



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ZDRAVOTNĚ TECHNICKÉ A PLYNOVODNÍ INSTALACE V OBJEKTU STŘEDNÍ ŠKOLY

THE SANITARY AND GAS INSTALATION IN THE HIGH SCHOOL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Bobrovský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Helena Wierzbická, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav technických zařízení budov
Student:	Bc. Tomáš Bobrovský
Vedoucí práce:	Ing. Helena Wierzbická, Ph.D.
Akademický rok:	2023/24
Studijní program:	N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby

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

Zdravotně technické a plynovodní instalace v objektu střední školy

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řešení zadaného tématu z oblasti TZB za využití literární rešerše, zpracování variantního technického návrhu řešení zadané části specializace systému TZB a dílčího úkolu ze zadaného tématu řešeného experimentálními nebo teoretickými prostředky, příp. prováděcí projektu.

Cíle a výstupy diplomové práce:

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady.

Cíl práce, zvolené metody řešení.

Aktuální technická řešení v praxi.

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů).

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ÚT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.

C. Technické řešení vybrané varianty

Technické realizační řešení zadané specializace s grafickými i textovými výstupy. Řešení využívající výpočetní techniku. Náplní diplomové práce je vnitřní kanalizace, vodovod a domovní plynovod ve stupni prováděcího projektu.

Seznam doporučené literatury a podklady:

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální právní předpisy ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 16. 3. 2023

L. S.

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
vedoucí ústavu

Ing. Helena Wierzbická, Ph.D.
vedoucí práce

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá možnými způsoby návrhu přípravy teplé vody a spotřebou teplé vody v objektu školy. V teoretické části je shrnuta základní teorie týkající se ohřevu teplé vody. Jsou zde popsány dnes užívané způsoby přípravy teplé vody a zásady návrhu rozvodu teplé vody po objektu. Ve druhé části diplomové práce je popsáno měření spotřeby teplé vody na objektu školy a statistické vyhodnocení naměřených údajů. Konec kapitoly je věnován návrhu systému ohřevu teplé na zadaném objektu s využitím dat získaných z měření. Jedna varianta návrhu byla vybrána a použita do 3. části, kde je řešený projekt zdravotně technických a plynovodních instalací v objektu střední školy. V závěru je technické řešení objektu popsáno v technické zprávě.

PREFACE

The diploma thesis deals with possible ways of designing hot water preparation and hot water consumption in a school building. The theoretical part summarizes the basic theory related to hot water heating. It describes the methods of hot water preparation used today and the design principles of hot water distribution in the building. In the second part of the thesis, the measurement of hot water consumption on the object of a primary school and the statistical evaluation of the measured data are described. The end of the chapter is devoted to the design of a hot water heating system on the specified object using the data obtained from the measurements. One variant of the design was selected and used in Part 3, where the design of the sanitary and gas installations in the secondary school building is addressed. Finally, the technical design of the building is described in the technical report.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ohřev teplé vody, střední škola, způsoby přípravy teplé vody, průtokový ohřev, měření spotřeby teplé vody. Křivka odběru teplé vody

KEY WORDS

Hot water heating, secondary school, methods of hot water preparation, instantaneous water heater, measurement of hot water consumption. Hot water consumption curve

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BOBROVSKÝ, Tomáš. *Zdravotně technické a plynovodní instalace v objektu střední školy*. Brno, 2024. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí Ing. Helena Wierzbická, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Zdravotně technické a plynovodní instalace v objektu střední školy* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2024

Bc. Tomáš Bobrovský

autor

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji paní Ing. Heleně Wierzbické, Ph.D. za odborné vedení mé práce, cenné rady, ochotu a trpělivost při konzultacích.

Současně bych chtěl poděkovat své rodině která mě po celou dobu mého studia na fakultě stavební podporovala.

OBSAH

ÚVOD	12
1.1 TEPLÁ VODA	13
1.1.1 MIKROBIOLOGICKÉ VLASTNOSTI TEPLÉ VODY.....	13
1.2 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY.....	15
1.2.1 KONSTRUKČNÍ TYPY OHŘÍVAČŮ	15
1.2.1.1 ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘEV.....	15
1.2.1.2 PRŮTOKOVÝ OHŘEV	16
1.2.1.3 SMÍŠENÝ OHŘEV.....	17
1.2.1.4 PŘÍMÝ OHŘEV.....	18
1.2.1.5 NEPŘÍMÝ OHŘEV.....	18
1.2.1.6 OTEVŘENÉ OHŘÍVAČE.....	18
1.2.1.7 UZAVŘENÉ OHŘÍVAČE.....	18
1.3 VÝMĚNÍKY TEPLA.....	19
1.4 ZPŮSOBY OHŘEVU TEPLÉ VODY.....	20
1.4.1 MÍSTNÍ OHŘEV	20
1.4.2 SKUPINOVÝ OHŘEV.....	21
1.4.3 ÚSTŘEDNÍ PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	21
1.5 CÍRKULACE TEPLÉ VODY.....	22
1.6 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	23
1.6.1 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ OHŘÍVAČŮ	24
2.1 ÚDAJE O BUDOVĚ, PROVOZ	26
2.2 MĚŘENÍ.....	26
2.2.1 ČASOVÝ ÚSEK MĚŘENÍ.....	26
2.2.2 MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ.....	26
2.3 DATA.....	28
2.3.1 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	29
2.3.1.1 DENNÍ ROZBOR.....	29
2.3.1.2 HODINOVÝ ROZBOR DNŮ	30
2.4 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ.....	33
2.4.1 1. VARIANTA – ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘEV DLE ČSN 06 0320.....	33
2.4.2 2. VARIANTA – PRŮTOKOVÝ OHŘEV DLE ČSN 06 0320.....	36
2.4.3 3. VARIANTA – ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘEV METODOU ZOHLEDŇUJÍCÍ ODBĚROVOU ŠPIČKU DLE TECHNICKÉHO PRAVIDLA H-132 98.....	37
2.4.4 4. VARIANTA – PRŮTOKOVÝ OHŘEV DLE TECHNICKÉHO PRAVIDLA H-132 98	38
2.5 POROVNÁNÍ VARIANT.....	39
2.6 VÝBĚR VARIANTY	40
3.1 VÝPOČTY SOUVISEJÍCÍ S NÁVRHEM ZDRAVOTNĚ TECHNICKÝCH A PLYNOVODNÍCH INSTALACÍ	41
3.1.1 VÝPOČET POTŘEBY VODY	41
3.1.2 VÝPOČET POTŘEBY TEPLÉ VODY	42
3.1.3 VÝPOČET ODTOKU SPLAŠKOVÝCH VOD.....	42
3.1.4 VÝPOČET ODTOKU SRÁŽKOVÝCH VOD	43
3.1.5 VÝPOČET POTŘEBY PLYNU.....	43

3.2	DIMENZOVANÍ VNITŘNÍ KANALIZACE.....	43
3.2.1	PŘIPOJOVACÍ POTRUBÍ.....	43
3.2.2	ODPADNÍ POTRUBÍ.....	44
3.2.3	SVODNÉ KANALIZAČNÍ POTRUBÍ.....	44
3.2.4	PŘIVZDUŠŇOVACÍ VENTIL.....	44
3.2.5	SANITÁRNÍ KALOVÁ ČERPADLA.....	45
3.3	DIMENZOVANÍ DEŠŤOVÉ KANALIZACE.....	46
3.3.1	SVISLÉ DEŠŤOVÉ ODPADNÍ POTRUBÍ.....	47
3.3.2	SVODNÉ DEŠŤOVÉ POTRUBÍ.....	48
3.3.3	RETENČNÍ NÁDRŽE.....	48
3.3.4	NÁVRH POJISTNÉHO PŘEPADU STŘECH.....	51
3.3.5	KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKA.....	52
3.4	VNITŘNÍ VODOVOD.....	52
3.4.1	STUDENÁ VODA.....	54
3.4.2	TEPLÁ VODA.....	55
3.4.3	POŽÁRNÍ VODOVOD.....	56
3.4.4	NÁVRH TEPELNÉ IZOLACE POTRUBÍ.....	56
3.4.4.1	ROZVODY TEPLÉ VODY.....	56
3.4.5	NÁVRH CIRKULACE TEPLÉ VODY.....	57
3.4.6	NÁVRH KOMPENZÁTORŮ.....	62
3.4.7	POSOUZENÍ OBJEMU POTRUBÍ TEPLÉ VODY.....	63
3.4.8	NÁVRH VODOMĚRŮ.....	64
3.4.9	HYDRAULICKÉ VNITŘNÍHO VODOVODU.....	65
3.5	DIMENZOVANÍ PLYNOVODU.....	66
3.5.1	DOMOVNÍ PLYNOVOD.....	66
3.5.2	PLYNOVODNÍ PŘÍPOJKA.....	67
	ÚVOD.....	69
4.1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE.....	69
4.2	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ PROJEKTU.....	69
4.3	POTŘEBA VODY.....	70
4.4	PRODUKCE ODPADNÍCH VOD.....	70
4.5	VNITŘNÍ VODOVOD.....	70
4.5.1	VODOVODNÍ PŘÍPOJKA.....	70
4.5.2	VNITŘNÍ VODOVOD.....	71
4.5.3	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY.....	72
4.5.4	POŽÁRNÍ VODOVOD.....	72
4.5.5	ZKOUŠKY VODOVODU.....	72
4.6	VNITŘNÍ KANALIZACE.....	72
4.6.1	KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKA.....	72
4.6.2	DOMOVNÍ SPLAŠKOVÁ KANALIZACE.....	73
4.6.2.1	PŘIPOJOVACÍ POTRUBÍ.....	73
4.6.2.2	ODPADNÍ POTRUBÍ.....	73
4.6.2.3	SVODNÉ POTRUBÍ.....	74
4.6.3	DEŠŤOVÁ KANALIZACE.....	74
4.6.3.1	RETENČNÍ NÁDRŽ 1.....	75
4.6.3.2	RETENČNÍ NÁDRŽ 2.....	75
4.6.4	REVIZNÍ ŠACHTY.....	75

4.6.5	ULOŽENÍ POTRUBÍ.....	76
4.6.6	ÚPRAVY PLOCH	76
4.6.7	MATERIÁL KANALIZACE	76
4.6.8	ZKOUŠKY KANALIZACE.....	76
4.7	VODOVODNÍ PŘÍPOJKA	77
4.8	PLYNOVODNÍ PŘÍPOJKA.....	77
4.8.1	DOMOVNÍ PLYNOVOD	77
4.8.2	ZKOUŠKY PLYNOVODU.....	78
4.8.3	NÁTĚRY.....	78
4.9	POŽADAVKY NA PROFESE	78
4.10	ZAŘIZOVACÍ PŘEDMĚTY, PLYNOVÉ SPOTŘEBIČE A OSTATNÍ.....	78
8.1	TABULKOVÉ PŘÍLOHY.....	85
8.2	VÝKRESOVÉ PŘÍLOHY	85

ÚVOD

V dnešní společnosti se stále více zdůrazňuje potřeba efektivnějšího využívání energetických zdrojů v budovách, ať už z důvodu ekologického či ekonomického. Dříve byla větší část tepelné energie spotřebována na vytápění, v poslední době se začíná množství tepla pro vytápění výrazně snižovat. U tepla potřebného pro přípravu teplé vody tento trend není tak výrazný.

V praxi se často ekonomické dopady návrhu přípravy teplé vody podceňují. Zásobníky bývají z pravidla předdimenzovány a provoz takového systému stojí mnoho finančních prostředků.

Jednou z cest k optimalizaci návrhu systému ohřevu teplé vody je měření a zjišťování profilů odběrů teplé vody jednotlivých typů budov. Aktualizovat a zpřesňovat množství spotřebované vody na měrnou jednotku. Právě tyto údaje jsou klíčové pro optimální návrh ohřevu teplé vody.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Teplá voda

Teplá voda, i přes to, že je vyráběna z vody pitné a musí vykazovat zdravotní nezávadnost, není určena k lidské spotřebě, a ani se ze pitnou vodu nepovažuje. Je určena pouze pro umývání, koupání a praní. [2]

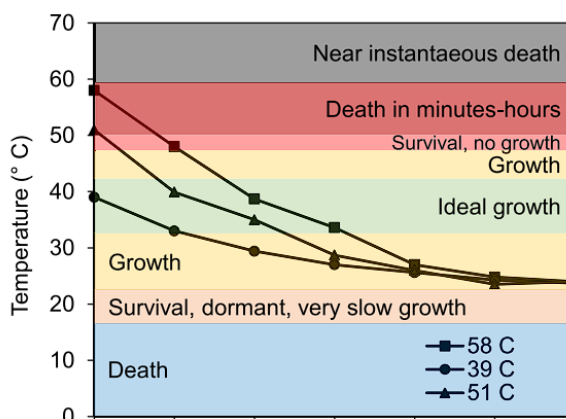
Zvýšením teploty pitné vody a zvýšením tlaku v potrubí voda mění své vlastnosti. Dochází především k uvolnění ve vodě rozpuštěných plynů. Tím dochází k narušení určité rovnováhy mezi látkami obsaženými ve vodě a teplá voda se tak může stát vůči materiálu potrubí velmi agresivní. Chemická a hygienická jakost teplé vody je předepsána vyhláškou 252/2004 Sb.. [3]

Dříve byl v technické praxi a literatuře pro teplou vodu užíván termín teplá užitková voda a označení TUV. V dnešní terminologii je obecně správný termín teplá voda. [8]

1.1.1 Mikrobiologické vlastnosti teplé vody

Voda podléhá přísným dezinfekčním opatřením pro zabezpečení její mikrobiologické nezávadnosti. V pitné vodě odebírané z veřejného vodovodu je již dezinfekční činidlo obsaženo. I přes tato opatření se ve vodě vyskytují mikroorganismy, přežívají nejčastěji v buněčné formě spór. [3]

Výskyt bakterie *Legionella pneumophila* je právě nejčastěji spojován s ohřevem teplé vody. Bakterie se vyskytuje v každém vodovodu a je schopná se rozmnožovat ve vodě o teplotě v rozmezí 25-45 °C. [4] Pokud jsou rozvody teplé vody předimenzované, dochází ke stagnaci teplé vody v potrubí, a tím k jejímu postupnému chladnutí, nastávají tak v potrubí ideální podmínky pro množení bakterie *Legionella*. Ke stejným podmínkám dochází i v případě, je-li vodovod používán přerušovaně s dlouhými odstávkami. [3] Přerušovaný odběr je typický pro vzdělávací objekty, kdy přes prázdniny je odběr vody minimální.



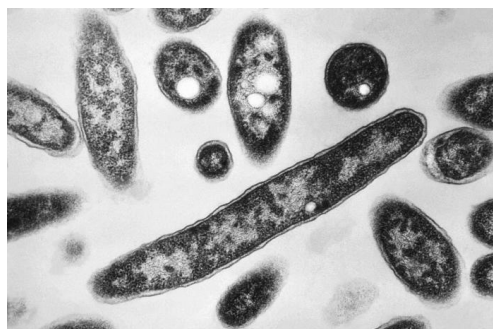
Obrázek 1 výskyt a množení bakterie *Legionella* v závislosti na teplotě [4]

Infekce bakterií Legionella je šířena formou aerosolu, v případě je-li aerosol s bakterií vdechnuta osobou se sníženou obranou imunitou, může nákazou onemocnět. Riziko onemocnění hrozí zejména hospitalizovaným osobám v nemocničních zařízeních. Průběh onemocnění se podobá zápalu plic a z důvodu nákladného určení původu nákazy, se často setrvává u diagnózy zápalu plic. Nelze tak statistické údaje o množství výskytu nákazy objektivně vyhodnotit. S touto skutečností je nutné přihlížet k údajům, dle kterých na 10 až 20 000 obyvatel připadá jeden případ onemocnění Legionellou a až jedna třetina případů onemocnění končí smrtí. [3]

Vhodným návrhem vnitřního vodovodu je tak možné snížit riziko množení bakterií ve vodě. Nejdůležitějším faktorem je teplota vody a zamezení její stagnace ve vodovodu. V praxi se tak musí dodržovat následující podmínky: [3]

- Dimenze potrubí musí být optimální vzhledem k odběru.
- Objem potrubí v trase od ohřívače po nejvzdálenější výtokovou armaturu musí být max 3 litry. [5]
- Návrh cirkulace potrubí s rozdílem teplot na začátku a na konci max 3 °C.
- (Zajistit dostatečnou izolaci potrubí) [3]
- Návrh vodovodu s vyloučenou možností stagnace při běžném provozu
- Nepoužívaná přívodní potrubí musí být odpojena.
- Nepříliš často používaná přívodní potrubí by měla být oddělena uzavírací armaturou, nebo pravidelně proplachována.
- Vzdálenost mezi bodem odbočení připojovacího potrubí a uzavírací armaturou na připojovacím potrubí by měla být co nejkratší. [7]

V praxi se při návrhu často naráží na rozpory. S přihlédnutím k ideální teplotě vody pro rozmnožování bakterie Legionella (45-25 °C) by tak bylo vhodnější neizolovat rozvody teplé vody a izolovat pouze potrubí cirkulace, je-li v objektu navržena. Teplota teplé vody se na výstupu z ohřívače pohybuje kolem 55 °C. V případě nezaizolovaného potrubí teplé vody by tak docházelo k rychlejšímu vychlazení teplé vody na teplotu okolního vzduchu, a čas po který by se v potrubí vyskytovala ideální teplota pro množení bakterie by byl výrazně zkrácen. Toto řešení je v souladu s TNI CEN/TR 16355, ale v rozporu s požadavkem v § 5 vyhlášky č. 193/2007 Sb., kdy musí být veškeré vnitřní rozvody opatřeny tepelnou izolací, nejdříve-li se o rozvody určené k vytápění nebo temperování okolního prostoru. Potrubí, které je přehříváno topným kabelem se tepelně izoluje a má v tomto případě zásadní vliv na funkci topného kabelu. [3,4,7]



Obrázek 2 bakterie Legionella pneumophila pod elektronovým mikroskopem, zvětšení 90 000x [20]

1.2 Příprava teplé vody

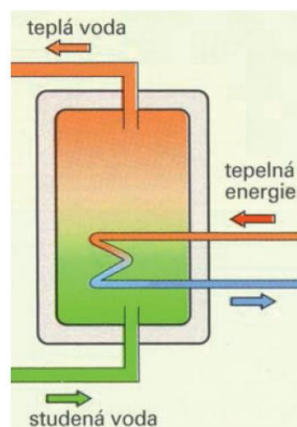
Základní požadavek na návrh systému přípravy teplé vody je zajištění ohřevu dostatečného množství teplé vody o požadované teplotě a jejího přivedení k otevřené výtokové armatuře za co nejkratší časový úsek. Každá sestava pro přípravu teplé vody musí obsahovat:

- Zdroj pro ohřev teplé vody
- Potrubní rozvod teplé vody
- Sestavu zabezpečovacích a pojistných armatur
- Výtokovou armaturu [1]

1.2.1 Konstrukční typy ohřivačů

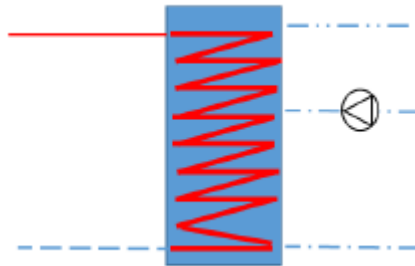
1.2.1.1 Zásobníkový ohřev

Ohřev se uskutečňuje v zásobníkovém stojatém, nebo ležatém ohřivači. Je tvořen teplosměnnou plochou, nejčastěji ve formě trubkové spirály, prostřednictvím které dochází k ohřátí vody teplonosnou látkou. Zásobníkový ohřivač umožňuje akumulovat určité množství teplé vody. Tento objem slouží k vyrovnání ohřátého a odebíraného množství teplé vody v průběhu určitého časového úseku. Velké množství ohřáté teplé vody v zásobníkovém ohřivači je možné snáz překonávat nerovnoměrnost spotřeby vody (odběrovou špičku) během dne. Zásobníkové ohřivače z principu nejsou vhodné do objektů s přerušovaným odběrem teplé vody, kdy není zajištěn odběr, ale voda v ohřivači je stále dohřívána. Delší přerušování odběru teplé vody se pak negativně projevuje na kvalitě vody v zásobníkovém ohřivači. V současné době se tak zásobníkové ohřivače používají především pro objekty menšího rozsahu. U větších objektů se upřednostňuje kombinace zásobníkového a průtočného ohřevu – tzv. smíšeného ohřevu. [9,10]



Obrázek 3 Zásobníkový nepřímý ohřivač [1]

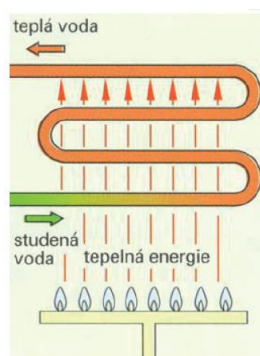
Velký vliv na velikost a výkon zásobníkového ohříváče má způsob zabudování topné vložky v ohříváči. Je kladen důraz na umístění topné vložky v prostoru zásobníku co nejnižže ke dnu, kde je zaústěn přívod studené vody. Prostor, který se nachází mezi dnem zásobníkového ohříváče a topnou spirálou se nazývá „mrtvým prostorem“ a je kladen důraz, aby zabíral co nejméně prostoru v ohříváči, zpravidla max. 15 %. Vliv mrtvého prostoru na návrh objemu ohříváče do výpočtu zahrnuje pouze metoda zohledňující špičky odběru. [13]



Obrázek 4 zásobníkový ohříváč bez mrtvého prostoru [21]

1.2.1.2 Průtokový ohřev

Voda je ohřívána při samotném průtoku stykem s teplosměnnou plochou. Ohřátá voda je okamžitě odebrána ke spotřebě, narozdíl od zásobníkového ohřevu není teplá voda odebírána se zpožděním. Tepelný výkon ohříváče tak musí odpovídat okamžitému průtoku teplé vody. Průtokový ohřev je tedy charakteristický vysokým požadavkem na tepelný výkon, který musí být kdykoliv dostupný, a svými menšími požadavky na prostor. Nevýhodou průtokového ohřevu je citlivost na zanášení výměníku vodním kamenem. Při průtoku se, vlivem vyšších průtokových rychlostí oproti zásobníkovému ohříváči, u teplosměnné plochy dosahuje vyššího součinitele přestupu tepla. [3,10]



Obrázek 5 průtokový ohříváč s přímým ohřevem

Při ústřední přípravě teplé vody se ohřev nejčastěji uskutečňuje v deskovém nebo trubkovém výměníku. Regulace na straně primární závisí především na zdroji topné vody. [12]

Teplárny jsou charakteristické vysokým provozním teplotním spádem. V praxi se můžeme často setkat s hodnotami např. 120/70 °C, 130/70 °C. Požadavkem tepláren je tak použít na přípojce regulaci, která umožní vznik vysokého teplotního spádu. V tomto případě se používá zásadně regulace kvantitativní, formou škrtícího ventilu. Zásahem škrtícího ventilu dojde k navýšení tlakové ztráty na přívodu primáru, tím je způsoben pokles průtoku a teplota zůstává neměnná. Po předání tepla za výměníkem se teplota zpátečky primáru rovná teplotě zpátečky sekundáru. Je tak docíleno maximálního možného vychlazení. [12,13]

V případě osazení deskového výměníku již na sekundární straně se provádí regulace směšováním. Regulace spočívá v přepouštění přebytečného množství tepla před spotřebičem do vratného potrubí. Průtok tak zůstává stejný a teplota zpátečky se zvyšuje. Regulace se používá také v případě plynového kotle jako zdroje topné vody. [12]

V porovnání průtočného ohřevu formou deskového výměníku se zásobníkovým ohřevem, dochází u průtočného ohřevu k určitým materiálním a prostorovým úsporám. Odpadají nabíjecí čerpadla a zásobníky teplé vody. Další výhodou jsou u průtočného ohřevu výrazně horší podmínky pro množení bakterií. [12]

Značnou nevýhodou je vysoká tlaková ztráta. Tlakovou ztrátu deskového výměníku je v určité míře možné snížit přidáním jednotlivých desek. Udává se, že úpravou výměníku zdvojnásobením počtu desek je možné docílit snížením tlakových ztrát až o 75 %. [14] Pro překonání vyšších tlakových ztrát je nutné navrhnout výkonnější oběhové čerpadlo na straně cirkulačního rozvodu. To má za důsledek vyšších provozních nákladů. Při nevhodně zvolené dimenzi deskového výměníku s vysokými tlakovými ztrátami může docházet ke značnému kolísání teplot na výtokové armatuře. Tlaková ztráta deskového výměníku zapříčiní nižší přetlak v rozvodu teplé vody oproti rozvodu vody studené a při špičkových odběrech je rozdíl tlaků v potrubí teplé a studené vody u výtokové armatury nejvyšší a doprovází ho kolísání teploty na výtoku směšovací baterie. [13]

1.2.1.3 Smíšený ohřev

Jedná se o průtokový ohřev doplněný zásobníkem teplé vody, který pokryje krátkodobé odběrové špičky trvající v rámci 20–60 minut. Pro smíšený ohřev se často používá zařízení, které se podobá zásobníkovému ohříváči, v porovnání má ale nižší akumulací prostor a vyšší tepelný příkon. Případně se osazuje zásobníkový ohříváč a průtokový ohříváč zvlášť, v takovém případě se průtokový ohříváč osazuje do obtoku zásobníku. [3,9,10]

Značná nevýhoda tohoto způsobu ohřevu spočívá v nutnosti osazení dvou oběhových čerpadel. První je osazeno před deskovým výměníkem pro překonání jeho vyšší tlakové ztráty a druhé je osazeno na cirkulačním potrubí.

1.2.1.4 Přímý ohřev

Je prováděn spalováním paliva, případně elektrickou energií. Toto vyvinuté teplo působí na teplosměnnou plochu. Prostupem tepla pak dochází k ohřevu teplé vody ve výměníku. [3]

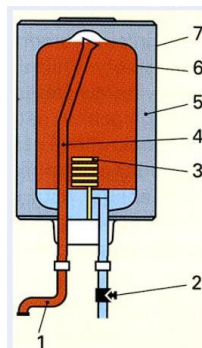
Jako přímý ohřev se také označuje způsob ohřevu, kdy dochází k mísení dvou kapalin o různých teplotách. Tento způsob se ovšem vyskytuje zcela výjimečně a pouze v průmyslu. Pro přípravu teplé vody se používá pouze výše popsany přímý ohřev, nebo ohřev nepřímý. [10]

1.2.1.5 Nepřímý ohřev

Nepřímý ohřev spočívá v ohřátí teplotnosné látky ve zdroji tepla, její dopravě do ohříváče, ve kterém je teplosměnná plocha. Po předání energie se teplotnosná látka opět vrací do zdroje a děj se opakuje. Teplosměnná plocha je zde často ve formě topné vložky, nebo dvojitě stěny pláště zásobníku vody. [3]

1.2.1.6 Otevřené ohříváče

U otevřených ohříváčů je teplá voda uvnitř trvale propojena s okolním ovzduší. Nepůsobí tak na ni přetlak z vnitřního vodovodu studené vody. Ohříváč pracuje na základě přepadového principu, to znamená, přitékající studená voda do spodní části ohříváče vytlačuje teplou vodu v horní části přes přepadovou hranu do výtoku. Pro správnou funkci je třeba nainstalovat speciální výtokovou armaturu. Výtokové potrubí musí být neuzavíratelné, odtéká jím přebytek teplé vody, který vznikl zvětšením objemu vody při ohřevu. Tak je chráněn ohříváč před expanzí vody. [3,11]



Obrázek 6 otevřený zásobníkový ohříváč [22]

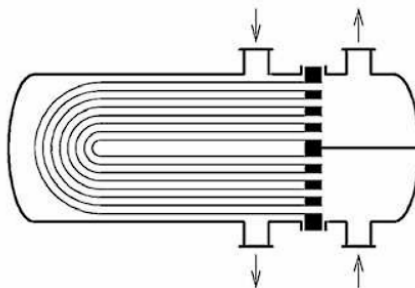
Kde: 1: výtok teplé vody, 2: ventil pro přívod studené vody do nádrže, 3: elektrické topné těleso, 4: přepadové potrubí, 5: tepelná izolace, 6: nádrž ohříváče, 7: vnější plášť.

1.2.1.7 Uzavřené ohříváče

Jsou trvale pod tlakem studené vody a také jsou vystaveny tlaku vzniklého expanzí objemu vody při ohřevu. Na přívodu studené vody je nutné nainstalovat pojistný ventil a zpětnou armaturu. Pojistný ventil zamezí překročení nastaveného přetlaku. Zpětná armatura zamezí zpětnému vniknutí vody z ohříváče zpět do rozvodu studené vody a zamezí tak případné kontaminaci. [11]

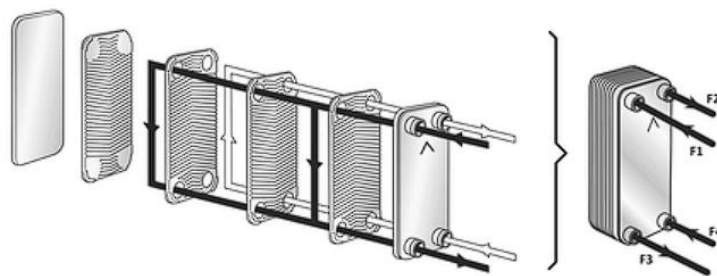
1.3 Výměníky tepla

Pro přenos tepla mezi primárním a sekundárním okruhem se používají výměníky. Výměníky mohou být také použity pro změnu média, například olej-voda, případně horká voda – voda apod.. Výměníky tepla mohou být deskové, nebo trubkové. Trubkový výměník je zařízení, které je tvořeno svazkem trubek zasunutým do uzavřené válcové nádoby. Trubkovnice může být dle směru proudění látky rozdělena na jednochodovou a dvouchodovou. Při jednochodé proudí látka pouze jedním směrem, v případě dvouchodové oběma směry. Teplonosná látka může být přivedena buď do trubkovnice, nebo do prostoru výměníku, ohřívána látka je vždy na druhé straně teplosměnné plochy. [3]



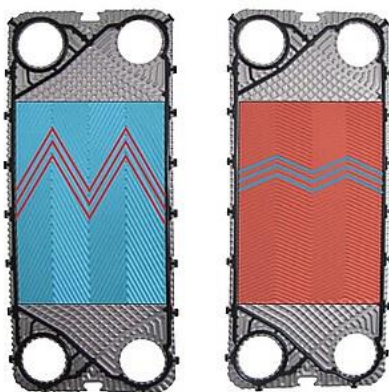
Obrázek 7 trubkový výměník [23]

Dle směru proudění látky teplonosné a ohřívané dělíme výměníky na souproudé a protiproudé. V praxi se upřednostňují protiproudé výměníky, které dosahují vyšší účinnosti než výměníky souproudé. Protiproudé výměníky běžně dosahují účinnosti 90 %. Je-li výměník dostatečně vysoký, pak se předává teplo po delší trase, tím lze dosáhnout velkého vychlazení topného média na straně primáru a ohřátí média na straně sekundáru do stavu kdy se teploty budou téměř rovnat. Vyšší výška výměníku bude mít za následek vyšší tlakové ztráty. [14]



Obrázek 8 deskový výměník protiproudý [14]

Deskové výměníky se skládají z jednotlivých desek o tloušťce 0,5 mm s prolisy. Mezi jednotlivými deskami tak vzniká systém kanálků, kterými střídavě proudí primární a sekundární médium. Orientace a tvar prolisů způsobují v médiích turbulence. Vzniklé kanálky se rozlišují dle velikosti úhlu na typy H, M, L, kde H znamená high – velký úhel, M medium – střední úhel a L jako low – malý úhel. Při průtoku látky kanálkem s vysokým úhlem dochází ke vzniku velkých turbulencí a tlakových ztrát. U kanálků s malými úhly je tomu naopak. Vysoké turbulence zvyšují přenos tepla teplosměnnou plochou. Turbulentní proudění ve výměníku také omezuje usazování nečistost a případné již usazené nečistoty strhávají zpět do oběhu. [3,14]



Obrázek 9 desky deskového výměníku s prolisy, vlevo s velkým úhlem vpravo s malým úhlem [14]

Jednotlivé desky jsou ve výměníku k sobě spojovány buď pájením, případně jsou opatřeny gumovým těsněním a jsou spojeny stahovacími šrouby – rozebíratelně. U rozebíratelných výměníků je možné kdykoliv přidat, případně ubrat desky a tím tak změnit výkon výměníku. Není možné je používat pro média o vysokých teplotách, které by způsobily rychlou degradaci gumového těsnění a výměník by po určité době začal propouštět. Další výhodou spočívá ve snadném přístupu k teplosměnným plochám a jejich čištění. Pro média s vysokými teplotami se používají zásadně výměníky pájené. [3]



Obrázek 10 rozebíratelný výměník [24]

1.4 Způsoby ohřevu teplé vody

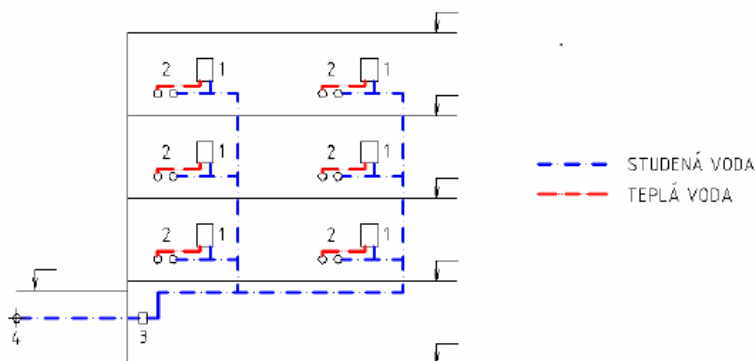
Podle způsobu přípravy teplé vody dělíme systémy na

- Místní (lokální) přípravu
- Skupinová
- Ústřední přípravu [1]

1.4.1.1 Místní ohřev

Také nazýván lokálním ohřevem, provádí se v ohřivačích, které mohou být konstrukčně řešeny jako průtočné, nebo zásobníkové. Ohřivač se nachází v blízkosti místa odběru a vždy zásobuje pouze jedno odběrné místo. Místní ohřev tak umožňuje přizpůsobení proměnlivé

spotřebě a rozdílným teplotám u odběrného místa. Je často vhodně používán při dodatečných instalacích a v místech, která jsou od rozvodu teplé vody vzdálena. Tímto způsobem se tak dá předejít návrhu přívodního potrubí teplé vody a cirkulačního potrubí, který by byl spojen s vysokými provozními a pořizovacími náklady. [3]

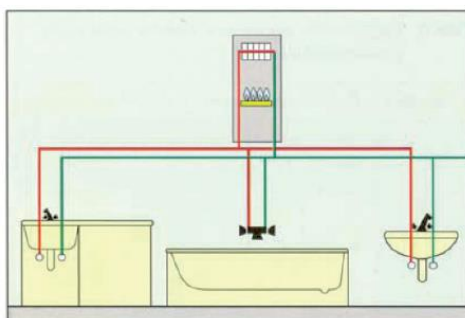


Obrázek 11 místní ohřev [25]

Kde: 1: ohřivač vody, 2: výtoková armatura, 3: vodoměr, 4: vodovodní řád

1.4.1.2 Skupinový ohřev

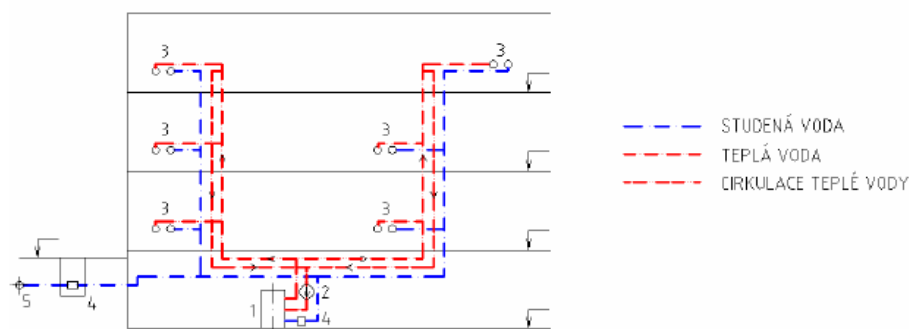
Jedná se v podstatě o ohřev místní, teplá voda z ohřivače, ale zásobuje víc jak jedno odběrné místo. Při návrhu je třeba ohřivač umístit tak, aby objem teplé vody v potrubí od ohřivače po nejvzdálenější zásobovanou výtokovou armaturu byl maximálně 3 litry. Ohřivač se tak často nachází v místnosti s odběrnými místy.[3]



Obrázek 12 skupinový ohřev [1]

1.4.1.3 Ústřední příprava teplé vody

Ústřední přípravou teplé vody nazýváme systém, který zásobuje veškeré výtokové armatury v objektu z jednoho ústředního ohřivače. Rozvody teplé vody jsou pro jednotlivá odběrná místa společné. Je patrné že ústřední příprava teplé vody bývá často doplněna o cirkulační potrubí, případně samoregulačním topným kabelem pro zajištění požadované teploty na výtoku, a pravidla třech litrů objemu potrubí. [3]



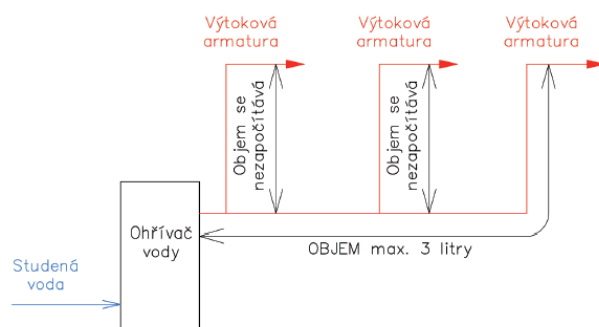
Legenda: 1 – ohřivač vody, 2 – cirkulační čerpadlo, 3 – výtoková armatura, 4 – vodoměr, 5 – vodovodní řad

Obrázek 13 ústřední příprava teplé vody [25]

Kde: 1: ohřivač vody, 2: cirkulační čerpadlo, 3: výtoková armatura, 4: vodoměr, 5: vodovodní řad

1.5 Cirkulace teplé vody

Rozvod teplé vody musí být navržen tak, aby při úplném otevření výtokové armatury byla do 30 sekund k odběrnému místu dodána teplá voda. Tento požadavek stanovuje ČSN EN 806-2. V praxi je ale obtížné počítat dobu přítoku teplé vody k výtokové armatuře, proto se upřednostňuje požadavek normy ČSN 06 0320, kdy stanovuje maximální objem potrubí – 3 litry, který musí být dodržen po trase od ohřivače vody po nejvzdálenější výtokovou armaturu napojenou na teplou vodu. Tyto požadavky jsou stanoveny jako prevence proti množení bakterií Legionella, dále snižují množství odpuštěné vychladlé vody z rozvodu po provozní přestávce [3,1].

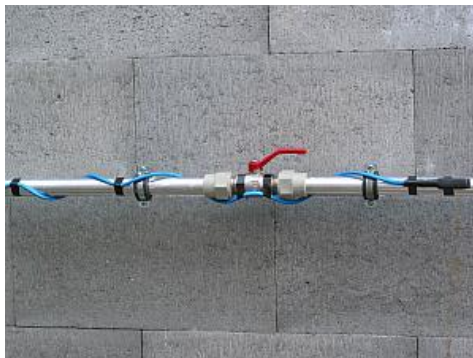


Obrázek 14 trasa určení objemu potrubí [1]

V případě, není-li možné navrhnout rozvod teplé vody a dodržet výše uvedené kritérium se přistupuje k návrhu cirkulace teplé vody. Cirkulační potrubí zajišťuje oběh teplé vody v potrubí tak, aby i u nejvzdálenější výtokové armatury byla dostupná teplá voda o požadované teplotě.

Cirkulační systém v objektu se vyznačuje vyššími tepelnými ztrátami, které se promítnou do vyšších peněžitých nákladů za ohřev vody. Uvádí se, že tepelné ztráty mohou činit 50 až 200 % denní teoretické potřeby tepla na přípravu teplé vody. Částečnou optimalizací tepelných ztrát systému můžeme docílit užitím oběhového čerpadla s časovým spínáním, případně termostatickým řízením chodu. [3]

Dodávky vody o požadované teplotě je také možné zajistit přehříváním rozvodu teplé vody pomocí samoregulačních elektrických kabelů. Topné kabely jsou tvořeny speciálním vodivým plastovým materiálem, který v závislosti na teplotě okolí mění svůj elektrický odpor, a tedy i tepelný výkon. Kabely se připevňují přímo na přívodní potrubí a v případě odběru teplé vody, při kterém se potrubí ohřeje průtokem teplé vody dochází ke snížení topného výkonu kabelu. Při postupném snižování teploty potrubí se výkon topného kabelu zvyšuje. [3]



Obrázek 15 příklad instalace topného kabelu na potrubí před zaizolováním [26]

Topný kabel je napojen na rozvod elektrické energie 230 V a může být doplněn regulací. Regulací je možné nastavit periodickou termickou dezinfekci potrubí zvýšením teploty po určité době. Výkon topného kabelu se pohybuje kolem 9–12 W/m v závislosti na požadované teplotě. Délka kabelu by neměla přesáhnout 100 m. Spolehlivost a účinnost přehřívání rozvodu elektrickým kabelem je dána především návrhem a kvalitou provedení tepelné izolace potrubí. [3]

1.6 Zabezpečovací zařízení

Ohřev způsobuje objemovou roztažnost vody, která se dle typu ohříváče může projevit dvěma způsoby. U ohříváčů otevřených dojde ke zvětšení objemu vody a u ohříváčů tlakových dochází ke zvýšení přetlaku vody uvnitř ohříváče. Důsledkem neustále se zvyšujícího přetlaku může dojít k prasknutí ohříváče, případně i k výbuchu a vývinu páry při přehřátí. Z tohoto důvodu musí být ohříváče zajištěny proti překročení maximálního dovoleného přetlaku a teploty. Překročení stanovenému přetlaku zabraňuje armatura pojistná – pojistný ventil. Teplota bývá řízena termostatem a jistěna tepelnou pojistkou. [3]

Nejvyšší dovolená teplota v ohříváči se zpravidla nastavuje na nižší hodnotu než 95 °C. Při selhání zařízení regulující teplotu v ohříváči může dojít k ohřevu vody na 100 °C a hrozí vznik páry. Z tohoto důvodu zásobníkové ohříváče s objemem vody nad 200 litrů a všechny ohříváče ohřívávané horkou vodou, párou a solární energií se v horní části ohříváče, případně na výstupním potrubí teplé vody z ohříváče osazují: [3]

- Kombinovanou teplotní a tlakovou pojistnou armaturou
- Teplotní pojistnou armaturou, která vypouští vodu z ohříváče při překročení teploty 95 °C
- Pojistným ventilem, který není náhradou za pojistný ventil pro expanzní vodu na přívodu studené vody do ohříváče [3]

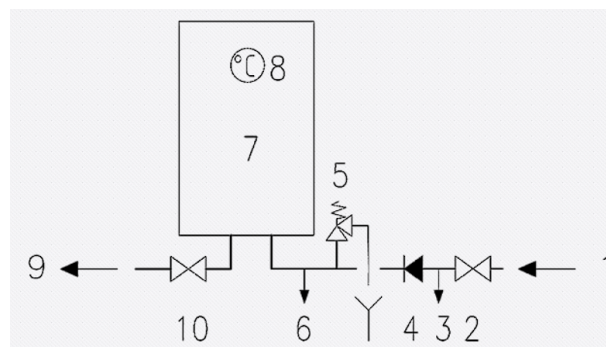
Na potrubí mezi ohřivačem a kombinovanou teplotní a tlakovou pojistnou armaturu, teplotní pojistnou armaturu a pojistným ventilem nesmí být osazena uzavírací armatura, která by v případě uzavření vyřadila zabezpečovací zařízení z provozu. [3,1]

Každý tlakový průtokový ohřivač, nebo tlakový zásobníkový ohřivač musí být osazen teploměrem. Teploměr může být osazen na místo určené výrobcem ohřivače, případně na výstupním potrubí teplé vody do vzdálenosti rovné maximálně dvacetinásobku vnitřního průměru potrubí. [3]

1.6.1 Zabezpečovací zařízení ohřivačů

Pro zabezpečení nepřekročení dovoleného přetlaku se používá pojistný ventil osazený na přívodu studené vody, který přebytečnou vodu při ohřevu odpustí z potrubí. U otevřených ohřivačů tvoří zabezpečovací zařízení samotný případ. [1]

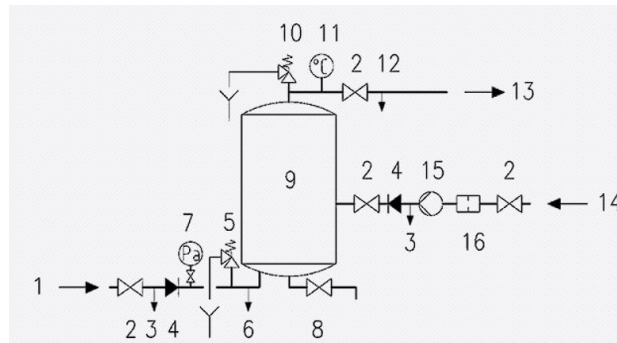
U tlakových zásobníkových ohřivačů musí být na přítoku studené vody osazen pojistný ventil, zpětná armatura a zkušební kohout. Zkušební kohout slouží pro kontrolu těsnosti zpětné armatury. Místo zkušebního kohoutu, se často používá vypouštěcí kohout. [1]



Obrázek 16 příklad zabezpečovacího zařízení pro ohřivač s objemem do 200 l [17]

Kde: 1: přítok studené vody, 2, 10: uzavírací armatura, 3: zkušební kohout, vypouštěcí armatura, 4: zpětná armatura, 5: pojistný ventil, 6: vypouštěcí armatura, 7: zásobníkový ohřivač s objemem do 200 litrů, 8: teploměr, 9: výstup teplé vody z ohřivače.

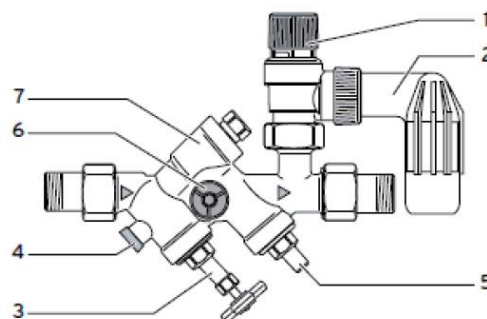
Pro tlakové ohřivače nad 200 litrů musí být umístěn navíc tlakoměr a pojistným ventilem dle kapitoly 1.5.



Obrázek 17 příklad zabezpečovacího zařízení pro ohřivač s objemem nad 200 l

Kde: 1: přítok studené vody, 2: uzavírací armatura, 3: zkušební kohout, vypouštěcí armatura, 4: zpětná armatura, 5, 10: pojistný ventil, 6: vypouštěcí armatura, 7: tlakoměr s kohoutem, 8: odkalovací kohout, 9: ohřivač vody o objemu nad 200 litrů, 11: teploměr, 12: vypouštěcí a vzorkovací armatura, 13: výstup teplé vody, 14: vstup cirkulace, 15: oběhové čerpadlo, 16: filtr mechanických nečistot

Zabezpečovací armatury zásobníkového ohřivače mohou být nahrazeny tzv. pojistnou skupinou. Jedná se o jednu armaturu, která obsahuje sestavu armatur pro osazení na přívod studené vody. [1]



Obrázek 18 pojistná skupina pro přívod studené vody do ohřivače [1]

Kde: 1: pojistný ventil, 2: odtok s přerušovačem průtoku, 3: uzavírací ventil, 4: vypouštěcí zátka, 5: uzavírací ventil za zpětnou armaturou, 6: přípojka pro tlakoměr, 7: zpětná armatura. [17]

Pojistný ventil musí být osazen na potrubí tak, aby odtokové potrubí z pojistného ventilu bylo ukončeno na viditelném místě. Odtokové potrubí dále musí být osazeno minimálně ve výšce 40 mm nad mříží, případně horním okrajem zařízení napojené na kanalizaci. Zkráceně řečeno, musí být zajištěna vizuální kontrola vypouštěného množství vody pojistným ventilem. [16]

V praxi bylo zaznamenán případ, kdy odtok nebyl přístupný vizuální kontrole a pojistný ventil na přívodu studené vody do 300 l zásobníkového ohřivače odpustil do kanalizace 5600 m³ vody během 182 dnů. [16]

2 MĚŘENÍ SPOTŘEBY TEPLÉ VODY – ZÁKLADNÍ ŠKOLA

2.1 Údaje o budově, provoz

Jedná se o budovu základní školy nacházející se v Brně. škola je sídlištního typu, má 1 podzemní podlaží a 3 nadzemní podlaží. Je rozčleněna do sedmi na sebe navazujících pavilonů. Budova má skeletový nosný systém a provoz byl zahájen roku 1992.

podlaží	Plocha [m ²]
1.PP	3190
1.NP	5630
2.NP	3290
3.NP	1200

Tabulka 1 půdorysná plocha podlaží

Ve škole se nachází kuchyně s jídelnou a tělocvična se sprchami. Typický denní provoz budovy začíná od 6:00 do 15:00, kdy ve škole probíhá vyučování. Ke konci vyučování do 16:00 probíhá úklid školy. Následně některé dny na večer škola pronajímá prostory tělocvičny. V budově se nachází školní byt, ale při měření nebyl obýván. Do školy chodí 615 žáků a celkem 70 pracovníků tvořeno pedagogickými a nepedagogickými.

Škola je napojena na CZT, zdrojem tepla CZT jsou teplárny Brno. Voda je v objektu ohřívána průtokově v deskovém výměníku. V objektu se nachází rozvod teplé vody, studené vody a cirkulace. Rozvody jsou vedeny pod stropem nad prvním podzemním podlaží a následně jsou provedeny odbočky k jednotlivým stoupacím potrubím. Teplá voda je přivedena pouze do hygienických zázemí, umyvadla v učebnách jsou napojena pouze na přírodní potrubí studené vody. Školní jídelna je napojena na vlastní zdroj teplé vody, a její spotřeba teplé vody není zaznamenána v měření.

2.2 Měření

2.2.1 Časový úsek měření

Měření probíhalo na konci školního roku v měsíci červnu roku 2023 po dobu 23 dnů. Měření započalo ve čtvrtek 6.6.2023 a bylo ukončeno ve středu 28.6.2023. Byla zaznamenána spotřeba vody 17 pracovních dnů. V naměřených hodnotách není zaznamenána spotřeba teplé vody pro přípravu jídel v kuchyni, ani následné umývání nádobí. Kuchyně je napojena na vlastní zdroj teplé vody.

2.2.2 Měřící zařízení

Průtok vody byl měřen snímačem pro měření průtoku a teploty, který byl umístěn v armatuře KEMPER – CONTROL-PLUS FIGUR 138 4 G. Signál ze snímače o aktuálním průtoku byl následně zpracován jednotkou systémového řízení KHS – MINI MASTER 2.1, FIGUR 686 02 008.

Dimenze:	DN 32
Minimální průtoková rychlost:	0,2 m/s
Maximální průtoková rychlost:	2,5 m/s
Rozsah měření průtoku:	9-150 l/min

Tabulka 2 technické údaje snímače měření průtoku

Armatura se snímačem průtoku a teploty byla nainstalována na přívodním potrubí studené vody do průtokového ohřívače teplé vody. Viz obrázek 19



Obrázek 19 zabudování snímače průtoku – měřený objekt



Obrázek 20 příklad zabudování snímače průtoku – další objekt

2.3 Data

Snímač měřil průtok vody v intervalu po jedné sekundě. Hodnoty průtoků byly z řídicí jednotky z formátu CSV převedeny do tabulkového software Excel.

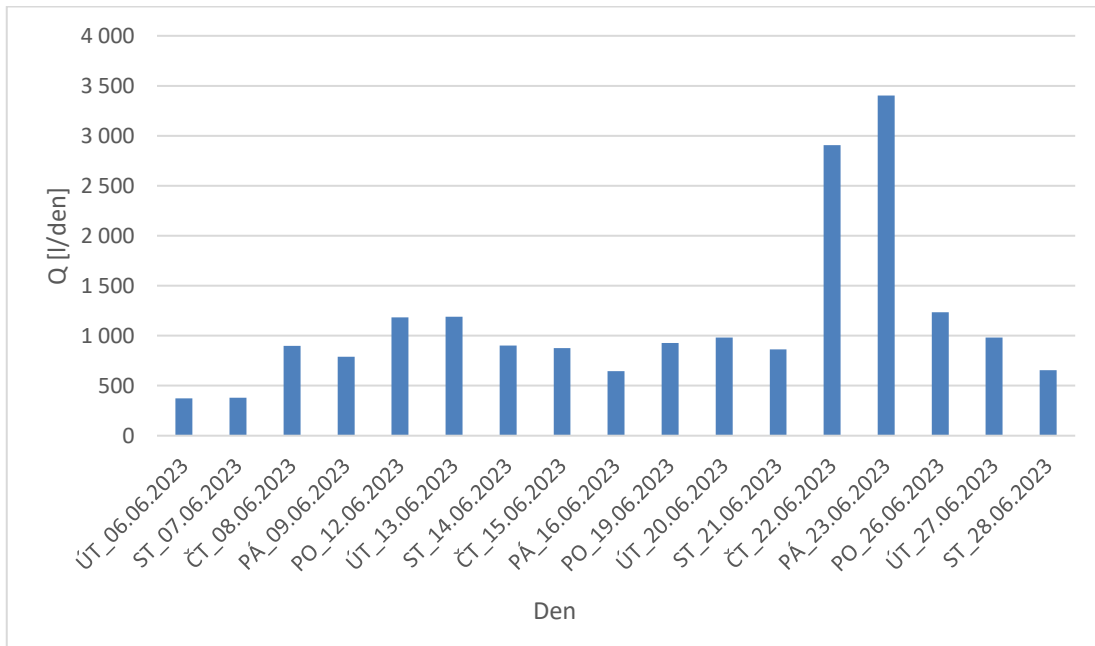
```
Master 'MASTER' V2.23.05 19.08.21
Date;Time;Index;Name;T(min)/°C;T(max)/°C;T(avg)/°C;Q(min)/L/min;Q(max)/L/min;Q(avg)/L/min;V/Liter
19/06/2023;10:23:02;Master;MASTER;14.7;14.7;14.7;0.0;0.0;0.0;0.0;
19/06/2023;10:23:03;Master;MASTER;14.7;14.7;14.7;0.0;0.0;0.0;0.0;
19/06/2023;10:23:04;Master;MASTER;14.6;14.6;14.6;6.5;6.5;6.5;0.1;
19/06/2023;10:23:05;Master;MASTER;14.6;14.6;14.6;16.7;16.7;16.7;0.2;
19/06/2023;10:23:06;Master;MASTER;14.6;14.6;14.6;18.9;18.9;18.9;0.3;
19/06/2023;10:23:07;Master;MASTER;14.5;14.5;14.5;16.0;16.0;16.0;0.2;
19/06/2023;10:23:08;Master;MASTER;14.5;14.5;14.5;14.5;14.5;14.5;0.2;
```

Obrázek 21 příklad záznamu průtoků CSV soubor

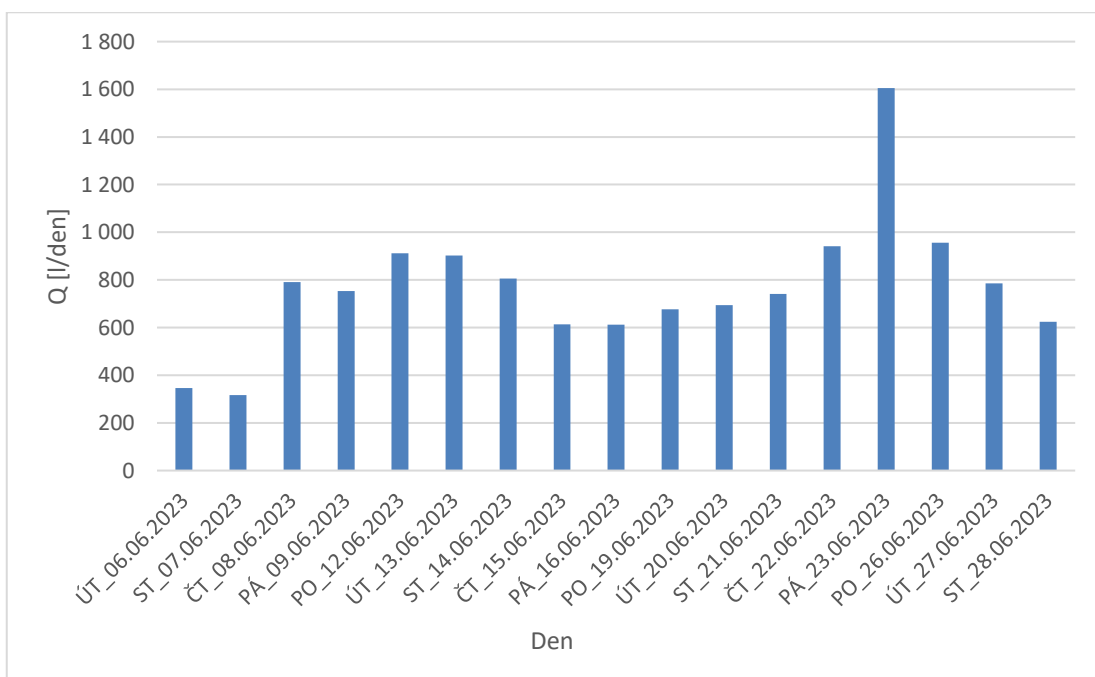
2.3.1 Zpracování naměřených dat

2.3.1.1 Denní rozbor

Získaná data byla uspořádána do jednotlivých listů podle dnů, víkendy nebyly zahrnuty. Záznamy průtoků byly následně rozděleny do dvou intervalů. První interval zahrnoval časový úsek, kdy ve škole probíhalo vyučování a úklid, od 6:00 do 16:00. Druhý časový interval pokrývá spotřebu teplé vody během celého dne, zahrnuje tak i množství odebrané teplé vody při pronájmu tělocvičny. Naměřené odběry viz graf 1 a 2.



Graf 1 Denní spotřeba teplé vody - 2. interval (00:00:00 - 23:59:59)



Graf 2 spotřeba teplé vody při vyučování – 1. interval (06:00:00 - 16:00:00)

Při porovnání časových intervalů spotřeby teplé vody bylo zjištěno: průměrná denní spotřeba teplé vody při vyučování je 769 l/den a celodenní průměrná spotřeba činí 1129 l/den. Průměrně se tak 68 % množství teplé vody spotřebuje během časového úseku, ve kterém probíhá vyučování a úklid školy. Zbytek 32 % je spotřebován mimo vyučování, především při pronájmu tělocvičny.

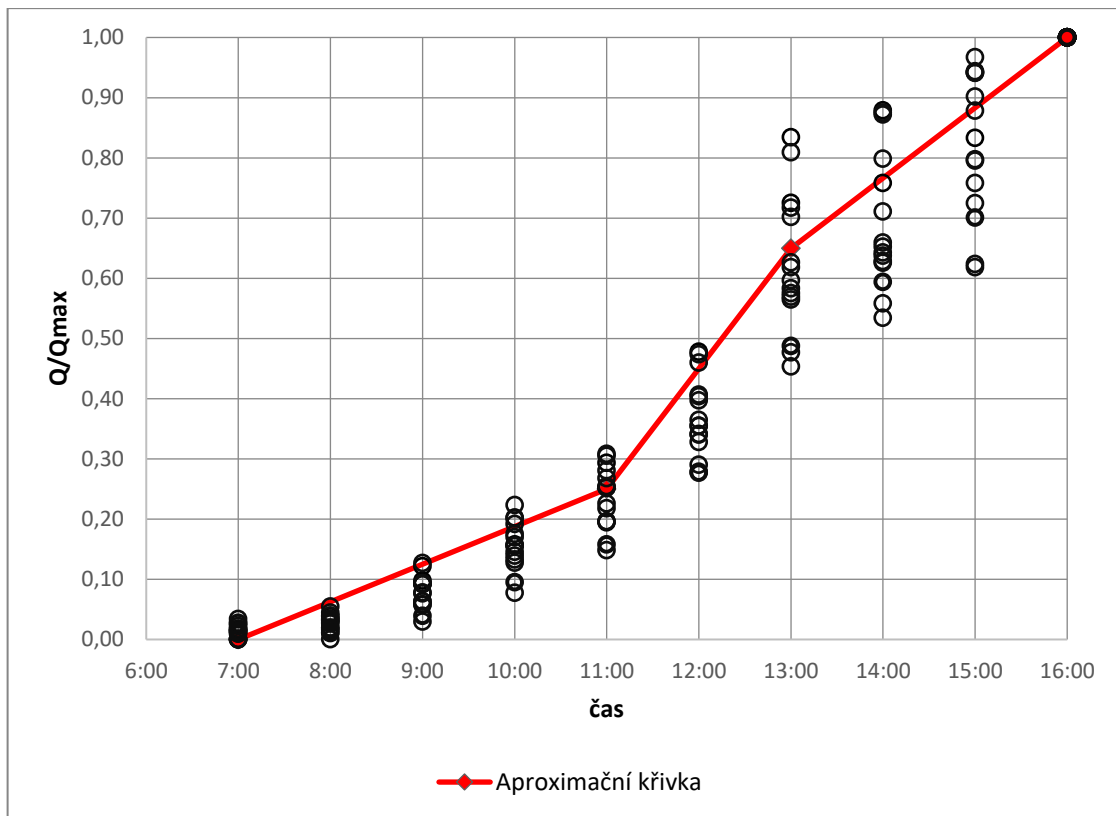
2.3.1.2 Hodinový rozbor dnů

Byly zjištěny tři časové úseky, při kterých dochází k maximální hodinové spotřebě teplé vody – tzv. hodinové odběrové špičce. Jedná se o časové intervaly 12:00-13:00, 15:00-16:00 a 21:00 -22:00. Z dat je možné usoudit, že největší množství odebrané teplé vody je způsobeno především umýváním rukou před obědem v poledních hodinách, úklidu školy po vyučování v odpoledních hodinách a večerních hodinách při pronájmu prostoru tělocvičny s hygienickým zázemím. Viz tabulka 3, $\tau_{Q_{max}}$ je časový úsek, při kterém bylo odebráno nejvíce teplé vody Q_{max} .

den, datum	Q_{max} [l]	$\tau_{Q_{max}}$ [h:min]
ÚT_06.06.2023	132,03	15:00 - 16:00
ST_07.06.2023	118,95	15:00 - 16:00
ČT_08.06.2023	217,58	15:00 - 16:00
PÁ_09.06.2023	175,47	12:00 - 13:00
PO_12.06.2023	249,13	14:00 - 15:00
ÚT_13.06.2023	219,20	21:00 - 22:00
ST_14.06.2023	239,66	12:00 - 13:00
ČT_15.06.2023	206,57	21:00 - 22:00
PÁ_16.06.2023	205,36	12:00 - 13:00
PO_19.06.2023	153,18	14:00 - 15:00
ÚT_20.06.2023	238,34	21:00 - 22:00
ST_21.06.2023	179,08	15:00 - 16:00
ČT_22.06.2023	857,15	21:00 - 22:00
PÁ_23.06.2023	643,08	21:00 - 22:00
PO_26.06.2023	285,07	12:00 - 13:00
ÚT_27.06.2023	301,33	12:00 - 13:00
ST_28.06.2023	222,23	12:00 - 13:00

Tabulka 3 Maximální množství odebrané teplé vody v časovém úseku

Pro zobrazení naměřených odběrů v průběhu dne byly odběry teplé vody do grafu 3 vyneseny v kumulativním poměru, kde Q je odběr teplé vody v časovém úseku a Q_{max} odebrané množství teplé vody během dne. Z grafu můžeme vidět jistý zvětšující se rozptyl množství odebrané teplé vody v průběhu dne. V dopoledních hodinách je rozdíl mezi jednotlivými dny minimální, v odpoledních hodinách rozdíl roste a dosahuje hodnoty až 0,4. Pro vyjádření jednotlivých procentuálních odběrů byl graf proložen aproximační – kumulativní křivkou, tj. křivkou odběru teplé vody. Průměrná aproximační křivka odběru znázorňuje trend odběru vody v pracovních dnech. Tvar křivky je přizpůsoben výrazným rozdílem odběru teplé vody v čase 11:00 a 13:00. Průběh křivky viz tabulka 4. [1]



Graf 3 Kumulativní odběry teplé vody interval 1 (06:00 - 16:00)

Čas [h:min]	Q/Q_{\max} [-]
7:00	0
11:00	0,25
13:00	0,65
16:00	1

Tabulka 4 Průběh aproximační křivky

Porovnání měřeného průtoku s výpočtovým průtokem Q_D

Pro veškeré zařizovací předměty napojené na teplou vodu byl stanoven výpočtový průtok v potrubí dle ČSN 75 5455 Výpočet vnitřních vodovodů. Výpočet je uveden v tabulce 5

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{Ai}^2 \cdot n_i)} \quad (1.1)$$

Kde: Q_{Ai} : jmenovitý výtok jednotlivými druhy odběrných míst [$l \cdot s^{-1}$]
 n_i : počet odběrných míst stejného druhu

Zařizovací předmět	ks	Q _A [l·s ⁻¹]	Q _D [l·s ⁻¹]
U	124	0,1	1,71
VL	13	0,2	
DJ	8	0,2	
VA	1	0,4	
B	2	0,1	
SM	17	0,2	

Tabulka 5 stanovení výpočtového průtoku

Pro srovnání byla ve všech dnech vyhledána maximální hodnota průtoku. Viz tabulka 6.

Maximální sekundový průtok se vyskytl ve čtvrtek 22.6.2023 21:54:06, jeho hodnota je 0,726 l·s⁻¹. Hodnota výpočtového průtoku se od maximálního naměřeného průtoku liší o 58 %. Lze předpokládat, že odběr je způsobený výhradně sprchami po pronájmu tělocvičny. Výpočtový průtok pro 12 sprch je 0,825 l·s⁻¹. Tento průtok přibližně odpovídá hodnotě naměřené.

den, datum	Q [l·s ⁻¹]
ÚT_06.06.2023	0,578
ST_07.06.2023	0,605
ČT_08.06.2023	0,578
PÁ_09.06.2023	0,472
PO_12.06.2023	0,508
ÚT_13.06.2023	0,497
ST_14.06.2023	0,570
ČT_15.06.2023	0,570
PÁ_16.06.2023	0,570
PO_19.06.2023	0,485
ÚT_20.06.2023	0,618
ST_21.06.2023	0,508
ČT_22.06.2023	0,726
PÁ_23.06.2023	0,660
PO_26.06.2023	0,582
ÚT_27.06.2023	0,670
ST_28.06.2023	0,61

Tabulka 6 maximální denní sekundový průtok

Přepočítání množství odebrané teplé vody na žáka

Celkový počet žáků ve škole je 615. Průměrná denní spotřeba teplé vody měřené od 06:00 do 16:00 je 769,09 l. Průměrná denní dávka teplé vody na jednoho žáka během měření byla 1,25 l/žák. To je velmi nízká hodnota. Je nutné si uvědomit, že skutečná průměrná dávka teplé vody bude vyšší. Do výpočtu není zahrnuta absence žáků a počítá tak každodenní 100 % účastí.

2.4 Aplikace tématu na zadané budově

V této kapitole jsou pro zadaný objekt vypracovány varianty ohřevu teplé vody. Následně jsou řešení porovnávána a výhodnější je zakresleno do projektu.

Základní údaje:

- 640 žáků
- 56 pracovníků
- 696 osob celkem
- Podlahová plocha 5947 m²

Jedná se o budovu střední školy, objekt je členěn do třech pavilonů. Budova má zděný konstrukční systém. Má jedno podzemní podlaží a 4 nadzemní podlaží. Ve čtvrtém podlaží je vybudována nadstavba. Střechy nad původní budovou jsou šikmé s taškami, střecha nad nadstavbou a velkou tělocvičnou je plochá.

2.4.1 1. Varianta – zásobníkový ohřev dle ČSN 06 0320

Pro správný návrh ohřevu teplé vody je důležité znát profil odběru teplé vody. V normě je uvedena pouze poměrová křivka pro bytový dům, ostatní objekty chybí. Norma umožňuje projektantovi stanovit si křivku odběru měřením na obdobném zařízení.

Při výpočtu byla použita křivka odběru, která byla stanovena měřením odběrů teplé vody na základní škole. Při užití takovéto křivky je nutné pamatovat na to, že průběh závisí především na provozu objektu. Dá se tedy předpokládat, že z pohledu denního režimu, který je na základní a střední škole obdobný, budou křivky vykazovat podobný průběh. I tak se ale ve výpočtu předpokládá značná odchylka mezi křivkou budoucí skutečnou a křivkou výchozí, která byla použita při výpočtu. Předpokládaná příčina odchylky obou křivek je skutečnost, že ve výchozí odběrové křivce na základní škole nejsou zahrnuty odběry spojené s přípravou pokrmů. Kuchyně a jídelna měla vlastní zdroj teplé vody. Umyvadla ve třídách byla napojena pouze na studenou vodu. Zatímco v navržené budově se nachází stravování formou-pouze výdej, a tak spotřeba vody na umývání nádobí bude mít dopad na zvýšenou spotřebu vody v odpoledních hodinách oproti výchozí odběrové křivce. Umyvadla ve třídách jsou napojena na teplou vodu

Teoretická potřeba tepla na ohřev se dle normy stanoví pro mytí osob, nádobí a úklid. Pro stanovení teoretické potřeby tepla byla použita příloha C3 normy, která stanovuje potřebu tepla (Q_{2T}) vztaženou na měrnou jednotku. Celková potřeba teplé vody viz tabulka 7

Činnost	Měrná jednotka	Teplo Q_{2T} [kWh·per ⁻¹]	Objem teplé vody V_{2T} [m ³ ·per ⁻¹]	Počet měrných jednotek	Celková potřeba tepla [kWh]	Celková potřeba teplé vody [m ³]
Umývání	1 žák	0,8	0,02	640	512,0	12,8
Úklid	100 m ²	0,8	0,02	59,5	47,6	1,2
Výdej jídla	1 jídlo	0,1	0,001	696	69,6	0,7
Celkem:					629,2 kWh	14,7 m ³

Tabulka 7 celková potřeba tepla pro ohřev teplé vody

Teplo ztracené distribucí a při ohřevu

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody během dne se stanoví vynásobením celkové potřeby tepla součinitelem poměrné ztráty (Z). Součinitel se uvažuje s hodnotou 0,5

$$Q_{2Z} = Q_{2T} \cdot Z \quad (1.2)$$

$$Q_{2Z} = 629,2 \cdot 0,5 = 314,6 \text{ kWh}$$

Teplo dodané ohřivačem během periody

$$Q_{1P} = Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2Z} \quad (1.3)$$

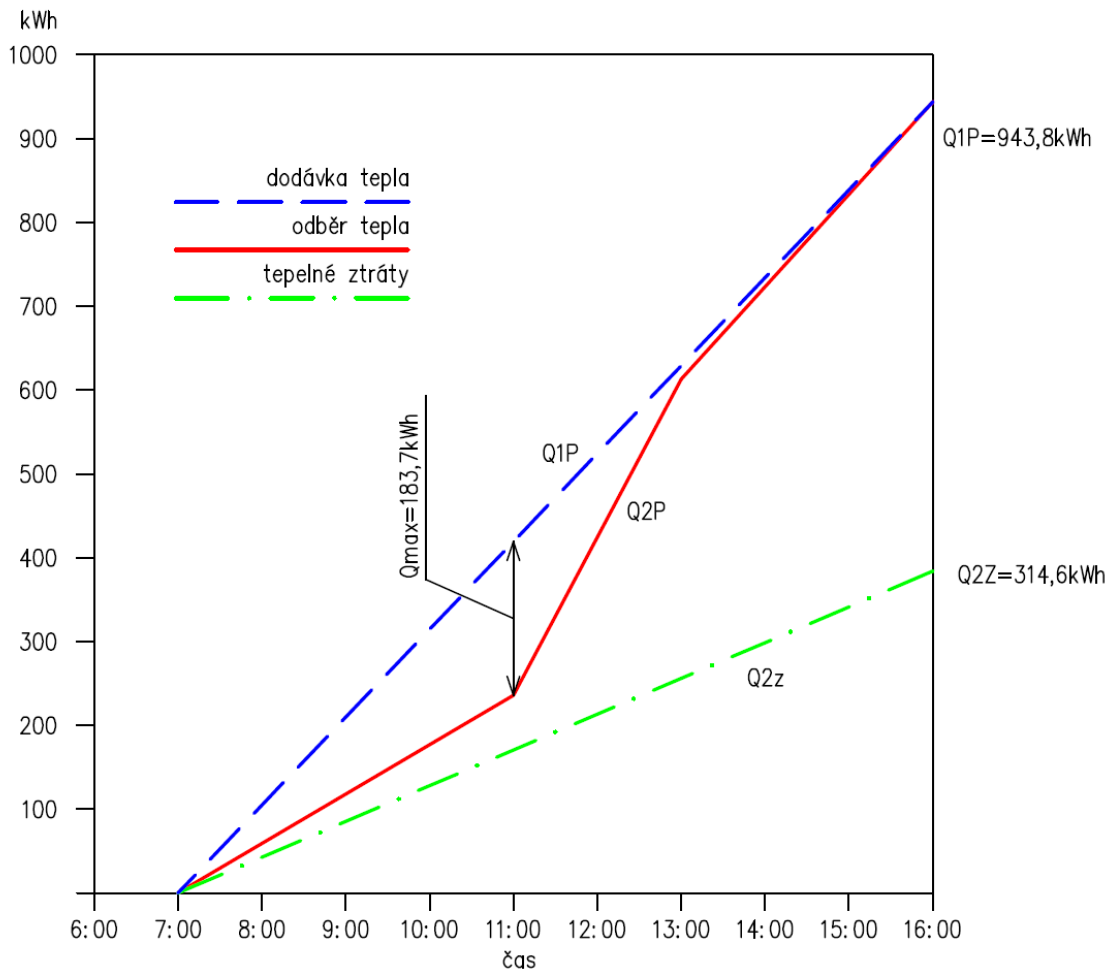
$$Q_{1P} = Q_{2P} = 629,2 + 314,6 = 943,8 \text{ kWh}$$

Poměrná křivka odběru objemu teplé vody:

Norma neuvádí žádnou poměrovou křivku odebraného množství teplé vody pro školní objekty. Průběh odběrové křivky byl stanoven dle průběhu aproximační křivky stanovené na základě měření odběrů teplé vody na školním objektu.

Čas [h:min]	Q/Q_{\max} [-]	Q_{2T} [kWh]
7:00	0	0,0
11:00	0,25	236,0
13:00	0,65	613,5
16:00	1	943,8

Tabulka 8 Průběh křivky odběru tepla



Tabulka 9 graf průběhu tepelných ztrát, dodávky a odběru tepla

Velikost zásobníku

Se stanoví z maximální pořadnice mezi křivkou dodávky tepla a odběru tepla.

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad (1.4)$$

$$V_z = \frac{183,7}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 3,5 \text{ m}^3$$

Jmenovitý tepelný výkon ohřivače

Ohřev teplé vody v ohřivači bude probíhat 24 hodin denně.

$$\phi_{1n} = \frac{Q_1}{t} \quad (1.5)$$

$$\phi_{1n} = \frac{943,8}{24} = 39,3 \text{ kW}$$

Rozdíl teplot v ohřivači

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} [K] \quad (1.6)$$

Kde: T_1 : teplota přívodní topné vody [°C]
 T_2 : teplota vratné topné vody [°C]
 t_1 : teplota studené vody [°C]
 t_2 : teplota teplé vody [°C].

$$\Delta t = \frac{(65 - 55) - (55 - 10)}{\ln \frac{(65 - 55)}{(55 - 10)}} = 23,27K$$

Teplosměnná plocha

$$A = \frac{Q_{z,ov}}{U \cdot \Delta t} [m^2] \quad (1.7)$$

Kde $Q_{z,ov}$: výkon topné vložky zásobníkového ohřivače [W]
 U : součinitel prostupu tepla topné vložky [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

$$A = \frac{39300}{420 \cdot 23,27} = 4 m^2$$

2.4.2 2. Varianta – průtokový ohřev dle ČSN 06 0320

Při výpočtu výkonu průtokového ohřevu se uvažuje se součinitelem současnosti odběru z výtokových zařízení. Výkon průtokového ohřivače musí odpovídat okamžitému množství odebrané vody. Výpočet je v tomto případě založen na stanovení pomyslné odběrové špičky a návrhu výkonu průtokového ohřivače pro její pokrytí. Při stanovení odběrové špičky je uvažováno se současným použitím všech sprch a poloviny počtu umyvadel a dřezů v objektu. Tepelný výkon přítoku teplé vody jednotlivých baterií byly použity z tabulky C.1.

Tepelný výkon

$$\phi_{1n} = \sum (n_v \cdot q_v) \cdot s \quad (1.8)$$

$$\phi_{1n} = (8 \cdot 12) \cdot 1 + (77 \cdot 7,3) \cdot 0,5 + (3 \cdot 24,4) \cdot 0,5 = 414 kW$$

2.4.3 3. varianta – zásobníkový ohřev metodou zohledňující odběrovou špičku dle technického pravidla H-132 98

Objem zásobníkového ohřivače

$$V_Z = q_{TV,max} \cdot n \cdot k_{TV} \cdot \varphi \quad (1.9)$$

Kde: $q_{TV,max}$: maximální specifická potřeba teplé vody [$l \cdot m.j.^{-1} \cdot den^{-1}$]

n : počet spotřebních jednotek [žák]

K_{TV} : součinitel nerovnoměrnosti [$m.j. \cdot den$]

φ : součinitel mrtvého prostoru ohřivače [-]

Hodnoty K_{TV} jsou uváděny pro doby ohřevu 0,5, 1, 2, 3 hodiny. Výpočet je stanoven pro všechny časové varianty.

Výkon topné vložky

$$Q_{z,ov} = \frac{V_{z,skut} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{z \cdot 3600} + Q_{cirk} [kW] \quad (1.10)$$

Kde: $Q_{z,ov}$: výkon topné vložky zásobníkového ohřivače [kW]

$V_{z,skut}$: skutečný objem zásobníkového ohřivače [l]

ρ hustota vody [$kg \cdot l^{-1}$]

c měrná tepelná kapacita vody [$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

t_1 teplota studené vody [$^{\circ}C$]

t_2 teplota teplé vody [$^{\circ}C$]

t doba ohřevu vody [h]

Q_{cirk} tepelné ztráty rozvodu [kW]

Objem zásobníku:

$$V_{Z0,5} = (8 \cdot 696 + 50 \cdot 6 + 4 \cdot 696) \cdot 0,17 \cdot 1,15 = 1691 \text{ l}$$

$$V_{Z1,0} = (8 \cdot 696 + 50 \cdot 6 + 4 \cdot 696) \cdot 0,29 \cdot 1,15 = 2885 \text{ l}$$

$$V_{Z2,0} = (8 \cdot 696 + 50 \cdot 6 + 4 \cdot 696) \cdot 0,45 \cdot 1,15 = 4477 \text{ l}$$

$$V_{Z3} = (8 \cdot 696 + 50 \cdot 6 + 4 \cdot 696) \cdot 0,61 \cdot 1,15 = 6069 \text{ l}$$

Výkon topné vložky:

$$Q_{z,ov0,5} = \frac{1691 \cdot 1 \cdot 4,2 \cdot (55 - 10)}{0,5 \cdot 3600} + 4,5 = 178 \text{ kW}$$

$$Q_{z,ov1,0} = \frac{2885 \cdot 1 \cdot 4,2 \cdot (55 - 10)}{1,0 \cdot 3600} + 4,5 = 152 \text{ kW}$$

$$Q_{z,ov2,0} = \frac{4477 \cdot 1 \cdot 4,2 \cdot (55 - 10)}{2 \cdot 3600} + 4,5 = 118 \text{ kW}$$

$$Q_{z,ov3,0} = \frac{6069 \cdot 1 \cdot 4,2 \cdot (55 - 10)}{3 \cdot 3600} + 4,5 = 106 \text{ kW}$$

Výsledky jsou shrnuty v tabulce 10

Doba ohřevu [h]	K _{TV}	V _Z [l]	Q _Z [kW]
0,5	0,17	1691	178,0
1	0,29	2885	152
2	0,45	4477	118
3	0,61	6069	106

Tabulka 10 objem a výkon ohřivače dle technického pravidla H-132 98

2.4.4 4. Varianta – Průtokový ohřev dle technického pravidla H-132 98

Stanovení výpočtového průtoku V_D

$$V_D = a \cdot (\sum V_A)^b - c \quad (1.11)$$

Kde: a, b, c: konstanty dle typu budovy (škola) [-]

V_A: průtok odebíraný pro jednotlivá odběrná místa [l·s⁻¹]

Technické pravidlo uvádí průtok V_{Ai} na zařizovací předmět a výtokovou armaturu, celkový průtok viz tabulka 11.

Zařizovací předmět	ks	V _{Ai} [l·s ⁻¹]	V _A [l·s ⁻¹]
SM	8	0,2	1,6
VS	5	0,07	0,35
VL	6	0,3	1,8
DJ	1	0,07	0,07
DV	2	0,3	0,6
U, UM	77	0,07	5,39
		ΣV _A :	9,81

Tabulka 11 Výpočtový průtok V_A

$$V_D = 0,91 \cdot (9,81)^{0,31} - 0,38 = 1,5 \text{ l/s}$$

Výkon průtokového ohřivače Q_P

$$Q_P = V_D \cdot \rho \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \quad (1.12)$$

Kde: ρ: hustota [kg·l⁻¹]

c: měrná tepelná kapacita [kJ·kg⁻¹·K⁻¹]

t₁: požadovaná teplota [°C]

t₂: teplota studené vody [°C]

$$Q_P = 1,5 \cdot 1 \cdot 4,2 \cdot (55 - 10) = 284 \text{ kW}$$

2.5 Porovnání variant

Varianta – zásobníkový ohřev

Výhody a nevýhody této varianty vyplývají již z charakteristických vlastností zásobníkového ohřevu. Především se vypočítaný objem jeví jako předimenzovaný vlivem vysokých hodnot uvedených v normě.

„Všechny uvedené tabulky... (pozn. tabulky v příloze C normy ČSN 06 0320) vychází z měření denní spotřeby teplé vody v bytech v několika českých lokalitách. Spotřeba byla měřena o nedělích, kdy byla spotřeba o 50 % vyšší oproti všedním dnům.“ [1]

O tom, že jsou hodnoty spotřeby teplé vody a tepla v normě ČSN 06 0320 nadhodnocené může vypovídat i průměrná spotřeba teplé vody na žáka, která byla stanovena na obdobném zařízení. Spotřeba teplé vody na žáka byla 1,25 l/den. Je ale nutné toto číslo brát s patřičnou obezřetností. Jedná se o hodnotu, která byla stanovena měřením během 17 pracovních dnů. Hlavní výhodou je nízký požadavek na jmenovitý tepelný výkon ohříváče. Další výhodou jsou malé tlakové ztráty zásobníkového ohříváče v porovnání s deskovým výměníkem.

Nevýhody této varianty vyplývají především z pohledu provozu objektu. Za rok se uvádí průměrně 200 pracovních dnů ve školství. Dá se tedy předpokládat, že v průběhu roku je voda odebírána 200 dnů a zbylých 160 dnů v roce voda stagnuje. S narůstajícím stářím uložené vody v zásobníku se její kvalita zhoršuje. To bude mít za následek nutné provedení hygienické výměny vody v systému po dlouhé odstávce, například během letních prázdnin, kdy je třeba veškerou ohřátou vodu v systému vypustit a nahradit ji čerstvou a znovu ji ohřát. Dá se předpokládat, že takovýto úkon bude hlavně ekonomicky náročný z pohledu nutnosti napuštění a ohřátí celého objemu zásobníku. Během odstávky bude školní byt bez dodávky teplé vody. Dále je nutné si uvědomit, že po celou dobu provozu zásobníkového ohřevu vykazuje zásobník tzv. statické tepelné ztráty, které je potřeba dorovnávat ohřevem. Statické ztráty závisí na tepelné izolaci zásobníku a rozdílu teplot okolního vzduchu a teplé vody. Pro představu, technický list zásobníku Regulus RBC 1500 s objemem 1466 l uvádí statickou ztrátu 153 W. [15]

Další nevýhoda této varianty je velký prostor, který zásobníkový ohříváč zabírá. Pravděpodobně by muselo být použito více menších zásobníkových ohříváčů, které by bylo možné dopravit do místnosti v suterénu bez stavebních úprav. Případně by se jednalo o zakázkovou výrobu s montáží ohříváče přímo na místě.

Varianta – průtočný ohřev

Návrh se zakládá především na vhodně zvoleném výkonu deskového výměníku. Většina výhod a nevýhod tohoto způsobu vychází z jeho samotné podstaty. Při této variantě je akumulovaná objem teplé vody v systému minimální. To se projevuje ve snížení statické tepelné ztráty a doby stáří teplé vody v systému. Je tak snížena pravděpodobnost výskytu podmínek pro množení bakterií.

Výpočtem dle ČSN 06 0320 projektant musí určit výkon na základě předpovědi počtu zařizovacích předmětů které svým současným odběrem vytvoří odběrovou špičku. Technické pravidlo H-132 98 uvádí konkrétní vztah pro stanovení výpočtového průtoku dle počtu zařizovacích předmětů a výtoků, na který se následně navrhuje výkon průtokového ohřívače.

Vysoké požadavky jsou kladeny na regulaci teploty teplé vody za výměníkem. Regulace musí reagovat okamžitě na změny odběru teplé vody, a to v rozmezí odběru blízcího se $0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ až po maximální výkon.

2.6 Výběr varianty

Do projektu byla vybrána varianta 4 průtokový ohřev navržený dle technického pravidla H-132 98. Bylo tak rozhodnu především dle následujících bodů

- Vysoký výkon průtokového ohřevu bude zajištěný rozvodem CZT – teplárnou.
- Variantu je možné zabudovat do objektu bez nutnosti stavebních úprav a zabírá menší půdorysnou plochu.
- Variantou není v rozvodu akumulováno velké množství teplé vody, to má za důsledek snazší údržby a případné dezinfekce rozvodu.
- Odpadají vysoké tepelné statické ztráty způsobené akumulací velkého množství teplé vody.

Výkon průtokového ohřívače je stanoven na výpočtovém průtoku dle počtu zařizovacích předmětů a výtokových armatur, jsou do něj zahrnuty konstanty, které upravují výpočtový průtok, které by se daly označit jako konstanty zahrnující současnost používání výtokových armatur. Právě důvod, že varianta 4 se opírá o konkrétní vztah oproti variantě 2, ve které projektant musí odhadovat zařizovací předměty a jejich současnost. Byla upřednostněna varianta 4 s výkonem průtokového ohřívače 284 kW, který by měl více odpovídat provozu objektu.

3 VÝPOČTOVÁ ČÁST

3.1 Výpočty související s návrhem zdravotně technických a plynovodních instalací

3.1.1 Výpočet potřeby vody

Specifická denní potřeba vody

$$q_s = \frac{q_{rok}}{d} \quad (1.13)$$

Kde: q_{rok} : směrná roční potřeba vody dle vyhlášky č. 120/2011 Sb. [$m^3 \cdot os^{-1} \cdot rok^{-1}$]
 d : počet pracovních dnů

WC a tekoucí teplá voda: $5 / 200 = 0,025 m^3 \cdot den^{-1} \cdot os^{-1} = 25 l \cdot den^{-1} \cdot os^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $3 / 200 = 0,015 m^3 \cdot den^{-1} \cdot os^{-1} = 15 l \cdot den^{-1} \cdot os^{-1}$

Průměrná denní potřeba vody

$$Q_{dp} = q_s \cdot n \quad (1.14)$$

WC a tekoucí teplá voda: $25 \cdot 696 = 17400 l \cdot den^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $3 \cdot 696 = 2088 l \cdot den^{-1}$

Maximální denní potřeba vody

$$Q_{dpmax} = Q_{dp} \cdot k_d \quad (1.15)$$

Kde: k_d : součinitel denní nerovnoměrnosti [-]

WC a tekoucí teplá voda: $17400 \cdot 1,5 = 26100 l \cdot den^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $2088 \cdot 1,5 = 3132 l \cdot den^{-1}$

Maximální hodinová potřeba vody

$$Q_{hmax} = \frac{Q_{dpmax}}{t} \cdot k_h \quad (1.16)$$

Kde: t : doba provozu budovy během dne [-]
 k_h : součinitel hodinové nerovnoměrnosti [-]

WC a tekoucí teplá voda: $(26100/8) \cdot 2,2 = 7178 l \cdot h^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $(3132/8) \cdot 2,2 = 861,3 l \cdot h^{-1}$

Roční potřeba vody

$$Q_{rok} = q_{rok} \cdot n \quad (1.17)$$

WC a tekoucí teplá voda: $5 \cdot 696 = 3840 m^3 \cdot rok^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $3 \cdot 696 = 2088 m^3 \cdot rok^{-1}$

3.1.2 Výpočet potřeby teplé vody

Průměrná potřeba teplé vody

$$Q_{TVdp} = V_{w,f,day} \cdot f \quad (1.18)$$

Vzdělávací budovy:	$8 \cdot 696 = 5568 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$
Vzdělávací budovy – tělocvičny:	$50 \cdot 6 = 300 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$
Stravování 1 jídlo denně:	$4 \cdot 696 = 2784 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$

3.1.3 Výpočet odtoku splaškových vod

Výpočet vychází z denní potřeby vody: Q

Průměrný denní odtok splaškových vod

$$Q_{ds} = Q_s \cdot n \quad (1.19)$$

WC a tekoucí teplá voda:	$25 \cdot 696 = 17400 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí:	$3 \cdot 696 = 2088 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$

Maximální denní odtok splaškových vod

$$Q_{dsmax} = Q_{ds} \cdot k_d \quad (1.20)$$

Kde: k_d : součinitel denní nerovnoměrnosti [-]

WC a tekoucí teplá voda:	$17400 \cdot 1,5 = 26100 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí:	$2088 \cdot 1,5 = 3132 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$

Maximální hodinový odtok splaškových vod:

$$Q_{hmax} = \frac{Q_{dmax}}{t} \cdot k_h \quad (1.21)$$

Kde: t : doba provozu budovy během dne [-]
 k_h : součinitel hodinové nerovnoměrnosti [-]

WC a tekoucí teplá voda:	$(26100/8) \cdot 2,2 = 7178 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí:	$(3132/8) \cdot 2,2 = 861,3 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$

Roční odtok splaškových vod

$$Q_{rok} = q_{rok} \cdot n \quad (1.22)$$

WC a tekoucí teplá voda:	$5 \cdot 696 = 3840 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí:	$3 \cdot 696 = 2088 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$

3.1.4 Výpočet odtoku srážkových vod

Redukovaná půdorysný průmět

$$A_{red} = \sum A_i \cdot \psi_i \quad (1.23)$$

$$A_{red} = 836,0 \cdot 0,3 + 107,0 \cdot 0,5 + 1573,1 \cdot 1 = 2268,0 \text{ m}^2$$

Roční odtok srážkových vod

$$Q_{rok} = A_{red} \cdot h_{rok} \quad (1.24)$$

$$Q_{rok} = 2268,0 \cdot 0,580 = 1315,4 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$$

3.1.5 Výpočet potřeby plynu

Výpočet vychází z předpokládané doby používání plynového kahanu při výuce. Uvažuje se denní používání 8. plynových kahanů v délce 1 h. po dobu 200 dnů.

$$Q_{rok} = 200 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 8 = 160 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$$

3.2 Dimenzování vnitřní kanalizace

Vnitřní kanalizace byla navržena dle ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace.

Výpočet průtoku splaškových vod

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\sum DU} \quad (1.25)$$

Kde: K: Součinitel odtoku [$l^{0,5} \cdot s^{-0,5}$]

DU: Výpočtový odtok [$l \cdot s^{-1}$]

Součinitel odtoku pro budovy s pravidelným používáním zařizovacích předmětů (z. p.)

K = 0,7.

3.2.1 Připojovací potrubí

Výpočet byl rozčleněn do tabulek po jednotlivých svislých odpadních potrubí a podlaží. Dimenzování viz příloha P1.

S10 4.NP	z.p.	DU [l·s ⁻¹]	ΣDU [l·s ⁻¹]	Q _{ww} [l·s ⁻¹]	DN/OD	Q _{max} [l·s ⁻¹]
PŘIPOJOVACÍ POTRUBÍ:						
1	PM	0,5	0,5	0,49	50	0,8
2	PM	0,5	1,0	0,70	50	0,8
3	PM	0,5	1,5	0,86	75	1,5
4	PM	0,5	2,0	0,99	75	1,5
5	PM	0,5	2,5	1,11	75	1,5

Tabulka 12 příklad dimenzování – připojovací potrubí

3.2.2 Odpadní potrubí

Hodnoty Hydraulické kapacity splaškového odpadního potrubí Q_{\max} byly převzaty z ČSN 75 6760. Kompletní tabulku dimenzování viz příloha P2.

	DU [l·s ⁻¹]	ks	DU [l·s ⁻¹]	ks	DU [l·s ⁻¹]	ks	DU [l·s ⁻¹]	ks	ΣDU [l·s ⁻¹]	Q _{ww} [l·s ⁻¹]	DN/OD	Q _{max} [l·s ⁻¹]
S1	0,5		0,6		2,0		2,5	1	2,5	1,11	110	4,0
S2	0,5		0,6	1	2,0	1	2,5		2,6	1,13	110	4,0
S3	0,5	1	0,6		2,0		2,5		0,5	0,49	75	1,5
S4	0,5	4	0,6		2,0		2,5		2,0	0,99	75	1,5

Tabulka 13 příklad dimenzování – svislé odpadní potrubí

3.2.3 Svodné kanalizační potrubí

Hodnoty Hydraulické kapacity svodného potrubí Q_{\max} byly převzaty z katalogu výrobce kanalizačních trub [27] a přepočítány pro stupeň plnění 70 %. Kompletní tabulku dimenzování viz příloha P3.

ÚSEK	SKLON [%]	ΣDU [l·s ⁻¹]	Q _{ww} [l·s ⁻¹]	DN/OD	Q _{max} [l·s ⁻¹]
SVODNÉ SPLAŠKOVÉ POTRUBÍ					
1 - 30'	2	2,5	1,11	110	10,4
30 - 30'	2	1,5	0,86	110	10,4
30' - 28'	2	4,0	1,40	110	10,4
28 - 29'	2	6,6	1,80	110	10,4
29 - 29'	2	3,7	1,35	125	14,8

Tabulka 14 příklad dimenzování – svodné splaškové potrubí

3.2.4 Přivzdušňovací ventil

Pro svislá odpadní potrubí, která nejsou zakončena větracím potrubím jsou navrženy přivzdušňovací ventily. Dimenze přivzdušňovacího ventilu byla stanovena dle výrobce [28]. Použity budou ventily HL900N s průtokem vzduchu $Q_{a,\max} = 37 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a redukční vložkou umožňující napojení potrubí DN/OD 110, 75, 50. Navržený ventil vyhovuje, pokud je splněna podmínka $Q_{a,\max} > Q_a$.

$$Q_a = 8 \cdot Q_{ww} \quad (1.26)$$

Dimenze přivzdušňovacích ventilů pro odpadní potrubí jsou uvede v tabulce 15.

OZN.	Q_{ww} [l·s ⁻¹]	Q_a [l·s ⁻¹]	DN/OD	$Q_{a,max}$ [l·s ⁻¹]
ODPADNÍ POTRUBÍ - HL900N				
S1	1,58	12,6	110	37
S2	1,13	9,0	110	37
S3	0,49	4,0	75	37
S6	1,66	13,3	110	37
S8	0,94	7,5	75	37
S12	1,84	14,7	110	37
S28	1,80	14,4	110	37
S29	1,35	10,8	110	37

Tabulka 15 dimenzování – přívzdušňovací ventil – odpadní potrubí

Z důvodu překročení maximální spádové výšky a v některých případech i délky připojovacího potrubí, byly na připojovacím potrubí navrženy přívzdušňovací ventily HL904, DN 50 s průtokem vzduchu $Q_{a,max} = 5,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

z. p.	Q_{ww} [l·s ⁻¹]	Q_a [l·s ⁻¹]	DN/OD	$Q_{a,max}$ [l·s ⁻¹]
VĚTRANÉ PŘIPOJOVACÍ POTRUBÍ – HL904				
VS	0,63	5,0	50	5,5
UM	0,38	3,1	50	5,5

Tabulka 16 dimenzování – přívzdušňovací ventil – připojovací potrubí

3.2.5 Sanitární kalová čerpadla

Pro zamezení vniknutí odpadních vod zpětným prouděním při vydatných deštích. Bylo pro zařizovací předměty, které se nachází pod hladinou vzduché vody, navrženo přečerpávání. Dimenzování bylo provedeno dle výrobce [29]. Pro navržení sanitárního kalového čerpadla je nutné stanovit tlakové ztráty výtlačného potrubí (TDH) a porovnat je s výtlačnou výškou čerpadla. Ekvivalentní délková tlaková ztráta 45° kolena pro PVC U DN 40 $L_{ekv,k} = 0,67$ byla převzata z tabulky [30].

$$TDH = H_{geo} + L \cdot L_{ekv} + n \cdot L_{ekv,k} \quad (1.27)$$

- Kde: TDH: minimální výtlačná výška čerpadla [m]
 H_{geo} : geostatická výška [m]
L: délka výtlačného potrubí [m]
 L_{ekv} : ekvivalentní délková tlaková ztráta dle průtoku [$\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$]
n: počet kolien
 $L_{ekv,k}$: ekvivalentní délková tlaková ztráta kolena [m]

Posouzení výtlačné výšky:

S2:

$$\text{WC} + \text{SM}: Q_{\text{ww}} = 1,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 4,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

navrženo PVC U PN10 DN 40, ekvivalentní tlaková ztráta $0,037 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$

$$H_{\text{geo}} = 2,0 \text{ m}; 4 \times \text{koleno } 45^\circ; L = 4,0 \text{ m}$$

$$\text{TDH} = H_{\text{geo}} + L \cdot L_{\text{ekv}} + n \cdot L_{\text{ekv,k}} = 2,0 + 4,0 \cdot 0,037 + 4 \cdot 0,67 = 4,8 \text{ m.}$$

Navrženo: Sanibroy Saniaccess 3, s čerpací výškou 5 m.

S3:

$$\text{U}: Q_{\text{ww}} = 0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

navrženo PVC U PN10 DN 40, ekvivalentní tlaková ztráta $0,011 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$

$$H_{\text{geo}} = 2,0 \text{ m}; 4 \times \text{koleno } 45^\circ; L = 2,3 \text{ m}$$

$$\text{TDH} = H_{\text{geo}} + L \cdot L_{\text{ekv}} + n \cdot L_{\text{ekv,k}} = 2,0 + 2,3 \cdot 0,011 + 4 \cdot 0,67 = 4,7 \text{ m.}$$

Navrženo: Sanibroy Saniaccess 2, s čerpací výškou 5 m.

S29:

$$\text{VL}: Q_{\text{ww}} = 1,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 4,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

navrženo PVC U PN10 DN 40, ekvivalentní tlaková ztráta $0,037 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$

$$H_{\text{geo}} = 2,1 \text{ m}; 4 \times \text{koleno } 45^\circ; L = 5,8 \text{ m}$$

$$\text{TDH} = H_{\text{geo}} + L \cdot L_{\text{ekv}} + n \cdot L_{\text{ekv,k}} = 2,2 + 5,8 \cdot 0,037 + 4 \cdot 0,67 = 5,0 \text{ m.}$$

Navrženo: Sanibroy Saniaccess 1, s čerpací výškou 5 m.

S29:

$$\text{WC} + \text{U}: Q_{\text{ww}} = 1,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 4,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

navrženo PVC U PN10 DN 40, ekvivalentní tlaková ztráta $0,037 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$

$$H_{\text{geo}} = 2,0 \text{ m}; 4 \times \text{koleno } 45^\circ; L = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{TDH} = H_{\text{geo}} + L \cdot L_{\text{ekv}} + n \cdot L_{\text{ekv,k}} = 2,0 + 2,4 \cdot 0,037 + 4 \cdot 0,67 = 4,8 \text{ m.}$$

Navrženo: Sanibroy Saniaccess 3, s čerpací výškou 5 m.

VP2:

$$\text{VP}: Q_{\text{ww}} = 0,99 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

navrženo PVC U PN10 DN 40, ekvivalentní tlaková ztráta $0,037 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$

$$H_{\text{geo}} = 4,8 \text{ m}; 7 \times \text{koleno } 45^\circ; L = 11,7 \text{ m}$$

$$\text{TDH} = H_{\text{geo}} + L \cdot L_{\text{ekv}} + n \cdot L_{\text{ekv,k}} = 5,1 + 11,7 \cdot 0,037 + 5 \cdot 0,67 = 8,5 \text{ m.}$$

Navrženo: Sanibroy UFB20035, s čerpací výškou 11 m.

3.3 Dimenzování dešťové kanalizace

Zemina v okolí školy vykazuje nevhodné vsakovací poměry, bylo tedy zvoleno řešení zadržování dešťové vody v retenční nádrži (RN) a následné regulované vypouštění do jednotné kanalizace. Z důvodu velkého rozsahu odvodňovaných ploch a omezeného prostoru pro umístění jedné objemnější retenční nádrže, byly dešťové svody rozděleny do dvou menších retenčních nádrží. První je umístěna před budovou školy (retenční nádrž 1), druhá ve dvoře školy

(retenční nádrž 2). Dimenzování svodného potrubí je rozděleno na dvě části, dle retenční nádrže.

3.3.1 Svislé dešťové odpadní potrubí

Hydraulické kapacity vnějších dešťových odpadních potrubí byly převzaty z normy ČSN 75 6760. Pro výpočet odtoku srážkových vod Q_r , byly použity následující součinitele odtoku:

$C = 1,0$ pro střechy s nepropustnou horní vrstvou

$C = 0,7$ pro střechy s vegetační vrstvou (100 mm), sklon 1–5 %

$C = 0,5$ pro dlažbu s pískovými spárami, sklon 1 %

$C = 0,3$ pro polyuretanový sportovní povrch hřiště

$$Q_r = i \cdot A \cdot C \quad (1.28)$$

Kde: Q_r : odtok srážkových vod [$l \cdot s^{-1}$]
 i : intenzita deště
 A : půdorys odvodňované plochy [m^2]
 C : součinitel odtoku [-]

	A_i [m^2]	i [$l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$]	C [-]	Q_r [$l \cdot s^{-1}$]	DN/ID	Q_{max} [$l \cdot s^{-1}$]
DEŠŤOVÉ ODPADNÍ POTRUBÍ – POZINK. PLECH						
D1	101,2	0,03	0,7	2,1	100	3,0
D2	180,5	0,03	1	5,4	125	6,0
D3	176,2	0,03	1	5,3	125	6,0
D4	69,2	0,03	1	2,1	100	3,0
D5	16,6	0,03	1	0,5	70	2,0
D6	111,9	0,03	1	3,4	125	6,0
D7	98,8	0,03	1	3,0	100	3,0
D8	134,5	0,03	1	4,0	125	6,0
D9	114,5	0,03	1	3,4	125	6,0
D10	116	0,03	1	3,5	125	6,0
D11	56,2	0,03	0,7	1,2	70	2,0
D12	107	0,03	0,5	1,6	100	3,0
D13	73,7	0,03	1	2,2	100	3,0
D14	132,8	0,03	0,7	2,8	125	6,0
D15	75,8	0,03	1	2,3	100	3,0
D16	102,3	0,03	1	3,1	125	6,0
D17	135	0,03	0,7	2,8	125	6,0
D18	132,8	0,03	0,7	2,8	125	6,0
D19	171,7	0,03	1	5,2	125	6,0
D20	131,4	0,03	1	3,9	125	6,0
D21	836	0,03	0,3	7,5		

Tabulka 17 dimenzování – dešťové odpadní potrubí

3.3.2 Svodné dešťové potrubí

Hodnoty hydraulické kapacity svodného dešťového potrubí byly převzaty z katalogu výrobce. [27] A byly přepočítány na stupeň plnění 70 %.

ÚSEK	SKLON [%]	Q_r [$l \cdot s^{-1}$]	DN/OD	Q_{max} [$l \cdot s^{-1}$]	ÚSEK	SKLON [%]	Q_r [$l \cdot s^{-1}$]	DN/OD	Q_{max} [$l \cdot s^{-1}$]	
SVODNÉ DEŠŤOVÉ POTRUBÍ (RN 1)					SVODNÉ DEŠŤOVÉ POTRUBÍ (RN 2)					
1 - 11'	1	2,1	110	7,1	13 - 21'	1	2,2	110	7,1	
11' - 10'	1	4,9	110	7,1	21' - 20'	1	9,7	125	10,2	
10' - 9'	1	8,4	125	10,2	20' - 14'	1	13,7	160	19,7	
9' - 2'	1	11,8	160	19,7	14' - 1'	2,5	32,6	200	58,2	
2' - 1'	4	35,5	200	74,5	14 - 18'	1	2,8	125	10,2	
2 - 4'	1	5,4	125	10,2	18' - 17'	1	5,6	125	10,2	
4' - 3'	1	18,3	160	19,7	17' - 16'	1	8,4	125	10,2	
3' - 2'	1	23,6	200	35,8	16' - 15'	1	11,5	160	19,7	
3 - 3'	3	5,3	125	18,4	15' - 14'	1	13,8	160	19,7	
4 - 8'	3	2,1	110	12,8	15 - 15'	1	2,3	110	7,1	
8' - 7'	3,5	6,1	125	20,0	16 - 16'	1	3,1	125	10,2	
7' - RŠ	3,5	9,1	125	20,0	17 - 17'	1	2,8	125	10,2	
RŠ - 6'	3,5	9,1	160	38,5	18 - 18'	1	2,8	125	10,2	
6' - RŠ	3,5	12,4	160	38,5	19 - 14'	3	5,2	125	18,4	
RŠ	5'	1	12,4	160	19,7	20 - 20'	1	3,9	125	10,2
5' - 4'	1	12,9	160	19,7	21 - 21'	1	7,5	125	10,2	
5 - 5'	3	0,5	110	12,8						
6 - 6'	3	3,4	125	18,4						
7 - 7'	1	3,0	110	7,1						
8 - 8'	1	4,0	125	10,2						
9 - 9'	1	3,4	125	10,2						
10 - 10'	3	3,5	125	18,4						
11 - 12'	3	1,2	110	12,8						
12' - 11'	3	2,8	110	12,8						
12 - 12'	3	1,6	110	12,8						

Tabulka 18 dimenzování – svodné dešťové potrubí

3.3.3 Retenční nádrže

Specifický odtok q

Brněnské vodovody a kanalizace stanovují specifický odtok z pozemku stavby na $q = 10 l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$. Celková odvodňovaná plocha z objektu školy činí 3074,1 m². Povolený odtok dešťové vody kanalizační přípojkou: $(10 \cdot 3074,1)/10000 = 3,1 l \cdot s^{-1}$.

Regulovaný odtok nádrží Q_o

Retenční nádrž před školou zadržuje dešťovou vodu z 1181,9 m² redukované plochy (A_{red}).

Retenční nádrž ve dvoře školy zadržuje dešťovou vodu z 1086,1 m² redukované plochy. Poměrem byl stanoven regulovaný průtok obou nádrží:

regulovaný průtok retenční nádrže 1: $1181,9/2268 \cdot 3,1 = 1,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

regulovaný průtok retenční nádrže 2: $3,1 - 1,6 = 1,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Objem retenčních nádrží V_r

Retenční nádrže byly navrženy dle ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod. Ve výpočtu byly použity návrhové úhrny srážek pro město Brno s periodicitou $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$. Objem retenční nádrže se stanoví pro každý časový interval a retenční nádrž zvlášť dle vztahu z ČSN 75 6760. Výpočet viz tabulka 19

$$V_r = \frac{w \cdot h_d}{1000} \cdot A_{red} - \frac{Q_o}{1000} \cdot t_c \cdot 60 \quad (1.29)$$

Kde: V_r : Retenční objem nádrže [m³]
 h_d : navrhovaný úhrn srážek [mm]
 A_{red} : redukováná plocha odvodňované plochy [m²]
 Q_o : regulovaný odtok z retenční nádrže [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]
 t_c : doba trvání srážek

Retenční nádrž 1			Retenční nádrž 2		
t_c	h_d	V_r	t_c	h_d	V_r
[min]	[mm]	[m ³]	[min]	[mm]	[m ³]
5	11,1	12,6	5	11,1	11,6
10	15,7	17,6	10	15,7	16,2
15	19,4	21,5	15	19,4	19,7
20	21,6	23,6	20	21,6	21,7
30	25,1	26,8	30	25,1	24,6
40	28,2	29,5	40	28,2	27,1
60	31	30,9	60	31	28,4
120	38,9	34,4	120	38,9	31,7
240	43,8	28,7	240	43,8	26,4
360	47,3	21,3	360	47,3	19,6
480	48,6	11,3	480	48,6	10,4
600	49,3	0,6	600	49,3	0,5
720	50	-10,1	720	50	-9,3
1080	52,2	-42,1	1080	52,2	-38,7
1440	53,8	-74,8	1440	53,8	-68,8
2880	63,9	-201,3	2880	63,9	-185,0
4320	70,9	-331,4	4320	70,9	-304,6

Tabulka 19 Dimenzování – objem retenčních nádrží

Akumulační prostor retenční nádrže bude proveden ze vsakovacích bloků AS-NIDAPLAST EP 400 pro zelené plochy a silnice. Rozměry bloku: D x Š x V: 2,4 x 1,2 x 0,52 m. Akumulační schopnost 95 % - 1,422 m³.

Počet vsakovacích bloků

Retenční nádrž 1: 34,4 / 1,422 = 24,2 ks.

Navrženo. 28 ks, celkový akumulační objem bloků 39,82 m³

Retenční nádrž 2: 31,7 / 1,422 = 22,3 ks.

Navrženo. 24 ks, celkový akumulační objem bloků 34,13 m³

Návrh drenážního potrubí

Dešťová voda je po retenční nádrži rozváděna drenážním potrubím, které je uloženo pod vsakovacími bloky. Pro zamezení zpětného vzduť dešťové vody musí být průtok drenážním potrubím Q_{dd} větší než přítok dešťové vody Q_c , na který je retenční nádrž navržena. Výpočetní vztah dle výrobce. [32]

$$Q_{dd} = 2100 \cdot D^2 \cdot \sqrt{h + \frac{D}{2}} \quad (1.30)$$

Kde: Q_{dd} : průtok drenážním potrubím [$l \cdot s^{-1}$]

D: průměr drenážního potrubí [m]

h: polovina výšky retenční nádrže [m]

Předpokládaný průměr drenáže: D = 0,15 m. Polovina výšky retenční nádrže h = 1,04 m.

$$Q_{dd} = 2100 \cdot 0,15^2 \cdot \sqrt{1,04 + \frac{0,15}{2}} = 50 l/s$$

Přítok do nádrže 1: $Q_c < Q_{dd}$: 35,5 < 50 $l \cdot s^{-1}$ VYHOVUJE

Přítok do nádrže 2: $Q_c < Q_{dd}$: 32,6 < 50 $l \cdot s^{-1}$ VYHOVUJE

Výpočet propustnosti drenážního potrubí:

Drenážní potrubí musí perforacemi rozvést přitékající srážkovou vodu po retenční nádrži. Průtok perforacemi drenážního potrubí, musí být vyšší než přítok dešťové vody do nádrže.

$$L \cdot 0,133 \cdot S \cdot \sqrt{h} > \alpha \cdot (Q_c - Q_o) \quad (1.31)$$

Kde: L: délka drenážního potrubí [m]

S: propustnost štěrbin [$cm^2 \cdot m^{-1}$]

α : koeficient bezpečnosti [-]

Nádrž 1: $S = 180 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$; $L = 8,4 \text{ m}$; $Q_c = 35,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$; $Q_0 = 1,6$

$$8,4 \cdot 0,133 \cdot 180 \cdot \sqrt{1,04} > 2 \cdot (35,5 - 1,6) = 205 > 68$$

Nádrž 2: $S = 180 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$; $L = 14,4 \text{ m}$; $Q_c = 32,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$; $Q_0 = 1,5$

$$14,4 \cdot 0,133 \cdot 180 \cdot \sqrt{1,04} > 2 \cdot (32,6 - 1,5) = 352 > 62$$

Vyhovuje

Je navrženo drenážní potrubí PE-HD DN 150, SN 8 s perforací $180 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$. Potrubí je navrženo po celé délce retenční nádrže.

3.3.4 Návrh pojistného přepadu střech

Návrh je proveden pro plochu střechu opatřenou atikou nad nástavbou. Pojistný přepad bude osazen na obou stranách spádované střechy. Výpočet je proveden dle ČSN 75 6760.

Odtok srážkových vod nouzovým přepadem Q_{not} pro střechy s minimálně dvěma vtoky

$$Q_{not} = 0,04 \cdot C \cdot A \quad (1.32)$$

Kde: C: součinitel odtoku srážkových vod [-]

A: půdorysná plocha střechy [m^2]

Délka hranatého nouzového přepadu L_w

$$L_w = \frac{24000 \cdot Q_{not}}{h^{1,5}} \quad (1.33)$$

Kde: h: výška umístění přepadu nad střechou [mm]

Pojistný přepad umístěný směrem do dvora:

$$Q_{not} = 0,04 \cdot 1 \cdot 355 = 14,2 \text{ l/s}$$

$$L_w = \frac{24000 \cdot 14,2}{100^{1,5}} = 341 \text{ mm}$$

Navržen 3x pojistný přepad s rozměry V x Š: 50 x 150 mm. 3 x 150 = 450 > 341 mm

VYHOVUJE

přepad umístěný směrem do ulice

$$Q_{not} = 0,04 \cdot 1 \cdot 394 = 15,8 \text{ l/s}$$

$$L_w = \frac{24000 \cdot 15,8}{100^{1,5}} = 380 \text{ mm}$$

Navržen 3x pojistný přepad s rozměry V x Š: 50 x 150 mm. 3 x 150 = 450 > 380 mm

VYHOVUJE

3.3.5 Kanalizační přípojka

Dimenze kanalizační přípojky se navrhuje na větší průtok odpadních vod Q_{rw} dle vztahu 1.34 a 1.35.

$$Q_{rw} = Q_{ww} + Q_c + Q_p + Q_o \quad (1.34)$$

$$Q_{rw} = 0,33 \cdot Q_{ww} + Q_c + Q_p + Q_r \quad (1.35)$$

Kde: Q_{ww} : průtok splaškových vod [$l \cdot s^{-1}$]
 Q_c : trvalý průtok [$l \cdot s^{-1}$]
 Q_p : čerpaný průtok [$l \cdot s^{-1}$]
 Q_r : průtok srážkových vod [$l \cdot s^{-1}$]
 Q_o : regulovaný průtok z retenčních nádrží [$l \cdot s^{-1}$]

$$Q_{rw} = 8,97 + 0 + 0 + 1,5 + 1,6 = 12,07 l \cdot s^{-1}$$

$$Q_{rw} = 0,33 \cdot 8,97 + 0 + 0 + 35,5 + 32,6 = 71,1 l \cdot s^{-1}$$

Je navržena jednotná kanalizační přípojka – kamenina DN 200, spád 7 %, $Q_{max} = 85,6 l \cdot s^{-1}$, $v = 3,6 m \cdot s^{-1}$. Průtočná rychlost v a hydraulická kapacita Q_{ww} byly stanoveny pro stupeň plnění 0,7. [32]

3.4 Vnitřní vodovod

Vnitřní vodovod byl navržen dle ČSN 75 54 55 výpočet vnitřních vodovodů. Použité materiály potrubí:

vodovodní přípojka:	HDPE 100 SDR 11
rozvody teplé, studené vody a cirkulace:	PE-RT/AL/PE-RT – Geberit Mepla
rozvody vnitřního požárního vodovodu:	Nerezová ocel – Geberit Mapress

Výpočtový průtok Q_D

Výpočtový průtok vody v přívodním potrubí pro střední školy se stanoví dle vztahu:

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{Ai}^2 \cdot n_i)} \quad (1.36)$$

Kde: Q_{Ai} : jmenovitý výtok jednotlivými druhy odběrných míst [$l \cdot s^{-1}$]
 n_i : počet odběrných míst stejného druhu

Tlakové ztráty místními odpory a třením

$$\Delta p_F = \frac{v^2}{2000} \cdot \rho \cdot \sum \zeta \quad (1.37)$$

Kde: Δp_F : tlaková ztráta místními odpory [kPa]
 v : rychlost proudění [$m \cdot s^{-1}$]
 ρ : hustota vody [$kg \cdot m^{-3}$]
 ζ : součinitel místního odporu [-]

$$\Delta p_R = \sum l_i \cdot R_i \quad (1.38)$$

Kde: Δp_R : tlaková ztráta třením [kPa]
 l_i : délka úseku [m]
 R_i : délková tlaková ztráta potrubí [kPa·m⁻¹]

Celková ztráta úseku je rovna součtu tlakových ztrát místních odporů a třením.

$$\Delta p_{FR} = \sum \Delta p_F \cdot \Delta p_R \quad (1.39)$$

Kde: Δp_{FR} : tlaková úseku [kPa]

Při dimenzování vnitřního vodovodu bylo potrubí rozděleno na úseky dle průtoku. Pro studenou vodu byla při číslování úseků použita iniciála S, pro teplou vodu T. Při výpočtu tlakové ztráty místními odpory byla hodnota hustoty vody použita pro studenou vodu 999,7 kg·m⁻³ a teplou vodu 985,7 kg·m⁻³. Hodnoty součinitelů místních odporů tvarovek byly použity dle výrobce potrubí [33]. Součinitel místního odporu pro armatury byly převzaty z ČSN 75 5455.

Výpočty viz příloha P4.

3.4.1 Studená voda

V1	Q _A :	0,1		0,2		0,3		0,4		Q _b [l·s ⁻¹]	d _a x s [mm, (DN)]	v [m·s ⁻¹]	R [kPa·m ⁻¹]	l [m]	Δp _R [kPa]	Σζ [-]	Δp _F [kPa]	Δp _{FR} [kPa]
		Přib.	Celk.	Přib.	Celk.	Přib.	Celk.	Přib.	Celk.									
od S1	S2		0	1	1		0	0	0	0,20	20 x 2,5	1,13	1,27	1,1	1,39	26	16,34	17,73
S2	S3		0	1	2		0	0	0	0,28	20 x 2,5	1,7	2,57	1	2,57	2,6	3,76	6,33
S3	S4		0	1	3		0	0	0	0,35	26 x 3	1,11	0,86	1	0,86	1,4	0,86	1,72
S4	S5		0	1	4		0	0	0	0,40	26 x 3	1,27	1,09	1,1	1,20	1,4	1,13	2,33
S5	S6		0	1	5		0	0	0	0,45	26 x 3	1,43	1,33	1,1	1,46	15	15,74	17,20
S6	S7		0	1	6		0	0	0	0,49	26 x 3	1,59	1,60	0,5	0,80	1,4	1,77	2,57
S7	S8		0	1	7		0	0	0	0,53	26 x 3	1,75	1,89	0,8	1,51	1,4	2,14	3,66
S8	S9		0	1	8		0	0	0	0,57	32 x 3	1,13	0,63	0,5	0,32	1	0,64	0,95
S9	S10		0	1	9		0	0	0	0,60	32 x 3	1,13	0,63	0,3	0,19	1	0,64	0,83
S10	S11		0	1	10		0	0	0	0,63	32 x 3	1,22	0,73	4,8	3,50	6,7	4,98	8,49
S11	S12		0	10	20		0	0	0	0,89	32 x 3	1,7	1,29	4,4	5,68	1	1,44	7,12
S12	S13		0	10	30		0	0	0	1,10	40 x 3,5	1,29	0,59	1,1	0,65	4,3	3,58	4,23
S13	S14		0	10	40		0	0	0	1,26	40 x 3,5	1,46	0,74	3,7	2,74	6,9	7,35	10,09
S14	S15		0	4	44		0	0	0	1,33	40 x 3,5	1,58	0,85	8,9	7,52	18	22,59	30,11
S15	S16		0	4	48		0	0	0	1,39	40 x 3,5	1,65	0,90	8,9	8,02	0,9	1,22	9,24

Tabulka 20 příklad Dimenzování – studená voda

3.4.2 Teplá voda

V1	Q _A :	0,1		0,2		0,3		0,4		Q _D	d _a x s	v	R	l	Δp _R	Σζ	Δp _F	Δp _{FR}
		Přib.	Celk.	Přib.	Celk.	Přib.	Celk.	Přib.	Celk.									
od	do									[s ⁻¹]	[mm, (DN)]	[m·s ⁻¹]	[kPa·m ⁻¹]	[m]	[kPa]	[-]	[kPa]	[kPa]
od	do	Přib.	Celk.	Přib.	Celk.	Přib.	Celk.	Přib.	Celk.	[s ⁻¹]	[mm, (DN)]	[m·s ⁻¹]	[kPa·m ⁻¹]	[m]	[kPa]	[-]	[kPa]	[kPa]
T1	T2		0	1	1		0		0	0,20	20 x 2,5	1,13	0,95	1,7	1,61	26	16,11	17,72
T2	T3		0	1	2		0		0	0,28	20 x 2,5	1,7	1,93	1	1,93	2,6	3,70	5,63
T3	T4		0	1	3		0		0	0,35	26 x 3	1,11	0,64	1	0,64	1,4	0,85	1,49
T4	T5		0	1	4		0		0	0,40	26 x 3	1,27	0,81	0,5	0,41	1,4	1,11	1,52
T5	T6		0	1	5		0		0	0,45	26 x 3	1,43	1,00	4,9	4,90	15	15,22	20,12
T6	T7		0	5	10		0		0	0,63	32 x 3	1,22	0,55	4,3	2,37	1	0,73	3,10
T7	T8		0	5	15		0		0	0,77	32 x 3	1,41	0,70	1,2	0,84	4,7	4,61	5,45
T8	T9		0	6	21		0		0	0,92	32 x 3	1,7	0,97	3,3	3,20	7,7	10,97	14,17
T9	T10		0	4	25		0		0	1,00	40 x 3,5	1,17	0,37	8,9	3,29	18	12,21	15,50
T10	T11		0	4	29		0		0	1,08	40 x 3,5	1,29	0,44	8,9	3,92	0,9	0,74	4,65
T11	T12		0	4	33		0		0	1,15	40 x 3,5	1,34	0,48	35	16,70	14	12,12	28,83
T12	T13		0	9	42		0		0	1,30	40 x 3,5	1,52	0,59	0,2	0,12	0,9	1,02	1,14
T13	T14		0	1	43		0		0	1,31	40 x 3,5	1,52	0,59	3,4	2,01	0,9	1,02	3,04
T14	T15		0	2	45		0		0	1,34	40 x 3,5	1,58	0,63	2,6	1,64	10	12,67	14,32
T15	T16		0	10	55		0		0	1,48	40 x 3,5	1,75	0,21	4,1	0,84	4,3	6,49	7,33

Tabulka 21 příklad dimenzování – teplá voda

3.4.3 Požární vodovod

V objektu jsou navrženy hadicové systémy se s tvarově stálou hadicí DN 19, dosah hadice 30 m. Průtok pro jedno odběrné místo je 0,52 l·s⁻¹. Hadicové systémy jsou rozmístěny po patrech v objektu tak, aby bylo možné hasit alespoň jedním proudem vody. Požárně bezpečnostní řešení nebylo k dispozici.

Požární vodovod byl dimenzován pro současné zásobování nejvýše 3 odběrných míst.

Q _A :		0,52		Q _D	d _a x s	v	R	l	Δp _R	Σζ	Δp _F	Δp _{FR}
od	do	Přib.	Celk.	[l·s ⁻¹]	(DN)	[m·s ⁻¹]	[kPa·m ⁻¹]	[m]	[kPa]	[-]	[kPa]	[kPa]
P1	P2	1	1	0,52	(25)	1,01	2,701	4,6	12,4	1,04	0,53	12,96
P2	P3	1	2	1,04	(32)	1,29	2,572	4,4	11,3	0,43	0,36	11,68
P3	P4	0	2	1,04	(32)	0,87	1,09	2,1	2,29	1,86	0,70	2,99
P4	P5	0	2	1,04	(32)	0,87	1,33	36,3	48,3	2,16	0,82	49,10
P5	P6	1	3	1,56	(40)	1,31	1,42	11	15,6	0,77	0,66	16,28
P6	P7	0	3	1,56	(40)	1,31	1,42	19,1	27,1	1,37	1,17	28,29
P7	P8	0	3	1,56	(40)	1,31	1,42	6,9	9,8	1,79	84,03	93,82

Tabulka 22 Dimenzování – požární vodovod

3.4.4 Návrh tepelné izolace potrubí

Izolace vnitřního vodovodu teplé vody bude provedena z lamelových rohoží z kamenné vlny ROCKWOOL KLIMAMAT / LAROCK 40 ALS. Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti izolace je dle výrobce 0,039 W·m⁻¹·K⁻¹. Potrubí teplé vody bude izolováno tloušťkou 20 mm. Při užití větší tloušťky tepelné izolace nebylo možné navrhnout dimenze cirkulačního potrubí se zajištěním minimálního průtoku všemi větvemi 0,2 m·s⁻¹ dle ČSN 75 5455. Rozvody studené vody budou izolovány termoizolačními polyethylenovými trubicemi Mirelon pro s tloušťkou stěny 13 mm pro zamezení kondenzaci vodních par na povrchu potrubí.

3.4.4.1 Rozvody teplé vody

Návrh tloušťky tepelné izolace byl proveden dle vztahu:

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{d}\right) + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} \quad (1.40)$$

- Kde: U: součinitel přestupu tepla vztažený na jednotku délky [W·m⁻²·K⁻¹]
λ_{iz}: součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace [W·m⁻¹·K⁻¹]
d_{iz}: vnější průměr izolace [m]
d: vnější průměr trubky [m]
α_{iz}: součinitel přestupu tepla na povrchu izolace [W·m⁻¹·K⁻¹]

$d_a \times s$	d	d_{iz}	λ_{iz}	α_{iz}	U
[mm]	[m]	[m]	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
20 x 2,5	0,02	0,060	0,039	10	0,199
26 x 3	0,026	0,066	0,039	10	0,233
32 x 3	0,032	0,072	0,039	10	0,267
40 x 3,5	0,04	0,080	0,039	10	0,310
50 x 4	0,05	0,090	0,039	10	0,363

Tabulka 23 součinitel přestupu tepla – potrubí teplé vody

3.4.5 Návrh cirkulace teplé vody

Cirkulace teplé vody je navrhována s teplotním spádem 55/53 °C. Střední teplota $Q_{stř} = 54^\circ\text{C}$.

Délková tepelná ztráta potrubí q_t :

$$q_t = U \cdot (Q_{vzd} - Q_{stř}) \quad (1.41)$$

Kde: Q_{vzd} : teplota okolního vzduchu v místě vedení potrubí [$^\circ\text{C}$]

$Q_{stř}$: střední teplota [$^\circ\text{C}$]

$d_a \times s$	U	Q_{vzd}	$Q_{stř}$	q_t
[mm]	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$	$[\text{C}^\circ]$	$[\text{C}^\circ]$	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}]$
20 x 2,5	0,199	20	54	6,8
26 x 3	0,233	20	54	7,9
32 x 3	0,267	20	54	9,1
40 x 3,5	0,310	20	54	10,5
50 x 4	0,363	20	54	12,4
26 x 3	0,026	10	54	10,3
32 x 3	0,032	10	54	11,7
40 x 3,5	0,04	10	54	13,6
50 x 4	0,05	10	54	16,0

Tabulka 24 délková tepelná ztráta potrubí

Tepelná ztráta úseku přívodního potrubí q :

$$q = q_t \cdot l + l_{arm} + l_{ulož} \quad (1.42)$$

Kde: l : délka úseku přívodního potrubí

l_{arm} : délková přírážka pro tepelnou ztrátu izolované armatury [m]

$l_{ulož}$: délková přírážka pro teplotní ztrátu vlivem uložením potrubí [m]

Délková přírážka pro izolovanou armaturu byla uvažována 0,8m. délková přírážka vlivem uložení potrubí byla uvažována 20 % z délky úseku.

úsek / větev	$d_a \times s$ [mm]	q_t $W \cdot m^{-1}$	L [m]	l_{arm} [m]	$L_{ulož}$ [m]	L_{celk} [m]	q [W]	suma [W]
V1	26 x 3	7,94	4,3	0,8	0,86	5,96	47,3	142,3
	32 x 3	9,06	7,4	1,6	1,48	10,48	95,0	
V2	20 x 2,5	6,78	8,5		1,70	10,20	69,2	105,7
	26 x 3	7,94	2,5	1,6	0,50	4,60	36,5	
	40 x 3,5	10,54	8,9		1,78	10,68	112,5	112,5
V3	20 x 2,5	6,78	8,5		1,70	10,20	69,2	105,7
	26 x 3	7,94	2,5	1,6	0,50	4,60	36,5	
	40 x 3,5	10,54	9,0		1,80	10,80	113,8	113,8

Tabulka 25 příklad výpočtu tepelné ztráty přívodního potrubí

Kompletní tabulku výpočtu tepelné ztráty přívodního potrubí viz příloha P5

Výpočtový průtok cirkulace teplé vody Q_c :

$$Q_c = \frac{\sum q_i}{c \cdot \rho \cdot \Delta t} \quad (1.43)$$

- Kde: q: tepelná ztráta úseků [W]
c: měrná tepelná kapacita vody [$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
ρ: hustota vody [$kg \cdot m^{-3}$]
Δt: teplotní rozdíl (2) [°C]

$$Q_c = \frac{3758,4}{4,1817 \cdot 986,17 \cdot 2} = 0,456 \text{ l/s}$$

Rozdělení výpočtového průtoku cirkulace teplé vody:

$$Q_a = Q \cdot \frac{q_a}{q_a + q_b} \quad (1.44)$$

$$Q_b = Q - Q_a \quad (1.45)$$

- Kde: q_a, q_b : tepelné ztráty jednotlivých větví [W]
 Q_a, Q_b : výpočtový průtok v jednotlivých větvích [$l \cdot s^{-1}$]
Q: výpočtový průtok cirkulace před rozvětvením [$l \cdot s^{-1}$]

Výpočet je uspořádán do 2 tabulek podle směru výpočtu, viz tabulka 26 a 27.

směr V1

I/s	W	W	I/s	I/s
Q	q _a	q _b	Q _a	Q _b
C1(Q_c)	C1-C2	C1-C15	C1-C2	C1-C15
0,456	1943,586	1597,449	0,250	0,206
C2	C2-C6	C2-C3	C2-C6	C2-C3
0,250	1415,773	460,719	0,189	0,061
C3	C3-C4	C3-C5	C3-C4	C3-C5
0,061	169,966	208,932	0,028	0,034
C6	C6-C7	C6-C8	C6-C7	C6-C8
0,189	155,574	1142,575	0,023	0,166
C8	C8-C9	C8-C10	C8-C9	C8-C10
0,166	105,678	579,988	0,026	0,140
C10	C10-C11	C10-C12	C10-C11	C10-C12
0,140	105,678	360,504	0,032	0,109
C12	C12-C13	C12-C14	C12-C13	C12-C14
0,109	105,678	142,286	0,046	0,062

Tabulka 26 rozdělení výpočtového průtoku – směr stoupačka V1

směr V11

I/s	W	W	I/s	I/s
Q	q _a	q _b	Q _a	Q _b
C15	C15-C16	C15-C17	C15-C16	C15-C17
0,206	171,759	1334,050	0,023	0,182
C17	C17-C18	C17-C19	C17-C18	C17-C19
0,182	180,536	1019,328	0,027	0,155
C19	C19-C20	C19-C21	C19-C20	C19-C21
0,155	343,967	518,265	0,062	0,093
C21	C21-C22	C21-C23	C21-C22	C21-C23
0,093	49,675	154,998	0,023	0,070

Tabulka 27 rozdělení výpočtového průtoku – směr stoupačka V11

Návrh dimenze cirkulačního potrubí:

Dimenze cirkulačního potrubí byly navrženy dle průtoku příslušným úsekem s cílem zachovat rychlost proudění v mezích 0,2 – 0,5 m·s⁻¹. Hodnoty součinitelů místních odporů tvarovek byly použity dle výrobce potrubí [33]. Součinitel místního odporu pro armatury byly převzaty z ČSN 75 5455.

SMĚR V1

Úsek		Q_c	$d_a \times s$	v	R	l	$R \cdot l$	$\Sigma \zeta$	Δp_F	$R \cdot l + \Delta p_F$
od	do	[l·s ⁻¹]	[mm]	[m·s ⁻¹]	[kPa·m ⁻¹]	[m]	[kPa]	[-]	[kPa]	[kPa]
C1	C2	0,25	40 x 3,5	0,29	0,033	4,2	0,139	4,3	0,184	0,322
C2	C3	0,06	20 x 2,5	0,35	0,115	5	0,575	4,9	0,296	0,871
C3	C4	0,03	16 x 2,25	0,27	0,121	15,8	1,912	51,3	1,804	8,715
C3	C5	0,03	16 x 2,25	0,33	0,121	19	2,299	66,3	3,522	12,821
C2	C6	0,19	32 x 3	0,36	0,069	6	0,414	11,4	0,720	1,134
C6	C7	0,02	16 x 2,25	0,22	0,059	12,1	0,714	87,2	2,066	5,980
C6	C8	0,17	32 x 3	0,31	0,042	35,6	1,495	14,1	0,690	2,185
C8	C9	0,03	16 x 2,25	0,25	0,121	11,1	1,343	48,5	1,473	7,016
C8	C10	0,14	32 x 3	0,26	0,042	9	0,378	1,0	0,035	0,413
C10	C11	0,03	16 x 2,25	0,31	0,121	11,1	1,343	48,5	2,279	9,622
C10	C12	0,11	26 x 3	0,35	0,072	9,7	0,698	30,3	1,811	2,510
C12	C13	0,05	20 x 2,5	0,26	0,084	11,1	0,932	48,5	1,664	15,597
C12	C14	0,06	20 x 2,5	0,35	0,115	12,9	1,484	28,0	1,742	25,225

Tabulka 28 Dimenzování – cirkulační potrubí - směr V1

SMĚR V11

Úsek		Q_c	$d_a \times s$	v	R	l	$R \cdot l$	$\Sigma \zeta$	Δp_F	$R \cdot l + \Delta p_F$
od	do	[l·s ⁻¹]	[mm]	[m·s ⁻¹]	[kPa·m ⁻¹]	[m]	[kPa]	[-]	[kPa]	[kPa]
C1	C15	0,21	40 x 3,5	0,24	0,022	5,3	0,117	4,3	0,124	0,241
C15	C16	0,02	16 x 2,25	0,23	0,059	16,3	0,962	81,3	2,071	6,533
C15	C17	0,18	32 x 3	0,34	0,069	10,2	0,704	19,8	1,165	1,868
C17	C18	0,03	16 x 2,25	0,26	0,121	15,8	1,912	48,1	1,673	8,585
C17	C19	0,15	32 x 3	0,29	0,042	9,6	0,403	5,7	0,242	0,645
C19	C20	0,06	20 x 2,5	0,35	0,115	32,8	3,772	95,8	5,842	31,614
C19	C21	0,09	26 x 3	0,30	0,060	22	1,320	23,6	1,034	2,354
C21	C22	0,02	16 x 2,25	0,22	0,059	6	0,354	19,8	0,467	4,021
C21	C23	0,07	26 x 3	0,22	0,038	17,1	0,650	50,2	1,261	31,911

Tabulka 29 Dimenzování – cirkulační potrubí - směr V11

Návrh regulace cirkulačního potrubí:

Hydraulické vyvážení cirkulačního potrubí bude zajištěno termostatickými ventily s automatickou regulací průtoku dle nastavené teploty Herz 4011. Tlaková ztráta byla v závislosti na průtoku regulačním ventilem stanovena z grafu v technickém listu výrobce. [34]

větev	úsek		Q	Δp	KV
	od	do	[l·h ⁻¹]	[kPa]	[m ³ ·h ⁻¹]
V12	C19	C20	222,2	22	0,2
V11	C21	C23	253,5	30	0,3
V10	C21	C22	81,3	3,2	0,1
V9	C17	C18	98,7	5	0,1
V8	C15	C16	84,4	3,5	0,1
V7	C3	C5	121,9	7	0,1
V6	C3	C4	99,2	5	0,1
V5	C6	C7	81,4	3,2	0,1
V4	C8	C9	92,2	4,2	0,1
V3	C10	C11	114,7	6	0,1
V2	C12	C13	166,7	13	0,2
V1	C12	C14	224,4	22	0,2

Tabulka 30 Tlaková ztráta termostatických ventilů

Návrh tepelné izolace cirkulačního potrubí

Při návrhu tloušťky tepelné izolace bylo přihlíženo k ekonomické efektivnosti návrhu, do které vstupovaly parametry především pořizovací cena tepelné izolace, snížení tepelných ztrát tepelnou izolací a konečná celková tloušťka potrubí s tepelnou izolací. Bude použita stejná tepelná izolace jako pro rozvod teplé vody.

Dimenze [d _a x s]	Tloušťka izolace [mm]	Tepelná ztráta q [W]
20 x 2,5	20	6,6
26x3	30	6,3
32x3	30	7,1
40x3,5	40	7,0

Tabulka 31 Tloušťka tepelné izolace – potrubí cirkulace

Návrh cirkulačního čerpadla

Dopravní výška čerpadla cirkulačního potrubí

$$H = 0,1033 \cdot (\Delta p_{RF} + \sum \Delta p_{Ap}) \quad (1.46)$$

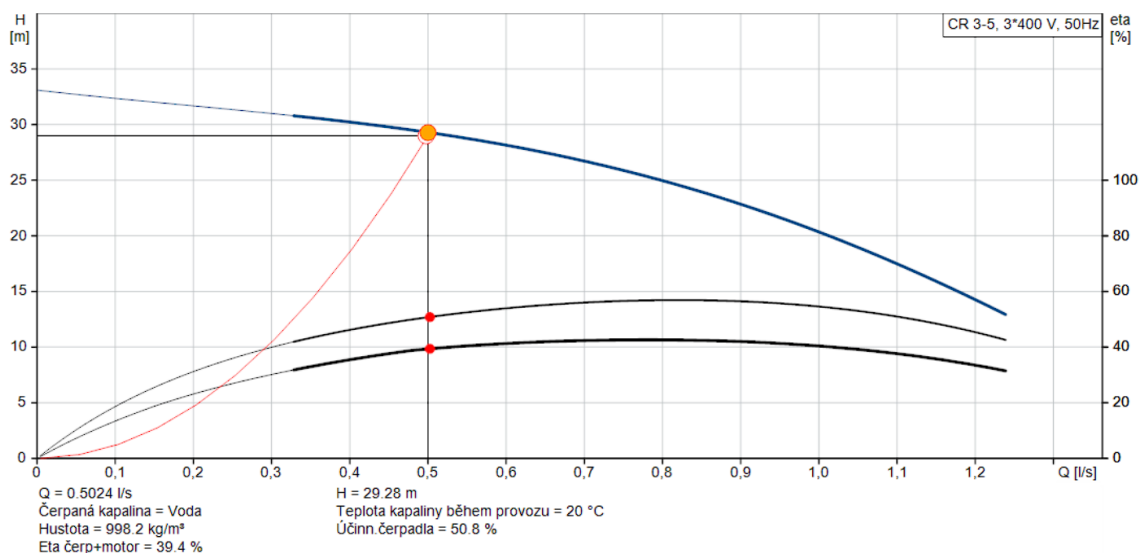
Kde: Δp_{Ap} : tlaková ztráta napojeným zařízením [kPa]

Δp_{FR} : tlakové ztráty v potrubí [kPa]

Nejdelší okruh cirkulačního a přívodního potrubí je od deskového výměníku po stoupačku V1. Tlaková ztráta výměníku je již započtena do úseku T16-T17.

$$H = 0,1033 \cdot (285,8 + 0) = 29,5 \text{ m}$$

Pro průtok 0,5 l/s a dopravní výšku 30 m bylo navrženo vícestupňové odstředivé čerpadlo Grundfos CR 3-5 A-A-A-E-HQQE



Obrázek 22 pracovní bod čerpadla

3.4.6 Návrh kompenzátorů

Kompenzátory byly navrženy dle výrobce potrubí [33]

Změna délky potrubí vlivem teplotní roztažnosti

$$\Delta l = L \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (1.47)$$

Kde: L: délka potrubí [m]
 α : teplotní součinitel délkové roztažnosti [mm·m⁻¹·K⁻¹]
 ΔT : rozdíl teplot [K]

Stanovení rozměru kompenzátoru typu „L“

$$L_B = \frac{C \cdot \sqrt{d \cdot \Delta l}}{1000} \quad (1.48)$$

Kde: L_B: charakteristický rozměr kompenzátoru [m]
 d: vnější průměr potrubí [mm]
 Δl : změna délky potrubí [m]
 C: materiálová konstanta pro kompenzátor typu „L“

Stanovení rozměru kompenzátoru typu „U“

$$L_B = \frac{U \cdot \sqrt{d \cdot \Delta l}}{1000} \quad (1.49)$$

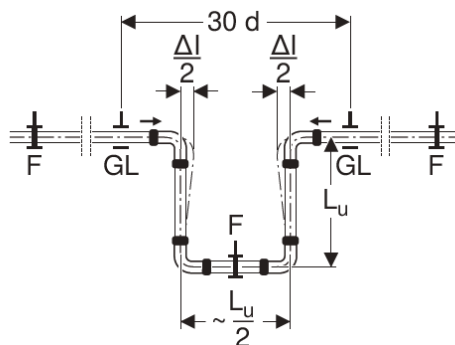
Kde: U: materiálová konstanta pro kompenzátor typu „U“

Výpočet byl uspořádán do tabulky, kompenzátory jsou označeny dle čísla místnosti. Viz tabulka 32.

č.m.	d	L	α	C	U	ΔT	Δl	LB	LU
	[mm]	[m]	0	[-]	[-]	[°C]	[mm]	[m]	[m]
009	40	31	0,026		19	45	36,27		0,72
020	32	15	0,026	33		45	17,55	0,78	
137	40	20	0,026		19	45	23,4		0,58
104	40	34	0,026	33		45	39,78	1,32	
125	32	23	0,026		19	45	26,91		0,56
221	26	17	0,026		19	45	19,89		0,43

Tabulka 32 Stanovení charakteristického rozměru kompenzátoru

V případě kompenzátoru typu „L“ je LB vzdálenost nejbližšího kluzného bodu potrubí. Kompenzátor typu „U“ se navrhne dle schématu od výrobce



Tabulka 33 schéma kompenzátoru typu "U" [33]

3.4.7 Posouzení objemu potrubí teplé vody

Objem potrubí teplé vody od nejvzdálenější výtokové armatury po ohřívač, nebo odbočku z přívodního potrubí teplé vody s cirkulací musí být maximálně 3 litry. Výpočet je uveden v tabulce, kde V_w je objem potrubí dimenze vztažený na 1 metr délky. V tabulce jsou uvedeny délky jednotlivých dimenzí potrubí v posuzovaném úseku. Výsledný objem úseku V je roven sumě součinů jednotlivých délek potrubí s příslušným objemem V_w . Byly posouzeny pouze úseky se značně velkou délkou a dimenzí. Úseky jsou označeny dle čísla místnosti, ve které se odběrné místo nachází.

Úsek		$d_a \times s$: [mm]	16x2,25	20x2,5	26x3	32x3	50x4	V
č.m.	z.p.	V_w : [$l \cdot m^{-1}$]	0,104	0,177	0,314	0,531	1,385	[l]
142	SM		3,6	5,6	5,13			3,0
110	UM		7,5					0,8
406	UM		3,7	2,17	0,3			0,9
215	VS		5,2	2,9	4,8	0,3		2,7
112	DV		2,13	0,7	8	0,3		3,0
112	DV		4,3		7,1	0,3		2,8
219	UM		11					1,1
14	U		4	6,9				1,6

Tabulka 34 posouzení objemového kritéria teplé vody

3.4.8 Návrh vodoměrů:

Vodoměry byly navrženy dle ČSN 75 5409. Přetěžovací průtok nesmí být menší než výpočtový průtok Q_D , minimální průtok vodoměru nesmí být větší než nejmenší jmenovitý výtok armatury v objektu.

Vodovodní přípojka:

$$\text{Výpočtový průtok} \quad Q_D = 2,69 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 2,68 \cdot 3,6 = 9,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Minimální jmenovitý výtok} \quad Q_{A,\min} = 0,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 0,1 \cdot 3,6 = 0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Navržený vodoměr: Enbra IALF/IALC DN 40 [35]

$$\text{Trvalý průtok} \quad Q_3 = 16 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Přetěžovací průtok} \quad Q_4 = 20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Minimální průtok} \quad Q_1 = 0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Tlaková ztráta} \quad \Delta p_{WM} = 11,5 \text{ kPa}$$

Posouzení:

$$Q_4 > Q_D \quad 20 > 9,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_3 > Q_D \quad 16 > 9,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_{A,\min} > Q_1 \quad 0,36 > 0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

NAVRŽENÝ VODOMĚR VYHOVUJE

Školní byt – studená voda

$$\text{Výpočtový průtok} \quad Q_D = 0,46 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 0,45 \cdot 3,6 = 1,66 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Minimální jmenovitý výtok} \quad Q_{A,\min} = 0,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 0,1 \cdot 3,6 = 0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Navržený vodoměr: Enbra ETW ECO DN 15 [35]

$$\text{Trvalý průtok} \quad Q_3 = 1,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Přetěžovací průtok} \quad Q_4 = 2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Minimální průtok} \quad Q_1 = 0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Tlaková ztráta} \quad \Delta p_{WM} = 9 \text{ kPa}$$

Posouzení:

$$Q_4 > Q_D \quad 2,0 > 1,66 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_3 \sim Q_D \quad 1,6 \sim 1,66 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_{A,\min} > Q_1 \quad 0,36 > 0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

NAVRŽENÝ VODOMĚR VYHOVUJE

Školní byt – teplá voda

Výpočtový průtok $Q_D = 0,35 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 0,35 \cdot 3,6 = 1,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Minimální jmenovitý výtok $Q_{A,\text{min}} = 0,2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 0,1 \cdot 3,6 = 0,72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Navržený vodoměr: Enbra ETW ECO DN 15 [36]

Trvalý průtok $Q_3 = 1,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Přetěžovací průtok $Q_4 = 2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Minimální průtok $Q_1 = 0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Tlaková ztráta $\Delta p_{WM} = 4 \text{ kPa}$

Posouzení:

$Q_4 > Q_D$ $2,0 > 1,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

$Q_3 > Q_D$ $1,6 > 1,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

$Q_{A,\text{min}} > Q_1$ $0,72 > 0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

NAVRŽENÝ VODOMĚR VYHOVUJE

3.4.9 Hydraulické vnitřního vodovodu

Přívodní potrubí studené vody

$$p_{dis} > p_{minFL} + \Delta p_e + \sum \Delta p_{WM} + \sum \Delta p_{Ap} + \Delta p_{RF} \quad (1.50)$$

Kde: p_{dis} : dispoziční přetlak v místě napojení vodovodní přípojky [kPa]

$p_{min,FL}$: minimální požadovaný hydrodynamický přetlak výtokové armatury [kPa]

Δp_e : tlaková ztráta výškovým rozdílem [kPa]

Δp_{WM} : tlaková ztráta vodoměrem [kPa]

Δp_{Ap} : tlaková ztráta napojeným zařízením [kPa]

Δp_{FR} : tlakové ztráty v potrubí [kPa]

$$p_{dis} > 50 + 12,3 \cdot 10 + 11,5 + 0 + 265,62$$

$$550 > 451 \text{ kPa}$$

Hydraulické posouzení potrubí teplé vody

$$p_{dis} > 50 + 12,3 \cdot 10 + 11,5 + 0 + 322,8$$

$$550 > 507 \text{ kPa}$$

Hydraulické posouzení požárního vodovodu

$$p_{dis} > 200 + 12,3 \cdot 10 + 11,5 + 0 + 197,1$$

$$550 > 531 \text{ kPa}$$

3.5 Dimenzování plynovodu

Plynovod je navržený dle TPG 704 01 Domovní plynovody – odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách.

3.5.1 Domovní plynovod

Ztráta tlaku vodorovného potrubí Δp_L :

$$\Delta p_L = \frac{\Delta p_c}{L + \sum l_e} \quad (1.51)$$

Kde: Δp_c : celková dovolená tlaková ztráta v ležatém potrubí [Pa]

L: délka vodorovného potrubí od hlavního uzávěru k nejbližší spotřebiči [m]

l_e : ekvivalentní délková přírážka pro armatury a tvarovky [m]

Ekvivalentní délkové přírážky armatur a tvarovek byly převzaty z tabulky 1 TPG 704 01.

tvarovka / armatura	ks	l_{ei}	l_e
		[m]	[m]
koleno	16	0,7	11,2
T-průchod	2	0,5	1
T-protiproud	1	1,5	1,5
kulový kohout	4	0,5	2
redukce	3	0,4	1,2
		$\sum l_e$:	16,9

Tabulka 35 součet ekvivalentních délkových přírážek

$L = 18,4 \text{ m}$, $\sum l_e = 16,9 \text{ m}$, $\Delta p_c = 100 \text{ Pa}$

$$\Delta p_L = \frac{100}{18,4 + 16,9} = 2,8 \text{ Pa/m}$$

Redukovaný odběr plynu V_r :

$$V_r = K \cdot V \quad (1.52)$$

Kde: K: koeficient současnosti [-]

V: objemový průtok pro technologické plynové spotřebiče [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]

Koeficient současnosti byl stanoven dle vztahu:

$$K = n^{-1} \quad (1.53)$$

Kde: n: počet připojených spotřebičů.

Dimenze domovního plynovodu

V objektu je navrženo měděné plynovodní potrubí. Dimenze úseku byla zvolena dle tabulky přílohy 5 TPG 704 01. Dimenze úseku byly navrženy tak, aby tlaková ztráta potrubí, byla stejná, nebo nižší, než je tlaková ztráta tlaku vodorovného potrubí Δp_L . Stoupací potrubí bylo navrženo s tlakovou ztrátou $2 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$.

Úsek		0,23 [m ³ ·h ⁻¹]		V	K	Vr	Δp	DN	Δp_{skut}	V_{skut}
od	do	Příb.	Ček.	[m ³ ·h ⁻¹]	[-]	[m ³ ·h ⁻¹]	[Pa·m ⁻¹]	[mm]	[Pa·m ⁻¹]	[m ³ ·h ⁻¹]
P1	P2	2	2	0,46	0,93	0,43	2,8	18 x 1	2	1,14
P2	P3	2	4	0,92	0,87	0,80	2,8	18 x 1	2	1,14
P3	P4	2	6	1,38	0,84	1,15	2,8	22 x 1	2	2,34
P4	P5	2	8	1,84	0,81	1,49	2,8	22 x 1	2	2,34

Tabulka 36 Dimenzování – domovní plynovod

3.5.2 Plynovodní přípojka

Dimenze plynovodní přípojky

V místě objektu je veden nízkotlakový plynovod s přetlakem do 5 kPa.

$$D = \sqrt[4,8]{\frac{V_r^{1,82} \cdot (L + l_e)}{(p_z + 100)^2 - (p_k + 100)^2}} \quad (1.54)$$

Kde: D: výpočtový vnitřní průměr plynovodu [mm]
 p_z : přetlak na začátku počítaného úseku [kPa]
 p_k : přetlak na konci počítaného úseku [kPa]

$L = 12,8 \text{ m}$, 2 x koleno, 1 T-kus odbočení: $l_e = 2 \cdot 0,7 + 1 \cdot 1,3 = 2,7 \text{ m}$, $P_z = 2 \text{ kPa}$,
 $P_k = 2 - 0,05 = 1,95 \text{ kPa}$.

$$D = \sqrt[4,8]{\frac{1,49^{1,82} \cdot (12,8 + 2,7)}{(2 + 100)^2 - (1,95 + 100)^2}} = 12,2 \text{ mm}$$

Je navržena nízkotlaká plynovodní přípojka 32x3 PE 100 SDR 11.

Ověření rychlosti proudění plynu

$$v = \frac{4 \cdot V_r}{\pi \cdot d^2} \quad (1.55)$$

Kde: V_r : redukovaný odběr plynu [m³·s⁻¹]
 d : vnitřní průměr navrženého potrubí [m]

$V_r = 1,49 / 3600 = 0,000414 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$$v = \frac{4 \cdot 0,000414}{\pi \cdot 0,026^2} = 0,78 \text{ m/s} \quad (1.56)$$

Navržená nízkotlaká plynovodní přípojka vyhovuje, je-li rychlost proudění nižší než $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$$0,75 < 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

VYHOVUJE

Návrh plynoměru

$$V_r = 1,49 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

navržený plynoměr: BK G 2,5, rozteč 100 mm

maximální průtok: $Q_{\max} = 4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

minimální průtok: $Q_{\min} = 0,016 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Posouzení:

$$Q_{\max} > V_r 4,0 > 1,49 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

VYHOVUJE

4 TECHNICKÁ ZPRÁVA

ÚVOD

Projekt řeší vnitřní vodovod, kanalizaci, plynovod a jejich přípojky při modernizaci objektu střední školy na ulici Charvátská v Brně.

4.1 Identifikační údaje

Akce: Modernizace střední školy Charvátská
Místo: Charvátská 1804/31, 612 00 Brno – Královo Pole, p.č. 2050, k.ú. Královo Pole
Stupeň: Dokumentace pro provádění stavby (DPS)
Datum: 01/ 2023
Vypracoval: Bc. Tomáš Bobrovský

4.2 Podklady pro zpracování projektu

- Zjednodušená dokumentace stávajícího objektu – půdorysy, formát DWG
- Katastrální mapy, existence sítí
- informace o existenci inženýrských sítí – GasNet, E.gd, Cetin, BVK
- požadavky provozovatele vodovodu a kanalizace – Brněnské vodárny a kanalizace

Platné obecně právní předpisy a technické předpisy:

- Vyhláška 193/2007 Sb. o podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- ČSN 73 6005 - Prostorové uspořádání sítí technického vybavení.
- ČSN 75 5409 - Vnitřní vodovody,
- ČSN 75 5455 - Výpočet vnitřních vodovodů
- ČSN 75 6760 - Vnitřní kanalizace.
- TPG 704 01 odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách
- TPG 702 01 plynovody a přípojky z polyethylenu
- ČSN 73 0873 požární bezpečnost staveb – zásobování požární vodou
- ČSN 06 0320 tepelné soustavy v budovách – příprava teplé vody

4.3 Potřeba vody

Specifická denní potřeba vody

WC a tekoucí teplá voda: $5 / 200 = 0,025 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \cdot \text{os}^{-1} = 25 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1} \cdot \text{os}^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $3 / 200 = 0,015 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \cdot \text{os}^{-1} = 15 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1} \cdot \text{os}^{-1}$

Průměrná denní potřeba vody

WC a tekoucí teplá voda: $25 \cdot 696 = 17400 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $3 \cdot 696 = 2088 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$

Celkem: $19488 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$

Maximální denní potřeba vody

WC a tekoucí teplá voda: $17400 \cdot 1,5 = 26100 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $2088 \cdot 1,5 = 3132 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$

Celkem: $29232 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$

Maximální hodinová potřeba vody

WC a tekoucí teplá voda: $(26100/8) \cdot 2,2 = 7178 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $(3132/8) \cdot 2,2 = 861,3 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$

Celkem: $8039,3 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$

Roční potřeba vody

WC a tekoucí teplá voda: $5 \cdot 696 = 3840 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$
dovoz jídla, mytí nádobí: $3 \cdot 696 = 2088 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$

Celkem: $5928 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$

4.4 Produkce odpadních vod

Produkce odpadních vod odpovídá potřebě vody.

4.5 Vnitřní vodovod

4.5.1 Vodovodní přípojka

Pro zásobování pitnou vodou bude vybudována nová vodovodní přípojka provedená z HDPE 100 SDR 11 Ø 63x5,8. Přípojka bude vedena po celé délce 21,4 m ve sklonu 0,3 %. Přípojka bude napojena na vodovodní řad pro veřejnou potřebu v chodníku p.č. 2039/1. Přetlak vody v místě napojení přípojky na vodovodní řad se podle sdělení jeho provozovatele pohybuje v rozmezí 0,50 až 0,55 MPa. Výpočtový průtok přípojkou určený podle ČSN 75 5455 je 9,7 l/s. Vodovodní přípojka bude na veřejný litinový vodovodní řad DN 150 napojena navrtávacím pasem s uzávěrem, zemní teleskopickou soupravou a litinovým poklopem uloženým na podkladové desce. Vodoměrová sestava s vodoměrem DN 40 a hlavním uzávěrem vody bude umístěna v místnosti O10 – Dílna. Vodoměr bude umístěn ve vzdálenosti 1,2 m za obvodovou zdí v 1. PP objektu. Vodoměrná sestava se nachází ve výšce 400 mm nad podlahou. Skládá se

z přechodové armatury na závit na straně přípojky, kulového kohout 50, redukce 50/40, uklidňovacího kusu délky 200 mm, vodoměru DN 40 $Q_3 = 16 \text{ m}^3/\text{h}$, uklidňovacího kusu délky 200 mm redukce 50/40, kulového kohoutu s vypouštěním, zpětného ventilu a vypouštěcího kohoutu.

Vodovodní přípojka bude uložena do pískového lože o tloušťce 100 mm. Obsyp potrubí bude proveden z písku frakce 8-16 mm. 200 mm nad horní hranou potrubí bude použita frakce 16-32. 300 mm nad horní hranou potrubí bude uložena výstražní fólie. Od hloubky 1,2 výkopu bude provedeno pažení. Na vodovodní přípojce bude uložen signální vodič s plochou průřezu minimálně 6 mm^2 .

4.5.2 Vnitřní vodovod

Po vodoměrné sestavě je vodovod z pozinkované oceli DN 50 rozdělen na rozvod studené vody a požární vody. Po odbočce na rozvod studené vody je osazen přechod na lisovaný spoj a rozvod je proveden z vícevrstvého potrubí Geberit Mepla. Spodní ležatý rozvod studené vody je společně s rozvodem cirkulace a teplé vody veden pod stropem suterénu, ze kterého jsou provedeny odbočky pro stoupačky a odbočka do místnosti s výměňkovou stanicí pro ohřev teplé vody. Stoupací potrubí jsou vedena drážkami a instalačními sádkartonovými předstěnami. V patrech jsou provedeny odbočky přípojovacího potrubí pro zařizovací předměty. Na stoupacím potrubí V5 je v prvním patře napojen ležatý rozvod, vedený pod stropem nad 1. NP v podhledu, zásobující stoupačky V1, V2, V3, V4 nacházející se v severní části objektu. Na stoupacím potrubí V10 pod stropem nad 2. NP je provedena odbočka ležatého potrubí zásobující stoupačku V11. Potrubí je vedeno pod stropem v podhledu.

Na přípojovacím potrubí studené a teplé vody bude pro větší počet zařizovacích předmětů osazen kulový kohout.

Před skupinou pisoárových mís bude osazen uzavírací kohout, mechanický filtr pevných částic a zpětný ventil. Sestava bude přístupná revizními dvířky

U paty stoupacího potrubí bude umístěna sestava armatur: Na potrubí teplé a studené vody bude umístěn kulový kohout a vypouštěcí kohout. Na potrubí cirkulačního potrubí bude umístěn kulový kohout, automatický termostatický vyvažovací ventil a vypouštěcí kohout.

Na stoupacím potrubí V10 bude ve 2. NP provedena odbočka pro školní byt. Na teplé a studené vodě bude osazena vodoměrná sestava v podobě: kulový kohout 20, redukce, vodoměr $Q_3 = 1,6 \text{ m}^3/\text{h}$, redukce, zpětný ventil. Sestava bude umístěna v nice a bude osazena dvířky 400x400 mm.

Ze spodního horizontálního rozvodu studené vody je provedena odbočka, která přes stěnu prochází do místnosti číslo 006, kde je napojen průtokový deskový výměník pro ohřev teplé vody. Dále je zde vyvedena odbočka pro automatickou doplňovací stanicí s úpravou vody do okruhu vytápění. Umístění bude upřesněno dle projektové dokumentace vytápění.

4.5.3 Příprava teplé vody

V místnosti 006 výměňková stanice je deskový výměník s výkonem 284 kW a tlakovou ztrátou maximálně 20 kPa napojen na přívod studené vody. Na přívodu studené vody do výměníku jsou směrem od vodovodní přípojky osazeny armatury v pořadí: kulový kohout 40, vypouštěcí kohout 15, zpětný ventil 40, průtokový spínač, manometr s uzávěrem, T-kus s napojením okruhu cirkulace, Teploměr, pojistný ventil, vypouštěcí kohout 15. Z výměníku jsou na přívodním potrubí teplé vody osazeny armatury: teploměr s teplotním čidlem pro regulaci, kulový kohout 40, a vypouštěcí kohout 15. Potrubí teplé vody kopíruje trasu studené vody a pod stropem nad 1.PP je proveden spodní horizontální rozvod teplé vody.

Cirkulační potrubí je před deskovým výměníkem napojeno na přívod studené vody. Jsou na něm osazeny následující armatury: kulový kohout 40, zpětný ventil 40, vypouštěcí kohout 15, oběhové čerpadlo Grundfos CR 3-5 A-A-A-E-HQE, filtr mechanických nečistot 40, kulový kohout 40. potrubí kopíruje rozvod teplé a studené vody a pod stropem nad 1. PP je proveden spodní horizontální rozvod cirkulace teplé vody.

Rozvod teplé vody a cirkulace bude opatřen tepelnou izolací včetně armatur. Armatury, které by v případě zaizolování ztratily svoji funkci, nebo by bylo nemožné s nimi přes izolaci manipulovat, nebudou tepelně izolovány.

4.5.4 Požární vodovod

Za vodoměrnou sestavou po odbočce pro rozvod studené vody se nachází rozvod požární vody. Za odbočením vnitřního vodovodu se nachází ochranná jednotka proti zpětnému průtoku BA-50, redukce 50/40 a přechod na lisovaný spoj. Rozvody požární vody jsou provedeny z nerezového potrubí spojovaného lisováním. Potrubí je vedeno pod stropem 1.PP. Na požární vodovod jsou napojeny hadicové systémy DN 19 se stálou hadicí a dosahem 30 m. Odběr jednoho zařízení je 0,52 l/s. Požárně bezpečnostní řešení nebylo při zpracování projektu dodáno. Požární vodovod je navržený tak, aby bylo možné výskyt požáru hasit alespoň jedním hadicovým systémem. Hadicový systém se umísťuje do plechové skříně do výšky 1,3 m nad podlahou, měřeno od středu skříně. Připojení hadicového systému je provedeno DN 25.

4.5.5 Zkoušky vodovodu

Po dokončení montáže bude provedena zkouška vodovodu dle ČSN 75 5409. Zkouška bude provedena ve 3 krocích, prohlídkou potrubí, tlakovou zkouškou a konečnou tlakovou zkouškou. Výsledek zkoušek bude zaznamenán do protokolu.

4.6 Vnitřní kanalizace

4.6.1 Kanalizační přípojka

Splaškové odpadní a srážkové vody z objektu střední školy – Charvátská 1804/31, 612 00 Brno – Královo Pole budou odváděny jednotnou kanalizační přípojkou z kameniny DN 200. Kanalizační přípojka začíná v betonové revizní šachtě DN 1000 umístěné v zeleném pásu před budovou (p.č. 2039/2) a je vedena ve spádu 7 % po délce 6,5 m k zaústění do jednotné

kameninové stoky DN 400 v ulici Charvátská, p.č. 2039/1. Zaústění bude provedeno jádrovým vývrtem. Průtok kanalizační přípojkou je 12,07 l/s.

Kanalizační přípojka bude uložena do pískového lože o tloušťce 100 mm. Obsyp potrubí bude proveden z písku frakce 8-16 mm. 300 mm nad horní hranou potrubí bude použita frakce 16-32, bude zde umístěna výstražná fólie, od této výšky je možné obsyp strojně hutnit. Od hloubky 1,2 výkopu bude provedeno pažení.

4.6.2 Domovní splašková kanalizace

Gravitační domovní splašková kanalizace odvádí splaškové odpadní vody od zařizovacích předmětů z objektu školy, a je napojena na stávající kanalizační přípojku v revizní betonové šachtě RŠ DN 1000, která je umístěna v zeleném pásu před objektem. Splaškové potrubí vedené uvnitř budovy bude provedeno z materiálu PP – HT, PP UdB a nerezového hrdlového potrubí. Svodné potrubí uložené v zemi bude provedeno z kanalizačních trub PVC – KG SN 8.

4.6.2.1 Připojovací potrubí

Zápachové uzávěrky zařizovacích předmětů budou napojeny na kanalizační připojovací potrubí, které bude vedeno v drážkách ve zdivu, v instalačních sádkartonových předstěnách, pod stropem a v podlaze v minimálním sklonu 3 % k svislému odpadnímu potrubí, vedeným v drážkách ve zdivu, v instalačních předstěnách. Připojovací potrubí bude profilu DN 50, 75, 110.

Připojovací potrubí DN 50 v místnosti 219 bude pod umyvadlem opatřeno přivzdušňovacím ventilem HL904N s průtokem vzduchu 5,5 l/s, stejné přivzdušňovací ventily budou dále osazeny na připojovacím potrubí pro výlevky v místnosti 215 a 216. Pro umyvadlo v místnosti 219 bude přívod vzduchu k přivzdušňovacímu ventilu a přístup pro údržbu zajištěn odnímatelnou mřížkou 100 x 100 mm. Pro přívod vzduchu k přivzdušňovacím ventilům u výlevek v místnosti 216 a 215 bude v pracovním stole na vhodném místě provedena větrací mřížka 100x100mm. Stůl bude umožňovat snadný přístup k ventilu pro jeho údržbu. Připojovací potrubí pro zařizovací předměty v místnosti 219 a 216 bude vedeno pod stropem nad 1. NP a bude provedeno z nerezového spojovaného hrdly.

Zařizovací předměty v 1.PP budou napojeny na sanitární kalová čerpadla. WC4, VL2 budou napojeno napřímo, U2, SM1 budou napojeny potrubím 50 – PVC U, spoje potrubí budou provedeny lepením. Výtlačné potrubí ze sanitárních kalových čerpadel bude provedeno z materiálu PVC U. Na výtlačné části u přechodu ze svislé části na vodorovnou, v úseku před napojením na odpadní potrubí, bude dimenze výtlačného potrubí zvýšena o jeden řád a sklon potrubí bude min. 1%. Dle pokynů výrobce.

4.6.2.2 Odpadní potrubí

Jednotlivé svislé odpadní potrubí je napojeno na ležatý svod pod podlahou 1PP, v severní části objektu 1NP a také pod stropem nad 1.PP. Svislé odpadní potrubí je navrženo z materiálu PP-HT, PP-UdB a nerezové oceli o dimenzi 75 (70) a 110 (100). Upevnění potrubí bude provedeno pod každým hrdlem. Odpadní potrubí S1, S2, S3, S6, S8, S12, S28, S29 budou vyvedeny pod strop dané místnosti a ukončeny přivzdušňovacími ventily HL900N (průtok vzduchu 37

l/s) s univerzální napojovací vložkou. Přívod vzduchu k přivzdušňovacímu ventilu a přístup pro údržbu bude zajištěn odnímatelnou mřížkou 100 x 100 mm. Ostatní odpadní potrubí budou vyvedena nad střechu plnit funkci větracího potrubí. Potrubí bude vyvedeno minimálně 500 mm nad střechu. Prostupy větrací kanalizace střechou budou opatřeny manžetou pro napojení na hydroizolaci.

Odpadní potrubí bude vždy 1 m nad podlahou v nejnižším podlaží opatřeno čistícím kusem (místem pro čištění) pro čištění svodného potrubí. Jako místo pro čištění slouží i snadno rozebíratelná zápachová uzávěrka od zařizovacího předmětu. V případě osazení čistícího kusu HTRE budou v místě instalována revizní dvířka 250x250 mm pro snadný přístup.

4.6.2.3 Svodné potrubí

Odpadní potrubí budou napojena na ležatý svod dvěma způsoby:

Přechod odpadního potrubí pomocí dvou 45°kolen umístěných za sebou a zvýšením dimenze potrubí nad kolenem o 1 řád.

Přechod odpadního potrubí pomocí dvou kolen 45° propojená přímým potrubím o délce min. 250 mm bez nutnosti zvýšení dimenze.

Svodné potrubí bude vedeno pod podlahou 1.PP a v severní části objektu pod podlahou 1.NP. Minimální vzdálenost hrdla potrubí, od spodní hrany konstrukce podlahy, při uložení do země bude 150 mm. Pro kanalizační svod bude použito potrubí PVC (hladké), zatěžovací třída trub SN 8. Spoje hrdlové s elastomerovým těsněním. Budou použity trouby profilů DN 110, DN 125, DN 160.

4.6.3 Dešťová kanalizace

Dešťové srážky ze střech budou odváděny spádem střechy do podokapního žlabu, který je zaústěn do dešťového odpadního potrubí z pozinkovaného plechu. V úrovni terénu je odpadní potrubí zaústěno do lapače střešních splavenin (LSS) HL660/2. Z lapače střešních splavenin je navrženo svodné potrubí, kterým je dešťová voda odváděna do retenční nádrže.

Prostor číslo 126 - malý důr je odvodňován podlahovou vpustí, podlahová vpust' je napojena na svodné potrubí, které je zaústěno do retenční nádrže.

Hřiště uvnitř dvora je odvodněno drenážním potrubím, umístěným pod povrchem, které je zaústěno do vstupní šachty. Následně je potrubí svedeno do retenční nádrže.

Uvnitř objektu jsou navrženy dvě retenční nádrže. Retenční nádrž 1 je umístěna v zeleném pásu před objektem. Retenční nádrž 2 je umístěna ve dvoře areálu školy. Celkový odtok z retenčních nádrží je 3,1 l/s dle požadavků Bvk. Před instalací retenčních bude proveden geologický průzkum a statické posouzení únosnosti zeminy a vliv přitížené zeminy pod retenční nádrží na okolní objekty

Plochá střecha na nástavbě bude opatřena celkem 6 pojistnými přepady. 3 pojistné přepady budou umístěny v atice směrem do ulice a 3 budou umístěny v atice směrem do dvora.

Pojistné přepady jsou hranatého rozměru, Š x V 150 x 50 mm. Přepady budou umístěny 100 mm nad nejnižším místě jištěné střešní plochy. Potrubí pojistného přepadu procházející atikou bude tepelně izolováno. Před instalací pojistného přepadu bude hydrostatické zatížení působící vodou na střešní konstrukci před dosažením přepadového otvoru posouzeno statikem.

4.6.3.1 Retenční nádrž 1

Nachází se v zeleném pásu před objektem školy. Přívod dešťové vody je proveden dešťovými svody PVC-KG SN8 zaústěnými do sběrné betonové revizní šachty Ø 1000 mm s litinovým poklopem Ø 600 mm. U dna vstupní šachty je napojeno drenážní potrubí DN 150 s perforací 180 cm²/m vedeno ve sklonu 0,5 %, délky 8,4m. Potrubí je vedeno středem retenční nádrže a rozvádí dešťovou vodu do akumulárních bloku AS NIDAPLAST a je zaústěno do vstupní betonové šachty za retenční nádrží. Retenční nádrž je tvořena 28 bloky s celkovou akumulací 39,8 m³. Bloky jsou orientovány příčným směrem a jsou skládány na sebe do 4 řad. Vstupní šachta je vybavena regulátorem odtoku v podobě škrťacího otvoru s nastavením 1,6 l/s a bezpečnostním přepadem. Hrana bezpečnostního přepadu je umístěna 50 mm pod hranou 4. řady bloků. Ze vstupní šachty je následně vedeno ve spádu 4% potrubí 200-PVC KG SN8 a je zaústěno do revizní šachty Ø 1000 před objektem. Následně je srážková voda odváděna jednotnou kanalizační přípojkou do jednotné stoky.

4.6.3.2 Retenční nádrž 2

Je stejného provedení jako nádrž 1. Retenční nádrž 2 je osazena ve dvoře areálu školy, skládá se z 24 plastových akumulárních bloků AS NIDAPLAST s celkovým akumulárním objemem 34,1 m³. Bloky jsou orientovány podélně a jsou kladeny do 4 vrstev na sebe. Dešťová voda je přiváděna do betonové vstupní šachty Ø 1000 mm. U dna je napojeno drenážní potrubí DN 150 s perforací 180 cm²/m vedeno ve sklonu 0,5 %, délky 14,4m. Potrubí je zaústěno do vstupní šachty za retenční nádrží s regulátorem odtoku nastaveným na odtok 1,5 l/s a nouzovým přepadem. Ze vstupní šachty je navrženo potrubí 200-PVC KG SN 8 které je vedeno pod budovou školy ve sklonu 2,5 %, a je zaústěno do revizní šachty DN 400. Dešťová voda je dále odváděna jednotnou kanalizační přípojkou do jednotné stoky.

4.6.4 Revizní šachty

Pro kontrolu a čištění svodného potrubí jsou po trase navrženy revizní šachty (RŠ).

REVIZNÍ ŠACHTA (RŠ) Ø 1000	Poklop: B 125 BEGU-B-1 B125, vyrovnávací prstenec: TBW-Q.1 63/10, kónus: TBR-Q.1 100-63/58, skruž: TBS-Q.1 100/25, DNO TBZ-Q.1 100/675 KOM tl.15c, těsnění pro DN 1000, počet skruží, těsnění a vyrovnávacích prstenců bude stanoveno dle výšky revizní šachty.
REVIZNÍ ŠACHTA 1 (RŠ 1) DN 400	Poklop: rvd-ppl DN 400 plastový, pochůzný-a 1,5. Šachtová trouba: rvt DN 400, délka dle výkresu. Šachtové dno: rvd-ppl DN 400, dimenze napoj. Trub
REVIZNÍ ŠACHTA 2 (RŠ 2) DN 425	Poklop: DN 425 plastový, pochůzný-a 1,5. Šachtová trouba: DN 425, délka dle výkresu. Šachtové dno: dn425, přímé, s výkyvnými hrdly 0-15°, Dimenze napojených. Trub

REVIZNÍ ŠACHTA 3 (RŠ 3) DN 425	Poklop: DN 425 plastový, pochůzný-a 1,5. Šachtová trouba: DN 425, délka dle výkresu. Šachtové dno: DN425, lomené-45°, s výkyvnými Hrdly 0-15°, dimenze napojených. Trub
REVIZNÍ ŠACHTA 4 (RŠ 4) DN 425	Poklop: DN 425 plastový, pochůzný-a 1,5. Šachtová trouba: DN 425, délka dle výkresu. Šachtové dno: dn425, lomené-30°, s výkyvnými Hrdly 0-15°, dimenze napojených. Trub

Tabulka 37 skladba revizních šachet

4.6.5 Uložení potrubí

Kanalizační potrubí z PVC bude uloženo na vrstvu pískového lože tl. min. 100 mm (bez ostrohranných částic). Obsyp potrubí se provede min. 100 mm nad vrchol potrubí hutněným pískem nebo jiným vhodným sypkým materiálem o maximální zrnitosti 16 mm. Materiál nesmí obsahovat ostrohranné částice. Obsyp se bude hutnit po vrstvách max. 150 mm.

Při křížení kanalizace s ostatními technickými sítěmi (kanalizace, vodovod, sdělovací kabely, kabely NN, plynovod) bude dodržena ČSN 73 6005 prostorové uspořádání sítí technického vybavení.

Před zahájením výkopových prací, budou vytyčeny inženýrské sítě správci sítí.

4.6.6 Úpravy ploch

V místech, kde dojde z důvodu pokládky potrubí k narušení povrchu chodníků či místní komunikace, provede se po ukončení prací uvedení do původního stavu.

4.6.7 Materiál kanalizace

Připojovací potrubí a svislé odpady kanalizace 50, 75, 110 budou provedeny z plastového kanalizačního systému polypropylen – systém HT pro kanalizaci a z trub se sníženou hlučností minerálem plněný polypropylen – systém ultra dB.

Připojovací potrubí a svislé odpady kanalizace 50, 70 budou provedeny z nerezového kanalizačního potrubí s hrdlovými spoji.

Ležaté svody vedené pod podlahou 1. NP a 1.PP v zemi budou provedeny z plastového potrubí PVC KG DN110, DN 125 a DN160.

Hrdlové spoje plastového kanalizačního potrubí jsou těsněny manžetovými těsnícími kroužky.

4.6.8 Zkoušky kanalizace

Budou provedeny dle ČSN 75 6760, zkouška se bude skládat, z technické prohlídky, ze zkoušky vodotěsnosti svodného potrubí, plynotěsnosti odpadního potrubí a tlakové zkoušky výtlačných potrubí inertním plynem. O průběhu a výsledku zkoušek bude vyhotoven protokol.

4.7 Vodovodní přípojka

Pro zásobování pitnou vodou bude vybudována nová vodovodní přípojka provedená z HDPE 100 SDR 11 Ø 63x5,8. Přípojka bude vedena po celé délce 21,4 m ve sklonu 0,3 %. Přípojka bude napojena na vodovodní řad pro veřejnou potřebu v chodníku p.č. 2039/1. Přetlak vody v místě napojení přípojky na vodovodní řad se podle sdělení jeho provozovatele pohybuje v rozmezí 0,50 až 0,55 MPa. Výpočtový průtok přípojkou určený podle ČSN 75 5455 je 9,7 l/s. Vodovodní přípojka bude na veřejný litinový vodovodní řad DN 150 napojena navrtávacím pasem s uzávěrem, zemní teleskopickou soupravou a litinovým poklopem uloženým na podkladové desce. Vodoměřová souprava s vodoměrem DN 40 a hlavním uzávěrem vody bude umístěna v místnosti 010 – Dílna. Vodoměr bude umístěn ve vzdálenosti 1,2 m za obvodovou zdí v 1. PP objektu.

Kanalizační přípojka bude uložena do pískového lože o tloušťce 100 mm. Obsyp potrubí bude proveden z písku frakce 8-16 mm. 200 mm nad horní hranou potrubí bude použita frakce 16-32. 300 mm nad horní hranou potrubí bude uložena výstražní fólie. Od hloubky 1,2 výkopu bude provedeno pažení. Na vodovodní přípojce bude uložen signální vodič s plochou průřezu minimálně 6 mm².

4.8 Plynovodní přípojka

Do objektu bude zemní plyn přiveden novou nízkotlakou plynovodní přípojkou z potrubí HDPE 100 SDR 11 Ø 32x3 provedenou podle ČSN EN 12007 a TPG 702 01. Redukovaný odběr plynu přípojkou činí 1,49m³/h. Nová přípojka bude napojena na stávající nízkotlaký distribuční v ulici Charvátská pomocí přivařovacího navrtávacího přípojkového T-kusu. Podél potrubí bude veden signalizační vodič o ploše průřezu min. 6 mm² ukončený ve skříňce HUP v zeleném pásu před objektem a připojený na signalizační vodič distribučního plynovodu mechanickou svorkou s izolací. Hlavní uzávěr plynu (HUP) a plynoměr G 2,5 budou umístěny v plechové skříňce o rozměrech 600 x 600 x 250 mm na hranici soukromého a veřejného pozemku. Dvířka plechové skříňce budou označena nápisem PLYN a větracími otvory dole i nahoře a univerzálním zámkem. Dvířka budou směřovat do veřejného pozemku.

Potrubí přípojky bude uloženo na pískovém podsypu tloušťky nejméně 100 mm a obsypáno pískem do výše nejméně 200 mm nad vrchol trubky. Ve výšce 300 mm nad potrubím bude uložena výstražná fólie.

4.8.1 Domovní plynovod

Z plynoměrné skříňce v zeleném pásu před budovou je domovní plynovod HDPE 100 SDR 11 Ø 32x3 veden v zemi k obvodové stěně objektu. Plynovod je zasekán do obvodové stěny a je vyveden do výšky 1200 mm nad terén, kde je ve skříňce osazen kulový uzávěr a následně přechod na měděné potrubí s lisovanými spoji Cu 22x1. Potrubí v chráničce prochází do místnosti 010 – dílna, kde stoupá pod strop a je vedeno pod stropem na chodbu 009 kde je navržené stoupací potrubí vedené v drážce ve zdivu. Potrubí stoupá do 2. NP, kde je ve výšce 1300 mm nad podlahou udělaný odskok s uzávěrem přístupný z místnosti 217 – přípravná chemie. Potrubí následně vystoupá pod strop a je vedeno podhledem k místu odběru. Z podhledu

přechází do drážky v obvodové stěně a klesá pod úroveň pracovní desky stolu. Dále je veden pod pracovní deskou, kde je provedeno napojení na stolní dvojitý laboratorní kohout. Z kohoutu jsou následně pryžovou hadicí 17x3,5 napojeny 2 plynové kahany o příkonu 0,23m³/h.

Po trase vedeného plynovodu v podhledu v místnosti 215 bude podhled tvořen perforovanými dílci. Pracovní deska bude opatřena větracím mřížkou 100x100mm.

Navržené rozvody jsou provedeny z měděných trubek, spojovaných lisováním (tvarovky Viega).

Spoje závitové budou provedeny pouze u armatur, plynoměru a plynových spotřebičů. Potrubí vedené pod stropem se uchytí trubkovými objímkami do zdiva. Vzdálenost objímek – DN DN 20: 1,7m, DN 15: 1,5m. Plynovodní potrubí prostupující zdívkou bude uloženo v chráničkách.

4.8.2 Zkoušky plynovodu

Na smontovaném spotřebním plynovodu bude provedena zkouška pevnosti dle TPG 704 01 (ČSN EN 1775), přetlakem 100 kPa a dále zkouška těsnosti dle TPG 704 01 (ČSN EN 1775), přetlakem 15 kPa. Doba na vyrovnání tlaku 15 minut. Doba trvání zkoušky 45 minut.

4.8.3 Nátěry

Po provedení tlakových zkoušek bude potrubí opatřeno syntetickým nátěrem 2x. Potrubí vedené v drážce ve zdivu pod omítkou bude opatřeno zvýšenou ochranou proti korozi – třívrstvý nátěr.

4.9 Požadavky na profese

Pro pisoárové mísy bude připraven napájecí kabel CYKY 2A x 1,5 pro přívod napětí 12V, 50Hz ze zdroje ZAC do místa instalace.

Pro sanitární kalová čerpadla a podlahový přečerpávací box bude zřízen samostatný přívod elektrického proudu. Přívod bude jištěn minimálně 16 A, a osazen proudovým chráničem.

V místnosti 006 bude vyveden elektrický napájecí kabel pro oběhové čerpadlo cirkulace 3 x 230/400 V.

Předávací stanice a její regulace včetně deskového výměníku v místnosti 006 bude navržena a dodána specializovanou firmou.

4.10 Zařizovací předměty, plynové spotřebiče a ostatní

Sestavy zařizovacích předmětů jsou uspořádány do tabulky viz níže.

OZN.	POPIS	KS
WC 1	Záchodová mísa závěsná keramická bílá s hlubokým splachováním, zadní napojení. Montážní prvek pro závěsnou záchodovou mísu pro montážní upevnění do sádkartonové předstěny. Ovládací tlačítko plastové bílé pro 2 množství splachování. záchodové sedátko plastové bílé	39

WC 2	Záchodová mísa závěsná keramická bílá pro invalidy s hlubokým splachováním a zadní napojení. Montážní prvek pro závěsnou záchodovou mísu pro montážní upevnění do sádkartonové předstěny s přípravou pro uchycení madel. Ovládací tlačítko plastové bílé pro 2 množství splachování. záchodové sedátko plastové bílé.	1
WC 3	Záchodová mísa volně stojící keramická bílá s hlubokým splachováním, spodní napojení nízko položená nádržka. Ovládací tlačítko plastové bílé pro 2 množství splachování. záchodové sedátko plastové bílé. Rohový ventil pochromovaný DN15.	2
WC 4	Záchodová mísa volně stojící keramická bílá s hlubokým splachováním zadní napojení nízko položená nádržka. Napojeno na sanitární kalové čerpadlo. Ovládací tlačítko plastové bílé pro 2 množství splachování. záchodové sedátko plastové bílé. Rohový ventil pochromovaný DN15.	3
U 1	Umyvadlo keramické bílé šířky 550 mm. Zápachová uzávěra umyvadlová bílá s nerezovým odpadním ventilem. Montážní prvek pro umyvadlo pro montážní upevnění do sádkartonové předstěny. Baterie směšovací umyvadlová jedno páková stojánková pochromovaná. 2x Rohový ventil pochromovaný DN 15.	34
U 2	Umyvadlo keramické bílé šířky 550 mm. Zápachová uzávěra umyvadlová bílá s nerezovým odpadním ventilem. Baterie směšovací umyvadlová jedno páková stojánková pochromovaná. 2x Rohový ventil pochromovaný DN 15.	16
UM1	Umyvadlo keramické bílé šířky 400 mm. Zápachová uzávěra umyvadlová bílá s nerezovým odpadním ventilem. Baterie směšovací umyvadlová jedno páková stojánková pochromovaná. 2x Rohový ventil pochromovaný DN 15. Závěsné konzoly	16
UM2	Umyvadlo keramické bílé šířky 400 mm. Zápachová uzávěra umyvadlová bílá s nerezovým odpadním ventilem. Baterie směšovací umyvadlová jedno páková stojánková pochromovaná. 2x Rohový ventil pochromovaný DN 15. Montážní prvek pro umyvadlo pro montážní upevnění do sádkartonové předstěny.	10
UM3	Umyvadlo keramické bílé šířky 400 mm pro invalidy. Zápachová uzávěra umyvadlová bílá s nerezovým odpadním ventilem určená k umyvadlům pro invalidy. Baterie směšovací umyvadlová jedno páková stojánková pochromovaná. 2x Rohový ventil pochromovaný DN 15. Montážní prvek pro umyvadlo pro montážní upevnění do sádkartonové předstěny.	1
SM1	Sprchová vanička bílá akrylátová 900x900 mm Zápachová uzávěra sprchová s nerezovou krytkou. Baterie sprchová směšovací pochromovaná s ruční sprchou.	8
PM1	Pisoárová mísa bílá keramická. Zápachová uzávěra odsávací. Montážní prvek pro závěsnou pisoárovou mísu pro montáž do sádkartonové instalační předstěny. Automatické tlakové splachovací zařízení. Rohový ventil pochromovaný DN 15. Připojovací hadice.	17
PM2	Pisoárová mísa bílá keramická. Zápachová uzávěra odsávací. Automatické tlakové splachovací zařízení. Rohový ventil pochromovaný DN 15. Připojovací hadice.	2
VS	Nerezová výlevka 400x400 mm zabudována do pracovní desky. Zápachová uzávěra nerezová bílá. Baterie směšovací jedno páková stojánková pochromovaná. 2x Rohový ventil DN 15.	5
VL1	Keramická závěsná bílá výlevka s plastovou mříží. Baterie směšovací nástěnná jedno páková pochromovaná s prodlouženým výtokem. Montážní prvek pro výlevku pro montážní upevnění do sádkartonové předstěny s nádržkou a přípravou pro upevnění směšovací baterie.	5
VL2	Keram. volně stojící bílá výlevka s plastovou mříží. Napojeno na sanitární kalové čerpadlo. Baterie směšovací nástěnná jedno páková pochromovaná s prodlouženým výtokem. Vysoko položená nádržka. 1x rohový ventil pochromovaný DN 15	1

AP	Příprava pro automatickou pračku. Nástěnná zápachová uzávěra pro pračku. Výtokový ventil pochromovaný nástěnný na hadici DN 15 se zpětným a přivzdušňovacím ventilem.	1
MN	Příprava pro myčku nádobí. Nástěnná zápachová uzávěra. Výtokový ventil pochromovaný nástěnný na hadici DN 15 se zpětným a přivzdušňovacím ventilem.	3
DJ	Dřez jednoduchý nerezový zabudovaný do pracovní desky. Zápachová uzávěra plastová bílá s nerezovým ventilem. Baterie směšovací jedno páková stojánková pochromovaná. 2x Rohový ventil DN 15.	1
DV	Dřez velkokuchyňský nerezový zabudovaný do pracovní desky 700x550 mm. Zápachová uzávěra plastová bílá s nerezovým ventilem. Baterie směšovací jedno páková nástěnná pochromovaná s ruční tryskou. 2x Rohový ventil DN 15.	2
VP	plastová podlahová vpust DN 110 s mechanickou zápachovou uzávěrou, spodní připojení, plechová mřížka	1
VP1	Vpust podlahová DN 110 s vodní zápachovou uzávěrou se svislým odtokem a plastovou mříží.	1
VP2	Podlahový přečerpávací box s objemem 20 l vestavěným kalovým čerpadlem, plovákovým spínačem a zpětnou klapkou na výtlaku.	1
VP3	Plastová střešní vpust DN125 s integrovanou hydroizolační manžetou, vodorovný odtok, ochranný koš	6
PK	Dvojitý laboratorní plynový kohout na pracovní desku přímý, 2x pryžová připojovací hadice 17x3,5, 2x plynový kahan, příkon jednoho kahanu 0,23 m ³ ·h ⁻¹	4
PP	plastový pojistný přepad vodorovné střechy, průřez hranatý, rozměry: š: 150, v: 50 mm	6

5 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce naměřit spotřeby teplé vody na základní škole, hodnoty statisticky zpracovat a užít je při návrhu přípravy teplé vody na zadaném objektu střední školy. Z naměřených hodnot byla stanovena křivka odběru školy, dle které byl navržen zásobníkový ohřívač teplé vody dle ČSN 06 0320. Dle stejné normy byl navržen ohřev teplé vody průtokovým ohřívačem, třetí a čtvrtá varianta – zásobníkový a průtokový ohřev byl stanoven metodou zohledňující odběrovou špičku dle technického pravidla H–132 98.

Ze tří variant bylo zvoleno řešení ohřevu teplé vody průtokovým ohřívačem navrženým dle technického pravidla H–132 98. Volba vycházela především z provozního hlediska objektu, školy jsou charakteristické svými přerušovanými odběry vody. Z tohoto pohledu vycházel průtokový ohřev jako výhodnější, před zásobníkovým, u kterého by při minimálním odběru teplé vody během prázdnin docházelo ke zhoršování kvality vody. Na které by se muselo reagovat určitým dezinfekčním zásahem případně výměnou celého objemu vody v rozvodu teplé vody. Vysoký jmenovitý tepelný výkon průtokového ohřevu bude zajištěn napojením na rozvod CZT, zdrojem horké vody budou Teplárny Brno.

6 POUŽITÉ ZDROJE

1	VAVŘIČKA, Roman. <i>Příprava teplé vody</i> . Sešit projektanta - pracovní podklady. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017. ISBN 978-80-02-02713-3.
2	Státní zdravotní ústav. Teplá voda – zdravotní rizika. Teplá voda – zdravotní rizika [online]. [cit. 2024-01-06]. Dostupné z: https://www.nzip.cz/clanek/831-tepla-voda-zdravotni-rizika
3	VALÁŠEK, Jaroslav. <i>Zdravotně technická zařízení a instalace</i> . Bratislava: Jaga group, 2001. ISBN 80-88905-65-6.
4	Water heater temperature set point and water use patterns influence Legionella pneumophila and associated microorganisms at the tap - vědecký článek. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Water-temperatures-and-reported-effects-on-Legionella-at-distal-taps-with-stagnation_fig4_285372984 [cit. 2024-01-06]
5	ČSN 06 0320 (060320) A Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody - Navrhování a projektování. Praha: Český normalizační institut, 2006. Dostupné také z: http://csnonline.agentura-cas.cz/ .
6	Vyhláška č. 193/2007 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie... In: <i>Zákony pro lidi</i> [online]. 2007 [cit. 2024-01-06]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-193
7	TNI CEN/TR 16355 (755407) A Doporučení pro prevenci zvyšování koncentrace bakterií rodu Legionella ve vnitřních vodovodech pro rozvod vody určené k lidské spotřebě. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013. Dostupné také z: http://csnonline.agentura-cas.cz/ .
8	Teplá užitková voda [online]. In: www.kowa.cz . Dostupné z: https://www.kowa.cz/uprava-vody/male-obce-a-domacnosti/obce/tepla-uzitkova-voda [cit. 2024-01-06]
9	BAŠTA, Jiří. <i>Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě</i> . Svazek 1. Praha: GAS, 2001. ISBN 80-86176-82-7.
10	ŠTĚCHOVSKÝ, Jaroslav. <i>Vytápění: pro střední školy se studijním oborem TZB nebo obdobným</i> . Vyd. 3., přeprac., (V Sobotáles vyd. 1.). Praha: Sobotáles, 2005. ISBN 80-86817-11-3.
11	Typy ohříváčů vody a způsoby ohřevu vody: Beztlakové ohříváče vody [online]. In: KOWA. [cit. 2024-01-06]. Dostupné z: https://www.m-k.cz/cz/rady-tipy-inspirace/22-typy-ohrivacu-vody-a-zpusoby-ohrevu-vody.html
12	KOTRBATÝ, Miroslav a HOJER Ondřej. Předávací stanice u odběratele a tlakově závislé připojení spotřebičů tepla: Předávací stanice tepla ve vodních soustavách CZT. In: <i>Tzbinfo</i> [online]. [cit. 2024-01-06]. Dostupné z: https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/4848-predavaci-stance-tepla-ve-vodnich-soustavach-czt-i
13	ČÍHAL Zdeněk a VRÁNA Jakub. Způsoby přípravy teplé vody. <i>Topenářství instalace</i> . 2018, číslo 8, strana 58-66. ISSN 1211-0906
14	Výměníky tepla ostrava. Princip a výkon tepelných výměníků. In: https://www.vymeniky-tepla.cz [online]. Dostupné z: https://www.vymeniky-tepla.cz/princip/#vykon [cit. 2024-01-06]
15	Regulus. <i>Technický list, Zásobník RBC 1500</i> . [online] [cit. 2024-1-6]. Dostupné z: https://www.regulus.cz/cz/zasobnik-rbc-1500
16	VRÁNA Jakub. Zabezpečení zásobníkového ohříváče proti úniku vody. <i>Topenářství instalace</i> . 2022, číslo 4-5, strana 20-21. ISSN 1211-0906
17	VAVŘIČKA Roman a VRÁNA Jakub. Předpisy pro instalaci pojistného ventilu. <i>Topenářství instalace</i> . 2019, číslo 1, strana 32-34. ISSN 1211-0907
20	Centers for Disease Control and Prevention. <i>Public Health Image Library</i> . In: phil.cdc.gov [online]. Dostupné z: https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=15762 [cit. 2024-01-06]
21	studijní materiály BT01 - TZB II - cvičení 8: ústřední příprava teplé vody

22	BERNKOPF Jaroslav. Elektrický ohřev teplé vody – prezenrace. In. slideplayer.cz [online]. Dostupné z: https://slideplayer.cz/slide/3346893/ [cit. 2024-01-06]
23	HOVORKA F. Technologie chemických látek. 1. vydání. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2005. ISBN 80-7080-588-9
24	Ares. Výměníky tepla rozebíratelné. In. www.deskove-vymeniky.cz [online]. Dostupné z: https://www.deskove-vymeniky.cz/vymeniky-tepla-rozebiratelne/ [cit. 2024-01-06]
25	Bárta Ladislav. TZB I (S) Modul 03 zásobování budov vodou. Vysoké učení technické v Brně fakulta stavební, Brno 2006.
26	Samoregulační topný kabel s termostatem. In. www.esvit.cz . [online]. Dostupné z: https://www.esvit.cz/samoregulacni-topny-kabel-s-termostatem-vykon-12w-m-vyber-varianty-delekn [cit. 2024-01-06]
27	Wilo, technické parametry produktů In. wilo.com [online] dostupné z: https://wilo.com/cz/cs/Produkty-a-aplikace/cs/vyroby-a-expertiza

7 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázky

Obrázek 1 výskyt a množení bakterie Legionella v závislosti na teplotě [4].....	13
Obrázek 2 bakterie Legionella pneumophila pod elektronovým mikroskopem, zvětšení 90 000x [20].....	14
Obrázek 3 Zásobníkový nepřímý ohřivač [1].....	15
Obrázek 4 zásobníkový ohřivač bez mrtvého prostoru [21].....	16
Obrázek 5 průtokový ohřivač s přímým ohřevem.....	16
Obrázek 6 otevřený zásobníkový ohřivač [22].....	18
Obrázek 7 trubkový výměník [23].....	19
Obrázek 8 deskový výměník protiproudý [14].....	19
Obrázek 9 desky deskového výměníku s prolisy, vlevo s velkým úhlem vpravo s malým úhlem [14].....	20
Obrázek 10 rozebíratelný výměník [24].....	20
Obrázek 11 místní ohřev [25].....	21
Obrázek 12 skupinový ohřev [1].....	21
Obrázek 13 ústřední příprava teplé vody [25].....	22
Obrázek 14 trasa určení objemu potrubí [1].....	22
Obrázek 15 příklad instalace topného kabelu na potrubí před zaizolováním [26].....	23
Obrázek 16 příklad zabezpečovacího zařízení pro ohřivač s objemem do 200 l [17].....	24
Obrázek 17 příklad zabezpečovacího zařízení pro ohřivač s objemem nad 200 l.....	25
Obrázek 18 pojistná skupina pro přívod studené vody do ohřivače [1].....	25
Obrázek 19 zabudování snímače průtoku – měřený objekt.....	27
Obrázek 20 příklad zabudování snímače průtoku – další objekt.....	28
Obrázek 21 příklad záznamu průtoků CSV soubor.....	28
Obrázek 22 pracovní bod čerpadla.....	62

Tabulky

Tabulka 1 půdorysná plocha podlaží.....	26
Tabulka 2 technické údaje snímače měření průtoku.....	27
Tabulka 3 Maximální množství odebrané teplé vody v časovém úseku	30
Tabulka 4 Průběh aproximační křivky	31
Tabulka 5 stanovení výpočtového průtoku.....	32
Tabulka 6 maximální denní sekundový průtok.....	32
Tabulka 7 celková potřeba tepla pro ohřev teplé vody.....	34
Tabulka 8 Průběh křivky odběru tepla	34
Tabulka 9 graf průběhu tepelných ztrát, dodávky a odběru tepla	35
Tabulka 10 objem a výkon ohřívače dle technického pravidla H-132 98	38
Tabulka 11 Výpočtový průtok V_A	38
Tabulka 12 příklad dimenzování – připojovací potrubí	43
Tabulka 13 příklad dimenzování – svislé odpadní potrubí.....	44
Tabulka 14 příklad dimenzování – svodné splaškové potrubí.....	44
Tabulka 15 dimenzování – přívzdušňovací ventil – odpadní potrubí.....	45
Tabulka 16 dimenzování – přívzdušňovací ventil – připojovací potrubí.....	45
Tabulka 17 dimenzování – dešťové odpadní potrubí.....	47
Tabulka 18 dimenzování – svodné dešťové potrubí.....	48
Tabulka 19 Dimenzování – objem retenčních nádrží.....	49
Tabulka 20 příklad Dimenzování – studená voda	54
Tabulka 21 příklad dimenzování – teplá voda.....	55
Tabulka 22 Dimenzování – požární vodovod	56
Tabulka 23 součinitel přestupu tepla – potrubí teplé vody	57
Tabulka 24 délková tepelná ztráta potrubí.....	57
Tabulka 25 příklad výpočtu tepelné ztráty přívodního potrubí.....	58
Tabulka 26 rozdělení výpočtového průtoku – směr stoupačka V1.....	59
Tabulka 27 rozdělení výpočtového průtoku – směr stoupačka V11	59
Tabulka 28 Dimenzování – cirkulační potrubí - směr V1	60
Tabulka 29 Dimenzování – cirkulační potrubí - směr V11	60
Tabulka 30 Tlaková ztráta termostatických ventilů.....	61
Tabulka 31 Tloušťka tepelné izolace – potrubí cirkulace.....	61
Tabulka 32 Stanovení charakteristického rozměru kompenzátoru	63
Tabulka 33 schéma kompenzátoru typu "U" [33].....	63
Tabulka 34 posouzení objemového kritéria teplé vody	63
Tabulka 35 součet ekvivalentních délkových přírážek.....	66
Tabulka 36 Dimenzování – domovní plynovod	67
Tabulka 37 skladba revizních šachet.....	76

Grafy

Graf 1 Denní spotřeba teplé vody - 2. interval (00:00:00 - 23:59:59)	29
Graf 2 spotřeba teplé vody při vyučování – 1. interval (06:00:00 - 16:00:00).....	29
Graf 3 Kumulativní odběry teplé vody interval 1 (06:00 - 16:00)	31

8 SEZNAM PŘÍLOH

8.1 Tabulkové přílohy

P1	Dimenzování – připojovací potrubí
P2	Dimenzování – odpadní potrubí
P3	Dimenzování – svodné potrubí splaškové kanalizace
P4	Dimenzování – přívodní potrubí studené a teplé vody
P5	Výpočet tepelné ztráty – přívodní potrubí

8.2 Výkresové přílohy

Zdravotechnika – vnitřní vodovod

1.	VODOVODNÍ PŘÍPOJKA - SITUACE	VÝKRES č. 1	M 1 : 250
2.	VODOVODNÍ PŘÍPOJKA - ROZVINUTÝ ŘEZ	VÝKRES č. 2	M 1 : 50
3.	SO01-B PŮDORYS 1.PP	VÝKRES č. 3	M 1 : 50
4.	SO01-A PŮDORYS 1.NP	VÝKRES č. 4	M 1 : 50
5.	SO01-B PŮDORYS 1.NP	VÝKRES č. 5	M 1 : 50
6.	SO01-C PŮDORYS 1.NP	VÝKRES č. 6	M 1 : 50
7.	SO02-D PŮDORYS 1.NP	VÝKRES č. 7	M 1 : 50
8.	SO01-A PŮDORYS 2.NP	VÝKRES č. 8	M 1 : 50
9.	SO01-B PŮDORYS 2.NP	VÝKRES č. 9	M 1 : 50
10.	SO01-C PŮDORYS 2.NP	VÝKRES č. 10	M 1 : 50
11.	SO01-A PŮDORYS 3.NP	VÝKRES č. 11	M 1 : 50
12.	SO01-B PŮDORYS 3.NP	VÝKRES č. 12	M 1 : 50
13.	SO01-C PŮDORYS 3.NP	VÝKRES č. 13	M 1 : 50
14.	SO01-A PŮDORYS 4.NP	VÝKRES č. 14	M 1 : 50
15.	SO01-B PŮDORYS 4.NP	VÝKRES č. 15	M 1 : 50
16.	SO01-C PŮDORYS 4.NP	VÝKRES č. 16	M 1 : 50
17.	AXONOMETRIE	VÝKRES č. 17	M 1 : 50
18.	SCHÉMA ZAPOJENÍ DESKOVÉHO VÝMĚNÍKU	VÝKRES č. 18	M 1 : 40
19.	VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ - ULOŽENÍ POTRUBÍ	VÝKRES č. 19	M 1 : 50

Zdravotechnika – vnitřní kanalizace

1.	KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKA - SITUACE	VÝKRES č. 1	M 1 : 250
2.	KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKA - ROZVINUTÝ ŘEZ	VÝKRES č. 2	M 1 : 50
3.	SO01-A PŮDORYS - 1.PP, ZÁKLADŮ	VÝKRES č. 3	M 1 : 50
4.	SO01-B PŮDORYS - 1.PP, ZÁKLADŮ	VÝKRES č. 4	M 1 : 50
5.	SO01-C PŮDORYS - 1.PP, ZÁKLADŮ	VÝKRES č. 5	M 1 : 50
6.	SO02-D PŮDORYS - 1.PP, ZÁKLADŮ	VÝKRES č. 6	M 1 : 50
7.	SO01-A PŮDORYS 1.NP	VÝKRES č. 7	M 1 : 50
8.	SO01-B PŮDORYS 1.NP	VÝKRES č. 8	M 1 : 50
9.	SO01-C PŮDORYS 1.NP	VÝKRES č. 9	M 1 : 50
10.	SO02-D PŮDORYS 1.NP	VÝKRES č. 10	M 1 : 50
11.	SO01-A PŮDORYS 2.NP	VÝKRES č. 11	M 1 : 50
12.	SO01-B PŮDORYS 2.NP	VÝKRES č. 12	M 1 : 50

13.	SO01-C PŮDORYS 2.NP	VÝKRES č. 13	M 1 : 50
14.	SO01-A PŮDORYS 3.NP	VÝKRES č. 14	M 1 : 50
15.	SO01-B PŮDORYS 3.NP	VÝKRES č. 15	M 1 : 50
16.	SO01-C PŮDORYS 3.NP	VÝKRES č. 16	M 1 : 50
17.	SO01-A PŮDORYS 4.NP	VÝKRES č. 17	M 1 : 50
18.	SO01-B PŮDORYS 4.NP	VÝKRES č. 18	M 1 : 50
19.	SO01-C PŮDORYS 4.NP	VÝKRES č. 19	M 1 : 50
20.	SO01-A PŮDORYS ZÁKLADŮ	VÝKRES č. 20	M 1 : 50
21.	SO01-B PŮDORYS ZÁKLADŮ	VÝKRES č. 21	M 1 : 50
22.	SO01-C PŮDORYS ZÁKLADŮ	VÝKRES č. 22	M 1 : 50
23.	SO02-D PŮDORYS ZÁKLADŮ	VÝKRES č. 23	M 1 : 50
24.	SPLAŠKOVÁ KANALIZACE – ŘEZ SVODNÝM POTRUBÍM S1'-S1, S2'-S2, S3'-S3, S4'-S4, S5'-S5, S6'-S6	VÝKRES č. 24	M 1 : 50
25.	SPLAŠKOVÁ KANALIZACE - ŘEZ SVODNÝM POTRUBÍM S10'-10,S11'-11,S15'-15,S16'-16,S17'-17,S18'-18,S19'-19, S20'-20,S21'-21,S23'-23,S24'-24	VÝKRES č. 25	M 1 : 50
26.	SPLAŠKOVÁ KANALIZACE – ŘEZ SVODNÝM POTRUBÍM S25'-25, S26'-26, S27'-27,S28'-28,S29'-29,S30'-30	VÝKRES č. 26	M 1 : 50
27.	SVISLÝ ŘEZ ODPADNÍM POTRUBÍM S5, S11, S12, S10, S4, S15, S16, S18, S17	VÝKRES č. 27	M 1 : 50
28.	SVISLÝ ŘEZ ODPADNÍM POTRUBÍM S1, S30, S2, S3, S6, S7, S8, S29, S13, S14, S27,	VÝKRES č. 28	M 1 : 50
29.	SVISLÝ ŘEZ ODPADNÍM POTRUBÍM S20, S26, S24, S21, S28	VÝKRES č. 29	M 1 : 50
30.	SO01, SO02 PŮDORYS STŘECHY	VÝKRES č. 30	M 1 : 150
31.	DEŠŤOVÁ KANALIZACE – ŘEZ SVODNÝM POTRUBÍM D1-D1', D2-D2', D3-D3', D5'-D5, D6'-D6, D7'-D7, D8'-D8	VÝKRES č. 31	M 1 : 50
32.	DEŠŤOVÁ KANALIZACE – ŘEZ SVODNÝM POTRUBÍM D4'-D4, D9'-D9, D10'-D10, D11'-D11, D12'-D12	VÝKRES č. 32	M 1 : 50
33.	DEŠŤOVÁ KANALIZACE – ŘEZ SVODNÝM POTRUBÍM D13'-D13, D14'-D14, D15'-D15, D16'-D16, D17'-D17	VÝKRES č. 33	M 1 : 50
34.	DEŠŤOVÁ KANALIZACE – ŘEZ SVODNÝM POTRUBÍM D18'-D18, D19'-D19, D20'-D20	VÝKRES č. 34	M 1 : 50
35.	DETAIL RETENČNÍ NÁDRŽE - PODÉLNÝ ŘEZ	VÝKRES č. 35	M 1 : 25
36.	VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ - ULOŽENÍ POTRUBÍ	VÝKRES č. 36	M 1 : 25
37.	VZOR REVIZNÍ ŠACHTY Ø 1000	VÝKRES č. 37	M 1 : 30

Zdravotechnika – plynoinstalace

1.	PLYNOVODNÍ PŘÍPOJKA - SITUACE	VÝKRES č. 1	M 1 : 250
2.	PLYNOVODNÍ PŘÍPOJKA - ROZVINUTÝ ŘEZ	VÝKRES č. 2	M 1 : 50
3.	PŮDORYS 1.S, 1. NP	VÝKRES č. 3	M 1 : 50
4.	PŮDORYS 2. NP	VÝKRES č. 4	M 1 : 50
5.	AXONOMETRIE	VÝKRES č. 5	M 1 : 50
6.	VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ - ULOŽENÍ POTRUBÍ	VÝKRES č. 6	M 1 : 25