

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE
POLIKLINKY**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MATĚJ VLČEK

12 – TŽP – 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vlček** Jméno: **Matěj** Osobní číslo: **408647**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Větrání a klimatizace polikliniky

Název diplomové práce anglicky:

Ventilation and Air-Conditioning of an Outpatient Clinic

Pokyny pro vypracování:

Výpočet tepelné zátěže, tepelných ztrát, průtoku vzduchu. Návrh větracího a klimatizačního systému, dimenzování prvků zařízení. Funkční schéma automatické regulace. Výkresová dokumentace na úrovni ke stavebnímu řízení s podrobnějším řešením vybraných částí.

Seznam doporučené literatury:

- 1) HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics No 4227
- 2) VDI 2187/2007 Building Services for Hospitals
- 3) Máca, F.: Klimatizace a větrání nemocnic
- 4) REHVA Hygiene Requirement for Ventilation and Air-conditioning

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. František Drkal, CSc., ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Ing. Luděk Tóth, Ph.D., autorizovaný inženýr

Datum zadání diplomové práce: **24.04.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **24.06.2019**

Platnost zadání diplomové práce: _____

prof. Ing. František Drkal, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE POLIKLINIKY vypracoval samostatně pod vedením Prof. Ing. Františka Drkala, CSc. s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 24.06.2019

Matěj Vlček

Poděkování

Úvodem bych chtěl poděkovat všem, kteří mi byli nápomocní při zpracování mé diplomové práce. Dále pak především mému vedoucímu diplomové práce panu Prof. Ing. Františkovi Drkalovi, CSc. za odborné rady, připomínky při zpracování a čas, který se mnou strávil. Poděkování také patří panu Ing. Ludřkovi Tóthovi Ph.D. za konzultace a připomínky. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodičům za možnost studovat na této univerzitě.

Souhrn

Obsahem této diplomové práce je návrh větrání a klimatizace pro polikliniku.

V úvodní části je uvedena problematika návrhu klimatizačních zařízení ve zdravotnictví. Následně je uveden popis návrhu dle německé normy. Dále je popsáno konkrétní řešení a jeho funkce. Pro jednotlivá zařízení jsou dimenzovány potřebné výkonové parametry a navrženy všechny potřebné komponenty. Následně je popsána regulace celého systému.

Summary

The content of this thesis is the design of ventilation and air conditioning for the health center.

The introductory part deals with the design of air conditioning equipment in health care. The following part is a description of the design according to the German norm, exact solution and it's function. The required power parameters and the necessary components are designed for each device. Then, the regulation of the whole system is described.

Obsah

ZNAČKY A JEDNOTKY	4
INDEXY	5
1 ÚVOD	6
1.1 PROBLEMTIKA V ČR	6
1.2 POUŽÍVANÉ NORMY	7
1.3 POPIS NĚMECKÉ NORMY DIN 1964-4	7
1.3.1 FYZIOLOGICKÉ A HYGIENICKÉ POŽADAVKY	7
1.3.2 TECHNICKÉ POŽADAVKY	9
1.3.3 VZDUCHOTEHCNICKÉ ZAŘÍZENÍ V OPERAČNÍCH ODDĚLENÍCH 11	
1.4 SEZNÁMENÍ S OBJEKTEM.....	12
2 ROZBOR PROSTORŮ POLIKLIN	14
2.1 ROZBOR VZHLEDEM K NÁVRHU VĚTRÁNÍ.....	14
2.1.1 PRVNÍ PODZEMNÍ PODLAŽÍ.....	14
2.1.2 PRVNÍ NADZEMNÍ PODLAŽÍ	15
2.1.3 DRUHÉ NADZEMNÍ PODLAŽÍ Chyba! Záložka není definována.	
2.2 ROZBOR VZHLEDEM K NÁVRHU KLIMATIZACE	15
2.2.1 VZDUCHOVÝ JEDNOZÓNOVÝ SYSTÉM.....	15
2.2.2 VZDUCHOVÝ VÍCEZÓNOVÝ SYSTÉM	15
2.2.3 VODNÍ KLIMATIZAČNÍ SYSTÉM.....	16
2.2.4 KOMBINOVANÝ KLIMATIZAČNÍ SYSTÉM VZDUCH VODA.....	17
2.2.5 CHLADIVOVÝ KLIMATIZAČNÍ SYSTÉM.....	17
2.3 ZHODNOCENÍ VÝBĚRU SYSTÉMŮ PRO DANÁ ZAŘÍZENÍ.....	18
3 ENERGETICKÉ BILANCE.....	20
3.1 POŽADAVKY NA PROVOZ KLIMATIZACE.....	20
3.2 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE	20

3.2.1	VSTUPNÍ HODNOTY PRO VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE	21
3.3	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	Chyba! Záložka není definována.
4	NÁVRH VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE	24
4.1	ZAŘÍZENÍ č.1.....	24
4.1.1	NÁVRH VĚTRÁNÍ.....	24
4.1.2	NÁVRH KLIMATIZACE.....	24
4.2	ZAŘÍZENÍ č.2.....	30
4.2.1	NÁVRH VĚTRÁNÍ.....	30
4.2.2	NÁVRH KLIMATIZACE.....	30
4.3	ZAŘÍZENÍ č.3.....	37
4.3.1	NÁVRH VĚTRÁNÍ.....	37
4.3.2	NÁVRH KLIMATIZACE.....	41
4.4	ZAŘÍZENÍ Č.4.....	47
4.4.1	NÁVRH VĚTRÁNÍ.....	47
4.5	ZAŘÍZENÍ Č.5.....	47
4.5.1	NÁVRH VĚTRÁNÍ.....	47
4.5.2	NÁVRH KLIMATIZACE.....	48
4.6	CELKOVÉ VYHODNOCENÍ.....	54
5	NÁVRH POTRUBNÍ SÍTĚ.....	55
5.1	NÁVRH VÝUSTEK.....	55
5.2	NÁVRH PROTIDEŠŤOVÝCH ŽALUZÍ.....	59
5.3	NÁVRH FILTRŮ.....	60
5.4	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ.....	61
5.5	VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT.....	61
5.6	ZAREGULOVÁNÍ POTRUBNÍ SÍTĚ.....	62
6	NÁVRH JEDNOTEK.....	64
6.1	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK.....	64

6.2	NÁVRH VNITŘNÍCH CHLADIVOVÝCH JEDNOTEK	65
6.3	NÁVRH VENKOVNÍ KONDENZAČNÍ JEDNOTKY	66
7	NÁVRH TLUMIČŮ HLUKU	67
8	POŽADAVKY NA NAVAZUJÍCÍ PROFESE	67
8.1	STAVBA.....	67
8.2	ELEKTROINSTALCE	68
8.3	MĚŘENÍ A REGULACE	68
8.4	EPS.....	Chyba! Záložka není definována.
8.5	ROZVODY TEPLA A CHLADU	Chyba! Záložka není definována.
8.6	ZDRAVOTNÍ INSTALACE	69
8.7	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	69
8.8	IZOLACE.....	70
9	TECHNICKÁ ZPRÁVA (ZÁVĚR)	70

ZNAČKY A JEDNOTKY

Q	tepelný výkon	[W]
\dot{M}	produkce vodní páry	[g/h]
S	plocha	[m ²]
U	součinitel prostupu tepla	[W/m ² ·K]
\dot{V}	Objemový průtok	[m ³ /h]
c	měrná tepelná kapacita	[J/kg · K]
d	průměr potrubí	[m]
h	entalpie vzduchu	[kJ/kg]
l	délka potrubí	[m]
n	množství	[-]
os	počet osob	[-]
s	stínící součinitel	[-]
t	Teplota	[°C]
w	rychlost v potrubí	[m/s]
Δh	rozdíl entalpií	[kJ/kg]
Δt	rozdíl teplot	[°C]
Δx	navlhčení od osob	[g/kg]
ε	emisivita	[-]
η	účinnost	[%]
λ	součinitel třecích ztrát	[-]
ξ	součinitel místních ztrát	[-]
ρ	hustota vzduchu	[kg/m ³]
φ	relativní vlhkost	[%]

INDEXY

cit	citelný
dávka	dávka čerstvého vzduchu
e	v exteriéru
ch	chladiče
chodby	pro chodbu
i	v interiéru
m	místní
mísa	pro mísu
ob	oběhový
oh	ohřívače
okna	pro okno
p	přívodní
pe	přívodní z exteriéru
pi	přívodní z interieru
rámu	pro rám okna
sesterna	pro sesternu
stěny	pro stěnu
t	tření
umyvadlo	pro umyvadlo
vzt	vzduchotechnickou jednotkou
ztr	ztráta
zv	zvlhčovače
zzt	pro zpětné získávání tepla
w	od osob
IIa	pro druhou „a“ třídu
IIb	pro druhou „b“ třídu

1 ÚVOD

1.1 PROBLEMTIKA V ČR

Péče o lidské zdraví se rozděluje do dvou skupin, jednou z nich je farmaceutická výroba léků a nemocničního vybavení, druhou skupinou je samotná medicínská péče. Farmaceutická výroba má velmi přísná pravidla na výrobu a kontrolu léčiv, která jsou celosvětově uznávaná. Medicínská péče se zabývá pouze samotnými lékařskými postupy, a také lékařskou technikou. Pro pravidla navrhování a kontroly vnitřního klimatu se nedostává mnoho prostoru, a to včetně větrání a klimatizace. (L1)

Díky nadnárodním a zvláště přísným předpisům pro výrobu a kontrolu léčiv je zaručeno, že stejnojmenné léčivo má standartní složení a čistotu ve všech zemích, kde je distribuováno. Oproti nadnárodním pravidlům pro farmaceutickou výrobu jsou pravidla pro medicínskou péči spíše regionálního rázu. Ačkoliv si v Německu, Švýcarsku, Rakousku či USA lze koupit léčivo, které je ve všech zemích stejné, předpisy a nároky pro návrh větrání a klimatizace se zcela liší. Mezi tyto země Česká republika však nepatří, jelikož zde nejsou žádné legislativní předpisy pro návrh větrání a klimatizace ve zdravotnictví. (L1)

V Česku vznikaly různé články, většinou od Ing. Stanislava Trepky, který se snažil současnou situaci řešit. Napsal několik článků a porovnání zahraničních norem, což měl být podklad pro vládní nařízení, nebo pro českou normu. Pro návrh větrání a klimatizace by mohlo posloužit vládní nařízení a vyhlášky ministerstva zdravotnictví, ale bohužel část o větrání a klimatizaci v nemocničních zařízeních byly vynechány. (L1)

Dalším problémem je nízká úroveň odborné znalosti pracovníků schvalovacích orgánů, z čehož pramení absence výše zmíněných předpisů. Stejně tak je tomu u investorů, kteří často předkládají neúplná zadání, což pramení ze špatné odborné znalosti. Tento faktor může mít také vliv na kvalitu díla. (L1)

Projektant se musí často rozhodovat dle různých kritérií, která nesouvisí s jeho odbornou znalostí. Ve finálním výsledku se může malá odbornost promítnout na kvalitě díla. (L1)

Uvedený soupis problémů v České republice může znít tak, že situace u nás je vážně kritická, ale opak je pravdou. Soupis problému znamená to, že problémy existují, a že je potřeba s nimi důsledně pracovat. (L1)

1.2 POUŽÍVANÉ NORMY

V České republice se hojně užívají 3 normy. Je to norma rakouská: ÖNORM H 6020, ze září roku 1999. Dále je to norma švýcarská: Richtlien für Bau, z prosince roku 1975, u nás je nejvíce používaná německá norma: DIN 1946-4, vydaná v březnu 1999. Tento soupis norem se u nás hojně využívá neboť, splňují naše představy o obsahu normy české. Také proto, že tyto země jsou velmi vyspělé ve zdravotnictví a dvě z těchto zemí jsou zahraniční sousedé a normy jsou tak relativně snadno přístupné. (L2)

Nadto dle německé normy DIN 1946-4 bylo zpracováno mnoho projektů na zdravotnická zařízení a některé nemocnice si dokonce kladly vypracování dle této normy jako podmínku. Například Všeobecná fakultní nemocnice v Praze 2. (L2)

V dané diplomové práci bude popis a návrh vzduchotechniky a klimatizace dle německé normy. (L2)

1.3 POPIS NĚMECKÉ NORMY DIN 1964-4

Do této normy nepatří hospodářské objekty, kuchyně, prádelny či administrativní a provozní prostory. Norma je pouze pro objekty uvedené v tabulce požadavků na parametry mikroklimatu. Norma dále uvádí, jak je důležité zaškolení, organizace a disciplína zdravotních a technických zaměstnanců. Návrh, který by se měl v určitých bodech lišit od návrhu dle normy, musí být projednán s projektantem, hygienikem a případně i se stavebním úřadem. Dle zásad této německé normy, pohoda prostředí závisí na teplotě vzduchu, na rychlosti a druhu proudění vzduchu a také na jeho relativní vlhkosti. (L2)

1.3.1 FYZIOLOGICKÉ A HYGIENICKÉ POŽADAVKY

Předepsané teploty vzduchu v (L2) jsou uvedeny v tabulce parametrů mikroklimatu místností. Vždy je uvedena minimální a maximální teplota bez závislosti na ročním období. Pokud v tabulce hodnota teploty není uvedena, odvolává se pak na hodnotu z normy DIN 1964-2 (L10), která je však pro vytápění a pracuje s operativními teplotami, které jsou závislé na venkovní teplotě, tudíž na ročním období. (L2)

Při venkovních teplotách od 0°C do 26°C, je teplota vnitřního vzduchu v intervalu 22°C až 26°C. Při venkovních teplotách 26°C a 32°C, je teplota vnitřního vzduchu

v intervalu 24°C až 27°C. V zimním období je teplota obvykle 22°C, ve vzdálenosti 10 cm nad podlahou musí být teplota v zimě minimálně 21°C. Teploty musejí být v daném intervalu regulovatelné celoročně. Tabulka parametrů mikroklimatu předepisuje i relativní vlhkost, pokud nejsou v tabulce hodnoty jde zpravidla o rozmezí 35-65 %.

(L2)

Proudění vzduchu předepisuje norma DIN 1946-2, norma na vytápění, vychází se z aktivity I a středního oblečení. (L2)

Dále se v normě udává rozdělení do tříd prostorů, dle kvality vzduchu. Z hygienicko-mikrobiologických důvodů se dle požadavků na čistotu rozlišuje prostředí na 2 třídy (L2):

- Třída I – vysoké, respektive velmi vysoké nároky na nízký počet zárodků v jednotce prostoru,
- Třída II – běžné požadavky na nízký počet zárodků.

Zvláště důležité je si uvědomit, že se neuvádí třídění prostorů dle počtu částic, které je z hlediska projektování zavádějící. Každá místnost v nemocničních zařízení je zařazena alespoň do druhé třídy, tudíž musí mít minimálně dvoustupňovou filtraci. (L2)

K filtraci vzduchu ve vzduchotechnických zařízeních se používá zásadně dvou nebo třístupňová filtrace s filtry tříd dle DIN EN 779. (L2)

1. stupeň nejméně F5
2. stupeň nejméně F7
3. stupeň nejméně H13

Filtrace pro prostor první třídy by tedy vypadala: F5 + F7 + H13 a filtrace pro prostor druhé třídy: F5 + F7. Osazení filtrů ve vzduchotechnickém zařízení vypadá následovně: filtr F5 musí být co nejbližší k sání venkovního vzduchu. Filtr F7 musí být na výtlačné straně jednotky na začátku potrubí a filtr H13 musí být co nejbližší k větranému prostoru, například u operačních sálů až na konci potrubí. (L2)

Dále je v tabulce v (L6) stanoven minimální objemový průtok venkovního vzduchu, který musí být dodržen. Objemový průtok je možné zvyšovat dle potřeby za účelem snížení počtu zárodků, či snížení tepelné zátěže. Pro operační sály jsou daná zvláštní ustanovení. (L2)

Využití cirkulačního vzduchu je možné za dodržení určitých podmínek. Cirkulační vzduch se smí použít jen u prostoru ze kterého je odváděn. Filtrace musí být pro cirkulaci stejná jako pro čerstvý venkovní vzduch. Avšak nelze použít cirkulaci v prostorech, kde dojde k toxikologickému znečištění, například od narkotizačního plynu.

K proudění vzduchu mezi místnostmi smí docházet z hygienických důvodů pouze z prostorů s vysokými požadavky na počet zárodků do prostoru s požadavky nižšími. Norma udává v tabulce směry proudění mezi různými 24 místnostmi, čímž jsou dány i tlakové poměry mezi místnostmi. Proudění vzduchu mezi místnostmi je vytvořeno za pomoci rozdílných objemových průtoků přiváděného a odváděného vzduchu. K umožnění přirozeného proudění mezi místnostmi je za potřeby navrhnout předem stanovené otvory, či za pomoci netěsností. (L2)

V tabulce parametrů mikroklimatu jsou také uvedeny hodnoty hladiny hluku, které se nesmí překročit. (L2)

1.3.2 TECHNICKÉ POŽADAVKY

Otvory pro nasávání čerstvého vzduchu musejí být umístěny minimálně 1 metr nad zemí, popřípadě i výš, dle meteorologických poměrů respektujících emitující zdroje například kouř či zápach. Otvor nesmí být přístupný cizím osobám. Otvor pro výtlač odpadního vzduchu by se měl odvádět nad střechu, nesmí obtěžovat okolí, a to i za působení větru. Potrubí musí mít hladký povrch, ideální materiál je pozinkovaný plech. Ohebné potrubí se může osazovat na propojení koncových prvků, a to do vzdálenosti dvou metrů. Za třetím stupněm filtrace musí být potrubí čistitelné, aby se mohlo potrubí vytírat desinfekčními prostředky. Zděné stavební šachty nesmí být použity pro rozvody vzduchu, za klapkami a regulátory musí být umístěn revizní otvor. (L2)

Uzavírací klapky na přívodním i odvodním potrubí musejí být připojeny na servopohon včetně pružiny pro uzavření při výpadku elektrické energie. Průnik vzduchu u těsných klapek je maximálně $10 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 m^2 průřezu, při přetlaku 100 Pa. Nesmí dojít k samovolnému proudění vzduchu ve vzduchovodu mezi místnostmi, a proto norma předepisuje, kde všude by měly být klapky umístěny. Všude, kde je umístěn třetí stupeň filtrace, musí být umístěna i těsná klapka z důvodu výměny filtru. (L2)

Účinnosti odlučování filtrů musí být zachovány ve všech provozních režimech. Což platí hlavně za působení vlhkosti a pro těsné usazení. Při prvním a druhém stupni

filtrace se nesmí filtrační materiál rozkládat či zvětšovat svůj objem za působení vlhkosti. Z toho plyne, že nesmějí být ovlivněny vlastnosti proudění skrz filtr. Třetí stupeň filtrace musí být hydrofobní neboli odpuzující vodu. Vlhkost vzduchu, jenž prochází filtrem by neměla být vyšší než 95 %, protože v tomto stavu by se velmi dařilo bakteriím a růstu hub. Aby se předešlo nežádoucímu odporu filtru je třeba instalovat přístroj na měření tlakového rozdílu, to platí pro první a druhý stupeň filtrace. U třetího stupně filtrace postačuje uzavíratelná možnost změření tlakového rozdílu. Každý filtr musí být viditelně označen a musí být označeny vlastnosti typu: objemový průtok vzduchu, třída filtrace, druh filtračního média, počáteční a konečný rozdíl tlaku. (L2)

Pro ventilátory na straně přívodního vzduchu platí, že musejí být umístěny mezi prvním a druhým stupněm filtrace. Dále musí být zabráněno kondenzaci vodních páry ve ventilátoru. (L2)

Zvlhčovače vzduchu se musí řadit před druhý stupeň filtrace, je třeba naprojektovat dostatečně dlouhou trasu pro zvlhčování, avšak dobře přístupnou s možností pozorování. Na konci zvlhčovací trasy nesmí relativní vlhkost vzduchu překročit přes 90 %, nesmí tudíž docházet k tomu, aby za zvlhčovači nevznikaly kapičky. Při použití parního vlhčení, nesmí pára obsahovat chemické látky škodlivé zdraví. Mikrobiologické hledisko říká, že by voda používaná k vlhčení měla mít alespoň takovou kvalitu, aby odpovídala vodě pitné. To docílíme úpravou vody, například za použití UV paprsků, nebo chemickou úpravou. U chemické úpravy, ale musíme dbát na to, aby byla zachována nezávadnost vody. (L2)

Zvlhčovač by měl být proveden z materiálů, jež jsou odolné proti korozi, musí být možno zvlhčovač čistit a dezinfikovat. (L2)

Chladiče vzduchu a odlučovače kapek se umísťují před druhý stupeň filtrace. Při chlazení a odlučování kapek musí být pod chladičem vana a chladič musí být zkonstruován tak, aby byl bezpečně odveden kondenzát. Při odvodu kondenzátu se musí dbát na to, aby odvod kondenzátu nebyl přímo napojen na kanalizaci, protože se musí zabránit vnikání škodlivin ze syfonů. (L2)

Zpětné získávání tepla se umísťuje mezi první a druhý stupeň filtrace. Rozlišujeme dvě metody zpětného získávání tepla a to: (L2)

1. zařízení bez možnosti přenosu škodlivých látek,

2. zařízení s možností přenosu škodlivých látek.

U zařízení bez možnosti přenosu zárodků a plynů z odpadního vzduchu do vzduchu přívodního není potřeba splnit hygienické zkoušky. (L2)

U zařízení s možností přenosu zárodků a plynů z odváděného vzduchu do vzduchu přiváděného může vzniknout tím, že se zárodky zachytí na teplosměnné ploše, přes kterou pak proudí vzduch přívodní. Tato situace vzniká u rotačních výměníků. Tyto zařízení mohou být použity pouze po splnění několika hygienických zkoušek, aby bylo zabráněno přenosu choroboplodných látek. (L2)

Tlumiče hluku se umísťují za první stupeň filtrace před ventilátor, měly by být před druhým stupněm filtrace a dle potřeby i před třetím stupněm filtrace. Z důvodu přísných akustických nároků by měl být tlumič hluku umístěn i za každý regulátor průtoku. (L2)

Provedení tlumičů musí být tak, aby povrch, jenž je obrácený ke směru proudění, byl co nejodolnější proti oděru a byl odolný vůči vodě, tudíž musí být i nerezavějící. Tlumič se dá chránit proti otěru například děrovaným plechem či drátěnou sítí. (L2)

Výustky musejí být snadno demontovatelné kvůli dezinfekci a čištění. Nastavení výustky se nesmí dát lehce změnit ani jakýmkoliv nedopatřením. Odvodní výustky v místech, kde se uvolňují textilní vlákna, musí být opatřeny filtrem. Filtr musí být snadno vyjímatelný bez použití náradí. Pro odvodní výustky dále platí, že pokud je vzduch odváděn nad podlahou, spodní hrana výustky musí být těsně nad podlahou, přičemž spodní část musí být ve směru do místnosti sešikmená. (L2)

1.3.3 VZDUCHOTECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ V OPERAČNÍCH ODDĚLENÍCH

V operačních prostorech musí vzduchotechnické zařízení splňovat několik na sobě závislých úkonů: (L2)

1. Oblast operačního pole se musí nejvíce chránit, proto zde musí být omezení množství zárodků ve vzduchu.
2. Zajištění proudění vzduchu mezi operačními prostory a prostory jim přilehlými.
3. Omezení koncentrace narkotických plynů a jiných látkových zátěží v prostorech kde pobývají lidé.

4. Dodržení požadovaných stavů vzduchu v místnosti, a to hlavně odvod tepla a látkových zátěží.

Pro projekci jsou předepsány vyhovující průtoky přiváděného vzduchu. Operační sál typu A je se zvláště vysokými nároky na nízký počet zárodků. Tento typ sálu je například pro kloubovou protetiku, transplantace či srdeční operace. Pro tento typ operačního sálu je předepsaná hodnota $\dot{V} = 3600 \text{ m}^3/\text{h}$. (L1)

Pro operační sály typu B, což jsou běžné operační sály je předepsaná hodnota objemového průtoku vzduchu $\dot{V} = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$. (L1)

Zařazení operačního sálu podle typu má za úkol hygienik, nikoliv projektant vzduchotechniky. (L1)

Dále je předepsáno proudění vzduchu v operačních sálech. Pro operační sál typu A se vyžaduje uspořádané proudění takzvané (laminární proudění) v chráněné oblasti, kterou je operační pole. Při stropním přívodu vzduchu je třeba brát v potaz vhodný typ operační lampy, která nebude snižovat účinnost laminárního proudění. Pro běžné operační sály typu B se připouští turbulentní proudění. (L1)

Na operačních sálech se musí polovina vzduchu odvádět těsně u podlahy a druhá polovina pod stropem. (L1)

V době kdy se nepracuje, se u operačních sálů použije mimopracovní režim, aby nemohlo dojít ke kontaminaci operačního sálu. Musí být zavřena okna i dveře, zvlhčování a chlazení smí být vypnuto. Do operačních sálů se přivádí pouze tolik vzduchu, aby byl zajištěn přetlak v místnosti. Rychlost v potrubí by neměla klesnout pod 2 m/s. Při čištění a dezinfekci operačního sálu se tato doba bere, jako pracovní. Při výpadku elektrické energie musí být vzduchotechnické zařízení operačního sálu napojeno na náhradní zdroj. To, však platí pro všechna zařízení hygienické třídy I. (L1)

1.4 SEZNÁMENÍ S OBJEKTEM

Objekt, pro který bude navrženo klimatizační zařízení se nachází v centru Prahy na křižovatce ulice Blanická a Mánesova. Jedná se o historickou budovu s adresou Mánesova 983/36. Tento dům se využívá, jako bytový dům. Od prvního podzemního do druhého nadzemního patra má proběhnout rekonstrukce prostorů, původně využívaných, jako komerční prostory, na polikliniku.

V druhém podzemním patře se nacházejí sklepní kóje, prostory pro strojovny a technické místnosti.

V prvním podzemním patře je vstup pro zaměstnance, šatny včetně sprch a převlékacích kabelek, dvě oční ordinace včetně skladu léčiv a sterilizace. Dále se zde nachází denní místnost s kuchyňkou a společenská místnost, toalety a další šatna před vstupem k operačnímu sálu. U operačního sálu se dále nacházejí sklady, sterilizace, mytí lékařů, pooperační dospívání a místnost pro úklid a špinavé prádlo.

V prvním nadzemním patře se nachází hlavní vstup pro pacienty polikliniky, velká recepce včetně konzultační místnosti a toalet. Dále se zde nachází čtyři zubní ordinace, místnost pro ovládání rentgenu a samostatný rentgen.

V druhém nadzemním podlaží se nacházejí dva dvoulůžkové pokoje včetně dvou koupelen, místnost pro vyšetření a převazy, sklad a šest dermatologických ordinací. Na chodbách jsou dvě místnosti pro toalety. Od třetího nadzemního podlaží po sedmé už jsou pouze bytové prostory. Celým domem procházejí dvě instalační šachty, které budou využity pro rozvody vzduchotechnického zařízení.

Tato práce se zabývá návrhem větracího a klimatizačního systému pro docílení požadovaného komfortu v části budovy – poliklinika, čímž je chlazení v letním období a ohřev v zimním období.



Obr. 1-1 Fotografie bytového domu Mánesova 983/36

2 ROZBOR PROSTORŮ POLIKLINIKY

2.1 ROZBOR VZHLEDEM K NÁVRHU VĚTRÁNÍ

Nejprve je nutné definovat provoz dané polikliniky. Rozdíl mezi klinikou a poliklinikou je, že poliklinika má určitou otevírací dobu, a o víkendech je zavřeno. Každá poliklinika nabízí jiné služby, a většinou se jedná o menší počet specializací. Daná poliklinika je zaměřena na oftalmologii neboli oční lékařství, k čemuž slouží dvě oční ordinace. Dále je zaměřena na stomatologii neboli zubní lékařství, k čemuž slouží čtyři zubní ordinace. Poslední a největší specializací této polikliniky je dermatologie neboli kožní lékařství, k čemuž slouží šest dermatologických ordinací, převazovna, operační sál pro plastické operace a dva dvoulůžkové pokoje.

Na polikliniku nechodí lidé s akutním onemocněním, pro tento typ onemocnění či zranění funguje klinika, pohotovost, nebo nemocnice. Lidé chodí do prostorů polikliniky na předem domluvené preventivní prohlídky, konzultace, či operační zákroky.

Tyto informace o objektu budou následně využity k rozdělení prostorů z hlediska větrání.

2.1.1 PRVNÍ PODZEMNÍ PODLAŽÍ

Dominantou prvního podzemního podlaží je operační sál, jenž je specifický na daný objemový průtok a dále je nutné dbát na správné proudění vzduchu. Bude zvolen vytěšňovací systém proudění vzduchu, jimž docílíme laminární stropní výustí. Tato výustka má velkou tlakovou ztrátu a bude v provozu během operace i v době mimo operace, tudíž pro operační sál bude samostatné **zařízení č.1**.

S operačním sálem sousedí pooperační místnost na dospívání, a s tím související místnosti, jako sterilizace a mytí lékařů. Tato část bude v provozu pouze před operačním zákrokem, během operace a po operaci. Tudíž pro tuto část bude samostatné **zařízení č.2**.

Pro všechny ordinace, šatny, sklady a s nimi souvisejícími místnostmi bude navrženo samostatné **zařízení č.3**.

Zařízení č.4 bude větrání místnosti pro sklad odpadu z polikliniky. Toto zařízení bude samostatné, protože poliklinika je čistý provoz a napojit tuto místnost na rozvody v poliklinice by nebylo šťastným řešením.

Ve druhém nadzemním podlaží se nachází dva dvoulůžkové pokoje včetně koupelen. Pokoje jsou specifické na hluk a čistotu. Mezi těmito dvěma pokoji se nachází místnost pro zdravotní sestru. Tyto místnosti budou větrány pouze po operaci, po které bude nutné ubytování pacienta na několik hodin po anesteziologii. Pro zmiňované prostory bude samostatné **zařízení č.5.**

2.2 ROZBOR VZHLEDEM K NÁVRHU KLIMATIZACE

2.2.1 VZDUCHOVÝ JEDNOZÓNOVÝ SYSTÉM.

Vzduchový jednozónový systém je charakterizován tím, že vzduch potřebný pro odvod tepelné zátěže, respektive pro krytí tepelných ztrát se upravuje v centrální vzduchotechnické jednotce odkud přiváděn do klimatizované zóny. V zimě může být úplná klimatizace řešena převážně kombinací ohřevu a vlhčení vzduchu. V letním období vyžaduje, především při požadavku na nízkou relativní vlhkost vzduchu, chlazení pro odvlhčení vzduchu a následný dohřev vzduchu na požadovanou teplotu přiváděného vzduchu. (L3)

Tento systém je vhodný pro zařízení č.1. kterým je operační sál, jelikož je zde dán velký objemový průtok, který by stačil pro odvedení tepelné zátěže. Nevhodný je pro všechny ordinace a lůžkové pokoje, protože objemový průtok je příliš nízký na to, aby odváděl tepelnou zátěž, respektive kryl tepelnou ztrátu.

2.2.2 VZDUCHOVÝ VÍCEZÓNOVÝ SYSTÉM

a) VAV (systém s proměnným průtokem vzduchu)

Vzduch pro úpravu vnitřního mikroklimatu se v místnostech upravuje v centrální vzduchotechnické jednotce a je rozveden hlavním vzduchovodem po objektu. Tento rozvod je zpravidla vysokorychlostní 12 až 20 m/s. Před každou místností je na centrální hlavní vzduchovod připojen regulátor průtoku. V případě odchylky od požadované teploty se změni poloha klapky, a tím i průtok vzduchu do místnosti. Odvod vzduchu z místnosti se rovněž provádí přes regulátory průtoku. Centrální jednotka je řízena ústředním regulátorem, který vyhodnocuje potřebu vytápění, chlazení a volí optimální provoz centrální jednotky. V případě seškrcení více klapek sníží automatická regulace průtok vzduchu v síti, buď obtokem přiváděcího ventilátoru, nebo regulací jeho otáček. Jedná se tedy o regulaci kvantitativní, výkon se mění změnou průtoku vzduchu přiváděného do místnosti. (L3)

b) Dvoukanálový systém

Vzduch se upravuje v centrální strojovně v klimatizační jednotce na dva stavy, teplý a chladný vzduch. Rozvod vzduchu je vysokorychlostní 12 – 20 m/s a zároveň tento systém využívá i oběhový vzduch. Průtok venkovního vzduchu je určen na základě hygienických požadavků. V objektu jsou umístěny dva samostatné vzduchovody, na které je před vyústěním do místnosti připojena směšovací skříň. Poměr směšování teplého a chladného vzduchu je řízen termostatem v místnosti. Celkový průtok přiváděného vzduchu se udržuje na konstantní hodnotě. Chladný vzduch se udržuje obvykle na hodnotě 10 až 13 °C. Teplý vzduch je teplejší než oběhový, v létě o 1 až 3 °C, v zimě o 10 až 15 °C. (L3)

Systém s proměnným průtokem vzduchu není vhodný pro daný objekt, jelikož se jedná o vysokorychlostní rozvod, což je pro polikliniku z hlukového hlediska nepřijatelné. Dvoukanálový systém též není vhodný, jelikož v tomto systému jsou velké prostorové nároky. S tím by byl v tomto projektu problém, poněvadž se jedná o rekonstrukci, a tudíž se musí prostorové nároky podřídit dispozici.

2.2.3 VODNÍ KLIMATIZAČNÍ SYSTÉM

Tento klimatizační systém se používá pro komfortní klimatizaci objektů s místnostmi, u kterých se předpokládají odlišné požadavky na stav upravovaného vzduchu. Systém tvoří dvě samostatné zařízení. Čerstvý vzduch je upravován vzduchovým jednokanálovým klimatizačním zařízením, které dodává vzduch o stejných parametrech do všech místností v objektu. Upravený vzduch v zónové klimatizační jednotce je přiváděn do klimatizovaných místností přes vnitřní klimatizační jednotky. Teplota přiváděného vzduchu se volí, tak aby byla blízká teplotě vnitřního vzduchu v místnosti. Odvod vzduchu je tvořen dvojitým způsobem, odvod přímo z klimatizovaných místností, nebo je vzduch veden přetlakem do chodeb a odsává se přes hygienická zařízení. (L3)

K individuální tepelné úpravě vzduchu v místnostech slouží ventilátorové konvektory. Ventilátorové konvektory se skládají ze směšovací komory venkovního a oběhového vzduchu, z filtru oběhového vzduchu, ventilátoru a výměníku pro ohřev a chlazení vzduchu. Na výměníky je napojen rozvod otopné či chladicí vody z centrálního zdroje tepla. Rozvod otopné a chlazené vody může být dvoutrubkový či čtyřtrubkový. Dvoutrubkový nepřepínací rozvod slouží pouze k rozvodu chladné vody

v létě, v zimě je toto zařízení nefunkční. Tento systém se obvykle využívá u rekonstrukcí. Dvoutrubkový přepínací rozvod se provozuje v zimě s otopnou vodou, v létě s chlazenou vodou. U čtyřtrubkového rozvodu slouží dvě trubky pro rozvod otopné vody a dvě pro rozvod chlazené vody. Regulace tepelného výkonu ventilátorových konvektorů se provádí kvantitativně dle termostatu v místnosti, u každého konvektoru řízením průtoku otopné, nebo chlazené vody. (L3)

Vodní nepřepínací dvoutrubkový systém není vhodné použít, pokud by bylo tímto systémem řešeno i vytápění bude docházet k velkým energetickým ztrátám. Čtyřtrubkový vodní systém se pro všechna zařízení jeví jako vhodný.

2.2.4 KOMBINOVANÝ KLIMATIZAČNÍ SYSTÉM VZDUCH VODA

Tento systém se uplatňuje obdobně jako vodní systém s ventilátorovými konvektory v hotelových, kancelářských a obdobných budovách. V centrální strojovně dochází k úpravě čerstvého vzduchu, který je označován jako primární. Teplota primárního vzduchu se udržuje celoročně na 15 až 16 °C a průtok je určen na základě hygienických požadavků. V rozsáhlých budovách je výhodné upravovat primární vzduch v zónových zařízeních pro místnosti orientovány na jednu světovou stranu. Klimatizační jednotka, ve které dochází k úpravě primárního vzduchu obsahuje filtr, vodní ohříváč vzduchu, vodní chladič vzduchu, parní zvlhčovač a ventilátor. Na rozvod primárního vzduchu jsou napojeny vnitřní klimatizační jednotky, ve kterých probíhá konečná úprava teploty vzduchu. Primární vzduch je v indukční jednotce vyfukován tryskami. Sekundární vzduch se z místnosti přisává ejekčním účinkem. Sekundární (oběhový) vzduch prochází výměníkem tepla, kde dochází k jeho ohřívání nebo chlazení a po smíšení s primárním vzduchem se vyfukuje do místnosti. Průtok sekundárního (oběhového) vzduchu bývá dvou až šestinásobkem průtoku vzduchu primárního – indukční poměr. Odvod vzduchu je tvořen buď z místnosti, nebo přetlakem do chodeb, kde se odsává z hygienických zařízení. Při použití tohoto systému je nutné správně zvolit rychlost vzduchu proudícího indukčními jednotkami tak, aby bylo dosaženo ejekčního účinku. (L3)

Tento systém je vhodné použít pro lůžkové pokoje nebo pro ordinace.

2.2.5 CHLADIVOVÝ KLIMATIZAČNÍ SYSTÉM

Chladivové klimatizační systémy se skládají z vnitřních jednotek, kompresorového chladicího zařízení a rozvodů chladiva od kompresorového chladicího

zařízení k vnitřním jednotkám. Dále potom z venkovní jednotky, která upravuje čerstvý vzduch a z rozvodů, které přivádějí vzduch do místnosti.

Systemy s dvoutrubkovými rozvody umožňují využití některých vnitřních jednotek k chlazení, zatímco jiné k vytápění. U těchto systémů jsou využívány kompresory s proměnnými otáčkami, čímž je umožněn proměnný průtok chladiva, takovéto systémy nazýváme VRV – variable refrigerant volume (v překladu proměnné množství chladiva) nebo VRF – variable refrigerant flow (v překladu proměnný průtok chladiva). Díky speciálním propojovacím boxům (BC-controller) u těchto systémů plně stačí rozvod dvěma trubkami, a přitom lze některé vnitřní jednotky využívat pro ohřev a jiné pro chlazení. Speciální propojovací boxy (BC-controller) zajišťují vzájemnou výměnu energie mezi jednotlivými vnitřními jednotkami. (L3)

Tento systém je vhodný pro druhé, třetí a páté zařízení.

2.3 ZHODNOCENÍ VÝBĚRU SYSTÉMŮ PRO DANÁ ZAŘÍZENÍ

1) ZAŘÍZENÍ

Pro první zařízení bude zvolen jednozónový vzduchový systém. Jak je zmíněno v kapitole 1.3.3. pro operační sál je dán objemový průtok vzduchu, který je zde natolik velký, že po úpravě vzduchu ve venkovní vzduchotechnické jednotce pokryje tepelnou zátěž operačního sálu.

2) ZAŘÍZENÍ

Místnosti, které jsou větrány druhým zařízením se vyznačují nízkým požadavkem na objemový průtok venkovního vzduchu, při porovnání s množstvím vzduchu potřebného pro odvedení tepelné zátěže. Proto byl zvolen jednozónový vzduchový systém kombinovaný s chladičovým systémem.

3) ZAŘÍZENÍ

Místnosti, které jsou větrány druhým zařízením se vyznačují nízkým požadavkem na objemový průtok venkovního vzduchu, při porovnání s množstvím vzduchu potřebného pro odvedení tepelné zátěže. Proto byl zvolen jednozónový vzduchový systém kombinovaný s chladičovým systémem.

4) ZAŘÍZENÍ

Čtvrté zařízení neodvádí žádnou tepelnou zátěž, jelikož je pouze pro větrání místnosti na odpadky. Zde bude umístěn radiální ventilátor, jenž bude odvádět znehodnocený vzduch. Čerstvý vzduch bude přirozeně nasáván mřížkou ve dveřích.

5) ZAŘÍZENÍ

Místnosti, které jsou větrány druhým zařízením se vyznačují nízkým požadavkem na objemový průtok venkovního vzduchu, při porovnání s množstvím vzduchu potřebného pro odvedení tepelné zátěže. Proto byl zvolen jednozónový vzduchový systém kombinovaný s chladičovým systémem.

3 ENERGETICKÉ BILANCE

3.1 POŽADAVKY NA PROVOZ KLIMATIZACE

Požadavky pro různé typy zařízení na dodržení mikroklimatických parametrů jsou popsány v kapitole 1.3 a investorem byly zvoleny hodnoty, které jsou shrnuty v tabulce 3-1.

Tab. 3-1 mikroklimatické parametry

Zařízení	Léto		Zima	
	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]
Č.1.	26	30-65	22	30-65
Č.2.	26	30-65	22	30-65
Č.3.	26	30-65	22	30-65
Č.4.	-	-	-	-
Č.5.	26	30-65	22	30-65

Výpočtové parametry pro venkovní vzduch byly zadány investorem a jsou uvedeny v 3-2.

Tab. 3-2 parametry venkovního vzduchu

Parametry	Zima	Léto
Teplota vzduchu	-15 °C	30 °C
Entalpie vzduchu		58 kJ/kg
Relativní vlhkost vzduchu	95 %	

3.2 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE

Výpočet tepelné zátěže byl proveden dle normy ČSN 73 0548 (L4). Byla vypočtena tepelná zátěž od osob, od sluneční radiace, od osvětlení, od výpočetní techniky včetně všech lékařských technologií a tepelná zátěž prostupem.

3.2.1 VSTUPNÍ HODNOTY PRO VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE

Vnitřní výpočtová teplota $t_i=22^\circ\text{C}$

Tab. 3-3 Součinitel znečištění

Měsíc	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen
z [-]	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0	3,0

a) Prosklené plochy

- Součinitel prostupu tepla rámu $U_{rámu} = 2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Součinitel prostupu oknem $U_{okna} = 2,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Stínící součinitel $s = 0,4$

b) Vnější svislé obvodové stěny

- Součinitel prostupu tepla $U_{stěny} = 0,66 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Součinitel poměrné tepelné pohltivosti $\varepsilon = 0,6$

Jelikož se jedná o historickou budovu, tak obvodové stěny v některých místech jsou až 900 mm široké. Z toho důvodu jsou obvodové stěny uvažovány, jako těžké a bude zanedbáno kolísání teplot při výpočtu tepelné zátěže.

Tepelná zátěž od osvětlení byla uvažována dle investora na 11 W/m^2 . Dále byly zadány investorem tepelné výkony od lékařských technologií. Smyslem diplomové práce není podrobný popis výpočtu tepelných zátěží, proto je uvedena pouze tabulka 3-4 se souhrnem tepelných zátěží.

3.3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Výpočet tepelných ztrát byl proveden dle normy ČSN EN 12 831-1 (L12). Vstupní hodnoty pro výpočet jsou uvedeny v kapitole 3.1. a 3.2. V tabulce 3-5 jsou uvedeny tepelné ztráty jednotlivých místností.

V některých místnostech jsou uvedeny záporné hodnoty tepelné ztráty. V tom případě jsou teplotní zisky větší než tepelná ztráta.

Tab. 3-4 Tepelná zátěž jednotlivých místností

Patro	Místnost	Zátěž od osob	Zátěž od osvětlení	Zátěž od technologií	Zátěž prostupem	Celková zátěž
		[W]	[W]	[W]	[W]	[W]
1PP	S1.1.7	148	115	1800	116	2180
	S1.1.8	223	161	300	175	860
	S1.1.9	223	161	300	81	770
	S1.1.10	0	100	0	50	150
	S1.1.11	372	233	500	25	1130
	S1.1.12	297	88	600	114	1100
	S1.1.23	149	232	1400	0	1780
	S1.1.24	74	143	2350	0	2570
	S1.1.25	372	335	1950	0	2660
	S1.1.33	372	220	200	8	800
S1.1.43	70	0	2500	0	2570	
1NP	1.1.2	744	825	800	2061	4430
	1.1.6	148	166	300	95	710
	1.1.14	223	100	1500	727	2550
	1.1.15	223	166	1500	631	2520
	1.1.19	223	160	1500	161	2000
	1.1.20	223	182	1500	184	2090
2NP	2.1.10	74	198	150	368	790
	2.1.11	148	282	150	1058	1640
	2.1.13	148	199	150	712	1210
	2.1.15	148	165	150	416	880
	2.1.17	223	234	150	802	1410
	2.1.18	223	171	1745	405	2150
	2.1.19	223	260	150	797	1430
	2.1.20	223	221	1350	636	2430
	2.1.21	223	165	150	462	1000
	2.1.22	223	201	150	315	890

Tab. 3-5 Tepelná ztráta jednotlivých místností

Patro	Místnost	Tepelná ztráta prostupem [W]	Tepelná ztráta větráním [W]	Tepelný zisk [W]	Celková tepelná ztráta/zisk [W]
1.PP	S1.1.7	566	215	2064	-1283
	S1.1.8	902	215	685	433
	S1.1.9	888	215	689	414
	S1.1.10	1154	310	100	1363
	S1.1.11	815	242	1105	-48
	S1.1.12	467	215	986	-304
	S1.1.23	809	862	1780	-109
	S1.1.24	1297	269	2567	-1000
	S1.1.25	3666	0	2660	1006
	S1.1.33	1396	242	792	846
	S1.1.43	112	67	2570	-2391
1.NP	1.1.2	3231	485	2369	1347
	1.1.6	770	108	615	263
	1.1.14	852	215	1823	-756
	1.1.15	672	215	1889	-1002
	1.1.19	758	215	1884	-911
	1.1.20	645	215	1906	-1046
2.NP	2.1.10	520	296	422	394
	2.1.11	1352	310	582	1080
	2.1.13	1485	310	498	1297
	2.1.15	856	310	464	702
	2.1.17	877	215	608	484
	2.1.18	549	215	1745	-980
	2.1.19	877	215	633	459
	2.1.20	877	215	1794	-702
	2.1.21	893	215	538	570
	2.1.22	633	215	575	273

4 NÁVRH VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE

4.1 ZAŘÍZENÍ č.1.

4.1.1 NÁVRH VĚTRÁNÍ

Větrání operačního sálu je popsáno v kapitole 1.3, pro operační sál je pevně dán objemový průtok. Nezáleží na rozměrech místnosti, tudíž ani na intenzitě větrání. Na operačním sále nebudou probíhat závažné operace typu transplantace či srdeční operace, jedná se pouze o nenáročné plastické operace. Proto byl zvolen, jako operační sál typu B, pro který je dán objemový průtok $\dot{V} = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$, což předepisuje německá norma DIN 1964-4 (L6).

Tab. 4-1 Objemový průtok zař. č.1.

Číslo místnosti	Název	Objemový průtok	Objemový průtok-přívod	Objemový průtok-odvod
-	-	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
S1.1.25	Operační sál	2400	2600	2400

4.1.2 NÁVRH KLIMATIZACE

Pro operační sál bude navržena přetlaková vzduchotechnická jednotka pro celoroční dodržení teploty a vlhkosti. Aby nedocházelo ke kontaminaci odvodního vzduchu do přívodního vzduchu, a z menší prostorové náročnosti bude navržena vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla pomocí deskového výměníku.

Vzduchotechnická jednotka bude umístěna ve strojovně vzduchotechniky ve sklepě. Sání čerstvého vzduchu bude navrženo na dvoře a výtlak znehodnoceného vzduchu bude vyveden nad střechu.

Pro návrh klimatizačního systému jsou uvedeny parametry venkovního prostředí kapitole 3.1. Konkrétně pro letní období teplota venkovního vzduchu $t_e = 30 \text{ °C}$, a entalpie $h_e = 58 \text{ kJ/kg}$, pro zimní období teplota venkovního vzduchu $t_e = -15 \text{ °C}$ a relativní vlhkost $\varphi_e = 95 \text{ %}$. Teplota vnitřního vzduchu je uvažována v létě je $t_i = 26 \text{ °C}$ a v zimě $t_i = 22 \text{ °C}$.

Ve vzduchotechnické jednotce bude umístěn systém zpětného získávání tepla pomocí deskového protiproudého výměníku, jehož výrobce udává účinnost $\eta_{zzt} = 73 \%$. Dále je ve vzduchotechnické jednotce umístěn chladič vzduchu, který má povrchovou teplotu $t_{ch} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$.

V **letním období** je vzduchotechnickou jednotkou nasáván vzduch o stavu E, který se ochladí v deskovém výměníku zpětného získávání tepla na stav ZZT. Teplotu t_{zzt} za výměníkem vypočteme dle následujícího vztahu:

$$t_{zzt} = t_e - (t_e - t_i) \cdot \eta = 30 - (30 - 26) \cdot 0,73 = 27^\circ\text{C} \quad (1)$$

kde:

t_{zzt} teplota za zpětným získáváním tepla [$^\circ\text{C}$],

t_e venkovní teplota [$^\circ\text{C}$],

t_i vnitřní teplota [$^\circ\text{C}$],

η_{zzt} účinnost zpětného získávání tepla [%].

V místnosti operačního sálu budou 4 pracovníci, dle (L11) vyprodukuje stojící osoba při lehké práci 134 g/h vodní páry. Pacient je osoba sedící mírně odpočívající a dle (L11) vyprodukuje 79 g/h vodní páry. Celkové navlhčení pro danou ordinaci je rovno:

$$\Delta x = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{\dot{M}} = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{(\dot{V}_p^{vzt}) \cdot \rho} = \frac{134 \cdot 4 + 79 \cdot 1}{(2600) \cdot 1,2} = 0,28 \text{ g/kg} \quad (2)$$

kde:

Δx navlhčení od osob [g/kg],

\dot{M}_w produkce vodní páry od osob [g/h],

os počet osob,

\dot{V}_p^{vzt} přívodní vzduch vzduchotechnickou jednotkou [m^3/h],

ρ hustota vzduchu [kg/m^3].

Jelikož relativní vlhkost v místnosti operačního sálu by měla být mezi 30 – 65 %, byla zvolena relativní vlhkost vnitřního vzduchu 45%. Pro $t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkost 45 % je po odečtení z h-x diagramu měrná vlhkost rovna $x_i = 9,6 \text{ g/kg}$. Měrná vlhkost přívodního vzduchu musí být menší o vypočítané navlhčení od osob $\Delta x = 0,28 \text{ g/kg}$. Proto bude čerstvý vzduch zchlazen, a tím i odvlhčen až na měrnou vlhkost 9,32 g/kg.

Tento stav PE bude následně ohřán na stav PE1, kde PE1 je stav vzduchu přiváděného do místnosti, pracovní rozdíl teplot byl zvolen 4 K, tedy teplota přiváděného vzduchu vzduchotechnickou jednotkou je $t_{pe} = 22 \text{ °C}$.

Přivedený vzduch je následně v místnosti navlhčen o vypočtené $\Delta x = 0,28 \text{ g/kg}$ a ohřán na stav I. Změny stavu v letním období pro operační sál jsou vyneseny v h-x diagramu na obr. 4.1.

V **zimním období** je vzduchotechnickou jednotkou nasáván vzduch o stavu E, který se ohřeje v deskovém výměníku zpětného získávání tepla na stav ZZT. Teplotu t_{zzt} za výměníkem vypočteme dle rovnice (1):

$$t_{zzt} = t_e - (t_e - t_i) \cdot \eta_{zzt} = -15 - (-15 - 26) \cdot 0,73 = 5,5 \text{ °C}$$

Dále je nutné vypočítat pracovní rozdíl teplot pro daný objemový průtok 2600 m³/h z kapitoly 4.1.1 a pro vypočtenou tepelnou ztrátu 1006 W z kapitoly 3.3. Pracovní rozdíl teplot se vypočítá dle následujícího vzorce:

$$(t_p - t_i) = \frac{Q_{ztr}}{\dot{V}_p \cdot \rho \cdot c} = \frac{1000}{2600 \cdot 1,2 \cdot 1010} = 1,3 \text{ K} \quad (3)$$

kde:

t_p teplota přivodního vzduchu [°C],

t_i vnitřní teplota [°C],

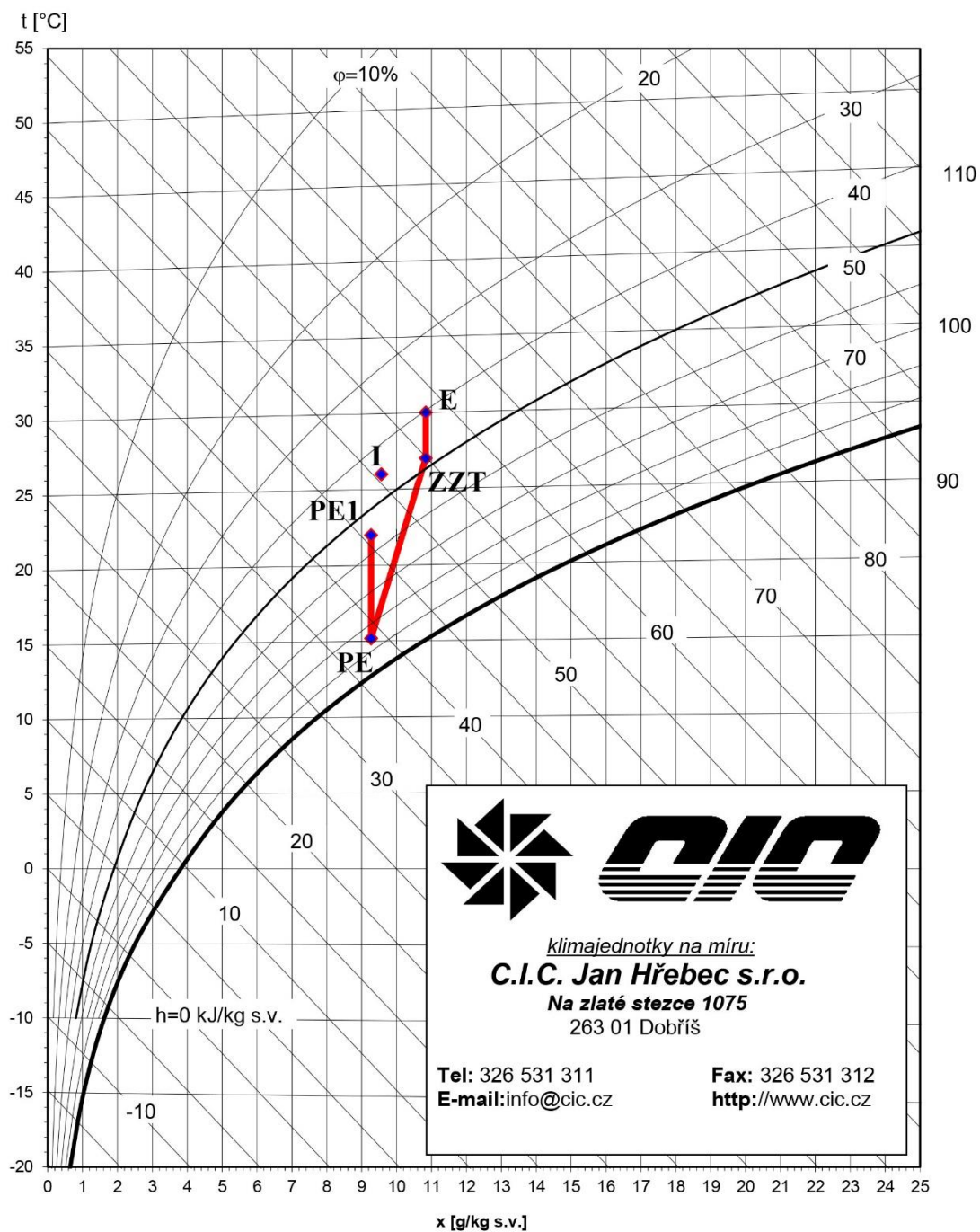
Q_{ztr} tepelná ztráta [W],

ρ hustota vzduchu [kg/m³],

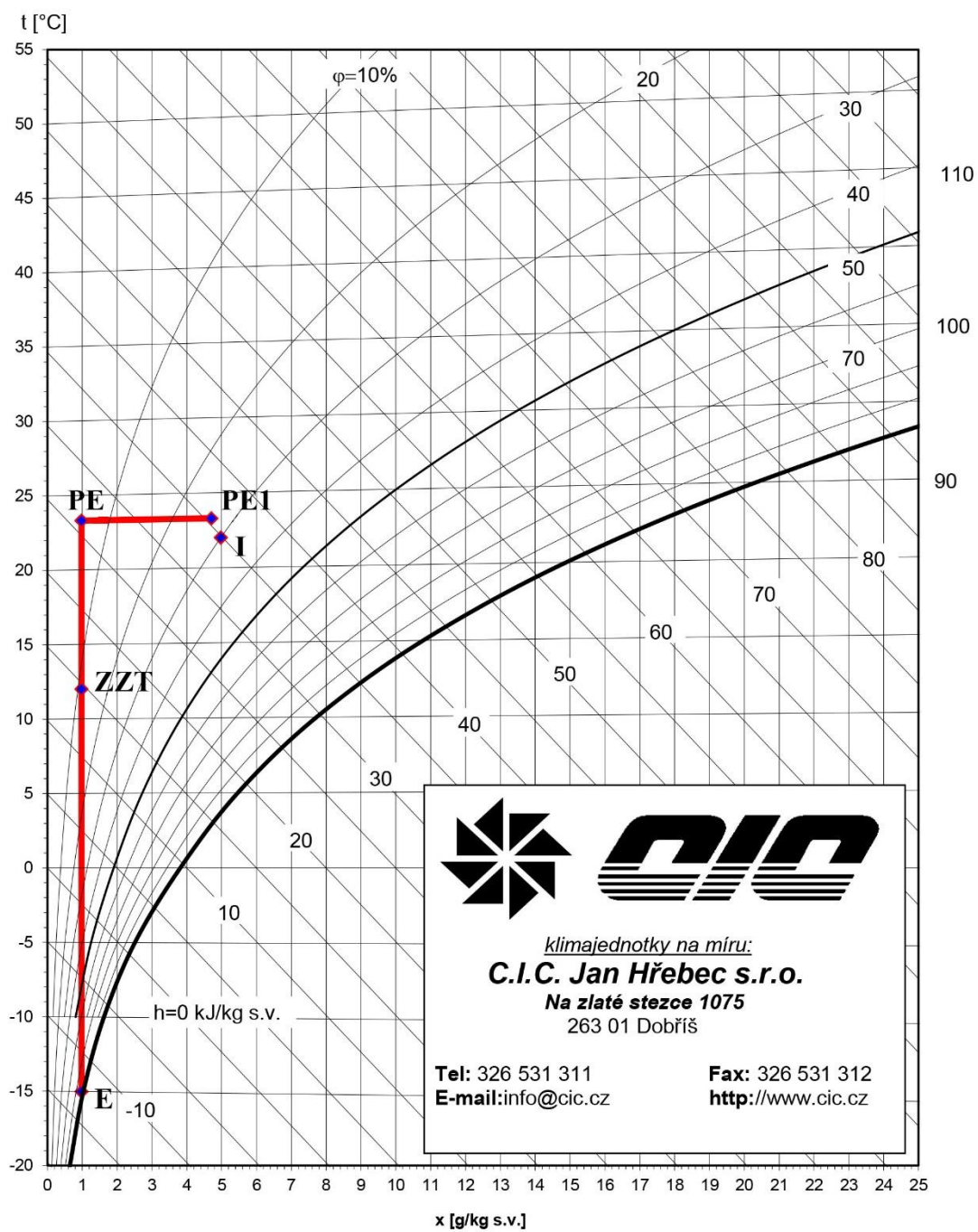
c měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kg · K].

Pro teplotu $t_i = 22 \text{ °C}$ bude teplota přiváděného vzduchu $t_{pi} = 23,3 \text{ °C}$. Navlhčení vodní párou od osob bylo vypočítáno pro letní provoz a je rovno $\Delta x = 0,28 \text{ g/kg}$. Pro zvolenou relativní vlhkost 30 % byla odečtena měrná vlhkost $x_i = 5 \text{ g/kg}$. Relativní vlhkost přiváděného vzduchu musí být menší o $\Delta x = 0,28 \text{ g/kg}$, tedy $x_{pe} = 5 - 0,28 = 4,72 \text{ g/kg}$. Ze stavu ZZT bude čerstvý vzduch ohřán na stav PE a vlhčen na stav PE1.

Přivedený vzduch je následně v místnosti navlhčen o $\Delta x = 0,28 \text{ g/kg}$ a zchlazen na stav I. Změny stavu v zimním období pro operační sál jsou vyneseny v h-x diagramu na obr. 4.2.



Obr. 4.1 Změny stavu vzduchu pro zařízení 1-léto



Obr. 4.2 Změny stavu vzduchu pro zařízení 1-zima

4.1.2.1 Teoretický potřebný výkon chladiče vzduchotechnické jednotky

Rozdíl entalpií Δh [kJ/kg] se odečte z h-x diagramu obr. 4.1. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.3.1. $\Delta h_e = 54,9 - 38,8 = 16,1$ kJ/kg, $\dot{V}_p = 2600$ m³/h. Výkon chladiče se vypočte z následujícího vztahu:

$$Q_{ch} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta h_e = \frac{2600}{3600} \cdot 1,2 \cdot 16,1 = 14 \text{ kW} \quad (4)$$

kde:

Q_{ch} teoretický potřebný výkon chladiče [kW],

\dot{V}_p objemový průtok přívodního vzduchu [m³/h],

ρ hustota vzduchu [kg/m³],

Δh_e rozdíl entalpií přívodního vzduchu [kJ/kg].

4.1.2.2 Teoretický potřebný výkon ohřivače vzduchotechnické jednotky

Rozdíl teplot Δt [K] se odečte z h-x diagramu. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.1.1. $\Delta t = 23,3 - 12 = 11,3$ °C, $\dot{V}_p = 2600$ m³/h. Výkon ohřivače se vypočte z následujícího vztahu:

$$Q_{oh} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \frac{2600}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 11,3 = 9,9 \text{ kW} \quad (5)$$

kde:

Q_{oh} teoretický potřebný výkon chladiče [kW],

\dot{V}_p objemový průtok přívodního vzduchu [m³/h],

ρ hustota vzduchu [kg/m³],

Δt rozdíl teplot [°C],

c měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kg · K].

4.1.2.3 Výkon (průtok vody) parního zvlhčovače vzduchotechnické jednotky

Rozdíl měrných vlhkostí se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.4. $\Delta x_{zv} = 4,7 - 1 = 3,7$ g/kg. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.1.1. Výkon (průtok vody) parního zvlhčovače se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$\dot{M}_{zv} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta x_{zv} = \frac{2600}{3600} \cdot 1,2 \cdot 3,7 = 3,2 \text{ g/s} \quad (6)$$

kde:

\dot{M}_{zv} průtok vody zvlhčovače [g/s],

ρ hustota vzduchu [kg/m³],

Δx_{zv} rozdíl měrných vlhkostí pro zvlhčovač [g/kg].

4.2 ZAŘÍZENÍ č.2.

4.2.1 NÁVRH VĚTRÁNÍ

Zařízení č.2. bude navrženo pro místnost na dospívání po operaci, sterilizaci, mytí lékařů, pro místnost na špinavé prádlo a chodby. Jak je popsáno v kapitole 1.3, pro návrh objemových průtoků slouží tabulka v normě DIN 1964-4 (L6). Pro tyto prostory jsou dány objemové průtoky vztažené na 1 m². Pro místnost dospívání je to 30 m³/m², pro místnost sterilizace a prostoru pro špinavé prádlo 15 m³/m², a pro chodbu 10 m³/m². Přívod vzduchu pro záchody a umývárny je uvedeno v nařízení vlády 361/2007 (L7). Konkrétně je to 50 m³/h na kabinku, 30 m³/h na umyvadlo a 25 m³/h na pisoár.

Přívod čerstvého vzduchu bude do místa dospívání a sterilizace. Odvod vzduchu bude z místa umývání lékařů, úklidu a chodby.

Tab. 4-2 Objemový průtok zař. č.2.

Číslo místnosti	Název	Objemový průtok	Objemový průtok-přívod	Objemový průtok-odvod
-	-	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
S1.1.22	Špinavé prádlo	60	0	60
S1.1.23	Dospívání	640	640	470
S1.1.24	Sterilizace	200	200	200
S1.1.26	Mytí lékařů	60	0	6
S1.1.27	Chodba	50	0	50

4.2.2 NÁVRH KLIMATIZACE

Pro dané místnosti bude navržena rovnotlaká vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla umístěná ve strojovně vzduchotechniky ve sklepě. Sání čerstvého vzduchu bude navrženo na dvoře a výtlak znehodnoceného vzduchu bude vyveden nad střechu.

Pro návrh klimatizačního systému jsou uvedeny parametry venkovního prostředí kapitole 3.1. Konkrétně pro letní období teplota venkovního vzduchu $t_e = 30$ °C, a entalpie $h_e = 58$ kJ/kg, pro zimní období teplota venkovního vzduchu $t_e = -15$ °C a relativní vlhkost $\varphi_e = 95$ %. Teplota vnitřního vzduchu je uvažována v létě je $t_i = 26$ °C v zimě $t_i = 22$ °C.

Ve vzduchotechnické jednotce bude umístěn systém zpětného získávání tepla pomocí deskového protiproudého výměníku, jehož výrobce udává účinnost $\eta_{zzt} = 78$ %. Dále je ve vzduchotechnické jednotce umístěn chladič vzduchu, který má povrchovou teplotu je $t_{ch} = 12$ °C. Pro vnitřní chladicí jednotku udává výrobce povrchovou teplotu chladiče $t_{ch} = 6$ °C.

V **letním období** je vzduchotechnickou jednotkou nasáván vzduch o stavu E, který se ochladí v deskovém výměníku zpětného získávání tepla na stav ZZT. Teplotu t_{zzt} za výměníkem vypočteme rovnice (1):

$$t_{zzt} = t_e - (t_e - t_i) \cdot \eta_{zzt} = 30 - (30 - 26) \cdot 0,78 = 26,9 \text{ °C}$$

ze stavu ZZT se vzduch zchladí v chladiči vzduchotechnické jednotky na stav PE, kde PE je stav vzduchu přiváděného do místnosti, pracovní rozdíl teplot byl zvolen 4 K, tedy teplota přiváděného vzduchu vzduchotechnickou jednotkou je $t_{pe} = 22$ °C. Vnitřní oběhový vzduch je ze stavu I zchlazen ve vnitřní chladicí jednotce na stav PI, kde PI je stav vzduchu na výtlaku z vnitřní chladicí jednotky. Pracovní rozdíl pro stav PI byl zvolen 4 K, tedy teplota přiváděného vzduchu vnitřní chladivovou jednotkou je 22 °C. Přívodní vzduch o stavu PE a stavu PI se v místnosti mísí na stav SM.

Objemový průtok venkovního vzduchu a tepelná zátěž se pro každou místnost mírně liší, proto se bude lišit i směšovací poměr. Jako příklad je uveden výpočet pro místnost S1.1.24 sterilizace. Objemový průtok venkovního vzduchu byl vypočítán v kapitole 4.2.1 a je roven místnost 200 m³/h, tepelná zátěž byla vypočítaná v kapitole 3.2 a je rovna 2570 W. Tepelná zátěž odvedena venkovním vzduchem je pro danou místnost:

$$Q_{\text{cít}}^{\text{vzt}} = \dot{V}_p^{\text{vzt}} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \frac{200}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 4 = 270 \text{ W} \quad (7)$$

kde:

$Q_{\text{cít}}^{\text{vzt}}$ citelná tepelná zátěž odvedená venkovním vzduchem [W],

\dot{V}_p^{vzt} průtok přívodního venkovního vzduchu [m^3/h].

Zbytek citelné tepelné zátěže odvede vnitřní chladivová jednotka, $2570 - 270 = 2300 \text{ W}$. Z výše uvedené rovnice vypočteme objemový průtok vnitřní chladicí jednotkou, pro pracovní rozdíl teplot 4 K je objemový průtok roven $1707 \text{ m}^3/\text{h}$. Pro danou místnost je tedy směšovací poměr $1707 : 200 \approx 9 : 1$.

V místnosti sterilizace je jeden pracovník, dle (L11) vyprodukuje stojící osoba při lehké práci 134 g/h vodní páry. Celkové navlhčení se vypočítá dle rovnice (2):

$$\Delta x = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{\dot{M}} = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{(\dot{V}_p + \dot{V}_{ob}) \cdot \rho} = \frac{134 \cdot 1}{(200 + 1707) \cdot 1,2} = 0,1 \text{ g/kg}$$

Přivedený vzduch je následně v místnosti navlhčen o vypočtené $\Delta x = 0,1 \text{ g/kg}$ a ohřán na stav I. Změny stavu v letním období pro sterilizaci jsou vyneseny v h-x diagramu na obr. 4.3

V **zimním období** je vzduchotechnickou jednotkou nasáván vzduch o stavu E, který se ohřeje v deskovém výměníku zpětného získávání tepla na stav ZZT. Teplotu t_{zzt} za výměníkem vypočteme dle rovnice (1):

$$t_{zzt} = t_e - (t_e - t_i) \cdot \eta_{zzt} = -15 - (-15 - 26) \cdot 0,78 = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dle zadání investora bude vzduchotechnická jednotka ohřívat vzduch pouze na $18 \text{ }^\circ\text{C}$. Tepelnou ztrátu větráním z 18 na $22 \text{ }^\circ\text{C}$ a tepelnou ztrátu prostupem bude hradit otopná soustava jenž není předmět tohoto projektu.

Investorovo rozhodnutí je z důvodu požadavku na komfort vnitřního prostředí, vytápění vnitřními chladivovými jednotkami by způsobovalo prašnost. Většina prostorů má i velké tepelné zisky, tudíž vytápění chladivovými jednotkami není vhodné. Ze stavu ZZT bude tedy přívodní vzduch ohříván na stav PE o teplotě $18 \text{ }^\circ\text{C}$.

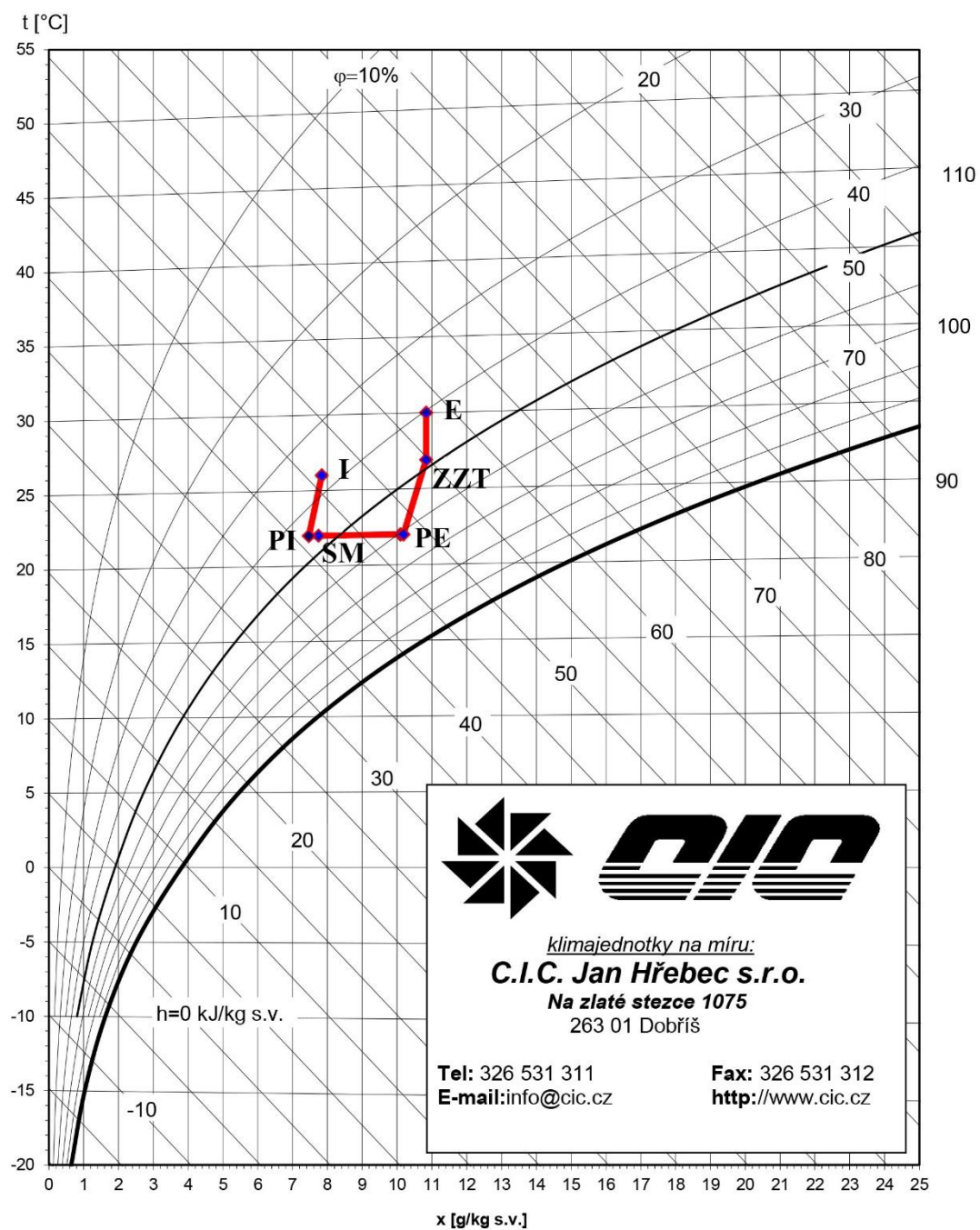
Relativní vlhkost vzduchu v místnosti byla zvolena 30% dle tabulky 3-1. Pro zimním období je relativní vlhkost venkovního vzduchu 95% a teplota $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, tomuto stavu odpovídá měrná vlhkost 1 g/kg . Venkovní vzduch bude tedy nutné navlhčit na stav relativní vlhkosti 30% , míra navlhčení bude však ponížena o vlhkostní zisk od osob. Pro výpočet navlhčení daného zařízení je dle investora směrodatná místnost S1.23 dospívání, kde jsou uvažovány tři osoby. Dle (L11) vyprodukuje stojící osoba při lehké práci 134 g/h vodní páry. Pacient je osoba sedící mírně odpočívající

a dle (L11) vyprodukuje 79 g/h vodní páry. Objemový průtok pro danou místnost byl vypočítán v kapitole 4.2.1 a je roven 640 m³/h. Celkové se vypočte dle rovnice (2)

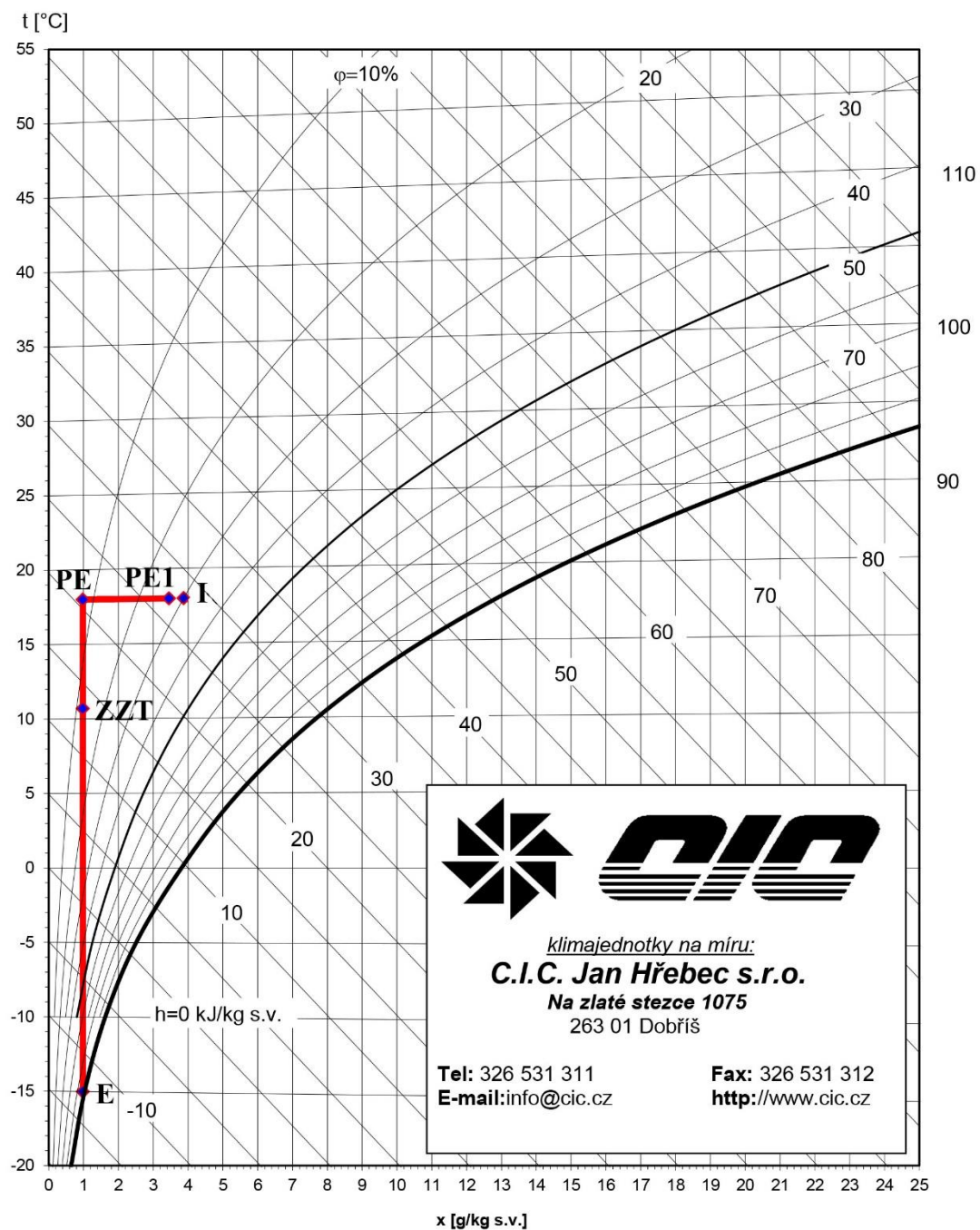
$$\Delta x = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{\dot{M}} = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{(\dot{V}_p^{vzt}) \cdot \rho} = \frac{134 \cdot 2 + 79 \cdot 1}{(640) \cdot 1,2} = 0,45 \text{ g/kg}$$

Stavu I odpovídá měrná vlhkost 3,9 g/kg, měrná vlhkost přívodního vzduchu musí být menší o vypočítané $\Delta x = 0,45 \text{ g/kg}$. Proto bude vzduch o stavu PE parně vlhčen na stav PE1, kterému odpovídá hodnota měrné vlhkosti 3,45 g/kg.

Přivedený vzduch je následně v místnosti navlhčen o vypočtené $\Delta x = 0,45 \text{ g/kg}$ na stav I. Změny stavu v zimním období pro místnost dospívání jsou vyneseny v h-x diagramu na obr. 4-4



Obr. 4.3 Změny stavu vzduchu pro zařízení 2-léto



Obr. 4.4 Změny stavu vzduchu pro zařízení 2-zima

4.2.2.1 Teoretický potřebný výkon chladiče vzduchotechnické jednotky

Rozdíl entalpií se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.3. $\Delta h_e = 54,8 - 48,1 = 6,7$ kJ/kg. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.2.1. $\dot{V}_p = 840$ m³/h. Výkon chladiče se vypočte z rovnice (4):

$$Q_{ch} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta h_e = \frac{840}{3600} \cdot 1,2 \cdot 6,7 = 1,8 \text{ kW}$$

4.2.2.2 Teoretický potřebný výkon ohřivače vzduchotechnické jednotky

Rozdíl teplot se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.4. $\Delta t = 18 - 10,7 = 7,3$ °C. Objemový průtok je stejný, jako v kapitole 4.2.2.1. Výkon ohřivače se vypočítá dle rovnice (5):

$$Q_{oh} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \frac{840}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 7,3 = 2,0 \text{ kW}$$

4.2.2.3 Výkon (průtok vody) parního zvlhčovače vzduchotechnické jednotky

Rozdíl měrných vlhkostí se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.4. $\Delta x_{zv} = 3,5 - 1 = 2,5$ g/kg. Objemový průtok je stejný, jako v kapitole 4.2.2.1. Výkon (průtok vody) parního zvlhčovače se vypočítá dle rovnice (6):

$$\dot{M}_{zv} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta x_{zv} = \frac{840}{3600} \cdot 1,2 \cdot 2,5 = 0,7 \text{ g/s}$$

4.2.2.4 Teoretický potřebný výkon chladiče vnitřní chladivové jednotky ve sterilizaci

Rozdíl entalpií se odečte z h-x diagramu 4.3. $\Delta h_i = 46,2 - 41,2 = 5$ kJ/kg. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.2.2. a je roven $\dot{V}_{ob} = 1707$ m³/h. Výkon chladiče se vypočte z následujícího vztahu:

$$Q_{ch} = \dot{V}_{ob} \cdot \rho \cdot \Delta h_i = \frac{1707}{3600} \cdot 1,2 \cdot 5 = 2,8 \text{ kW} \quad (8)$$

kde:

Δh_i rozdíl entalpií vnitřního cirkulujícího vzduchu [kJ/kg].

4.2.2.5 Potřebný výkon otopné soustavy

Tepelné ztráty byly vypočítány v kapitole 3.3 a pro místnost sterilizace je tepelná ztráta prostupem 1297 W, tepelná ztráta větráním 269 W a tepelný zisk je roven 2567 W. Z bilance tepelných toků je patrné, že v místnosti je stálý tepelný zisk 1000 W. Tato hodnota je směrodatná pro projektanta vytápění k posouzení návrhu otopné soustavy.

4.3 ZAŘÍZENÍ č.3.

4.3.1 NÁVRH VĚTRÁNÍ

Zařízení č.3. bude navrženo pro všechny ordinace, sklady, denní místnosti zaměstnanců, chodby šatny, toalety a recepce. Pro sklady a chodby nám množství objemového průtoku opět udává norma DIN 1964-4 (L6), pro sklady $15 \text{ m}^3/\text{m}^2$, a pro chodbu $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Vzorový výpočet pro chodbu S1.1.2 v 1.NP:

$$\dot{V} = S \cdot \dot{V}_{\text{chodby}} = 16 \cdot 10 = 160 \text{ m}^3/\text{h}$$

kde S je plocha místnosti a \dot{V}_{chodby} je objemový průtok daný DIN 1964-4 (L6).

Větrání prostorů ordinací vychází z hygienického minima. Je uvažován pobyt tři osob, jeden pacient a dva zaměstnanci, doktor a zdravotní sestra. Pro tento případ je dán objemový průtok venkovního vzduchu Pražskými stavebními předpisy, tyto předpisy jsou nadřazené normě ČSN 15 665 (L8). Pražské stavební předpisy (L9) uvádějí minimální dávku venkovního vzduchu na osobu $15 \text{ m}^3/\text{h}$. Norma (L8) udává doporučenou dávku venkovního vzduchu na osobu $25 \text{ m}^3/\text{h}$. Z komfortního a hygienického hlediska je tato hodnota navýšena na $36 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu. Tento průtok je však možné uvažovat pouze pro pacienty, nikoliv pro zaměstnance polikliniky.

Množství čerstvého vzduchu pro zaměstnance udává nařízení vlády (L7). Nařízení vlády rozlišuje osm tříd práce dle její náročnosti a prostředí. Pro doktora je zvolena třída IIb, tudíž práce převažující vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou, práce spojená s ruční manipulací s živým břemenem (L7). Pro tuto třídu práce je dán objemový průtok čerstvého vzduchu na osobu $70 \text{ m}^3/\text{h}$. Pro zdravotní sestru je zvolena třída IIa, tudíž práce převážně vsedě s lehkou manuální prací rukou a paží, přesouvání lehkých břemen (L7). Pro tuto třídu práce je dán objemový průtok čerstvého vzduchu na osobu $50 \text{ m}^3/\text{h}$.

Vzorový výpočet pro oční ordinaci S1.1.8 v 1.NP:

$$\dot{V} = n \cdot \dot{V}_{\text{dávka}} + n \cdot \dot{V}_{\text{IIb}} + n \cdot \dot{V}_{\text{IIa}} = 1 \cdot 36 + 1 \cdot 70 + 1 \cdot 50 \doteq 160 \text{ m}^3/\text{h}$$

kde n je počet osob, $\dot{V}_{\text{dávka}}$ je dávka čerstvého vzduchu na osobu, \dot{V}_{IIb} je dávka čerstvého vzduchu pro zaměstnance pracující v třídě IIb dle (L7) a \dot{V}_{IIa} je dávka čerstvého vzduchu pro zaměstnance pracující v třídě IIa dle (L7).

Větrání denní místnosti zaměstnanců vychází z hygienického minima, jak je již uvedeno v této kapitole. Pro denní místnosti bylo uvažováno pět zaměstnanců, není nutné uvažovat objemové průtoky pro zaměstnance, jako v přechozím odstavci. Jelikož se předpokládá, že do denní místnosti se půjdou zaměstnanci občerstvit, nebo odpočinout je zde uvažováno dle předchozího odstavce 36 m³/h čerstvého vzduchu na osobu. Dle kapitoly 4.2. je uvažováno 30 m³/h na umyvadlo, jenž se také nachází v denní místnosti. Vzorový výpočet je uveden pro výpočet ordinace.

Větrání recepce opět vychází z hygienického minima. Na recepci bylo uvažováno deset pacientů a dva zaměstnanci pracují v třídě práce IIa. Jak je již uvedeno v této kapitole, pro pacienty je uvažováno 36 m³/h čerstvého vzduchu na osobu, a pro zaměstnance pracující v třídě IIa 50 m³/h. Vzorový výpočet je uveden pro výpočet ordinace.

Přívod vzduchu pro šatny, sprchy a toalety je uveden v nařízení vlády 361/2007 (L7). Konkrétně je to 20 m³/h na šatní skříňku, 150 m³/h na sprchu, 50 m³/h na záchodovou mísu a pro pisoár a umyvadlo 25 m³/h.

Vzorový výpočet pro toalety S1.1.38 – S1.1.42 v 1.NP:

$$\dot{V} = n \cdot \dot{V}_{\text{mísa}} + n \cdot \dot{V}_{\text{umyvadlo}} = 4 \cdot 50 + 2 \cdot 25 = 250 \text{ m}^3/\text{h}$$

kde n je počet zařizovacích předmětů, $\dot{V}_{\text{mísa}}$ je objemový průtok pro toaletní mísu daný (L7) a $\dot{V}_{\text{umyvadlo}}$ je objemový průtok pro umyvadlo daný (L7).

Přívod čerstvého vzduchu bude do místností všech ordinací, denních místností, chodeb, šaten a recepce. Odvod vzduchu bude umístěn do všech ordinací, skladů, šaten a toalet.

Tab. 4-3 Objemový průtok zař. č.3. pro 1.NP

Číslo místnosti	Název	Objemový průtok	Objemový průtok-přívod	Objemový průtok-odvod
-	-	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
S1.1.2	Chodba	160	160	0
S1.1.3	Chodba	100	100	0
S1.1.5	Vstup zaměst.	140	140	0

S1.1.7	Sterilizace	160	160	160
S1.1.8	Oční ordinace	160	160	160
S1.1.9	Oční ordinace	160	160	160
S1.1.10	Sklad	230	230	230
S1.1.11	Denní místnost	180	180	180
S1.1.12	Call centrum	160	160	160
S1.1.13	Chodba	60	60	0
S1.1.14	Šatna	600	600	0
S1.1.15	Kabinka	100	0	100
S1.1.16	Kabinka	100	0	100
S1.1.17	Kabinka	100	0	100
S1.1.18	Sprcha	180	0	180
S1.1.19	Sprcha	180	0	180
S1.1.20	Odpad	200	0	200
S1.1.21	Chodba	200	200	0
S1.1.28	Chodba	350	350	0
S1.1.29	Sklad	80	0	80
S1.1.30	Sklad	50	0	50
S1.1.31	Sklad	140	0	140
S1.1.32	WC	80	0	80
S1.1.33	Společ. místost	180	180	180
S1.1.35	Šatna	180	180	180
S1.1.36	Chodba	100	100	0
S1.1.37	WC/úklid	100	0	100
S1.1.38	Předsíň WC	50	150	50
S1.1.39	WC muži	50	0	50
S1.1.40	WC muži	50	0	50
S1.1.41	WC ženy	50	0	50
S1.1.42	WC ženy	50	0	50
S1.1.43	Technologie	50	0	50
S1.1.44	Bio. odpad	250	0	250

Tab. 4-3.1 Objemový průtok zař. č.3. pro 2.NP

Číslo místnosti	Název	Objemový průtok	Objemový průtok-přívod	Objemový průtok-odvod
-	-	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
1.1.2	Recepce	360	360	0
1.1.5	Úklid	150	0	150
1.1.6	Konzultace	80	80	80
1.1.7	WC předsíň	30	0	30
1.1.9	WC	50	0	50
1.1.10	WC muži	80	0	80
1.1.11	WC předsíň	30	0	30
1.1.12	WC bezbariér.	80	0	80
1.1.14	Zubní ordinace	160	160	160
1.1.15	Zubní ordinace	160	160	160
1.1.16	Ovládání RTG	40	40	40
1.1.17	RTG	50	50	50
1.1.18	Chodba	60	60	0
1.1.19	Zubní ordinace	160	160	160
1.1.20	Zubní ordinace	160	160	160

Tab. 4-3.2 Objemový průtok zař. č.3. pro 2.NP

Číslo místnosti	Název	Objemový průtok	Objemový průtok-přívod	Objemový průtok-odvod
-	-	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
2.1.3	Chodba	290	290	210
2.1.15	Vyšetřovna	230	230	190
2.1.16	Sklad	40	0	40
2.1.17	Dermatologie	160	160	160
2.1.18	Dermatologie	160	160	160

2.1.19	Dermatologie	160	160	160
2.1.20	Dermatologie	160	160	160
2.1.21	Dermatologie	160	160	160
2.1.22	Dermatologie	160	160	160
2.1.23	WC	30	0	30
2.1.24	WC	50	0	50

4.3.2 NÁVRH KLIMATIZACE

Pro větrání těchto místností bude navržena rovnotlaká vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla, umístěná ve strojovně vzduchotechniky ve sklepe. Sání čerstvého vzduchu bude navrženo na dvoře a výtlak znehodnoceného vzduchu bude vyvedeno nad střechu.

Pro návrh klimatizačního systému jsou uvedeny parametry venkovního prostředí v kapitole 3.1. Konkrétně pro letní období teplota venkovního vzduchu $t_e = 30 \text{ °C}$, a entalpie $h_e = 58 \text{ kJ/kg}$, pro zimní období teplota venkovního vzduchu $t_e = -15 \text{ °C}$ a relativní vlhkost $\varphi_e = 95 \text{ %}$. Teplota vnitřního vzduchu je uvažována v létě je $t_i = 26 \text{ °C}$ a v zimě $t_i = 22 \text{ °C}$.

Ve vzduchotechnické jednotce bude umístěn systém zpětného získávání tepla pomocí deskového protiproudého výměníku, jehož výrobce udává účinnost $\eta_{zzt} = 75 \text{ %}$. Dále je ve vzduchotechnické jednotce umístěn chladič vzduchu, který má povrchovou teplotu je $t_{ch} = 12 \text{ °C}$. Pro vnitřní chladič jednotku udává výrobce povrchovou teplotu chladiče $t_{ch} = 6 \text{ °C}$.

V **letním období** je vzduchotechnickou jednotkou nasáván vzduch o stavu E, který se ochladí v deskovém výměníku zpětného získávání tepla na stav ZZT. Teplotu t_{zzt} za výměníkem vypočteme dle rovnice (1):

$$t_{zzt} = t_e - (t_e - t_i) \cdot \eta_{zzt} = 30 - (30 - 26) \cdot 0,5 = 27 \text{ °C}$$

ze stavu ZZT se vzduch zchladí v chladiči vzduchotechnické jednotky na stav PE, kde PE je stav vzduchu přiváděného do místnosti, pracovní rozdíl teplot byl zvolen 4 K, tedy teplota přiváděného vzduchu vzduchotechnickou jednotkou je $t_{pe} = 22 \text{ °C}$. Vnitřní oběhový vzduch je ze stavu I zchlazen ve vnitřní chladič jednotce na stav PI, kde PI je stav vzduchu na výtlaku z vnitřní chladič jednotky. Pracovní rozdíl pro stav PI byl

zvolen 4 K, tedy teplota přiváděného vzduchu vnitřní chladivovou jednotkou je 22 °C. Přívodní vzduch o stavu PE a stavu PI se v místnosti mísí na stav SM.

Objemový průtok venkovního vzduchu a tepelná zátěž se pro každou místnost mírně liší, proto se bude lišit i směšovací poměr. Jako příklad je uveden výpočet pro místnost 2.1.17 dermatologická ordinace. Objemový průtok venkovního vzduchu byl vypočítán v kapitole 4.3.1 a je roven 160 m³/h, tepelná zátěž byla vypočítána v kapitole 3.2 a je rovna 1410 W.

Tepelná zátěž odvedena venkovním vzduchem se vypočítá dle rovnice (7):

$$Q_{\text{cít}}^{\text{vzt}} = \dot{V}_p^{\text{vzt}} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \frac{160}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 4 = 215 \text{ W}$$

Zbytek citelné tepelné zátěže odvede vnitřní chladivová jednotka, 1410 – 215 = 1195 W. Z výše uvedené rovnice vypočteme objemový průtok vnitřní chladicí jednotkou, pro pracovní rozdíl teplot 4 K je objemový průtok roven 887 m³/h. Pro danou místnost je tedy směšovací poměr 887 : 160 ≈ 6 : 1.

V dermatologické ordinaci jsou dva pracovníci, dle (L11) vyprodukuje stojící osoba při lehké práci 134 g/h vodní páry. Pacient je osoba sedící mírně odpočívající a dle (L11) vyprodukuje 79 g/h vodní páry. Celkové navlhčení se vypočítá dle rovnice (2):

$$\Delta x = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{\dot{M}} = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{(\dot{V}_p + \dot{V}_{ob}) \cdot \rho} = \frac{134 \cdot 2 + 79 \cdot 1}{(160 + 887) \cdot 1,2} = 0,27 \text{ g/kg}$$

Přivedený vzduch je následně v místnosti navlhčen o vypočtené $\Delta x = 027 \text{ g/kg}$ a ohřán na stav I. Změny stavu v letním období pro dermatologickou ordinaci jsou vyneseny v h-x diagramu na obr. 4.5.

V **zimním období** je vzduchotechnickou jednotkou nasáván vzduch o stavu E, který se ohřeje v deskovém výměníku zpětného získávání tepla na stav ZZT. Teplotu t_{zzt} za výměníkem vypočteme rovnice (1):

$$t_{\text{zzt}} = t_e - (t_e - t_i) \cdot \eta_{\text{zzt}} = -15 - (-15 - 26) \cdot 0,5 = 9,8 \text{ °C}$$

Dle zadání investora bude vzduchotechnická jednotka ohřívat vzduch pouze na 18 °C. Tepelnou ztrátu větráním z 18 na 22 °C a tepelnou ztrátu prostupem bude hradit otopná soustava, jenž není předmět tohoto projektu.

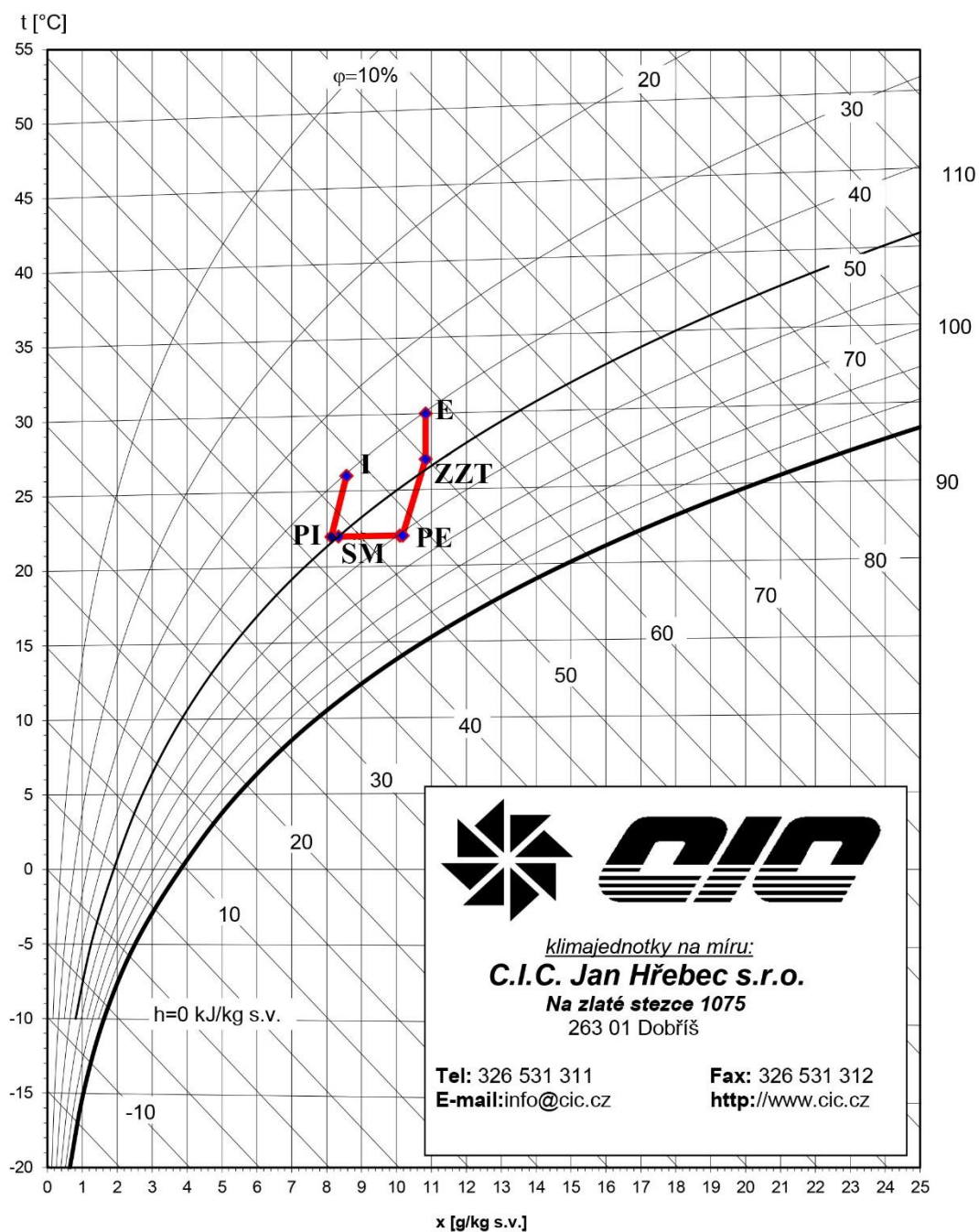
Investorovo rozhodnutí je z důvodu požadavku na komfort vnitřního prostředí, vytápění vnitřními chladivovými jednotkami by způsobovalo prašnost. Většina prostorů má i velké tepelné zisky tudíž vytápění chladivovými jednotkami není vhodné. Ze stavu ZZT bude tedy přírodní vzduch ohříván na stav PE o teplotě 18 °C.

Relativní vlhkost vzduchu v místnosti byla zvolena 30 % dle tabulky 3-1. Pro zimním období je relativní vlhkost venkovního vzduchu 95 % a teplota -15 °C, tomuto stavu odpovídá měrná vlhkost 3 g/kg. Venkovní vzduch bude tedy nutné navlhčit na stav relativní vlhkosti 30 %, míra navlhčení bude však ponížena o vlhkostní zisk od osob. Pro výpočet navlhčení daného zařízení jsou dle investora směrodatné místnosti ordinací, kde jsou uvažovány tři osoby. Dle (L11) vyprodukuje stojící osoba při lehké práci 134 g/h vodní páry. Pacient je osoba sedící mírně odpočívající a dle (L11) vyprodukuje 79 g/h vodní páry. Objemový průtok pro danou místnost byl vypočítán v kapitole 4.3.1 a je roven 160 m³/h. Celkové se vypočítá dle rovnice (2):

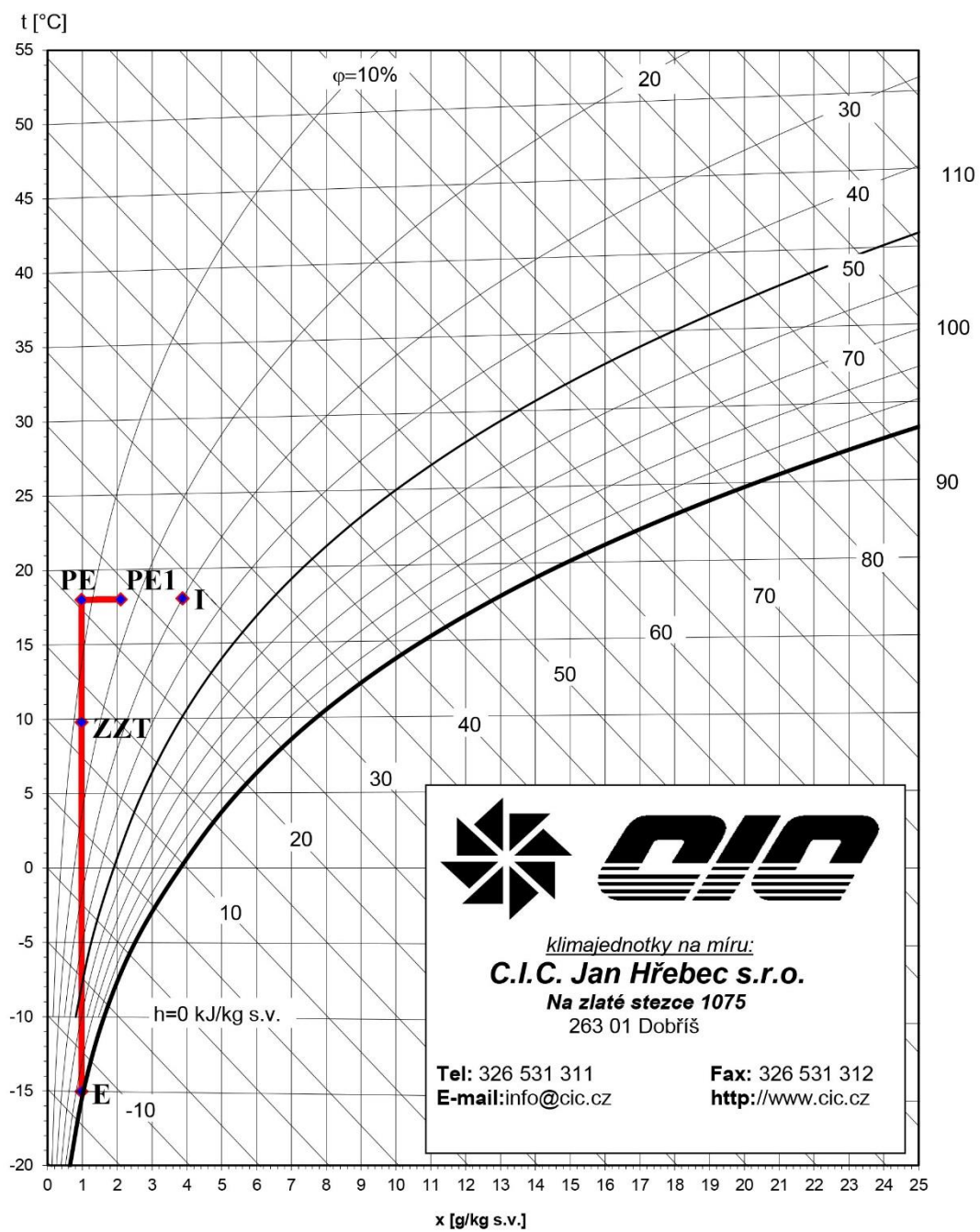
$$\Delta x = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{\dot{M}} = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{(\dot{V}_p^{vzt}) \cdot \rho} = \frac{134 \cdot 2 + 79 \cdot 1}{(160) \cdot 1,2} = 1,8 \text{ g/kg}$$

Stavu I odpovídá měrná vlhkost 3,9 g/kg, měrná vlhkost přírodního vzduchu musí být menší o vypočtené $\Delta x = 1,8 \text{ g/kg}$. Proto bude vzduch o stavu PE parně vlhčen na stav PE1, kterému odpovídá hodnota měrné vlhkosti 2,1 g/kg.

Přivedený vzduch je následně v místnosti navlhčen o vypočtené $\Delta x = 1,8 \text{ g/kg}$ na stav I. Změny stavu v zimním období pro místnost dospívání jsou vyneseny v h-x diagramu na obr. 4.6



Obr. 4.5 Změny stavu vzduchu pro zařízení 3-léto



Obr. 4.6 Změny stavu vzduchu pro zařízení 3-zima

4.3.2.1 Teoretický potřebný výkon chladiče vzduchotechnické jednotky

Rozdíl entalpií se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.5. $\Delta h_e = 54,9 - 48,1 = 6,8$ kJ/kg. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.3.1. $\dot{V}_p = 5820$ m³/h. Výkon chladiče se vypočte dle rovnice (4):

$$Q_{ch} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta h_e = \frac{5980}{3600} \cdot 1,2 \cdot 6,8 = 13,6 \text{ kW}$$

4.3.2.2 Teoretický potřebný výkon ohřivače vzduchotechnické jednotky

Rozdíl teplot se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.4. $\Delta t = 18 - 9,8 = 8,2$ °C. Objemový průtok je stejný, jako v kapitole 4.3.2.1. Výkon ohřivače se vypočítá dle rovnice (5):

$$Q_{oh} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \frac{5980}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 8,2 = 16,6 \text{ kW}$$

4.3.2.3 Výkon (průtok vody) parního zvlhčovače vzduchotechnické jednotky

Rozdíl měrných vlhkostí se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.4. $\Delta x_{zv} = 2,1 - 1 = 1,1$ g/kg. Objemový průtok je stejný, jako v kapitole 4.3.2.1. Výkon (průtok vody) parního zvlhčovače se vypočítá dle rovnice (6):

$$\dot{M}_{zv} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta x_{zv} = \frac{5980}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 2,2 \text{ g/s}$$

4.3.2.4 Teoretický potřebný výkon chladiče vnitřní chladivové jednotky v dermatologické ordinaci

Rozdíl entalpií se odečte z h-x diagramu 4.5. $\Delta h_i = 47,9 - 42,5 = 5,4$ kJ/kg. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.3.2. $\dot{V}_{ob} = 887$ m³/h. Výkon chladiče se vypočte dle rovnice (8):

$$Q_{ch} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta h_i = \frac{887}{3600} \cdot 1,2 \cdot 5,4 = 1,6 \text{ kW}$$

4.3.2.5 Potřebný výkon otopné soustavy

Tepelné ztráty byly vypočítány v kapitole 3.3 a pro místnost sterilizace je tepelná ztráta prostupem 877 W, tepelná ztráta větráním 215 W a tepelný zisk je roven 608 W. Z bilance tepelných toků je patrné, že v místnosti je tepelná ztráta 484 W. Tato hodnota je směrodatná pro projektanta vytápění k posouzení návrhu otopné soustavy.

4.4 ZAŘÍZENÍ Č.4.

4.4.1 NÁVRH VĚTRÁNÍ

Zařízení č.4. bude navrženo pro větrání místnosti na odpadky. Tato místnost je větrána pouze z důvodu zápachu byla zde zvolena šestinásobná výměna vzduchu. Pro větrání této místnosti bude navržen radiální ventilátor, umístěn v dané místnosti. Přívod vzduchu přes dvevní mřížku, bude nasáván díky podtlaku způsobený ventilátorem.

4.5 ZAŘÍZENÍ Č.5.

4.5.1 NÁVRH VĚTRÁNÍ

Zařízení č.5. bude navrženo pro větrání lůžkových pokojů, koupelen a místnosti pro sestru obsluhující pacienty na lůžkových pokojích. Jak je již uvedeno v předchozích kapitolách, pro lůžkové pokoje a sesternu nám množství objemového průtoku opět udává norma DIN 1964-4 (L6), pro lůžkové pokoje i pro sesternu je to $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Vzorový výpočet pro chodbu S1.1.2 v 1.NP:

$$\dot{V} = S \cdot \dot{V}_{\text{sesterna}} = 22 \cdot 10 = 220 \text{ m}^3/\text{h}$$

kde S je plocha místnosti a $\dot{V}_{\text{sesterna}}$ je objemový průtok daný DIN 1964-4 (L6).

Přívod vzduchu pro šatny, sprchy a toalety je uveden v nařízení vlády 361/2007 (L7). Konkrétně je to $20 \text{ m}^3/\text{h}$ na šatní skříňku, $150 \text{ m}^3/\text{h}$ na sprchu, $50 \text{ m}^3/\text{h}$ na záchodovou mísu a pro pisoár a umyvadlo $25 \text{ m}^3/\text{h}$.

Vzorový výpočet pro toalety S1.1.23 – S1.1.24 v 1.NP:

$$\dot{V} = n \cdot \dot{V}_{\text{mísa}} + n \cdot \dot{V}_{\text{umyvadlo}} = 1 \cdot 50 + 1 \cdot 25 = 75 \text{ m}^3/\text{h}$$

kde n je počet zařizovacích předmětů, $\dot{V}_{\text{mísa}}$ je objemový průtok pro toaletní mísu daný (L7) a $\dot{V}_{\text{umyvadlo}}$ je objemový průtok pro umyvadlo daný (L7).

Přívod čerstvého vzduchu bude do místnosti pro sestru a do lůžkových pokojů. Odvod vzduchu bude proveden v místě pro sestru a z koupelen.

Tab. 4-5 Objemový průtok zař. č.5. pro 3.NP

Číslo místnosti	Název	Objemový průtok	Objemový průtok-přívod	Objemový průtok-odvod
-	-	$[\text{m}^3/\text{h}]$	$[\text{m}^3/\text{h}]$	$[\text{m}^3/\text{h}]$

2.1.2	Úklid	100	0	100
2.1.10	Sesterna	220	220	120
2.1.11	Pokoj – 2L	230	230	0
2.1.12	Koupelna	230	0	230
2.1.13	Pokoj – 2L	230	230	0
2.1.14	Koupelna	230	0	230

4.5.2 NÁVRH KLIMATIZACE

Pro větrání těchto místností bude navržena rovnotlaká vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla, umístěná v podkroví. Sání čerstvého vzduchu a výtlak znehodnoceného vzduchu bude vyvedeno nad střechu dostatečně daleko od sebe, aby nemohl znehodnocený vzduch nasávan zpět do větracího zařízení.

Pro návrh klimatizačního systému jsou uvedeny parametry venkovního prostředí v kapitole 3.1. Konkrétně pro letní období teplota venkovního vzduchu $t_e = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, a entalpie $h_e = 58 \text{ kJ/kg}$, pro zimní období teplota venkovního vzduchu $t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkost $\varphi_e = 95 \text{ } \%$. Teplota vnitřního vzduchu je uvažována v létě je $t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ a v zimě $t_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$.

Ve vzduchotechnické jednotce bude umístěn systém zpětného získávání tepla pomocí deskového protiproudého výměníku, jehož výrobce udává účinnost $\eta_{zzt} = 79 \text{ } \%$. Dále je ve vzduchotechnické jednotce umístěn chladič vzduchu, který má povrchovou teplotu je $t_{ch} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$. Pro vnitřní chladicí jednotku udává výrobce povrchovou teplotu chladiče $t_{ch} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$.

V **letním období** je vzduchotechnickou jednotkou nasávan vzduch o stavu E, který se ochladí v deskovém výměníku zpětného získávání tepla na stav ZZT. Teplotu t_{zzt} za výměníkem vypočteme dle rovnice (1):

$$t_{zzt} = t_e - (t_e - t_i) \cdot \eta_{zzt} = 30 - (30 - 26) \cdot 0,79 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ze stavu ZZT se vzduch zchladí v chladiči vzduchotechnické jednotky na stav PE, kde PE je stav vzduchu přiváděného do místnosti, pracovní rozdíl teplot byl zvolen 4 K, tedy teplota přiváděného vzduchu vzduchotechnickou jednotkou je $t_{pe} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$. Vnitřní oběhový vzduch je ze stavu I zchlazen ve vnitřní chladicí jednotce na stav PI, kde PI je stav vzduchu na výtlaku z vnitřní chladicí jednotky. Pracovní rozdíl pro stav PI byl

zvolen 4 K, tedy teplota přiváděného vzduchu vnitřní chladivovou jednotkou je 22 °C. Přívodní vzduch o stavu PE a stavu PI se v místnosti mísí na stav SM.

Objemový průtok venkovního vzduchu a tepelná zátěž se pro každou místnost mírně liší, proto se bude lišit i směšovací poměr. Jako příklad je uveden výpočet pro místnost 2.1.13 lůžkový pokoj. Objemový průtok venkovního vzduchu byl vypočítán v kapitole 4.5.1 a je roven 230 m³/h, tepelná zátěž byla vypočítána v kapitole 3.2 a je rovna 1210 W.

Tepelná zátěž odvedena venkovním vzduchem se vypočítá dle rovnice (7):

$$Q_{\text{cit}}^{\text{vzt}} = \dot{V}_p^{\text{vzt}} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \frac{230}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 4 = 310 \text{ W}$$

Zbytek citelné tepelné zátěže odvede vnitřní chladivová jednotka, 1210 – 310 = 900 W. Z výše uvedené rovnice vypočteme objemový průtok vnitřní chladicí jednotkou, pro pracovní rozdíl teplot 4 K je objemový průtok roven 842 m³/h. Pro danou místnost je tedy směšovací poměr 842 : 230 ≈ 4 : 1.

V lůžkovém pokoji jsou uvažováni dva pacienti. Pacient je osoba sedící, mírně odpočívající a dle (L11) vyprodukuje 79 g/h vodní páry. Celkové navlhčení se vypočítá dle rovnice (2):

$$\Delta x = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{\dot{M}} = \frac{\dot{M}_w \cdot os}{(\dot{V}_p + \dot{V}_{\text{ob}}) \cdot \rho} = \frac{79 \cdot 2}{(230 + 668) \cdot 1,2} = 0,14 \text{ g/kg}$$

Přivedený vzduch je následně v místnosti navlhčen o vypočtené $\Delta x = 0,14 \text{ g/kg}$ a ohřán na stav I. Změny stavu v letním období pro lůžkový pokoj jsou vyneseny v h-x diagramu na obr. 4.7.

V **zimním období** je vzduchotechnickou jednotkou nasáván vzduch o stavu E, který se ohřeje v deskovém výměníku zpětného získávání tepla na stav ZZT. Teplotu t_{zzt} za výměníkem vypočteme dle rovnice (1):

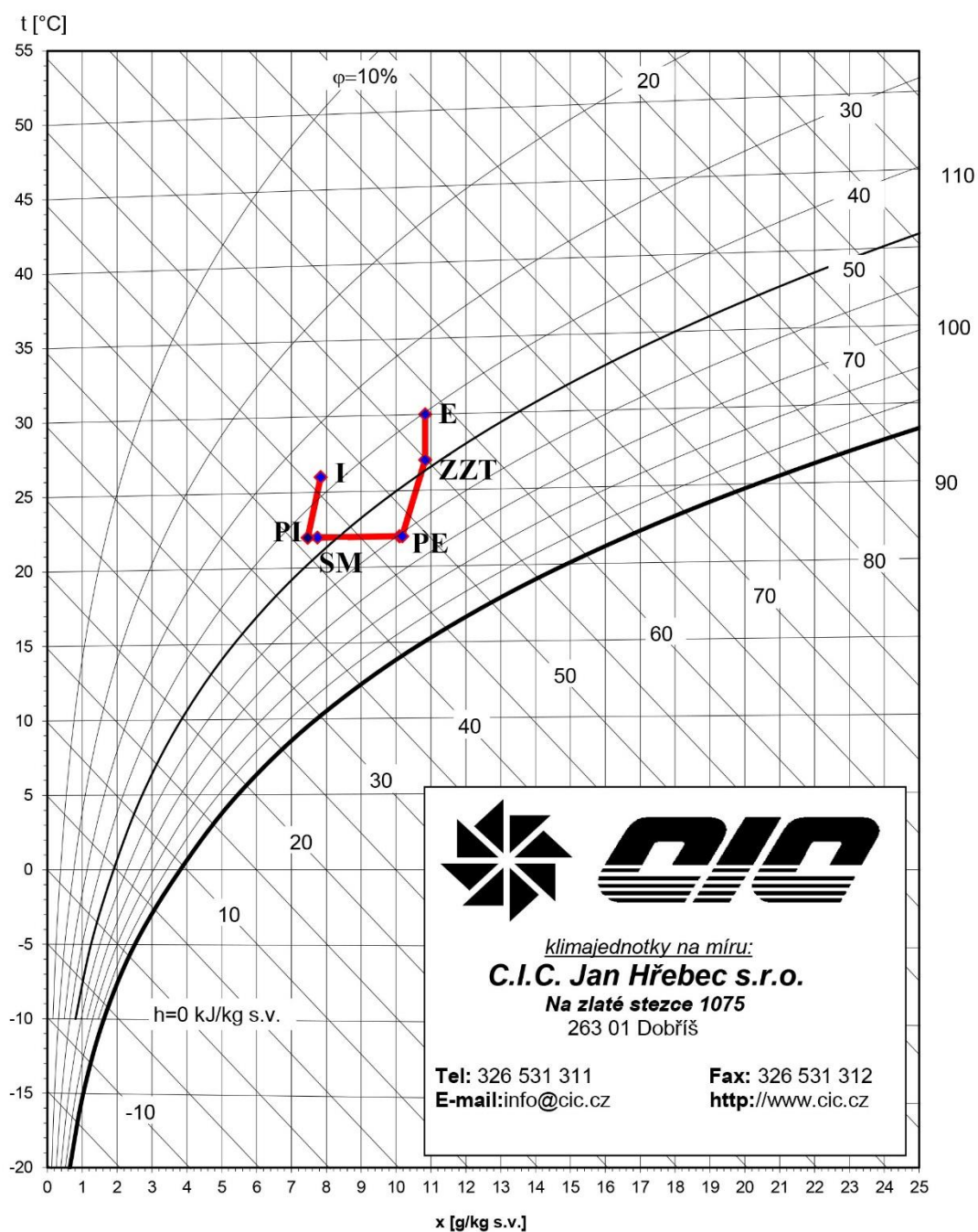
$$t_{\text{zzt}} = t_e - (t_e - t_i) \cdot \eta_{\text{zzt}} = -15 - (-15 - 26) \cdot 0,79 = 11,1 \text{ °C}$$

Dle zadání investora bude vzduchotechnická jednotka ohřívat vzduch pouze na 18 °C. Tepelnou ztrátu větráním z 18 na 22 °C a tepelnou ztrátu prostupem bude hradit otopná soustava jenž není předmět tohoto projektu.

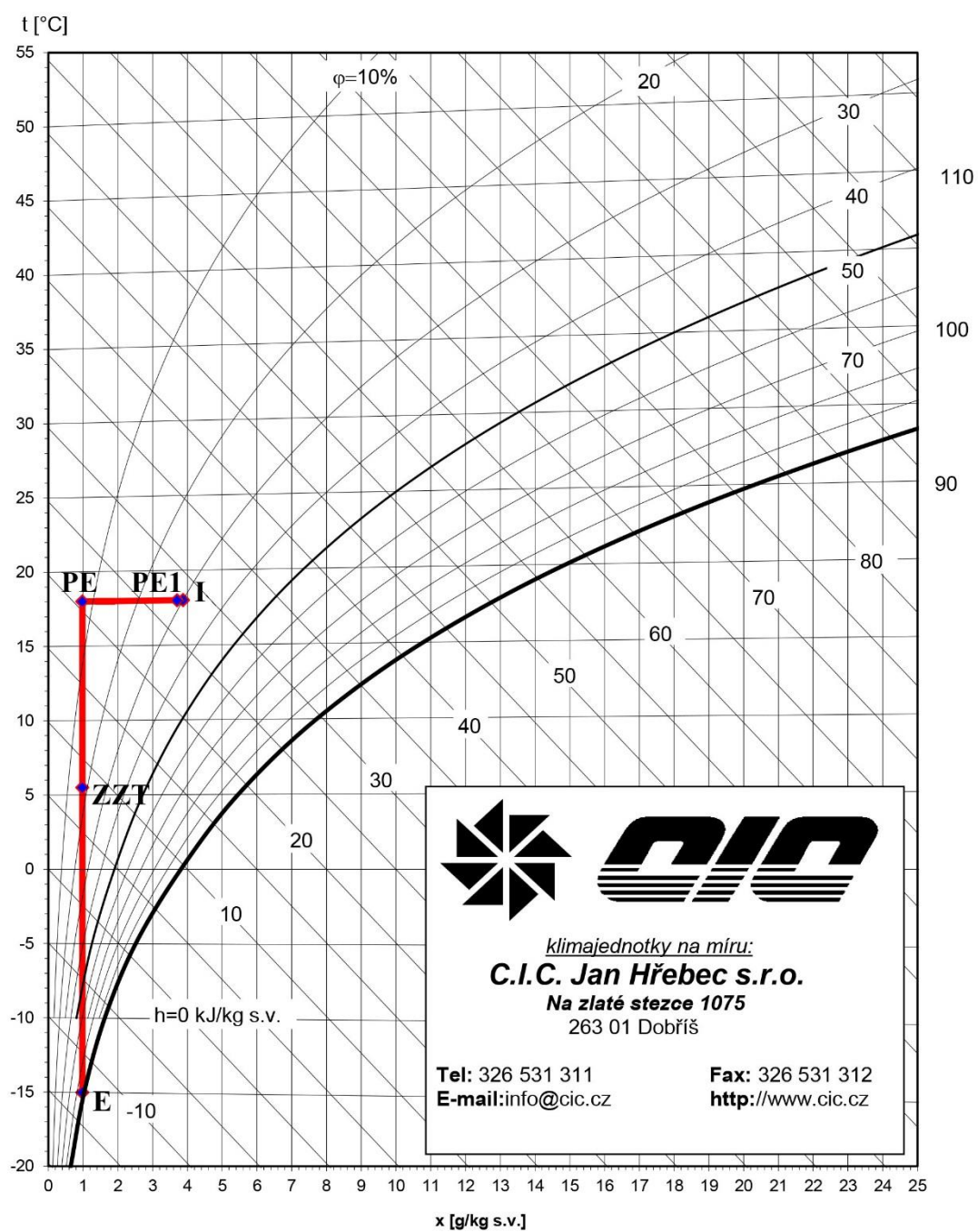
Investorovo rozhodnutí je z důvodu požadavku na komfort vnitřního prostředí, vytápění vnitřními chladivovými jednotkami by způsobovalo prašnost. Většina prostorů má i velké tepelné zisky, tudíž vytápění chladivovými jednotkami není vhodné. Ze stavu ZZT bude tedy přívodní vzduch ohříván na stav PE o teplotě 18 °C.

Relativní vlhkost vzduchu v místnosti byla zvolena 30 % dle tabulky 3-1. Pro zimním období je relativní vlhkost venkovního vzduchu 95 % a teplota -15 °C, tomuto stavu odpovídá měrná vlhkost 1 g/kg. Venkovní vzduch bude tedy nutné navlhčit na stav relativní vlhkosti 30 %, míra navlhčení bude však ponížena o vlhkostní zisk od osob. Pro výpočet navlhčení daného zařízení jsou dle investora směrodatné místnosti lůžkových pokojů, pro který již bylo vypočítáno navlhčení. Celkové navlhčení pro danou ordinaci je $\Delta x = 0,14$ g/kg. Stav I odpovídá měrná vlhkost 3,9 g/kg, měrná vlhkost přívodního vzduchu musí být menší o $\Delta x = 0,14$ g/kg. Proto bude vzduch o stavu PE parně vlhčen na stav PE1, kterému odpovídá hodnota měrné vlhkosti 3,7 g/kg.

Přivedený vzduch je následně v místnosti navlhčen o vypočtené $\Delta x = 0,14$ g/kg na stav I. Změny stavu v zimním období pro místnost dospívání jsou vyneseny v h-x diagramu na obr. 4.8.



Obr. 4.7 Změny stavu vzduchu pro zařízení 5-léto



Obr 4.8 Změny stavu vzduchu pro zařízení 5-zima

4.5.2.1 Teoretický potřebný výkon chladiče vzduchotechnické jednotky

Rozdíl entalpií se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.5. $\Delta h_e = 54,9 - 48,1 = 6,8$ kJ/kg. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.5.1. $\dot{V}_p = 680$ m³/h. Výkon chladiče se vypočte z rovnice (4):

$$Q_{ch} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta h_e = \frac{680}{3600} \cdot 1,2 \cdot 6,8 = 1,5 \text{ kW}$$

4.5.2.2 Teoretický potřebný výkon ohřivače vzduchotechnické jednotky

Rozdíl teplot se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.4. $\Delta t = 18 - 11,1 = 6,9$ °C. Objemový průtok je stejný, jako v kapitole 4.5.2.1. Výkon ohřivače se vypočítá dle rovnice (5):

$$Q_{oh} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \frac{680}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 6,9 = 1,6 \text{ kW}$$

4.5.2.3 Výkon (průtok vody) parního zvlhčovače vzduchotechnické jednotky

Rozdíl měrných vlhkostí se odečte z h-x diagramu viz. obr. 4.4. $\Delta x_{zv} = 3,7 - 1 = 2,7$ g/kg. Objemový průtok je stejný, jako v kapitole 4.5.2.1. Výkon (průtok vody) parního zvlhčovače se vypočítá dle rovnice (6):

$$\dot{M}_{zv} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta x_{zv} = \frac{680}{3600} \cdot 1,2 \cdot 2,7 = 0,6 \text{ g/s}$$

4.5.2.4 Teoretický potřebný výkon chladiče vnitřní chladivové jednotky

v lůžkovém pokoji

Rozdíl entalpií se odečte z h-x diagramu 4.5. $\Delta h_e = 46,2 - 41,2 = 5$ kJ/kg. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.5.2. $\dot{V}_{ob} = 842$ m³/h. Výkon chladiče se vypočte z rovnice (8):

$$Q_{ch} = \dot{V}_p \cdot \rho \cdot \Delta h_i = \frac{842}{3600} \cdot 1,2 \cdot 5 = 1403 \text{ kW}$$

4.5.2.5 Potřebný výkon otopné soustavy

Tepelné ztráty byly vypočítány v kapitole 3.3 a pro místnost sterilizace je tepelná ztráta prostupem 1485 W, tepelná ztráta větráním 310 W a tepelný zisk je roven 498 W. Z bilance tepelných toků je patrné, že v místnosti je tepelná ztráta 1297 W. Tato hodnota je směrodatná pro projektanta vytápění k posouzení návrhu otopné soustavy.

4.6 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ

V tabulce 4-6 jsou uvedeny objemové průtoky pro jednotlivá větrací zařízení. V tabulce 4-7 jsou uvedeny chladicí, topné výkony a výkony (průtoky vody) na vlhčení pro jednotlivá větrací zařízení.

Tab. 4-6 Vyhodnocení objemových průtoků

Zařízení	Přívod [m ³ /h]	Odvod [m ³ /h]
Zařízení č.1.	2600	2800
Zařízení č.2.	840	840
Zařízení č.3.	5980	5980
Zařízení č.4.	0	200
Zařízení č.5.	680	680

Tab. 4-6.1 Vyhodnocení výkonů

Zařízení	Chladicí výkon [kW]	Topný výkon [kW]	Vlhčicí výkon [g/s]
Zařízení č.1.	14	9,9	3,2
Zařízení č.2.	1,8	2	0,7
Zařízení č.3.	13,6	16,6	2,2
Zařízení č.4.	-	-	-
Zařízení č.5.	1,5	1,6	0,6

Pro vnitřní jednotky jsou uvedeny chladicí výkony v příloze č.4.

5 NÁVRH POTRUBNÍ SÍTĚ

5.1 NÁVRH VÝUSTEK

1) ZAŘÍZENÍ

Pro přívod čerstvého vzduchu bude zvolena filtrační výustka pro operační sály od firmy BLOCK. Filtrační výustka vytváří rovnoměrný proud vzduchu o dané čistotě. Tento typ výustky splňuje nejvyšší hygienické požadavky pro filtraci vzduchu (L13). Filtrační výustka je napojena na vzduchotechnické potrubí přívodního vzduchu, v nastavci výustky je vzduch jemně dočištěn díky HEPA filtru (H12 – H14). Na výstupu vzduchu z výustky je umístěn rozptylový difuzor a laminarizátor. Díky těmto prvkům je dosažena rovnoměrnost výstupního proudu vzduchu o rychlosti 0,2 – 0,25 m/s (L13). Filtrační výustka od firmy BLOCK je vidět na obrázku 5.1.

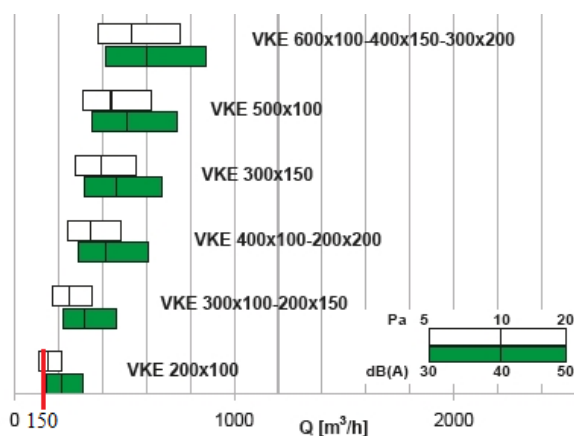
Rozměr výustky je zvolen 1875x1875 mm, objemový průtok 2600 m³/h byl stanoven v kapitole 4.1.1. Pro tyto hodnoty vychází rychlost na výustce 0,2 m/s. Výrobce neudává tlakovou ztrátu výustky, po telefonické konzultaci byla zvolena tlaková ztráta 150 Pa.



Obr. 5.1 Filtrační výustka pro operační sál

Odvod vzduchu z operačního sálu je popsán v kapitole 1.3.3, polovina objemového průtoku odvodního vzduchu se musí odvádět u podlahy a polovina pod stropem.

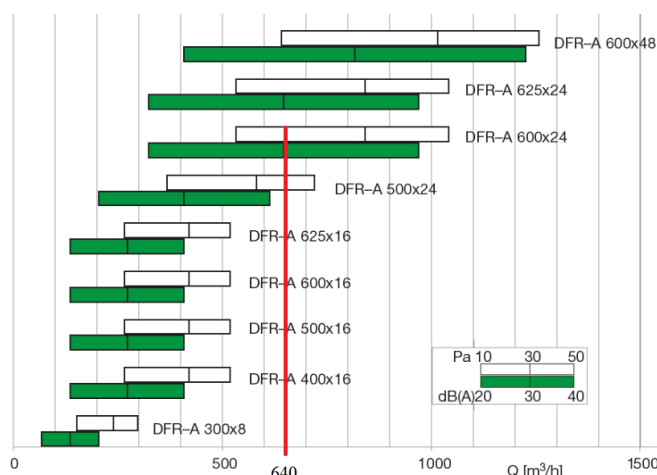
Množství odvodního vzduchu bylo stanoveno v kapitole 4.1.1 a je rovno $2400 \text{ m}^3/\text{h}$. Pro odvod vzduchu byly zvoleny komfortní obdélníkové mřížky jednořadé. Na každé stěně budou navrženy dvě mřížky pod stropem a dvě u podlahy, celkem 16 mřížek. Objemový průtok na jednu mřížku je roven $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Mřížky byly zvoleny od firmy Elektrodesign, pro rozměr $200 \times 100 \text{ mm}$ vychází hladina akustického výkonu váhového filtru „A“ 30 dB a tlaková ztráta 7 Pa (L14). Návrh výustky je na obr. 5.2.



Obr. 5.2 odečtení parametrů pro výustku 200×100

2) ZAŘÍZENÍ

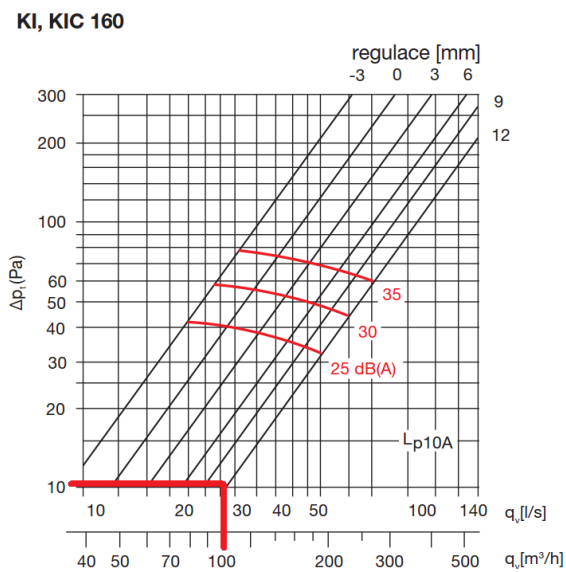
Pro přívod vzduchu do místnosti dospívání bude zvolen vířivý anemostat DFR-A od firmy Elektrodesign. Objemový průtok přívodního vzduchu byl vypočítán v kapitole 4.2.1 a je roven $640 \text{ m}^3/\text{h}$. Pro rozměr 600×24 vychází hladina akustického výkonu váhového filtru „A“ 25 dB a tlaková ztráta 18 Pa (L15). Návrh anemostatu je na obr. 5.3.



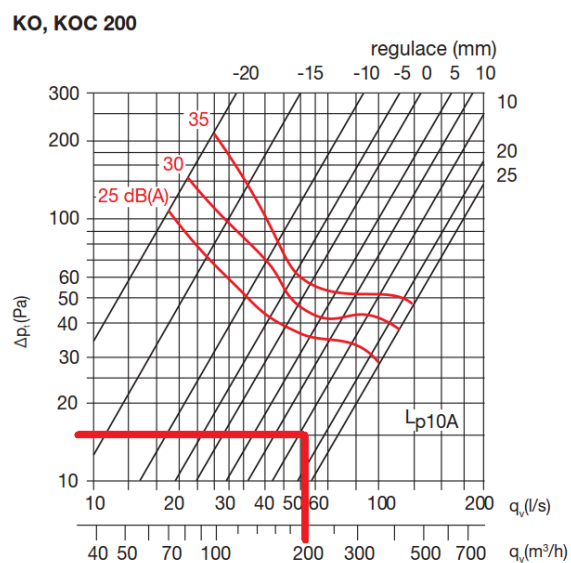
Obr. 5.3 odečtení parametrů pro anemostat 600x24

Pro přívod vzduchu do místnosti sterilizace bude zvolen přívodní talířový ventil KI od firmy Elektrodesign. Objemový průtok přívodního vzduchu byl vypočítán v kapitole 4.2.1 a je roven $200 \text{ m}^3/\text{h}$. Budou navrženy dva ventily o rozměru 160 mm, pro objemový průtok $100 \text{ m}^3/\text{h}$ na jeden ventil a nastavení 12. Hladina akustického tlaku váhového filtru „A“ ve vzdálenosti 10 m vychází méně než 25 dB a tlaková ztráta vychází 10 Pa (L16). Návrh ventilu je na obr. 5.4.

Odvod ze všech místností pro dané zařízení bude pomocí odvodních talířových ventilů KO od firmy Elektrodesign. Jako příklad je uveden návrh odvodního ventilu pro místnost sterilizace, pro ostatní místnosti se návrh provede analogicky. Objemový průtok odvodního vzduchu byl vypočítán v kapitole 4.2.1 a je roven $200 \text{ m}^3/\text{h}$, pro tento průtok bude navržen ventil o rozměru 200 mm a nastavení 10. Hladina akustického tlaku váhového filtru „A“ ve vzdálenosti 10 m vychází méně než 25 dB a tlaková ztráta vychází 15 Pa (L17). Návrh ventilu je na obr. 5.5.



Obr. 5.4 odečtení parametrů pro talířový ventil 160 KI



Obr. 5.5 odečtení parametrů pro talířový ventil 200 KO

3) ZAŘÍZENÍ

Přívod vzduchu do všech místností pro dané zařízení bude pomocí přívodních talířových ventilů KI od firmy Elektrodesign. Návrh je popsán pro druhé zařízení a je vyneseno na obr. 5.4, pro dané zařízení bude návrh analogický.

Odvod vzduchu ze všech místností pro dané zařízení bude pomocí odvodních talířových ventilů KO od firmy Elektrodesign. Návrh je popsán pro druhé zařízení a je vyneseno na obr. 5.5, pro dané zařízení bude návrh analogický.

4) ZAŘÍZENÍ

Pro čtvrté zařízení je řešen pouze odvod vzduchu, který bude pomocí odvodních talířových ventilů KO od firmy Elektrodesign. Návrh je popsán pro druhé zařízení a je vyneseno na obr. 5.5, pro dané zařízení bude návrh analogický.

5) ZAŘÍZENÍ

Přívod vzduchu do všech místností pro dané zařízení bude pomocí přívodních talířových ventilů KI od firmy Elektrodesign. Návrh je popsán pro druhé zařízení a je vyneseno na obr. 5.4, pro dané zařízení bude návrh analogický.

Odvod vzduchu ze všech místností pro dané zařízení bude pomocí odvodních talířových ventilů KO od firmy Elektrodesign. Návrh je popsán pro druhé zařízení a je vyneseno na obr. 5.5, pro dané zařízení bude návrh analogický.

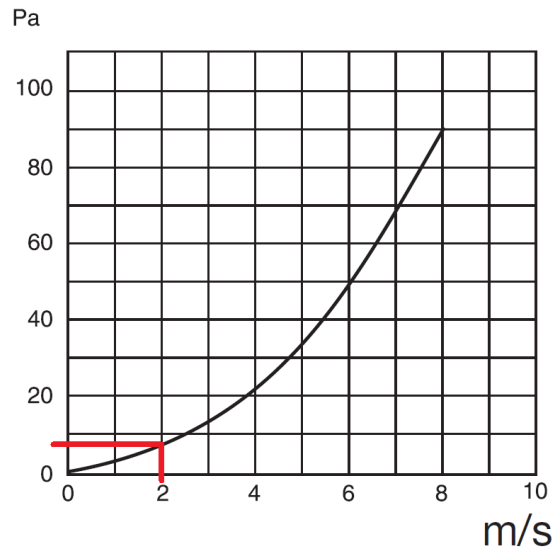
Kompletní návrh všech výustek je uveden v příloze č.2.

Do některých místností je vzduch přiváděn do místnosti, následně odváděn z místnosti jiné. Pomocí podtlaku vzduch proudí dveřní mřížkou do místnosti, ze které je následně odváděn. Dveře s mřížkou jsou vyznačeny výkresy.

5.2 NÁVRH PROTIDEŠŤOVÝCH ŽALUZÍ

Protidešťové žaluzie slouží především k ochraně sacího a výfukového potrubí před deštěm. Dále zabraňují vniknutí např. zvířat a zamezují přímému pohledu do potrubí. Protidešťové žaluzie budou navrženy od firmy Elektrodesign typu TWG, vyrobeny z pozinkovaného plechu. Návrh spočívá v určení maximální rychlosti na protidešťové žaluzii. Rychlost byla zvolena 2 m/s. Pro danou rychlost je zvolena žaluzie o rozměru odpovídajícímu maximální rychlosti. Jako příklad je uveden návrh protidešťových žaluzií pro páté zařízení. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.5.1 a je roven 680 m³/h. Zvolené rychlosti odpovídá rozměr 315x315 (L20). Na následujícím obrázku 5.6 je vyznačen odečet tlakové ztráty protidešťové žaluzie.

Pro všechna ostatní zařízení bude návrh proveden analogicky, návrh je uveden v příloze č.2.



Obr. 5.6 Odečtení parametrů pro protidešťovou žaluzii

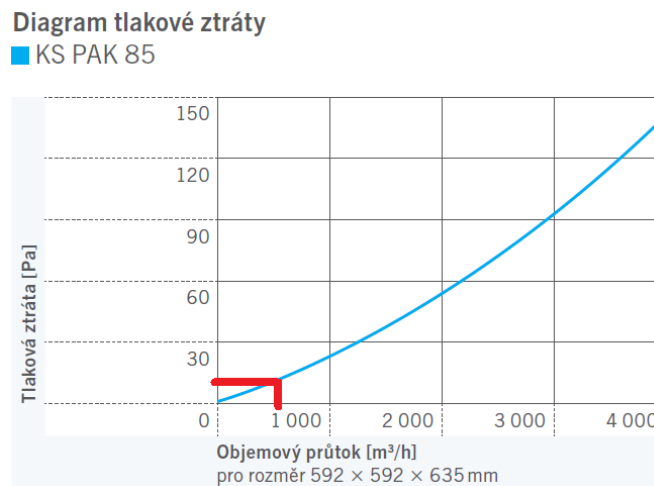
5.3 NÁVRH FILTRŮ

V kapitole 1.3 jsou uvedeny podmínky pro návrhu filtrů. Dle (L2) se rozděluje prostor do dvou tříd. I třída s vysokými požadavky na čistotu a II třída s běžnými požadavky. V daném prostoru polikliniky spadá do I třídy první a druhé zařízení. Třetí a páté zařízení spadají do II třídy. Čtvrté zařízení je pouze pro větrání místnosti na odpadky a není zde nutná filtrace.

Pro první třídu filtrace je nutné navrhnout třístupňovou filtraci. Na sání do vzduchotechnické jednotky bude osazen filtr F5, na výtlaku přívodního vzduchu ze vzduchotechnické jednotky bude osazen filtr F7 a filtr H13 je součástí filtrační výustky, jak je uvedeno v kapitole 5.1.

Pro druhou třídu filtrace bude navržena dvoustupňová filtrace. Na sání do vzduchotechnické jednotky bude osazen filtr F5, na výtlaku přívodního vzduchu ze vzduchotechnické jednotky bude osazen filtr F7.

Filtry budou navrženy od firmy KS klima-service. Jako příklad je uveden návrh filtru F7 pro páté zařízení. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.5.1 a je roven 680 m³/h. Pro tento objemový průtok je na obr. 5.7 odečtena tlaková ztráta, jenž je rovna 10 Pa (L21).



Obr. 5.7 Odečtení parametrů pro filtr F7

5.4 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ

K dimenzování vzduchotechnického potrubí bude použita metoda rychlostí. Tato metoda spočívá ve volbě předběžné rychlosti následného vypočítání rozměru. Poté je zvolen normalizovaný rozměr potrubí a dopočítána skutečná rychlost (L18). Výpočet je uveden v příloze č.3.

Rychlosti byly voleny dle (L18). Ve sklepech a v podkrovní, kde jsou umístěny vzduchotechnické jednotky, byla zvolena rychlost 5 m/s. Pro vertikální rozvody v šachtách byla zvolena rychlost 5 m/s. Pro horizontální rozvody ve všech patrech byla zvolena rychlost 3 m/s.

5.5 VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT

Přímé potrubí klade proudící tekutině odpor, nazývaný tlakové ztráty třením. Překonávání těchto ztrát má za důsledek úbytek tlaku, který vypočítáme z následujícího vzorce (L18):

$$\Delta p_t = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [Pa] \quad (9)$$

kde:

λ součinitel třecích ztrát [-],

l délka potrubí [m],

d průměr potrubí [m],

w rychlost v potrubí [m/s],

ρ hustota proudící tekutiny [kg/m^3].

Průtokem kapaliny vřazenými odpory vzniká další úbytek tlaku, nazývaný tlakové ztráty místní a vypočítáme je dle vzorce (L18):

$$\Delta p_m = \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (10)$$

kde:

ξ součinitel místních ztrát [-],

w rychlost v potrubí [m/s],

ρ hustota proudící tekutiny [kg/m^3].

Součtem ztrát třecích a místních získáme celkovou tlakovou ztrátu pro daný úsek. Součinitele místních ztrát byly uvažovány dle (L19). V některých úsecích budou různé vzduchotechnické prvky, které mají také svou tlakovou ztrátu, a je potřeba je přičíst k celkové ztrátě úseku. Detailní výpočet je uveden v příloze č.3.

5.6 ZAREGULOVÁNÍ POTRUBNÍ SÍTĚ

Regulace potrubní sítě bude provedena pomocí regulátorů konstantního průtoku vzduchu do kruhového potrubí od firmy Elektrodesign, typ MVF (L22). Tento regulátor slouží pro přívod i odvod vzduchu nezávisle na tlakových podmínkách v potrubní síti. Při zvětšení objemového průtoku vzduchu vzroste rozdíl tlaků v regulátoru, dojde k přivření klapky, tím se zmenší průtočná plocha, a tím opět poklesne hodnota objemového průtoku na původní hodnotu.

Pro každou větev bude navržen regulátor konstantního průtoku, dle obr. 5.8. Jako příklad je uveden návrh pro větev do místnosti dvoulůžkového pokoje 2.1.11, objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.5.1 a je roven 230 m³/h. Dle objemového průtoku je zvolen regulátor konstantního průtoku typu MVF 125 (L22).

Typ	ø D [mm]	V min [m ³ /h]	V max [m ³ /h]
MVF/MVF-I	100	100	200
MVF/MVF-I	125	160	400
MVF/MVF-I	160	300	700
MVF/MVF-I	200	450	1200
MVF/MVF-I	250	500	1800
MVF/MVF-I	315	900	2500
MVF/MVF-I	400	1400	4500

Obr. 5.8 Volba regulátoru konstantního průtoku

6 NÁVRH JEDNOTEK

6.1 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK

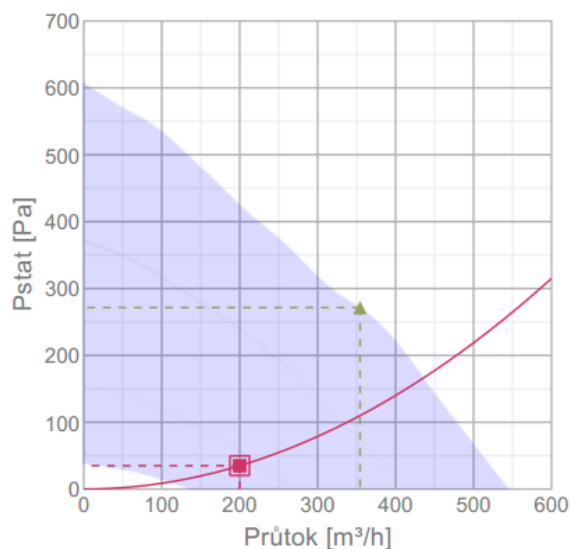
Návrh venkovních větracích jednotek byl proveden v návrhovém programu Systemair CAD od firmy Systemair (L23). Do návrhového programu se zadávají parametry pro dané zařízení, poté následuje výběr jednotky včetně případného doplnění, či odstranění různých komponentů vzduchotechnické jednotky. Jako příklad je uveden návrh pro páté zařízení. Vstupní parametry jsou uvedeny v tabulce 6-1.

Tab. 6-1 Parametry pro vzduchotechnickou jednotku (zařízení č.5)

Parametry	Léto	Zima
Teplota venkovního vzduchu [°C]	30°C	-15°C
Teplota vnitřního vzduchu [°C]	26°C	18°C
Relativní vlhkost venkovního vzduchu [%]	40%	95%
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu [%]	37%	30%
Objemový průtok [m ³ /h]	680 m ³ /h	
Tlaková ztráta -přívod [Pa]	140 Pa	
Tlaková ztráta -odvod [Pa]	130 Pa	

Pro dané parametry byla zvolena vzduchotechnická jednotka Geniox 10. Následně byl do jednotky přidán zvlhčovač vzduchu, a byl přemístěn filtr na sání čerstvého vzduchu, protože, jak je popsáno v kapitole 1.3, filtr musí být umístěn na sání vzduchu ještě před tlumičem hluku. Návrh pro první, druhé a třetí zařízení je analogický.

Jako čtvrté zařízení bude navržen pouze radiální ventilátor od firmy Systemair. Objemový průtok byl vypočítán v kapitole 4.4.1 a je roven 200 m³/h. Tlaková ztráta byla vypočítána v kapitole 5.5 a je rovna 35 Pa. Pro tyto hodnoty byl zvolen ventilátor typu KVK 160 s pracovním bodem vyznačeným na obr. 6.2 (L24).



Obr. 6.1 Pracovní bod ventilátoru

6.2 NÁVRH VNITŘNÍCH CHLADIVÝCH JEDNOTEK

Chladicí výkon pro jednotlivé chladivové jednotky byl vypočítán v kapitolách 4.1.2 – 4.5.2. Přáním investora bylo zvolit kazetové jednotky FXFQ-A s kruhovým výfukem od firmy Daikin. Tato chladivová jednotka poskytuje výbornou distribuci vzduchu. Firma Daikin poskytuje devět výrobních řad s chladicím výkonem od 1,7 kW až po 5,6 kW (L25).

Pro každou místnost byl dle potřebného chladicího výkonu zvolen typ a počet jednotek. Jako příklad je uveden návrh pro místnost 2.1.13 dvouložkový pokoj. Pro tuto místnost byl vypočítán chladicí výkon vnitřní chladivové jednotky v kapitole 4.5.2.4 a je roven 1,1 kW. Na obr. 6.3 je vidět, že nejnižší chladicí výkon daného typu jednotek je roven 1,7 kW, proto byla zvolena jednotka FXZQ15A (L25).

Typ		SB.FXZQ15A-2	SB.FXZQ20A-2	SB.FXZQ25A-2	SB.FXZQ32A-2
Hlavní jednotka		FXZQ15A	FXZQ20A	FXZQ25A	FXZQ32A
Dekorační panel (full white design)		BYFQ60CW	BYFQ60CW	BYFQ60CW	BYFQ60CW
Chladicí výkon	kW	1,7	2,2	2,8	3,6
Topný výkon	kW	1,9	2,5	3,2	4,0
Cena – Hlavní jednotka	CZK	30.987,-	31.949,-	32.491,-	35.905,-
Cena – Dekorační panel	CZK	7.491,-	7.491,-	7.491,-	7.491,-
Cena sady	CZK	38.478,-	39.440,-	39.982,-	43.396,-

Obr. 6.2 Volba vnitřní kazetové chladivové jednotky

Návrh ostatních kazetových chladivových jednotek je analogický.

Do místnosti Sterilizace S1.1.24 nemůže být z prostorových důvodů zvolena kazetová jednotka, proto zde budou navrženy dvě nástěnné jednotky umístěné na zdi. Pro tuto místnost byl vypočítán chladicí výkon vnitřní chladivové jednotky v kapitole 4.2.2.4 a je roven 2,8 kW. Budou navrženy dvě jednotky, na obr. 6.4 je vidět, že nejnižší chladicí výkon daného typu jednotek je roven 1,7 kW, proto byla zvolena jednotka FXAQ15A (L26).

Typ		FXAQ15A	FXAQ20A	FXAQ25A	FXAQ32A
Hlavní jednotka		FXAQ15A	FXAQ20A	FXAQ25A	FXAQ32A
Chladicí výkon	kW	1,7	2,2	2,8	3,6
Topný výkon	kW	1,9	2,5	3,2	4,0
Cena	CZK	18.820,-	19.418,-	19.807,-	20.227,-

Obr. 6.3 Volba vnitřní nástěnné chladivové jednotky

6.3 NÁVRH VENKOVNÍ KONDENZAČNÍ JEDNOTKY

Venkovní kondenzační jednotka bude navržena od firmy Daikin typu RXYQ-U. Návrh venkovní kondenzační jednotky se neprovádí analogicky, jako pro vnitřní jednotky. Po konzultaci s firmou Daikin byl proveden správný výběr jednotky. Součet potřebných chladicích výkonů vnitřních jednotek je roven 130 % výkonu venkovní jednotky. Pro zjednodušení, se pro každou jednotku uvádí název, ve kterém je na konci uvedeno číslo, jenž představuje chladicí výkon snížený o 30 %. Součet těchto čísel u všech použitých jednotek je roven potřebnému chladicímu výkonu venkovní jednotky.

Součet těchto snížených výkonů o 30 % je roven 52,6 kW proto byla zvolen jednomodulový systém RXYQ20U (L5)

Jednomodulové systémy

Typ pro napájení 3N- 400V		RXYQ8U	RXYQ10U	RXYQ12U	RXYQ14U	RXYQ16U	RXYQ18U	RXYQ20U
Nominální chladicí výkon	kW	22,4	28,0	33,5	40,0	45,0	50,0	56,0
Nominální topný výkon	kW	25,0	31,5	37,5	45,0	50,0	56,0	63,0
Cena	CZK	241.056,-	263.688,-	316.486,-	369.224,-	423.121,-	504.774,-	555.255,-

Obr. 6.5 Volba venkovní kondenzační jednotky

7 NÁVRH TLUMIČŮ HLUKU

Pro všechny vzduchotechnické jednotky musejí být navrženy tlumiče hluku. Výrobce vzduchotechnické jednotky udává hodnoty hladin akustického výkonu pro celé frekvenční pásmo. Budou zvoleny buňkové tlumiče od firmy Greif – akustika, pro návrh byl použit návrhový program od zmiňované firmy. V návrhovém programu se pro objemový průtok a hladinu akustického výkonu volí rozměr tlumiče a šířka buňky. U prvního druhého třetího a pátého zařízení byly tlumiče na výfuku a sání dimenzovány na maximální hladinu akustického výkonu 50 dB. Na přívodní a odvodní straně byly dimenzovány tlumiče na maximální hladinu akustického výkonu 40 dB. Výpočet je uveden v seznamu příloh.

Pro čtvrté zařízení, kterým je pouze radiální ventilátor, byl navržen analogicky kruhový tlumič od firmy Greif – akustika. Tlumič bude umístěn pouze na výtlačku, tak aby nebyla překročena hladina akustického výkonu 50 dB.

Regulátor konstantního průtoku je také zdrojem hluku, proto by měl být za každým regulátorem umístěn tlumič hluku. Výrobce, však neudává v technických listech žádné informace o hlučnosti regulátoru. Za každým regulátorem průtoku bude umístěn kruhový tlumič hluku o délce 1,5 m a průměru, kterému bude odpovídat rychlost proudění 3 m/s. Ze zkušenosti by tento návrh měl být na straně odpovídající bezpečnosti.

8 POŽADAVKY NA NAVAZUJÍCÍ PROFESE

8.1 STAVBA

Po montáži vzduchotechnického potrubí provést utěsnění prostupů potrubí stavební částí. Utěsnění musí zabezpečovat pružné uložení vzduchovodů vůči stavební konstrukci. Prostupy stavební konstrukcí pro vzduchotechnické potrubí musí být minimálně o 100 mm větší, než je skutečný rozměr potrubí (50 mm na každou stranu).

Zajistit prostupy na střechu pro vzduchotechnické potrubí, po montáži potrubí prostup zatěsnit. Projekčně a dodávkově zajistit uzemnění vzduchotechnického zařízení. Zajistit konstrukce pro jednotky umístěné ve strojovně, na střeše a v podkroví. Zajistit kontrolní a revizní otvory pod regulačními elementy rozvodů vzduchotechniky. Zajištění konstrukce pro uchycení venkovních kondenzačních VRV jednotek.

8.2 ELEKTROINSTALCE

Vzduchotechnické zařízení napojit na elektrickou rozvodnou soustavu 3x230/400 V. Přehled energetických požadavků jednotlivých vzduchotechnických zařízení je v katalogových listech konkrétních zařízení. U každého elektromotoru bude instalován blokovací vypínač umožňující vypnutí zařízení při opravách.

8.3 AUTOMATICKÁ REGULACE

Vnitřní chladivové jednotky jsou vybaveny automatickou regulací dodávanou výrobcem. Vstupním parametrem je teplota cirkulačního vzduchu. Nastavení požadované teploty provádí uživatel pomocí ovladače. V místnostech dvoulůžkového pokoje poběží jednotka pouze, když zde bude dospávat pacient. Pacient obdrží kartu jenž vloží do ovládání na stěně a následně může ovládat teplotu, pokud nebude karta vložena poběží jednotka na minimální výkon.

Vzduchotechnické jednotky pro přívod čerstvého vzduchu jsou regulovány na konstantní teplotu přiváděného vzduchu. Na teplotu přiváděného vzduchu nemá vliv tepelná zátěž, či tepelná ztráta. Směrodatnou hodnotou je teplota upraveného vzduchu na výtlaku ze vzduchotechnické jednotky a její následné porovnání s požadovanou teplotou. Postup regulace vypadá následovně. Regulátor odečítá z čidla teploty teplotu vzduchu na výtlaku ze vzduchotechnické jednotky a porovnává jí s požadovanou hodnotou, při zjištění odchylky upraví nastavení výkonu ohřívače, či chladiče.

Pro dodržení vlhkosti budou v místnostech instalovány čidla relativní vlhkosti. V zimním období poběží zvlhčovače ve vzduchotechnických jednotkách. Směrodatnou hodnotou je relativní vlhkost v místnosti. Postup regulace vypadá následovně. Regulátor odečítá z čidla relativní vlhkosti relativní vlhkost vzduchu v místnosti a porovná jí s požadovanou hodnotou, při zjištění odchylky upraví pomocí ventilu se servo pohonem výkon zvlhčovače.

Zařízení č.1 pro operační sál, bude mít dva provozní režimy, pracovní a mimopracovní režim. Pracovní režim se sepne tlačítkem umístěným na zdi před operačním sálem, v tu dobu poběží zařízení na výkon dimenzovaný v kapitole 4.1. Pokud nebude probíhat operace, tudíž bude tlačítko v poloze vypnuto, poběží zařízení na minimální výkon, zvlhčování a chlazení smí být vypnuto. Při čištění a dezinfekci operačního sálu musí být zařízení v pracovním režimu. Přepínání režimů by tedy mohlo

být pomocí spínání a vypínání osvětlení na operačním sále. Záleží na investorovi, jaké řešení zvolí.

Zařízení č.2, 3 a 5 se sepne 60 minut před začátkem pracovní doby a poběží po celý den. Zařízení se vypne 60 minut po konci pracovní doby.

Zařízení č.4 (radiální ventilátor) pro větrání místnosti na odpadky, se bude spínat každých třicet minut na dobu 5 minut.

8.4 ZDRAVOTNÍ INSTALACE

Zajistit svod kondenzátu od chladičů vnitřních jednotce a od zpětného získávání tepla. Zajistit podlahové vpusti ve strojovnách vzduchotechniky. Dále je nutné zajistit přívod vody pro parní vyvíječe a odvod kondenzátu od parních vyvíječů

8.5 PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ

Protipožární opatření budou provedeny důsledně dle platné legislativy. Protipožární opatření budou navrženy na základě požárně bezpečnostního stavby řešení stavby.

Rozvody vzduchotechniky o průřezu potrubí více než 40.000 mm² budou při prostupu požárně dělicími konstrukcemi (stěny, stropy) opatřeny požárními klapkami, v případě prostupujícího potrubí budou vzduchotechnické rozvody protipožárně izolovány. Je-li v požárně dělicí stěně osazena mřížka je provedena ve formě požárního stěnového uzávěru se servopohonem.

Chráněné únikové cesty budou větrány nuceným přetlakovým větráním, požadovaný přetlak zajišťují automatické přetlakové klapky umístěné v nejvyšším místě chráněné únikové cesty. Veškeré prostupy VZT potrubí požárně dělicími konstrukcemi budou dotěsněny požární ucpávkou, těsnicí materiál musí vykazovat požární odolnost shodnou s požární odolností konstrukce, kterou těsní a zároveň musí zůstat trvale pružný jako ochrana proti přenosu vibrací do konstrukce. Těsnění konstrukcí může provádět pouze firma proškolená výrobcem systému protipožárního těsnění.

8.6 PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ

U vzduchotechnického zařízení je důsledně dbáno na zabránění šíření hluku a vibrací. K zamezení pronikání hluku do větraných prostor budou provedena následující opatření: Vzduchotechnické a klimatizační jednotky budou od stabilních vzduchodů a

potrubní sítě odděleny pružnými manžetami a kompenzátory umožňující pohyb strojů min. 5 mm.

Napojení na potrubní hrdla, příruby a trubky výměníků vzduchotechnických jednotek budou provedena přes pružné kompenzátory nebo flexi hadice. Stroje, přístroje a zařízení, která jsou zdrojem vibrací v souvislosti s jejich funkcí, budou uložena na izolátorech chvění. Všechny rotační části použitých zařízení musí být staticky a dynamicky vyvážené. Distribuční elementy jsou voleny tak, aby ve spojitosti s požadovaným útlumem v tlumičích hluku a celé potrubní trasy byly v jednotlivých prostorách dodrženy požadované hladiny hluku. Rychlosti proudění v potrubí jsou voleny tak, aby proudění vzduchu nezpůsobovalo nadměrný hluk potrubní trasy byly v jednotlivých prostorách dodrženy požadované hladiny hluku.

8.7 IZOLACE

Veškeré potrubí dopravující tepelně upravený vzduch do větraného prostoru musí být tepelně izolováno. Důvodem izolování je snížení tepelných ztrát na minimum, zamezení případného orosování povrchu a tím prodloužení životnosti vzduchotechnického potrubí.

9 ZÁVĚR

V této práci byla popsána problematika týkající se návrhu vzduchotechnického zařízení ve zdravotnictví. Především problematika týkající se nedostatku předpisů pro navrhování. Jelikož v České republice není žádný předpis pro navrhování, byly popsány metody návrhu dle německé normy, která je v České republice hojně využívána k návrhu vzduchotechnického zařízení ve zdravotnictví.

Pro zadaný objekt polikliniky byly vypočítány energetické bilance. Tedy výpočet tepelné zátěže v létě a výpočet tepelných ztrát v zimě. Výpočty jsou uvedeny v příloze č.5 a č.6. Dále bylo nutné seznámit se objektem polikliniky a jejím provozem, aby bylo možné navrhnout koncepci větrání a klimatizace.

Objekt polikliniky byl rozdělen do 5 částí, z hlediska provozu, čistoty apod. Pro každou část bude navrženo samostatné vzduchotechnické zařízení.

- 1) Zařízení č.1 – bude navrženo pro místnost operačního sálu.
- 2) Zařízení č.2 – bude navrženo pro přípravu a dospívání a místnosti související s operačním sálem.

- 3) Zařízení č.3 – bude navrženo pro všechny ordinace, sklady, denní místnosti, šatny, hygienické zařízení, recepci a pro všechny chodby.
- 4) Zařízení č.4 – bude navrženo pro místnost na sklad odpadků z polikliniky.
- 5) Zařízení č.5 – bude navrženo pro dva dvoulůžkové pokoje, s nimi související hygienické zařízení a prostor pro sesternu.

Pro každé zařízení je nutné vypočítat objemový průtok přívodního vzduchu. Podkladem pro návrh objemových průtoků byla německá norma DIN 1946-4 (L6), nařízení vlády (L7) a Pražské stavební předpisy (L9). Podrobný výpočet objemových průtoků je uveden v příloze č.1. Zde je uvedena pouze tabula s celkovými vzduchovými průtoky.

Tab 9-1 Objemové průtoky pro jednotlivá zařízení

Zařízení	Přívod [m ³ /h]	Odvod [m ³ /h]
Zařízení č.1.	2600	2800
Zařízení č.2.	840	840
Zařízení č.3.	5980	5980
Zařízení č.4.	0	200
Zařízení č.5.	680	680

S návrhem objemových průtoků souvisel taktéž návrh chladících a topných výkonů, včetně úprav v h-x diagramu.

Pro první zařízení v letním období bude vzduch nasáván vzduchotechnickou jednotkou, vzduch se zchladí ve zpětném získávání tepla. Následně se vzduch kvůli odvlhčení zchladí v chladiči vzduchu uvnitř vzduchotechnické jednotky a poté se přívodní vzduch dohřeje a přivede do místnosti.

Pro první zařízení v zimním období bude vzduch nasáván vzduchotechnickou jednotkou, vzduch se ohřeje ve zpětném získávání tepla. Následně se vzduch ohřeje v ohřivači uvnitř vzduchotechnické jednotky na požadovanou teplotu. Dále se vzduch navlhčí v parním zvlhčovači a poté se přivede do místnosti.

Pro druhé, třetí a páté zařízení v letním období bude vzduch nasáván vzduchotechnickou jednotkou, vzduch se zchladí ve zpětném získávání tepla. Následně se vzduch zchladí v chladiči vzduchu uvnitř vzduchotechnické jednotky a poté se

přivede do místnosti. Uvnitř místnosti je vnitřní chladivovou jednotkou nasáván oběhový vzduch, který se zchladí ve vnitřní jednotce. Po úpravě vzduchu ve vnitřní jednotce se vzduch smísí s přírodním vzduchem z venkovní jednotky.

Pro druhé, třetí a páté zařízení v zimním období bude vzduch nasáván vzduchotechnickou jednotkou, vzduch se ohřeje ve zpětném získávání tepla. Následně se vzduch ohřeje v ohřívači uvnitř vzduchotechnické jednotky na menší než teplotu, než je požadovaná. Dále se vzduch navlhčí v parním zvlhčovači a poté se přivede do místnosti. V místnosti bude otopná soustava která bude hradit tepelnou ztrátu prostupem a tepelnou ztrátu větráním na požadovanou teplotu.

Výsledkem této kapitoly jsou výkony na chlazení pro venkovní jednotky, výkony na chlazení pro vnitřní jednotky, výkony na ohřev pro venkovní jednotky, výkony parních zvlhčovačů a v neposlední řadě výkony pro projektanta vytápění, kterými se budou v zimě hradit tepelné ztráty prostupem a větráním z 18 °C na 22 °C. V tabulce 9-2 jsou uvedeny výkony pro vzduchotechnické jednotky. Pro vnitřní jednotky jsou hodnoty uvedeny v příloze č.4.

Tab. 9-2 Vyhodnocení výkonů

Zařízení	Chladicí výkon [kW]	Topný výkon [kW]	Vlhčicí výkon [g/s]
Zařízení č.1.	14	9,9	3,2
Zařízení č.2.	1,8	2	0,7
Zařízení č.3.	13,6	16,6	2,2
Zařízení č.4.	-	-	-
Zařízení č.5.	1,5	1,6	0,6

Následně byly navrženy distribuční prvky. Pro první zařízení byla pro přívod vzduchu použita filtrační výustka. Pro odvod vzduchu byly použity komfortní mřížky umístěné u podlahy a pod stropem. Pro druhé zařízení byl pro přívod vzduchu použit vířivý anemostat a přírodní ventil, pro odvod vzduchu byl použit odvodní ventil. Pro třetí, čtvrté a páté zařízení byly použity přírodní a odvodní ventily. Společně s distribučními prvky byly navrženy pro všechna zařízení protidešťové žaluzie, které byly navrženy na průtočnou rychlost 2 m/s.

Objekt se dále musel rozdělat dle tříd čistoty jak udává (L6), na I třídu filtrace a II třídu filtrace. Pro I třídu filtrace musí být navržena třístupňová filtrace a pro II třídu filtrace musí být navržena běžná dvoustupňová filtrace. První a druhé zařízení spadá do I třídy filtrace, která vypadá následovně. Na sání čerstvého vzduchu do vzduchotechnické jednotky bude umístěn filtr F7, na výtlaku přírodního vzduchu ze vzduchotechnické jednotky bude umístěn filtr F5 a na konci u distribučního prvku bude umístěn filtr H13. Pro třetí a páté bude navržena běžná dvoustupňová filtrace, která vypadá následovně. Na sání čerstvého vzduchu do vzduchotechnické jednotky bude umístěn filtr F7, na výtlaku přírodního vzduchu ze vzduchotechnické jednotky bude umístěn filtr F5. Pro čtvrté zařízení nemusí být umístěn filtr, protože se jedná pouze o větrání místnosti na odpadky.

Následně bylo dimenzováno vzduchotechnické potrubí a to metodou konstantní rychlosti. Rychlost byla volena dle (L18), ve strojovnách a šachtách 5 m/s a v rozvodech vzduchu do místností 3 m/s. Dále musely být vypočítány tlakové ztráty třením a místními odpory, jenž jsou podkladem pro návrh vzduchotechnických jednotek. Dále byly navrženy na každou větev regulátory konstantního průtoku.

Vzduchotechnické jednotky byly navrženy v návrhovém programu (L23). Vnitřní chladičové jednotky byly navrženy dle potřebných chladičích výkonů. Venkovní kondenzační jednotky byly navrženy dle postupu od výrobce. Jenž je uveden v kap. 6.3.

Jako poslední byly navrženy tlumiče hluku, k čemuž byl použit návrhový program. Pro první, druhé, třetí a páté zařízení byly navrženy tlumiče hluku na výtlaku a sání vzduchu u vzduchotechnické jednotky na maximální hladinu akustického výkonu 50 dB. Na přírodní a odvodní straně byly dimenzovány tlumiče hluku na maximální hladinu akustického výkonu 40 dB. Regulátor konstantního průtoku je také zdrojem hluku, proto by měl být za každým regulátorem umístěn tlumič hluku. Výrobce, však neudává v technických listech žádné informace o hlučnosti regulátoru. Za každým regulátorem průtoku bude umístěn kruhový tlumič hluku o délce 1,5 m a průměru, kterému bude odpovídat rychlost proudění 3 m/s. Ze zkušenosti by tento návrh měl být na straně odpovídající bezpečnosti.

Na závěr práce jsou uvedeny požadavky na navazující profese, kterými jsou: stavba, elektroinstalace, automatická regulace, zdravotní regulace, protipožární opatření a protihluková opatření.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (L1) TREPKA, Stanislav. *Projektování vzduchotechniky ve zdravotnictví*. Projektování - diskuse, 1/2005, 12 -13.
- (L2) TREPKA, Stanislav. *Zahraniční standardy pro navrhování a provoz klimatizace ve zdravotnictví*. Příloha časopisu VVI, 4/2002.
- (L3) DRKAL, František. *Klimatizace*. Praha : ČVUT FS 2015
- (L4) ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: ÚNMZ Červenec 1986.
- (L5) *Kondenzační jednotka* [online]. daikin.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: https://www.daikin.cz/cs_cz/produkty/RXYQ-U.html
- (L6) DIN 1946-4. *Vzduchotechnická zařízení v nemocnicích*. Německo: NHRS Prosinec 1989.
- (L7) Sbírka zákonu č. 93/2012. *Narizení vlády*. Česká republika únor 2012
- (L8) ČSN EN 15 665. *Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*.
- (L9) Nařízení č. 10/2016 Sb. hl. m. Prahy (Pražské stavební předpisy)
- (L10) DIN 1946-2. *Raumlufttechnik – Gesundheitstechnische Anforderungen*.
- (L11) *Produkce tepla a vodní páry* [online]. TZB-info.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/61-produkce-tepla-a-vodni-pary-od-lidi>
- (L12) ČSN EN 12 831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*.
- (L13) *Filtrační výustka pro operační sál* [online]. blockrs.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <https://www.blockrs.cz/katalog/download-pdf/58?hash=48377e36c96d9f8e1fa7acc81fe3f8d3>
- (L14) *Komfortní výustka VKE* [online]. Elektrodesign.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/vke-h-1-0-200x100-vyustka-komfortni>
- (L15) *Výřivý anemostat* [online]. Elektrodesign.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/dfr-a-600x16-r-virivy-anemostat>

- (L16) *Talířový ventil přívodní* [online]. Elektrodesign.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/ki-160-talirovy-ventil-privodni>
- (L17) *Talířový ventil odvodní* [online]. Elektrodesign.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/ko-160-talirovy-ventil-odvodni>
- (L18) DRKAL, František. Větrání. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT.
- (L19) *Tlaková ztráta místními odpory* [online]. Dostupné z: <https://www.qpro.cz/Tlakova-ztrata-mistnimi-odpory-Strana-3>
- (L20) *Protidešťová žaluzie* [online]. Elektrodesign.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/twg-160-protidestova-zaluzie>
- (L21) *Kapsový filtr* [online]. Ksklimaservice.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <http://www.ksklimaservice.cz/cz/kapsovy-filtr-ks-pak-85>
- (L22) *Regulátor průtoku* [online]. Elektrodesign.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/mvf-100-varioflow-regulator-konstantniho-prutoku>
- (L23) *Software ke stažení* [online]. systemair.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cz/Ceska/Support/Software-tools/>
- (L24) *Ventilátor* [online]. systemair.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cz/Ceska/Products/ventilatory--prislusenstvi/ventilatory-kruhove/izolovane-ventilatory-s-ec-motory/kvk-sil-ec/kvk-silent-160-ec/>
- (L25) *Kazetová jednotka* [online]. daikin.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: https://www.daikin.cz/cs_cz/produkty/FXFQ-A.html
- (L26) *Nástěnná jednotka* [online]. daikin.cz [cit. 23.6.2019]. Dostupné z: https://www.daikin.cz/cs_cz/produkty/FXAQ-A.html

SEZNAM PŘÍLOH

SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

PŘÍLOHY NA PŘILOŽENÉM CD

Příloha 1 – Výpočet objemového průtoku

Příloha 2 – Návrh výustek

Příloha 3 – Dimenzování a výpočet tlakových ztrát

Příloha 4 – Výkony vnitřních jednotek

Příloha 5 – Výpočet tepelných ztrát

Příloha 6 – Výpočet tepelných zátěží

Příloha 7 – h-x diagramy

Příloha 8 – Katalogové listy

Příloha 9 – Návrh tlumičů

Příloha 10 – Diplomová práce elektronická podoba