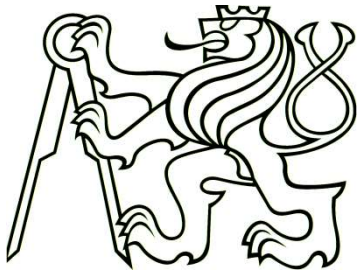


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE



FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF BUILDING SERVICES

VĚTRÁNÍ ZDRAVOTNICKÉHO ZAŘÍZENÍ
VENTILATION SYSTEM IN THE HEALTHCARE FACILITY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Klára Hlavatá
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.
SUPERVISOR

PRAHA 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Hlavatá Jméno: Klára Osobní číslo: 381021

Zadávací katedra: K125 Technická zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Větrání zdravotnického zařízení

Název diplomové práce anglicky: Ventilation system in the healthcare facility

Pokyny pro vypracování:

Projekt větrání zadané budovy zdravotnického zařízení. Textová část - technická zpráva, výpočet množství vzduchu, návrh trasy rozvodů, návrh dimenzí, základní bilanční výpočty. Výkresová část - půdorysy, nezbytné detaily, řešení technické místnosti, funkční schéma.

Koncepční řešení vytápění - půdorysy podlaží, technická zpráva

Studie na téma Čisté prostory ve zdravotnických zařízeních

Seznam doporučené literatury:

Gebauer, Gunter: Vzduchotechnika. Era 2007. ISBN 8073660918

Papež, Karel: Energetické a ekologické systémy budov 2 : Vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení. ČVUT, Praha 2007.

Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.


Rubina, A. :Vzduchotechnické systémy pro čisté prostory operačních sálů - Návrh vzduchotechnických systémů. Praha: Institute for International Research, 2013.


Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 20.2.2017

Termín odevzdání diplomové práce: 21.5.2017


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

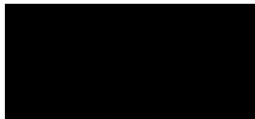

Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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


Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu.

21. května 2017

Poděkování:

Touto cestou děkuji panu doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za vedení při vypracování diplomové práce, jeho vstřícnost, trpělivost, cenné rady a připomínky.

Můj velký dík patří mému synovi Filipovi, který přišel na svět v průběhu tohoto semestru a je tak nedílnou součástí mé práce. Současně moc děkuji svému partnerovi za podporu a poskytnutou lásku.

Poděkování patří v neposlední řadě rodině a přátelům za morální podporu během celého studia a také celé společnosti, které se podařilo zachovat kvalitní a bezplatné školství.

ABSTRAKT

Diplomová práce řeší projekt větrání a koncepční řešení vytápění objektu Zdravotního střediska v Postoloprtech. Jedná se o rekonstrukci stávajícího objektu.

V teoretické části se zabývám čistými prostory hlavně v nemocnicích.

Zdravotní střediska nicméně nevyžadují zvýšené požadavky na čistotu přiváděného vzduchu ani na jeho úpravu. Mým cílem je návrh projektu větrání na vyšší úrovni, než je legislativně požadováno, ale současně přiměřeně k procesům, které se v objektu provádějí.

Prívod 100% čerstvého vzduchu do objektu zajišťuje centrální větrací jednotka s rekuperací vzduchu, která je umístěna v exteriéru v přístřešku. Vzduch je filtrován a ohříván. Další úpravy vzduchu byly vyhodnoceny jako nadstandardní, proto nejsou použity.

Koncepční řešení vytápění zahrnuje návrh otopných těles, jejich rozmístění a návrh vedení otopné soustavy v celém objektu. Středisko je vytápěno deskovými tělesy v hygienickém standardu. Zdroj tepla bude ponechán – centrální zásobování teplem (CZT).

KLÍČOVÁ SLOVA

Nucené větrání, vzduchotechnika, filtrace, čistý prostor, vytápění, zdravotní středisko, deskové otopné těleso v hygienickém provedení

ABSTRACT

My final thesis concerns project of airflow and conceptual solution of heating Medical center in Postoloprty. It is on occasion of reconstruction of the object.

In theoretical part, I deal with clean environment, especially in hospitals. But medical centers in general don't require any higher standards for purity of airflow - or it's treatment. My goal is to design airflow system on higher level than required by the legislation, but at the same time corresponding with processes taking place in such objects.

Airflow of absolute pure air is maintained by central air conditioning unit with ability to recuperate air, located outside of the building. Air is filtered and heated there. Any subsequent treatment of air would be redundant.

My solution of heating consists of heating units and their placement and conduit in the whole object. The medical center is heated by panel heaters of hygienic standard. Source of heat remains - central heating supply (CHS).

KEYWORDS

Mechanical ventilation, airconditioning systém, filtration, clean room, heating, healthcare facility, panel radiator in hygienic design

OBSAH

ÚVOD A CÍL PRÁCE	8
ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ	8
TEORETICKÁ ČÁST	9
1 NORMY A PŘEDPISY PRO ČISTÉ PROSTORY	9
1.1 VÝVOJ ČESKÝCH HYGIENICKÝCH PŘEDPISŮ PRO KLIMATIZACI VE ZDRAVOTNICTVÍ.....	9
1.2 ČESKÉ NORMY.....	10
1.3 ZAHRANIČNÍ NORMY	11
1.3.1 BS 5295	11
1.3.2 BS 5295 Z ROKU 1976	11
1.3.3 BS 5295 Z ROKU 1989	12
1.3.4 US FS 209	12
1.4 MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ NOREM.....	14
2 ČISTÉ PROSTORY	14
2.1 ZDROJE NEČISTOT	15
2.2 HISTORIE ČISTÝCH PROSTOR.....	16
2.3 DEFINICE ČISTÉHO PROSTORU	17
2.3.1 DALŠÍ TERMÍNY A DEFINICE DLE ČSN EN 14644-1.....	17
2.4 POUŽITÍ ČISTÝCH PROSTOR.....	17
2.5 HLAVNÍ PARAMETRY ČISTÝCH PROSTOR.....	18
2.5.1 TŘÍDA ČISTOTY	18
2.5.2 TYPY PROUDĚNÍ	21
2.5.3 TEPLOTA A VLHKOST.....	22
2.5.4 HLUK A VIBRACE	23
2.6 SEGREGACE ČISTÝCH PROSTOR POMOCÍ TLAKU	25
2.6.1 KONCEPT VÝTLAKU (NÍZKÝ DIFERENČNÍ TLAK, VYSOKÝ PRŮTOK VZDUCHU).....	25
2.6.2 DIFERENCE TLAKU (VYSOKÝ DIFERENČNÍ TLAK, NÍZKÝ PRŮTOK VZDUCHU).....	25
2.6.3 TLAKOVÝ SPÁD – SMĚR PROUDĚNÍ VZDUCHU.....	26
2.6.4 FYZICKÁ BARIÉRA	26
2.7 REFERENČNÍ METODA PRO KLASIFIKACI ČISTOTY VZDUCHU PODLE KONCENTRACE ČÁSTIC DLE ČSN EN ISO 14644-1.....	27
2.8 ROZDĚLENÍ NEMOCNÍČNÍCH PROSTOR.....	29
2.8.1 ROZDĚLENÍ OPERAČNÍCH SÁLŮ	29

3	VZDUCHOTECHNIKA	30
3.1	STROJOVNA VZDUCHOTECHNIKY	30
3.2	KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA	31
3.3	FILTRACE VZDUCHU.....	31
3.3.1	TERMÍNY A DEFINICE DLE ČSN EN 779 A ČSN EN 1822-1	31
3.3.2	FILTRY ATMOSFÉRICKÉHO VZDUCHU	32
3.4	REKUPERACE TEPLA A POUŽITÍ CIRKULAČNÍHO VZDUCHU	35
3.5	OHŘEV A CHLAZENÍ.....	36
3.6	ÚPRAVA RELATIVNÍ VLHKOSTI VZDUCHU	36
3.7	POTRUBÍ.....	37
3.7.1	REGULÁTOR PRŮTOKU VZDUCHU	38
3.7.2	POŽÁRNÍ Klapky	38
3.8	KONCOVÉ PRVKY V INTERIÉRU	39
3.8.1	PŘÍVOD VZDUCHU	39
3.8.2	ODVOD VZDUCHU	40
3.9	KONCOVÉ PRVKY V EXTERIÉRU	41
3.10	MĚŘENÍ A REGULACE.....	42
3.10.1	ŘÍZENÍ TEPLoty V PROSTORU OS	42
3.11	UVEDENÍ ZAŘÍZENÍ DO PROVOZU	43
3.12	PROVOZ A ÚDRŽBA	44
4	VYTÁPĚNÍ.....	49
5	PŘÍKLADY REALIZACÍ.....	50
	ZÁVĚR.....	53
	POUŽITÉ ZDROJE.....	54
	SEZNAM ZKRATEK.....	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	58
	SEZNAM TABULEK	59

ÚVOD A CÍL PRÁCE

V diplomové práci jsem se zabývala problematikou čistých prostor především ve zdravotnictví. Snažila jsem se o přehledný souhrn požadavků na čistotu vzduchu v nemocnicích a na operačních sálech.

Větrání čistých prostorů je specifickým odvětvím v oblasti vzduchotechniky. Jeho vývoj je spojen s pokrokem ve zdravotnictví, vesmírném výzkumu a průmyslu.

Řešení čistého prostoru nelze unifikovat pro všechna odvětví. Podmínky např. pro farmacii a průmysl jsou odlišné. Liší se požadavky na třídu čistoty vzduchu. Se zvyšující se třídou čistoty roste i pořizovací cena zařízení. Není ekonomicky výhodné se snažit dosahovat v návrhu výrazně vyšší požadované třídy čistoty, než je dáno pro danou aplikaci.

Proto je mým cílem navrhnout projekt větrání na vyšší úrovni, než je legislativně požadováno, ale současně přiměřeně k procesům, které se v objektu provádějí.

Výsledkem mé diplomové práce by měl být projekt větrání a koncepční řešení vytápění Zdravotního zařízení v Postoloprtech. Jedná se o rekonstrukci stávajícího dvoupodlažního objektu.

ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ

Zvolenou metodou řešení je kombinace výpočtu fyzikálních vztahů a dějů v programu Excel společně se specializovanými softwary pro navrhování systémů TZB.

- Protech

Program Protech je český software pro oblast hodnocení energetické náročnosti budov a TZB. Jedná se o komplexní soubor vzájemně propojených modulů a programů, které jsou podporovány rozsáhlou databází technických a výpočtových parametrů zařízení sloužících v systémech TZB. Pro potřeby této práce byly využity moduly TV (tepelný výkon) norma ČSN EN 12 831. V modulu TV byly spočítány tepelné ztráty jednotlivých místností střediska a navržena vhodná otopná tělesa dle příslušných ztrát.

- Excel

Program Excel byl využit pro návrh dimenzí rozvodů vzduchotechniky, tlakových ztrát VZT a většinu dalších výpočtů.

- REMAK AeroCAD

Návrh VZT jednotky byl proveden návrhovém programu společnosti Remak.

- AutoCAD

Grafické zpracování všech výkresů bylo provedeno v softwaru AutoCAD 2015.

TEORETICKÁ ČÁST

1 NORMY A PŘEDPISY PRO ČISTÉ PROSTORY

1.1 VÝVOJ ČESKÝCH HYGIENICKÝCH PŘEDPISŮ PRO KLIMATIZACI VE ZDRAVOTNICTVÍ

Na počátku osmdesátých let mělo ministerstvo zdravotnictví snahu vytvořit hygienický předpis pro klimatizaci ve zdravotnictví. Ve Zdravoprojektu Praha byly zpracovány typizační směrnice zdravotnických staveb, nemocnic a poliklinik a v jejich rámci typizační směrnice z oboru techniky a prostředí – IV. Technická zařízení a vybavení – Vzduchotechnická vybavení. Poslední verze této směrnice je z roku 1991, ale ani ta se nedočkala oficiálního schválení. I v této neschválené podobě sloužila jako jediný ucelený podklad pro projektanty a hygieniky. Dále byly používány materiály ze seminářů na toto téma, které byly zpravidla pořádány Českou vědecko-technickou společností.

Přednášky v oboru vzduchotechniky pro zdravotnictví vycházely zejména ze zahraničních standardů ze SRN, Rakouska a Švýcarska.

Po roce 1990 chyběl po rozpadu Zdravoprojektu specializovaný projektový ústav zaměřený na zdravotnictví. Ustala i snaha ministerstva zdravotnictví zpracovat nový hygienický předpis, který by odpovídal současným poznatkům. V současné době pod tlakem EU a požadavků WHO se tento problém začal řešit. [28]

TABULKA 1 Ukázka tabulky místností ze Sborníku technických řešení nemocnice s poliklinikou I. a II. typu – část Vzduchotechnická zařízení, částečně upraveno pro současné podmínky [7]

Místnost	Mikroklima			Výměna vzduchu [x/h]	Úpravy vzduchu			Tlakové poměry	Třída čistoty dle [3]	Hladina aku. tlaku [dB]	
	zima	zima	léto		filtrace	ohřev chlazení					zvlhčování
	t [°C]	φ [%]	t [°C]								
OS superseptický	24	50	21	30	G4+F9 +H13 nebo U14	A	A	A	+	5	40
OS aseptický	24	50	21	20	G4+F9 +H13	A	A	A	+	7	40
OS septický	24	50	21	20	G4+F9 +H13	A	A	A	-	7	40
Příprava pacienta	24	50	24	8	G4+F9 +H13	A	A	A	-	8	45
Sterilní sklad	22	X	26	30	G4+F9 +H13	A	A	X	-	7	45
Sklad přístrojů	24	50	24	6	G4+F9 +H13	A	A	A	-	8	45
Mytí lékařů	24	50	24	8	G4+F9 +H13	A	A	X	-	8	45

1.2 ČESKÉ NORMY

Technické normy a předpisy mají za úkol zajistit obecně závazné požadavky a metody pro správný návrh, montáž a provoz čistých prostor. Mezi nejpoužívanější předpisy patří US FS 209 (americký) a BS 5295 (britský).

Uvádím zde seznam norem a zákonů, které se zabývají především problematikou čistoty prostředí ve zdravotnictví v České republice:

- ČSN EN ISO 14644-1 12 5301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu
- ČSN EN ISO 14644-2 12 5301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 2: Sledování pro zjištění vlastností čistého prostoru týkajících se čistoty vzduchu podle koncentrace částic
- ČSN EN ISO 14644-3 12 5301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 3: Zkušební metody
- ČSN EN ISO 14644-4 12 5301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 4: Návrh, konstrukce a uvádění do provozu
- ČSN EN ISO 14644-5 12 5301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 5: Provozování
- ČSN EN ISO 14644-6 12 5301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 6: Slovník
- ČSN EN ISO 14644-7 12 5301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 7: Oddělovací zařízení (boxy s čistým vzduchem, rukávcové boxy, izolátory a zařízení pro miniprostředí)
- ČSN EN ISO 14644-8 12 5301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 8: Klasifikace molekulárního znečištění vzduchu
- ČSN EN 14799 12 5000 Filtry pro čištění vzduchu - Terminologie
- ČSN EN 1822-1 12 5002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a UPLA) – Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování
- ČSN EN 1822-2 12 5002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a UPLA) – Část 2: Výroba aerosolu, měřicí zařízení, statistické počítání částic
- ČSN EN 1822-3 12 5002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a UPLA) – Část 3: Zkušební média plochých filtrů
- ČSN EN 1822-4 12 5002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a UPLA) – Část 4: Stanovení propustností filtračních prvků (skenovací metoda)
- ČSN EN 1822-5 12 5002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a UPLA) – Část 5: Stanovení účinnosti filtračních prvků
- ČSN EN 779 12 5001 Filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic pro všeobecné větrání – Stanovení filtračních parametrů
- ČSN EN 73 0835 Požární bezpečnost staveb – Budovy zdravotnických zařízení a sociální péče
- Vyhláška č. 84/2008 Sb. o správné lékařské praxi, bližších podmínkách zacházení s léčivy v lékárnách, zdravotnických zařízeních a u dalších provozovatelů a zařízení vydávajících léčivé přípravky
- Vyhláška č. 92/2012 Sb. o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče
- Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- Vyhláška č.137/2004 Sb. o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných.
- Vyhláška č. 306/2012 Sb. o podmínkách předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a o hygienických požadavcích na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

České státní normy jsou nezávazné, pokud zákonný předpis nestanoví jinak. Řídí-li se projektant doporučeními z ČSN, nemusí jejich aplikaci zdůvodňovat. Pokud se od ČSN odchýlí, musí své řešení zdůvodnit. Závazné jsou údaje a požadavky v zákonech, nařízeních vlády a vyhláškách ministerstev.

1.3 ZAHRANIČNÍ NORMY

Jako příklady zahraničních podkladů uvádím německou DIN 1946 Raumlufttechnische Anlagen in Krakenhausern vydanou v roce 1999, rakouskou ÖNORM H 6020 Lüfttechnische Anlagen in Krakenanstalten – Projektierung, Eriching ung Kontrolle vydanou také roku 1999, americký Federal Standard 209 E vydaný roku 1992 a British Standard 5295 z roku 1989.

1.3.1 BS 5295

1.3.2 BS 5295 Z ROKU 1976

British Standard 5295 z roku 1976 klasifikuje čisté prostory pouze na neživé částice o velikosti 0,5 μm a větší.

Stanovoval tyto specifikace:

Rychlost vzduchu	horizontální	0,45 \pm 0,1 m/s
	vertikální	0,3 \pm 0,05 m/s
Proudění laminární		
Tlaková diference		15 Pa
Výměna vzduchu		10 - 20 h ⁻¹ dle třídy čistoty
Teplota		20 \pm 2 °C
Vlhkost		35 – 50 %
Hladina aku. tlaku		do 65 dB
Osvětlení		nad 300 lx

Předepisoval také intervaly monitorování pro jednotlivé třídy čistoty, typ proudění a účinnosti HEPA filtru. [13]

1.3.3 BS 5295 Z ROKU 1989

British Standard 5295 z roku 1989 je rozdělen do deseti tříd čistoty. Standard uvažuje už s velikostí částic 0,3 μm .

TABULKA 2 Tabulka tříd čistoty podle BS 5295 z roku 1989 [12]

Třída čistoty	Maximální povolený počet částic/m ³					Max plocha pro vzorkování ČP [m ²]	Min tlaková diference	
	0,3 μm	0,5 μm	5 μm	10 μm	25 μm		Mezi klasifik. a neklasifik. zónou	Mezi klasifik. a přílehlou klasifik. zónou nižší třídy
C	100	35	0	NS	NS	10	15	10
D	1 000	350	0	NS	NS	10	15	10
E	10 000	3 500	0	NS	NS	10	15	10
F	NS	3 500	0	NS	NS	25	15	10
G	100 000	35 000	200	0	NS	25	15	10
H	NS	35 000	200	0	NS	25	15	10
J	NS	350 000	2 000	450	0	25	15	10
K	NS	3 500 000	20 000	4 500	500	50	15	10
L	NS	NS	200 000	45 000	5 000	50	10	10
M	NS	NS	NS	450 000	50 000	50	10	NA

NS – není specifikovaný limit
NA – není použitelná hodnota

1.3.4 US FS 209

První klasifikace čistého prostoru Spojených států byla publikována roku 1963 pod názvem "Cleanroom and Work Station Requirements, Controlled Environments". Byla revidována roku 1966 a vznikl US Federal Standard 209A, dále prošla změnou roku 1973 (209B), 1987 (209C), 1988 (209D) a 1992 (209E). [12]

Následující tabulka zobrazuje klasifikaci, která byla stanovena ve verzích FS 209A – D.

TABULKA 3 Tabulka tříd čistoty podle FS 209D [12]

Třída	Velikost posuzované částice [μm]				
	0,1	0,2	0,3	0,5	5,0
1	35	7,5	3	1	-
10	350	75	30	10	-
100	-	750	300	100	-
1 000	-	-	-	1 000	7
10 000	-	-	-	10 000	70
100 000	-	-	-	100 000	700

Nejnovější FS 209E, který byl publikován v roce 1992, udává koncentraci polétavých částic ve vzduchu vyjádřenou v metrických jednotkách – v m³.

TABULKA 4 Tabulka tříd čistoty podle FS 209E [12]

Název třídy klasifikace		Hranice tříd									
		0,1 µm		0,2 µm		0,3 µm		0,5 µm		µm	
SI	GB	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³
M 1		350	9,91	75,7	2,14	30,9	0,875	10,0	0,283	-	-
M 1,5	1	1 240	35,0	265	7,50	106	3,00	35,3	1,00	-	-
M 2		3 500	99,1	757	21,4	309	8,75	100	2,83	-	-
M 2,5	10	12 400	350	2 650	75,0	1 060	30,0	353	10,0	-	-
M 3		35 000	991	7 570	214	3 090	87,5	1 000	28,3	-	-
M 3,5	100	-	-	26 500	750	10 600	300	3 530	100	-	-
M 4		-	-	75 700	2 140	30 900	875	10 000	283	-	-
M 4,5	1 000	-	-	-	-	-	-	35 300	1 000	247	7,00
M 5		-	-	-	-	-	-	100 000	2 830	618	17,5
M 5,5	10 000	-	-	-	-	-	-	353 000	10 000	2 470	70,0
M 6		-	-	-	-	-	-	1 000 000	28 300	6 180	175
M 6,5	100 000	-	-	-	-	-	-	3 350 000	100 000	24 700	700
M 7		-	-	-	-	-	-	10 000 000	283 000	61 800	1 750

V současné době není norma US FS 209E platná a doporučuje se místo ní používat normy ISO 14 644. Nicméně se s touto klasifikací můžeme v praxi setkávat, proto je vhodné ji znát.

1.4 MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ NOREM

V následující tabulce uvádím ukázkou klasifikace tříd čistoty z několika zemí.

TABULKA 5 Ukázkou klasifikace tříd čistoty ve vybraných zemích [7]

Země	USA	USA	VB	Austrálie	Francie	Německo	ČR
Norma	209D	209E	BS 5295	AS 1386	AFNOR X44101	VDI 2083	ČSN EN ISO 14644-1
od roku	1988	1992	1989	1989	1989	1990	1999
	-	M 0,5					1
	-	M 1				0	2
	1	M 1,5	C	0,035	-	1	3
	10	M 2,5	D	0,35	-	2	4
	100	M 3,5	E nebo F	3,5	4 000	3	5
	1 000	M 4,5	G nebo H	35	-	4	6
	10 000	M 5,5	J	350	400 000	5	7
	100 000	M 6,5	K	3 500	4 000 000	6	8
	-	M 7,0					9

2 ČISTÉ PROSTORY

Čistý prostor má řízené prostředí, ve kterém je sledována koncentrace částic pevného aerosolu ve vzduchu podle určitých limitů. Částice jsou do prostředí emitovány lidmi, technologií, údržbou a zařízením.

Pro zajištění čistých prostor musíme komplexně řídit prostředí v dané místnosti. Vzduchotechnika obstará výměnu vzduchu, směr proudění, tlakové poměry, teplotu, vlhkost a speciální filtraci vzduchu.

Prostředí v typické kancelářské budově obsahuje od 500 000 do 1 000 000 částic velikosti 0,5 μm a větších v metru krychlovém. Čisté prostory operačních sálů obsahují v prostředí podle požadované třídy čistoty 100 nebo 10 000 částic této velikosti. Lidský vlas má průměr 75 až 100 μm . Částice cca 200x menší je povolenou největší částicí v čistém prostoru superseptického sálu. [7]

Pro čisté prostory (ČP) pro přípravu léčiv jsou jednoznačně dané požadavky na kvalitu prostředí, způsob jejího dosažení i kontroly. Pro ČP ve zdravotnictví takové požadavky nikde nejsou stanoveny ani řešeny. Proto vycházíme z ČSN EN ISO 14 644-1 a veškeré požadavky kladené na ČP ve zdravotnictví (operační sály s příslušenstvím, JIP, ARO, vyšetřovny apod.) jsou stanoveny pouze dohodou mezi pracovníky orgánů ochrany veřejného zdraví, výrobci ČP, projektanty ČP a zdravotníky. [9]

TABULKA 6 Dohodou stanovené požadavky na kvalitu vnitřního prostředí zdravotnických pracovišť [9]

Typ prostoru	Označení čistého prostoru – tříd čistoty podle ČSN EN ISO 14644-1				
	5	6	7	8	>8 *
Superseptický operační sál	X	X			
Zázemí superseptického sálu			X		
Aseptický a septický operační sál			X		
Zázemí aseptických a septických operačních sálů				X	
Zámkový sál				X	
JIP popáleniny	X	X			
JIP transplantace		X			
JIP pooperační				X	
JIP interna					X
ARO			X	X	
Porodní box					X
Novorozenecká jednotka				X	
Angiografie				X	
RTG, CT, magnetická rezonance, endoskopie					X
Transfúzní odběrový box					X
Dialýza					X
Pokoje pacientů					X
*není požadován čistý prostor					

2.1 ZDROJE NEČISTOT

Kontaminace je proces, kdy materiály nebo povrchy uvolňují částice do prostředí. Povrchy mohou kontaminovat prostředí dvěma způsoby – emitováním částic nebo filmu. Čím jsou částice jemnější, tím jsou více nebezpečné. Zdroje kontaminace jsou:

- Zařízení
 - stěny, podlahy, stropy
 - malby, nátěry
 - konstrukční materiály (kámen, beton)
 - částice ze vzduchotechniky
 - vzduch z prostoru a pára
 - částice infiltrované spárami a netěsnostmi
 - desinfekční prostředky
- Lidé
 - částice kůže a tělesných tekutin
 - kosmetika a parfémy
 - vlákna nebo částice z oděvu
 - vlasy
 - vydechovaný aerosol [7]

2.2 HISTORIE ČISTÝCH PROSTOR

Historici, kteří se zabývají čistými prostory, tvrdí, že koncept ochrany před kontaminací vznikl na počátku 20. století v prostorech nemocničních operačních sálů a infekčních odděleních. Mikrobiologové dokázali, že bakterie jsou příčinou infekce ran. Začaly vznikat první pokusy o eliminaci bakterií a principy pro prostory s definovaným stavem mikroklimatu - přívod čistého filtrovaného vzduchu a vytvoření přetlaku v čisté místnosti.

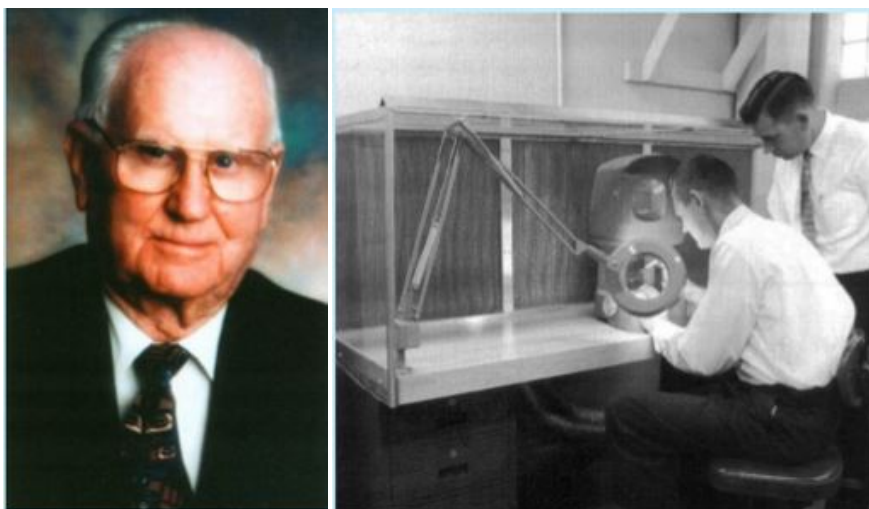
Moderní čisté prostory se však zrodily z potřeby přesnosti výroby během druhé světové války a následně v souvislosti s vesmírným programem NASA. Vesmírný program se zaručoval jistotou 99,9 %, že zabrání rozšíření živých pozemských organismů mimo naši planetu. Standard NASA "Clean Rooms and work Stations for Microbiologically Controlled Environment" byl použit jako základ FDA (Agentura pro kontrolu léčiv a potravin) předpisů pro mikrobiologické monitorování aseptických procesů.

Během druhé světové války, průmyslové výroby v USA a Velké Británii se vyvinuly první čisté prostory ke zlepšení kvality a spolehlivosti přístrojového vybavení používaného ve zbraních, tancích a letadlech. V tomto období byl také vyvinut HEPA filtr, který s vysokou účinností odstraňuje částice ze vzduchu a stal se dostupný pro průmyslové využití na počátku roku 1950. [1]



OBRÁZEK 1 Výroba plynových filtrů pro Švýcarskou armádu z roku 1939 [1]

Laminární (jednosměrné) proudění bylo formulováno v roce 1961 týmem výzkumníků Sandia Laboratories, který vedl Dr. Willis Whitfield. Tento koncept se stal základem pro laminární boxy a čisté prostory.



OBRÁZEK 2 Vlevo: Willis Whitfield, vpravo jeho pracoviště čistého prostoru vybudované v roce 1962 [1]

2.3 DEFINICE ČISTÉHO PROSTORU

Norma ČSN EN ISO 14 644-1 až 6 definuje čistý prostor takto:

„Čistý prostor je definovaný prostor, ve kterém je koncentrace částic ve vznosu regulována, aby byla splněna specifikovaná třída čistoty pro částice ve vznosu.“

2.3.1 DALŠÍ TERMÍNY A DEFINICE DLE ČSN EN 14644-1

- *Čistá zóna* je prostor, ve kterém je regulována a kontrolována koncentrace polétavých částic, tlak, vlhkost a teplota. Zóna může být samostatně uzavřená a oddělená od části čistého prostoru nebo může být otevřená a propojená s okolním čistým prostorem. Zóna může být i mimo čistý prostor a být samostatně. Vše je závislé na požadavcích třídy čistoty.
- *Částice* je část hmoty s definovanými fyzikálními hranicemi.
- *Velikost částice* je průměr koule, který v příslušném přístroji vyvolá stejnou odezvu jako měřená částice.
- *Koncentrace částic* je počet jednotlivých částic v jednotce objemu vzduchu.
- *Makročástice* je taková částice, která má ekvivalentní průměr větší než 5 μm . [3]

2.4 POUŽITÍ ČISÝCH PROSTOR

Čisté prostory se rozdělují do dvou skupin, které se liší v požadavcích technologických procesů.

- 1) Skupina - prostory, ve kterých je důležitým parametrem počet neživých mikročástic, za tyto částice je považován prach o velikosti 0,1 až 100 μm , prach má velký vliv na funkci a spolehlivost hotového výrobku
 - Mikromechanismy – mikrohydraulika, gyroskopy, kompaktní disky
 - Automobily – autolakovny
 - Elektronika – při výrobě procesorů, televizních obrazovek, magnetických pásků
 - Optika – čočky, fotografické filmy, laserové přístroje [2]
- 2) Skupina - prostory, kde je základním parametrem možný výskyt živých částic (mikroorganismů)
 - Biotechnologie – antibiotika, genetické inženýrství
 - Zdravotní pomůcky – kardiostimulátory, umělé cévy, injekční stříkačky, implantáty
 - Farmacie – sterilní výroby, ochrana některých kritických kroků
 - Nemocnice – operační sály, izolace infekčních pacientů
 - Potraviny a nápoje – výroba piva, nesterilní potraviny a nápoje [2]

2.5 HLAVNÍ PARAMETRY ČISTÝCH PROSTOR

2.5.1 TŘÍDA ČISTOTY

Klasifikace dle normy ČSN EN ISO 14 644-1 dělí prostory dle obsazenosti prostoru, velikosti částic a třídy N ISO.

Klasifikace dle obsazenosti dělí čistý prostor na tři stádia:

- *as-built* – stav, kdy jsou čisté prostory kompletně vybaveny veškerým technickým zařízením, bez nábytku, materiálů a přítomnosti osob
- *at-rest* – stav, kdy jsou čisté prostory kompletní i s nábytkem, ale bez přítomnosti osob
- *operational* – provozní stav, který funguje v předpokládaném provozu a zahrnuje vybavení místnosti a určitý počet přítomných osob

Uvažovaná velikost částic (dolní prahové hodnoty) použitelné pro klasifikaci se omezují na rozsah od 0,1 μm do 5 μm. Koncentrace jemných částic (částice menší než 0,1 μm) jsou řešeny v samostatném standardu, který specifikuje čistotu ovzduší měřítkem nanočástic. Tato norma neslouží k charakteristice fyzikálních, chemických, radiologických, životaschopných či jiných přírodních částic.

Úroveň čistoty dané poléťavými částicemi použitelná na čistý prostor nebo čistou zónu se vyjadřuje ve smyslu třídy N ISO, kde N označuje třídu čistoty, která představuje maximální přípustnou koncentraci (částic na metr krychlový vzduchu) pro uvažované velikosti částic.

Je důležité stanovit správnou třídu čistoty, aby nebylo ohroženo zdraví osob nebo kvalita produktu. Číslo třídy čistoty lze určit výpočtem dle následující rovnice nebo měřením pomocí přístroje DPC = Discrete-particle counter. [3]

$$C_n = 10^N * \left(\frac{K}{D}\right)^{2,08}$$

kde:

- C_n je nejvyšší přípustná koncentrace (v částicích na krychlový metr vzduchu [m³]) poléťavých částic, které jsou větší nebo rovny uvažované velikosti částic. C_n je zaokrouhlena na nejbližší celé číslo při použití nejvýše 3 platných číslic,
- N je číslo klasifikace ISO, které nepřekračuje hodnotu 9. Mohou být specifikovány mezilehlá čísla klasifikace ISO s nejmenším přípustným přírůstkem $N 0,1$,
- D je uvažovaná velikost částic v mikrometrech,
- K konstanta 0,1, vztažena na mikrometr [μm]

ISO třídy čistoty vzduchu dle velikosti částic jsou dle normy ČSN EN ISO 14 644-1 rozděleny podle následující tabulky:

TABULKA 7 Třídy čistoty a odpovídající koncentrace částic [3]

Číslo klasifikace ISO (N)	Maximální meze koncentrace prachových částic (počet částic/ m ³), jejichž velikost je větší nebo rovna velikosti částice uvedené níže ^a					
	0,1 μm	0,2 μm	0,3 μm	0,5 μm	1 μm	5 μm
1	10 ^b	d	d	d	d	e
2	100	24 ^b	10 ^b	d	d	e
3	1 000	237	102	35 ^b	d	e
7	10 000	2 370	1 020	352	83 ^b	e
5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	d, e, f
6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
7	c	c	c	352 000	83 200	2 930
8	c	c	c	3 520 000	832 000	29 300
9g	c	c	c	35 200 000	8 320 000	293 000

a – všechny koncentrace v tabulce jsou souhrnné, to znamená, že např. pro ISO 5: velikost částic 10 200 jsou zobrazené v 0,3 μm a zahrnují všechny částice rovny nebo větší než tato velikost
b – tyto koncentrace povedou k velkým objemům vzorků vzduchu pro klasifikaci, může být použit sekvenční postup odběru vzorků, popsáno v příloze D normy ČSN EN ISO 14 644-1
c – limity koncentrace nejsou použitelné v této oblasti v tabulce kvůli velmi vysoké koncentraci částic
d – příliš nízké koncentrace částic jsou pro odběr vzorků a jejich klasifikaci nepoužitelné
e – pro částice v rozmezí spodní koncentrace a velikostí větších než 1 μm je klasifikace nevhodná, vzhledem k potenciálním ztrátám částic při odběru vzorků
f – aby se dala stanovit velikost této částice, musí být měřič makročástic M upraven a používán ve spojení s alespoň jednou další velikostí částice
g – tuto třídu čistoty lze použít pouze pro provozní stav

Aplikace jednotlivých tříd čistého prostoru závisí na požadavcích vnitřního prostředí budovy. Obecně lze jako příklady použití jednotlivých tříd uvést:

- ISO 4 – 5: čisté prostory pro personál používající ochranné oděvy, zpracování osvětlovacích masek pro výrobu polovodičů, výroba CD, šedé zóny (místnosti s přístroji) na výrobu polovodičů
- ISO 4: výroba a balení léčiv v otevřených systémech, otevřená manipulace s nebezpečnými látkami
- ISO 5: výroba jemné mechaniky, konečné fáze výroby elektroniky, výroba a balení léčiv v uzavřených systémech, operační sály vyšší kategorie
- ISO 5 – 8: operační sály a přidružené provozy ve zdravotnictví, zázemí operačního sálu je zatříděno vždy o 1 třídu níže [7]

Dle vyhlášky č. 84/2008 Sb. jsou prostory rozděleny do jednotlivých tříd čistoty A až D. Podle poznámky v příloze č. 2 k vyhlášce č. 84/2008 Sb. jsou přiřazeny třídy A až D k odpovídající ISO třídě:

“Třída A odpovídá ISO 4,8 při limitu velikosti částic $\geq 5,0 \mu\text{m}$, třída B odpovídá ISO 5. Třída C odpovídá ISO 7 popřípadě ISO 8 a třída D odpovídá ISO 8“.

TABULKA 8 Klasifikace pro jednotlivé třídy čistoty vzduchu podle počtu částic dle Vyhlášky č. 84/2008 Sb. [8]

Třída	Maximální přípustný počet částic/m ³ roven nebo větší			
	Za klidu ^b		Za provozu	
	0,5 μm	5 μm	0,5 μm	5 μm
A	3 520	20	3 520	20
B ^a	3 520	29	3 520	2 900
C ^a	352 000	2 900	352 000	29 000
D ^a	3 520 000	29 000	nedefinováno ^c	nedefinováno ^c

a – Aby se dosáhlo požadavků třídy B, C, D, má být počet výměn vzduchu přizpůsoben velikosti místnosti, v ní umístěných zařízení a počtu pracovníků v místnosti. Vzduchotechnika má být vybavena vhodnými filtry, takovými jako jsou HEPA pro třídu A, B, C.

b – Limit pro maximální počet prachových částic ve stavu „za klidu“ odpovídá ISO klasifikaci, a to následujícím způsobem:

Třída A odpovídá ISO 4,8 při limitu velikosti částic $\geq 5,0 \mu\text{m}$, třída B odpovídá ISO 5. Třída C odpovídá ISO 7 popřípadě ISO 8 a třída D odpovídá ISO 8.

c – Požadavky a limity pro prostory této třídy jsou závislé na povaze prováděných činností.

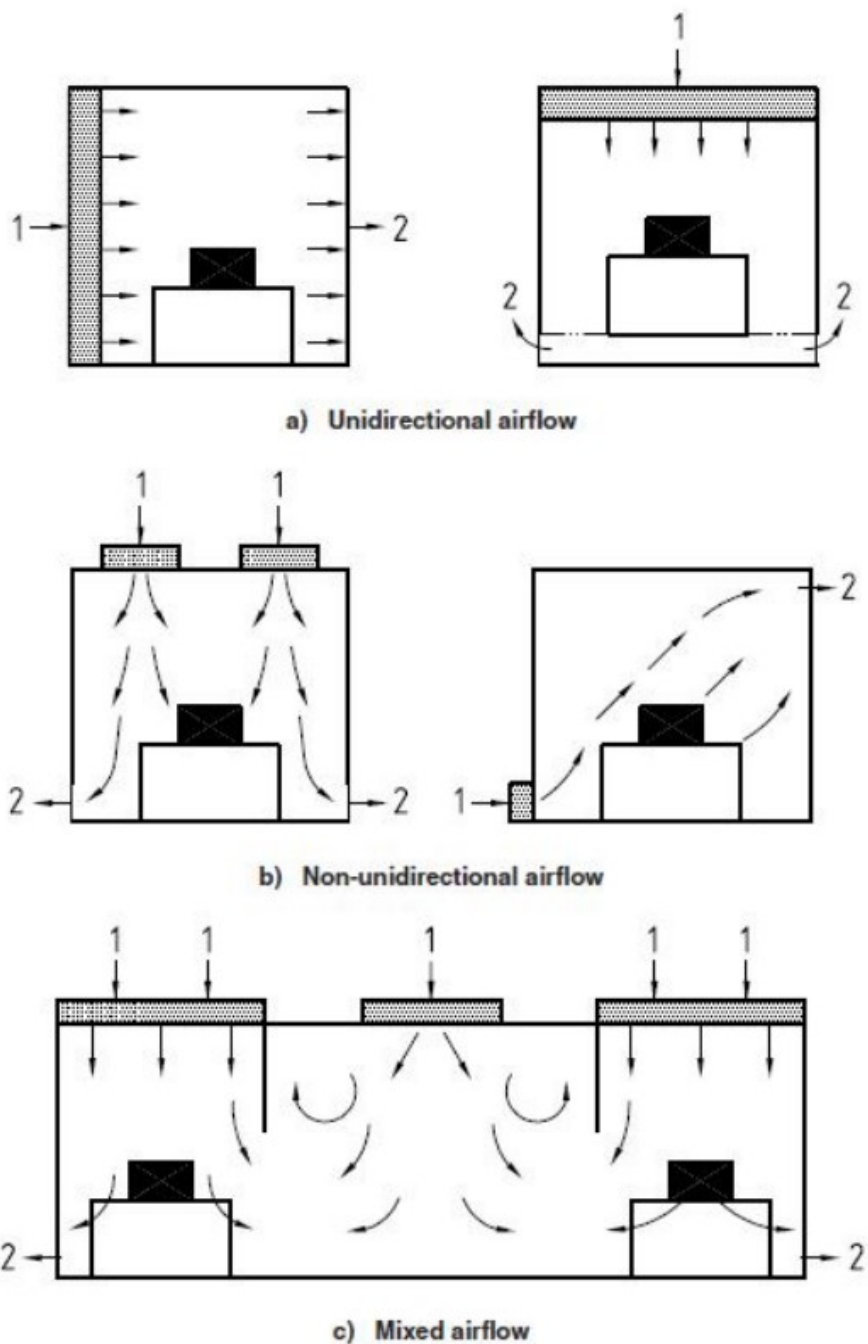
Běžné prostředí, v kterém se člověk pohybuje, většinou nespadá dle normy do žádné z těchto tříd.

2.5.2 TYPY PROUDĚNÍ

Třídy čistoty vzduchu mají předepsaný typ proudění vzduchu tak, aby byla zachována čistota prostředí.

Proudění vzduchu dělíme na tři základní typy:

- Laminární proudění (jednosměrný tok vzduchu)
- Turbulentní proudění (nejednosměrný tok vzduchu)
- Smíšené proudění



OBRÁZEK 3 Vzory proudění vzduchu, 1 – dodávaný vzduch, 2 – odváděný vzduch,
a) jednosměrný, b) nejednosměrný, c) smíšený proud vzduchu [5]

Laminární proudění (jednosměrné, vytěšňovací) je proudění filtrovaného kompaktního proudu vzduchu, který malou rychlostí klesá od stropu k podlaze nebo proudí vodorovně od stěny ke stěně a strhává s sebou částice obsažené ve vzduchu v prostoru. Jednotlivé proudnice vzduchu jsou rovnoběžné a neměly by se mezi sebou protínat, částice vzduchu se pohybují stejnou rychlostí. Pro laminární proudění je předepsaná rychlost proudění 0,2 – max 0,45 m/s. Je třeba počítat s vlivem diference teplot vzduchu přiváděného vůči vzduchu v místnosti. Teplotní rozdíl má nezanedbatelný vliv na rychlost, směr a kvalitu laminárního proudění.

Turbulentní proudění (nejednosměrné, konvekční) je proudění, při kterém se proudnice navzájem promíchávají. Princip přívodu vzduchu je založen na principu ředění vzduchu v kontrolovaném prostoru přiváděným vzduchem přes filtry. Důraz klademe hlavně na kvalitu filtrace a co nejnižší turbulenci při ustálené rychlosti proudění. Při turbulenci se částice, které by se mohly usadit nebo být odneseny odtažením, nadnáší a cirkulují v místnosti. Časem se částice shlukují a vytváří kontaminaci. Turbulentní proudění se objevuje při větších rychlostech proudění nebo při nárazu na nějakou překážku.

Smíšené proudění je takové proudění, kdy je smíchán laminární a turbulentní proud. Znamená to tedy, že v určitých místech je turbulentní a jinde laminární proud.

TABULKA 9 Příklady typu proudění vzduchu pro aseptické procesy [5]

ISO třída čistoty vzduchu v provozu ^a	Typ proudění vzduchu ^b	Průměrná rychlost vzduchu	Příklady použití
5 ($\geq 0,5 \mu\text{m}$)	U	$> 0,2$	Aseptické procesy
7 ($\geq 0,5 \mu\text{m}$)	N / M	-	Zóny, které přímo souvisejí s aseptickými procesy
8 ($\geq 0,5 \mu\text{m}$)	N / M	-	Podpůrné zóny aseptických procesů, včetně kontroly přípravy zóny

a – využití prostoru spojené s třídou ISO by mělo být definováno předem dle dohodnutých optimálních projekčních podmínek
b – U = jednosměrný proud, N = nejednosměrný proud, M = smíšený proud, kombinace U a N

2.5.3 TEPLOTA A VLHKOST

Regulace teploty by měla být stanovena pro:

- výrobní procesy
- vybavení a materiály
- stabilní podmínky pracovníků, kteří mají oblečení do specifikovaných ČP. [5]

Regulace vlhkosti by měla být stanovena pro:

- výrobní procesy
- vybavení a materiály
- redukce elektrostatických nábojů
- pohodlí pracovníků ve spojení s výše uvedenou regulací teploty. [5]

Ve výrobních ČP, kde má teplota a relativní vlhkost vliv na kvalitu výrobku, musí být tyto parametry nastaveny tak, aby byla kvalita produktu dodržena. V těchto případech má technologie přednost před komfortem pracovníků.

Teplota se stanovuje s ohledem na čistotu prostředí, podle níž je stanoven typ pracovního oděvu. Teploty, které se požadují ve zdravotnických zařízeních, respektují normu ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu ČSN 06 0210.

Pro zdravotnické zařízení platí:

- zdravotnická střediska, polikliniky, ordinace 24 °C 50%
- čekárny, chodby, WC 20 °C 60%

Pro nemocnice platí:

- pokoje pro nemocné 22 °C 60%
- vyšetřovny, přípravny 24 °C 80%
- koupelny 24 °C 90%
- operační sály 25 °C 70%
- předsíně, chodby, WC, schodiště 20 °C 60%

Pro operační sály je obtížné stanovit rozsah teplot. Jako mezní teplota podchlazení pacienta je uváděno 21°C. Ideální teplota pro ležícího pacienta na operačním sále je 24 - 26°C. Pro chirurgický personál je teplotní pohoda v rozsahu 20 – 22°C. Musíme při návrhu zvážit všechna kritéria (tj. typ prováděné operace, atd.) pro volbu optimální teploty na operačním sále.

V ČP je regulace vlhkosti ovlivněna spíše vnějšími vlivy (jako je počasí) než vnitřními vlivy z prostoru. Některé výrobní procesy (výroba vakuové trubice) vyžadují relativní vlhkost nižší než 35%. Měli bychom věnovat pozornost výběru materiálů, které minimalizují elektrostatické účinky. Pokud je vlhkost v uzavřeném prostoru nízká, statický náboj může být vyšší než v oblasti s vyšší relativní vlhkostí. Rozmezí relativní vlhkosti pro komfort osob by mělo být mezi 30 – 65 %. [5]

Topné a chladicí výkony klimatizačního zařízení v prostorách OS bývají navrženy tak, aby pracovní rozdíl teplot (rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu a výpočtové teploty vzduchu v interiéru) nepřesáhl rozdíl ± 6 K. [7]

2.5.4 HLUK A VIBRACE

Limity hluku a vibrací jsou specifikovány podle potřeby v závislosti na konkrétním provozu ČP. Hluk jako škodlivina nemá vliv na kvalitu výsledného produktu, ale může nepříznivě ovlivnit pohodu obsluhy, personálu nebo pacientů. Typická hladina akustického tlaku v ČP by měla být v rozmezí 55 – 65 dB. Ve speciálních případech může být požadována hladina akustického tlaku nižší či naopak povolena vyšší. [5]

Akustické mikroklima je definováno pro vybrané prostory součtem základní ekvivalentní hladiny akustického tlaku A ($L_{Aeq,T} = 40$ dB) a korekcí zohledňující druh chráněného prostoru a denní a noční doby. [10]

TABULKA 10 Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb [10]

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba pobytu v hodinách	Korekce [dB]	Výsledná požadovaná hladina aku. tlaku [dB]
Nemocniční pokoje	doba mezi 6:00 a 22:00	0	40
	doba mezi 22:00 a 6:00	-15	25
Lékařské vyšetřovny, ordinace	po dobu používání	-5	35

Příčiny hluku ve VZT zařízení jsou:

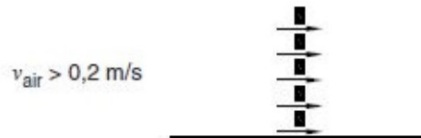
- hluk ventilátoru, elektromotoru a dalších pomocných zařízení (kompresory, oběhová čerpadla)
- mechanické účinky (nevyváženost rotujících částí, hluk ložisek a převodů)
- turbulentní proudění vzduchu potrubím při změnách profilu a rychlosti proudění (kolena, odbočky, regulační klapky, koncové prvky přívodu a odvodu vzduchu)

Útlum hluku ve VZT zařízení se provádí pomocí tlumičů hluku. Ty se dělí na absorpční a reflexní. Ve vzduchovodech se používají tlumiče absorpční. Jedná se o potrubí, jehož stěny jsou vyloženy absorbentem. K odizolování strojovny vzduchotechniky od okolních prostorů se používají metody zvukové izolace a pohltivosti. [11]

2.6 SEGREGACE ČISTÝCH PROSTOR POMOCÍ TLAKU

2.6.1 KONCEPT VÝTLAKU (NÍZKÝ DIFERENČNÍ TLAK, VYSOKÝ PRŮTOK VZDUCHU)

Nízký tlakový rozdíl může účinně oddělit čisté a méně čisté přilehlé prostory pomocí turbulentního proudění vzduchu, kdy je proudění rychlejší než 0,2 m/s. Rychlost proudu vzduchu by měla být zpravidla nad 0,2 m/s z čisté zóny směrem k méně čistému prostoru. Nezbytná rychlost proudění vzduchu by měla být zvolena s ohledem na konkrétní podmínky, jako jsou fyzické překážky, tepelné zdroje, zdroje emisí. [5]



OBRÁZEK 4 Koncept výtlaku [5]

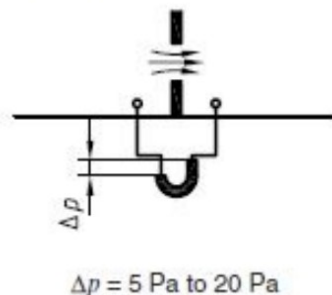
2.6.2 DIFERENCE TLAKU (VYSOKÝ DIFERENČNÍ TLAK, NÍZKÝ PRŮTOK VZDUCHU)

Je nezbytné měřit tlakové rozdíly mezi čistými prostory a okolními místnostmi nebo prostředím. Vzduch proudí z oblasti vyššího tlaku do oblasti s nižším tlakem. V místě, kde požadujeme čisté prostředí, musí být tlak vyšší než v jeho okolí. Vyšší tlak v čistém prostoru zajistí, že vzduch bude proudit z tohoto prostoru ven a nebude tak kontaminován vzduchem z okolí.

Tlakový rozdíl mezi sousedními čistými prostory nebo čistými zónami s různou třídou čistoty se doporučuje v rozmezí 5-20 Pa, aby bylo umožněno bezproblémové otevírání dveří a aby bylo zabráněno křížovému proudění v důsledku turbulentního proudění vzduchu. V případě, že rozdíl tlaku je dolní hranice rozmezí, je třeba přijmout zvláštní opatření, aby bylo zajištěno přesné měření difference tlaku, aby byla prokázána stabilita instalace.

Statický tlak mezi čistými prostory o jiných třídách čistoty a místnostmi s nespecifikovanou čistotou vzduchu může být vytvořen a udržován pomocí různých technik vyrovnávání tlaku. Mezi ně patří aktivní/pasivní a automatizované/manuální systémy, které jsou konfigurovány pro nastavení relativního množství vzduchu, který je dodáván a odváděn z určitého prostoru. [5]

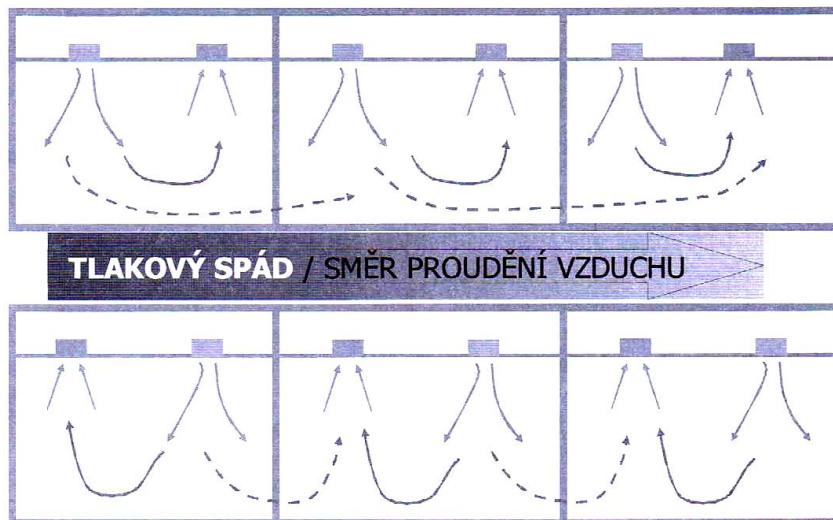
Je vhodné použít čidla pro měření tlakového spádu mezi zónami, kde je tento parametr důležitý.



OBRÁZEK 5 Koncept rozdílu tlaků [5]

2.6.3 TLAKOVÝ SPÁD – SMĚR PROUDĚNÍ VZDUCHU

Koncové elementy by měly být navrženy tak, aby byl upravený vzduch přiváděn do míst s požadavky na nejvyšší čistotu prostředí a odváděn v místech s předpokládanou nejvyšší koncentrací škodlivin. Obecně je možné seřazení distribučních prvků v tlakové kaskádě souproutým nebo protiproutým způsobem dle následujícího obrázku. [7]



OBRÁZEK 6 Schéma uspořádání distribučních prvků, a) souprouté, b) protiprouté uspořádání [7]

Jako vhodnější způsob pro zabránění přenosu částic mezi místnostmi se jeví protiprouté uspořádání koncových elementů. Ne vždy je ovšem možné vzhledem k prostorovým nárokům rozvodů a koncových elementů VZT toto dodržet. [7]

2.6.4 FYZICKÁ BARIÉRA

Jedná se o segregaci čistých prostor od prostorů s nižší klasifikací čistoty. Jakýkoli typ bariéry může být použit, pokud je nepropustná a zamezuje přenosu znečištění z méně čisté zóny do čistší. Jako příklady fyzické bariéry lze uvést hygienické smyčky (personální, materiálová, úklidová propust), rukávové boxy, laminární boxy, speciální dveře (interlocking doors). Obvykle jsou tato opatření vyžadována mezi dvěma čistými prostory různých kategorií nebo mezi čistým prostorem a prostorem s nespecifikovanými požadavky na čistotu vzduchu. Obvykle by hygienické smyčky (propusti) měly mít shodné požadavky na čistotu vzduchu jako místnosti, ke kterým patří. [6]



OBRÁZEK 7 Laminární box (vlevo) a rukávový box (vpravo) [24]

2.7 REFERENČNÍ METODA PRO KLASIFIKACI ČISTOTY VZDUCHU PODLE KONCENTRACE ČÁSTIC DLE ČSN EN ISO 14644-1

Měření koncentrace částic je nejdůležitější zkouška k zajištění správného fungování čistých prostor. Princip je založen na stanovení koncentrace velikosti částic ve vzduchu, která se rovná a je vyšší než specifikovaná velikost částice. Měření se provádí na konkrétních vzorkovacích místech.

Před samotným testováním je nutné zkontrolovat, zda všechny příslušné aspekty, které ovlivňují ČP, jsou úplné a fungují v souladu se specifikací stanovenou projektem.

Nejprve si musíme stanovit minimální počet míst pro odběr vzorků, tento počet udává následující tabulka. Hodnoty v tabulce poskytují informace o počtu odběrných míst a poskytují nejméně 95 % jistotu, že alespoň 90 % ČP nepřekročí limity posuzované třídy čistoty.

TABULKA 11 Počet odběrných míst vztažených na plochu místnosti ČP [3]

Plocha ČP menší nebo rovna A [m ²]	Minimální počet odběrných míst N _L
2	1
4	2
6	3
8	4
10	5
24	6
28	7
32	8
36	9
52	10
56	11
64	12
68	13
72	14
76	15
104	16
108	17
116	18
148	19
156	20
192	21
232	22
276	23
352	24
436	25
636	26
1000	27
> 1000	$N_L = 27 * \left(\frac{A}{1000} \right)$

Pokud je plocha místnosti mezi dvěma hodnotami z tabulky, tak se uvažuje s vyšší hodnotou plochy a tím pádem i vyšším počtem odběrných míst. Dle počtu odběrných míst se místnost rovnoměrně rozdělí na úseky, do kterých se umístí přístroje na měření částic v pracovní výšce nebo jiném požadovaném bodě.

Pro nejednosměrné proudění vzduchu v ČP je stanovení místa odběru složitější. Umístění přístrojů by nemělo být přímo pod nerozptýleným zdrojem vzduchu, měření pak nemusí vykazovat reprezentativních výsledků.

Pro stanovení objemu vzduchu pro vzorek slouží následující rovnice:

$$V_s = \left(\frac{20}{C_{n,m}} \right) * 1000 [l]$$

kde:

V_s je minimální objem jediného vzorku [l],
 $C_{n,m}$ je limit třídy (počet částic v m^3) pro největší uvažovanou velikost částic,
20 je počet částic, které by mohly být spočítány, kdyby jejich koncentrace byla u limitu třídy.

Minimální objem vzorku v každém místě odběru musí být alespoň 2 litry s minimálním časem vzorkování 1 minuty. Pokud je V_s velmi vysoký, je velmi důležité, v jakém čase probíhá vzorkování.

Celková doba vzorkování je pak počítána podle následující rovnice:

$$t_t = \frac{V_s}{Q} [s]$$

kde:

V_s je minimální objem jediného vzorku [l],
 $C_{n,m}$ vzorkovací průtok přístroje [l/s].

Vlastní měření začíná nastavením a vynulováním měřicího přístroje dle pokynů od výrobce. Je nutné zajistit běžné podmínky pro vybraný stav obsazenosti. Odebere se určené množství vzorku vzduchu ze všech odběrných míst. V každém místě se stanoví koncentrace částic ve vzduchu o určité velikosti a poté se vypočte průměrná koncentrace částic dle následující rovnice:

$$x_i = \left(\frac{x_{i,1} + x_{i,2} + \dots + x_{i,n}}{n} \right)$$

kde:

x_i je průměrná hodnota částic v dané lokalitě,
 $x_{i,1}$ až $x_{i,n}$ hodnota částic v každém jednotlivém odebraném vzorku,
 n počet odebraných vzorků v daném místě i .

Poté se spočte koncentrace v m^3 :

$$C_i = \frac{x_i * 1000}{V_t} [m^3]$$

kde:

C_i koncentrace částic v kubickém metru,
 x_i je průměrná hodnota částic v dané lokalitě,
 V_t objem vybraného vzorku vzduchu [l].

Hygienický limit ČP se považuje za splněný, pokud je dodržena klasifikační třída čistoty vzduchu. Koncentrace částic měřená v každém vzorku v odběrném místě nesmí překročit koncentrační limity stanovené v tabulce 7 na straně 20 dle ČSN EN 14644-1.

Perioda testování čistoty vzduchu je stanovena ISO třídou. Pro ISO třídy ≤ 5 je perioda 6 měsíců a pro ISO třídy > 5 jednou ročně.

2.8 ROZDĚLENÍ NEMOCNIČNÍCH PROSTOR

Podle německé normy DIN 1946-4 Raumluftechnische Anlagen in Krakenhausern "Vzduchotechnická zařízení v nemocnicích" se dělí čistý prostor ve zdravotnictví do dvou tříd čistoty:

- Třída I (Raumklasse I) – s vysokými nebo mimořádně vysokými požadavky na nízký počet zárodků, odpovídá třídě čistoty 4 dle ČSN EN ISO 14 644 a třídě 10 dle US FS 209D
- Třída II (Raumklasse II) – běžné požadavky na nízký počet zárodků, odpovídá třídě čistoty 7 dle ČSN EN ISO 14 644 a třídě 10 000 dle US FS 209D [14]

Každá větraná místnost je zařazena alespoň do třídy II, tj. musí mít alespoň dvoustupňovou filtraci. Do třídy I spadají operační sály, JIP, prostory ke sterilizaci nástrojů a oděvů, mikrobiologické laboratoře, infekční oddělení, transfúzní stanice a další prostory, ve kterých je nutné zajistit čistotu prostředí.

Rakouská norma ÖNORM H 6020-1 Lüftungstechnische Anlagen in Krankenanstalten – Projektierung, Errichtung und Kontrolle "Vzduchotechnická zařízení v nemocnicích – projektování, zřizování a kontrola" z roku 1999 dělí ČP do 4 tříd čistoty podle nároku na čistotu vzduchu:

- Třída I – prostory s velmi vysokými nároky na nízký počet choroboplodných zárodků: 10 zárodků tvořících kolonie v 1 m^3 – 10 KBE/ m^3
- Třída II – prostory s vysokými nároky na nízký počet zárodků: do 200 KBE/ m^3
- Třída III – prostory bez zvláštních nároků na nízký počet zárodků
- Třída IV – místnosti s mikrobiálně nebo jinak kontaminovaným vzduchem (takovou třídu DIN 1946-4 nemá)

(V češtině je známa zkratka KTJ pro kolonie tvořící jednotky) [28]

2.8.1 ROZDĚLENÍ OPERAČNÍCH SÁLŮ

Operační sály (OS) lze rozdělit do tří základních skupin:

- *Superaseptický* – jedná se o OS s největším požadavkem na třídu čistoty 5 dle ČSN EN ISO 14 644-1, která se odvíjí od prováděných výkonů na daném OS. Mezi standardní výkony patří chirurgie hlavy, kostí (ortopedické sály), transplantace, popáleniny apod., minimální průtok vzduchu $3600 \text{ m}^3/\text{h}$.
- *Aseptický* – jedná se o standardní OS s třídou čistoty 7 dle ČSN EN ISO 14 644-1, jedná se o klasické výkony běžné chirurgie, u kterých je OS definován jako místnost v přetlaku vůči svému zázemí, minimální průtok vzduchu $2400 \text{ m}^3/\text{h}$.
- *Septický* – jedná se o OS s třídou čistoty 7 dle ČSN EN ISO 14 644-1, kde jsou prováděny chirurgické výkony s požadavkem na místnost OS v podtlaku, z důvodů eliminace šíření agencií je OS udržován v podtlaku vůči okolí (výkony v oblasti střev, různých infekcí), minimální průtok vzduchu $2400 \text{ m}^3/\text{h}$. [7]

3 VZDUCHOTECHNIKA

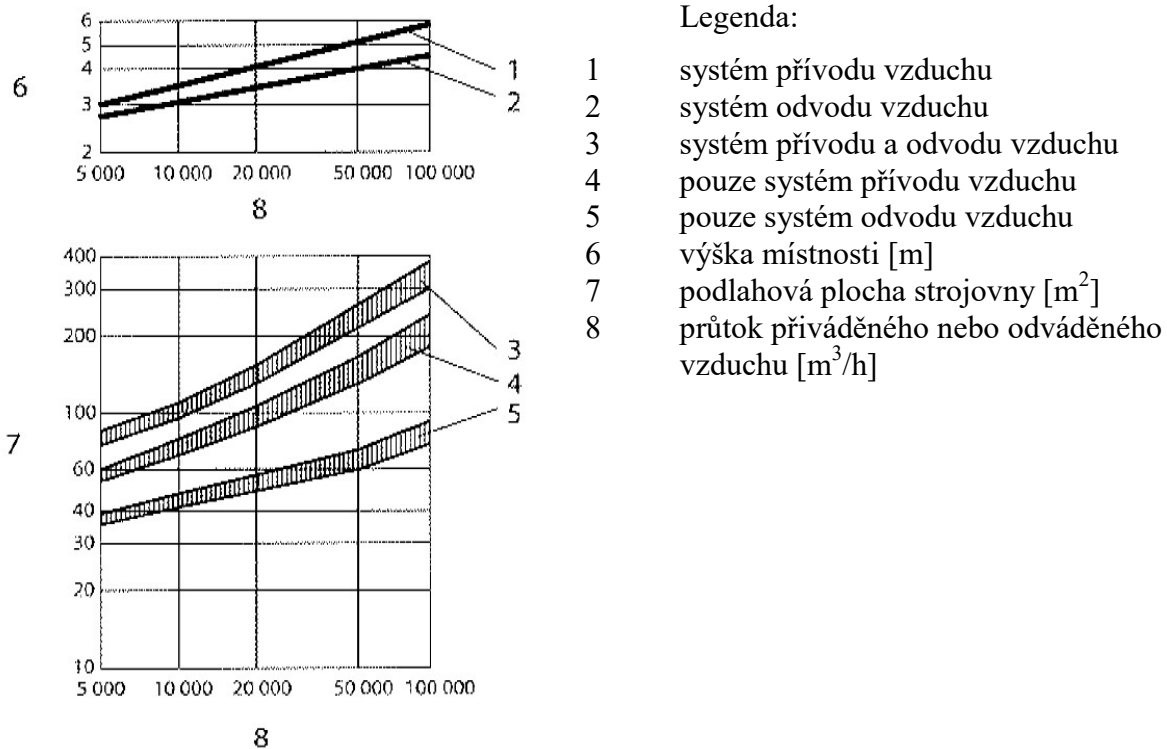
Následující kapitoly popisující prvky vzduchotechnického zařízení jsou pojaté obecně, pokud nejsou konkrétní požadavky na čisté prostory.

3.1 STROJOVNA VZDUCHOTECHNIKY

Vzduchotechnické jednotky se v hygienickém provedení provádí jak ve vnitřním, tak ve venkovním provedení. Venkovní umístění lze chápat jako jediné možné řešení při rekonstrukcích. V případě novostaveb je vhodnější vnitřní umístění z hlediska ochrany před nepříznivými vlivy počasí i nepovolanými osobami (životnost zařízení), údržby (bezpečný servis bez ohledu na počasí), nebezpečí zamrznutí rozvodů vody (topné, chladicí), eliminace hluku do okolí a možnosti soustředění navazujících profesí (MaR, rozdělovače UT a chlazení, zásobníky apod.).

Prostorové nároky na strojovnu vzduchotechnických zařízení stanovuje norma ČSN EN 13779. Potřebná plocha závisí na celkovém průtoku vzduchu a počtu jednotek. Systém by měl být navržen, uspořádán a nainstalován tak, aby bylo umožněno snadné čištění, údržba a servisní práce. V případě snížených podhledů musí být možné otevřít servisní přístupové místo bez použití náradí a nesmí být menší než 500 x 500 mm, zařízení musí být z tohoto otvoru dosažitelné. Pokud je to možné, stěny strojoven a šachet by neměly být součástí statického řešení budovy. [25]

Ze zkušeností projektantů lze pro předběžný odhad velikosti strojovny vycházet z poměru, že plocha strojovny odpovídá přibližně 10 půdorysným plochám VZT jednotky a 5 – 20 % podlahové plochy obsluhovaných místností.



OBRÁZEK 8 Prostorové nároky na strojovny vzduchotechnických zařízení [25]

3.2 KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA

Pro větrání a klimatizaci operačních sálů včetně jeho zázemí (příprava a probouzení pacienta, umývárna lékařů, sklad sterilního materiálu, čistá chodba apod.) se navrhuje centrální sestavná klimatizační jednotka, která zajišťuje dvoustupňovou filtraci čistého vzduchu (vstupní a výstupní filtr), rekuperaci tepla, ohřev a chlazení pomocí vodních výměníků a úpravu relativní vlhkosti vzduchu. Třetí stupeň filtrace je zajištěn koncovými elementy – laminárním stropem v prostoru OS nebo čistými nástavci s filtry třídy H13. [7]

Jednotlivé díly VZT jednotky i zařízení jako celek musejí být těsné. Vnitřní i vnější povrch se navrhuje z hladkých plechů bez výstupků, prohlubní (střední drsnost materiálu by neměla překročit 0,15 mm) a s takovou povrchovou úpravou, která umožňuje dokonalou čistitelnost. Vhodným materiálem je kvalitní pozinkovaný plech.

Zařízení ani jeho součásti nesmí být zdrojem znečištění. Filtrační vložky musí být těsné, snadno vyměnitelné i čistitelné. V jednotce nesmí být použity plastové části z důvodu zachycování prachových částic vlivem elektrostatického náboje.

Ve všech částech jednotky, kde by se mohl tvořit kondenzát, musí být umístěn odvodňovací otvor či kondenzát sveden do odvodňovací vany. Odvod kondenzátu je proveden přes přetlakový sifón do odpadního potrubí.

Elektrické kabely musí být vodotěsné, v provedení do agresivního prostředí.

Výměníky jsou dodávány v provedení Cu-Al a pro lepší čistitelnost jsou zvětšeny rozteče lamel.

Ventilátory musí být vyrobeny z plechu odolávajícího vlhkosti a mechanickým vlivům.

Jednotka se umísťuje na rámy nebo vyzděný sokl a je podložena gumovými silentbloky. Zařízení v jednotce, které může vytvářet vibrace, se ukládá na gumové podložky.

3.3 FILTRACE VZDUCHU

Podle německé normy DIN 1946-4 se ve vzduchotechnických zařízeních používá zásadně dvou/třístupňové filtrace vzduchu. Pro 1. stupeň se doporučuje nejméně F5, pro 2. stupeň F7 a 3. stupeň H13. Nejblíže sání venkovního vzduchu se osazuje 1. stupeň filtrace, na výtlač ventilátoru přiváděného vzduchu (na začátek potrubí) připadá 2. stupeň a co nejblíže k větranému prostoru (u OS konec potrubí) se navrhuje 3. stupeň.

Pro prostory třídy I (rozdělení dle kapitoly 2.8) se doporučují filtry F5+F7+H13 (lépe F5+F9+H13) a pro prostory třídy II F5+F7 (lépe F5+F9). [7]

3.3.1 TERMÍNY A DEFINICE DLE ČSN EN 779 A ČSN EN 1822-1

- *Střední účinnost E_m* je vážená střední hodnota účinnosti filtrace pro částice 0,4 μm pro různě stanovené úrovně zatížení filtru prachem až do dosažení konečné tlakové ztráty. Používá se pro třídění filtrů tříd M a F.
- *Střední odlučivost A_m* je poměr celkového množství zátěžového prachu zachyceného filtrem k celkovému množství podaného prachu do dosažení konečné tlakové ztráty. Používá se k třídění G filtrů.
- *Minimální účinnost* je nejnižší hodnota účinnosti mezi počáteční účinností, účinností po vybití a nejnižší hodnotou účinnosti během zátěžového postupu zkoušení filtru.
- *Skupina E: EPA filtry* – Efficient Particulate Air filter = efektivní vzduchový filtr.
- *Skupina H: HEPA filtry* – High Efficient Particulate Air filter = velmi účinný vzduchový filtr.
- *Skupina U: ULPA filtry* – Ultra Low Penetration Air filter = vzduchový filtr s velmi nízkou penetrací.

3.3.2 FILTRY ATMOSFÉRICKÉHO VZDUCHU

3.3.2.1 TŘÍDĚNÍ A MĚŘENÍ

Filtry vzduchu lze rozdělit na filtry pro odlučování pevných částic a na filtry pro plyny a páry. Filtry pro odlučování pevných částic se třídí podle jejich filtrační schopnosti na skupiny G, M, F, E, H a U. Filtry pro plyny a páry odstraňují plynné znečišťující látky nebo výpary a označují se jako sorpční. [17]

Filtry se zařídují podle jejich střední účinnosti nebo střední odlučivosti při stanovených zkušebních podmínkách dle ČSN EN 779 pro filtry tříd G, M, F (filtry prachové) a dle ČSN EN 1822-1 pro třídy E, H, U (filtry aerosolové).

TABULKA 12 Třídění filtrů vzduchu [15]

Skupina	Třída	Konečná tlaková ztráta	Střední odlučivost (A_m) syntetického prachu	Střední účinnost (E_m) pro částice 0,4 μm	Minimální účinnost pro částice 0,4 μm
		[Pa]	[%]	[%]	[%]
Hrubý	G1	250	$50 \leq A_m < 65$	-	-
	G2	250	$65 \leq A_m < 80$	-	-
	G3	250	$80 \leq A_m < 90$	-	-
	G4	250	$90 \leq A_m$	-	-
Střední	M5	450	-	$40 \leq E_m < 60$	-
	M6	450	-	$60 \leq E_m < 80$	-
Jemný	F7	450	-	$80 \leq E_m < 90$	35
	F8	450	-	$90 \leq E_m < 95$	55
	F9	450	-	$95 \leq E_m$	70

Měření a následné hodnocení se provádí na zkušebním zařízení, které vhání zkušební syntetický prach do vzduchu, jedná se o definované měření odlučivosti částic střední velikosti 0,4 μm s použitím optických počítaců částic. Zkouška končí po dosažení konečné tlakové ztráty, vizte tabulka 12.

Zkušební syntetický prach je směsí jemného písku, sazí a bavlněných vláken. Je nutné použít originální směsný syntetický prach od amerického výrobce. Odlučivost na syntetický prach A se zjišťuje vážením podle aplikované hmotnosti dávky prachu a nárůstu hmotnosti koncového filtru, který je umístěn za zkušebním filtrem. [15] [18]

TABULKA 13 Třídění EPA, HEPA, ULPA filtrů [16]

Třída filtru	Celková hodnota		Přípustná místní hodnota	
	Odlučivost [%]	Průnik [%]	Odlučivost [%]	Průnik [%]
E10	≥ 85	≤ 15	-	-
E11	≥ 95	≤ 5	-	-
E12	$\geq 99,5$	$\leq 0,5$	-	-
H13	$\geq 99,95$	$\leq 0,05$	$\geq 99,75$	$\leq 0,25$
H14	$\geq 99,995$	$\leq 0,005$	$\geq 99,975$	$\leq 0,025$
U15	$\geq 99,999\ 5$	$\leq 0,000\ 5$	$\geq 99,997\ 5$	$\leq 0,002\ 5$
U16	$\geq 99,999\ 95$	$\leq 0,000\ 05$	$\geq 99,999\ 75$	$\leq 0,000\ 25$
U17	$\geq 99,999\ 995$	$\leq 0,000\ 005$	$\geq 99,999\ 9$	$\leq 0,000\ 1$

Měření a třídění filtrů je založené na zjišťování odlučivosti pro částice, které filtračním materiálem i vlastním filtrem nejvíce pronikají. Jedná se o tzv. MPPS (Most Penetrating Particle Size). Při jmenovité filtrační rychlosti se stanoví velikost částice MPPS. jako zkušební látka se doporučuje DEHS (DiEthylHexySebacate), DOP (DiOctylPhtalate) nebo parafinový olej.

Porovnáním zjištěných hodnot se provede zařazení filtru do určité třídy dle tabulky 13. K zařazení filtru do dané třídy musí být splněny obě podmínky. Velikost částice MPPS, podle které se vysoce účinné filtry zařazují, se většinou pohybuje v rozmezí 0,2 – 0,5 μm . [18]

HEPA filtry byly vyvinuty během druhé světové války ke snížení koncentrace radioaktivního prachu ve větracím vzduchu. Dnes jsou široce používány při nukleární kontaminaci, ke snížení koncentrace azbestu ve vzduchu, ve zdravotnictví, v čistých provozech a celkově v prostorech s vysokými nároky na čistotu prostředí. Filtračním materiálem je skládaný papír ze skelného mikrovlákn. Filtr je zpravidla opatřen plastovými nebo hliníkovými separátory k usměrnění proudu vzduchu a je vložen do dřevěné nebo kovové kazety, v níž je utěsněn. Je použitelný do 120 °C a $\varphi = 100\%$. Účinnost je více než 99,97 % pro částice o velikosti 0,3 μm . [7]

ULPA filtry jsou obdobou HEPA filtrů s ještě větší účinností resp. odlučivostí menších částic než 0,3 μm . Obecně se využívají ve zdravotnictví (provozy popáleninové JIP, superseptických OS, prostory pracující s radiofarmaky). [7]

3.3.2.2 PROVEDENÍ FILTRŮ

Podle provedení lze filtry typu G, M a F rozdělit na filtry vložkové a pásové, filtry E, H a U jsou většinou vložkové.

U pásových filtrů je filtrační člen tvořen pásem filtračního materiálu, který se podle snímané tlakové ztráty filtru postupně odvinuje. Filtrační materiál bývá silnější filtrační rohož ze syntetických materiálů nebo rouno ze skleněných vláken.

U vložkových filtrů je filtr tvořen z jednotlivých vyměnitelných vložek, které se vkládají a uchycují buď do skříní, nebo rámu. Počet paralelně řazených vložek závisí na objemovém průtoku filtrovaného vzduchu a určuje velikost sestavy. [19]

Vložkové filtry se podle provedení dělí na:

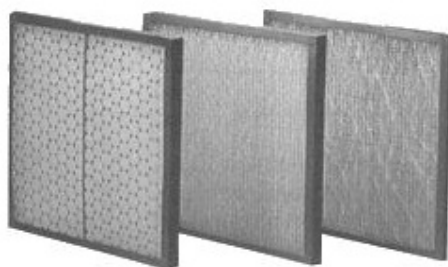
- deskové (rámečkové) - mají jednotlivé vložky ve tvaru plochých desek, které se zasouvají buď čelně, nebo bočně do skříní, vyrábí většinou do třídy F5,
- kapsové – filtrační materiál je ušit do tvaru hlubokých kapes, podle objemového průtoku se dodávají kapsy s různými šířkami a hloubkami tak, aby byla zajištěna jmenovitá filtrační rychlost pro daný materiál a třídu čistoty,
- skládané
 - kazetové,
 - kompaktní – filtrační materiál je v dřevěném, dřevotřískovém, nebo kovovém rámu obdélníkového nebo čtvercového průřezu, u ČP se používají jako třetí stupeň filtrace, zabudovávají se buď do přírodního potrubí, nebo přímo do tzv. čistých nástavců těsně před vyústku,
 - válcové patrony. [19]



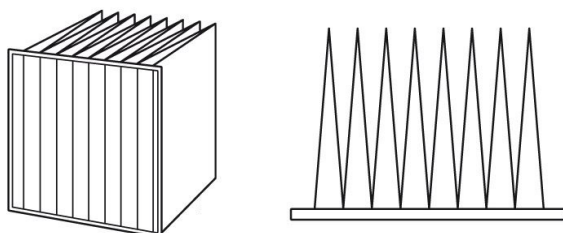
Legenda:

- 1 rám filtru
- 2 skříň s pásem filtračního rouna
- 3 odnímatelné víko skříně
- 4 elektromotor
- 5 filtrační rouno EU 3
- 6 vodící lišty
- 7 dolní navíjecí cívka

OBRÁZEK 9 Pásový filtr FPC [20]



OBRÁZEK 10 Vložka deskového filtru s plochým filtračním materiálem [19]



OBRÁZEK 11 Kapsový filtr [21]



OBRÁZEK 12 Vlevo kompaktní a vpravo kazetová filtrační vložka [23]



OBRÁZEK 13 Filtrační válcová patrona [22]

3.4 REKUPERACE TEPLA A POUŽITÍ CIRKULAČNÍHO VZDUCHU

Výměníky tepla dělíme podle způsobu výměny tepla na regenerační (rotační, přepínací) a rekuperační (deskové, s kapalinovým okruhem, tepelné trubice). Regenerační výměník předává celkové teplo (citelné a vázané) do akumulární hmoty a rekuperační sdílí pouze citelné teplo přes teplosměnnou plochu.

V regeneračních výměnících dochází k malému mísení obou proudů vzduchu, proto se nedoporučuje do prostor, kde jsou kladeny velmi vysoké požadavky na hygienickou kvalitu vzduchu. V zahraničí se v prostorech se zdravotnickým provozem už instalují rotační rekuperátory, ve kterých by nemělo docházet k mísení vzduchu, do provozu.

Je-li prostorově odděleno vedení sání venkovního vzduchu a výfuk odpadního vzduchu, je možné využít systém ZZT s dvojicí lamelových výměníků propojených kapalinovým okruhem. Jeden se osadí do proudu přiváděného vzduchu a druhý do proudu odpadního vzduchu. Teplonosná látka je z jednoho výměníku do druhého přepravována čerpadlem a okruh musí obsahovat další prvky, jako uzavřené topné/chladicí okruhy – expanzní nádobu, pojistný ventil, vypouštění. [7]

Nejvíce rozšířené jsou aplikace deskových výměníků. Jsou konstrukčně jednoduché a pracují bez dodání vnější energie.

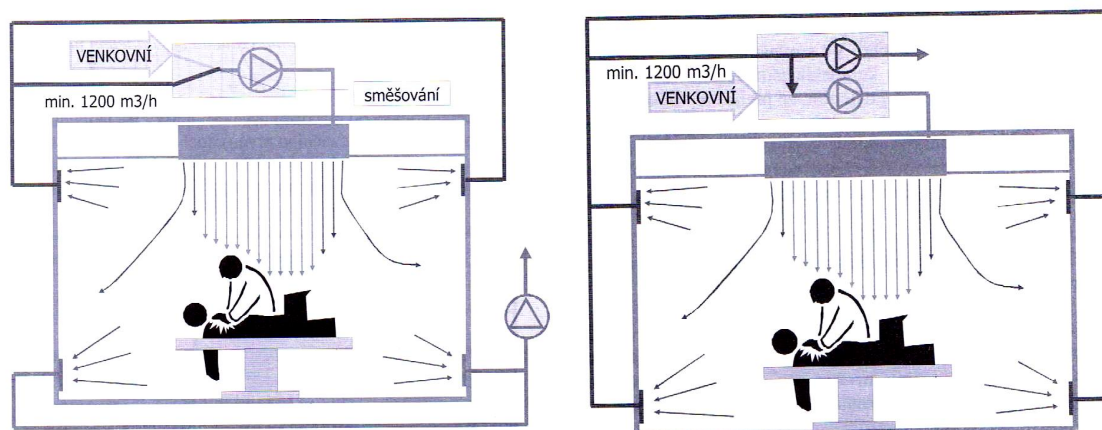
Dle německé DIN 1946-4 se deskové nebo trubkové výměníky mohou používat bez souhlasu hygienika. Rotační rekuperátory se mohou použít pouze po splnění průkazných zkoušek, aby bylo zabráněno možnosti přenosu choroboplodných zárodků. [28]

I přes veškeré technické prostředky různých druhů výměníků se stále používají systémy se směřováním vzduchu z ČP. Na následujících obrázcích jsou uvedeny dva příklady se směřováním vzduchu a jeden bez směšování.

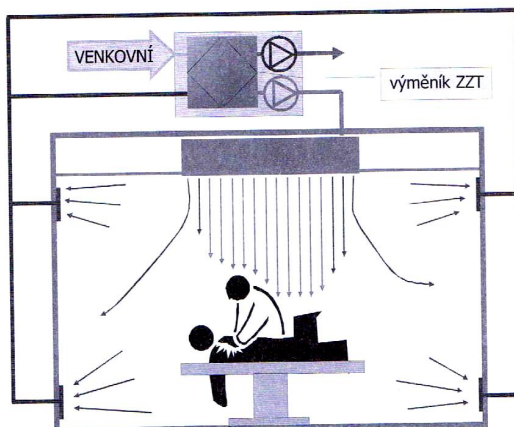
Schéma A je korektní řešení vzhledem k poloze odvodních koncových elementů. Jako cirkulační oběhový vzduch je využíván vzduch pouze z horních odvodních elementů. Těžší částice, které klesají k podlaze, jsou přímo odvedeny do venkovního prostředí.

Ne tak korektní řešení je schéma B, které směšovaný oběhový vzduch nasává všemi odvodními elementy. Toto řešení je možné pouze mimo pracovní dobu OS, v době provozu musí být poloha cirkulační klapky zavřená.

Z hygienického hlediska je nejvíce racionální využití ZZT dle schématu C, kde je přívod 100 % čistého vzduchu na OS. Jako výměník tepla je využit těsný deskový rekuperátor.



OBRÁZEK 14 Vlevo – schéma A – zařízení s odděleným systémem horního a spodního odvodu, vpravo – schéma B – bez oddělení [7]



OBRÁZEK 15 Schéma C – zařízení bez směšování vzduchu [7]

3.5 OHŘEV A CHLAZENÍ

Ohřívač vzduchu se umísťuje mezi 1. a 2. stupeň filtrace. Chladič vzduchu a odlučovač kapek se umísťují před 2. stupeň filtrace.

Dle německé DIN 1946-4 i rakouské normy ÖNORM H 6020 je přímé připojení kondenzátu na kanalizační síť nepřipustné. Je třeba zabránit pronikání škodlivin ze sifónů do jednotek při odstávkách, je třeba zajistit zaplavování sifónů. [28]

3.6 ÚPRAVA RELATIVNÍ VLHKOSTI VZDUCHU

Zvlhčovač se zařazuje před 2. stupeň filtrace. U parního vlhčení nesmí pára obsahovat chemické látky, které by škodily zdraví.

Německá norma DIN 1946-4 i rakouská norma ÖNORM H 6020 připouštějí vodní pračky při použití pitné vody bez cirkulace. Přednostně má být však použito parní vlhčení. [28]

3.7 POTRUBÍ

Na potrubní rozvody, hlavně přiváděného vzduchu, jsou zvýšené požadavky na vzduchotěsnost potrubí. Potrubí přiváděného vzduchu by mělo být zhotoveno ve třídě těsnosti III, potrubí odváděného vzduchu ve třídě těsnosti II (dle normy PK 120036, která již není platná, ale stále používaná). Tím je eliminováno riziko přisávání vzduchu a negativní vliv na tlakové poměry v budově. Běžně se ovšem v praxi používají potrubí stejného provedení, tedy třídy III. Spoje jsou těsněny pryžovým těsněním. Ohebné potrubí není na přívodních rozvodech doporučováno. [7] Ohebné potrubí lze použít jen pro připojení výdechových elementů a vyústek do délky 2 m dle DIN 1964-4. Norma ČSN EN 12237 stanovuje klasifikace tříd těsnosti A – D. Těsnost potrubí třídy A se používá pro běžné požadavky, bez dodatečného těsnění, např. pro kancelářské prostory. Třída těsnosti B se používá při zvýšených požadavcích, např. v čistých prostorech nemocničních provozů.

TABULKA 14 Porovnání známých norem pro třídy těsnosti [27]

Třída těsnosti dle:			
DIN EN 1507 ČSN EN 12237	EUROVENT 2/2	DIN 24194 PK 120036	Mezní hodnoty množství uniklého vzduchu (f_{\max}) [l x s ⁻¹ m ⁻²]
A	A	II	0,027 x pt ^{0,65}
B	B	III	0,009 x pt ^{0,65}
C	C	IV	0,003 x pt ^{0,65}
D			0,001 x pt ^{0,65}

Vzduchotěsnost potrubí je důležitá jak z hlediska dodržení hygienického standardu, tak pro úsporu energie a financí. Nedostatečná vzduchotěsnost může způsobit celou řadu úniků. Mezi hlavní negativní dopady patří pronikání nečistot, šíření nechtěných zvuků, odchylky v množství přiváděného a odváděného vzduchu a nekontrolovaný pohyb vzduchu do jiných částí budovy. Tyto dopady je nutné následně řešit hygienickými a protihlukovými opatřeními.

Potrubí mezi 2. a 3. stupněm filtrace je velmi složité čistit. Potrubí za 3. stupněm filtrace je snadněji přístupné a jeho čištění není složité. Tato část potrubí je potřeba čistit a desinfikovat zejména v odstávkách a po výměně filtrů.

3.7.1 REGULÁTOR PRŮTOKU VZDUCHU

O tlakové diferenci jsem psala v kapitole 2.6. Pro přímé nastavení tlaku bývají do přívodního i odvodního potrubí instalovány regulátory průtoku vzduchu, které zajišťují konstantní množství přiváděného i odváděného vzduchu a tím i tlakovou diferenci v dané místnosti.

Na příklad regulátor průtoku vzduchu typu EN od firmy Trox, který je uveden na následujícím obrázku, se provádí ve dvou variantách, bez nebo s akustickým opláštěním nebo dodatečným tlumičem. Regulátory jsou vyrobeny z pozinkovaného ocelového plechu. Průtok vzduchu lze nastavit na vnější stupnici, vizte obrázek níže. Jedná se o mechanickou samočinnou regulaci průtoku vzduchu bez vnějšího napájení.



OBRÁZEK 16 Regulátor průtoku vzduchu typ EN od firmy Trox [29]

3.7.2 POŽÁRNÍ KLAPKY

Požární klapky se instalují do potrubních prostupů z důvodu zamezení šíření požáru pomocí vzduchotechnického potrubí mezi jednotlivými požárními úseky. Jsou to požární uzávěry, které fungují na principu samočinného spouštěcího impulsu – teplotního, mechanického, elektrického. Uzavřením VZT potrubí brání šíření ohně a kouře po požadovanou dobu požární odolnosti.

Veškeré požární klapky musí být vyrobeny a atestovány, aby vyhovovali zkušební normě ČSN EN 1366-2 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací – část 2: požární klapky.

V ČP nesmí být požární klapky umístěné za třetím stupněm filtrace.



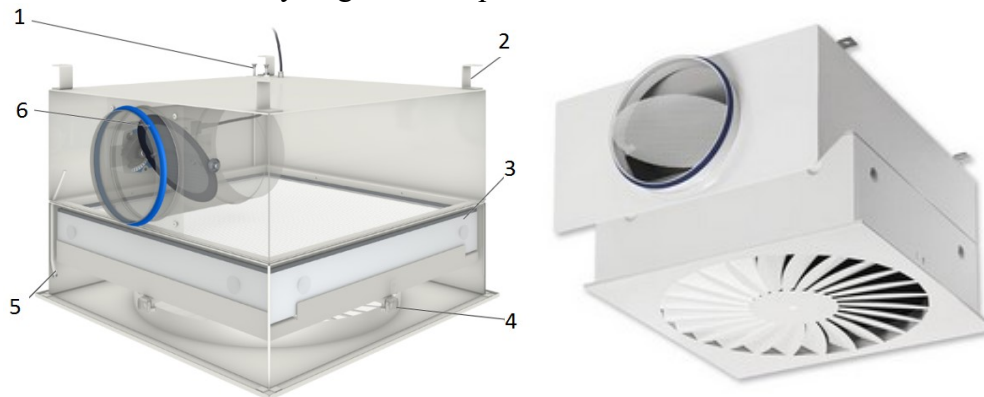
OBRÁZEK 17 Požární klapka do hranatého potrubí od firmy Elektrodesign [30]

3.8 KONCOVÉ PRVKY V INTERIÉRU

3.8.1 PŘÍVOD VZDUCHU

Koncové prvky pro přívod vzduchu v čistých prostorech by měly obsahovat filtr pro mikročástice. Vyrábí se buď jako čisté nástavce, tj. jako běžný prvek s plenum boxem, do kterého je vložen vzduchový filtr, nebo jako velkoplošný prvek – laminární strop. [7]

Skříň čistého nástavce bývá tvořena ocelovým plechem. Čistý nástavec může být vybaven kontrolním zařízením těsnosti filtru a přípojovacím místem pro manometr. Součástí přípojovacího nátrubku může být regulační klapka.



OBRÁZEK 18 Schéma stropního HEPA filtru od firmy Trox [26]

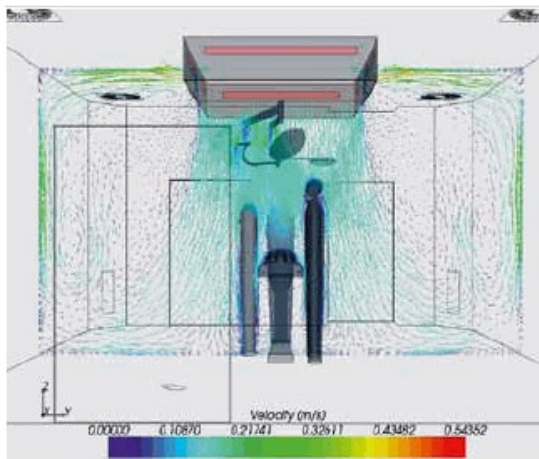
Legenda:

- 1 horní měření tlaku
- 2 horní zavěšení
- 3 filtr s těsněním
- 4 upínací mechanismus pro filtr
- 5 vnitřní měření tlaku
- 6 čep s těsněním

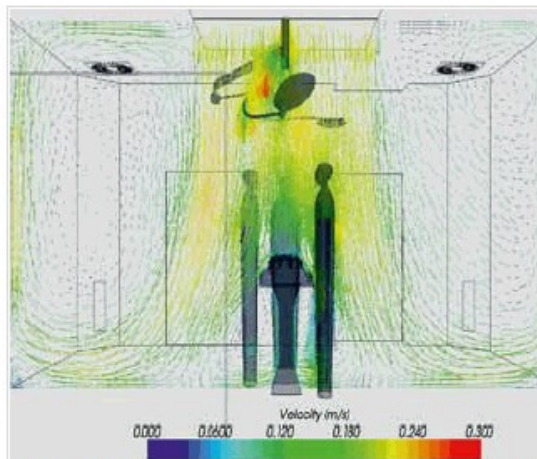
Laminární strop (LS) je typickým prvkem pro přívod vzduchu do OS, jedná se o velkoplošný přívodní prvek. Prvek se skládá z nosné skříňe, která tvoří tlakovou komoru s integrovanými vestavbami filtrů napojených na přívod vzduchu, zářivkového osvětlení, revizní komory, paty stativu operačního svítidla, prostupu tubusu operačního svítidla a laminarizátoru. LS se vyrábí ve dvou variantách, které se liší uložením filtru (vertikální a horizontální uložení).

Kombinovaný laminární strop (KLS) má za úkol změnit obraz proudění v prostoru OS, a tím snížit koncentraci částic pevného aerosolu v operačním poli a zvýšení kvality vzduchu. KLS je oproti tradiční koncepci LS podvěšený cca 300 mm pod podhled místnosti. Snížením vzdálenosti mezi KLS a operačním stolem je možné snížit výtakovou rychlost z 0,2 – 0,25 m/s na 0,16 – 0,18 m/s. Snížením výtokové rychlosti lze na následující obrázku matematického modelu vidět, že nedochází k narušení charakteru jednosměrného proudění v zóně a současně dochází ke snížení pocitu průvanu operatérů. Model neuvazuje s prouděním vzduchu, který vyvolávají osoby pohyby rukou s chirurgickými nástroji. [4]

Teoreticky se skýtá možnost zvýšit třídu čistoty aseptického OS na superseptický při stejné energetické náročnosti. To znamená, že při 20-ti násobné aseptické výměně vzduchu za hodinu je možné OS validovat na superseptický (při splnění podmínek na třídu čistoty dle ČSN EN ISO 14644-1) a nemusí být aplikována 30-ti násobná výměna vzduchu za hodinu. To by znamenalo úsporu pořizovacích i provozních nákladů. [4]



Obr. 1. Obrázek proudění na OS s použitím kombinovaného laminárního stropu



Obr. 2. Obrázek proudění na OS s použitím laminárního stropu

OBRÁZEK 19 Ukázka obrazu proudění pro KLS a standardní LS [4]

3.8.2 ODVOD VZDUCHU

Odvod znehodnoceného vzduchu je tvořen potrubním rozvodem s koncovými elementy. Jako koncové elementy lze navrhnout odvodní anemostaty, vyústky, mřížky nebo jiné odvodní prvky, které budou splňovat požadavky na snadnou čistitelnost.

U operačních sálů je důležité odvádět znehodnocený vzduch z 50 % pod stropem a z 50 % u podlahy. U superseptických operačních sálů se doporučuje odvod u podlahy ve všech rozích, u aseptických minimálně v rozích za hlavou pacienta. Vyústky mohou být opatřeny kovovým nebo vláknovým filtrem pro zachycení prachu. Prach v OS je tvořen hlavně textilními vlákny organického původu, tento prach je hořlavý a při požáru umožňuje šíření ohně na velké vzdálenosti. [7]



OBRÁZEK 20 Produkty Mandík – zleva – vířivá vyúst' VVM, talířový ventil, stěnová mřížka SVM (www.mandik.cz)

3.9 KONCOVÉ PRVKY V EXTERIÉRU

Nasávací a výfukové otvory by měly být umístěny tak, aby síť vzduchovodů byla co nejkratší. Zároveň norma ČSN EN 13779 udává výčet doporučení kam a s ohledem na jaké okolnosti nasávací a výfukové otvory umístit. Uvedu zde pouze pár příkladů:

Umístění nasávacích otvorů:

- min 8 m horizontálně od sběrného místa odpadků, frekventovaného parkoviště pro více než tři vozy, nákladové zóny, větracích otvorů kanalizace, komínových hlavic a podobných zdrojů znečištění, celkově neumisťovat do míst, kde může dojít k průniku emisí nebo zápachu
- žádný nasávací otvor nesmí být umístěn v hlavním směru větru od odpařovacích zařízení pro chlazení
- vzdálenost spodní hrany od země minimálně 1,5 násobek maximální očekávané výšky sněhové pokrývky
- využít nestinná místa, použití ochrany proti slunečnímu záření tak, aby v letním období nedocházelo k nadměrnému zahřívání nasávaného vzduchu

Umístění výfukových otvorů:

- vzdálenost výfuku min 8 m od nejbližší budovy
- min 2 m od nasávacího otvoru, je-li umístěn na stejné straně, pokud možno, nasávací otvor umístíme níže než výfuk
- průtok vyfukovaného vzduchu nesmí překročit $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ a rychlost ve výfukovém otvoru je minimálně 5 m/s

3.10 MĚŘENÍ A REGULACE

Moderními prvky měření a regulace (MaR) lze výrazně optimalizovat řízení a účinnost systémů VZT, vytápění, chlazení a technologických procesů. Je nutné před návrhem provést analýzu vedoucí k optimálnímu řešení. Po realizaci projektu by měl být zaškolený personál a obsluha zařízení a vypracován provozní řád. V praxi se pak může stát, že i sebelepší systém MaR může být nefunkční, protože není správně obsluhován.

Systém MaR by měl umožňovat pružné přizpůsobování podmínkám provozu. Pro obsluhu by měl být snadno ovladatelný a srozumitelný.

Řízení může být manuálně ovládáním příslušného ovladače, nebo lze použít inteligentní automatické regulátory, které jsou propojeny například s čidly kvality vzduchu, vlhkosti nebo teploty.

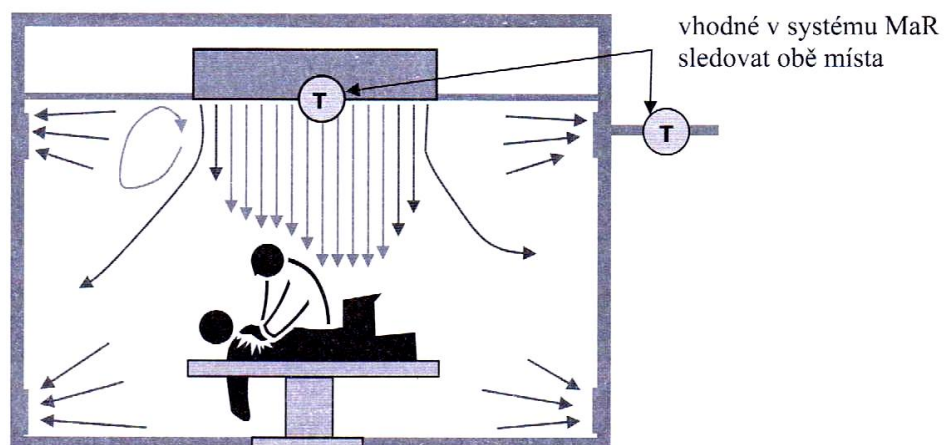
V oblasti klimatizace a větrání lze analyzovat teplotu, vlhkost, objemový průtok vzduchu, absolutní tlak, turbulence, koncentrace CO₂ nebo jiných plynů a následně grafické zpracování do formy časových grafů.

Systém MaR může zajišťovat například:

- ovládání chodu ventilátorů (frekvenčního měniče) a silové napojení těchto zařízení, signalizace chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku,
- měření a signalizace zanášení filtrů (změnou tlakových ztrát před a za filtrem),
- útlumový režim v době mimo provoz budovy,
- kvalitativní regulace (směšování) teploty vzduchu řízením výkonu ohřívače v zimním období a kvantitativní regulace (škrcení) teploty vzduchu řízením výkonu chladiče v letním období,
- řízení protiúrazové ochrany výměníku ZZT (by-pass),
- uzavírání kapek na jednotce (oddělení jednotky od venkovního prostoru v případě nečinnosti zařízení),
- poruchová signalizace,
- signalizace požárních klapek.

3.10.1 ŘÍZENÍ TEPLOTY V PROSTORU OS

Teplotní čidlo lze osadit do proudu přiváděného vzduchu, do prostoru OS nebo do potrubí odváděného vzduchu. V systému MaR je vhodné čidla osadit do proudu přiváděného a odváděného vzduchu a mezi oběma měřicími body udržovat diferenci 1,5 – 2,5 K. [7]



OBRÁZEK 21 Možnost umístění teplotních čidel v prostoru OS [7]

3.11 UVEDENÍ ZAŘÍZENÍ DO PROVOZU

Uvedení zařízení do provozu je spjato s testováním jeho funkčnosti.

Kontrola montáže prověřuje rozsah a úplnost dodávky a její soulad s projektem. Podchycuje případné změny a nedostatky, případné změny se zanesou do projektu skutečného provedení. Zaměřuje se na vizuální kontrolu z hlediska těsnosti jednotek a potrubí, umístění koncových elementů, povrchové úpravy, napojení na další energetické systémy budovy (připojení teplotnosných látek, elektrické energie, odvodů kondenzátu, osazení prvků systému MaR).

Před uvedením do chodu se provede vyčištění potrubních rozvodů, koncových elementů a VZT jednotky. Dále následuje kompletace všech dílů a osazení 3. stupně filtrace.

Zkouškou chodu se ověřuje schopnost dlouhodobého chodu zařízení a písemně potvrzuje kvalifikované uvedení zařízení do provozu.

Zkouška chodu:

- funkčnost spínacího a vypínacího zařízení,
- teplota ložisek točivých strojů,
- směr otáčení motoru ventilátorů,
- chod ventilátorů,
- měření proudového zatížení elektromotorů,
- kontrola vibrací,
- průchodnost a těsnost vzduchovodů a větracích jednotek,
- ovladatelnost regulačních a distribučních elementů a další.

Zaregulování výkonných vzduchových parametrů představuje konečné nastavení průtoků vzduchu ve všech potrubních úsecích a hlavně na distribučních elementech podle projektovaných hodnot.

Komplexním vyzkoušením se rozumí provozní zkoušky, které simulují reálný provoz a jsou k dispozici potřebné energetické zdroje pro ohřev, chlazení a vlhčení vzduchu.

Kvalita čistých prostorů před uvedením do provozu musí být prokázána protokolárním měřením respektive jeho validací.

Postupy používány v ČR pro kvalifikaci čistých prostor jsou uvedeny v normě ČSN EN 14644-3. Základní testy úzce souvisejí s klasifikací čistých prostor vzhledem k množství částic podle normy ČSE EN ISO 14644.

Jedná se o následující testy:

- testy rychlosti, objemu a rovnoměrnosti průtoku vzduchu,
- testy defektoskopie a netěsnosti montáže filtračních vložek HEPA nebo ULPA,
- měření koncentrace částic v prostoru,
- měření mikroklimatických parametrů (teplota, vlhkost, proudění),
- test tlakových poměrů v prostoru,
- měření hluku ve vnitřním i vnějším prostředí a případně další testy.

Nutné testy k validaci čistého prostoru by měly být uvedeny v podmínkách pro kolaudaci stavby. O provedených měřeních musí být vypracován protokol a vystaveno osvědčení. [7]

3.12 PROVOZ A ÚDRŽBA

Nedostatečný servis vede ke kontaminaci strojního zařízení i vzduchovodů mikrobiálním znečištěním, které je následně šířeno do větraných prostorů. Nejvíce rizikové jsou části VZT s výskytem vody nebo kondenzací vodní páry. Čištění potrubí je komplikované a nákladné, nelze je provádět za provozu budovy, proto by měla být prováděna pečlivá údržba.

Dbá se především na kvalitu filtrů vzduchu. Pro koncové filtry je doporučena každoroční kontrola odlučivosti a mechanického porušení. Tlakovou komoru laminárního stropu je nutné při výměně filtrů dezinfikovat. [7]

V následující tabulce je vypracován časový harmonogram s požadovanými časovými úkoly. Plán byl sestaven na základě doporučení americké organizace pro ochranu životního prostředí (www.epa.gov/iaq/) a je upraven na zvyklosti a podmínky v České republice. [7]

TABULKA 15 Harmonogram údržby VZT zařízení [7]

Část systému	Prvek	Úkon	Frekvence kontroly v měsících
VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA			
Sání venkovního vzduchu	Sání vzduchu	KONTROLA V blízkosti se nenachází žádné zdroje škodlivin (komín, kontejnery s odpady, vyústění kanalizace)	< 1
	Servisní otvory	KONTROLA Řádná funkce – přístup, otevření, těsnost.	< 1
	Žaluzie, stříšky a síta	KONTROLA Kontrola průchodnosti a čistoty.	< 1
	Klapky	KONTROLA Hladký chod jednotlivých listů, připojení servopohonu, ochranného pospojování, těsnosti.	< 1
	Vstupní filtry	ÚDRŽBA Promazání ložisek dle instrukcí od výrobce.	2
Směšovací komora	Komora, vpust' (odvod kondenzátu)	KONTROLA Komora a její izolace je čistá a nepoškozená. Nehromadí se tu voda. Dostatek vody v sifonu.	< 1
	Klapky	KONTROLA Zkouška funkce – hladký chod jednotlivých listů, připojení servopohonu, ochranného pospojování, těsnosti.	< 1
Vzduchové filtry		KONTROLA Vzduch neproudí obtokem, není nezvyklý hluk, zápach nebo vlhkost.	< 1
		ÚDRŽBA Výměna dle pokynů výrobce.	3
Ohřívač		KONTROLA Žádný viditelný únik, koroze, kontrola zanesení teplosměnné plochy.	< 1
		ÚDRŽBA Čištění teplosměnné plochy.	3
Chladič		KONTROLA Čistý výměník, dostatečný přístup pro údržbu, není kondenzace, kontrola úniku chladicí vody, žádná stojící voda, žádné poškození lamel nebo potrubí, žádná viditelná plíseň nebo bakterie, kontrola odvodu, úniku a odtoku kondenzátu.	< 1
		ÚDRŽBA Čistit výměník a kondenzátní vanu, doplnit sifony.	3

Parní zvlhčovač	Celkově	KONTROLA Žádné biologické znečištění nebo vodní kámen, žádný viditelný únik.	< 1
	Komora a distributor	KONTROLA Žádný nános špíny nebo plísně, dezinfekce.	< 1
	Parní potrubí	KONTROLA Žádný únik, nepoškozená izolace.	6
	Hygrostat	Řádný provoz, kalibrace dle potřeby	6
	Kalník separátor odvodnění	KONTROLA Čistota, bez potíží, žádný bakteriální nebo plísňový nános, provoz OK.	6
Vodní zvlhčovač nebo vodní pračka	Komora	KONTROLA Všechny části čisté, žádný viditelný únik. ÚDRŽBA Dezinfekce.	< 1
	Kondenzátní vana	KONTROLA Odvodnění OK, žádný nános bakterií nebo plísní.	6
	Plovák, čerpadlo, filtry, trysky	KONTROLA Provoz všech částí OK.	6
	Motor	KONTROLA Provoz OK, žádný nezvyklý zvuk nebo vibrace, ochranné vedení (uzemnění) OK.	6
Ventilátor a motor	Celkově	KONTROLA Žádný nezvyklý zápach, hluk nebo vibrace, změřit otáčky a teplotu ložisek, proud, připojené napětí OK.	< 1
		ÚDRŽBA Čistit venkovní části.	< 1
	Řemen	KONTROLA Žádné znečištění, kryt řemenu OK.	3
	Základová deska	KONTROLA Upevnění, tlumení vibrací OK, utáhnout připevňovací šrouby.	3
	Ložisko	ÚDRŽBA Vyměnit těsnění a pomazat dle pokynů výrobce.	12
POTRUBNÍ SÍŤ A DISTRIBUCE VZDUCHU			
Potrubí (přívod a odvod)		KONTROLA Vnější: žádný zápach, hluk nebo vibrace, čistota, žádné ucpání, úlomky, vlhkost, plíseň, známky hmyzu, žádné viditelné úniky vzduchu.	< 1
		KONTROLA Spoje a otvory pro měření těsné, žádné poškození nebo promáčknutí.	3
		KONTROLA Vnitřní části potrubí neobsahují špínu, vlhkost, plíseň nebo poškození, koroze.	3
		KONTROLA Požární a kouřové detektory a klapky OK.	3
Plenum boxy		KONTROLA Žádný zápach, nezvyklý hluk nebo vibrace, žádné ucpání, úlomky, vlhkost, plíseň, známky hmyzu. Žádné poškození nebo netěsnosti.	< 1
Podhledy	Podhledové kazety	KONTROLA Těsnění na všech dílech OK, žádné špinavé nebo poškozené kazety, žádné zborcené kazety indikující vlhkost nebo plísně.	< 1

Distribuční prvky	Celkově	KONTROLA Žádný zápach, nezvyklý zvuk, žádné překážky proudění vzduchu, žádné úmyslně nastavené překážky proudění. Čistota – žádný prach, špína nebo vlhkost.	< 1
		ÚDRŽBA Vyčistit a odstranit překážky u všech vyústek, určit a odstranit zdroje prachu, špíny nebo vlhkosti, prozkoumat známky nepohody uživatelů.	3
	Nastavitelné lamely (žaluzie)	KONTROLA Lamely se pohybují volně a bezhlučně.	3
		KONTROLA Není zkrat mezi přívodem a odvodem vzduchu.	3
	Přívodní prvky	KONTROLA Správný průtok vzduchu, žádná kondenzace, rez, plíseň, teplota přiváděného vzduchu odpovídá potřebám.	3
	Výměníky (v indukčních jednotkách)	KONTROLA Čistý, bez úniku.	< 1
	Dvířka	KONTROLA Těsné uzavření.	< 1
FCU	Celkově	KONTROLA Žádný zápach, nezvyklý hluk nebo vibrace, žádný viditelný únik.	< 1
	Výměníky	KONTROLA Stav OK, žádné úniky teplotnosných látek.	3
	Vstup (sání) vzduchu	KONTROLA Čisté, žádné překážky proudění vzduchu, pohyblivost klapek OK.	3
	Termostat	KONTROLA Zapojení a připojení OK, kalibrace dle potřeby.	3
	Izolace	KONTROLA Izolace čistá, bez poškození.	3
	Ventilátory	KONTROLA Žádný nezvyklý hluk nebo vibrace, stav řemenu a napětí OK.	3
	Opláštění	KONTROLA Těsné, bez poškození, bez vibrací.	3
Odvod vzduchu ve speciálních případech	System	KONTROLA Provoz vždy, když jsou přítomny zdroje škodlivin, místnost je v podtlaku vůči okolí, přísávání vzduchu na úhradu je bez překážek.	< 1
	Filtry	ÚDRŽBA Vyměnit filtry.	3
Požární klapky	KONTROLA Přístup OK, funkčnost uzavíracího mechanismu a tepelné pojistky, funkce servopohonu, koncového spínače, elektromagnetické spouštění. Interval revizí dle výrobce.	6-12	
STROJOVNÝ CHLAZENÍ A KOTELNY			
Zdroje tepla a zásobníky	KONTROLA Chemická úprava je v pořádku, spaliny nemají zpětný tah, test spalování a měření složení spalin, kontrolovat využití paliva.	12	
	ÚDRŽBA Vyčistit zásobníky.	< 1	

Kotel	Vrat kondenzátu	KONTROLA Provoz a teplota OK.	< 1
	Regulace	KONTROLA Provoz a kalibrace OK.	< 1
	Expanzní nádoba	KONTROLA Stav OK.	< 1
	Čirkulační čerpadlo	KONTROLA Stav OK.	< 1
	Pojistný ventil	KONTROLA Stav OK.	< 1
Výrobník studené vody	Celkově	KONTROLA Žádný únik, analýza chemického složení vody ve zdroji chladu a v chladicím okruhu, úprava dle potřeby. Prohlídka provozu a seřízení dle potřeby.	< 1
		KONTROLA Náplň chladiva OK, žádný únik vzduchu, chladiva, oleje.	3
		ÚDRŽBA Preventivní údržba, nákup chemikálií pro zdroj chladu.	12
	Skříň	KONTROLA Nepřehřívá se, čistota OK.	3
Kondenzátor nebo chladicí věž	Celkově	KONTROLA Žádné úniky z chladicí věže, nádrže, zásobníku, analyzovat chemické složení chladicí vody a upravit dle potřeby.	< 1
		Zajistit preventivní údržbu.	6
		Nákup chemikálií pro chladicí věž.	12
	Eliminátor kapek	KONTROLA Provoz bez závad, přiměřený únik kapek.	< 1
	Kondenzátní vana	KONTROLA Žádné bahno, kal, řasy.	< 1
	Zásobník chemikálií	KONTROLA Kontrola chemické úpravy, nezávadný provoz, seřízení dle potřeby.	< 1
Vzduchové kompresory a pneumatické systémy.	Celkově	KONTROLA Žádný zápach nebo nezvyklý hluk, žádné úniky, odstranit vodu z kompresorového tanku.	< 1
		KONTROLA Bez koroze a vibrací, hladina oleje v pořádku, doplnit nebo vyměnit dle potřeby.	3
	Filtry	KONTROLA Vyčistit / vyměnit filtry.	3
	Řemeny	KONTROLA Prověřit stav a vyměnit dle potřeby, prověřit a zajistit nastavení.	3
	Ložiska	KONTROLA Prověřit ložiska a provozní povrchovou teplotu.	3
	Pojistný ventil	KONTROLA Prověřit otevírací tlak pojistného ventilu.	3

Čerpadla a potrubí	Celkově	KONTROLA Prověřit kompletně nezvyklý hluk, vibrace, korozi nebo jiné zhoršení. Izolace je na místě. Žádné úniky páry, vody, nebo plynu. Voda nuceně cirkuluje.	< 1
		KONTROLA Stav spojů, závěsů, upevnění potrubí OK. Ne zlomené, roztřepené, nebo uvolnění vedení elektroinstalace. Pohyb látky v potrubí OK. Držáky, závěsy nevykazují chybějící díly. Preventivní údržba čerpadel.	3
	Ventily a těsnění	KONTROLA Všechny ventily se zavírají a otevírají v pořádku. Žádná koroze a úniky. Prověřit funkci pojistných ventilů a zařízení.	< 1
		KONTROLA Ventily obtoku pracují řádně.	6
	Nádrže a zásobníky	KONTROLA Expanzní nádoby a jiné nádrže pracují řádně. Žádné úniky nebo poškození.	< 1
	Odvodnění	KONTROLA Odvodnění čisté a bez překážek. Vyčistit filtry dle potřeby.	< 1
Motory	KONTROLA Čerpadla běží hladce. Žádná vysoká teplota nebo jiskření. Mazat dle potřeby.	6	
Záložní zdroj (dieselagregát)	KONTROLA Zajistit preventivní prohlídku.		3
	KONTROLA Koupit náplň (palivo).		6
	KONTROLA Výfuk i samotný prostor je v podtlaku vůči okolním prostorům.		3

4 VYTÁPĚNÍ

Dle rakouské normy ÖNORM H 6020 musí být statické otopné plochy pro vytápění prostorů I. a II. třídy zcela zakryté, norma povoluje podlahové, stěnové nebo stropní vytápění. Pro prostory tříd III. a IV. musí být otopná tělesa (OT) hladká a lehce čistitelná.

Statické chladicí plochy musí být navrženy tak, aby nedocházelo ke kondenzaci na povrchu. V prostorech I. a II. třídy musí být zcela zakryté. [28]

Na trhu nalezneme několik firem (Korado, Purmo, Vogel&Noot a další), které nabízejí OT do prostředí s vysokými nároky na hygienu a čistotu prostředí. Úpravy hygienických OT umožňují hlavně snadnou čistitelnost, jsou dostupné všechny části tělesa a jeho okolí pro snadné, pravidelné mytí a úklid. Povrch otopného tělesa musí být dostatečně odolný, aby dlouhodobě zvládl zátěž čisticími a desinfekčními prostředky. Možnost upevnění tělesa na stěnu tak, aby prostor pod ním byl volný bez překážek.

Firma KORADO nabízí modely deskových otopných těles RADIC CLEAN a RADIC HYGIENE, které jsou upraveny pro instalaci a provoz v místnostech s vysokými požadavky na hygienu. Všechny typy jsou bez přídavné plochy, mají hladkou čelní desku a švové svary desek jsou zakryty speciální hladkou lištou.



OBRÁZEK 22 RADIK HYGIENE [31]



OBRÁZEK 23 RADIK CLEAN VK [31]

5 PŘÍKLADY REALIZACÍ

Je pro mě složité najít vhodný příklad realizace vzduchotechniky ve zdravotnickém zařízení. Jeden důvod je, že často vzduchotechnické rozvody v takovém provozu opravdu nenajdeme. Většinou jsem se setkala pouze s lokální úpravou vzduchu pomocí SPLIT nebo VRV jednotek. Dále je možné uvést příklad dobře zpracovaného interiéru ordinace, ale bohužel nevidíme rozvody vzduchotechniky, které by měly být v těchto prostorech zakryty z důvodu čistoty prostředí. Proto jsem se rozhodla ukázat řešení interiéru po zakrytí rozvodů, přiznané potrubí i fotografie z montáže.

Začnu příklady z montáže. Bohužel nemám fotografie ze své praxe, ale převzaté materiály od firmy NAJ Klima s.r.o.



OBRÁZEK 24 Zdravotnické centrum Kalná nad Hronom, připojení talířových ventilů umístěných v podhledu pomocí flexi potrubí ke kruhovému potrubí, www.najklima.cz



OBRÁZEK 25 Kagran stuio – Doningasse, Vídeň, VRV systém, www.najklima.cz

Mezi příklady realizací bych neměla opomenout operační sály. Operační sály se většinou navrhují jako samostatné buňky. **Hybridní sál ve FN Olomouc** byl vybudován ve stávajícím operačním traktu centrálních operačních sálů. Je zde použita technologie firmy Philips. Je zde instalováno nové laminární pole AKCmed. Jeho hlavní předností je možnost zavěšení laminarizátoru pomocí speciálních závěsů a tak není nutno samotný laminarizátor při servisním zásahu sundávat na zem, jak je dosud zvykem u ostatních typů laminárních polí.



OBRÁZEK 26 FN Olomouc, hybridní operační sál, www.akcmed.cz



OBRÁZEK 27 FN Olomouc, hybridní operační sál, www.akcmed.cz

Ze zajímavě řešených interiérů jsem vybrala **Českou genetickou banku – část odběry**. Česká genetická banka s r.o. je zdravotnickým zařízením s vlastní diagnostickou laboratoří zabývající se primárně kmenovými buňkami. Odtud se též odvinul výše zmíněný vizuální styl - jemná organická buněčná struktura, jako dokreslující motiv loga a celého interiéru. V pohledu vidíme umístěné anemostaty, které dotvářejí ráz interiéru a nikterak neruší dojem čistoty.



OBRÁZEK 28 Fotografie interiéru České genetické banky-část odběry, zdroj www.archiweb.cz

Přiznané potrubí vzduchotechnických rozvodů jsem našla v provozu **lékárny FN Olomouc**. Bývalá nemocniční lékárna nesplňovala požadavky na provoz, mimo prodeje léčiv zde dochází i k jejich výrobě.

V přízemí se rozkládá variabilní, vzdušný prostor výdejny léčiv a zdravotních pomůcek. Ve druhém podlaží se nachází dvě hlavní pracoviště. Jedním z nich je oddělení ředění cytostatik, které je specifické mimořádně čistým provozem. Do jednotlivých prostor se vstupuje přes hygienické filtry a samotná práce probíhá v izolátorech, aby nedošlo k potřísnění personálu nebezpečným materiálem.

Třetí podlaží je provozně rozděleno na část laboratorní s oddělením sterilní přípravy a na část technickou na protější straně, kde celou plochu zaujímá domovní technika. Chladicí jednotky jsou umístěny na jakémsi vložném, nezastřešeném dvorku v prostoru strojovny vzduchotechniky, aby byly skryté za fasádou domu a nevyčnívaly ani na střeše.



OBRÁZEK 29 Lékárna FN Olomouc, www.archiweb.cz

ZÁVĚR

Při zpracování praktické části jsem se setkala s nedostatečnou legislativou pro navrhování čistých prostor v České republice. Často se proto odkazují na zahraniční zdroje.

V diplomové práci byl proveden návrh nuceného větrání prostor zdravotního střediska. Při návrhu jsem kladla důraz na vytvoření vnitřního klimatu na vyšší úrovni, než je legislativně požadováno. Myslím si, že v každém zařízení, kde se provádějí úkony s určitým hygienickým standardem, by mělo být navrženo alespoň základní nucené větrání.

Při návrhu jsem kladla důraz na kvalitu a čistotu přiváděného vzduchu do daného prostoru. Zvolila jsem dvoustupňovou filtraci vzduchu, který přivádím do objektu a třístupňovou filtraci do prostoru sálu chirurgie. Jako třetí stupeň filtrace v sále chirurgie je navržen vysoce účinný aerosolový filtr HEPA. Je navržena jedna vzduchotechnická jednotka od firmy REMAK, která pracuje se 100% čerstvého vzduchu. Jednotka je umístěna v exteriéru v přístřešku.

Množství přiváděného a odváděného vzduchu z daného prostoru bylo stanoveno s ohledem na hygienické předpisy a třídu čistoty vzduchu. Pro hlavní rozvody vzduchu je navrženo čtyřhranné potrubí.

Součástí práce je výkresová dokumentace s rozmístěním distribučních elementů a vzduchotechnického potrubí.

V rozšiřující části práce byl proveden koncepční návrh vytápění objektu. Bylo uvažováno s rekonstrukcí stávajícího stavu. Stanovila jsem tepelné ztráty místností a navrhla nová OT v hygienickém provedení. Součástí návrhu je výkresová dokumentace s rozmístěním OT.

Pro zajištění správné funkce celého vzduchotechnického systému je nutné, aby nejen při užívání, ale již při samotné realizaci byly dodržovány postupy, které zaručují funkčnost těchto prostor.

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] Cleanroom history [fotografie]. [online].
Dostupné z: <http://www.slideshare.net/timsandle1/cleanroom-history>
- [2] Úvod do čistých prostorů. [online]. Jiří Monínek, G. M. PROJECT s.r.o. 11/2008.
[cit. 2017-01-10].
Dostupné z: www.sdrprokos.cz/akt_arch/13-seminar/cr01_v_kosmetika.ppt
- [3] ČSN EN ISO 14644-1: *Čisté prostory a příslušné řízené prostředí. Klasifikace čistoty vzduchu*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, květen 2005.
- [4] Nový prvek pro přívod vzduchu na standardním operačním sále [online].
Ing. Aleš Rubina, Ph.D., [cit. 2017-02-16]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/potrubi-a-jeho-soucasti/6757-novy-prvek-pro-privod-vzduchu-na-standardnim-operacnim-sale>
- [5] ČSN EN ISO 14644-4: *Čisté prostory a příslušné řízené prostředí. Návrh, konstrukce, uvádění do provozu*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2001.
- [6] *Producing in Clean Rooms* [online]. Merete Hede, Stage One Computing.
[cit. 2017-01-24]. Dostupné z:
http://www.stageone.dk/SOC_Compendium_of_clean_rooms_001.pdf
- [7] RUBINA, Aleš. *Vzduchotechnické systémy pro čisté prostory operačních sálů*. Praha: Společnost pro techniku prostředí - územní centrum Brno, 2008. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02065-3.
- [8] Vyhláška č. 84/2008 Sb. *Vyhláška o správné lékárenské praxi, bližších podmínkách zacházení s léčivými v lékárnách, zdravotnických zařízeních a u dalších provozovatelů a zařízení vydávajících léčivé přípravky*.
Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-84>
- [9] *Čisté prostory* [online]. Ing. Zuzana Mathauserová, Laboratoř pro fyzikální faktory.
[cit. 2017-01-30]. Dostupné z:
http://www.szu.cz/uploads/documents/cpl/Materily_ze_seminaru/Materialy_2009/mathauserova-19.3.pdf
- [10] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. *Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>
- [11] ČSN EN ISO 7235: *Akustika – Laboratorní měřicí postupy pro tlumiče hluku v potrubí a vzduchotechnické koncové jednotky – Vložný útlum, vlastní hluk a celková tlaková ztráta*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, duben 2004.
- [12] *Classification of cleanrooms* [online]. Moorfield. [cit. 2017-01-31].
Dostupné z: http://www.cleantent.co.uk/downloads/CCCS_moorf.pdf
- [13] Bc. Ondřej Křenek, *Návrh větrání jednoho podlaží nemocniční budovy*, 2009. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně
- [14] Německá norma. DIN 1946 *Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhausern*. 1999.
- [15] ČSN EN 779 12 50001: *Filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic pro všeobecné větrání – Stanovení filtračních parametrů*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012

- [16] ČSN EN 1822-1 12 5002: *Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- [17] ČSN EN 14799 12 5000: *Filtry pro čištění vzduchu - Terminologie*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007
- [18] *Filtrace atmosférického vzduchu II* [online]. doc. Ing. Jiří Hemerka, CSc., [cit. 2017-02-05].
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5843-filtrace-atmosferickeho-vzduchu-ii>
- [19] *Filtrace atmosférického vzduchu III* [online]. doc. Ing. Jiří Hemerka, CSc., [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/potrubi-a-jeho-soucasti/5877-filtrace-atmosferickeho-vzduchu-iii>
- [20] *Filtry pásové FPC* [fotografie] [online]. Vzduchotechnik Chrastava, [cit. 2017-02-05].
Dostupné z: <http://www.vzduchotechnik.cz/domain/vzt/files/prumyslove-normy/fpc.pdf>
- [21] *Kleansept – jemný kapsový filtr* [fotografie] [online]. Kapsové filtry, [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://kapsovefiltry.cz/kapsovy-filtr/kleansept/>
- [22] *Nilfisk-ALTO filtrační patrona – válcový filtr ATTIX* [fotografie] [online]. HydroClean s.r.o., [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://www.hydroclean.cz/filtry-pro-vysavace/nilfisk-alto-filtracni-patrona-valcovy-filtr-attix/>
- [23] *Kompaktní filtry* [fotografie] [online]. KD Filter. [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://kd-filter.cz/produkty/kompaktni-filtry/>
- [24] *Maneko* [fotografie] [online]. Maneko laboratorní přístroje a technika. [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://www.maneko.cz>
- [25] ČSN EN 13779 12 7007: *Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- [26] *TFC* [fotografie] [online]. Type TFC, Pro kritické požadavky na kvalitu vzduchu a hygienu, vhodné pro instalaci do stropu. [cit. 2017-02-16]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/%C4%8Cist%C3%A9-n%C3%A1stavce-s-vysoce-%C3%BA%C4%8Dinn%C3%BDm-filtrem/stropn%C3%AD-hepa-filtry-9f338149ec55c0f8>
- [27] *Porovnání známých norem pro třídy těsnosti* [online]. [cit. 2017-02-16]. Dostupné z: http://www.ordos.cz/e_download.php?file=data/editor/13cs_3.pdf&original=Porovn%C3%A1n%C3%AD+PDF.pdf
- [28] TREPKA, Stanislav. *Zahraniční standardy pro navrhování a provoz klimatizace ve zdravotnictví*. Příloha časopisu VVI č. 2/2002. Společnost pro techniku a prostředí, duben 2002.
- [29] *TYPE EN* [fotografie] [online]. Pro přesnou regulaci normálního a vysokého konstantního průtoku vzduchu. [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <http://www.trox.cz/regul%C3%A1tor-pr%C5%AFtoku-vzduchu-kvs/type-en-02ef818b37f8aa0d>

- [30] *CU2 CFTH požární klapky do hranatého potrubí* [fotografie] [online]. Požární klapky. [cit. 2017-02_18]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/cu2-cfth-pozarni-klapky-do-hranateho-potrubu>
- [31] *RADIK – Desková otopná tělesa* [fotografie] [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik.html>
- [32] *BLOCK Čisté prostory* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.blockcrs.cz/content/891>

SEZNAM ZKRATEK


Označení	Popis / název veličiny	Jednotka
<i>Zkratky</i>		
ČP	Čistý prostor	
KLS	Kombinovaný laminární strop	
LS	Laminární strop	
OS	Operační sál	
OT	Otopné těleso	
VZT	Vzduchotechnika / vzduchotechnická	
ZZT	Zpětné získávání tepla	
<i>Veličiny</i>		
C_n	nejvyšší přípustná koncentrace polétavých částic	[-]
N	číslo klasifikace ISO	[-]
S	průřez potrubí	[m ²]
t_i	teplota vzduchu v místnosti	[°C]
t_e	teplota venkovního vzduchu	[°C]
t_p	teplota přiváděného vzduchu do místnosti	[°C]
η	účinnost rekuperačního výměníku	[%]
λ	součinitel tepelné vodivosti	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
ξ	součinitel místních odporů	[-]
ρ	hustota vzduchu	[kg/m ³]
φ	relativní vlhkost vzduchu	[%]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Výroba plynových filtrů pro Švýcarskou armádu z roku 1939 [1].....	16
Obrázek 2 Vlevo: Willis Whitfield, vpravo jeho pracoviště čistého prostoru vybudované v roce 1962 [1]	16
Obrázek 3 Vzory proudění vzduchu, 1 – dodávaný vzduchu, 2 – odváděný vzduch, a) jednosměrný, b) nejednosměrný, c) smíšený proud vzduchu [5].....	21
Obrázek 4 Koncept výtlaku [5]	25
Obrázek 5 Koncept rozdílu tlaků [5].....	25
Obrázek 6 Schéma uspořádání distribučních prvků, a) souproudé, b) protiproudé uspořádání [7]	26
Obrázek 7 Laminární box (vlevo) a rukávový box (vpravo) [24].....	26
Obrázek 8 Prostorové nároky na strojovny vzduchotechnických zařízení [25].....	30
Obrázek 9 Pásový filtr FPC [20]	34
Obrázek 10 Vložka deskového filtru s plochým filtračním materiálem [19].....	34
Obrázek 11 Kapsový filtr [21]	34
Obrázek 12 Vlevo kompaktní a vpravo kazetová filtrační vložka [23]	34
Obrázek 13 Filtrační válcová patrona [22].....	34
Obrázek 14 Vlevo – schéma A – zařízení s odděleným systémem horního a spodního odvodu, vpravo – schéma B – bez oddělení [7]	35
Obrázek 15 Schéma C – zařízení bez směšování vzduchu [7].....	36
Obrázek 16 Regulátor průtoku vzduchu typ EN od firmy Trox [29].....	38
Obrázek 17 Požární klapka do hranatého potrubí od firmy Elektrodesign [30]	38
Obrázek 18 Schéma stropního HEPA filtru od firmy Trox [26].....	39
Obrázek 19 Ukázka obrazu proudění pro KLS a standardní LS [4]	40
Obrázek 20 Produkty Mandík – zleva – vířivá vyúst' VVM, talířový ventil, stěnová mřížka SVM (www.mandik.cz)	40
Obrázek 21 Možnost umístění teplotních čidel v prostoru OS [7].....	42
Obrázek 22 RADIK HYGIENE [31]	49
Obrázek 23 RADIK CLEAN VK [31].....	49
Obrázek 24 Zdravotnické centrum Kalná nad Hronom, připojení talířových ventilů umístěných v podhledu pomocí flexi potrubí ke kruhovému potrubí, www.najklima.cz.....	50
Obrázek 25 Kagran stuio – Doningasse, Vídeň, VRV systém, www.najklima.cz.....	50
Obrázek 27 FN Olomouc, hybridní operační sál, www.akcmed.cz.....	51
Obrázek 26 FN Olomouc, hybridní operační sál, www.akcmed.cz.....	51
Obrázek 29 Lékárna FN Olomouc, www.archiweb.cz	52
Obrázek 28 Fotografie interiéru České genetické banky-část odběry, zdroj www.archiweb.cz	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Ukázka tabulky místností ze Sborníku technických řešení nemocnice s poliklinikou I. a II. typu – část Vzduchotechnická zařízení, částečně upraveno pro současné podmínky [7]9	
Tabulka 2 Tabulka tříd čistoty podle BS 5295 z roku 1989 [12].....	12
Tabulka 3 Tabulka tříd čistoty podle FS 209D [12].....	12
Tabulka 4 Tabulka tříd čistoty podle FS 209E [12].....	13
Tabulka 5 Ukázka klasifikace tříd čistoty ve vybraných zemích [7].....	14
Tabulka 6 Dohodou stanovené požadavky na kvalitu vnitřního prostředí zdravotnických pracovišť [9].....	15
Tabulka 7 Třídy čistoty a odpovídající koncentrace částic [3].....	19
Tabulka 8 Klasifikace pro jednotlivé třídy čistoty vzduchu podle počtu částic dle Vyhlášky č. 84/2008 Sb. [8].....	20
Tabulka 9 Příklady typu proudění vzduchu pro aseptické procesy [5].....	22
Tabulka 10 Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb [10].....	23
Tabulka 11 Počet odběrných míst vztažených na plochu místnosti ČP [3].....	27
Tabulka 12 Třídění filtrů vzduchu [15].....	32
Tabulka 13 Třídění EPA, HEPA, ULPA filtrů [16].....	32
Tabulka 14 Porovnání známých norem pro třídy těsnosti [27].....	37
Tabulka 15 Harmonogram údržby VZT zařízení [7].....	44

OBJEKT: REKONSTRUKCE ZDRAVOTNÍHO STŘEDISKA POSTOLOPRTY					
NÁZEV AKCE: DIPLOMOVÁ PRÁCE				FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT OBOR: BUDOVY A PROSTŘEDÍ ZAMĚŘENÍ: TZB KATEDRA TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV	
VYPRACOVALA: Bc. Klára HLAVATÁ	KONZULTOVAL doc. Ing. Michal KABRHEL, Ph.D.				
ČÁST: VĚTRÁNÍ		STUPEŇ PD:	MĚŘITKO:		
		DATUM: 05 / 2017	POČET FORMÁTŮ: 14 x A4		
NÁZEV PŘÍLOHY: NÁVRHOVÁ ČÁST		ČÍSLO PARÉ:	ČÍSLO STAVBY:		
			ČÍSLO PŘÍLOHY:		

OBSAH

NÁVRHOVÁ ČÁST.....	3
1 POPIS OBJEKTU.....	3
2 PROJEKT VĚTRÁNÍ.....	3
2.1 TLAKOVÁ DIFERENCE.....	3
2.2 STANOVENÍ MNOŽSTVÍ PŘÍVODNÍHO A ODVODNÍHO VZDUCHU.....	3
2.3 NÁVRH PŘÍVODNÍCH A ODVODNÍCH ELEMENTŮ.....	6
2.3.1 NÁVRH PŘÍVODNÍCH ELEMENTŮ.....	6
2.3.2 NÁVRH ODVODNÍCH ELEMENTŮ.....	7
2.3.3 NÁVRH PŘÍVODNÍCH ELEMENTŮ DO ZÁKROKOVÉHO SÁLU CHIRURGIE.....	9
2.3.4 NÁVRH ODVODNÍCH ELEMENTŮ DO ZÁKROKOVÉHO SÁLU CHIRURGIE.....	10
2.4 DIMENZOVÁNÍ ROZVODŮ VZDUCHU.....	11
2.4.1 ZREGULOVÁNÍ SÍTÍ VZDUCHOVODŮ.....	11
2.5 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY.....	11
2.6 ÚTLUM HLUKU.....	11
3 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ.....	12
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	13
SEZNAM TABULEK.....	13
SEZNAM PŘÍLOH.....	14

NÁVRHOVÁ ČÁST

1 POPIS OBJEKTU

Jedná se o stávající Zdravotní středisko v Postoloprtech na parcele p.č. 1051. Budova je dvoupodlažní s technickým nevytápěným suterénem.

Objekt prošel v roce 2013 rekonstrukcí, protože nevyhovoval z hlediska bezbariérového přístupu do objektu a bezbariérového pohybu po něm. Jednalo se především o vybourání některých vnitřních příček a dále o rekonstrukci rozvodů zdravotně technických instalací, topení a nuceného odvětrání hygienických prostor. Pro zdravotní střediska nejsou zvýšené požadavky na čistotu prostor, proto při rekonstrukci nebyl řešen nucený přívod a úprava čerstvého vzduchu.

Domnívám se, že ve zdravotních střediscích dochází k podobným úkonům jako v nemocnicích a měly by být zvýšené požadavky na čistotu vzduchu v interiéru. Z mého pohledu se může jednat o objekt, který by nabízel prostory s vyšší kvalitou vnitřního prostředí.

V rámci diplomové práce je vypracován projekt větrání a koncepční řešení vytápění objektu. Obě profese jsou dále popsány v jednotlivých kapitolách.

2 PROJEKT VĚTRÁNÍ

Zdravotní střediska nevyžadují zvýšené požadavky na čistotu přiváděného vzduchu ani na jeho úpravu. Mým cílem je návrh projektu větrání na vyšší úrovni, než je legislativně požadováno, ale současně přiměřeně k procesům, které se v objektu provádějí.

Projekt nuceného přívodu vzduchu uvažuje rovnotlaký systém s přívodem 100 % čerstvého vzduchu, to znamená, že neuvažují cirkulační vzduch. Větrací jednotka bude přiváděný vzduch filtrovat a ohřívat, využito bude i zpětného získávání tepla. Další úpravy vzduchu byly vyhodnoceny jako nadstandardní, proto nebyly použity.

Vytápění objektu není řešeno pomocí vzduchotechniky.

2.1 TLAKOVÁ DIFERENCE

Pro zdravotnická zařízení nejsou stanoveny požadavky pro tlakovou diferenci mezi vnitřními prostory. V projektu je přesto navržen nízký tlakový spád a protiproudé uspořádání koncových prvků.

Tlakový spád je navržen tak, že je do ordinací přiváděno 100 % potřebného čistého vzduchu a v dané místnosti je odváděno 90 %. Přílehlé místnosti, které nebudou využívány po celou dobu provozu (např. RTG nebo oční skiaskopie) jsou navrženy v rovnotlakém systému, aby nebyl narušen tlakový poměr v ordinacích. Zbylých 10 % vzduchu je odváděno na chodbách. Tím je zajištěno, že do ordinací nebude lehce proudit okolní vzduch z přílehlých prostor.

Schéma tlakových poměrů místností je zobrazeno ve výkresech VZT 02 A VZT 03.

2.2 STANOVENÍ MNOŽSTVÍ PŘÍVODNÍHO A ODVODNÍHO VZDUCHU

Množství přiváděného vzduchu bylo stanoveno dle hygienických požadavků. Je počítáno s vyšší hodnotou z násobnosti výměny vzduchu místnosti nebo potřebného venkovního vzduchu dle počtu osob. Hodnoty jsou patrné z následujících tabulek 1 a 2.

TABULKA 1 Shrnutí hodnot 1. NP

Účel místnosti	Teplota výpočt. vnitřní	Teplota přív. vzduchu		Zvýšení tep. ztrát rozdílem teplot	Plocha míst.	Vnitřní objem	Násobnost výměny vzduchu			Počet osob	Venkovní vzduch nařízení vlády 361/2007 Sb.	Odvod
	ZIMA	ZIMA	LÉTO	$T_p - T_i$	A	V_{mi}		V_e	n	V_e		
	T_i	T_p										[W]
	[°C]	[°C]		[W]	[m ²]	[m ³]	[x/hod]	[m ³ /h]	[-]	25 m ³ /h*os	[m ³ /h]	
Zádveří	15	-	-	-	5,8	15,1	-	-	-	-	-	-
Výdej léků	20	18	20	33,7	32,2	83,7	0,5	41,9		2	50	50
Chodba	20	18	20	20,2	22,0	57,2	0,5	28,6	30	1	25	30
Sklad léků	20	18	18	23,6	26,0	67,6	0,5	33,8	35	1	25	35
Přípravna, umývárna	20	18	20	33,7	18,2	47,3	0,5	23,7		2	50	50
Příjem dodávek léků	20	18	18	13,5	13,8	35,9	0,5	17,9	20	0	-	20
Šatna	24	22	20	33,7	6,1	15,9				2	50	-
Sanitární zázemí	20	-	-	-	3,7	9,6	-	-	-	-	-	75
Úklid	20	-	-	-	2,2	5,7	-	-	-	-	-	50
WC invalidní	20	-	-	-	5,2	13,5	-	-	-	-	-	75
Spisovna	20	18	20	16,8	9,1	23,7				1	25	-
Chodba	20	-	-	-	76,2	198,1	0,5	99,1	100	-	-	255
Čekárna	20	18	20	168,3	14,8	38,5				10	250	
Čekárna	20	18	20	168,3	15,3	39,8				10	250	
Čekárna	20	18	20	84,2	6,1	15,9				5	125	
Schodiště	18	-	-	-	21,6	56,2	-	-	-	-	-	-
Sanitární zázemí	20	-	-	-	6,0	15,6	-	-	-	-	-	100
Sanitární zázemí	20	-	-	-	4,4	11,4	-	-	-	-	-	75
Úklid sklad	20	-	-	-	1,7	4,4	-	-	-	-	-	-
Sanitární zázemí	20	-	-	-	6,0	15,6	-	-	-	-	-	100
Sanitární zázemí	20	-	-	-	4,4	11,4	-	-	-	-	-	75
Úklid	20	-	-	-	1,7	4,4	-	-	-	-	-	50
Oční - skiaskopie	24	22	22	33,7	7,4	19,2	2	38,5	40	2	50	50
Oční - doktor	24	22	22	70,7	19,7	51,2	2	102,4	105	2	50	95
Chirurgie - základní sál	24	22	22	134,7	25,1	65,3	3	195,8	200	3	75	180
Chirurgie - sestra	24	22	22	97,6	27,4	71,2	2	142,5	145	2	50	130
Chirurgie - ambulance	24	22	22	101,0	28,1	73,1	2	146,1	150	3	75	135
Chirurgie - RTG	24	22	22	53,9	15,3	39,8	2	79,6	80	2	50	80
Pediatric - doktor	24	22	22	77,4	21,8	56,7	2	113,4	115	3	75	100
Pediatric - sestra	24	22	22	57,2	16,2	42,1	2	84,2	85	1	25	80
Výtah	-	-	-	-	3,6	9,4	-	-	-	-	-	-

TABULKA 2 Shrnutí hodnot 2. NP

Účel místnosti	Teplota výpočt. vnitřní	Teplota přiv. vzduchu		Zvýšení tep. ztrát rozdílem teplot	Plocha míst.	Vnitřní objem	Násobnost výměny vzduchu			Počet osob	Venkovní vzduch nařízení vlády 361/2007 Sb.	Odvod
	ZIMA	ZIMA	LÉTO	$T_p - T_i$	A	V_{mi}		V_e		n	V_e	
	T_i	T_p						[x/hod]	[m ³ /h]			
	[°C]	[°C]		[W]	[m ²]	[m ³]	[x/hod]	[m ³ /h]	[-]	25 m ³ /h*os	[m ³ /h]	
Výtah	-	-	-	-	3,6	9,4	-	-	-	-	-	-
Schodiště	18	-	-	-	21,8	56,7	-	-	-	-	-	-
Chodba	20	18	20	84,2	84,4	219,4	0,5	109,7	110	5	125	125
Gynekologie - doktor	24	22	22	33,7	29,0	75,4	2	150,8	155	2	50	140
Gynekologie - sestra	24	22	22	50,5	25,3	65,8	2	131,6	135	3	75	120
Doktor praktický	24	22	22	50,5	29,2	75,9	2	151,8	155	3	75	140
Sestra praktický	24	22	22	33,7	25,3	65,8	2	131,6	135	2	50	120
Observační pokoj	24	22	22	33,7	25,3	65,8	2	131,6	135	2	50	120
Sestra praktický	24	22	22	33,7	29,3	76,2	2	152,4	155	2	50	140
Doktor praktický	24	22	22	50,5	24,6	64,0	2	127,9	130	3	75	120
Zubní ordinace	24	22	22	50,5	29,8	77,5	2	155,0	155	3	75	140
Zubní ordinace	24	22	22	50,5	37,5	97,5	2	195,0	195	3	75	175
Spisovna	20	18	20	16,8	8,9	23,1				1	25	-
Čekárna	20	18	20	168,3	14,8	38,5				10	250	355
Čekárna	20	18	20	168,3	15,3	39,8				10	250	
Čekárna	20	18	20	84,2	7,7	20,0				5	125	
Sanitární zázemí	20	-	-	-	6,0	15,6	-	-	-	-	-	100
Sanitární zázemí	20	-	-	-	6,0	15,6	-	-	-	-	-	100
Úklid	20	-	-	-	1,7	4,4	-	-	-	-	-	50
Sanitární zázemí	20	-	-	-	4,1	10,7	-	-	-	-	-	75
Sanitární zázemí	20	-	-	-	4,2	10,9	-	-	-	-	-	75
Sprcha personál	24	-	-	-	1,7	4,4	-	-	-	-	-	100

2.3 NÁVRH PŘÍVODNÍCH A ODVODNÍCH ELEMENTŮ

2.3.1 NÁVRH PŘÍVODNÍCH ELEMENTŮ

Pro přívod vzduchu do místností zdravotního střediska jsou navrženy vířivé vyústi Mandík VVM 300 a VVM 400. Pro menší objemové průtoky jsou navrženy talířové ventily Mandík TVPM 80 a TVPM 100. Shrnutí je v následující tabulce.

TABULKA 3 Přívodní distribuční elementy

NP	Číslo	Místnost	Distribuční element	Objemový průtok elementu	Objemový průtok místnosti	Tlaková ztráta	Akustický výkon
				[m ³ /h]	[m ³ /h]	[Pa]	[dB]
1	101	Výdej léků	Mandík TVPM 100	90	50	25	15
	102	Chodba	Mandík TVPM 80	60	30	22	15
	103	Sklad léků	Mandík TVPM 80	60	35	25	15
	104, 105	Přípravna, umývárna	Mandík TVPM 100	90	50	25	15
	106	Příjem dodávek léků	Mandík TVPM 80	60	20	30	20
	107	Šatna	Mandík TVPM 100	90	50		
	111	Spisovna	Mandík TVPM 80	60	25	30	20
	113	Čekárna	5 x Mandík VVM 300	55 – 180	5 x 125	16	28
	114						
	115						
	123	Oční - skiaskopie	Mandík TVPM 100	90	50	30	25
	124	Oční - doktor	Mandík VVM 300	55 – 180	105	11	23
	126	Chirurgie - sestra	Mandík VVM 300	55 – 180	145	21	30
	127	Chirurgie - ambulance	Mandík VVM 400	100 – 320	150	7	15
	128	Chirurgie - RTG	Mandík VVM 300	55 – 180	80	5	10
	129	Pediatric - doktor	Mandík VVM 300	55 – 180	115	14	26
130	Pediatric - sestra	Mandík VVM 300	55 – 180	85	6	11	
2	204	Gynekologie - doktor	Mandík VVM 400	100 – 320	155	8	16
	205	Gynekologie - sestra	Mandík VVM 300	55 – 180	135	18	30
	206	Doktor praktický	Mandík VVM 400	100 – 320	155	8	16
	207	Sestra praktický	Mandík VVM 300	55 – 180	135	18	30
	208	Observační pokoj	Mandík VVM 300	55 – 180	135	18	30
	209	Sestra praktický	Mandík VVM 400	100 – 320	155	8	16
	210	Doktor praktický	Mandík VVM 300	55 – 180	130	17	29
	211	Zubní ordinace	Mandík VVM 400	100 – 320	155	8	16
	212	Zubní ordinace	Mandík VVM 400	100 – 320	195	13	24
	213	Spisovna	Mandík TVPM 80	60	25	30	20
	202	Čekárna	6 x Mandík VVM 300	55 – 180	6 x 125	16	28
214							
215							
216							

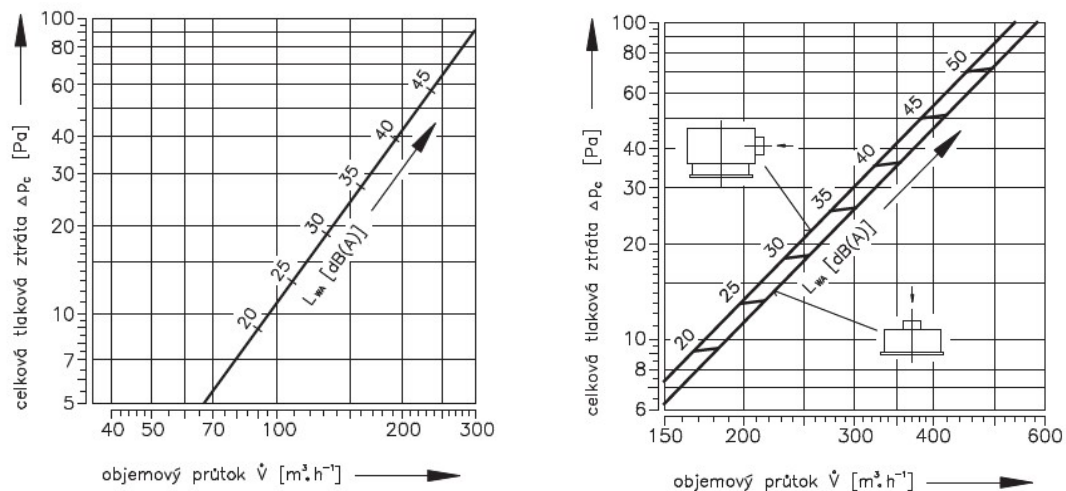
2.3.2 NÁVRH ODVODNÍCH ELEMENTŮ

Pro odvod vzduchu z místností zdravotního střediska jsou navrženy vířivé výusti Mandík VVM 300 a VVM 400. Pro menší objemové průtoky jsou navrženy talířové ventily Mandík TVOM 80, TVOM 100 a TVOM 125. Shrnutí je v následující tabulce.

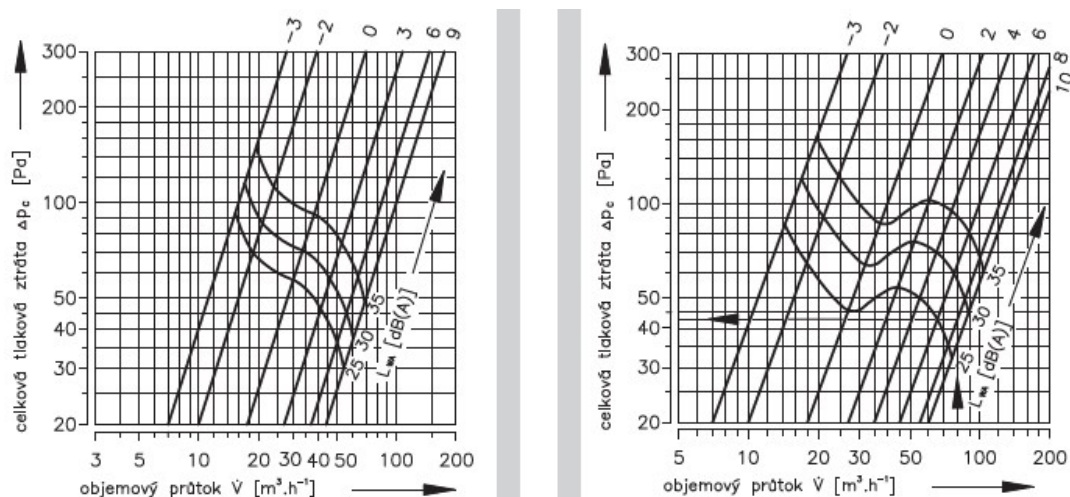
TABULKA 4 Odvodní distribuční elementy

NP	Číslo	Místnost	Distribuční element	Objemový průtok elementu	Objemový průtok místnosti	Tlaková ztráta	Akustický výkon
				[m ³ /h]	[m ³ /h]	[Pa]	[dB]
1	101	Výdej léků	Mandík TVOM 100	90	50	30	25
	102	Chodba	Mandík TVOM 80	60	30	20	15
	103	Skład léků	Mandík TVOM 80	60	35	20	15
	104, 105	Přípravna, umývárna	Mandík TVOM 100	90	50	30	25
	106	Příjem dodávek léků	Mandík TVOM 80	60	20	30	20
	108	Sanitární zázemí	Mandík TVOM 100	90	50	30	25
			Mandík TVOM 80	60	25	30	20
	109	Úklid	Mandík TVOM 100	90	50	30	25
	110	WC invalidní	Mandík TVOM 100	90	75	30	15
	113	Čekárna	3 x Mandík VVM 300	55 – 180	70	6	10
	114				90	9	20
	115				95	10	21
	117	Sanitární zázemí	Mandík TVOM 125	150	100	55	25
	118	Sanitární zázemí	Mandík TVOM 100	90	75	30	15
	120	Sanitární zázemí	2 x Mandík TVOM 100	90	50	30	25
	121	Sanitární zázemí	Mandík TVOM 100	90	75	30	15
	122	Úklid	Mandík TVOM 100	90	50	30	25
	123	Oční - skiaskopie	Mandík TVOM 100	90	50	30	25
	124	Oční - doktor	Mandík VVM 300	55 – 180	95	10	21
	126	Chirurgie - sestra	Mandík VVM 300	55 – 180	130	17	29
	127	Chirurgie - ambulance	Mandík VVM 300	55 – 180	135	18	30
	128	Chirurgie - RTG	Mandík VVM 300	55 – 180	80	7	15
129	Pediatric - doktor	Mandík VVM 300	55 – 180	100	11	22	
130	Pediatric - sestra	Mandík VVM 300	55 – 180	80	7	15	
2	204	Gynekologie - doktor	Mandík VVM 400	100 – 320	140	6	14
	205	Gynekologie - sestra	Mandík VVM 300	55 – 180	120	16	27
	206	Doktor praktický	Mandík VVM 400	100 – 320	140	6	14
	207	Sestra praktický	Mandík VVM 300	55 – 180	120	16	27
	208	Observační pokoj	Mandík VVM 300	55 – 180	120	16	27
	209	Sestra praktický	Mandík VVM 400	100 – 320	140	6	14
	210	Doktor praktický	Mandík VVM 300	55 – 180	120	16	27
	211	Zubní ordinace	Mandík VVM 400	100 – 320	140	6	14
	212	Zubní ordinace	Mandík VVM 400	100 – 320	175	10	21
	202	Čekárna	2 x Mandík VVM 300	55 – 180	80	7	15
	214				100 – 320	150	7
	215		2 x Mandík VVM 400	170		9	20
	216			170	9	20	
	217	Sanitární zázemí	Mandík TVOM 125	150	100	55	25
	218	Sanitární zázemí	Mandík TVOM 125	150	100	55	25
	219	Úklid	Mandík TVOM 100	90	50	30	25
220	Sanitární zázemí	Mandík TVOM 100	90	75	30	15	
221	Sanitární zázemí	Mandík TVOM 100	90	75	30	15	
222	Sprcha personál	Mandík TVOM 125	150	100	55	25	

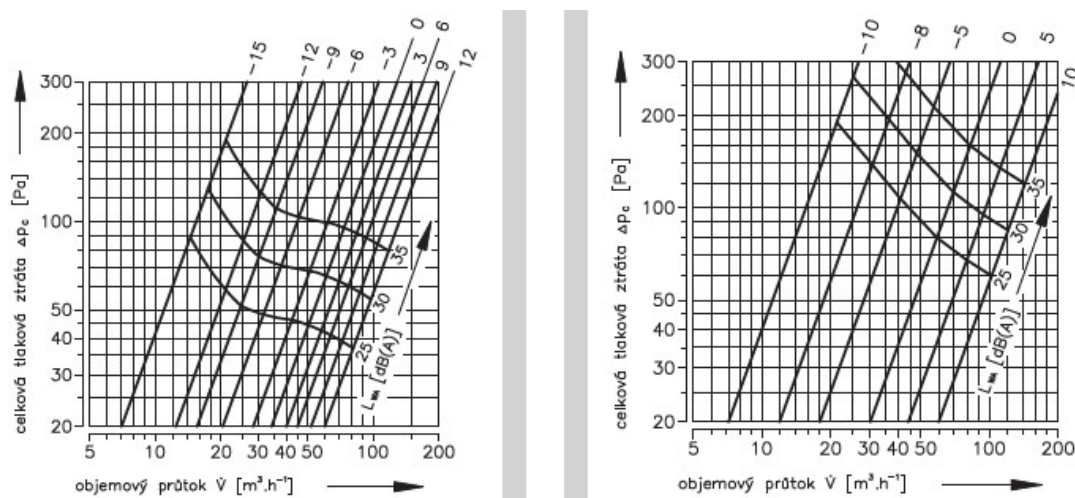
Stanovení tlakové ztráty a akustického výkonu bylo provedeno pomocí grafů od výrobce. Níže uvádím pouze příklady grafů, zbyte grafy jsou přiloženy v katalogových listech konkrétních výrobků.



OBRÁZEK 1 Vlevo - Tlaková ztráta a akustický výkon VVM 300 – 8 lamel,
Vpravo – Tlaková ztráta a akustický výkon VVM 400, 500, 600, 625 – 16 lamel (www.mandik.cz)



OBRÁZEK 2 Tlaková ztráta ventilu pro přívod vzduchu TVPM 80 a TVPM 100 (www.mandik.cz)



OBRÁZEK 3 Tlaková ztráta ventilu pro odvod vzduchu TVOM 80 a TVOM 100 (www.mandik.cz)

2.3.3 NÁVRH PŘÍVODNÍCH ELEMENTŮ DO ZÁKROKOVÉHO SÁLU CHIRURGIE

Pro přívod vzduchu do zákrového sálu chirurgie je navržen čistý nástavec PUROFIL.

Návrh čistého nástavce se provede dle požadavků na množství přiváděného vzduchu do prostoru. Do zákrového sálu chirurgie je přiváděno 200 m³/h.

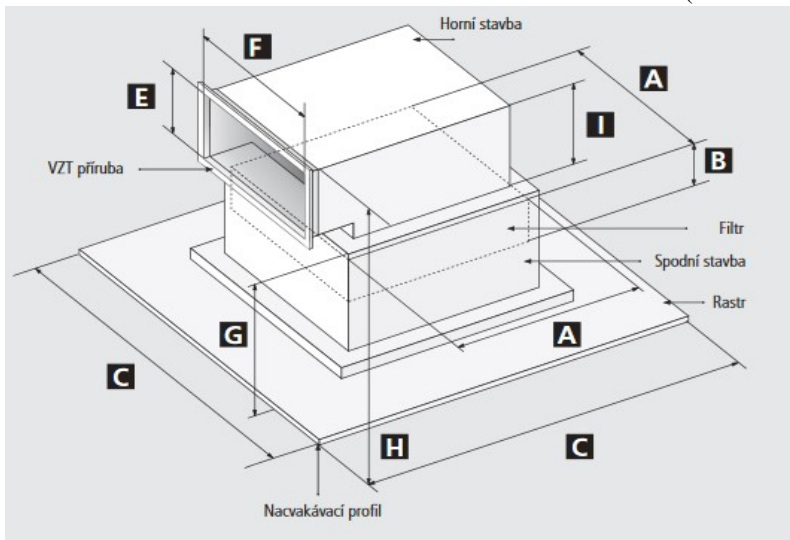
Tlaková ztráta nástavce vychází dle tlakové ztráty filtru. Pro návrh HEPA filtru se vychází z rozměrů nástavce.

	FILTR					DISTRIBUČNÍ ELEMENT			
	Výška média [palce]	Hmotnost [kg]	Průtok [m ³ /hod]	Poč. tlak. ztráta [Pa]	Rychlost proudění [m/s]	Vířivý inovovaný	Vířivý standardní	Vířivý hustý	Perforovaný
HEPA H12 rám Al 457x457x78 [mm]	1"	3,5	110	83	0,15	ano	ano	ne	ano
	2"	3,5	220	91	0,3	ano	ano	ne	ano
	3"	3,5	330	100	0,45	ano	ano	ano	ano
HEPA H13 rám MDF 457x457x149 [mm]	1"	4,5	200	86	0,15	ano	ano	ne	ano
	2"	4,5	360	94	0,3	ano	ano	ano	ano
	3"	4,5	490	103	0,45	ano	ne	ano	ano
	4"	4,5	570	116	0,6	ano	ne	ano	ano
HEPA H14 rám Al 457x457x117 [mm]	1"	3,5	200	86	0,15	ano	ano	ne	ano
	2"	3,5	360	94	0,3	ano	ano	ano	ano
	3"	3,5	490	103	0,45	ano	ne	ano	ano
	4"	3,5	570	116	0,6	ano	ne	ano	ano

OBRÁZEK 4 Technické parametry čistého nástavce Purofil (www.blockcrs.cz)

Rastr [mm]	Filtr			Typ přívodu vzduchu											
				Boční kruhový				Boční obdélníkový + přechod jednostranný				Horní kruhový			
	HEPA H12 rám Al [mm]	HEPA H13 rám MDF [mm]	HEPA H14 rám Al [mm]	Rozměr hrdla [mm]	Celková výška [mm]	Výška spodní stavby [mm]	Výška horní stavby [mm]	Rozměr hrdla [mm]	Celková výška [mm]	Výška spodní stavby [mm]	Výška horní stavby [mm]	Rozměr hrdla [mm]	Celková výška [mm]	Výška spodní stavby [mm]	Výška horní stavby [mm]
C x C	A x A x B			D	H	G	I	E x F	H	G	I	D	H	G	I
600x600	457x457x78			Ø200	430	180	250	417x80	290	180	110	Ø200	260	180	80
625x625*				Ø250	480	180	300	417x120	330	180	150	Ø250	260	180	80
600x600	457x457x149			Ø200	502	252	250	417x80	362	252	110	Ø200	332	252	80
625x625*				Ø250	552	252	300	417x120	402	252	150	Ø250	332	252	80
600x600				Ø200	467	217	250	417x80	327	217	110	Ø200	297	217	80
625x625*			457x457x117	Ø250	517	217	300	417x120	367	217	150	Ø250	297	217	80

OBRÁZEK 5 Standardní rozměrová řada čistého nástavce Purofil (www.blockcrs.cz)



OBRÁZEK 6 Purofil s bočním obdélníkovým přívodem vzduchu (www.blockcrs.cz)

2.3.4 NÁVRH ODVODNÍCH ELEMENTŮ DO ZÁKROKOVÉHO SÁLU CHIRURGIE

V zákrovém sálu chirurgie jsou navrženy odvodní mřížky v čistém provedení u podlahy a odvodní anemostat u stropu místnosti.

Odvodní mřížky:

- Navrhuji odsávací stěnovou mřížku BLOCK Forclean VPK 100 x 300 mm
- Objemový průtok vzduchu: 90 m³/h
- Počet mřížek: 2
- Objemový průtok vzduchu na jednu mřížku: 45 m³/h

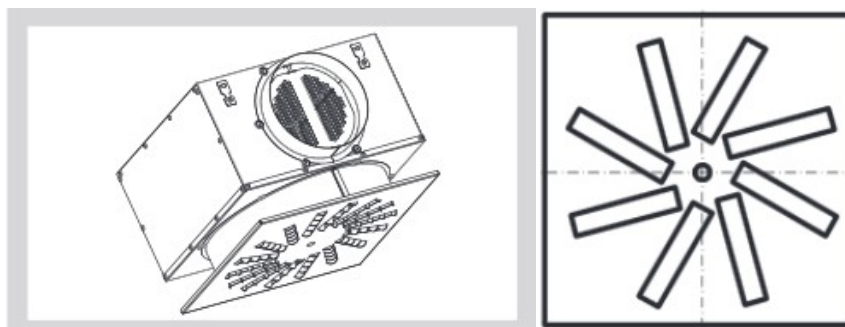
Typ	Jmenovitý rozměr (otvor v příčce) A x B [mm]	Hmotnost [kg]	Objemový průtok [m ³ /h] pro rychlost vzduchu w_s (m·s ⁻¹)		Volná plocha [%]	Efektivní volná plocha průřezu A_{efekt} [mm ²]
			0,5	max.		
VPK	100 x 200 (200 x 100)	0,6	7	43	20	3 984
	100 x 300 (300 x 100)	0,7	14	84	26	7791
	150 x 150	0,62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

OBRÁZEK 7 Technické parametry odvodní stěnové mřížky typ VPK (www.blockcrs.cz)



OBRÁZEK 8 Vzduchotechnická mřížka k odvodu vzduchu ve stěně zákrového sálu (www.blockcrs.cz)

Odvodní anemostat vychází z požadavků na množství odsávaného vzduchu z daného prostoru. Ze zákrového sálu chirurgie je odváděno 90 m³/h. Zvolila jsem vířivou výúst Mandík VVM 300.



OBRÁZEK 9 VVM 300 (www.mandik.cz)

2.4 DIMENZOVÁNÍ ROZVODŮ VZDUCHU

Potrubí je navrženo s ohledem na postupně se snižující rychlost směrem od jednotky k distribučním elementům. Pro zdravotnická zařízení je v přívodním potrubí doporučena rychlost max. 5,5 m/s a v odvodím potrubí max. 6 m/s.

Pro sání z venkovního prostředí přes protidešťové žaluzie je doporučena rychlost 2,5 m/s. Tato rychlost nám zaručí, že nedojde k nasávání deště do přívodu vzduchu. Pro výfuk znečištěného vzduchu se uvádí rychlost do 4 m/s.

Ve výpočtu tlakových ztrát nejsou započteny tlakové ztráty přívodních elementů.

Tabulka s výpisem dimenzí a tlakových ztrát je uvedena v příloze VZT 11.

2.4.1 ZREGULOVÁNÍ SÍTÍ VZDUCHOVODŮ

Je snahou nadimenzovat vzduchotechnické rozvody tak, aby nebyla potřeba velkých zásahů do sítí VZT potrubí. Mnohdy však není možné toho dosáhnout bez pomocných elementů, jako jsou regulační klapky. Díky těmto elementům se docílí požadovaných toků vzduchu v jednotlivých úsecích potrubí.

Návrh regulačních klapek je přiložen u výpočtu tlakových ztrát v příloze VZT 11.

Zaregulování jednotlivých úseků provádí profese MaR po montáži potrubí.

2.5 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

Vzduchotechnická jednotka byla poptána od firmy Remak. Technická specifikace jednotky je uvedena v příloze VZT 10. Rozvody potrubí k jednotce jsou zakresleny ve výkresu VZT 09.

2.6 ÚTLUM HLUKU

Hladina akustického tlaku je posouzena v místnosti 111 spisovna. Tato místnost je nejbližší zdroji hluku – ventilátoru. Místnost jsem zařadila do II. skupiny dle Hygienického předpisu sv. č. 37/77. Do II. skupiny se řadí duševní práce velmi náročná a složitá, spojená s velkou zodpovědností, soustředěním. Skupina se dělí na mimořádné (50 dB) a běžné nároky (55 dB).

Dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. musí být v lékařských vyšetřovnách a ordinacích po dobu jejich užívání dodrženo max 35 dB (základní hladina akustického tlaku $A L_{Aeq,T} = 40$ dB a korekce -5 dB).

Návrh tlumiče byl proveden pomocí programu MartAkustik společnosti Mart s.r.o. a je přiložen v příloze VZT 14.

3 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ

Koncepční řešení vytápění zahrnuje návrh otopných těles a jejich rozmístění, řeší návrh vedení nové otopné soustavy v celém objektu. Detailnější popis návrhu je uveden v technické zprávě.

Tepelné ztráty budou hrazeny profesí UT. Při výpočtu tepelných ztrát je uvažováno se ztrátou prostupem tepla i ztrátou větráním.

Výpočet byl proveden v aplikaci Tepelný výkon 4.4.6 © PROTECH spol. s.r.o. dle ČSN EN 12831:2005 a ČSN 73 0540:2011.

Přehled a vlastnosti konstrukcí jsou popsány v příloze UT 05.

Soupis výpočtu tepelných ztrát je přiložen v příloze UT 06.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vlevo - Tlaková ztráta a akustický výkon VVM 300 – 8 lamel, Vpravo – Tlaková ztráta a akustický výkon VVM 400, 500, 600, 625 – 16 lamel (www.mandik.cz).....	8
Obrázek 2 Tlaková ztráta ventilu pro přívod vzduchu TVPM 80 a TVPM 100 (www.mandik.cz).....	8
Obrázek 3 Tlaková ztráta ventilu pro odvod vzduchu TVOM 80 a TVOM 100 (www.mandik.cz).....	8
Obrázek 4 Technické parametry čistého nástavce Purofil (www.blockers.cz).....	9
Obrázek 5 Standardní rozměrová řada čistého nástavce Purofil (www.blockers.cz)	9
Obrázek 6 Purofil s bočním obdélníkovým přívodem vzduchu (www.blockers.cz)	9
Obrázek 7 Technické parametry odvodní stěnové mřížky typ VPK (www.blockers.cz)	10
Obrázek 8 Vzduchotechnická mřížka k odvodu vzduchu ve stěně zákrokového sálu (www.blockers.cz)	10
Obrázek 9 VVM 300 (www.mandik.cz)	10

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Shrnutí hodnot 1. NP	4
Tabulka 2 Shrnutí hodnot 2. NP.....	5
Tabulka 3 Přívodní distribuční elementy	6
Tabulka 4 Odvodní distribuční elementy	7


SEZNAM PŘÍLOH

VYTÁPĚNÍ

- UT 01 TZ
- UT 02 Půdorys 1. PP
- UT 03 Půdorys 1. NP
- UT 04 Půdorys 2. NP
- UT 05 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí
- UT 06 Tepelné ztráty
- UT 07 Katalogové listy

VĚTRÁNÍ

- VZT 01 TZ
- VZT 02 Tlakové poměry 1. NP
- VZT 03 Tlakové poměry 2. NP
- VZT 04 Funkční schéma
- VZT 05 Půdorys 1. NP
- VZT 06 Půdorys 2. NP
- VZT 07 Půdorys střechy
- VZT 08 Pohledy P101, P102, P103, P107, P108
- VZT 09 VZTJ – půdorys, P104, P105, P106
- VZT 10 Větrací jednotka – Specifikace zařízení
- VZT 11 Dimenze potrubí a tlakové ztráty
- VZT 12 Výpis prvků
- VZT 13 Útlum hluku
- VZT 14 Katalogové listy

OBJEKT: REKONSTRUKCE ZDRAVOTNÍHO STŘEDISKA POSTOLOPRTY					
NÁZEV AKCE: DIPLOMOVÁ PRÁCE				FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT OBOR: BUDOVY A PROSTŘEDÍ ZAMĚŘENÍ: TZB KATEDRA TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV	
VYPRACOVALA: Bc. Klára HLAVATÁ	KONZULTOVAL doc. Ing. Michal KABRHEL, Ph.D.				
ČÁST: VYTÁPĚNÍ		STUPEŇ PD:	MĚŘÍTKO:		
		DATUM: 05 / 2017	POČET FORMÁTŮ: 8 x A4		
NÁZEV PŘÍLOHY: TECHNICKÁ ZPRÁVA		ČÍSLO PARÉ:	ČÍSLO STAVBY:		
			ČÍSLO PŘÍLOHY: UT 01		

OBSAH

1. PŘEDMĚT PROJEKTU.....	2
2. PODKLADY.....	2
2.1. VÝCHOZÍ PODKADY.....	2
2.2. PŘEHLED POUŽITÝCH NOREM A PŘEDPISŮ	2
3. ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ ÚDAJE	3
3.1. VNĚJŠÍ VÝPOČTOVÉ ÚDAJE.....	3
3.2. STAVEBÍ KONSTRUKCE	3
1. POTŘEBA TEPLA.....	3
2. STÁVAJÍCÍ STAV.....	3
3. ZDROJE TEPLA.....	4
4. OHŘEV TEPLÉ VODY	4
5. OTOPNÁ SOUSTAVA.....	4
6. OTOPNÉ PLOCHY	4
7. REGULACE	5
7.1. TOPNÁ VODA.....	5
7.2. REGULACE TEPLoty V JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTECH	5
7.3. REGULACE TEPLoty TEPLÉ VODY	5
8. ZKOUŠKY	5
9. NÁPLŇ SOUSTAVY.....	5
10. POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ.....	5
11. VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	6
12. DEMONTÁŽE	6
13. POŽADAVKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE	6
13.1. STAVBA	6
13.2. MAR	6
13.3. VZT.....	6
14. POKYNY PRO BEZPEČNOST PŘI REALIZACI A UŽÍVÁNÍ.....	6
15. POKYNY PRO MONTÁŽ	7
16. ZÁVĚR	7

1. PŘEDMĚT PROJEKTU

Předmětem dokumentace je koncept rekonstrukce vytápění v celém objektu Zdravotnického střediska v Postoloprtech. Objekt je dvoupodlažní s technickým nevytápěným suterénem. V 1. NP se nachází příjem, sklad a výdej léků, šatna zaměstnanců, spisovna, čekárny, toalety, ordinace a zákrokový sál chirurgie. Ve 2. NP se nacházejí ordinace, čekárny a hygienické zázemí.

Otopný systém je navržen teplovodní – soustava dvoutrubková, symetrická. Zdrojem tepla je centrální zásobování tepla (CZT). Teplovodní otopný systém je navržen pro provoz teplovodní soustavy s parametry 75/55 °C s nuceným oběhem.

Stávající otopný systém bude demontován. Stávající měření tepla, včetně regulačních a uzavíracích armatur na vstupu do objektu, bude ponecháno beze změn.

2. PODKLADY

2.1. VÝCHOZÍ PODKADY

Pro vypracování dokumentace pro stavební povolení byly využity následující zadávací podklady:

- Podklady od stavební části poskytnuté řešitelem stavební části.

2.2. PŘEHLED POUŽITÝCH NOREM A PŘEDPISŮ

Technické normy:

ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov část 1-4

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu

ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody

ČSN 06 0310 Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž

ČSN 60 1101 Otopná tělesa pro ústřední vytápění

ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních topných soustav

ČSN 06 0830 – tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení

TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet

Právní předpisy:

Vyhláška č. 499/2006Sb. O dokumentaci staveb

Vyhláška 193/2007, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodech tepelné energie

Zákon č. 183/2006 Sb. O územním plánování a stavebním řádu

Zákon č. 372/2011 Sb. O zdravotních službách

3. ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ ÚDAJE

3.1. VNĚJŠÍ VÝPOČTOVÉ ÚDAJE

Objekt leží v zastavěné lokalitě.

Nadmořská výška:	201 m n. m.
Venkovní výpočtová teplota:	-12 °C
Krajina s intenzivními větry:	ANO
Roční průměrná teplota:	5,2 °C
Počet topných dnů:	219
Vnitřní výpočtová teplota:	dle ČSN EN 12831
Průměrná vnitřní teplota:	21,7 °C

3.2. STAVEBÍ KONSTRUKCE

Skladby stavebních konstrukcí objektu jsou patrné z přílohy UT 05. Skladby konstrukcí objektu budou ponechány beze změn. Zateplení objektu proběhlo v roce 2008.

Uvedené skladby byly použity při výpočtu tepelných ztrát a dodržení těchto skladeb je podmínkou pro správnou funkci otopné soustavy.

1. POTŘEBA TEPLA

Údaje o potřebě tepla pro vytápění byly získány výpočtem dle normy ČSN EN 12831, provedeném v softwaru Protech. Výpočet je uveden v příloze UT 06.

Tepelná ztráta prostupem:	18,2 kW
Tepelná ztráta výměnou vzduchu:	23,3 kW
Součet zátopových výkonů:	2,9 kW
Tepelná ztráta způsobená přívodem vzduchu o teplotě 20 °C:	3,1 kW
Celková tepelná ztráta včetně ztráty způsobené přívodem vzduchu:	47,6 kW

2. STÁVAJÍCÍ STAV

V současné době je řešený objekt využíván jako zdravotní středisko. Otopná soustava v objektu bude v celém rozsahu demontována.

Ponechán bude pouze vstup tepla do objektu, včetně měření tepla.

3. ZDROJE TEPLA

Zdroj tepla pro objekt je CZT. Topná voda je přivedena do technického suterénu. Měření tepla je osazeno v revizní šachtě před budovou.

Na vstupu tepla do technického suterénu bude topná voda rozdělena na větev pro otopná tělesa a na větev pro ohřev TV.

Větev pro topná tělesa bude vybavena trojcestným směšovacím, oběhovým čerpadlem s elektronickou regulací otáček a uzavíracími a filtračními armaturami. Trojcestný ventil bude zajišťovat mísení topné vody a tím snižovat její teplotu dle požadavků uživatele.

Topná větev pro ohřev TV bude dále rozdělena. Každý zásobník bude napojen samostatně.

4. OHŘEV TEPLÉ VODY

Teplá voda pro objekt bude připravována v kombinovaných zásobnících TV. Zásobníky jsou dodávkou profese ZTI. Jsou navrženy dva zásobníky o objemu 400 litrů. Zásobníky budou napojeny na topnou vodu z CZT. V letním období bude ohřev vody probíhat elektricky.

5. OTOPNÁ SOUSTAVA

Otopný systém je navržen teplovodní – soustava dvoutrubková, symetrická.

Potrubní rozvody v objektu budou provedeny z ocelových trubek a tvarovek černých závitových. Potrubí bude spojováno nerozebíratelnými spoji – svařováno.

Hlavní ležatý rozvod bude realizován pod stropem v prostoru technického suterénu.

Stoupací potrubí a ležaté rozvody v nadzemních podlažích budou vedeny v HZ lištách.

Odvzdušnění soustavy bude prováděno zejména přes otopná tělesa nebo přes odvzdušňovací nádobky s odvzdušňovacími ventily.

Prostupy stavebními konstrukcemi budou opatřeny plastovými nebo ocelovými chráničkami vyplněnými trvale plastickým tmelem.

Potrubí vedené po povrchu bude kotveno pomocí dvoušroubových objímek s pryží kotvených do stěn nebo stropu.

6. OTOPNÉ PLOCHY

V řešeném objektu budou osazeny desková otopná tělesa Radik Hygiene od firmy Korado. Jedná se o deskové ocelové radiátory s pravým nebo levým bočním napojením otopné vody. Tělesa jsou upravena pro instalaci a provoz v místnostech s vysokými požadavky na hygienu a čistotu. Všechny typy jsou bez přídatné plochy, mají hladkou čelní desku, švové svary desek jsou zakryty speciální hladkou lištou.

Velikosti jednotlivých radiátorů jsou patrné z výkresové a výpočtové části projektu.

Deskové radiátory budou osazeny dle předpisů výrobce tj. 110 mm nad čistou podlahou a 50 mm od zdi. Pro montáž těles budou využity montážní konzole dodávané výrobcem radiátorů.

V koupelně ve 2. NP bude umístěn Koralux Classic od firmy Korado.

Pokud je těleso osazeno pod oknem, bude osa tělesa totožná s osou okna.

7. REGULACE

7.1. TOPNÁ VODA

Regulace topné vody bude řízena ekvitermně – v závislosti na venkovní teplotě. Regulace umožňuje plynule přizpůsobení teploty vody (výstupní a vratné) otopné soustavy v závislosti na aktuální venkovní teplotě. Venkovní čidlo bude umístěno na severní straně objektu.

Zapojení všech prvků regulačního systému bude provedeno dle pokynů od výrobce.

7.2. REGULACE TEPLoty V JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTECH

Topná tělesa budou osazena termo-regulačními ventily. Ventily instalované na topná tělesa budou osazena termostatickou hlavicí.

7.3. REGULACE TEPLoty TEPLÉ VODY

Každý zásobník TV bude vybaven vlastní regulací.

Vzhledem k tomu, že topná voda v CZT je ekvitermně regulovaná a její teplota v přechodném nebo letním období může klesnout pod teplotu 55 °C (předpokládaná teplota TV), je nutné zajistit uzavření topného média do zásobníku TV, pokud teplota média poklesla pod 50°C. Vypnutí bude zajišťovat příložný termostat osazený na přívodu topného média. Oba termostaty budou zapojeny sériově, aby byla vždy splněna podmínka k otevření přívodu topného média.

8. ZKOUŠKY

Po dokončení montáže je nutné systém důkladně propláchnout vodou a odvzdušnit. Ventily budou otevřené, čerpadla budou v provozu 24 hodin.

Potom bude provedena tlaková zkouška dle ČSN 060310. Následně pak topná zkouška, která se provádí v topném období po dobu 72 hodin bez provozních přestávek. Poté bude soustava zaregulována.

O provedených zkouškách budou vyhotoveny příslušné zápisy a protokoly. Zkoušky budou prováděny za přítomnosti investora, případně jeho zástupce.

Po provozních zkouškách bude provedeno zaškolení zástupců provozovatele na obsluhu a údržbu zařízení a systému vytápění.

9. NÁPLŇ SOUSTAVY

Otopná soustava bude plněna vodou. Plnicí voda musí odpovídat požadavkům ČSN 07 7401. Za kvalitu vody je odpovědný dodavatel tepla.

10. POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ

Prostupy rozvodů vytápění stěnami ohraničující požární úseky budou těsně protipožárními ucpávkami při použití vhodného protipožárního tmelu, který je doložen atesty.

11. VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Uvažovaná stavba nebude mít negativní vliv na životní prostředí. Technologie a materiály použité při stavbě nebudou negativně působit na životní prostředí, nesmí být použity výrobky na bázi azbestocementu, těkavé ani jiné zdraví škodlivé látky.

12. DEMONTÁŽE

Všechny části stávajícího otopného systému v objektu budou demontovány. Demontovaný materiál je kovovým odpadem a bude uložen ve sběrných surovinách. Finanční vyrovnání za materiál odvezený do sběrných surovin, bude řešeno smluvně mezi investorem a zhotovitelem.

13. POŽADAVKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE

13.1. STAVBA

Ze strany profese UT je požadováno:

- Po montáži potrubí vytápění provést utěsnění prostupů potrubí stavební částí nehořlavou hmotou (v případě prostupu požárním úsekem požární ucpávkou). Utěsnění musí zabezpečovat pružné uložení rozvodů vůči stavební konstrukci.
- Provést a po instalaci potrubních rozvodů také zapravit prostupy nosnými i nenosnými konstrukcemi objektu.

13.2. MAR

Ze strany profese UT je požadováno:

- Osazení, zapojení a zprovoznění ekvitermního regulátoru, včetně zaškolení obsluhy.
- Osazení, zapojení a zprovoznění regulace ohřevu TV.
- Zajistit regulaci výkonu ohříváče VZT jednotky a dveřní clony a jejich protimrazovou ochranu.

13.3. VZT

Ze strany profese UT je požadováno:

- Napojení ohříváče VZT jednotky na topné médium a nucený oběh topné vody.

14. POKYNY PRO BEZPEČNOST PŘI REALIZACI A UŽÍVÁNÍ

Při provádění instalace ÚT budou dodrženy platné bezpečnostní předpisy a předpisy o ochraně zdraví při práci. Dále je třeba dodržet platné protipožární předpisy a opatření a to zejména při svářečských pracích.

15. POKYNY PRO MONTÁŽ


Realizaci otopné soustavy musí provádět odborná firma. Zapojení všech prvků otopné soustavy bude provedeno dle pokynů výrobce a firmou pověřenou výrobcem jednotlivých zařízení tak, aby nedošlo k porušení záručních podmínek.

16. ZÁVĚR

Tato dokumentace byla zpracována v květnu 2017 na základě podkladů a informací platných v tomto období.

V případě využití projektové dokumentace k jiným účelům nebere zpracovatel jakékoli záruky na případné škody vzniklé jeho využitím k účelu, pro který nebyl zpracován.

Vypracovala: Klára Hlavatá

OBJEKT: REKONSTRUKCE ZDRAVOTNÍHO STŘEDISKA POSTOLOPRTY					
NÁZEV AKCE: DIPLOMOVÁ PRÁCE				FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT OBOR: BUDOVY A PROSTŘEDÍ ZAMĚŘENÍ: TZB KATEDRA TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV	
VYPRACOVALA: Bc. Klára HLAVATÁ	KONZULTOVAL doc. Ing. Michal KABRHEL, Ph.D.				
ČÁST: VĚTRÁNÍ		STUPEŇ PD:	MĚŘÍTKO:		
		DATUM: 05 / 2017	POČET FORMÁTŮ: 9 x A4		
NÁZEV PŘÍLOHY: TECHNICKÁ ZPRÁVA		ČÍSLO PARÉ:	ČÍSLO STAVBY:		
			ČÍSLO PŘÍLOHY: VZT 01		

OBSAH

1. PŘEDMĚT PROJEKTU.....	2
2. PODKLADY.....	2
2.1. VÝCHOZÍ PODKADY.....	2
2.2. PŘEHLED POUŽITÝCH NOREM A PŘEDPISŮ	3
3. ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ ÚDAJE	3
3.1. VNĚJŠÍ VÝPOČTOVÉ ÚDAJE.....	3
3.2. STAVEBÍ KONSTRUKCE	3
4. STÁVAJÍCÍ STAV A ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	4
5. TLAKOVÁ DIFERENCE	4
6. MNOŽSTVÍ PŘIVÁDĚNÉHO A ODVÁDĚNÉHO VZDUCHU	4
7. DISTRIBUCE VZDUCHU	5
8. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ A TLAKOVÉ ZTRÁTY	5
9. NÁVRH VZT JEDNOTKY	5
10. ÚTLUM HLUKU	5
11. VÝPIS PRVKŮ.....	5
12. IZOLACE POTRUBÍ.....	5
13. ENERGETICKÉ ZDROJE	5
14. MaR.....	6
15. ROTIHLUKOVÁ A PROTITŘESOVÁ OPATŘENÍ	6
16. POŽÁRNÍ OPATŘENÍ.....	6
17. NÁROKY NA SPOLUSOUVISEJÍCÍ PROFESE.....	7
17.1. STAVEBNÍ ÚPRAVY	7
17.2. SILOVÁ ELEKTROINSTALACE	7
17.3. ZDRAVOTNÍ TECHNIKA.....	7
18. MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ.....	7
19. ZÁVĚR	8

1. PŘEDMĚT PROJEKTU

Předmětem dokumentace je projekt rekonstrukce nuceného větrání v celém objektu Zdravotnického střediska v Postoloprtech. Objekt je dvoupodlažní s technickým nevytápěným suterénem. V 1. NP se nachází příjem, sklad a výdej léků, šatna zaměstnanců, spisovna, čekárny, toalety, ordinace a zákrokový sál chirurgie. Ve 2. NP se nacházejí ordinace, čekárny a hygienické zázemí.

Objekt prošel v roce 2013 rekonstrukcí, protože nevyhovoval z hlediska bezbariérového přístupu do objektu a bezbariérového pohybu po něm. Jednalo se především o vybourání některých vnitřních příček a dále o rekonstrukci rozvodů zdravotně technických instalací, topení a nuceného odvětrání hygienických prostor. Pro zdravotní střediska nejsou zvýšené požadavky na čistotu prostor, proto při rekonstrukci nebyl řešen nucený přívod a úprava čerstvého vzduchu.

Objekt je na základě účelu a využití prostor rozdělen na následující celky:

- ordinace – nucené větrání zajišťuje celoročně přívod 100 % čerstvého vzduchu a odvod 90 % znehodnoceného vzduchu
- zákrokový sál chirurgie – nucené větrání zajišťuje celoročně přívod 100 % čerstvého vzduchu a odvod 90 % znehodnoceného vzduchu
- čekárny – nucené větrání zajišťuje celoročně přívod 100 % čerstvého vzduchu, odvod je navržen přes prostory hygienického zázemí a chodby
- chodby – v prostorách chodeb se odvádí znehodnocený vzduch z čekáren a částečně z ordinací
- příjem, sklad a výdej léků, oční skiaskopie, RTG, přípravná, umývárna – nucené větrání zajišťuje celoročně rovnotlaký přívod a odvod vzduchu
- šatna, spisovna – nucené větrání zajišťuje celoročně přívod 100 % čerstvého vzduchu, odvod je navržen přes prostory hygienického zázemí a chodby
- hygienické zázemí – jsou provětrávány podtlakově odvodem vzduchu
- vertikální komunikace – jsou CHÚC a nejsou řešeny k rámci tohoto projektu

2. PODKLADY

2.1. VÝCHOZÍ PODKADY

Pro vypracování dokumentace pro stavební povolení byly využity následující zadávací podklady:

- Podklady od stavební části poskytnuté řešitelem stavební části.
- Platné právní předpisy, české technické normy a podklady výrobců VZT zařízení

2.2. PŘEHLED POUŽITÝCH NOREM A PŘEDPISŮ

Technické normy:

- ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov část 1-4
- ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu
- ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení
- ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- ČSN EN ISO 14644-1 12 5301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu
- ČSN EN 1822-1 12 5002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a UPLA) – Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování

Právní předpisy:

- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

3. ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ ÚDAJE

3.1. VNĚJŠÍ VÝPOČTOVÉ ÚDAJE

Objekt leží v zastavěné lokalitě.

Nadmořská výška:	201 m n. m.
Venkovní výpočtová teplota:	-12 °C
Krajina s intenzivními větry:	ANO
Roční průměrná teplota:	5,2 °C
Počet topných dnů:	219
Vnitřní výpočtová teplota:	dle ČSN EN 12831
Průměrná vnitřní teplota:	21,7 °C

3.2. STAVEBÍ KONSTRUKCE

Skladby stavebních konstrukcí objektu jsou patrné z přílohy UT 05. Skladby konstrukcí objektu budou ponechány beze změn. Zateplení objektu proběhlo v roce 2008.

Objekt není vytápěn pomocí vzduchotechnického zařízení.

4. STÁVAJÍCÍ STAV A ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

V současné době je řešený objekt využíván jako zdravotní středisko. Jedná se o rekonstrukci stávajícího stavu budovy.

V prostorech hygienického zázemí je v provozu nucený odvod znehodnoceného vzduchu. Není zde v současné době instalován nucený přívod čerstvého vzduchu.

Návrh řešení větrání předmětných prostor vychází ze současných stavebních dispozic a požadavků kladených na interní mikroklima jednotlivých místností. V zásadě jsou větrány místnosti, které je nutné větrat z hlediska hygienického, funkčního či technologického. Rozvod vzduchu bude zajištěn nízkotlakým systémem. Pro objekt je navržena jedna větrací jednotka.

Větrání je navrženo v úrovni vyšší kvality vnitřního vzduchu. Větrání místností je navrženo na násobnost výměny vzduchu za hodinu se 100% krytím čerstvým vzduchem, bez vzduchu cirkulačního. Větrací jednotka bude přiváděný vzduch filtrovat a ohřívat, využito bude i zpětného získávání tepla. Další úpravy vzduchu byly vyhodnoceny jako nadstandardní, proto nebyly použity.

Projekt řeší nový návrh odvodu odpadního vzduchu z hygienických prostor. Odpadní vzduch nebude využit pro ZZT v centrální větrací jednotce.

Úhrada vzduchu na chodbách bude částečně hrazena z okolních místností. Celkový přívod vzduchu do objektu je roven vzduchu odváděnému – rovnotlaký systém.

Doprava vzduchu bude realizována ocelovým pozinkovaným čtyřhranným potrubím, kruhovým potrubím a připojení distribučních elementů bude provedeno flexi potrubím.

5. TLAKOVÁ DIFERENCE

Tlakový spád je navržen tak, že je do ordinací přiváděno 100 % potřebného čistého vzduchu a v dané místnosti je odváděno 90 %. Přilehlé místnosti, které nebudou využívány po celou dobu provozu (např. RTG nebo oční skiaskopie) jsou navrženy v rovnotlakém systému, aby nebyl narušen tlakový poměr v ordinacích. Zbylých 10 % vzduchu je odváděno na chodbách. Tím je zajištěno, že do ordinací nebude lehce proudit okolní vzduch z přilehlých prostor.

Schéma tlakových poměrů místností je zobrazeno ve výkresech VZT 02 a VZT 03.

6. MNOŽSTVÍ PŘIVÁDĚNÉHO A ODVÁDĚNÉHO VZDUCHU

Množství přiváděného vzduchu bylo stanoveno dle hygienických požadavků. Je počítáno s vyšší hodnotou z násobnosti výměny vzduchu místnosti nebo potřebného venkovního vzduchu dle počtu osob.

Množství přiváděného a odváděného vzduchu je patrné z výkresů tlakových poměrů VZT 02 a VZT 03.

7. DISTRIBUCE VZDUCHU

Pro přívod vzduchu do místností zdravotního střediska jsou navrženy vířivé výusti Mandík VVM 300 a VVM 400. Pro menší objemové průtoky jsou navrženy talířové ventily Mandík TVPM 80 a TVPM 100.

Pro odvod vzduchu z místností zdravotního střediska jsou navrženy vířivé výusti Mandík VVM 300 a VVM 400. Pro menší objemové průtoky a pro prostory hygienického zázemí jsou navrženy talířové ventily Mandík TVOM 80, TVOM 100 a TVOM 125.

Pro přívod vzduchu do zákrokového sálu chirurgie je navržen čistý nástavec PUROFIL. V zákrokovém sálu chirurgie jsou navrženy dvě odvodní mřížky BLOCK Forclean VPK 100 x 300 mmu podlahy a odvodní anemostat Mandík VVM 300 u stropu místnosti.

Výpis elementů je sepsán ve výpisu prvků v příloze VZT 12.

8. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ A TLAKOVÉ ZTRÁTY

Příloha VZT 11.

9. NÁVRH VZT JEDNOTKY

Příloha VZT 10.

10. ÚTLUM HLUKU

Návrh tlumiče byl proveden pomocí programu MartAkustik společnosti Mart s.r.o. a je přiložen v příloze VZT 14.

11. VÝPIS PRVKŮ

Příloha VZT 12.

12. IZOLACE POTRUBÍ

Bude provedena izolace proti povrchové kondenzaci a tepelným ztrátám. Izolace je zakreslena ve výkrese VZT 05.

Požární izolace není součástí této projektové dokumentace.

13. ENERGETICKÉ ZDROJE

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů větrací jednotky.

Tepelná energie je uvažována pro ohřev vzduchu v ohřivači větrací jednotky s teplotním spádem 55/39. Ohřev vody zajistí a určí profese UT.

14. MAR

Navržený VZT systém bude řízen a regulován samostatným systémem měření a regulace – MaR.

Základní funkční parametry jsou:

- Ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení.
- Zajištění tlumeného chodu daného zařízení mimo pracovní dobu pomocí frekvenčního měniče.
- Regulace teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohřivače ve VZT jednotce v zimním i letním období.
- Umístění teplotních čidel dle požadavků.
- Řízení protimrazové ochrany deskového výměníku nastavováním obtokové klapky – snímač namrznání rekuperátoru.
- Ovládání uzavíracích klapek na jednotkách včetně servopohonů a jejich synchronizace s chodem ventilátorů.
- Signalizace bezporuchového chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku.
- Měření a signalizace zanášení – tlakové ztráty – všech stupňů filtrace.
- Poruchová signalizace.
- Zajištění požadované současnosti chodu jednotlivých zařízení v příslušných funkčních celcích.
- Signalizace požárních klapek.

15. ROTIHLUKOVÁ A PROTIOTŘESOVÁ OPATŘENÍ

Veškeré točivé stroje budou pružně uloženy za účelem zmenšení vibrací přenášejících se stavebními konstrukcemi – stavitelné nohy základového rámu budou podloženy rýhovanou gumou. Veškeré VZT potrubí bude napojeno k VZT jednotce pomocí tlumících pružných manžet. Všechny prostupy VZT potrubí stavebními konstrukcemi budou obloženy a dotěsněny izolací.

16. POŽÁRNÍ OPATŘENÍ

Všechny prostory okolo VZT potrubí procházející přes požárně dělicí konstrukce budou opatřeny požárními ucpávkami. Do vzduchovodů budou vřazeny protipožární klapky, zabráňující v případě požáru jeho šíření z jednoho požárního úseku do jiného.

17. NÁROKY NA SPOLUSOUVISEJÍCÍ PROFESE

17.1. STAVEBNÍ ÚPRAVY

- Obložení a dotěsnění prostupů VZT potrubí izolačními protidešťovými hmotami v rámci zapravení.
- Dotěsnění a oplechování prostupů VZT potrubí.
- Zajištění případných nátěrů VZT prvků na fasádě či střeše objektu (architektonické řešení).
- Zřízení instalačních šachet pro vedení VZT potrubí.
- Zřízení revizních otvorů pro přístup k ventilátoru a požárním klapkám.

17.2. SILOVÁ ELEKTROINSTALACE

Využití stávajících rozvodů k napojení všech potřebných komponentů zajistí příslušná profese.

17.3. ZDRAVOTNÍ TECHNIKA

Odvod kondenzátu je předmětem ZTI.

18. MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ

- Realizační firma v rámci své dodávky provede rozpis VZT potrubí pro výrobní a montážní účely podle skutečného stavu.
- Při montáži požárních klapek budou zajištěny přístupy pro následné revize – nutná opětovná koordinace se stavební profesí.
- Osazení rámu větrací jednotky bude provedeno na podložky z rýhované gumy.
- Připojení koncových elementů pro přívod i odvod vzduchu bude proveden ohebnou hadicí SONOAIR HSP.
- Při montáži musí být dodržena veškerá bezpečnostní opatření dle platných předpisů.
- Veškerá zařízení musejí být po montáži vyzkoušena a zaregulována.
- VZT zařízení smí být obsluhováno pouze řádně zaškolenými pracovníky.
- VZT zařízení musí být pravidelně kontrolována, čištěna a udržována stále v provozu schopném stavu. Okolí zařízení musí být vždy čisté a přístupné pro snadnou kontrolu a bezpečnou obsluhu. Vizuálně bude hygienická účinnost provozu kontrolována alespoň jednou týdně. O kontrolách a údržbě musí být veden záznam a jejich frekvence bude určena v provozním řádu – zajistí dodavatel.
- Výměna dílčích prvků VZT zařízení a následné nakládání s nimi bude prováděna podle předpisů jednotlivých výrobců.

19. ZÁVĚR

Tato dokumentace byla zpracována v květnu 2017 na základě podkladů a informací platných v tomto období.

V případě využití projektové dokumentace k jiným účelům nebere zpracovatel jakékoli záruky na případné škody vzniklé jeho využitím k účelu, pro který nebyl zpracován.

Vypracovala: Klára Hlavatá