

Integrovaný systém v budově – Systém techniky prostředí v objektu LDN s operačním sálem

The integrated system in the building - HVAC systems in the hospital for long-term patients with operating theatre

Bc. David Šrom

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David ŠROM**
Osobní číslo: **A10864**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově – Systém techniky prostředí v objektu LDN s operačním sálem**

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte specifika prostředí v nemocničních objektech s dlouhodobě nemocnými pacienty a aseptickými prostory, zahrnující technologii tvorby vnitřního prostředí.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na tepelně technické vlastnosti budov a zařízení techniky prostředí, včetně způsobu řízení.
3. Pro konkrétní budovu zjistěte její tepelně-technické parametry a navrhnete jejich případné zlepšení tak, aby jejich vlastnosti odpovídaly legislativním předpisům.
4. Systém techniky prostředí řešte pomocí teplovodní vytápěcí soustavy a teplovzdušným větracím systémem a případným chlazením. Řešte klimatizaci operačního sálu.
5. Navrhnete energetický zdroj – výměňková stanice typu pára-voda.
6. Zvažte možnost využití fotovoltaických panelů a proveďte jejich technicko-ekonomické hodnocení. Řídicí systém navrhnete jako sběrníkový s použitím LonWorks komunikace. Navrhnete SCADA systém a komunikační brány s protokolem TCP/IP s možností vzdáleného ovládání přes GSM.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. DANIELS, K. **TECHNIKA BUDOV**. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X.
2. JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: **Technická zařízení budov. Podklady pro projekty**. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0.
3. MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: **Automatizované systémy budov**. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9.
4. CIHELKA, J. a kol. **Vytápění, větrání a klimatizace**. SNTL Praha, 1985.
5. **ASHRAE HANDBOOK** . Díl 1 ? 4 . American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tuttle Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.
6. SMOLÍK, J. a kol.: **Technika prostředí** . SNTL Praha 1970.
7. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: **Větrání a klimatizace**. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8.
8. VALENTA, V. a kol.: **TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3**. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

6. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem integrovaného systému k zajištění čistého mikroklimatického prostředí pro nemocniční oddělení dlouhodobě nemocných pacientů s operačním sálem. Popisuje problematiku tvorby vnitřního prostředí nemocničních zařízení. Udává směr, jakým by se stávající budova mohla zmodernizovat tak, aby vyhovovala legislativním předpisům. Uvažuje možnost výroby vlastní elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů, která vede k hospodárnějšímu provozu. Obsah práce navrhuje řízení budovy dle požadovaných podmínek a umožňuje její ovládání přes GSM komunikační bránu. Pro vizualizaci dat je využíván SCADA systém.

Klíčová slova: integrovaný systém, mikroklima nemocničního prostředí, SCADA, operační sál, fotovoltaika

ABSTRACT

The diploma thesis proposes a scheme of integrated system that ensures clean microclimate in a ward for long-term patients with operating theatre. It describes issues of creating the internal environment in hospitals, indicates a new direction on how the existing building might be modernized to comply with legislative regulations. It considers the possibility of producing its own electricity using photovoltaic panels, which leads to more economical operation. Content of the thesis projects control of the building according to the required conditions and enables its operating through communication gate. For data visualization SCADA system has been used.

Key words: integrated system, microclimate of hospitals, SCADA, operating theatre, photovoltaics

Hlavní poděkování patří vedoucímu diplomové práce, Ing. Martinu Zálešákovi, který mi ji umožnil zpracovat. Poskytl mi spoustu cenných informací. Velkou oporou mi samozřejmě bylo i dobré zázemí ke studiu vytvořené mou rodinou a mými nejbližšími. Nesmím zapomenout ani na své spolužáky, kteří mi dodali spoustu inspirace a zároveň mi byli ochotnými soupeřníky.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne 6. června 2012

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 VNITŘNÍ PROSTRĚDÍ	12
1.1 TEPELNÁ POHODA	12
1.1.1 Pracovní rozdíl teplot	13
1.1.2 Operativní teplota.....	13
1.2 VLHKOST VZDUCHU	15
1.2.1 Parametry tepelné pohody.....	16
1.3 HYGIENICKÁ POHODA	17
1.4 AKUSTICKÁ POHODA	18
1.5 VIZUÁLNÍ POHODA	19
2 SYSTÉMY PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU.....	21
2.1 ROZDĚLENÍ VZDUCHOTECHNIKY	21
2.1.1 Prvky vzduchotechniky pro úpravu vzduchu.....	22
2.2 VZDUCHOTECHNIKA VE ZDRAVOTNICTVÍ.....	23
2.2.1 Laboratoře	23
2.2.2 Rentgenové vyšetřovny a ozařovny	23
2.2.3 Fyzioterapie.....	24
2.2.4 Operační sály.....	24
2.3 VZDUCHOTECHNICKÉ PRVKY OPERAČNÍHO SÁLU	25
2.4 CHLADICÍ TRÁMY	28
3 ČISTÉ PROSTORY.....	30
3.1.1 Základní definice.....	31
3.1.2 Vzduchové filtry.....	33
4 CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM.....	35
4.1 PŘEDÁVACÍ STANICE	35
5 ENERGETICKÁ NÁROČNOST ZDRAVOTNICKÝCH BUDOV.....	36
5.1 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE	37
5.1.1 Biomasa.....	38
5.1.2 Bioplyn	38
5.1.3 Sluneční záření	40
5.1.4 Fotovoltaické panely	40
5.1.5 Kolektory.....	42
5.1.6 Využití odpadního tepla	42
5.1.7 Tepelná čerpadla	44
6 SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ, KOMUNIKACE A MONITOROVÁNÍ.....	45
6.1 ŘÍZENÍ, MONITOROVÁNÍ, KOMUNIKACE.....	45
6.1.1 LonWorks.....	45
6.1.2 Vlastnosti sítě LonWorks.....	46
6.1.3 Nástroj pro oživení LONMAKER	49
II PRAKTICKÁ ČÁST	51

7	PŘEDMĚT PRÁCE	52
8	CHARAKTERISTIKA BUDOVY LDN	53
8.1	ORGANIZAČNÍ A FUNKČNÍ ŘEŠENÍ LDN	54
8.2	SLOŽENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ	55
8.2.1	Kondenzace vodní páry v konstrukci	55
8.2.2	Otvorové výplně	57
8.2.3	Energetický štítek obálky budovy	57
8.3	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	59
8.3.1	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla	59
8.3.2	Návrhová tepelná ztráta větráním	60
8.3.3	Výpočet tepelného zátapového výkonu	60
8.3.4	Stanovení celkového tepelného výkonu budovy	60
8.4	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT LŮŽKOVÉHO POKOJE.....	61
8.4.1	Výsledná návrhová tepelná ztráta prostupem tepla.....	63
8.4.2	Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním.....	63
8.5	TEPELNÉ ZISKY	64
8.5.1	Tepelná zátěž	65
8.5.2	Výpočet tepelných zisků	65
9	VYTÁPĚCÍ SYSTÉM OBJEKTU LDN	67
9.1	NÁVRH VÝMĚNÍKOVÉ STANICE.....	67
9.2	NÁVRH OTOPNÉHO SYSTÉMU.....	68
9.2.1	Otopná soustava	71
9.2.2	Parametry otopné soustavy	71
9.2.3	Návrh cirkulačního čerpadla	75
9.2.4	Zabezpečovací zařízení tepelné soustavy.....	76
9.3	OHŘEV TEPLÉ VODY	78
10	KLIMATIZACE OPERAČNÍHO SÁLU	82
10.1	TERMODYNAMIKA VLHKÉHO VZDUCHU - PSYCHOMETRIE	82
10.2	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ.....	86
10.2.1	Návrh laminárního stropu	88
10.2.2	Odvodní mřížky	88
10.2.3	Stanovení tlakových diferencí.....	90
10.3	NÁVRH KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY	90
10.4	TEPLOVZDUŠNÉ VĚTRÁNÍ	91
10.4.1	Stabilita nejrizikovější místnosti objektu	92
10.4.2	Kombinovaný systém voda/vzduch	92
10.4.3	Chlazení nemocničních pokojů	94
10.5	ZDROJ CHLAZENÍ.....	95
11	ŘÍDICÍ SYSTÉMY BUDOVY.....	96
11.1.1	Návrh řídicího systému výměňkové stanice	96
11.2	PRODUKTY ŘÍZENÍ A REGULACE	103
12	VIZUALIZACE ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ	109
13	FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA PLOCHÉ STŘEŠE.....	112

13.1	TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	113
14	ZÁVĚR.....	116
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	118
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	120
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	123
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	124
	SEZNAM TABULEK.....	126
	SEZNAM PŘÍLOH.....	128

ÚVOD

Tématem diplomové práce je problematika a požadavky nemocničních prostor. Udává směr jak vytvořit čisté prostředí. Komplexně řeší zateplovací systém a zdroje tepla objektu. Dále se práce zabývá návrhy modernizace otopného a větracího systému jednoho patra léčebny dlouhodobě nemocných. Na patře se nachází malý aseptický operační sál sloužící pro drobnější operace. Cílem je dosáhnout čistého a tepelného komfortu pro každého pacienta léčebny.

Za posledních několik desítek let se dosáhlo ve stavebnictví a s ním spojeném řízení, ovládání a monitorování integrovaných systémů, velmi mnoho pokroků. Dnes je kladen důraz na mnoho aspektů pro příjemné pobývání v zastavěných prostorách. Vyspělé integrované řídicí systémy dokáží ekonomicky a pohodlně vytvářet požadované vnitřní prostředí. Zdravotnická zařízení jsou již odedávna spojována s hygienicky čistými prostory, ty se dnes relativně snadno vytvářejí díky vzduchotechnice. Získáváním tepla z odpadní vody či vzduchu klesají náklady na provoz zařízení. S únikem tepla souvisí kvalitní obálka budovy, která snižuje tepelné ztráty. Integrované systémy reagují na pokyny dané uživatelem, které jsou zadávány skrze zobrazovací SCADA systém, ke kterému se lze připojit pomocí vzdáleného přístupu přes síť GSM či Internet.

Ekonomické a energetické úspory rekonstruovaného objektu jsou docíleny zateplovacím systémem obvodového pláště s výměnou otvorových výplní a modernizací vytápěcích systémů s ohřevem teplé užitkové vody. Větrání pokojů probíhá pomocí větracího systému s rekuperací. Neustále se zdražující energie vedou k využívání alternativní energie pocházející z obnovitelných zdrojů. Zmíněné ekonomické a energetické úspory jednotlivých technologií mohou být degradovány nevhodnými projekty.

Řízení budov vyžaduje moderní technologie, ty se z jednotlivých návrhů systémů snaží vytvořit jednotný technologický celek. Nekvalitně provedené řízení a regulace vede ke snížení komfortu a plýtvání energií. K dosažení řídicího systému jako celku je v objektu použit sběrníkový systém LonWorks. Pověřená obsluha může systém nejen ovládat, ale také být informována o jednotlivých stavech jeho částí.

V diplomové práci jsou nastíněny parametry objektu LDN a je v ní navržena jeho potenciální celková modernizace za použití výše popsaných systémů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VNITŘNÍ PROSTRĚDÍ

Člověk tráví velkou část svého života ve vnitřních prostorech, ať se už jedná o domácí či pracovní prostředí. Vlivů působících na vnitřní prostředí je mnoho a odvíjí se od nich jeho pohodlí a zdravotní stav. Mezi hlavní vlivy patří zejména tepelné vlastnosti interiéru. Aspekty ovlivňující zdraví jsou množství škodlivin, akustické, světelné požadavky, vlhkost a množství přiváděného čerstvého vzduchu.

1.1 Tepelná pohoda

Člověk sám o sobě je zdrojem tepelné energie, tu vyprodukuje biologickými pochody. Množství tepla odevzdaného do svého okolí se odvíjí od toho, jak je člověk fyzicky aktivní.

Za tepelnou rovnováhu se označuje stav, kdy právě teplo vyprodukované člověkem je pohlcováno jeho okolím. Je přímo úměrné teplotnímu rozdílu povrchu těla a jeho okolí. Pokud nastávají hraniční podmínky, kdy tělu není možné odebrat vyprodukované teplo a dochází k přehřátí organismu, tělo se brání větším prouděním krve do periferních částí těla, jako jsou uši a končetiny, a začíná ve větší míře produkovat pot. V opačném případě při podchlazení se tělo brání přímou výrobou tepla, tento jev je označován jako chemická termoregulace. V tabulce č. 1 jsou uvedeny tepelné výkony průměrného člověka závislé na fyzické aktivitě.

Tabulka 1. Tepelné výkony člověka.

Činnost	Tepelný výkon člověka Q [W]
Spaní	70
Odpočívání, ležení v posteli	80
Sezení, odpočívání	100
Stání, práce v sedě	120
Velmi lehká práce (nakupování, vaření)	160
Lehká práce (práce s přístroji)	200
Středně těžká práce (tanec)	300
Těžká práce (tenis)	600
Velmi těžká práce (práce v hutích)	700

Tepelná pohoda označuje určitý stav prostředí, ve kterém je splněna podmínka tepelné rovnováhy mezi organismem člověka a okolím. Význam má i způsob a rovnoměrnost, s jakou člověk do okolí teplo vydává. V případě nedodržení optimálních podmínek je člověk před nadměrným teplem chráněn pocením, ale před nadměrným chladem chráněn není.

Tepelná rovnováha není však jedinou podmínkou. Pro člověka je důležitá i tzv. radiační pohoda, která vypovídá o přijímání a vydávání tepla tak, aby teplo z okolí přijímal radiací a vyrobené teplo vydával konvekcí. Tepelná pohoda místnosti se určuje jako množství tepla, které člověk vydá do okolí konvekcí. Má být minimálně stejné, pokud možno větší, než teplo předané do okolí sáláním. Z této podmínky plyne maximální přípustný rozdíl mezi teplotou vzduchu a obvodových stěn s otvory. Vedle tepelné rovnováhy a splnění radiační pohody je lidský organismus ještě citlivý na rovnoměrný odvod tepla do okolí a to jednak v prostoru a jednak v čase. V prostoru se nemá ochlazování nohou příliš lišit od ochlazování hlavy a proudění vzduchu by mělo být rovnoměrné, jinak vzniká průvan.

Optimální teplota vnitřního vzduchu v zimním období je pro oblečeného člověka $21,5\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Teplota veškerých okolních ploch, nemá být nižší více než o 2 °C . V letním období je tato hodnota $26\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ a je závislá zejména na teplotě ve venkovním prostředí, neboť člověk vnímá teplotu relativně. Pokud je v budově o $4\text{--}6\text{ °C}$ chladněji než v exteriéru, je to optimální z hlediska pocitu příjemného prostředí a zároveň tento rozdíl není rizikový pro nemoci z nachlazení. Rychlost proudění vzduchu by neměla překročit $0,1\text{ m/s}$. [1]

1.1.1 Pracovní rozdíl teplot

Vzduchotechnické systémy musí být nastaveny tak, aby přiváděný vzduch spadl do povoleného maximálního rozdílu teploty oproti teplotě v interiéru.

- Léto - maximální rozdíl teplot je mezi 6 a 7 °C .

$$\Delta\theta_l = \theta_i - \theta_p \text{ [°C]}$$

- Zima - maximální rozdíl teplot je mezi 10 a 18 °C .

$$\Delta\theta_z = \theta_p - \theta_i \text{ [°C]}$$

θ_p - teplota přiváděného vzduchu [°C],

θ_i - teplota vzduchu v interiéru [°C].

1.1.2 Operativní teplota

Operativní teplota je vypočtená hodnota a je definována jako jednotná teplota uzavřeného prostoru (tj. prostoru o stejné teplotě vzduchu i stejné střední radiační teplotě), černého z hlediska radiace, ve kterém by lidské tělo sdílelo konvekcí i sáláním stejné množství tepla, jako ve skutečném teplotně nesourodém prostředí. [2]

Při známé střední radiační teplotě (účinné teplotě okolních ploch), rychlosti proudění a teplotě vnitřního vzduchu je určena radiační teplota dle následujícího vztahu:

$$\theta_0 = \theta_r - A \cdot (\theta_{ai} - \theta_r) [^{\circ}\text{C}]$$

A - funkce rychlosti proudění vzduchu dle tabulky č. 2 [-],

θ_r - střední radiační teplota okolních ploch [$^{\circ}\text{C}$],

θ_{ai} - teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$].

Tabulka 2. Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu v_a .

v_a [m/s]	0,2	0,3	0,4	0,8	1,0
A [-]	0,50	0,60	0,65	0,7	1,0

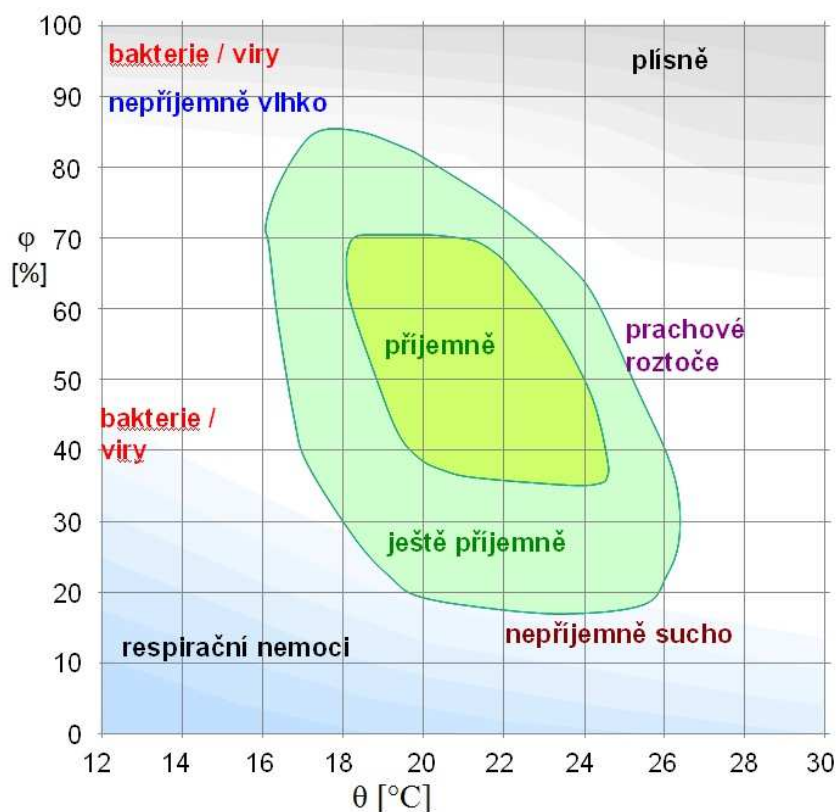
Hodnoty vnitřní výpočtové teploty udává norma ČSN EN 12831, díky které lze každému prostoru objektu přiřadit požadovanou teplotu, od které se vyvíjí, jakým způsobem bude prostor vytápěn.

Tabulka 3. Výpočtová vnitřní teplota dle ČSN EN 12831 a relativní vlhkost vnitřního vzduchu dle ČSN 73 540-3.

Druh vytápěných prostor		Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [$^{\circ}\text{C}$]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\phi_{int,i}$ [%]
4.	Zdravotnická zařízení		
4.1	Jesle		
	Učebny, herny, lehárny	22	50
	Šatny pro děti	20	50
	Umývárny pro děti, WC	24	-
	Izolační místnosti	22	50
4.2	Zdravotnická střediska, polikliniky, ordinace	24	50
	Čekárny, chodby, WC	20	50
4.3	Nemocnice		
	Pokoje pro nemocné	22	55
	Vyšetřovny, přípravny	24	55
	Koupelny	24	-
	Operační sály	25	55 - 65
	Předsíně, chodby, WC	20	50
4.4	Domovy důchodců		
	Obývací pokoje, ložnice, jídelny, pracovny	20	50
	Koupelny	24	-
	Klozety	20	50
	Předsíně, chodby	15	50
	Vytápěná schodiště	10	50

1.2 Vlhkost vzduchu

Vedle vlhkosti vzduchu je důležitým parametrem k tepelné pohodě také určitá relativní vlhkost, jež je s teplotou úzce spjata. Ideální rozmezí relativní vlhkosti je mezi 30% a 70%, kde člověk, na rozdíl od teploty nedokáže rozeznat rozdíly. Při nižší relativní vlhkosti dochází k nepříjemnému vysychání sliznice, více se projeví nepříznivé elektrostatické vlastnosti materiálů a s nimi související prašnost. Naopak při veliké relativní vlhkosti vznikají plísně, s nimi spojené množení roztočů a dusné klimatické podmínky, v nichž se člověk snáze přehřeje. Obrázek č. 2 vyznačuje ideální pole pro tepelnou pohodu.



Obrázek 1. Diagram vlivu teploty a relativní vlhkosti na komfort a případné rizika zhoršení kvality vnitřního prostředí.

Zdravotnická zařízení mají předepsanou požadovanou relativní vlhkost, kterou uvádí norma ČSN 73 0540-3. Hodnoty jsou uvedeny společně s požadovanou teplotou v tabulce č. 3.

1.2.1 Parametry tepelné pohody

Parametry tepelné pohody ukazují na to, jak se budou lidé cítit komfortně v určitém prostoru. Zkratka PMV¹ je ukazatel, který předpovídá vlastní střední tepelný pocit velké skupiny lidí, jež je vystavena stejnému prostředí. Tepelný pocit člověka je rozdělen do sedmistupňové škály, která je znázorněna v tabulce č. 4. Rovnice pro předpověď středního tepelného pocitu:

$$PMV = (0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028) \cdot L [-]$$

M - hodnota energetického výdeje povrchu těla [W/m^2],

L - rozdíl energetického výdeje a množství odvedeného tepla.

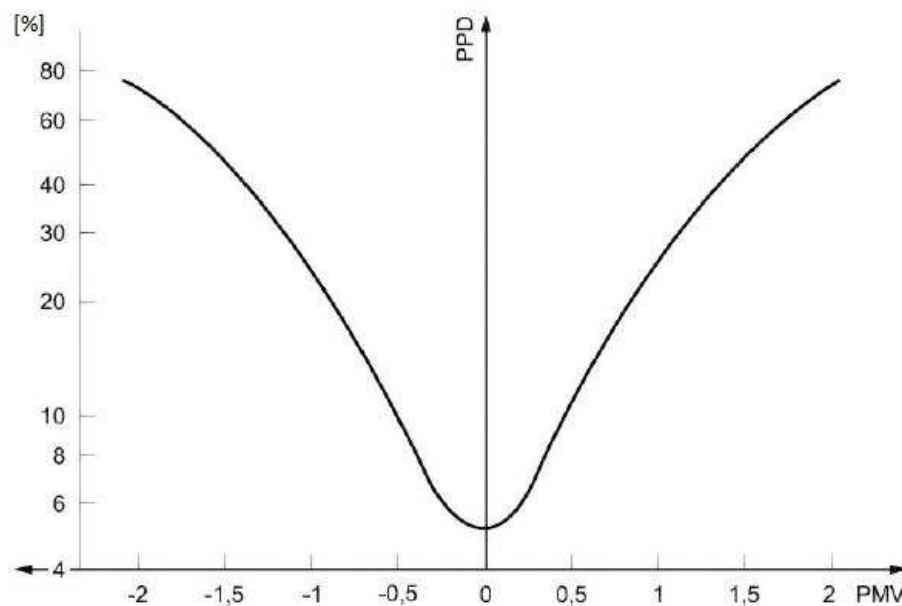
Tabulka 4. Sedmibodová
stupnice tepelných pocitů.

+3	Horko
+2	Teplo
+1	Mírné teplo
0	Neutrální
-1	Mírné chladno
-2	Chladno
-3	Zima

Dalším parametrem je PPD², jímž se označuje procento nespokojených lidí. Nikdy se však nestane, aby lidé v prostoru byly naprosto spokojeni. Z grafu na obrázku je zřejmé, že nejméně 5% lidí bude vždy nespokojeno. Množství nespokojených lidí je vyjádřeno procentuálně a je funkcí PMV.

¹ PMV - Predicted Percentage Dissatisfied - předpověď středního tepelného pocitu

² PPD - Predicted Percentage Dissatisfied - předpověď procentuálního podílu nespokojených [%]



Obrázek 2. PPD funkce jako PMV.

1.3 Hygienická pohoda

Hygienická pohoda může být ovlivněna mnoha škodlivinami ve vzduchu, ty se přirozeně uvolňují z nábytků, z okolních materiálů a půd kolem daného prostoru. Větší kontaminace vzduchu vzniká ve výrobních prostorách, kde musí být dodržena hygiena práce a příslušná opatření. Ve zdravotnických zařízeních vznikají škodliviny a zápach z různých zdravotnických materiálů. Prevencí proti škodlivinám ve vzduchu je pravidelná výměna vzduchu.

Škodliviny se v ovzduší vyskytují v koncentracích, které se vyjadřují:

- a) hmotnostně [mg/m^3],
- b) objemově [%], ($\text{ppm} = 1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, $\text{ppm} = \text{parts per milion}$),
- c) počtem částic v objemové jednotce.

Zdrojem škodlivin jsou zápachy (odéry). Odérové látky se vyskytují jako plynné složky ovzduší, vnímané jako vůně nebo zápachy. Jedná se o anorganické či organické látky, které jsou většinou produkované člověkem a jeho činností. Uvolňované látky mohou pocházet ze stavebních konstrukcí. Tyto zápachy přímo neohrožují zdraví člověka, spíše mají vliv na jeho výkonnost, soustředění, chuť a mohou vyvolat pocit nevolnosti.

Vzduch se kontaminuje také skrze toxické plyny tvořící toxické mikroklima, ty vyvolávají patologické změny. Mohou být organické a anorganické. Plyny se uvolňují při činnosti

člověka a ze stavebních konstrukcí. Z vnějšího prostředí pronikají oxidy síry a další látky vzniklé spalováním fosilních paliv. Jak již bylo zmíněno, člověk sám o sobě produkuje škodliviny, především oxid uhličitý. Hodnota NPK stanovuje nejvyšší přípustnou koncentraci škodlivé látky. Koncentrace oxidu uhličitého by neměla překročit 0,1% = 1 000 ppm. Škodlivé množství pro člověka je více než 0,25%. Při velké obsazenosti prostoru a nedostatečném větrání může nastat tento stav po relativní krátké době. V praxi se lze setkat s hodnot PEL, která vypovídá o přípustném expozičním limitu, jež lze definovat jako celosměnově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší. [2]

1.4 Akustická pohoda

Nepostradatelným prvkem pro celkovou pohodu je příznivé akustické prostředí. Zvukové podněty z exteriéru pronikají do interiéru skrze obvodový plášť budovy. Zdroj hluku může také vznikat v interiérech například od použitých technologií.

Množství zvukové energie je vyjádřeno v decibelech. Pro jednotlivé kategorie prostor jsou udávány poměrné hladiny akustického tlaku, jež se obvykle pohybují v intervalu od 25 dB (A) až do 65 dB (A). Hladinu akustického tlaku lze vypočítat dle rovnice:

$$L_p = 20 \cdot \log(p/p_0) \text{ [dB]}$$

p - akustický tlak [Pa],

p_0 - akustický tlak na prahu slyšitelnosti má hodnotu $2 \cdot 10^{-5}$ [Pa].

Doba do zvuku je doba, za kterou klesne intenzita zvuku na 10^{-6} původní hodnoty, což odpovídá poklesu hladiny intenzity zvuku o 60 dB. V tabulce č. 5 jsou uvedeny hladiny akustického tlaku a doba dozvuku pro nemocniční zařízení.

Tabulka 5. Orientační akustické požadavky.

Druh místnosti	Hladina akustického tlaku L_p [dB]	Doba dozvuku T [s]
Nemocnice: pokoje s lůžky přes den/ v noci	35/30	1
Ordinace, haly, chodby	40	2
Operační místnosti	40	3

1.5 Vizuální pohoda

Vizuální pohoda vzniká tehdy, když může v lidském mozku nerušeně probíhat proces zrakového vnímání. Z hlediska pracovního vedou dobré světelné podmínky nepřímo k vysoké úrovni produktivity a k dobrému zrakovému výkonu při obtížných podmínkách zrakových úkolů a to během dlouhé doby. Neopomenutelnou výhodou je také bezpečnost.

Hlavní parametry určující světelné prostředí:

- Rozložení jasu
- Směrovost světla
- Oslnění
- Osvětlení
- Podávání barev a barevných tónů světla
- Míhání světla
- Denní světlo

Jednotka pro intenzivnost osvětlenosti je lux. Index podání barev vyjadřuje vliv spektrálního složení světla na barevný vjem. Užívá se stupnice o sto bodech, je-li index maximální, je osvětlení denním světlem, tedy rozptýleným slunečním světlem. Hodnoty osvětlení pro vybrané nemocniční zařízení jsou nastíněny v tabulce č. 6, podrobnější informace jsou uvedeny v normě ČSN EN 12464.

Tabulka 6. Osvětlení pro zdravotnická zařízení dle normy ČSN EN 12464-1.

Druh prostoru		Udržovaná osvětlenost E [lx]	Index podání barev Ra [-]
7.3	Lůžkové pokoje		
7.3.1	Celkové osvětlení	100	80
7.3.4	Vyšetřování a ošetřování	1000	80
7.3.5	Noční osvětlení, obchůzkové osvětlení	5	80
7.10	Operační prostory		
7.10.1	Předoperační a pooperační místnost	500	90
7.10.2	Operační sál	1000	90

Denní světlo

Efektivně navržené budovy využívají v co největší míře denní světlo. V současnosti lidé tráví téměř 90 procent svého času v interiérech, buď ve svých bytech nebo na pracovišti. V důsledku toho redukují svůj pobyt na přirozeném denním světle. Tato skutečnost

vyžaduje zajištění kvalitních podmínek pro dosažení světelného komfortu v interiérech staveb.

V interiéru má denní osvětlení poskytnout nezkreslené vnímání barev a v neposlední řadě má zajistit světelné podmínky a světelnou intenzitu pro různé využití obytné místnosti v měnícím se čase. Při návrzích bytových domů se využívá přímé i nepřímé sluneční záření pro interiér. Uživatelům musí zajistit stimulující a příjemné prostředí s pozitivním dopadem na jejich psychickou pohodu a tělesné zdraví. Obytná místnost se považuje za prosluněnou, jsou-li splněny následující podmínky zároveň:

- půdorysný úhel slunečních paprsků s hlavní přímkou roviny okenního otvoru musí být nejméně 25° a výška slunce nad horizontem nejméně 5° ;
- otvory, kterými sluneční záření vniká do místnosti jsou zaskleny průhledným a barvy nezkreslujícím materiálem, celková plocha otvorů je rovna nejméně 10 % podlahové plochy místnosti, přitom nejmenší rozměr osvětlovacího otvoru je 900 mm;
- při jasné obloze (oblačnost se zanedbává) musí být dne 1. března a 21. června doba proslunění větší než 90 minut. [3]

Umělé světlo

Umělé osvětlení produkuje uměle vytvořený světelný zdroj, tím může být žárovka, dioda, zářivka a další. Především je navrženo pro noční podmínky, ale zároveň by mělo přes den, když je třeba, efektivně doplnit denní světlo. Celkové osvětlení může být *přímé*, kdy všechno světlo od zdroje dopadá na pracovní plochu nebo podlahu, *polopřímé* - nejpriznivější pro člověka - kdy část světla dopadá na stěny a strop, *smíšené* světelný tok je rozptýlen do prostoru všemi směry a *nepřímé* všechno světlo dopadá na strop a prostor osvětluje odražené světlo.

2 SYSTÉMY PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU

Ve zdravotnictví je mnoho od sebe se lišících prostředí, od naprosto dokonale čistých prostor až po nedokonale čisté prostory, jako jsou technická zázemí budov. Vzduchotechnika nemocničních budov slouží pro tepelnou pohodu prostředí, ale především pro hygienickou zátěž místností. Určité prostory se čistí od narkotizačních plynů, oxidu uhličitého, par z dezinfekčních prostředků či vznikajících zápachů ze zdravotnických materiálů. Slouží k vyrovnaní vzduchové bilance mezi větranými a nevětranými prostory. Hygienické požadavky závisí na relativní vlhkosti, teplotě a proudění vzduchu. U všech typů vzduchotechnik navržených pro dané prostředí je kladen důraz na automatické ovládání chodu, vysokou provozní spolehlivost, jež je mnohdy spojená s možností využití náhradního elektrického zdroje.

2.1 Rozdělení vzduchotechniky

Vzduchotechnika je kategorizována podle účelu a funkce, ke které byla vytvořena. Lze ji rozdělit do následujících systémů:

- větrání,
- teplovzdušné vytápění,
- klimatizace,
- odsávání,
- průmyslová vzduchotechnika.

Vzduchotechnické systémy jsou rozděleny podle skladby:

- **centrální systém** - je vyznačován ústřední úpravou vzduchu, jež vyžaduje potrubní síť,
- **zónový systém** - představuje úpravu vzduchu v jednom prostoru pro více zón, vyžaduje taktéž síť,
- **jednotkový systém** úprava vzduchu probíhá přímo v prostoru, nevyžaduje tedy potrubí.

Další rozdělení podle účelu, k jakému je vzduchotechnika určena:

- **Větrání** - výměna znehodnoceného vzduchu v daném prostoru za čistý vzduch pocházející zvenčí či jiných neznečištěných prostor. Podle tlakového spádu lze větrání rozdělit na přirozené, nucené a hybridní,

- **Teplovzdušné vytápění** - zajišťuje vytápění prostor teplejším a čistším vzduchem, než se nachází v daném místě,
- **Klimatizace** - úprava a výměna kontaminovaného vzduchu v daném prostoru přívodním vzduchem. Úpravy vzduchu se liší dle daného období. Zejména se jedná o úpravy teploty a vlhkosti. Klimatizace zajišťuje čistotu vzduchu pomocí filtrace. Důležitý aspekt systému je přesná regulace určená pro tvorbu mikroklimatu provozů s jednoznačně specifikovanými požadavky na stav prostředí.
- **Odsávání** - zachycování a odvod škodlivin z místa jejich vzniku,
- **Průmyslová vzduchotechnika** - zahrnuje širokou oblast vzduchotechniky sloužící technologickým procesům. Tvoří ji několik systémů se specifickými funkcemi. [4]

2.1.1 Prvky vzduchotechniky pro úpravu vzduchu

Mezi prvky sloužící pro teplotní a vlhkovostní úpravu patří výměníky, ohřívače, chladiče a zvlhčovače vzduchu.

Ve výměnících dochází k přenosu energie nebo hmoty do dopravního vzduchu. Jsou rozděleny na:

- **Rekuperační** - v něm se přenáší energie teplotnosné látky přes teplosměnnou plochu do přivádějícího vzduchu. Bezkontaktní výměna energie zaručí čistý vzduch.
- **Regenerační** - v tomto případě dochází jak k přenosu energie tak přenosu hmoty. Akumulační hmota výměníku je střídavě ve styku s chladným a teplým vzduchem. Hmota z pórovitého materiálu přenáší se i vlhkost. Někdy se označuje jako entalpický výměník.
- **Směšovací** - ve výměníku směšují dvě i více složek vzduchu, přidávání páry nebo vody.

Ohřívače vzduchu jsou složeny z vodních komor trub s lamelami a z připojení na otopný systém. Zdrojem tepelné energie může být plyn, elektřina či pára. Troubu, kterou teče teplá nebo horká voda, zvenku obtéká vzduch odebírající tepelnou energii. Podle druhu energie a účinnosti výrobku jsou používány různé tvary lamel.

Chladiče jsou konstruovány prakticky stejně jako ohřívače. Protékající vzduch se ochladí a částečně odvlhčí. Lamely jsou zhotoveny tak, aby případná zkondenzovaná vodní pára byla odváděna z výměníku ven.

Zvlhčovače vzduchu jsou rozděleny podle způsobu výroby vodní páry na:

- Odpařovací zvlhčovače - v systému je nainstalovaná nádrž s vodou, v níž se nachází otopné těleso, to ohřívá vodu, dokud se neodpaří a neodebere ji proudící vzduch.
- Parní zvlhčovače - nejhygieničtější způsob zvlhčování vzduchu bez choroboplodných zárodků. Jedná se o nákladné zařízení jak na údržbu, tak na pořízení.
- Sprchové zvlhčovače - nazývané komorové zvlhčování, princip je proti proudu přiváděného vzduchu rozprašovat vodu, čímž nastává její odpařování. Z finančního hlediska je velmi výhodné, ale při nedostatečné údržbě nehygienické. Využívají se na místech, kde není požadovaná přesná regulace vlhkosti.
- Pračky vzduchu - nejčastěji využívaný způsob vlhčení vzduchu, kdy vzduch je zvlhčován a odpařován v pračkách vzduchu. Podle výkonu je umístěn požadovaný počet řad trubek s tryskami. Neodpařená voda je odstraněna odlučovačem kapek při jeho výstupu z komory.

2.2 Vzduchotechnika ve zdravotnictví

Z pohledu na požadavek kvality přiváděného vzduchu, lze rozdělit vzduchotechniku na běžně používanou za standardních podmínek a specifickou pro náročné prostředí obsahující technologie či ojedinělá pracoviště.

2.2.1 Laboratoře

V laboratořích jsou většinou umístěny digestoře se samostatnými odsávacími ventilátory ve speciálním provedení podle druhu zpracované látky. Výkonnost odsávání digestoře je většinou volena dle druhu zkoumaných látek a velikosti pracovní plochy, obvykle se hodnoty pohybují v mezích od 600 do 1200 m³/h. Pro laboratoř je vždy určena intenzita výměny vzduchu, která je určena podle nejvyšší povolené koncentrace dané látky na pracovišti nebo podle použité technologie. V laboratořích se neustále udržuje podtlak vůči chodbě z důvodu zamezení šíření zápachu/škodlivin do okolních prostor. Přiváděný vzduch může být z chodby, exteriéru či vzduchotechniky. Vzduchotechnika se navrhuje v komplexnějších systémech, které reagují na množství lidí na pracovišti a počet spuštěných digestoří. Odváděný vzduch je někdy nutné před vypuštěním mimo budovu filtrovat. Výfuky pro vzduch jsou umístěny na střeše budovy.

2.2.2 Rentgenové vyšetřovny a ozařovny

Obsahují zařízení sloužící pro diagnostiku, terapii. Tato místa musí být chráněna od intenzity záření dané technologie. Ochrana je navržena podle údajů výrobce zařízení.

Místnosti nebývají větrány okny, ale vzduchotechnikou, jež umožní dle požadavků vyměňovat a upravovat přiváděný vzduch.

2.2.3 Fyzioterapie

Pro lepší přístupnost bývají umístěovány do prvních či podzemních pater. Fyzioterapeutická léčba zahrnuje například elektroléčbu, sauny, masáže, tato oddělení je třeba intenzivně větrat venkovním vzduchem. Hodnoty vzduchu se však nesmí dostat pod křivku nasycení, aby nedošlo ke kondenzaci vodních par. Vlhkost musí být odváděna vně budovy.[4]

2.2.4 Operační sály

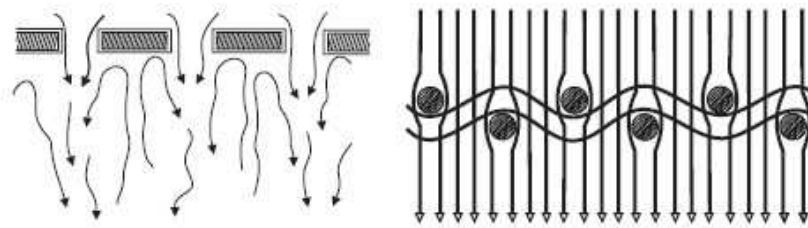
Klimatizace specifických operačních prostor patří k nejnáročnějším, řadí se totiž do oblasti čistých prostor. Čistý prostor je izolovaný prostor, zkonstruovaný a nadále používaný tak, aby se omezila kontaminace a zanesení prachem. Je také definovaný třídou čistoty, která udává maximální počet částic na jednom kubickém metru.

Obecně rozlišujeme dva typy čistých prostor a to s turbulentním prouděním vzduchu v celé místnosti, kde je v celém prostoru zhruba stejná koncentrace škodlivin, a laminární způsob, kde je vzduch přiváděn usměrněným prouděním do vymezené části prostoru a částice z okolního prostoru jsou tímto proudem vzduchu vytlačovány.

Tabulka 7. Rychlost proudění vzduchu na operačním sále.

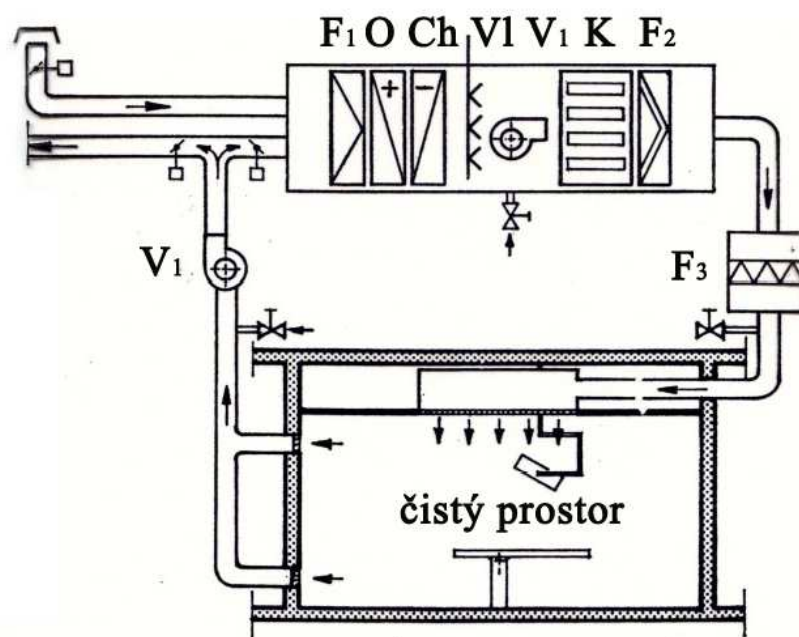
Typ proudění	Proudění vzduchu w [m/s]
Turbulentní	< 0,20
Laminární horizontální	<0,45
Laminární vertikální	< 0,30

Na obrázku č. 3 je nastíněná charakteristika proudu procházejícího laminarizátorem sterilního vzduchu z těžce hořlavé tkaniny z umělé hmoty a charakteristika děrovaného plechu.



Obrázek 3. Charakteristika proudu za výstí a) děrovaný plech
b) laminarizátor.

2.3 Vzduchotechnické prvky operačního sálu



Obrázek 4. F_1, F_2, F_3 – třístupňová filtrace, O – ohřivač,
Ch - chladič, V_1, V_2 – ventilátory, Vl – zvlhčovač, K –
klapka.

Filtry – filtrační materiál třístupňové filtrace musí být hydrofilní. Tyto filtry musí být trvale těsné a těsnost musí být měřitelná. Teplota se nesmí dostat pod křivku nasycení. U každého filtru musí být připevněno označení filtru, jeho charakteristika a musí být zajištěno měření tlakové ztráty. Ventilátor musí být zařazen mezi prvním a druhým stupněm filtrace. Za posledním stupněm filtrace se potrubí nesmí dále rozvětvovat.

Zvlhčovač – zařazuje se před druhý stupeň filtrace v takové vzdálenosti, aby byl vzduch zvlhčen rovnoměrně. Jedná se především o parní zvlhčovač, pára nesmí obsahovat chemické látky a škodliviny. Německá norma připouští vodní pračky při použití pitné

vody. Volba typu vlhčení závisí i na stanovisku hygienika. Vodu je třeba upravovat například použitím UV zářičů. Při chemické úpravě vody musí být zachována toxikologická nezávadnost. Za zvlhčovačem nesmí docházet ke kondenzaci.

Chladič vzduchu a odlučovač kapek – umisťuje se před druhý stupeň filtrace. Vzniklý kondenzát nesmí být přímo připojený na kanalizační síť. Při odstávkách je nutno zabránit pronikání škodlivin ze sifonu, tím že se zajistí zaplavení sifonů.

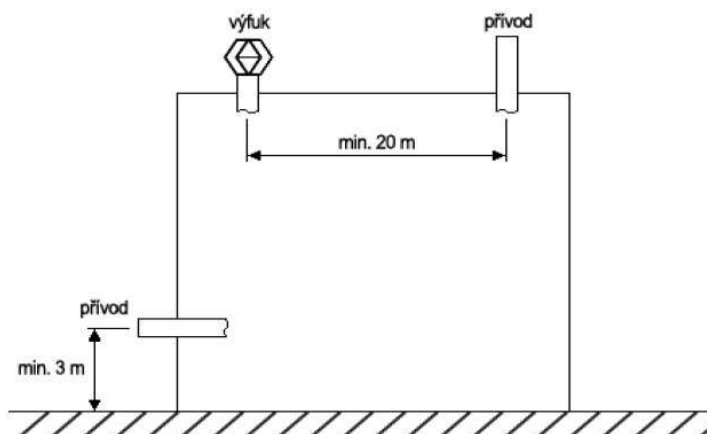
Rekuperace tepla - zařazuje se mezi prvním a druhým stupněm filtrace. Deskové nebo trubkové výměníky se mohou používat bez souhlasu hygienika. Rotační rekuperátory se mohou použít pouze po splnění několika průkazných zkoušek, aby bylo zabráněno možnosti přenosu choroboplodných zárodků.

Tlumiče hluku – povrch tlumičů musí být odolný proti odběru, nesmí se uvolňovat žádná jeho část a také musí odpuzovat vodu. Zařazují se za první stupeň filtrace před ventilátor, měly by být zařazeny před druhým stupněm filtrace a podle potřeby ještě před třetím stupněm filtrace.

Vyústky – odtahové vyústky v místnostech musejí být opatřeny filtry. [5]

Ke všem zařízením vzduchotechniky musí být dobrý přístup s dostatečným prostorem pro případ výměny a čištění zařízení. Při odstávce musí být prostory s odlišnými požadavky na vnitřní prostředí odděleny těsnými klapkami. Vzduchotechnické potrubí je hladké, lehce omyvatelné a dobře vytvarované, aby nedocházelo k usazování nečistot. Obsahuje kontrolní otvory, ty se neumisťují za jemnou filtrací. Montáže musí být kvalifikovaně a čistotně provedeny. Na m² kanálové plochy při tlakovém rozdílu 400 Pa může být netěsnost potrubí maximálně 0,5 m³/h. Stavební kanály pro rozvod vzduchu jsou ve zdravotnických zařízeních zakázány.

Venkovní vzduch je nutno nasávat nejméně 3 m nad terénem nebo plochou střechou. U střešních i nadzemních venkovních jednotek je třeba zabránit nasávání vzduchu v blízkosti větracích hlavic kanalizace, rušné dopravy či jiné abnormálnosti. Výfuky odpadního vzduchu musí být vedeny vertikálně a nejméně 20 m od nasávání čerstvého vzduchu.



Obrázek 5. Přívod a odvod vzduchotechniky.

Požadavky na větrání specifických provozů zdravotnických zařízení:

1. Upravený vzduch musí být přiváděn do míst s požadavky nejvyšší čistoty prostředí a odváděn v místech s předpokládanou nejvyšší koncentrací škodlivin.
2. Klimatizační zařízení pro operační sály musí být trvale v provozu. Není-li na operačních sálech provoz, může být výkon klimatizačního zařízení snížen například na polovinu, ale vždy při zachování příslušného přetlaku na operačních sálech a příslušenství vůči okolí.
3. Přetlak musí směřovat vždy proti směru možného šíření mikrobiální kontaminace z ostatních škodlivin. Pára používaná pro vlhčení vzduchu nesmí obsahovat látky zdraví škodlivé.
4. Při vlhčení vodou nesmí dojít k mikrobiální kontaminaci vlhčeného vzduchu, pračky vzduchu musí být pravidelně čištěny. Termíny čištění a desinfekce musí být uvedeny v provozním řádu.
5. Množství vzduchu a podmínky použití oběhového vzduchu ve zdravotnictví.
 - 3600 m³/h pro superseptické sály s laminárním prouděním vzduchu
 - 2400 m³/h pro ostatní operační sály
 - Oběhový vzduch musí být veden přes stejné filtrační stupně jako vzduch venkovní a to buď samostatně nebo spolu s venkovním vzduchem.
 - Oběhový vzduch na operačních sálech lze použít pouze při místním odsávání narkotizačních plynů.
 - Oběhový vzduch na operačních sálech se odvádí pod stropem, u podlahy se odvádí vzduch, který se nevrací do vzduchotechnického systému.

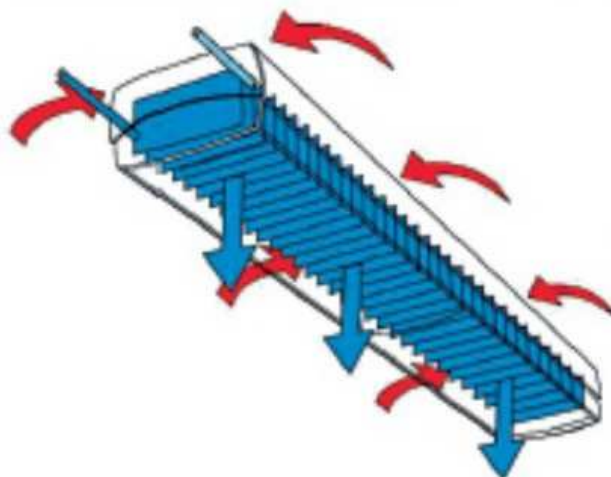
- Při použití oběhového vzduchu musí být zachováno hygienické množství venkovního vzduchu, které se stanoví podle množství vzduchu vztaženého na plochu větrané místnosti:
30 m³/(m²h) – superseptické, aseptické prostory, probouzení pacienta u operačního sálu, lůžkové prostory pro pacienty se sníženou imunitou,
15 m³/(m²h) – příslušenství operačních sálů včetně chodeb, sléhárna, operační sály pro malé zákroky, rentgenové vyšetřovny, JIP,
10 m³/(m²h) – porodnické oddělení, endoskopie, rehabilitace, lůžkový pokoj pro novorozence.
- Minimální podíl venkovního vzduchu u operačních sálů nesmí klesnout pod 1200 m³/h.
- Intervaly prohlídek větracích a klimatizačních zařízení musí být určeny provozním řádem a o jejich provedení se musí vést písemný záznam. [5]

Německá norma DIN 1946 rozděluje operační sály do skupin:

- **Typ A** s mimořádně vysokými požadavky na nízký počet zárodků a s požadavkem na laminární uspořádání proudění přiváděného vzduchu. Tento super aseptický typ prostoru je využíván při náročných operacích, jako jsou transplantace orgánů či ortopedické operace.
- **Typ B** s vysokými požadavky na nízký počet zárodků a s možností použití uspořádaného proudění přiváděného vzduchu, nebo neuspořádaného směšovacího proudění (aseptické a septické operační sály).

2.4 Chladicí trámy

Pasivní chladicí trám je založen na přirozené konvekci vzduchu na základě rozdílných teplot vzduchu. Kdy teplý vzduch stoupá ke stropu a přirozeně se dostane k trámovému výměníku s lamelami. Tam odevzdá část tepla chladicí kapalině a klesá k zemi. Chladicí medium nesmí mít kondenzační teplotu. Tento proces cyklicky probíhá, dokud nevzniknou požadované podmínky. Tímto způsobem je dosaženo malého chladicího výkonu. Ohřev a větrání je zajištěno jiným způsobem.



Obrázek 6 Pasivní chladicí trám.

Aktivní chladicí trám slouží jak pro chlazení, tak i pro přívod větracího vzduchu. Upravený venkovní vzduch je přiváděn o zvýšeném tlaku $\Delta p \approx 100$ až 200 Pa do přívodní komory chladicího trámu, odkud je vyfukován otvory nebo tryskami. Indukcí tohoto primárního vzduchu je přisáván sekundární teplý vzduch z místnosti, který je ochlazován na výměníku trámu a vyfukován do místnosti. Jde tedy o indukční jednotku uzpůsobenou pro umístění pod stropem.

Aktivní chladicí trámy se dále dělí na otevřené a uzavřené.

Otevřený chladicí trám má způsob nasávání přímo z místnosti nebo z prostoru nad zavěšeným podhledem a má vyšší chladicí výkon než uzavřený. Zásadní nevýhoda u způsobu nasávání z prostoru nad pohledem je patrné nasání prachu a nečistot.

Uzavřený chladicí trám je založen na stejném principu jako otevřený. Rozdíl je určen v nasávání, kdy oteplený vzduch je trámem nasáván přes chladič přímo z místnosti a tím nedochází k případnému znečištění. [6]



Obrázek 7 Aktivní chladicí trám.

3 ČISTÉ PROSTORY

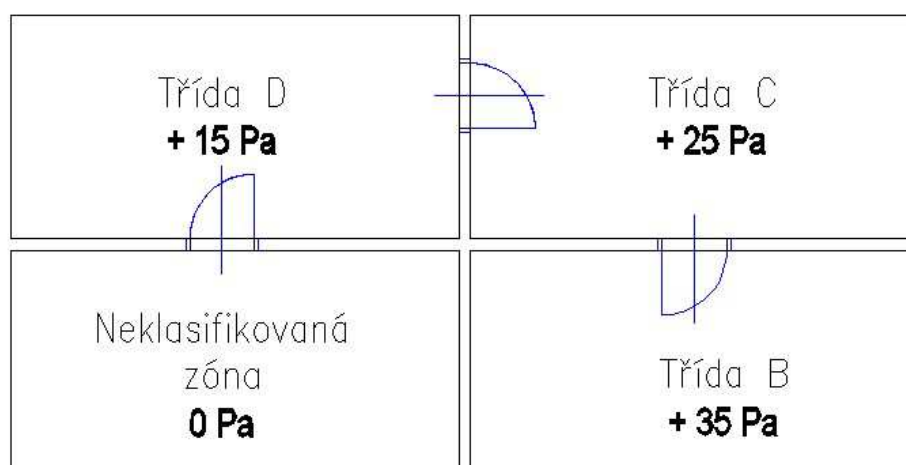
Čisté prostory definuje Mezinárodní Normalizační Organizace ISO. Norma ČSN EN ISO 14 644 – 1 předepisuje prostory jako místnosti, které jsou zkonstruovány a používány tak, aby se v nich minimalizoval vznik a množství škodlivých částic v ovzduší. Čisté prostory a příslušná řízená prostředí zajišťují regulaci částicové kontaminace ve vnosu vzduchu na úrovních, které jsou vhodné provádění činností citlivých na tuto kontaminaci. Mezi produkty a procesy, které mají užitek z regulace kontaminace vnosu vzduchu, patří mnoho pracovních odvětví, jako je mikroelektronika, farmacie, zdravotnické techniky, potraviny a zdravotní péče.

Cílem čistých prostor je, aby byly správně:

- navrhovány,
- montovány,
- užívány,
- kontrolovány.

Tlaková bariéra slouží jako chránící prvek před kontaminací čistého prostoru z vnějšího okolí. Bariéra musí být trvale udržována. Zdroj kontaminace může způsobit personál, materiál či použité nástroje. Z těchto důvodů jsou umístěny před vstupem či výstupem do čistých prostor materiálové a personální propusti neboli komory. Tlakové požadavky:

- tlakové bariéry proti okolí,
- rozdíl tlaků mezi čistým prostředím a okolím je obvykle 15 Pa,
- tlakový rozdíl mezi různými třídami čistoty je obvykle 10 Pa,
- v tlumeném provozu je obvykle přetlak 5 Pa. [7]



Obrázek 8. Příklad tlakových diferencí mezi třídami.

3.1.1 Základní definice

Částice ve vznosu vzduchu je pevný nebo kapalný objekt suspendovaný ve vzduchu, života schopný nebo života neschopný o velikosti od 1nm do 100 μ m.

Čistý prostor je prostor, v němž je regulována koncentrace částic ve vznosu vzduchu a který je konstruován a používán tak, aby se uvnitř tohoto prostoru minimalizovalo vnášení, tvorba a zachycování částic a v němž jsou podle potřeby regulovány jiné významné parametry, například teplota, vlhkost a tlak.

Čistá zóna je vyhrazený prostor, v němž je regulována koncentrace částic ve vznosu vzduchu a který je konstruován a používán tak, aby se uvnitř tohoto prostoru minimalizovalo vnášení, tvorba a zachycování částic. Podle potřeby jsou regulovány jiné důležité parametry, jako je teplota, vlhkost a tlak. Čistá zóna může být otevřená nebo uzavřená a může být umístěna uvnitř čistého prostoru nebo mimo něj. [8]

V následující tabulce jsou uvedené třídy čistoty a odpovídající koncentrace částic, jejich velikost je větší nebo rovná uvažované velikosti.

Tabulka 8. Třídy čistoty dle normy ČSN EN 14644-1.

ISO klasifikační třída (N)	Maximální meze koncentrace prachových částic (počet částic/m ³ vzduchu), jejichž velikost je větší nebo rovná velikosti částice uvedené níže (mezní hodnoty koncentrace jsou vypočítány podle rovnice (1) v 3.2).					
	0,1 μ m	0,2 μ m	0,3 μ m	0,5 μ m	1,0 μ m	5,0 μ m
ISO třída 1	10	2				
ISO třída 2	100	24	10	4		
ISO třída 3	1 000	237	102	35	8	
ISO třída 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO třída 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO třída 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO třída 7				352 000	83 200	2 930
ISO třída 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO třída 9				35 200 000	832 000	293 000

Maximální povolená koncentrace částic v krychlovém metru vzduchu, jejichž velikost je větší nebo rovna určité specifické velikosti. Hodnota C_n se zaokrouhluje na nejnižší celé číslo s maximálně třemi platnými číslicemi. Výpočet je proveden pro každou uvažovanou velikost prachové částice. Výpočetní vztah pro maximální povolenou koncentraci částic:

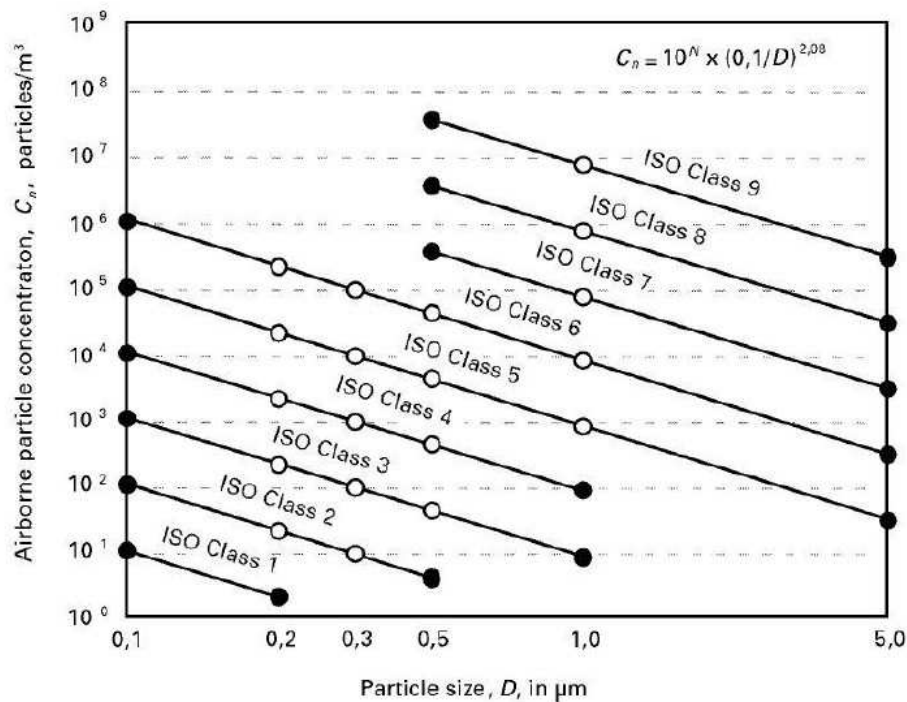
$$C_n = 10^N \cdot \left(\frac{0,1}{D}\right)^{2,08}$$

N - je klasifikační ISO číslo, jež nabývá hodnot 1-9,

D - je uvažovaná velikost částice [μm],

0,1 - je konstanta.

V následujícím obrázku jsou znázorněny třídy čistoty v grafické podobě:



Obrázek 9. Grafické znázornění tříd čistoty dle normy ČSN EN 14644-1.

Tabulka 9. Dohodou stanovené požadavky na kvalitu vnitřního prostředí zdravotnických pracovišť.

Typ nemocničního prostoru	Třída čistoty dle ČSN EN ISO 14644-1				
	5	6	7	8	* ³
Super aseptický operační sál	×	×			
Zázemí super aseptického sálu			×		
Zázemí aseptických operačních sálů			×		
Zámkový sál			×		
JIP popáleniny	×	×			
JIP pooperační				×	
JIP interna					×
ARO			×		
Novorozenecká jednotka				×	
RTG, CT, magnetická rezonance, endoskopie					×
Pokoje pacientů					×

³ Není požadován definovaný čistý prostor.

Vyhláška č. 84/2008 Sb. je jediným právním závazným předpisem, který řeší požadavky na prostory s vysokou kvalitou vnitřního prostředí. Definuje, jak správně vykonávat lékárenskou praxi při přípravě sterilních léčiv a přípravků, jež je prováděna v prostředí s definovanou třídou čistoty. Tyto čisté prostory jsou rozděleny do dvou stavů, provozního a klidového. Rozdíl je ten, že v klidovém čistém prostředí se nevyskytují lidé. V tabulce č. 10 jsou uvedeny maximální přípustné hodnoty pro danou třídu v určitém stavu.

Tabulka 10. Klasifikace ČP podle vyhlášky č. 84/2008 Sb.

Třída	Maximální přípustný počet částic/m ³ o velikosti rovné nebo větší			
	Za klidu		Za provozu	
	0,5 μm	5 μm	0,5 μm	5 μm
A	3 520	20	3 520	20
B	3 520	29	352 000	2 900
C	352 000	2 900	3 520 000	29 000
D	3 520 000	29 000	nedefinováno	nedefinováno

Třída A - Pracovní prostor pro vysoce rizikové činnosti, v němž se nachází plnicí místa, otevřené ampule a lahvičky, s možností provádění aseptického propojení. Pro tuto třídu je předepsán limit pro částice $\geq 5,0 \mu\text{m}$ podle ISO 4.8.

Třída B - Pro aseptickou přípravu a plnění, prostor obklopující prostředí třídy A. V klidu je pro obě velikosti částic určen limit podle ISO 5.

Třída C a D - Čisté prostory pro provádění méně kritických činností ve výrobě sterilních přípravků. Pro třídu C v klidu i za provozu jsou limity stanoveny podle ISO 7 a ISO 8. Pro třídu D za klidu je stanoven limit podle ISO 8. [9], [10]

3.1.2 Vzduchové filtry

Filtry atmosférického vzduchu slouží k zachycení pevného aerosolu ve vzduchu, nejčastěji venkovního a oběhového. Někdy se musí filtrovat i odpadního vzduch, aby neznečistil životní prostředí. Hlavním úkolem filtrů je udržovat a vytvářet čisté vnitřní prostředí. U čistých prostor je využita dvou až třístupňová filtrace. Hrubost filtrů se zmenšuje směrem k vyústěním do čistého prostoru. Filtry vzduchu lze rozdělit na filtry pro odlučování pevných částic a na filtry pro plyny a páry. Filtry pro odlučování pevných částic se třídí podle jejich filtrační schopnosti. Druhotným úkolem filtrů je chránění vzduchotechnických prvků před zanesením nečistot.

Tabulka 11. Roztřídění filtrů vzduchu do skupin a tříd podle jejich charakteristik a filtrační schopnosti dle normy ČSN EN 14799.

Typ filtru	Charakteristiky filtrační schopnosti	
Filtry pro odlučování pevných částic	Skupina G	Hrubé prachové filtry, třídy G1 až G4
	Skupina F	Jemné filtry, třídy F5 až F9
	Hepa	Vysoce účinné filtry vzduchu pro odlučování částic, třídy H10 až H14
	ULPA	Vysoce účinné filtry vzduchu s velmi nízkou infiltrací, třídy U15 až U17
Filtry pro plyny a páry	Sorpce	Odstraňování plynných znečišťujících látek nebo výparů

Účinnost použitých Hepa filtrů s označením H 14 se přibližuje ke stoprocentní účinnosti hodnotou 99,995%. V provozech musí být pravidelně vyměňovány, při jejich úplném naplnění nedojde k úniku kontaminovaných částic.

4 CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM

Zařízení centralizovaného zásobování teplem se rozdělují podle druhu teplotnosné látky do čtyř následujících hlavních skupin:

- teplovodní dálkové vytápění ($< 120^{\circ}\text{C}$),
- horkovodní dálkové vytápění ($> 120^{\circ}\text{C}$),
- parní dálkové vytápění ($> 120^{\circ}\text{C}$),
- nízkoteplotní dálkové vytápění ($= 25$ až 35°C).

Centrální zásobovací tepelný systém je tvořen:

- výroba tepla v kotlích spalováním plynného, kapalného nebo tuhého paliva,
- distribuce tepla prostřednictvím tepelných rozvodů primárních i sekundárních,
- předávací stanice tepla.

Výhody centrálního zásobování:

- žádné palivo a s ním spojený nákup, uskladnění a následné odstranění zbytků po spalování,
- větší provozní bezpečnost střídavým používáním více kotlů,
- snížení produkce škodlivin,
- v oblasti elektráren možnost kombinovat výrobu elektrické a tepelné energie za současného zlepšení termodynamiky procesu a využití odpadního tepla,
- zvýšené protipožární zabezpečení budovy.

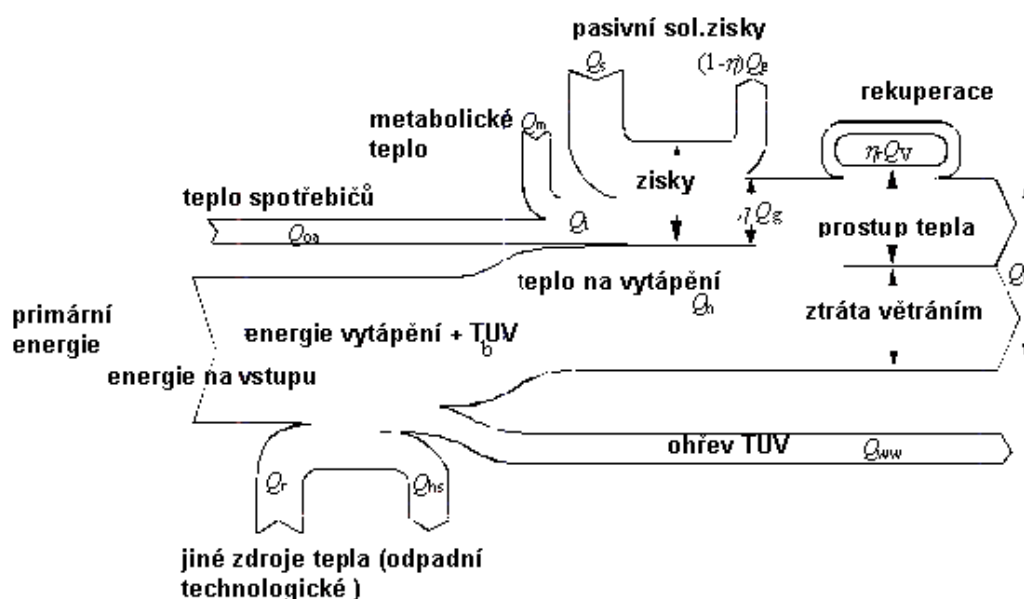
4.1 Předávací stanice

Předávání tepla z primárního okruhu do sekundárního probíhá skrze předávací stanice tepla. Při předávání tepla nedochází k výměně teplotnosných látek, pouze energie. Tyto stanice jsou většinou umístěny v suterénech budov, jsou složeny z deskových výměníků pro svoje kompaktní rozměry a vysokou účinnost.

Výměníková stanice pára-voda jsou konstruovány jako uzavřené parokondenzátní soustava. K předávání tepla z primární páry do sekundární teplotnosné látky vody se používají pro vyšší tlaky páry protiproudé svislé výměníky tepla s přímými nebo do šroubovice vinutými trubkami. Pro velkou účinnosti těchto výměníků stačí poměrně malé objemy. Výhodou tohoto typu je možná doprava kondenzátu ke zdroji tepla tlakem vodní páry. [11]

5 ENERGETICKÁ NÁROČNOST ZDRAVOTNICKÝCH BUDOV

Zdravotnická zařízení mají velké energetické nároky. Největší požadavky jsou kladeny na vytápění, přípravu teplé vody a klimatizaci. Ve většině případů jsou nemocniční zařízení ve velkých a komplexních budovách. Velké plochy ve styku s vnějším prostředím vedou k velkým tepelným ztrátám, proto by se měly volit vhodné konstrukce, které vedou především k energetickým úsporám. U rekonstrukcí stávajících zařízení se musí dbát na vhodné zateplovací systémy. Následné prostupy tepla skrze konstrukci by měly splňovat závazné požadavky norem.



Obrázek 10. Spotřeba tepelné energie.

Energetický úsporný provoz je výsledkem managementu energií, který vede co možná k nejmenším nákladům na provoz. Automatizace budovy a s ní spojená automatická regulace, řízení a kontrola je základním pilířem pro úsporný provoz.

Ve zdravotnictví je dbáno na hygienu a s tím je úzce spjata spotřeba teplé vody, která se neustále musí dohřívat, aby nedocházelo k množení mikroorganismů. Velké množství vody spotřebují prádelny, kde se oproti běžnému provozu mnohem častěji perou lůžkoviny, ručníky a nemocniční úbory z důvodu zamezení šíření infekcí.

Neopomenutelná spotřeba energie je vydána v klimatizačních systémech, kdy na specializovaných odděleních, například operační sály, je třeba přivádět čerstvý upravený vzduch. V některých případech se energie ušetří mísením čerstvého a cirkulačního vzduchu.

V tabulce č. 12 jsou uvedeny poměry spotřeby energie.

Tabulka 12. Rozdělení poměrů spotřeby energie podle použití. [12]

Použití	Jednotky	Poměr spotřeby
Vytápění	kWh/m ²	100 – 135
Větrání	kWh/m ²	45 – 55
Klimatizace	kWh/m ²	5 – 14
Osvětlení, elektrické zásuvky	kWh/m ²	34 – 39
TUV	kWh/m ² /voda	17 – 26/voda
	kWh/m ²	60 – 90
	kWh/m ² /postel/den	85 – 95/postel/den
Výtahy	kWh/m ²	4 – 6
Kuchyně	kWh/m ²	5 – 12
	kWh/jídlo	1,3 – 1,65
Prádelny	kWh/m ²	37 – 70
	kWh/kg prádla	2,5 – 2,6
Spalovna	kWh/m ²	13 – 19
Jiné využití	kWh/m ²	15 – 16
Celková spotřeba	kWh/m²	330 – 345

5.1 Obnovitelné zdroje energie

Pod zkratkou OZE jsou označovány obnovitelné zdroje energie. Jedná se o druh energie, která je člověku v přírodě volně dostupná. Vyčerpatelnost těchto zdrojů je z pohledu lidského života neomezená, nebo se obnovuje v časových měřítcích srovnatelných s jejich využíváním. Fosilní nebo jaderné zdroje se vytvářely v rozmezí několika geologických období, ty však mohou být vyčerpány během několika desetiletí až staletí. Obnovitelné zdroje energie lze rozdělit do tří základních skupin podle základní energie, na které jsou založeny. O jaké druhy se jedná, je uvedeno v tabulce č. 13. Největší potenciál využití mají zdroje založené na dopadajícím záření ze slunce. Tento druh energie je využit přímo nebo z rozptýleného záření ze slunce nebo se může vyskytovat v přeměněných formách energie, jako jsou biomasy, vody a další.

Tabulka 13. Základní rozdělení v současnosti využívaných obnovitelných zdrojů energie.

Základní obnovitelný energetický zdroj	Rotační energie Země a gravitační energie Země, Měsíce a Slunce	Energie zemského jádra	Dopadající sluneční záření
Odvozené či přeměněné OZE, využitelné pro výrobu tepla či elektrické energie	Přílivová energie (E^4)	Geotermální energie (E, T^5)	Přímé sluneční záření (E, T)
			Energie větru (E)
			Energie mořských vln (E)
			Tepelná energie prostředí (T)
			Energie biomasy (E, T)
			Energie vodních toků (E)

Největší potenciál v České republice je ve využití biomasy, v úvahu připadají následující možnosti obnovitelných zdrojů:

- využití energie vodních toků v malých vodních elektrárnách,
- využití energie větru,
- využití sluneční energie v aktivních solárních systémech, pasivní solární architektury a fotovoltaických systémech,
- využití geotermální energie a energie prostředí převážně s použitím tepelných čerpadel,
- využití pevné biomasy, kapalných biopaliv a bioplynu. [13]

5.1.1 Biomasa

Jedná se o organickou hmotu, která je rostlinného nebo živočišného původu. Mezi energeticky využitelné palivo patří palivové a odpadní dřevo, sláma a další zemědělský a lesní odpad, záměrně pěstované plodiny, dřeviny či byliny, ale také odpady biologického původu jako je kejdy či kaly.

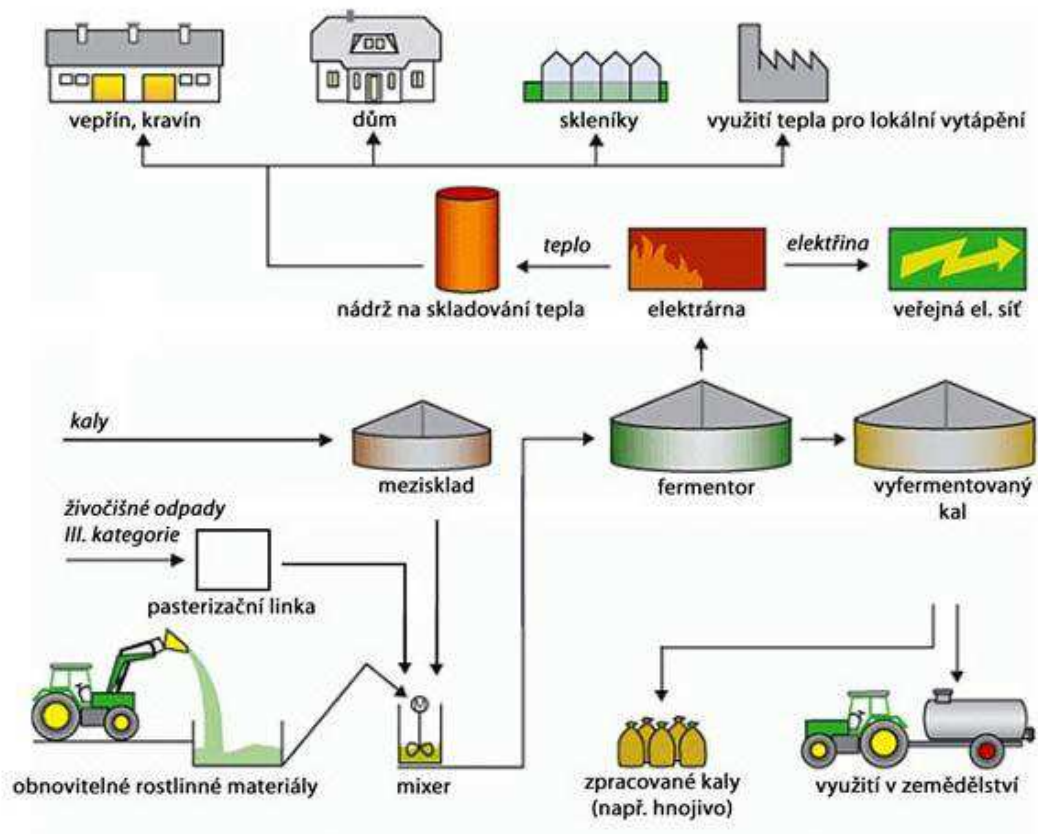
5.1.2 Bioplyn

Bioplyn je druhotné palivo vyrobené z odpadní biomasy. Biomasa je uložena v uzavřených nádržích - fermentorech bez možnosti přístupu kyslíku, kde vzniká metanovým kvašením

⁴ E – možnost pro výrobu elektrické energie.

⁵ T – možnost využití pro výrobu tepla.

bioplyn. Kvašení probíhá díky tzv. anaerobním bakteriím, výsledkem je rozštěpení organické hmoty na anorganické látky a plyn s vysokým obsahem metanu. Zbytkem po tomto vyhnívajícím procesu jsou hodnotná hnojiva. Bioplyn je směs plynů tvořený z 50–80 % hořlavým metanem, z 20–40 % oxidem uhličitým a 1–3 % připadá na další plyny, jako jsou dusík, sirovodík nebo vzácné plyny. Výhřevnost bioplynu je závislá na obsahu metanu, při 67 % obsahu metanu je cca 24 MJ/m^3 . [13]



Obrázek 11. Princip bioplynové stanice.

OZE se zapojuje do získávání primárního tepla. V praxi se používá pro výrobu tepla více zdrojů. V teplárně se vedle bioplynu spalují peletky a balíky slámy. Fosilní paliva slouží jako doplňkový zdroj pro špičkový odběr. Příklad pro kombinovaný zdroj energie může být teplárna, jež sestává ze dvou kogeneračních jednotek, které vyrábějí elektřinu a teplo. K nim jsou přidruženy dva kotle, které pomáhají dodávat teplo ve špičce. Motory i kotle mohou fungovat na zemní plyn i bioplyn, druhý kotel pak spaluje dřevěné peletky. Provoz je zajišťován ze 75 % bioplynem, z 15 % zemním plynem a z 10 % peletkami.

5.1.3 Sluneční záření

Roční příkon sluneční energie se v podmínkách ČR pohybuje od 1 000 do 1 250 kWh/m² za rok, v podílu za období duben-říjen cca 75 % a říjen-duben cca 25 % energie. Roční množství slunečních hodin se pohybuje v rozmezí 1331 – 1844 hod. Mapa ukazuje globální sluneční záření dopadající na vodorovnou plochu o velikosti 1 m² za rok a dává tak představu o množství využitelné sluneční energie. V oblastech se silně znečištěnou atmosférou je však nutné odečíst 5 – 10 % někdy až 15 – 20 % globálního slunečního záření. Pro oblasti s nadmořskou výškou od 700 do 2 000 m n. m. lze naopak počítat s 5 % nárůstem globálního záření.

Dnešní doba zdokonaluje účinnosti systémů na získávání energie ze slunečního záření. Tuto energii lze použít pro výrobu tepla slunečními kolektory nebo výrobou elektrické energie z fotovoltaických panelů. Kolektory mají lepší účinnost a efektivnost. Teplo je spotřebováno na ohřev teplé užitkové vody či na přitápění v otopné soustavě. Tam, kde není vybudovaná distribuční síť, se vyrobená elektrická energie využívá pro vlastní potřeby. V místech s vybudovanou sítí ji můžeme v přebytcích prodávat distributorům do elektrické sítě.



Obrázek 12. Globální sluneční záření na území České republiky v MJ/m² za rok.

5.1.4 Fotovoltaické panely

Vzájemným působením slunečního záření a hmoty dochází k pohlcování fotonů a uvolňování elektronů, v polovodiči pak vznikají volné elektrické náboje, elektron-díra, které jsou už jako elektrická energie odváděny ze solárního článku přes regulátor dobíjení do akumulátoru, nebo ke spotřebiči.

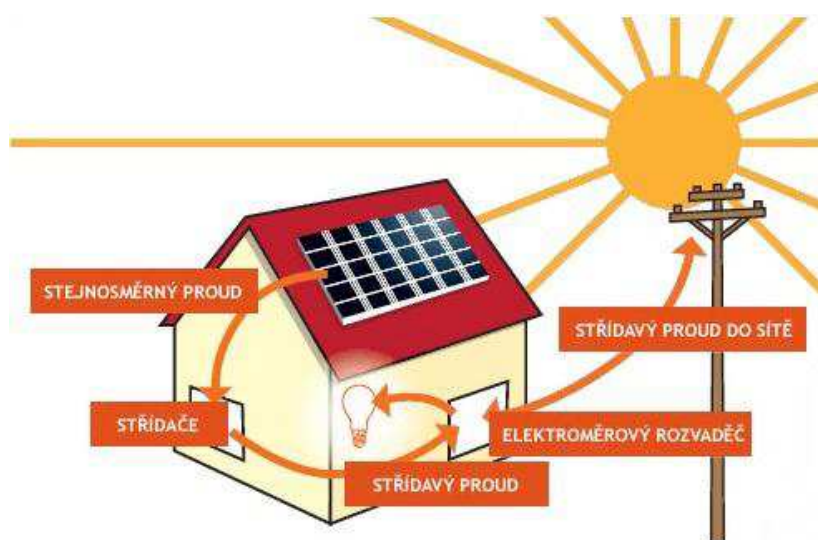
Fotovoltaický panel by měl mít maximální plochu do 2 m², z důvodu dobré manipulace při instalaci je složen z článků a ty jsou rozděleny na:

Amorfni - základem je napařovaná křemíková vrstva. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 4 až 8%. Tyto typy článků jsou nejlevnější a jsou využívány v místech, kde není omezení prostorem.

Polykrystalické – jsou tvořeny křemíkovou podložkou. Články se skládají z většího počtu menších polykrystalů. Účinnost se pohybuje v rozmezí 10 až 14%. Jejich výroba je levnější a rychlejší než u monokrystalických.

Monokrystalické - základem je podobně jako u polykrystalických článků křemíková podložka. Krystaly jsou větší než 10 cm a vyrábí se tažením roztaveného křemíku ve tvaru tyčí o průměru až 300 mm. Ty se poté rozřežou na tenké plátky (podložky). Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 13 až 17%. [14]

Většina solárních článků na našem trhu má poměrně malou účinnost, maximálně do 20%. Ani tato hodnota není garantována, protože vznikají ztráty jak vlivem odrazivosti tak na vodičích či komponentech systému. Vynálezci se stále snaží o její zvýšení. Aby byla účinnost co největší, je důležité umístění panelů. Za ideální nasměrování je považována jižní orientace s maximálním odklonem 10-15° na západ. Při dopadu na panely nesmí slunečním paprskům bránit žádná překážka. Sklon panelů bývá udáván mezi 35-45° od vodorovné roviny. Pokud je střecha odkloněna od jihu o více než 45° na východ či západ, stavba se raději nedoporučuje. Existují dva základní systémy uchycení a to levnější statický nebo výkonnější, ale dražší natáčecí.



Obrázek 13. Princip fotovoltaického střešního systému.

5.1.5 Kolektory

Solární kolektory slouží na výrobu tepelné energie a pro ohřev teplé užitkové vody. Když je tepla přebytek, tak ha zpravidla není kde zužít. Teplo je potřeba v jiný časový okamžik, proto je v systému zásobník pro akumulaci tepla. Umístění kolektorů je identické s fotovoltaickými panely. Kolektory lze dělit podle více hledisek, podle základní konstrukce jsou:

- **vzduchový kolektor** – kolektor, v němž je teplo odnímáno absorberu vzduchem, proudícím zpravidla vně absorberu. Je určen pro předehřev větracího nebo sušicího vzduchu v otevřeném systému nebo pro ohřev cirkulačního vzduchu v uzavřeném systému,
- **kapalinový kolektor** – kolektor, v němž je teplo odnímáno absorberu kapalinou, proudící uvnitř absorberu. Je určen pro kapalinové solární soustavy s přípravou teplé vody, vytápění, případně technologický ohřev.

Solární kapalinové kolektory je možné dále rozdělit na:

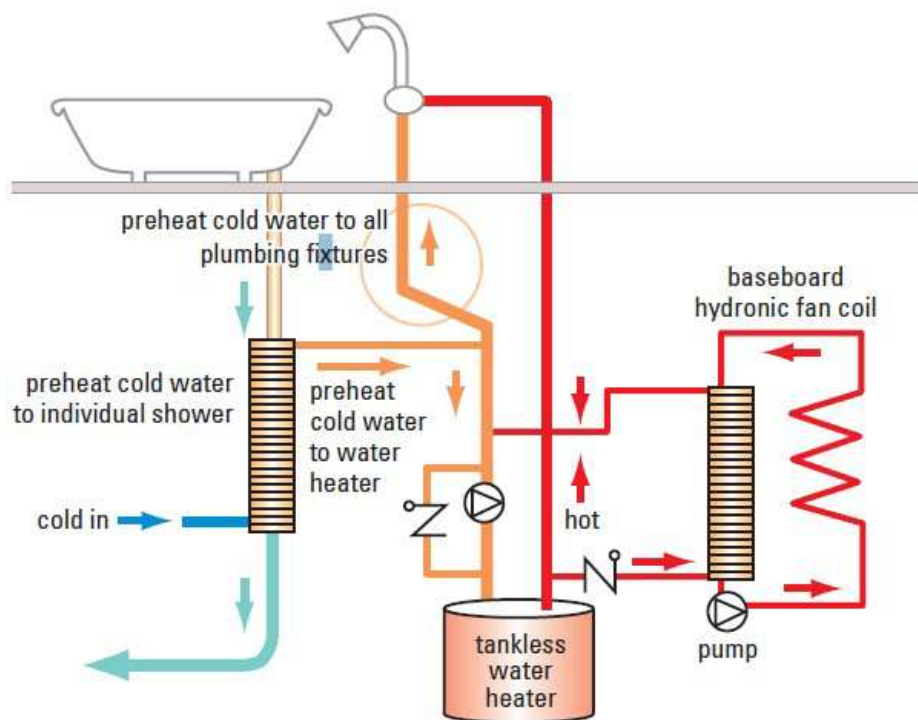
- **plochý nekrytý kolektor** – zpravidla plastová rohož bez zasklení používaná pro sezónní ohřev bazénové vody o nízké teplotní úrovni,
- **plochý neselektivní kolektor** – zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem se spektrálně neselektivním povlakem jako je třeba černý pohltivý nátěr. Je využit pro sezónní předehřev vody při nízké teplotní úrovni,
- **plochý selektivní kolektor** – zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem se spektrálně selektivním povlakem. Je používán pro celoroční ohřev vody a vytápění s provozními teplotami do 60 °C,
- **plochý vakuový kolektor** – zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosférický tlak, v okolí kolektoru se hodnota absolutního tlaku pohybuje mezi 1 až 10 kPa. Je používán pro celoroční ohřev vody a vytápění, případně průmyslové aplikace s provozními teplotami do 90 °C,
- **trubkový vakuový kolektor** – kolektor s plochým selektivním absorberem umístěným ve vakuované krycí skleněné trubce. Je používán pro kombinované soustavy pro přípravu teplé vody a vytápění a průmyslové vysokoteplotní aplikace provozní teploty nad 90 °C,
- **soustředující (koncentrační) kolektor** – obecně kolektor, ve kterém jsou použity zrcadla, čočky nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění slunečního záření, procházejícího aperturou kolektoru na absorber. [15]

5.1.6 Využití odpadního tepla

Jednou vynaložená energie pro tepelnou pohodu je postupem času odváděna z budovy. Tuto energii lze v určité míře znova získat rekuperací. Dnes jsou rekuperační výměníky ve

vzduchotechnických systémech dosti rozšířené. Vzduchotechnika nepatří mezi základní technickou výbavu běžných budov. Stejně jako se zužitkovává tepelná energie odpadního vzduchu, je také efektivní využívání tepelného energetického potenciálu odpadních - šedých vod, které produkuje každá domácnost či podnik. Nejvíce se uplatňuje ve velkých průmyslových podnicích pracujících s technologickými procesy.

Pro přejímání tepla z odpadních vod se využívají velké nerezové výměníky. Finanční návratnost tohoto způsobu je příznivá. Nejefektivněji ji upotřebí v průmyslových provozech, například v lihovarech, prádelnách, a své opodstatnění nachází také v občanských budovách, jako jsou nemocnice, lázně, vývařovny, hotely a větší domácnosti.

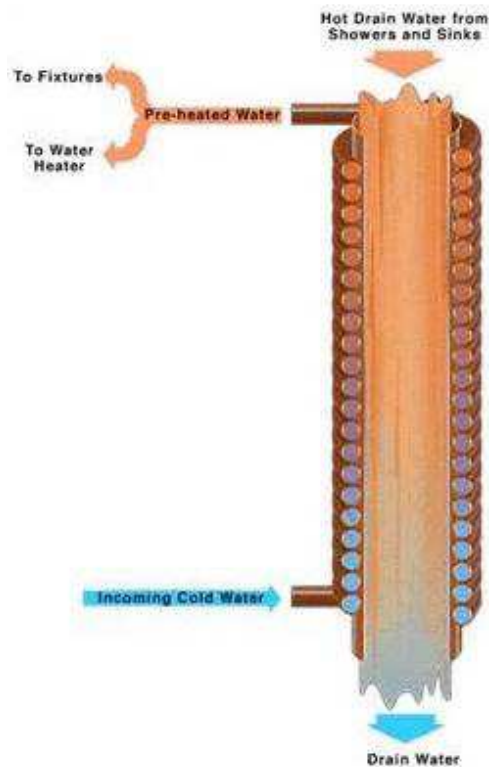


Obrázek 14. Princip využití tepla ze šedé vody.

Někdy se stává, že je nutné odpadní vodu dochlazovat v jímkách na předepsanou teplotu stanovenou předpisy o odpadní vodě určené do kanalizačního řádu.

Fyzikální princip získávání tepelné energie je v praxi zkomplikovaný nečistotami, které se v odpadní vodě nacházejí. Nečistoty postupně degradují účinnost až k úplné nefunkčnosti. Čištění odpadní vody nepřipadá v úvahu. Zanášecí problém je možno řešit skrze speciální výměníky. Bez problému si výměníky poradí s jakoukoliv znečištěnou vodou, která

protéká samospádem. Jsou jednoduché a bezporuchové. Sekce čisté vody je pod tlakem. Návržnost investic je odvozena od objemového množství odpadních vod. [16]



Obrázek 15. Výměník pro odpadní vodu.

5.1.7 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou z hlediska své konstrukce chladicí přístroje, které prací v kruhovém cyklu odebírají z okolí energii na nízké teplotní úrovni a transformují ji na vyšší teplotní úroveň, kterou lze využívat na vytápění. Využitelné teplo je přitom několikanásobkem tepelného ekvivalentu použité práce.

Tepelné zdroje pro tepelná čerpadla:

- podzemní voda,
- půda,
- venkovní vzduch,
- proudy odváděného vzduchu z větracího zařízení,
- povrchová voda
- odpadní voda. [11]

6 SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ, KOMUNIKACE A MONITOROVÁNÍ

Technické systémy prostředí vytvářejí v budovách příjemné vnitřní klima. Dnešní a budoucí trend vede k tomu, aby náklady na chod budovy byly co možné nejnižší a v některých případech i nulové. Dokonalé zateplovací systémy redukuje tepelné ztráty budovy. Mechanická výměna vzduchu řídí předepsané množství čerstvého vzduchu, které je dle požadavku upravováno. Probíhá zde snaha o co největší zužitkování jednou vytvořené energie. K tomuto způsobu získávání energie nám napomáhají systémy odebírající energii z odpadních látek, či systémy odebírající energii z vnějšího prostředí. K dokonalé synchronizaci všech systémů slouží komunikační a řídicí systémy jako je KNX či LonWorks.

6.1 Řízení, monitorování, komunikace

Řadu let roste podíl automatizace, do které spadá stále více technologií a procesů, jak v soukromé a rodinné bytové výstavbě, tak i v účelových stavbách. To má svou příčinu jednak v rostoucích nárocích uživatelů na komfort, ale také ve velkém významu automatizace budov pro úsporu energie a řízení její racionální spotřeby, tzv. Energy Management. V bytové výstavbě k tomu ještě přistupuje aspekt zajištění bezpečnosti, kdežto v účelových stavbách se vyžaduje vysoká flexibilita tak, aby bylo v budoucnu možné změnit účel a využití budovy.[17]

Automatizační prvky, jakými jsou snímače, akční členy, regulátory a rovněž vizualizace procesů, zpravidla fungují decentralizovaně. Aby tyto přístroje mohly provádět složité úkony, musí být vybaveny komunikačním systémem pro oboustrannou výměnu dat. K tomuto účelu se používají provozní sběrnice, tzv. sběrnice pole (Field Bus), a sítě.

6.1.1 LonWorks

Technologie LonWorks představuje univerzální automatizační systém, jenž byl vyvinut americkou firmou Echelon. Tato technologie se na evropském trhu prosadila zejména právě v oblasti automatizace budov. Výkonnost této technologie umožňuje její využití jednak v řídicích jednotkách automatizačních řídicích systémů, ale také v decentralizovaných distribuovaných součástech systémové techniky budov.

Technologie LonWorks je sběrniceový systém, standardizovaný normou EN14908. Použitá zařízení a přístroje jsou vybaveny vlastní distribuovanou inteligencí a jsou napojeny na lokální operační síť. Pro tuto techniku se používá zkratka LON⁶. [17]

Technologie LonWorks se skládá:

- LonTalk protocol,
- Neuron Chipy,
- LonWorks transceivery,
- Network management a aplikační software. [18]

6.1.2 Vlastnosti sítě LonWorks

Komunikace mezi prvky sběrniceového systému je založena na architektuře peer-to-peer s prioritním systémem zasílání zpráv. Základem sítě LonWorks je inteligentní uzel, tzv. node, který je založen na speciálních mikrokontrolorech, nazývané Neuron Chip, na němž běží LonTalk protokol. Komunikační model je nezávislý na fyzickém přenosovém médiu a na topologii sítě.

Neopomenutelná vlastnost Neuron Chipu je jeho nezávislost na typu transceiveru, který zprostředkovává jeho propojení s daným fyzickým médiem. Díky tomu lze přenášet pakety přes libovolná média, jako jsou radiové vlny, optická vlákna či stávající elektrické a kabelové rozvody. Další základní vlastností je řízení přenosu a směrovací paketů. Druh Transceiveru udává, o jakou topologii se jedná, tudíž není závislá na komunikačním modelu. Prioritní přenos je řešen přes buffer v Neuron chipu, kdy se v případě potřeby pozdrží stávající nízkoprioritní přenos před zprávami s vyšší prioritou.

Neuron Chip obsahuje EEPROM paměť, ve které je uložen 48 bitový identifikátor pro adresování ve sběrnici. Dokáže provádět jednoduché zpracování dat, například ze senzorů napojených na I/O piny. Skrze programovací jazyk Neuron C se daný čip programuje. Uživatel může skrze síťové nástroje pro management řídit jednotlivé uzly, měnit jejich řídicí konfiguraci, softwarově připojit či odpojit přístup na sběrnici či přijímat a vysílat data na sběrnici.

⁶ LON - Local Operating Network - průmyslová komunikační síťová platforma

Protokol LonTalk zařizuje směrování paketů, řídí přenos a tvoří firmware každého Neuron Chipu. Byl navržen v roce 1989 firmou Echelon a standardizován jako EIA 709.1 Standard definuje přístup na sběrnici a řízení přenosu paketu po existující síti. Síťový protokol LonTalk byl navržen dle ISO OSI referenčního modelu. Tento model umožňuje programům běžícím na aplikačním CPU komunikovat s aplikací běžící na jiném uzlu tvořeném Neuron Chipem kdekoliv ve stejné síti. Služby protokolu jsou vyvolávány programy a objekty pracujícími na aplikační vrstvě OSI modelu.[17]

Fyzická vrstva

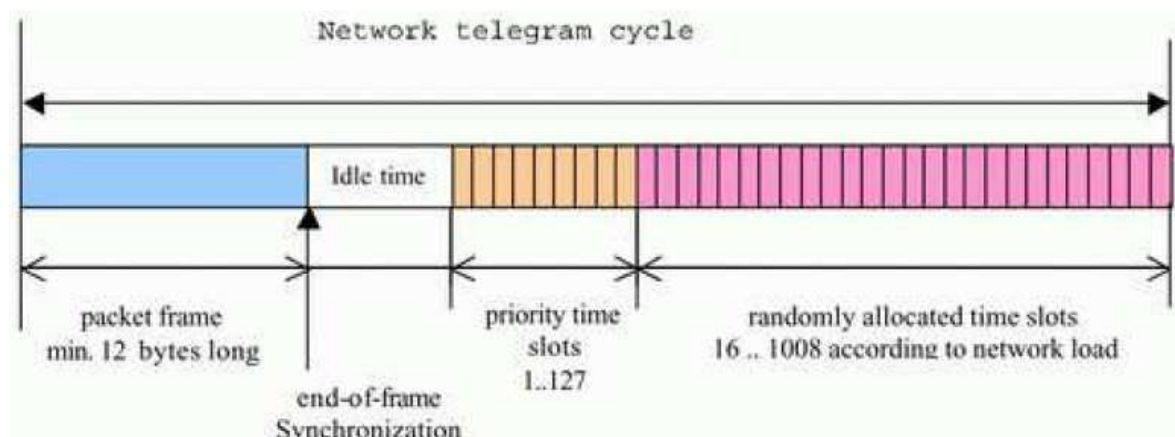
Fyzická vrstva určuje, po jakém fyzickém komunikačním médiu bude provoz uskutečněn. Otevřený systém umožňuje přenos po libovolném novém či stávajícím médiu, ke kterému musí existovat správný transceiver. Ten je napojen k pinům vymezeným pro Neuron Chip. Dohromady tvoří uzel sítě.

Nejzákladnější používaná média:

- komunikační kabely,
- silové kabely,
- infračervené vysílače a přijímače,
- bezdrátová komunikace.

Linková vrstva

Tato vrstva ovládá a řídí přístup na médium, provádí kódování dat pro případnou opravu chyby vzniklé přenosem. Používá kontrolní součet. V následujícím obrázku je znázorněna přístupová metoda CSMA/CA.



Obrázek 16. Přístupová metoda uzlu na sběrnici CSMA/CA.

Neuron Chip, každého uzlu sleduje komunikaci na sběrnici. Když chce vysílat, naslouchá do té doby, než je sběrnice neobsazená (Idle state). Vysílání předchozího uzlu je ukončeno synchronizačním bitem, tzv. End-of-frame Synchronization, ukončujícím přenášený rámeček. Poté každý uzel odpočítává tzv. Priority time slots, jež umožní prioritním zprávám či uzlům předčasně vysílat, a to vše díky svému zkrácenému času. Každý Neuron Chip uzlu má několik bufferů s rozdílnou prioritou pro rozdělení důležitosti jednotlivých paketů. Poté následuje čekání dle náhodně vygenerované doby, tzv. randomly allocated time slots, pokud se v této době neobjeví na sběrnici komunikace, vyšle uzel svůj paket. Počet čekacích slotů se automaticky zvyšuje s rostoucí vytížeností sítě. Je možné využít i detekce. Kdyby všechny transceivery v síti podporovaly detekci kolize, mohl by se tento vylepšený přístup využít.

Síťová vrstva

Následující síťová vrstva je zodpovědná za správné doručení paketu cílovému uzlu či skupině uzlů.

Na síťové vrstvě se využívá trojúrovňové adresace k identifikování daného. První úroveň hierarchie je doména, jejíž identifikátor je délkou volitelný mezi hodnotami 0, 1, 3 nebo 6 bajtů. Každý uzel může být členem maximálně dvou domén. K propojení domén slouží brány.

Druhá úroveň adresování je podsít'. V každé doméně může být až 255 podsítí. Podsít' je tvořená logickou skupinou uzlů z různých kanálů. Adresování samotných uzlů je tedy kanálově nezávislé. Směrovače slouží k propojení podsítí.

Třetí nejnižší úroveň tvoří samotný uzel, který je adresován 48 bitovým identifikačním číslem Neuron ID. V každé podsíti může být až 127 uzlů v jedné doméně. Protože každý uzel může být zároveň členem dvou domén, může sloužit jako mezidoménová brána a posílat například data z jednoho senzoru do dvou domén najednou.

Relační vrstva

Transportní vrstva zajišťuje spolehlivost doručení paketů mezi odesilatelem a příjemcem, zajišťuje potvrzování přijetí paketu, zahazuje duplikátně vyslané pakety. Základní služby relační vrstvy:

- služba potvrzování došlého paketu či zprávy – po vyslání paketu se očekává odpověď,

- služba žádost/odpověď na vyslanou zprávu je očekávána konkrétní odpověď,
- služba všesměrového zasílání zpráv – využila by se tehdy, kdyby odpovědi zahltili síť,
- služba nepotvrzeného zasílání zpráv – neočekává se žádná odpověď od příjemců.

Transportní vrstva

V relační vrstvě je možno použít třídu služeb žádost/odpověď sloužící pro požadující akce od vzdáleného uzlu. LonTalk relační vrstva definuje standardní kódy zpráv pro síťový management a diagnostiku. Síťový management usnadňuje instalaci a řízení sítě, kdy příkazy umožňují změnit konfigurační nastavení Neuron Chipů. Vedle diagnostiky a případné opravy sítě, vrstva definuje ověřovací protokol pro autorizování odesilatele a to proto, aby nedošlo k neoprávněnému přístupu do aplikace. Každý uzel má 48-bitový ověřovací klíč. Příjemce zprávy si může díky klíči ověřit, zda má ten samý.

Prezenční vrstva

Přenášená data mají pevnou definici o tom, jaké prezentují hodnoty a jak se s nimi má ve vzdálené aplikaci zacházet. Vytváří překlad přenášených bitových řetězců do tvaru srozumitelného pro uživatele.

Aplikační vrstva

Aplikační vrstva pracuje s aplikačním programem, který deklaruje používané typy síťových proměnných, kódy explicitních zpráv apod. Stejná deklarace například vede ke stejným jednotkám i stejné interpretaci dat.

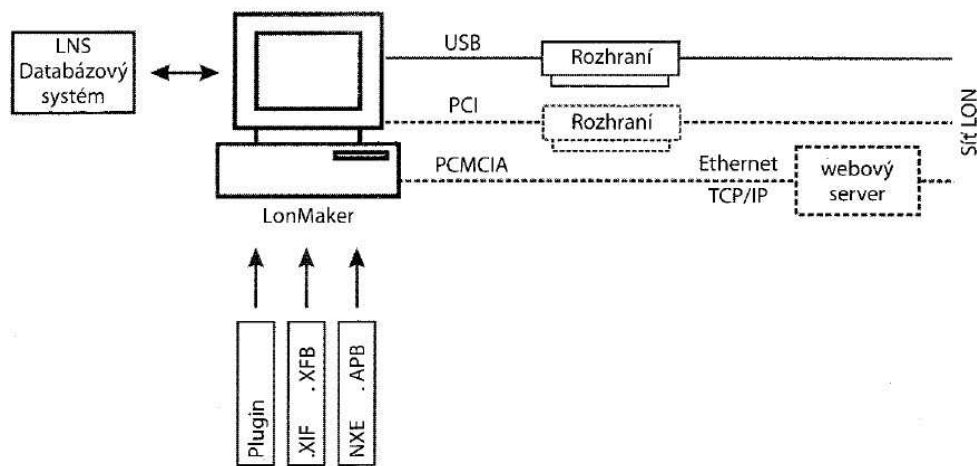
6.1.3 Nástroj pro oživení LONMAKER

Tento software umožňuje vybudovat kompletní síť LON se všemi síťovými prvky a se všemi požadovanými snímači a akčními členy.

Rozhraní pro oživovací počítač a síť LON je provedeno skrze externí adaptér USB. Uvnitř adaptéru je Neuron Chip a sám adaptér funguje jako jedna účastnická stanice v síti LON.

Další možnost spočívá v přímém propojení na vestavěnou PC kartu. Pro stacionární systémy je možno použít PCI kartu, pro přenosné systémy, jako jsou oživovací notebooky, jsou použity PCMCIA karty.

Poslední třetí varianta je přes přímé vybavení sítě LON a to díky vlastnímu webovému serveru, který zprostředkuje přístup k příslušným oživovacím nástrojům.



Obrázek 17. Připojení oživovacího počítače na síť LON.

Popis obrázku:

LNS (*LonWorks Network Services*) databázový systém nezávislý na nástrojích zprovoznění. Funguje na principu klient/server. Server spravuje celý databázový systém, do kterého nahrává všechna relevantní data pro síť. Všechny indexy zařízení, síťové proměnné i jejich označení se ukládají ve standardizovaném formátu do této datové základny. Klientem se označují grafické logické nástroje, jež uvádí vše do provozu. Zároveň představuje nezávislé rozhraní mezi těmito provozními nástroji a hardwarem.

Pluginy jsou zásuvné moduly a jsou zaměřeny zejména na komplexní složité aplikace jako je topný regulátor.

XIF (External Interface File) obsahuje všechna data k síťovým proměnným v textové formě. Existuje binární a komprimovaná forma souboru s příponou.XFB.

NXE je náročnější varianta. Ukládá se do komponent LON, kde podle účelu použití může provádět různé aplikační programy. Binární komprimovaná forma má příponu APB.

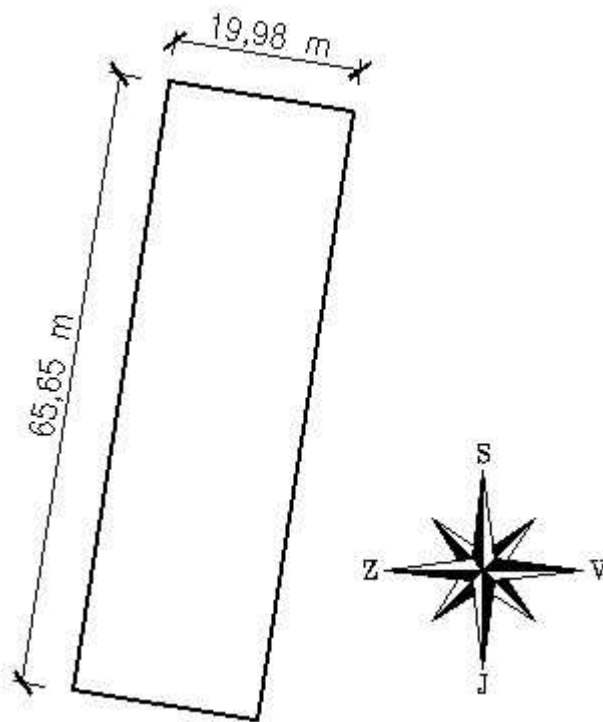
II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 PŘEDMĚT PRÁCE

Cílem diplomové práce je návrh systémů vnitřního klimatu v reálném objektu LDN Jihlavské nemocnice. Systémy jsou navrženy pro jedno patro obsahující operační sál. Pokoje jsou standardní se sociálním zázemím. Pacientům je zajišťována veškerá zdravotní péče. Stávající objekt nespĺňuje požadavky pro tvorbu vnitřního prostředí a energetickou hospodárnost. Zvažuje možnost využití obnovitelného zdroje energie. Pro tvorbu práce byl použit půdorysný stavební výkres. Navrhnuté systémy vypracoval autor.

8 CHARAKTERISTIKA BUDOVY LDN

Budova LDN se nachází v nemocničním komplexu Nemocnice Jihlava v nadmořské výšce 525 m nad mořem. Objekt s dlouhodobě nemocnými pacienty byl otevřen roku 1988. LDN je složena z pěti nadzemních a jednoho podzemního podlaží. V podzemním patře se nacházejí technické místnosti, zázemí pro personál a sklady. Hlavní vchod je umístěn v prvním nadzemním podlaží budovy, nouzové východy jsou na koncích chodby.



Obrázek 18. Situace budovy.

Dispozičně jsou nadzemní patra čísla 1-4 totožná, až na malé rozdíly. Patra jsou rozdělena na dvě části, na lůžkovou a personální. Přístup na patra je umožněn přes schodiště či přes jeden ze šesti výtahů. Vedle výtahů jsou místnosti pro rehabilitace, kuchyňku, sesternu, společenskou místnost a malý skládek.

Páté nadzemní patro je odlišeno od ostatních malým operačním sálem s patřičným zázemím pro pacienty a ošetřující. Zbytek prostor slouží pro dlouhodobě nemocné pacienty. Pokoje jsou dispozičně stejné, většinou dvoupokojové.

V podzemním patře se nachází dvě výměňkové stanice typu pára voda, jedna pro ohřev teplé vody a druhá pro vytápění. V technické místnosti je umístěn zásobník, který pokrývá

spotřebu vody při špičkách. Vzduchotechnická strojovna je umístěna poblíž operačního sálu.

8.1 Organizační a funkční řešení LDN

- lůžková část
- ambulantní část
- zásahová část (operační sálek pro akutní případy)
- stravování
- úklid, prádelna
- energetická část (část vytápění, VZT, elektro)

Lůžková část

Pokoje jsou dvoulůžkové s lodžiemi, z pokoje lze projít chodbičkou na velkou chodbu a zároveň je zde průchod do chodbičky sousedního pokoje, kde je umístěno sociální zařízení, na jednom z pokojů je toaleta a na druhém malá koupelna. Vedle každého lůžka je malý podpůrný vozíček s úložným prostorem. Na pokoji je malý stoleček s patřičným počtem židlí. Televize je umístěna na manipulovatelném podstavci ve zdi.

Zásahová část

Podstřešní patro obsahuje malý operační sál, který slouží pro náhlé akutní případy. K operačnímu sálku patří místnosti pro přípravu a následné probuzení pacienta. Pacienti jsou po probuzení odvezeni na pooperační pokoj. Na sál neexistuje přímá cesta, vždy je nutno projít přes předsálí či umývárnu pro lékaře. V zázemí je umístěn skládek se sterilním materiálem.

Stravování

V komplexu nemocnice se nachází jídelna s kuchyní. Jídlo se zhotovuje v nemocniční kuchyni, posléze je rozváženo do příslušných areálů nemocnice. Pacienti se stravují na pokojích nebo ve společenských místnostech. V jídelně se pracuje pouze ve všední dny. O víkendech se personál a pacienti stravují formou studené kuchyně.

Prádelna a úklid

Vedle jídelny je v komplexu umístěna prádelna se sušárnou. Z důvodu samostatnosti se nevyužívají služby jiných dodavatelů. Na každém oddělení je umístěn skládek s čistým prádlem. O úklid se starají uklízečky, jež mají na každém patře kumbál s potřebným

materiálem. Uklízečky pracují v jednosměnném provozu. V akutních případech jsou uklízečky zastoupeny sestřičkami.

Tabulka 14. Základní informace o LDN – okrajové podmínky.

Objekt	samostatně stojící pětipodlažní budova
Poloha objektu	Jihlava, 516 m n. m.
Délka otopného období	243 dní
Venkovní výpočtová teplota	-15 °C
Průměrná roční venkovní teplota	3 °C
Celková podlahová plocha	7 836 m ²
Celkový obestavěný prostor	20 678 m ³
Vytápěná podlahová plocha	6 792 m ²
Vytápěcí objem budovy	16 512 m ³

8.2 Složení stavebních konstrukcí

Základní stavební konstrukce objektu je železobeton. Průměrná doba životnosti betonové konstrukce činí 50 let. Vhodná údržba a zateplení prodlužuje životnost. Stávajícího objekt bez zateplení nedosáhne požadovaných hodnot na prostupy tepla. Tabulky č.15, 16, 17 uvádějí návrhy jednotlivých plášťových konstrukcí, které dodržují normu ČSN 73 0540-2.

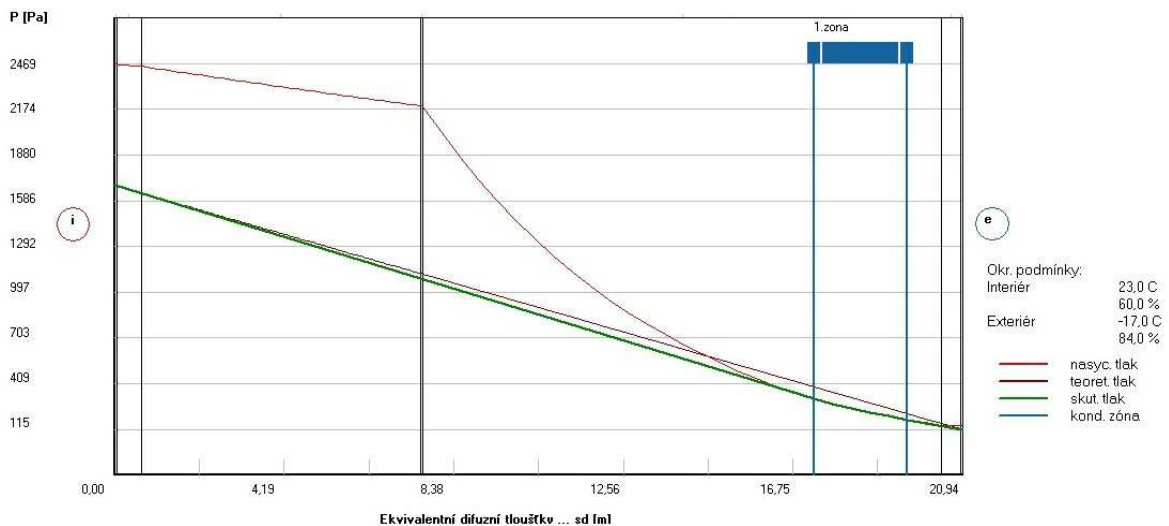
Tabulka 15. Složení obvodové zdi.

Vrstva konstrukce	Tloušťka D [m]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² K)]
Štuková omítka	0,003	0,217
Stěrka Baumit Granopo	0,003	
Železobeton	0,300	
Lepící stěrka	0,003	
BASF Styrodur	0,160	
Armovací vrstva	0,004	
Celková tloušťka	0,47	

8.2.1 Kondenzace vodní páry v konstrukci

Vlhkostní tok stěnou konstrukce mezi rozdílným vzduchovým prostředím je způsoben dispozičním tlakem vodní páry, která je obsažena ve vzduchu. Případná kondenzace zkrátí předpokládanou životnost konstrukce. Vlhkost způsobuje plísně a degraduje stavební materiál. V normě ČSN 73 0540-2 se uvádí roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce. Ve stavbě s připuštěnou omezenou kondenzací vodní páry v konstrukci, nesmí být v roční bilanci kondenzované a vypařovací vodní páry žádné zkondenzované množství vodní páry, to by vedlo ke zvyšování celkové vlhkosti

konstrukce. Roční množství zkondenzované páry v konstrukci musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce v $\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$. Zároveň platí, že množství zkondenzované páry musí být méně než $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{a})$. V navrhnuté obvodové zdi vzniklo v izolaci kondenzační pásmo. Následující graf byl zhotoven pomocí softwaru Teplo 2010.



Obrázek 19. Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce – obvodová zeď.

Výsledky pocházející z programu stanovily modré kondenzační pásmo v izolaci. V pásmu dochází k vodní kondenzaci $M_{c,a}=0,003 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{rok})$ a to při teplotách menších než $-10 \text{ }^\circ\text{C}$. Z konstrukce je vypařováno větší množství vody $M_{ev,a}= 0,894 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{rok})$. Vypařené množství je několika násobně větší než zkondenzované roční množství. Konstrukce vyhovuje požadavkům normy ČSN 73 0540-2 tudíž byla schválena pro následující výpočty.

Návrh podlahové konstrukce objektu LDN je uveden v tabulce č. 16. U podlah přilehlých k zemině je kondenzace vyloučena normou. Ve střešní konstrukci obsažené v tabulce č. 17 nevzniká kondenzát.

Tabulka 16. Složení podlahy se stykem se zeminou.

Vrstva konstrukce	Tloušťka D [m]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² K)]
Keramická dlažba	0,040	0,431
Lepicí stěrka	0,004	
Hydroizolace	0,003	
Betonový potěr	0,020	
Pěnový polystyren	0,070	
Železobeton	0,300	
Šterkový násyp	0,200	
Celková tloušťka	0,63	

Tabulka 17. Složení střechy objektu.

Vrstva konstrukce	Tloušťka D [m]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² K)]
Štuková omítka	0,003	0,236
Stěrka Baunit Granopo	0,003	
Hydroizolace	0,001	
Železobeton	0,200	
Lepicí stěrka	0,003	
BASF Styrodur	0,050	
Beton hutný	0,050	
Asfaltový nátěr	0,002	
Štěrka	0,050	
Celková tloušťka	0,36	

8.2.2 Otvorové výplně

Navrhnuté vstupní dvoukřídlové dveře jsou vyrobeny z oceli a skla. Součinitel prostupu tepla mají 3 W/(m²K). Původní neudržovaná dřevěná okna byla nahrazena plastovými okny s dvojsklem. Dveře na balkon mají stejné vlastnosti jako plastová okna se součinitelem prostupu tepla 1,1 W/(m².K).

8.2.3 Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek má sloužit jako objektivní náhled na energetickou spotřebu budov. Dnešní novostavby musejí mít průkaz o energetické náročnosti. Veškeré náležitosti k udělení správného energetického štítku jsou obsaženy v protokolu, který je součástí projektové dokumentace. Výpočty splňují energetickou náročnost budovy dle normy ČSN 73 0540-2. Energetická náročnost konkrétního domu ovlivňuje jeho cenu na trhu.

Klasifikační třídy jsou uvedeny v tabulce č. 18. Rekonstruované budovy a novostavby by neměly mít energetický štítek horší třídy než C.

Tabulka 18. Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy.

Klasifikační třídy	Kód barvy (CMYK)	Průměrný součinitel tepla budovy U_{em} [$W/(m^2K^1)$]	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel CI
A	X0X0	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná	0,5
B	70X0	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná	0,75
C	30X0	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	Vyhovující	1,0
D	00X0	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující	1,5
E	03X0	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná	2,0
F	07X0	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi neehospodárná	2,5
G	0XX0	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně neehospodárná	

V tabulce č.19 jsou uvedeny hodnoty budovy součinitelů prostupu tepla pro objekt před a po rekonstrukci. Referenční budova je složena z konstrukcí tvořených dle požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla daných normou ČSN 73 0540-2. Pro referenční a počítanou budovu je určen dle níže uvedeného vztahu průměrný součinitel tepla, z průměrů je vypočten poměr. Hodnota poměru je porovnána s tabulkou č 18, ta určí, do jaké klasifikační třídy obálka spadá. Před rekonstrukcí LDN byla budova s hodnotou poměru 4 mimořádně neehospodárná. Po rekonstrukci obálky budovy byl poměr 0,8 tedy třída C – vyhovující.

Průměrný součinitel prostupu tepla:

$$U_{em,N,j} = \frac{\sum(U_{N,j} \cdot A_i \cdot b_i)}{\sum A_j + 0,02} [W/(m^2K)]$$

$U_{N,j}$ - normová hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce [$W/(m^2K)$],

A_j - plocha j-té teplosměnné konstrukce stanovená z vnějších rozměrů [m^2],

b_j - teplotní redukční činitel odpovídající j-té konstrukci [-].

Tabulka 19. Prostupy tepla konstrukcemi, energetický štítek obálky budovy.

Konstrukce	U [W/(m ² K)]		
	Referenční budova dle [21]	Před rekonstrukcí	Po rekonstrukci
Okna	1,5	2,1	1,1
Obvodové stěny	0,3	2,61	0,24
Střecha	0,24	1,9	0,24
Podlaha na terénu	0,45	1,05	0,43
Klasifikační třídy	C - vyhovující	G - mimořádně nevhodná	C - vyhovující

8.3 Výpočet tepelných ztrát

Prostory v budovách mají tepelné vlastnosti mezi něž patří tepelné ztráty, jež jsou důležitým prvkem pro vhodný návrh techniky prostředí. Norma ČSN EN 12831 stanovuje standardní postup výpočtu za návrhových podmínek, jak určit množství tepla dodaného do budovy tak, aby bylo bezpečně dosaženo vnitřní výpočtové teploty. Standardním postupem je myšlena maximální výška místnosti do 5 m a vytápění prostoru do ustáleného stavu. Z vypočítaných tepelných ztrát budovy je navrhnout vhodný tepelný výkon. Výpočtem jsou zjištěny tepelné ztráty jednotlivých místností, od nich se odvíjí návrh na otopná tělesa. [19]

Celková návrhová tepelná ztráta budovy se určí z rovnice:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} [W]$$

$\Phi_{T,i}$ - návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W],

$\Phi_{V,i}$ - návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W].

8.3.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelné ztráty vznikají vedením tepla konstrukcí z vytápěného prostoru do exteriéru nebo do sousedních prostor, které mohou být vytápěny na menší požadovanou teplotu či nevytápěny vůbec.

Tepelné ztráty prostupem tepla pro vytápěný prostor se vypočítají z rovnice:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]$$

$H_{T,ie}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního pláště budovy [W/K],

$H_{T,iue}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního nevytápěného prostoru [W/K],

$H_{T,ig}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu [W/K],

$H_{T,ij}$ - součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru na výrazně jinou teplotu [W/K],

$\theta_{int,i}$ - výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C],

θ_e - výpočtová venkovní teplota [°C].

8.3.2 Návrhová tepelná ztráta větráním

Jedná se o tepelné ztráty vznikající infiltrací pláštěm budovy nebo větráním do prostor, které mohou představovat venkovní prostředí nebo vytápěné prostory uvnitř budovy.

Výpočetní vztah:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \times V_i \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]$$

V_i - výměna vzduchu ve vnitřním vytápěném prostoru [m³/h],

$\theta_{int,i}$ - výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C],

θ_e - výpočtová venkovní teplota [°C].

8.3.3 Výpočet tepelného zátopového výkonu

Zátopový tepelný výkon je vyžadován pro prostory s přerušovaným vytápěním po útlumu v určitém čase, kde slouží k vyrovnání jejich účinků. Vypočte se ze vztahu:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} [W]$$

A_i - podlahová plocha vytápěného prostoru [m²],

f_{RH} - korekční součinitel závisící na době zátoku a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době [W/m²]. [19]

8.3.4 Stanovení celkového tepelného výkonu budovy

$$\Phi_{HL,i} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} [W]$$

$\sum \Phi_{T,i}$ - součet tepelných ztrát prostupem všech vytápěných prostorů do exteriéru [W],

$\sum \Phi_{V,i}$ – součet tepelných ztrát větrání všech vytápěných prostorů s výjimkou tepla sdíleného tepla sdíleného uvnitř funkční části nebo budovy [W],

$\sum \Phi_{RH,i}$ – součet zátopových tepelných výkonů všech vytápěných prostorů pro vyrovnání vlivu přerušovaného vytápění [W].

Korekční vztah je tabulková hodnota stanovená normou ČSN EN 12831 a to v tabulce D.10a. Závisí o kolik kelvin je povolený pokles požadované teploty a o jaké druhy konstrukce se jedná. Po zjištění hodnoty lze dopočítat výsledek zátopového tepelného výkonu.

Celkové tepelné ztráty LDN jsou nastíněny v tabulce č. 20. Splňují požadavky norem a byly spočteny pomocí softwarového balíčku Ztráty 2010.

Tabulka 20. Tepelná ztráta objektu LDN.

Podlaží	Tepelná ztráta prostupem [W]	Ztráta větráním [W]	Zátopový výkon [W]	Celkem [W]
1. podzemní podlaží	9 605	3 288	19 969	26 286
1. nadzemní podlaží	11 091	18 418	–	29 509
2. - 4. nadzemní podlaží	10 980	18 301	–	29 281
5. nadzemní podlaží	22 434	12 146	–	34 580
Celkem	74 593	88 755	19 969	178 218

8.4 Výpočet tepelných ztrát lůžkového pokoje

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Součinitel tepelné ztráty $H_{T,ie}$ zahrnuje veškeré stavební části a lineární tepelné mosty, jež oddělují vytápěný interiér do exteriéru.

Rovnice:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l$$

A_k - plocha stavební části [m²],

e_k, e_l - korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů, jako je oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota,

U_k - součinitel prostupu tepla stavební části [$W/(m^2K)$],

l_I - délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a venkovním prostředím [m],

ψ_l - činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu [$W/(mK)$],

Ve výpočtech je uvedena zjednodušená metoda pro stanovení lineárních tepelných ztrát:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} [W/(m^2 \cdot K)]$$

U_{kc} - korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části, který zahrnuje lineární tepelné mosty [$W/(m^2K)$],

U_k - součinitel prostupu tepla stavební části [$W/(m^2K)$],

ΔU_{tb} - korekční součinitel závisející na druhu stavební části [$W/(m^2K)$].

Tepelná ztráta prostupem vzniklá přes zateplenou obvodovou zeď a střechu:

$$H_{T,ie} = A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k = 5,88 \cdot (0,24 + 0,10) \cdot 1 = 2 \text{ W/K}$$

$$H_{T,ie} = A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k = 23,50 \cdot (0,24 + 0,10) \cdot 1 = 7,99 \text{ W/K}$$

Výpočet tepelné ztráty prostupem přes balkónové dveře s okny:

$$H_{T,ie} = A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k = 4,20 \cdot (1,1 + 0,4) \cdot 1,15 = 7,25 \text{ W/K}$$

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách.

Vyjadřuje tok tepla prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru s jinou výrazně odlišnou teplotou.

Hodnota součinitele tepelné ztráty $H_{T,ij}$ se vypočítá ze vztahu:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k [W/K]$$

$f_{i,j}$ - redukční teplotní činitel, koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtovou teplotou:

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ sousedního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

Lůžkový pokoj je ze dvou delších stran obklopen stejnými pokoji o stejné teplotě. Pro získání ztrát nejsou tyto stěny brány v potaz. Druhý styk je přes stěnu se dvěma vedoucími

do malé chodbičky s teplotou o dva stupně nižší. Redukční teplotní činitel je vypočten dle následujícího vztahu:

$$f_{i,15} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ souseďního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{22 - 20}{22 + 15} = 0,05$$

Rozdíl teplot mezi místnostmi je dosti malý a tato ztráta by byla zanedbána.

Stanovení hodnoty pro vnitřní nenosnou přičku:

$$H_{T,i15s} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k = 0,05 \cdot 2,5 \cdot (3,52 + 0,07) = 0,49 \text{ W/K}$$

Určení hodnoty pro dveře mezi těmito prostory:

$$H_{T,i15d} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k = 0,05 \cdot 2 \cdot (2 + 0,6) = 0,28 \text{ W/K}$$

8.4.1 Výsledná návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Výsledná návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vypadá následovně:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$\Phi_{T,i} = [(2 + 7,99 + 7,25) + 0 + (0,49 + 0,28)] \cdot (22 + 15) = 666,37 \text{ W}$$

8.4.2 Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním

Výpočet pro návrhové tepelné ztráty větráním:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 0,34 \cdot 48,4 \cdot (22 + 15) = 609,12 \text{ W/K}$$

Celková hodnota návrhové tepelné ztráty pro nemocniční pokoj:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 666,37 + 609,12 = 1275,76 \text{ W}$$

Na obrázku č. 18 lze spatřit vypočtenou hodnotu telené ztráty nemocničního pokoje, ta se neliší od ručně vypočítané hodnoty. Neobsahuje zátopový tepelný výkon, protože místnost nemá přerušované vytápění. Protokol byl vygenerován v softwaru Ztráty 2010. Oba dva výsledky jsou založeny na normě ČSN 12831.

REKAPITULACE ZADÁNÍ A TEPELNÉ ZTRÁTY MÍSTNOSTI

Číslo podlaží :	2	Název podlaží :	
Číslo místnosti :	5	Název místnosti :	pokoje s ba
Půd. plocha A :	22.9 m ²	Objem vzduchu V :	53.8 m ³
Exp. obvod P :	3.6 m	Počet na podlaží :	13
Teplota T _i :	22.0 C	Typ vytápění :	převažující přirozená konvekce
Vytápění :	nepřerušované	Trvalý tepelný zisk F _{i,z} :	0 W
Typ větrání :	přirozené	Min. hyg. výměna :	0.9 1/h
Výměna n ₅₀ :	1.0 1/h	Činitelé e + epsilon :	0.00 + 1.00

Název konstrukce	Plocha	U	Korekce	DeltaU	U _{eq}	H,T
Jednoduché okno	4.2	1.10	e = 1.15	0.40	-----	7.24 W/K
obvodové_zdivo_	5.9	0.24	e = 1.00	0.10	-----	2.00 W/K
Střecha	23.5	0.24	e = 1.00	0.10	-----	7.99 W/K
pricky_nosne	2.5	3.52	f,i = 0.05	0.07	-----	0.49 W/K
Dveře dřevěné p	2.0	2.00	f,i = 0.05	0.60	-----	0.28 W/K
pricky_nosne	35.6	3.52	f,i = 0.00	0.00	-----	0.00 W/K

Zvýšení výkonu kvůli přerušení vytápění F_{i,RH} : 0 W
 Násobnost výměny vzduchu n : 0.90 1/h

Ztráta prostupem F _{i,T} :	666 W,	tj.	0.8 % z celkové ztráty prostupem objektu
Ztráta větráním F _{i,V} :	609 W,	tj.	0.7 % z celkové ztráty větráním objektu
Ztráta celková F _{i,HL} :	1275 W,	tj.	0.7 % z celkové ztráty objektu

Obrázek 20 Tepelná ztráta nemocničního pokoje – výsledný protokol.

8.5 Tepelné zisky

Zdroj těchto zisků může pocházet z vnějšího prostředí, nejčastěji ze slunečního záření, nebo se zdroje energií nacházejí uvnitř daného prostoru. Vnitřní zisky generují osoby, zvířata, elektronická zařízení či použité technologie. V zimním období se stávají doplňkovým zdrojem tepla, na které se nedá v určité míře spoléhat. Při návrhu otopné soustavy projektant s nimi v minimálním množství počítá, ve větší míře jsou zastoupeny zejména v průmyslu od použité technologie. Aktuálně snižují výkony otopné soustavy a šetří tím náklady a životní prostředí. V praxi se může stát, že například při větším počtu lidí vznikají tak velké tepelné zisky, které převyšují tepelné ztráty místnosti, že se jedná o krátkodobou tepelnou zátěž. S tím je nutné při vytápění počítat.

Tepelné zisky se spíše vypočítávají pro letní období, ty slouží jako podklady pro návrhy klimatizace či větrání. V létě dosahují největšího maxima, to ale není podmínkou, záleží i na jiných okolnostech výpočtu. Důležité je provést výpočet pro celý rok. Získaná data je nutno prozkoumat a vyvodit z nich důsledky.

V odstavci o tepelné pohodě jsou uvedeny v tabulce č.1 výkony osob při určité fyzické aktivitě. Osvětlení přeměňuje elektrickou energii na teplo. Přibližný tepelný zisk pro

osvětlení 120 luxů je třeba u žárovkového osvětlení 20 až 30 W/m² a u zářivkového 7 až 9 W/m². Tepelné zisky s účinnějšími zdroji světla klesají.

Vnitřní zařízení spadá do dvou kategorií, kdy jsou elektrická zařízení spuštěna nepřetržitě či krátkodobě. Počítačová skříň produkuje okolo 50 W tepla. U dobře izolovaných budov se může stát, že zapnutá žehlička pokryje tepelné ztráty a tím vzniká tepelná zátěž. Mezi nepřetržitě spuštěné spotřebiče patří chladicí zařízení, terárium, aj.

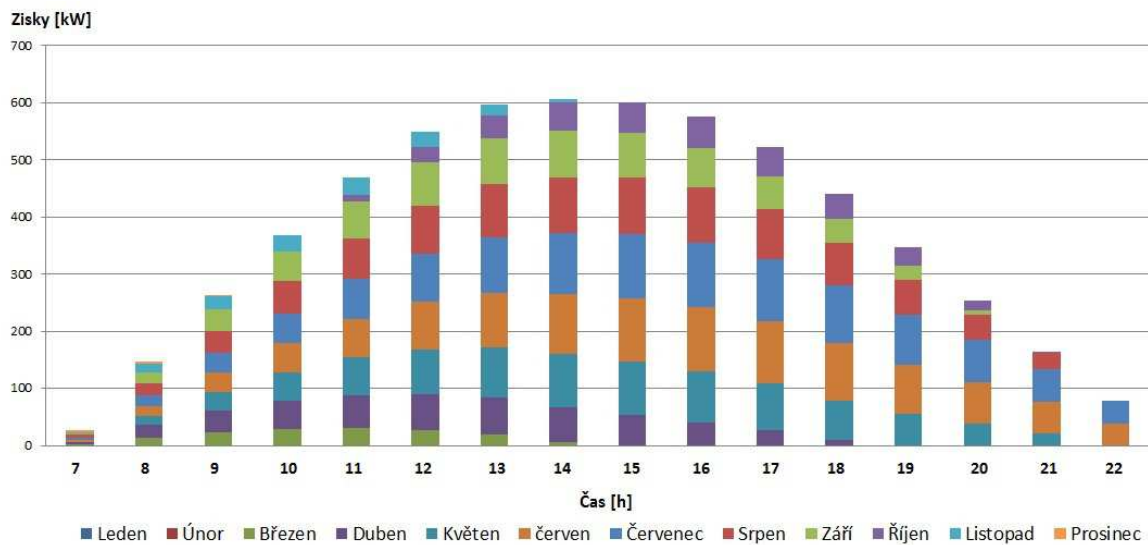
8.5.1 Tepelná zátěž

Vedle chladna i horko způsobuje nežádoucí účinky pro tepelnou pohodu člověka, z tohoto důvodu lze tepelné zisky, které zhoršují stanovené hygienické a klimatické podmínky v místnosti, začlenit do tepelné zátěže. Za těchto podmínek je již otopná soustava v daném místě regulována na výkon rovný nule.

8.5.2 Výpočet tepelných zisků

Největší nepřetržitě vnitřní tepelné zisky objektu LDN pocházejí od pacientů a nemocničního personálu. Každý pokoj obsahuje televizní přijímač. Celkově s několika málo zařízeními pro běžný chod LDN nemá žádné větší vnitřní tepelné zisky. Výpočet tepelných zisků byl proveden freewarem „Výpočet tepelných zisků“ od firmy QPro. Výpočty jsou v souladu s normou ČSN 73 0548 [20]. Výsledkem výpočtu jsou výpočtová maxima pro dvanáct měsíců ve 24 hodinách.

Ve výpočtu byly použity teploty pro vnější maximální výpočtovou teplotu 32 °C a hodnota vnitřní maximální výpočtové teploty je 26 °C. Intenzita výměny vzduchu je stanovena na 0,9 1/h. Grafické zpracování výsledků uvádí obrázek č. 21. Největší tepelné zisky o výši 113 kW objekt přijme v červenci okolo 16 h.



Obrázek 21. Tepelné zisky objektu.

9 VYTÁPĚCÍ SYSTÉM OBJEKTU LDN

Nemocniční komplex Jihlavské nemocnice je připojen k primárnímu parnímu rozvodu Jihlavské teplárny. Centralizovaný způsob je spolehlivý, čistý a není tak náročný na údržbu. V přízemní LDN je vyhrazena technická místnost pro kapilární výměníky typu pára-voda. Jeden je určen pro vytápěcí soustavu zahrnující tři tepelné okruhy a to východní a západní okruh tepelné soustavy a třetí okruh, který je určen na ohřev vzduchu sloužícího teplovzdušnému vytápění.

Druhý kapilární výměník slouží k ohřevu teplé užitkové vody. Studená voda nejdříve odjímá teplo skrze výměník od kondenzátu, po předehřátí voda projde do kapilárního výměníku, kde se dohřeje na požadovanou hodnotu a poté odchází do zásobníku teplé vody. V případě nepotřebnosti TUV voda cirkuluje, její obsah v trubkách se vymění přibližně 4krát až 5krát za hodinu.

Jmenovitý tepelný výkon vytápěcího zařízení musí být určen tak, aby i při nejnepříznivějších povětrnostních poměrech, které mohou za normálních okolností nastat v daném místě v zimním období, bylo možno ve vytápěných místnostech zajistit podmínky tepelné pohody. Otopný příkon se určuje podle tepelných ztrát budovy, vypočítaných pro zvolené nejnepříznivější klimatické podmínky. Je nutno počítat s okolnostmi jako jsou vlastnosti otopné soustavy, ke způsobu sdílení tepla ve vytápěném prostoru, k otopnému režimu, zdali je přerušovaný či nepřerušovaný.

9.1 Návrh výměníkové stanice

Tlakově nezávislá předávací stanice pro vytápěcí okruh pochází od firmy AVOS VYŠKOV. Výkon stanice byl stanoven na 250 kW. Pokrývá tepelné ztráty budovy a zároveň zohledňuje vlastnosti otopné soustavy. Je využíván pro teplovzdušné větrání pokojů a vzduchotechnické vytápění operačního sálu. Výkon splňuje požadavky pro kolísání průběhu denní teploty a s tím spojené kolísání odběru tepla při různém druhu provozu.

Konstrukční parametry:

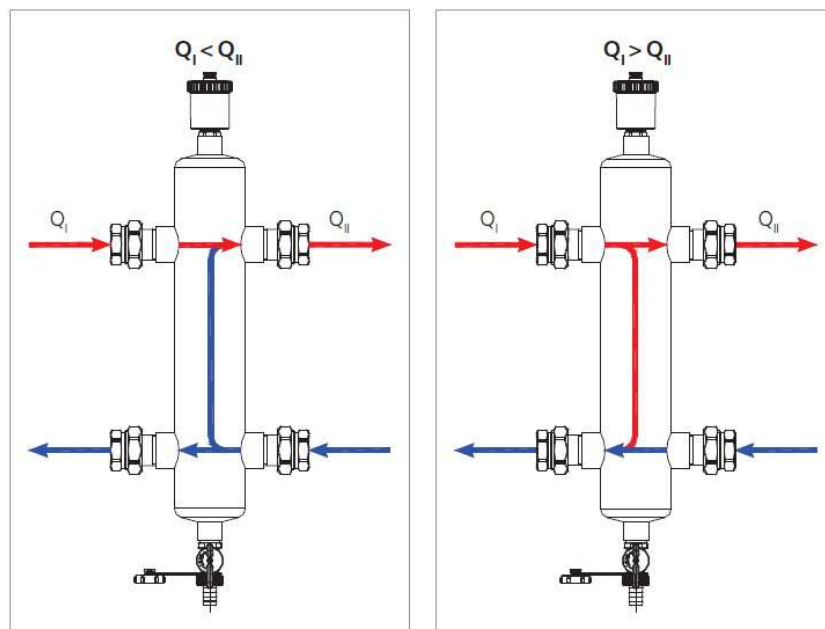
- Pára - Konstrukční teplota / tlak 220°C / 4 MPa DN 50
- Voda - Konstrukční teplota / tlak 115°C / 6 Bar DN 65

9.2 Návrh otopného systému

Pára je do stanice přivedena potrubím osazeným ručním uzavíracím ventilem, filtrem a regulačním ventilem s havarijní funkcí. Potrubí je napojeno na spirálový výměník tepla, kde otopná voda přejímá teplo od páry. Parní kondenzát je odváděn ze spirálového výměníku kondenzátním potrubím osazeným odvaděčem kondenzátu a kulovými kohouty do odlučovače páry a dále do nádrže kondenzátu.

Teplota otopné vody ve výměníku je řízena podle ekvitermní křivky na žádanou teplotu parou řízenou regulačním ventilem na parním potrubí. Výstupní potrubí ústředního vytápění je osazeno teplotním čidlem a pojistným ventilem. Na vratné potrubí otopné vody je napojena expanzní vyrovnávací nádoba a potrubí pro doplňování vody přes filtr z řádu pitné vody.

Anuloid neboli termohydraulický rozdělovač odděluje výměňkový okruh od vytápěcích okruhů. Účelně slouží pro hydraulickou stabilitu v připojených otopných soustavách a odděluje tlakové síly vyvozené oběhovými čerpadly a ventily jednotlivých okruhů. Zabudováním THR je docíleno konstantního průtoku ve výměňkovém okruhu bez ohledu na stav v okruhu sekundárním. Při nerovnovážném stavu v průtocích přebytečné množství protéká THR zpět do okruhu, ze kterého přiteklo. Na obrázku č. 22 je uveden princip THR.

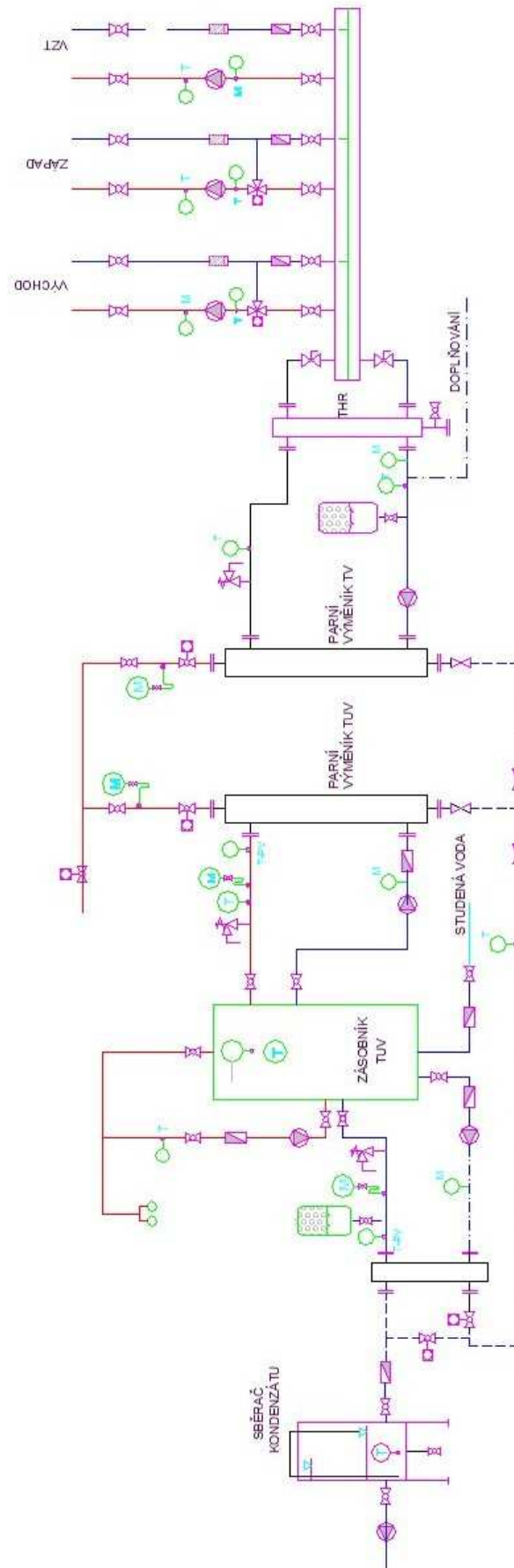


Obrázek 22 Princip THR.

Otopná voda proudí z anuloidu do sruženého rozdělovače/sběrače k jednotlivým spotřebičům. Za rozdělovačem se voda mísí ve směšovací ventilu na požadovanou

teplotu podle ekvitermní křivky a časového programu. A poté je přečerpávána oběhovým čerpadlem s regulovatelnými otáčkami přes měřiče tepla a uzavírací armaturu k tělesům. Od spotřebiče se vrací přes uzavírací armaturu a filtr na mechanické nečistoty do směšovacího ventilu či výměníku.

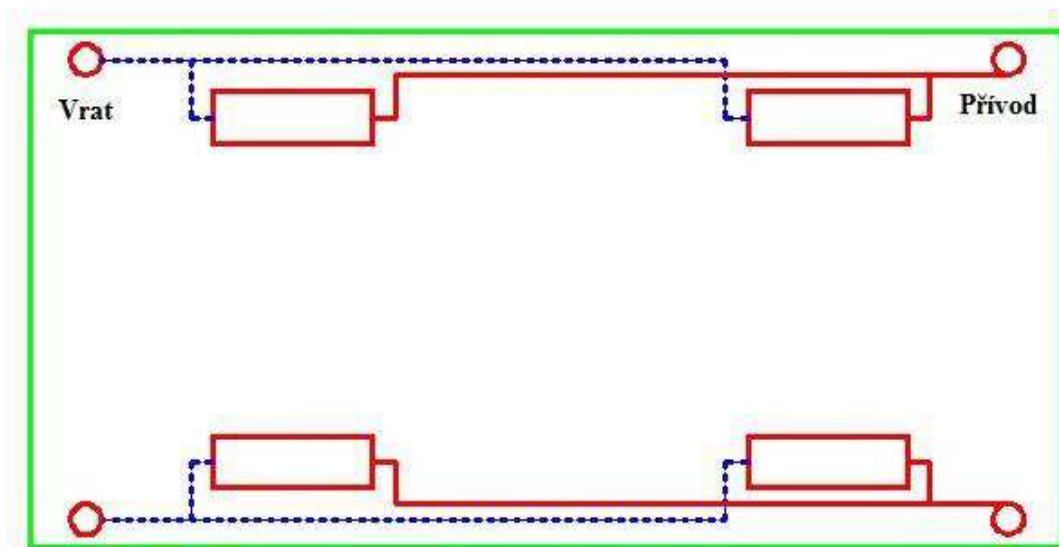
Níže na obrázku č. 23 je uvedeno hydraulické schéma pro odběr tepelné energie od primárního parního okruhu.



Obrázek 23. Hydraulické schéma tepelné soustavy.

9.2.1 Otopná soustava

Propojení otopných těles mezi sebou je řešeno souproudým zapojením. Tento způsob uvažuje problematiku s tlakovými ztrátami v potrubí, kde každé těleso má stejnou tlakovou ztrátu. Tím je zajištěna hydraulická stabilita otopného okruhu. Realizace zapojení má větší náklad spojený s delšími rozvody potrubí. Obrázek č.24 nastiňuje zapojení dvou okruhů na jednom patře.



Obrázek 24. Půdorys – souproudé (Tichelmannovo) zapojení.

Otopná tělesa jsou navržena podle tepelných ztrát dané místnosti. Jelikož pokoje na patře jsou téměř identické a i tělesa mají přibližně stejné výkony, jsou umístěna pod okny tak, aby pokryla alespoň 80% šířky okna. Firma KORADO je výrobcem navržených těles, jedná se o řadu RADIK KLASIK, jež má dle potřeby levé nebo pravé boční napojení.

Každé těleso je regulováno termostatickou hlavicí SIEMENS RTN51, která plynule ovládá radiátorový ventil a reguluje průtok teplotnosné látky otopným tělesem dle požadované teploty. Při stoupající pokojové teplotě se kapalina rozpíná v kovovém pouzdru a tlačí na vlnovec. Ten pomocí dřívku uzavírá ventil a redukuje tak průtok otopné vody tělesem. Při klesající pokojové teplotě se ventil analogicky otvírá a zvyšuje tak průtok otopné vody.

9.2.2 Parametry otopné soustavy

Nejprve je potřeba vypočítat objemový průtok v soustavě:

$$Q_v = \frac{P}{c_p \cdot \Delta\theta \cdot \rho_v} [m^3/s]$$

P - celkový výkon otopných těles okruhu, který pokrývá tepelné ztráty [W],

c_p - měrná tepelná kapacita vody [J/(kg K)],

$\Delta\theta$ – rozdíl teplot mezi přiváděnou a odváděnou vodou [°C],

ρ_v – hustota vody [kg/m³].

Objemový průtok byl vypočten 0,0003204 m³/s, tedy 1,15 m³/h.

Následuje výpočet pro určení průměru potrubí:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot v}} \text{ [m]}$$

v – rychlost proudění kapaliny v soustavě [m/s].

Rychlost proudění vody v otopné soustavě se pohybuje v intervalu [0,2;1,0], pro výpočet je zvolena rychlost 0,6 m/s. Průměr potrubí byl spočten na 0,028 mm tedy DN 28. Potrubí je z měděného materiálu o tloušťce stěny 1,5 mm.

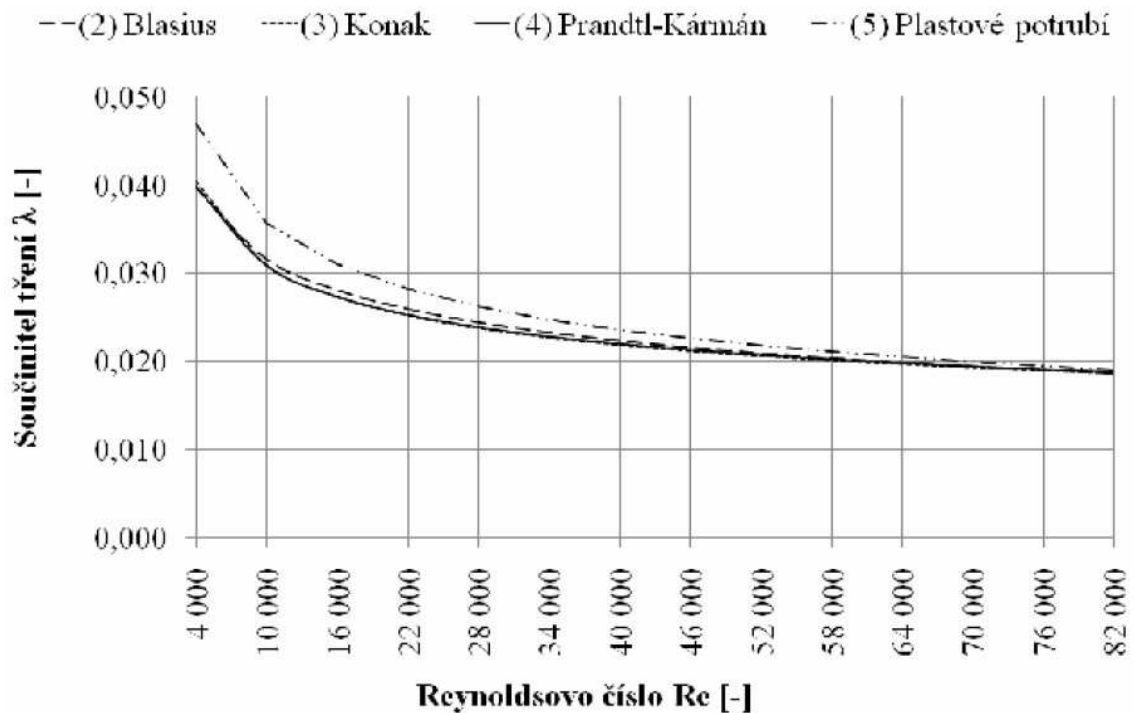
Reynoldsovo číslo udává, jaký typ proudění bude v potrubí. Je-li překročena hodnota 2300, jedná se o proudění turbulentní, pod touto hodnotou proudí kapalina laminárně.

Rovnice pro Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} [-]$$

ν – kinematická viskozita [m²/s].

Hodnota Reynoldsova čísla 21 276 určila, že voda proudí turbulentně. Součinitel tření je vyčten z grafu podle způsobu výpočtu Konak.



Obrázek 25. Součinitele tření u hydraulicky hladkých potrubí.

Následně můžeme vypočítat tlakové ztráty třením:

$$\Delta p_{zT} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{st} [Pa]$$

λ - součinitel tření [-],

l - délka potrubí [m],

ρ_{st} - hustota vody při střední teplotě [kg/m^3].

Tlaková ztráta třením byla vypočtena na hodnotu 22 082 Pa. K celkové ztrátě je ještě třeba připočítat tlakovou ztrátu vřazenými odpory. Složitost výpočtu na ztráty z vřazených odporů je dosti náročná, proto je učena procentuální hodnotou 50 % z tlakové ztráty třením. Celkové tlakové ztráty mají hodnotu 33 123 Pa, ty byly vypočteny z následujícího vztahu:

$$\Delta p = \Delta p_{zT} + \Delta p_{zM}$$

Δp_{zT} – tlaková ztráta třením [Pa],

Δp_{zM} – tlaková ztráta místními odpory [Pa].

K výběru vhodného čerpadla je nutno také vypočítat tlakové ztráty směšovacího ventilu. Je třeba zvolit poměrnou autoritu ventilu, ta je stanovena na hodnotu 0,5. Tlaková ztráta plně otevřeného ventilu je přibližně poloviční, oproti tlakové ztrátě úseku potrubní sítě bez ventilu. Minimální autorita ventilu je zvolena $P_v = 0,33$ a poměrná autorita je pak $P_v' = 0,5$. Požadovaná tlaková ztráta na ventilu je vypočtena podle vztahu:

$$\Delta p_v = \Delta p_v' \cdot \Delta p_s \text{ [Pa]}$$

$\Delta p_v'$ - poměrná autorita ventilu [-],

Δp_s - tlaková ztráta otopné sítě [Pa]

Velikost ventilu je určena podle hodnoty k_{vs} , která vyčísluje vztah mezi nastavením ventilu jako je zdvih, úhel natočení a protékajícím množstvím látky. Představuje tak jmenovitý průtok armaturou při maximálním otevření armatury a tlakové ztrátě 100 kPa. Výpočetní vztah:

$$k_{vs} = Q_v \sqrt{\frac{\Delta p_o}{\Delta p_v}} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Q_v - objemový průtok skrze ventil [m³/h],

Δp_o - tlaková ztráta jednoho baru [kPa],

Δp_v - tlaková ztráta na ventilu [kPa]. [22]

Po dosažení tlakové ztráty ventilu 16,56 kPa, vyšel jmenovitý průtok armaturou 2,826 m³/h. Navržený směšovací regulační ventil podle k_{vs} je od firmy HEIMEIER DN 15, u kterého je třeba použít vhodnou redukci ze stejného materiálu. Menší průměr ventilu zlepšuje směšovací funkci.

Po výběru vhodného ventilu je třeba určit skutečné tlakové ztráty ventilu:

$$\Delta p_v = \left(0,01 \cdot \frac{Q_m}{k_{vs}}\right) \text{ [kPa]}$$

Q_m - hmotnostní průtok [kh/h].

Hodnota tlakových ztrát ventilu je 21,79 kPa a musí být kryta zvýšením dopravního tlaku čerpadla. Z toho plyne, že s rostoucí autoritou ventilu se sicelepší regulovatelnost zařízení, ale zvyšuje se spotřeba energie čerpadla.

Autorita ventilu je určena dle vztahu:

$$P_v = \left(\frac{\Delta p_v}{\Delta p_{disp}} \right) [kPa]$$

Δp_{disp} – dispoziční tlak soustavy [kPa].

Dispoziční tlak okruhu je vypočten na hodnotu 54,8 kPa. Výsledná autorita ventilu s hodnotou 0,38 spadá do kompromisního rozmezí autority ventilu 0,3 až 0,5.

Tabulka 21. Parametry okruhu pro návrh regulačních ventilů.

Okruh	Tepelný výkon okruhu Q_{max} [kW]	Δp Tlaková ztráta [kPa]	Q_v [m ³ /h]	K_{vs} [m ³ /h]	Tlaková ztráta ventilu Δp_v [kPa]	Autorita ventilu P_v [-]
Východ	13 393	33, 12	1,15	2,50	21,79	0,38
Západ	11 433	29, 88	1,01	2,50	16,3	0,35

9.2.3 Návrh cirkulačního čerpadla

Důležitým parametrem pro výběr vhodného čerpadla je dopravní výška čerpadla. Ta byla vypočtena ze vztahu:

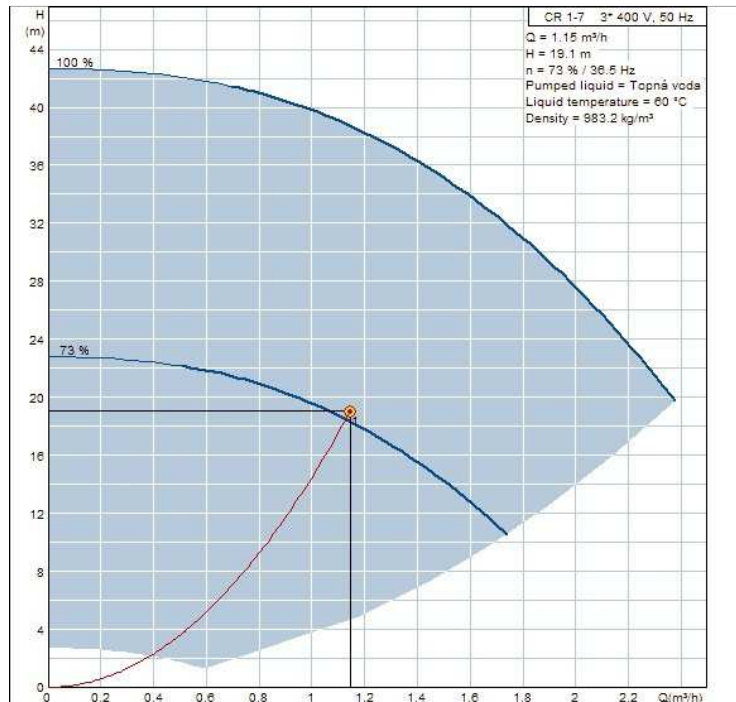
$$H = \frac{1000 \cdot \Delta p_{RF}}{\rho \cdot g} [m]$$

Δp_{RF} – tlakové ztráty vlivem tření a místních odporů v potrubí [kPa],

ρ – měrná hmotnost vody [kg/m³],

g - tíhové zrychlení [m/s²]. [23]

Dopravní výška byla vypočtena na 5,07 m, ke které je nutno přičíst 14 m výškový rozdíl mezi čerpadlem a nejvyšším bodem soustavy. Díky dopravní výšce a objemovému průtoku bylo navrženo pomocí online katalogu Grundfos WebCAPS čerpadlo Grundfos CR 1-7 A-A-A-E-HQQE. Na obrázku č. 26 je zobrazena pracovní charakteristika čerpadla s pracovním bodem pro východní okruh.



Obrázek 26. Charakteristika čerpadla Grundfos CR 1-7 A-A-A-E-HQQE východního okruhu.

Do západního okruhu bylo navrženo stejné cirkulační čerpadlo.

9.2.4 Zabezpečovací zařízení tepelné soustavy

Zabezpečovací zařízení je nutnou součástí každé tepelné soustavy. Musí splňovat požadavky normy ČSN 06 0830. Pro otopnou soustavu nebo její část musí být stanoven minimální přetlak, nejvyšší pracovní přetlak a pracovní teplota. Mimo těchto parametrů se hlídá množství vody v soustavě. Veškeré části tepelné soustavy jsou provedeny a konstruovány pro nejvyšší pracovní přetlak a nejvyšší pracovní teplotu. Zda součásti vyhovují technickým parametrům, určí výrobce.

Nejnižší dovolený přetlak byl vypočten dle následujícího vztahu:

$$p_{\text{dov}} = 1,1 \left(\frac{h \rho g}{1000} + \Delta p_z \right) [\text{kPa}]$$

h - výška topné soustavy [m],

ρ - hmotnostní objem vody [kg/m^3],

g - gravitační zrychlení [m^2/s],

Δp_z - tlakové ztráty [kPa].

Po dosažení výšky 14m, hustoty, gravitačního zrychlení a tlakových ztrát soustavy 123 kPa do vzorce vyjde nejnižší dovolený přetlak 286 kPa a nejnižší provozní přetlak $p_d=300$ kPa.

Minimální objem expanzní nádoby je určen vztahem:

$$V_e = 1,3 V \left(\frac{1000}{\rho_{tm}} - \frac{1000}{\rho_{10^\circ C}} \right) [l]$$

V – objem vody v soustavě [l].

Předběžný objem uzavřené expanzní nádoby:

$$S_e = \frac{V (p_h + 100)}{p_h - p_d} [l]$$

p_h - nejvyšší provozní přetlak soustavy [kPa],

p_d - nejnižší provozní přetlak soustavy [kPa].

Nejnižší provozní přetlak soustavy:

$$p_d = 1,05 p_{ddov} [kPa],$$

Nejvyšší provozní přetlak soustavy:

$$p_h = 0,95 p_{hdov} [kPa],$$

p_{hdov} - otevírací přetlak pojišťovacího ventilu [kPa].

Jmenovitý objem expanzní nádoby byl vypočten na hodnotu 44,7 litrů. Z katalogu firmy Regulus byla vybrána nádoba s vyšším objemem a to 80 l, jež má označení MB 80 SKIRT - 6 bar topné systémy.

Návrh pojistného ventilu

Při výběru pojistného ventilu je třeba vypočítat minimální průřez sedla pojistného ventilu dle rovnice:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{a_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} [mm^2]$$

Q_p – jmenovitý výkon zdroje tepla [kW],

a_w – výkonový součinitel dle typu ventilu [-],

p_{ot} – otevírací přetlak ventilu [kPa].

Minimální vnitřní průměr pojistného potrubí, byl vypočten dle rovnice:

$$p_d = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p} [mm]$$

Výsledný pojistný ventil pro otopnou soustavu je Duco 1/2" x 3/4" KD s otvíracím přetlakem 550 kPa a minimálním průřezem sedla 48 mm². Ventil je umístěn na pojišťovacím potrubí s minimálním vnitřním průměrem 19 mm tedy DN20.

9.3 Ohřev teplé vody

Pro ústřední přípravu teplé užitkové vody je využito normy ČSN 06 0320. Podle celkové spotřeby tepla je určen tepelný výkon zařízení, zdroj tepla a ohříváků a objem zásobníku. Za pomoci zásobníku se vyrovnávají výkyvy v odběru vody během dne a je umožněno volit výkon zdrojů tepla a ohříváků průměrného odběru. Zařízení pro ohřev vody by měla zaručit teplotu vody u spotřebitele mezi 50 až 55°C. Výjimka může být u technologických procesů, u kterých je vyžadována vyšší teplota. Zařízení pro ohřev vody musí být navrženo tak, aby bylo vše přehledné, srozumitelné, jednoduché a při údržbě nenastaly komplikace a aby byla možnost ho odstavit a vypustit při výměně ohříváče. Každé zařízení je vyrobeno pro určité nejvyšší přetlaky, které během provozu běžně nastanou. Na štítku zařízení je uveden nejvyšší provozní přetlak, jak ze strany teplonosné, tak ze strany ohřívané látky se nesmí tento přetlak překročit. Z hlediska tvorby bakterií se doporučuje vodu pravidelně a periodicky ohřívát nejméně na 70°C, o tomto musí být uživatelé informováni. Z dlouhodobého hlediska snížení koroze a vylučování usazenin se doporučuje, aby teplota v zásobnících a ohříváčích nepřevýšila 60°C.

Parametry soustavy pro ohřev teplé vody:

- Přívodní teplota studené vody 10 °C,
- Teplota teplé vody 60 °C,
- Teplota TUV 55 °C před výtokem,
- Počet pacientů 150,
- Počet personálu 30,
- Perioda ohřevu teplé vody je 24h.

K dimenzování zařízení pro ohřev a zásobení teplé vody je třeba znát celkovou spotřebu teplé vody za jednu periodu, tedy jeden den, která v sobě zahrnuje mytí osob, mytí nádobí a úklid.

Spotřeba teplé vody na mytí osob za jeden den se stanoví dle vztahu:

$$V_o = n_i \cdot \sum V_d [m^3]$$

$$\sum V_d = \sum (n_d \cdot U_3 \cdot t_d \cdot p_d) [m^3]$$

n_i - počet uživatelů [-],

V_d - objem dávky [m^3],

n_d - počet dávek [-],

U_3 - objemový průtok teplé vody o teplotě 55 °C do výtoku [m^3/h],

t_d - doba dávky [h],

p_d - součinitel prodloužení dávky rozmezí 1 pro čisté prostory - 2 velmi špinavé [-].

Uvedené hodnoty pro výpočet V_d jsou určeny z tabulek vycházejících z normy ČSN 06 0320. Dílčí spotřeba vody pro mytí je $V_o = 4,935 m^3$.

Výpočet potřeby teplé vody za den pro mytí nádobí je určen ze vztahu:

$$V_j = n_j \cdot V_d [m^3]$$

n_j - počet jídel [-].

Každý pacient má denně dvě teplá jídla, personál jedno jídlo. Přičemž dávka pro jedno jídlo je $0,001 m^3$. Celkem za teplou vodu na mytí je spotřebováno $V_j = 0,330 m^3$

Množství vody pro úklid a mytí podlah za den je vypočteno ze vztahu:

$$V_u = n_u \cdot V_d [m^3]$$

n_u - počet stometrových ploch [m^2].

Úklidová plocha se rozkládá na $6\ 825 m^2$, dávka na $100 m^2$ je $0,02 m^3$ $V_u = 1,365 m^3$.

Celková spotřeba vody je určena součtem spotřeby teplé vody pro mytí osob, mytí nádobí a pro úklid:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u [m^3]$$

Z rovnice byla vypočtena celková spotřeba teplé vody na $6,631 m^3$.

Po určení množství spotřebované teplé vody je stanovena potřeba tepla odebraného z ohříváče teplou vodou během jedné periody:

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} [kWh]$$

Q_{2t} - teoretické teplo odebrané z ohříváče během dané periody [kWh],

Q_{2z} - teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody v dané periodě [kWh].

Výpočet teoretického tepla odebrané z ohříváče v dané periodě je stanoven ze vztahu:

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2P} \cdot (\theta_2 - \theta_1) [kWh]$$

c - měrná tepelná kapacita vody [kWh/(m³K)],

V_{2P} - celková potřeba teplé vody [m³],

θ_2 - teplota teplé vody [°C],

θ_1 - teplota studené vody [°C].

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody v dané periodě je stanoveno ze vztahu:

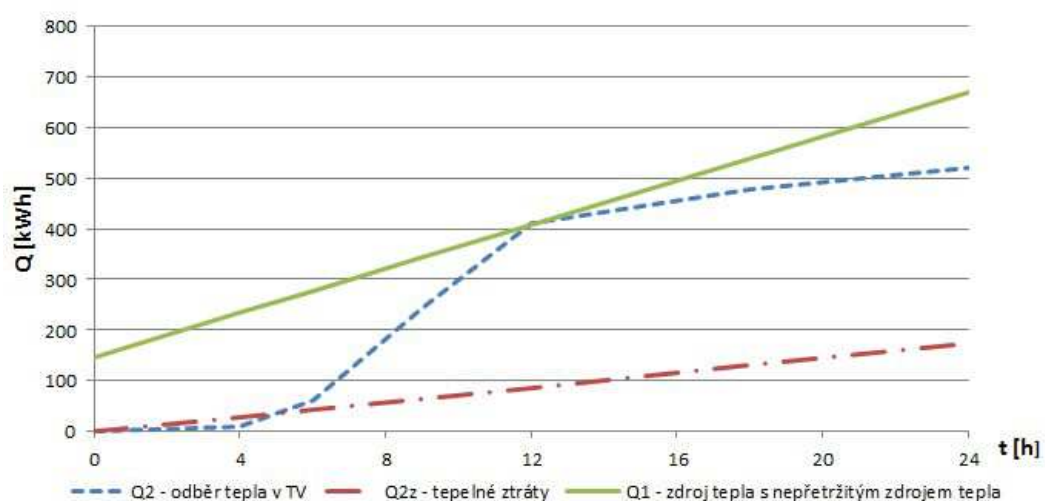
$$Q_{2z} = Q_{zz} + Q_{zp} [kWh]$$

Q_{zz} - tepelná ztráta tepelného zásobníku [kWh],

Q_{zp} - tepelná ztráta distribuce teplé vody [kWh].

Prvotní odhad celkové tepelné ztráty je 10% z tepla odebraného z ohříváče v dané periodě.

Celková potřeba tepla pro ohřev teplé vody je 375, 38 kWh. V následujícím obrázku jsou stanoveny křivky odběru teplé vody. Křivky byly určeny dle normy ČSN 06 0320. [24]



Obrázek 27. Křivky dodávky a odběru tepla při ohřevu TV.

Velikost zásobníku se stanoví pomocí křivek dodávky tepla a odběru tepla. Z obrázku č. 27 lze vyčíst největší možný rozdíl mezi křivkami dodávky a odběru tepla. Ten představuje nutnou zásobu tepla:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} [\text{m}^3]$$

ΔQ_{max} - největší možný rozdíl mezi Q_1 a Q_2 [kWh],

c - měrná tepelná kapacita vody [kWh/(m³K)],

θ_2 - teplota teplé vody [°C],

θ_1 - teplota studené vody [°C].

Největší rozdíl mezi křivkami Q_1 a Q_2 je 215 kWh, ten dosadíme do rovnice tak, abychom zjistili velikost zásobníku, která je 4 109 litrů. Navrhnutý zásobník pro pokrytí denní spotřeby nese označení Regulus PS5000.

Jmenovitý tepelný výkon ohřevu bude stanoven dle vztahu:

$$\Phi_{ln} = \frac{Q_1}{t} [\text{kW}]$$

t – čas [h].

Jmenovitý výkon byl vypočten na hodnotu 15,64 kW, tento výkon je využit po celou periodu ohřevu. Pro získání tepelné energie z primárního okruhu byl zvolen kapilární výměník firmy Racioterm s označením KVP 40 s maximálním výkonem 17 kW s 1kW rezervy.

10 KLIMATIZACE OPERAČNÍHO SÁLU

Před návrhem klimatizace operačního sálu je třeba znát technické vlastnosti místností, kde se bude systém využívat. Klimatizace vytváří požadované úpravy vnitřního prostředí, využívá čerstvý a cirkulační vzduch, který se ohřívá, chladí, vlhčí a filtruje. Výkony funkčních vzduchotechnických zařízení jsou navrženy za pomoci tepelných zisků v létě a tepelných ztrát v zimě. Zisky a ztráty byly spočteny v kapitolách 8.3 a 8.5.

10.1 Termodynamika vlhkého vzduchu - psychometrie

Psychrometrický výpočet slouží pro návrh klimatizačního zařízení operačního sálu. Při výpočtech je použit h-x Mollierův diagram s výpočtovými hodnotami stanovenými pro objekt a danou oblast. Výpočty jsou provedeny jak pro letní tak pro zimní podmínky. Ve výpočtu nejsou uvažovány ztráty a zisky tepla od ventilátorů a vzduchovodů.

Parametry vnitřního vzduchu:

- Teplota vzduchu - 24 ± 2 °C
- Relativní vlhkost vzduchu - 60 %

Parametry vnějšího vzduchu:

- léto - teplota vzduchu 32 °C, letní výpočtová entalpie 59 kJ/kg s
- zima- teplota vzduchu -15 °C, zimní výpočtová entalpie -8,9 kJ/kg.

Pracovní rozdíl teplot může být maximálně do 6°C, pro citlivé prostředí operačního sálu byl zvolen na hodnotu 4 °C.

Vztah pro pracovní rozdíl teplot:

$$\Delta\theta_p = \theta_i - \theta_p \text{ [}^\circ\text{C]}$$

θ_i - vnitřní teplota vzduchu [°C],

θ_p - přiváděná teplota vzduchu [°C].

Z předešlého vztahu byla vyjádřena teplota přiváděného vzduchu a spočtena na hodnotu 20 °C.

Do správného výpočtu a následného návrhu je nutno zahrnout produkci vodní páry. Ta byla určena za předpokladu tvorby vodní páry 0,021 g/s na osobu.

Produkce vodní páry:

$$M = n \times g \text{ [g/s]}$$

n – počet osob [-],

g – produkce vodní páry na osobu [g/s].

Bod P v h-x diagramu byl stanoven protnutím teploty přiváděného vzduchu a měrnou vlhkostí, která byla ponížena o vlhkost získanou od lidí:

$$\Delta x = \frac{Q_{m,o}}{Q_{m,p}} \text{ [g/kg]}$$

$Q_{m,o}$ – hmotností tok vody od lidí [g/s],

$Q_{m,p}$ – hmotností průtok přiváděného čerstvého vzduchu [kg/s].

Přiváděný vzduch je ponížěn o pracovní rozdíl vlhkosti hodnotou 0,3 g/kg.

Ověřovací výpočet pro množství přiváděného vzduchu:

$$Q_{m,po} = \frac{Q_i}{h_i - h_p} \text{ [kg/s]}$$

Q_i - celková tepelná zátěž sálu [W],

h_i - entalpie interního vzduchu [kJ/kg],

h_p - entalpie přiváděného vzduchu [kJ/kg].

Tepelná zátěž operačního sálu 3,1 kW pocházející od lidí a osvětlení. Množství přiváděného vzduchu $Q_{m,p} = 0,8 \text{ kg/s}$ je větší než vypočítané množství $Q_{m,po}$. Tímto splňuje požadavek na množství přiváděného vzduchu do operačního sálu.

Výpočet letního období

Výpočet výkonu chladiče:

$$Q_{ch} = Q_{m,p} \cdot (h_e - h_p) \text{ [kW]}$$

$Q_{m,p}$ – hmotnostní objem přiváděného vzduchu [kg/s],

h_e - entalpie venkovního vzduchu [kJ/kg],

h_p - entalpie přiváděného vzduchu do místnosti [kJ/kg].

Výkon chladicího zařízení je spočten na hodnotu 11,8 kW.

$Q_{v,př}$ - objemový tok přiváděného vzduchu [m^3/h].

Rekuperátor předejde venkovní vzduch z teploty $-15^\circ C$ na teplotu $0,6^\circ C$.

Rovnice pro určení výkonu ohřívače:

$$Q_o = Q_{m,p} \cdot (h_o - h_1) [kW]$$

$Q_{m,p}$ - hmotnostní objem přiváděného vzduchu [kg/s],

h_o - entalpie ohřátého vzduchu [kJ/kg],

h_1 - entalpie vzduchu vystupujícího z rekuperátoru [kJ/kg].

Instalovaný ohřívač by měl mít výkon alespoň $25,9 kW$.

Nyní je nutno vypočítat hmotnostní tok přiváděné vody obsažené ve vzduchu:

$$Q_{m,v} = Q_{m,p} \cdot (x_p - x_o) [g/s]$$

x_p - měrná vlhkost přiváděného vzduchu do místnosti [g/kg],

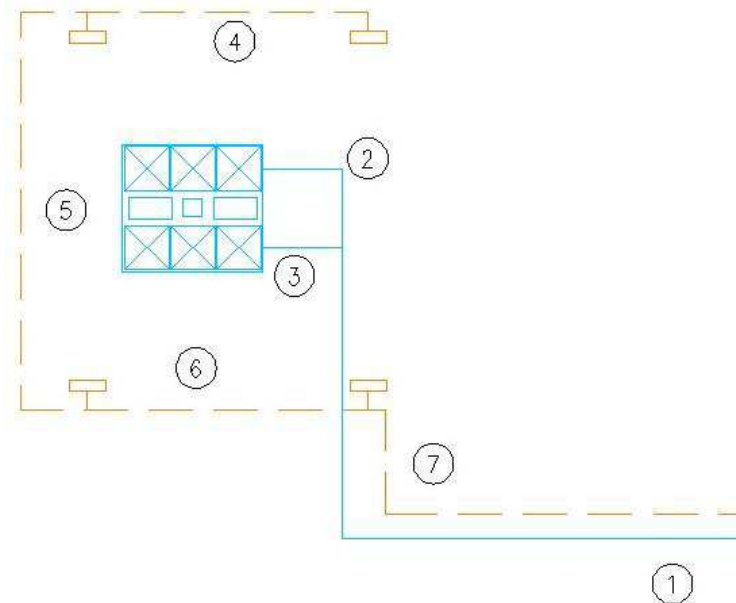
x_o - měrná vlhkost ohřátého vzduchu [g/kg].

Příkon zvlhčovače k vývinu páry:

$$N = Q_{m,v} \cdot l_{23} [g/s]$$

l_{23} - měrné výparné teplo vody [kJ/kg].

Hodnota přiváděného toku vody byla vypočtena na $8,5 g/s$, tato hodnota slouží k výpočtu příkonu ohřívače, který byl vypočten na $21\,250 W$.



Obrázek 30. Vzduchotechnika operačního sálu.

Tlakové ztráty jsou určeny pro nejdelší větve odpadního a přívodního vzduchovodu. Přívodní vzduchovod operačního sálu není rozvětven, jediná větev je tedy hlavní. V tabulce č. 22 jsou uvedeny ztráty přívodního vzduchovodu a v tabulce č. 23 odpadního vzduchovodu.

Tabulka 22. Tlakové ztráty přívodního vzduchovodu.

Úsek	Průtok Q_v [m ³ /h]	Rozměr			Rychlost w [m/s]	Ztráty třením			Ztráty vřazenými odpory		Celková ztráta. Δp_{cz} [Pa]
		A [mm]	B [mm]	d_{ekv} [mm]		L [m]	R [Pa/m]	Δp_λ [Pa]	$\Sigma \xi$ [-]	Δp_ξ [Pa]	
3	1200	315,0	400	352	2,65	1,2	0,35	0,42	0,80	3,37	3,79
2	1200	315,0	400	352	2,65	2,0	0,35	0,70	0,19	0,80	1,50
1	2400	315,0	400,0	352	5,29	15,3	0,9	13,77	1,59	26,7	40,47

Tabulka 23. Tlakové ztráty odpadního vzduchovodu.

Úsek	Průtok Q_v [m ³ /h]	Rozměr			Rychlost w [m/s]	Ztráty třením			Ztráty vřazenými odpory		Celková ztráta. Δp_{cz} [Pa]
		A [mm]	B [mm]	d_{ekv} [mm]		L [m]	R [Pa/m]	Δp_λ [Pa]	$\Sigma \xi$ [-]	Δp_ξ [Pa]	
7	480	225	200	212	2,96	4,2	0,61	2,56	0,20	1,05	3,61
6	960	225	250	237	4,70	6,9	0,96	6,62	0,78	10,34	16,96
5	1440	250	315	279	5,08	4,2	0,93	3,91	0,20	3,10	7,00
4	1920	250	355	293	6,01	16,3	1,22	19,89	0,78	16,90	36,79

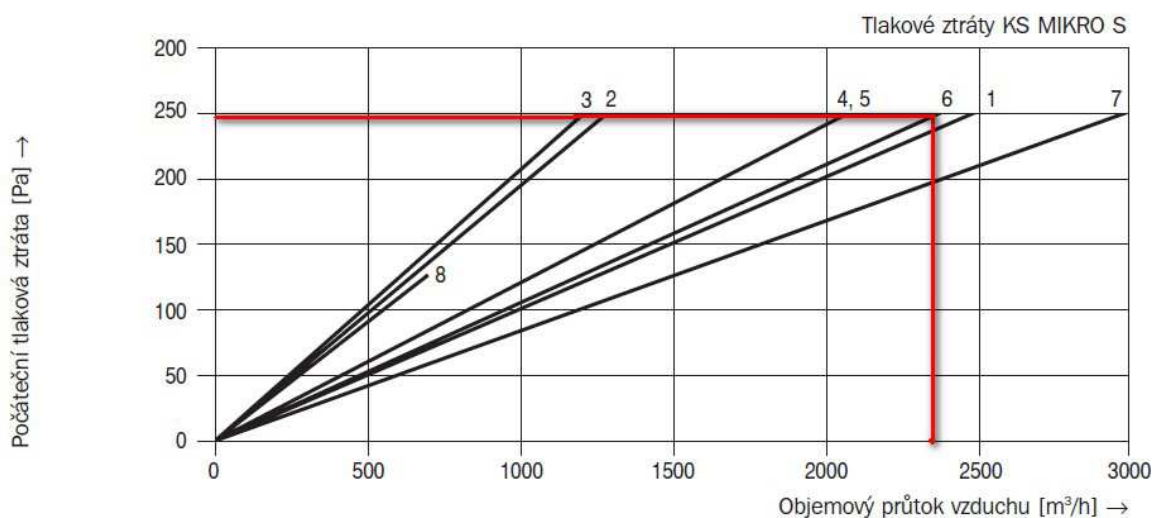
10.2.1 Návrh laminárního stropu

Pro operační sál byl zvolen laminární strop od firmy Klima-servis. Parametry jsou uvedeny v tabulce č. 24.

Tabulka 24 Laminární strop od firmy Klima-servis.

Jmenovitá velikost stropního pole pro přívod vzduchu š x d v m	Množství vzduchu vztahového na čistou plochu v m ³ /hod.	Počáteční tlaková ztráta v Pa	Počet filtračních článků typ N
1,20 x 2,40	2200	170	2
1,30 x 2,40	2400	190	2
1,40 x 2,40	2500	200	2
1,20 x 3,00	2900	160	3
1,60 x 2,40	3000	165	3
1,80 x 2,40	3400	170	3
1,60 x 3,00	3800	200	3

Přívodní elementy laminárního stropu jsou osazeny HEPA filtry třídy 13, všechny jemné filtry mají velké tlakové ztráty, ty jsou uvedeny na obrázku č. 31.



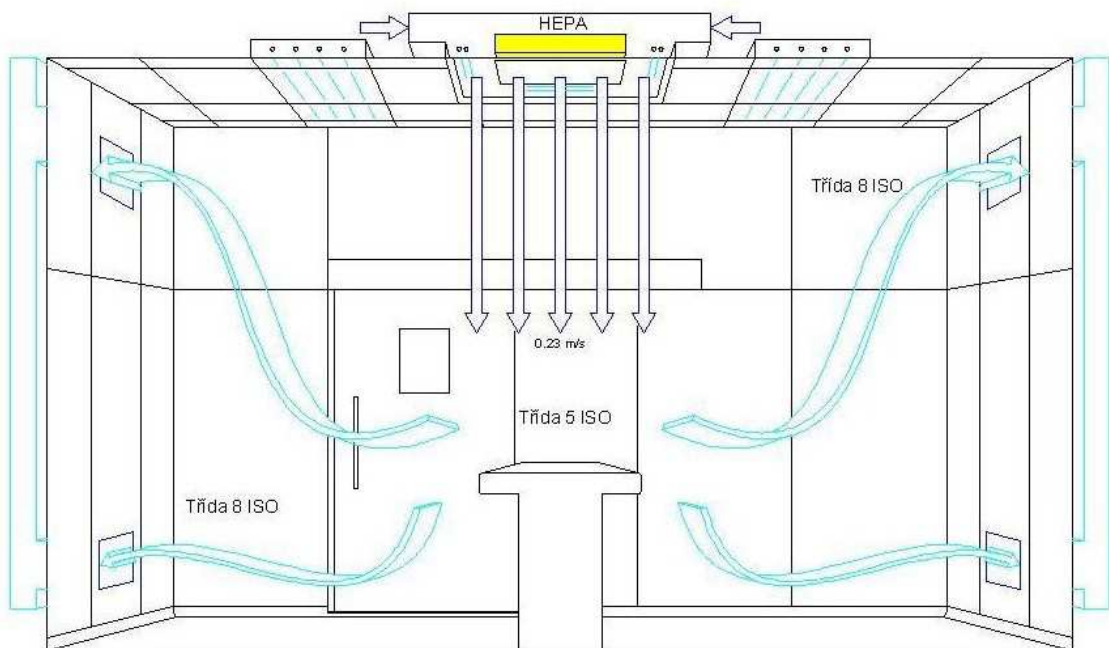
10.2.2 Odvodní mřížky

Odpadní vzduch z operačního sálu je odváděn certifikovanými mřížkami určenými pro čisté prostory. Částečně se odvádí vzduch od podlahy a částečně od stropu, proto byly vybrány dva rozměry odvodních mřížek:

- odvodní mřížka u stropu rozměru 200 x 200 mm,
- odvodní mřížka u podlahy rozměru 300 x 400 mm.

Tabulka 25 Odvodní mřížky od firmy Block.

Typ	Jmenovitý rozměr (otvor v příčce) A x B [mm]	Hmotnost [kg]	Objemový průtok [m ³ /h]		Volná plocha [%]	Efektivní volná plocha průřezu A _{efekt} [mm ²]
			prorychlost vzduchu w [ms ⁻¹]	max.		
VPK	100 x 200 (200 x 100)	0,6	7	43	20	3 984
	100 x 300 (300 x 100)	0,7	14	84	26	7791
	150 x 150	0,62	8	50	21	4671
	200 x 200	0,75	18	106	25	9813
	200 x 300 (300 x 200)	0,9	28	170	26	15779
	200 x 400 (400 x 200)	1,1	39	232	27	21470
	300 x 300	1,2	45	269	28	24904
	300 x 400 (400 x 300)	1,5	62	369	29	34187
	300 x 500 (500 x 300)	1,85	78	469	29	43469
	300 x 600 (600 x 300)	2,0	95	570	29	52752
	400 x 500 (500 x 400)	2,2	107	644	30	59640
	400 x 600 (600 x 400)	2,5	130	782	30	72377
	650 x 650	4,2	240	1437	32	133097



Obrázek 32. Průřez operačního sálu.

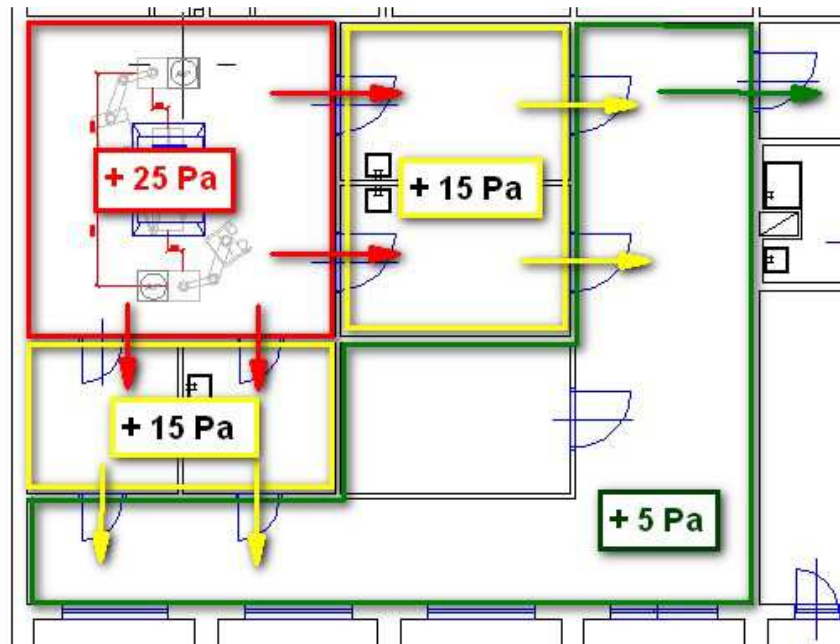
Celkové tlakové ztráty vzniklé třením a vřazenými odpory zahrnujícími laminární pole a filtry.

Tabulka 26. Tlakové ztráty hlavního potrubí.

Druh potrubí	Celková tlaková ztráta Δp_z [Pa]
Přívodní potrubí	630
Odvodní potrubí	220

10.2.3 Stanovení tlakových diferencí

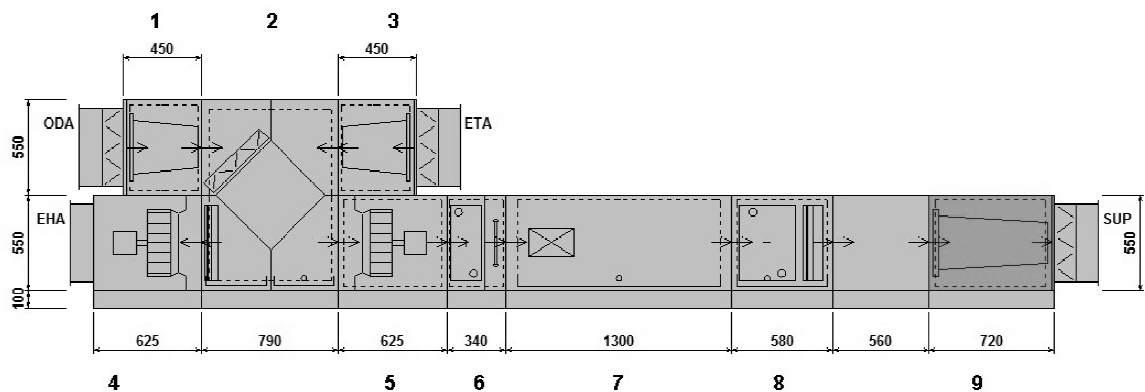
Tlaková diference mezi nemocničními prostory je navržena tak, aby přetlaky narůstaly ve směru se zvyšujícím se požadavkem na kvalitu čistých prostor. Tím je zamezena jakákoliv kontaminace z vnějšího prostředí. Obrázek č. 33 uvádí tlakové diference. Přetlak na operačním sále je docílen větším množstvím přívodního vzduchu než odvodního. Přívod je tedy $2400 \text{ m}^3/\text{h}$ a odvod $1920 \text{ m}^3/\text{h}$.



Obrázek 33. Diference tlaku mezi operačním sálem a zázemím.

10.3 Návrh klimatizační jednotky

Vzduchotechnická jednotka je vybavena systémem zpětného získávání tepla a to křížovým deskovým rekuperátorem s oddělenými proudy vzduchu. Zařízení kryje tepelné ztráty operačních sálů a je dimenzováno na pokrytí tepelné zátěže. Vzduchotechnická jednotka byla navržena za pomoci freewaru od firmy C.I.C. Jan Hřebec. V návrhu jsou použity podklady z předešlých kapitol 8.3 a 8.5. Výsledná jednotka obsahuje menší výkony ohřivačů a chladičů než byly spočteny v kapitole 10.1. Tento rozdíl je způsoben neznalostí přesných parametrů vzduchotechnického zařízení.



Obrázek 34. Prvky VZT jednotky: 1 – 1. stupeň filtrace G4, 2 – ZZT, 3 – filtrace G4, 4,5 - ventilátor 6 – ohřívač, 7 – parní zvlhčovač 8 – chladicí komora, 9 – 2. stupeň filtrace F9.

Aseptický operační sál s laminárním prouděním vzduchu na operační stůl. Klimatizace sálu je provedena samostatnou jednotkou umístěnou ve strojovně blízko zázemí sálu. Složení jednotky je uvedeno na obrázku č. 34.

Složení VZT operačního sálu:

- Přívod – vstupní klapka s havarijní funkcí, první stupeň filtrace G 4, deskový rekuperační výměník tepla s obtokem, přívodní ventilátor, chladič, vodní ohřívač, druhý stupeň filtrace s filtrem F 9.
- Odvod – vstupní klapka, filtr G 4, deskový rekuperační výměník tepla, odsávací ventilátor.

Přívodní a odpadní rozvody jsou vedeny pod stropem v podhledu. Odsávání bude řešeno částečně u podlahy a částečně pod stropem. Vzduchotechnika vytvoří přetlak vůči okolním prostorům, jak ukazuje obrázek č. 33. V případě výpadku elektrického zdroje odebírá jednotka energii ze záložního zdroje.

10.4 Teplovzdušné větrání

Pro komfort a hygienu ovzduší je třeba větrat. Přiváděné doporučené množství čerstvého vzduchu je udáno intenzitou výměny vzduchu. Teplovzdušné větrání se vyznačuje tím, že do místnosti je přiváděn vzduch o stejné teplotě, jako je teplota v místnosti. Na rozdíl od teplovzdušného vytápění, kdy je teplota přiváděného vzduchu větší o pracovní rozdíl teplot. Tepelné ztráty pokrývá teplovodní otopná soustava.

Ve starších objektech byla běžným procesem přirozená infiltrace, která je u novostaveb a při rekonstrukcích silně potlačena těsnými okny a fasádami. Tím mohou vznikat plísňe a

poškození lidského zdraví. Využití teplovzdušného větrání nahrazuje infiltraci a zaručuje odvod znehodnoceného vzduchu, který je využit pro zpětné získávání tepla. [25]

10.4.1 Stabilita nejrizikovější místnosti objektu

Kritická místnost musí v letním období vykazovat nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu a to podle vztahu:

$$\Delta T_{i,max} < \Delta T_{i,max,N}$$

$\Delta T_{i,max}$ – vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období [°C],

$\Delta T_{i,max,N}$ – požadovaná hodnota vzestupu teploty v místnosti [°C].

Tabulka 27. Letní stabilita v místnosti dle ČSN 73 0540.

Druh budovy	$\Delta T_{i,max,N}$ [°C]
Nevýrobní budova	5,0
Ostatní budovy s vnitřním zdrojem tepla	
do 25 W/m ³	7,5
nad 25 W/m ³	9,5
Klimatizovaná budova v době výpadku klimatizace (bez vlivu vnitřních zisků)	12

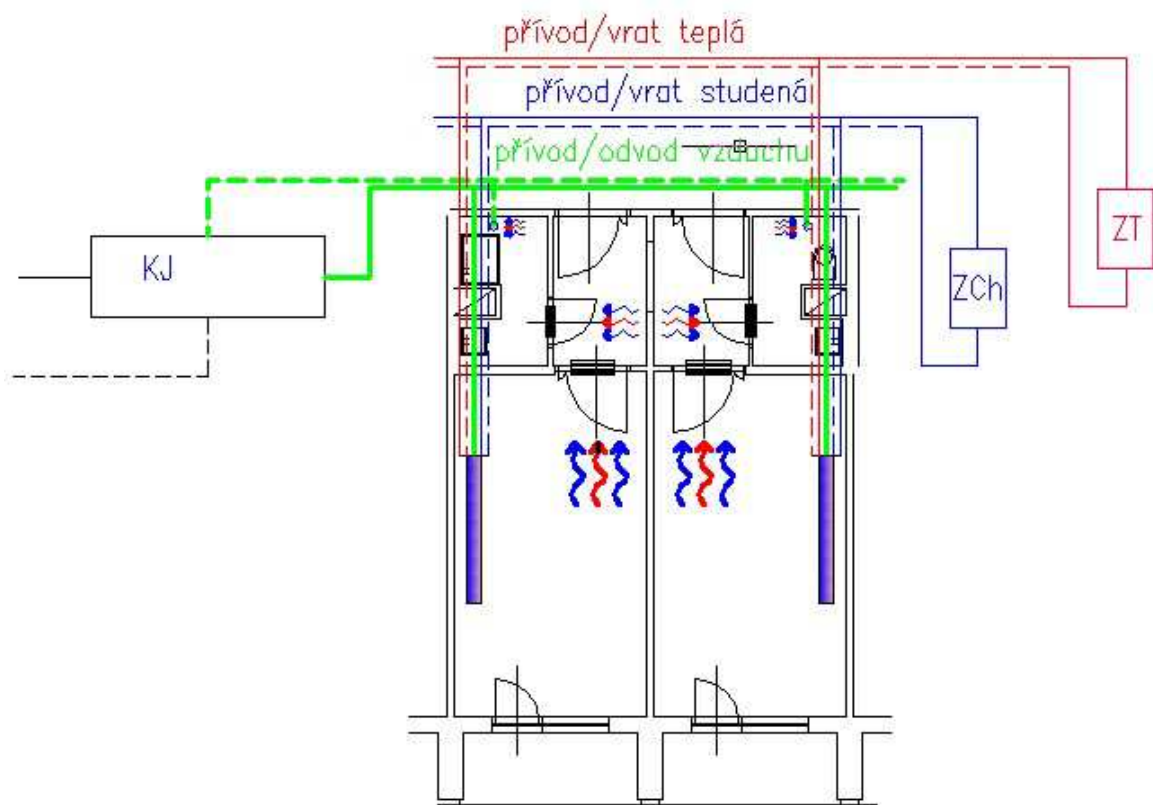
V objektu LDN je nejkritičtější pokoj situovaný na jižní a jihovýchodní stranu. Pokoj je umístěn pod střešou. Nejvyšší průnik tepla do interiéru je skrze okno, to je opatřeno venkovními žaluziemi. Vzestup teploty v místnosti byl vypočten softwarem Stabilita 2010, jenž dodržuje metodiku výpočtu normy ČSN 73 0540-4. Hodnota vzestupu je 10,9 °C, z toho vyplývá nutnost chladit dané prostory. Ostatní pokoje stejně situované mají menší vzestup tepla a to 5,1 °C, i tyto nemocniční pokoje budou chlazeny. Naopak na severozápadní straně není třeba chladit, místnosti nejsou z dlouhodobého hlediska obývány (schodiště, výtahy, sesterny, kuchyně) a ani nedochází k překroční vzestupu teploty.

10.4.2 Kombinovaný systém voda/vzduch

Jedná se o klimatizační systém s indukčními jednotkami s vysokotlakým přívodem vzduchu. V ústřední strojovně se upravuje venkovní vzduch, jehož průtok je dán hygienickými požadavky tedy 658 m³/h. Teplota primárního vzduchu je udržována celoročně konstantně cca 16 °C. Centralizovaný způsob s rekuperací umožňuje přejímat teplo z odpadního vzduchu.

V objektu se úprava provádí samostatně pro místnosti orientované vždy na jednu světovou stranu. Na pokojích jsou přívodní vysokotlaké rozvody primárního vzduchu opatřeny regulační klapkou. Za klapkou je připojen trámec, ve kterém probíhá konečná úprava teploty vzduchu. Primární vzduch se vyfukuje v indukční jednotce dýzami, ejekčním účinkem se přisává z místnosti vzduch oběhový nebo-li sekundární. Sekundární vzduch prochází výměníkem tepla, kde se ohřívá nebo chladí a po smíšení se vzduchem primárním se vyfukuje do místnosti. Průtok sekundárního vzduchu bývá dvou až pětinasobkem průtoku vzduchu primárního.

K ohřevu a chlazení v trámcích se používá topná a chladicí voda. Rozvodné vzduchové a vodní potrubí jsou umístěny v rozebíratelných pohledech na chodbě. Do jednotlivých pokojů jsou rozvody svedeny rohovými podhledy. Na obrázku č. 35 jsou znázorněny rozvody potrubí. Odsávací mřížka je umístěna na sociálním zázemí, vzduch proudí z místností skrze mřížky ve dveřích.

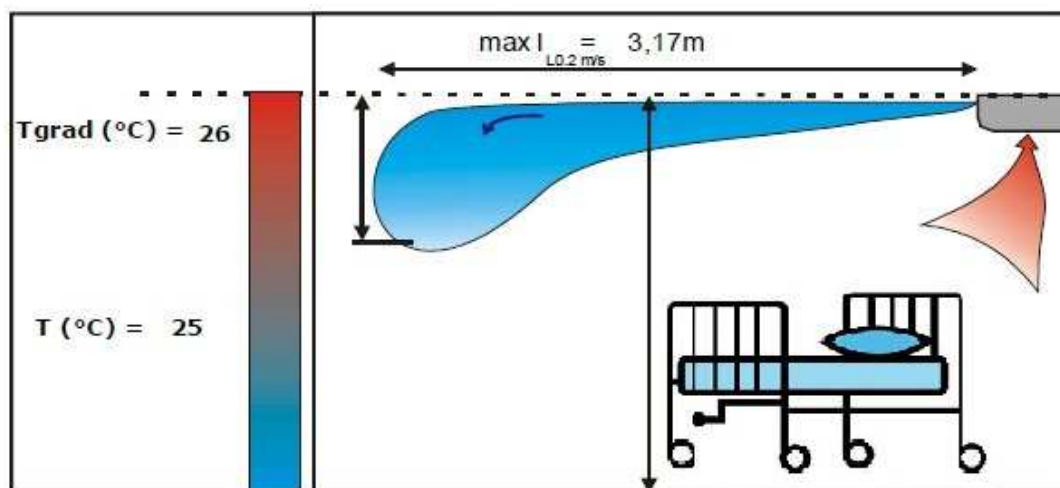


Obrázek 35. Umístění a napojení chladicích trámů na pokojích.

10.4.3 Chlazení nemocničních pokojů

Aktivní trám s přívodem čerstvého vzduchu byl vybrán pro velké jeho využití. Zařízení není energeticky náročné, protože neobsahuje pohyblivé části a skoro bezúdržbové, odpadají problémy s odvodem kondenzátu. Navržený čtyř trubkový trám zastává funkci jak chlazení, tak ohřívání čerstvého větracího vzduchu. Chladicí výkon pokrývá tepelnou zátěž nejkritičtější místnosti a to 650 W.

Pro typizovaný pokoj byl navrhnout chladicí trám CornAir 355-28 14 XL -1L. Chladicí trám je namontován pod strop ke zdi nad postele pacientů. Na obrázku č. 36 je uveden jednoduchý princip a dosah proudu trámu. Výhodou je absence ventilátoru a s tím spojená nižší hlučnost. Názorné umístění trámů na pokojích na obrázku č. 35.



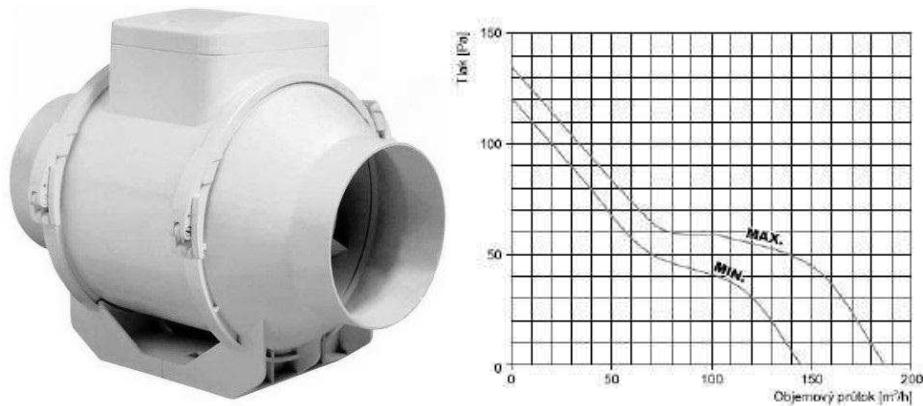
Obrázek 36. Dosah chladicího trámu CornAir 355-28 12 XL -1L - H Ø100.

Ochrana proti kondenzaci vodní páry na potrubí

V teplých letních dnech stoupá riziko kondenzace vodní páry na potrubí, a proto je nutné kondenzaci předcházet. Nejsnazší způsob je chlazením pouze primárního vzduchu. Čidlo vlhkosti umístěné v potrubí odpadního vzduchu zajistí, že teplota primárního vzduchu se drží nad teplotou rosného bodu. Toto čidlo umožňuje, aby teplota vody v celé budově byla zvýšena naráz a chladicí trámy si udržely svůj chladicí výkon. Pokud čidlo v místnosti dá povel k uzavření ventilu na přívodu chladicí vody do výměníku chladicího trámu, pak chladicí trámy ztrácejí po nějakou dobu svůj chladicí výkon. [26]

Přívod čerstvého vzduchu k trámci je veden pomocí 100 mm širokého kruhového vzduchovodu. Na přívodu je navrhnout ventilátor s proměnlivými otáčkami vzduchu. Množství otáček lze měnit přes ovládací panel každého pokoje. Ventilátor je vhodný do

potrubních systémů s vyšší tlakovou ztrátou, ta byla spočtena pro hlavní větev větracího systému na hodnotu 1,5 kPa.

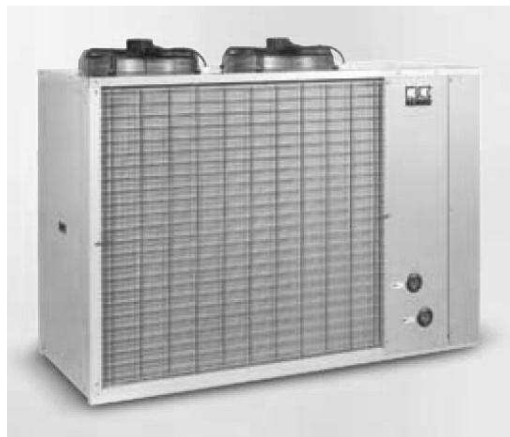


Obrázek 37. Ventilátor do potrubí TT 100 s pracovní charakteristikou.

Ventilátory proměnlivých otáček, umožňují regulovat množství průtoku vzduchu v potrubních trasách plynule nebo stupňovitě. Regulační prvek je řízený např. tlakoměrem nebo nadřazeným systémem regulace. Princip zabezpečení požadovaného minimálního a maximálního množství vzduchu je na základě snímaného rozdílu tlaku před a za ventilátorem.

10.5 Zdroj chlazení

Zdroj studené vody je získán pomocí zařízení RVS 1000 INOX od firmy Ramko. Zařízení bylo navrženo podle chladicího výkonu získaného z protokolu klimatizační jednotky. Jeden je určen pro chlazení operačního sálu s teplotním spádem 9 °C na °12°C a druhý stejně výkonný pro ochlazení přívodního čerstvého vzduchu v klimatizační jednotce, zbylý výkon je učen pro rozvod studené vody k chladicím trámům.



Obrázek 38. Zdroj studené vody RVS 1000 INOX.

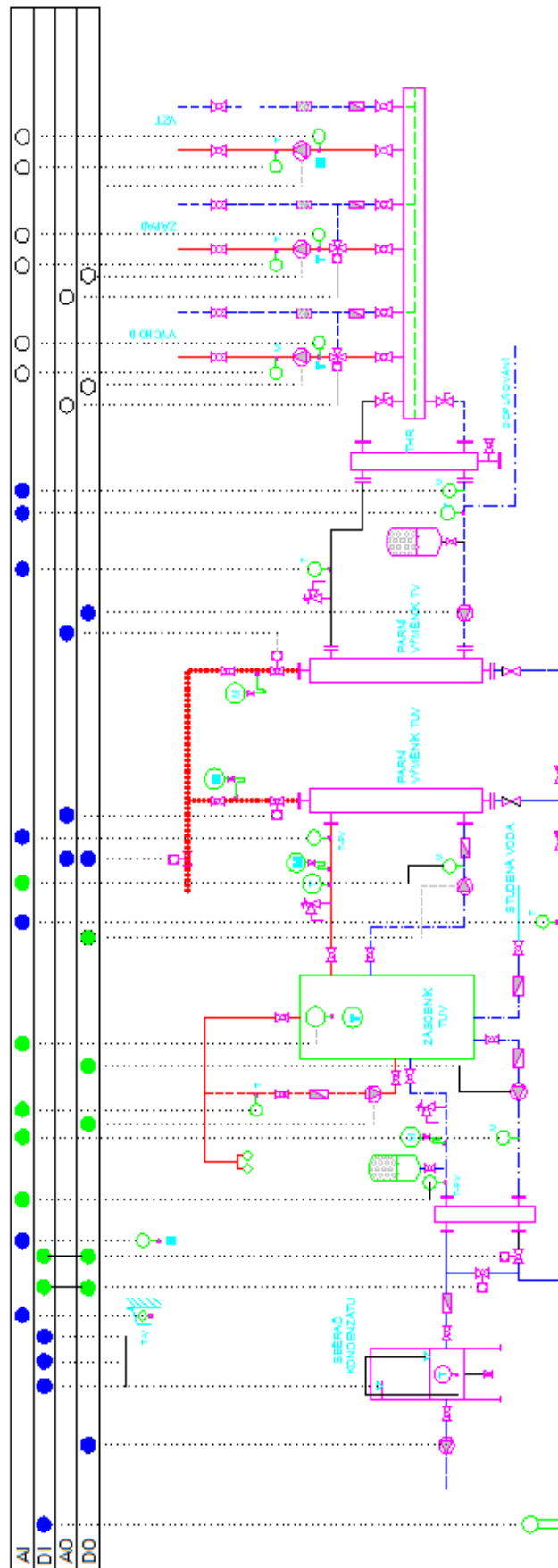
11 ŘÍDICÍ SYSTÉMY BUDOVY

Dobře projektované a dobře nainstalované systémy vždy nemusí vést k zaručenému úspěchu tepelného komfortu a úspoře energie. Neodmyslitelnou součástí je měření a regulace navržených systémů dle hygienických potřeb. Systém také musí reagovat na změny vnějšího prostředí. Řízení a monitorování objektu bude možno řídit přes vzdálený přístup přes Internet nebo mobilní telefon. Jako uživatelské rozhraní pro manipulaci systému v objektu bude sloužit SCADA systém a zobrazovací panely.

11.1.1 Návrh řídicího systému výměňkové stanice

Výměňková stanice je řízena podle schématu na obrázku č. 39. Přívodní pára prochází přes havarijní ventil k výměňníku. Hlavním úkolem řízení výměňkové stanice je regulovat pomocí regulačního ventilu na parní straně množství páry v závislosti na výstupní teplotě nosné vody danou ekvitermní křivkou. Výstupní potrubí ústředního vytápění je osazeno teplotním čidlem a pojistným ventilem. Na straně kondenzátu parního výměňníku jsou umístěny regulační ventily sloužící pro regulaci předeřevu TUV. Pokud má kondenzát nízkou teplotu, je sveden do kondenzátní sítě. Výměňníky jsou řízeny nezávisle na sobě. Úkolem systému je regulovat teplotu jednotlivých okruhů podle různých ekvitermních křivek. Oběhová čerpadla spínají v nočním útlumu pod podmínkou klesnutí venkovní teploty pod -5°C . Naopak při zjištění vyšší teploty nad 15°C je otopná soustava dočasně odstavena. Systém se musí potýkat s některými poruchovými stavy a patřičně se s nimi vypořádat.

V systému vytápění jsou využity dvě rozdílné regulace, místní a celková. Místní regulace probíhá za pomoci regulačního ventilu v místnosti, redukuje přívodní proud otopné vody do tělesa. Celková regulace upravuje počet otáček čerpadla dle zvyšujícího či snižujícího se tlaku v soustavě.



Obrázek 39. Řízení výměňkové stanice.

Topné okruhy

Jednotlivé okruhy jsou regulovány samostatně. Regulace teploty vody je řešena nepřímým způsobem pomocí automatického směšovacího ventilu na začátku okruhu, čímž nedochází k přímé regulaci samotného zdroje tepla. Vedle standardního režimu systém podporuje režim redukovaný, jenž je spuštěn při teplých zimních dnech či nočních provozech, kde dochází k poklesu výkonu a s tím spojené snížení nákladů.

Řídící prvky pro výměňkovou stanici pocházejí od firmy Johnson Controls a byly vybrány z katalogu firmy. Prvky umožňují zautomatizovat regulaci otopné soustavy a pomoci při vizualizaci požadovaných a skutečných parametrů soustavy s možným dálkovým přístupem.

Všechna teplotní čidla jsou připojena na analogové vstupy. Podle získaných hodnot jsou řízeny prvky připojenými na digitálních výstupech. Některé z čidel slouží pouze k monitorování měřených veličin.

Tabulka 28. Regulátor FX16 Master vstupy/výstupy.

	Vstupy		Výstupy	
Analogové	AI1	Teplota venkovní	AO1	Ventil výměníku ÚT
	AI2	Teplota na vým. ÚT	AO2	Ventil výměníku TUV
	AI3	Teplota na vým. TUV	AO3	Havarijní uzávěr páry
	AI4	Tlak otopné soustavy	AO4	
	AI5	Teplota kondenzátu		
	AI6	Teplota TV - vrat		
Digitální	DI1	Zaplavení	DO1	Povolení otevření par. ventilu
	DI2	Min. provoz. výška kond.	DO2	Čerpadlo kondenzátu
	DI3	Max. provoz. výška kond.	DO3	
	DI4	Aktuální výška kond.	DO4	
	DI5	Max. teplota vým. ÚT	DO5	
	DI6	Max. teplota vým. TUV	DO6	
	DI7	Max. teplota ÚT	DO7	
	DI8	Max. teplota TUV	DO8	
		DO9		

K řízení otopných okruhů je třeba většího počtu vstupů/výstupů, ty jsou zajištěny rozšiřujícími moduly XT91D00, které poskytují komunikační rozhraní a moduly XP91Dxx, jež umožňují analogové a digitální vstupy a výstupy. Regulátor FX16 komunikuje s XT91D00 přes místní sběrnici N2 Bus a data z XT91D00 jsou aktualizována a skladována v regulátoru FX16. Moduly mohou být namontovány vedle regulátoru na stejné liště DIN nebo dálkově, a to až do vzdálenosti 1200 metrů od regulátoru. Pro

rozšíření analogických vstupů/výstupů byl vybrán modul LP-XP91D04 a pro digitální rozšíření modul LP-XP91D06.

Tabulka 29. Rozšiřovací modul LP-XP91D04 vstupy/výstupy.

	Vstupy		Výstupy	
Analogové	AI1	Teplota východní větve	AO1	Směšovací ventil východ
	AI2	Teplota západní větve	AO2	Směšovací ventil západ
	AI3	Tlak východní větve		
	AI4	Tlak západní větve		

Tabulka 30. Rozšiřovací modul LP-XP91D06.

	Výstupy	
Digitální	DO1	Čerpadlo východ
	DO2	Čerpadlo západ
	DO3	Čerpadlo VZT
	DO4	

Teplá užitková voda

Výměníková stanice jako celek vedle výměníku ústředního vytápění také obsahuje dva výměníky sloužící pro ohřev TUV, ty je třeba řídit a regulovat. Teplá užitková voda je nejdříve přehřívána ve výměníku kondenzátového potrubí, poté putuje do zásobníkové stanice, ze které nadále protéká do dohřívacího parního výměníku. Zejména v letním období může přehřev vody způsobit nežádoucí opačný efekt, kdy kondenzát může mít nižší teplotu než ohřívaná TUV. Následná regulace řeší nejen tento problém. Řízení soustavy TUV je nastíněno ve schématu na obrázku č. 39. Tabulka č. 28 uvádí jednotlivé vstupy/výstupy.

Řízení ohřevu a akumulace TUV je uvedeno ve schématu soustavy na obrázku č. 39. Teplota výstupní vody parního výměníku je řízena regulačním ventilem na parním potrubí dle teplotního čidla umístěného v horní části zásobníku. Před puštěním páry nebo kondenzátu do výměníků je třeba, aby byla čerpadla v provozu. Po zjištění snížení teploty na zásobníku, čidlo tlaku posoudí, zda je čerpadlo v provozu, když ne, regulátor jej zapne.

O tom, jestli se voda nejdříve přehřeje, rozhoduje snímací teplota na straně kondenzátu. Pokud je teplota kondenzátu nižší než teplota vody v zásobníku, regulátor uzavře ventil na přívodu k výměníku a otevře ventil na zkratu. Tím je zajištěn obtok kondenzátu okolo

výměníku do sběrné nádrže. Druhý okruh s parním výměníkem dohřívá vodu na požadovanou teplotu sníženou cirkulací TUV a ztrátami.

Cirkulační čerpadlo je řízeno dle týdenního harmonogramu, přes večer je vypnuto, při potřebě musí uživatel vodu odtočit. Otáčky se přizpůsobují teplotě vody před odběrem. Při havarijním stavu je hlavní regulační ventil uzavřen a dojde k odstavení systému. Na případný únik vody upozorní zaplavovací snímač umístěný v nejnižším bodě kotelny. Pro případy nouze je v kotelně umístěn havarijní ruční vypínač.

Celkovou regulaci výměňkové stanice, spojenou s dobou vytápění a nočního útlumu a nastavování různých režimů vytápění, lze provést přes regulační panel s displejem či dispečerskou stanicí, přes niž lze sledovat veškeré poruchy a parametry. K master regulátoru byl přidán navržený regulátor FX15 pro ohřev TUV. V tabulce č. 31 jsou uvedeny jednotlivé vstupy/výstupy. Parametry distribuované aplikace lze zobrazovat a upravovat pomocí volitelného uživatelského rozhraní.

Tabulka 31. Regulátor FX15 Master vstupy/výstupy.

	Vstupy		Výstupy	
Analogové	AI1	Teplota cirkulační vody	AO1	Regulační ventil 1 konden.
	AI2	Teplota předohřívací vody	AO2	Regulační ventil 2 konden.
	AI3	Teplota v zásobníku vody	AO3	
	AI4	Tlak předohřívací vody	AO4	
	AI5	Tlak dohřívací vody		
	AI6			
Digitální	DI1	Max. teplota TUV	DO1	Čerpadlo cirkulační TUV
	DI2		DO2	Čerpadlo předohříváče TUV
	DI3		DO3	Čerpadlo dohříváče TUV
	DI4		DO4	
	DI5		DO5	
	DI6		DO6	
	DI7		DO7	
	DI8		DO8	
			DO9	

Klimatizační jednotka

Tak jako v předešlých návrzích, i zde je prvek od firmy Johnson Controls a to regulátor FX15, který zajistí vhodné klimatické podmínky sálu. Přiváděný vzduch je filtrován, rekuperován, vlhčen a tepelně upravován. Teplota operačního sálu je měřena teploměrem umístěným v místě odsávání vzduchu. Pro havarijní stavy slouží havarijní klapky, jež jsou synchronizovány tak, aby nedošlo ke kontaminaci čistého prostředí.

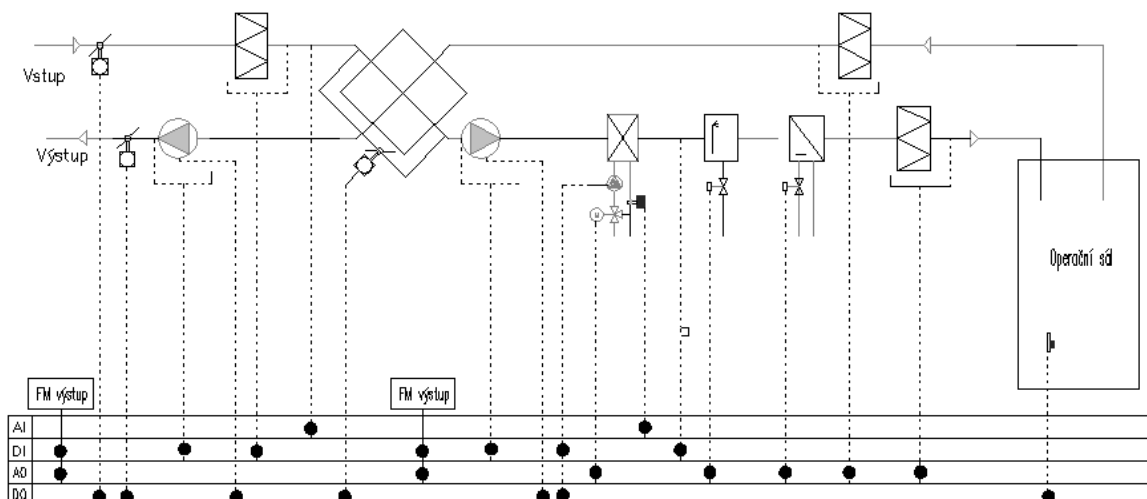
Regulace teploty na ohřívači probíhá na straně topné vody podle výstupní teploty vzduchu z klimatizační jednotky, kdy je ovládáno průtočné množství vody čerpadlem a poměr směšování ve směšovacím ventilu. Dalším krokem je parní vlhčení dle požadované vlhkosti, tedy někde mezi 55-65 %.

V letních teplých dnech je vzduch předchlazen v rekuperačním výměníku a poté dochlazen chladičem, který je regulován pohonem regulačního ventilu, jež řídí průtok chladicí kapaliny.

Otáčky ventilátorů jsou ovládány frekvenčním měničem dle hodnot statického tlaku uvnitř a vně sálu tak, aby se neustále udržoval přetlak. Mimo operační dny se klimatizační jednotka nesmí vypnout, nadále je nutno udržovat minimální přetlak vůči okolí. V případě havarijního stavu ventilátor zpětně vyšle signál poruchy, který následně uzavře klapky a potom se ventilátor odstaví. Skutečné provozní ventilátorů a stavy filtrů jsou snímány diferenčními manostaty. Čím větších tlakových ztrát filtr dosahuje, tím více je zanesený. Po překročení mezní hodnoty systém upozorní obsluhu, aby proběhla výměna.

Předcházení zamrznutí kondenzátu z odpadního vzduchu je docíleno teplotním snímačem umístěným před rekuperačním výměníkem, jenž předává hodnoty regulátoru, který ovládá obtokovou klapku výměníku. Dosáhne-li teplota vzduchu pod 3°C, začne pomalu regulátor otevírat obtokovou klapku. Ochrana před namrznutím ohřívacího výměníku tkví v hlídání teploty venkovního vzduchu, pod hranicí 5 °C musí v ohřívači začít proudit minimální množství otopné vody. Následující tabulka č. 32 uvádí vstupy/výstupy regulátoru FX15.

Při startu systému jsou nejprve výměníky vyhřáté/chlazené na pracovní teploty, poté se zvýší otáčky ventilátoru a otevře se klapka. Schéma řízení je uvedeno na obrázku č. 40.



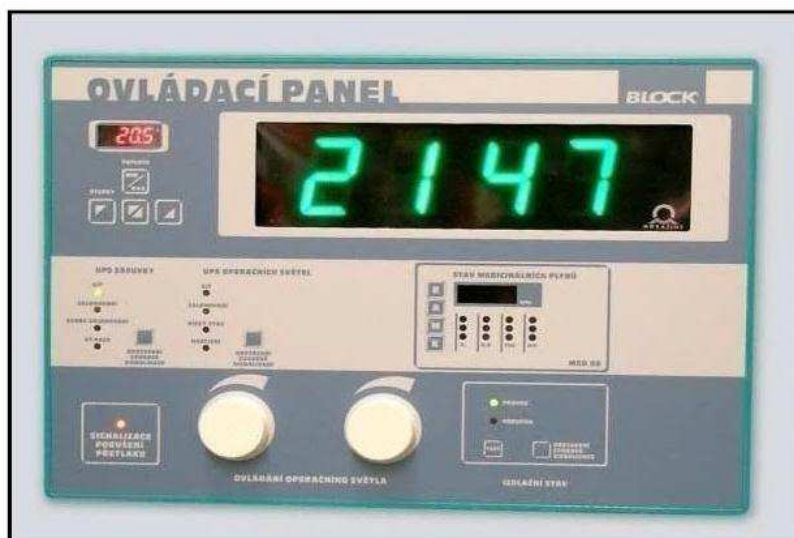
Obrázek 40. Schematické zapojení klimatizační jednotky.

Tabulka 32. Regulátor FX15 Master vstupy/výstupy.

	Vstupy		Výstupy	
Analogové	AI1	Teplota venkovní	AO1	Směšovací ventil ohřev
	AI2	Teplota přívodu vzduchu	AO2	Regulační ventil chlazení
	AI3	Teplota odtahu vzduchu	AO3	Frekvenční měnič 1 vstup
	AI4	Teplota za rekuperátorem	AO4	Frekvenční měnič 2 vstup
	AI5	Teplota vody vrat ohřívač		
	AI6			
Digitální	DI1	Chod ventilátoru přívod	DO1	Vstupní klapka
	DI2	Chod ventilátoru odtah	DO2	Výstupní klapka
	DI3	Porucha FM1 FM2	DO3	Start čerpadla ohřívač
	DI4	Chod čerpadla ohřívač	DO4	Start ventilátor přívod
	DI5	Filtry vstupní 1. stupeň	DO5	Start ventilátor odtah
	DI6	Filtry vstupní 2. stupeň	DO6	Obtok klapka rekuperátoru
	DI7	Filtr výstup	DO7	
	DI8		DO8	
		DO9		

Vedle vzdáleného přístupu slouží k prioritnímu ovládání operačního sálu ovládací panel, ten je uveden na obrázku č. 41. Musí být multifunkční z důvodu minimalizace množství zařízení v operačním prostoru. Funkce na ovládacím panelu:

- teplota s regulací maximální a minimální hodnoty,
- signalizuje porušení přetlaku v operačním sále,
- zapínání osvětlení včetně regulace jeho intenzity,
- čas, stopky a datum,
- signalizuje množství medicinálních plynů v prostoru,
- signalizuje stav UPS - zásuvky, operačního svítidla.



Obrázek 41. Ovládací panel operačního sálu.

11.2 Produkty řízení a regulace

Veškeré použité regulátory pocházejí od firmy Johnson Controls.

Místní regulace

Regulátor FX07 je pomocí softwarového balíku FX Tools plně programovatelný pro široký rozsah komerčních HVAC/R přístrojů jako jsou např. malé chladicí kompresorové jednotky, vestavěné chladicí jednotky, fan-coily, ventilační a klimatizační jednotky, chladicí trámy, podstropní jednotky a další.

Vybraný regulátor FX07 od firmy Johnson Controls je určen pro vytváření vnitřního klimatu na pokojích dle požadavků ovládacího modulu. Regulační klapka zajišťuje přívod čerstvého vzduchu. Podle diference tlaku na klapce systém zjistí, zda je prostor větrán, popřípadě v jakém množství. Podle přiváděného množství jsou regulovány otáčky odtahového ventilátoru umístěného na sociálním zařízení.

Vlastnosti regulátoru FX07:

- Volně programovatelný regulátor,
- Možnosti síťové komunikace – N2 Open, LonWorks nebo BACnet protokol,
- Komunikační služby,
- Volitelný integrovaný LCD displej se čtyřmi ovládacími tlačítky,
- Volitelné analogové výstupy s pulzní šířkovou modulací (PWM),
- Modely s různou konfigurací výstupů, triaky nebo relé na síťové napětí.

Tabulka 33. Regulátor FX07 Master vstupy/výstupy.

	Vstupy		Výstupy	
Analogové	AI1	Teplota vnitřní	AO1	Regulační ventil ohřev
	AI2	Teplota vody	AO2	Regulační ventil chlazení
	AI3	Teplota chladiva		
	AI4			
Digitální	DI1	Chod ventilátoru odtah	DO1	Regulační klapka
	DI2	Chod regulační klapky	DO2	Start ventilátor odtah
	DI3		DO3	
	DI4		DO4	
			DO5	
			DO6	

Regulátor FX16

Do řady Facility Explorer patří regulátor FX16. Umí řídit distribuovanou aplikaci s až 16 podřízenými regulátory FX (FX06, FX07, FX14, FX15). Parametry distribuované aplikace lze zobrazovat a upravovat pomocí volitelného uživatelského rozhraní.

Regulátor FX16 je označován jako Master regulátor, je vysoce výkonný polní regulátor navržený specificky pro komerční vytápěcí, ventilační, klimatizační a chladicí (HVAC/R) aplikace jako např. chladicí stroje, balené klimatizační jednotky, vzduchotechnické jednotky a řídicí jednotky pro lokality, kde je důležité striktní udržování teploty, vlhkosti a čistoty. K FX16 lze připojit 27 fyzických vstupů a výstupů a podporuje velkou škálu snímačů teploty a ovládacích zařízení. Přidáním rozšiřovacích modulů XT/XP může být dosaženo až 64 dodatečných fyzických vstupů a výstupů.

Obsahuje komunikační služby, které zajišťují přenos zpráv upozorňujících události prostřednictvím emailu nebo SMS. Pomocí zabudovaného webového serveru může uživatel ze vzdálené lokality prohlížet parametry aplikace s možností úprav.

Díky softwarovému balíku FX Tools je plně programovatelný pro široký rozsah komerčních HVAC/R aplikací. FX16 lze vybavit N2Open, LonWorks nebo BACnet komunikační kartou pro připojení regulátoru do nadřazeného systému automatické správy budov.



Obrázek 42. Regulátor FX16 firmy.

Síťová automatizační jednotka NAE

Tato NAE jednotka přináší do systému automatizace budovy Metasys webové síťové technologie. Zároveň NAE používá komunikační technologie průmyslu automatizace budov včetně BACnet, LonWorks a N2-Bus. Tato kombinace technologií umožňuje uživateli monitorovat a řídit zařízení pro vytápění, větrání a klimatizaci, osvětlení, bezpečnostní a požární systémy. Použijete-li NAE jako samostatnou jednotku nebo jako síť několika jednotek, NAE zajistí správu alarmů a událostí, sběr trendů, řízení energie, výměnu dat a jejich archivaci, časové plány a komunikaci. Jednotky NAE mají zabudováno uživatelské rozhraní a podporují přístup přes internetový prohlížeč z několika míst současně a využívají ochrany TCP/IP ochrany.



Obrázek 43. Síťová automatizační jednotka NAE.

Vlastnosti síťové automatizační jednotky NAE:

- Vhodné řešení od nejmenšího systému po podnikovou síť,
- Internetové technologie a IT standardy,
- Vyspělé uživatelské rozhraní přístupné přes webový prohlížeč,
- Ověření bezpečného uživatelského přístupu,
- Řízení sítí polních regulátorů včetně BACnet MS/TP, N2 Bus, sítě LonWorks a zařízení BACnet IP Multiple Connection Options.

Prostorový ovládací modul

Na každém pokoji je umístěn prostorový ovládací modul RS-1180, kterým lze regulovat množství přiváděného vzduchu a teplotu v místnosti.

Moduly řady RS-1100 jsou určeny především pro použití s regulátory řady Facility Explorer a poskytují signál 0...10V, který je přímo úměrný snímané teplotě. K dispozici jsou modely s a bez LCD displeje, točítka pro nastavení teploty v prostoru, funkce dočasného obsazení a volba rychlosti ventilátoru.



Obrázek 44. Ovládací modul RS-1180.

Vlastnosti ovládacího modulu RS-1180:

- Napájení: 15 VDC,
- 0...10 VDC teplota okolí,
- Teplotní stupnice otočného ovladače,
- Třída krytí: IP30,
- Tlačítko rychlosti ventilátoru.

Komunikace přes GSM je ideální, jelikož ze strany uživatele není třeba žádné infrastruktury. Pomocí krátkých SMS zpráv lze systém nejen řídit, ale i přijímat informace o jeho stavu a aktuálních událostech. Pro tuto komunikaci byl do místní sítě začleněn *i-modul GPRS 3.1 Ethernet*, uvedený na obrázku č. 00, který má následující popis:

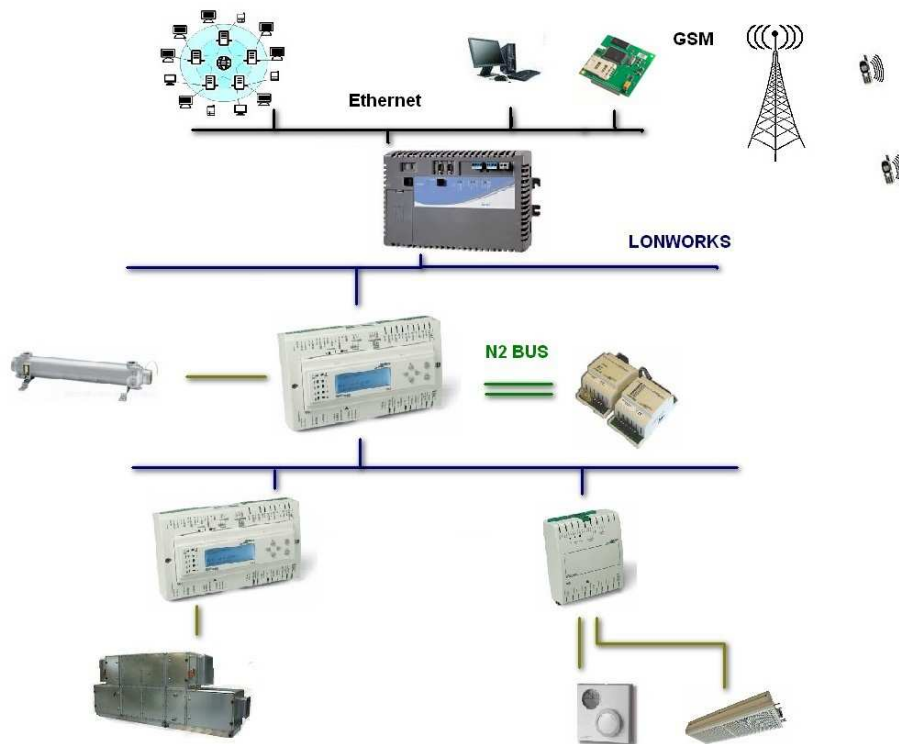
- mobilní router,
- GPRS Class 12,
- Quad band pro celosvětové použití (850, 900, 1800 a 1900 MHz),
- selektivní aktivace/deaktivace LAN/WAN rozhraní,
- konfigurace přes webové rozhraní.



Obrázek 45. I-modul GPRS 3.1 Ethernet.

Důležitým prvkem sítě je síťová automatizační jednotka NAE, která je připojena přes svorkovnice na sběrnice systém. Dále je napojena přes ethernet kabel do místní sítě, která je branou Internetu pro vzdálený přístup. Stanice je zapojena do telefonní sítě přes běžnou linku, přes kterou je možno dostávat informační či krizové SMS zprávy.

Do všech regulátorů byla vložena komunikační karta LonWorks, která zařídí komunikaci řídicího systému budovy používajícího síť LonWorks. Síť LonWorks používá protokol peer-to-peer LonTalk, takže regulátory jsou monitorovány nebo povolány jakýmikoliv kompatibilními zařízeními LonWorks v síti a mohou zobrazovat tyto údaje na svém integrovaném či vzdáleném uživatelském rozhraní. V následujícím obrázku č.46 je nastíněna topologie řídicího systému.

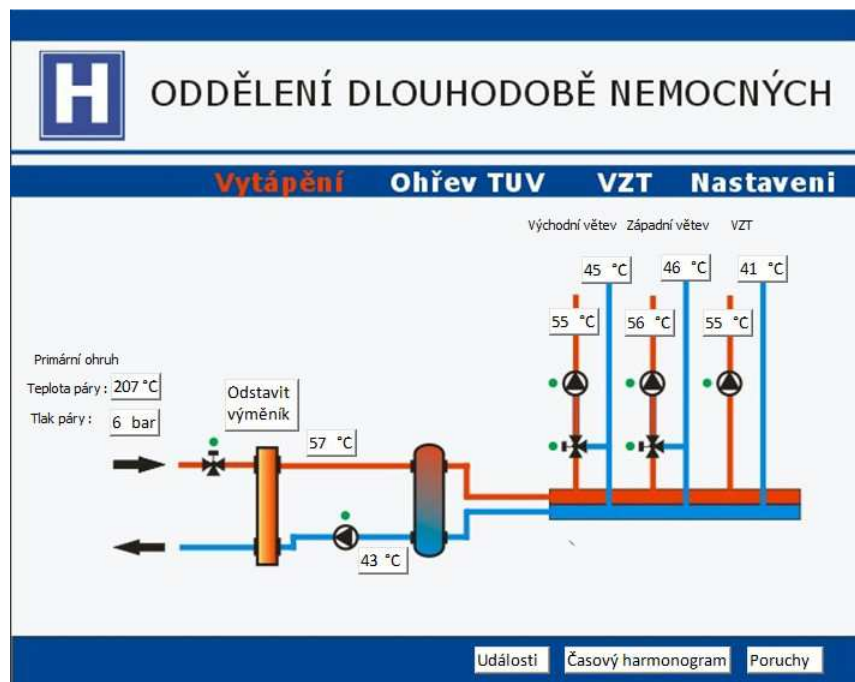


Obrázek 46. Topologie řídicího systému.

12 VIZUALIZACE ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ

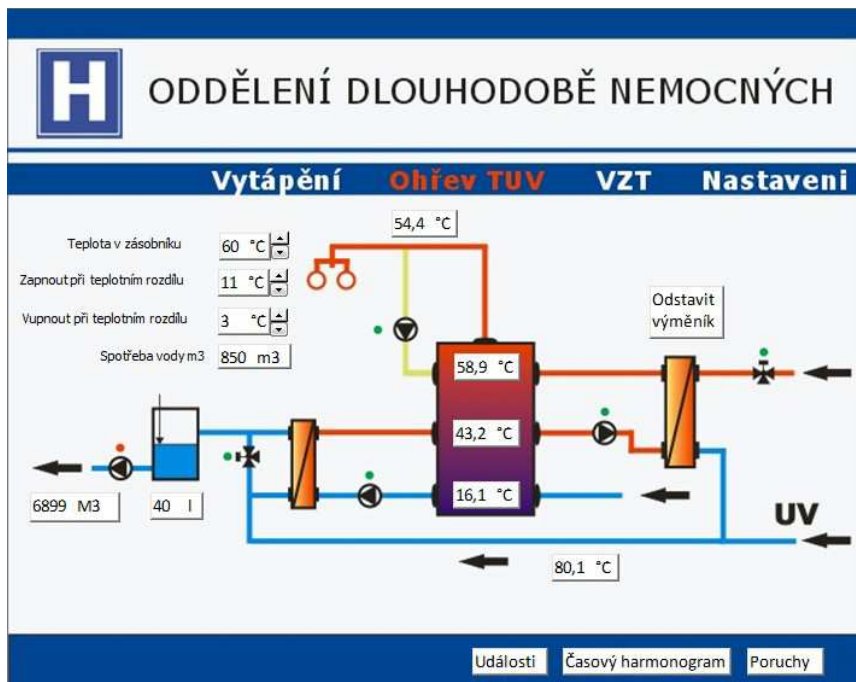
Po navržení příslušných systémů je třeba vytvořit vhodné uživatelské rozhraní pro obsluhu a uživatele. Pod pojmem SCADA se skrývá dispečerské řízení se sběrem dat. Vizualizace je graficky a jednoduše rozdělena podle jednotlivých technologií, které je potřeba řídit a monitorovat. Díky síťové automatizační jednotce NAE je možno nahlížet do systému a ovládat ho pomocí síťového rozhraní nebo GSM sítě. Hlavním principem je jednoduché nastavování vnitřních podmínek a tím docílení tepelně-hygienické pohody. Ovládání systému je podmíněno autorizovaným přístupem, tak aby nedocházelo ke zneužití.

Pro vytvoření SCADA byla navržena řídicí softwarová centrála TAC Vista, která efektivně řídí, kontroluje a analyzuje denní provoz a ekonomický chod budovy. Níže uvedené obrázky slouží jako podklad pro návrh v tomto software.



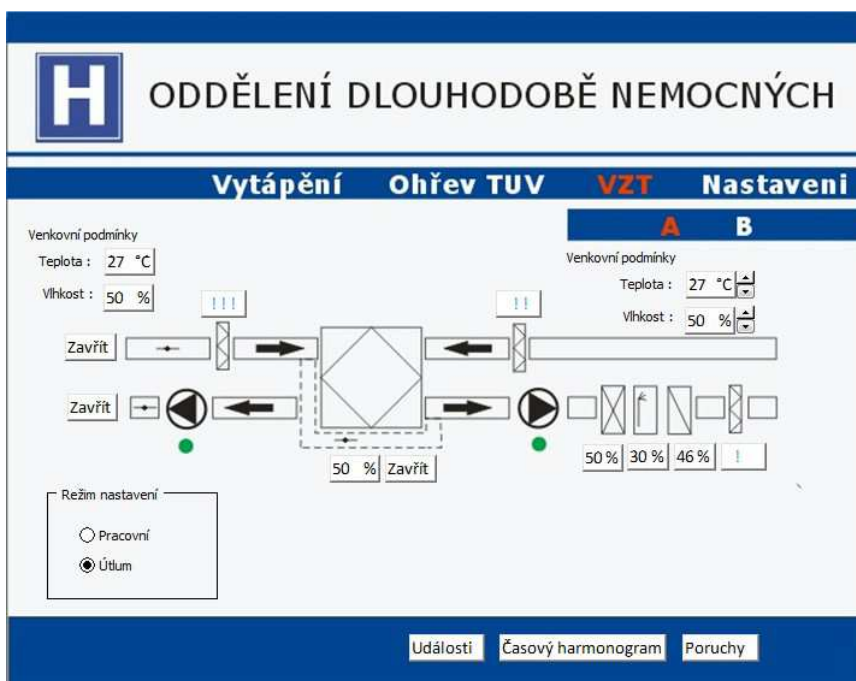
Obrázek 47. Vizualizace výměňkové stanice.

V záložce vytápění jsou uvedeny jednotlivé okruhy a k nim zobrazené pracovní hodnoty. Uživatel má možnost okamžitě odstavit výměník či jakýkoliv okruh v případě potřeb. Vizuální systém sleduje i tlak a teplotu na straně páry.



Obrázek 48. Vizualizace TUV.

Kondenzát z TUV a UT jsou svedeny do jednoho potrubí, tím lze sledovat celkovou spotřebu páry. Nastavení horního a dolního rozdílu teplot mezi kondenzátem a vodou v zásobníku je nastavena podmínka pro předohřev.



Obrázek 49. Vizualizace VZT operačního sálu.

Pod záložkou VZT se nacházejí dvě vzduchotechnické jednotky. Jedna je pro operační sál a druhá pro úpravu čerstvého vzduchu, který slouží k větrání nemocničních pokojů. Přes vizualizaci je možno uvést vzduchotechniku do více režimů. Aplikace monitoruje

procentuální zatížení jednotlivých zařízení jednotky. V případě vzduchotechnický filtrů a jejich diferenčních tlaků lze určit, do jaké míry jsou zaneseny. Signalizace třech vykřičníků oznamuje obsluze nutnou výměnu filtru.

13 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA PLOCHÉ STŘEŠE

Integrovaný systém EVALON-Solar funguje jako výkonná fotovoltaická elektrárna a zároveň tvoří bezpečnou povlakovou hydroizolaci ploché střechy splňující požadavky normy ČSN 73 1901. Elektrárna nevyžaduje pro svoji instalaci žádné mimořádné konstrukční požadavky a rovněž přetížení nosné konstrukce systémem je pouze $0,04 \text{ kN/m}^2$, to ruší jakékoliv zesilovací nároky na nosné konstrukce. Odpadají práce s montováním stojanů do střešního pláště. Fotovoltaické články jsou obsaženy v hydroizolačních pásy, ty se na střešní plochu pokládají a svařují stejným způsobem jako běžné termoplastické hydroizolační fólie. Vhodným podkladem pod tyto pásy jsou tepelně izolační desky z minerální plsti, které umožňují vytvoření kanálků pro vedení spojovacích kabelů modulů do interiéru objektu. Z pohledu rekonstrukce bylo primárním požadavkem zaizolovat střechu a sekundárním navrhnout na ni sluneční elektrárnu. Jednou vynaložená práce splní dvojitý efekt. Ukázka instalace fotovoltaické elektrárny na obrázku č. 50.



Obrázek 50. Instalace fólie EVALON SOLAR.

Tabulka č.34 nastiňuje užitné a využité plochy střechy objektu. Na střeše se nacházejí dvě strojovny výtahu a obestavěné vyústění vzduchotechnického systému.

Tabulka 34 Užité a využité
plochy střechy objektu.

Celková plocha střechy	1 302,0 m ²
Zastavěná část	162,4 m ²
Užitková plocha	1 181,6 m ²
Fotovoltaická plocha	240,5 m ²
Fotovoltaické pásy	328,7 m ²
Hydroizolační pásy	852,9 m ²

Ve strojovných výtahů se jednotlivé pásy spojují v napojovacích skříňkách do fotovoltaických modulů. Z napojovacích skříňek vedou kabely do spínací skříňky umožňující manuální vypnutí příslušné větve fotovoltaického systému a odtud pak vedou ke střídači. Za střídačů jsou svedeny třífázové kabely se střídavým proudem 230/400 V k měřicímu zařízení na rozvodné desce objektu.

13.1 Technicko – ekonomické zhodnocení

Pro výpočet ekonomického hodnocení je třeba znát:

- celkovou výši investice,
- předpokládané množství získané energie,
- výkupní cenu.

Jeden kus fólie EVALON SOLAR má výkon 408 Wp, na ploché střeše je umístěno 37 kusů, čímž vzniká celkový špičkový výkon 15 096 Wp. Fotovoltaická elektrárna za dobu jednoho roku vyrobí přibližně 12 680 kWh. Pořizovací cena fólií činí Kč 187 812,-. Stejnoseměrný proud byl přeměněn střídačem SMA SunnyTriPower STP15000TL za Kč 173 299,-. V celkových nákladech jsou zahrnuty částky za výškové montážní práce Kč 98 125,- a elektroinstalační práce Kč 81 517,- a částka za materiál pro elektroinstalaci Kč 51 707,-. Celkové náklady tedy činí Kč 592 460,-.

FV elektrárna může pracovat ve dvou režimech, buď veškerou elektrickou energii prodávat distributorovi za pevnou výkupní cenu, jež je stanovena Energetickým regulačním úřadem na cenu Kč 6,16 za 1 kWh, nebo ji nemocniční zařízení bude spotřebovávat a teprve přebytečnou energii prodá. Ve druhém případě se budou snižovat náklady za elektřinu. Množství ušetřených nákladů se odvíjí od spotřebované energie, kde je účtováno Kč 3,50 za 1 kWh a zelený bonus Kč 5,08 za 1 kWh. Výše výkupní ceny je ze zákona garantovaná po dobu 20-ti let a je každoročně navyšována o index cen průmyslových výrobců *PPI* a to o 2 až 4%. Každoroční navýšení výkupní ceny je také garantováno zákonem. Ve výpočtu je použito navýšení 2%. Dále je ve výpočtu zohledněna degradace účinnosti fotovoltaických panelů o 0,8% ročně. Tržba v každém roce je potom počítána dle vztahu: [27]

$$\text{Tržba} = \text{roční vyrobená energie} \cdot \left(1 - \frac{\text{pokles výkonu}}{100}\right)^n \cdot \left(1 - \frac{PPI}{100}\right)^n \text{ [Kč]}$$

Náklad na provoz elektrárny je téměř zanedbatelný. Elektrárna si žádá pravidelnou vizuální kontrolu, zda je vše v pořádku a v případě nečistot na střeše, např. listů, je třeba zajistit odstranění. Mezi náklady patří i pojištění proti přírodní katastrofě. Jelikož se jedná o státní podnik, nebyl zisk zdaněn. Vztah pro určení zisku:

$$Zisk = tržby - náklady \text{ [Kč]}$$

Výpočet pomocí metody NPV, čisté současné hodnoty, slouží k určení návratnosti počátečních investic elektrárny. Návratnost FV elektrárny je v takovém roce provozu, kdy $NPV \geq 0$. Pro jednotlivá léta provozu bylo NVP spočteno dle vztahu:

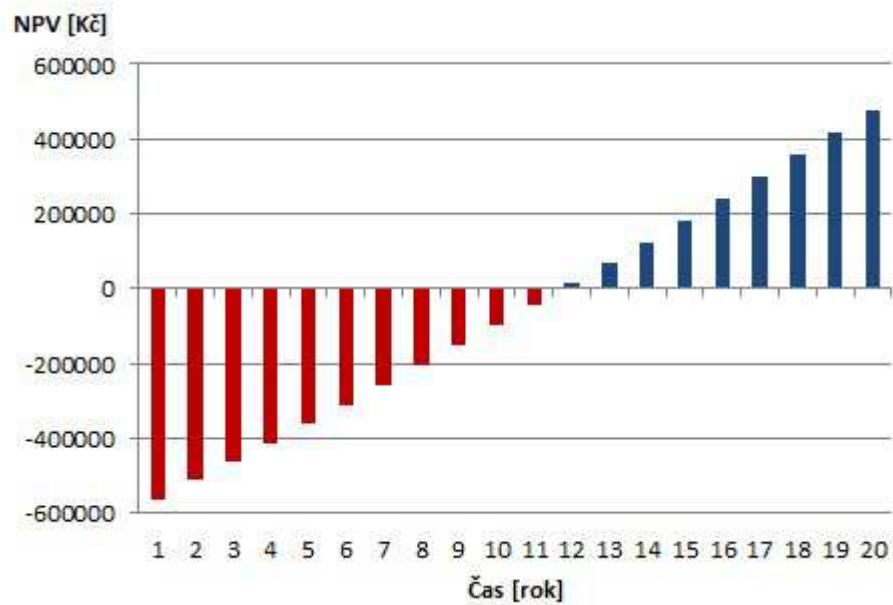
$$NPV = \sum_{i=1}^n zisky_i - počáteční investice \text{ [Kč]}$$

i – rok, pro který se NPV počítá [-].

V následující tabulce č.35 je spočítána ekonomika provozu a návratnost FV elektrárny, pro výkupní cenu v roce 2012.

Tabulka 35. Ekonomický výpočet provozu FV elektrárny dle výkupní ceny.

Rok	Tržby [Kč]	Náklady [Kč]	Zisk [Kč]	NPV [Kč]
2012	78 109	20 100	58 009	-592 460
2013	78 874	20 200	58 674	-534 451
2014	79 647	20 300	59 347	-475 777
2015	80 428	20 400	60 028	-416 430
2016	81 216	20 500	60 716	-356 402
2017	82 012	20 600	61 412	-295 686
2018	82 816	20 700	62 116	-234 274
2019	83 627	20 800	62 827	-172 158
2020	84 447	20 900	63 547	-109 331
2021	85 274	21 000	64 274	-45 785
2022	86 110	21 100	65 010	18 490
2023	86 954	21 200	65 754	83 500
2024	87 806	21 300	66 506	149 254
2025	88 667	21 400	67 267	215 760
2026	89 535	21 500	68 035	283 026
2027	90 413	21 600	68 813	351 062
2028	91 299	21 700	69 599	419 875
2029	92 194	21 800	70 394	489 474
2030	93 097	21 900	71 197	559 867
2031	94 010	22 000	72 010	631 064



Obrázek 51. Návratnost FV elektrárny.

Z tabulky č. 35 a obrázku č. 51 je patrné, že návratnost jednou vynaložených investic budou splaceny jedenáctým rokem používání FV elektrárny.

14 ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena na vytváření vhodných klimatických podmínek nemocničního prostředí, konkrétně objektu LDN s operačním sálem. S tvorbou klimatu jsou úzce spojeny regulace a řízení. Ty byly vytvořeny sběrnicovým systémem LonWorks, který umožňuje šířit informační a řídicí zprávy přes internet či mobilní síť. Ve výpočtech, a posléze v návrzích, byly použity hodnoty, které odpovídají legislativě a normám. V práci je hojně využívána zkratka LDN (léčebna dlouhodobě nemocných), která je dnes nahrazována ODN (oddělení dlouhodobě nemocných).

V teoretické části nabízí specifika, tvorbu a členění čistých prostor. Také ukazuje, jakými způsoby se dají využít konkrétní obnovitelné zdroje energie a jak pracuje sběrnicový systém LonWorks.

Začátek práce nastiňuje tepelně technické vlastnosti obvodových konstrukcí, po zateplení budovy by se energetický štítek obálky budov zlepšil z nevyhovujícího stavu na vyhovující. V práci jsou vypočítány tepelné ztráty a zátěže, dle kterých byly mimo jiné vybrány zdroje pro tvorbu chladu či tepla. Navržený výkon pro ohřev topné a užitkové vody slouží pro celý objekt. Zbylé návrhy integrovaných systémů jsou určeny pro nejvyšší patro nemocničního objektu, kde se LDN nachází.

Řízení a regulace se uskutečňuje skrze sběrnicový systém LonWorks, přes který probíhá komunikace mezi regulátory a členy systému řídicími chod výměňkové stanice s ohřevem teplé vody a klimatizační jednotky. Na sběrnici je možno kdykoliv připojit prvky a regulátory pro elektronické a požární zabezpečení.

Tepelnou energii pro ústřední vytápění a ohřev teplé vody zajišťují dvě parní výměňkové stanice, ty pracují nezávisle na sobě. V systému je umístěn třetí výměník sloužící pro předeřev užitkové vody, v němž je získané teplo odjímáno od kondenzátu.

Pro nejvyšší patro jsou navrženy dvě vzduchotechnické jednotky pracující s čerstvým vzduchem. Jedna slouží pro větrání pokojů, kde se primární vzduch celoročně upravuje na stálou teplotu. Druhá jednotka obsluhuje operační sál. Vzduch do sálu proudí přes třístupňovou filtraci a společně s vytvořeným přetlakem vzniká čistý prostor. Primární potrubí je umístěno na chodbě a je svedeno do jednotlivých nemocničních pokojů. Větrání na pokojích je řešeno přívodem vzduchu do aktivního chladicího trámu, ve kterém se mísí

čerstvý vzduch s vnitřním a zároveň je upravován na požadovanou přívodní teplotu dle teplotní sezóny.

Diplomovou práci ukončuje ekonomické zhodnocení fotovoltaické elektrárny, jež je řešena pomocí hydroizolačních folií s články. Tímto způsobem je dosaženo jak nutného vytvoření zateplovacího systému střechy, tak využití obnovitelného zdroje energie, což plní dvojitý efekt.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The diploma thesis focuses on creating suitable climatic conditions in medical environment, specifically in the object of LDN operating theatre. Regulation and control and closely linked to the creation of climate. They were created by the LonWorks busbar system that allows spreading information and control messages over the Internet or mobile network. Values that correspond with legislation ad standards have been used in the calculations and later in suggestions. In this thesis there is a widely used abbreviation LDN (long-term hospital patients) which is now substituted by a term ODN (Department of chronically ill).

In the theoretical section there are specifics, creation and layout of clean space. It also shows the ways in which renewable energy sources can be used and how the LonWorks busbar system works.

The beginning of my paper outlines thermal properties of perimeter constructions, after thermal insulation of the building the rating plate of buildings would improve from unsatisfactory state to satisfactory one. The losses and strains are calculated here, according to which the sources for coldness or heat creation are chosen. The proposed power for water heating serves the whole premises. The other proposals of integrated systems are determined for the highest floor of a hospital where LDN is located.

Control and regulation are realized through the LonWorks busbar system, across which the communication between regulators and exchanger station members for water heating and air conditioning unit runs. It is possible to connect components and regulators of electronic and fire security at the busbar.

Thermal energy for central heating and water heating is ensured by two steam exchanger stations, they work independently of each other. There is the third exchanger in the system which is used for preheating of service water. In this exchanger the gained heat is taken out from the condenser.

There are two air-conditioning units working with fresh air designed for the top floor. One serves room ventilation, where primary air is regulated to stable temperature throughout the whole year. The other unit serves the operating theatre. The air circulates to the theatre through three-step filtration and clean space is created due to excess pressure. Primary piping is located in the corridor and it leads to particular hospital rooms. Room ventilation

is run by air supply to an active cooling unit, in which fresh air is mixed up with the inside air and it is adjusted to desirable temperature as well.

The diploma thesis ends with the economic evaluation of photovoltaic power station, which is solved with the help of waterproofing segmented foil. Due to this way we achieved not only the necessary creation of weatherization of the roof but also the use of renewable source of energy, which serves two effects.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RUBIN, Aleš. *Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka* [online]. c2005, poslední revize 20.05.2005 [cit. 2012-04-19]. <<http://www.tzb-info.cz/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>>.
- [2] ČSN EN ISO 7730, 1997. *Mírné tepelné prostředí. Stanovení ukazatelů PMV a PPD a popis podmínek tepelné pohody*. Český normalizační institut.
- [3] RUBÁŠ, Pavel. *Denní osvětlení a proslunění bytových domů* [online]. c2007, poslední revize 05.03.2007 [cit. 2012-04-19]. <<http://www.tzb-info.cz/3945-denni-osvetleni-a-prosluneni-bytovych-domu>>.
- [4] VRÁNA, Jakub. *Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 331 s. ISBN 978-80-247-1588-9.
- [5] TREPKA, Stanislav. *Zahraníční standardy pro navrhování a provoz klimatizace ve zdravotnictví. Vytápění větrání instalace*. 2002, č. 2.
- [6] FARKA, Jan. *Chladicí trám nebo fan-coil?* [online]. c2011, poslední revize 06.06.2011 [cit. 2012-04-20]. <<http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil>>.
- [7] MONINEC, Jiří. *Úvod do čistých prostorů* [online]. c2008 [cit. 2012-03-09]. <www.sdrprokos.cz/akt_arch/13-seminar/cr01_v_kosmetika.ppt>.
- [8] ČSN EN ISO 14644-1, 2000. *Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu*. Český normalizační institut.
- [9] BOJANOVSKÝ, T. *Přístroje a metodika testování čistých prostor*. Brno, 2009. 29 s. Bakalářská práce na Fakultě strojního inženýrství, Vysokého učení v Brně. Vedoucí bakalářské práce práce doc. Ing. JOSEF ŠTETINA, Ph.D.
- [10] Státní ústav pro kontrolu léčiv, *Výroba sterilních léčivých přípravků* [online]. c2009, poslední revize 01.03.2009 [cit. 2012-04-22]. <<http://www.sukl.cz/leciva/vyr-32-dopl-1-verze-1>>.
- [11] DANIELS, Klaus. *Technika budov: příručka pro architekty a projektanty*. 1. čes. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 519 s. ISBN 80-889-0563-X
- [12] *Saving energy with energy efficiency in hospitals*. Sittard, Netherlands: CADDET, 1997. ISBN 90-726-4732-7.

- [13] JAKUBEC, Jaroslav. *Příručka obnovitelné zdroje energie* [online]. c2006 [cit. 2012-04-14]. <http://www.businessinfo.cz/files/2005/061106_oborova-prirucka-oze.pdf>.
- [14] IMAO. *Fotovoltaika* [online]. c2007, poslední revize 15.02.2010 [cit. 2012-04-20]. <http://fotovoltaika-material.cz/>.
- [15] ČSSE. *Solární kolektory* [online]. c2010, poslední revize 2010 [cit. 2012-04-20]. <http://www.solarnispolecnost.cz/cz/solarni-kolektory>.
- [16] EKOWATT. *Zpětné získávání tepla z odpadní vody* [online]. c2005, poslední revize 18.01.2010 [cit. 2012-05-01]. <<http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/52-zpetne-ziskavani-tepla-z-odpadni-vody>>.
- [17] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [18] VOJÁČEK, Antonín. *Sběrnice LonWorks* [online]. c2005, poslední revize 05.04.2005 [cit. 2012-05-01]. <<http://automatizace.hw.cz/clanek/2005040501>>.
- [19] ČSN EN ISO 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Český normalizační institut.
- [20] ČSN EN ISO 73 0548, 1986. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Český normalizační institut.
- [21] ČSN 73 0540-2, 2011. *Tepelná ochrana budov- Požadavky*. Český normalizační institut.
- [22] ČSN 73 0540 BAŠTA, Jiří. *Regulační armatury - teoretická základna*. [online]. c2004, poslední revize 12.10.2004 [cit. 2012-05-03]. <<http://www.tzb-info.cz/2181-regulacni-armatury-teoreticka-zakladna-i>>.
- [23] VRÁNA, Jakub. *Vliv místních odporů na tlakové ztráty v potrubí* [online]. c2012 [cit. 2012-23-04]. <<http://www.tzb-info.cz/8514-vliv-mistnich-odporu-na-tlakove-ztraty-v-potrubi>>.
- [24] ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. 2006. Český normalizační institut.
- [25] MATUŠKA, Tomáš. *Teplovzdušné větrání a vytápění - teorie a schémata* [online]. c2006 [cit. 2012-23-04]. <<http://www.tzb-info.cz/3235-teplovzdušne-vetrani-a-vytapeni-teorie-a-schemata-i>>.

- [26] SVENSOON, Gunar. *Chladicí trámy – komplexní řešení* [online]. c2009 [cit. 2012-25-04]. < <http://www.asb-portal.cz/tzb/vetrani-a-klimatizace/chladici-tramy-komplexni-reseni-961.html> >
- [27] MICHL, P. *Začleňování fotovoltaických elektráren do elektrizační soustavy*. Brno, 2009. 29 s. Diplomová práce na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysokého učení technické v Brně. Vedoucí diplomové práce Ing. PETR MASTNÝ, Ph.D.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ANSI	American National Standards Institute
CPU	Central Processing Unit
CSMA/CA	Carrar Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CZT	Centralizovaný Zdroj Tepla
FVE	Fotovolatická Elektrárna
HEPA	High-Efficiency Particulate Air
GSM	Groupe Spécial Mobile
ISO	International Organization for Standardization
LON	Local Operating Network
OZE	Obnovitelné Zdroje Energie
OSI	Open Systems Interconnection
PC	Personal Computer
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage Dissatisfied
PPI	Producer's Price Index
SCADA	Supervizory Control And Data Acquisition
TUV	Teplá Užitková Voda
TZB	Technická Zařízení Budov
ULPA	Ultra-Low Penetration Air
UPS	Uninterruptible Power Supply
VZT	Vzduchotechnika
ZZT	Zpětné Získávání Tepla

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Diagram vlivu teploty a relativní vlhkosti na komfort a případné rizika zhoršení kvality vnitřního prostředí.	15
Obrázek 2. PPD funkce jako PMV.	17
Obrázek 3. Charakteristika proudu za výustí a) děrovaný plech b) laminarizátor.	25
Obrázek 4. F_1, F_2, F_3 – třístupňová filtrace, 0 – ohřívač, Ch - chladič, V_1, V_2 – ventilátory, V1 – zvlhčovač, K – klapka.	25
Obrázek 5. Přívod a odvod vzduchotechniky.	27
Obrázek 6 Pasivní chladicí trám.	29
Obrázek 7 Aktivní chladicí trám.	29
Obrázek 8. Příklad lakových diferencí mezi třídami.	30
Obrázek 9. Grafické znázornění tříd čistoty dle normy ČSN EN 14644-1.	32
Obrázek 10. Spotřeba tepelné energie.	36
Obrázek 11. Princip bioplynové stanice.	39
Obrázek 12. Globální sluneční záření na území České republiky v MJ/m ² za rok.	40
Obrázek 13. Princip fotovoltaického střešního systému.	41
Obrázek 14. Princip využití tepla ze šedé vody.	43
Obrázek 15. Výměník pro odpadní vodu.	44
Obrázek 16. Přístupová metoda uzlu na sběrnici CSMA/CA.	47
Obrázek 17. Připojení oživovacího počítače na síť LON.	50
Obrázek 18. Situace budovy.	53
Obrázek 19. Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce – obvodová zeď.	56
Obrázek 20 Tepelná ztráta nemocničního pokoje – výsledný protokol.	64
Obrázek 21. Tepelné zisky objektu.	66
Obrázek 22 Princip THR.	68
Obrázek 23. Hydraulické schéma tepelné soustavy.	70
Obrázek 24. Půdorys – souprouté (Tichelmannovo) zapojení.	71
Obrázek 25. Součinitele tření u hydraulicky hladkých potrubí.	73
Obrázek 26. Charakteristika čerpadla Grundfos CR 1-7 A-A-A-E-HQQE východního okruhu.	76
Obrázek 27. Křivky dodávky a odběru tepla při ohřevu TV.	80
Obrázek 28. H-x digram pro letní období.	84

Obrázek 29. H-x digram pro zimní období.....	86
Obrázek 30. Vzduchotechnika operačního sálu.....	87
Obrázek 31. Tlakové ztráty HEPA filtrů.	88
Obrázek 32. Průřez operačního sálu.	89
Obrázek 33. Diference tlaku mezi operačním sálem a zázemím.....	90
Obrázek 34. Prvky VZT jednotky: 1 – 1. stupeň filtrace G4, 2 – ZZT, 3 – filtrace G4, 4,5 - ventilátor 6 – ohřívač, 7 – parní zvlhčovač 8 – chladicí komora, 9 – 2. stupeň filtrace F9.	91
Obrázek 35. Umístění a napojení chladicích trámů na pokojích.	93
Obrázek 36. Dosah chladicího trámu CornAir 355-28 12 XL -1L - H Ø100.....	94
Obrázek 37. Ventilátor do potrubí TT 100 s pracovní charakteristikou.....	95
Obrázek 38. Zdroj studené vody RVS 1000 INOX.....	95
Obrázek 39. Řízení výměňkové stanice.....	97
Obrázek 40. Schematické zapojení klimatizační jednotky.	102
Obrázek 41. Ovládací panel operačního sálu.....	103
Obrázek 42. Regulátor FX16 firmy.	105
Obrázek 43. Síťová automatizační jednotka NAE.....	105
Obrázek 44. Ovládací modul RS-1180.	106
Obrázek 45. I-modul GPRS 3.1 Ethernet.	107
Obrázek 46. Topologie řídicího systému.	108
Obrázek 47. Vizualizace výměňkové stanice.	109
Obrázek 48. Vizualizace TUV.....	110
Obrázek 49. Vizualizace VZT operačního sálu.....	110
Obrázek 50. Instalace fólie EVALON SOLAR.....	112
Obrázek 51. návratnost FV elektrárny.	115

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Tepelné výkony člověka.	12
Tabulka 2. Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu v_a	14
Tabulka 3. Výpočtová vnitřní teplota dle ČSN EN 12831 a relativní vlhkost vnitřního vzduchu dle ČSN 73 540-3.	14
Tabulka 4. Sedmibodová stupnice tepelných pocitů.	16
Tabulka 5. Orientační akustické požadavky.	18
Tabulka 6. Osvětlení pro zdravotnická zařízení dle normy ČSN EN 12464-1.	19
Tabulka 7. Rychlost proudění vzduchu na operačním sále.	24
Tabulka 8. Třídy čistoty dle normy ČSN EN 14644-1.	31
Tabulka 9. Dohodou stanovené požadavky na kvalitu vnitřního prostředí zdravotnických pracovišť.	32
Tabulka 10. Klasifikace ČP podle vyhlášky č. 84/2008 Sb.	33
Tabulka 11. Roztřídění filtrů vzduchu do skupin a tříd podle jejich charakteristik a filtrační schopnosti dle normy ČSN EN 14799.	34
Tabulka 12. Rozdělení poměrů spotřeby energie podle použití. [12].	37
Tabulka 13. Základní rozdělení v současnosti využívaných obnovitelných zdrojů energie.	38
Tabulka 14. Základní informace o LDN – okrajové podmínky.	55
Tabulka 15. Složení obvodové zdi.	55
Tabulka 16. Složení podlahy se stykem se zeminou.	57
Tabulka 17. Složení střechy objektu.	57
Tabulka 18. Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy.	58
Tabulka 19. Prostupy tepla konstrukcemi, energetický štítek obálky budovy.	59
Tabulka 20. Tepelná ztráta objektu LDN.	61
Tabulka 21. Parametry okruhu pro návrh regulačních ventilů.	75
Tabulka 22. Tlakové ztráty přívodního vzduchovodu.	87
Tabulka 23. Tlakové ztráty odpadního vzduchovodu.	87
Tabulka 24 Laminární strop od firmy Klima-servis.	88
Tabulka 25 Odvodní mřížky od firmy Block.	89
Tabulka 26. Tlakové ztráty hlavního potrubí.	89
Tabulka 27. Letní stabilita v místnosti dle ČSN 73 0540.	92
Tabulka 28. Regulátor FX16 Master vstupy/výstupy.	98

Tabulka 29. Rozšiřovací modul LP-XP91D04 vstupy/výstupy.....	99
Tabulka 30. Rozšiřovací modul LP-XP91D06.....	99
Tabulka 31. Regulátor FX15 Master vstupy/výstupy.....	100
Tabulka 32. Regulátor FX15 Master vstupy/výstupy.....	102
Tabulka 33. Regulátor FX07 Master vstupy/výstupy.....	104
Tabulka 34. Užité a využití plochy střechy objektu.....	112
Tabulka 35. Ekonomický výpočet provozu FV elektrárny dle výkupní ceny.....	114

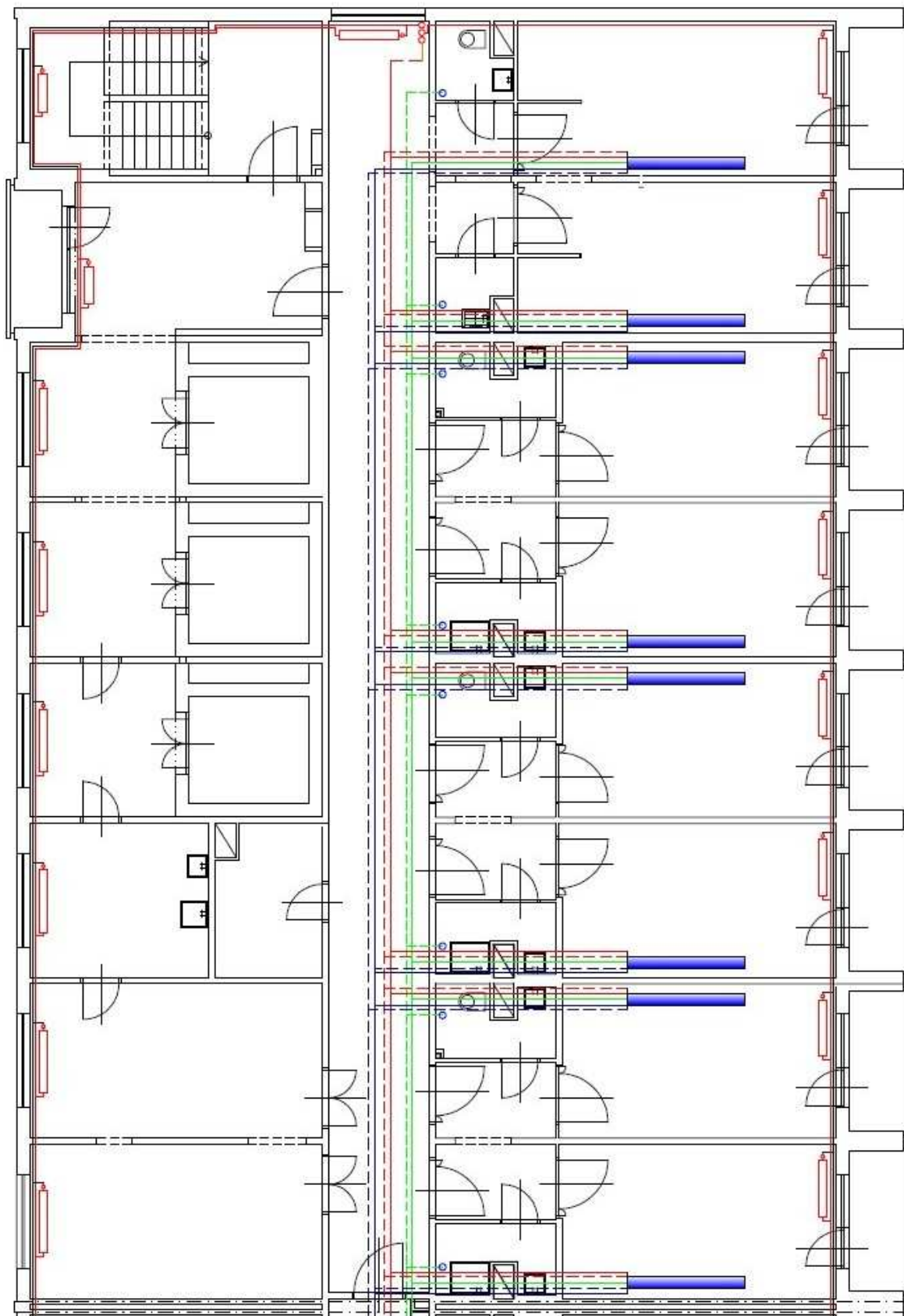
SEZNAM PŘÍLOH

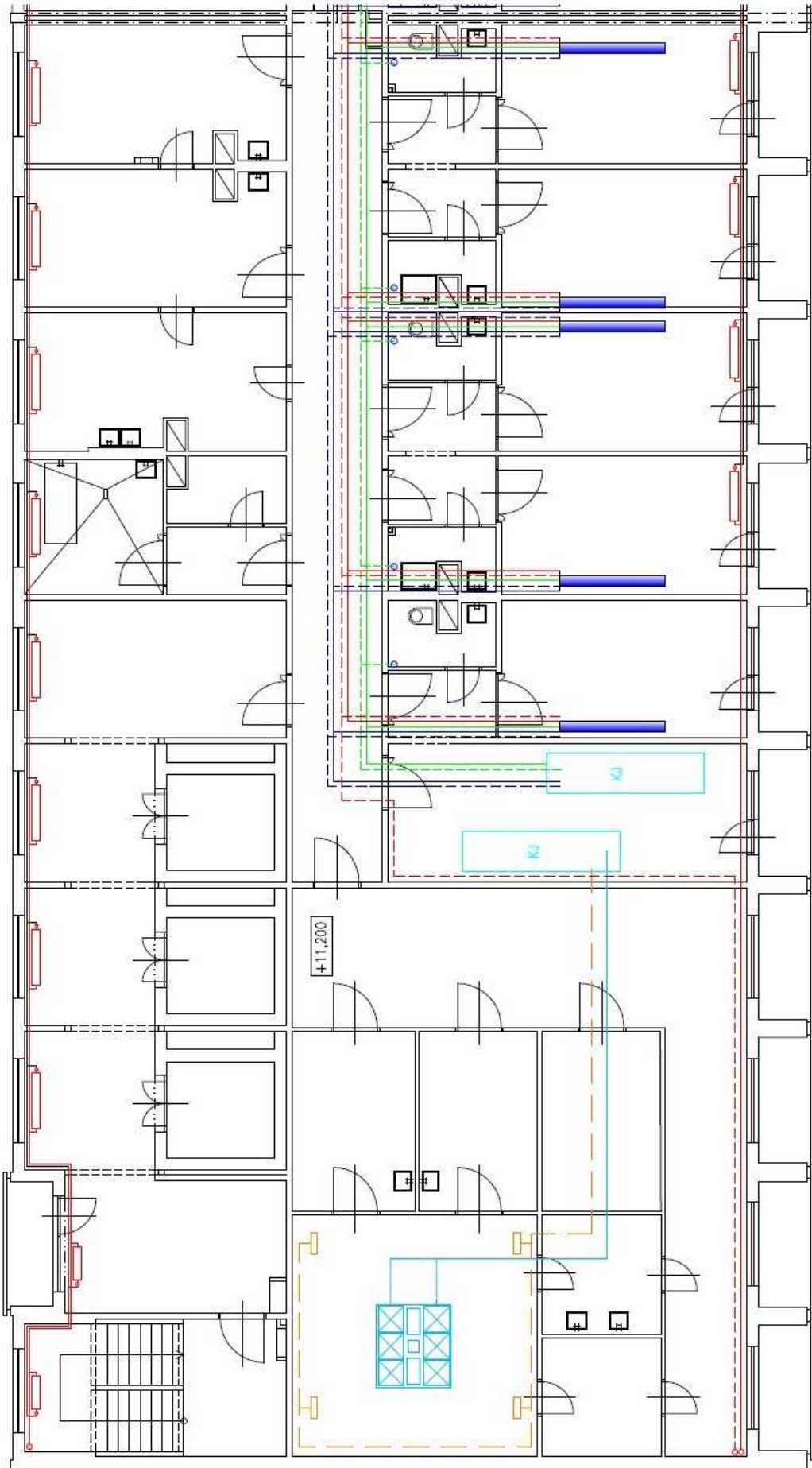
- Příloha P I Složení stavebních konstrukcí
- Příloha P II Stavební půdorys s otopným systémem a vzduchovody
- Příloha P III Vzduchotechnická jednotka operačního sálu
- Příloha P IV Přípravná klimatizační jednotka
- Příloha P V Otopná tělesa KORADO RADIK KLASIK – R

PŘÍLOHA P I: SLOŽENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Seznam stavebních konstrukcí	Složení konstrukce	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² K)]
Obvodová stěna	Štuková omítka Baunit, Stěrka Baunit Granopo, železobeton, lepicí stěrka, BASF Styrodur, armovací vrstva	0,217
Nosná příčka	Štuková omítka Baunit, stěrka Baunit, železobeton	3,521
Nenosná příčka	Štuková omítka Baunit, stěrka Baunit, Zdivo CP 1	0,890
Podlaha 1.P.P.	Keramická dlažba, lepicí stěrka, hydroizolace, betonový potěr, pěnový polystyren, železobeton, štěrkový násyp	0,431
Podlaha 1-5.N.P.	Linoleum, nivelační stěrka, hydroizolace, železobeton, malta, štuková omítka Baunit	2,206
Střecha - plochá	Štuková omítka Baunit, Stěrka Baunit Granopo, hydroizolace, železobeton, lepicí stěrka, BASF Styrodur, beton, asfaltový nátěr, šterk	0,219
Okno, balkónové dveře	Vekra Classic, 5-komorový profil, Dvojsklo	1,1
Hlavní vstupní dveře	Dvoukřídlové ocelové dveře SS	4
Vnější vstupní dveře	Ocelové bezpečnostní dveře S- 011	3
Vnitřní dveře	Interiérová dveře s dýhou I-03	2
Venkovní žaluzie na okna	Venkovní horizontální žaluzie Zetta 70 od firmy ISOTRA	-

PŘÍLOHA P II: STAVEBNÍ PŮDORYS S UT A VZT





PŘÍLOHA P III: KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA OPERAČNÍHO SÁLU



C.I.C. Jan Hřebec s.r.o.
Na Zlaté stezce 1075
263 01 Dobříš
Česká Republika

Tel: 326 531 311
Fax: 326 531 312

info@cic.cz
nabidky@cic.cz
www.cic.cz

Zadavatel :

Akce : **Operační Sál**

Projektant: **David Šrom**

Číslo nabídky: **33**

Datum: **05.06.2012**

Pozice projektu: **CZvnitřní deskova rek. vodní ohrev water heater**

(H/HL2-H/HL40)ENGinside desk recuperation water heater(H/HL2-H/ HL40)

Velikost jednotky: **H5** (řada TP12105), Průřezová rychlost: **1.36 / 1.13 m/s**

Vlastní rozměry (DxŠxV): **6410 x 800 x 1700 mm**, tloušťka stěny: **50 mm**

Obrysově rozměry (DxŠxV): **6795 x 800 x 1700 mm**

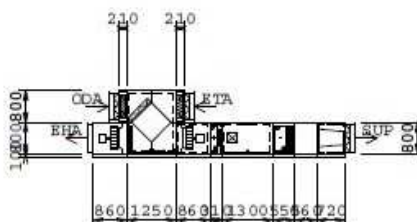
Hmotnost: **730 kg**, objemová hmotnost izolace: **50 kg/m3**

Jednotka je navržena v provedení ATEX

Jednotka je navržena v hygienickém provedení.

Provedení pláště vnitřní : **PZ**, vnější strana: **PZ**

Pohled přední



- - - strana obsluhy V x Š: , ODA=700x700 mm, SUP=700x700 mm, ETA=700x700 mm, EHA=700x700 mm

ODA - venkovní vzduch, SUP - přiváděný vzduch, ETA - odváděný vzduch, EHA - odpadní vzduch

PŘÍVODNÍ ČÁST

Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	0 Pa
Filtrační komora, předfiltr G3 FP3-2A	34 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů	50 Pa
Rekuperační komora desková, s by passsem	55 Pa
přívod: 2400 m ³ /h, -15.0 °C, 99 % / 3.1 °C	
odvod: 1920 m ³ /h, 24.0 °C, 50 % / 8.2 °C	
Tepelný zisk: 14.4 kW, účinnost: 46 %	
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	2 ks
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem	0 Pa
Průtok vzduchu	2400 m ³ /h
Externí tlaková ztráta	800 Pa
Ventilátor: ER31C, 3021 ot/min, účinnost: 73%, výkon:	1.13 kW
dynamický tlak: 28 Pa, celkový tlak:	1229 Pa
Motor s termistorem: 2DY.C7.1R, nap.: 400 V, 3021 ot/min	
Proud: 3.06 A, výkon:	1.5 kW
frekvenční měnič: 1x230V=>3x230V, 1.5 kW, IP20, 52 Hz	
Hladiny akustických výkonů	Lwa
pásmo	31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [dB (A)]
Hluk do okolí	66 65 58 57 48 42 30 24 21 51
Hluk do sání	71 75 78 80 77 73 67 60 53 78

Hluk do výtlačku	74	78	80	80	75	72	68	59	50	77
Ohřívací komora vodní , dvouřadá, rám pro kapiláru										43 Pa
přípojka topného média G: 1", výkon:										19.6 kW
voda: 55/45°C, 1.698 m3/h										2.8 kPa
vzduch: 2400 m3/h, 1.6/26.0 °C										
Zvlhčovací komora parní , bez zvlhčovače										0 Pa
odvod kondenzátu G: DN32										
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu										1 ks
Chladicí komora vodní , sedmiřadá, provedení pravé										108 Pa
Eliminátor kapek										8 Pa
Přípojka chladicího média G: 5/4", výkon										9.6 kW
voda : 9/15°C, 1.378 m3/h										1.2 kPa
vzduch: 2400 m3/h, 32.0/21.0 °C, entalpie: 58.7/46.6 kJ/kg										
odvod kondenzátu G: DN32										
Reg.: Regulační uzel RUK , MEBR313										1 ks
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu										1 ks
Volná komora , Délka 500 mm										0 Pa
Filtrační komora , kapsový filtr AST F7 - 630										51 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů										50 Pa
Koncový panel , s velkým otvorem, Klapka										0 Pa

ODVODNÍ ČÁST

Koncový panel , s velkým otvorem, Klapka										0 Pa
Filtrační komora , předfiltr G3 FP3-2A										24 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů										50 Pa
Rekuperální komora desková viz přívod										41 Pa
Eliminátor kapek										14 Pa
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem , Manžeta										0 Pa
Průtok vzduchu										1920 m3/h
Externí tlaková ztráta										401 Pa
Ventilátor: ER31C , 2074 ot/min, účinnost: 76%, výkon:										0.38 kW
dynamický tlak: 18 Pa, celkový tlak:										548 Pa
Motor s termistorem: 2DY.B7.1R , nap.: 400 V, 2074 ot/min										
Proud: 2.28 A, výkon:										1.1 kW
frekvenční měnič: 36 Hz (není součástí dodávky)										
Hladiny akustických výkonů										Lwa
pásmo	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	[dB(A)]
Hluk do okolí	58	57	50	48	38	32	20	14	11	43
Hluk do sání	63	67	70	71	67	63	57	50	43	69
Hluk do výtlačku	66	71	76	78	76	73	69	63	58	78

PŘÍLOHA P IV: PŘÍPRAVNÁ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA



C.I.C. Jan Hřebec s.r.o.
Na Zlaté stezce 1075
263 01 Dobříš
Česká Republika

Tel: 326 531 311
Fax: 326 531 312

info@cic.cz
nabidky@cic.c

www.cic.cz

Zadavatel :

Akce : **Příprava Vzduchu**

Projektant: **David Šrom**

Číslo nabídky: **34**

Datum: **05.06.2012**

Pozice projektu: **CZvnitřní deskova rek. vodní ohrev water heater**

(H/HL2-H/HL40)ENGinside desk recuperation water heater(H/HL2-H/ HL40)

Velikost jednotky: **H2 (řada TP12105)**, Průřezová rychlost: **1.37 / 1.37 m/s**

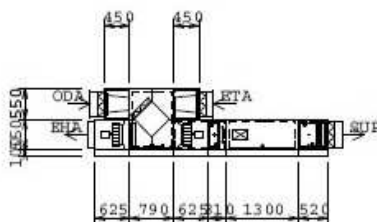
Vlastní rozměry (DxŠxV): **4170 x 550 x 1200 mm**, tloušťka stěny: **50 mm**

Obrysově rozměry (DxŠxV): **4555 x 550 x 1200 mm**

Hmotnost: **340 kg**, objemová hmotnost izolace: **50 kg/m³**

Provedení pláště vnitřní : **PZ**, vnější strana: **PZ**

Pohled přední



- - - strana obsluhy V x Š: , ODA=450x450 mm, SUP=450x450 mm, ETA=450x450 mm, EHA=450x450 mm

ODA - venkovní vzduch, SUP - přiváděný vzduch, ETA - odváděný vzduch, EHA - odpadní vzduch

PŘÍVODNÍ ČÁST

Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	0 Pa
Filtrační komora, kapsový filtr G4 - 360	13 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů	50 Pa
Rekupační komora desková, s by passem	85 Pa
přívod: 1000 m ³ /h, -15.0 °C, 99 % / 2.0 °C	
odvod: 1000 m ³ /h, 22.0 °C, 50 % / 8.6 °C	
Tepelný zisk: 5.6 kW, účinnost: 46 %	
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	2 ks
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem	0 Pa
Průtok vzduchu	1000 m ³ /h
Externí tlaková ztráta	1500 Pa
Ventilátor: RH25C Stahl, 4396 ot/min, účinnost: 56%, výkon:	0.91 kW
dynamický tlak: 12 Pa, celkový tlak:	1825 Pa
Motor s termistorem: 2P090S2, nap.: 230/400 V, 2900 ot/min	
Proud: 5.2/3 A, Zapojení: Y, krytí: IP55, výkon:	1,5 kW
frekvenční měnič: 1x230V=>3x230V, 1.5 kW, IP20, 76 Hz	
Hladiny akustických výkonů	Lwa
pásmo	31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [dB (A)]
Hluk do okolí	69 68 60 60 51 46 34 29 26 54
Hluk do sání	74 78 79 81 76 74 69 62 55 79
Hluk do výtlaku	77 81 84 86 84 81 78 71 62 86
Ohřívací komora vodní, dvouřadá, rám pro kapiláru	45 Pa

přípojka topného média G: 1", výkon:	5.2 kW
voda: 55/45°C, 0.450 m3/h	0.9 kPa
vzduch: 1000 m3/h, 0.5/16.0 °C	
Zvlhčovací komora parní, bez zvlhčovače	0 Pa
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	1 ks
Chladicí komora vodní, šestiřadá, provedení pravé	107 Pa
Eliminátor kapek	10 Pa
Přípojka chladicího média G: 1", výkon	3.0 kW
voda : 9/12°C, 0.864 m3/h	2.7 kPa
vzduch: 1000 m3/h, 24.0/16.0 °C, entalpie: 48.7/39.6 kJ/kg	
odvod kondenzátu G: DN32	
Reg.: Regulační uzel RUK, MEBR313	1 ks
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	1 ks
Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	0 Pa

ODVODNÍ ČÁST

Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	0 Pa
Filtrační komora, kapsový filtr G4 - 360	13 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů	50 Pa
Rekuperační komora desková viz přívod	95 Pa
Eliminátor kapek	26 Pa
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem, Manžeta	0 Pa
Průtok vzduchu	1000 m3/h
Externí tlaková ztráta	1000 Pa
Ventilátor: RH25C Stahl, 3583 ot/min, účinnost: 62%, výkon:	0.54 kW
dynamický tlak: 12 Pa, celkový tlak:	1197 Pa
Motor s termistorem: 2P080M2, nap.: 230/400 V, 2880 ot/min	
Prúd: 4/2.3 A, Zapojení: Y, krytí: IP55, výkon:	1,1 kW
frekvenční měnič: 1x230V=>3x230V, 1.5 kW, IP20, 62 Hz	
Hladiny akustických výkonů	Lwa
pásmo	31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [dB (A)]
Hluk do okolí	64 63 56 55 46 40 29 24 20 50
Hluk do sání	69 73 75 76 71 68 64 57 49 74
Hluk do výtlačku	72 77 82 85 84 81 78 73 67 86

PŘÍLOHA P V: OTOPNÁ TĚLESA KORADO RADIK KLASIK – R

Teplotní spád těles 45 °C / 55 °C.

Číslo místnosti	Popis	Tepelný výkon [W]	Objem [l]	Kód objednávky	Cena [Kč]
502 – 514	Nemocniční pokoje	1 165	8,26	33-055120-R0-10	4 526
515	Nemocniční pokoj	1 235	9,84	21-055230-R0-10	5 238
516, 530	Schodiště	879	7,54	33-055140-R0-10	2 472
500	Chodba	1 296	9,90	22-055180-R0-10	5 084
517 - 529	Chodba vedle schodiště	712	7,13	10-060230-50-10	2 574
-	Před výtahy	433	5,34	10-060140-50-10	1 758
522 - 528	Místnosti pro personál	836		11-060180-50-10	2 775