VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ SPRÁVNÍ BUDOVY S HALOU
HEATING AND COOLING OF THE ADMINISTRATIVE BUILDING WITH HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Jakub Hečko
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. Jan Topič, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2024

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav technických zařízení budov
Student:	**Jakub Hečko**
Vedoucí práce:	**Ing. Jan Topič, Ph.D.**
Akademický rok:	2023/24
Studijní program:	B0732A260005 Stavební inženýrství
Studijní obor:	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 bakalářské práce:

Vytápění a chlazení správní budovy s halou

Stručná charakteristika problematiky úkolu:
Prováděcí dokumentace systému vytápění a chlazení zadané budovy

Cíle a výstupy bakalářské práce:
A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran
B. Výpočtová část
- analýza objektu – koncepční řešení vytápění objektu, volba zdroje tepla,
- výpočet tepelného výkonu,
- energetický štítek obálky budovy,
- návrh otopných ploch,
- návrh zdroje tepla,
- návrh přípravy teplé vody, event. dalších spotřebičů tepla,
- dimenzování a hydraulické posouzení potrubí, návrh oběhových čerpadel
- návrh zabezpečovacího zařízení,
- návrh výše nespecifikovaných zařízení, jsou – li součástí soustavy
- roční potřeba tepla a paliva

C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: půdorysy + legenda, 1:50 (1:100), schéma zapojení otopných těles - / 1:50 (1:100), půdorys (1:25, 1: 20) a schéma zapojení zdroje tepla, technická zpráva.

Seznam doporučené literatury a podklady:

1. Stavební dokumentace zadané budovy

2. Aktuální legislativa ČR

3. České i zahraniční technické normy

4. Odborná literatura

5. Zdroje na internetu

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 21.11.2023

L.S.

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
vedoucí ústavu

Ing. Jan Topič, Ph.D.
vedoucí práce

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

Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně / Veveří 331/95 / 602 00 / Brno

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem vytápění a chlazení administrativní budovy se skladovací halou. Teoretická část je zaměřena na velkoplošné sálavé vytápění. Výpočtová část obsahuje podrobný návrh vytápění administrativní budovy se skladovací halou a návrh chlazení administrativní budovy. Administrativní budova je vytápěna podlahovým vytápěním, skladovací hala je vytápěna pomocí teplovodních sálavých pásů. Chlazení administrativní budovy je navrženo pomocí dvoutrubkových kazetových fancoilů. Zdrojem tepla a chladu je invertorové tepelné čerpadlo vzduch/voda. Větrání je uvažováno jako nucené pomocí vzduchotechnických jednotek. Návrh přípravy teplé vody je řešen jako přednostní. Projektová část obsahuje výkresovou dokumentaci a technickou zprávu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, chlazení, administrativní budova, skladovací hala, tepelná ztráta, tepelný výkon, velkoplošné vytápění, teplovodní sálavé pásy, podlahové vytápění, fancoil, tepelné čerpadlo, akumulační nádrž, zásobníkový ohřev teplé vody, dimenzování, zabezpečovací zařízení, roční potřeba tepla.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the design of heating and cooling for an administrative building with a storage hall. The theoretical part focuses on large-area radiant heating. The computational part includes a detailed design of heating for the administrative building with a storage hall and a design for cooling the administrative building. The administrative building is heated by underfloor heating, while the storage hall is heated using hot water radiant panels. Cooling for the administrative building is designed using two-pipe cassette fan coil units. The source of heat and cold is an inverter air-to-water heat pump. Ventilation is considered forced, using air handling units. The design of hot water preparation is addressed as a priority. The project part includes drawing documentation and a technical report.

KEYWORDS

Heating, cooling, administrative building, storage hall, heat loss, thermal power, large-area heating, hot water radiant panels, underfloor heating, fancoil, heat pump, accumulator tank, storage water heater, sizing, security devices, annual heat demand.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HEČKO, Jakub. *Vytápění a chlazení správní budovy s halou*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí Ing. Jan Topič, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vytápění a chlazení správní budovy s halou* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2024

Jakub Hečko

autor

Obsah

Úvod ... 13
A TEORETICKÁ ČÁST ... 15
A.1) Způsoby šíření tepla ... 16
A.2) Tepelná pohoda ... 17
A.3) Velkoplošné sálavé vytápění ... 18
A.4) Teplovodní podlahové vytápění ... 20
A.4.1) Provedení suchým způsobem ... 20
A.4.2) Provedení mokrým způsobem ... 21
A.4.3) Provedení pomocí modulové klima-desky ... 21
A.4.4) Provedení přes kapilární rohože ... 22
A.4.5) Tvarování otopného potrubí ... 22
A.4.6) Provedení tepelně-izolačního a dilatačního pásu ... 23
A.4.7) Tepelně-akustická izolace ... 24
A.4.8) Upevnění potrubí ... 24
A.4.9) Trubky pro podlahové vytápění ... 25
A.4.10) Podlahové mazaniny ... 27
A.5) Teplovodní závěsné sálavé panely ... 28
A.5.1) Konstrukce panelu ... 28
A.5.2) Stanovení počtu pásů ... 29
A.5.3) Rozměr objektu ... 29
A.5.4) Instalovaný tepelný výkon ... 30
A.5.5) Zavěšování panelů ... 32
A.5.6) Odvzdušnění panelů ... 33
A.6) Závěr ... 34
B VÝPOČTOVÁ ČÁST ... 35
B.1) Analýza objektu ... 36
B.2) Výpočet součinitele prostupu tepla ... 37
B.2.1) Tepelný odpor konstrukce ... 37
B.2.2) Odpor konstrukce při prostupu tepla ... 37
B.2.3) Součinitel prostupu tepla ... 37
B.2.4) Porovnání ručního výpočtu součinitele prostupu tepla se softwarem ... 38
B.2.5) Součinitele prostupu tepla posuzovaných konstrukcí – administrativa ... 39
B.2.6) Součinitele prostupu tepla posuzovaných konstrukcí – Skladovací hala ... 43
B.3) Výpočet tepelného výkonu ... 45
B.3.1) Návrhový tepelný výkon místnosti ... 45

B.3.2) Výpočet tepelných ztrát prostupem 45
B.3.3) Výpočet tepelných ztrát větráním – nucené větrání 47
B.3.4) Stanovení průtoků vzduchu 48
B.3.5) Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností administrativní budovy 49
B.3.6) Porovnání ručního výpočtu tepelných ztrát se softwarem 55
B.3.7) Výpočet výkonu pro VZT administrativy 56
B.3.8) Výpočet tepelných ztrát skladovací haly 57
B.3.9) Výpočet výkonu pro VZT haly 60
B.3.10) Rekapitulace tepelných ztrát 61
B.4) Tepelná zátěž administrativní budovy 62
B.4.1) Určení měsíce pro výpočet tepelné zátěže 62
B.4.2) Ruční výpočet tepelné zátěže místnosti 113 64
B.4.3) Výpočet tepelných zátěží administrativní budovy 68
B.5) Energetický štítek obálky budovy 69
B.6) Návrh otopných ploch 74
B.6.1) Podlahové vytápění 74
B.6.2) Teplovodní sálavé panely 74
B.7) Návrh zdroje tepla a chladu 75
B.7.1) Výpočet potřebného výkonu 77
B.7.2) Uvažované parametry otopné soustavy 77
B.7.3) Bod bivalence pro tepelné čerpadlo 77
B.7.4) Bivalentní zdroj 78
B.8) Akumulační nádrž 79
B.8.1) Pokrytí tepelného výkonu akumulační nádrží 79
B.8.2) Ekvitermní regulace 81
B.9) Návrh přípravy teplé vody 82
B.9.1) Výpočet potřeby teplé vody 82
B.9.2) Výpočet potřeby tepla 82
B.9.3) Rozdělení vytížení odběru teplé vody 83
B.9.4) Křivka odběru a dodávky teplé vody 83
B.9.5) Návrh zásobníku teplé vody 84
B.10) Návrh fancoilu 87
B.10.1) Výpočet výkonu fancoilu 87
B.10.2) Posouzení hluku 88
B.10.3) Tlaková ztráta výměníku 90
B.11) Dimenzování a hydraulické posouzení soustavy 91

B.11.1) Regulace a seřízení podlahového vytápění ... 91
B.11.2) Regulace a seřízení teplovodních sálavých pásů ... 92
B.11.3) Regulace a seřízení fancoilů ... 93
B.11.4) Regulace a seřízení paty větví ... 94
B.11.5) Dimenzování podlahového vytápění ... 95
B.11.6) Dimenzování teplovodních sálavých pásů ... 100
B.11.7) Hydraulický výpočet vytápění ... 101
B.11.8) Hydraulický výpočet chlazení ... 107
B.12) Návrh oběhových čerpadel ... 111
B.12.1) Oběhové čerpadlo podlahového vytápění ... 111
B.12.2) Oběhové čerpadlo vzduchotechniky ... 112
B.12.3) Oběhové čerpadlo sálavých pásů ... 113
B.12.4) Oběhové čerpadlo fancoilů ... 114
B.12.5) Oběhové čerpadlo tepelného čerpadla ... 115
B.12.6) Oběhové čerpadlo při výpadku elektrické energie ... 116
B.13) Návrh zabezpečovacího zařízení ... 117
B.13.1) Návrh expanzní nádoby ... 117
B.13.2) Pojistný ventil ... 121
B.14) Návrh ostatních zařízení soustavy ... 121
B.14.1) Doplňování vody do systému ... 121
B.14.2) Magnetický odlučovač ... 122
B.14.3) Magnetický filtr ... 122
B.14.4) Třícestný přepínací kohout ... 122
B.14.5) Havarijní pohon ... 123
B.14.6) Záložní zdroj ... 123
B.14.7) Filtry ... 124
B.14.8) Uzavírací kohout expanzní nádoby ... 124
B.14.9) Návrh izolace potrubí ... 125
B.15) Výpočet potřeby tepla ... 126
B.15.1) Potřeba tepla administrativní budovy – vytápění ... 126
B.15.2) Potřeba tepla skladovací haly – vytápění ... 128
B.15.3) Potřeba tepla na ohřev teplé vody ... 129
B.15.4) Potřeba tepla ohřívače VZT administrativní budovy ... 130
B.15.5) Potřeba tepla ohřívače VZT skladovací haly ... 131
B.15.6) Potřeba tepla bivalentního zdroje ... 132
B.15.7) Celková roční potřeba a spotřeba elektrické energie ... 133

C – TECHNICKÁ ZPRÁVA 134
C.1) Úvod 135
C.1.1) Popis objektu 135
C.2) Tepelné ztráty 135
C.2.1) Klimatické údaje 135
C.2.2) Vnitřní výpočtové teploty 135
C.2.3) Vypočtené tepelné výkony 135
C.3) Roční potřeba a spotřeba tepla 136
C.3.1) Roční potřeba tepla 136
C.3.2) Roční spotřeba tepla 136
C.4) Zdroj tepla a další zařízení 136
C.4.1) Popis zdroje tepla 136
C.4.2) Popis zdroje chladu 136
C.4.3) Akumulační nádoba 136
C.4.4) Zabezpečovací zařízení 137
C.4.5) Fancoil jednotky 137
C.4.6) Doplňování vody do systému a odvzdušnění 137
C.4.7) Vypouštění vody ze systému 137
C.4.8) Oběhová čerpadla 137
C.5) Ohřev teplé vody 137
C.6) Otopná soustava 138
C.7) Izolace rozvodů 138
C.8) Vzduchotechnika 138
C.9) Měření a regulace 139
C.10) Požadavky na ostatní profese 139
C.10.1) Stavební práce 139
C.10.2) Zdravotechnika 139
C.10.3) Elektroinstalace 139
C.10.4) Vzduchotechnika 139
C.11) Montáž a uvedení do provozu 140
C.11.1) Zdroj tepla a chladu 140
C.11.2) Otopná soustava 140
C.12) Zkoušky otopné soustavy 140
C.12.1) Zkouška těsnosti 140
C.12.2) Provozní zkouška 141
C.13) Bezpečnost 141

C.13.1) Bezpečnost při realizaci díla 141
C.13.2) Požární bezpečnost 141
C.14) Ochrana zdraví a životního prostředí 141
C.15) Normy, vyhlášky, zákony 142
Závěr 144
Seznam použitých zdrojů 146
Seznam tabulek a obrázků 148
Seznam příloh 152

Úvod

Práce je zaměřena na návrh vytápění a chlazení administrativní budovy se skladovací halou. Architektonický koncept administrativní budovy je navržen jako jednopodlažní Open Office s velkým podílem prosklení. Skladovací hala se nachází za administrativní budovou, přičemž sdílí společnou stěnu. Bakalářská práce se skládá ze tří částí.

Teoretická část je zaměřena na velkoplošné sálavé vytápění. Konkrétněji je kladen důraz na podlahové vytápění a teplovodní sálavé pásy. Princip velkoplošného vytápění byl uplatněn ve výpočtové a projektové části.

Výpočtová část se zabývá návrhem dvoutrubkové otopné soustavy včetně přednostní přípravy teplé vody. Vytápění administrativní budovy je řešeno pomocí podlahového vytápění, skladovací hala je vytápěna teplovodními sálavými panely. Zdrojem tepla je tepelné čerpadlo vzduch/voda v provedení monoblok s chladivem R290. Při návrhu bylo uvažováno s nuceným větráním obou objektů pomocí dvou vzduchotechnických jednotek, které disponují zpětným získáváním tepla. Z důvodu velkého prosklení administrativní budovy s orientací na jihozápad vzniká potřeba odvádět tepelnou zátěž v letních měsících. Chlazení administrativní budovy je řešeno pomocí dvoutrubkových fancoilů, kdy zdrojem chladu bude totožné tepelné čerpadlo vzduch/voda.

Projektová část obsahuje technickou zprávu a výkresovou dokumentaci.

A TEORETICKÁ ČÁST

A.1) Způsoby šíření tepla

Šíření tepla je fyzikální jev, kdy se teplo šíří z teplejšího prostředí do prostředí chladnějšího. V souvislosti s vytápěním a chlazením tento proces může nastávat různými způsoby. (1)

Vedením (kondukcí)

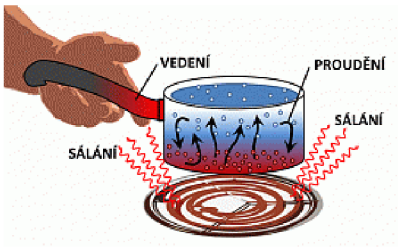
Teplo se přenáší prostřednictvím výměny kinetické energie sousedících částic. Molekuly s vyšší teplotou a kinetickou energií naráží do molekul s teplotou a kinetickou energií nižší způsobující nárust tepla a kinetické energie pomalejších molekul. Kondukce se primárně vyskytuje v pevných látkách. (2) (1)

Prouděním (konvekcí)

Teplo se přenáší pohybem molekul v prostoru pomocí konvekčních proudů. Konvekční proudy vznikají při zahřátí kapaliny nebo plynu, kdy dochází k nárustu objemové hustoty dané látky a vstoupá vzhůru při současném vytlačovaní chladnější látky opačným směrem. (2) (1)

Sálání (radiace)

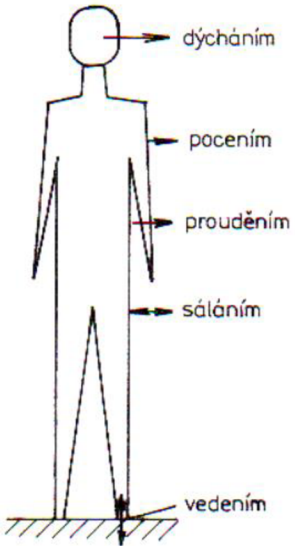
Teplo se přenáší elektromagnetickými vlnami, nevyžadující pro přenos tepla látkové prostředí, což vede k možnosti šíření tepla i ve vakuu. K sálání a absorpci dochází především u tuhých těles a kapalin. Sáláním se rozumí šíření energie v rozsahu infračerveného spektra. Intenzita vyzařování tepelné energie závisí na teplotě emitující hmoty, s nárustem teploty roste i intenzita radiace. Tento způsob šíření tepla je pro nás nejpřirozenější, protože na způsobu radiace fungují sluneční paprsky. Princip sálání uplatňují velkoplošné systémy vytápění a chlazení. (2) (1)



Obrázek 1 *Šíření tepla (3)*

A.2) Tepelná pohoda

Cílem vytápění je zajištění tepelného komfortu ve vytápěném prostoru. Tepelný komfort charakterizuje stav, při kterém člověk nepociťuje nadměrné teplo, ani chlad, cítí se neutrálně. Sdílené toky mezi člověkem a okolním prostředím pro docílení tepelného komfortu musí být v rovnováze. (4)



Obrázek 2 *Tepelné toky člověk – okolí (5)*

Tepelný komfort je ovlivněn mnoha faktory: (6)

- metabolismem
- tepelným odporem oblečení
- teplotou vzduchu
- radiační teplotou
- rychlostí proudění vzduchu
- tělesnou postavou, věkem, pohlavím

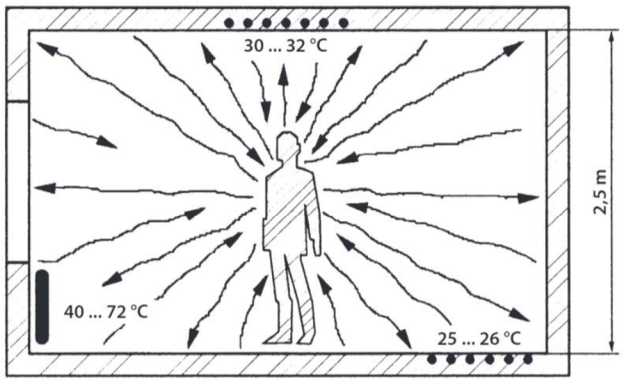
Všechny výše popsané parametry vstupují do tepelné bilance lidského těla a mohou být vyjádřeny rovnicí. Za akceptovatelný stav je procento nespokojených lidí menší než 15 %. Současně musí být splněno, že se žádná část lidského těla nepřehřívá, nebo nepodchlazuje. (4)

U podlahového vytápění může dojít k lokální nepohodě v případě kontaktu chodidla s podlahou v důsledku vysoké povrchové teploty podlahy. Pro podlahy, kde se pohybují neobutí lidé hraje roli její skladba, konkrétně volba podlahového materiálu. Podlahová krytina neovlivňuje lokální tepelnou pohodu pro lidi s obuví, ale je doporučená optimální teplota 25 °C pro sedící osoby, pro chodící a stojící osoby 23 °C. Obecně platí, že průměrná teplota podlahy by neměla být vyšší než 29 °C. (4)

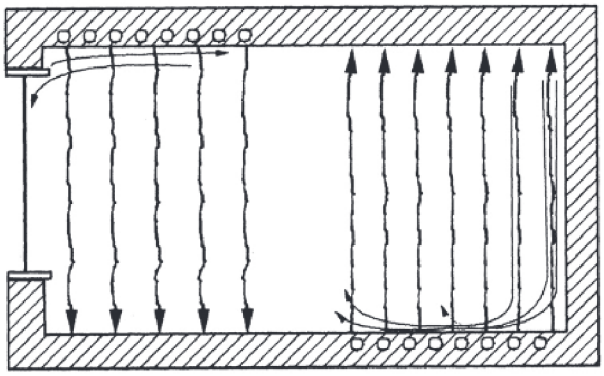
A.3) Velkoplošné sálavé vytápění

K sálavému vytápění zařazujeme velkoplošné vytápění stropní, stěnové a podlahové, včetně vytápění zavěšenými sálavými panely. U sálavého vytápění se většina tepla z otopné plochy šíří sáláním a druhá menší část prouděním (konvekcí). U stropního vytápění představuje sálavá složka 80 % celkového tepelného toku, u podlahového pak 55 %. (7) (4)

U velkoplošných teplovodních soustav je zahřívána stavební konstrukce zevnitř potrubím, ve kterém proudí otopná voda. V místech uložení potrubí je teplota nejvyšší, uprostřed mezi trubkami je teplota nejnižší. Pro určení výkonu sálavé plochy je klíčové znát průběhy teplot. (7) (4)



Obrázek 3 *Znázornění tepelných toků a povrchových teplot (4)*



Obrázek 4 *Sálání u stropního/podlahového vytápění (4)*

Při sálavém vytápění jsou povrchové teploty stavebních konstrukcí vyšší, než je okolní teplota vzduchu. Konstrukce vytápěného prostoru sálají teplo na plochy, osoby a předměty, teprve od nich se ohřívá okolní vzduch. (7) (4)

Jednou z předností sálavého vytápění je úspora energií za současného vyvinutí příjemného prostředí. Při sálavém vytápění je střední radiační teplota vyšší a lidé se mohou pohybovat v prostorech s nižší teplotou vzduchu, aniž by došlo k pocítění diskomfortu a narušení tepelné pohody. Nižší požadavek na teplotu přívodního vzduchu při tomto způsobu vytápění se promítá i do celkové spotřeby tepla na větrání a snižuje energetickou náročnost budovy. (7)

Obrázek 5 *Teplovzdušné a sálavé vytápění (8) (9)*

Sálavá otopná plocha může být samostatná ve formě sálavých panelů, otopných desek, infrazářičů nebo součástí stavebních konstrukcí jako nedělitelná součást (velkoplošné otopné soustavy). (10)

Hlavní rozdíly velkoplošných a samostatných sálavých ploch: (10)

- konstrukční řešení
- měrný výkon
- teplonosná látka
- povrchové teploty

Povrchové teploty velkoplošných systému bývají nízké v porovnání s konvekčním vytápěním (konvekční těleso ohřívá vzduch, který dále ohřívá okolní stěny a další přilehlé konstrukce). (10)

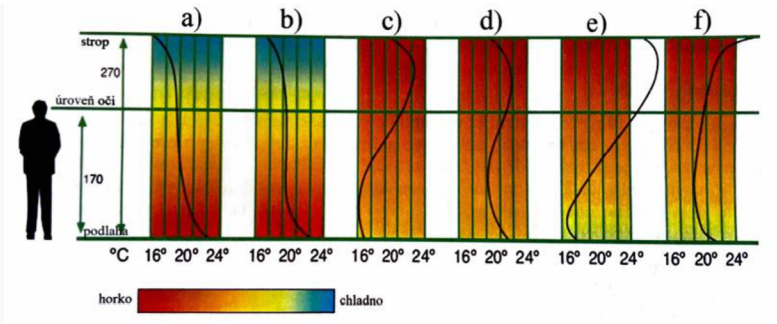
Povrchové teploty velkoplošných sálavých ploch: (7)

- stěnové 25 až 34 °C
- stropní 36 až 45 °C
- podlahové 25 až 34 °C

Z uvedených hodnot je zřejmé, že velkoplošné sálavé plochy pracují s nižší teplotou teplonosného média, a proto jsou vhodnou otopnou plochou pro systémy využívající energii z nízkopotenciálních zdrojů. (7) (10)

A.4) Teplovodní podlahové vytápění

Ve vytápěném prostoru je důležité prostorové rozložení teplot. Vertikální rozdělení teplot ve vytápěném prostoru vzniká nerovnoměrným přívodem tepla a ochlazováním stěn a je vyšší, čím je vyšší povrchová teplota otopných ploch. Ideálně vytápěný prostor by měl mít rozložení teplot po výšce takové, aby teplota vzduchu v oblasti hlavy byla o 2 °C menší, než je v oblasti kotníků. Ideálnímu průběhu teplot ve vytápěném prostoru se nejvíce blíží právě podlahové vytápění. (4) (7)



a) nesplnitelný ideál, b) podlahové vytápění, c) článkové OT u vnitřní neochlazované stěny, d) článkové OT pod oknem, e) teplovzdušné vytápění, f) stropní vytápění

***Obrázek 6** Vertikální průběhy teplot vzduchu při různém způsobu vytápění (7)*

Umístění otopné plochy od ochlazované obvodové konstrukce ovlivňuje rozložení teplot ve směru horizontálním. U podlahového vytápění je průběh teplot téměř ideální až na oblast v místě ochlazované konstrukce. Prostor u ochlazované konstrukce nazýváme okrajová oblast a tento nedostatek lze kompenzovat kladením potrubí v poloviční rozteči, než je tomu ve středu místnosti. (4) (7)

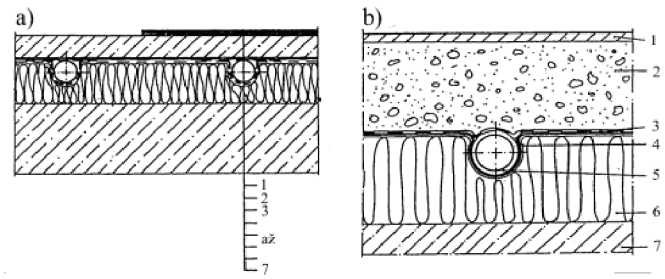
Podle provedení podlahové otopné plochy rozdělujeme: (4)

- provedení suchým způsobem
- provedení mokrým způsobem
- provedení pomocí modulové klima-desky
- provedení přes kapilární rohože

A.4.1) Provedení suchým způsobem

Otopné potrubí se uloží do roznášecí kovové lamely, která je vetknuta do vrstvy tepelné izolace. Potrubí je odděleno od cementového potěru hydroizolační vrstvou, která odděluje mokrý proces. Lamela pod hydroizolační vrstvou zvyšuje pevnost podlahy a zajišťuje rovnoměrný rozvod tepla. (7) (4)

Podlahy vytvořené suchým procesem mají menší měrný tepelný výkon a pracují s vyšší teplotou otopné vody, která může dosahovat až 70 °C. Své uplatnění nacházejí při rekonstrukcích, kde může být požadavek na nízkou konstrukční výšku podlahy. (7)



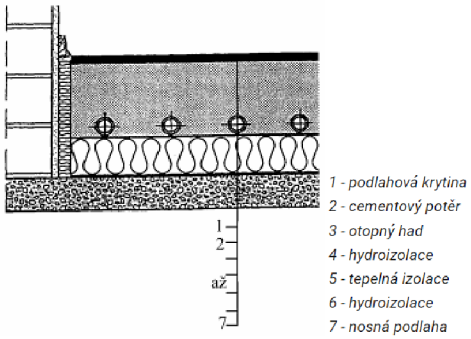
(1 - podlahová krytina, 2 - cementový potěr, 3 - hydroizolace, 4 - fólie, 5 - otopný had, 6 - tepelná izolace, 7 - nosná podlaha)

Obrázek 7 *Suchý způsob provedení otopné plochy (4)*

A.4.2) Provedení mokrým způsobem

Otopné potrubí je součástí betonové vrstvy a je obalené betonem nad tepelně zvukovou izolací. (10)

Podlahy vytvořené mokrým procesem dosahují větších měrných tepelných výkonů, teplota otopné vody se pohybuje v rozmezí 35 až 55 °C. (10)

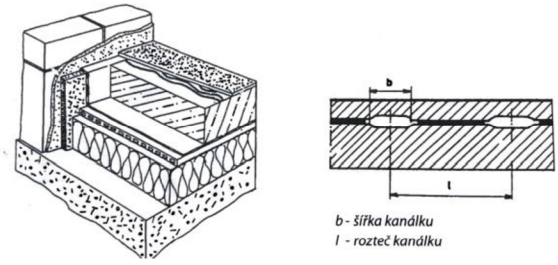


Obrázek 8 *Mokrý způsob provedení otopné plochy (11)*

A.4.3) Provedení pomocí modulové klima-desky

Klima podlahy jsou duté profily, vyrobené přímo pro tento účel. Jsou souvisle kladeny na tepelnou izolaci jako souvislá plocha, která je hydraulicky propojena. Klima desky mají zvýšené požadavky na čistotu otopné vody vzhledem k jejich malým průtočným průřezům. Výhodou takto vytvořené otopné plochy je její vyšší pružnost, nízká konstrukční výška a rovnoměrné rozložení povrchové teploty podlahy. (10)

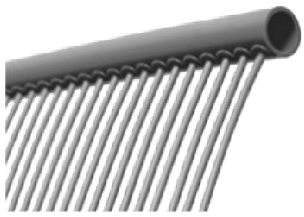
Podlahy tvořené pomocí klima desek pracují s nízkou teplotou otopné vody, která se pohybuje v rozmezí 25 až 35 °C. (10)



Obrázek 9 *Řez modulové klima podlahy (4)*

A.4.4) Provedení přes kapilární rohože

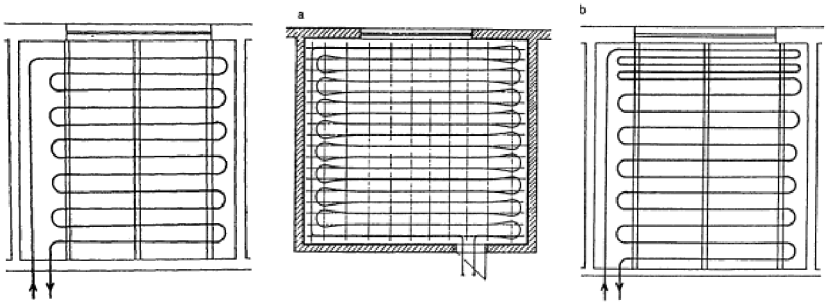
Pro podlahové vytápění nacházejí své využití jen zřídka, uplatňují se především u stěnové či stropní otopné plochy. Navrhují se na nízké povrchové teploty a nízké teplotní spády, jsou proto vhodné pro nízkoenergetické domy, kde je zapotřebí malý měrný tepelný výkon. Kapilární rohože se vyrábějí z polypropylenu a svařují polyfúzním svařováním. Polypropylen nevykazuje potřebnou ochranu proti difúzi kyslíku, a proto je nutné hydraulický okruh s kapilárními rohoži oddělit od ostatních hydraulických okruhů výměníkem tepla. (7)



Obrázek 10 *Kapilární rohož (12)*

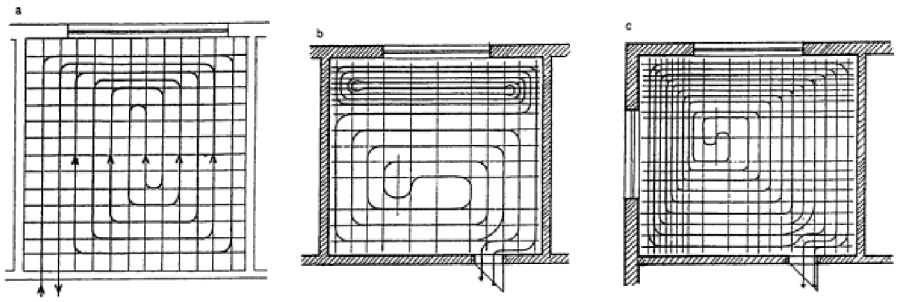
A.4.5) Tvarování otopného potrubí

Meandrový způsob tvarování je způsob, kdy se teplá přívodní voda vede nejdříve k ochlazovaným konstrukcím a následně se postupuje směrem na druhou stranu místnosti. Tento způsob kladení částečně kompenzuje vliv chladných oken nebo obvodových konstrukcí. Oblouky se při meandrovém způsobu tvarují pod úhlem 180°, je tedy nutné používat potrubí menších průměrů. (7) (10)



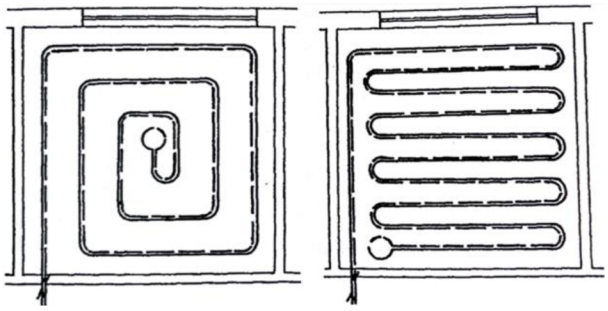
Obrázek 11 *Meandrové způsoby pokládky (7)*

Druhou základní pokládkou jsou **plošné spirály**. U tohoto způsobu pokládky je povrchová teplota podlahy v místnosti víceméně rovnoměrná, neboť se střídá vratné a přívodní potrubí. Nevýhodou této pokládky je pokles vnitřní teploty v horizontálním směru. Nevýhoda se dá částečně eliminovat vytvořením intenzivnější okrajové zóny. Oblouky se při spirálovém uložení tvarují pod úhlem 90°, je možné zvolit potrubí větších průměrů. (7) (10)



Obrázek 12 Kladení ve tvaru plošné spirály (7)

V obou případech pokládky lze dosáhnout zprůměrováním teplot běžícího otopného potrubí pokládkou bifilární. V běžné praxi se bifilární pokládka nepoužívá a nahrazuje se dvojitým meandrem zejména při stěnovém vytápění. (4) (10)



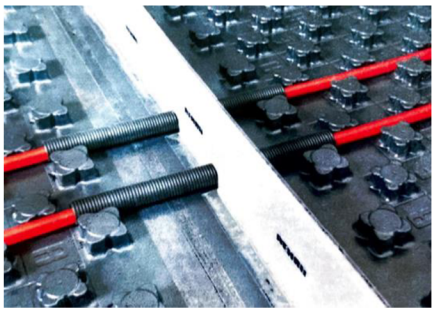
Obrázek 13 Bifilární pokládka (4)

A.4.6) Provedení tepelně-izolačního a dilatačního pásu

Před pokládkou otopné podlahy se předpokládá zhotovení omítek na všech stěnách, které sousedí s otopnou podlahou, jsou osazené zárubně dveří a je dokončený hydraulický okruh. Před položením tepelně-izolační vrstvy se z nosné části podlahy odstraní všechny její nedostatky ve formě nerovností, nečistot nebo mastných skvrn. Podle druhu mazaniny se podlaha člení na dilatační celky. (7)

Pro provedení tepelně-izolačního a dilatačního pásu jsou doporučeny pásy tloušťky 10 až 20 mm, které jsou schopné kompenzovat tepelnou roztažnost betonové vrstvy. Pásy klademe podél všech stěn ve styku s vytápěnou podlahou, pásy je nutné klást i kolem sloupů, do dělících dilatačních spár a v případě potřeby je pevně uchytit. (7)

Dilatační spáry provádíme pro umožnění rozpínání podlahy, spáry rozdělují jednotlivé vrstvy v celém průřezu od tepelné izolace až k povrchu podlahy. Přes spáru se snažíme vést minimum potrubí, které je uloženo v chráničce. Dilatační plocha, ideálně čtvercového půdorysu, se u betonové mazaniny doporučuje maximálně 40 m^2. Po uložení okrajových pásů můžeme klást tepelně-akustickou izolaci, která často bývá ve formě systémových desek. Izolační desky klademe jako souvislou vrstvu co nejtěsněji k sobě, desky je možné k sobě kotvit kovovými nebo plastovými trny. (7)



Obrázek 14 *Vedení potrubí dilatační spárou (7)*

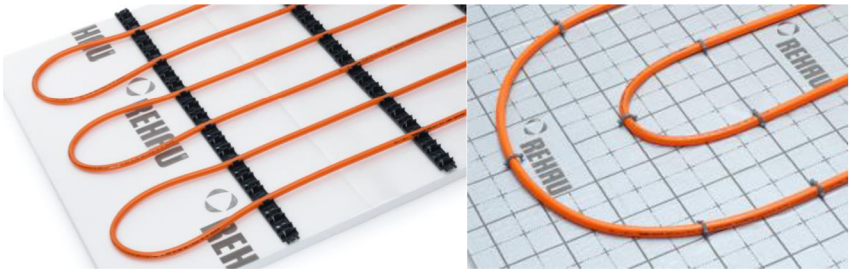
A.4.7) Tepelně-akustická izolace

Kromě izolačních vlastností musí tepelně-akustická izolace splňovat i další požadavky. Musí mít dostatečnou pevnost a malou stlačitelnost. Tepelně-akustická izolace je dnes prováděna především z polystyrenových desek a je překrytá hydroizolační vrstvou nebo systémovými deskami. (7)

Systémové desky mají profilované vnější hrany a při pokládce do sebe zapadají, tvořící požadovanou celistvou vrstvu podlahy. Systémové desky nepožadují další fólie pro překrytí a celistvá vrstva eliminuje zvukové mosty. (7)

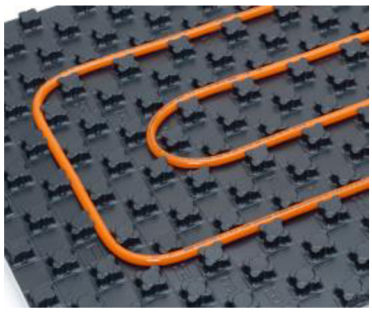
A.4.8) Upevnění potrubí

Potrubí se klade do plastových lišt, které jsou na tepelně-izolační vrstvu uchyceny plastovými sponami, nebo jsou opatřeny samolepící páskou. Dalším způsobem pro uchycení otopného potrubí jsou plastové příchytky, které přímo perforují reflexní fólii i tepelně izolační vrstvu. (7)



Obrázek 15 *Upevnění plastovými příchytkami (13)*

Jedním z nejrychlejších způsobů pokládky otopného potrubí jsou systémové desky, které mají tvarované výstupky, mezi které se potrubí v požadované roztečí vtlačí. (7)



Obrázek 16 *Kladení do systémové desky (13)*

Dalším rychlým způsobem pokládky jsou systémy využívající principu suchého zipu. Jedná se o polystyrenový panel s rastrem, který je potažen tkaninou pro uchycení trubek. Tkanina je těsná proti vniku vlhkosti a záměsové vody z mazaniny. Trubky jsou ovinuty páskou s háčky. (13)

Obrázek 17 *Systém Rautherm Speed (13)*

A.4.9) Trubky pro podlahové vytápění

Pro otopné potrubí používáme trubky z mědi, plastů a vícevrstvé trubky.

K významným přednostem **měděného** potrubí řadíme: (10)

- odolnost proti korozi
- malá tloušťka stěn
- malá hmotnost na metr potrubí
- vysoká pevnost
- jednoduché a rychlé montážní práce
- bezpečná spojovací technika
- ekologičnost, baktericidní účinky apod.

Měděná potrubí jsou vyráběna z dezoxidované mědi (SF-Cu) s obsahem čisté mědi v minimálním množství 99,9 %. Pro aplikace v podlahovém vytápění uplatňujeme měkké měděné trubky F22 dodávané ve svitcích s deklarovanou pevností 220 MPa. Potrubí spojujeme pájením nebo lisováním. Měděné potrubí se používá zejména pro suchý způsob pokládky. (7)

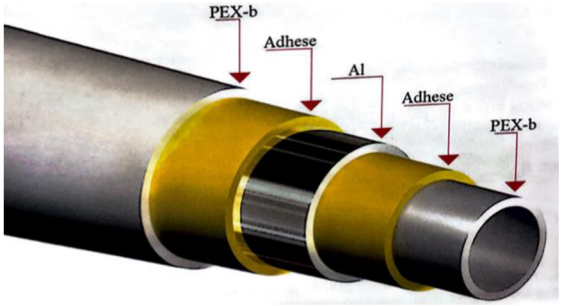
Výrazné zastoupení mají dnes potrubí **plastová**. Z hlediska technologického zpracování a chování plastů za tepla je rozdělujeme na termoplasty, duroplasty a elastomery. (10)

Termoplasty lze tepelně zpracovávat a opětovně upravovat. Při vystavení termoplastů teplu se jejich molekuly rozpínají a lze je tvarovat. Při ochlazení se molekuly opět shlukují, což vede k ztuhnutí a nabytí pevnosti. Termoplasty ve stavebnictví jsou například polypropylen, polystyren a polyvinylchlorid. (14)

Duroplasty (termosety) se po ukončení síťování zformují do požadovaného tvaru a nelze je dále tavit. Proces síťování je nevratný a nelze vytvořenou síť dále měnit. Termosety jsou obecně tvrdší, pevnější než termoplasty a mají větší rozměrovou stálost. Představitelem termosetu je například síťovaný polyetylen (PEX). (14)

Elastomery se v nenapjatém stavu skládají ze zesíťovaných vláken, které jsou silně zkroucené, zalomené a svinuté. Při tahovém zatížení se deformují rozplétáním a odvíjením. Po uvolnění napětí se řetězce vrací zpět do původního stavu. Příkladem elastomeru je například kaučuk. (14)

Pro účely vytápění je nutné zamezit difúze kyslíku přes stěnu trubky do otopné vody. Difúze kyslíku do otopné vody způsobuje provozní potíže a korozivní účinky. V aplikacích velkoplošného vytápění používáme často **vícevrstvé** trubky, které vznikají kombinací plastu, hliníku a opět plastu a soudržnost materiálu je zajištěna adhesí. Vícevrstvé potrubí kompenzuje velkou délkovou roztažnost plastového potrubí za současného zachování tuhosti a výborné ohebnosti. Vícevrstvé potrubí se spojuje spojkami či polyfúzním svařováním. (7)



Obrázek 18 *Vícevrstvé potrubí (7)*

A.4.10) Podlahové mazaniny

Betonová podlahová mazanina je obohacena plastifikátory pro lepší zatékání mezi otopné trubky podlahového vytápění, avšak plastifikátory nijak nezlepšují vedení tepla mazaninou. Minimální tloušťka betonové mazaniny nad trubkami musí být 45 mm. Mokrý způsob provedení vyžaduje větší tloušťku, ideálně 65 až 70 mm. Podlahy namáhané větším zatížením se navíc vyztužují armovací rohoží z ocelových prutů. Otopné potrubí při betonáži musí být natlakované a hlídá se přetlak v průběhu betonáže, zjištěný pokles tlaku může indikovat porušení potrubí.

Anhydritové mazaniny představují materiál na bázi samonivelačního potěru složeného z písku, přírodního anhydritu $CaSO_4$, sádry a dalších chemických sloučenin. Výhodou anhydritové mazaniny je desetinásobný rozměr dilatačního celku oproti mazaniny betonové, která je cca 40 m^2. Tato velikost dilatačního celku je dána velmi malou tepelnou roztažností anhydritové směsi. Při použití anhydritové mazaniny je však zapotřebí respektovat i její nevýhody. Anhydrit ztrácí svou pevnost absorpcí vlhkosti, nelze jej proto použít v prostorech, kde hrozí nadměrná vlhkost.

Topná zkouška by se neměla provádět dříve než 21 dní po ukončení lití betonové mazaniny a 7 dní po ukončení lití anhydritové směsi. Samotný provoz by neměl započít dříve než 28 dní po položení podlahové krytiny.

Obrázek 19 *Anhydritová podlahová mazanina (15)*

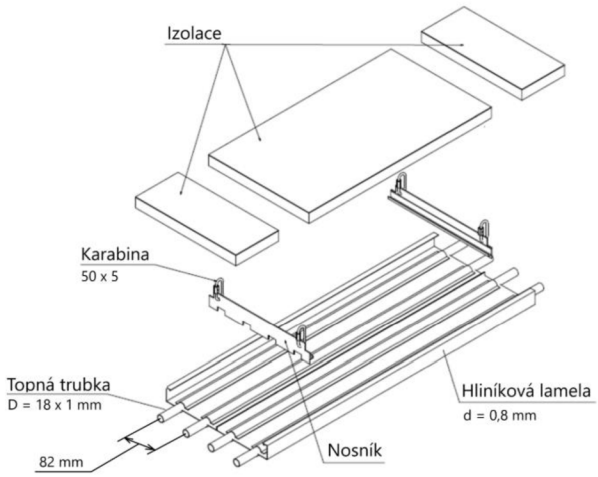
A.5) Teplovodní závěsné sálavé panely

Sálavé panely jsou otopnou plochou, která se zavěšuje pod strop a vytápí prostor sáláním. Uplatnění nacházejí především u velkoprostorových objektů, jako jsou haly, sklady, tělocvičny ale i malé dílny nebo garáže, které mají místo kolem stěn zaplněné, a proto se nabízí umístit otopnou plochu pod stropní konstrukci. Vzhledem k tomu, že panely mohou v některých případech klást značné nároky na plochu stropní konstrukce, nabízejí výrobci možnost integrovat osvětlení do panelů. (7)

A.5.1) Konstrukce panelu

Sálavý teplovodní panel se skládá z otopné plochy, která je tvořena pozinkovaným nebo hliníkovým plechem. Hlavní části panelu jsou otopné trubky, ve kterých proudí teplá voda. Trubky jsou vtlačovány nebo všity do otopné plochy pro vytvoření vzájemného kontaktu. Jednotlivé panely se mohou dle požadavku na tepelný výkon sestavovat do pásů dlouhých desítky metrů. Pro minimalizaci spojů v dlouhých pásech používáme nejdelší panely a na koncích se připojí panely kratší. (7)

Zavěšení panelu pod stropní konstrukci se provádí pomocí nosného příčníku, na kterém jsou osazeny karabiny. Rozteč příčníků většinou udává výrobce a vychází z maximálního povoleného průhybu mezi závěsnými body. Vrchní část panelu je tvořena tepelnou izolací pro snížení tepelných ztrát konvekcí a sáláním směrem ke stropu. Na koncích panelů se buď lisováním nebo navařením připojují připojovací registry, které slouží pro vytvoření souvislých pásů a napojení na otopnou vodu. (7)



Obrázek 20 *Teplovodní sálavý panel KSP KIT (16)*

A.5.2) Stanovení počtu pásů

Pro docílení rovnoměrného vytápění se doporučuje dodržet několik pravidel:

- Vzdálenost mezi jednotlivými pásy by neměla být větší, než jejich výška zavěšení
- Vzdálenost pásu od ochlazované stěny by neměla být větší než polovina výšky zavěšení.

V příčném směru může docházet k nadměrnému osálání ochlazované stěny a zvýšení tepelných ztrát prostupem, proto se doporučuje odstup panelu od stěny dodržet.
V podélném směru je vhodné využít délku objektu a pásy navrhovat téměř ke stěně, odstupy volíme s ohledem na proveditelnost montáže. V podélném směru k osálání stěny vzhledem k šířce panelu výrazně nehrozí. (7)

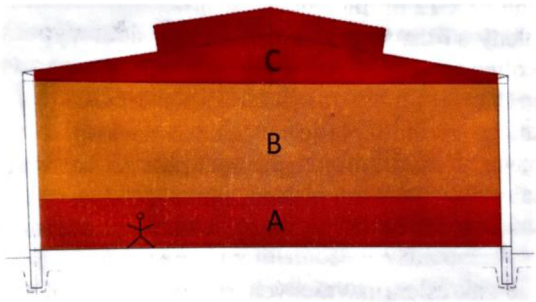
$$N_{min} = \frac{B}{h}$$

Kde: N_{min} minimální počet pásů [-]
B šířka místnosti [m]
h zamýšlená výška zavěšení nad podlahou [m]

A.5.3) Rozměr objektu

U velkoprostorových staveb nelze předpokládat, že se teploty vzduchu v rámci místností vyrovnají. ČSN EN 12831-1 udává, že při výšce místnosti vyšší než 4 m již dále nelze ignorovat projevení výškového teplotního gradientu neboli nárustu teploty s výškou. Požadovaný tepelný výkon může být ovlivněn specifickými parametry a zvoleným způsobem sdílení tepla. Norma ČSN EN 12831-1 tyto parametry zohledňuje pomocí průměrné vnitřní povrchové teploty $\theta int, k^*$ a průměrné vnitřní teploty vzduchu $\theta int, i^*$. (7)

Místnost lze vertikálně rozdělit na zónu pobytu osob, neutrální zónu a zónu energetické náročnosti. Zóna pobytu osob je přibližně do výšky 2 m nad podlahou, v této zóně primárně dodržujeme návrhové podmínky pro docílení tepelné pohody. Ve zbylých zónách cílíme na minimalizaci energetické náročnosti budovy. (7)



Obrázek 21 *Vertikální rozdělení místnosti na zóny (7)*

A.5.4) Instalovaný tepelný výkon

Výrobci si ve zkušebních komorách laboratoře nechávají změřit výkony panelů, ze kterého určují sálavý výkon. V reálném provozu panely nepracují při nominálních podmínkách a je nutné zavádět korekce podle toho, jak se od ideálních podmínek liší. Aplikujeme tři základní korekční činitele. Vstupním parametrem pro další výpočty je návrhový tepelný výkon stanovený dle ČSN EN 12831-1. (7)

$$\phi_{HL,i} = \phi_{HL} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3$$

Kde:
- $\phi_{HL,i}$ korigovaný návrhový výkon sálavých panelů [W]
- ϕ_{HL} návrhový tepelný výkon stanovený dle ČSN EN 12831-1 [W]
- f_1 korekční činitel – výška zavěšení, negativní vliv [-]
- f_2 korekční činitel – výška zavěšení, pozitivní vliv [-]
- f_3 korekční činitel – úhel natočení panelů [-]

Negativní vliv výšky zavěšení

Zkušební komora na provádění zkoušek sálavých panelů má dle normy výšku 4 m. Uvnitř komory lze z pohledu vedení tepla hovořit o čistém prostředí. V reálném provozu se vyskytují v nemalém množství prachové částice a rovněž dochází k většímu rozptylu sálání na obvodové zdi, proto je nutné adekvátně výkon panelů zvýšit.

Při stanovení návrhového tepelného výkonu je již zohledněn rozptyl panelu pomocí teplotních součinitelů, korekci f_1 zavádíme pouze v případech extrémního prašného prostředí. (7)

Pozitivní vliv výšky zavěšení

Panely nemusí být umístěny přímo pod stropní konstrukcí. Pokud je možné panely zavěsit níže, klesá požadavek na výkon panelu k zabezpečení tepelné pohody v zóně pobytu osob. (7)

Úhel natočení

Některé instalace nemusí umožnit montáž panelů vodorovně. Nevýhodou zavěšení pod úhlem je zvýšení konvekční složky dodávky tepla za současného poklesu povrchové teploty otopné plochy. V důsledku dochází k menšímu výkonu sáláním a je nutné zvýšit výkon panelů. (7)

Celkový měrný tepelný výkon panelů

Výkony jsou závislé na teplotě otopné vody a vnitřní návrhové teplotě. (7)

$$q_0 = K \cdot \Delta\theta^n$$

Kde:
- q_0 celkový měrný výkon panelů [W/m]
- K konstanta stanovena experimentálně [-]
- $\Delta\theta^n$ pracovní rozdíl teplot [K]

Splnění turbulentního proudění

Tabulkové hodnoty uváděné výrobci dle ČSN EN 14037-1 platí za předpokladu turbulentního proudění tekutiny v sálavých panelech. Při nevyvinutí turbulentního proudění může dojít ke zmenšení výkonu až o 15 % oproti deklarovaným hodnotám výrobce. Výpočet Reynoldsova čísla vyžaduje zadání kinematické viskozity, která je proměnná v závislosti na teplotě. Obecně se doporučuje provádět kontrolu u běžných teplot pouze splněním minimální rychlosti, která by neměla poklesnout pod 0,15 m/s. (7)

Stanovení šířky panelu

Prvním krokem je provedení výpočtu potřebného měrného tepelného výkonu panelů

$$q_{potř} = \frac{\phi_{HL,i}}{l_{z,i}}$$

Kde: $q_{potř}$ potřebný měrný tepelný výkon panelů [W/m]
$\phi_{HL,i}$ korigovaný návrhový výkon sálavých panelů [W]
$l_{z,i}$ předběžná délka sálavých panelů [m]

V tabulkách výrobce se hledá taková šířka panelu, aby měrný výkon panelu byl blízký nebo vyšší. (7)

Možné situace

1) Pokud je potřebný měrný tepelný výkon vyšší než hodnota měrného tepelného výkonu panelu největší šířky, je zapotřebí v dané zóně zvýšit počet panelů
2) Pokud měrný tepelný výkon panelu o nejmenší šířce převyšuje potřebný měrný tepelný výkon, nabízí se možnost snížit teplotu otopné vody. (7)

Celkový návrhový výkon pásů

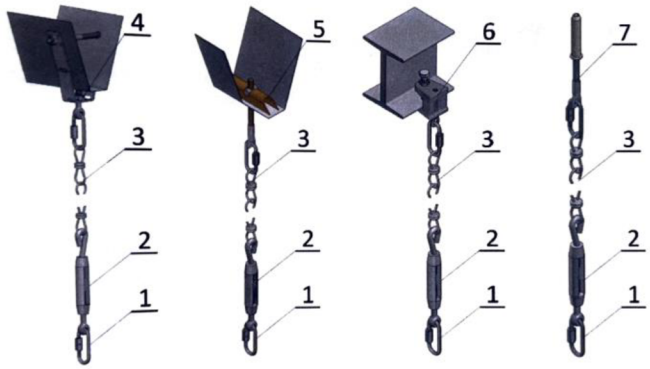
Na závěr se vypočte celkový výkon včetně výkonu připojovacích registrů. (7)

$$\phi_{inst} = q_{0,b} \cdot l_{skut} + N \cdot q_{0,reg,b}$$

Kde: ϕ_{inst} celkový instalovaný výkon všech pásů v místnosti
$q_{0,b}$ tabulkový měrný výkon panelu dané šířky
l_{skut} skutečná délka všech panelů v místnosti
N počet pásů v místnosti
$q_{0,reg,b}$ tabulkový výkon páru registru panelu dané šířky

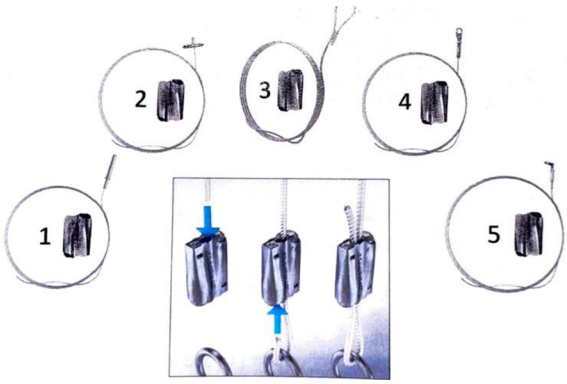
A.5.5) Zavěšování panelů

Z provedení střešní konstrukce vycházejí možné varianty a systémy pro zavěšení. Největší flexibilitu nabízí střešní konstrukce provedené z trapézového plechu. V případě střešní konstrukce tvořené pouze nenosnými PUR panely je nutné panely zavěsit na dodatečnou konstrukci například mezi vazníky. Panely lze zavěsit pomocí uzlových řetízků nebo lankového systému. Uzlové řetízky lze krátit a pomocí napínacího šroubu nastavit požadovanou délku závěsu. Délka závěsu u lankového systému se upravuje pomocí zdrhovadla. (7)



1 – závěsná karabina na sálavém panelu, 2 – napínací šroub, 3 – uzlový řetízek, 4 – V-závěs do trapézu, 5 – sklopka do plechu, 6 – profilová svěrka, 7 – hmoždinka a šroub do betonu

***Obrázek 22** Zavěšení sálavých panelů pomocí řetízků (7)*

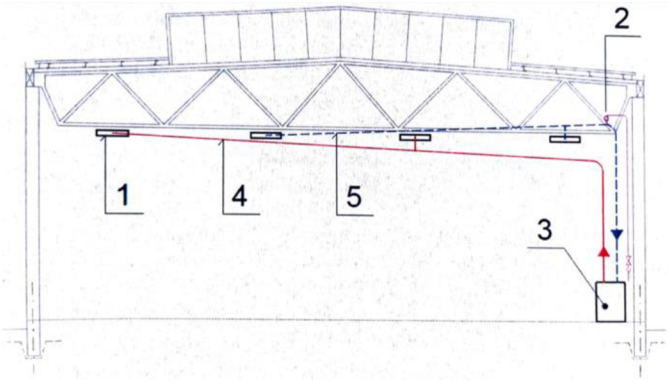


1 – šroub do hmoždinky, 2 – sklopka do plechu, 3 – smyčka na profil, 4 – oko pro vrut, 5 – oko pro vrut 90°, uprostřed zdrhovadlo pro nastavení délky závěsu u panelu

***Obrázek 23** Zavěšení sálavých panelů pomocí lankového systému (7)*

A.5.6) Odvzdušnění panelů

Při vodorovném zavěšovaní panelů je nutné dodržet minimální rychlost proudění otopné vody. Pokud byla provedena kontrola charakteru proudění již při návrhu panelů, je rychlost proudění dostačující pro odvzdušnění, protože vzduchové bublinky jsou unášeny proudem otopné vody v jejím směru. Při dodržení minimální rychlosti lze celou soustavu panelů, které jsou napojeny na totožný okruh odvzdušnit na jedno místě. Odvzdušňovaní panelů vzhledem k jejich výšce zavěšení je problematické. Obecně se použití automatických odvzdušňovacích ventilů nedoporučuje. Je-li toto řešení nevyhnutelné, doporučuje se pod ventil umístit kulový kohout, aby se nemusel vypouštět celý okruh v případě poruchy. (7)



1 – sálavé pásy, 2 – odvzdušňovací nádobka a odvzdušňovací potrubí k podlaze, 3 – regulační uzel, 4 – stoupající přívodní potrubí směrem k panelům, 5 – stoupající vratné potrubí směrem od panelů

***Obrázek 24** Odvzdušnění sálavých panelů (7)*

A.6) Závěr

Teoretická část byla zaměřena na velkoplošné sálavé vytápění, které bylo navrženo pro vytápění administrativní budovy a skladovací haly. Zvolení vhodného systému vytápění má klíčový vliv na uživatelský komfort a celkovou energetickou náročnost budovy, na kterou je v posledních letech kladen důraz.

Průměrný člověk tráví v budovách v průběhu svého života značnou část svého času. Velkoplošné systémy zajišťují rovnoměrnou distribuci tepla a navyšují uživatelský komfort. Komfortní prostředí může mít pozitivní dopad na produktivitu, pohodu a zdraví uživatelů.

Správně provozované velkoplošné systémy mohou přinést úspory peněz díky nižším provozním teplotám a vyšší účinnosti přenosu tepla než tradiční systémy vytápění.

Při návrhu sálavého vytápění je nutné neopomenout návrh větrání objektu a náležitě oba procesy koordinovat. Při sálavém vytápění lze přivádět vzduch o nižší teplotě. V případě vyšších místností lze využít systému zpětného získávání tepla, který může nasávat odpadní vzduch v oblasti stropu, kde bývá teplota nejvyšší.

B VÝPOČTOVÁ ČÁST

B.1) Analýza objektu

Objekt se nachází v Moravskoslezském kraji, okres Karviná. Venkovní výpočtová teplota pro danou klimatickou oblast je -15 °C.

Administrativní budova je navržena jako jednopodlažní ocelový skelet s nosnými obvodovými stěnami z keramických tvárnic Porotherm EKO+ 44, opláštěné zvenčí obkladem z palubek severského smrku. Nosné zdivo na styku s halou a administrativní budovou je provedené z keramických tvárnic Porotherm 25 AKU Z PROFI, zatepleno z prostoru haly minerální vlnou s kolmým vláknem. Nenosné svislé konstrukce jsou z keramických tvárnic Porotherm 11,5 a 8 PROFI. Stropní konstrukci administrativní budovy tvoří trapézový plech. Střecha administrativní budovy je plochá a pochozí ve výšce 4 m nad úrovní 1NP. Střešní krytina je navržena jako EPDM membrána. Okna a dveře jsou hliníková.

Skladovací hala je navržena jako ocelový skelet, opláštěna sendvičovými panely s tepelnou izolací Kingspan. Střešní konstrukce je řešena pomocí příhradového ocelového vazníku a systémovým zatepleným panelem Kingspan. Okna a dveře jsou hliníková.

Při návrhu bylo uvažováno s nuceným větráním obou objektů pomocí dvou vzduchotechnických jednotek se zpětným získáváním tepla, rovněž byly stanoveny požadované průtoky vzduchu. Bakalářské práce se nezabývá podrobným návrhem vzduchotechnických jednotek, avšak zvolený způsob větrání objektu výrazně ovlivňuje jeho mikroklima a návrh otopné soustavy.

Zdrojem tepla a chladu je invertorové tepelné čerpadlo vzduch/voda v provedení monoblok s chladivem R290. Tepelné čerpadlo bude umístěno na ploché a pochozí střeše administrativní budovy nad technickou místností. Tepelné čerpadlo je navrženo pro bivalentně paralelní způsob provozu.

Otopná soustava je navržena jako dvoutrubková s nuceným oběhem vody. Administrativní budova je vytápěna podlahovým vytápěním. Vytápění skladovací haly je pomocí teplovodních sálavých pásů, které jsou zavěšeny pod příhradovým vazníkem.

V letních měsících z důvodu velkého prosklení administrativní budovy na jihozápad vzniká značná tepelná zátěž. Odvod tepelné zátěže z kanceláří zprostředkovávají dvoucestné kazetové fancoily.

B.2) Výpočet součinitele prostupu tepla

Výpočet součinitele prostupu tepla byl proveden v softwaru PROTECH – Tepelný výkon, který je určen k výpočtu návrhového tepelného výkonu podle ČSN EN 12831-1. Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla jsou převzaty z ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov.

Software disponuje katalogem materiálů, který obsahuje tepelně technické veličiny převzaté z technických listů výrobců.

B.2.1) Tepelný odpor konstrukce

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \text{ [m}^2\text{·K·W}^{-1}\text{]}$$

Kde: R_i tepelný odpor dané vrstvy [m²·K·W⁻¹]
d_i tloušťka vrstvy [m]
λ_i součinitel tepelné vodivosti [W·(m·K)⁻¹]

$$R = \sum R_i \text{ [m}^2\text{·K·W}^{-1}\text{]}$$

B.2.2) Odpor konstrukce při prostupu tepla

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \text{ [m}^2\text{·K·W}^{-1}\text{]}$$

Kde: R_T úhrnný tepelný odpor [m²·K·W⁻¹]
R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [m²·K·W⁻¹]
R tepelný odpor konstrukce [m²·K·W⁻¹]
R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [m²·K·W⁻¹]

B.2.3) Součinitel prostupu tepla

$$U = \frac{1}{R_T} + \Delta U_{tbk} = \frac{1}{R_{si}+R+R_{se}} + \Delta U_{tbk} \text{ [m}^{-2}\text{·K}^{-1}\text{·W]}$$

Kde: U součinitel prostupu tepla [m⁻²·K⁻¹·W]
R_T úhrnný tepelný odpor [m²·K·W⁻¹]
ΔU_{tbk} korekční člen pro zohlednění tepelných mostů [m⁻²·K⁻¹·W]

B.2.4) Porovnání ručního výpočtu součinitele prostupu tepla se softwarem

Pro ověření počítání softwaru je provedeno porovnání výsledků součinitele prostupu tepla obvodové konstrukce.

SO1	V1	Obvodová stěna A

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnější (těžká)**
UN,20 = **0,30** Urec,20 = **0,25** Upas,20,h = **0,18** Upas,20,d = **0,12** W/(m².K)
θ_i = **20** °C UN = **0,30** Urec = **0,25** Upas,h = **0,18** Upas,d = **0,12** W/(m².K)
Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = **0,209** W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,130	
1	588h-002	Cemix 033 Vnitřní štuk	Z vr.	15,00	0,540	0,00	0,540	0,028	
2	217b-014	POROTHERM 44 EKO+ Profi	Z vr.	440,00	0,093	0,00	0,093	4,731	
3	109-021	Dřevo měkké kolmo k vláknům	Z vr.	60,00	0,180	0,00	0,180	0,333	
4	109-012	Dřevo tvrdé rovnoběž. s vlákny	Z vr.	19,00	0,490	0,00	0,490	0,039	
Rse		Odpor při přestupu						0,040	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						5,301	0,209

Tabulka 1 Výpočet součinitele prostupu tepla softwarem

Obvodová stěna A									
Č. vrstvy	Materiál	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti λ_i	Tepelný odpor R_i	R_{si}	R_{se}	R_t	ΔU_{tbk}	U
		[m]	$[W\cdot(m\cdot K)^{-1}]$	$[m^2\cdot K\cdot W^{-1}]$				$[m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W]$	
1	Štuková omítka	0,015	0,54	0,028	0,13	0,04	5,301	0,020	**0,209**
2	Porotherm EKO+	0,44	0,093	4,731					
3	Latě 60/40	0,06	0,18	0,333					
4	Palubky-Modřín	0,019	0,49	0,039					
				5,131					

Tabulka 2 Výpočet součinitele prostupu tepla ručně

Ruční výpočet se **shoduje** se softwarem.

B.2.5) Součinitele prostupu tepla posuzovaných konstrukcí – administrativa

Vstupní hodnoty a okrajové podmínky

Lokalita:	Karviná
Nadmořská výška:	230 m. n. m.
Klimatická oblast:	II.
Výpočtová venkovní teplota:	-15 °C
Průměrná teplota v otopném období:	5,3 °C

Vnitřní výpočtové teploty místností dle ČSN 73 0540-3

Administrativní budovy

Kanceláře, čekárny, zasedací síně, jídelny	20 °C
Vytápěné vedlejší místnosti	15 °C
Vytápěná vedlejší schodiště	15 °C
Haly	18 °C

SO1	V1	Obvodová stěna A

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnější (těžká)**

UN,20 = **0,30** Urec,20 = **0,25** Upas,20,h = **0,18** Upas,20,d = **0,12** W/(m^2.K)

θ_i = **20** °C UN = **0,30** Urec = **0,25** Upas,h = **0,18** Upas,d = **0,12** W/(m^2.K)

Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m^2.K), Vypočítaná hodnota U = **0,209** W/(m^2.K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m^2.K)/W	U W/(m^2.K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,130	
1	588h-002	Cemix 033 Vnitřní štuk	Z vr.	15,00	0,540	0,00	0,540	0,028	
2	217b-014	POROTHERM 44 EKO+ Profi	Z vr.	440,00	0,093	0,00	0,093	4,731	
3	109-021	Dřevo měkké kolmo k vláknům	Z vr.	60,00	0,180	0,00	0,180	0,333	
4	109-012	Dřevo tvrdé rovnoběž. s vlákny	Z vr.	19,00	0,490	0,00	0,490	0,039	
Rse		Odpor při přestupu						0,040	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						5,301	0,209

SN1	V1	Vnitřní nosná stěna k hale B

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna mezi sousedními budovami**

UN,20 = **1,05** Urec,20 = **0,70** Upas,20,h = **0,50** Upas,20,d = **0,00** W/(m^2.K)

θ_i = **20** °C UN = **1,05** Urec = **0,70** Upas,h = **0,50** Upas,d = **0,00** W/(m^2.K)

Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m^2.K), Vypočítaná hodnota U = **0,222** W/(m^2.K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m^2.K)/W	U W/(m^2.K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,130	
1	588h-002	Cemix 033 Vnitřní štuk	Z vr.	15,00	0,540	0,00	0,540	0,028	
2	217g-006	POROTHERM 25 AKU Z Profi	Z vr.	250,00	0,310	0,00	0,310	0,806	
3	420g-001	StarContact (lepidlo/stěrka)	Z vr.	5,00	0,800	0,00	0,800	0,006	
4	108a-041	Minerální vlna MVV (50)	Z vr.	150,00	0,039	0,00	0,039	3,846	
5	420g-001	StarContact (lepidlo/stěrka)	Z vr.	5,00	0,800	0,00	0,800	0,006	
6	104a-029	ETICS-omítka akrylátová	Z vr.	2,00	0,800	0,00	0,800	0,003	
Rse		Odpor při přestupu						0,130	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						4,955	0,222

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně**

UN,20 = **2,70** Urec,20 = **1,80** Upas,20,h = **0,00** Upas,20,d = **0,00** W/(m^2·K)

θ_i = **20** °C UN = **2,70** Urec = **1,80** Upas,h = **0,00** Upas,d = **0,00** W/(m^2·K)

OK	Var	ZZ	Popis konstrukce	U W/(m^2·K)
SN5	V1	0	Skleněná příčka	1,800

Tabulka 3 Součinitele prostupu tepla svislými konstrukcemi – administrativa

PDL1	V1	P1 - Podlaha,zátěžový koberec

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**

UN,20 = **0,45** Urec,20 = **0,30** Upas,20,h = **0,22** Upas,20,d = **0,15** W/(m².K)

θ_i = **20** °C UN = **0,45** Urec = **0,30** Upas,h = **0,22** Upas,d = **0,15** W/(m².K)

Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = **0,288** W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,170	
1	130-06	Koberec	Z vr.	5,00	0,065	0,00	0,065	0,077	
2	420l-005	DispoFix (disperzní lepidlo)	Z vr.	1,00	0,600	0,00	0,600	0,002	
3	1001-01	Anhydrit	Z vr.	55,00	1,200	0,00	1,200	0,046	
4	116-03	Fólie z PE	Z vr.	0,05	0,350	0,00	0,350	0,000	
5	467-069	Podlahová deska TSP	Z vr.	30,00	0,035	0,00	0,035	0,857	
6	633f-087e	Isover EPS 100S	Z vr.	100,00	0,037	0,00	0,037	2,703	
7	116-01	Asfaltové pásy a lepenky	Z vr.	7,50	0,210	0,00	0,210	0,036	
8	101-021	Železobeton (2300)	Z vr.	150,00	1,220	0,00	1,220	0,123	
9	588b-004	Polystyren Perimetr	Z vr.	100,00	0,034	0,00	0,034	2,941	
10	111-08	Štěrk	Z vr.	200,00	0,580	0,00	0,580	0,345	
Rse		Odpor při přestupu						0,000	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						3,730	0,288

PDL2	V1	Podlaha Keramická

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**

UN,20 = **0,45** Urec,20 = **0,30** Upas,20,h = **0,22** Upas,20,d = **0,15** W/(m².K)

θ_i = **20** °C UN = **0,45** Urec = **0,30** Upas,h = **0,22** Upas,d = **0,15** W/(m².K)

Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = **0,288** W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,170	
1	130-03	Keram. dlažba	Z vr.	9,00	1,010	0,00	1,010	0,009	
2	601-001	weber tmel 700	Z vr.	5,00	0,800	0,00	0,800	0,006	
3	1001-01	Anhydrit	Z vr.	50,00	1,200	0,00	1,200	0,042	
4	116-03	Fólie z PE	Z vr.	0,05	0,350	0,00	0,350	0,000	
5	467-069	Podlahová deska TSP	Z vr.	30,00	0,035	0,00	0,035	0,857	
6	633f-087e	Isover EPS 100S	Z vr.	100,00	0,037	0,00	0,037	2,703	
7	116-01	Asfaltové pásy a lepenky	Z vr.	7,50	0,210	0,00	0,210	0,036	
8	101-021	Železobeton (2300)	Z vr.	150,00	1,220	0,00	1,220	0,123	
9	588b-004	Polystyren Perimetr	Z vr.	100,00	0,034	0,00	0,034	2,941	
10	111-08	Štěrk	Z vr.	200,00	0,580	0,00	0,580	0,345	
Rse		Odpor při přestupu						0,000	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						3,730	0,288

SCH1	V1	Střecha plochá

ČSN 73 0540-2:2011: **Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně**

UN,20 = **0,24** Urec,20 = **0,16** Upas,20,h = **0,15** Upas,20,d = **0,10** W/(m².K)

θ_i = **20** °C UN = **0,24** Urec = **0,16** Upas,h = **0,15** Upas,d = **0,10** W/(m².K)

Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = **0,199** W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,100	
1	110-02	Sádrokarton	Z vr.	12,50	0,220	0,00	0,220	0,057	
2	163-01	Vz. - tok zdola nahoru	Z vr.	367,50		0,00		0,160	
3	117a-001	trapézový plech 2 x 1 m	Z vr.	1,00	58,000	0,00	58,000	0,000	
4	391d-009	DAconnect	Z vr.	0,45		0,00		0,000	
5	634f-024	Isover T	Z vr.	120,00	0,038	0,00	0,038	3,158	
6	634f-013	Isover S	Z vr.	80,00	0,039	0,00	0,039	2,051	
7	112-19	EPDM - etylén-propylén-dien	Z vr.	1,50	0,250	0,00	0,250	0,006	
Rse		Odpor při přestupu						0,040	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						5,572	0,199

Tabulka 4 Součinitele prostupu tepla vodorovnými konstrukcemi – administrativa

1. Výplně otvorů z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

ČSN 73 0540-2:2011: **Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří**

UN,20 = **1,50** Urec,20 = **1,20** Upas,20,h = **0,80** Upas,20,d = **0,60** W/(m².K)

θ_i = **20** °C UN = **1,50** Urec = **1,20** Upas,h = **0,80** Upas,d = **0,60** W/(m².K)

OK	Var	Typ	Uw W/(m².K)	X m	Y m	Af m²	Uf W/(m².K)	Ff %	Ag m²	Ug W/(m².K)	lg m	Ψg W/(m.K)
OJJ1	V1	J	0,96	1,250	1,500	0,414	1,600	22,08	1,461	0,600	4,470	0,060
OJJ2	V1	J	0,90	1,250	2,400	0,424	1,600	14,13	2,576	0,600	7,860	0,060
OJJ3	V1	J	0,91	1,000	3,000	0,466	1,600	15,53	2,534	0,600	7,860	0,060
OJJ4	V1	J	1,00	0,900	2,400	0,382	1,600	17,69	1,778	0,600	7,860	0,060
OJJ5	V1	J	0,82	1,500	3,000	0,526	1,600	11,69	3,974	0,600	7,860	0,060
OJJ6	V1	J	1,06	2,400	0,600	0,346	1,600	24,03	1,094	0,600	7,860	0,040

2. Výplně otvorů z temperovaného prostoru do venkovního prostředí

ČSN 73 0540-2:2011: **Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí**

UN,20 = **3,50** Urec,20 = **2,30** Upas,20,h = **1,70** Upas,20,d = **0,00** W/(m².K)

θ_i = **20** °C UN = **3,50** Urec = **2,30** Upas,h = **1,70** Upas,d = **0,00** W/(m².K)

OK	Var	Typ	Uw W/(m².K)	X m	Y m	Af m²	Uf W/(m².K)	Ff %	Ag m²	Ug W/(m².K)	lg m	Ψg W/(m.K)
DO1	V1	J	1,08	2,400	2,200	1,633	1,600	30,93	3,647	0,600	15,280	0,060

3. Výplně otvorů z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

ČSN 73 0540-2:2011: **Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru**

UN,20 = **3,50** Urec,20 = **2,30** Upas,20,h = **1,70** Upas,20,d = **0,00** W/(m².K)

θ_i = **20** °C UN = **3,50** Urec = **2,30** Upas,h = **1,70** Upas,d = **0,00** W/(m².K)

OK	Var	Typ	Uw W/(m².K)	X m	Y m	Af m²	Uf W/(m².K)	Ff %	Ag m²	Ug W/(m².K)	lg m	Ψg W/(m.K)
DN1	V1	J	2,55	1,800	2,200	0,352	1,800	8,89	3,608	2,500	7,680	0,060
OJJ7	V1	J	1,12	2,400	1,250	0,558	1,800	18,60	2,442	0,850	4,470	0,060

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m²·K)	X m	Y m	i_{LV}	g	FF %
DO2	Dveře z chodby do haly	V1	0	2,000	0,90	2,00	0,050	0,67	0,0

Tabulka 5 Součinitele prostupu tepla výplní otvorů – administrativa

Legenda:

J		Jednoduchá okna, výpočet podle čl. 5.1.1 ČSN EN 10077-1:2006
Z		Zdvojená okna, výpočet podle čl. 5.1.3 ČSN EN 10077-1:2006
D		Dvojitá okna, výpočet na základě hodnot Uw1 a Uw2 jednoduchých oken podle čl. 5.1.2 ČSN EN 10077-1:2006
Uw	W/(m².K)	Výsledný součinitel prostupu tepla podle ČSN EN ISO 10077-1
X,Y	m	1. a 2. stavební rozměr okna
Af	m²	Plocha rámu okna
Uf	W/(m².K)	Součinitel prostupu tepla rámu okna
Ff	%	Podíl rámu
Ag	m²	Plocha zasklení
Ug	W/(m².K)	Součinitel prostupu tepla zasklením
lg	m	Délka obvodu distančního rámečku
Ψg	W/(m.K)	Lineární činitel prostupu tepla

B.2.6) Součinitele prostupu tepla posuzovaných konstrukcí – Skladovací hala

SO1	V1	Izolační panely - Kingspan

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnější (lehká)**
UN,20 = **0,30** Urec,20 = **0,20** Upas,20,h = **0,18** Upas,20,d = **0,12** W/(m².K)
θ_i = **20** °C UN = **0,30** Urec = **0,20** Upas,h = **0,18** Upas,d = **0,12** W/(m².K)
Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = **0,169** W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,130	
1	650b-026	TL IPN	Z vr.	150,00	0,023	0,00	0,023	6,550	
Rse		Odpor při přestupu						0,040	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						6,720	0,169

SN1	V1	Vnitřní nosná stěna mezi halou a budovou

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna mezi sousedními budovami**
UN,20 = **1,05** Urec,20 = **0,70** Upas,20,h = **0,50** Upas,20,d = **0,00** W/(m².K)
θ_i = **20** °C UN = **1,05** Urec = **0,70** Upas,h = **0,50** Upas,d = **0,00** W/(m².K)
Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = **0,222** W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,130	
1	104a-029	ETICS-omítka akrylátová	Z vr.	2,00	0,800	0,00	0,800	0,003	
2	420g-001	StarContact (lepidlo/stěrka)	Z vr.	5,00	0,800	0,00	0,800	0,006	
3	108a-041	Minerální vlna MVV (50)	Z vr.	150,00	0,039	0,00	0,039	3,846	
4	420g-001	StarContact (lepidlo/stěrka)	Z vr.	5,00	0,800	0,00	0,800	0,006	
5	217g-006	POROTHERM 25 AKU Z Profi	Z vr.	250,00	0,310	0,00	0,310	0,806	
6	588h-002	Cemix 033 Vnitřní štuk	Z vr.	15,00	0,540	0,00	0,540	0,028	
Rse		Odpor při přestupu						0,130	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						4,955	0,222

Tabulka 7 Součinitele prostupu tepla svislými konstrukcemi – hala

PDL1	V1	Podlaha haly

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**
UN,20 = **0,45** Urec,20 = **0,30** Upas,20,h = **0,22** Upas,20,d = **0,15** W/(m².K)
θ_i = **20** °C UN = **0,45** Urec = **0,30** Upas,h = **0,22** Upas,d = **0,15** W/(m².K)
Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = **0,326** W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,170	
1	101-022	Železobeton (2400)	Z vr.	200,00	1,340	0,00	1,340	0,149	
2	116-03	Fólie z PE	Z vr.	1,00	0,350	0,00	0,350	0,003	
3	107-02	Polystyren vytlačovaný - XPS	Z vr.	100,00	0,034	0,00	0,034	2,941	
4	141-12	Bitagit SI	Z vr.	3,50	0,210	0,00	0,210	0,017	
5	101-022	Železobeton (2400)	Z vr.	100,00	1,340	0,00	1,340	0,075	
6	111-08	Štěrk	Z vr.	400,00	0,580	0,00	0,580	0,690	
Rse		Odpor při přestupu						0,000	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						3,263	0,326

SCH1	V1	Izolační střešní panely - Kingspan

ČSN 73 0540-2:2011: **Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně**
UN,20 = **0,24** Urec,20 = **0,16** Upas,20,h = **0,15** Upas,20,d = **0,10** W/(m².K)
θ_i = **20** °C UN = **0,24** Urec = **0,16** Upas,h = **0,15** Upas,d = **0,10** W/(m².K)
Korekční činitel ΔUtbk = **0,020** W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = **0,230** W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λekv W/(m.K)	Rv (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,100	
1	650f-078	FP IPN	Z vr.	200,00	0,043	0,00	0,043	4,619	
Rse		Odpor při přestupu						0,040	= (1/R_T)+ΔUtbk
		Odpor celkem R_T						4,759	0,230

Tabulka 6 Součinitele prostupu tepla vodorovnými konstrukcemi – hala

1. Výplně otvorů z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

ČSN 73 0540-2:2011: **Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří**

UN,20 = **1,50** Urec,20 = **1,20** Upas,20,h = **0,80** Upas,20,d = **0,60** W/(m².K)

θ_i = **20** °C UN = **1,50** Urec = **1,20** Upas,h = **0,80** Upas,d = **0,60** W/(m².K)

OK	Var	Typ	Uw W/(m².K)	X m	Y m	Af m²	Uf W/(m².K)	Ff %	Ag m²	Ug W/(m².K)	lg m	Ψg W/(m.K)
OZ1	V1	J	1,13	4,000	0,750	0,876	1,600	29,20	2,124	0,600	11,920	0,060

1.Výplně otvorů z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

ČSN 73 0540-2:2011: **Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)**

UN,20 = **1,70** Urec,20 = **1,20** Upas,20,h = **0,90** Upas,20,d = **0,00** W/(m²·K)

θ_i = **20** °C UN = **1,70** Urec = **1,20** Upas,h = **0,90** Upas,d = **0,00** W/(m²·K)

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m²·K)	X m	Y m	i_{LV}	g	FF %
DO3	Sekční vrata - plné s dve	V1	0	1,600	4,00	4,20	0,050	0,67	0,0

Tabulka 8 Součinitele prostupu tepla výplní otvorů – hala

Požadované a doporučené hodnoty prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2					
Konstrukce	Popis konstrukce	U [m^{-2}·K^{-1}·W]			Posouzení
		Požadovaná	Doporučená	Výpočet	
SO1	Stěna vnější (těžká) - [admin]	0,3	0,25	0,21	Vyhovuje
SN1	Stěna mezi budovami	1,05	0,7	0,22	Vyhovuje
SN5	Stěna vnitřní s rozdílem do 5 °C [admin]	2,7	1,8	2,5	Vyhovuje
PDL1	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině [admin]	0,45	0,3	0,174*	Vyhovuje
PDL2	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině [admin]	0,45	0,3	0,174*	Vyhovuje
SCH1	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° [admin]	0,24	0,16	0,20	Vyhovuje
DO1	Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí [admin]	3,5	2,3	1,08	Vyhovuje
DO2	Výplň otvoru z vytápěného do temperovaného prostoru [admin]	3,5	2,3	2	Vyhovuje
DN1	Výplň otvoru vedoucí z vytápěného prostoru do temperovaného prostoru [admin]	3,5	2,3	2,55	Vyhovuje
OJJ1	Výplň otvoru ve vnější stěně, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří [admin]	1,5	1,2	0,96	Vyhovuje
OJJ2		1,5	1,2	0,9	Vyhovuje
OJJ3		1,5	1,2	0,91	Vyhovuje
OJJ4		1,5	1,2	0,99	Vyhovuje
OJJ5		1,5	1,2	0,82	Vyhovuje
OJJ6		1,5	1,2	1,06	Vyhovuje
OJJ7	Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperováného prostoru [admin]	1,5	1,2	1,12	Vyhovuje
SO1	Stěna vnější (lehká) - [hala]	0,3	0,2	0,17	Vyhovuje
SN1	Stěna mezi budovami	1,05	0,7	0,22	Vyhovuje
PDL1	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině [hala]	0,45	0,3	0,165*	Vyhovuje
SCH1	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° [hala]	0,24	0,16	0,23	Vyhovuje
DO3	Dveřní výplň z vytápěného prostoru do venkovního prostředí [hala]	1,7	1,2	1,6	Vyhovuje
OZ1	Výplň otvoru ve vnější stěně, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří [hala]	1,5	1,2	1,13	Vyhovuje
* Hodnota U_{ekv}, která zahrnuje vliv zeminy					

Tabulka 9 Souhrn konstrukcí a jejich součinitele prostupu tepla

Hala
Administrativa

B.3) Výpočet tepelného výkonu

Výpočet tepelného výkonu podle ČSN EN 12831-1 byl proveden v softwaru PROTECH – Tepelný výkon (TV).

B.3.1) Návrhový tepelný výkon místnosti

Celková tepelná ztráta se skládá z tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním.

$$\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} \text{ [W]}$$

Kde:
- $\phi_{HL,i}$ návrhový tepelný výkon [W]
- $\phi_{T,i}$ návrhová ztráta prostupem všech konstrukcí ohraničující místnost [W]
- $\phi_{V,i}$ návrhová ztráta větráním [W]

B.3.2) Výpočet tepelných ztrát prostupem

$$\phi_{T,i} = \left(H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}\right) \cdot (\theta_i - \theta e) \text{ [W]}$$

Kde:
- $\phi_{T,i}$ návrhová ztráta prostupem všech konstrukcí ohraničující místnost [W]
- $H_{T,ie}$ měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí [W · K^{-1}]
- $H_{T,ia}$ měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru [W · K^{-1}]
- $H_{T,ig}$ měrný tepelný tok z vytápěného prostoru prostupem do zeminy [W · K^{-1}]
- θ_i vnitřní návrhová teplota [°C]
- θe venkovní výpočtová teplota [°C]

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = A_k \cdot (U_k + \Delta U_B) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \text{ [W · K}^{-1}\text{]}$$

Kde:
- A_k plocha konstrukce [m^2]
- U_k součinitel prostupu tepla konstrukcí [m^{-2}·K^{-1}·W]
- ΔU_B korekční člen na zohlednění tepelných vazeb [m^{-2}·K^{-1}·W]
- $f_{u,k}$ opravný činitel stavebních částí a povětrnostních vlivů [-]
- $f_{ie,k}$ teplotní opravný činitel [-]

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru

$$H_{T,ia} = A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \text{ [W} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$$

Kde: A_k plocha konstrukce [m^2]

U_k součinitel prostupu tepla konstrukcí [m^{-2}·K^{-1}·W]

$f_{ix,k}$ teplotní opravný činitel [-]

$$f_{ix,k} = f_1 + f_2 \text{ [-]}$$

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e} \text{ [-]}$$

$$f_2 = \frac{\theta_{int,k} - \theta_{int,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \text{ [-]}$$

Kde: $\theta_{int,i}$ vnitřní výpočtová hodnota [°C]

θ_x teplota v sousedním prostoru [°C]

$\theta_{int,k}$ průměrná vnitřní povrchová teplota stavební konstrukce [°C]

θ_e venkovní výpočtová teplota [°C]

f_1 opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostředí a venkovní výpočtovou teplotou [-]

f_2 opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru a průměrnou povrchovou teplotou stavební části. [-]

Měrný tepelný tok z vytápěného prostoru prostupem do zeminy

$$H_{T,ig} = f_{\theta ann} \cdot A_k \cdot U_{ekv} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{gw,k} \text{ [W} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$$

Kde: $f_{\theta ann}$ součinitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku [-]

U_{ekv} ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zeminou [m^{-2}·K^{-1}·W]

$f_{gw,k}$ opravný činitel zohledňující vliv spodní vody [-]

$$f_{ig,k} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{e,m}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

Kde: $\theta_{int,i}$ vnitřní výpočtová hodnota [°C]

$\theta_{e,m}$ průměrná teplota v otopném období [°C]

θ_e venkovní výpočtová teplota [°C]

B.3.3) Výpočet tepelných ztrát větráním – nucené větrání

Větrání objektu je předpokládáno jako nucené pomocí vzduchotechnických jednotek. Návrh vzduchotechnických jednotek se zpětným získáváním tepla není předmětem této bakalářské práce.

Pro potřeby výpočtů je stanovena účinnost rekuperace η=70 %
Měrná ztráta větráním je vypočtena dle vztahů vycházejících z ČSN EN 12831.

$$\phi_{V,i} = \rho \cdot c \cdot \left(q_{v,env,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) + q_{v,sup,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_{rec,z})\right) \text{ [W]}$$

Kde:	ρ	hustota vzduchu [kg·m^{-3}]
	c	měrná tepelná kapacita vzduchu [kg^{-1}·K^{-1}·W]
	$q_{v,env,i}$	průtok vzduchu obálkou budovy [m^3·h^{-1}]
	$\theta_{int,i}$	návrhová vnitřní teplota [°C]
	θ_e	venkovní výpočtová teplota [°C]
	$q_{v,sup,i}$	průtok vzduchu přiváděný VZT jednotkou [m^3·h^{-1}]
	$\theta_{rec,z}$	teplota za výměníkem ZZT [°C]

$$\theta_{rec,z} = \theta_e + \eta_{rec,z}(\theta_{exh,z} - \theta_e) \text{ [°C]}$$

Kde:	$\eta_{rec,z}$	účinnost ZZT [%]
	$\theta_{exh,z}$	teplota přiváděného vzduchu z místnosti [°C]

B.3.4) Stanovení průtoků vzduchu

Stanovení výměn vzduchu a dávek vzduchu na osobu bylo provedeno v souladu s ČSN EN 15665.

V místnostech administrativy, kde se zaměstnanci běžně nacházet nebudou je dodržena doporučená výměna vzduchu 0,5 hod^{-1}. V hale z důvodů charakteru provozu je dodržena výměna vzduchu minimální a to 0,3 hod^{-1}. Výměna vzduchu charakterizuje, kolikrát za hodinu se vzduch v místnosti vymění.

V administrativní budově je uvažováno s 10 zaměstnanci, kteří spadají do kategorie třídy práce I., s dávkou vzduchu 25 m^3/h na osobu.
Ve skladovací hale je uvažováno se 4 zaměstnanci, kteří spadají do kategorie třídy práce IIIa., s dávkou vzduchu 70 m^3/h na osobu.

Výsledný průtok vzduchu je vždy ten větší z podmínek stanovených výše.

Pro místnosti se zařizovacími předměty byly průtoky vzduchu stanoveny podle jejich počtu s uvážením současnosti jejich používání.

Průtoky vzduchu					
Č.M	Popis	$V_{místnosti}$	V_{mech}	n	poč. os
(-)	(-)	m^3	m^3/h	h^{-1}	(-)
101	Sklad kan. Potřeb	58,6	29	0,5	0
102	Zasedací místnost	127,92	64	0,5	0
103	Recepce	77,5	78	1,0	0
104	Vstup	60,8	30	0,5	0
105	WC	10,25	50	4,9	1xWC mísa
106	Tech. Místnost	8,3	4	0,5	0
107	Předsíň WC	9,9	5	0,5	0
108	WC	30,47	50	1,6	1xWC mísa
109	Kuchyňka	20,7	40	2,0	0
110	Tech. Místnost	14,1	7	0,5	0
112	Hyg. Místnost	20,25	150	7,4	1x sprcha
113	Open Office	212,63	215	1,0	8 os. kat. I.
114	Kancelář	73,54	75	1,0	1 os. kat.I.
115	Chodba	44,89	22	0,5	0
116	Kancelář	20,15	25	1,2	1 os. kat.I.
117	Denní místnost	53,77	27	0,5	0
118	Příjem	1792,8	540	0,3	1 os. kat.IIIa
119	Hala	914,65	280	0,3	2os. kat.IIIa
120	Expedice	319	100	0,3	1 os. kat.IIIa

Hala
Administrativa

Tabulka 10 Stanovení průtoků vzduchu VZT jednotek

B.3.5) Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností administrativní budovy

101 Sklad kancelářských

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x	y	U_i,Ψ_{eq}	Δt	b	PO	A	AO	AR	H	t_{si}
		m	m		K			m^2	m^2	m^2	$W \cdot K^{-1}$	°C
SO1	Z	9,50	3,00	0,209	35	1,00	2	28,5	3,8	24,8	5,2	19,1
OJJ1	Z	1,25	1,50	0,964	35	1,00	2	3,8	3,8	3,8	3,6	15,8
SN1	Z	3,00	3,00	0,222	2	0,06	0	9,0	0,0	9,0	0,1	19,9
PDL1	Z	6,50	3,00	0,174	15	0,42	0	19,5	0,0	19,5	2,1	19,6
SCH1	Z	3,00	6,50	0,199	35	1,00	0	19,5	0,0	19,5	3,9	19,1

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	29,3	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	3,5	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	14,9	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	1,2	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	520	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	42	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	562	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

102 Zasedací místnost

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x	y	U_i,Ψ_{eq}	Δt	b	PO	A	AO	AR	H	t_{si}
		m	m		K			m^2	m^2	m^2	$W \cdot K^{-1}$	°C
SN1	Z	6,50	3,00	0,222	2	0,06	0	19,5	0,0	19,5	0,2	19,9
SO1	Z	0,50	3,00	0,209	35	1,00	0	1,5	0,0	1,5	0,3	19,1
SO1	Z	5,90	3,00	0,209	35	1,00	5	17,7	14,2	3,5	0,7	19,1
OJJ2	Z	1,25	2,40	0,899	35	1,00	4	12,0	12,0	12,0	10,8	16,1
OJJ4	Z	0,90	2,40	0,995	35	1,00	1	2,2	2,2	2,2	2,1	15,6
SCH1	Z	6,56	6,50	0,199	35	1,00	0	42,6	0,0	42,6	8,5	19,1
PDL1	Z	6,56	6,50	0,174	15	0,42	0	42,6	0,0	42,6	4,5	19,6

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	64,0	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	7,7	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	27,3	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	2,6	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	954	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	91	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	1 045	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

103 Recepce

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x	y	U_i,Ψ_{eq}	Δt	b	PO	A	AO	AR	H	t_{si}
		m	m		K			m^2	m^2	m^2	$W \cdot K^{-1}$	°C
SCH1	Z	5,33	4,85	0,199	35	1,00	0	25,9	0,0	25,9	5,2	19,1
PDL1	Z	5,33	4,85	0,174	15	0,42	0	25,9	0,0	25,9	2,7	19,6
SN5	0	5,20	3,00	2,500	5	0,14	1	15,6	4,0	11,6	4,2	18,4
DN1	Z	1,80	2,20	2,554	5	0,14	1	4,0	4,0	4,0	1,4	18,4

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	77,6	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	0,0	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	13,5	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	0,0	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	472	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	0	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	472	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

104 Vstup do budovy

t_i = 15 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x	y	U_i,Ψ_{eq}	Δt	b	PO	A	AO	AR	H	t_{si}
		m	m		K			m^2	m^2	m^2	$W \cdot K^{-1}$	°C
PDL2	Z	3,90	5,20	0,174	10	0,32	0	20,3	0,0	20,3	1,7	14,7
SCH1	Z	3,90	5,20	0,199	30	1,00	0	20,3	0,0	20,3	4,0	14,3
SO1	Z	13,40	3,00	0,209	30	1,00	12	40,2	39,7	0,5	0,1	14,2
OJJ3	Z	1,00	3,00	0,913	30	1,00	8	24,0	24,0	24,0	21,9	11,6
OJJ5	Z	1,50	3,00	0,822	30	1,00	2	9,0	9,0	9,0	7,4	11,9
DO1	Z	2,40	2,20	1,083	30	1,00	1	5,3	5,3	5,3	5,7	10,9
OJJ6	Z	2,40	0,60	1,059	30	1,00	1	1,4	1,4	1,4	1,5	11,0
SN5	0	5,20	3,00	2,500	-5	-0,17	1	15,6	4,0	11,6	-4,8	16,6
DN1	Z	1,80	2,20	2,554	-5	-0,17	1	4,0	4,0	4,0	-1,7	16,6

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	30,4	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	3,7	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	35,8	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	1,2	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	1 074	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	37	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	1 111	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

105 WC

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x	y	U_i,Ψ_{eq}	Δt	b	PO	A	AO	AR	H	t_{si}
		m	m		K			m^2	m^2	m^2	$W \cdot K^{-1}$	°C
SN1	Z	2,25	2,60	0,222	2	0,06	0	5,9	0,0	5,9	0,1	19,9
PDL2	Z	2,25	1,75	0,174	15	0,42	0	3,9	0,0	3,9	0,4	19,6
SCH1	Z	2,25	1,75	0,199	35	1,00	0	3,9	0,0	3,9	0,8	19,1

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	20,5	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	0,0	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	1,3	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	0,0	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	45	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	0	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	45	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

106 Technická místnost

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i,Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
PDL2	Z	1,75	1,82	0,174	15	0,42	0	3,2	0,0	3,2	0,3	19,6
SCH1	Z	1,75	1,82	0,199	35	1,00	0	3,2	0,0	3,2	0,6	19,1
SN1	Z	1,82	2,60	0,222	2	0,06	0	4,7	0,0	4,7	0,1	19,9

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek V_{np} 4,2 $m^3 \cdot h^{-1}$

Infiltrace pláštěm V_{n50} 0,0 $m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem H_{Tm} 1,0 $W \cdot K^{-1}$

Výměnou vzduchu H_{Vm} 0,0 $W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem Φ_{Tm} 36 W

Výměnou vzduchu Φ_{Vm} 0 W

Zátopová Φ_{RHm} 0 W

Celkem Φ_{HLm} 36 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

107 Předsíň WC

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i,Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
PDL2	Z	1,75	2,17	0,174	15	0,42	0	3,8	0,0	3,8	0,4	19,6
SCH1	Z	1,75	2,17	0,199	35	1,00	0	3,8	0,0	3,8	0,8	19,1
SN1	Z	2,17	2,60	0,222	2	0,06	0	5,7	0,0	5,7	0,1	19,9

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek V_{np} 4,9 $m^3 \cdot h^{-1}$

Infiltrace pláštěm V_{n50} 0,0 $m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem H_{Tm} 1,2 $W \cdot K^{-1}$

Výměnou vzduchu H_{Vm} 0,0 $W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem Φ_{Tm} 43 W

Výměnou vzduchu Φ_{Vm} 0 W

Zátopová Φ_{RHm} 0 W

Celkem Φ_{HLm} 43 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

108 WC

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i,Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
SCH1	Z	2,58	1,75	0,199	35	1,00	0	4,5	0,0	4,5	0,9	19,1
PDL2	Z	1,75	2,58	0,174	15	0,42	0	4,5	0,0	4,5	0,5	19,6
SN1	Z	2,58	2,60	0,222	2	0,06	0	6,7	0,0	6,7	0,1	19,9

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek V_{np} 17,6 $m^3 \cdot h^{-1}$

Infiltrace pláštěm V_{n50} 0,0 $m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem H_{Tm} 1,5 $W \cdot K^{-1}$

Výměnou vzduchu H_{Vm} 0,0 $W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem Φ_{Tm} 51 W

Výměnou vzduchu Φ_{Vm} 0 W

Zátopová Φ_{RHm} 0 W

Celkem Φ_{HLm} 51 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

109 Kuchyňka

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i,Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
PDL2	Z	1,75	1,75	0,174	15	0,42	0	3,1	0,0	3,1	0,3	19,6
SCH1	Z	1,75	1,75	0,199	35	1,00	0	3,1	0,0	3,1	0,6	19,1
SN1	Z	1,75	2,60	0,222	2	0,06	0	4,5	0,0	4,5	0,1	19,9

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	11,9	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	0,0	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	1,0	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	0,0	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	35	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	0	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	35	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

110 Technická místnost

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i,Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
PDL2	Z	1,75	3,10	0,174	15	0,42	0	5,4	0,0	5,4	0,6	19,6
SCH1	Z	1,75	3,10	0,199	35	1,00	0	5,4	0,0	5,4	1,1	19,1
SN1	Z	3,10	2,60	0,222	2	0,06	0	8,1	0,0	8,1	0,1	19,9

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	7,1	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	0,0	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	1,8	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	0,0	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	62	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	0	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	62	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

112 WC + Sprcha

t_i = 24 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i,Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
PDL2	Z	1,75	4,45	0,174	19	0,48	0	7,8	0,0	7,8	0,9	23,4
SCH1	Z	1,75	4,45	0,199	39	1,00	0	7,8	0,0	7,8	1,6	23,0
SN1	Z	4,45	2,60	0,222	39	1,00	0	11,6	0,0	11,6	2,6	22,9

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	30,4	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	0,0	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	5,1	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	5,2	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	197	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	204	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	401	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

113 Open Office

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i, Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
SO1	Z	14,65	3,00	0,209	35	1,00	12	44,0	35,2	8,8	1,8	19,1
OJJ2	Z	1,25	2,40	0,899	35	1,00	11	33,0	33,0	33,0	29,7	16,1
OJJ4	Z	0,90	2,40	0,995	35	1,00	1	2,2	2,2	2,2	2,1	15,6
PDL1	Z	14,89	4,76	0,174	15	0,42	0	70,9	0,0	70,9	7,5	19,6
SCH1	Z	14,89	4,76	0,199	35	1,00	0	70,9	0,0	70,9	14,1	19,1

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	212,6	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	12,8	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	55,3	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	4,3	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	1 935	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	152	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	2 087	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

114 Kancelář majitele

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i, Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
PDL1	Z	4,76	5,15	0,174	15	0,42	0	24,5	0,0	24,5	2,6	19,6
SCH1	Z	4,76	5,15	0,199	35	1,00	0	24,5	0,0	24,5	4,9	19,1
SO1	Z	5,00	3,00	0,209	35	1,00	4	15,0	12,0	3,0	0,6	19,1
OJJ2	Z	1,25	2,40	0,899	35	1,00	4	12,0	12,0	12,0	10,8	16,1

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	73,5	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	4,4	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	18,9	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	1,5	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	661	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	53	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	714	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

115 Chodba

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 18111

OK	ZZ	x m	y m	U_i, Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
PDL2	Z	14,96	1,00	0,174	15	0,42	0	15,0	0,0	15,0	1,6	19,6
SCH1	Z	14,96	1,00	0,199	35	1,00	0	15,0	0,0	15,0	3,0	19,1
SN1	Z	7,95	3,00	0,222	2	0,06	1	23,9	1,8	22,1	0,3	19,9
DO2	0	0,90	2,00	2,000	2	0,06	1	1,8	1,8	1,8	0,2	19,5

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	22,4	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	1,8	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	5,1	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	0,6	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	177	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	21	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	198	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

116 Kancelář - vedoucí

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i, Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
PDL2	Z	2,50	3,10	0,174	15	0,42	0	7,8	0,0	7,8	0,8	19,6
SCH1	Z	2,50	3,10	0,199	35	1,00	0	7,8	0,0	7,8	1,5	19,1
SO1	Z	2,50	2,60	0,209	35	1,00	1	6,5	1,9	4,6	1,0	19,1
OJJ1	Z	1,25	1,50	0,964	35	1,00	1	1,9	1,9	1,9	1,8	15,8
SN1	Z	3,10	2,60	0,222	2	0,06	1	8,1	3,0	5,1	0,1	19,9
OJJ7	Z	2,40	1,25	1,116	2	0,06	1	3,0	3,0	3,0	0,2	19,7

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	20,2	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	1,2	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	5,4	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	0,4	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	189	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	14	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	203	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

117 Denní místnost

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i, Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
PDL2	Z	3,88	4,63	0,174	15	0,42	0	17,9	0,0	17,9	1,9	19,6
SCH1	Z	3,88	4,63	0,199	35	1,00	0	17,9	0,0	17,9	3,6	19,1
SO1	Z	8,50	3,00	0,209	35	1,00	1	25,5	1,9	23,6	4,9	19,1
OJJ1	Z	1,25	1,50	0,964	35	1,00	1	1,9	1,9	1,9	1,8	15,8

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	26,9	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	2,2	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	12,2	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	0,7	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	427	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	26	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	453	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

Tabulka 11 Tepelné ztráty místností administrativní budovy

B.3.6) Porovnání ručního výpočtu tepelných ztrát se softwarem

101 SKLAD											
Tepelné ztráty prostupem											
Měrný tepelný tok vytápěné místnosti do venkovního prostředí											
Konstrukce	Popis	A_k	$U_k+\Delta U_b$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$					
		$[m^2]$	$[m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W]$	[-]	[-]	$[W\cdot K^{-1}]$					
SO1	Obvodová stěna	24,8	0,209	1	1	5,2					
OJJ1	Okno, trojsklo	3,8	0,964	1	1	3,7					
SCH1	Plochá střecha	19,5	0,199	1	1	3,9					
					Ht,ie	**12,7**					
Měrný tepelný tok vytápěné místnosti do sousedního vytápěného prostoru											
Konstrukce	Popis	A_k	$U_k+\Delta U_b$	$\theta_{int,i}$	θ_x	θ_e	$f_{ia,k}$	$H_{T,ia}$			
		$[m^2]$	$[m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W]$	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	$[W\cdot K^{-1}]$			
SN1	Stěna k hale	9	0,222	20	18	-15	0,06	0,11			
								0,1			
Měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do zeminy											
Konstrukce	Popis	A_k	U_{ekv}	B´	$f_{ig,k}$	$f_{gw,k}$	$f_{\theta ann}$	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{e,m}$	$H_{T,ig}$
		$[m^2]$	$[m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W]$	[-]	[-]	[-]	[-]	[°C]	[°C]	[°C]	$[W\cdot K^{-1}]$
PDL1	Podlaha, koberec	19,5	0,174	5,54	0,42	1	1,45	20	-15	5,3	2,07
											2,1
Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$											
$H_{t,ie}$	12,7	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i}-\theta_e$	ΣH_T	$\Phi_{T,i}$					
$H_{T,ia}$	0,1	20	-15	**35**	**14,9**	**521**					
$H_{T,ig}$	2,1										

101 SKLAD							
Tepelné ztráty nuceným větráním - infiltrace							
A	Sv.v	V	$\theta_{int,i}$	θ_e	n_{50}	e	E
$[m^2]$	[m]	$[m^3]$	[°C]	[°C]	[-]	[-]	[-]
19,5	3	58,5	20	-15	1	0,03	1

$q_{v,sup,i}$	$q_{v,env,i}$	$\rho\cdot c$	Hv
$[m^3\cdot h^{-1}]$	$[m^3\cdot h^{-1}]$	$[m^{-3}\cdot K^{-1}\cdot Wh]$	$[W\cdot K^{-1}]$
	3,51	0,34	**1,2**

Ztráta nuceným větráním $\Phi_{V,i}$ - infiltrace					
Hv	**1,2**	θ_i	θ_e	$\theta_i-\theta_e$	$\Phi_{V,i}$
		20	-15	35	**41,8**

Tabulka 12 Ruční výpočet tepelných ztrát

101 Sklad kancelářských

t_i = 20 °C t_e = -15 °C ΔB = 0 kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i, Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$	t_{si} °C
SO1	Z	9,50	3,00	0,209	35	1,00	2	28,5	3,8	24,8	5,2	19,1
OJJ1	Z	1,25	1,50	0,964	35	1,00	2	3,8	3,8	3,8	3,6	15,8
SN1	Z	3,00	3,00	0,222	2	0,06	0	9,0	0,0	9,0	0,1	19,9
PDL1	Z	6,50	3,00	0,174	15	0,42	0	19,5	0,0	19,5	2,1	19,6
SCH1	Z	3,00	6,50	0,199	35	1,00	0	19,5	0,0	19,5	3,9	19,1

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	V_{np}	29,3	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	V_{n50}	3,5	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	H_{Tm}	14,9	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	H_{Vm}	1,2	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	Φ_{Tm}	520	W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	42	W
Zátopová	Φ_{RHm}	0	W
Celkem	Φ_{HLm}	562	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

Ruční výpočet se **shoduje** se softwarem.

B.3.7) Výpočet výkonu pro VZT administrativy

Výkon pro ohřívač VZT administrativy						
$q_{v,sup,i}$	$\theta_{exh,z}$	θ_e	$\theta_{rec,z}$	$\rho \cdot c$	η_{rec}	Q_{admin}
$[m^3 \cdot h^{-1}]$	[°C]	[°C]	[°C]	$[m^{-3} \cdot K^{-1} \cdot Wh]$	[%]	W
871	20	-15	9,5	0,34	70%	**3109**

Tabulka 13 Výkon pro ohřívač VZT administrativy

B.3.8) Výpočet tepelných ztrát skladovací haly

U skladovací haly je výška místnosti vyšší než 4 m. Je potřeba zohlednit opravný činitel f_2, který vstupuje do teplotního opravného činitele $f_{ix,k} = f_1 + f_2$. Výpočetní software, který je pro výpočet tepelných ztrát používán tuto část normy ČSN EN 12831-1 opomíjí.

Stanovení f_2

$$f_2 = \frac{\theta int, k^* - \theta int, i}{\theta int, i - \theta e}$$

$$\theta int, k^* = \theta int, i + G_{\theta,air,i} \cdot \left(h_k - h_{occup,i}\right) + \Delta\theta_{surf,k}$$

$$\theta int, i^* = \theta int, i + G_{\theta,air,i} \cdot \left(\frac{h_i}{2} - h_{occup,i}\right) + \Delta\theta_{rad}$$

Kde:

$\theta int, k^*$	průměrná vnitřní povrchová teplota stavební části [°C]
$\theta int, i$	vnitřní výpočtová teplota místnost [°C]
$G_{\theta,air,i}$	výškový teplotní gradient vzduchu, pro daný vytápěcí systém [K·m^{-1}]
$\Delta\theta_{surf,k}$	opravná hodnota zohledňující rozdíl mezi teplotou vzduchu a povrchovou teplotou (např. zvýšení teploty podlahy, stěny z důvodů osálání topnými tělesy) [K]
h_k	střední výška uvažované stavební části nad úrovní podlahy [m]
$h_{occup,i}$	výška uživatelské zóny místnosti [m]
$\Delta\theta_{rad}$	rozdíl mezi teplotou vzduchu a operativní teplotou [K]
h_i	střední výška uvažované místnosti [°C]

118 Hala											
Tepelné ztráty prostupem											
Měrný tepelný tok vytápěné místnosti do venkovního prostředí											
Konstrukce	Popis	A_k	$U_k+\Delta U_b$	$f_{U,k}$	$\theta_{int,k}$*	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$				
		[m^2]	[$m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W$]	[-]	[°C]	[-]	[$W \cdot K^{-1}$]				
SO1	Opláštění haly v=7m	185	0,169	1	18,84	1,03	32,1				
OZ1	Okno, trojsklo	18	1,13	1	18,44	1,01	20,6				
SCH1	Plochá střecha 8°	380	0,23	1	19,75	1,05	92,1				
SO1	K pozednici	29,9	0,169	1	19,23	1,04	5,2				
						Ht,ie	**144,7**				
Měrný tepelný tok vytápěné místnosti do sousedního vytápěného prostoru											
Konstrukce	Popis	A_k	$U_k+\Delta U_b$	$\theta_{int,i}$	θint,k*	θ_x	θ_e	$f_{ia,k}$	$H_{T,ia}$		
		[m^2]	[$m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W$]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[$W \cdot K^{-1}$]		
SN1	Stěna k administraci	119	0,222	18	18,35	20	-15	-0,05	-1,34		
									-1,3		
Měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do zeminy											
Konstrukce	Popis	A_k	U_{ekv}	B´	$f_{ig,k}$	$f_{gw,k}$	$f_{\theta ann}$	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{e,m}$	$H_{T,ig}$
		[m^2]	[$m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W$]	[-]	[-]	[-]	[-]	[°C]	[°C]	[°C]	[$W \cdot K^{-1}$]
PDL1	Podlaha haly	367	0,165	10,9	0,38	1	1,45	18	-15	5,3	33,82
											33,8
Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$											
$H_{t,ie}$	144,7	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i}-\theta_e$	ΣH_T	$\Phi_{T,i}$					
$H_{T,ia}$	-1,3	18	-15	**33**	**177,2**	**5848**					
$H_{T,ig}$	33,8										

118 Hala							
Tepelné ztráty nuceným větráním - infiltrace							
A	Sv.v	V	$\theta_{int,i}$*	θ_e	n_{50}	e	E
[m^2]	[m]	[m^3]	[°C]	[°C]	[-]	[-]	[-]
367,33	5,9	1792,78	16,7	-15	1	0,03	1

$q_{v,sup,i}$	$q_{v,env,i}$	ρ · c	Hv
[$m^3\cdot h^{-1}$]	[$m^3\cdot h^{-1}$]	$m^{-3}\cdot K^{-1}\cdot Wh$	[$W \cdot K^{-1}$]
	107,6	0,34	**36,6**

Ztráta nuceným větráním $\Phi_{V,i}$ - infiltrace					
		$\theta_{int,i}$*	θ_e	$\theta_i-\theta_e$	$\Phi_{V,i}$
Hv	**36,6**	16,7	-15	31,7	**1159,4**

119 Příjem do haly												
Tepelné ztráty prostupem												
Měrný tepelný tok vytápěné místnosti do venkovního prostředí												
Konstrukce	Popis	A_k	$U_k+\Delta U_b$	$f_{U,k}$	$\theta_{int,k}$*	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$					
		[m^2]	[$m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W$]	[-]	[°C]	[-]	[$W\cdot K^{-1}$]					
SO1	Opláštění haly v=7m	93,51	0,169	1	18,84	1,03	16,2					
OZ1	Okno, trojsklo	9	1,13	1	18,44	1,01	10,3					
SCH1	Plochá střecha 8°	191,9	0,23	1	19,75	1,05	46,5					
SO1	Přední opláštění	7,07	0,169	1	18,35	1,01	1,2					
SO1	boční opláštění	66,58	0,169	1	18,68	1,02	11,5					
OZ1	Okno, trojsklo	6	1,13	1	18,53	1,02	6,9					
DO3	Vrata	16,8	1,6	1	18,39	1,01	27,2					
SO1	K pozednici	10,3	0,169	1	19,23	1,04	1,8					
							121,5					
Měrný tepelný tok vytápěné místnosti do sousedního vytápěného prostoru												
Konstrukce	Popis	A_k	$U_k+\Delta U_b$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{int,k}$*	θ_x	θ_e	$f_{ia,k}$	$H_{T,ia}$			
		[m^2]	[$m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W$]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[$W\cdot K^{-2}$]			
SN1	Stěna k administraci	41,2	0,222	18	18,35	20	-15	-0,05	-0,46			
									-0,5			
Měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do zeminy												
Konstrukce	Popis	A_k	U_{ekv}	B´	$f_{ig,k}$	$f_{gw,k}$	f_{Bann}	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{e,m}$	$H_{T,ig}$	
		[m^2]	[$m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W$]	[-]	[-]	[-]	[-]	[°C]	[°C]	[°C]	[$W\cdot K^{-1}$]	
PDL1	Podlaha haly	185,42	0,17	10,9	0,38	1	1,45	18	-15	5,3	17,07	
											17,1	
Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$												
$H_{t,ie}$	121,5	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i}-\theta_e$	ΣH_T	$\Phi_{T,i}$						
$H_{T,ia}$	-0,5	18	-15	**33**	**138,2**	**4559**						
$H_{T,ig}$	17,1											

119 Příjem do haly							
Tepelné ztráty nuceným větráním - infiltrace							
A	Sv.v	V	$\theta_{int,i}$*	θ_e	n_{50}	e	E
[m^2]	[m]	[m^3]	[°C]	[°C]	[-]	[-]	[-]
185,42	5,9	914,65	16,7	-15	1	0,03	1

$q_{v,sup,i}$	$q_{v,env,i}$	$\rho\cdot c$	Hv
[$m^3\cdot h^{-1}$]	[$m^3\cdot h^{-1}$]	[$m^{-3}\cdot K^{-1}\cdot Wh$]	[$W\cdot K^{-1}$]
	54,9	0,34	**18,7**

Ztráta nuceným větráním $\Phi_{V,i}$ - infiltrace					
Hv	**18,7**	$\theta_{int,i}$*	θ_e	$\theta_i-\theta_e$	$\Phi_{V,i}$
		16,7	-15	31,7	**591,5**

120 Expedice											
Tepelné ztráty prostupem											
Měrný tepelný tok vytápěné místnosti do venkovního prostředí											
Konstrukce	Popis	A_k	$U_k+\Delta U_b$	$f_{U,k}$	$\theta_{int,k}$*	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$				
		[m^2]	[$m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W$]	[-]	[°C]	[-]	[$W\cdot K^{-1}$]				
SO1	Opláštění haly v=7m	31,6	0,169	1	18,84	1,03	5,5				
OZ1	Okno, trojsklo	3	1,13	1	18,44	1,01	3,4				
SCH1	Plochá střecha 8°	64,77	0,23	1	19,75	1,05	15,7				
SO1	Přední opláštění	6,8	0,169	1	18,35	1,01	1,2				
SO1	boční opláštění	66,58	0,169	1	18,68	1,02	11,5				
OZ1	Okno, trojsklo	6	1,13	1	18,53	1,02	6,9				
DO3	Vrata	16,8	1,6	1	18,39	1,01	27,2				
SO1	K pozednici	0,36	0,169	1	19,23	1,04	0,1				
							71,4				
Měrný tepelný tok vytápěné místnosti do sousedního vytápěného prostoru											
Konstrukce	Popis	A_k	$U_k+\Delta U_b$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{int,k}$*	θ_x	θ_e	$f_{ia,k}$	$H_{T,ia}$		
		[m^2]	[$m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W$]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[$W\cdot K^{-1}$]		
SN1	Stěna k administraci	1,46	0,222	18	18,35	20	-15	-0,05	-0,02		
									0,0		
Měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do zeminy											
Konstrukce	Popis	A_k	U_{ekv}	B´	$f_{ig,k}$	$f_{gw,k}$	$f_{\theta ann}$	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{e,m}$	$H_{T,ig}$
		[m^2]	[$m^{-2}\cdot K^{-1}\cdot W$]	[-]	[-]	[-]	[-]	[°C]	[°C]	[°C]	[$W\cdot K^{-1}$]
PDL1	Podlaha haly	62,58	0,17	10,9	0,38	1	1,45	18	-15	5,3	5,76
											5,8
Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$											
$H_{t,ie}$	71,4	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i}-\theta_e$	ΣH_T	$\Phi_{T,i}$					
$H_{T,ia}$	0,0	18	-15	**33**	**77,1**	**2545**					
$H_{T,ig}$	5,8										

120 Expedice							
Tepelné ztráty nuceným větráním - infiltrace							
A	Sv.v	V	$\theta_{int,i}$*	θ_e	n_{50}	e	E
[m^2]	[m]	[m^3]	[°C]	[°C]	[-]	[-]	[-]
62,58	5,9	319	16,7	-15	1	0,03	1

$q_{v,sup,i}$	$q_{v,env,i}$	$\rho\cdot c$	Hv
[$m^3\cdot h^{-1}$]	[$m^3\cdot h^{-1}$]	[$m^{-3}\cdot K^{-1}\cdot Wh$]	[$W\cdot K^{-1}$]
	19,1	0,34	**6,5**

Ztráta nuceným větráním $\Phi_{v,i}$ - infiltrace					
Hv	**6,5**	$\theta_{int,i}$*	θ_e	$\theta_i-\theta_e$	$\Phi_{V,i}$
		16,7	-15	31,7	**206,3**

Tabulka 14 Tepelné ztráty místností haly

B.3.9) Výpočet výkonu pro VZT haly

Výkon pro ohřívač VZT haly						
$q_{v,sup,i}$	$\theta_{exh,z}$	θ_e	$\theta_{rec,z}$	$\rho\cdot c$	η_{rec}	Q_{hala}
[$m^3\cdot h^{-1}$]	[°C]	[°C]	[°C]	[$m^{-3}\cdot K^{-1}\cdot Wh$]	[%]	W
920	16,7	-15	7,2	0,34	70%	**2972**

Tabulka 15 Výkon pro ohřívač VZT haly

B.3.10) Rekapitulace tepelných ztrát

Souhrn tepelných ztrát místností			
Místnost	Tepelná ztráta prostupem	Tepelná ztráta větráním	Celková tepelná ztráta
	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$
	[W]	[W]	[W]
101 Sklad	520	42	**562**
102 Zasedací místnost	954	91	**1045**
103 Recepce	472	0	**472**
104 Vstup	1074	37	**1111**
105 WC	45	0	**45**
106 Technická místnost	36	0	**36**
107 Předsíň WC	43	0	**43**
108 WC	51	0	**51**
109 Kuchyňka	35	0	**35**
110 Technická místnost	62	0	**62**
112 WC + koupelna	197	204	**401**
113 Open Office	1935	152	**2087**
114 Kancelář majitele	661	53	**714**
115 Chodba do skladu	198	21	**219**
116 Kancelář vedoucí	189	14	**203**
117 Denní místnost	427	26	**453**
118 Hala	5848	1160	**7008**
119 Příjem do haly	4560	592	**5152**
120 Expedice	2545	207	**2752**
Σ	20040	2599	**22639**
Hala			
Administrativa			

Tabulka 16 Souhrn tepelných ztrát

B.4) Tepelná zátěž administrativní budovy

Výpočet tepelné zátěže dle ČSN 73 0548 probíhá vždy pro 21. den měsíce.
Tepelná zátěž se skládá z tepelné zátěže z vnějšího a vnitřního prostředí.

Tepelná zátěž z vnějšího prostředí:

- Tepelné zisky oken radiací
- Tepelné zisky oken konvekcí
- Tepelná zátěž vnějších stěn

Tepelná zátěž z vnitřního prostředí:

- Tepelná zátěž vnitřních stěn
- Tepelná produkce lidí
- Tepelná produkce svítidel

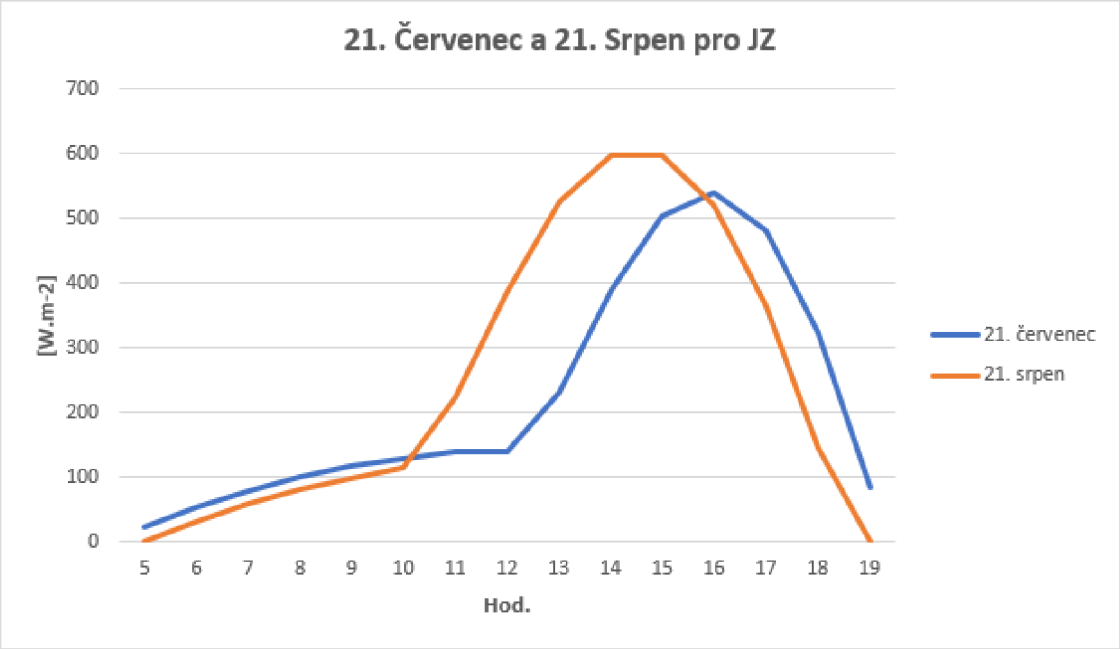
B.4.1) Určení měsíce pro výpočet tepelné zátěže

Intenzita sluneční radiace I_0 [W· m^{-2}], která dopadá na zemský povrch se v průběhu roku liší. Hlavní příčinou je naklonění Země k rovině oběhu Slunce, úhel ovlivňuje, jak paprsky dopadají na různé oblasti Země. V letním období jsou paprsky na severní polokouli přímější, což vede k větší tepelné zátěži na konstrukce.

Největší tepelnou zátěž lze předpokládat v místnostech orientovaných na JZ, které rovněž mají největší % prosklených ploch.

21. červenec	
hod.	$I_{o,JZ}$
[h]	[W.m^{-2}]
5	24
6	53
7	78
8	100
9	117
10	130
11	139
12	141
13	232
14	389
15	505
16	539
17	481
18	322
19	83
∑	3333

21. srpen	
hod.	$I_{o,JZ}$
[h]	[W.m^{-2}]
5	0
6	32
7	59
8	81
9	99
10	114
11	222
12	388
13	526
14	599
15	598
16	520
17	366
18	145
19	0
∑	3749



Obrázek 25 Intenzita sluneční radiace

Největší tepelnou zátěž lze tedy předpokládat pro měsíc srpen v 14hod.

roční maximum opravný činitel c_0 = 1,00

č.m.	název	měsíc	t_{emax} °C	t_v °C	Δt K	τ_{max} h	k_{Mm} %	Q_{osl} W	Δtv K	Q_v W	Q W	$Q_{citelné}$ W	kx	Q_{celkem} W
101	Sklad kancelářských	červen	28,5	26	2	17	0,0	208	2,5	0	0	208	1,00	208
102	Zasedací místnost	srpen	32,0	26	2	14	0,0	1 055	6,0	0	811	1 866	1,00	1 866
103	Recepce	červenec	30,0	26	2	7	0,0	79	4,0	0	0	79	1,00	79
104	Vstup do budovy	srpen	32,0	26	2	14	0,0	3 095	6,0	0	0	3 095	1,00	3 095
105	WC	červenec	30,0	26	2	7	0,0	12	4,0	0	0	12	1,00	12
106	Technická místnost	červenec	30,0	26	2	7	0,0	10	4,0	0	0	10	1,00	10
107	Předsíň WC	červenec	30,0	26	2	7	0,0	12	4,0	0	0	12	1,00	12
108	WC	červenec	30,0	26	2	7	0,0	14	4,0	0	0	14	1,00	14
109	Kuchyňka	červenec	30,0	26	2	7	0,0	9	4,0	0	0	9	1,00	9
110	Technická místnost	červenec	30,0	26	2	7	0,0	17	4,0	0	0	17	1,00	17
112	WC + Sprcha	červenec	30,0	26	2	7	0,0	24	4,0	0	0	24	1,00	24
113	Open Office	srpen	32,0	26	2	14	0,0	2 514	6,0	0	2 540	5 054	1,00	5 054
114	Kancelář majitele	srpen	32,0	26	2	14	0,0	860	6,0	0	541	1 401	1,00	1 401
115	Chodba	květen	26,5	26	2	7	0,0	764	0,5	0	180	944	1,00	944
116	Kancelář - vedoucí	červenec	30,0	26	2	11	0,0	526	4,0	0	332	859	1,00	859
117	Denní místnost	srpen	32,0	26	2	10	0,0	192	6,0	0	0	192	1,00	192

Výpočet hodnoty Q_v je proveden pro hodnotu Δtv

měsíc	t_{emax} °C	τ_{max} h	Q_{osl} W	$Q_{lidé}$ W	$Q_{osv.}$ W	Q_v W	Q_{tech} W	$Q_{jiné}$ W	$Q_{citelné}$ W	Q_{celkem} W
srpen	32,0	14	8 641	575	1 929	0	0	1 900	13 046	13 046

τ_{max} - doba maxima zisků z oslunění

Tabulka 17 Výpočet ročního maxima

B.4.2) Ruční výpočet tepelné zátěže místnosti 113

Kontrolní výpočet bude proveden pro místnost 113 Open Office s předpokládanou největší tepelnou zátěží. Výpočet je stanoven pro 21.8 14 hod. Místnost je orientována na JZ.

Vstupní údaje

OJJ2	1,25 x 2,4 m, S_2=3 m^2, S_{o2}=2,58 m^2, U_2=0,899 m^{-2}·K^{-1}·W
OJJ4	0,9 x 2,4 m, S_4=2,16m^2, S_{o4}=1,78 m^2, U_4=0,899 m^{-2}·K^{-1}·W
Azimut slunce α	223°
Azimut stěny γ	225°
Výška slunce h	44 m
Venkovní teplota	32 °C
Vnitřní přípustná teplota	26 °C

$\lvert a-\gamma\rvert > 90^0$	pokud platí, pak je okno ve stínu a S_{os} = 0 m^2
$\lvert 223-225\rvert > 90^0$	na okno dopadá sluneční záření, $S_{os} \neq 0$ m^2

Vodorovný stín

$$e_1 = c \cdot \mathrm{tg}\lvert a-\gamma\rvert \text{ [m]}$$

Kde: e_1 vodorovný stín [m]
c hloubka okna [m]
a azimut slunce [°]
γ azimut stěny [°]

$$e_1 = 0{,}02 \cdot \mathrm{tg}\lvert 2\rvert = \mathbf{7 \cdot 10^{-4}\ m}$$

Svislý stín

$$e_2 = d \cdot \frac{tg\ h}{cos\lvert a-\gamma\rvert} \text{ [m]}$$

Kde: e_2 svislý stín [m]
d hloubka okna [m]
h výška slunce [m]

$$e_2 = 0{,}02 \cdot \frac{tg\ 44}{cos\lvert 2\rvert} = \mathbf{0{,}019\ m}$$

Rám fixních oken po celé délce místnosti 113 je uvažován šířky 60 mm. Vodorovný i svislý stín dopadá na rám. Sluneční záření bude dopadat na celou plochu zasklení.

$$\mathbf{S_{o2} = S_{os2} = 2{,}58\ m^2}$$
$$\mathbf{S_{o4} = S_{os4} = 1{,}78\ m^2}$$

Tepelný zisk sluneční radiací oken

$$Q_{or} = \left[S_{os} \cdot I_0 \cdot c_0 + (S_o - S_{os}) \cdot I_{0dif}\right] \cdot \mathrm{s} \cdot \mathrm{n}\ [\mathrm{W}]$$

Kde:
- Q_{or} tepelný zisk sluneční radiací [W]
- S_{os} osluněná část okna [m^2]
- I_0 intenzita sluneční radiace procházející oknem [$W \cdot m^{-2}$]
- c_0 korekce znečištění atmosféry [-]
- S_o plocha okna včetně rámu [m^2]
- I_{0dif} intenzita difusní sluneční radiace [$W \cdot m^{-2}$]
- s stínicí součinitel [-]
- n počet oken [-]

$$Q_{or2} = [2{,}58 \cdot 599 \cdot 1{,}0 + (3 - 2{,}58) \cdot 112] \cdot 0{,}11 \cdot 11 = \mathbf{1979{,}5\ W}$$
$$Q_{or4} = [1{,}78 \cdot 599 \cdot 1{,}0 + (2{,}16 - 1{,}78) \cdot 112] \cdot 0{,}11 \cdot 1 = \mathbf{125{,}3\ W}$$

Tepelný zisk oken konvekcí

$$Q_{ok} = S_o \cdot U_o \cdot (t_e - t_i) \cdot \mathrm{n}\ [\mathrm{W}]$$

Kde:
- Q_{ok} tepelný zisk konvekcí [W]
- U_o součinitel prostupu tepla konstrukce [$m^{-2} \cdot K^{-1} \cdot W$]
- t_e teplota exteriéru [°C]
- t_i teplota interiéru [°C]

$$Q_{ok2} = 3 \cdot 0{,}899 \cdot (6) \cdot 11 = \mathbf{178\ W}$$
$$Q_{ok4} = 2{,}16 \cdot 0{,}995 \cdot (6) \cdot 1 = \mathbf{13\ W}$$

Celková tepelná zátěž osluněnými okny

$$Q_o = Q_{or,i} + Q_{ok,i} = 2104{,}8 + 191 = \mathbf{2296\ W}$$

Tepelná zátěž vnějších konstrukcí

SO1	S_1=8,79 m^2, U_1=0,209 m^{-2}·K^{-1}·W
SCH1	S_3=70,88 m^2, U_3=0,199 m^{-2}·K^{-1}·W
Venkovní teplota	32 °C
Vnitřní přípustná teplota	26 °C

Těžká konstrukce

$$Q_s = U_s \cdot S \cdot (t_{trm} - t_i)\ [\mathrm{W}]$$

Kde: t_{trm} průměrná rovnocenná sluneční teplota vnějšího vzduchu za 24 h
S plocha konstrukcí po odečtení otvorů [m^2]

$$Q_{s1} = 0{,}209 \cdot 8{,}79 \cdot (32{,}7 - 26) = \mathbf{12{,}3}\ [\mathrm{W}]$$
$$Q_{s3} = 0{,}199 \cdot 70{,}88 \cdot (40{,}84 - 26) = \mathbf{209{,}3}\ [\mathrm{W}]$$

Produkce tepla od lidí

$$Q_l = Ct_m \cdot n_m + Ct_{\check{z}} \cdot n_{\check{z}}\ [\mathrm{W}]$$

Kde: Ct činnost lidí [W]
n_m počet mužů [-]
n_m počet žen [-]

$$Q_l = 62 \cdot 4 + 52{,}7 \cdot 4 = \mathbf{459\ W}$$

Tepelná produkce svítidel

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s\ [\mathrm{W}]$$

Kde: S_s podlahová plocha [m^2]
P_s výkon osvětlení [W · m^{-2}]

$$Q_{sv} = 70{,}88 \cdot 12 = \mathbf{850\ W}$$

Jiné tepelné zisky

Q_j= PC + LCD monitor + střední tiskárny = $(105 + 30) \cdot 8 + 50 \cdot 3 = \mathbf{1230\ W}$

Přehled vypočtených hodnot tepelných zátěží

Tepelný zisk sluneční radiací oken	Q_{or} = 2105 W
Tepelný zisk oken konvekcí	Q_{ok} = 191 W
Tepelná zátěž vnějších konstrukcí	Q_s = 221 W
Tepelná produkce lidí	Q_l = 459 W
Tepelná produkce svítidel	Q_{sv} = 850 W
Jiné tepelné zisky	Q_j = 1230 W
	ΣQ = 5056 W

Výpočet tepelné zátěže softwarem

roční maximum opravný činitel c_0 = 1,00

č.m.	název	měsíc	t_{emax} °C	t_v °C	Δt K	τ_{max} h	k_{Mm} %	Q_{osl} W	Δtv K	Q_v W	Q W	$Q_{citelné}$ W	kx	Q_{celkem} W
113	Open Office	srpen	32,0	26	2	14	0,0	2 514	6,0	0	2 540	5 054	1,00	5 054

Výpočet hodnoty Q_v je proveden pro hodnotu Δtv

měsíc	t_{emax} °C	τ_{max} h	Q_{osl} W	$Q_{lidé}$ W	$Q_{osv.}$ W	Q_v W	Q_{tech} W	$Q_{jiné}$ W	$Q_{citelné}$ W	Q_{celkem} W
srpen	32,0	14	2 514	459	851	0	0	1 230	5 054	5 054

τ_{max} - doba maxima zisků z oslunění

Tabulka 18 Porovnání ručního výpočtu tepelných zátěží se softwarem

Ruční výpočet se **shoduje** s výstupem ze softwaru.

B.4.3) Výpočet tepelných zátěží administrativní budovy

měsíc: srpen t_{emax} = 32,0°C opravný činitel c_0 = 1,00

č.m.	název	t_v °C	Δt K	τ_{max} h	Q_{osl} W	k_{Mm} %	$Q_{lidé}$ W	$Q_{osv.}$ W	Δtv K	Q_v W	Q_{tech} W	$Q_{jiné}$ W	$Q_{citelné}$ W	kx	Q_{celkem} W
101	Sklad kancelářských	26	2	17	201	0,0	0	0	6,0	0	0	0	201	1,00	201
102	Zasedací místnost	26	2	14	1 055	0,0	0	511	6,0	0	0	300	1 866	1,00	1 866
103	Recepce	26	2	7	77	0,0	0	0	6,0	0	0	0	77	1,00	77
104	Vstup do budovy	26	2	14	3 095	0,0	0	0	6,0	0	0	0	3 095	1,00	3 095
105	WC	26	2	7	12	0,0	0	0	6,0	0	0	0	12	1,00	12
106	Technická místnost	26	2	7	9	0,0	0	0	6,0	0	0	0	9	1,00	9
107	Předsíň WC	26	2	7	11	0,0	0	0	6,0	0	0	0	11	1,00	11
108	WC	26	2	7	13	0,0	0	0	6,0	0	0	0	13	1,00	13
109	Kuchyňka	26	2	7	9	0,0	0	0	6,0	0	0	0	9	1,00	9
110	Technická místnost	26	2	7	16	0,0	0	0	6,0	0	0	0	16	1,00	16
112	WC + Sprcha	26	2	7	23	0,0	0	0	6,0	0	0	0	23	1,00	23
113	Open Office	26	2	14	2 514	0,0	459	851	6,0	0	0	1 230	5 054	1,00	5 054
114	Kancelář majitele	26	2	14	860	0,0	62	294	6,0	0	0	185	1 401	1,00	1 401
115	Chodba	26	2	7	597	0,0	0	180	6,0	0	0	0	777	1,00	777
116	Kancelář - vedoucí	26	2	11	498	0,0	54	93	6,0	0	0	185	830	1,00	830
117	Denní místnost	26	2	10	192	0,0	0	0	6,0	0	0	0	192	1,00	192

Výpočet hodnoty Q_v je proveden pro hodnotu Δtv

τ_{max} h	Q_{osl} W	$Q_{lidé}$ W	$Q_{osv.}$ W	Q_v W	Q_{tech} W	$Q_{jiné}$ W	$Q_{citelné}$ W	Q_{celkem} W
14	8 641	575	1 929	0	0	1 900	13 046	13 046

Tabulka 19 Tepelná zátěž místností administrativní budovy

B.5) Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy byl proveden v softwaru DEKSOFT, modul energetika.

Návrhové teploty		
Parametr	**jednotky**	**hodnota**
Venkovní návrhová teplota v zimním období v místě stavby θ_e	[°C]	-15
Z1 - Vstup	[°C]	15
Z2 - Administrativa	[°C]	20
Z3 - Skladovací hala	[°C]	18

Geometrické charakteristiky budovy		
Parametr	**jednotky**	**hodnota**
Objem budovy V (objem částí budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m^3]	5 247,0
Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m^2]	2 541,4
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m^2/m^3]	0,48
Celková energeticky vztažná plocha budovy A_c	[m^2]	948,7

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
A	$U_{em} \leq 0,70 * U_{em,R,class}$	mimořádně úsporná
B	$0,70 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 0,90 * U_{em,R,class}$	velmi úsporná
C	$0,90 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 1,20 * U_{em,R,class}$	úsporná
D	$1,20 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 1,70 * U_{em,R,class}$	méně úsporná
E	$1,70 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 2,30 * U_{em,R,class}$	nehospodárná
F	$2,30 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 2,90 * U_{em,R,class}$	velmi nehospodárná
G	$U_{em} > 2,90 * U_{em,R,class}$	mimořádně nehospodárná

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	$U_{em,R,class}$	U_{em}	Klasifikační třída
	W/(m^2K)	W/(m^2K)	
Budova celkem	0,251	0,250	C

Měrná tepelná ztráta a součinitel prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z1)	Referenční budova θ_i = 15 °C				Hodnocená budova θ_i = 15 °C			
	Plocha A [m²]	Součinitel prostupu tepla U_R [W/(m²K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	Plocha A [m²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m²K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]
VYP-1A 1-EXT Prosklení u vstupu JZ	29,2	1,54	1,00	45,03	34,4	0,87	1,00	29,93
VYP-1B 1-EXT Prosklení u vstupu JZ	5,2	0,32		1,63				
VYP-2 1-EXT Vstupní dveře JZ + světlík[1)]	5,3	1,19	1,00	6,28	5,3	1,05	1,00	5,57
STR-14 1-EXT Střecha administrativy	20,3	0,25	1,00	4,97	20,3	0,18	1,00	3,63
Přirážky na tepelné vazby	ΔU_{em} = 0,014 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,014 * 60,0		1,00	0,84	ΔU_{em} = 0,020 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,020 * 60,0		1,00	1,20
PDL(z)-12 1-ZEM Podlaha v administrativě[5)]	20,3	0,46	0,33	3,08	20,3	0,27	0,16	0,53
Přirážky na tepelné vazby	ΔU_{em} = 0,014 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,014 * 20,3			0,09	ΔU_{em} = 0,020 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,020 * 20,3			0,41
Celkem bez vlivu ΔU_{em}	**80,3**	-	-	60,98	**80,3**	-	-	39,65
tepelné vazby [2)]	$\Sigma\Delta U_{em}$			0,93	$\Sigma\Delta U_{em}$			1,61
celková měrná tepelná ztráta prostupem tepla	**-**	**-**	**-**	**61,92**	**-**	**-**	**-**	**41,25**

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z2)	Referenční budova θ_i = 20 °C				Hodnocená budova θ_i = 20 °C			
	Plocha A [m²]	Součinitel prostupu tepla U_R [W/(m²K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	Plocha A [m²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m²K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]
VYP-3 2-EXT Okna na SZ	3,8	1,05	1,00	3,99	3,8	0,96	1,00	3,65
VYP-4 2-EXT Okna na JV	3,8	1,05	1,00	3,99	3,8	0,95	1,00	3,61
VYP-5A 2-EXT Prosklení v administrativě JZ	52,1	1,05	1,00	54,71	61,3	0,87	1,00	53,33
VYP-5B 2-EXT Prosklení v administrativě JZ	9,2	0,21		1,93				
STN-10 2-EXT SO-S stěna ochlazovaná typ A SZ	27,8	0,21	1,00	5,83	27,8	0,19	1,00	5,24
STR-14 2-EXT Střecha administrativy	255,8	0,17	1,00	42,97	255,8	0,18	1,00	45,79
STN-16 2-EXT SO-S stěna ochlazovaná typ A JV	28,2	0,21	1,00	5,93	28,2	0,19	1,00	5,34
STN-17 2-EXT SO-S stěna ochlazovaná typ A JZ	16,8	0,21	1,00	3,53	16,8	0,19	1,00	3,18
Přirážky na tepelné vazby	ΔU_{em} = 0,014 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,014 * 397,5		1,00	5,57	ΔU_{em} = 0,020 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,020 * 397,5		1,00	7,95
PDL(z)-12 2-ZEM Podlaha v administrativě	255,8	0,32	0,58	44,97	255,8	0,27	0,63	41,02
Přirážky na tepelné vazby	ΔU_{em} = 0,014 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,014 * 255,8			3,58	ΔU_{em} = 0,020 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,020 * 255,8			5,12
Celkem bez vlivu ΔU_{em}	**653,3**	-	-	167,86	**653,3**	-	-	161,16
tepelné vazby [2)]	$\Sigma\Delta U_{em}$			9,15	$\Sigma\Delta U_{em}$			13,07
celková měrná tepelná ztráta prostupem tepla	**-**	**-**	**-**	**177,00**	**-**	**-**	**-**	**174,23**

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z3)	Referenční budova θ_i = 18 °C				Hodnocená budova θ_i = 18 °C			
	Plocha A [m²]	Součinitel prostupu tepla U_R [W/(m²K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	Plocha A [m²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m²K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]
VYP-6 3-EXT Okna SV	12,0	1,05	1,00	12,60	12,0	1,13	1,00	13,56
VYP-7 3-EXT Okna SZ	6,0	1,05	1,00	6,30	6,0	1,13	1,00	6,78
VYP-8 3-EXT Okna JV hala	6,0	1,05	1,00	6,30	6,0	1,13	1,00	6,78
VYP-9 3-EXT Vrata v hale JZ[1)]	34,0	1,19	1,00	40,30	34,0	1,60	1,00	54,40
STN-11 3-EXT Stěna ochlazovaná v hale Kingspany SV	310,2	0,21	1,00	65,14	310,2	0,15	1,00	46,22
STR-15 3-EXT Střecha haly Kingspany střešní	636,8	0,17	1,00	106,98	636,8	0,21	1,00	133,73
STN-18 3-EXT Stěna ochlazovaná v hale Kingspany SZ	66,6	0,21	1,00	13,98	66,6	0,15	1,00	9,92
STN-19 3-EXT Stěna ochlazovaná v hale Kingspany JZ	54,4	0,21	1,00	11,42	54,4	0,15	1,00	8,10
STN-20 3-EXT Stěna ochlazovaná v hale Kingspany JV	66,6	0,21	1,00	13,98	66,6	0,15	1,00	9,92
Přirážky na tepelné vazby	ΔU_{em} = 0,014 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,014 * 1 192,6		1,00	16,70	ΔU_{em} = 0,020 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,020 * 1 192,6		1,00	23,85
PDL(z)-13 3-ZEM Podlaha v hale	615,3	0,32	0,52	96,93	615,3	0,31	0,54	95,46
Přirážky na tepelné vazby	ΔU_{em} = 0,014 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,014 * 615,3			8,61	ΔU_{em} = 0,020 [W/(m²K)] ΔU_{em} = 0,020 * 615,3			12,31
Celkem bez vlivu ΔU_{em}	**1 807,9**	-	-	373,95	**1 807,9**	-	-	384,87
tepelné vazby [2)]	$\Sigma\Delta U_{em}$			25,31	$\Sigma\Delta U_{em}$			36,16
celková měrná tepelná ztráta prostupem tepla	-	-	-	**399,26**	-	-	-	**421,03**

KLASIFIKACE PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA OBÁLKY BUDOVY			
Typ budovy:	Administrativní budova	Hodnocení obálky budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	, Chotěbuz		
Katastrální území:			
Parcelní číslo:			
Celková podlahová plocha A_c = 948,67 [m^2]		hodnocená	doporučení
KLASIFIKACE		C	-
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} [W/(m^2K)] $U_{em}=H_T/A$		0,250	-
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em,R,class}$ W/(m^2.K) typu referenční budovy určené vyhláškou o ENB pro klasifikaci.		0,251	-
Platnost štítku do (datum):	13.4.2034 (nebo do změny obálky budovy)		
Jméno a příjmení:			

Obrázek 26 Energetický štítek obálky budovy

B.6) Návrh otopných ploch

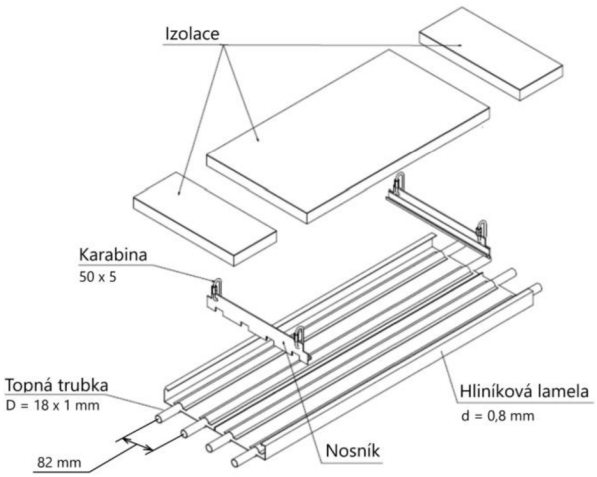
Podrobné parametry a výkony otopných ploch jsou zahrnuty v hydraulické části.

B.6.1) Podlahové vytápění

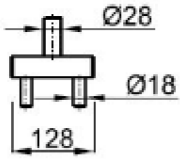
Pro administrativní budovu je navrženo teplovodní podlahové vytápění. Návrh je proveden dle normy ČSN EN 1264-1 až 4. V administrativní budově je navrženo celkem 12 podlahových smyček. V administrativní budově budou instalovány dva rozdělovače. Pro podlahové smyčky jsou navrženy třívrstvé polybutenové trubky 15x1,5 mm s kyslíkovou bariérou. Potrubí podlahového vytápění bude umístěno do systémové desky Gabotherm 30-2 s modulem 75 mm pro mokrý systém.

B.6.2) Teplovodní sálavé panely

Pro vytápění skladovací haly je zvoleno sálavé vytápění pomocí závěsných teplovodních panelů KSP KIT. Panely jsou vyráběny v délkách 2000, 3000, 4000, 6000 mm a šířky 330 mm. Panely je možné slučovat do libovolných ploch, kdy předností je vyhovující sálavá plocha, která rovněž slouží jako rozvod potrubí. Panel je zhotoven z ocelové trubky 18 mm, která je zapuštěná v hliníkovém plechu a tepelné izolace tloušťky 30 mm. Sálavé panely se propojují lisovacím nátrubkem a do otopné soustavy se zapojí pomocí připojovacích registrů.



Obrázek 27 *Teplovodní sálavý panel KSP KIT (16)*



Obrázek 28 *Registr sálavého panelu typ 2+1 (16)*

B.7) Návrh zdroje tepla a chladu

Zdrojem tepla a chladu pro řešený objekt je tepelné čerpadlo Templari LP Plus 35 vzduch/voda v provedení monoblok s chladivem R290. Jednotka bude umístěna na ploché a pochozí střeše nad technickou místností. Pro tepelné čerpadlo je zvolen paralelně bivalentní provoz. Součástí tepelného čerpadla je interní oběhové čerpadlo, magnetický odlučovač nečistot, pojistný ventil, topný článek pro odvod kondenzátu a odvzdušňovací ventil.

Obrázek 29 Tepelné čerpadlo LP Plus 35 (17)

Manufacturer: Templari S.p.A.
Model: LP Plus 35
Unit type: Air-to-water
Refrigerant: R290
Equipped with a supplementary heater: no
Heat pump combination heater: no

Full load performance calculated according to UNI EN 14511-2

Heating mode									
Indoor heat exchanger outlet temperature [°C]		35		45		55		65	
Outdoor heat exchanger [°C] Inlet dry bulb temperature	Inlet wet bulb temperature	Declared capacity [kW]	COP [-]	Declared capacity [kW]	COP [-]	Declared capacity [kW]	COP [-]	Declared capacity [kW]	COP [-]
-25	-	15.65	2.08	15.25	1.72	14.81	1.45	14.20	1.22
-20	-	17.96	2.33	17.53	1.93	17.08	1.64	16.54	1.39
-15	-	20.56	2.61	20.11	2.17	19.61	1.85	19.01	1.58
-10	-11	23.46	2.95	22.94	2.44	22.36	2.07	21.67	1.77
-7	-8	25.60	3.19	24.76	2.62	24.12	2.22	23.36	1.90
2	1	30.65	4.28	29.73	3.47	28.76	2.92	27.68	2.48
7	6	35.00	4.92	33.79	3.94	33.62	3.30	31.31	2.79
12	11	39.55	5.72	38.14	4.52	36.75	3.73	35.17	3.13

Cooling mode				
Indoor heat exchanger outlet temperature [°C]	7		18	
Outdoor heat exchanger [°C] Air dry bulb temperature	Declared capacity [kW]	EER [-]	Declared capacity [kW]	EER [-]
35	27.83	3.22	38.08	4.30

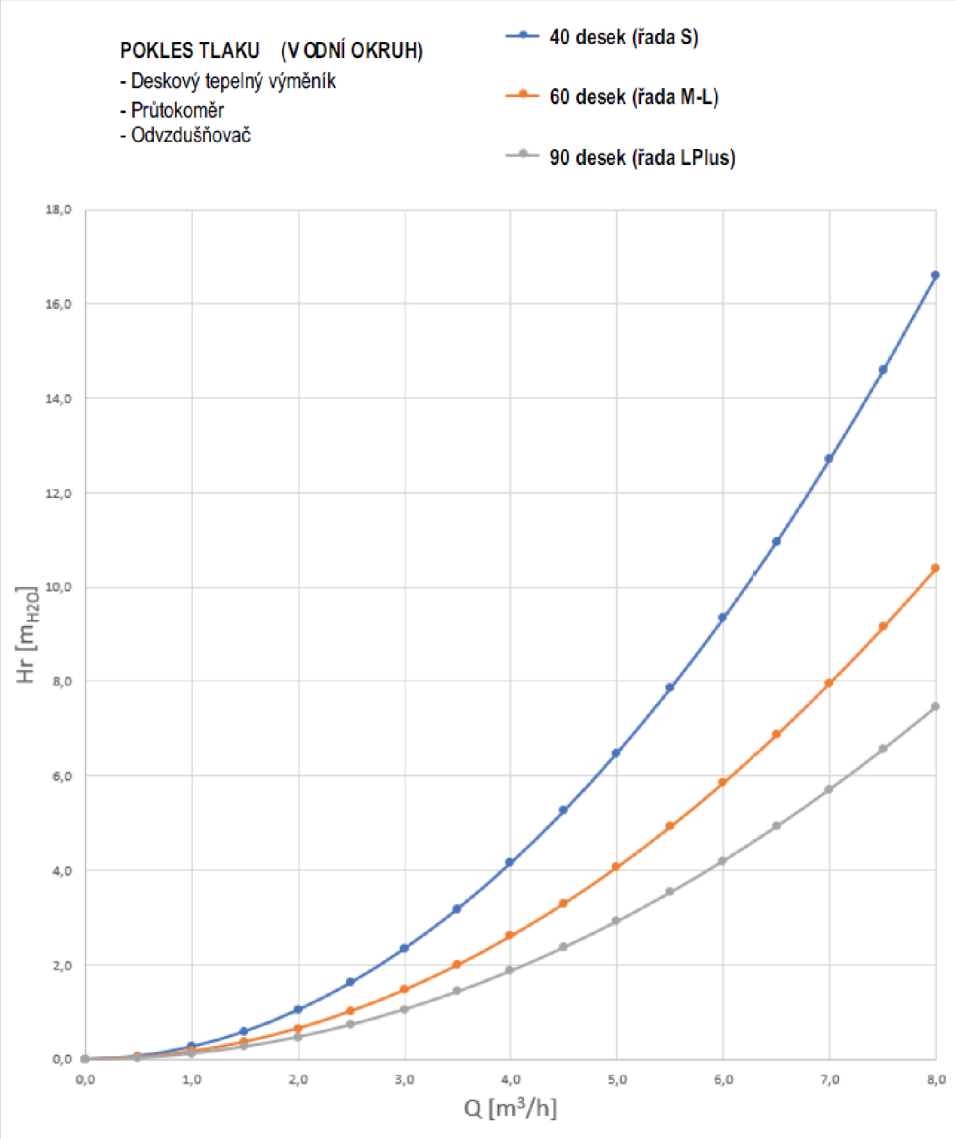
Tabulka 20 Výkon tepelného čerpadla LP Plus 35 v závislosti na okolním prostředí (18)

Řada	Model	Typ kompresoru	Topný výkon (*) A7/W35 (kW)	Elektrické napájení		Chladivo		
				230 V 50 Hz	400 V 50 Hz	Typ (GWP)	Počet (kg)	CO_{2eq} (tuny)
LP PLUS	LP PLUS 35	Šroubový	35		x	R290 (GWP = 3)	4	0,012

(*) Podle normy EN 14511 - Např. **A7/W35** (**A7** = vstup vzduchu 7 °C - **W35** = výstup vody 35 °C)

Řada	Model	Elektrické napájení	Spotřeba při A-20/W55	COP při A-20/W55	Elektrický vstupní proud A-20/W55 (kW)	INVERTOR (A)	Okruh jistič (A)	Diferenciální spínač (mA)	Průřez kabelů v mm^2 (do délky 5m)
LP PLUS	LP PLUS 35	400 V 3 ph	17,19	1,6	10,74	35	40 (3ph)	30	5x6 (3ph)

Tabulka 21 Technický list tepelného čerpadla LP Plus 35 (17)



Obrázek 30 Hydraulický odpor tepelného čerpadla (17)

B.7.1) Výpočet potřebného výkonu

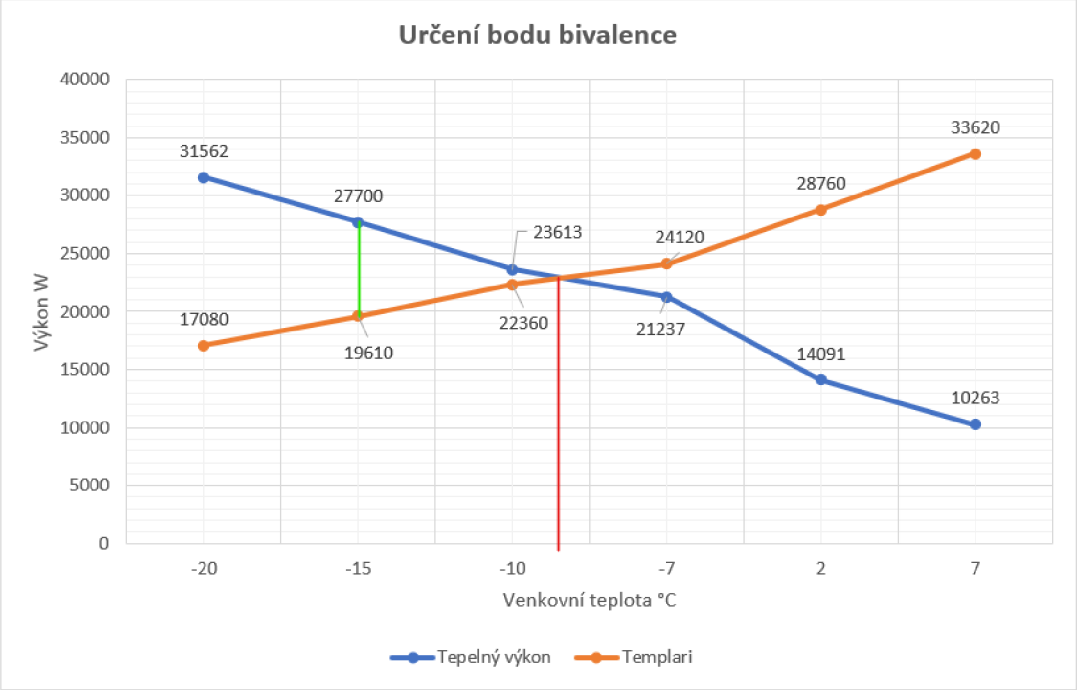
$Q = 0{,}95 \cdot \phi_{HL,i} + 1 \cdot \phi_{VZT} = 0{,}95 \cdot 22{,}7 + 1 \cdot 6{,}1 = \mathbf{27{,}7\ kW}$

$Q_{TV} = 26{,}8\ kW$

B.7.2) Uvažované parametry otopné soustavy

Lokalita:	Karviná
Venkovní výpočtová teplota:	-15 °C
Teplotní spád pro tepelné čerpadlo	55/50 °C
Teplotní spád pro otopnou soustavu	50/40 °C
Teplotní spád pro přípravu TV	60/55 °C

B.7.3) Bod bivalence pro tepelné čerpadlo



Obrázek 31 Grafické zobrazení bodu bivalence

Tepelné čerpadlo v provedení vzduch/voda je zařízení, které díky chladivu a jeho schopnosti měnit skupenství čerpá energii z okolního prostředí. Při poklesu venkovní teploty klesá i obsažené množství energie v okolním vzduchu a čerpadlo musí vynaložit více práce pro získání stejného množství tepla.

Bod bivalence nastává, kdy tepelné čerpadlo není schopné pokrýt potřebný tepelný výkon soustavy a je zapotřebí dodat zbývající výkon alternativním zdrojem.

Bivalentní bod je znázorněn graficky a nastává při venkovní teplotě -9 °C.

B.7.4) Bivalentní zdroj

$$Q_{bivalence} = Q_{tepelný\ výkon} - Q_{tč}$$
$$Q_{bivalence} = 27700 - 19610 = 8090\ W$$

Pro bivalentní zdroj navrhuji elektrický teplovodní kotel Bosch Tronic Heat 3500 o výkonu 15 kW se spínáním 3x3 + 3x2 kW. Kotel je vybaven vlastní expanzní nádobou s objemem 7 l, pojistným ventilem kalibrovaným na 300 kPa a oběhovým čerpadlem. Elektrokotel je složen z topných tyčí, které se v průběhu provozu střídají, aby bylo docíleno jejich rovnoměrného opotřebení.

	MJ	Velikost kotle (výkon)						
		4	6	9	12	15	18	24
Tepelný výkon	[kW]	3,96	5,94	8,91	11,88	14,85	17,82	23,76
Celkový maximální příkon	[kW]	4,1	6,1	9,1	12,1	15,1	18,1	24,1
Energetická třída	-	D	D	D	D	D	D	D
Řazení spirál topných tyčí	[ks x kW]	3x1,3	3x2	3x3	3x4	3x3+3x2	6x3	6x4
Počet výkonových stupňů	-	3	3	3	3	6	6	6
Počet silových relé	[ks]	3	3	3	3	6	6	6
Síťové napětí	[Vac]	3x400/230(-10/+6%)						
Jmenovitý proud (pro 3x400/230 Vac)	[A]	5,8	8,7	13,1	17,4	21,8	26,1	34,8
Požadovaný jistič před kotlem	[A]	10	10	16	20	25	32	40
Minimální průřezy přívodních kabelů[1)]	[mm^2]	5(4)x2,5	5(4)x2,5	5(4)x2,5	5(4)x4	5(4)x6	5(4)x6	5(4)x10
Síťové napětí	[Vac]	1x230 (-10/+6%)						
Jmenovitý proud (pro 1x230 Vac)	[A]	17,4	26,1	39,2	52,2	-	-	-
Požadovaný jistič před kotlem	[A]	20	32	50(40)	63	-	-	-
Minimální průřezy přívodních kabelů[1)]	[mm^2]	3x4	3x6	3x10	3x16	-	-	-
Typ vypínače v kotli	[A]	63	63	63	63	63	63	63
Elektrické krytí	[IP]	IP40	IP40	IP40	IP40	IP40	IP40	IP40
Objem vody	[l]	3,7	3,7	3,7	3,7	6,4	6,4	6,4
Svorky pro ON/OFF termostat	-	24Vdc	24Vdc	24Vdc	24Vdc	24Vdc	24Vdc	24Vdc
Maximálně přípustný provozní tlak	[bar]	3	3	3	3	3	3	3
Minimální průtok	[l/h]	56	86	130	172	86	130	172
Minimální provozní tlak	[bar]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Maximální teplota otopné vody	[°C]	85	85	85	85	85	85	85
Tlaková expanzní nádrž[2)]	[l]	7	7	7	7	7	7	7
Pojistný ventil 1/2"	[bar]	3	3	3	3	3	3	3
Přípojka výstupu z kotle (vnější závit)	palce	G3/4	G3/4	G3/4	G3/4	G3/4	G3/4	G3/4
Přípojka zpátečky (vnější závit)	palce	G3/4	G3/4	G3/4	G3/4	G3/4	G3/4	G3/4
Hmotnost kotle bez vody	[kg]	17	17	17	17	22	22	22
Šířka x výška x hloubka x váha pro Tronic Heat 3000	[mm, kg]	330x712x193x17,8				416x712x193x21,5		
Šířka x výška x hloubka x váha pro Tronic Heat 3500	[mm, kg]	330x712x273x24,4				416x712x300x28		

Tabulka 22 Technický list Bosch Tronic Heat 3500 (19)

B.8) Akumulační nádrž

Doporučený objem akumulační nádrže je výrobcem stanoven na 800 l. Nádrž v soustavě bude rovněž plnit funkci hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků. V letních měsících bude akumulační nádrž sloužit pro uchování chladu pro chlazení fancoilovými jednotkami. Zvolení flísové systémové izolace je z důvodu skladování chladné vody v letních měsících nepřípustné. Nádrž bude opatřena izolací s uzavřenou strukturou buněk.

Objem akumulační nádrže	800 l
Výstup z nádrže do soustavy	50 °C
Vstup do nádrže ze zdrojů tepla:	55 °C

Výkon tepelného čerpadla při -15 °C	19,61 kW
Max. výkon elektrokotle	15 kW
Tepelný výkon při -15 °C	27,7 kW

B.8.1) Pokrytí tepelného výkonu akumulační nádrží

Stanovení doby pro vybití akumulační nádrže při ohřevu teplé vody

$$t = \frac{V \cdot (t_1 - t_{w1}) \cdot 4186}{3600 \cdot \mathrm{Q}} = \frac{0{,}8 \cdot (55 - 50) \cdot 4186}{3600 \cdot (27{,}7 - 11)} = 0{,}28h$$

Akumulační nádrž pokryje tepelný výkon pro vytápění a vzduchotechniku po dobu 15 minut. Do akumulační nádrže je dodáván výkon elektrokotle 11 kW.

Stanovení doby pro nabití akumulační nádrže po ohřevu teplé vody

$$t = \frac{V \cdot (t_1 - t_{w1}) \cdot 4186}{3600 \cdot \mathrm{Q}} = \frac{0{,}8 \cdot (55 - 50) \cdot 4186}{3600 \cdot (30{,}61 - 27{,}7)} = 1{,}6h$$

Akumulační nádrž se nabije za 96 minut při dodávce tepla z tepelného čerpadla a elektrokotle při kombinaci spínání 3x3 + 1x2 kW. Nejbližší časový interval pro přípravu teplé vody je 100 minut.

Akumulační nádrž je schopna pokrýt plný tepelný výkon při výpočtové venkovní teplotě. Alternativou provozu akumulační nádrže je dodávat tepelný výkon pouze ohřívačům vzduchotechniky, při nedodání tepla ohřívačům hrozí jejich zamrznutí a znehodnocení. Jednotlivé zdroje lze výkonnostně regulovat pro dosažení optimálních provozních a energetických podmínek.

Základní charakteristika	
Použití	Ocelová svařovaná nádrž určená k akumulaci a následné distribuci tepelné energie z kotlů na pevná paliva, tepelných čerpadel a dalších zdrojů tepla
Pracovní kapalina	voda, směs voda-glykol (max. 1:1), směs voda-glycerín (max. 2:1) a teplonosný olej
Objednací kód nádrže	15141
Objednací kód izolace	19297

Energetické parametry (dle Nařízení Komise (EU) č. 812/2013)	
	platné pro nádrž s izolací
Třída energetické účinnosti	neudává se
Statická ztráta	120 W
Užitný objem	804 l

Technické údaje	
Celkový objem nádrže	804 l
Max. pracovní teplota v nádrži	95 °C
Max. tlak v nádrži	4 bar
Průměr nádrže	800 mm
Průměr nádrže s izolací	1000 mm
Celková výška nádrže	1845 mm
Klopná výška bez izolace	1890 mm
Tloušťka izolace pláště nádrže	100 mm
Tloušťka izolace dna nádrže	50 mm
Tloušťka izolace víka nádrže	100 mm
Hmotnost prázdné nádrže bez izolace	99 kg

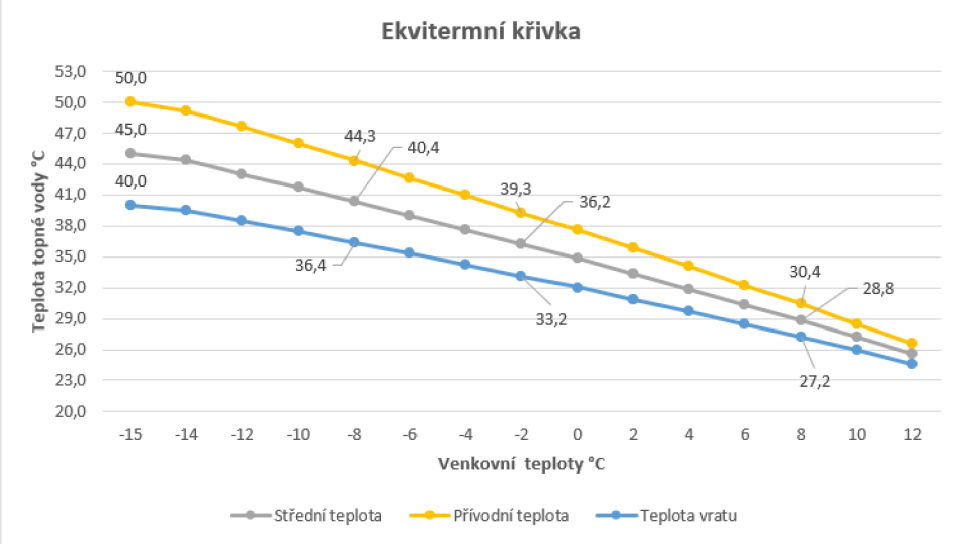
Materiály	
Materiál nádrže	S235JR
Materiál izolace pláště nádrže	flís
Vnější povrch izolace pláště nádrže	tvrdý polystyren
Izolace dna a vrchní části nádrže	flís

Příslušenství	
Elektrické topné těleso	ETT-A, C, D, F, P, M
Max. délka topného tělesa	815 mm

Tabulka 23 Technický list akumulační nádrže PS800N+ (20)

B.8.2) Ekvitermní regulace

Výstupní teplota z akumulační nádrže bude řízena ekvitermně. Ekvitermní regulace teploty spočívá v nastavení teploty topné vody na základě venkovní teploty.
Při vyšší venkovní teplotě je do systému dodávána otopná voda s nižší teplotou pro snížení výkonu otopných ploch a docílení rovnováhy mezi tepelným výkonem a tepelnými ztrátami. Ekvitermní regulace slouží k optimalizaci využití energie a udržuje požadované komfortní podmínky.



Obrázek 32 Ekvitermní křivka

B.9) Návrh přípravy teplé vody

Návrh přípravy teplé vody je proveden dle normy ČSN 06 0320. V objektu je uvažována přednostní příprava teplé vody. Je uvažováno s 10 zaměstnanci v administrativní části a 4 zaměstnanci ve skladovací hale. Výstupní teplota teplé vody je stanovena na 55 °C, vstupní studená voda je uvažována o teplotě 10 °C.

B.9.1) Výpočet potřeby teplé vody

Výpočet potřeby teplé vody - Administrativa					
Činnost	počet osob	Plocha m^2	Spotřeba m^3/os	Spotřeba m^3/100m^2	Celková potřeba vody m^3
umyvadla-mytí	10		0,02		0,2
úklid		92		0,02	0,0184
					0,218
Výpočet potřeby teplé vody - Hala					
umyvadla-mytí	4		0,02		0,08
sprchy-mytí	4		0,04		0,16
					0,24

Tabulka 24 Stanovení potřeby vody

B.9.2) Výpočet potřeby tepla

Odebrané teplo

$$Q_{2t} = 1{,}163 \cdot \mathrm{V} \cdot (t_2 - t_1) = 1{,}163 \cdot 0{,}458 \cdot (55 - 10) = 24\ kW$$

Kde: V celková potřeba teplé vody za den [m^3]
t_2 teplota teplé vody [°C]
t_1 teplota studené vody [°C]

Ztracené teplo cirkulací

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot \mathrm{z} = 24 \cdot 0{,}3 = 7{,}2\ \mathrm{kW}$$

Kde: z ztráta tepla distribucí a cirkulací

Teplo celkem

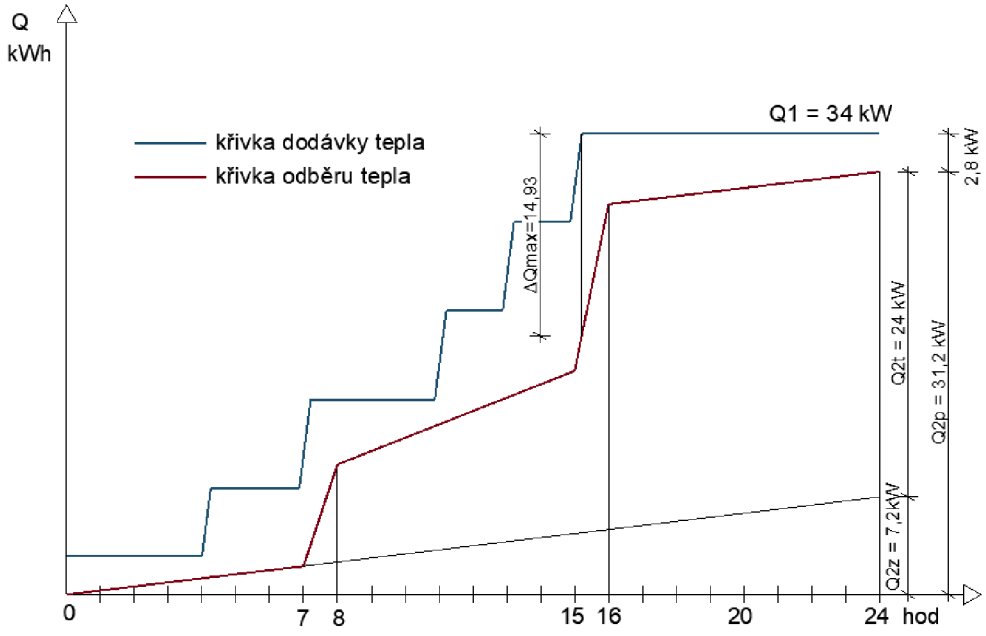
$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 24 + 7{,}2 = \mathbf{31{,}2\ kW}$$

B.9.3) Rozdělení vytížení odběru teplé vody

Rozdělení odběru teplé vody dle časového vytížení			
Čas	Vytížení	Odebrané teplo	Vč. cirkulace
[hod]	[%]	[kW]	[kW]
0:00-7:00	0	0	2,1
7:00-8:00	30	7,2	7,5
8:00-15:00	20	4,8	6,9
15:00-16:00	50	12,0	12,3
16:00-0:00	0	0,0	2,4
∑	**100**	**24,0**	**31,2**

Tabulka 25 Časový rozbor odběru teplé vody

B.9.4) Křivka odběru a dodávky teplé vody



Obrázek 33 Křivka odběru teplé vody

B.9.5) Návrh zásobníku teplé vody

Objem zásobníku

$$V_z = \frac{\Delta Qmax}{c \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{14{,}93}{1{,}163 \cdot (55 - 10)} = 0{,}285\ m^3$$

Kde: $\Delta Qmax$ největší možný rozdíl tepla [kW]
c měrná tepelná kapacita vody [kWh · m^{-3} · K^{-1}]
t_2 teplota teplé vody [°C]
t_1 teplota studené vody [°C]

Volím stacionární nepřímotopný zásobník HRS 300 o objemu 300 l s výhřevnou plochou výměníku 3,5 m^2. Zásobník je vhodný pro nízkoteplotní zdroje tepla.

Tepelný výkon pro ohřev vody

$$\phi_{1,n} = \frac{Q_1}{\mathrm{t}} = \frac{34}{1{,}67} = 20{,}4\ kW$$

Kde: Q_1 teplo dodané ohřívačem do TV v závislosti na čase [kW]
t celkový čas dodávky tepla do zásobníku [h]

Potřebná teplosměnná plocha pro předání tepla

$$A = \frac{\phi_{1,n} \cdot 10^3}{\mathrm{U} \cdot \Delta\mathrm{t}} = \frac{20{,}4 \cdot 10^3}{420 \cdot 18{,}2} = 2{,}67\ m^2$$

Kde: $\phi_{1,n}$ jmenovitý tepelný výkon [kW]
U součinitel prostupu tepla [m^{-2}·K^{-1}·W]

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} = \frac{(60 - 55) - (55 - 10)}{\ln \frac{(60 - 55)}{(55 - 10)}} = 18{,}2\ K$$

Kde: T_1 teplota otopné vody – přívod [°C]
T_2 teplota otopné vody – vrat [°C]
t_1 teplota studené vody [°C]
t_2 teplota teplé vody [°C]

Skutečný výkon ohřívače

$$\phi_{1,skut} = \frac{A_s \cdot U \cdot \Delta t}{1000} = \frac{3{,}5 \cdot 420 \cdot 18{,}2}{1000} = 26{,}8\ kW$$

Kde: A_s skutečná teplosměnná plocha [m^2]

Celková doba ohřevu

$$t_{celkem} = \frac{Q_1}{\phi_{1,skut}} = \frac{34}{26{,}8} = 0{,}7\ h$$

Ověření doby ohřevu

$$t_{1\ cyklus} = \frac{t_{celkem}}{n} = \frac{0{,}7}{5} = 0{,}14\ h < 0{,}28\ h$$

Akumulační nádrž zajistí dodávku tepla do soustavy po dobu 15 minut během přípravy teplé vody tepelným čerpadlem. Dodávka tepla do zásobníku teplé vody proběhne 5x v časovém intervalu 9 min.

Průtok při teplotním spádu 60/55

$$M = \frac{\phi_{1,skut}}{\frac{4186}{3600} \cdot \Delta t} = \frac{26{,}8}{\frac{4186}{3600} \cdot 5} = 4{,}61\ m^3/h$$

Doporučený průtok tepelného čerpadla LP 35 Plus je 4,62 m^3/h.
Doporučený průtok pro tepelné čerpadlo je splněn.

Příruba průměr 180 mm pro instalaci topné jednotky	Ano
Teploměr	Ano
Hořčíková tyčová anoda	Ano
2x Vertikální lišta pro čidlo	Ano
Smalt v souladu s DIN 4753	Ano
Vstup pro cirkulaci	Ano
PU izolace včetně vnějšího pláště	Ano
Stacionární provedení	Ano
Vhodné pro	tepelné čerpadlo
Použití	Zásobníkový ohřev teplé vody
Počet výměníků	1
Zdroj tepla	tepelné čerpadlo
Plocha výměníku	XXL
Záruka na vnitřní nádobu	7let
Provozní tlak zásobníku	10 bar
Provozní tlak výměníku	10 bar
NL číslo dle DIN 4708	14,1
Výška	1435 mm
Hmotnost	163 kg
Objem	300 l
Průměr včetně izolace	680 mm
Příruba	180 mm
Instalační hloubka příruby	450 mm
6/4 nátrubek pro připojení topné jednotky SH	Ano
Instalační hloubka pro topnou jednotku SH	590 mm
Přestupní plocha výměníku	3.5 m2

Tabulka 26 *Technický list ohřívače HRS 300 (21)*

Obrázek 34 *Obrázek 34 Nepřímotopný ohřívač teplé vody HRS 300 (21)*

B.10) Návrh fancoilu

Chlazení kanceláří v administrativní budově bude zajištěno fancoilovými podstropními jednotkami Cassette-Geko ve dvoutrubkovém provedení. Chladící voda bude dodávaná tepelným čerpadlem. V objektu bude umístěno 5 kazetových jednotek. Fancoily jsou vybaveny čerpadlem kondenzátu.

Obrázek 35 Kazetová jednotka Cassette-Geko (22)

B.10.1) Výpočet výkonu fancoilu

Chladící voda 8/14								
Číslo místnosti	Účel	t_i	Tepelná zátěž [W]	Jednotka	Počet jednotek	Výkon fancoilu dle otáček [W]		
						min	2	3
102	Zasedací místnost	26	1866	Cassette-Geko	1	1444	1824	2508
113	Open Office		5054		3	4332	5472	7524
114	Kancelář majitele		1401		1	1444	1824	2508

Tabulka 27 Výpočet výkonu FC jednotek

Velikost	Typ elektromotoru	Stupeň otáček	Množství vzduchu	Výkonová řada 1				Akustický výkon	Akustický tlak *
				Chladicí výkon	Tlaková ztráta	Topný výkon	Tlaková ztráta		
				Q_K	Δp_K	Q_H	Δp_H		
			m^3/h	kW	kPa	kW	kPa	dB(A)	dB(A)
S	AC	1	330	2,4	3,4	-	-	35	26
		2	480	3,3	5,9	-	-	43	34
		3	660	4,2	9,4	-	-	52	43
	EC	min	250	1,9	2,1	-	-	28	19
		2	330	2,4	3,4	-	-	35	26
		3	480	3,3	5,9	-	-	44	35
		4	660	4,2	9,4	-	-	52	43
		max	850	5,0	12,8	-	-	58	49

Tabulka 28 Technický list FC jednotky (23)

Přepočet výkonu

$$Q_{FC,new} = Q_{FC,old} \cdot f_k \cdot n = 2400 \cdot 0{,}76 \cdot 3 = 5472\ W$$

Kde: $Q_{FC,new}$ nový chladící výkon [W]
f_k korekční faktor pro chladící výkon stanovený výrobcem [-]
n počet jednotek

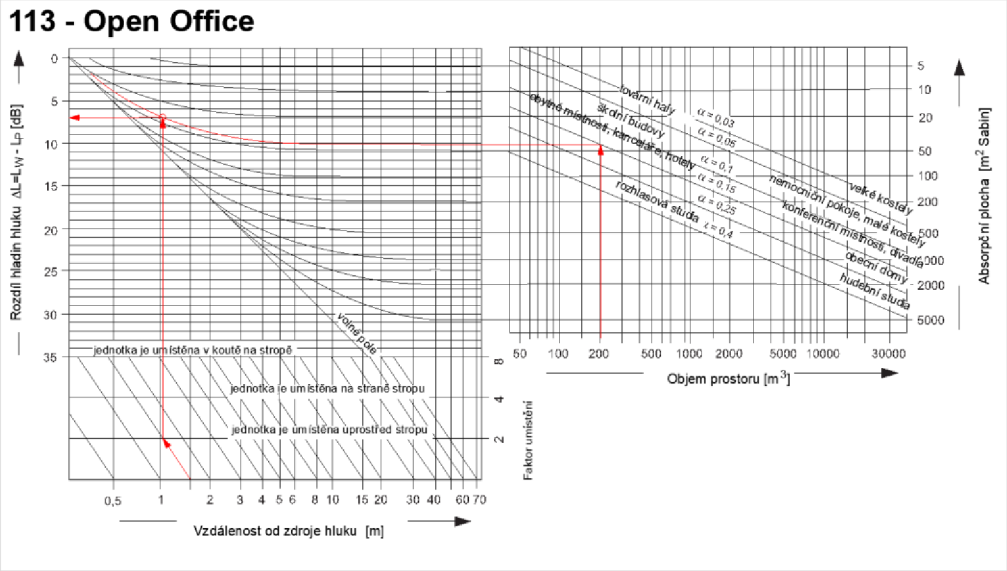
B.10.2) Posouzení hluku

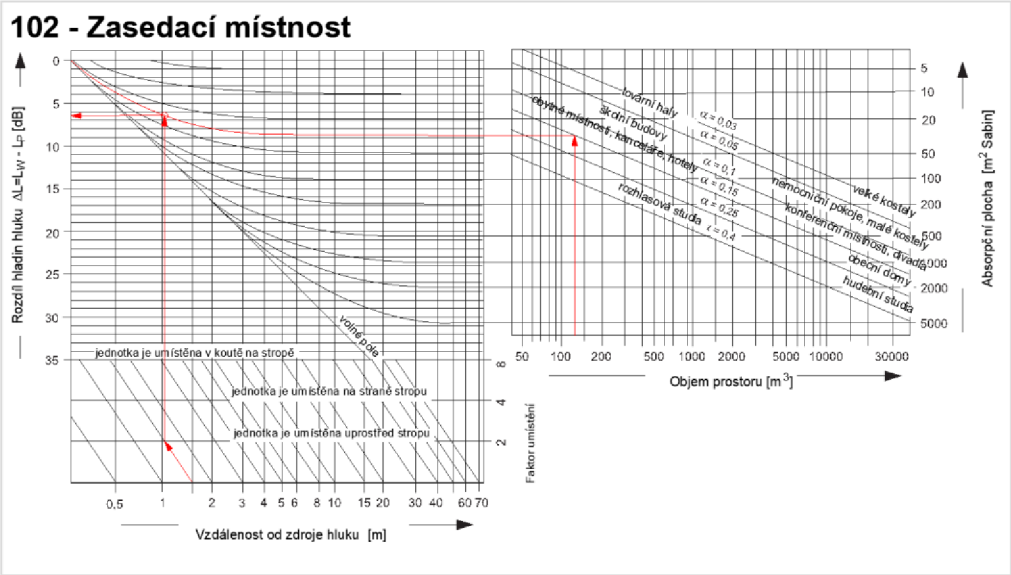
Základní maximální hladina akustického tlaku dle vyhlášky č. 272/2011 Sb. činí 40 dB. K základní hladině akustického tlaku je možno připočíst korekci vzhledem k druhu chráněného vnitřního prostoru.

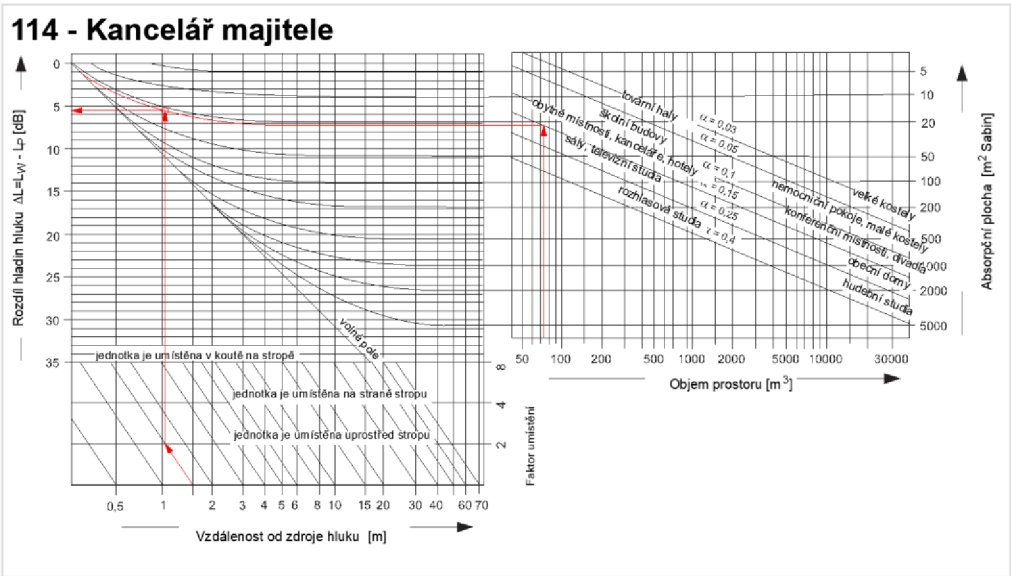
Posouzení místnosti 113

$$Lp = L_W - \Delta L = 35 - 7 = 28\ dB$$
$$Lp_{celk} = Lp + 4{,}5\ dB = 28 + 4{,}5 = 32{,}5\ dB < 40\ dB$$

Kde: Lp hladina akustického tlaku pro jednu jednotku [dB]
L_W nekorigovaná hladina akustického tlaku udávána výrobcem [dB]
ΔL rozdíl hladin hluku [dB]







Tabulka 29 *Rozdíly hladin akustického tlaku FC jednotek (23)*

Obrázek 36 *Zvýšení akustické hladiny dle počtu jednotek (23)*

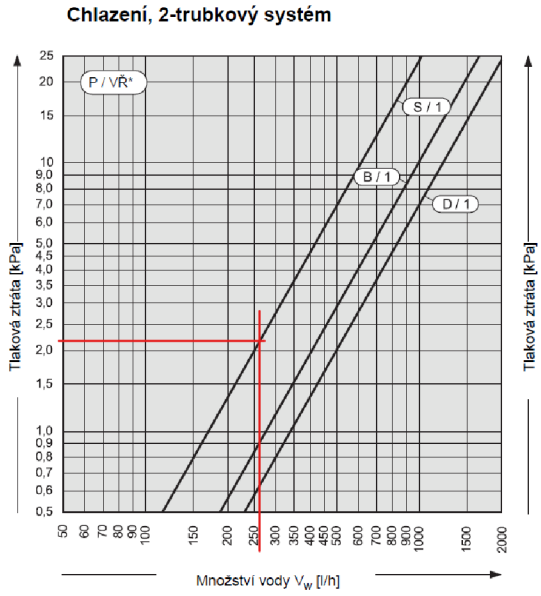
Číslo místnosti	Účel	Jednotka	Počet jednotek	Otáčky	L_W [dB]	ΔL [dB]	L_P [dB]	Přirážka [dB]	L_{Pcelk} [dB]
102	Zasedací místnost	GCSEC.UWO.SE5	1	2	35	6,5	28,5	0	28,5
113	Open Office	GCSEC.UWO.SE5	3	2	35	7	28	4,5	32,5
114	Kancelář majitele	GCSEC.UWO.SE5	1	min	30	5,5	24,5	0	24,5

Tabulka 30 Posouzení fancoilu na hluk

Všechny jednotky na hladinu akustického tlaku **vyhovují**.

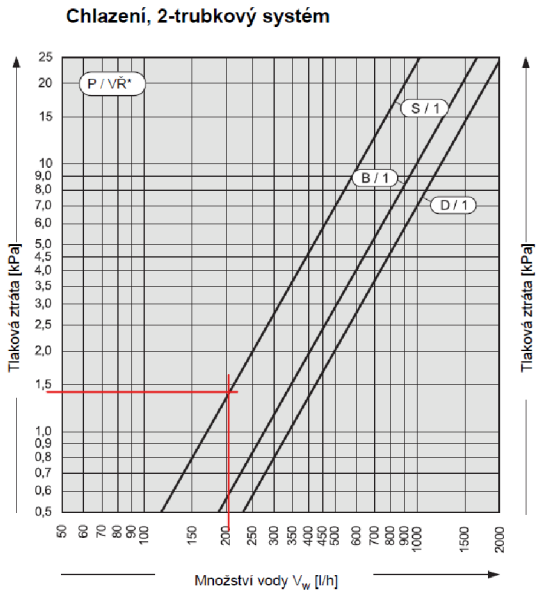
B.10.3) Tlaková ztráta výměníku

Pro místnost 102 a 113



Obrázek 37 Tlaková ztráta výměníku pro 1824 W (23)

Pro místnost 114



Obrázek 38 Tlaková ztráta výměníku pro 1444 W (23)

B.11) Dimenzování a hydraulické posouzení soustavy

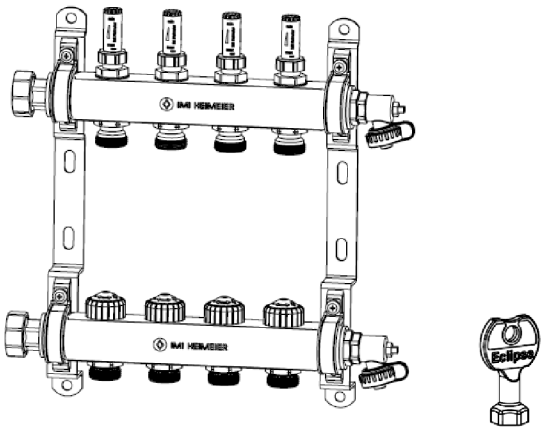
Veškeré rozvody v soustavě jsou navrženy jako měděné. V projektu je soustava rozdělena na 4 hlavní větve. Navržené armatury pro vyvážení a regulaci jsou určené pro soustavy vytápění a chlazení.

Větev 1 – Teplovodní sálavé pásy, Δt = 50/46,4 °C, 16,81 kW, 4036 kg/h
Větev 2 – Vzduchotechnika, Δt = 50/40 °C, 6,1 kW, 525 kg/h
Větev 3 – Podlahové vytápění, Δt = 35/24 °C, 9,3 kW, 763 kg/h
Větev 4 – Chlazení fancoily, Δt = 8/14 °C, 8,75 kW, 1250 kg/h

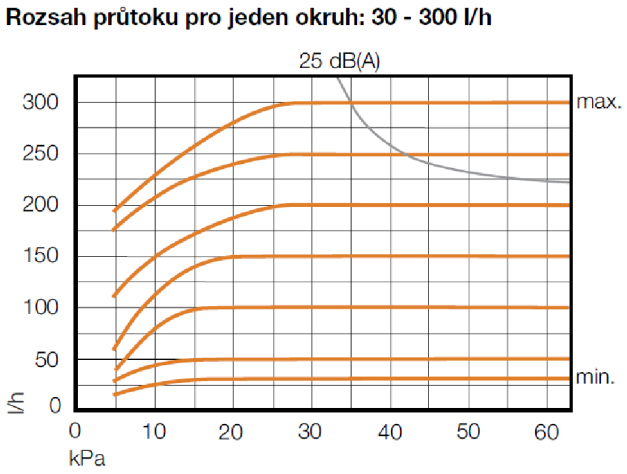
B.11.1) Regulace a seřízení podlahového vytápění

Podlahové vytápění je navrženo mokrým způsobem do systémové desky GABOTHERM 30-2 s kročejovou tepelnou izolací. Systém používá třívrstvé polybutenové trubky 15x1,5 mm s kyslíkovou bariérou pro zabránění difúze kyslíku. Podlahové smyčky jsou kladeny do spirály. Celkově je navrženo 12 podlahových smyček. Potrubí se zasune do chráničky před rozdělovačem a sběračem a při prostupech stavebními konstrukcemi. Přípojné potrubí vedoucí k podlahovým smyčkám se neizoluje, přičemž jejich sálavý výkon je započítán do místností, kterými prochází.

V objektu jsou dva rozdělovače a sběrače Dynacon Eclipse s automatickou regulací průtoku, umístěné v podomítkové skříni. Každý rozdělovač je vybaven průtokoměrem, regulační vložkou Eclipse, odvzdušněním a připojením na napouštění, vypouštění a proplach. Regulace se provádí seřízením ventilu na sběrači pomocí nastavovacího klíče nebo stranovým klíčem 11 mm. Průtok v jednotlivých smyčkách lze nastavit v rozmezí 30 až 300 l/h. Rozdělovače budou osazeny připojovací sadou s kulovými kohouty Globo.



Obrázek 39 *Rozdělovač a sběrač Dynacon Eclipse (24)*

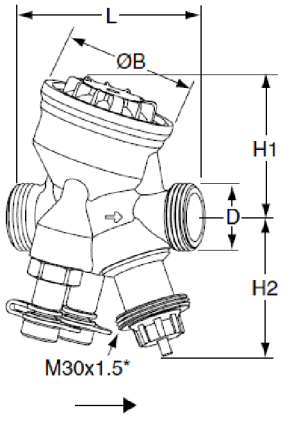


Nastavení	I	4	I	I	10	I	I	I	I	20	I	I	I	I	30
l/h	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300

Obrázek 40 Tlaková diference a seřízení regulační vložky (24)

B.11.2) Regulace a seřízení teplovodních sálavých pásů

Ve skladovací hale jsou navrženy teplovodní sálavé pásy. Pro zajištění optimálního výkonu je na přívodu před každým pásem instalován tlakově nezávislý a vyvažovací ventil Ta-Compact-P, který umožňuje nastavení projektovaného průtoku, pokročilé měření a diagnostiku. Nastavení ventilu je zaznačeno ve výkresové části. Charakteristika ventilu je lineární, vhodná pro řízení spotřebičů typem On/Off.



Tlakové diference (ΔpV):
Max. tlaková diference (ΔpV_{max}):
400 kPa = 4 bar
Min. tlaková diference (ΔpV_{min}):
DN 10-20: 15 kPa = 0,15 bar
DN 25-32: 23 kPa = 0,23 bar
(Stanoveno pro hodnotu nastavení 10. Ostatní pozice nastavení vyžadují menší hodnoty tlakové diference, kontrolu lze provést pomocí programu HySelect).

Rozsah průtoků:
Průtok (q_{max}) lze nastavit v rozmezí:
DN 10: 21,5 - 120 l/h
DN 15 LF: 44 - 245 l/h
DN 15: 88 - 470 l/h
DN 20: 210 - 1150 l/h
DN 25: 370 - 2150 l/h
DN 32: 800 - 3700 l/h
q_{max} = l/h pro každé nastavení při zcela otevřené regulační kuželce.
LF = snížený průtok

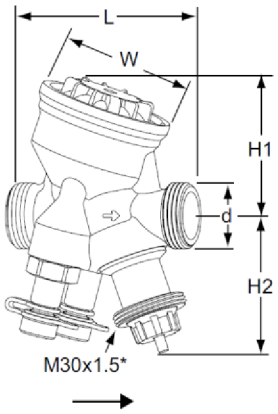
Obrázek 41 Tlakově nezávislý a vyvažovací ventil Ta-Compact-P (25)

	Nastavení									
	1	2	3 *	4	5	6	7	8	9	10
DN 10	21,5	39,5	54,0	68,5	80,0	91,0	99,0	107	113	120
DN 15 LF	44,0	71,0	97,0	123	148	170	190	210	227	245
DN 15	88,0	150	200	248	295	340	380	420	450	470
DN 20	210	335	460	575	680	780	890	990	1080	1150
DN 25	370	610	830	1050	1270	1490	1720	1870	2050	2150
DN 32	800	1220	1620	2060	2450	2790	3080	3350	3550	3700

Tabulka 31 Seřízení Ta-Compact-P

B.11.3) Regulace a seřízení fancoilů

V administrativní budově jsou navrženy fancoily pro odvod tepelné zátěže. Pro zajištění optimálního výkonu je na přívodu před každým fancoilem instalován tlakově nezávislý a vyvažovací ventil pro plynou regulaci Ta-Modulator, který umožňuje nastavení projektovaného průtoku, pokročilé měření a diagnostiku. Nastavení ventilu je zaznačeno ve výkresové části. Charakteristika ventilu je EQM, vhodná pro přesnou regulaci průtoku a teploty.



Tlakové diference (ΔpV):
Max. tlaková diference (ΔpV_{max}):
DN 10-32: 600 kPa = 6 bar
DN 10-25: 400 kPa = 4 bar*
DN 40-50: 600 kPa = 6 bar
DN 65-200: 800 kPa = 8 bar
Min. tlaková diference (ΔpV_{min}):
DN 10-20: 15 kPa = 0,15 bar
DN 25-32: 23 kPa = 0,23 bar
DN 40-200: 30 kPa = 0,30 bar
DN 65-80 HF: 45 kPa = 0,45 bar
DN 100-125 HF: 55 kPa = 0,55 bar
DN 150-200 HF: 60 kPa = 0,60 bar
(Stanoveno pro hodnotu maximálního nastavení, ventil plně otevřen. Ostatní nastavení vyžadují menší hodnoty tlakové diference, kontrolu lze provést pomocí programu HySelect).

Rozsah průtoků:
Průtok (q_{max}) lze nastavit v rozmezí:
DN 10: 17 - 120 l/h
DN 15 LF: 38 - 230 l/h
DN 15: 92 - 480 l/h
DN 20: 200 - 975 l/h
DN 25: 340 - 1750 l/h
DN 32: 720 - 3600 l/h

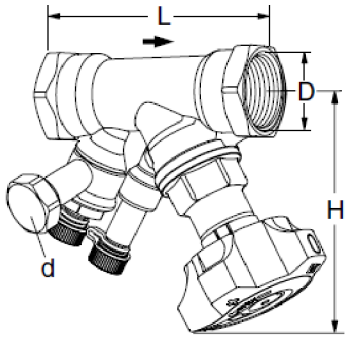
Obrázek 42 Tlakově nezávislý a vyvažovací ventil Ta-Modulator (26)

DN	Nastavení									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	17	27	39	51	62	76	89	101	111	120
15 LF	38	53	68	85	104	125	146	168	197	230
15	92	114	140	170	210	265	325	390	445	480
20	200	260	360	460	565	670	770	850	920	975
25	340	440	600	810	1010	1200	1350	1520	1640	1750
32	720	960	1350	1750	2150	2530	2850	3130	3380	3600

Tabulka 32 Seřízení Ta-Modulator (26)

B.11.4) Regulace a seřízení paty větví

Pro vyvážení a diagnostiku jsou navrženy vyvažovací ventily STAD. Ventil umožňuje měření průtoku, teploty a tlaku v jednotlivých větví. Ventil rovněž slouží jako uzavírací armatura. V projektu je použita varianta s vypouštěním se závitem G3/4.



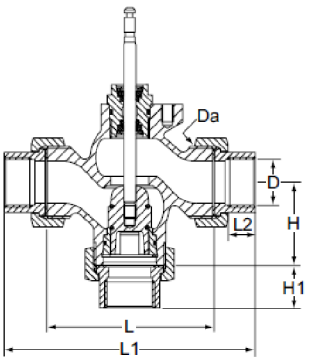
Obrázek 43 Vyvažovací ventil STAD (27)

Kv hodnoty

Otáčky	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.136	0.533	0.599	1.19	1.89	2.62
1	0.091	0.226	0.781	1.03	2.09	3.40	4.10
1.5	0.134	0.347	1.22	2.13	3.36	4.74	6.76
2	0.264	0.618	1.95	3.64	5.22	6.25	11.4
2.5	0.461	0.931	2.71	5.26	7.77	9.16	15.8
3	0.799	1.46	3.71	6.65	9.82	12.8	21.5
3.5	1.22	2.07	4.51	7.79	11.9	16.2	27.0
4	1.36	2.56	5.39	8.59	14.2	19.3	32.3

Tabulka 33 KV hodnoty STAD (27)

Pro regulaci jednotlivých větví jsou navrženy třícestné směšovací ventily CV316 RGA.



DN	D	Da	L	L1	L2	H	H1	Kvs
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	0,63
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	1,25
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	1,6
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	2,5
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	4
20	Rp3/4	G1 1/4	75	127	15	41	67	5
20	Rp3/4	G1 1/4	75	127	15	41	67	6,3
25	Rp1	G1 1/2	80	138	17	45	74	8
25	Rp1	G1 1/2	80	138	17	45	74	10
32	Rp1 1/4	G2	120	184	19	55	89	12,5
32	Rp1 1/4	G2	120	184	19	55	89	16
40	Rp1 1/2	G2 1/4	130	198	19	60	94	20
40	Rp1 1/2	G2 1/4	130	198	19	60	94	25
50	Rp2	G2 3/4	150	222	24	65	101	31,5
50	Rp2	G2 3/4	150	222	24	65	101	40

Obrázek 44 Třícestný směšovací ventil CV316 RGA (28)

B.11.5) Dimenzování podlahového vytápění

Návrh podlahových smyček byl proveden programem Podlahy společnosti PROTECH dle 1264-1 až 4.

Legenda veličin

tpz	vypočítaná teplota povrchu podlahy v zóně
Δps	tlaková ztráta smyčky, přívodů a plně otevřených regulačních prvků
Ts	střední teplota
Δtrs	teplotní spád rozdělovače
Tr	teplota rozdělovače
Ap	podlahová plocha
As	plocha smyčky
Qpr	výkon přívodů
QAs	výkon smyčky
Qmc	tepelná ztráta místnosti
Qmi	součet instalovaného výkonu přívodu a smyčky
Qd	tepelný tok dolů
Np	nastavení regulačního prvku

1 Vytápění - Energetická bilance místností

Č.M.	Popis	Ap m^2	At m^2	t_i °C	Q_{Mc} W	Q_{Mu} W	Q_{Mi} W	ΔQ W	Q_{Mi} %	Qd W	Zdroj	Specifikace	R mm	L m	A m^2	Výkon W
Provozní skupina: 1a - ÚSEK 1																
101	Sklad kancelářských	19,5	19,5	20	561	561	561	0	100	116	101-01s/f1	Smyčka PZ	225	86,8	19,5	561,0
102	Zasedací místnost	42,6	42,6	20	1 045	1 045	1 048	3	100	245	102-01s/f1	Smyčka PZ	300	62,7	18,8	457,0
											102-02s/f1	Smyčka PZ	300	54,9	16,5	408,4
											Přívodní úsek	pro 102-01s/f1	150	0,8	0,1	6,6
											Zpětný úsek	pro 102-01s/f1		0,8	0,1	1,6
											Přívodní úsek	pro 102-01s/f1	300	4,0	1,2	47,0
											Zpětný úsek	pro 102-01s/f1		4,0	1,2	11,3
											Přívodní úsek	pro 101-01s/f1	150	0,2	0,0	1,7
											Zpětný úsek	pro 101-01s/f1		0,2	0,0	0,4
											Přívodní úsek	pro 101-01s/f1	300	7,8	2,3	91,7
											Zpětný úsek	pro 101-01s/f1		7,8	2,3	22,0
103	Recepce	25,9	25,9	20	472	553	676	123	122	150	103-01s/f1	Smyčka PZ	300	62,7	18,8	466,4
											Přívodní úsek	pro 102-02s/f1	150	5,3	0,8	43,8
											Zpětný úsek	pro 102-02s/f1		5,3	0,8	11,7
											Přívodní úsek	pro 104-01s/f1	300	3,8	1,1	44,7
											Zpětný úsek	pro 104-01s/f1		3,8	1,1	1,0
											Přívodní úsek	pro 102-01s/f1	150	5,3	0,8	43,8
											Zpětný úsek	pro 102-01s/f1		5,3	0,8	10,6
											Přívodní úsek	pro 101-01s/f1	150	5,3	0,8	43,8
											Zpětný úsek	pro 101-01s/f1		5,3	0,8	10,5
104	Vstup do budovy	20,3	20,3	15	1 111	1 111	1 111	0	100	113	104-01s/f1	Smyčka PZ	225	90,1	20,3	1 111,0
105	WC	3,9	0,0	20	45	0	0	0	100	0						
106	Technická místnost	3,2	0,0	20	36	0	0	0	100	0						
107	Předsíň WC	3,8	1,5	20	43	0	87	87	301	11	Přívodní úsek	pro 102-02s/f1	75	1,8	0,1	13,8
											Zpětný úsek	pro 102-02s/f1		1,8	0,1	3,7
											Přívodní úsek	pro 103-01s/f1	75	1,8	0,1	13,8

Č.M.	Popis	Ap m^2	At m^2	t_i °C	Q_{Mc} W	Q_{Mu} W	Q_{Ml} W	ΔQ W	Q_{Ml} %	Qd W	Zdroj	Specifikace	R mm	L m	A m^2	Výkon W
											Zpětný úsek	pro 103-01s/f1		1,8	0,1	3,7
											Přívodní úsek	pro 104-01s/f1	75	1,8	0,1	13,8
											Zpětný úsek	pro 104-01s/f1		1,8	0,1	0,3
											Přívodní úsek	pro 102-01s/f1	75	1,8	0,1	13,8
											Zpětný úsek	pro 102-01s/f1		1,8	0,1	3,3
											Přívodní úsek	pro 101-01s/f1	75	1,8	0,1	13,8
											Zpětný úsek	pro 101-01s/f1		1,8	0,1	3,3
											Zpětný úsek	pro 102-02s/f1	75	1,8	0,1	3,6
108	WC	4,5	0,0	20	51	0	0	0	100	0						
109	Kuchyňka	3,1	0,0	20	35	0	0	0	100	0						
110	Technická místnost	5,4	0,0	20	62	0	0	0	100	0						
112	WC + Sprcha	7,8	6,5	24	401	401	377	-24	94	55	112-01s/f1	Smyčka PZ	75	86,7	6,5	377,1
113	Open Office	70,9	70,8	20	2 086	2 277	2 241	-36	98	430	113-01s/f1	Smyčka PZ	225	88,9	20,0	617,8
											113-02s/f1	Smyčka PZ	225	99,6	22,4	691,9
											113-03s/f1	Smyčka PZ	225	89,8	20,2	665,5
											Přívodní úsek	pro 102-02s/f1	75	0,7	0,1	3,5
											Zpětný úsek	pro 102-02s/f1		0,7	0,1	0,9
											Přívodní úsek	pro 102-02s/f1	150	0,6	0,1	4,5
											Zpětný úsek	pro 102-02s/f1		0,6	0,1	1,2
											Přívodní úsek	pro 103-01s/f1	75	1,1	0,1	5,4
											Zpětný úsek	pro 103-01s/f1		1,1	0,1	1,5
											Přívodní úsek	pro 103-01s/f1	150	0,7	0,1	5,5
											Zpětný úsek	pro 103-01s/f1		0,7	0,1	1,5
											Přívodní úsek	pro 104-01s/f1	75	1,5	0,1	7,4
											Zpětný úsek	pro 104-01s/f1		1,5	0,1	0,2
											Přívodní úsek	pro 104-01s/f1	150	1,0	0,1	8,3
											Zpětný úsek	pro 104-01s/f1		1,0	0,1	0,2
											Přívodní úsek	pro 116-01s/f1	75	0,2	0,0	1,0
											Přívodní úsek	pro 117-01s/f1	75	0,8	0,1	3,7
											Zpětný úsek	pro 117-01s/f1		0,8	0,1	0,7
											Přívodní úsek	pro 117-01s/f1	300	0,3	0,1	4,1
											Zpětný úsek	pro 117-01s/f1		0,3	0,1	0,8
											Přívodní úsek	pro 114-01s/f1	75	1,2	0,1	5,9
											Zpětný úsek	pro 114-01s/f1		1,2	0,1	1,8
											Přívodní úsek	pro 114-01s/f1	225	0,4	0,1	4,2
											Zpětný úsek	pro 114-01s/f1		0,4	0,1	1,3
											Přívodní úsek	pro 102-01s/f1	75	0,4	0,0	2,0
											Zpětný úsek	pro 102-01s/f1		0,4	0,0	0,5
											Přívodní úsek	pro 102-01s/f1	150	0,4	0,1	3,3
											Zpětný úsek	pro 102-01s/f1		0,4	0,1	0,8

Č.M.	Popis	Ap m^2	At m^2	t_i °C	Q_{Mc} W	Q_{Mu} W	Q_{Mi} W	ΔQ W	Q_{Mi} %	Qd W	Zdroj	Specifikace	R mm	L m	A m^2	Výkon W
											Přívodní úsek	pro 101-01s/f1	75	0,2	0,0	1,0
											Zpětný úsek	pro 101-01s/f1		0,2	0,0	0,2
											Přívodní úsek	pro 101-01s/f1	150	0,2	0,0	1,7
											Zpětný úsek	pro 101-01s/f1		0,2	0,0	0,4
											Přívodní úsek	pro 113-01s/f1	225	9,0	2,0	93,8
											Zpětný úsek	pro 113-01s/f1		9,0	2,0	31,3
											Přívodní úsek	pro 113-02s/f1	75	0,5	0,0	2,5
											Zpětný úsek	pro 113-02s/f1		0,5	0,0	0,8
											Přívodní úsek	pro 113-02s/f1	225	4,1	0,9	42,7
											Zpětný úsek	pro 113-02s/f1		4,1	0,9	14,2
											Přívodní úsek	pro 113-03s/f1	75	1,0	0,1	4,9
											Zpětný úsek	pro 113-03s/f1		1,0	0,1	2,1
114	Kancelář majitele	24,5	24,5	20	713	713	734	21	103	147	114-01s/f1	Smyčka PZ	225	88,0	19,8	599,4
											Přívodní úsek	pro 116-01s/f1	300	5,2	1,6	61,1
											Přívodní úsek	pro 117-01s/f1	300	5,2	1,6	61,1
											Zpětný úsek	pro 117-01s/f1		5,2	1,6	12,2
115	Chodba	15,0	12,0	20	198	198	242	44	122	66	Přívodní úsek	pro 116-01s/f1	75	1,9	0,1	14,6
											Přívodní úsek	pro 116-01s/f1	300	1,8	0,5	28,3
											Přívodní úsek	pro 117-01s/f1	50	1,9	0,1	10,6
											Zpětný úsek	pro 117-01s/f1		1,9	0,1	2,1
											Přívodní úsek	pro 114-01s/f1	75	1,9	0,1	14,6
											Zpětný úsek	pro 114-01s/f1		1,9	0,1	4,5
											Přívodní úsek	pro 112-01s/f1	75	0,3	0,0	2,3
											Zpětný úsek	pro 112-01s/f1		0,3	0,0	1,5
											Přívodní úsek	pro 113-01s/f1	75	1,9	0,1	14,6
											Zpětný úsek	pro 113-01s/f1		1,9	0,1	4,9
											Přívodní úsek	pro 113-02s/f1	75	1,9	0,1	14,6
											Zpětný úsek	pro 113-02s/f1		1,9	0,1	4,9
											Přívodní úsek	pro 113-03s/f1	75	1,9	0,1	14,6
											Zpětný úsek	pro 113-03s/f1		1,9	0,1	6,2
											Zpětný úsek	pro 116-01s/f1	300	33,0	9,9	103,9
116	Kancelář - vedoucí	7,8	7,5	20	203	203	237	34	117	46	116-01s/f1	Smyčka PZ	300	25,1	7,5	237,0
117	Denní místnost	17,9	16,9	20	453	453	532	79	117	102	117-01s/f1	Smyčka PZ	300	56,3	16,9	532,0

4 Vytápění - Rozdělovače - regulace

Rozdělovač:RA1 - Levý rozdělovač Vstupní teplota rozdělovače:35,0 °C Potřebný dispoziční tlak: 21424 Pa

Č.V.	O.S.	Regulace	Specifikace d1xs(Ls/Lc)	Č.M.	Q W	Δt K	M kg·h⁻¹	V l·min⁻¹	ΔpRS Pa	RP	Typ	DN	Np
1	101-01s/f1		15 x 1(86,8/118,8)	101	561	11,4	68,2	1,1	20 825	1.	Dynacon Eclipse	15	70,0
2	102-01s/f1		15 x 1(62,7/89,1)	102	456	11,4	55,6	0,9	19 229	1.	Dynacon Eclipse	15	60,0
3	102-02s/f1		15 x 1(54,9/74,3)	102	408	11,0	47,1	0,8	18 568	1.	Dynacon Eclipse	15	50,0
4	103-01s/f1		15 x 1(62,7/70,8)	103	466	11,0	47,6	0,8	18 509	1.	Dynacon Eclipse	15	50,0
5	104-01s/f1		15 x 1(90,1/107,3)	104	1 111	14,7	77,0	1,3	21 424	1.	Dynacon Eclipse	15	80,0
Součty					3 002		295,48						

Rozdělovač:RA2 - Pravý rozdělovač Vstupní teplota rozdělovače:35,0 °C Potřebný dispoziční tlak: 22085 Pa

Č.V.	O.S.	Regulace	Specifikace d1xs(Ls/Lc)	Č.M.	Q W	Δt K	M kg·h⁻¹	V l·min⁻¹	ΔpRS Pa	RP	Typ	DN	Np
1	113-01s/f1		15 x 1(88,9/111,7)	113	617	10,0	78,0	1,3	21 854	1.	Dynacon Eclipse	15	80,0
2	113-02s/f1		15 x 1(99,6/113,6)	113	691	10,0	78,9	1,3	22 085	1.	Dynacon Eclipse	15	80,0
3	113-03s/f1		15 x 1(89,8/96,6)	113	665	8,7	81,1	1,4	21 704	1.	Dynacon Eclipse	15	90,0
4	114-01s/f1		15 x 1(88,0/96,0)	114	599	10,4	62,2	1,0	19 659	1.	Dynacon Eclipse	15	70,0
5	116-01s/f1		15 x 1(25,1/68,2)	116	237	12,0	39,9	0,7	18 233	1.	Dynacon Eclipse	15	40,0
6	117-01s/f1		15 x 1(56,3/73,7)	117	531	12,0	53,7	0,9	18 795	1.	Dynacon Eclipse	15	60,0
7	112-01s/f1		15 x 1(86,7/88,3)	112	377	5,0	74,8	1,2	20 571	1.	Dynacon Eclipse	15	80,0
Součty					3 717		468,67						

5 Vytápění - Seznam rozdělovačů

Číslo	Popis	tr °C	ΔtRS K	tS °C	Příkon W	QP W	Qd W	MR kg/h	Δpmin1 Pa	ZadDT1 Pa	Vv dm³
RA1	Levý rozdělovač	35,0	12,1	22,9	4 165	3 533	644	295,5	21 424,2	21 424	48,1
RA2	Pravý rozdělovač	35,0	9,4	25,6	5 136	4 313	837	468,7	22 084,8	22 085	71,9

6 Vytápění - Seznam Smyček

Číslo	Popis	ČR	ČV	tr °C	As m²	RPZ mm	σ K	qpz W/m²	QAs W	L m	M kg/h	ΔpS Pa	tpz °C
101-01s/f1	Sklad kancelářských	1	1	35,0	19,5	225	11,4	28,7	561,0	86,8	68,2	20 793,0	22,9
102-01s/f1	Zasedací místnost	1	2	35,0	18,8	300	11,4	24,3	457,0	62,7	55,6	19 204,0	22,5
102-02s/f1	Zasedací místnost	1	3	35,0	16,5	300	11,0	24,8	408,4	54,9	47,1	18 547,0	22,5
103-01s/f1	Recepce	1	4	35,0	18,8	300	11,0	24,8	466,4	62,7	47,6	18 488,0	22,5
104-01s/f1	Vstup do budovy	1	5	35,0	20,3	225	14,7	54,8	1 111,0	90,1	77,0	21 383,0	20,2
112-01s/f1	WC + Sprcha	2	7	35,0	6,5	75	5,0	58,0	377,1	86,7	74,8	20 531,0	29,5
113-01s/f1	Open Office	2	1	35,0	20,0	225	10,0	30,9	617,8	88,9	78,0	21 811,0	23,1
113-02s/f1	Open Office	2	2	35,0	22,4	225	10,0	30,9	691,9	99,6	78,9	22 040,0	23,1
113-03s/f1	Open Office	2	3	35,0	20,2	225	8,7	32,9	665,5	89,8	81,1	21 655,0	23,3
114-01s/f1	Kancelář majitele	2	4	35,0	19,8	225	10,4	30,3	599,4	88,0	62,2	19 631,0	23,0
116-01s/f1	Kancelář - vedoucí	2	5	35,0	7,5	300	12,0	31,5	237,0	25,1	39,9	18 215,0	23,1
117-01s/f1	Denní místnost	2	6	35,0	16,9	300	12,0	31,5	532,0	56,3	53,7	18 771,0	23,1

Tabulka 34 Dimenzování podlahového vytápění

B.11.6) Dimenzování teplovodních sálavých pásů

Návrh pásu byl proveden návrhovým programem dostupným z internetových stránek výrobce.

1.1 Vytápěný prostor				1.2 Teplonosná látka	
t_g [°C]	18	H [m] výška	5,66	t_{w1} [°C]	50
Q_{ztr} [kW]	14,9	L [m] délka	50,3	t_{w2} [°C]	40
$Q_{potř}$ [kW]	**14,6 kW**	B [m] šířka	12,3	Δt [K]	27
Q_{inst} [kW]	**16,8 kW**	V [m3] objem	3502	PN	6
q [W/m^3]	4,80	f_1 [-]	1,00		
q [W/m^2]	27,20	f_2 [-]	0,98	Chlazení	☐ NE

Pás č.	Reg. 2 až 16	L_{sp} [m]	B_{sp} [mm]	q [W/m]	Q [W]	m_T [kg/h]	m_1 [kg/h]
1	4	12	720	198	2408	518,84	129,71
2	4	12	720	198	2408	518,84	129,71
3	2	12	330	99	1204	518,84	259,42
4	2	24	330	99	2392	618,47	309,24
5	2	24	330	99	2392	618,47	309,24
6	2	24	330	99	2392	618,47	309,24
7	2	9	720	198	1814	312,68	156,34
8	2	9	720	198	1814	312,68	156,34
					16 824 W	**1 450 kg/h**	
						1,46 m3/h	

R [Pa/m]	R.L [Pa]	x [-]	Z.x [Pa]	Dp_{pan} [Pa]	V [l]	w_1 [m/s]
41,4	993		32	1025	19	0,18
41,4	993		32	1025	19	0,18
142,5	3421		130	3551	10	0,36
196,1	9413		184	9598	19	0,43
196,1	9413		184	9598	19	0,43
196,1	9413		184	9598	19	0,43
57,5	2071		94	2165	14	0,22
57,5	2071		94	2165	14	0,22
					134 l	

Tabulka 35 Dimenzování teplovodních sálavých pásů

Při návrhu pásů je nutné dodržet limitní rychlost proudění jednou otopnou trubkou v pásu 0,15 m/s. Této rychlosti odpovídá hmotnostní průtok ve výši cca 100 kg/h.

V hale je navrženo 8 teplovodních sálavých pásů. Regulace výkonu je zapojením s třícestným směšovacím ventilem.

B.11.7) Hydraulický výpočet vytápění

Hydraulické posouzení soustavy bylo provedeno softwarem DIMOS společnosti PROTECH.

Legenda veličin

Δps tlaková ztráta spotřebiče, u větve ZadDT2

Δpu tlaková ztráta úseku (tření + místní odpory)

SkDT2 skutečný dispoziční tlak

Větev	Úsek	O.S.	Č.M.	ti °C	Specifikace	QTn W	QTr W	φ	tw1 °C	Δt K
V101	1	101-01	101	18,0		2 408		1,00	50,0	4,0
V102	1	102-01	102	18,0		2 408		1,00	50,0	4,0
V103	1	103-01	103	18,0		1 204		1,00	50,0	2,0
V201	1	201-01	201	18,0		2 392		1,00	50,0	3,3
V202	1	202-01	202	18,0		2 392		1,00	50,0	3,3
V203	1	203-01	203	18,0		2 392		1,00	50,0	3,3
V301	1	301-01	301	18,0		1 814		1,00	50,0	5,0
V302	1	302-01	302	18,0		1 814		1,00	50,0	5,0
V501	1		levý dynacon	20,0	Spec. ???	4 165	4 165	1,00	35,0	12,2
V502	1		pravý dynacon	20,0	Spec. ???	5 136	5 136	1,00	35,0	9,4
V901	1	15-01 elektrokotel	15	20,0		15 000		1,00	55,0	10,0
V902	1	VZT Hala		18,0	Spec. ???	2 972	2 972	1,00	50,0	10,0
	2	VZT Admin		20,0	Spec. ???	3 109	3 109	1,00	50,0	10,0
V905	1	9000-01	9000	20,0		9 301		1,00	50,0	26,0
	2	9001-01	9001	20,0		6 081		1,00	50,0	10,0
	4	?9002-01	?9002	20,0		16 824		1,00	50,0	3,6
V906	1	Templari-TV			Spec. ???	26 800	26 800	1,00	60,0	5,0
V907	1	Templari/Topení			Spec. ???	19 610	19 610	1,00	55,0	5,0
V908	1	bez proud vypadek proudu/čerpadlo			Spec. ???	2 321	2 321	1,00	40,0	10,0

7 Výpočet - větve. Metoda výpočtu: po větvích. Kapalina: voda, ρ = 987,50 kg·m^{-3}

Větev	Typ	tw1 °C	Δt K	tw2 °C	tw1vyp °C	Δtvyp K	tw2vyp °C	u	Δpmin1 Pa	ZadDT1 Pa	Q W	M_1 kg·h^{-1}	V_V dm^3	SkDT2 Pa
V101->V404	D	50,0	10,0	40,0	50,0	4,0	46,0	0,70	1157	1157	2408	518,9	0,3	18 358
V102->V404	D	50,0	10,0	40,0	50,0	4,0	46,0	0,70	1157	2992	2408	518,9	0,3	20 193
V103->V404	D	50,0	10,0	40,0	50,0	2,0	48,0	0,70	3683	4879	1204	518,9	0,3	22 080
V201->V406	D	50,0	10,0	40,0	50,0	3,3	46,7	0,70	9778	9778	2392	618,2	0,3	24 072
V202->V406	D	50,0	10,0	40,0	50,0	3,3	46,7	0,70	9778	11259	2392	618,2	0,3	25 553
V203->V406	D	50,0	10,0	40,0	50,0	3,3	46,7	0,70	9778	14156	2392	618,2	0,3	28 450
V301->V405	D	50,0	10,0	40,0	50,0	5,0	45,0	0,70	2520	3782	1814	312,7	0,4	23 849
V302->V405	D	50,0	10,0	40,0	50,0	5,0	45,0	0,70	2519	2519	1814	312,5	0,4	22 585
V404->V904	D	50,0	10,0	40,0	50,0	3,3	46,7	0,70	31274	34698	6020	1 556,6	22,4	34 698
V405->V407	D	50,0	10,0	40,0	50,0	5,0	45,0	0,70	21014	26332	3628	625,2	3,3	26 332
V406->V407	D	50,0	10,0	40,0	50,0	3,3	46,7	0,70	30374	30374	7176	1 854,6	8,3	30 374
V407->V904	D	50,0	10,0	40,0	50,0	3,8	46,2	0,70	38338	38338	10804	2 479,8	23,0	38 338
V501->V903	D	35,0	11,0	24,0	35,0	12,1	22,9	0,70	25197	25197	4165	295,3	3,8	25 197
V502->V903	D	35,0	11,0	24,0	35,0	9,4	25,6	0,70	24998	25941	5136	468,1	5,7	25 941
V901	D	55,0	10,0	45,0	55,0	10,0	45,0	0,70	3009	3009	15000	1 292,7	2,1	
V902	D	50,0	10,0	40,0	50,0	10,0	40,0	0,70	11645	11645	6081	524,1	13,2	
V903	D	35,0	11,0	24,0	35,0	10,5	24,5	0,70	27128	27128	9301	763,4	1,6	
V904	D	50,0	10,0	40,0	50,0	3,6	46,4	0,70	41951	41951	16824	4 036,3	6,6	
V905	D	50,0	10,0	40,0	50,0	5,7	44,3	0,70	6283	6283	32206	4 860,4	8,2	
V906	D	60,0	5,0	55,0	60,0	5,0	55,0	0,70	27136	27136	26800	4 617,8	23,2	
V907	D	55,0	5,0	50,0	55,0	5,0	50,0	0,70	18097	18097	19610	3 379,9	25,5	
V908	D	40,0	10,0	30,0	40,0	10,0	30,0	0,70	3007	3007	2321	200,0	24,0	

8.1 Výpočet úseků větve V101 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
pás 119/1

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V101	1	101-01	2 408	0,50	22	22x1	518,9	0,465		1 025	72
V101	1z			0,40	22	22x1	518,9	0,462			60

8.2 Výpočet úseků větve V102 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
pás 119/2

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V102	1	102-01	2 408	0,50	22	22x1	518,9	0,465		1 025	72
V102	1z			0,40	22	22x1	518,9	0,462			60

8.3 Výpočet úseků větve V103 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
pás 119/3

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V103	1	103-01	1 204	0,50	22	22x1	518,9	0,465		3 551	72
V103	1z			0,40	22	22x1	518,9	0,462			60

8.4 Výpočet úseků větve V201 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
pás 118/1

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V201	1	201-01	2 392	0,50	22	22x1	618,2	0,554		9 598	99
V201	1z			0,40	22	22x1	618,2	0,551			81

8.5 Výpočet úseků větve V202 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
pás 118/2

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V202	1	202-01	2 392	0,50	22	22x1	618,2	0,554		9 598	99
V202	1z			0,40	22	22x1	618,2	0,551			81

8.6 Výpočet úseků větve V203 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
pás 118/3

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V203	1	203-01	2 392	0,50	22	22x1	618,2	0,554		9 598	99
V203	1z			0,40	22	22x1	618,2	0,551			81

8.7 Výpočet úseků větve V301 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
pás 120/1

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V301	1	301-01	1 814	0,96	18	18x1	312,7	0,437		2 165	166
V301	1z			1,06	18	18x1	312,7	0,435			189

8.8 Výpočet úseků větve V302 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
pás 120/2

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V302	1	302-01	1 814	0,96	18	18x1	312,5	0,437		2 165	165
V302	1z			1,06	18	18x1	312,5	0,435			189

8.9 Výpočet úseků větve V404 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
komplet leva část

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V404	1	V101	2 408	4,47	22	22x1	518,9	0,465	4,13	14 934	1 089
V404	1z			4,47	22	22x1	518,9	0,462	4,50		1 148
V404	2	V102	2 408	0,01	22	22x1	518,9	0,465	2,54	16 769	272
V404	2z			0,01	22	22x1	518,9	0,462	1,22		131
V404	3		4 816	4,61	28	28x1,5	1 037,7	0,595	1,54		1 051
V404	3z			4,61	28	28x1,5	1 037,7	0,592	1,25		1 025
V404	4	V103	1 204	0,01	22	22x1	518,9	0,465	4,59	18 656	490
V404	4z			0,01	22	22x1	518,9	0,462	0,95		102
V404	5		6 020	15,37	28	28x1,5	1 556,6	0,892	1,50		5 929
V404	5z			15,37	28	28x1,5	1 556,6	0,888	1,50		6 096

8.10 Výpočet úseků větve V405 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
pravé panely

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V405	1	V302	1 814	3,05	18	18x1	312,5	0,437	4,36	17 267	938
V405	1z			3,05	18	18x1	312,5	0,435	4,50		968
V405	2	V301	1 814	0,01	18	18x1	312,7	0,437	4,04	18 531	384
V405	2z			0,01	18	18x1	312,7	0,435	2,72		259
V405	3		3 628	3,37	22	22x1	625,2	0,560	1,50		909
V405	3z			3,37	22	22x1	625,2	0,557	1,50		931

8.11 Výpočet úseků větve V406 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
Komplet střední pásy

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V406	1	V201	2 392	3,00	22	22x1	618,2	0,554	4,13	24 072	1 217
V406	1z			3,00	22	22x1	618,2	0,551	4,50		1 291
V406	2	V202	2 392	0,01	22	22x1	618,2	0,554	4,04	25 553	614
V406	2z			0,01	22	22x1	618,2	0,551	2,72		413
V406	3		4 784	4,50	28	28x1,5	1 236,4	0,708	1,54		1 422

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V406	3z			4,50	28	28x1,5	1 236,4	0,705	1,25		1 382
V406	4	V203	2 392	0,01	22	22x1	618,2	0,554	3,77	28 450	573
V406	4z			0,01	22	22x1	618,2	0,551	2,37		361
V406	5		7 176	1,23	35	35x1,5	1 854,6	0,649	1,50		492
V406	5z			1,23	35	35x1,5	1 854,6	0,646	1,50		496

8.12 Výpočet úseků větve V407 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
sloučení pravých a středních

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V407	1	V405	3 628	0,01	22	22x1	625,2	0,560	17,02	26 332	2 639
V407	1z			0,01	22	22x1	625,2	0,557	14,73		2 278
V407	2	V406	7 176	0,01	35	35x1,5	1 854,6	0,649	2,69	30 374	560
V407	2z			0,01	35	35x1,5	1 854,6	0,646	1,54		321
V407	3		10 804	14,30	35	35x1,5	2 479,8	0,867			3 491
V407	3z			14,30	35	35x1,5	2 479,8	0,863			3 592

8.13 Výpočet úseků větve V501 - t_{w1} = 35,0 °C; požadovaný výkon
Rozvod levý dynacon

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V501	1	Levý	4 165	9,50	18	18x1	295,3	0,410	3,00	21 424	1 832
V501	1z	dynacon		9,50	18	18x1	295,3	0,409	3,00		1 940

8.14 Výpočet úseků větve V502 - t_{w1} = 35,0 °C; požadovaný výkon
Rozvod pravý dynacon

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V502	1	pravý	5 136	9,00	22	22x1	468,1	0,416	3,00	22 085	1 418
V502	1z	dynacon		9,00	22	22x1	468,1	0,415	3,00		1 494

8.15 Výpočet úseků větve V901 - t_{w1} = 55,0 °C; požadovaný výkon
Elektrokotel do AN

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V901	1	15-01	15 000	1,50	35	35x1,5	1 292,7	0,453	4,00	2 000	518
V901	1z			1,10	35	35x1,5	1 292,7	0,451	4,00		489

8.16 Výpočet úseků větve V902 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
Vzduchotechniky

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V902	1	VZT Hala	2 972	30,00	18	18x1	256,2	0,358	10,59	2 000	4 330
V902	1z			30,00	18	18x1	256,2	0,357	10,69		4 463
V902	2	VZT Admin	3 109	0,01	18	18x1	268,0	0,375	6,97	2 000	485
V902	2z			0,01	18	18x1	268,0	0,373	5,72		396
V902	3		6 081	1,54	22	22x1	524,1	0,469	1,50		390
V902	3z			1,94	22	22x1	524,1	0,467	1,50		459

8.17 Výpočet úseků větve V903 - t_{w1} = 35,0 °C; požadovaný výkon
Administrativa

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V903	1	V501	4 165	0,01	18	18x1	295,3	0,410	6,45	25 197	542
V903	1z			0,01	18	18x1	295,3	0,409	5,68		476
V903	2	V502	5 136	0,01	22	22x1	468,1	0,416	1,99	25 941	173
V903	2z			0,01	22	22x1	468,1	0,415	1,18		103
V903	3		9 301	1,81	28	28x1,5	763,4	0,435	3,00		472
V903	3z			1,41	28	28x1,5	763,4	0,433	3,00		438

8.18 Výpočet úseků větve V904 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
Hala

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V904	1	V404	6 020	0,01	28	28x1,5	1 556,6	0,892	8,00	34 698	3 151

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V904	1z			0,01	28	28x1,5	1 556,6	0,888	7,22		2 840
V904	2	V407	10 804	0,01	35	35x1,5	2 479,8	0,867	3,60	38 338	1 341
V904	2z			0,01	35	35x1,5	2 479,8	0,863	2,72		1 013
V904	3		16 824	2,54	42	42x1,5	4 036,3	0,950			574
V904	3z			2,94	42	42x1,5	4 036,3	0,946			683

8.19 Výpočet úseků větve V905 - t_{w1} = 50,0 °C; požadovaný výkon
Větve do AN

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V905	1	9000-01	9 301	0,38	28	28x1,5	308,3	0,177	8,76		143
V905	1z			0,38	54	54x2	308,3	0,044	6,79		6
V905	2	9001-01	6 081	0,01	22	22x1	524,1	0,469	3,43		375
V905	2z			0,01	22	22x1	524,1	0,467	2,49		272
V905	3		15 382	0,38	28	28x1,5	832,4	0,477	31,99		3 642
V905	3z			0,38	54	54x2	832,4	0,119	34,59		243
V905	4	?9002-01	16 824	0,01	42	42x1,5	4 027,9	0,948	2,44		1 086
V905	4z			0,01	42	42x1,5	4 027,9	0,944	2,02		900
V905	5		32 206	1,60	54	54x2	4 860,4	0,696	3,00		872
V905	5z			1,60	54	54x2	4 860,4	0,693	3,00		874

8.20 Výpočet úseků větve V906 - t_{w1} = 60,0 °C; požadovaný výkon
TČ - Ohřev TV

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V906	1	Templari-TV	26 800	5,90	54	54x2	4 617,8	0,665	4,50	24 500	1 477
V906	1z			5,90	54	54x2	4 617,8	0,663	3,00		1 158

8.21 Výpočet úseků větve V907 - t_{w1} = 55,0 °C; požadovaný výkon
TČ - Vytápění

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V907	1	Templari/Topení	19 610	6,10	54	54x2	3 379,9	0,485	4,50	16 000	823
V907	1z			6,90	54	54x2	3 379,9	0,484	8,00		1 272

8.22 Výpočet úseků větve V908 - t_{w1} = 40,0 °C; požadovaný výkon
Výpadek proudu

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V908	1	bez proud	2 321	6,10	54	54x2	200,0	0,029	4,50	3 000	3
V908	1z			6,10	54	54x2	200,0	0,028	4,50		4

10.1 Seznam ventilů

Značka	Kat	KC	Typ	DN	kvs $m^3 \cdot h^{-1}$
GIACOMINI	P80	GIA 17501	R74A	20 25 40	5,900 10,000 20,900
GIACOMINI	P80	GIA 19601	N5	20 25 40	10,500 17,800 26,700
IMI - HEIMEIER	P80	IMI 17101	Globo H	15 20 25 32 40	6,000 14,000 25,000 42,000 65,000
IMI - TA	P80	IMI 23112	CV 316 RGA	15/4 40	4,000 20,000
IMI - TA	P80	IMI 21101	STAD*PN25	15 20 40	2,300 5,370 20,200

Značka	Kat	KC	Typ	DN	Obj.číslo	Průtok $l \cdot h^{-1}$
IMI - TA	P80	IMI 21521	TA-COMPACT-P	15 i1 20	52 164 -015 52 164 -020	14-470 33-1 150

Pata větve 903 – Podlahové vytápění

Zadání prvků paty **V903**

Typ prvku	P|S	M kg/h	p...	Čú	D...	DN...	KC	Označení	DN	wDN m/s	F. k.	kvs m^3/h	ΔpP Pa	ΔpS Pa	kv m^3/h
VS vyvažovací ven	S	763,41	p	3	28		IMI 21101	STAD*PN25	20	0,68	0	5,370	0	2033	5,37
UA uzavírací arma	S	763,41	p	3	28		IMI 17101	Globo H	25	0,43	0	25,000	0	94	
UA uzavírací arma	P	763,41	p	3	28		IMI 17101	Globo H	25	0,43	0	25,000	94	0	
UA uzavírací arma	P	763,41	z	3	28		IMI 17101	Globo H	25	0,43	0	25,000	93	0	
RV-3 třícestný	S	763,41	p	3	28		IMI 23112	CV 316 RGA	15	1,21	0	4,000	0	3664	
OA ostatní armatu	S	763,41	z	3	28		GIA 17501	R74A	25	0,43	0	10,000	0	584	
OA ostatní armatu	S	763,41	p	3	28		GIA 19601	N5	25	0,43	0	17,800	0	185	
kv armatury	S	763,41	p	3	28			prenos PA+1kPa STAD					0	7319	2,83

Ventil | Trubka | Zdroj

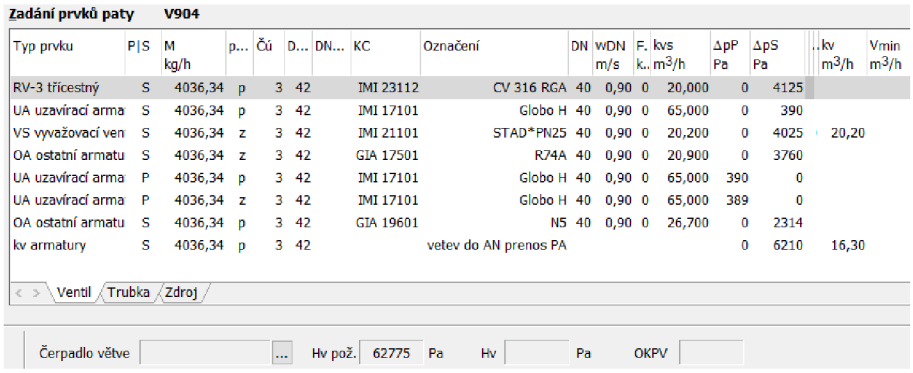
Čerpadlo větve ... Hv pož. 41007 Pa Hv Pa OKPV

Pata větve 902 – Vzduchotechniky

Zadání prvků paty **V902**

Typ prvku	P|S	M kg/h	p...	Čú	D...	DN...	KC	Označení	DN	wDN m/s	F. k.	kvs m^3/h	ΔpP Pa	ΔpS Pa	kv m^3/h
UA uzavírací arma	P	524,12	p	3	22		IMI 17101	Globo H	20	0,47	0	14,000	142	0	
UA uzavírací arma	P	524,12	z	3	22		IMI 17101	Globo H	20	0,47	0	14,000	141	0	
UA uzavírací arma	P	524,12	p	3	22		IMI 17101	Globo H	20	0,47	0	14,000	142	0	
OA ostatní armatu	P	524,12	z	3	22		IMI 21101	STAD*PN25	15	0,83	0	2,300	5234	0	
OA ostatní armatu	P	524,12	p	3	22		GIA 17501	R74A	20	0,47	0	5,900	799	0	
OA ostatní armatu	P	524,12	p	3	22		GIA 19601	N5	20	0,47	0	10,500	252	0	
kv armatury	P	524,12	p	3	22			prenos Pa -1kPa STAD(blbě KVS)					5259	0	2,30

Pata větve 904 – Sálavé pásy



Zadání prvků paty V904

Typ prvku	P|S	M kg/h	p...	Čú	D...	DN...	KC	Označení	DN	wDN m/s	F. k..	kvs m³/h	ΔpP Pa	ΔpS Pa	kv m³/h	Vmin m³/h
RV-3 třícestný	S	4036,34	p	3	42		IMI 23112	CV 316 RGA	40	0,90	0	20,000	0	4125		
UA uzavírací arma	S	4036,34	p	3	42		IMI 17101	Globo H	40	0,90	0	65,000	0	390		
VS vyvažovací ven	S	4036,34	z	3	42		IMI 21101	STAD*PN25	40	0,90	0	20,200	0	4025	20,20	
OA ostatní armatu	S	4036,34	z	3	42		GIA 17501	R74A	40	0,90	0	20,900	0	3760		
UA uzavírací arma	P	4036,34	p	3	42		IMI 17101	Globo H	40	0,90	0	65,000	390	0		
UA uzavírací arma	P	4036,34	z	3	42		IMI 17101	Globo H	40	0,90	0	65,000	389	0		
OA ostatní armatu	S	4036,34	p	3	42		GIA 19601	N5	40	0,90	0	26,700	0	2314		
kv armatury	S	4036,34	p	3	42			vetev do AN prenos PA					0	6210	16,30	

Ventil | Trubka | Zdroj

Čerpadlo větve ... Hv pož. 62775 Pa Hv Pa OKPV

B.11.8) Hydraulický výpočet chlazení

Větev	Úsek	O.S.	Č.M.	ti °C	Specifikace	QTn W	QTr W	φ	tw1 °C	Δt K
V101	1	1-01	1	26,0		1 824		1,00	8,0	6,0
V102	1	2-01	2	26,0		1 824		1,00	8,0	6,0
V103	1	3-01	3	26,0		1 824		1,00	8,0	6,0
V104	1	4-01	4	26,0		1 824		1,00	8,0	6,0
V105	1	5-01	5	26,0		1 444		1,00	8,0	6,0
V901	1	TČ CHLAD		26,0	Spec. ???	27 800	27 800	1,00	7,0	5,5

7 Výpočet - větve. Metoda výpočtu: po větvích. Kapalina: voda, ρ = 999,96 kg·m^{-3}

Větev	Typ	tw1 °C	Δt K	tw2 °C	tw1vyp °C	Δtvyp K	tw2vyp °C	u	Δpmin1 Pa	ZadDT1 Pa	Q W	M_1 kg·h^{-1}	V_V dm^3	SkDT2 Pa
V101->V201	D	8,0	6,0	14,0	8,1	6,2	14,2	0,70	4816	6850	1824	260,6	4,1	21 528
V102->V201	D	8,0	6,0	14,0	8,1	6,0	14,1	0,70	2651	6971	1824	260,6	0,8	21 649
V103->V201	D	8,0	6,0	14,0	8,0	6,0	14,1	0,70	2651	9541	1824	260,6	0,8	24 219
V104->V202	D	8,0	6,0	14,0	8,1	6,0	14,1	0,70	2626	8664	1824	260,6	0,7	23 342
V105->V202	D	8,0	6,0	14,0	8,1	6,0	14,1	0,70	1658	7949	1444	206,3	0,5	22 285
V201->V203	D	8,0	6,0	14,0	8,0	6,1	14,1	0,70	25052	25052	5472	781,7	4,3	25 052
V202->V203	D	8,0	6,0	14,0	8,0	6,1	14,1	0,70	25128	25128	3268	466,9	4,6	25 128
V203	D	8,0	6,0	14,0	8,0	6,2	14,2	0,70	27217	27217	8740	1 248,6	13,3	
V901	D	7,0	5,5	12,5	7,0	5,6	12,6	0,70	24899	24899	27800	4 331,3	24,0	

8.1 Výpočet úseků větve V101 - t_{w1} = 8,0 °C; požadovaný výkon
FC - 102/1

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V101	1	1-01	1 824	10,10	18	18x1	260,6	0,360		2 150	1 122
V101	1z			10,10	18	18x1	260,6	0,359			1 544

8.2 Výpočet úseků větve V102 - t_{w1} = 8,0 °C; požadovaný výkon
FC - 113/1

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V102	1	2-01	1 824	1,90	18	18x1	260,6	0,360		2 150	211
V102	1z			1,90	18	18x1	260,6	0,359			290

8.3 Výpočet úseků větve V103 - t_{w1} = 8,0 °C; požadovaný výkon
FC - 113/2

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V103	1	3-01	1 824	1,90	18	18x1	260,6	0,360		2 150	211
V103	1z			1,90	18	18x1	260,6	0,359			290

8.4 Výpočet úseků větve V104 - t_{w1} = 8,0 °C; požadovaný výkon
FC - 113/3

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V104	1	4-01	1 824	1,86	18	18x1	260,6	0,360		2 150	207
V104	1z			1,76	18	18x1	260,6	0,359			269

8.5 Výpočet úseků větve V105 - t_{w1} = 8,0 °C; požadovaný výkon
FC - 114

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V105	1	5-01	1 444	1,20	18	18x1	206,3	0,285		1 450	93
V105	1z			1,20	18	18x1	206,3	0,284			115

8.6 Výpočet úseků větve V201 - t_{w1} = 8,0 °C; požadovaný výkon
levá část

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V201	1	V101	1 824	0,01	18	18x1	260,6	0,360	2,63	21 528	172
V201	1z			0,01	18	18x1	260,6	0,359	3,00		196
V201	2	V102	1 824	0,01	18	18x1	260,6	0,360	2,54	21 649	166
V201	2z			0,01	18	18x1	260,6	0,359	1,22		81
V201	3		3 648	5,00	22	22x1	521,1	0,461	3,04		1 368
V201	3z			5,00	22	22x1	521,1	0,460	2,75		1 171
V201	4	V103	1 824	0,01	18	18x1	260,6	0,360	2,41	24 219	157
V201	4z			0,01	18	18x1	260,6	0,359	0,88		59
V201	5		5 472	1,20	28	28x1,5	781,7	0,442	1,50		322
V201	5z			1,20	28	28x1,5	781,7	0,442	1,50		295

8.7 Výpočet úseků větve V202 - t_{w1} = 8,0 °C; požadovaný výkon
pravá část

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V202	1	V105	1 444	4,70	18	18x1	206,3	0,285	5,84	22 285	602
V202	1z			4,70	18	18x1	206,3	0,284	5,62		680
V202	2	V104	1 824	0,01	18	18x1	260,6	0,360	2,21	23 342	145
V202	2z			0,01	18	18x1	260,6	0,359	1,21		80
V202	3		3 268	4,30	22	22x1	466,9	0,413	1,50		808
V202	3z			4,30	22	22x1	466,9	0,412	1,50		753

8.8 Výpočet úseků větve V203 - t_{w1} = 8,0 °C; požadovaný výkon
Fancoily Komplet

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V203	1	V201	5 472	0,01	28	28x1,5	781,7	0,442	1,79	25 052	176
V203	1z			0,01	28	28x1,5	781,7	0,442	1,55		153
V203	2	V202	3 268	0,01	22	22x1	466,9	0,413	1,99	25 128	172
V203	2z			0,01	22	22x1	466,9	0,412	0,94		81
V203	3		8 740	8,50	35	35x1,5	1 248,6	0,431	1,50		1 006
V203	3z			8,00	35	35x1,5	1 248,6	0,430	1,50		830

8.9 Výpočet úseků větve V901 - t_{w1} = 7,0 °C; požadovaný výkon
Templari / Chlazení

Větev	čú	O.S.	Q W	L m	DN	d_1 x s	M kg·h^{-1}	w m·s^{-1}	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa
V901	1	TČ CHLAD	27 800	6,10	54	54x2	4 331,3	0,613	4,50	22 000	1 492
V901	1z			6,10	54	54x2	4 331,3	0,611	4,50		1 407

10.1 Seznam ventilů

Značka	Kat	KC	Typ	DN	kvs $m^3 \cdot h^{-1}$
GIACOMINI	P80	GIA 17501	R74A	32	18,200
GIACOMINI	P80	GIA 19601	N5	32	19,800
IMI - HEIMEIER	P80	IMI 17101	Globo H	15 32	6,000 42,000
IMI - TA	P80	IMI 21101	STAD*PN25	25	8,430
IMI - TA	P80	IMI 23112	CV 316 RGA	20/1	6,300

Značka	Kat	KC	Typ	DN	Obj.číslo	Průtok $l \cdot h^{-1}$
IMI - TA	P80	IMI 21534	TA-Modulator	15	52 164 -315	16-480

Pata větve 203 – Fancoily

Zadání prvků paty **V203**

Typ prvku	P|S	M kg/h	p...	Čú	D...	DN...	KC	Označení	DN	wDN m/s	F. k.	kvs m^3/h	ΔpP Pa	ΔpS Pa	a	...	kv m^3/h
VS vyvažovací ven	S	1248,57	z	3	35		IMI 21101	STAD*PN25	25	0,71	0	8,430	0	2194	☐	0	8,43
UA uzavírací arma	S	1248,57	p	3	35		IMI 17101	Globo H	32	0,43	0	42,000	0	88	☐		
UA uzavírací arma	P	1248,57	p	3	35		IMI 17101	Globo H	32	0,43	0	42,000	88	0	☐		
UA uzavírací arma	P	1248,57	z	3	35		IMI 17101	Globo H	32	0,43	0	42,000	88	0	☐		
RV-3 třícestný	S	1248,57	p	3	35		IMI 23112	CV 316 RGA	20	1,10	0	6,300	0	3928	0	☐	
OA ostatní armatu	S	1248,57	z	3	35		GIA 17501	R74A	32	0,43	0	18,200	0	471	☐		
OA ostatní armatu	S	1248,57	p	3	35		GIA 19601	N5	32	0,43	0	19,800	0	398	☐		
kv armatury	S	1248,57	z	3	35			privreni stadu + 1,3kPa					0	1289	☐		11,00

Ventil | Trubka | Zdroj

Čerpadlo větve ... Hv pož. 35585 Pa Hv Pa OKPV

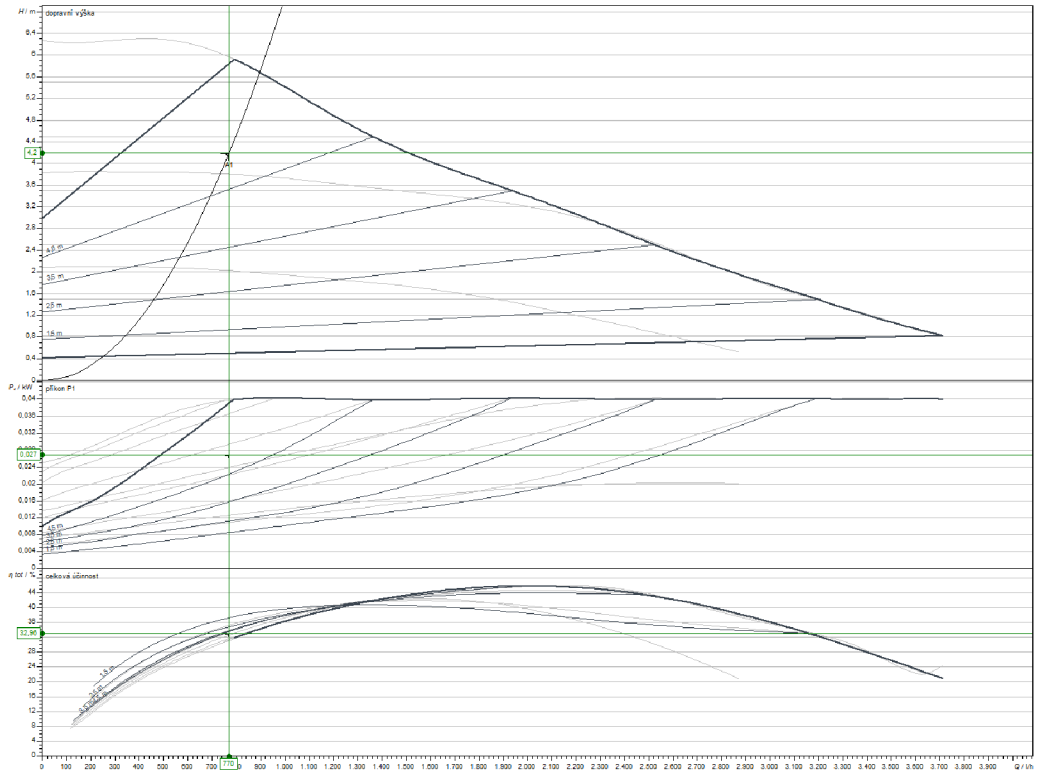
B.12) Návrh oběhových čerpadel

V soustavě je celkem 7 oběhových čerpadel. Tepelné čerpadlo a elektrokotel nabízí možnost interního čerpadla, u tepelného čerpadla je nutné jej definovat. Návrh externích čerpadel je proveden výpočetním programem na internetových stránkách výrobce.

B.12.1) Oběhové čerpadlo podlahového vytápění

Dopravní proud: 763 l/h

Dopravní výška: 41007 Pa



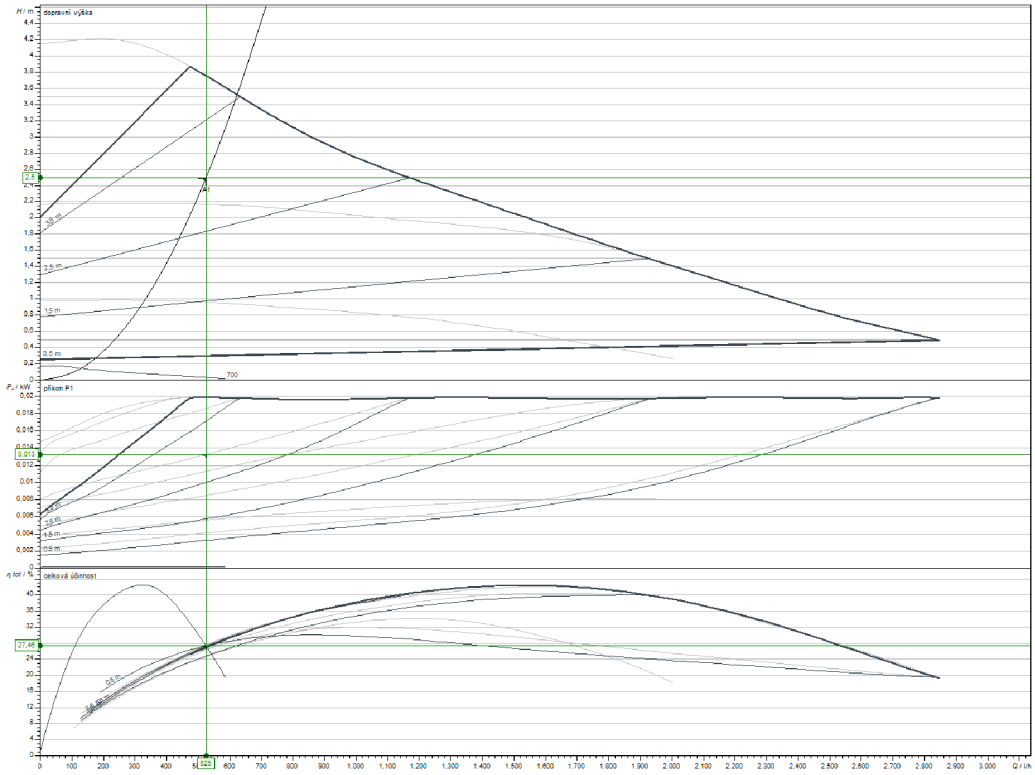
Obrázek 45 *Pracovní diagram oběhového čerpadla (29)*

V soustavě je navrženo oběhové čerpadlo WILO Stratos PICO 25/0,5-6.

B.12.2) Oběhové čerpadlo vzduchotechniky

Dopravní proud: 525 l/h

Dopravní výška: 23614 Pa



Obrázek 46 *Pracovní diagram oběhového čerpadla (29)*

V soustavě je navrženo oběhové čerpadlo WILO Stratos PICO 25/0,5-4.

B.12.3) Oběhové čerpadlo sálavých pásů

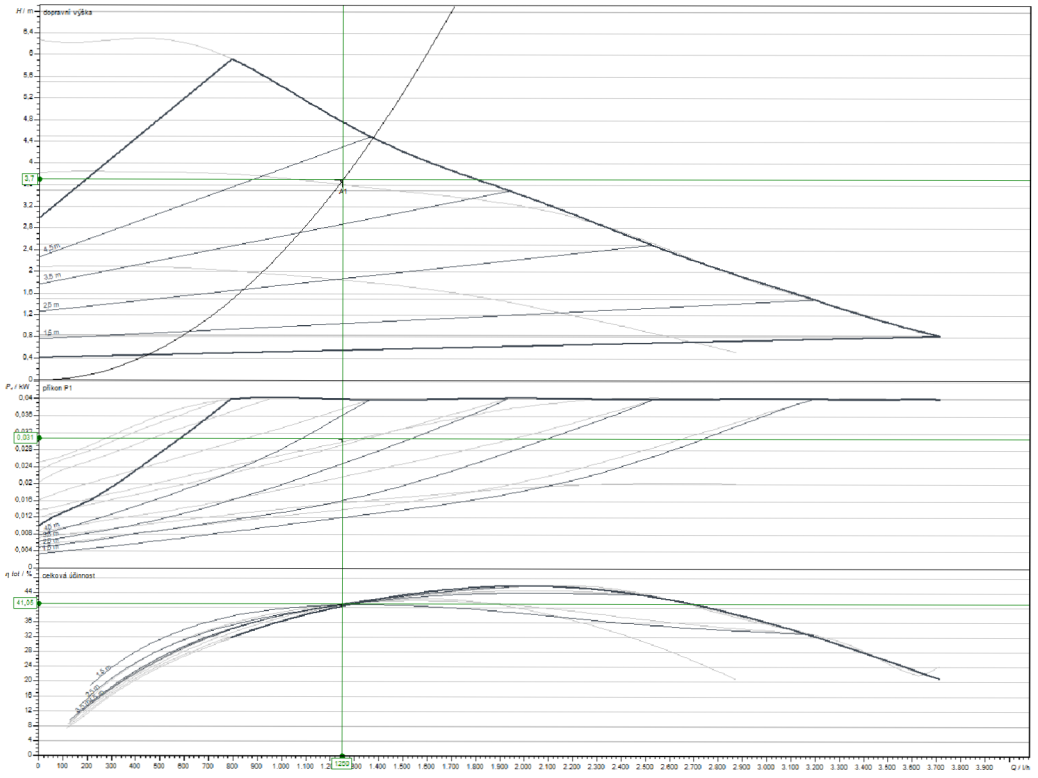
Dopravní proud: 4036 l/h
Dopravní výška: 62775 Pa

Obrázek 47 *Pracovní diagram oběhového čerpadla (29)*

V soustavě je navrženo oběhové čerpadlo WILO Yonos MAXO 25/0,5-10.

B.12.4) Oběhové čerpadlo fancoilů

Dopravní proud: 1250 l/h
Dopravní výška: 35761 Pa



Obrázek 48 *Pracovní diagram oběhového čerpadla (29)*

V soustavě je navrženo oběhové čerpadlo WILO Stratos PICO 25/0,5-6.

B.12.5) Oběhové čerpadlo tepelného čerpadla

Provozní režim – ohřev teplé vody

Dopravní proud: 4617,8 l/h

Dopravní výška: 34073 Pa

V pracovním diagramu oběhového čerpadla vyneseno červeně.

Provozní režim – vytápění

Dopravní proud: 3380 l/h

Dopravní výška: 23660 Pa

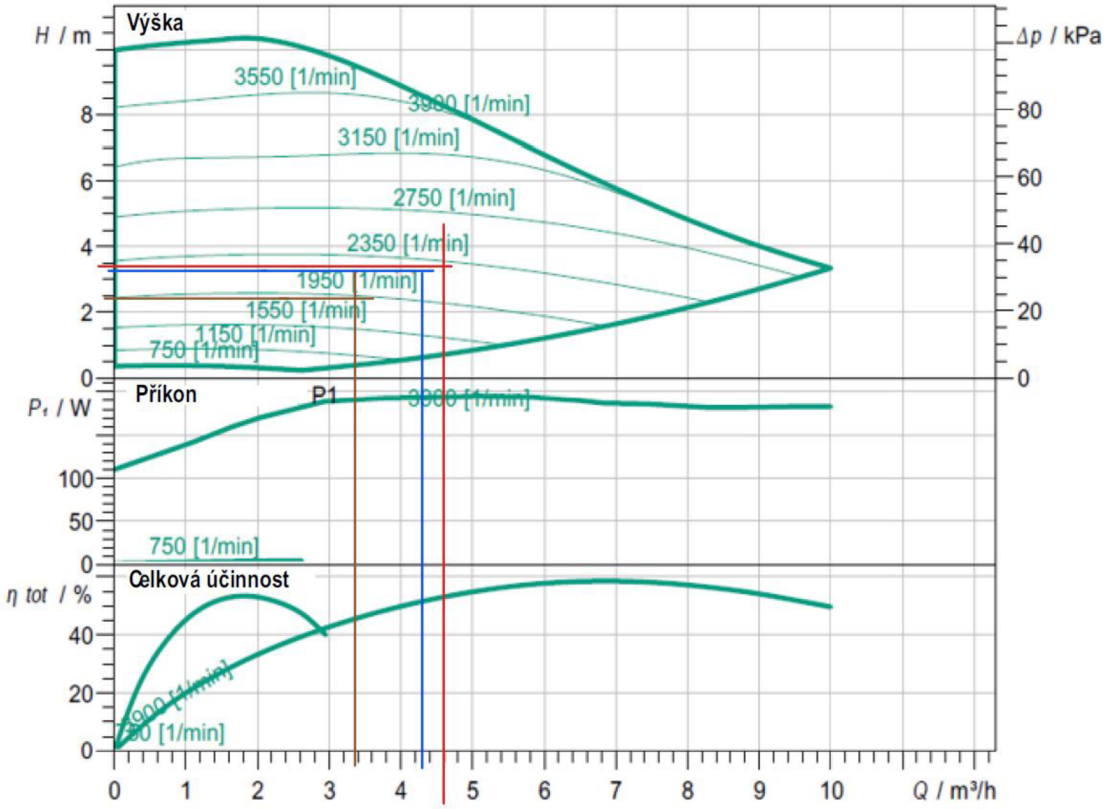
V pracovním diagramu oběhového čerpadla vyneseno hnědě.

Provozní režim – chlazení

Dopravní proud: 4331,3 l/h

Dopravní výška: 33905 Pa

V pracovním diagramu oběhového čerpadla vyneseno modře.



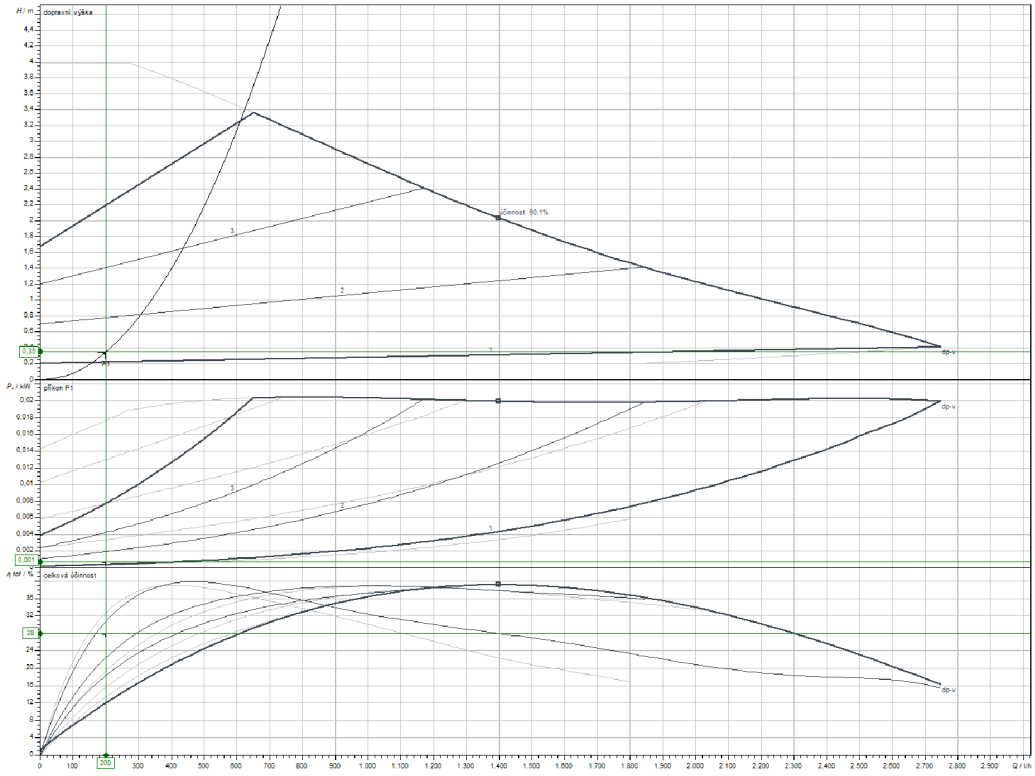
Obrázek 49 Pracovní diagram oběhového čerpadla (17)

Do tepelného čerpadla volím oběhové čerpadlo WILO Para-Maxo R25-180.

B.12.6) Oběhové čerpadlo při výpadku elektrické energie

Při výpadku elektrické energie je nutné ochránit deskový tepelný výměník tepelného čerpadla, který může prasknout vlivem zamrznutí vody, která nabude na svém objemu.

Dopravní proud: 200 l/h
Dopravní výška: 3010 Pa



Obrázek 50 *Pracovní diagram oběhového čerpadla (29)*

V soustavě je navrženo WILO Yonos PICO1.0 25/1-4 s minimálním příkonem 4 W. Napájeno bude záložním zdrojem Regulus PG 600 S–44 Ah. Přibližná doba zálohování je 5 hodin a 30 minut.

B.13) Návrh zabezpečovacího zařízení

Zabezpečovací zařízení jsou klíčové součástí otopných soustav. Cílem je chránit systém před nepříznivými vlivy a zajišťovat jeho bezpečný provoz.

B.13.1) Návrh expanzní nádoby

Expanzní nádoby pomáhají kompenzovat změny objemu vody v systému v důsledku teplotních změn a udržují požadovaný přetlak v soustavě. Výpočet velikosti expanzní nádoby je proveden v softwaru HySelect dle ČSN EN 12828+A1.

Objem vody v otopné soustavě	
Akumulační nádrž	800 l
Tepelné čerpadlo	10 l
Zásobníkový ohřívač teplé vody	22,6 l
Ohřívače VZT	20 l
Elektrokotel	6,4 l
Potrubí	130 l
Fancoily	30 l
Podlahové vytápění	120 l
Sálavé pásy	135 l
Celkem	**1275 l**

Základní údaje	
Celkový výkon zdrojů tepla	52 kW
Maximální teplota vody	60 °C
Výška otopné soustavy	5 m
Minimální konstrukční přetlak prvku	2,5 bar

Expanzní objem

$$V_{ex} = V_{system} \cdot e$$

Kde: V_{system} objem vody v OT [m^3]
e koeficient tepelné roztažnosti [-]

$$e = 1 - \frac{\rho_{w,max}}{\rho_{w,min}} = 1 - \frac{983{,}2}{1000} = 0{,}017$$

Kde: $\rho_{w,max}$ hustota vody při nejvyšší nastavené provozní teplotě v kg/m^3
$\rho_{w,min}$ hustota vody při nejnižší teplotě v soustavě v kg/m^3

$$V_{ex} = 1{,}275 \cdot 0{,}017 = 0{,}02168\ m^3$$

Nejmenší jmenovitý objem $V_{N,min}$

$$V_{N,min} = (V_{ex} + V_{wr,\min}) \cdot \frac{p_{fin} + 1}{p_{fin} - p_o}$$

Kde: $V_{wr,\min}$ nejmenší zásobní objem vody (vodní rezerva) [m^3]
p_{fin} konečný tlak [bar]
p_o minimální tlak [bar]

Expanzní nádoby o objemu větším než 15 litrů mají mít vodní rezervu nejméně 0,5 % celkového vodního objemu soustavy V_{system}, avšak nejméně 3 litry.

$$V_{N,min} = (0{,}021675 + 6{,}375 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{2{,}0 + 1}{2{,}0 - 0{,}8} = 0{,}070125\ m^3 = 70{,}13\ l$$

Volím tlakovou expanzní nádobu s membránovým vakem o jmenovitém objemu 140 l.

U tlakových membránových expanzních nádob musí počáteční tlak p_{ini} splňovat vztah

$$p_{ini} = \frac{p_{fin} + 1}{1 + \frac{V_{ex}}{V_N} \cdot \frac{p_{fin} + 1}{p_o + 1}} - 1\ [\text{bar}]$$

Kde: V_N jmenovitý objem expanzní nádoby [m^3]

$$p_{ini} = \frac{2{,}0 + 1}{1 + \frac{0{,}021675}{0{,}14} \cdot \frac{2{,}0 + 1}{0{,}8 + 1}} - 1 = 1{,}38\ bar$$

Správný návrh expanzní nádoby je dodržen za podmínky

$$p_{ini} \geq p_o + 0{,}3\ bar$$
$$1{,}38 \geq 1{,}1\ bar$$

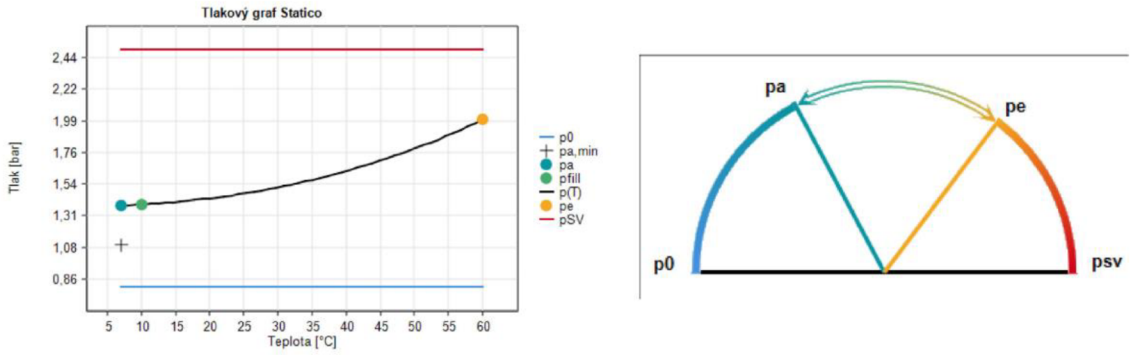
Expanzní nádoba o jmenovitém objemu 140 l vyhovuje.

Vybrané produkty pro udržování tlaku

Výběr vypočítaných zařízení pro udržování tlaku

Vstupní data		Vypočítané údaje	
Popis	**Hodnota**	**Popis**	**Hodnota**
Typ soustavy		**System expansion coefficient [e]**	0,0170
Typ kapaliny: Voda		**System expansion volume [Ve]**	21,7 l
Norma	EN 12828	**Total expansion volume [Ve,tot]**	21,7 l
System volume [Vs]	1275 l	**Min. vodní rezerva [Vwr,min]**	6,38 l
Instalovaný výkon [Qs]	52 kW	**Vessel net volume [Vn]**	28,1 l
Statická výška [Hst]	5 m	**Vodní rezerva [Vwr]**	34,3 l
Min. požadovaný tlak zařízení [pz]	0,8 bar	**Přetlak par [pv]**	0 bar
Otevírací tlak pojistného ventilu [pSV]	2,5 bar	**Minimální tlak [p0]**	0,8 bar
Bezpečnostní omez. teploty [TAZ]	100 °C	**Min. počáteční tlak [pa,min]**	1,1 bar
Teplota přívodu	60 °C	**Počáteční tlak [pa]**	1,38 bar
Teplota zpátečky	55 °C	**Plnicí tlak [pfill]**	1,39 bar
Minimální teplota [tsmin]	7 °C	**Konečný tlak [pe]**	2 bar
Teplota doplňování	10 °C	**Specifický průtok pro vyrovnání objemu [qN/Q]**	-
Udržování tlaku na	sání čerpadla	**Nezbytný průtok pro vyrovnání objemu [qN]**	-
Výtlak čerpadla	-	**Tlakový faktor [PF]**	2,50
Max. šířka	0 m	**Požadovaný nominální objem**	70,2 l
Max. výška	0 m	**Expanzní potrubí až do (10 m) [DNe]**	20 (3/4")
		Expanzní potrubí až do (30 m) [DNe]	20 (3/4")

Tabulka 36 *Výpočet expanzní nádoby softwarem HySelect*



Obrázek 51 *Grafické zobrazení tlaků v soustavě*

Obrázek 52 Tlaková expanzní nádoba s membránovým vakem Statico SU (30)

Statico SU
Štíhlé, válcové provedení

Typ	VN [l]	p0 [bar]	D	H	H***	m [kg]	S
3 bar (PS)							
SU 140.3	140	1,5	420	1274	1489	25	R3/4

Technický popis

Oblast použití:
Vytápěcí, solární a vodní chladicí soustavy.

Teplonosná látka:
Neagresivní a netoxické teplonosné látky. Pro mrazuvzdorné přísady až do 50%.

Tlaky:
Min. jmenovitý tlak, PSmin: 0 bar.
Max. jmenovitý tlak, PS: dle typu.

Teploty:
Maximální přípustná teplota vaku, TB: 70 °C
Minimální přípustná teplota vaku, TBmin: 5 °C

Pro účely PED:
Maximální přípustná teplota, TS: 120°C
Minimální přípustná teplota, TSmin: -10°C

Materiál:
Ocel. Barva berylium.
Uzavírací kouhout DLV: Mosaz.
Vzduchotěsný butylový vak airproof dle normy EN 13831 a dle podnikové normy Pneumatex.

Tabulka 37 Technický list tlakové expanzní nádoby s membránovým vakem (30)

Pojistné potrubí

$$d_{expanze} = 10 + 0{,}6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0{,}6 \cdot (15 + 39{,}55) = 14{,}4\ mm$$

Připojení expanzní nádoby Statico R3/4, navrhuji DN20.

Kde: $Q_p^{0,5}$ Celkový maximální výkon zdrojů (Výkon tepelného čerpadla při A12/W35 vzhledem k ekvitermnímu řízení)

B.13.2) Pojistný ventil

Pojistné ventily slouží k udržení tlaku v systému v přijatelných mezích. Hlavní funkcí je chránit otopný systém před nebezpečným přetlakem, který by mohl způsobit poškození potrubí, armatur a dalších zařízení otopné soustavy. Pokud tlak v systému přesáhne maximální povolenou hodnotu, pojistný ventil automaticky otevře a umožní uvolnění přebytečného tlaku, čímž chrání integritu systému.

Součástí tepelného čerpadla je pojistný ventil kalibrovaný na tlak 2,5 bar.
Součástí elektrokotle je pojistný ventil kalibrovány na tlak 3 bar.

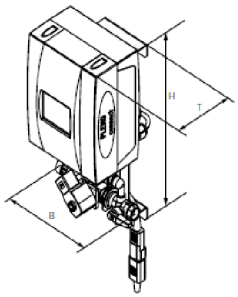
B.14) Návrh ostatních zařízení soustavy

B.14.1) Doplňování vody do systému

Navrhuji automatické doplňovací zařízení Pleno Connect pro topné a chladicí soustavy. Zařízení se skládá ze solenoidu, elektronického vodoměru, systémového oddělovače typu BA a řídící elektroniky. Zařízení je napojeno na pitnou vodu z vodovodního řadu.

Obrázek 53 Doplňovací zařízení Pleno Connect (31)

TecBox, Pleno PIX Connect



Pleno PIX Connect
TecBox. Doplňovací zařízení bez čerpadla. 1 solenoidový ventil, 1 kontaktní vodoměr, připojení pro Pleno P BA4 R, ovládací jednotka BrainCube.
Vstup (Swm): G3/4.
Výstup (Sout): G1/2.

Typ	PS [bar]	B	H	T	m [kg]	Pel [kW]	Kvs	Objednací č.
PIX	10	198	392	190	4,3	0,04	1,4	30106020001

T = Hloubka zařízení
Pel = Elektrický příkon

Tabulka 38 Technický list doplňovacího zařízení Pleno Connect (31)

B.14.2) Magnetický odlučovač

Tepelné čerpadlo je vybaveno magnetickým odlučovačem nečistot pro zachycení oxidů železa. Magnetický odlučovač chrání oběhové čerpadlo před magnetitem a hydraulický systém před nečistotami.

B.14.3) Magnetický filtr

Na sání elektrokotle je navržen kulový kohout s filtrem a magnetem. FilterBall lze při montáži umístit do vodorovné nebo svislé pozice, je nutné dodržet směr proudění pracovní kapaliny.

Obrázek 54 Kulový kohout s filtrem a magnetem (32)

Rozměry				DN	Kvs
G	Lc [mm]	L [mm]	H [mm]	[mm]	[m³/h]
3/4" F	140	65	100	20	7,8
3/4" F	140	65	95	20	7,8
1" F	146	78	106	25	10,2
1" F	146	78	103	25	10,2
5/4" F	182	87	129	32	19,0
5/4" F	182	87	122	32	19,0

Tabulka 39 Technický list FilterBall (32)

B.14.4) Třícestný přepínací kohout

V soustavě jsou navrženy třícestné přepínací kohouty. V letních měsících při chlazení je nutné provést obtok u akumulační nádrže z důvodu konvekce, chladnou vodu je vhodné skladovat v nižších vrstvách akumulační nádrže.

označení výrobku	kulový kohout
provedení ventilu	3cestný
připojení potrubí	vnitřní závit
světlost	DN50
hodnota kvs	25 m³/h
tlak	PN25
charakteristika	rovnoprocentní

Obrázek 55 Třícestný přepínací kohout (33)

B.14.5) Havarijní pohon

Na patě větve tepelného čerpadla jsou umístěny třícestné přepínací kohouty s havarijním pohonem Belimo SRFA-S2. Při přerušení napájecího napětí se ventil vrátí do nastavené havarijní polohy silou pružiny.

označení výrobku	bezpečnostní otočný pohon
kroutící moment	20 Nm
napájecí napětí	AC 24...240 V, DC 24...110 V
ovládání	otevřeno-zavřeno
doba přestavení	motor 75 s
doba přestavení (hav.fce)	pružina <20 s
připojení	kabel 1 m
havarijní funkce	mechanická
krytí	IP54
řada pohonu	SRF..A
pohon armatur	ano

Obrázek 56 Otočný pohon s havarijní funkcí (34)

B.14.6) Záložní zdroj

Při výpadku elektrické energie je nutné napájet oběhové čerpadlo WILO Yonos PICO1.0 25/1-4 s minimálním příkonem 4 W. Napájeno bude záložním zdrojem Regulus PG 600 S–44 Ah. Přibližná doba zálohování je 5 hodin a 30 minut. Záložní zdroj disponuje bezúdržbovým akumulátorem, ochranou proti přetížení, úplnému vybití akumulátoru a automatickým přepínáním ze sítě na napájení akumulátoru a zpět.

Obrázek 57 Záložní zdroj PG 600 S (35)

Technické údaje				
Záložní zdroj		**PG 600 S-18**	**PG 600 S-44**	**PG 600 S-100**
Vstup	jmenovité napětí rozsah napětí	230 V 50 Hz 140 ~ 280 V +/–5 %, 50 Hz +/–5 Hz		
Výstup	max. výstupní výkon střídače jmenovité napětí rozsah napětí (záložní režim) frekvence doba přepnutí tolerance frekvence (záložní režim) tvar výstupní vlny (záložní režim)	600 VA 230 V 230 V (± 5%) 50 Hz 8 až 12 ms ± 0,5 Hz hladká sinusoida		
Ostatní	rozměr (d x š x v) celková hmotnost s akumulátorem pracovní teplota okolí pracovní vlhkost okolí hlučnost	420 x 280 x 225 mm 16,4 kg	24,4 kg 0–40 °C 0–90 % bez kondenzace < 60 dB	39,4 kg
Akumulátory				
Typ			**olověný akumulátor**	
Technické údaje	jmenovité napětí akumulátoru nabíjecí proud počet kapacita akumulátorů		12 V 5 A (20 A) 1 18 Ah / 12 V	44 Ah / 12 V 100 Ah / 12 V
Doba zálohování				
příkon spotřebiče na výstupu (230 V) doba zálohování		20 W 3 h 11 min	65 W 3 h 35 min	120 W 4 h 37 min
příkon spotřebiče na výstupu (230 V) doba zálohování		45 W 2 h 2 min	100 W 2 h 26 min	250 W 2 h 31 min

Tabulka 40 Technický list záložního zdroje PG 600 S (35)

B.14.7) Filtry

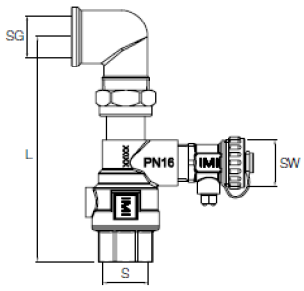
Na patách jednotlivých větví v technické místnosti jsou navrženy filtry Giacomini R74A. Filtr je osazen nerezovým sítkem, který zachycuje pevné nečistoty. Všechny filtry v soustavě jsou verze B, filtry lze dodatečně doplnit i magnetem.

Obrázek 58 Filtr s nerezovým sítkem R74A (36)

Kód	Kv	Max. průtok [m³/h]
VERZE A		
R74AY002	3,0	0,37
R74AY009	64,0	16
R74AY010	81,0	24
R74AY011	102,0	37
VERZE B		
R74AY103	3,5	0,83
R74AY104	5,9	1,5
R74AY105	10,0	2,3
R74AY106	18,2	3,8
R74AY107	20,9	5,9
R74AY108	32,0	9,2

Tabulka 41 Technický list filtru R74A (36)

B.14.8) Uzavírací kohout expanzní nádoby



Připojovací set DLV A

Vnitřní závit na obou stranách, 90° koleno se závitem opatřeným těsnícím materiálem pro přímé připojení expanzních nádob Statico SU.

Typ	PS [bar]	L	m [kg]	S	SG	SW	Objednací č.
DLV 20 A	16	130	0,61	Rp3/4	Rp3/4	G3/4	746 2000

Tabulka 42 Připojovací set DLV A k expanzní nádobě Statico (30)

B.14.9) Návrh izolace potrubí

Tepelná izolace pro potrubí je navržena v souladu s vyhláškou č.193/2007. Výpočet byl proveden na portálu Tzb-info. Potrubní rozvody pro vytápění budou izolovány řezanými potrubními pouzdry z minerální vlny, kašírované hliníkovou fólií Rockwool Pipo. Navržené tloušťky splňují požadavek součinitele prostupu tepla.

Během chlazení je nutné vyloučit riziko kondenzace vodních par na potrubí. Kaučukem budou zaizolovány všechny rozvody v kontaktu s chladící vodou z tepelného čerpadla včetně expanzního potrubí. Rovněž bude zaizolována kaučukem i větev ohřevu teplé vody z možné netěsnosti třícestného přepínacího ventilu.

LEGENDA IZOLACÍ/VYTÁPĚNÍ

DIMENZE	DN $_{193/2007}$	U_o	$U_{o,193/2007}$	POSUDEK	UMÍSTĚNÍ	TYP IZOLACE	TLOUŠŤKA [MM]
18x1,0	10-15	0,147	0,15	VYHOVUJE	HALA	PIPO ROCKWOOL	30
18x1,0	10-15	0,144	0,15	VYHOVUJE	ADMIN	PIPO ROCKWOOL	30
22x1,0	20-32	0,164	0,18	VYHOVUJE	HALA	PIPO ROCKWOOL	30
22x1,0	20-32	0,16(0,175)	0,18	VYHOVUJE	ADMIN	PIPO ROCKWOOL	30(25)
28x1,5	20-32	0,162	0,18	VYHOVUJE	HALA	PIPO ROCKWOOL	40
28x1,5	20-32	0,158	0,18	VYHOVUJE	ADMIN	PIPO ROCKWOOL	40
35x1,5	20-32	0,163	0,18	VYHOVUJE	HALA	PIPO ROCKWOOL	50
35x1,5	20-32	0,165	0,18	VYHOVUJE	ADMIN	PIPO ROCKWOOL	50
42x1,5	40-65	0,24	0,27	VYHOVUJE	HALA	PIPO ROCKWOOL	30
42x1,5	40-65	0,24	0,27	VYHOVUJE	ADMIN	PIPO ROCKWOOL	30
54x2	40-65	0,24	0,27	VYHOVUJE	ADMIN	PIPO ROCKWOOL	40

***Tabulka 43** Izolace potrubí – vytápění*

LEGENDA IZOLACÍ/CHLAZENÍ

DIMENZE	POVRCHOVÁ TEPLOTA [°C]	ROSNÝ BOD [°C]	TYP IZOLACE	TLOUŠŤKA [MM]
18x1,0	24,5	21,6	KAUČUK	25
22x1,0	24,5	21,6	KAUČUK	25
28x1,5	24,4	21,6	KAUČUK	25
35x1,5	24,3	21,6	KAUČUK	25

i : TEPLOTA MÉDIA 7 °C, TEPLOTA OKOLÍ 26 °C, VLHKOST 75%

***Tabulka 44** Izolace potrubí – chlazení*

B.15) Výpočet potřeby tepla

Určení roční potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody byl určen dle ČSN EN 73 0331-1. Byla zvolena denostupňová metoda.

B.15.1) Potřeba tepla administrativní budovy – vytápění

Lokalita	Karviná
Venkovní výpočtová teplota:	-15 [°C]
Průměrná teplota v otopném období	4 [°C]
Průměrná teplota v administrativě	20 [°C]
Potřebný tepelný výkon	7,54 [kW]
Počet topných dní	234 dní

Měrná tepelná ztráta prostupem a infiltrací

$$H_T = \frac{Q_{HL,admin}}{t_i - t_e}$$

Kde: $Q_{HL,admin}$ potřebný tepelný výkon pro administrativu [kW]
t_i průměrná vnitřní teplota [°C]
t_e venkovní výpočtová teplota [°C]

$$H_T = \frac{7{,}54}{20 - (-15)} = 0{,}215\ kW/K = 215\ W/K$$

Počet denostupňů

$$D = d \cdot (t_i - t_{es})$$

Kde: d počet topných dní
t_{es} průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]

$$D = 234 \cdot (20 - 4) = 3744$$

Opravný součinitel

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d$$

Kde: e_i nesoučasnost infiltrace
e_t redukce vnitřní teploty mimo pracovní dobu
e_d zkrácení doby vytápění (pětidenní provoz)

$$\varepsilon = 0{,}9 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8 = 0{,}576$$

Roční potřeba tepla na vytápění

$$E_{VYT,p} = \varepsilon \cdot h \cdot D \cdot H_T$$
$$E_{VYT,1,p} = 0{,}576 \cdot 24 \cdot 3744 \cdot 215 = 11{,}13\ MWh/r$$

Roční provozní topný faktor pro vytápění

$$COP_{H,gen} = COP_n \cdot f_{H,COP}$$

Kde: COP_n jmenovitý topný faktor tepelného čerpadla při jmenovitých podmínkách stanovených podle ČSN EN 14511-2.
$f_{n,COP}$ součinitel ročního provozu TČ pro vytápění/ohřev TV

$$COP_{H,gen} = 4{,}0 \cdot 0{,}83 = 3{,}32$$

Roční spotřeba elektrické energie tepelným čerpadlem na vytápění

$$E_{VYT,s} = \frac{E_{VYT,p}}{COP_{H,gen} \cdot \eta_{H,dis}}$$

Kde $\eta_{H,dis}$ účinnost distribuce otopné vody [%]

$$E_{VYT,1,s} = \frac{11{,}13}{3{,}32 \cdot 0{,}95} = 3{,}53\ MWh/r$$

B.15.2) Potřeba tepla skladovací haly – vytápění

Lokalita:	Karviná
Venkovní výpočtová teplota	-15 [°C]
Průměrná teplota v otopném období	4 [°C]
Průměrná teplota v hale	18 [°C]
Potřebný tepelný výkon	14,91 [kW]
Počet topných dní	234 dní

Měrná tepelná ztráta prostupem a infiltrací

$$H_T = \frac{14{,}91}{18 - (-15)} = 0{,}452\ kW/K = 452\ W/K$$

Počet denostupňů

$$D = 234\ \cdot (18 - 4) = 3276$$

Opravný součinitel

$$\varepsilon = 0{,}87 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8 = 0{,}557$$

Roční potřeba tepla na vytápění

$$E_{VYT,2,p} = 0{,}557 \cdot 24 \cdot 3276 \cdot 452 = 19{,}79\ MWh/r$$

Roční provozní topný faktor pro vytápění

$$COP_{H,gen} = 4{,}0 \cdot 0{,}83 = 3{,}32$$

Roční spotřeba elektrické energie tepelným čerpadlem na vytápění

$$E_{VYT,2,S} = \frac{19{,}79}{3{,}32 \cdot 0{,}95} = 6{,}27\ MWh/r$$

Celková roční spotřeba elektrické energie tepelným čerpadlem na vytápění

$$E_{VYT,S} = E_{VYT,1,S} + E_{VYT,2,S} = 6{,}27 + 3{,}53 = 9{,}8\ MWh/r$$

B.15.3) Potřeba tepla na ohřev teplé vody

Teplota studené vody v létě	15 [°C]
Teplota studené vody v zimě	10 [°C]
Teplota teplé vody	55 [°C]
Způsob přípravy teplé vody	otopnou vodou
Energie pro teplou vodu	34 kWh/den

Korekce proměnlivé vstupní vody

$$k_t = \frac{t_{tv} - t_{sv,L}}{t_{tv} - t_{sv,Z}}$$

Kde: t_{tv} teplota teplé vody [°C]
$t_{sv,L}$ teplota studené vody v létě [°C]
$t_{sv,Z}$ teplota studené vody v zimě [°C]

$$k_t = \frac{55 - 15}{55 - 10} = 0{,}89$$

Počet dnů pro přípravu teplé vody

$$d_{TV,Z} = 234 \cdot \frac{5}{7} = 167$$

$$d_{TV,L} = (350 - 234) \cdot \frac{5}{7} = 83$$

$d_{TV,Z}$ + $d_{TV,L}$ = 250 pracovních dnů v roce

Roční potřeba tepla na ohřev teplé vody

$$E_{TV,p} = E_{TV,den} \cdot d_{TV,Z} + k_t \cdot E_{TV,den} \cdot (d_{TV,L})$$

Kde: $E_{TV,den}$ denní potřeba energie pro dodávku teplé vody [kWh]

$$E_{TV,p} = 34 \cdot 167 + 0{,}89 \cdot 34 \cdot 83 = 8190\ kWh/r = 8{,}19\ MWh/rok$$

Roční provozní topný faktor na přípravu teplé vody

$$COP_{W,gen} = 4{,}0 \cdot 0{,}69 = 2{,}76$$

Roční spotřeba elektrické energie tepelným čerpadlem na ohřev teplé vody

$$E_{TV,S} = \frac{8{,}19}{2{,}76 \cdot 0{,}95} = 3{,}13\ MWh/rok$$

B.15.4) Potřeba tepla ohřívače VZT administrativní budovy

Lokalita:	Karviná
Venkovní výpočtová teplota	-15 [°C]
Průměrná teplota v otopném období	6 [°C]
Průměrná teplota v administrativě	20 [°C]
Počet topných dní pro VZT (16 °C)	258 dní

Měrná tepelná ztráta větráním

$$H_{VZT} = 0{,}34\ \cdot V \cdot \frac{t_i - t_{zzt}}{t_i - t_e}$$

Kde: V průtok vzduchu [m^3/h]
t_{zzt} teplota za rekuperátorem [°C]

$$H_{VZT} = 0{,}34\ \cdot 871 \cdot \frac{20 - 9{,}5}{20 - (-15)} = 88\ W/K$$

Počet denostupňů

$$D = 258\ \cdot (20 - 6) = 3612$$

Opravný součinitel

$$\varepsilon = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 = 0{,}8$$

Roční potřeba tepla ohřívače

$$E_{VZT,1,p} = 0{,}8 \cdot 24 \cdot 3612 \cdot 88 = 6{,}1\ MWh/r$$

Roční spotřeba elektrické energie tepelným čerpadlem pro ohřívač vzduchotechniky administrativní budovy

$$E_{VZT,1,s} = \frac{6,1}{3,32 \cdot 0,95} = 2\ MWh/rok$$

B.15.5) Potřeba tepla ohřívače VZT skladovací haly

Lokalita:	Karviná
Venkovní výpočtová teplota	-15 [°C]
Průměrná teplota v otopném období	6 [°C]
Průměrná teplota v hale	18 [°C]
Počet topných dní pro VZT (16 °C)	258 dní

Měrná tepelná ztráta větráním

$$H_{VZT} = 0,34\ \cdot 920 \cdot \frac{16,7 - 7,2}{16,7 - (-15)} = 94\ W/K$$

Počet denostupňů

$$D = 258\ \cdot (18 - 6) = 3096$$

Opravný součinitel

$$\varepsilon = 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,8$$

Roční potřeba tepla ohřívače

$$E_{VZT,2,p} = 0,8 \cdot 24 \cdot 3096 \cdot 94 = 5,6\ MWh/r$$

Roční spotřeba elektrické energie tepelným čerpadlem pro ohřívač vzduchotechniky haly

$$E_{VZT,2,s} = \frac{5,6}{3,32 \cdot 0,95} = 1,8\ MWh/r$$

Celková roční spotřeba elektrické energie tepelným čerpadlem pro ohřívače VZT

$$E_{VZT,S} = E_{VZT,1,s} + E_{VZT,2,s} = 2 + 1,8 = 3,8\ MWh/r$$

B.15.6) Potřeba tepla bivalentního zdroje

Výpočet pro teplotu	-9 až -10 °C
Přibližná doba v roce	60 h
Sepnutí elektrokotle	1x2 kW

$$E_{biv,1} = 60 \cdot 2 = 120\ kW$$

Výpočet pro teplotu	-11 °C
Přibližná doba v roce	50 hodin
Sepnutí elektrokotle	3x1 kW

$$E_{biv,2} = 50 \cdot 3 = 150\ kW$$

Výpočet pro teplotu	-12 °C až -13 °C
Přibližná doba v roce	60 hodin
Sepnutí elektrokotle	3x2 kW

$$E_{biv,3} = 60 \cdot 6 = 360\ kW$$

Výpočet pro teplotu	-14 °C
Přibližná doba v roce	30 hodin
Sepnutí elektrokotle	2x3 + 1x2 kW

$$E_{biv,4} = 30 \cdot 8 = 240\ kW$$

Výpočet pro teplotu	-15 °C
Přibližná doba v roce	30 hodin
Sepnutí elektrokotle	3x3 kW

$$E_{biv,5} = 30 \cdot 9 = 270\ kW$$

Celková roční spotřeba elektrické energie elektrokotle

$$E, biv = E_{biv,1} + E_{biv,2} + E_{biv,3} + E_{biv,4} + E_{biv,5}$$
$$E, biv = 120 + 150 + 360 + 240 + 270 = 1{,}14\ MWh/r$$

B.15.7) Celková roční potřeba a spotřeba elektrické energie

Potřeba

$$E_P = E_{VYT,1,p} + E_{VYT,2,p} + E_{VZT,1,p} + E_{VZT,2,p} + E_{TV,p} + E_{biv}$$
$$E_P = 11{,}13 + 19{,}79 + 6{,}1 + 5{,}6 + 8{,}19 + 1{,}14 = \mathbf{52\ MWh/r}$$

Spotřeba

$$E_S = E_{VYT,S} + E_{VZT,S} + E_{TV,s} + E_{biv}$$
$$E_S = 9{,}8 + 3{,}8 + 3{,}13 + 1{,}14 = \mathbf{17{,}9\ MWh/r}$$

C – TECHNICKÁ ZPRÁVA

C.1) Úvod

Projektová dokumentace řeší vytápění, chlazení a přípravu teplé vody pro administrativní budovu se skladovací halou. Projektová dokumentace je zpracována v rozsahu pro provádění staveb. Podkladem k vypracování projektu byla projektová dokumentace stavby, technické listy výrobců, normy a vyhlášky.

C.1.1) Popis objektu

Objekt se nachází v Moravskoslezském kraji, okres Karviná. Administrativní budova je navržena jako jednopodlažní ocelový skelet s nosnými obvodovými stěnami z keramických tvárnic Porotherm EKO+ 44, opláštěné zvenčí obkladem z palubek severského smrku. Nosné zdivo na styku s halou a administrativní budovou je provedené z keramických tvárnic Porotherm 25 AKU Z PROFI, zatepleno z prostoru haly minerální vlnou s kolmým vláknem. Nenosné svislé konstrukce jsou z keramických tvárnic Porotherm 11,5 a 8 PROFI. Stropní konstrukci administrativní budovy tvoří trapézový plech. Střecha administrativní budovy je plochá a pochozí ve výšce 4 m nad úrovní 1NP. Střešní krytina je navržena jako EPDM membrána. Okna a dveře jsou hliníková.

Skladovací hala je navržena rovněž jako ocelový skelet, opláštěna sendvičovými panely s tepelnou izolací Kingspan. Střešní konstrukce je tvořena příhradovým ocelovým vazníkem a systémovým zatepleným panelem Kingspan. Okna a dveře jsou hliníková.

C.2) Tepelné ztráty

Tepelné ztráty byly vypočteny a stanoveny dle ČSN EN 12831-1.

C.2.1) Klimatické údaje

Lokalita:	Karviná
Venkovní výpočtová teplota	-15 °C
Průměrná teplota v otopném období	4 °C
Počet topných dní	234 dní
Nadmořská výška	230 m n. m.

C.2.2) Vnitřní výpočtové teploty

Kanceláře, zasedací místnost, denní místnost	20 °C
Hygienická místnost se sprchou	24 °C
Zádveří	15 °C
Skladovací hala	18 °C

C.2.3) Vypočtené tepelné výkony

Tepelná ztráta prostupem	20 kW
Tepelná ztráta větráním a infiltrací	8,7 kW

C.3) Roční potřeba a spotřeba tepla

Pro výpočet roční potřeby tepla byla použita denostupňová metoda.

C.3.1) Roční potřeba tepla

Vytápění	30,92	MWh/rok
Vzduchotechnika	11,7	MWh/rok
Bivalentní zdroj	1,14	MWh/rok
Teplá voda	8,19	MWh/rok
Celkem	51,95	MWh/rok

C.3.2) Roční spotřeba tepla

Vytápění	12,67	MWh/rok
Vzduchotechnika	4,03	MWh/rok
Bivalentní zdroj	4,8	MWh/rok
Teplá voda	1,14	MWh/rok

C.4) Zdroj tepla a další zařízení

C.4.1) Popis zdroje tepla

Jako zdroj tepla pro vytápění je navrženo tepelné čerpadlo Templari Kita LP Plus 35 vzduch/voda v provedení monoblok s chladivem R290. Jednotka bude umístěna na ploché a pochozí střeše administrativní budovy. Tepelné čerpadlo má výkon 19,61 kW při A-15/W55, přičemž požadovaný tepelný výkon objektu při venkovní teplotě -15 °C je 27,7 kW. Bod bivalence, tedy teplota, při které čerpadlo přestává být schopné pokrýt tepelný výkon samostatně nastává při venkovní teplotě -9 °C. Tepelné čerpadlo je navrženo jako paralelně bivalentní, zbývající potřebný výkon bude zajištěn elektrokotlem Bosch Tronic Heat 3500 s výkonem 15 kW, který je umístěn v technické místnosti administrativní budovy.

C.4.2) Popis zdroje chladu

Zdrojem chladu v letních měsících bude totožné tepelné čerpadlo Templari Kita LP Plus 35 vzduch/voda v provedení monoblok. Jednotka disponuje výkonem 27,83 kW pro A35/W7.

C.4.3) Akumulační nádoba

Výrobce stanovuje minimální objem akumulační nádrže na 800 l. V soustavě je navržena jedna akumulační nádrž o objemu 800 l. Akumulační nádrž s pomocí elektrokotle je schopna pokrýt dodávku tepla do systému při přednostní přípravě teplé vody. Nádrž rovněž plní funkci hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků v soustavě. V letních měsících slouží nádrž k uchování chladu, je proto nutné otočit větev přívodu a zpátečky, aby chladná voda byla přiváděna do nižších vrstev akumulační nádoby. Pro zamezení kondenzace vodních par bude akumulační nádrž zaizolována do kaučuku. Použití jiné izolace, než s uzavřenou strukturou buněk je nepřípustné.

C.4.4) Zabezpečovací zařízení

Expanzní nádoby pomáhají kompenzovat změny objemu vody v systému v důsledku teplotních změn a udržují požadovaný přetlak v soustavě. V soustavě je navržená expanzní nádoba Statico SU.140 o objemu 140 l, která je umístěna v technické místnosti. Soustava se bude tlakově pohybovat v rozmezí 1,38 bar až 2 bar.

Součástí tepelného čerpadla je pojistný ventil kalibrováný na tlak 2,5 bar. Elektrokotel je vybaven pojistným ventilem kalibrovaným na tlak 3 bar.

C.4.5) Fancoil jednotky

Tepelnou zátěž v letních měsících budou odvádět dvoucestné podstropní fancoily umístěné v místnostech 102, 113 a 114. Jednotky jsou navrženy na teplotní spád 8/14 °C. V objektu je navrženo 5 jednotek.

C.4.6) Doplňování vody do systému a odvzdušnění

Na sání čerpadla je instalováno monitorovací zařízení pro udržování tlaku Pleno Connect, které je napojeno na pitnou vodu. Zařízení zaručuje minimální vodní rezervu, která je nezbytná pro funkci expanzních nádob. Odvzdušnění soustavy se provede pomocí odvzdušňovacích ventilů, které jsou umístěny v nejvyšších bodech dílčích větví. Odvzdušnění sálavých pásu bude pomocí manuálního odvzdušňovacího ventilu umístěného na zpátečce před technickou místnosti. U odvzdušňovacího ventilu bude nádobka se svodem do úrovně 1,5 m nad podlahou skladovací haly pro snadné odvzdušnění.

C.4.7) Vypouštění vody ze systému

Vypouštění vody je řešeno pomocí vypouštěcích ventilů, rovněž jsou v soustavě navrženy vyvažovací ventily STAD s vypouštěním.

C.4.8) Oběhová čerpadla

V soustavě jsou navržena oběhová čerpadla WILO. Celkem je v soustavě instalováno 5 externích čerpadel umístěných na větvích, zatímco 2 čerpadla jsou interní a součástí tepelného čerpadla a elektrokotle. Čerpadlo na patě větve tepelného čerpadla slouží jako ochranný prvek tepelného čerpadla při výpadku elektrické energie a je napájeno záložním zdrojem Regulus PG 600-S s externím akumulátorem 44 Ah, který zajistí chod čerpadla přibližně na 5 hodin a 30 minut.

C.5) Ohřev teplé vody

Ohřev teplé vody je navržen jako přednostní do stacionárního nepřímotopného zásobníku o objemu 300 l. Dodávka tepla do zásobníku teplé vody proběhne 5x v časovém intervalu 9 min. Teplotní spád pro teplou vodu je navržen na 60/55 °C. Výstupní teplota teplé vody je 55 °C.

C.6) Otopná soustava

Otopná soustava je navržena jako dvoutrubková s nuceným oběhem vody. Pro administrativní budovu je navrženo podlahové vytápění s potrubím PB-R 15x1,5 mm, které je kladeno do vzoru spirály. Pro skladovací halu jsou navrženy teplovodní sálavé pásy. Výstupní teplota otopné vody je založena na principu ekvitermní regulace.

Teplotní spád pro podlahové vytápění	35/24 °C
Teplotní spád pro sálavé panely	50/46,4 °C
Teplotní spád tepelného čerpadla	55/50 °C
Teplotní spád TČ pro TV	60/55 °C

Rozvody jsou navrženy jako měděné. Ke spotřebičům jsou vedeny pod stropem. Dilatace potrubí je zajištěna zalamováním. Rozvody procházející stavebními konstrukcemi je nutné protáhnout chráničkou.

Soustava je rozdělena na 4 hlavní větve	
V1 – Sálavé pásy ve skladovací hale	50/46,4 °C, 16,81 kW, 4036 kg/h
V2 – Vzduchotechnika	50/40 °C, 6,1 kW, 525 kg/h
V3 – Podlahové vytápění	35/24 °C, 9,3 kW, 763 kg/h
V4 – Chlazení fancoily	8/14 °C, 8,75 kW, 1250 kg/h

C.7) Izolace rozvodů

Tepelná izolace pro potrubí je navržena v souladu s vyhláškou č.193/2007. Potrubní rozvody pro vytápění budou izolovány řezanými potrubními pouzdry z minerální vlny, kašírované hliníkovou fólií Rockwool Pipo.

Během chlazení je nutné vyloučit riziko kondenzace vodních par na potrubí. Kaučukem budou zaizolovány všechny rozvody v kontaktu s chladící vodou z tepelného čerpadla včetně expanzního potrubí. Rovněž bude zaizolována kaučukem i větev ohřevu teplé vody z možné netěsnosti třícestného přepínacího ventilu.

C.8) Vzduchotechnika

Administrativní budova se skladovací halou je větrána nuceně pomocí dvou vzduchotechnických jednotek, které jsou vybaveny zpětným získáváním tepla s účinností 70 %. Teplota přívodního vzduchu pro administrativní budovu je stanovena na 20 °C. Teplota přívodního vzduchu pro skladovací halu je stanovena na 16,7 °C z důvodu sálavého vytápění a možnosti přívodu vzduchu o nižší teplotě. Obě vzduchotechnický jednotky jsou vybaveny teplovodním výměníkem pro dohřátí vzduchu na požadovanou teplotu.

C.9) Měření a regulace

Řízení přednostního ohřevu teplé vody je pomocí třícestného přepínacího ventilu. Regulace výstupní teploty otopné vody je založena na ekvitermní křivce. Jednotlivé větve jsou vybaveny třícestný regulačním ventilem. Větev vzduchotechniky má směšování navrženo před ohřívačem. Podrobný návrh vzduchotechniky nebyl předmětem bakalářské práce.

C.10) Požadavky na ostatní profese

C.10.1) Stavební práce

Potrubí procházející stavebními konstrukcemi bude protáhnuto chráničkou. Rozvody vedené v podhledu nebo volném prostoru budou řádně ukotveny do nosných konstrukcí. Je nezbytné koordinovat činnosti s probíhajícími stavebními pracemi, aby byla zajištěna správná instalace zařízení. Tepelné čerpadlo bude umístěno na ploché střeše, kde bude zajištěn potřebný prostor pro montáž, servis a jeho správný chod.

C.10.2) Zdravotechnika

Tepelné čerpadlo je vybaveno topným článkem proti zamrznutí kondenzátu, který bude sveden do střešní vpusti na ploché střeše. Technická místnost bude vybavena podlahovou vpustí pro odvod úkapů z pojistných ventilů a případných úkapů ze servisních úkonů. Bude zajištěn přívod pitné vody do technické místnosti k automatickému doplňovacímu zařízení a k zásobníku teplé vody.

C.10.3) Elektroinstalace

Potřebné příkony a jištění pro všechna zařízení jsou v technických listech výrobců. Samostatný projekt bude zajištěn profesí elektroinstalace.

C.10.4) Vzduchotechnika

Samostatný projekt bude zajištěn profesí vzduchotechnika. Projekt zajistí splnění požadavků na úpravu mikroklimatických parametrů. Konkrétní zařízení bude navrženo tak, aby splňovalo dané požadavky komfortu prostředí a vyhovovalo funkci a provozu konkrétních prostor.

C.11) Montáž a uvedení do provozu

C.11.1) Zdroj tepla a chladu

Montáž a uvedení do provozu provede osoba s odbornou kvalifikací a oprávněním k provádění dané činnosti. Při montáži zařízení je nutno postupovat dle montážních pokynů, které stanovuje výrobce. Tepelné čerpadlo bude umístěno na ploché střeše administrativní budovy na rovném a stabilním podkladu, který musí mít únosnost odpovídajícího zatížení. Je nutné dodržet minimální vzdálenosti uvedené v technickém listu, aby bylo zajištěno správné proudění vzduchu a umožněny údržbové práce. Vzhledem k tomu, že chladivo R290 má vyšší hustotu než vzduch, je nezbytné zabránit vzniku výbušné nebo dusivé směsi v případě úniku chladiva ze zařízení. Při úniku se nesmí chladivo dostat do objektu skrze prostupy nebo jiné otvory. V okolí tepelného čerpadla nebudou žádné zdroje vznícení, např. zásuvky apod.

C.11.2) Otopná soustava

Montáže a uvedení zařízení do provozu provede osoba s odbornou kvalifikací a oprávněním k provádění dané činnosti. Při montáži zařízení je nutno postupovat dle montážních pokynů, které stanovuje výrobce. Před uvedením do provozu budou všechny armatury seřízeny dle projektové dokumentace.

C.12) Zkoušky otopné soustavy

Před uvedením soustavy do provozu budou zhotoveny zkoušky dle ČSN 06 0310.

Zkouška podlahového vytápění bude provedena dle ČSN EN 1264-4.

Provozní zkoušku lze provést po úspěšné zkoušce těsnosti.

C.12.1) Zkouška těsnosti

Soustava se naplní vodou, odvzdušní a celá se prohlédne, přičemž se nesmí jevit viditelné netěsnosti. Soustava zůstane naplněná minimálně 6 hodin. Zkouška je úspěšná, pokud se neobjeví netěsnosti anebo výrazně neklesne tlak v soustavě. Případné netěsnosti je nutné odstranit a zkoušku opakovat. Zkouška se provede za účasti zástupce investora a ze zkoušky bude zhotoven protokol.

Pro podlahové vytápění je možné zkoušku provést stlačeným vzduchem. Před položením roznášecí vrstvy je potřeba provést tlakovou zkoušku, přičemž musí být dodržena hranice poklesu tlaku za hodinu. Počáteční zátop bude proveden nejdříve 7 dnů po vylití anhydritové mazaniny, nestanovuje-li výrobce jinak. Počáteční zátop bude při výstupní teplotě 25 °C, teplota bude konstantní po dobu tří dnů. Následně se nastaví vyšší výstupní teplota dle dohody a udržuje se nejméně 4 dny. Cílem zátopu není způsobit tepelné šoky roznášecí vrstvě, ale uvést soustavu do provozu a ověřit její celistvost.

C.12.2) Provozní zkouška

Provozní zkouška se skládá ze zkoušky dilatační a topné. Topnou zkoušku nelze započít, pokud nebyla úspěšně provedena zkouška dilatační.

Dilatační zkouška

Voda se ohřeje na nejvyšší dovolenou teplotu a následně se nechá vychladnout na teplotu okolního vzduchu. Následně se celý proces zopakuje. Zkouška je úspěšná, nejsou-li zjištěny žádné netěsnosti v soustavě. Případné netěsnosti je nutné odstranit a zkoušku opakovat. Zkouška se provede za účasti zástupce investora a výsledek zkoušky se zapíše do stavebního deníku nebo bude zhotoven samostatný protokol.

Topná zkouška

U soustav do 100 kW lze topnou zkoušku provádět mimo otopné období a musí trvat minimálně 24 hodin. Během zkoušky se zaškolí její obsluha a je možné soustavu seřídit, je-li to zapotřebí. Případné nedostatky je nutné opravit a zkoušku opakovat. Topná zkouška bude provedena za účasti zástupce investora, dodavatele a projektanta. O jejím výsledku bude zhotoven protokol.

C.13) Bezpečnost

C.13.1) Bezpečnost při realizaci díla

Bezpečnost práce bude zajištěna zhotovitelem.

- Nařízení vlády č. 591/2006 Sb. o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích.
- Zákon č. 309/2006 Sb. kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

C.13.2) Požární bezpečnost

Budou dodrženy požadavky na požární bezpečnost, stanovené normou ČSN 73 0810.

C.14) Ochrana zdraví a životního prostředí

Stavba a navržené systémy budou mít minimální vliv na životní prostředí.

S odpady, které vzniknou během výstavby bude nakládáno dle zákona č. 541/2020 Sb.

C.15) Normy, vyhlášky, zákony

- ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – tepelný výkon
- ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – požadavky
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – návrhové hodnoty veličin
- ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN 73 0331-1 Energetická náročnost budov – typické hodnoty pro výpočet
- ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – příprava teplé vody
- ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – společná ustanovení
- Zákon č. 541/2020 Sb. zákon o odpadech
- Zákon č. 309/2006 Sb. zákon, kterým se upravují požadavky na bezpečnost práce
- Zákon č.591/2006 Sb. o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost práce
- ČSN 06 0310 Tepelné soustavy v budovách
- ČSN EN 1264-4 Zabudované vodní velkoplošné otopné soustavy
- ČSN EN 15665 Větrání budov – stanovení výkonových kritérií
- ČSN EN 14037-1 Závěsné otopné a chladící plochy – technické požadavky
- ČSN EN 14511-2 Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin
- ČSN EN 12828+A1 Tepelné soustavy v budovách
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před hlukem

Závěr

Bakalářská práce byla zaměřena na návrh systému vytápění, chlazení a přípravy teplé vody pomocí tepelného čerpadla pro administrativní budovu se skladovací halou.

Teoretická část rozebírá velkoplošné sálavé vytápění, které je aplikováno v rámci výpočtové a projektové části.

Výpočtová část popisuje návrh systému vytápění a chlazení pro daný objekt, včetně výpočtu tepelných ztrát a tepelné zátěže. Jako zdroj tepla a chladu bylo zvoleno tepelné čerpadlo vzduch/voda v provedení monoblok s chladivem R290, pracující v paralelně bivalentním provozu. V administrativní budově je instalováno podlahové vytápění, zatímco ve skladovací hale jsou navrženy teplovodní sálavé panely. Návrh zahrnuje i všechna dílčí zařízení soustavy včetně jejich zaregulování. Chlazení administrativní budovy je řešeno pomocí fancoilů. Příprava teplé vody je navržena jako přednostní pomocí stacionárního nepřímotopného zásobníku. Byl rovněž stanoven energetický štítek obálky budovy a potřeba tepla.

Projektová část zahrnuje technickou zprávu a výkresovou dokumentaci, která popisuje navržený systém.

Seznam použitých zdrojů

1. Počinková, Ing. Marcela. *TZB II-Vytápění budov, Modul 2, Otopná tělesa.* Brno, 2006.

2. Rozdíl mezi šířením tepla, E-konstruktér. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://e-konstrukter.cz/novinka/jaky-je-rozdil-mezi-prenosem-tepla-vedenim-proudenim-a-salanim.

3. Způsoby šíření tepla, E-konstruktér. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://e-konstrukter.cz/files/articles/thumbs/x50pyn53dr6i61cciyst47tv0d73ro_270x-1448809723.gif.

4. Ing. Jiří Bašta, Ph.D. *Velkoplošné sálavé vytápění.* Praha : Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3524-5.

5. Tepelné toky člověka, VŠB. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FAST/TZB_FBI/pict/501.png.

6. Centnerová, Ing. Lada. Tepelná pohoda a nepohoda, Tzb-info. [Online] 13. 12 2000. [Citace: 18. 4 2024.] https://vetrani.tzb-info.cz/vnitrni-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda.

7. prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D., Ing. Ondřej Hojer, Ph.D. *Sálavé a průmyslové vytápění.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2021. ISBN 978-80-01-06814-4.

8. Rozdíl sálavého a teplovzdušného vytápění, Kotrbatý. [Online] [Citace: 2024. 4 18.] https://www.kotrbaty.cz/wp-content/uploads/2020/01/schema-A3.png.

9. Rozdíl sálavého a teplovzdušného vytápění, Kotrbatý. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.kotrbaty.cz/wp-content/uploads/2020/01/schema-B3.png.

10. prof. Ing. Dušan Petráš, Ph.D., Ing. Daniela Koudelková, Ph.D., doc. Ing. Karel Kabele, CSc. *Teplovodní a elektrické podlahové vytápění.* Bratislava : Jaga group, 2004. ISBN 80-88905-97-4.

11. doc. Ing. Jiří Bašta, Ph.D. Podlahové vytápění - varianty, projektování, Tzb-info. [Online] 31. 7 2006. [Citace: 18. 4 2024.] https://vytapeni.tzb-info.cz/docu/clanky/0034/003442o2.gif.

12. Hennlich. Kapilární rohože, Hennlich. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.hennlich.cz/media/2xbp1w3z/csm_kapillarrohrmatten_1_6a9f77785d.png?width=260&height=260&rnd=133071144978970000.

13. Varianty upevnění otopného hadu, Rehau. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.rehau.com/cz-cs/privatni-investor/podlahove-vytapeni.

14. William D. Callister, Jr., David G.Rethwisch. *Materials Science And Engineering.* Hoboken : Wiley, 2018. ISBN-13: 9781119321590.

15. Anhydritová podlaha. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.anhydrit-podlahy.cz/sites/default/files/podlahove-topeni-orez.jpg.

16. Technický list teplovodních sálavých pásů, Kotrbatý. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.kotrbaty.cz/wp-content/uploads/2022/10/technicke-podminky-KSP-KIT_2022_v1.4-CZ.pdf.

17. Technický list tepelného čerpadla Templari, Brilon. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://brilon.sharefile.eu/share/view/s8df3b5b6153a47ccacaccf12d90f7ffe.

18. Tabulka výkonů Templari, Brilon. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://brilon.sharefile.eu/share/view/sb5653efdd76f4ed4b04b29b7dee677a1.

19. Technický list elektrokotle Bosch Tronic Heat 3500, Bosch. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://junkers-cz-cs-c.boschtt-documents.com/download/pdf/file/6720859228.pdf?token=j8pk48qh80qr4b5ejj5lnfu7n2.

20. Technický list akumulační nádrže PS800N+, Regulus. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.regulus.cz/download/tech-listy/cz/tl_cz_technicky-list_ps-800-nplus.pdf.

21. Technický list ohřívače vody HRS 300, Brilon. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.brilon.cz/produkt/hrs-300/.

22. Kazetová jednotka, FläktGroup. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.flaktgroup.com/cs/products/air-diffusion/klimatizacni-jednotky/klimatizacni-jednotky-bez-pripojeni-na-vzduchotechnicky-system/kazetove-jednotky-cassette-geko/.

23. Projekční podklady, FläktGroup. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.flaktgroup.com/api/v1/Documents/131779?analytics=0.

24. Rozdělovač a sběrač Dynacon Eclipse, IMI Hydronic Engineering. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://www.imi-hydronic.com/cs/product/dynacon-eclipse.

25. Ta-Compact-P, IMI Hydronic Engineering. [Online]

26. Ta-Modulator, IMI Hydronic Engineering. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://www.imi-hydronic.com/cs/product/ta-modulator-0.

27. Vyvažovací ventil STAD, IMI Hydronic Engineering. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://www.imi-hydronic.com/cs/product/stad-pn-25.

28. Třícestný směšovací ventil CV316 RGA, IMI Hydronic Engineering. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://www.imi-hydronic.com/cs/product/cv216316-rga.

29. Dimenzování oběhových čerpadel, Wilo. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://wilo.com/cz/cs/N%C3%A1stroje/.

30. Pneumatex Statico, IMI Hydronic Engineering. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.imi-hydronic.com/cs/product/statico.

31. Pneumatex Pleno Connect, IMI Hydronic Engineering. [Online] [Citace: 18. 4 2024.] https://www.imi-hydronic.com/cs/product/pleno-connect.

32. Kulový kohout s filtrem a magnetem FilterBall, Regulus. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://www.regulus.cz/cz/magnet-filterball.

33. Třícestný přepínací kohout R3050-25-S4, Belimo. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://www.belimo.cz/r3050-25-s4/.

34. Otočný pohon s havarijní funkcí SRFA-S2, Belimo. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://www.belimo.cz/srfa-s2/.

35. Záložní zdroj PG 600 S, Regulus. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://www.regulus.cz/cz/zdroj-zalozni-pg-600-s-44-ah.

36. Filtr se sítkem R74A, Giacomini. [Online] [Citace: 20. 5 2024.] https://www.giacomini.cz/katalog/r74a.

37. kolektiv autorů, Ing. Bohumil Pešek. *Vytápění a teplá užitková voda*. Praha : ŠEL, 2002. ISBN 80-86426-07-6.

Seznam tabulek a obrázků

Tabulka 1 Výpočet součinitele prostupu tepla softwarem ... 38
Tabulka 2 Výpočet součinitele prostupu tepla ručně ... 38
Tabulka 3 Součinitele prostupu tepla svislými konstrukcemi – administrativa ... 40
Tabulka 4 Součinitele prostupu tepla vodorovnými konstrukcemi – administrativa ... 41
Tabulka 5 Součinitele prostupu tepla výplní otvorů – administrativa ... 42
Tabulka 6 Součinitele prostupu tepla vodorovnými konstrukcemi – hala ... 43
Tabulka 7 Součinitele prostupu tepla svislými konstrukcemi – hala ... 43
Tabulka 8 Součinitele prostupu tepla výplní otvorů – hala ... 44
Tabulka 9 Souhrn konstrukcí a jejich součinitele prostupu tepla ... 44
Tabulka 10 Stanovení průtoků vzduchu VZT jednotek ... 48
Tabulka 11 Tepelné ztráty místností administrativní budovy ... 54
Tabulka 12 Ruční výpočet tepelných ztrát ... 55
Tabulka 13 Výkon pro ohřívač VZT administrativy ... 56
Tabulka 14 Tepelné ztráty místností haly ... 60
Tabulka 15 Výkon pro ohřívač VZT haly ... 60
Tabulka 16 Souhrn tepelných ztrát ... 61
Tabulka 17 Výpočet ročního maxima ... 63
Tabulka 18 Porovnání ručního výpočtu tepelných zátěží se softwarem ... 67
Tabulka 19 Tepelná zátěž místností administrativní budovy ... 68
Tabulka 20 Výkon tepelného čerpadla LP Plus 35 v závislosti na okolním prostředí ... 75
Tabulka 21 Technický list tepelného čerpadla LP Plus 35 ... 76
Tabulka 22 Technický list Bosch Tronic Heat 3500 ... 78
Tabulka 23 Technický list akumulační nádrže PS800N+ ... 80
Tabulka 24 Stanovení potřeby vody ... 82
Tabulka 25 Časový rozbor odběru teplé vody ... 83
Tabulka 26 Technický list ohřívače HRS 300 ... 86
Tabulka 27 Výpočet výkonu FC jednotek ... 87
Tabulka 28 Technický list FC jednotky ... 87
Tabulka 29 Rozdíly hladin akustického tlaku FC jednotek ... 89
Tabulka 30 Posouzení fancoilu na hluk ... 90
Tabulka 31 Seřízení Ta-Compact-P ... 92
Tabulka 32 Seřízení Ta-Modulator ... 93
Tabulka 33 KV hodnoty STAD ... 94
Tabulka 34 Dimenzování podlahového vytápění ... 99
Tabulka 35 Dimenzování teplovodních sálavých pásů ... 100
Tabulka 36 Výpočet expanzní nádoby softwarem HySelect ... 119
Tabulka 37 Technický list tlakové expanzní nádoby s membránovým vakem ... 120
Tabulka 38 Technický list doplňovacího zařízení Pleno Connect ... 121
Tabulka 39 Technický list FilterBall ... 122
Tabulka 40 Technický list záložního zdroje PG 600 S ... 123
Tabulka 41 Technický list filtru R74A ... 124
Tabulka 42 Připojovací set DLV A k expanzní nádobě Statico ... 124
Tabulka 43 Izolace potrubí – vytápění ... 125
Tabulka 44 Izolace potrubí – chlazení ... 125

Obrázek 1 Šíření tepla ... 16
Obrázek 2 Tepelné toky člověk – okolí ... 17
Obrázek 3 Znázornění tepelných toků a povrchových teplot ... 18
Obrázek 4 Sálání u stropního/podlahového vytápění ... 18
Obrázek 5 Teplovzdušné a sálavé vytápění ... 19
Obrázek 6 Vertikální průběhy teplot vzduchu při různém způsobu vytápění ... 20
Obrázek 7 Suchý způsob provedení otopné plochy ... 21
Obrázek 8 Mokrý způsob provedení otopné plochy ... 21
Obrázek 9 Řez modulové klima podlahy ... 21
Obrázek 10 Kapilární rohož ... 22
Obrázek 11 Meandrové způsoby pokládky ... 22
Obrázek 12 Kladení ve tvaru plošné spirály ... 23
Obrázek 13 Bifilární pokládka ... 23
Obrázek 14 Vedení potrubí dilatační spárou ... 24
Obrázek 15 Upevnění plastovými příchytkami ... 24
Obrázek 16 Kladení do systémové desky ... 25
Obrázek 17 Systém Rautherm Speed ... 25
Obrázek 18 Vícevrstvé potrubí ... 26
Obrázek 19 Anhydritová podlahová mazanina ... 27
Obrázek 20 Teplovodní sálavý panel KSP KIT ... 28
Obrázek 21 Vertikální rozdělení místnosti na zóny ... 29
Obrázek 22 Zavěšení sálavých panelů pomocí řetízků ... 32
Obrázek 23 Zavěšení sálavých panelů pomocí lankového systému ... 32
Obrázek 24 Odvzdušnění sálavých panelů ... 33
Obrázek 25 Intenzita sluneční radiace ... 63
Obrázek 26 Energetický štítek obálky budovy ... 73
Obrázek 27 Teplovodní sálavý panel KSP KIT ... 74
Obrázek 28 Registr sálavého panelu typ 2+1 ... 74
Obrázek 29 Tepelné čerpadlo LP Plus 35 ... 75
Obrázek 30 Hydraulický odpor tepelného čerpadla ... 76
Obrázek 31 Grafické zobrazení bodu bivalence ... 77
Obrázek 32 Ekvitermní křivka ... 81
Obrázek 33 Křivka odběru teplé vody ... 83
Obrázek 34 Obrázek 34 Nepřímotopný ohřívač teplé vody HRS 300 ... 86
Obrázek 35 Kazetová jednotka Cassette-Geko ... 87
Obrázek 36 Zvýšení akustické hladiny dle počtu jednotek ... 89
Obrázek 37 Tlaková ztráta výměníku pro 1824 W ... 90
Obrázek 38 Tlaková ztráta výměníku pro 1444 W ... 90
Obrázek 39 Rozdělovač a sběrač Dynacon Eclipse ... 91
Obrázek 40 Tlaková diference a seřízení regulační vložky ... 92
Obrázek 41 Tlakově nezávislý a vyvažovací ventil Ta-Compact-P ... 92
Obrázek 42 Tlakově nezávislý a vyvažovací ventil Ta-Modulator ... 93
Obrázek 43 Vyvažovací ventil STAD ... 94
Obrázek 44 Třícestný směšovací ventil CV316 RGA ... 94
Obrázek 45 Pracovní diagram oběhového čerpadla ... 111
Obrázek 46 Pracovní diagram oběhového čerpadla ... 112
Obrázek 47 Pracovní diagram oběhového čerpadla ... 113
Obrázek 48 Pracovní diagram oběhového čerpadla ... 114
Obrázek 49 Pracovní diagram oběhového čerpadla ... 115

Obrázek 50 Pracovní diagram oběhového čerpadla 116
Obrázek 51 Grafické zobrazení tlaků v soustavě 119
Obrázek 52 Tlaková expanzní nádoba s membránovým vakem Statico SU 120
Obrázek 53 Doplňovací zařízení Pleno Connect 121
Obrázek 54 Kulový kohout s filtrem a magnetem 122
Obrázek 55 Třícestný přepínací kohout 122
Obrázek 56 Otočný pohon s havarijní funkcí 123
Obrázek 57 Záložní zdroj PG 600 S 123
Obrázek 58 Filtr s nerezovým sítkem R74A 124

Seznam příloh

Výkres č. 1 Půdorys 1NP – Vytápění
Výkres č. 2 Půdorys 1NP – Chlazení
Výkres č. 3 Schéma zapojení soustavy
Výkres č. 4 Schéma zapojení zdroje
Výkres č. 5 Půdorys technické místnosti