²/s] [1]

Dále je možné použít např. vzorec Woodův, Manningův, Blaisův, Nikuradsův atd. [2; 5].

2.9.3.2 Ztráty místní Z_m

Ztráty místní vznikají v místech místních odporů, jako jsou náhlé lomy potrubí, zúžení, rozšíření či osazené armatury atd. Ztráty místní se u tzv. hydraulicky dlouhých potrubí zanedbávají, u hydraulicky krátkých potrubí (sací potrubí čerpadel, násosky...) však již mají důležitý význam [1]. Místní ztráty se vypočtou ze vztahu:

$$Z_m = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.9)$$

Kde: Z_m jsou ztráty místní [m]

ξ je součinitel místní ztráty, který závisí na druhu a rozměru odporu [-]

v je střední průřezová rychlost [m/s]

g je tíhové zrychlení [m/s²] [1]

3 Potřeba vody

Potřeba vody je definována jako návrhová hodnota udávající požadované množství vody za časovou jednotku [10]. Výpočet potřeby vody je nezbytným podkladem pro navrhování a posouzení vodovodních sítí, vodních zdrojů, úpraven vody a vodojemů. Především pro navrhování nových vodovodů či rozšiřování vodárenských objektů je nutné provést výpočet nejenom stávající potřeby vody, ale také potřeby vody výhledové, na dobu následujících třiceti let, s ohledem na zpracované územní plány pro danou oblast. V případě, že nejsou územní plány k dispozici, použijí se údaje příslušných orgánů územního plánování. U sídlišť, kde nejsou známy výhledové počty obyvatel, je možné zvýšit potřebu vody, která byla vypočtena dle současného stavu, až o 20 % [1; 2; 8; 28].

Celková potřeba vody pro zásobovanou oblast se provádí pro čtyři základní skupiny odběru vody, a to pro *obyvatelstvo*, *průmysl*, *zemědělství* a *pro požární účely*. Pro výpočet potřeby vody pro tyto skupiny dnes neexistují podrobné právní ani jiné předpisy. Při výpočtu se ale stále používá metodika již neplatné Směrnice č. 9 z roku 1973 s přihlédnutím ke směrným číslům roční potřeby vody uvedených v příloze č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. v platném znění, kterými je možné stanovit množství odebrané vody, pokud není osazen vodoměr. Při výpočtu potřeby vody dle této vyhlášky je nutné připočítat 20 % ztrát vody vzniklých přípustnými úniky (viz. kapitola 4 – Ztráty vody a jejich ukazatele) [1; 2; 5].

Před samotným popisem výpočtu potřeby vody je třeba definovat několik termínů dle Směrnice č. 9 z roku 1973:

Specifická potřeba vody je potřeba vody, která připadá na jednu spotřební jednotku (např. osobu). Udává se včetně ztrát vznikajících v rozvodu vody až ke spotřebiteli ve výši 20 %. Základní jednotkou je l/jednotka/den [2; 28].

Nerovnoměrnost potřeby vody popisuje kolísání odebíraného množství vody v zásobované lokalitě za jednotku času v určitém období [2; 28].

Součinitel nerovnoměrnosti (k) je poměr maximální a průměrné potřeby vody za jednotku času v určitém období [2; 28].

Občanská vybavenost je soubor zařízení sloužících přímo potřebám obyvatelstva v souvislosti s bydlením (obchody, školy atd.) [2; 28].

Technická vybavenost je souhrn oblastí nezbytných k provozu sídlišť (inženýrské sítě atd.) [2; 28].

Základní vybavenost je občanská a technická vybavenost, kterou využívají jenom obyvatelé vlastního obytného území [2; 28].

Vyšší vybavenost je občanská a technická vybavenost, kterou využívají nejenom obyvatelé vlastního obytného území, ale také obyvatelé spádového území [2; 28].

3.1 Maximální denní potřeba vody

Maximální denní potřeba vody pro obyvatelstvo a živočišnou výrobu se vypočítá dle vztahu:

$$Q_{d,max} = Q_{pd} \cdot k_d \quad (3.1)$$

Kde: $Q_{d,max}$ je maximální denní potřeba vody [l/den]

Q_{pd} je průměrná denní potřeba vody [l/den]

k_d je koeficient denní nerovnoměrnosti [-], jehož jmenovité hodnoty jsou uvedeny v Tab. 3 [5; 28].

Tab. 3: Hodnoty součinitele denní nerovnoměrnosti (k_d) [28]

Velikost obce	Součinitel denní nerovnoměrnosti
	k_d
a) do 1 000 obyvatel	1,5
b) 1 000 - 5 000 obyvatel	1,4
c) 5 000 - 20 000 obyvatel	1,35
d) 20 000 - 100 000 obyvatel	1,25

3.2 Maximální hodinová potřeba vody

Maximální hodinová potřeba vody pro obyvatelstvo i živočišnou výrobu se vypočítá dle vztahu:

$$Q_{h,max} = \frac{Q_{d,max}}{24} \cdot k_h \quad (3.2)$$

Kde: $Q_{h,max}$ je maximální hodinová potřeba vody [l/h]

$Q_{d, \max}$ je maximální denní potřeba vody [l/den]

k_h je koeficient hodinové nerovnoměrnosti [-] [5]

Koeficient hodinové nerovnoměrnosti pro obyvatelstvo a živočišnou výrobu nabývá hodnot 1,8, u sídlištní zástavby až 2,1. Pro menší spotřebišť (méně než 2000 obyvatel) se dle ČSN EN 805 přílohy A.7 může koeficient hodinové nerovnoměrnosti pohybovat až okolo čísla 5, přesné hodnoty však nejsou blíže specifikovány. Při výpočtu maximální hodinové potřeby vody je dále možné používat hodnoty součinitele hodinové nerovnoměrnosti z normy ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky, jež jsou uvedeny v Tab. 4. Ačkoliv se tato norma zabývá stokovými sítěmi a ne vodovody, hodnoty součinitelů hodinové nerovnoměrnosti se z ní pro výpočet maximální hodinové potřeby vody hojně využívají. Při výpočtu hodinových potřeb vody pro obyvatelstvo se maximální denní potřeba vody násobí procenty potřeby vody v jednotlivých hodinách dle přílohy C Směrnice č. 9/1973 [1; 28; 29].

Tab. 4: Doporučené hodnoty součinitelů hodinové nerovnoměrnosti dle ČSN 75 6101 [29]

Počet připojených obyvatel ¹⁾	30	40	50	75	100	300	400	500
Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti $k_{h, \max}$	7,2	6,9	6,7	6,3	5,9	4,4	3,5	2,6
Součinitel minimální hodinové nerovnoměrnosti $k_{h, \min}$	0	0	0	0	0	0	0	0
Počet připojených obyvatel ^{1) 2)}	1 000	2 000	5 000	10 000	20 000	30 000	50 000	100 000
Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti $k_{h, \max}$	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,5
Součinitel minimální hodinové nerovnoměrnosti $k_{h, \min}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
POZNÁMKY								
1) Počet připojených obyvatel se uvažuje podle počtu obyvatel v příslušné sběrné ploše povodí stoky.								
2) Součinitelé hodinové nerovnoměrnosti pro větší počet připojených obyvatel než 100 000 se určují přímým měřením. Byly-li hodnoty součinitelů hodinových nerovnoměrností získány měřením, použijí se pro výpočet přednostně. (Mají být stanoveny ve vztahu k ročnímu průměrnému průtoku.)								

3.3 Potřeba vody pro obyvatelstvo

Potřeba vody pro obyvatelstvo se rozděluje na potřebu vody pro bytový fond a pro občanskou a technickou vybavenost. Je to voda používaná v domácnostech pro pití, vaření, umývání, splachování, úklid, kropení zahrad atd. a pro objekty občanské vybavenosti, jako jsou kancelářské objekty, školy, restaurace apod. [2; 8; 28].

$$Q_O = Q_B + Q_{OV} \quad (3.3)$$

Kde: Q_O je průměrná potřeba vody pro obyvatelstvo [l/den]

Q_B je potřeba vody pro bytový fond [l/den]

Q_{OV} je potřeba vody pro občanskou vybavenost [l/den] [5]

3.3.1 Potřeba vody pro bytový fond

Specifická potřeba vody pro bytový fond (q_B) je průměrná hodnota a v současnosti činí 35 m³/rok (96 l/os./den) [30]. Potřeba vody pro bytový fond (Q_B) se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$Q_B = PO \cdot q_B \quad (3.4)$$

Kde: Q_B je potřeba vody pro bytový fond [l/den]

PO je počet zásobovaných obyvatel

q_B je specifická potřeba vody [l/os./den] [5]

3.3.2 Potřeba vody pro občanskou vybavenost

Specifická potřeba vody pro občanskou vybavenost (q_{OV}) je vyjádřena v l/os./den a je závislá na velikosti obce. Jednotlivé hodnoty specifické potřeby vody pro občanskou vybavenost jsou uvedeny v Tab. 5 [2; 28].

Tab. 5: Specifická potřeba vody pro občanskou vybavenost [28]

	l/osoba.den
a) u venkovských obcí do 1 000 obyvatel	20
b) 1 000 až 5 000 obyvatel	30
c) 5 000 až 20 000 obyvatel	70
d) 20 000 až 100 000 obyvatel	125

3.4 Potřeba vody pro průmysl

Potřeba vody pro průmysl se rozděluje na *potřebu provozní vody* (voda potřebná pro provoz závodu) a *potřebu vody pro pracovníky* (pití, mytí, vaření) [2].

3.4.1 Potřeba vody pro pracovníky v průmyslu

Podle charakteru výroby se průmyslové závody člení na závody s čistým provozem, závody se špinavým a prašným nebo horkým a čistým provozem, závody s horkým a

špinavým provozem. Podle tohoto rozdělení se také liší specifická potřeba vody pro mytí a sprchování uvedená ve Směrnici č. 9/1973 [2; 28].

Při výpočtu potřeby vody v průmyslu je nutné započítat též specifickou potřebu vody pro přímou potřebu, která činí pro pití 5 l/os./směna a pro závodní kuchyni 25 l/os./směna. Celkem tedy specifická potřeba vody pro přímou potřebu činí 30 l/os./směna.

V závodech s nepřetržitým provozem se potřeba vody pro pracovníky uvažuje jako rovnoměrná. Pokud je k dispozici skutečný či předpokládaný průběh odběru, uvažují se odběry dle těchto údajů [2]. „*Nejsou-li k dispozici podrobnější údaje, uvažuje se maximální hodinová potřeba vody pro pracovníky v průmyslu ve výši 50 % z hodnoty vypočítané pro příslušnou směnu, a to po dobu 1 hodiny na konci směny; zbytek potřeby se uvažuje rovnoměrně rozdělený po celou směnu.*“ [2].

3.5 Potřeba vody pro zemědělství

Potřeba vody pro zemědělství se rozděluje na potřebu vody pro živočišnou výrobu, potřebu vody pro pracovníky a potřebu vody pro doplňkovou závlahu [2].

3.5.1 Potřeba vody pro živočišnou výrobu

Směrnice č. 9/1973 udává některé specifické potřeby vody pro živočišnou výrobu s výjimkou velkochovů. V nich je třeba posuzovat potřebu vody individuálně pro jednotlivé použité technologie chovu, jako je způsob ustájení, napájení apod. Průměrná denní potřeba vody pro živočišnou výrobu se vypočte: [2; 28; 31]

$$Q_{\text{z}} = P_{\text{z}} \cdot q_{\text{z}} \quad (3.5)$$

Kde: Q_{z} je průměrná denní potřeba vody pro zemědělskou živočišnou výrobu [l/den]

P_{z} je počet kusů zvířat

q_{z} je specifická potřeba vody [l/kus/den] [31]

Specifická potřeba vody q_{z} pro jednotlivé chovy je uvedena v příloze č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. v platném znění [31].

3.5.2 Potřeba vody pro pracovníky v zemědělství

Způsob stanovení potřeby vody pro pracovníky zemědělství je shodný se způsobem stanovení potřeby vody pro pracovníky v průmyslu (tzn. rozdělení potřeby vody

na jednotlivé hodiny dle uvedeného specifika v kapitole 3.4.1 – Potřeba vody pro pracovníky v průmyslu) [2; 31].

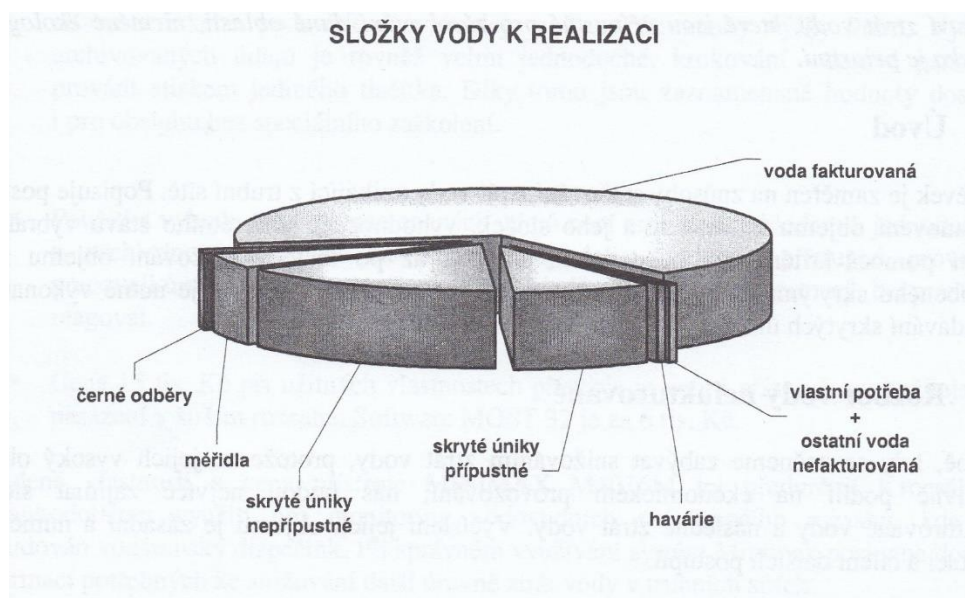
3.6 Potřeba vody pro požární účely

Potřeba vody pro požární účely je pouze nárazová a její skutečný odběr není možné předem stanovit ani odhadnout. Stejně tak místo odběru a čas jsou neznámé. Potřeba požární vody je závislá nejen na velikosti budov, počtu jejich podlaží a jejich druhu, ale také na jejich vzájemném uskupení apod. Podrobné požadavky na odebírané množství požární vody, objem požární nádrže a rozmístění zdrojů požární vody jsou uvedeny v normách ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou a ČSN 75 2411 Zdroje požární vody [2; 5; 31].

4 Ztráty vody a jejich ukazatele

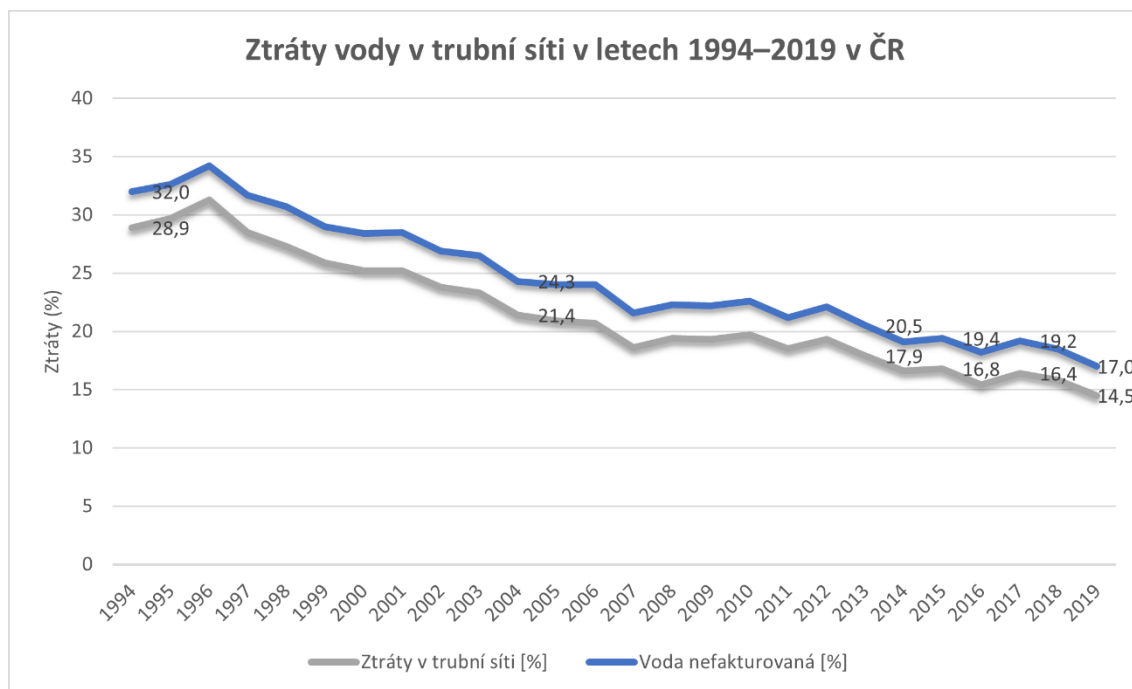
Ve vodárenství se rozlišují dvě hlavní skupiny vod dle finančního ohodnocení. *Voda fakturovaná* je veškerá voda skutečně dodaná a vyfakturovaná všem odběratelům za určité dohodnuté období. *Voda nefakturovaná*, též označovaná jako ztráty vody, je pak voda, která byla sice do sítě dodána, ale nebyla finančně zhodnocena. Součet těchto dvou hodnot, tedy vody nefakturované (VNF) a vody fakturované (VF), dává tzv. *vodu k realizaci* (VVR), která udává celkové množství vyrobené vody. Jednotlivé složky vody k realizaci a jejich poměrové velikosti jsou vyjádřeny koláčovým grafem na Obr. 19.

Ke ztrátám vody dochází v každé vodovodní síti a mohou být způsobeny nedovoleným či neměřeným odběrem (krádež vody), nepřesným měřením vodoměrů, únikem vody vlivem netěsnosti spojů armatur, manipulacemi na vodovodu, poruchami potrubí apod. V případě poruch potrubí může dojít ke dvěma způsobům úniku vody z potrubí: k úniku vody na povrch terénu (tzv. zjevné ztráty) a k úniku vody pod povrch terénu (tzv. skryté ztráty) [1; 19; 32; 33].



Obr. 19: Složky vody k realizaci [33]

Ztráty vody lze vyhodnocovat různými metodami. Jednou z nejběžněji používaných metod je *metoda procentuální (procento vody nefakturované)*. Ta vyjadřuje v procentech množství ztrát vody (vodu nefakturovanou) v poměru k celkové vyrobené vodě (VVR). Průměrná hodnota ztrát se v České republice pohybuje okolo hodnoty 15 %, jak dokládá Obr. 20 [1; 8; 34].



Obr. 20: Vývoj ztrát vody [34]

Další velmi používanou a přesnější metodou hodnocení ztrát vody je *metoda jednotkového úniku* (JÚ). Je to množství vody, které uniká z jednoho kilometru přepočtené délky vodovodní sítě za rok ($\text{tis. m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Další způsoby hodnocení úniku vody jsou pomocí *počtu havárií* na kilometr skutečné délky sítě za předem stanovené časové období, *ztráty vody na přípojku* (l/přípojku/den), *ztráty vody na kilometr přepočtené délky vodovodních řadů a přivaděčů* (l/km/den), *minimální naměřený průtok* na kilometr přepočtené délky sítě ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$) atd. Při hodnocení stavu vodovodní sítě se také používá *index ztrát ILI* (Infrastructure Leakage Index), což je bezrozměrný ukazatel stanovený jako poměr skutečných ztrát a ztrát teoreticky nevyhnutelných. Ztráty nevyhnutelné jsou dány skutečností, že žádná vodovodní síť nemůže být zcela těsná [33].

Se ztrátami vody ve vodovodní síti úzce souvisí samotný technický stav sítě. V České republice se pro hodnocení technického stavu vodovodních sítí velmi často používají *technické ukazatele (TU)*. Ty slouží pro zařazení vodovodního řadu do příslušné kategorie určující celkový technický stav dle různých skutečností, jako je stáří materiálu potrubí, poruchovost, ale právě též procentuální ztráty a jednotkové úniky. Do výsledné kategorie K1 (velmi dobrý stav) – K5 (nevyhovující stav) je potrubí zařazeno dle zprůměrování příslušných dílčích kategorií, do kterých spadalo v jednotlivých hodnotících kritériích [35]. Podrobné hodnocení vodovodní sítě dle procentuálních ztrát a jednotkového úniku ukazuje Tab. 6.

Tab. 6: Vyhodnocení dílčí kategorie stavu vodovodní sítě dle procentuálních ztrát a JÚ [35]

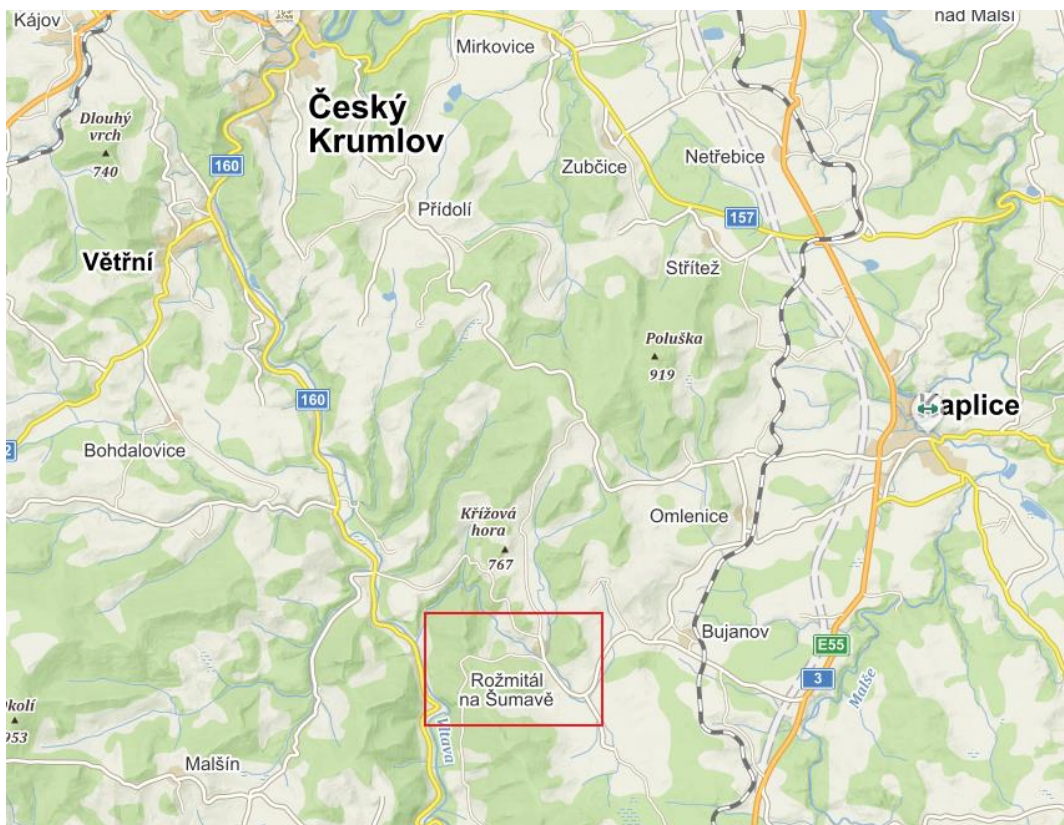
Příslušná kategorie	VNF [%]	JÚ [m ³ /km/rok]
	Od - do	Od - do
K1	0-10	0-3000
K2	10-12	3000-4500
K3	12-16	4500-6000
K4	16-25	6000-8000
K5	25+	8000+

C Praktická část

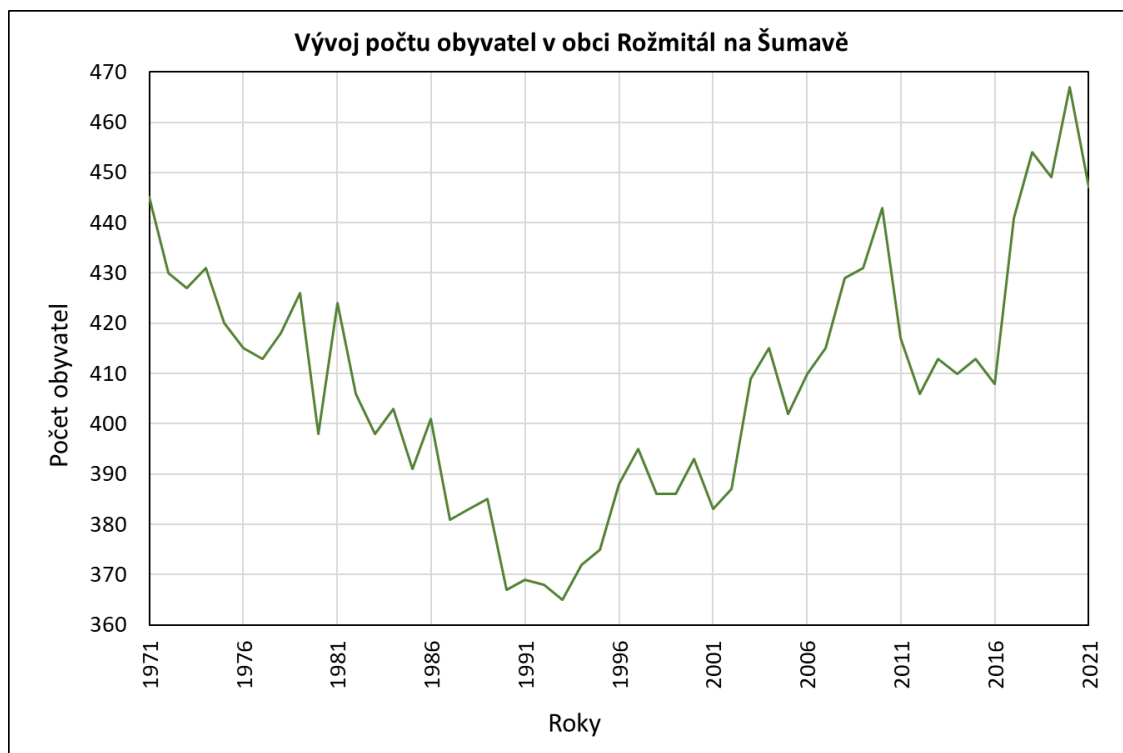
Praktická část této práce se zabývá popisem řešeného zásobovaného území, studií stávajícího systému, posouzením ztrát vody a především výpočtem potřeby vody stávající a výhledové s ohledem na posouzení vydatnosti stávajících zdrojů z důvodu nahrazení povrchového zdroje pitné vody (Močeradský potok) zdrojem podzemním (hydrogeologické vrty). Hlavním podkladem pro tuto část práce byla data poskytnutá od provozovatele místní části obce Rožmitál na Šumavě – hodnoty množství vody k realizaci a množství vody fakturované za roky 2014-2021, odtoky vody z vodojemu pro měsíce leden a červenec za rok 2019 v časovém kroku 10 minut a skutečné hodnoty odběrů pro bytový fond, občanskou vybavenost a zemědělství pro rok 2021. Dalšími důležitými podklady byly provozní řád vodovodu Rožmitál na Šumavě, územní plán obce Rožmitál na Šumavě a webové stránky obce Rožmitál na Šumavě a provozovatele vodovodu v obci – společnosti PRVOK s.r.o.

1 Popis zásobovaného území

Z Obr. 21 je patrné, že obec Rožmitál na Šumavě se nachází v Jihočeském kraji v okrese Český Krumlov, cca 20 km jihovýchodně od Českého Krumlova [36]. Obec je situována v nadmořské výšce 623 m n.m., je složena z 5 částí (Rožmitál na Šumavě, Hněvanov, Michnice, Čeřín, Zahrádka) a její rozloha je dle katastru udána jako 4290 ha, na kterých žije k 1.1.2021 celkem 447 obyvatel. Vývoj počtu obyvatel za posledních 50 let v obci Rožmitál na Šumavě je znázorněn na Obr. 22. Zájmovým územím této bakalářské práce je však pouze místní část Rožmitál na Šumavě, ve které je 344 obyvatel plně zásobeno vodou z veřejného vodovodu [37; 38; 39].



Obr. 21: Poloha obce Rožmitál na Šumavě [36]



Obr. 22: Graf vývoje počtu obyvatel v zájmové oblasti [40]

2 Popis vodovodního systému

Místní část obce je v současné době zásobována pitnou vodou z prameniště Třešňovice a z povrchového zdroje, kterým je Močeradský potok na východním okraji obce. V roce 2015 byly u úpravny vody realizovány dva hydrogeologické vrty, s kterými se výhledově počítá jako s novými zdroji pitné vody a které by v budoucnu zcela nahradily stávající odběr pitné vody z Močeradského potoka. Schéma řešení zásobování obce pitnou vodou je uvedeno v příloze A [39; 41].

2.1 Prameniště Třešňovice

V prameništi Třešňovice bylo historicky vybudováno 7 studní (S1-S4; St1-St3), z kterých je jako zdroj pitné vody pro místní část obce Rožmitál na Šumavě aktuálně využíváno pouze 6 [41; 42]. Vydatnost prameniště je značně rozkolísaná v závislosti na aktuálním úhrnu srážek z důvodu jímání mělkých podzemních vod a pohybuje se během roku v rozsahu 0,4 – 1,5 l/s. Prameniště se nachází v rozmezí nadmořských výšek 774,0 – 739,5 m n.m., jejich hloubka se pohybuje od 2,0 do 3,5 m [42].

Jímaná voda je následně ze studen, z nichž dvě jsou zachyceny na Obr. 23, svedena vodovodním řadem z polyetylénu (PE) DN 110 a délky 3,741 km přes odkyselovací filtr (terén 737,5 m n.m., hladina 736,0 m n.m.) zobrazený na Obr. 24 a 25 do přerušovací komory (terén 708,5 m n.m., hladina 706,0 m n.m.) a následně přes vodoměrnou šachtu do vodojemu Rožmitál na Šumavě [41; 42].



Obr. 23: Studny S1 a S2 v prameništi Třešňovice



Obr. 24: Odkyselovací filtr



Obr. 25: Vystrojení odkyselovacího filtru

2.2 Močeradský potok

Druhým dnes používaným zdrojem pitné vody pro místní část obce Rožmitál na Šumavě je Močeradský potok (642,0 m n.m.). Surová voda je jímána dvoukomorovým břehovým objektem umístěným na pravém břehu toku, jak dokládá Obr. 26 a 27. Před jímacím objektem je koryto toku zpevněno betonovými deskami uloženými do betonu s pískovým ložem. Součástí jímacího objektu jsou dvě norné stěny, česle a čerpací studna s ponorným čerpadlem. Konstrukce čerpací studny je provedena z železobetonových skruží a betonového dna. Aby bylo dosaženo stálé hladiny v místě odběru surové vody, je za jímacím objektem dál směrem po toku umístěno deskové stavidlo. Kapacita jímacího objektu je 3 l/s [41; 42].



Obr. 26: Břehový jímací objekt a deskové stavidlo



Obr. 27: Dvoukomorový břehový jímací objekt

2.3 Úpravna vody

Z čerpací studny u jímacího objektu povrchové vody je surová voda vedena výtlačným řadem z litiny (LT) DN 110 a délky cca 120 m na úpravnu vody (650,0 m n.m.) vybudovanou v 70. letech 20. století. V úpravně vody dochází k filtraci surové vody z Močeradského potoka pomocí trojice otevřených pomalých (anglických) filtrů zachycených na Obr. 29 (dva filtry jsou v provozu, jeden je vždy uvažován jako rezervní). Úpravna vody zachycená na Obr. 28 je půdorysného tvaru obdélníka

s rozlohou 84,6 m². Kapacita jedné provozní filtrační jednotky je 0,52 l/s, celková kapacita úpravny vody je tedy v plném provozu, kdy jsou ve funkci obě filtrační jednotky, 1,04 l/s. Náplní filtrů je po výšce filtru od zdola nahoru tříděný štěrk frakce 5-8 mm a 1-3 mm, tříděný ostrohranný filtrační písek frakce 1-3 mm a křemičitý filtrační písek frakce 0,3-1 mm. Po přefiltrování voda natéká do betonové akumulční nádrže o objemu 10 m³, kde dochází k hygienickému zabezpečení vody pomocí roztoku chlornanu sodného (NaClO). Následně je voda čerpána pomocí čerpadel o výkonu 1,8 a 2,3 l/s a dopravována výtlačným řadem z litiny (LT) DN 80 a délky 232 m do vodojemu Rožmitál na Šumavě. Čerpadla je možné ovládat automaticky i ručně a jsou zobrazena na Obr. 30 [41; 42].



Obr. 28: Úpravna vody



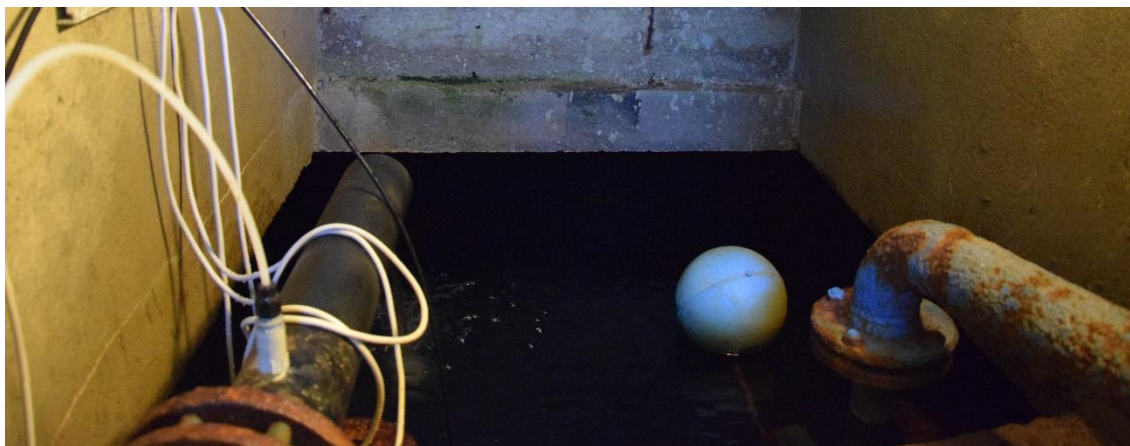
Obr. 29: Pomalé (anglické) otevřené filtry



Obr. 30: Vystrojení strojovny na úpravně vody

2.4 Vodojem Rožmitál na Šumavě

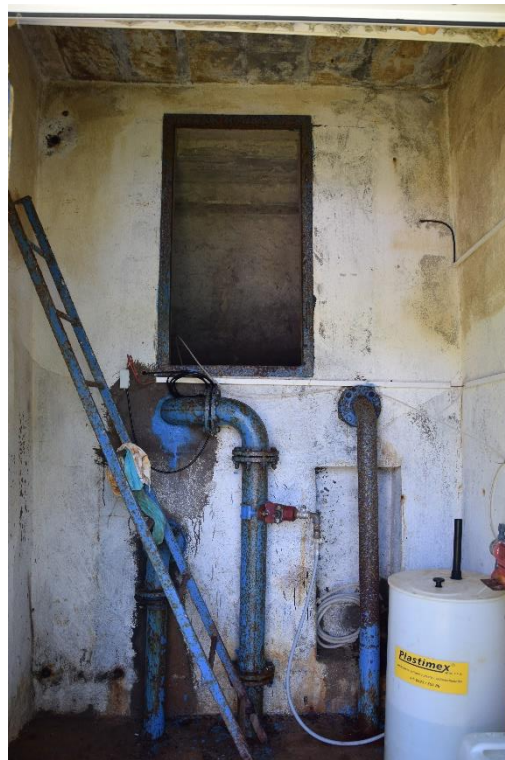
Do vodojemu Rožmitál na Šumavě je zaústěno jak přívodní potrubí z prameniště Třešňovice, tak přívodní potrubí z úpravny vody upravující povrchovou vodu jímanou z Močeradského potoka. Vodojem je navržen jako zemní dvoukomorový s celkovým objemem 100 m^3 ($2 \times 50 \text{ m}^3$) a s minimální hladinou ve výšce 664,5 m n.m., maximální pak 667,5 m n.m. Obr. 32 zachycuje samotnou stavbu zemního vodojemu, Obr. 31 pak jednu z akumulčních nádrží vodojemu a Obr. 33 vystrojení vodojemu. [41; 42].



Obr. 31: Akumulační prostor vodojemu



Obr. 32: Zemní vodojem



Obr. 33: Vystrojení vodojemu

2.5 Rozvodná síť

Rozvodná síť je kombinovaná a spotřebišťe (místní část obce Rožmitál na Šumavě) je zásobeno gravitačně. Celková délka rozvodné sítě je 5,225 km a samotná síť je tvořena řady z polyvinylchloridu (PVC), polyetylénu (PE) a litiny (LT) s dimenzemi v rozmezí DN 50 – DN 110. Na tento rozvodný systém jsou již napojeny jednotlivé domovní přípojky. Celé spotřebišťe se pohybuje v rozmezí nadmořských výšek 659,0-610,0 m n.m. Cca 2-5 nejvýše položených rodinných domů v ulici Na Sadech je vybaveno domácími posilovacími stanicemi na vnitřním rozvodu [41; 42].

2.6 Hydrogeologické vrty

V roce 2015 byly u úpravny vody realizovány dva hydrologické vrty do hloubky 50 m s označením HR-1 a HR-2, zachycené na Obr. 34 a 35. U obou vrtů byly následně provedeny 12-denní čerpací zkoušky. Vydatnost vrtu HR-1 byla stanovena na hodnotu 0,3 l/s, vydatnost vrtu HR-2 pak na hodnotu 0,85 l/s. Podzemní voda jímáná z obou vrtů je velmi měkká, slabě kyselá a obsahuje zvýšené množství železa, které bude muset být v případě využívání vrtů jako zdroje pitné vody snižováno úpravou. Tvrdost vody a zároveň nižší pH vody jímáné z vrtu HR-1 lze zvyšovat čerpáním vody přes dolomitickou drť. Podle vzorků odebraných v rámci čerpací zkoušky voda též

nevyhověla z mikrobiologického hlediska, bude tedy nutné přistoupit k jejímu trvalému hygienickému zabezpečení. Současně se v podzemní vodě vyskytl zvýšený obsah radonu, který v případě využívání vrtů jako zdroje pitné vody bude nutné snižovat rozstříkáním jímané vody ve vodojemu a odvětráváním uvolněného radonu apod. [39; 42].



Obr. 34: Hydrogeologický vrt HR-1



Obr. 35: Hydrogeologický vrt HR-2

3 Ztráty vody ve vodovodní síti části obce Rožmitál na Šumavě

Při vyhodnocení ztrát vody dle metody procentuální byly poptány hodnoty množství vody k realizaci a množství vody fakturované za všechny dostupné roky u provozovatele obce Rožmitál na Šumavě, tedy u společnosti PRVOK s.r.o.

Tab. 7: Hodnocení ztrát vody metodou procentuální [39]

Roky	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Voda k realizaci (tis. m ³)	15,92	15,86	15,98	15,93	17,05	16,76	15,48	13,97
Voda fakturovaná (tis. m ³)	14,68	14,61	14,69	14,48	15,22	14,90	14,94	13,46
Ztráty (tis. m ³)	1,24	1,25	1,29	1,45	1,83	1,86	0,54	0,51
Ztráty (%)	7,8	7,9	8,1	9,1	10,7	11,1	3,5	3,7

Z Tab. 7 lze vyčíst, že vývoj ztrát má s postupujícím časem rostoucí trend. V roce 2020 došlo k výraznému poklesu ztrát oproti roku předchozímu, a to z důvodu rozsáhlé rekonstrukce vodovodní sítě, která započala již roku 2019 a skončila v roce 2020.

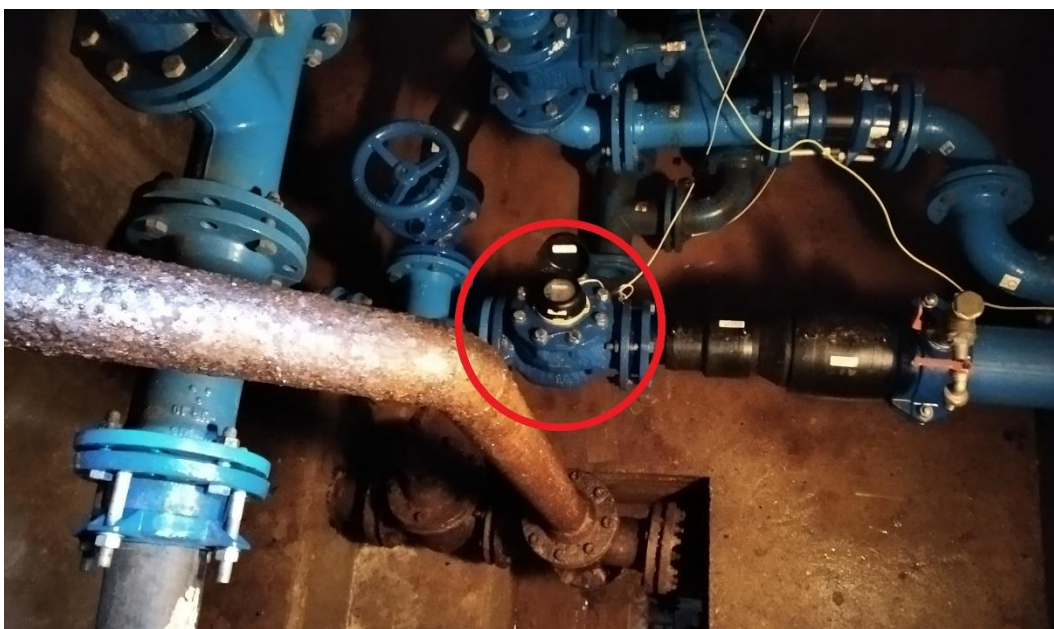
Stejně hodnoty vody k realizaci a vody fakturované byly použity i k hodnocení ztrát vody pomocí metody jednotkového úniku, viz Tab. 8. Celková délka rozvodné sítě je 5,225 km, jak již bylo uvedeno v kapitole 2.5 - Rozvodná síť v části C - Praktická část.

Tab. 8: Hodnocení ztrát vody metodou jednotkového úniku

Roky	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Voda k realizaci (tis. m ³)	15,92	15,86	15,98	15,93	17,05	16,76	15,48	13,97
Voda fakturovaná (tis. m ³)	14,68	14,61	14,69	14,48	15,22	14,90	14,94	13,46
Ztráty (tis. m ³)	1,24	1,25	1,29	1,45	1,83	1,86	0,54	0,51
Jednotkový únik JÚ (tis. m³.km⁻¹.rok⁻¹)	0,24	0,24	0,25	0,28	0,35	0,36	0,10	0,10

Z Tab. 7 i Tab. 8 je patrné, že ztráty vody ve vodovodní síti Rožmitál na Šumavě jsou velmi nízké. Dle hodnotících kritérií uvedených v kapitole 4 - Ztráty vody a jejich ukazatele v části C - Praktická část, se průměrné procentuální roční ztráty vody v celé ČR pohybují okolo hodnoty 15%, což je hodnota, ke které se ztráty vody ve vodovodní síti v Rožmitále na Šumavě ve většině zájmových let ani nepřibližují. Při vyhodnocení dle technického ukazatele TU zohledňujícího ztráty vody ve vodovodní síti by všechny roky kromě let 2018 a 2019 náležely do dílčí kategorie K1 (velmi dobrý stav). Zmíněné roky 2018 a 2019 pak při hodnocení procentuálních ztrát z vody nefakturované náleží do kategorie K2 (dobrý stav), dle jednotkového úniku však i tyto roky vyhoví kategorii K1.

Vzhledem ke stáří vodovodní sítě (celá provozovaná rozvodná síť do roku 2019 byla vybudována v 80. letech, 75% této sítě však bylo v letech 2019 a 2020 rekonstruováno, což způsobilo výrazný pokles ztrát uvedených v Tab. 7) však není pravděpodobné, že by hodnoty ztrát uvedené v Tab. 7 a Tab. 8 skutečně odpovídaly reálnému stavu sítě. Důvodem těchto velmi nízkých hodnot jak procentuálních ztrát, tak jednotkového úniku, je pravděpodobně nevhodně zvolený vodoměr na odtoku z vodojemu, který nedokáže s požadovanou přesností zachytit malé průtoky a vykazuje tedy nižší odběr vody z vodojemu, než je tomu ve skutečnosti. Jako možné řešení doporučuji provést výměnu stávajícího mechanického vodoměru zachyceného na Obr. 36 za magnetoindukční a důsledně dodržet správný návrh (profil, uklidňující délky apod.) pro zajištění co největší přesnosti měřícího zařízení.



Obr. 36: Mechanický vodoměr na odtoku z vodojemu

4 Vyhodnocení nerovnoměrnosti odtoku vody z vodojemu

Pro potřeby této práce byly dále provozovatelem obce Rožmitál na Šumavě, tedy společností PRVOK s.r.o., poskytnuty odtoky vody z vodojemu, a to pro měsíce leden a červenec za rok 2019 v časovém kroku 10 minut. Měsíce leden a červenec byly vybrány jako reprezentativní měsíce pro zimu a léto a rok 2019 jako zatím poslední rok, při kterém odběry vody z vodojemu probíhaly ve standardním režimu.

4.1 Denní nerovnoměrnost

Pro výpočet koeficientu denní nerovnoměrnosti byl nejprve stanoven maximální denní odtok vody z vodojemu jak pro leden, tak pro červenec a průměrný denní odtok vody z vodojemu za oba měsíce dohromady. S použitím rovnice 3.1 byly následně vypočteny hodnoty uvedené v Tab. 9.

Tab. 9: Součinitel denní nerovnoměrnosti k_d

Hodnota k_d za leden	Hodnota k_d za červenec	Průměrná hodnota k_d za oba měsíce
1,12	1,37	1,25

Z Tab. 9 je patrné, že koeficient denní nerovnoměrnosti za červenec je výrazně vyšší než za leden, což dokládá vyšší rozkolísanost odběrů vody v jednotlivých dnech v letním měsíci. Zároveň je součinitel denní nerovnoměrnosti jak pro leden, tak pro červenec nižší, než udává Směrnice č. 9/1973, tedy hodnota 1,5. Tato skutečnost dokladuje nižší rozkolísanost denních odtoků vody z vodojemu, než kterou Směrnice uvažuje. Pro výpočet výhledové denní potřeby vody pro vyhodnocení vydatnosti jednotlivých zdrojů pitné vody však bude použita hodnota součinitele denní nerovnoměrnosti k_h dle Směrnice č. 9/1973 ($k_h = 1,5$) pro zvýšení bezpečnosti výsledného výpočtu.

Následně byly jednotlivé průběhy denních odtoků vody z vodojemu pro leden i červenec vyneseny do grafu na Obr. 37 společně s průměrnými denními odtoky jak pro jednotlivé měsíce, tak pro oba měsíce společně. Z těchto průběhů pak byly vybrány

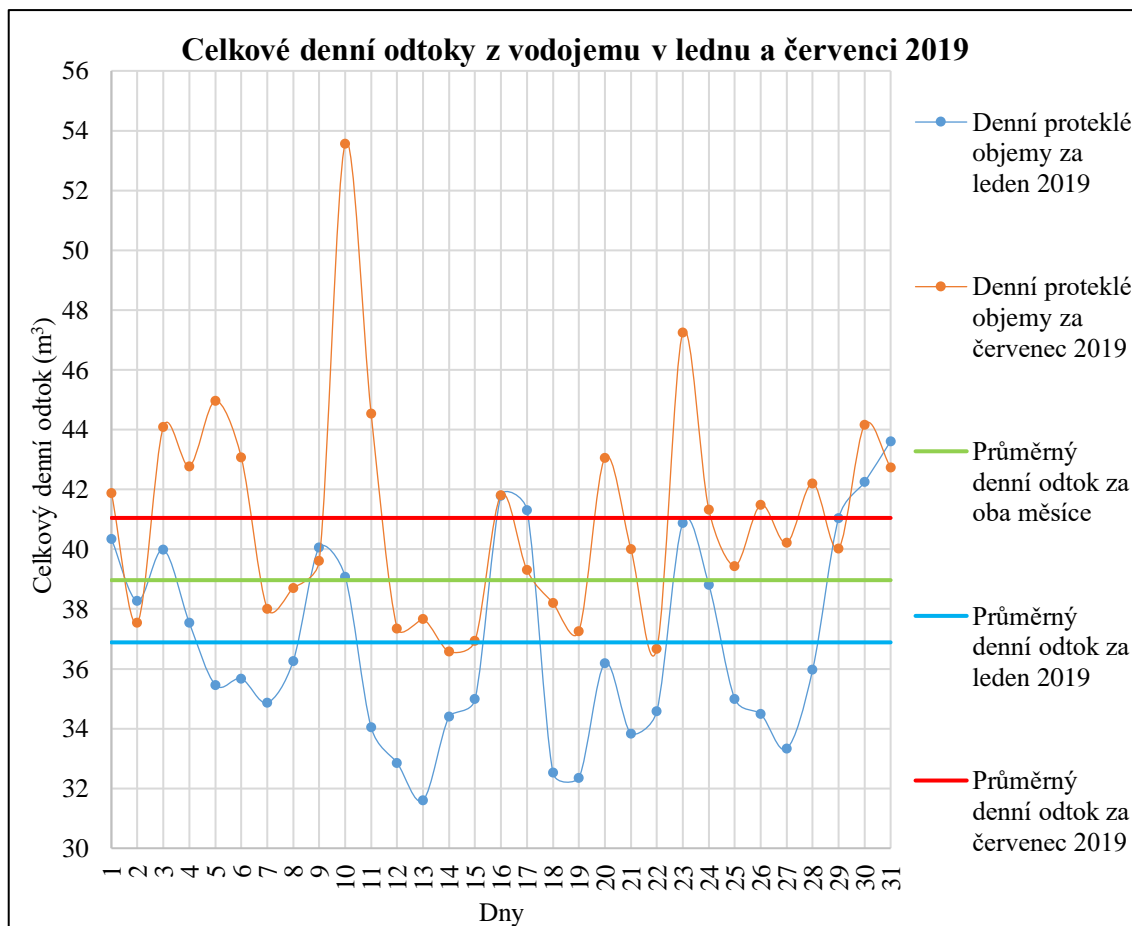
maximální a minimální proteklé objemy za jednotlivé dny v týdnu pro leden i červenec uvedené v Tab. 10 a 11.

Tab. 10: Maximální proteklé objemy za jednotlivé dny v m³

	Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek	Pátek	Sobota	Neděle
Leden 2019	35,98	41,05	42,25	43,61	37,54	35,47	36,19
Červenec 2019	41,89	47,25	53,56	44,54	44,96	43,07	42,20

Tab. 11: Minimální proteklé objemy za jednotlivé dny v m³

	Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek	Pátek	Sobota	Neděle
Leden 2019	33,83	34,58	38,27	38,82	32,53	32,35	31,61
Červenec 2019	36,68	37,54	39,31	38,20	37,27	37,66	36,58



Obr. 37: Graf celkových denních odtoků z vodojemu

Z grafu i Tab. 10 a 11 je patrné, že denní odteklé objemy z vodojemu za červenec jsou výrazně vyšší než za leden. Tato skutečnost je dána vyššími teplotami a s nimi souvisejícími vyššími odběry vody pro pití i závlahy. Tab. 10 a 11 dále ukazuje, že nejvíce odběrů vody z vodojemu se v obou měsících uskutečňuje uprostřed týdne – pro leden je to čtvrtek, pro červenec pak středa. Nejméně vody se pak z vodojemu odebírá o víkendu a v pondělí.

Graf na Obr. 37 dále vykazuje zřejmý nárůst odtoku vody z vodojemu dne 10.7.2019, který se výrazně odlišuje od ostatních odběrů v tomto měsíci. Pravděpodobným vysvětlením této anomálie je odběr vody pro napuštění cisterny pro napájení dobytka v zemědělství. Tyto odběry jsou nepravidelné a nelze tedy s jistotou určit jejich časový výskyt či četnost.

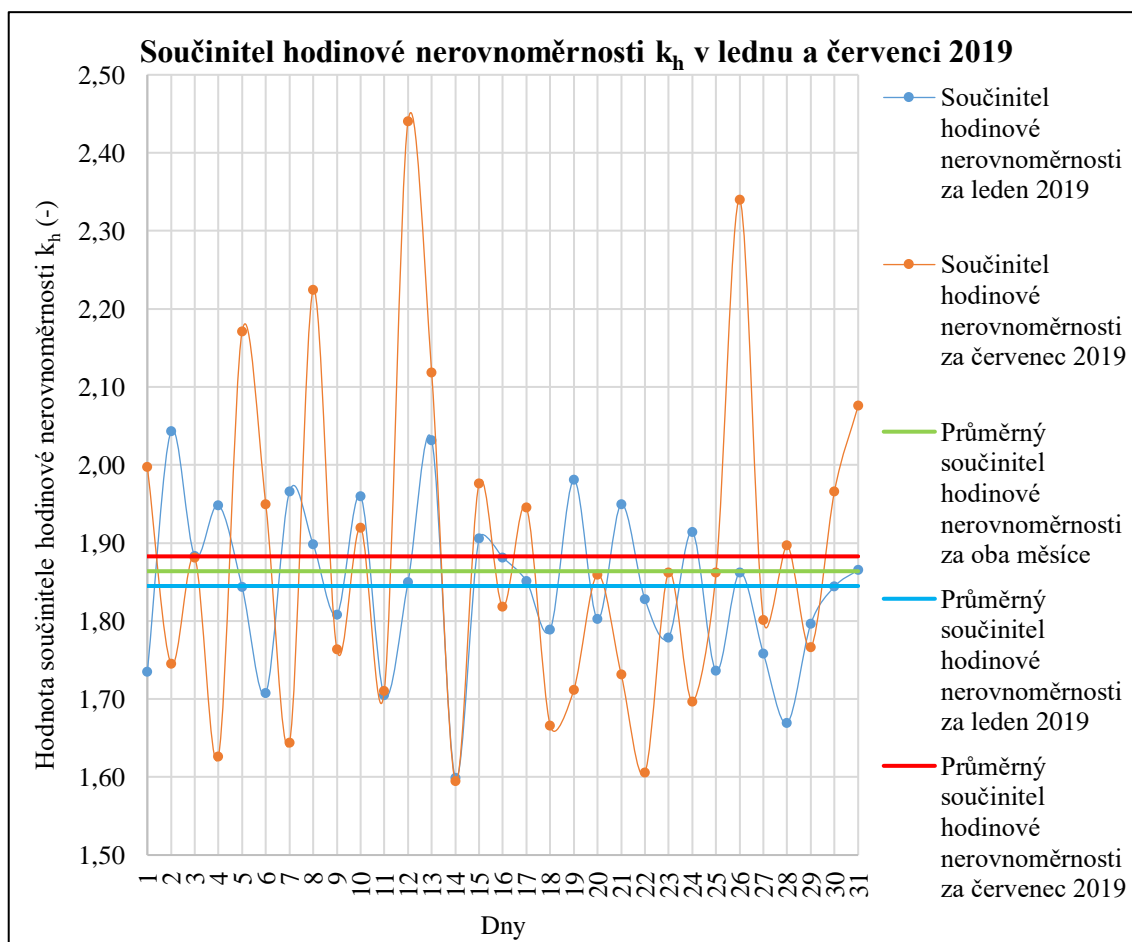
Ačkoliv lze určit jisté rozložení minimálních a maximálních odběrů vody v průběhu týdne, je možné obecně konstatovat, že v denních odteklých objemech z vodojemu neexistuje jasný trend.

4.2 Hodinová nerovnoměrnost

Pro výpočet koeficientu hodinové nerovnoměrnosti byl nejprve stanoven maximální hodinový odtok vody z vodojemu jak pro leden, tak pro červenec. S použitím rovnice 3.2 byly následně vypočteny hodnoty uvedené v grafu na Obr. 38. Dále byly vybrány maximální a minimální hodnoty součinitele hodinové nerovnoměrnosti pro leden i pro červenec a byly vypočteny průměrné hodnoty tohoto součinitele pro oba měsíce zvlášť i dohromady, které byly následně zanesené do téhož grafu. Jmenovité hodnoty jsou uvedené v Tab. 12.

Tab. 12: Hodnoty součinitele hodinové nerovnoměrnosti k_h

Maximum pro leden	Minimum pro leden	Maximum pro červenec	Minimum pro červenec	Průměr pro leden	Průměr pro červenec	Průměr pro oba měsíce
2,04	1,60	2,44	1,59	1,84	1,88	1,86

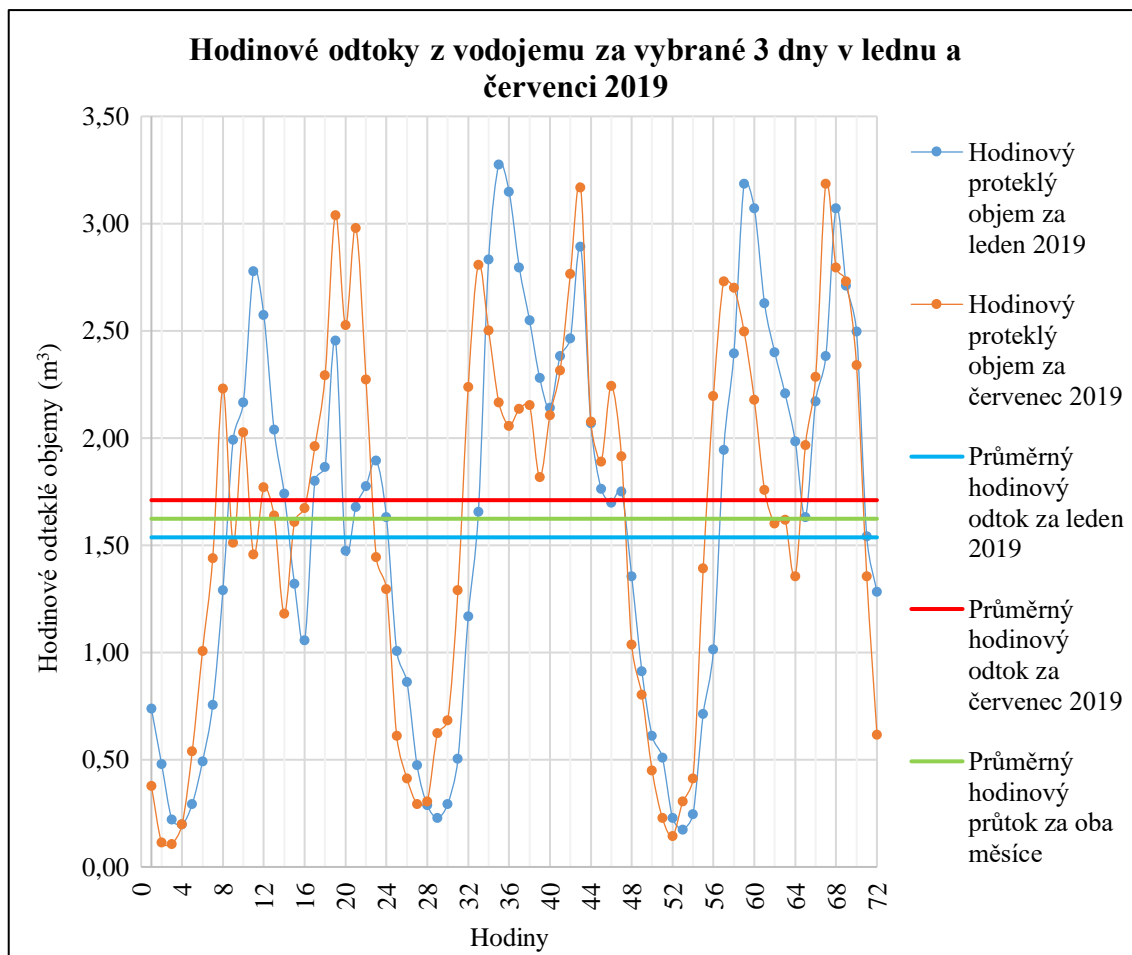


Obr. 38: Průběh součinitele hodinové nerovnoměrnosti k_h

Z Tab. 12 i z grafu je patrné, že koeficient hodinové nerovnoměrnosti je vyšší u července než u ledna, což opět dokládá vyšší rozkolísanost odběrů vody v jednotlivých hodinách v letním měsíci. Zároveň se součinitel pro leden i červenec pohybuje v oblasti hodnot určených Směrnicí č. 9/1973 (hodnoty 1,8 – 2,1). Jak bylo uvedeno v kapitole 3.2 - Maximální hodinová potřeba vody v části B – Teoretická část, pro menší obce s počtem obyvatel nižším než 2000 je též možné použít koeficient hodinové nerovnoměrnosti z přílohy A.7 ČSN EN 805 (hodnota okolo čísla 5), či z normy ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky (pro místní část obce Rožmitál na Šumavě hodnota 4,00 zjištěna lineární interpolací z čísel uvedených v Tab. 4). Z výsledků uvedených v Tab. 12 je patrné, že tyto doporučené hodnoty výrazně převyšují skutečnou rozkolísanost v obci.

Maximální hodnota koeficientu hodinové nerovnoměrnosti pro červenec je však vyšší, než udává Směrnice č. 9/1973. Při následném výpočtu by tedy bylo vhodné provést vyhodnocení koeficientu hodinové nerovnoměrnosti z širšího reprezentativního vzorku (minimálně několik let) a pro výpočet na straně bezpečnosti následně využít tu nejvyšší hodnotu koeficientu, která se v reprezentativním vzorku vyskytne.

Následně byly jednotlivé průběhy hodinových odtoků vody z vodojemu pro leden i červenec vyneseny do grafu společně s průměrnými hodinovými odtoky jak pro jednotlivé měsíce, tak pro oba měsíce společně. Pro přehlednost byly z tohoto grafu vybrány tři po sobě jdoucí dny, na kterých lze všechny vyskytující se jevy demonstrovat. Průběh hodinových průtoků a zároveň jejich průměrné hodnoty pro tyto tři dny jsou uvedeny na Obr. 39.



Obr. 39: Graf celkových hodinových odtoků z vodojemu pro vybrané 3 dny

Z Obr. 39 je patrné, že hodinové odtoklé objemy z vodojemu za červenec jsou vyšší než za leden. Tato skutečnost je opět dána pravděpodobně vyššími teplotami a s nimi souvisejícími vyššími odběry vody pro pití i závlahy. Graf též ukazuje skutečnost, že největší odběry se v lednu koncentrují okolo 11. hodiny dopolední, druhé největší pak okolo 18. – 20. hodiny večerní. Podobný trend je patrný i v červenci, kdy jsou však maximální odběry ve většině případů realizovány právě ve večerních hodinách okolo 19. hodiny a další vysoký nárůst odběrů je pak patrný okolo 8. – 9. hodiny ranní. Leden je čistě pracovní měsíc, ve kterém je v plném provozu mateřská i základní škola a zároveň jídelna, která je při vaření jídel příčinou vysokých odběrů právě okolo 11. hodiny dopolední. Vysoké odběry v červenci okolo 8. a 9. hodiny ranní naopak dokládají prázdninový režim života v obci této velikosti.

5 Výpočet stávající potřeby vody

V této kapitole je proveden výpočet potřeby vody pro současný stav, tedy aktuální počet obyvatel, bytový fond, počet objektů občanské vybavenosti, počet zaměstnanců pracujících ve službách a zemědělství apod.

5.1 Výpočet potřeby vody pro obyvatelstvo

Dle kapitoly 3.3 - Potřeba vody pro obyvatelstvo z části B – Teoretická část se výpočet potřeby vody pro tento sektor skládá ze dvou dílčích položek. Těmi je potřeba vody pro bytový fond a potřeba vody pro občanskou vybavenost.

5.1.1 Výpočet potřeby vody pro bytový fond

Jak již bylo uvedeno výše, v zájmové oblasti žije ke dni 1.1.2021 344 obyvatel napojených na vodovodní řad. Pro výpočet bylo uvažováno, že 75% obyvatel žije v rodinném domě, zbylých 25% pak v domě bytovém [42]. Pro jednu osobu žijící v bytě se při výpočtu v Tab. 13 využila potřeba vody dle přílohy č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. ve výši 35 m³/os./rok, pro osobu v rodinném domě pak 36 m³/os./rok, tedy údaj zvětšený o hodnotu 1 m³/os./rok spojenou s očištěnou okoli rodinného domu. Použitím rovnice 3.4 byla zjištěná celková potřeba vody pro bytový fond ve výši 12 298 m³/rok.

Tab. 13: Výpočet potřeby vody pro bytový fond

Roční potřeba vody na ob. v rod. domě (q_B)	36	m ³ /os./rok
Roční potřeba vody na ob. v bytovém domě (q_B)	35	m ³ /os./rok
Počet obyvatel žijících v rodinném domě	258	-
Počet obyvatel žijících v bytovém domě	86	-
Výsledná potřeba vody pro bytový fond (Q_B)	33,7	m ³ /den
Výsledná potřeba vody pro bytový fond (Q_B)	12 298	m³/rok

5.1.2 Výpočet potřeby vody pro občanskou vybavenost

V řešené místní části obce Rožmitál na Šumavě se nachází jedna základní a mateřská škola, jídelna, která současně slouží jako vývařovna pro důchodce, obchod Jednoty, Hostinec u Růže, pošta a jedno zdravotní středisko.

5.1.2.1 Základní škola

Základní škola Rožmitál na Šumavě je škola dvoutrídni se dvěma ročníky a jedním oddělením školní družiny [43]. V současné době navštěvuje ZŠ Rožmitál na Šumavě 10 žáků, kteří jsou vyučováni 3 učiteli [39]. Při výpočtu potřeby vody pro tento sektor v Tab. 14 byly opět využity hodnoty z přílohy č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. Výslednou potřebou vody pro základní školu je hodnota 65,0 m³/rok.

Tab. 14: Výpočet potřeby vody pro základní školu

Počet žáků i učitelů	13	-
WC a tekoucí teplá voda	5	m ³ /os./200 prac. dnů za rok
Celková potřeba vody	0,3	m ³ /den
Výsledná potřeba vody	65,0	m³/rok

5.1.2.2 Mateřská škola

Mateřskou školu Rožmitál na Šumavě v současné době navštěvuje 13 dětí, o které se starají 3 vychovatelé. Do počtu pracovníků pro mateřskou školu byl zahrnut i školník, který spravuje pozemky i vlastní objekt nejenom mateřské, ale i základní školy [39]. Pro zvýšení bezpečnosti výpočtu byl tedy školník započítán jako pracovník mateřské školy, náleží pro něj tedy dle přílohy č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. vyšší potřeba vody, než kdyby byl uvažován jako pracovník základní školy. Výslednou potřebou vody uvedenou v Tab. 15 pro mateřskou školu je hodnota 136,0 m³/rok.

Tab. 15: Výpočet potřeby vody pro mateřskou školu

Počet žáků i vychovatelů	17	-
WC a tekoucí teplá voda	8	m ³ /os./200 prac. dnů za rok
Celková potřeba vody	0,7	m ³ /den
Výsledná potřeba vody	136,0	m³/rok

5.1.2.3 Jídelna (vývařovna)

Součástí základní a mateřské školy je jídelna, která zároveň slouží i jako vývařovna pro důchodce a pracuje zde pouze jeden zaměstnanec. Denní kapacita jídelny je 54 strážníků [39]. Při výpočtu potřeby vody v Tab. 16 byly opět využity hodnoty z přílohy č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. Výslednou potřebou vody pro jídelnu je hodnota 432,0 m³/rok.

Tab. 16: Výpočet potřeby vody pro jídelnu

Počet zaměstnanců	1	-
Počet strážníků	53	-
Počet strážníků a zaměstnanců	54	-
Vaření jídla, mytí nádobí, vybavení WC, umyvadla	8	m ³ /strážníka/pracovníka/směna za rok
Počet směn za rok	200	-
Celková potřeba vody	2,2	m ³ /den
Výsledná potřeba vody	432,0	m³/rok

5.1.2.4 Obchod Jednoty

V místní části obce Rožmitál na Šumavě se nachází jeden obchod Jednoty. V tomto obchodě pracuje pouze jeden zaměstnanec [39]. Při výpočtu potřeby vody v Tab. 17 pro tento sektor byly opět využity hodnoty z přílohy č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. a to pro prodejny s čistým provozem. Výslednou potřebou vody pro obchod Jednoty je hodnota 18,0 m³/rok.

Tab. 17: Výpočet potřeby vody pro obchod Jednoty

Počet zaměstnanců	1	-
WC, umyvadla a tekoucí teplá voda	18	m ³ /os./směna/rok
Délka směny v pondělí	8	h
Délka směny v úterý	8	h
Délka směny ve středu	4,5	h
Délka směny ve čtvrtek	8	h
Délka směny v pátek	8	h
Délka směny v sobotu	2,5	h
Počet směn za rok	260	-
Celková potřeba vody	0,1	m ³ /den
Výsledná potřeba vody	18,0	m³/rok

5.1.2.5 Pohostinství (Hostinec u Růže)

V zájmové oblasti se dále nachází Hostinec u Růže. V Hostinci u Růže pracují celkem 2 zaměstnanci v 6-ti hodinových směnách od úterý do neděle [39]. Při výpočtu potřeby

vody v Tab. 18 pro tento sektor byly opět využity hodnoty z přílohy č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. Výslednou potřebou vody pro pohostinství je hodnota 165,0 m³/rok.

Tab. 18: Výpočet potřeby vody pro pohostinství

Počet zaměstnanců	2	-
Výčep, podávání studených jídel a teplých jídel	80	m ³ /os./směna/rok
Mytí skla bez trvalého průtoku nebo myčka skla za jednu směnu	60	m ³ /směna/rok
Délka směny v úterý	6	h
Délka směny ve středu	6	h
Délka směny ve čtvrtek	6	h
Délka směny v pátek	6	h
Délka směny v sobotu	6	h
Délka směny v neděli	6	h
Počet směn za rok	312	-
Celková potřeba vody	0,5	m ³ /den
Výsledná potřeba vody	165,0	m³/rok

5.1.2.6 Pošta

V místní části obce Rožmitál na Šumavě se dále nachází jedna pošta, ve které pracuje pouze jeden zaměstnanec [39]. Při výpočtu potřeby vody v Tab. 19 byly opět využity hodnoty z přílohy č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. a to jmenovitě pro kancelářské budovy. Výslednou potřebou vody pro poštu je hodnota 14,0 m³/rok.

Tab. 19: Výpočet potřeby vody pro poštu

Počet zaměstnanců	1	-
WC, umyvadla a tekoucí teplá voda	14	m ³ /os./250 prac. dnů za rok
Celková potřeba vody	0,1	m ³ /den
Výsledná potřeba vody	14,0	m³/rok

5.1.2.7 Zdravotní středisko

V zájmové oblasti se nachází jedno zdravotní středisko. To je otevřeno pouze 2,5 hodiny každé sudé pondělí a ordinuje zde jen jeden lékař [39]. Při výpočtu potřeby

vody v Tab. 20 byly využity hodnoty z přílohy č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb. Výslednou potřebou vody pro zdravotní středisko je hodnota 5,6 m³/rok.

Tab. 20: Výpočet potřeby vody pro zdravotní středisko

Počet zaměstnanců	1	-
Ordinace – na jednoho pracovníka	18	m ³ /os. v denním průměru za rok
Délka směny v pondělí v sudý týden	2,5	h
Počet pracovních dní v roce	260	-
Celková potřeba vody	0,02	m ³ /den
Výsledná potřeba vody	5,6	m³/rok

Pro zjištění celkové potřeby vody pro občanskou vybavenost (Q_{OV}) byly sečteny všechny dílčí potřeby z kapitol 5.1.2.1 až 5.1.2.7 části C – Praktická část, viz Tab. 21.

Tab. 21: Celková potřeba vody pro občanskou vybavenost

Potřeba vody pro občanskou vybavenost (Q_{OV})	4	m ³ /den
Celková potřeba vody pro občanskou vybavenost (Q_{OV})	836	m³/rok

Celková potřeba vody pro obyvatelstvo (Q_O) uvedená v Tab. 22 se vypočte dle rovnice 3.3, je to tedy součet potřeby vody pro bytový fond (Q_B) a pro občanskou vybavenost (Q_{OV}). Výslednou celkovou potřebou vody pro obyvatelstvo je hodnota 13 134 m³/rok.

Tab. 22: Celková potřeba vody pro obyvatelstvo

Potřeba vody pro bytový fond (Q_B)	12 298	m ³ /rok
Potřeba vody pro občanskou vybavenost (Q_{OV})	836	m ³ /rok
Celková potřeba vody pro obyvatelstvo (Q_O)	13 134	m³/rok

5.2 Výpočet potřeby vody pro zemědělství

Dle kapitoly 3.5 - Potřeba vody pro zemědělství z části B – Teoretická část se výpočet potřeby vody pro tento sektor skládá ze dvou dílčích položek. Těmi je potřeba vody pro živočišnou výrobu a potřeba vody pro pracovníky v zemědělství.

5.2.1 Výpočet potřeby vody pro živočišnou výrobu

V místní části obce Rožmitál na Šumavě se nachází jedno zemědělské družstvo, které v současné době vlastní 276 kusů dobytka. Tento dobytek je celoročně na pastvě, kde je napájen dle informací provozovatele povětšinou z Močeradského potoka. Výjimkou je jeden měsíc v roce (30 dní), kdy je celkem 30 kusů jalovic a 20 kusů býků ustájeno v kravíně pro následný prodej [39]. Při výpočtu potřeby vody v Tab. 23 byly využity hodnoty z přílohy č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb., kdy bylo uvažováno, že jalovice má stejnou roční potřebu vody jako tele. Výslednou celkovou potřebou vody pro živočišnou výrobu je hodnota 44,4 m³/rok.

Tab. 23: Výpočet potřeby vody pro zemědělskou živočišnou výrobu

Počet jalovic	30	ks
Počet býků	20	ks
Potřeba vody pro zemědělskou živ. potřebu pro tele (q_{hz})	6	m ³ /ks/rok
Potřeba vody pro zemědělskou živ. potřebu pro býka (q_{hz})	18	m ³ /ks/rok
Celková potřeba vody pro zemědělskou živ. výrobu (Q_{hz})	1,5	m ³ /den
Doba ustájení 50 ks dobytka	30	dní
Výsledná potřeba vody pro zemědělskou živ. výrobu (Q_{hz})	44,4	m³/rok

5.2.2 Výpočet potřeby vody pro pracovníky v zemědělství

V zemědělském družstvu pracuje v současné době 9 zaměstnanců. 5 z nich jsou stájnici a jeden je zootechnik. U těchto 6 pracovníků bylo uvažováno, že pracují denně 8 hodin ve špinavém provozu. Mezi zbylé 3 pracovníky patří 2 účetní a jeden jednatel, u nich byla uvažována pracovní doba 8 hodin po dobu 260 dní v roce, a to pouze v čistém provozu [39].

Tab. 24: Výpočet potřeby vody pro pracovníky v zemědělství ve špinavém provozu

Délka směny	8	hodin
Specifická potřeba vody u špinavého provozu	120	l/os./směna
Pití	5	l/os./směna
Celková potřeba vody ve špinavém provozu	125	l/os./směna
Počet směn v roce	365	-
Počet pracovníků v zemědělství ve špinavém provozu ($PP_{zem.}$)	6	-
Výsledná potřeba vody ve špinavém provozu	273,8	m³/rok

Výslednou potřebou vody pro pracovníky v zemědělství ve špinavém provozu uvedenou v Tab. 24 je hodnota 273,8 m³/rok.

Tab. 25: Výpočet potřeby vody pro pracovníky v zemědělství v čistém provozu

Délka směny	8	hodin
Specifická potřeba vody u čistého provozu	50	l/os./směna
Pití	5	l/os./směna
Celková potřeba vody v čistém provozu	55	l/os./směna
Počet směn v roce	260	
Počet pracovníků v zemědělství v čistém provozu ($PP_{zem.}$)	3	-
Výsledná potřeba vody v čistém provozu	42,9	m³/rok

Výslednou potřebou vody pro pracovníky v zemědělství v čistém provozu uvedenou v Tab. 25 je hodnota 42,9 m³/rok.

Tab. 26: Výpočet potřeby vody pro pracovníky v zemědělství

Výsledná potřeba vody ve špinavém provozu	273,8	m ³ /rok
Výsledná potřeba vody v čistém provozu	42,9	m ³ /rok
Výsledná celková potřeba vody pro pracovníky v zemědělství	316,7	m³/rok

Výslednou celkovou potřebou vody pro pracovníky v zemědělství uvedenou v Tab. 26 je hodnota 316,7 m³/rok.

Tab. 27: Výpočet potřeby vody pro zemědělství

Výsledná potřeba vody pro zemědělskou živ. výrobu (Q_{hz})	44,4	m^3/rok
Výsledná celková potřeba vody pro pracovníky v zemědělství	316,7	m^3/rok
Výsledná celková potřeba vody pro zemědělství	361,1	m^3/rok

Výslednou celkovou potřebou vody pro zemědělství uvedenou v Tab. 27 je hodnota 361,1 m^3/rok .

6 Porovnání vypočtených hodnot současné potřeby vody a vody skutečně fakturované

Pro srovnání vypočtených hodnot a hodnot skutečných je nejprve třeba provést shrnutí dat, viz Tab. 28.

Tab. 28: Souhrn vypočtených hodnot potřeb vody

Vypočtená potřeba vody pro bytový fond (Q_B)	12 298	m ³ /rok
Vypočtená potřeba vody pro občanskou vybavenost (Q_{OV})	836	m ³ /rok
Vypočtená potřeba vody pro zemědělství	361	m ³ /rok

Skutečné hodnoty odběrů pro bytový fond, občanskou vybavenost a zemědělství pro rok 2021 byly poptány u provozovatele obce Rožmitál na Šumavě, tedy u společnosti PRVOK s.r.o., viz. Tab. 29.

Tab. 29: Skutečné hodnoty odběrů pro jednotlivé sektory za rok 2021 [39]

Skutečné odběry vody pro bytový fond (Q_B)	11 525	m ³ /rok
Skutečné odběry vody pro občanskou vybavenost (Q_{OV})	599	m ³ /rok
Skutečné odběry vody pro zemědělství	1 331	m ³ /rok

Při srovnání vypočtených hodnot a skutečných odběrů je patrné, že vypočtené potřeby vody pro bytový fond a pro občanskou vybavenost přesahují hodnoty skutečných odběrů. Vypočtené hodnoty tedy udávají určitý převis potřeby vody nad skutečným stavem, výsledky jsou tedy na straně bezpečnosti a stejný postup výpočtu bude možné použít i pro výpočet výhledové potřeby vody.

Srovná-li se však vypočtená potřeba a skutečný odběr vody pro zemědělství, je zřejmé, že reálná hodnota odběru je výrazně vyšší než hodnota vypočtená, a to téměř čtyřikrát. Důvodem mohou být různé skutečnosti, např. úniky vody za vodoměrem u zemědělského družstva, ustájení většího počtu dobytka či ustájení dobytka po delší časový úsek, než bylo sděleno apod. Nejpravděpodobněji však zemědělské družstvo nepravidelně odebírá pitnou vodu z vodovodního řadu pro naplnění cisterny pro napájení dobytka na pastvě.

7 Výpočet výhledové potřeby vody

Současně platný územní plán obce Rožmitál na Šumavě vypracovaný v roce 2016 uvažuje s výhledovým nárůstem počtu obyvatel o 81 osob žijících v rodinných domech (potřeba vody 36 m³/os./rok) a počtu zaměstnanců ve službách o 15 osob (potřeba vody 18 m³/os./rok). S rozšířením zemědělského družstva se nepočítá [44].

7.1 Výpočet výhledové potřeby vody pro bytový fond

Tab. 13 z kapitoly 5.1.1 - Výpočet potřeby vody pro bytový fond bude pro výhledový stav doplněna o 81 obyvatel žijících v rodinném domě. Postup výpočtu výhledové potřeby vody bude shodný s postupem výpočtu potřeby vody současné a je uveden v Tab. 30.

Tab. 30: Výpočet výhledové potřeby vody pro bytový fond

Roční potřeba vody na obyv. v rod. domě (q_B)	36	m ³ /os./rok
Roční potřeba vody na oby. v bytovém domě (q_B)	35	m ³ /os./rok
Současná potřeba vody pro bytový fond (Q_B)	33,7	m ³ /den
Současná potřeba vody pro bytový fond (Q_B)	12 298	m³/rok
Nárůst počtu obyvatel žijících v rod. domě	81	-
Výhledový počet obyvatel žijících v rod. domě	339	-
Nárůst potřeby vody pro bytový fond (Q_B)	2 916	m³/rok
Výsl. výhled. potřeba vody pro byt. fond (Q_B)	15 214	m³/rok

7.2 Výpočet potřeby vody pro občanskou vybavenost

Jak již bylo uvedeno výše, ve výhledu se uvažuje s nárůstem pracovníků pro občanskou vybavenost o 15 osob s potřebou vody 18 m³/os./rok. Celkový výpočet současné potřeby vody bude tedy doplněn dle Tab. 31.

Tab. 31: Výpočet výhledové potřeby vody pro občanskou vybavenost

Nárůst počtu zaměstnanců	15	-
Potřeba vody pro zaměstnance	18	m ³ /os./rok
Současná potřeba vody pro občanskou vybavenost (Q_{ov})	836	m³/rok
Nárůst potřeby vody pro občanskou vybavenost (Q_{ov})	270	m³/rok
Výsl. výhl. potřeba vody pro občanskou vybavenost (Q_{ov})	1 106	m³/rok

7.3 Výsledná výhledová potřeba vody

V případě potřeby vody pro zemědělství územní plán neuvažuje s žádným výhledovým nárůstem, proto byly do konečného výpočtu převzaty skutečně fakturované hodnoty dodané provozovatelem, jež byly následně zvětšeny o 10% s ohledem na bezpečnost. Výsledná výhledová potřeba vody pro část obce Rožmitál na Šumavě je uvedena v Tab. 32, ve které je zároveň proveden výpočet průměrné a maximální denní potřeby s použitím rovnice 3.1.

Tab. 32: Výsledná výhledová potřeba a výpočet maximální hodinové potřeby vody

Výhledová potřeba vody pro bytový fond (Q_B)	15 214	m ³ /rok
Výhledová potřeba vody pro obč. vyb. (Q_{ov})	1 106	m ³ /rok
Výhledová potřeba vody pro zemědělství	1 464	m ³ /rok
Celková výhledová potřeba vody	17 784	m³/rok
Průměrná výhledová denní potřeba vody (Q_{pd})	48 723	l/den
Koeficient denní nerovnoměrnosti (k_d)	1,5	-
Maximální výhledová denní potřeba vody ($Q_{d,max}$)	73 084	l/den
Maximální výh. denní potřeba vody ($Q_{d,max}$)	0,85	l/s

8 Posouzení vydatnosti zdrojů

Jak již bylo uvedeno výše, místní část obce Rožmitál na Šumavě je zásobena vodou z prameniště Třešňovice, ve kterém se nachází celkem 7 studní, z nichž v současné době pro zásobování slouží pouze 6 s celkovou vydatností 0,4 - 1,5 l/s. Dalším zdrojem vody je pak Močeradský potok, z kterého je voda dopravována do úpravny vody s celkovou kapacitou 1,04 l/s. V roce 2015 byly realizovány dva hydrogeologické vrty o celkové kapacitě 1,15 l/s, jejichž cílem je kompletně nahradit povrchový zdroj pitné vody – Močeradský potok.

Pro konstatování, zda bude možné tento záměr provést, je nutné porovnat vydatnosti jednotlivých současných a výhledových zdrojů s maximální výhledovou denní potřebou vody. K této výhledové potřebě byly připočteny ztráty vody ve výši 15% s ohledem na bezpečnost, ačkoliv dle Tab. 7 hodnoty těchto ztrát neodpovídají. Tato skutečnost je již diskutována v kapitole 3 - Ztráty vody ve vodovodní síti části obce Rožmitál na Šumavě části C - Praktická část. Porovnání je provedeno v Tab. 33.

Tab. 33: Porovnání vydatnosti jednotlivých zdrojů s výhledovou potřebou vody

Maximální výhl. denní potřeba vody s uvažováním ztrát 15%	0,97	l/s
Kapacita úpravny vody z Močeradského potoka	1,04	l/s
Kapacita prameniště Třešňovice	0,4	l/s
Kapacita hydrogeologického vrtu HR-1	0,3	l/s
Kapacita hydrogeologického vrtu HR-2	0,85	l/s

Z tabulky výše je patrné, že kapacita prameniště Třešňovice a obou nově zbudovaných hydrogeologických vrtů bezpečně pokryje celou výhledovou potřebu vody tak, že bude možné odběr pitné vody z Močeradského potoka zrušit. Z tabulky dále vyplývá, že nyní existují tři varianty možného řešení zásobování místní části obce Rožmitál na Šumavě pitnou vodou.

Varianta č. 1 uvažuje s napojením obou vrtů k distribuční síti se současným zachováním prameniště jako zdroje pitné vody. Výsledná kapacita zdrojů pak bude 1,55 l/s.

Varianta č. 2 umožňuje napojení pouze jednoho vrtu (HR-2) k distribuční síti se současným zachováním prameniště Třešňovice jako druhého zdroje pitné vody. Výsledná kapacita zdrojů pak bude 1,25 l/s.

Ve variantě č. 3 pak dojde k napojení obou hydrogeologických vrtů, zároveň se však zruší odběr pitné vody z prameniště Třešňovice. Výsledná kapacita zdrojů pak bude 1,15 l/s.

V současné době je nejvýhodnějším řešením varianta č. 2 s ohledem na nižší náklady na výrobu 1 m³ vody. Voda z prameniště Třešňovice je dopravována do vodojemu na rozdíl od vody jímané hydrogeologickými vrty gravitačně a zároveň je upravována pouze zvyšováním jejího pH. Při volbě varianty č. 2 však současně doporučuji navrhnout takovou novou úpravnu vody, která by následně kapacitně umožnila i napojení hydrogeologického vrtu HR-1 na síť. Do budoucna dále navrhuji provést podrobnou ekonomickou analýzu pro porovnání varianty č. 2 a č. 3 včetně posouzení stávajícího technického stavu prameniště Třešňovice a jeho přírodního řadu. Dále je vhodné posoudit případnou rekonstrukci tohoto řadu a prameniště jak z investičních, tak provozních hledisek s ohledem na současnou rozkolísanost a spolehlivost z hlediska vydatnosti tohoto zdroje. Jako výhoda varianty č. 3 je uvedena zabezpečená kvalita veškeré jímané vody prostřednictvím nové úpravy vody, spolehlivá vydatnost, stejné chemické složení vody a lepší přístupnost vrtů z hlediska údržby v porovnání se studnami v prameništi Třešňovice. Nevýhodou jsou však vyšší náklady na výrobu vody, závislost jímání na dodávce elektrické energie, produkce odpadních vod z úpravy vody a vyšší nároky na kvalifikaci obsluhy. Co se týče varianty č. 1, je toto řešení prozatím zbytečně kapacitně předimenzované a bude vhodné ho provést až ve vzdálenější budoucnosti.

9 Závěr

Tato bakalářská práce je svým obsahem zaměřena na problematiku zásobování konkrétní obce pitnou vodou. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se zabývá obecným popisem vodárenských soustav, prvků vodárenského systému, výpočtem potřeby vody a ztrátami vody a jejich vyhodnocením.

V praktické části práce je pak uveden popis řešené místní části obce Rožmitál na Šumavě a jeho současný systém zásobování pitnou vodou. Dále je proveden výpočet a vyhodnocení ztrát vody ve vodovodní síti za období let 2014-2021 se závěrem, že výsledné hodnoty ztrát vody jsou příliš nízké na to, aby odpovídaly reálnému stavu. Důvodem těchto velmi malých hodnot je pravděpodobně nevhodně zvolený vodoměr na odtoku z vodojemu, který nedokáže s požadovanou přesností zachytit malé průtoky a vykazuje tedy nižší odběr vody z vodojemu, než je tomu ve skutečnosti. Jako řešení doporučuji provést výměnu stávajícího vodoměru za magnetoindukční a důsledně dodržet správný návrh (profil, uklidňující délky apod.) pro zajištění co největší přesnosti měřícího zařízení.

Práce se dále zabývá porovnáním denní a hodinové nerovnoměrnosti odtoku vody z vodojemu za zvolené měsíce leden a červenec v roce 2019. Dva měsíce jsou však nereprezentativní vzorek, pro přesné hodnoty by tedy bylo vhodné provést vyhodnocení z časového úseku nejméně několika let. Data v tomto rozsahu však nebyla provozovatelem poskytnuta. Výsledné hodnoty tedy nejsou směrodatné, je nutné je uvažovat pouze jako orientační. U denního odtoku vody z vodojemu nebyl nalezen žádný jasný trend ani pro jeden z vyhodnocených měsíců. Zároveň vyšel koeficient denní nerovnoměrnosti nižší, než je hodnota udávána Směrnicí č. 9/1973, pro další výpočty se tedy dále užívá číslo uvedené ve Směrnici. Při vyhodnocení hodinových odtoků vody z vodojemu jsem již našla určitou pravidelnost v maximálních odběrech jak pro leden, tak pro červenec. Největší odběry v lednu se koncentrují okolo 11. hodiny dopolední, pro červenec pak okolo 19. hodiny večerní. Leden je čistě pracovní měsíc, ve kterém je v plném provozu mateřská i základní škola a zároveň jídelna, která je při vaření jídel příčinou vysokých odběrů právě okolo 11. hodiny dopolední. Vysoké odběry v červenci okolo 8. a 9. hodiny ranní naopak dokládají prázdninový režim života v obci této velikosti.

Následně je v praktické části práce proveden výpočet současné potřeby vody, který je pak porovnán se skutečným fakturovaným stavem. Dle výsledků mohu konstatovat, že vypočtené potřeby vody pro bytový fond a pro občanskou vybavenost přesahují hodnoty skutečných odběrů a jsou tedy na straně bezpečnosti. U potřeby vody pro zemědělství je však zřejmé, že reálná hodnota odběru je výrazně vyšší než hodnota vypočtená. Důvod této nepřesnosti je nejpravděpodobněji nepravidelný odběr pitné vody z vodovodního řadu pro naplnění cisterny pro napájení dobytka na pastvě.

V závislosti na výsledcích výpočtu současné potřeby vody je dále realizován výpočet výhledové potřeby vody. Výsledky tohoto výpočtu jsem pak porovnávala s kapacitou podzemních zdrojů pitné vody v prameništi Třešňovice a nově provedených hydrogeologických vrtů a následně jsem navrhla 3 možné varianty dalšího řešení zásobování obce Rožmitál na Šumavě pitnou vodou. V těchto variantách již neuvažuji Močeradský potok jako možný zdroj pitné vody z důvodu jeho většího znečištění a s tím související náročnější úpravy vody v porovnání s podzemními zdroji. Zároveň je pro tento zdroj s ohledem na okolní pastviny obtížné zabezpečit ochranné pásmo II. řádu, což u podzemních zdrojů pitné vody problém není.

Varianta č. 1 uvažuje s využitím obou nových vrtů a zároveň se zachováním prameniště jako zdroje pitné vody.

Varianta č. 2 pak umožňuje napojení pouze jednoho vrtu (HR-2) k distribuční síti se současným zachováním prameniště Třešňovice jako druhého zdroje pitné vody.

Ve variantě č. 3 pak dojde k napojení obou hydrogeologických vrtů, zároveň se však zruší odběr pitné vody z prameniště Třešňovice.

Na závěr bakalářské práce jsem doporučila pro následné zásobování obce Rožmitál na Šumavě využít variantu řešení č. 2 s ohledem na nižší náklady na výrobu 1 m³ vody. Doporučeno však bylo do budoucna zároveň provést podrobnou ekonomickou analýzu pro porovnání varianty č. 2 a č. 3 (hlavní výhodou varianty č. 3 oproti variantě č. 2 je zabezpečená kvalita veškeré jímáné vody a spolehlivá vydatnost, nevýhodou jsou však především vyšší náklady na výrobu vody a závislost jímání na dodávce elektrické energie) a znovu vyhodnotit, zda je varianta č. 2 tím nejlepším řešením pro dlouhodobé budoucí zásobování obce.

Obecně lze tedy říci, že současný stav vodárenského systému v řešené obci je z hlediska ztrát vody uspokojivý. S ohledem na místní šetření je však patrné, že jak jednotlivé objekty, tak i samotná síť budou do budoucna vyžadovat nemalé investice pro zlepšení jejich technického stavu. Jelikož se v současnosti dle výsledků výpočtu výhledové potřeby vody a vydatnosti zdrojů není třeba obávat nedostatku vody, je vhodné již uvažovat nad vytvořením návrhů obnovy vodárenského systému a podrobně naplánovat požadované akce na jednotlivé roky v závislosti na rozpočtu obce Rožmitál na Šumavě.

Použité zdroje:

Veškeré fotografie použité v praktické části této bakalářské práci jsou pořízeny zpracovatelem, není-li uvedeno jinak.

- [1] NOVÁK, Josef. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy: Medim, c2003. ISBN 80-238-9946-5.
- [2] TESAŘÍK, I. a kol. *Vodárenství*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987.
- [3] ŠTÍCHA, V., A. G. CUREV a kol. *Vodárenství Zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1969
- [4] 428/2001 Sb. Vyhláška, kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 2022-02-12]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428>>
- [5] ROTH, J. a P. KROUPA. *Vodárenství I*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1970
- [6] 274/2001 Sb. Zákon o vodovodech a kanalizacích. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>>
- [7] SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK. *Vodní hospodářství obcí 1: úprava a čištění vody*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03534-4.
- [8] GRÜNWARD, Alexander. *Vodárenství*. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998. Technická knihnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-902460-7-9.
- [9] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. *Příručka provozovatele úpravny pitné vody*. Líbeznice: Medim, c2005. ISBN 80-239-4565-3.
- [10] ČSN 75 0150. *Vodní hospodářství – Terminologie vodárenství*. Praha: Český normalizační institut, 2008, 48 s. Třídící znak 75 0150

- [11] 254/2001 Sb. Vodní zákon. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z:
<<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254#cast1>>
- [12] ČSN EN 805. *Vodárenství – Požadavky na vnější sítě a jejich součásti*. Praha: Český normalizační institut, 2001, 56 s. Třídící znak 75 5011
- [13] ČSN 75 5301. *Vodárenské čerpací stanice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 12 s. Třídící znak 75 5301
- [14] CHALUPA, Myslibor. *Provozování úpraven vody*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1984
- [15] 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 2022-02-11]. Dostupné z:
<<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>>
- [16] ČSN 75 5355. *Vodojemy*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2021, 24 s. Třídící znak 75 5355
- [17] ČSN EN 1508. *Vodárenství – Požadavky na systémy a součásti pro akumulaci vody*. Praha: Český normalizační institut, 2000, 28 s. Třídící znak 75 5356
- [18] ČSN 73 0873. *Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou*. Praha: Český normalizační institut, 2003, 32 s. Třídící znak 73 0873
- [19] KURKA, Josef a František ŠTOLBA. *Provoz a údržba vodovodních zařízení*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1973
- [20] ČSN 75 5401. *Navrhování vodovodního potrubí*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2020, 16 s. Třídící znak 75 5401
- [21] 14.Akumulace vody – vodojemy. *Zásobování vodou. Učební texty VŠB-TU Ostrava* [online]. Copyright © Zásobování vodou VŠB-Ostrava 2022 [cit. 2022-02-12]. Dostupné z:
<<http://zasobovanivodou.vsb.cz/index.php/osnova-prednasek/14-akumulace-vody-vodojemy>>

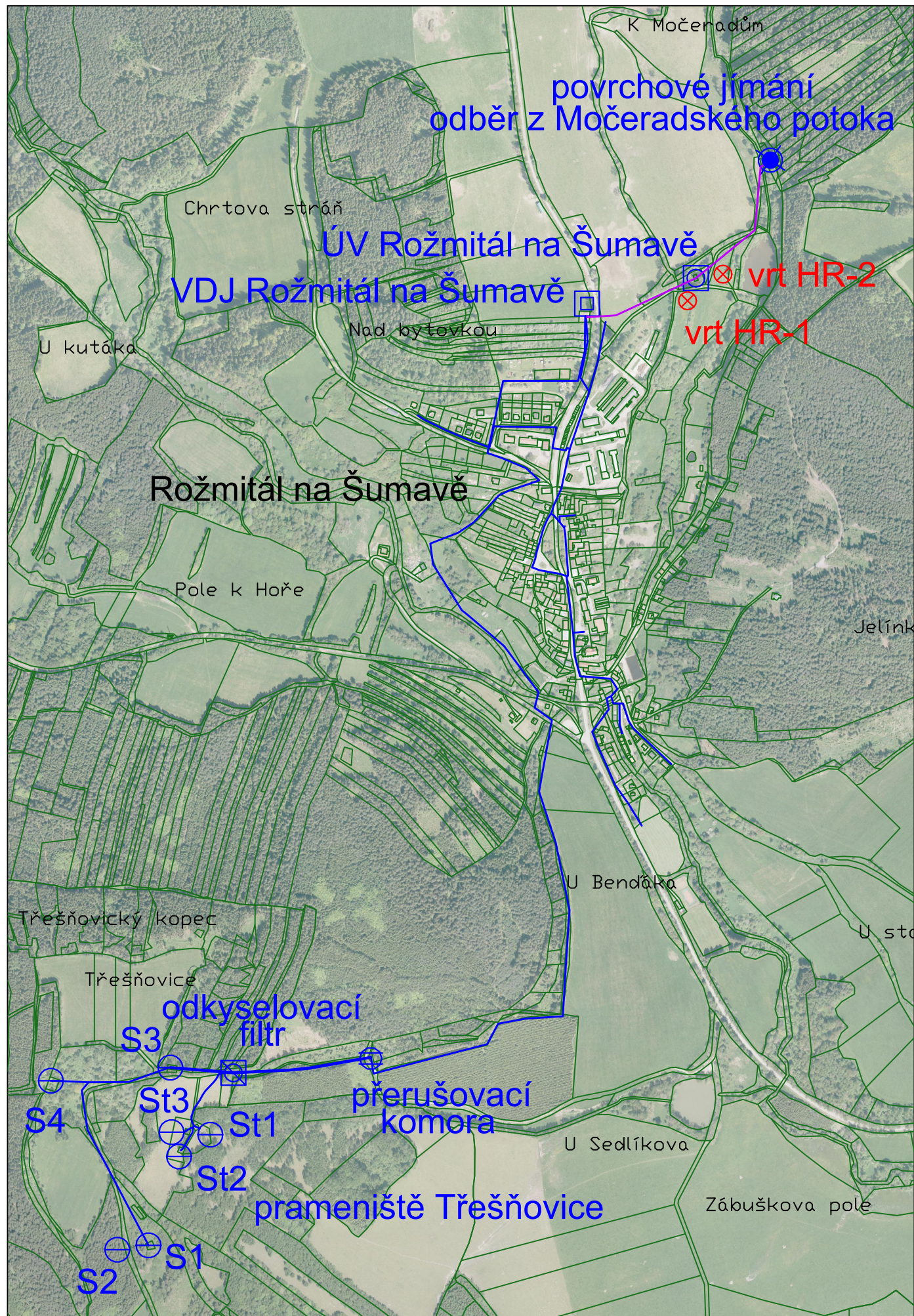
- [22] DLOUHÝ, B. a kol., J. PLASGURA a kol. V. RYŠLINK a kol., F. ROTH *Vodárenství III. Provoz a údržba vodovodních sítí*. Praha: MZLVH, 1962
- [23] 409/2005 Sb. Vyhláška o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z:
<<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-409>>
- [24] ČSN 13 0010. *Potrubí a armatury. Jmenovité tlaky a pracovní přetlaky*. Praha: Vydavatelství norem, 1990, 24 s. Třídící znak 13 0010
- [25] ČSN 73 6005. *Prostorové uspořádání vedení technického vybavení*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2020, 36 s. Třídící znak 73 6005
- [26] *Tlakové potrubí PE 100 RC Aqualine* [online]. Pipelife Czech, 2022 [cit. 2022-03-19]. Podklad ve formátu PDF. Dostupné z:
<https://www.pipelife.cz/Ke_stazeni/Katalogy.html>
- [27] KOLÁŘ, Václav, Cyril PATOČKA a Jiří BÉM. *Hydraulika*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1983
- [28] Směrnice ze dne 20.7.1973 pro výpočet potřeby vody při navrhování vodovodních a kanalizačních zařízení a posuzování vydatnosti vodních zdrojů. *epravo.cz* [online]. Praha: Copyright © EPRAVO.CZ, a.s. 1999 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z:
<[https://www.epravo.cz/vyhledavani-
aspi/?Id=32306&Section=1&IdPara=1&ParaC=2](https://www.epravo.cz/vyhledavani-
aspi/?Id=32306&Section=1&IdPara=1&ParaC=2)>
- [29] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 44 s. Třídící znak 75 6101
- [30] 428/2001 Sb. Vyhláška, kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z:
<<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428#prilohy>>
- [31] MUSIL, Vladimír, Karel ONDROUŠEK a Tibor NEVAN. *Technická zařízení budov I – Vodovody*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987

- [32] ŘEHOŘ, Eugen a Myslibor CHALUPA. *Ztráty vody a jejich omezování*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986
- [33] *Ztráty vody ve vodárenských distribučních systémech: Brno, 30. října 2003: sborník z odborného semináře*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-7204-301-3.
- [34] Ztráty vody v České republice. *SOVAK ČR* [online]. Copyright © 2020 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z:
<<https://www.sovak.cz/cs/clanek/ztraty-vody-v-ceske-republice>>
- [35] PRŮCHOVÁ, Adéla. *Vodárenství v České republice* [online]. Praha, 2021 [cit. 2022-03-18] Dostupné z:
<<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/96046>> Bakalářská práce. České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Ing. Filip Horký, Ph.D.
- [36] *Mapy.cz*. *Mapy.cz* [online]. Copyright © Seznam.cz, a.s. 2022 [cit. 2022-02-21]. Dostupné z:
<<https://mapy.cz/zakladni>>
- [37] Malý lexikon obcí 2021 - obce podle správních obvodů obcí s rozšířenou působností. *Český statistický úřad* [online]. Copyright © 2021, 15.14.2021, [cit. 2022-02-21]. Dostupné z:
<<https://www.czso.cz/csu/czso/maly-lexikon-obci-ceske-republiky-2021>>
- [38] Rožmitál na Šumavě, Obecná charakteristika – statistika. *Kurzy.cz* [online]. Copyright © Kurzy.cz, spol. s r.o., AliaWeb, spol. s r.o. 2000 [cit. 2022-02-21]. Dostupné z:
<<https://www.kurzy.cz/obec/rozmital-na-sumave/stats-PU-MOSZV-OBCHAR-stranka/>>
- [39] Informace poskytnuté jednatelem firmy PRVOK s.r.o., provozovatelem veřejného vodovodu v části obce Rožmitál na Šumavě
- [40] Databáze demografických údajů za obce ČR. *Český statistický úřad* [online]. Copyright © 2021, 30.04.2021, [cit. 2022-03-11]. Dostupné z:
<<https://www.czso.cz/csu/czso/databaze-demografickych-udaju-za-obce-cr>>

- [41] Rožmitál na Šumavě. *PRVOK. Provozování vodovodů a kanalizací* [online] Copyright © 2012 [cit. 2022-03-8]. Dostupné z:
<https://www.prvok.cz/?page_id=228>
- [42] *Provozní řád vodovodu Rožmitál na Šumavě*, 2012
- [43] Škola – Oficiální stránky obce Rožmitál na Šumavě. *Obec Rožmitál na Šumavě – Oficiální stránky obce Rožmitál na Šumavě* [online]. Copyright © 2022 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z:
<<https://www.rozmitalnasumave.cz/obec-1/skola/>>
- [44] *Územní plán obce Rožmitál na Šumavě* [online]. Rožmitál na Šumavě: Zastupitelstvo obce Rožmitál na Šumavě, 2016 [cit. 2022-03-25]. Podklad ve formátu PDF. Dostupné z:
<<https://www.rozmitalnasumave.cz/obecni-urad/uredni-deska/uzemni-plan-obce-rozmital-na-sumave-46.html?ftresult=%C3%BAzemn%C3%AD+pl%C3%A1n>>

Seznam příloh

- A. Schéma řešení zásobování obce pitnou vodou



LEGENDA:

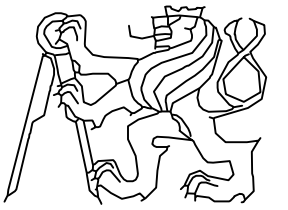

- STÁVAJÍCÍ INŽENÝRSKÉ SÍTĚ:
- GRAVITAČNÍ VODOVODNÍ ŘAD
 - VÝTLAČNÝ VODOVODNÍ ŘAD

- STÁVAJÍCÍ OBJEKTY:
- POVRCHOVÉ JÍMÁNÍ VODY
 - STUDNA V PRAMENIŠTI
 - VODOJEM
 - ÚPRAVNA VODY
 - ODKYSELOVACÍ FILTR
 - PŘERUŠOVACÍ KOMORA

- PLÁNOVANÉ VODNÍ ZDROJE:
- HYDROGEOLOGICKÉ VRTY

- OSTATNÍ ZNAČKY:
- HRANICE PARCEL

ČVUT Fakulta stavební

OBOR	VEDOUCÍ PRÁCE	JMÉNO ZPRACOVATELE		
Vodní hospodářství a vodní stavby	Ing. Filip Horký, Ph.D.	Kateřina Márová		
	ZADAVATEL	PŘEDMĚT		
	PRVOK s.r.o. 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
AKCE :			MĚŘÍTKO	1:10 000
Studie zásobování pitnou vodou obce Rožmitál na Šumavě			DATUM	31.03.2022
OBSAH :			PŘÍLOHA	
SCHÉMA ŘEŠENÍ ZÁSOBOVÁNÍ OBCE PITNOU VODOU			A - - - - -	