



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ADIABATICKÉ CHLAZENÍ VZDUCHU

ADIABATIC AIR COOLING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. PETR SILBERNÁGL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. OLGA RUBINOVÁ, PH.D.

BRNO 2016

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením dvou variant chlazení a vlhčení vzduchu v prostoru výrobní haly na bavlnu v Humpolci. Zařízení je navrženo tak, aby splňovalo hygienické, provozní, ekonomické a funkční požadavky na vnitřní mikroklima výrobní haly. Úkolem tohoto zařízení je doprava chladnějšího vzduchu do interiéru a pokrytí tepelných zisků celoročně. Zařízení je též navrženo pro řízení vlhkosti vzduchu v interiéru. Teoretická část práce se věnuje vlhčení vzduchu a zařízením na vlhčení vzduchu. Výpočtová a projektová část pak konkrétnímu návrhu dvou variant řešení rozvodu vzduchu na úrovni studie. Obě varianty jsou zpracované jako projektová dokumentace. Experimentální část je věnována měření na měřící dráze obsahující adiabatický zvlhčovač v laboratoři. Přínosem experimentu je ověření údajů od výrobce adiabatického zvlhčovače, na kterém můžeme zhodnotit praktické použití výrobku.

Klíčová slova

vzduchotechnika, adiabatický zvlhčovač, klimatizační jednotka, dovlhčovací zařízení, vlhčení, chlazení, mikroklima budov, tepelné zisky, kondenzace, textilní výustě

Abstract

The diploma thesis deals with the designing and assessment of the two variants of cooling and humidifying the air in the production hall for cotton in Humpolec. The system is proposed to fulfil hygienic, operational, economic and functional requirements for indoor microclimate of the production hall. The task of this system is the transport of cooler air to interior and the covering of heat gains all year round. The equipment is also designed for the regulation of air humidity in the interior. The theoretical part is devoted to air humidification and air humidification device. Calculation of the project and then a specific proposal, two variants for air distribution level studies. Both variants are treated as project documentation. Experimental part is devoted to the measurement on the measuring path containing adiabatic humidifier in the laboratory. The benefit of the experiment is to verify the data from the manufacturer adiabatic humidifier which we can assess the practical use of the product.

Keywords

air conditioning, adiabatic humidifier, air conditioner, dehumidifier, humidification, cooling microclimate of buildings, heat gains, condensation, textile diffusers

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Petr Šilbernágl *Adiabatické chlazení vzduchu*. Brno, 2016. 121 s., 16 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Olga Rubinová, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval (a) samostatně a že jsem uvedl (a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 7. 1. 2016

.....
podpis autora

Bc. Petr Šilbernágl

Poděkování:

Mé poděkování patří především vedoucí diplomové práce Ing. Olze Rubinové, Ph.D., která mi poskytla akademickou pomoc, obsáhlé konzultace a cenné rady. Poděkovat bych chtěl také své rodině, která mě tolerovala a podporovala v průběhu zpracování celé diplomové práce.

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. A - TEORETICKÁ ČÁST	12
2.1 POTŘEBA VLHČENÍ VZDUCHU	13
2.2 ZPŮSOBY VLHČENÍ VZDUCHU	13
2.3 DRUHY ZVLHČOVACÍCH PŘÍSTROJŮ.....	13
2.3.1 A) VODNÍ SOUSTAVY.....	14
2.3.1.1 ROZPRAŠOVACÍ ZVLHČOVAČE.....	14
2.3.1.2 ROZSTRÍKOVACÍ ZVLHČOVAČE	15
2.3.1.3 HYBRIDNÍ DÝZO-BLÁNOVÉ PRAČKY VZDUCHU.....	18
2.3.1.4 HLADINOVÉ A BLÁNOVÉ ODPAŘOVACÍ ZVLHČOVAČE	19
2.3.2 B) PARNÍ SOUSTAVY.....	21
2.3.2.1 PARNÍ ZVLHČOVAČE BEZ VLASTNÍHO ZDROJE PÁRY	21
2.3.2.2 PARNÍ ZVLHČOVAČE S VLASTNÍM ZDROJEM PÁRY	22
2.4 ZÁKLADNÍ POPIS VLHKÉHO VZDUCHU.....	23
2.4.1 VYJÁDRĚNÍ VLHKOSTI VZDUCHU.....	24
2.4.1.1 ABSOLUTNÍ VLHKOST VZDUCHU A.....	24
2.4.1.2 MĚRNÁ VLHKOST x	24
2.4.1.3 RELATIVNÍ VLHKOST Φ , RH	25
2.4.2 VYNESENÍ ÚPRAV VZDUCHU V MOLLÉOVĚ DIAGRAMU	25
2.4.2.1 VLHČENÍ VZDUCHU.....	25
2.4.2.2 CHLAZENÍ VZDUCHU	27
2. B - VÝPOČTOVÁ ČÁST	29
2.1 ANALÝZA OBJEKTU	30
2.1.1 POPIS OBJEKTU TĚLOCVIČNY	30
2.1.2 ROZDĚLENÍ OBJEKTU DO FUNKČNÍCH ZÓN	30
2.2 VARIANTY ŘEŠENÍ A JEJICH POSOUZENÍ.....	31
2.2.1 VARIANTA 1 – VLHČENÍ VZDUCHU ZA POMOCÍ PRAČEK VZDUCHU VE VZT JEDNOTKÁCH.....	31
2.2.2 VARIANTA 2 – DOVLHČOVÁNÍ VZDUCHU POMOCÍ ADIABATICKÝCH ZVLHČOVAČŮ	31
2.2.3 VÝHODY A NEVÝHODY JEDNOTLIVÝCH VARIANT	32
2.2.3.1 VARIANTA 1	32
2.2.3.2 VARIANTA 2	32
2.3 TEPELNÁ BILANCE BUDOVY.....	33
2.4 DIMENZOVNÍ	33
2.4.1 STANOVENÍ OBJEMOVÉHO PRŮTOKU VZDUCHU.....	33
2.4.1.1 VARIANTA 1	33
2.4.1.2 VARIANTA 2	34
2.5 DISTRIBUCE VZDUCHU	36
2.5.1 APLIKACE TEXTILNÍCH VYÚSTÍ.....	36
2.5.2 NÁVRH TEXTILNÍ VYÚSTĚ.....	39
2.6 NÁVRH VZT JEDNOTEK	40
2.6.1 NÁVRH JEDNOTKY PRO VARIANTU 1	40

2.6.2	NÁVRH JEDNOTKY PRO VARIANTU 2	42
2.7	ÚPRAVY VZDUCHU	44
2.7.1	PRO ZIMNÍ OBDOBÍ.....	44
2.7.2	PRO LETNÍ OBDOBÍ	45
2.8	IZOLACE POTRUBÍ.....	46
2.8.1	IZOLACE PŘÍVODNÍHO POTRUBÍ V INTERIÉRU – VARIANTA 1	46
2.8.2	IZOLACE PŘÍVODNÍHO POTRUBÍ V INTERIÉRU – VARIANTA 2	47
2.9	ÚTLUM HLUKU.....	47
2.9.1	VARIANTA 1	47
2.9.1.1	VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU NA STRANĚ EXTERIÉRU PŘÍVOD.....	48
2.9.1.2	VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU NA STRANĚ EXTERIÉRU ODVOD.....	48
2.9.2	VARIANTA 2	49
2.9.2.1	VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU NA STRANĚ EXTERIÉRU	49
2. C -	PROJEKTOVÁ ČÁST.....	51
2.1	ÚVOD TECHNICKÉ ZPRÁVY.....	52
2.1.1	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ	52
2.1.1.1	VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ	52
2.1.2	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	53
2.1.3	HYGIENICKÉ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE.....	53
2.1.4	TECHNOLOGICKÉ VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ	53
2.1.5	ENERGETICKÉ ZDROJE.....	53
2.2	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ	54
2.2.1	KONCEPCE KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ.....	54
2.2.1.1	VARIANTA 1 – VLHČENÍ VZDUCHU ZA POMOCI PRAČEK VZDUCHU VE VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTKÁCH	54
2.2.1.2	VARIANTA 2 – DOVLHČOVÁNÍ VZDUCHU POMOCÍ ADIABATICKÝCH ZVLHČOVAČŮ.....	55
2.3	MĚŘENÍ A REGULACE.....	56
2.4	NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE.....	57
2.4.1	STAVEBNÍ ÚPRAVY.....	57
2.4.2	SILNOPROUD	57
2.4.3	VYTÁPĚNÍ.....	57
2.4.4	CHLAZENÍ.....	57
2.4.5	ZDRAVOTNÍ TECHNIKA.....	57
2.4.6	MĚŘENÍ A REGULACE.....	57
2.5	PROTIHLUKOVÁ A PROTITŘESOVÁ OPATŘENÍ	58
2.6	IZOLACE A NÁTĚRY	58
2.7	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	58
2.8	MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ	59
2.9	ZÁVĚR TECHNICKÉ ZPRÁVY	59
2. D -	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	60
2.10	MĚŘÍCÍ DRÁHA.....	61
2.11	HLAVNÍ KOMPONENTY MĚŘÍCÍ DRÁHY.....	61

2.11.1	ADIABATICKÝ ZVLHČOVAČ	61
2.11.1.1	KONFIGURACE A TECHNOLOGICKÝ PRINCIP	62
2.11.1.2	VÝHODY	63
2.11.1.3	ZDROJ VODY	64
2.11.1.4	POŽADAVKY NA KVALITU VODY	64
2.11.2	VENTILÁTOR	65
2.11.2.1	CHARAKTERISTICKÁ KŘIVKA A PRACOVNÍ BOD	66
2.11.3	REGULÁTOR OTÁČEK	67
2.11.4	ČERPADLO	68
2.11.4.1	CHARAKTERISTIKA ČERPADLA	68
2.12	MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	69
2.12.1	LOPATKOVÝ ANEMOMETR	69
2.12.1.1	TECHNICKÁ SPECIFIKACE	70
2.12.2	PROHOOD (BALOMETR)	70
2.12.2.1	MIKROMANOMETR A BAROMETR	71
2.12.2.2	TEPLOTA A RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU	72
2.12.2.3	TECHNICKÁ SPECIFIKACE	72
2.12.3	TERMOKAMERA	73
2.12.3.1	TECHNICKÁ SPECIFIKACE	74
2.12.4	LASEROVÝ OTÁČKOMĚR	74
2.12.4.1	TECHNICKÁ SPECIFIKACE	75
2.12.5	MĚŘICÍ ÚSTŘEDNA ALM EMO 2890-9	75
2.12.6	KABELOVÁ TEPLTNÍ ČIDLA	76
2.12.7	DATALOGGER	77
2.12.7.1	ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY	77
2.12.8	WATTMETR	78
2.12.8.1	ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY	78
2.12.9	MULTIMETR	79
2.13	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ	80
2.13.1	PRŮTOK VZDUCHU Z RYCHLOSTÍ PŘI RŮZNÝCH STAVECH NASYCENÍ VZDUCHU A ZÁVISLOST TLAKOVÉ ZTRÁTY NA OBJEMOVÉM PRŮTOKU VZDUCHU	80
2.13.1.1	POSTUP MĚŘENÍ	80
2.13.1.2	NAMĚŘENÉ HODNOTY A GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ	81
2.13.1.3	ZÁVĚR MĚŘENÍ	83
2.13.2	CHARAKTERISTIKA VENTILÁTORU	84
2.13.2.1	POSTUP MĚŘENÍ	84
2.13.2.2	NAMĚŘENÉ HODNOTY A GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ	85
2.13.2.3	ZÁVĚR MĚŘENÍ	88
2.13.3	VÝKON ADIABATICKÉHO ZVLHČOVAČE	89
A.	S NEPŘETRŽITÝM VSTRÍKOVÁNÍM VODY	89
2.13.3.1	POSTUP MĚŘENÍ	89
2.13.3.2	NAMĚŘENÉ HODNOTY A GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ	91
2.13.3.3	VÝKON ZVLHČOVAČE	93
B.	SE STŘÍDAVÝM DÁVKOVÁNÍM	95
2.13.3.1	POSTUP MĚŘENÍ	95
2.13.3.2	NAMĚŘENÉ HODNOTY A GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ	96
2.13.3.3	VÝKON ZVLHČOVAČE	98

2.13.4 ZÁVĚR MĚŘENÍ	100
3. ZÁVĚR.....	101
4. POUŽITÉ ZDROJE.....	102
4.1 KNIHY, NORMY, LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY	102
4.2 ELEKTRICKÉ ZDROJE.....	102
5. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ.....	103
6. PŘÍLOHY.....	104
6.1 VÝPOČTOVÁ ČÁST.....	105
6.1.1 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY VARIANTY 1	105
6.1.2 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY VARIANTY 2	113
6.2 VÝKRESOVÁ ČÁST	121
6.2.1 VÝKRES VZT 1 1:100	121
6.2.2 VÝKRES VZT 2 1:100	121

1. ÚVOD

Diplomová práce se zabývá aplikací adiabatického vlhčení vzduchu v prostoru výrobní haly na bavlnu. Objekt je umístěn v Humpolci. Jedná se o samostatně stojící objekt. V 1.NP se nachází výrobní hala a k ní příslušející hygienická zázemí s šatnami a kanceláři. V témže patře se nachází stroje vzduchotechniky. V 2.NP se nachází kanceláře s hygienickým zázemím. Cílem práce bylo navrhnout dvě až tři varianty za použití úprav vlhčení vzduchu ve vzduchotechnických zařízeních pro tuto výrobní halu. Vzduchotechnická zařízení slouží pro tepelně vlhkostní úpravy vzduchu. Těmito úpravami se vytváří požadované mikroklima v interiérech budov.

Práce se dělí na tři části, tj. na část teoretickou, výpočtovou a projektovou. Teoretická část práce seznamuje s různými zařízeními na zvlhčování vzduchu a způsobu vlhčení vzduchu. Na teoretickou část navazuje část výpočtová, která zahrnuje výpočty tepelných zisků, tlakových ztrát potrubí, návrh distribučních prvků, úpravu vzduchu a skladby klimatizačních jednotek. V projektové části jsem vypracoval technickou zprávu a výkresovou dokumentaci výrobní haly. V závěru práce jsou shrnuty důležité informace o navrženém vzduchotechnickém systému obsahujícím dvě zařízení. Tato jednotlivá zařízení jsou blíže popsána. Pro lepší přehlednost práce je každá část oddělena samostatnou stranou s vlastním názvem kapitoly a opatřena seznamem použitých zkratk a symbolů.

V závěru jsou shrnuty a popsány informace o navržených klimatizačních zařízeních. Diplomová práce by mohla sloužit při seznámení se s problémy spojenými s adiabatickým zvlhčováním.

2. A - TEORETICKÁ ČÁST

Způsoby vlhčení vzduchu

2.1 Potřeba vlhčení vzduchu

Pocity teplené pohody člověka závisí kromě na teplotách vzduchu a stěn, rychlosti proudění i na jeho relativní vlhkosti. Zatímco na odchylky teplot i rychlostí je lidské tělo velmi citlivé, kolísání vlhkosti člověk běžně nevnímá. Přesto by neměly být určité mezní hodnoty překročeny. Jako spodní hodnota se uvádí 35%, horní hranice je 55 až 65%, podle teploty. Z důvodů komfortu je v létě vlhčení vzduchu potřebné jen výjimečně. V zimě, z energetických důvodů, je účelné udržovat vlhkost vzduchu na spodní hranici.

Technologické důvody pro udržování stálé vlhkosti vzduchu jsou v mnoha případech velmi vážné a kladou na klimatizaci mimořádné nároky. Většina navlhých materiálů váže vlhkost v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu. Na obsahu vlhkosti závisí jejich pevnost, ohebnost, trhavost a i další vlastnosti, důležité pro zpracování. Na vlhkosti vzduchu závisí i elektrické jevy, povrchové koroze, jakost povrchových úprav apod.

Zjevů, které doprovázejí zvlhčování vzduchu, se využívá zejména adiabatického ochlazení vzduchu a čištění vzduchu tím, že se zachycují smáčené částice. Zachycování prachových částic je bezesporu kladnou vlastností, která však působí i značné těžkosti při udržování hygienických podmínek.

2.2 Způsoby vlhčení vzduchu

Při projektování zvlhčovacích zařízení je třeba nejprve posoudit jejich vlastnosti, zdali vyhovují požadavkům optimální využitelnosti, převážně spolehlivosti a regulovatelnosti. Vzduch můžeme vlhčit přímo ve větraném prostoru za pomoci jednotkových zvlhčovačů případně soustavou dýz, v přírodních vzduchovodech kanálkovými jednotkami, anebo v klimatizačních jednotkách díky zvlhčovacím komponentům. Vlhčení vzduchu ve větraném prostoru má výhody jako například nízké investiční náklady na jednotkové zvlhčovače, umožňuje odvést větší část tepelné zátěže citelným teplem z prostoru a tím zmenšit přítok přírodního vzduchu. Vlhčení vzduchu ve vzduchovodech se uplatňuje, když zvlhčovače se nedají umístit v prostoru, anebo na technologické procesy se vyžadují různé hodnoty vlhkosti vzduchu v jednotlivých pásmech prostoru. Vlhčení vzduchu v klimatizačních jednotkách se uskutečňuje při ústřední úpravě vzduchu. Při umísťování zvlhčovačů do vzduchovodu je třeba přemýšlet o jejich rozmístění a možnosti instalace. Protože se stává, že kapky vody v proudu vzduchu při krátké odpařovací dráze se zachytí na přepážkách v potrubí.

2.3 Druhy zvlhčovacích přístrojů

Na funkci a provozní spolehlivost zvlhčovacích zařízení výrazně vyplívá kvalita vody a upraveného vzduchu jako i starostlivost o údržbu. Při výběru způsobu vlhčení a zvlhčovacího zařízení je třeba mít na zřetelnost některá kritéria (hygienické požadavky, podíl venkovního

vzduchu, vyžadovaný vlhčící výkon, možnost instalace, přesnost regulace, akustické vlastnosti a investiční a provozní náklady).

Na vlhčení vzduchu se používají tyto soustavy případně zařízení nebo stroje:

- a) vodní soustavy
- b) parní soustavy

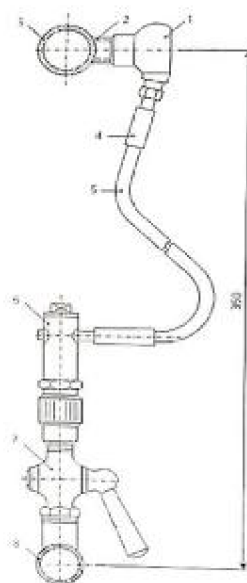
2.3.1 A) vodní soustavy

Používají se zejména tehdy, když se vyžaduje nebo akceptuje i adiabatické chlazení vzduchu. Při jejich použití na dovlhčování v prostoru stačí na odvod tepelné zátěže prostoru citelným teplem o mnohem menší přísun přívodního vzduchu.

2.3.1.1 Rozprašovací zvlhčovače

Rozprašovací soustavy mají dvojlátkové dýzy, které rozprašují vodu tlakovým vzduchem. Jejich dokonalé rozprašování se dá docílit optimalizovanou vzájemnou polohou vodní a vzduchové trubice. Dýzy vytváří homogenní směs vzduchu a vodních kapek stejné velikosti. Podle konstrukce jsou pneumatické dýzy s rovnoběžnými osami vzduchové a vodní trubice nebo se společnou osou trubice.

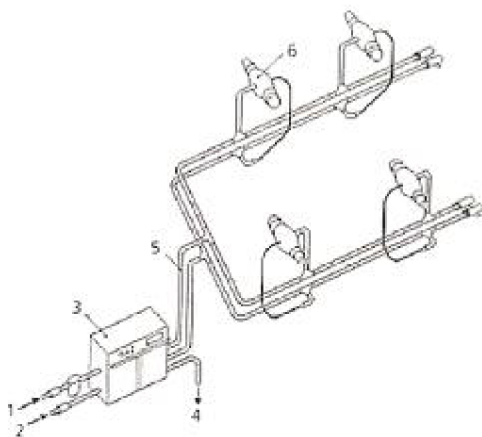
Dýza s rovnoběžnými osami trubic je zastavěná napevno, proto je konstrukce jednoduchá a levná. Skládá se ze vzduchové trubice z polyamidu a z mosazné vodní trubice. Na filtrování vody slouží mosazný filtr. Poměr přítoku vody a vzduchu zabezpečuje škrťací dýza v přívodu vody. Rozprašovací dýza pracuje s přetlakem vzduchu 50 až 220 kPa. Proud vzduchu z trubice přisává vodu svým injekčním účinkem.



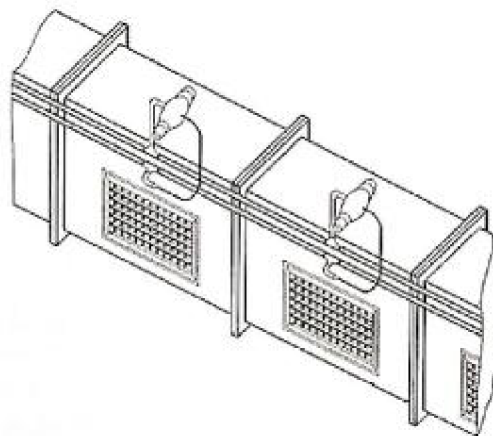
Obr. 1.1 Pneumatická dýza

Souosé dýzy jsou konstrukčně složitější. Poměr přítoku vody a vzduchu se v nich nastává změnou výtokového průřezu vzduchu, případně vody. Toto nastavení má své nevýhody: dýza se po rozebrání a složení dá nastavit jen pomocí měřicích přístrojů. Některé typy dýz pracují i s tlakovou vodou, přičemž se vytvářejí velmi jemné kapky. Do dýzy se přivede nejprve tlakový vzduch a až potom tlaková voda. Působením tlaku vody na membránu přitlačí z druhé strany pružinu, která předpětím se nastavuje regulačním šroubem, jehlou se otevře ústí vodního ventilu; voda se vzápětí rozpráší v ústí vzduchové trubice. Když se musí činnost zařízení přerušit, regulační jednotka hned uzavře ústí vodního ventilu, zatímco vzduch ještě krátký čas proudí. Část jehly se přitom v důsledku tlaku pružiny vsune do ústí tělesa ventilu, čímž se zabrání odkapávání vody a zanášení otvoru vodním kamenem.

Dýzy se rozmisťují buď v prostoru anebo před výstky přívodního vzduchu. Určené jsou zejména na vlhčení vzduchu v technologických provozovnách, kde se vyžaduje vysoká relativní vlhkost. Tyto soustavy jsou o dost hlučnější než třeba mechanické rozstřikovací soustavy, proto se instalují tam, kde jejich hlučnost nevádí.



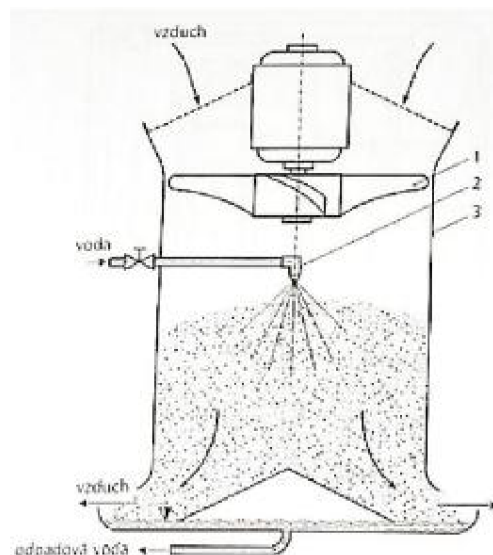
Obr. 1.2 Pneumatické dýzy v prostoru



Obr. 1.3 Pneumatické dýzy instalované před výstky

2.3.1.2 Rozstřikovací zvlhčovače

Rozstřikovací zvlhčovače se podle principu rozstřikování vody dělí na dýzové a mechanické odstředivé. Jednoduchým způsobem vlhčení vzduchu v prostoru je rozstřikování vody dýzami, do kterých se voda přivede pod tlakem 0,4 MPa až 1,1 MPa. Dýzy se obvykle umísťují ve válcovém plášti, do kterého se vzduch přisává jejich ejektorovým účinkem anebo ventilátorem. Vytvářejí však nehomogenní kapkový mrak s množstvím velkých kapek, které se nedokonalě zmenšují se vzduchem, proto se na krátké dráze nestačí odpařit a odtékají do kanalizace. Na vlhčení vzduchu v prostoru se proto dýzy používají jen zřídka. Uplatňují se zejména v pračkách vzduchu.



Obr. 1.4 Dýzový rozstříkovací zvlhčovač s ventilátorem

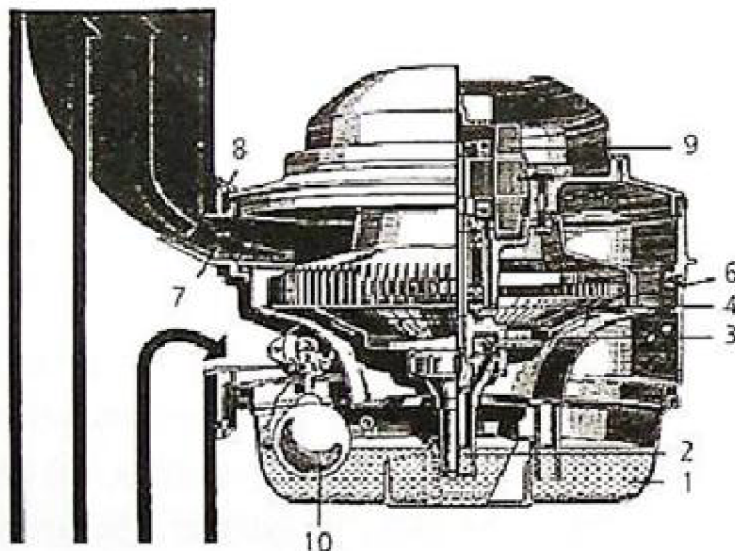
Druhou skupinu tvoří mechanické jednotky s talířovým kotoučem, který je poháněn elektromotorem. Produkují jemné a homogenní kapky, které dokonale smíšené se vzduchem se velmi rychle odpaří. V porovnání s rozprašujícími soustavami dosahují 25 až 30% úsporu energie. Zvlhčovač má na jednom konci hřídele motoru rozstříkující kotouč a na druhém konci kola ventilátoru. Přívod vzduchu a tím i hustota se řídí natáčením jeho lopatek. Voda se přivádí ze zásobníku se spádem přibližně 3 m přes filtr do trubky, z které stříká na střed kotouče. Odtud se účinek odstředivé síly roztéká po jeho povrchu, přičemž vytváří blánu, která se po opuštění kotouče tříští na věnci statických lamel na kapky unášené proudem vzduchu. Mezi kotoučem a ventilátorem bývá síť na zachycování nečistot, které by zanášeli lamely. Jednotky se většinou umísťují na konzoly připevněné na sloupech halových prostor.

Zapouzdřené mechanické zvlhčovače mají svisle umístění elektromotor, na jehož ose je letmo připevněn jeden kotouč anebo více horizontálních kotoučů. Jeden z nich má na spodní straně lopatky, díky nim funguje jako kolo ventilátoru. Spodní kotouč má ze spodní strany připevněný kuželový nátrubek, který ponořený do vody v nádrži pracuje jako samonasávací čerpadlo, které tlačí vodu na kotouč. Vodní blána vzniká odstředivým účinkem kotouče narážejícího na nehybný věnec hřebenového uspořádání lamel, na kterých se tříští kapky vody. Účinkem lopatek na spodní stranu kotouče se z okolí nasává vzduch, který se po smíšení s kapkami vyfukuje zpět do prostoru. Voda se před vtokem do přístroje odsoluje, jinak by se sůl uvolněná z vody po její odpaření mohla usadit jako jemný prach na vybavení místností případně v dýchacích cestách. Tyto přístroje se uplatňují v bytech, kancelářích apod.

Mechanické rozstříkovací zvlhčovače se používají i na vlhčení vzduchu ve vzduchovodech. Podle druhu použitého zvlhčovače rozlišujeme soustavy:

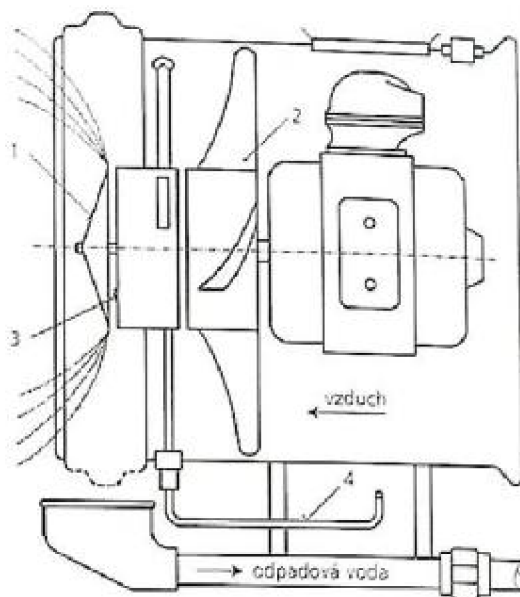
- a) se suchým kanálem
- b) s mokrým kanálem

V soustavách se suchým kanálem se používají mechanické rozstříkovací zvlhčovače. Ze vzduchu v potrubí nasávají určitou část, která odnáší kapky produkované kotoučem a vrací se zpět do potrubí, kde se kapky odpaří v proudě vzduchu. Aby kanál zůstal suchý, za zvlhčovačem se umístí odlučovač kapek.



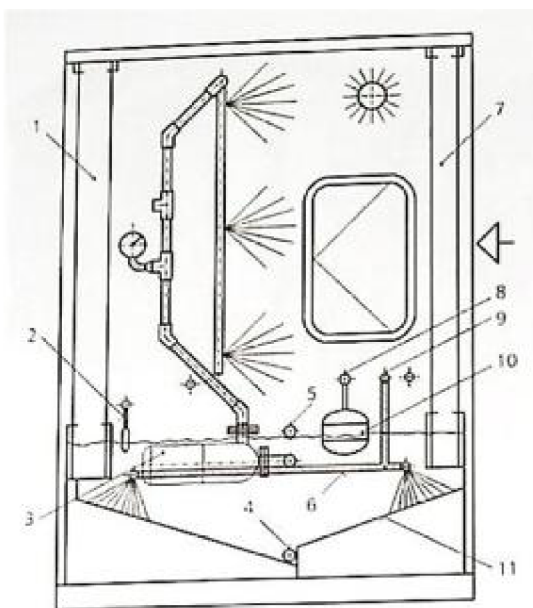
Obr. 1.5 Mechanický rozstříkovací zvlhčovač se suchým kanálem

V soustavách s mokrým kanálem jsou kotoučové jednotky, které mají vodotěsně chráněný jen elektromotor, rozstříkovací kotouč je v proudě vzduchu rozvodného potrubím většinou skruhovým profilem. Uplatňují se tam, kde se vyžaduje přesycený vzduch. Odlučování kapek z proudu vzduchu se zabrání, když úsek potrubí za zvlhčovačem bude bez ohybů a kolen a vzduch se bude vyfukovat z potrubí do prostoru dýzami.



Obr. 1.6 Mechanický rozstříkovací zvlhčovač pro mokrý kanál

Mezi rozstříkovací zvlhčovače patří dýzové pračky vzduchu. Jsou to komory s dýzami na rozstříkávání vody do proudu vzduchu. Z kapek se však odpaří jen velmi malá část (0,6 až 2 %), neodpařené ztečou do vany, odkud se oběžná voda po smíšení s čerstvou vodou dopravuje čerpadlem do dýz. Vzduch se po vstupu do komory přes usměřovač proudu zvlhčí a ochladí, dále proudí přes odlučovač kapek do další části. Pračka se zásobuje vodou přes přívod s plovákovým ventilem. Obsahuje čistící soustavu s přívodem vody a její rozvod k dýzám, případně i UV lampu, aby splnila hygienické požadavky. Voda se nasává z vany čerpadlem přes síťový, víceúrovňový filtr, kterého poslední stupeň má menší oka jako výtokový otvor dýz. Ve vaně je přepad se zápachovou uzávěrkou a výpust, která slouží na její vyprázdnění. Pračky se podrobují řadě zkoušek na určení jejich optimální činnosti. Podle jejich výsledků poskytují výrobci projektantům údaje na jejich dimenzování. Plášť pračky musí vyhovovat hygienickým a provozním požadavkům.

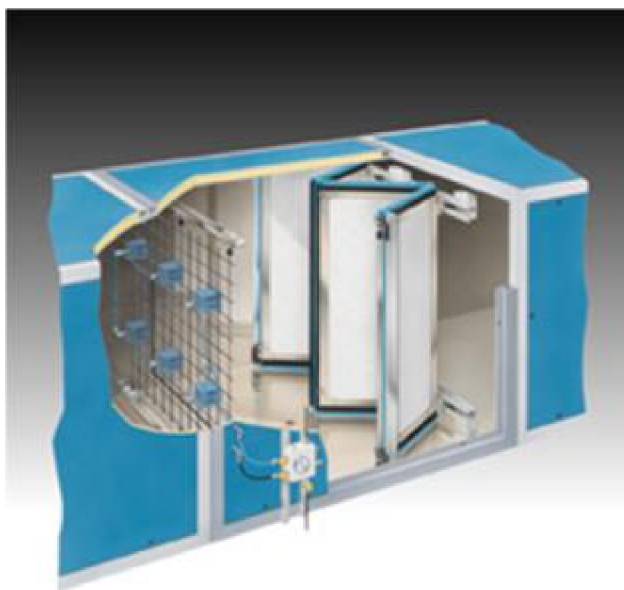


Obr. 1.7 Dýzová pračka vzduchu

2.3.1.3 Hybridní dýzo-blánové pračky vzduchu

Odpařování vody v těchto pračkách vzduchu se uskutečňuje díky rozstříkovacímu a blánovému efektu. První efekt se vyznačuje vysokou účinností, druhý efekt je minimálně energeticky náročný. Celková koncepce pračky a uspořádání jejich komponentů umožňuje dosáhnout malé spotřeby vody, velký vlhčicí výkon a vysoký stupeň hygieny. Před přívodem do dýz se voda odsoluje pomocí reverzní osmózy. Dýzy rozstříkují při tlaku 400 až 800 kPa, přičemž vzniká mrak jemných kapek, které se odpařují na dráze přibližně 0,8 m. Neodpařené zachycuje vložka ve tvaru V z porézního keramického materiálu. Tím, že vlhkost přestupuje do vzduchu z kapek i z blány v pórech, pračka dlouhá jen 1,2 m dosahuje vysoké účinnosti. Voda, která zteče na dno pračky, z hygienických důvodů necirkuluje, ale odtéká do kanalizace. Před uvedením pračky do chodu se celá soustava rozvodu vody k dýzám propláchne množstvím bakterií. Regulační jednotka reguluje vlhčicí výkon pračky pomocí elektromagneticky ovládaných venti-

lů, řídí funkci revizní osmózy a monitoruje kvalitu vody. Pračka nevyžaduje odlučovač kapek ani filtr vzduchu na zachycení minerálů z vody po její odpaření. Při rychlosti vzduchu v pračce 2,5 m/s je pokles vzduchu v důsledku ztrát přibližně 70 Pa.

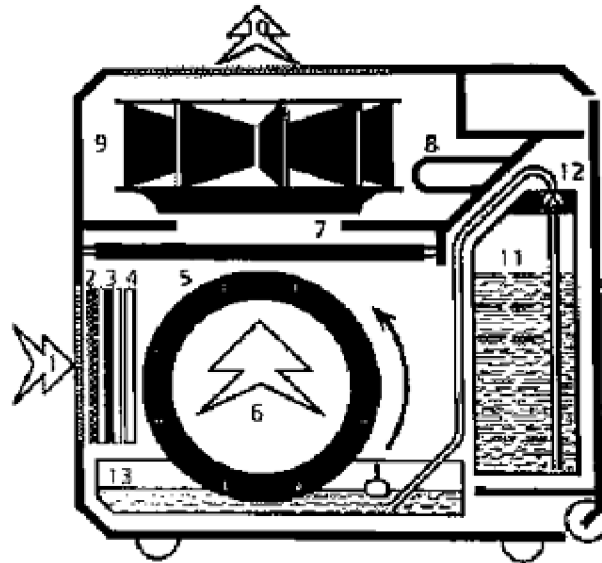


Obr. 1.8 Hybridní dýzo-blánová pračka vzduchu

2.3.1.4 Hladinové a blánové odpařovací zvlhčovače

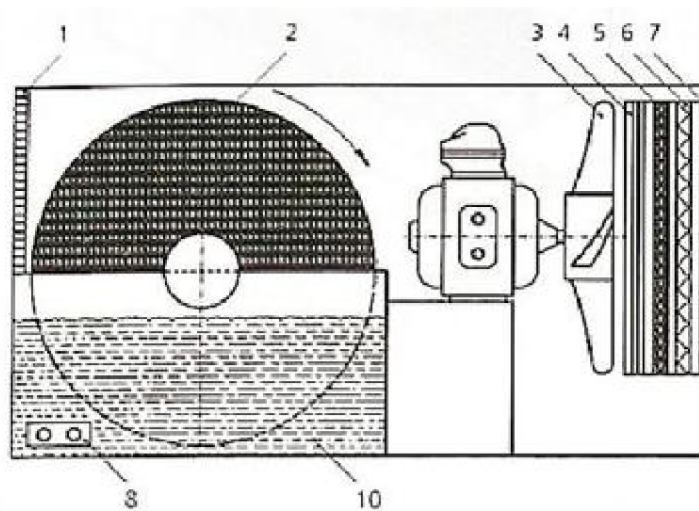
Vlhčící výkon těchto zvlhčovačů závisí hlavně na velikosti odpařovací plochy, přítoku, rychlosti a teploty vzduchu nad odpařovacím prostorem a teploty vody. Z těchto kritérií je patrné, že vlhčící výkon odpařovačů na topných tělesech nemůže být dostatečný, protože jejich odpařovací povrch je malý, přítok vzduchu nad nimi je zanedbatelný a teplota vody, která závisí od teploty těles, je nízká. Z keramického odpařovače se odpaří nejvíce 0,02 až 0,04 l/h vody a z odpařovače s nasávkovou vložkou 0,1 l/h. Na zlepšení odpařování vody se pro byty a menší prostory zhotovili zvlhčovače s odpařovací vložkou a ventilátorem, případně i s elektrickým vyhříváním vody. Kromě zvýšení odpařovacího povrchu se tím dosáhlo i zvýšení rychlosti a přítoku vzduchu nad ním. Jejich vlhčící výkon bývá do 0,3 l/h.

Pro interiéry s objemem 500 až 800 m³ jsou vhodné odpařovací zvlhčovače s nasávkovou vložkou s výkony 1 až 5 l/h. Vzduch se do nich nasává z místnosti ventilátorem přes soustavu filtrů a po zvlhčení vložkami nasáknutými vodou se vyfukuje do místnosti. Vložky umístěné na obvodu bubny se při jeho otáčení ponoří do vody ve vaně, kde se voda dopravuje čerpadlem ze zásobníku. Teplo, které si bere voda na odpařování ze vzduchu, kompenzuje se elektrickým ohřívacem vzduchu. Na dezinfekci slouží UV lampa. Přístroje vyžadují pravidelnou údržbu. Jejich chod se řídí termostatem a hydrostatem.



Obr. 1.9 Bubnový interiérový odparovací zvlhčovač

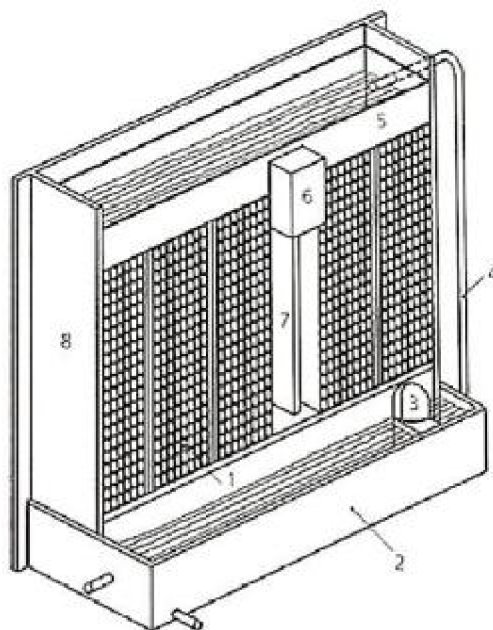
Na vlhčení vzduchu v potrubí se používají odpařovače s nasáklými deskami anebo kotouči. Jejich spodní část je ponořená do nádrže s vodou a horní část vyčnívá do proudu vzduchu. Deskové odpařovače, jejichž výkon s deseti deskami je podle teploty vzduchu v potrubí 5 až 15 l odpařování vody za den, uplatňují se při teplotovzdušném vytápění rodinných domů. Kotoučové odpařovače s výkonem 0,5 až 10 l/h se používají s více zónovými klimatizačními zařízeními na vlhčení vzduchu ve vzduchovodech vedoucí do jednotlivých zón s rozdílnou požadovanou vlhkostí vzduchu.



Obr. 1.10 Kotoučový interiérový odparovací zvlhčovač

Pro klimatizační jednotky jsou určeny blánové pračky. Vzduch se v nich vlhčí a adiabaticky chladí vodou odpařovanou ze zmáčených vložek. Rychlost vzduchu v pračce bývá 0,5 až 3 m/s. Náplň působí i jako mokrá filtr, při velmi znečištěném vzduchu se vkládá před ni filtr proti prachu. V pračce se voda nasává čerpadlem z vany a dopravuje hadicemi do rozdělovacího žlabu nad náplňkou, odkud stéká po jejím povrchu, přičemž její neodpařená část stéká do vany. Náplň tvoří pásy rovného anebo zvlněného impregnovaného papíru, vytvářející kanálky na

přítok vzduchu. Vlhčící účinnost pračky závidí od přítoku vzduchu obrokem a řídí se pomocí klapky ovládané pohonem. Blánové pračky jsou o dost kratší než dýzové. Blánové pračky, stejně tak jako dýzové, vyžadují pravidelnou kontrolu vody. Aby se na odpařovacím povrchu zamezila tvorba vodního kamene, používá se jen upravená voda, a na dezinfekci slouží UV lampa instalovaná v pračkách. Výhodou odpařovacích zvlhčovačů v porovnání s rozstřikujícími a rozprašujícími je, že se do vzduchu proudícího v nich dostává pára bez příměsí z vody.



Obr. 1.11 Blánová pračka vzduchu

2.3.2 B) parní soustavy

2.3.2.1 Parní zvlhčovače bez vlastního zdroje páry

V objektech s ústředním zdrojem páry se jako zvlhčovače používají rozptylovače páry s odlučovačem kondenzátu. Umísťují se ve vzduchovodech. Problémem zvlhčovačů zásobených párou z parovodu je občasný výskyt kondenzátu v místě jeho výstupu z rozptylovací roury do proudu vzduchu. Sytá pára s přetlakem 20 až 400 kPa se přivede z parovodu přes lapač nečistot do prostoru vymezeného rozptylovací rourou a jeho pláštěm, kde rouru vyhřívá, čím v ní zabráňuje kondenzaci výfukové páry. Na přihrádce v komoře odlučovače se zbavuje kondenzátu i tuhých částic, které přináší sebou z parovodu. Po vysušení v komoře proudí k proporcionálnímu regulačnímu ventilu, který ji vpustí dírou do vypařovací komory vzniknutého kondenzátu; odtud proudí přes tlumič hluku do rozptylové roury a jejími otvory vniká do vzduchovodu. Stav vzduchu se v ní mění izotermicky. Kondenzát odtéká ze zařízení do vratného potrubí přes plovákový anebo zvonový odvaděč. Na trubce vedoucí k němu je přiložený termostat, který se nastaví na požadovanou kondenzační teplotu. Při poklesu teploty níže nastavenou hodnotu uzavře elektricky anebo pneumaticky ovládaný regulační ventil přívod páry do rozptylovací trubky.

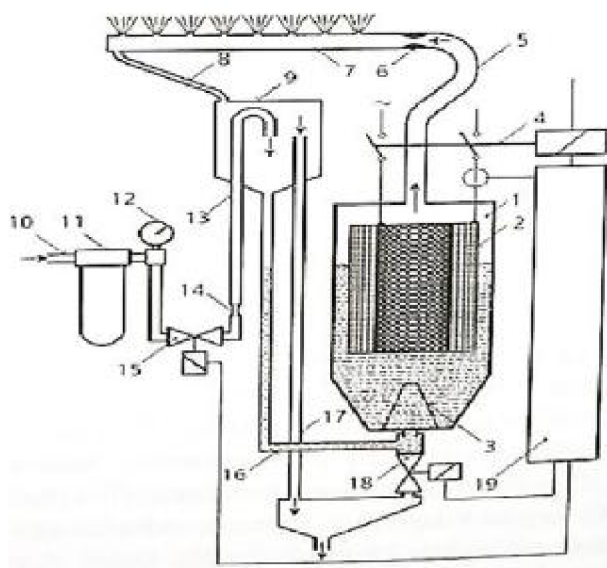
2.3.2.2 Parní zvlhčovače s vlastním zdrojem páry

V objektech bez centrálního zdroje páry a nebo když se na vlhčení vzduchu vyžaduje dokonale čistá pára, používají se elektrické parní zvlhčovače. Při jejich správné montáži můžeme z nich získat hygienicky bezchybnou páru bez vodních kapek. Podle způsobu ohřevu vody máme dva druhy zvlhčovačů, buď s elektrolytickým ohřevem, anebo s elektrickým odporovým ohřevem.

Vyvíječe páry s elektrolytickým ohřevem vody

Voda se v nich přivede do varu ponornými elektrodami. Jejich vlhčící výkon pro menší prostory je 0,3 až 0,5 l/h a reguluje se změnou výšky hladiny vody ve vypařovací nádržce, případně změnou vzdálenosti izolační přihrádky mezi nimi. Vypařování se samočinně skončí, jen co hladina vody klesne pod spodní hranu elektrod. Používají se i jako inhalátory.

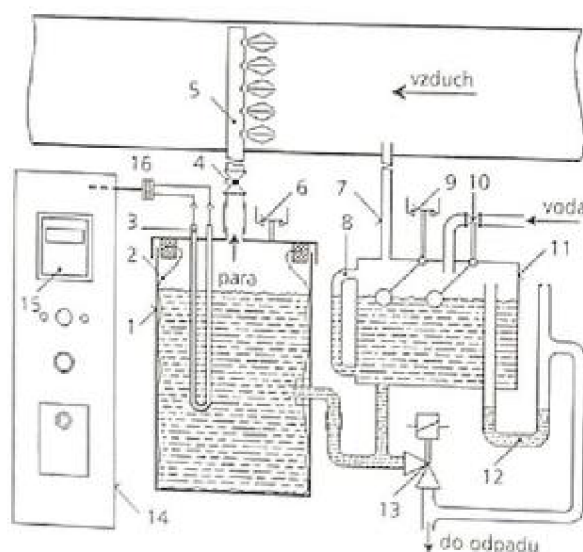
V přístroji na vlhčení vzduchu v potrubí vzniká pára ve válcové nádobě s dvěma koncentrickými mřížkovými elektrodami. Přístroj se uvádí do chodu po signále od hydrostatu na otevření ventilu na přípojce čerstvé vody. Voda se přivede přes hydrodynamickou plnicí nádrž do vypařovací nádoby, z které pára proudí do rozptylovací trubky umístěné ve vzduchovodu. Zkondenzovaná pára se z ní vrací trubkou do nádrže. Dýzou se udržuje přetlak páry ve válci v rozpětí 2 až 2,5 kPa. Po dosažení maximálního tlaku se přeruší přívod vody do válce, protože tlak vody v nádobě vytlačí vody z trubky do odvětvovací nádrže až po ústí přepadové trubky. Přístroj se vyprázdní přes vypouštěcí ventil. Při připojení elektrod na síť začne mezi nimi protékat proud, jehož intenzita závisí od vodivosti vody a hloubce ponoru elektrod. Při průtoku proudu voda velmi rychle zavře. Hladina vody v nádobě přitom začne klesat a intenzita proudu stoupat, dokud se nedosáhne hloubka ponoru elektrod odpovídajícímu jmenovitému parnímu výkonu válce. Při práci stroje stoupá koncentrace solí ve vodě a tím i elektrická vodivost vody. Po dosažení její maximální hodnoty dá snímač impuls na vyprázdnění nádoby a na její opětovné naplnění čerstvou vodou.



Obr. 1.12 Parní zvlhčovač s elektrolytickým ohřevem vody

Vyvíječe páry s elektrickým odporovým ohřevem vody

Voda se přivádí do varu ponorným elektrickým odporovým tělesem. Elektrická vodivost vody přitom nehraje roli, proto jsou způsobilé i na přepravu s úplně odsolenou vodou. Pracují obvykle bez přetlaku anebo s přetlakem páry 35 až 50 kPa, s parným výkonem 4 až 120 kg/h. Zabudovaný regulační ventil umožňuje rychle přizpůsobit odběr páry okamžité požadované vlhčení. Umožňuje to i stálý výskyt dostatečně velkého parního polštáře před ventilem. Odkalování přístroje probíhá v malých množstvích a krátkých intervalech. Používají se na vlhčení vzduchu v potrubí a klimatizačních jednotkách. Průměrná spotřeba energie je při nich vyšší než při soustavách s elektrolytickým ohřevem vody.



Obr. 1.13 Parní zvlhčovač s elektrickým odporovým ohřevem vody

2.4 Základní popis vlhkého vzduchu

Vlhký vzduch je směs dvou složek – vodní páry a suchého vzduchu. Tyto dvě složky se navzájem téměř vůbec neovlivňují. Vodní pára se chová stále podle stejných zákonitostí a nezáleží na tom, zda je míchána se suchým vzduchem či nikoli. Vodní pára, stejně jako každý jiný plyn, má tlak, teplotu, objem, hustotu, molární hmotnost, počet stupňů volnosti a další veličiny. Jestliže ji přidáme k suchému vzduchu, budou obě složky sdílet stejný objem a stejnou teplotu. Obě složky vlhkého vzduchu se oproti ideálnímu plynu nemohou směřovat v libovolném poměru v celém oboru tlaků a teplot. Je-li teplota nižší, než je odpovídající teplota syté vodní páry, sráží se voda ve formě mlhy, či jeli teplota menší než teplota sublimační, sráží se (sublimuje) ve formě ledu či sněhu. Je-li vodní pára obsažená ve vzduchu párou sytou, mluvíme o nasyceném vzduchu. Hmotnostní zlomek vodní páry ve vlhkém vzduchu bývá velmi malý a z toho důvodu se celkový tlak v běžných úlohách příliš neliší od tlaku atmosférického. Pak lze suchý vzduch a vodní páru považovat za ideální plyny, jež mají následující vlastnosti:

	c_p [kJ/kg.K]	R [kJ/kg.K]	c_v [kJ/kg.K]	M [kg/kmol]
suchý vzduch	1,005	0,28711	0,717	28,97
přehřátá vodní pára	1,926	0,4615	1,465	18

Tab. 1.1 Základní veličiny vlhkého vzduchu

2.4.1 Vyjádření vlhkosti vzduchu

Množství vody obsažené ve vzduchu vyjadřujeme několika různě definovanými veličinami, z nichž lze některé přímo měřit a lze je vzájemně i přepočítat. Pro jednoznačné určení stavu vzduchu je nutné znát dvě základní stavové veličiny (teplota, tlak) a jednu veličinu, která určuje složení směsi (vlhkost). Obsah vlhkosti (vody) ve vzduchu může být různý.

Množství vodní páry obsažené ve směsi vlhkého vzduchu se může měnit. Stav, při kterém vzduch pojme maximální množství vodní páry se nazývá nasycení. Parciální tlak nasycené vodní páry je tedy tlakem vodní páry při nasycení. Tento tlak je funkcí pouze teploty a je zároveň maximálním tlakem pro zadanou teplotu. Pára se se vzduchem může mísit v libovolném poměru, má-li pára i vzduch při tlaku 100 kPa teplotu vyšší než 100°C.

Vlhký vzduch dělíme na:

- $p_v < p_v''$ - je vlhký vzduch nenasycený parou,
- $p_v = p_v''$ - je vlhký vzduch nasycený,
- $p_v > p_v''$ - je vlhký vzduch přesycený a směs je heterogenní

2.4.1.1 Absolutní vlhkost vzduchu a

Absolutní vlhkost vzduchu a je hmotnost vodní páry obsažené v 1 m³ vlhkého vzduchu. Protože objem vlhkého vzduchu je podle Oswaldova zákona:

$$V = V_A = V_v$$

je absolutní vlhkost $a = \rho_v = \frac{m_v}{V_v}$ při tlaku vodních par p_v o teplotě T . Pro homogenní směs se její hodnota pohybuje v rozsahu (0; p_v'')

2.4.1.2 Měrná vlhkost x

Měrná vlhkost je definována jako poměr hmotnosti vodní páry a suchého vzduchu. Veličina využívaná pro přesnou kvantifikaci množství vodní páry. Využívá se při výpočtech spojených s úpravou vlhkosti vzduchu (vlhčení, odvlhčování).

$$x = \frac{m_v}{m_A} = \frac{V \cdot \rho_v}{V \cdot \rho_A} = \frac{R_A}{R_v} \cdot \frac{p_v}{p - p_v} = 0,622 \cdot \frac{p_v}{p - p_v} \quad [\text{kg/kg s.v.}, \text{g/kg s.v.}]$$

$$R_A = 287,062 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; R_v = 461,518 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Jednotka kg/kg s.v. se čte přesně podle toho co vyjadřuje – počet kilogramů vodní páry na kilogram suchého vzduchu.

2.4.1.3 Relativní vlhkost φ , rh

Relativní vlhkost vzduchu φ je odvozenou experimentálně měřitelnou veličinou. Je definována poměrem parciálního tlaku vodní páry a parciálního tlaku nasycené vodní páry při konstantní teplotě. Alternativně definovatelná poměrem absolutní vlhkosti daného vzduchu k absolutní vlhkosti nasyceného vzduchu při stejné teplotě.

V podstatě vyjadřuje míru nasycení vzduchu vodní parou, tj. jak je vzdálený k nasycení.

$$\varphi = \frac{p_v}{p_v^*} [\%]$$

2.4.2 Vynesení úprav vzduchu v Molliéově diagramu

2.4.2.1 Vlhčení vzduchu

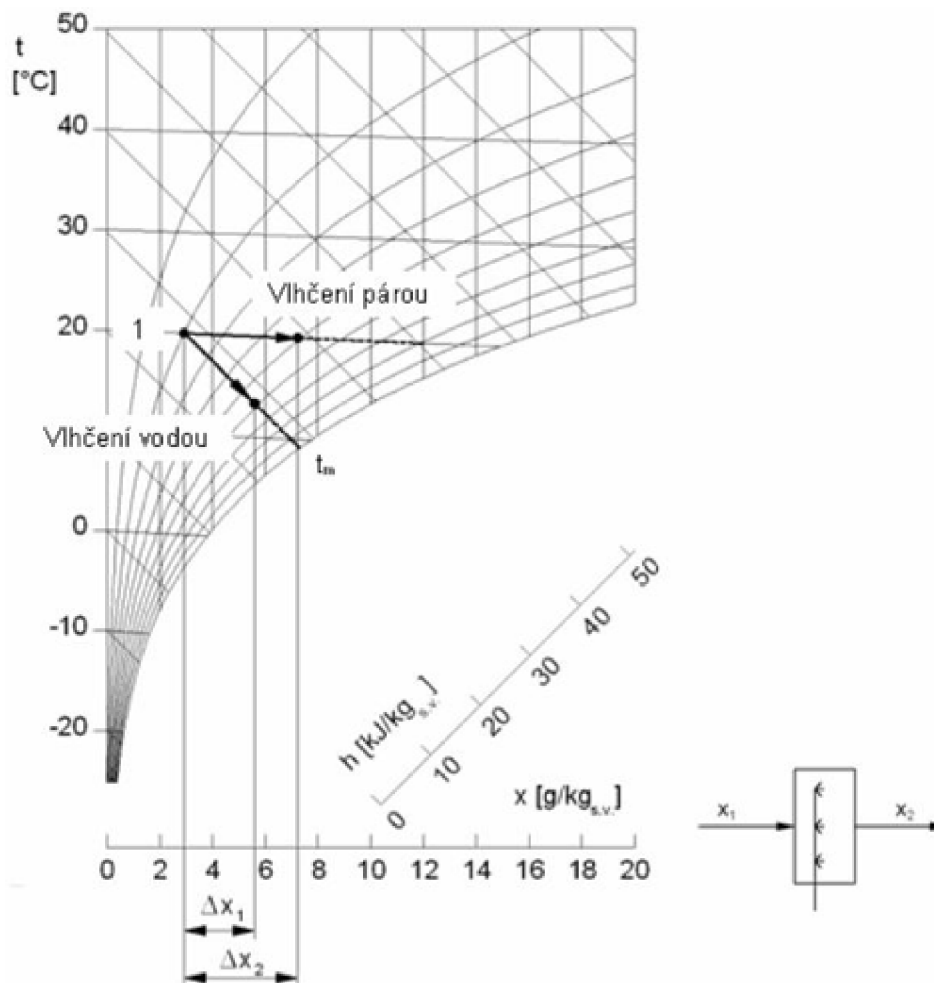
Cílem změny je zvyšování obsahu vodní páry ve vzduchu. Požadavek na vlhčení je v našich klimatických podmínkách zejména v zimním období – nízká měrná vlhkost venkovního vzduchu. Proces se odehrává ve zvlhčovačích vzduchu. Vlhčení vzduchu se charakterizuje výhradně změnou měrné vlhkosti, nikoliv relativní vlhkosti.

Základní principy vlhčení probíhají dvěma způsoby:

- a) vlhčení vodou – přímé vlhčení rozprašováním vody do proudu vzduchu
- b) vlhčení parou – přímé vlhčení vstřikováním páry do proudu vzduchu

V Molliéově diagramu se kreslí:

- vlhčení vodou po čáře konstantní entalpie – adiabatický proces
- vlhčení parou po čáře konstantní teploty – izotermický proces



Obr. 1.14 Průběh změny stavu vzduchu při vlhčení vodou a parou

- vlhčení parou: h_v se pohybuje kolem $2,6 \text{ kJ/kg}$ – směr přibližně odpovídá izotermě
- vlhčení vodou: h_v se pohybuje v rozmezí $0-0,42 \text{ kJ/kg}$ – směr přibližně odpovídá adiabatě

Přibližnost směrů spojnic s izotermou a adiabatou je pro účely technické praxe více než dostatečující.

Změna stavových veličin:

vlhčení vodou	vlhčení parou
$x_1 < x_2, t_2 < t_1, \varphi_2 > \varphi_1, h_2 = h_1$	$x_1 < x_2, t_2 = t_1, \varphi_2 > \varphi_1, h_2 > h_1$

Tab. 2 Změna stavových veličin při vlhčení

Vlhčení vodou se někdy používá i jako přímé adiabatické chlazení. Na konci procesu je teplota t_2 výrazně nižší než teplota t_1 . Ovšem, aby vše fungovalo je nutná nízká počáteční vlhkost vzduchu x_1 . Jinak nemá tento způsob chlazení význam – rychle dosáhneme meze sytosti – dále vzduch žádnou vlhkost nepojme a neochladí se.

Teplota rosného bodu

Teplota rosného bodu je teplota zjistitelná pro daný stav vlhkého vzduchu při nasycení pro stejnou měrnou vlhkost a tlak jaké má uvažovaný stav vzduchu. Ze zadaného stavu vedeme svislou čáru po konstantní měrné vlhkosti ($x = \text{konst.}$) na křivku sytosti ($\phi = 1$) a v tomto bodě nám izoterma na průsečíku udává teplotu rosného bodu.

Teplota vlhkého teploměru

Teplota vlhkého teploměru je teplota, kterou vzduch dosáhne při nasycení vypařováním vody. Je to nejnižší teplota adiabatického procesu změny stavu vlhkého vzduchu. Ze zadaného stavu vedeme čáru po konstantní entalpii ($h = \text{konst.}$) na křivku sytosti ($\phi = 1$) a v tomto bodě nám izoterma na průsečíku udává teplotu vlhkého teploměru.

2.4.2.2 Chlazení vzduchu

Cílem je snížení teploty proudu vzduchu. Proces probíhá na teplosměnné ploše chladiče. Rozděluje se na dva typy:

- chlazení bez kondenzace vodní páry – „suché chlazení“
- chlazení s kondenzací vodní páry na chladiči – „mokrý chlazení“

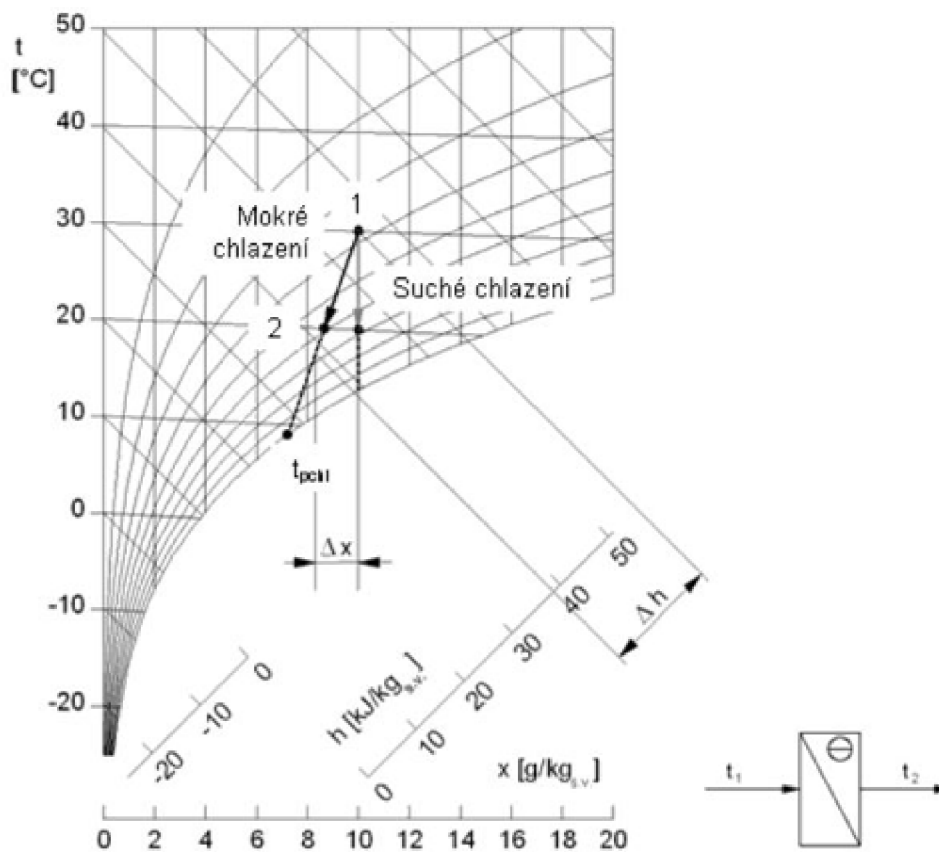
Podle vztahu teploty rosného bodu t_r proudu vzduchu a povrchové teploty chladiče t_{ch} dělí:

- suché chlazení – povrchová teplota chladiče je vyšší než teplota rosného bodu $t_{ch} > t_r$
- mokrý chlazení – povrchová teplota chladiče je nižší než teplota rosného bodu $t_{ch} < t_r$

V průběhu procesu chlazení dochází ke snížení obsahu vodní páry ve vzduchu v důsledku kondenzace.

V Molliérově diagramu se kreslí:

- suché chlazení po konstantní měrné vlhkosti
- mokrý chlazení po spojnici mezi počátečním stavem 1 a průsečíkem povrchové teploty chladiče a křivky sytosti. Průsečík je mezní stav, do kterého lze vzduch při dané kombinaci ochladit. Ovšem chladicí výkon je obvykle výrazně menší a tudíž cílová teplota leží někde na spojnici



Obr. 1.15 Průběh změny stavu vzduchu při chlazení vzduchu

Změna stavových veličin:

suché chlazení	mokré chlazení
$x_1 = x_2, t_2 < t_1, \varphi_2 > \varphi_1, h_2 < h_1$	$x_1 > x_2, t_2 < t_1, \varphi_2 > \varphi_1, h_2 < h_1$

Tab. 3 Změna stavových veličin při chlazení

Při procesu mokrého chlazení je nutné vypočítat i množství zkondenzované vodní páry. Při běžném provozu vzduchotechnické jednotky dochází ke kondenzaci velmi často, nejčastěji v letním provozu při chlazení přiváděného vzduchu, dále v zimě na teplosměnných plochách výměníků pro zpětné získávání tepla. Všechny části vzduchotechniky, kde lze i okrajově předpokládat kondenzaci vodní páry z přiváděného nebo odváděného vzduchu je nutné napojit na kanalizaci.

2. B - VÝPOČTOVÁ ČÁST

Variantní řešení systémů vzduchotechniky v prostoru výrobní haly

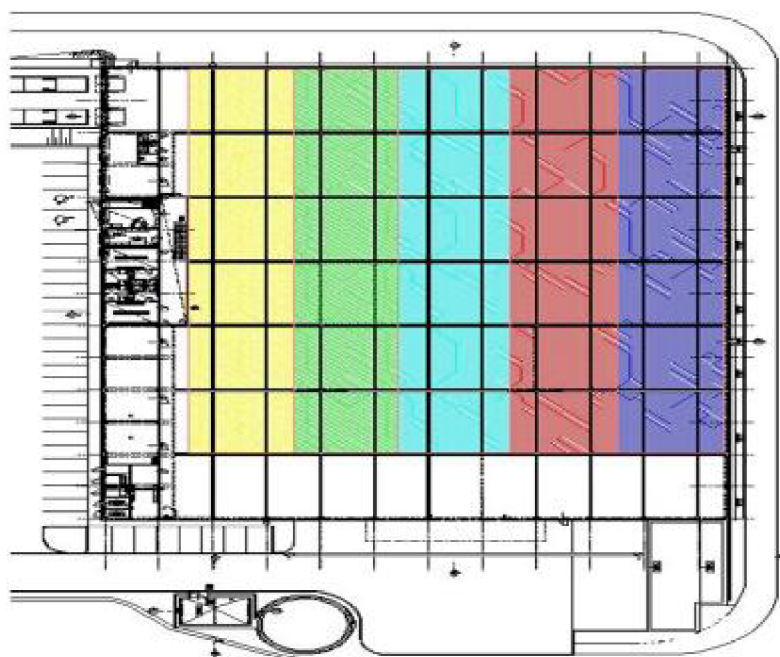
2.1 Analýza objektu

2.1.1 Popis objektu tělocvičny

V následující části se budeme zabývat návrhem vzduchotechnického systému pro zadaný stavební objekt. Naším cílem je navrhnout dvě až tři vzduchotechnická zařízení vzhledem k provozním požadavkům. Stavebním objektem je výrobní hala na bavlnu. Daný objekt se nachází v Humpolci. V 1.NP se nachází výrobní hala a k ní příslušející hygienická zázemí s šatnami a kancelářemi. V témže patře se nachází strojovna vzduchotechniky. V 2.NP se nachází kanceláře s hygienickým zázemím. Výrobní hala je na ploše 3412 m² obvodově z tepelně izolačních panelů TRIMO typu TRIMOTHERM STANDART GV tloušťky 120 mm a šířky 1 m kladené horizontálně. Vnitřní zdivo je z pórobetonových tvárnic YTONG P2 tloušťky 250 mm a pórobetonových příčkovek YTONG P2 tloušťky 150 mm. Hygienické zázemí a šatny dělí příčky SDK systému KNAUF pro tloušťku zdiva 150 mm opláštěné deskami GBK tloušťky 2x12,5 mm oboustranně s vloženou minerální izolací tloušťky 80 mm. Na západní straně objektu je nákladová rampa pro kamiony. Vstup do strojovny vzduchotechniky se nachází na východní straně objektu.

2.1.2 Rozdělení objektu do funkčních zón

V objektu výrobní haly je navrženo pět vzduchotechnických jednotek. Všechny jednotky budou umístěny ve strojovně vzduchotechniky v 1.NP. Každá jednotka bude vybavena rotačním výměníkem a pračkou vzduchu sloužící pro vlhčení vzduchu vodou. Hala byla rovnoměrně rozdělena do 5 zón podle umístění šicích strojů v hale. Každá zóna bude pokrývat plochu haly 682 m² Naznačené velikost zón je vyznačeno podle zařízení.



Obr. 2.1 Zóny v objektu

2.2 Varianty řešení a jejich posouzení

Klimatizační zařízení v průmyslu mají zajišťovat podmínky podle požadavků technologie. Některé provozy vyžadují dodržování předepsané relativní vlhkosti, jiné teploty, některé definovanou čistotu vzduchu. Suroviny přirozeného původu, zpracované v textilním průmyslu jsou navlhavé a každému stavu vzduchu odpovídá určitá rovnovážná vlhkost vláken. Ta závisí převážně na relativní vlhkosti vzduchu, málo na jeho teplotě. Svlhkostí vláken se mění jejich mechanické a jiné vlastnosti. Proto je důležité udržovat při zpracování těchto materiálů především relativní vlhkost. Technolog zadal, aby na vzniklé tepelné zisky od výrobních strojů se odpařilo 75 kg vody. Proto bylo zvoleno, že pro danou výrobu bude potřeba pracovat v prostředí o teplotě 26°C s relativní vlhkostí 60%.

2.2.1 Varianta 1 – vlhčení vzduchu za pomoci praček vzduchu ve VZT jednotkách

Textilní haly pro zpracování přírodních vláken se stavějí i dnes bez strojního chlazení. Pro zpracování syntetických vláken je klimatizace nutná. Pro značnou produkci tepla je obtížné udržovat vysoké relativní vlhkosti. K tomu účelu se použijí pračky vzduchu v klimatizačních jednotkách, které zvlhčí vzduch téměř na 100%. V hale jsou umístěny mykací stroje pro bavlnu, hedvábí a vlnu. Na tyto zařízení bude navržena teplota přívodního vzduchu na 20°C s relativní vlhkostí 90%, protože zařízení vyrábí velkou tepelnou zátěž. Protože syntetické materiály potřebují být v prostředí o teplotě 23 až 27°C a vlhkosti 60 až 70%. Rozvod bude řešen pomocí potrubí jdoucím ze strojovny vzduchotechniky přes halu zavěšeným pod stropem. Distribuce vzduchu bude prováděna přes textilní výustě, které budou rovnoměrně umístěné pod stropem v oblasti mykacích strojů. Odvod vzduchu bude řešeno velkoplošnými mřížemi umístěné ve stěně oddělující halu od strojovny vzduchotechniky.

2.2.2 Varianta 2 – dovlhčování vzduchu pomocí adiabatických zvlhčovačů

Druhou variantou řešení bude umístění adiabatických zvlhčovačů v krátkých zařízeních, v kterých budou umístěné nasávací axiální ventilátory. Tato zařízení budou umístěna v oblasti mezi mykacími stroji pod stropem. Tato zařízení budou sloužit jako dovlhčování přívodního vzduchu, který bude veden ze strojovny vzduchotechniky za pomoci klimatizačních jednotek. Klimatizační jednotky budou řešit stejné zóny haly jako ve variantě 1. Zařízení budou pracovat na střídavém dávkování vody, kdy je nutné zajistit přívod vody do zařízení. Je zapotřebí nastavit senzor pro dávkování vody na časový interval, kdy po dobu 5 minut zapne čerpadla pro přívod vody. Jakmile dojde k snížení relativní vlhkosti zvlhčovačů na 60%, čidlo ve zvlhčovači vyšle signál a dojde k opětovnému zapnutí čerpadel po dobu časového intervalu 5 minut. Je ovšem nutné zajistit odvod kondenzátu z těchto zařízení do kanalizačního potrubí.

2.2.3 Výhody a nevýhody jednotlivých variant

2.2.3.1 Varianta 1

Výhody

- Provozní - spolehlivost v provozu
- Lepší údržba v případě poruch
- Regulovatelnost klimatizačních jednotek z hlediska teploty a vlhkosti
- Zabránění vniku prachu za pomoci kapsových filtrů
- Pracování s velkými objemovými průtoky

Nevýhody

- Větší prostorové nároky na strojovnu
- Umístění strojovny u obvodových stěn popřípadě na střeche
- Velké rozvody potrubí
- Větší provozní a pořizovací náklady

2.2.3.2 Varianta 2

Výhody

- Menší prostorové nároky
- Umístění zařízení pod stropem
- Menší provozní a pořizovací náklady
- Dosažení vysoké vlhkosti při vzniku minimálního množství kondenzátu

Nevýhody

- Špatná údržba v případě poruch při umístění pod stropem
- Horší regulace
- Složitě napojení přívodu vody a odvodu kondenzátu
- Provoz jen při menších objemových průtocích vzduchu
- Špatná filtrace proti vniku prachu

2.3 Tepelná bilance budovy

Situace pro klimatizaci v textilním průmyslu je obtížnější, protože bývá vysoká produkce tepla. Tepelná zátěž venkovní a od lidí je značně menší, proto nebude uvažována. Běžná produkce tepla se dnes v těchto provozech pohybuje v rozmezí 50 až 200 W/m², při zvyšující se hustotě strojů a při zavádění automatizace a mechanizace dosahuje dnes již špičkově 300 W/m². Pro náš zadaný případ výrobní haly budeme uvažovat s produkcí tepla 75 W/m².

Celková tepelná zátěž:

$$Q_r = q_s \cdot S = 75 \cdot 3412 = 254520 \text{ W} = \mathbf{254,5 \text{ kW}}$$

- Q_r – celková tepelná zátěž [W]
- q_s – produkce tepla od strojů [W/m²]
- S – plocha místnosti [m²]

2.4 Dimenzování

2.4.1 Stanovení objemového průtoku vzduchu

O množství průtoku vzduchu rozhoduje potřeba pokrytí tepelné bilance. Pro stanovení potřebného objemového průtoku vzduchu pro výrobní halu jsme uvažovali s výměnou vzduchu, která má dle předpisů být $n=6$ až 10 1/h, vztáženou k objemu výrobní haly.

$$V_P = \frac{Q_r}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_{kl}} = \frac{254\,520}{1,2 \cdot 1010 \cdot 6} = 35 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{126000 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- V_P – přívodní průtok vzduchu [m³/h]
- Q_r – celková tepelná zátěž [W]
- ρ – hustota vzduchu [kg/m³]
- c – měrná tepelná kapacita [J/kg⁻¹K⁻¹]
- Δt_{kl} – rozdíl teplot [K]

2.4.1.1 Varianta 1

Celkový průtok vzduchu bude rovnoměrně rozdělen dle počtu zón ve výrobní hale:

$$\rightarrow 126000 / 5 = \mathbf{25200 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Výměna vzduchu:

Dle normy se doporučuje minimální výměna vzduchu pro výrobní haly 6 násobná za hodinu.

$$n = \frac{V_P}{V} = \frac{126000}{20424} = 6,2/\text{h}$$

- n – výměna vzduchu [1/h]

- V_p – přívodní průtok vzduchu [m^3/h]
- V – objem místnosti [m^3]

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ - HLAVNÍ VĚTEV

Číslo úseku	Průtok	Délka L [m]	Předběžný návrh			Rozměr a x b [mm]	Skutečné hodnoty		Ztráta třením R [Pa/m]	Ztráta místními odpory			Ztráta ve větví [Pa]
	V [m^3/h]		v' [m/s]	S [m^2]	d' [mm]		d [mm]	v [m/s]		$\Sigma \xi$ [-]	Z=0,5· ξ · ρ ·v ² [Pa]	Z+R·L [Pa]	
1	25200	12,5	4,5	1,556	1408	-	1400	18,00	0,131	1,8	225,6	227,2	227,2
2	25200	3,50	5,0	1,400	1335	1400x1400	1400	18,00	0,082	0,3	37,6	37,9	265,1

ODVODNÍ POTRUBÍ - HLAVNÍ VĚTEV

Číslo úseku	Průtok	Délka L [m]	Předběžný návrh			Rozměr a x b [mm]	Skutečné hodnoty		Ztráta třením R [Pa/m]	Ztráta místními odpory			Ztráta ve větví [Pa]
	V [m^3/h]		v' [m/s]	S [m^2]	d' [mm]		d [mm]	v [m/s]		$\Sigma \xi$ [-]	Z=0,5· ξ · ρ ·v ² [Pa]	Z+R·L [Pa]	
1	25200	8,00	4,5	1,556	1408	1400x1400	1400	18,00	0,082	1,2	233,3	233,9	233,9

ODVODNÍ POTRUBÍ - EXTERNÍ VĚTEV

Číslo úseku	Průtok	Délka L [m]	Předběžný návrh			Rozměr a x b [mm]	Skutečné hodnoty		Ztráta třením R [Pa/m]	Ztráta místními odpory			Ztráta ve větví [Pa]
	V [m^3/h]		v' [m/s]	S [m^2]	d' [mm]		d [mm]	v [m/s]		$\Sigma \xi$ [-]	Z=0,5· ξ · ρ ·v ² [Pa]	Z+R·L [Pa]	
1	10000	7,00	5,0	0,556	841	-	900	11,11	0,196	1,2	88,9	90,3	90,3

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ - EXTERNÍ VĚTEV

Číslo úseku	Průtok	Délka L [m]	Předběžný návrh			Rozměr a x b [mm]	Skutečné hodnoty		Ztráta třením R [Pa/m]	Ztráta místními odpory			Ztráta ve větví [Pa]
	V [m^3/h]		v' [m/s]	S [m^2]	d' [mm]		d [mm]	v [m/s]		$\Sigma \xi$ [-]	Z=0,5· ξ · ρ ·v ² [Pa]	Z+R·L [Pa]	
1	10000	8,60	4,5	0,617	887	900x900	900	11,11	0,123	1,2	88,9	89,9	89,9

Tab. 2.1 Dimenzování potrubí pro variantu 1

Pozn.: Odvodní potrubí do exteriéru je přímo vedeno z jednotky nad střechem výrobní haly.

2.4.1.2 Varianta 2

Celkový průtok vzduchu $126000 m^3/h$ bude snížen o průtok $26000 m^3/h$, který bude rozdělen do 16 zařízení sloužících k odvlhčování vzduchu přímo v hale. Každé zařízení bude pracovat s průtokem $1625 m^3/h$. Zbýlý celkový průtok bude rovnoměrně rozdělen dle počtu zón ve výrobní hale:

$$\rightarrow 100.000 / 5 = 20.000 m^3/h$$

Výměna vzduchu:

Dle normy se doporučuje minimální výměna vzduchu pro výrobní haly 6 násobná za hodinu.

$$n = \frac{V_p}{V} = \frac{126000}{20424} = 6,2/h$$

- n – výměna vzduchu [$1/h$]
- V_p – přívodní průtok vzduchu [m^3/h]
- V – objem místnosti [m^3]

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ - HLAVNÍ VĚTEV

Číslo úseku	Průtok	Délka L [m]	Předběžný návrh			Rozměr a x b [mm]	Skutečné hodnoty		Ztráta třením R [Pa/m]	Ztráta místními odpory			Ztráta ve větví [Pa]
	V [m ³ /h]		v' [m/s]	S [m ²]	d' [mm]		d [mm]	v [m/s]		Σξ [-]	Z=0,5-ξ·ρ·v ² [Pa]	Z+R·L [Pa]	
1	20000	12,5	4,5	1,235	1254	-	1250	16,00	0,107	1,8	276,5	277,8	277,8
2	20000	3,50	5,0	1,111	1190	1250x1250	1250	16,00	0,116	0,3	46,1	46,5	324,3

ODVODNÍ POTRUBÍ - HLAVNÍ VĚTEV

Číslo úseku	Průtok	Délka L [m]	Předběžný návrh			Rozměr a x b [mm]	Skutečné hodnoty		Ztráta třením R [Pa/m]	Ztráta místními odpory			Ztráta ve větví [Pa]
	V [m ³ /h]		v' [m/s]	S [m ²]	d' [mm]		d [mm]	v [m/s]		Σξ [-]	Z=0,5-ξ·ρ·v ² [Pa]	Z+R·L [Pa]	
1	20000	8,00	4,5	1,235	1254	1250x1250	1250	16,00	0,067	1,2	184,3	184,9	184,9

ODVODNÍ POTRUBÍ - EXTERNÍ VĚTEV

Číslo úseku	Průtok	Délka L [m]	Předběžný návrh			Rozměr a x b [mm]	Skutečné hodnoty		Ztráta třením R [Pa/m]	Ztráta místními odpory			Ztráta ve větví [Pa]
	V [m ³ /h]		v' [m/s]	S [m ²]	d' [mm]		d [mm]	v [m/s]		Σξ [-]	Z=0,5-ξ·ρ·v ² [Pa]	Z+R·L [Pa]	
1	8000	7,00	5,0	0,444	752	-	710	11,27	0,416	1,2	91,4	94,3	94,3

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ - EXTERNÍ VĚTEV

Číslo úseku	Průtok	Délka L [m]	Předběžný návrh			Rozměr a x b [mm]	Skutečné hodnoty		Ztráta třením R [Pa/m]	Ztráta místními odpory			Ztráta ve větví [Pa]
	V [m ³ /h]		v' [m/s]	S [m ²]	d' [mm]		d [mm]	v [m/s]		Σξ [-]	Z=0,5-ξ·ρ·v ² [Pa]	Z+R·L [Pa]	
1	8000	8,60	4,5	0,494	793	800x800	800	10,00	0,145	1,2	72,0	73,2	73,2

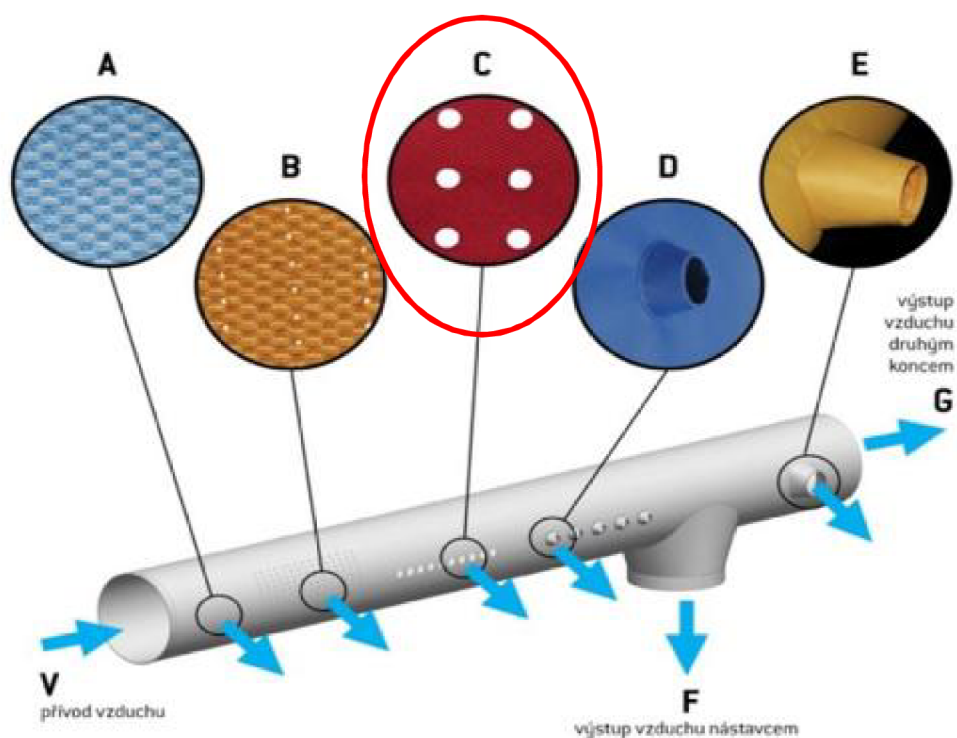
Tab. 2.2 Dimenzování potrubí pro variantu 2

Pozn.: Odvodní potrubí do exteriéru je přímo vedeno z jednotky nad střechu výrobní haly.

2.5 Distribuce vzduchu

2.5.1 Aplikace textilních vyústí

Pro každé průmyslové odvětví jsou tkaninové systémy jedním z možných řešení. Za nízké náklady poskytují rovnoměrnou (bezprůvanovou) distribuci nebo umožňují směřování podle přání koncového uživatele. Přináší možnost volby vhodného řešení do jakékoliv situace s ohledem na konstrukce stropů a jiné instalace v daném provozu. Pro znečištěné prostředí je nutné použití tkanin s většími otvory (perforace, nikoliv mikroperforace).



A - prodyšnou tkaninou

B - mikroperforací - otvory v tkanině o průměru 0,2 - 0,4 mm

C - perforací - otvory o průměrech nad 4 mm

D - malou tryskou

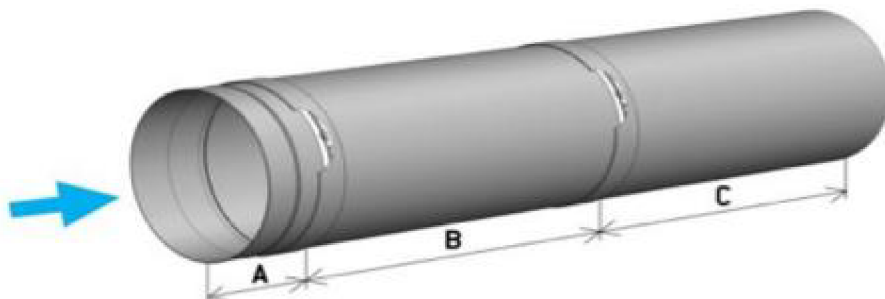
E - velkou tryskou

F - nástavcem - vzduch je odveden do jiné potrubní větve

G - druhým koncem - vzduch je veden do další výústky nebo potrubí

Obr. 2.2 Řešení otvorů v tkaninových výústích

Výrobce vyrábí tkaninové vyústky a potrubí všech rozměrů od 100 do 2000 mm, vždy dle konkrétního zadání. Určení délky tkaninových vyústek a potrubí závisí především na dispozici prostoru. Výrobce uvádí, že lze stejný průtok vzduchu dopravit do prostoru vyústkou dlouhou 1 až 200 m. Záleží jen na použitém materiálu, jeho úpravě a dopravním tlaku ventilátoru.



A - začátek - délka 100 - 200 mm

B - průběžný díl - délka 5000 - 10 000 mm, může se opakovat vícekrát za sebou

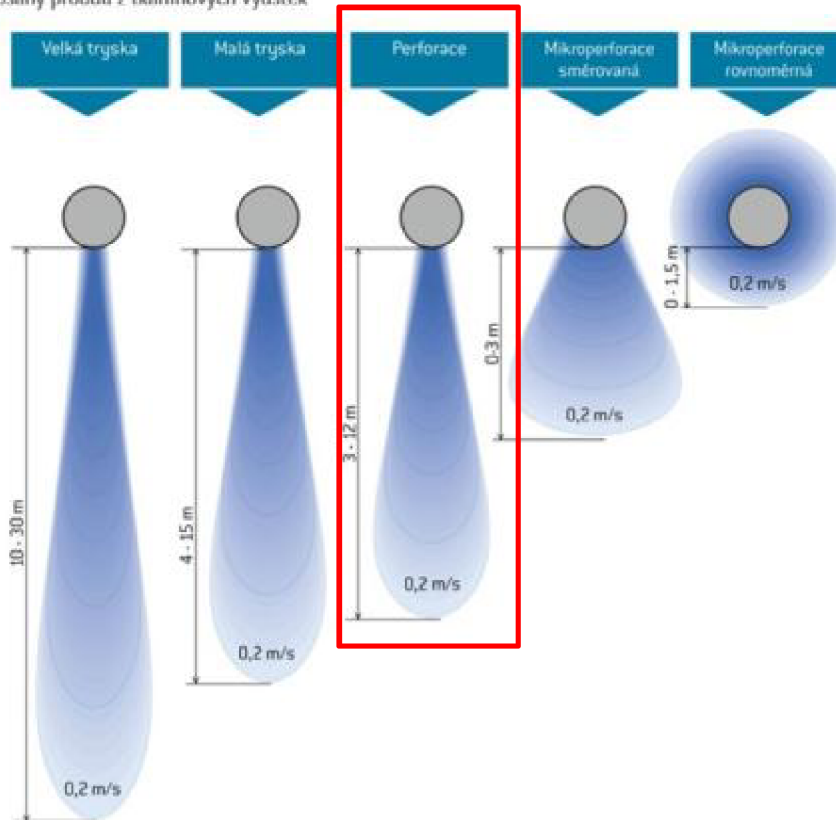
C - zaslepovací díl - délka od 1000 do 11000 mm

Obr. 2.3 Délka tkaninových vyústek

Ve správně navržené tkaninové vyústce bez tvarovek je všude téměř stejný statický tlak. Podle jeho průměrné hodnoty se spočítá perforace tkaniny. Z toho vyplývá, že vyústka je navržena na základě zadání externího tlaku ventilátoru, jemuž se přizpůsobí. Tvarovky a vyrovnávače turbulencí představují místní ztráty, které je třeba zohlednit. Ztráta třením bývá nízká vzhledem ke klesající rychlosti uvnitř vyústky. Minimální použitelný tlak je 50 Pa, u lehkých materiálů pak 20 Pa.

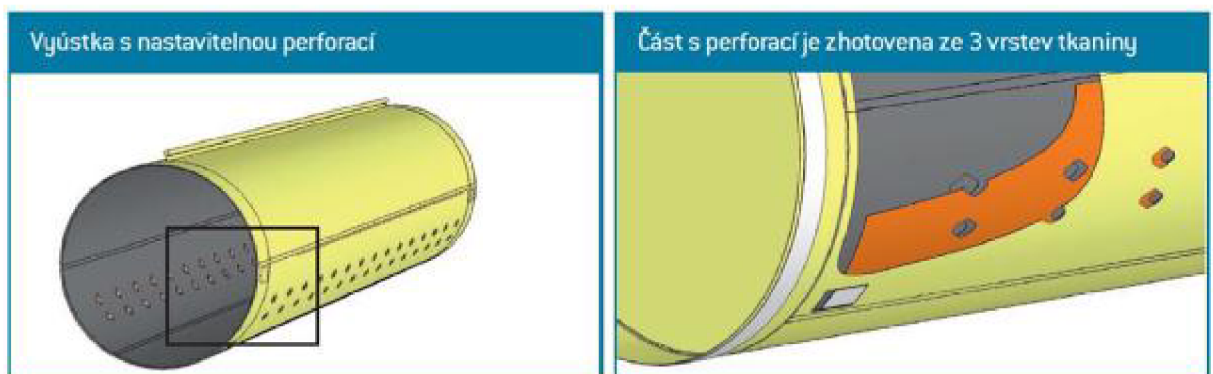
Vzduch je z tkaninové vyústky distribuován různě velkými a různě rozmístěnými otvory. Rozsah možností začíná distribucí vzduchu rozptylováním nízkou rychlostí a pokračuje až po cílený přívod na velkou vzdálenost. Malé otvory o průměru 0,2 - 0,4 mm, kterým říkáme mikroperforace, jsou určeny pro rozptylování vzduchu. Pro usměrněný přívod vzduchu používáme řady otvorů o průměru 4 mm a více, které nazýváme perforace. Při výpočtu rychlosti proudění v určité vzdálenosti je potřeba zohlednit kromě výstupní rychlosti proudu také vliv rozdílu teplot.

Dosahy proudů z tkaninových výustek



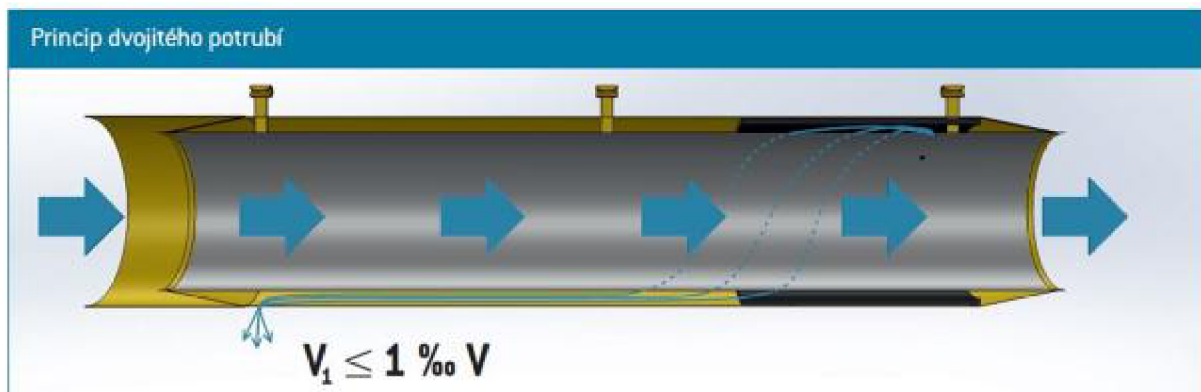
Obr. 2.4 Dosahy proudů z tkaninových výustek

Řešení výrobce umožňuje manuálně měnit průřez otvorů a tím i průtok vzduchu. Jak velikost otvorů, tak i jejich počet jsou variabilní při respektování technických podmínek pro správnou distribuci vzduchu. Nastavená poloha se zafixuje pomocí suchých zipů.



Obr. 2.5 Nastavení perforace v tkaninové výustce

K zamezení kondenzace většinou postačí použití dvojitého potrubí. Mezivrstva je udržována ve správné poloze zcela zanedbatelným průtokem vzduchu (cca 1 ‰ průtokem potrubím). Koeficient prostupu tepla dosahuje maximálně 3,5 W/m²/K.



Obr. 2.6 Princip dvojitého potrubí tkaninové výústky

2.5.2 Návrh textilní výústě

Jako koncové distribuční prvky byly navrženy pro přívod vzduchu textilní výústky. Pro odvod vzduchu byly použity velkoplošné mřížky.

Byly zvoleny tkaniny s většími otvory (perforace) s velikostí otvorů 4mm. Jednotlivé textilní výústě budou mít rozměry:

- Varianta 1 – Ø1400 o délce 33m, potom přechod na Ø 900 o délce 30m
- Varianta 2 – Ø1250 o délce 33m, potom přechod na Ø 800 o délce 30m

Jelikož byl zvolen způsob perforace, tak rychlost proudění bude 0,2m/s ve vzdálenosti 3-12m, pro náš případ se jedná o vzdálenost 6m. Vzhledem k tomu, že může dojít ke kondenzaci v potrubí, bude navrženo dvojité potrubí k zamezení vzniku kondenzace.

Pro distribuci vzduchu výrobní haly slouží rozvod kruhového SPIRO potrubí vyrobené z pozinkovaného ocelového plechu. Vzduchotechnická jednotka se nachází v 1.NP ve strojovně vzduchotechniky. Koncové distribuční elementy jsou připojeny ke SPIRO potrubí díky komponentů od výrobce distribučních elementů.

2.6 Návrh VZT jednotek

2.6.1 Návrh jednotky pro variantu 1

Návrh klimatizační jednotky byl proveden softwarově v programu AeroCAD. Jedná se o jednotku s označením AeroMaster XP28. Klimatizační jednotka je umístěna ve strojovně vzduchotechniky. Klimatizační jednotka je určena k udržování interního mikroklimatu v prostoru výrobní haly. Jednotka obsahuje základní prvky, ventilátory, filtry, ohříváče, chladiče a především rotační výměník pro zpětné získávání tepla. Jednotka je vybavena vlhčením vzduchu za pomoci pračky vzduchu. Kompletní výstup z programu k návrhu jednotek je v příloze. Zde jsou vypsány a popsány detaily k jednotlivým komponentům zařízení. Transport jednotky do strojovny se bude provádět po částech a musí být správně sestavena na místě.

Stanovení vstupních parametrů bylo provedeno podle klimatických podmínek a tlakových ztrát. Jedná se zejména o klimatické podmínky ve venkovním prostředí a také v prostředí vnitřním na základě druhu místnosti a způsobu provozu. Návrh ventilátorů byl proveden s ohledem na stanoveném množství vzduchu a externí tlakové ztrátě tvořené z tlakové ztráty posledního distribučního prvku, hlavní větve potrubí, větve potrubí na sání ventilátoru a jeho koncovém prvku.

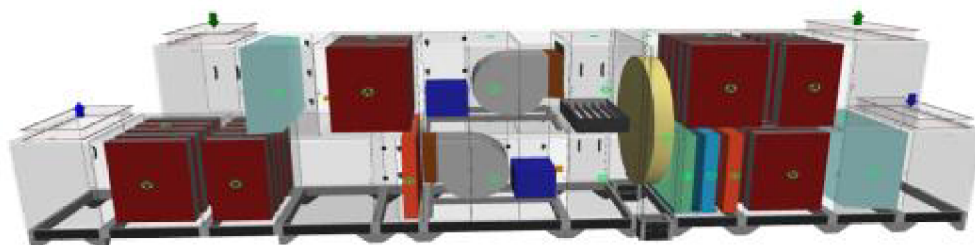
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	25200 m ³ /h	25200 m ³ /h
Externí tlaková rezerva	361 Pa	450 Pa
Rychlost v průřezu	3.65 m/s	3.65 m/s
Příkon ventilátorů	16.88 kW	14.75 kW
1. stupeň filtrace	M5	G4
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _i	2411 W.m ³ .s	
Celkový příkon jednotky	31.81 kW	
Napájecí napětí	3×400V+N+PE 50Hz	
Celkový proud I _{max}	66 A	
SFP _{AHU}	4519 W.m ³ .s	

Tab. 2.3 Vstupní a výstupní hodnoty zařízení pro variantu 1

Výpis jednotlivých komponentů vzduchotechnické jednotky

Pozice	Popis	Poznámka
01.35	Tlumicí vložka	
01.32	Sekce rohová	
01.22	Sekce filtru	Kapsový filtr s třídou filtrace M5
01.05	Sekce tlumiče hluku	
01.31	Sekce ohřivač, chladič, eliminátor	Topný výkon ohřivače: 83,1kW Výkon chladiče: 55,3kW
01.04	Rotační rekuperátor	Teplotní účinnost: 81% Celkový výkon: 189,6kW
01.07	Sekce směšování	Cirkulace vzduchu (zima/léto): 20% / 40%
01.27	Sekce ventilátoru	Výkon ventilátoru: 13,04kW Účinnost: 60%
01.08	Sekce ohřivače	Topný výkon ohřivače: 52,3kW
01.09	Sekce pračky vzduchu	
01.42	Sekce tlumiče hluku	
01.40	Sekce tlumiče hluku	
01.33	Sekce rohová	
01.37	Tlumicí vložka	
01.36	Tlumicí vložka	
01.34	Sekce rohová	
01.21	Sekce filtru	Kapsový filtr s třídou filtrace G4
01.19	Sekce tlumiče hluku	
01.26	Sekce ventilátoru	Výkon ventilátoru: 8,95kW Účinnost: 57%
01.17	Sekce směšování	
01.24	Sekce tlumiče hluku	
01.29	Sekce tlumiče hluku	
01.20	Sekce rohová	
01.23	Tlumicí vložka	

Tab. 2.4 Výpis komponentů jednotky pro variantu 1



Obr. 2.7 Klimatizační jednotka pro variantu 1

2.6.2 Návrh jednotky pro variantu 2

Návrh klimatizační jednotky byl proveden softwarově v programu AeroCAD. Jedná se o jednotku s označením AeroMaster XP22. Klimatizační jednotka je umístěna ve strojovně vzduchotechniky. Klimatizační jednotka je určena k udržování interního mikroklimatu v prostoru výrobní haly. Jednotka obsahuje základní prvky, ventilátory, filtry, ohříváče, chladiče a především rotační výměník pro zpětné získávání tepla. Jednotka je vybavena vlhčením vzduchu za pomoci pračky vzduchu. Kompletní výstup z programu k návrhu jednotek je v příloze. Zde jsou vypsány a popsány detaily k jednotlivým komponentům zařízení. Transport jednotky do strojovny se bude provádět po částech a musí být správně sestavena na místě.

Stanovení vstupních parametrů bylo provedeno podle příslušných platných legislativ. Jedná se zejména o klimatické podmínky ve venkovním prostředí a také v prostředí vnitřním na základě druhu místnosti a způsobu provozu. Návrh ventilátorů byl proveden s ohledem na stanoveném množství vzduchu a externí tlakové ztrátě tvořené z tlakové ztráty posledního distribučního prvku, hlavní větve potrubí, větve potrubí na externí straně a jeho koncového prvku.

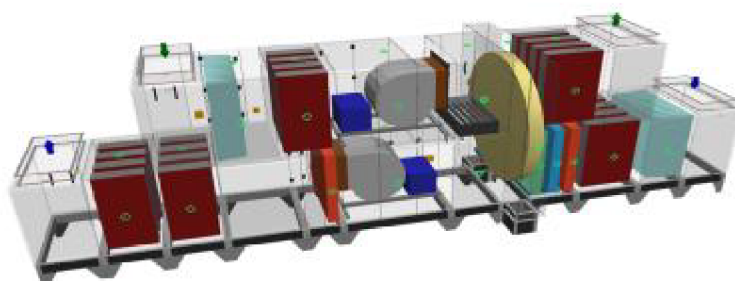
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	20000 m ³ /h	20000 m ³ /h
Externí tlaková rezerva	531 Pa	291 Pa
Rychlost v průřezu	3.59 m/s	3.59 m/s
Příkon ventilátorů	14.14 kW	9.30 kW
1. stupeň filtrace	M5	G3
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _i	2546 W.m ³ .s	
Celkový příkon jednotky	23.81 kW	
Napájecí napětí	3×400V+N+PE 50Hz	
Celkový proud I _{max}	60 A	
SFP _{AHU}	4220 W.m ³ .s	

Tab. 2.5 Vstupní a výstupní hodnoty zařízení pro variantu 2

Výpis jednotlivých komponentů vzduchotechnické jednotky

Pozice	Popis	Poznámka
01.32	Tlumící vložka	
01.31	Sekce rohová	
01.01	Sekce filtru	Kapsový filtr s třídou filtrace M5
01.02	Sekce tlumiče hluku	
01.03	Sekce ohřivač, chladič, eliminátor	Topný výkon ohřivače: 87,9kW Výkon chladiče: 51,8kW
01.04	Rotační rekuperátor	Teplotní účinnost: 82% Celkový výkon: 204kW
01.33	Sekce směšování	Cirkulace vzduchu (zima/léto): 20% / 40%
01.14	Sekce ventilátoru	Výkon ventilátoru: 9,48kW Účinnost: 67%
01.18	Sekce ohřivače	Topný výkon ohřivače: 47,4kW
01.19	Sekce pračky vzduchu	
01.34	Sekce tlumiče hluku	
01.21	Sekce tlumiče hluku	
01.29	Sekce rohová	
01.30	Tlumící vložka	
01.28	Tlumící vložka	
01.27	Sekce rohová	
01.17	Sekce filtru	Kapsový filtr s třídou filtrace G3
01.16	Sekce tlumiče hluku	
01.15	Sekce ventilátoru	Výkon ventilátoru: 7,32kW Účinnost: 62%
01.13	Sekce směšování	
01.05	Sekce tlumiče hluku	
01.06	Sekce rohová	
01.07	Tlumící vložka	

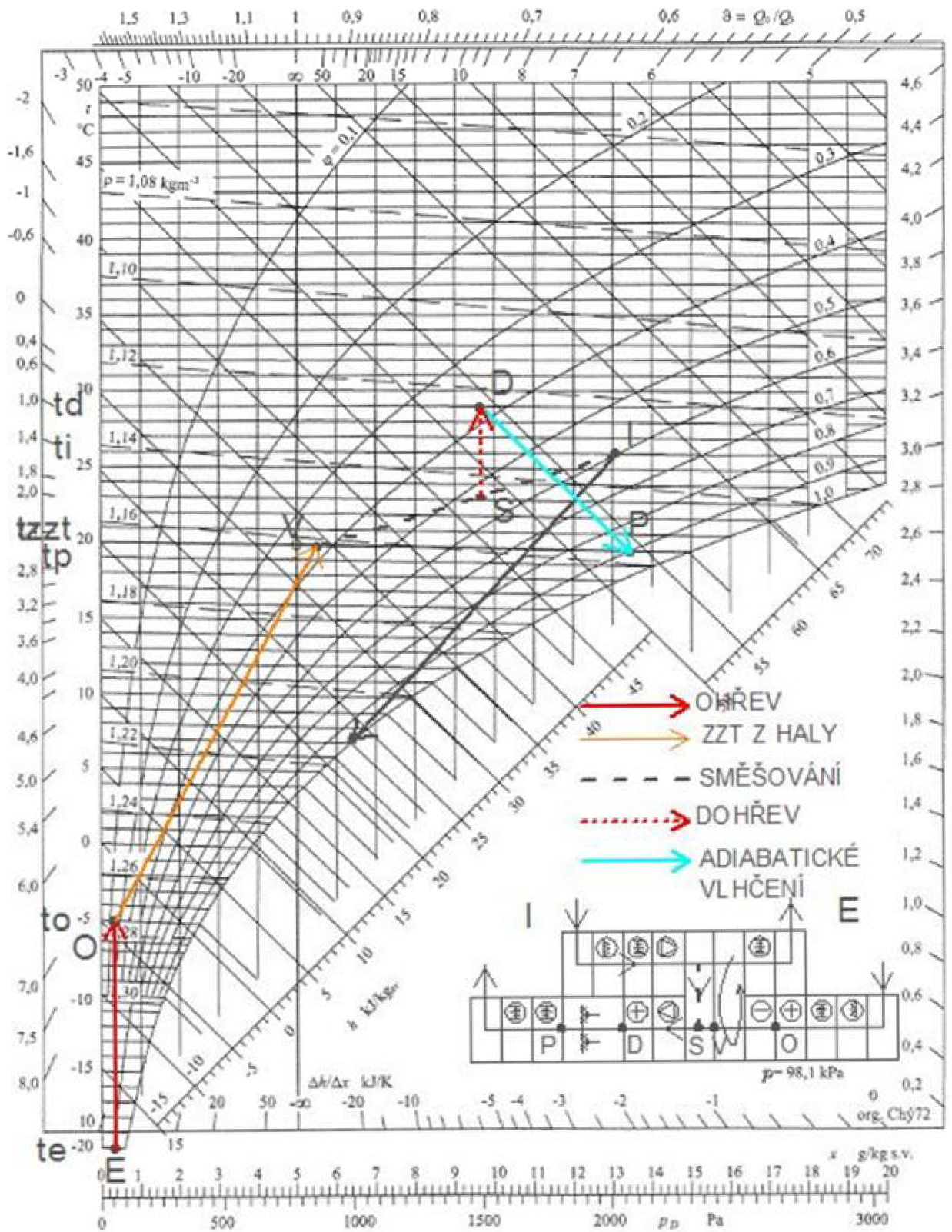
Tab. 2.6 Výpis komponentů jednotky pro variantu 2



Obr. 2.8 Klimatizační jednotka pro variantu 2

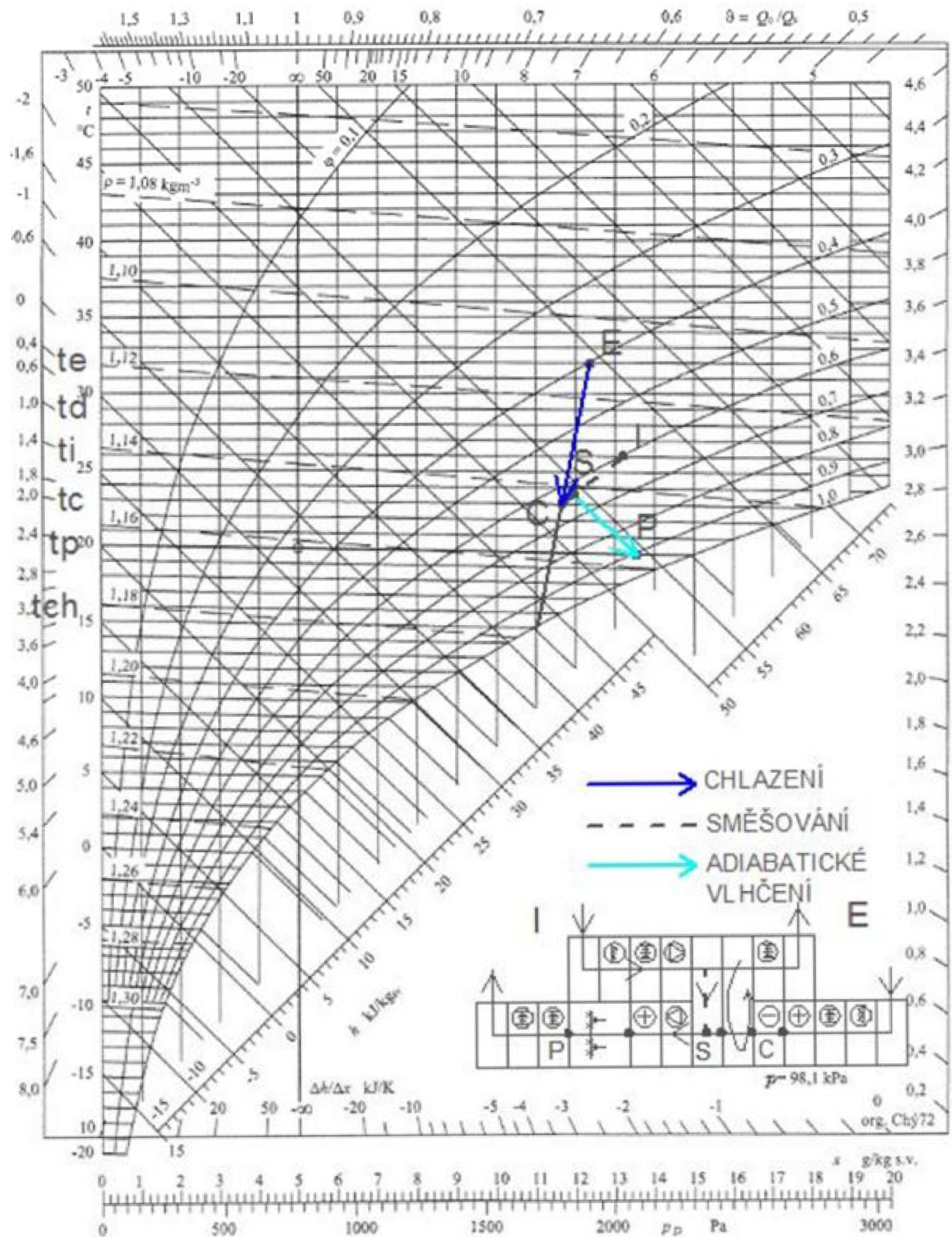
2.7 Úpravy vzduchu

2.7.1 Pro zimní období



Obr. 2.9 Úpravy vzduchu v zimě

2.7.2 Pro letní období



Obr. 2.10 Úpravy vzduchu v létě

2.8 Izolace potrubí

Návrh je proveden pomocí programu TERUNA. Volba izolací vyplívá z posouzení podmínek pro letní a zimní provoz. Izolace musí zabránit tepelné ztrátě a především vzniku kondenzace v potrubí ve vnitřním prostředí.

2.8.1 Izolace přívodního potrubí v interiéru – varianta 1

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Izolace přívodního potrubí - varianta 1

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

t_o [°C] = 26
 RH_o [%] = 60
 a [mm] = 0
 t_{p1} [°C] = 25.67
 $-t_{ro}$ [°C] = -17.63
 t_{p2} [°C] = 18.21
 t_{v1} [°C] = 16.34

t_{vst} [°C] = 18
 RH [%] = 90
 D [mm] = 1400
 t [mm] = 100

Hřtané potrubí Kruhové potrubí

Průtok vzduchu [m³/h]: 25200
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.04
 Potrubí je situováno v prostředí:
 Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
 S mírným pohybem vzduchu (místnost)
 Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: 16.51

riziko kondenzace

Obr. 2.11 Izolace přívodního potrubí pro variantu 1

Z posouzení vyplívá návrh tloušťky izolace. Potrubí bude opatřeno izolací ISOVER Orstech 45-H tloušťky 100 mm. Izolace bude opatřena povrchovou úpravou hliníkovou fólií.

2.8.2 Izolace přívodního potrubí v interiéru – varianta 2

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Izolace přívodního potrubí - varianta 2

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_a [^{\circ}\text{C}] = 26$
 $RH_a [\%] = 60$
 $a [\text{mm}] = 0$
 $t_{\text{vst}} [^{\circ}\text{C}] = 18$
 $RH_{\text{vst}} [\%] = 90$
 $D[\text{mm}] = 1250$
 $D_{\text{ délka}} [\text{mm}] = 1000$
 $t_{\text{vst}} [^{\circ}\text{C}] = 18$
 $RH_{\text{vst}} [\%] = 90$

Hranaté potrubí
 Kruhové potrubí

$t_{\text{po}} [^{\circ}\text{C}] = 25.08$
 $t_{\text{ro}} [^{\circ}\text{C}] = 17.63$
 $t_{\text{pv}} [^{\circ}\text{C}] = 18.19$
 $t_{\text{v}} [^{\circ}\text{C}] = 16.34$
riziko kondenzace

$b [\text{mm}] = 0$
 $t [\text{mm}] = 100$

Průtok vzduchu [m³/h]: 20000
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.04
 Potrubí je situováno v prostředí:
 Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
 S mírným pohybem vzduchu (místnost)
 Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: 13.81

Obr. 2.12 Izolace přívodního potrubí pro variantu 2

Z posouzení vyplívá návrh tloušťky izolace. Potrubí bude opatřeno izolací ISOVER Orstech 45-H tloušťky 100 mm. Izolace bude opatřena povrchovou úpravou hliníkovou fólií.

2.9 Útlum hluku

Pro daný objekt byl proveden posudek na externí straně, protože ve vnitřním prostředí se nacházejí mykací stroje, které sami o sobě vyvolávají značný hluk. Proto posudek útlumu hluku na přívodní straně nebyl proveden. Návrh se provádí a posuzuje v souladu s platnou legislativou. Návrh je proveden pomocí internetového programu a ručně pomocí programu Microsoft Office Excel pro kruhové a čtyřhranné potrubí. Při výpočtech se nebere v potaz přirozený útlum v potrubí. Tlumiče hluku jsou osazeny přímo ve vzduchotechnické jednotce.

2.9.1 Varianta 1

DETAILNÍ HLUKOVÉ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

Oktávové pásmo	L _{wAokt*} [dB]								L _{wA**} [dB(A)]
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	60.2	67.6	67.2	61.9	46.5	46.3	50.9	46.4	71.4
Přívod - výtlač	64.6	71.3	67.8	51.6	35.7	43.7	54.4	56.9	73.7
Přívod - okolí	60.2	62.5	67.1	68.9	61.8	59.1	56.6	45.2	72.7
Odvod - sání	64.4	71.9	74.1	68.0	55.1	57.3	62.5	60.1	77.4
Odvod - výtlač	63.1	69.2	64.8	47.1	32.3	39.1	50.9	52.8	71.4
Odvod - okolí	61.4	62.8	68.0	68.0	61.4	59.1	56.2	44.9	72.7

Tab. 2.7 Hlukové parametry zařízení varianty 1

2.9.1.1 Výpočet útlumu hluku na straně exteriéru přívod

ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									PŘÍVOD VZDUCHU - ZAŘÍZENÍ 1
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet
Hluk ventilátoru										
Hladina akustického výkonu zdroje 1	60,2	67,6	67,2	61,9	46,5	46,3	50,9	46,4	71,4	podklady výrobce
Přirozený útlum										
Rovné potrubí (8,6 m) - 900x900	2,6	2,6	1,3	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5		tab. 1
Oblouky (2x)	0,0	0,0	2,0	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0		tab. 1
Útlum koncovým odrazem	19,5	14,1	8,9	4,5	1,7	0,5	0,2	0,0		
Hladina akustického výkonu ve výústce	38,1	50,9	55,1	52,5	38,2	39,2	44,2	39,8	58,3	
Hladina akustického výkonu výústky									0	údaj výrobce z účely nucené větrání, distribuce vzduchu
Korekce na počet výústek							počet výústek: 1		0	Zohlední se vliv dalších (stejně hlukových) výústek v místnosti (na stejném potrubí - přívod nebo odvod)
Hladina akustického výkonu všech výústek									58	Hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti - vliv více zdrojů a vlastního hluku výústky
směrový činitel									2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění výústky v prostoru
vzdálenost od výústky k posluchači									2	nejmenší vzdálenost mezi výústkou a osobami v místnosti
pohltivá plocha místnosti				0	pohltivost (-)		0		0	poměrná pohltivost povrchů místnosti (tab.)
Hladina akustického tlaku v místě posluchače									44	Hodnota, která se používá s hygienickými předpisy
Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti									50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi
								Lp,A > Lp	PRAVDA	VYHOVUJE

Tab. 2.8 Útlum hluku na straně exteriéru přívod

2.9.1.2 Výpočet útlumu hluku na straně exteriéru odvod

ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									ODVOD VZDUCHU - ZAŘÍZENÍ 1
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet
Hluk ventilátoru										
Hladina akustického výkonu zdroje 1	63,1	69,2	64,8	47,1	32,3	39,1	50,9	52,8	71,4	podklady výrobce
Přirozený útlum										
Rovné potrubí (7 m) - Ø 900	2,1	2,1	1,1	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4		tab. 1
Útlum koncovým odrazem	15,1	9,9	5,3	2,2	0,7	0,2	0,1	0,0		
Hladina akustického výkonu ve výústce	45,9	57,2	58,5	44,2	31,2	38,5	50,4	52,4	62,0	
Hladina akustického výkonu výústky									0	údaj výrobce z účely nucené větrání, distribuce vzduchu
Korekce na počet výústek							počet výústek: 1		0	Zohlední se vliv dalších (stejně hlukových) výústek v místnosti (na stejném potrubí - přívod nebo odvod)
Hladina akustického výkonu všech výústek									62	Hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti - vliv více zdrojů a vlastního hluku výústky
směrový činitel									2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění výústky v prostoru
vzdálenost od výústky k posluchači									2	nejmenší vzdálenost mezi výústkou a osobami v místnosti
pohltivá plocha místnosti				0	pohltivost (-)		0		0	poměrná pohltivost povrchů místnosti (tab.)
Hladina akustického tlaku v místě posluchače									48	Hodnota, která se používá s hygienickými předpisy
Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti									50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi
								Lp,A > Lp	PRAVDA	VYHOVUJE

Tab. 2.9 Útlum hluku na straně exteriéru odvod

Součtová hladina hluku do exteriéru:

- Přívodní potrubí: $L_1 = 44$ dB
- Odvodní potrubí: $L_2 = 48$ dB

$$L = 10 \cdot \log(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2}) = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 44} + 10^{0,1 \cdot 48}) = 49,4 \text{ dB}$$

Legislativou je stanovena max. hladina hluku:

Přes den (6-22h): 50 dB

Posouzení:

Přes den (6-22h): $L = 49,4$ dB < 50 dB - Vyhoví

Pozn.: Tlumiče hluku jsou osazeny přímo ve vzduchotechnické jednotce.

2.9.2 Varianta 2

DETAILNÍ HLUKOVÉ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

Oktávové pásmo	LwA _{okt} * [dB]									LwA** [dB(A)]
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz		
Prívod - sání	55.3	64.3	65.4	59.2	43.1	42.9	47.0	43.4		68.7
Prívod - výtlačk	60.7	69.1	67.6	52.3	40.0	46.4	53.2	53.7		72.0
Prívod - okolí	55.3	59.2	65.3	65.2	58.4	55.7	52.7	42.2		69.6
Odvod - sání	59.1	69.5	76.0	66.7	56.9	60.6	62.3	58.3		77.7
Odvod - výtlačk	58.9	67.8	72.5	63.5	54.1	56.3	59.8	56.2		74.6
Odvod - okolí	55.1	57.4	66.9	61.7	56.2	54.4	50.0	39.1		69.1

Tab. 2.10 Hlukové parametry zařízení varianty 2

2.9.2.1 Výpočet útlumu hluku na straně exteriéru

ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									PŘÍVOD VZDUCHU - ZAŘÍZENÍ 1
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	seučtová hladina	
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Hluk ventilátoru										
Hladina akustického výkonu zdroje 1	55,3	64,3	65,4	59,2	43,1	42,9	47,0	43,4	68,7	podklady výrobce
Přirozený útlum										
Rovné potrubí (8,6 m) - 800x800	2,6	2,6	1,3	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5		tab. 1
Oblouky (2x)	0,0	0,0	2,0	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0		tab. 1
Útlum koncovým odrazem	19,5	14,1	8,9	4,5	1,7	0,5	0,2	0,0		
Hladina akustického výkonu ve výústce	33,2	47,6	53,3	49,8	34,8	35,8	40,3	36,8	55,9	
Hladina akustického výkonu výústky									0	údaj výrobce z úlohy ručně větrání, distribuce vzduchu
Korekce na počet výústek							počet výústek: 1		0	Zohlední se vliv dalších (stejně hlukových) výústek v místnosti (na stejném potrubí - přívod nebo odvod)
Hladina akustického výkonu všech výústek									56	Hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti - vliv více zdrojů a vlastního hluku výústky
směrový činitel									2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění výústky v prostoru
vzdálenost od výústky k posluchači									2	najmenší vzdálenost mezi výústkou a osobami v místnosti
pohltivá plocha místnosti				0	pohltivost (-)		0	0	0	poměrná pohltivost povrchů místnosti (tab.)
Hladina akustického tlaku v místě posluchače									42	hodnota, která se používá o hygienických předpisy
Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti									50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi
									Lp,A > Lp	PRAVDA
										VYHOVUJE

Tab. 2.11 Útlum hluku na straně exteriéru přívod

ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									ODVOD VZDUCHU - ZAŘÍZENÍ 1
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	seučtová hladina	
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Hluk ventilátoru										
Hladina akustického výkonu zdroje 1	58,9	67,8	72,5	63,5	54,1	56,3	59,8	56,2	74,6	podklady výrobce
Přirozený útlum										
Rovné potrubí (7 m) - Ø 710	4,2	4,2	2,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1		tab. 1
Útlum koncovým odrazem	25,2	19,6	14,1	8,9	4,5	1,7	0,5	0,2		
Hladina akustického výkonu ve výústce	29,5	44,0	56,3	53,6	48,6	53,5	58,2	55,0	62,9	
Hladina akustického výkonu výústky									0	údaj výrobce z úlohy ručně větrání, distribuce vzduchu
Korekce na počet výústek							počet výústek: 1		0	Zohlední se vliv dalších (stejně hlukových) výústek v místnosti (na stejném potrubí - přívod nebo odvod)
Hladina akustického výkonu všech výústek									63	Hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti - vliv více zdrojů a vlastního hluku výústky
směrový činitel									2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění výústky v prostoru
vzdálenost od výústky k posluchači									2	najmenší vzdálenost mezi výústkou a osobami v místnosti
pohltivá plocha místnosti				0	pohltivost (-)		0	0	0	poměrná pohltivost povrchů místnosti (tab.)
Hladina akustického tlaku v místě posluchače									49	hodnota, která se používá o hygienických předpisy
Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti									50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi
									Lp,A > Lp	PRAVDA
										VYHOVUJE

Tab. 2.12 Útlum hluku na straně exteriéru odvod

Součtová hladina hluku do exteriéru:

- Přívodní potrubí: $L_1 = 42$ dB
- Odvodní potrubí: $L_2 = 49$ dB

$$L = 10 \cdot \log(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2}) = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 42} + 10^{0,1 \cdot 49}) = 49,7 \text{ dB}$$

Legislativou je stanovena max. hladina hluku:

Přes den (6-22h): 50 dB

Posouzení:

Přes den (6-22h): $L = 49,7$ dB < 50 dB - Vyhoví

Pozn.: Tlumiče hluku jsou osazeny přímo ve vzduchotechnické jednotce

2. C - PROJEKTOVÁ ČÁST

Technická zpráva a projektová dokumentace

2.1 Úvod technické zprávy

Předmětem této PD pro stupeň projektu realizace stavby je návrh dvou variant pro objekt výrobní haly na bavlnu. Hala se nachází v Humpolci. Jednotlivé varianty řeší pokrytí tepelných zisků v hale, které vznikají od mykacích strojů na bavlnu. Pro obě varianty bylo navrženo klimatizačních zařízení.

2.1.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování byly výkresy půdorysů stavební části výrobní haly a přilehlého hygienického zázemí. Součástí podkladů jsou příslušné zákony a prováděcí vyhlášky, České technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických zařízení zejména:

- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky
- hluku a vibrací
- Vyhláška č. 6/2003 Sb. kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních
- a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých
- staveb
- ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN 12 7010 – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení
- ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb
- ČSN 73 0872 – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- Návrhový software AeroCad
- Návrhový software Teruna 1.5
- Podklady firem:
 - OXYCOM
 - Elektrodesign
 - Remak
 - Příhoda

2.1.1.1 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Místo: Humpolec

Nadmořská výška: 527 m n. m.

Výpočtová teplota vzduchu: léto + 29°C

zima -20°C

2.1.2 Základní koncepční řešení

Na základě požadavků investora je uvažováno v zimním a letním období s nuceným větráním a vlhčením. Větrání s vlhčením bude zabezpečovat nucenou výměnu vzduchu v souladu s příslušnými hygienickými, bezpečnostními, protipožárními předpisy a normami platnými na území České republiky. Hodnoty údajů uvažovaných ve výpočtech a také výpočtové metody jsou převzaty zejména z výše uvedených obecně závazných předpisů a norem.

Klimatizaci výrobní haly bude zajišťovat systém vzduchové klimatizace umístěný ve strojovně vzduchotechniky. Jednotlivá zařízení budou navržena na pokrytí odvedení tepelných zisků vznikajících z mykacích strojů. Rozvod bude realizován soustavou lokálního potrubního systému vedeného pod stropem s textilními výustěmi a mřížkami jako koncovými distribučními prvky pro přívod i odvod vzduchu. Provoz VZT zařízení bude řízen samostatným systémem MaR. Chlazení a vlhčení je řešeno jako vodní adiabatické chlazení. Základní principy projektového návrhu se řídí následujícími podmínkami:

- Výfuk znehodnoceného vzduchu bude veden mimo sání čerstvého vzduchu výfukovou hlavicí vedenou nad střechu
- Nejvyšší přípustná maximální hladina vnějšího hluku $L_{Amax} = 50 \text{ dB}(A)$

2.1.3 Hygienické větrání a klimatizace

- přívod vzduchu je brán na pokrytí tepelných zisků
- je navrženo rovnotlaké větrání
- třída a počet stupňů filtrace přiváděného vzduchu jeden stupeň filtrace
- na přívodu M5 a odvodu stupně G4

2.1.4 Technologické větrání a chlazení

V objektu se nevyskytují tyto prostory.

2.1.5 Energetické zdroje

Elektrická energie

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů KLM zařízení včetně elektromotorů dovlhčovacích zařízení - 50 Hz, 230V.

Tepelná energie

Pro ohřev vzduchu v tepelných výměnících klimatizačních jednotek a ohřivačů bude sloužit topná voda s rozsahem pracovních teplot $t_{w1} / t_{w2} = 70/50^{\circ}\text{C}$. Výrobu topné vody zajistí profese ÚT. Pro chlazení vzduchu v jednotce bude použito systému vodního chlazení o teplotním spádu 12/18 °C.

2.2 Popis technického řešení

2.2.1 Koncepce klimatizačních zařízení

Návrh řešení zadané místnosti vychází ze současných stavebních dispozic a požadavků kladených na interní mikroklima místnosti. Všechny navržené systémy VZT jsou rovnotlaké. Klimatizační systémy jsou navrženy tak, aby výměna vzduchu vyhovovala hygienickým, funkčním a technologickým požadavkům.

Klimatizační jednotky ve vnitřním provedení budou vybaveny vstupními a výstupními filtry, rotačním výměníkem pro zpětné získávání tepla, ventilátory, ohřivačem, vodním chladičem a eliminátorem kapek a tlumiči hluku.

Doprava vzduchu bude realizována ocelovým potrubím obdélníkového a kruhového průřezu, izolace bude umístěna na sacím porubí a v hale také na přívodním potrubí.

Distribuční prvky ve výrobní hale jsou jako přívodní vyústky použity textilní vyústky, jako odvodní jsou použity mřížky do kruhového potrubí.

Pro umístění klimatizačních jednotek je vyhrazena místnost strojovna vzduchotechniky.

Pro řešení odvodu tepelných zisků byly navrženy dvě varianty:

2.2.1.1 Varianta 1 – vlhčení vzduchu za pomoci praček vzduchu ve vzduchotechnických jednotkách

Vzhledem k velkým tepelným ziskům bylo navrženo 5 klimatizačních jednotek, které dohromady pokryjí tepelné zisky. Každý systém pracuje stejně a je navržen jako rovnotlaký. Zařízení bude po celý rok pokrývat tepelné zisky vznikající od mykacích strojů. Zařízení bude upravovat vlhkost přiváděného vzduchu. Jednotky budou umístěny ve strojovně vzduchotechniky. Mezi ocelovým rámem a roštovou konstrukcí budou protivibrační podložky, k zamezení šíření vibrací od jednotky. Sání čerstvého vzduchu bude sacího potrubí zavěšeným pod stropem strojovny a bude opatřeno protidešťovou žaluzií umístěnou na fasádě objektu. Objemový průtok přiváděného vzduchu každé jednotky je $25200 \text{ m}^3/\text{h}$. Výfuk znehodnoceného vzduchu pak bude odveden pomocí potrubí mimo dosah sání čerstvého vzduchu a opatřen výfukovou

hlavicí. Objem odváděného vzduchu je $25200 \text{ m}^3/\text{h}$. Celkový objemový průtok přívodního a odvodního vzduchu všech zařízení je $126000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Jednotka má skladbu: vzduchové filtry, rotační výměník pro ZZT, vodní ohřívač, vodní chladič, eliminátorem kapek, pračku vzduchu, směšování, uzavírací klapka pro ovládání směšování, ventilátory, tlumiče hluku.

Přívod filtrovaného a tepelně upraveného vzduchu do místnosti bude zajištěn kruhovým SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu. Jako distribuční elementy jsou použity textilní výustě pro přívod vzduchu. Odvod znehodnoceného vzduchu z místnosti bude zajištěn taktéž kruhovým SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu. Jako koncové prvky pro odvod vzduchu jsou použity mřížky do kruhového potrubí. Zařízení bude pracovat se smíšeným vzduchem, hodnota čerstvého přívodního vzduchu odpovídá hygienickým limitům.

Tepelná izolace potrubí bude v místnosti provedena na přívodním potrubí v tloušťce 100mm a ve strojovně budou izolována obě potrubí (sání i odvod) izolací tloušťky 100mm. Tato úprava zabrání kondenzaci vodních par na povrchu potrubí a zároveň omezí ztráty tepla (chlady).

Ovládání a regulaci zajistí profese MaR.

2.2.1.2 Varianta 2 – dovlhčování vzduchu pomocí adiabatických zvlhčovačů

Vzhledem k velkým tepelným ziskům bylo navrženo 5 klimatizačních jednotek, které dohromady pokryjí tepelné zisky. Každý systém pracuje stejně a je navržen jako rovnotlaký. Zařízení bude po celý rok pokrývat tepelné zisky vznikající od mykacích strojů. Zařízení bude upravovat vlhkost přiváděného vzduchu. Jednotky budou umístěny ve strojovně vzduchotechniky. Mezi ocelovým rámem a roštovou konstrukcí budou protivibrační podložky, k zamezení šíření vibrací od jednotky. Sání čerstvého vzduchu bude sacího potrubí zavěšeným pod stropem strojovny a bude opatřeno protidešťovou žaluzií umístěnou na fasádě objektu. Objemový průtok přiváděného vzduchu každé jednotky je $20000 \text{ m}^3/\text{h}$. Výfuk znehodnoceného vzduchu pak bude odveden pomocí potrubí mimo dosah sání čerstvého vzduchu a opatřen výfukovou hlavicí. Objem odváděného vzduchu je $20000 \text{ m}^3/\text{h}$. Celkový objemový průtok přívodního a odvodního vzduchu všech zařízení je $100000 \text{ m}^3/\text{h}$.

V hale bude pod stropem umístěno 16 dovlhčovacích zařízení, které každé z nich bude pracovat s objemovým průtokem $1625 \text{ m}^3/\text{h}$.

Jednotka má skladbu: vzduchové filtry, rotační výměník pro ZZT, vodní ohřívač, vodní chladič, eliminátorem kapek, pračku vzduchu, směšování, uzavírací klapka pro ovládání směšování, ventilátory, tlumiče hluku.

Dovlhčovací zařízení má skladbu: adiabatický zvlhčovač, ventilátor.

Přívod filtrovaného a tepelně upraveného vzduchu do místnosti bude zajištěn kruhovým SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu. Jako distribuční elementy jsou použity textilní

výustě pro přívod vzduchu. Odvod znehodnoceného vzduchu z místnosti bude zajištěn takéž kruhovým SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu. Jako koncové prvky pro odvod vzduchu jsou použity mřížky do kruhového potrubí. Zařízení bude pracovat se smíšeným vzduchem, hodnota čerstvého přívodního vzduchu odpovídá hygienickým limitům.

Tepelná izolace potrubí bude v místnosti provedena na přívodním potrubí v tloušťce 50mm a ve strojovně budou izolována obě potrubí (saní i odvod) izolací tloušťky 50mm. Tato úprava zabrání kondenzaci vodních par na povrchu potrubí a zároveň omezí ztráty tepla (chladu).

Ovládání a regulaci zajistí profese MaR.

2.3 Měření a regulace

Navržené systémy VZT budou řízeny a regulovány samostatným systémem měření a regulace – profese MaR:

- ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- regulace teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohříváče v zimním
- období – vlečná regulace (směšování)
- regulace teploty vzduchu řízením výkonu vodního chladiče v letním a zimním období
- umístění teplotních a vlhkostních čidel podle požadavku
- protimrazová ochrana teplovodního výměníku – měření na straně vzduchu i vody. Při poklesnutí teploty: 1) vypnutí ventilátoru, 2) uzavření klapek, 3) otevření třicestného ventilu, 4) spuštění čerpadla
- signalizace bezporuchového chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku
- plynulá regulace výkonu ventilátorů frekvenčními měniči na přívodu i odvodu
- vzhledem k zanášení filtrů a možnosti nastavení vzduchového výkonu zařízení podle potřeby provozu a časového rozvrhu
- snímání a signalizace zanesení filtrů (tlakové ztráty)
- poruchová signalizace
- signalizace požárních klapek (Z/O)
- vypnutí zařízení, když je budova mimo provoz

2.4 Nároky na související profese

2.4.1 Stavební úpravy

- zřízení strojovny v 1.NP budou zajištěny povrchové úpravy podlahy pro bezpečný provoz a odvodněná podlaha spádovaná do středu místnosti pro odvod kondenzátu do kanalizační vpusti
- otvory pro prostupy vzduchovodů včetně zapravení, odklizení sutě uvnitř budovy a uvedení do konečného stavu (dozdění, omítka, malba)
- obložení a dotěsnění prostupů VZT izolačními hmotami v rámci zapravení
- dotěsnění a oplechování prostupů vzduchotechniky
- zřízení revizních otvorů v místech regulačních, požárních klapek
- výpomocné stavební práce

2.4.2 Silnoproud

- připojení (spínání) všech elektrických spotřebičů a zařízení na elektrickou energii dle potřeby těchto zařízení (VZT jednotky a MaR)

2.4.3 Vytápění

- připojení ohřivačů centrální KLM jednotky na topnou vodu (včetně regulačního uzlu) a příprava otopné vody pro výměníky ohřivačů s teplotním spádem 70/50°C

2.4.4 Chlazení

- příprava vody pro vodní chladič s teplotním spádem 12/18°C

2.4.5 Zdravotní technika

- odvod kondenzátu z jednotky přes sifonový zápachový uzávěr na odpadní vedení
- umístění podlahových vpustí v místnosti strojovny VZT

2.4.6 Měření a regulace

- zajištění chodu, regulace a řízení vzduchotechnického zařízení jako celku dle aktuálních požadavků v obsluhovaných místnostech

2.5 Protihluková a protiotřesová opatření

Všechny jednotky budou opatřeny tlumiči hluku. Tlumiče zabrání nežádoucímu šíření hluku od ventilátorů do vzduchovodů pod maximální přípustnou hranici především ve venkovním prostředí. Vzhledem k hlučnému provozu mykacích strojů v místnosti není nutné umístit tlumiče na stranu interiéru v jednotkách.

Veškeré točivé stroje (jednotky, ventilátory) budou pružně uloženy protivibračními podložkami kvůli zamezení přenosu vibrací do stavebních konstrukcí a jejich dalšímu šíření. Rám jednotky bude stát na gumových podložkách.

Veškeré vzduchovody budou napojeny na ventilátory přes tlumicí vložky, které dodá dodavatel VZT jednotek.

2.6 Izolace a nátěry

Jsou navrženy tvrzené izolace hlukové a tepelné izolace.

- Tepelnou izolací tloušťky 60mm bude opatřeno přírodní potrubí chlazeného vzduchu do haly. Tepelnou izolací tloušťky 60mm budou opatřena všechna potrubí sloužící pro výfuk (výtlačné potrubí) a sání (sací potrubí) vzduchu z exteriéru.
- Tepelná izolace je navržena tak, aby byla vyloučena povrchová kondenzace na povrchu všech potrubních rozvodů.
- Potrubí bude uchyceno na ocelových závěsech ukotvených do nosné konstrukce stropu, vzdálenost mezi jednotlivými závěsy nepřesáhne 2 m.
- Podle potřeby budou navrženy izolace protipožární s požadovanou odolností 60 min.
- Na nátěry v tomto případě nejsou kladeny žádné nároky.

2.7 Protipožární opatření

V zásadě budou do vzduchovodů procházejících stavební konstrukcí ohraničující určitý požární úsek vřazeny protipožární klapky s teplotním spouštěním a přímým napojením na EPS s magnetickým spouštěním. K požárním klapkám bude zajištěn servisní přístup z důvodu údržby.

2.8 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

- VZT zařízení musí být pravidelně kontrolována, čištěna, podmínky určí dodavatel VZT
- Provozní řád údržby bude umístěn ve strojvnách VZT
- Montáž textilních vyústí bude provedena výrobcem vyústí

2.9 Závěr technické zprávy

Navržená zařízení splňují nároky kladené na provoz budovy daného typu a charakteru. Zabezpečují celoročně v dané místnosti optimální pohodu prostředí při zabezpečení maximální hospodárnosti provozu těchto zařízení a splňují požadavky předpisů, platných norem na území ČR. Před zahájením provozu bude celé zařízení odzkoušeno, seřízeno a bude proškolená obsluha zařízení.

2. D - EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Měření na adiabatickém zvlhčovači

2.10 Měřicí dráha

Měřicí dráha byla sestavena v laboratoři č.E520 na fakultě stavební v Brně. Dráha se skládá ze čtyřhranného potrubí, které je spojeno přírubami a spojkami. Oba dva díly potrubí mají rozměr 610/580 mm. Uprostřed se nachází zúžený díl. Před zúžením se dal vložený plech o výšce 50 mm, který nám vytvořil vanu pro kondenzát. Do této vany byly vyvrtány otvory a nainstalovány nátrubky sloužící pro odvod kondenzátu. Do prostoru vany před zúžením se pevně umístil adiabatický zvlhčovač, který musel být po stranách utěsněn, aby nedocházelo k obtékání proudu vzduchu kolem zvlhčovače. Na druhém konci dráhy byl připevněn axiální ventilátor na plechovou desku pomocí přírub. Měřicí dráha musela být podložena dřevěnými stolicemi z důvodu přístupu k odvodu kondenzátu pod vanou.



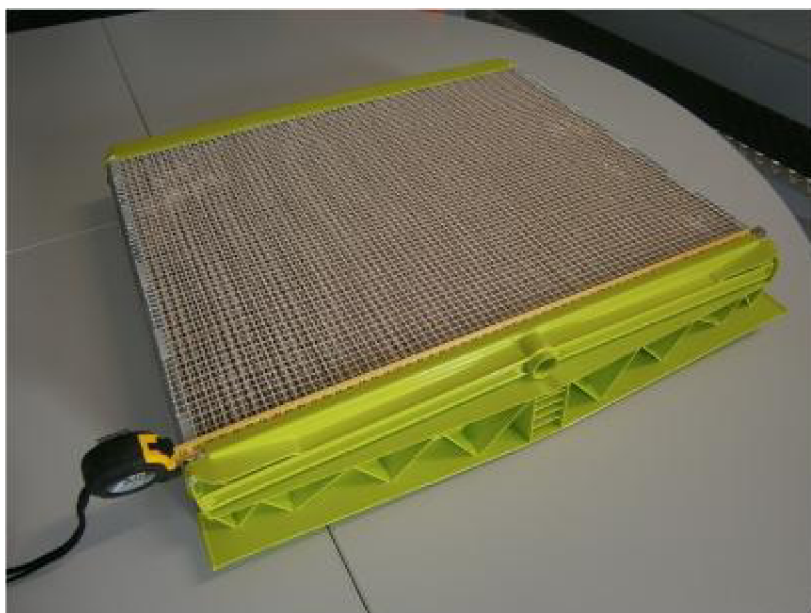
Obr. 3.1 Měřicí dráha v laboratoři

2.11 Hlavní komponenty měřicí dráhy

2.11.1 Adiabatický zvlhčovač

OXYVAP je adiabatický zvlhčovač konstruovaný včetně rámu s integrovaným rozvodem vody v kompaktních přímých odpařovacích chladicích a zvlhčovacích systémech. Je to přímý odpařovací chladič, který může být použit pro adiabatické chlazení v létě ve ventilačním systému jako chladič vzduchu na kondenzátoru, nebo jako zvlhčovač vzduchu uvnitř vzduchotechnické jednotky v zimě. Vypařováním média je založeno na unikátním a patentovaném zadržování vody v hliníkových listech určených pro maximální odpařování. Vysoce kvalitní hliníkové listy v kombinaci s jeho unikátní a patentovanou strukturou umožňují proces samočištění v provozním režimu, a proto zabraňují hromadění nečistot, plísní nebo vápníku, což je zpravidla problém v konkurenčních odpařovacích chladicích médiích. Kromě toho, díky absorbování vysoké kapacity vody v hliníkových listech není třeba nainstalovat eliminátor kapek pro rychlosti vzduchu až do 3 m/s. OXYVAP lze použít v široké škále aplikací, které vyžadují chlazení (obytné

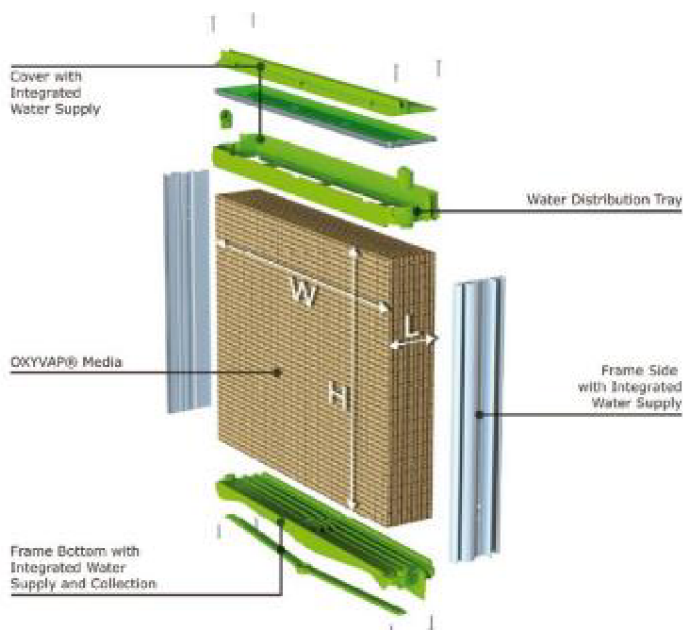
budovy, vzduchotechnické jednotky pro obchodní/průmyslové stavby, hospodářských zvířat, zahradnictví). Může být také použit pro chladný vzduch na kondenzátoru v tradiční klimatizaci.



Obr. 3.2 Adiabatický zvlhčovač

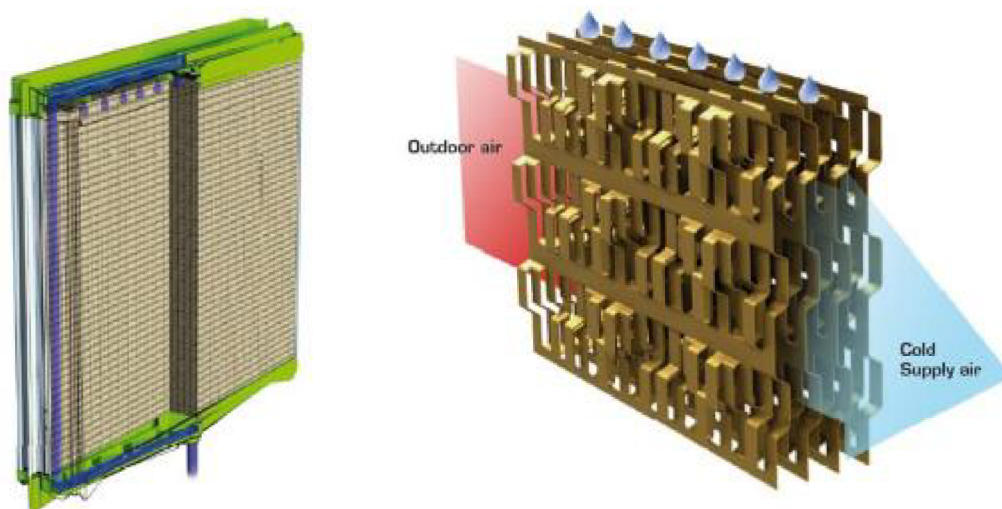
2.11.1.1 Konfigurace a technologický princip

OXYVAP je vyroben z hliníku a ABS dílů pro zajištění pevného a trvanlivého výrobku, který má hmotnost za suchého stavu 3,75 kg. Maximální rozměry z OXYVAP podložky jsou 900 mm x 900 mm.



Obr. 3.3 Sožení adiabatického zvlhčovače

Je to jediný systém pro odpařování média s účinností nasycení více než 90% za použití méně než 50% objemu. Používá přitom integrovaný rozvod vody za pomoci hliníkových listů, které absorbují velké množství média, jenž ochlazuje přírodní vzduch.



Obr. 3.4 Rozvod vody v adiabatickém zvlhčovači

2.11.1.2 Výhody

Výhody tohoto výrobku podle výrobce pro rezidenční, obchodní, průmyslové a institucionální stavby jsou:

- Méně náchylné k selhání
- Snadná údržba
- Použití vody jako přírodní chladivo
- Jedinečná kombinace chlazení a vysoce účinná obnova tepla

Výrobce udává výhody pro koncového zákazníka, které mohou dát:

- Úspora energie až 90%
- Lepší a zdravější kvalita ovzduší
- Lepší všeobecná pohoda uvnitř budovy
- Nižší náklady na údržbu a provoz
- 100% šetrné k životnímu prostředí

2.11.1.3 Zdroj vody

Voda může být buď dodávána v nepřetržitém proudění, nebo v přerušovaném proudění, podle toho, zda se dává přednost méně náročné metodě nebo jednodušší způsob k implementaci.

Nepřetržité proudění (méně náročná metoda):

Dodávat kontinuální proudění vody do vložky je dobrý způsob vedení. Materiál je úplně mokrá, přičemž se stále odstraňují znečišťující látky a minimalizuje tvoření stupnice. Aby se toho dosáhlo, je vložka dodávána v signifikantně větším množství vody, než se ve skutečnosti odpaří, typicky o faktor alespoň 12. Aby se zabránilo zbytečnému plýtvání vodou, by měl být vodovod vybaven vodní nádrží, aby byl znovu použit přebytek vody, která se odpaří. Voda odpařená by měla být nahrazena vodou z vodovodu. Dlouhodobé užívání vyžaduje udržet vodní nádrž v čistotě a bylo možné zachovat elektrickou vodivost v zásobníku vody pod 1000 uS/cm. Rychlost závisí na faktorech, jako je kvalita vody z vodovodu (elektrická vodivost, tvrdost, hodnota pH) a vodní prostor nádrže.

Přerušovaný proudění (jednodušší způsob k implementaci):

Dodávání přerušovaného proudění vody do vložky je dobrou alternativou, kdy vodovod je žádoucí, ve kterém přebytek vody není znovu použit. Nevyžaduje žádnou formu systému managementu jakosti vody. Je výhodné dodávat vodu do vložky pomocí střídavého cyklu, ve kterém je voda proudění se zapíná na 2 sekundy a vypne po dobu 8 sekund, tak, že celková voda proudění se rovná asi 64 l/h na metr šířky. Při použití této metody je celková spotřeba vody rovna dvojnásobnému množství vody, které se vypařuje.

2.11.1.4 Požadavky na kvalitu vody

OXYVAP lze provozovat dodávkou pitné vody. Dlouhodobá dodávka vody mající elektrická vodivost vyšší než 1000 uS/cm (což odpovídá asi 700 mg/l z celkového množství rozpuštěných pevných látek) se nedoporučuje z důvodu nebezpečí tvorby stupnice, které mohou snižovat chladičový výkon a životnost. Při 1000 uS/cm je často považován přechod mezi pitné vody a brakické vody. Voda (např. destilovaná nebo demineralizovaná) by neměla být používána, protože hrozí riziko koroze.

2.11.2 Ventilátor

Ventilátor se skládá ze 7-srpkovitých lopatek, které mají profil leteckého křídla. Lopatky jsou z kompozitního materiálu s ostřím. Jako motory jsou využity prémiové úsporné motory s integrovanou EC technologií. Jsou použity maximálně efektivní elektronicky komutované motory s vnějším rotorem s permanentními magnety, jejichž počet otáček je regulován integrovaným ovladačem. Zařízení jsou provedena podle obecných požadavků pro elektrické pohony s měnitelným počtem otáček a pro provoz v jednom kvadrantu. Motor je zakryt ochranou mřížkou. Má nejlepší hlukové vlastnosti a nejnižší spotřebu elektrické energie. Výborné řízení otáček. Elektrické napojení je za pomoci integrovaného řadiče. Ventilátor se dá použít pro vzduchotechniku, chlazení, chlazení transformátorů, větrání anebo pro technologii topení. K ventilátoru byly dodány následující jmenovité hodnoty:

- Napětí 200-277 V
- Frekvence 50 / 60 Hz
- Příkon 10.42 kW
- Proud 2.20-1.55 A
- Počet otáček 1800 min⁻¹
- Min. provozní teplota -35°C

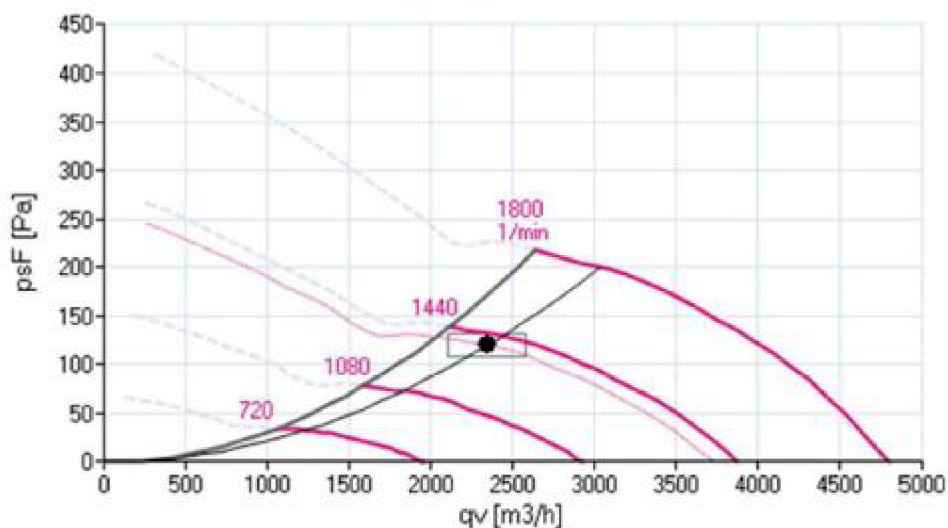


Obr. 3.5 Axiální ventilátor

2.11.2.1 Charakteristická křivka a pracovní bod

Následující obrázek nám ukazuje charakteristickou křivku ventilátoru v závislosti jeho objemového průtoku na tlakové ztrátě a vyznačení pracovního bodu, jehož hodnoty jsou uvedeny zde:

- Objemový průtok $2350 \text{ m}^3/\text{h}$
- Tlaková ztráta 120 Pa
- Počet otáček 1384 min^{-1}
- Hladina akustického tlaku na sací straně (LW (A 0,5)) 68
- Hladina akustického tlaku na výtlačné straně (LW (A 0,6)) 69
- Frekvence 50 Hz
- Napětí 230 V
- Proud $0,86 \text{ A}$
- Síťové napájení $1 \sim 230\text{V } 50\text{Hz}$



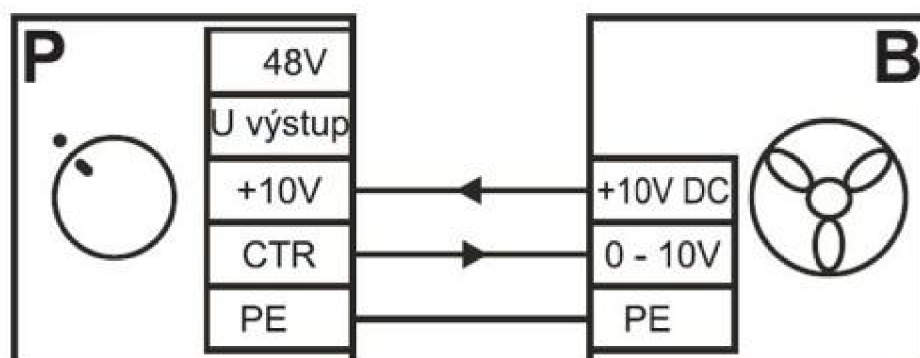
Obr. 3.6 Pracovní bod ventilátoru

2.11.3 Regulátor otáček

Regulátor otáček je určen pro bezstopňové řízení ventilátorů s EC motory s regulovatelným vstupem 0 – 10 V. Zajištění ochrany pomocí krytu pro přední panel. Teplotní rozpětí pro standartní práci regulátoru je 0 – 35 °C při relativní vlhkosti nižší než 80%. Napětí regulátoru je 48 V pro stejnosměrný proud, napětí na výstupu 48 V, proud na výstupu maximálně 1,1 mA. Kontrolní napětí 0 – 10 V, kontrolní proud maximálně 1,1 mA.



Obr. 3.7 Regulátor otáček



Obr. 3.8 Schéma zapojení regulátoru

2.11.4 Čerpadlo

Jedná se o plně ponorné čerpadlo, poháněné permanentní magnet typu synchronního motoru. Micra je poskytována z vyměnitelné houby filtru a má 5 poloh k regulaci průtoku vody. Micra může být připojen k tuhému potrubí s vnitřním průměrem 13 mm nebo, a to prostřednictvím adaptéru součástí standardní dotace, na pružné hadice o vnitřním průměru 12 mm. Je také možné připojit s 9 mm ohebné hadice a 10 mm pevné trubky, díky volitelnému speciálnímu adaptéru. Mají zvýšenou výkonnost a spolehlivost. Sací systém umožňuje Micra pracovat ve velmi nízké hladině vody. Čerpadlo je snadno udržovatelné a má velmi malé rozměry, proto je ideální pro použití v malých prostorech.

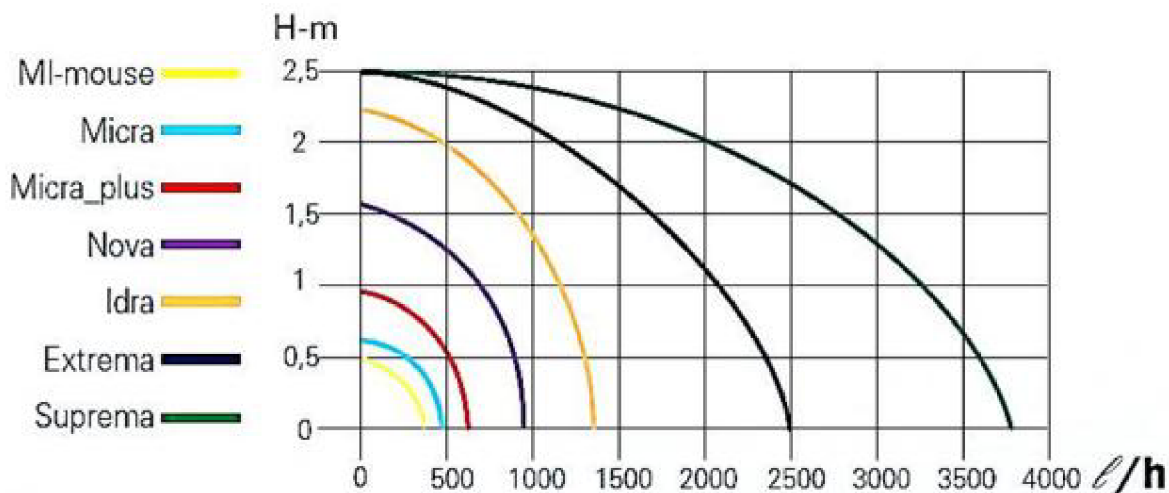


Obr. 3.9 Čerpadlo

2.11.4.1 Charakteristika čerpadla

Následující obrázek nám ukazuje charakteristiku čerpadla v závislosti jeho objemového průtoku na dopravní výšce, jehož hodnoty jsou uvedeny zde:

- Objemový průtok 500 l/h
- Dopravní výška 0,6 m
- Napětí 230 V
- Frekvence 50 Hz
- Příkon 6 W
- Proud 0,04 A



Obr. 3.10 Charakteristika čerpadla

2.12 Měřicí přístroje

2.12.1 Lopatkový anemometr

Jedná se o elektronicky kompaktní anemometr používaný k měření rychlosti proudění, objemového průtoku vzduchu a jeho teploty. Velikost hlavy anemometru (100 mm) a použita mikroprocesorová technika zajišťují optimální určení střední hodnoty rychlosti i při turbulentním proudění v rozmezí rychlosti od 0,25 do 30 m/s. Integrovaná doba je volitelná. Pro výpočet objemového průtoku vzduchu (m³/s, m³/hod, l/s) zadáte do přístroje přímo plochu nebo rozměry daného potrubí. Do paměti přístroje uložíte až 12.700 hodnot naměřených v rámci až 100 různých testů. Na displeji mohou být současně indikovány až tři měřené hodnoty např. rychlost, průtok a teplota. Následně vyhodnocení měření provádíte v Microsoft Excel. Praktická teleskopická tyč s kloubem a nastavitelnou délkou od 0,4 do 1,1 m umožňuje provádět pohodlná měření na výše umístěných mřížkách a vyústkách.



Obr. 3.11 Lopatkový anemometr

2.12.1.1 Technická specifikace

- Měřicí rozsahy:
 - 0,25..30 m/s
 - 0..60 °C
- Přesnost měření:
 - Rychlost: $\pm 1\%$ z měřené hodnoty $\pm 0,02$ m/s
 - Teplota: $\pm 1,0$ °C
- Rozlišení:
 - Rychlost: 0,01 m/s
 - Teplota: 0,1 °C
- Paměť:
 - 12 700 hodnot ve 100 různých testech
- Typy záznamu:
 - Manuální (start – stop); (s nastavitelnou průměrnou hodnotou)
 - Sweep mode (start – stop)
- Interval záznamu:
 - 1 sekunda – 1 hodina

2.12.2 Prohood (balometr)

Multifunkční přístroj určený k měření a zaregulování VZT systémů. Přístroj je primárně určený k měření objemového průtoku na vířivých a velkoplošných vyústkách. Lze použít k měření jak na straně sání (odvod), tak i na výtlačku (přívod). Využívá speciální tlakovou 16-ti bodovou oboustrannou sondu "Matrix". V trubkách "Matrixu" jsou měřicí otvory rozmístěné rovnoměrně po celém průřezu. Na základě průměrné hodnoty tlakové difference na "Matrixu" pak vyhodnocovací jednotka určí objemový průtok. Vyhodnocovací jednotku lze odpojit a použít samostatně jako velice precizní mikromanometr k měření podtlaku, přetlaku nebo tlakové difference. Nově lze k jednotce připojit i teleskopické termické sondy a změnit ji tak na termický anemometr s integrovanou funkcí měření rychlostního profilu v potrubí.



Obr. 3.12 Balometr

Přístroj má zabudovaný senzor na měření barometrického tlaku, současně měří i aktuální teplotu. Lze tudíž bez problémů měřit jak aktuální hodnoty, tak i standardní (standardní nastavení pro specifickou hustotu vzduchu $1,2 \text{ kg/m}^3$). Při měření průtoku lze indikovat dle volby výsledný skutečný průtok nebo přepočtený na standardní podmínky. Tuto funkci lze použít i při měření s Prandlovou sondou (zde se zadá přímo teplota měřeného média) nebo termickou sondou (teplota je snímána přímo sondou).

2.12.2.1 Mikromanometr a barometr

Vyhodnocovací jednotku lze po vyjmutí z rámu přístroje použít samostatně jako vysoce přesný mikromanometr. Jeho největší předností potom je automatické nulování každou sekundu, které zajišťuje přesnost $\pm 2\%$ z měřené hodnoty. Multifunkční přístroj určený k měření a zaregulování VZT systémů $\pm 0,25 \text{ Pa}$. Mikromanometr je vhodný i pro měření s dynamickými rychlostními sondami a speciální 16-ti bodovou rychlostní sondou "Matrix". Při měření s prandtlou sondou lze využít novou funkci. Jedná se o bodové měření v průřezu potrubí. Po zadání rozměrů potrubí přístroj dopočítá potřebné body a jejich přesnou polohu v měřeném profilu. V průběhu vlastního měření potom na displeji indikuje jaký bod rychlostního profilu se má měřit, body ukládá do paměti a nakonec vyhodnotí střední hodnotu včetně max. a min. hodnoty. Vyhodnocovací jednotka je současně i přesný barometr. Barometrický tlak měří a indikuje s přesností $\pm 2\%$ z měřené hodnoty.

2.12.2.2 Teplota a relativní vlhkost vzduchu

K vyhodnocovací jednotce lze připojit i externí čidlo pro měření teploty a relativní vlhkosti. Lze tak indikovat nebo ukládat do paměti měřenou teplotu v rozsahu -10 až 60°C a relativní vlhkost v rozsahu 5 až 95%.

Nejdůležitější přednosti:

- bezproblémové a rychlé měření na vířivých vyústkách
- intuitivní ovládací menu
- široká nabídka nastavců pro různé velikosti vyústek
- přesný termický anemometr (s vhodnou sondou)
- vyhodnocovací jednotka jako samostatný přesný mikromanometr
- kompenzace tlakového odporu

2.12.2.3 Technická specifikace

- Měřicí rozsahy:
 - 0,125 až 78 m/s (Prandtlůva sonda)
 - -3735 až 0 až 3735 Pa (statický a diferenční tlak)
 - 356 až 1016 mm Hg (absolutní tlak)
 - 42 až 4250 m³/hod (ProHood)
 - -10 až 60 °C (Prohood)
- Měřicí rozsahy (příslušenství):
 - 0,125 - 12,5 m/s (Matrix sonda)
 - -10 - 60 °C, 5 - 95% r.v. (teplotně-vlhkostní sonda)
 - 0 - 50 m/s, -10 až 60 °C, 5 - 95% r.v. (termická kombinová sonda)
- Přesnost:
 - Rychlost: $\pm 3\%$ z měřené hodnoty $\pm (0,04 \text{ m/s})$, platí pro hodnoty vyšší než 0,25 m/s
 - Tlak: $\pm 2\%$ z měřené hodnoty $\pm (0,25 \text{ Pa})$
 - Tlak (absolutní): $\pm 2\%$ z měřené hodnoty
 - Průtok: $\pm 3\%$ z měřené hodnoty $\pm (12 \text{ m}^3/\text{h})$, platí pro hodnoty vyšší než 85 m³/h
 - Teplota: $\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$
- Přesnost (příslušenství):
 - Teplota: $\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Vlhkost: $\pm 3 \text{ r.v.}$
- Rozlišení:
 - Rychlost: 0,01 m/s
 - Tlak: 0,001 Pa
 - Tlak (absolutní): 1 mm Hg
 - Průtok: 1 m³/h
 - Teplota: 0,1 °C

- Rozlišení (příslušenství):
 - Teplota: 0,1 °C
 - Vlhkost: 0,1% r.v.
- Paměť:
 - 26 500 hodnot (včetně data a času) celkem ve 100 různých testech
- Typy záznamu:
 - Manuální okamžité hodnoty
 - Manuální průměrné hodnoty
 - Kontinuální s nastavitelným intervalem

2.12.3 Termokamera

Termokamera je velice dobře přenosná a díky své hmotnosti a ergonomii umožňuje uživateli provádět dlouhodobá měření v terénu. Má 3" barevný LCD displej a je vybaven nechlazeným maticovým detektorem o rozlišení 80x60 pixelů. Termokamera je vybavena i vizuální kamerou (640x480 bodů), takže vedle termosnímku máte k dispozici i vizuální fotografii z místa měření. Hlavní předností je však funkce MSX (vykreslení detailu a zvýšení kontrastu daného termosnímku), která byla dříve doménou jen termokamer vyšší třídy. Teplotní rozsah je od -20°C až do 250°C. Do interní paměti lze uložit až 500 radiometrických snímků (současné uložení termo + foto snímku). Objektiv termokamery má záběr 45°, IFOV je 10,3 mrad a citlivost 0,15°C. Při měření je na displeji indikována jedna měřená hodnota (funkce jednobodového měření). Všechny ostatní hodnoty daného snímku jsou uloženy a je možné je následně vyhodnotit po přenesení snímku do PC. Je vhodná především pro potřeby základní diagnostiky a údržby v provozu průmyslových podniků (kontrola elektrických rozvadečů, kontrola kabelových svazků, svorkovnic atd). Dále lze tuto kameru využít při kontrole izolací VZT systémů, stavu ohřevu a chlazení VZT jednotek atd.

Nejdůležitější přednosti:

- Vestavěná vizuální kamera
- funkce MSX
- jednoduché vyhodnocení snímků pomocí software FLIR Tools



Obr. 3.13 Termokamera

2.12.3.1 TECHNICKÁ SPECIFIKACE

- Rozlišení (pixel):
 - 320 x 240
- Citlivost:
 - < 0,06°C
- Zorné pole/ minimální vzd. pro zaostření:
 - 45° x 34°/0,5 m
- Přesnost:
 - ± 2 °C; $\pm 2\%$ z měř
- Další funkce:
 - Funkce MSX®
 - FLIR Tools (software)
 - Vizualní kamera
 - Funkce obraz v obraze (prolnutí)
 - Funkce barevný alarm (izotermy)

2.12.4 Laserový otáčkoměr

Ruční měřicí přístroj pro snadné měření otáček. Laserovou jednotkou mohou být otáčející se části bezdotykově a velmi přesně měřeny i při denním světle. Zobrazení pomocí 5-ti místního LCD. Získaná data lze zobrazit jako otáčky v ot./min nebo jako počet událostí. Přístroj ukládá min. a max. hodnoty, poslední naměřená hodnota zůstává krátce na displeji.



Obr. 3.14 Laserový otáčkoměr

2.12.4.1 Technická specifikace

- Zobrazení:
 - LCD
- Přesnost měření otáček:
 - $\pm 0,05 \% + 1$ digit
- Rozlišení otáček:
 - 0.1
- Rozsah měřicí vzdálenosti:
 - 5 cm až 50 cm
- Rozsah měření otáček, bez kontaktu:
 - 2 až 99 999 ot./min

2.12.5 Měřicí ústředna ALMEMO 2890-9

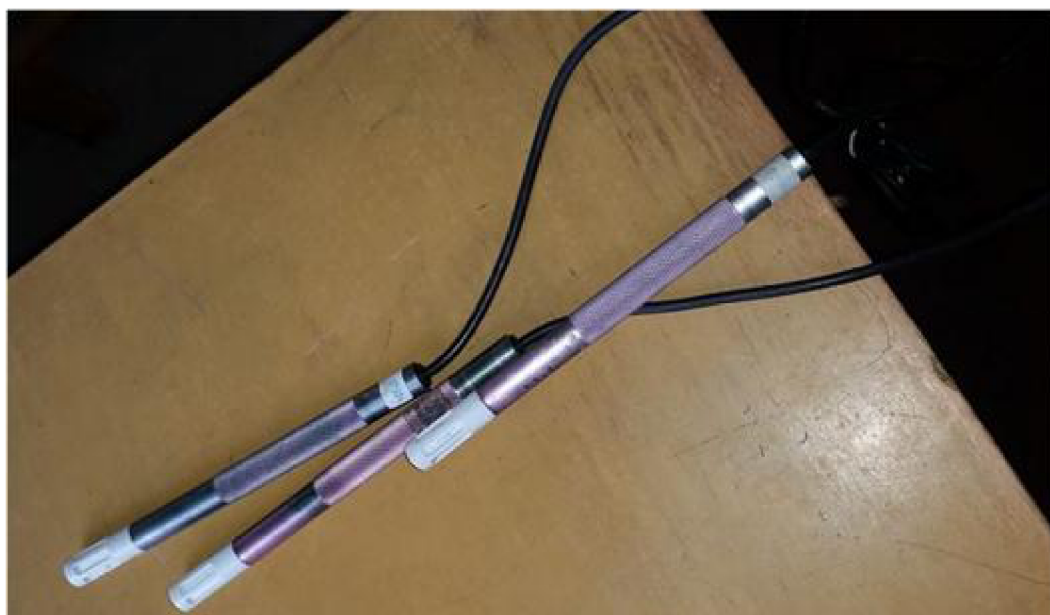
Kombinovaný univerzální ruční měřicí přístroj s 9 univerzálními vstupy a 2 výstupy (RS232, analog, Centronics ad.) a vnitřní pamětí pro uložení až 100.000 měřených hodnot v předvoleném časovém měřicím cyklu. K přístroji lze pomocí speciálních programovatelných ALMEMO konektorů připojit jakékoli čidlo pro měření fyzikálních, elektrických a chemických veličin. Velký grafický displej. Měřená hodnota, průměrná, maximální a minimální hodnota, automatická nebo manuální, kompenzace teploty a tlaku. Záznam max. a min. hodnoty včetně data a času, manuální nebo automatické zobrazení průměrné hodnoty měření. Liniový a sloupcový diagram přímo na displeji.



Obr. 3.15 Měřicí ústředna

2.12.6 Kabelová teplotní čidla

Kabelová teplotní čidla slouží k měření nejen teploty, ale i vlhkosti vzduchu. V našem experimentu jsme tato čidla použili pro měření rozdílů teplot a vlhkostí před a za adiabatickým zvlhčovačem. Čidla byla připevněna na dřevěnou lištu a umístěna do měřicí dráhy před a za zvlhčovač. Připojení čidel bylo před kabely do měřicí ústředny ALMEMO 2890-9, která zaznamenávala naměřené hodnoty z čidel.



Obr. 3.16 Kabelová teplotní čidla

2.12.7 Datalogger

Přístroj je určen pro měření a záznam teploty, relativní a měrné vlhkosti z externí sondy, připojené pomocí konektoru. Naměřené hodnoty jsou zobrazovány na dvouřádkovém LCD displeji a jsou ukládány v nastavitelném časovém intervalu do vnitřní, energeticky nezávislé paměti.

Na displeji lze volitelně zobrazovat i minimální a maximální naměřené hodnoty (pravidelně se střídají s aktuálně měřenými hodnotami). Zapnutý záznamník každých 10 s (nezávisle na nastaveném intervalu záznamu) aktualizuje paměť MIN/MAX hodnot, porovnává naměřené hodnoty se dvěma nastavitelnými hranicemi a jejich překročení signalizuje na displeji.

Režim záznamu může být volitelně nastaven jako necyklický, kdy se záznam po zaplnění paměti zastaví a záznamník se vypne, nebo cyklický, kdy se po zaplnění paměti nejstarší zaznamenané hodnoty přepisují hodnotami novými. Z paměti záznamníku lze naměřené hodnoty přenést pomocí komunikačního adaptéru do osobního počítače k vyhodnocení. Komunikační adaptér je možné mít připojen k záznamníku trvale - záznam nebude přerušen ani např. stahováním dat.

2.12.7.1 Základní technické parametry

- Měření teploty
 - rozsah: -30 až 70 °C
 - rozlišení: 0,1 °C
 - přesnost: $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ (od -30 do +30°C) * $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ (od +30 do +70°C)
- Měření relativní vlhkosti
 - rozsah: 0 až 100 % RH
 - rozlišení: 0,1 % Rh
 - přesnost: $\pm 3\%$ RH od 5 do 95% při 23°C



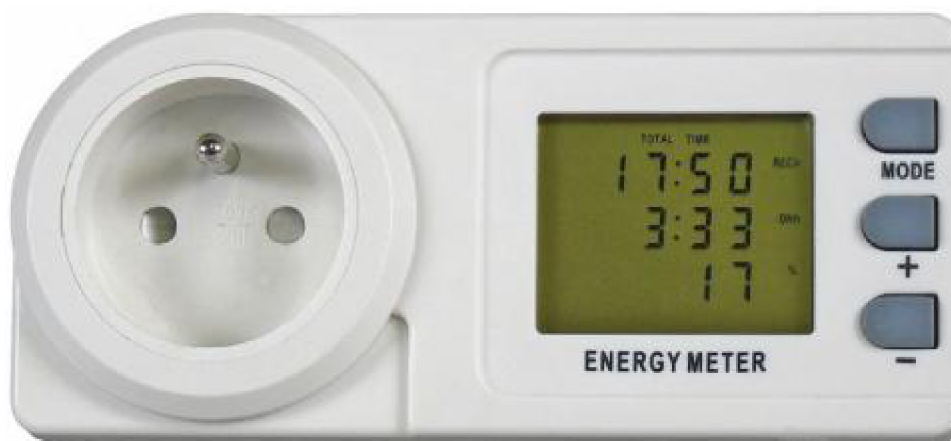
Obr. 3.17 Datalogger

2.12.8 Wattmetr

Wattmetr zaznamenává spotřebu energie připojeného přístroje. Na třířádkovém displeji se zobrazuje vedle spotřeby energie také činný a zdánlivý výkon, proud, napětí a min./max. hodnoty. Zobrazení lze přepínat mezi aktuálním a kumulovaným měřením. Díky integrované záložní baterii se ani při výpadku proudu neztratí naměřená data.

2.12.8.1 Základní technické parametry

- Jmenovité napětí: 230V ~/50 Hz
- Jmenovitý proud: 16A
- Max. zatížení: 3680W
- Měřicí rozsah: 5W - 3680W
- Provozní teploty: +5 až +40 °C
- Rozsah spotřeby el. energie: 0 kWh - 999 kWh
- Možnost nastavení ceny spotřebované energie na dvě desetinná místa
- Max. zaznamenaný čas: 999,9 hodin



Obr. 3.18 Wattmetr

2.12.9 Multimetr

Multimetr (nebo také multitester) je elektronický měřicí přístroj, který v sobě kombinuje několik funkcí. Nejzákladnější varianty přístroje obsahují ampérmetr, voltmetr a ohmmetr. Tyto přesné přístroje se dají najít především v kalibračních laboratořích, kde jdou použít i na cejchování kalibračních přístrojů. Multimetr může být vybaven klasickým analogovým měřidlem, nebo digitálním displejem jako je LCD nebo segmentový displej.



Obr. 3.19 Multimetr

2.13 Experimentální měření

V následujícím oddíle budeme provádět různá experimentální měření na dráze s adiabatickým zvlhčovačem, kterou jsme si připravili. Výsledky měření nám pomohou ukázat jaké skutečné parametry a naměřené hodnoty podstatných veličin daný adiabatický zvlhčovač disponuje.

2.13.1 Průtok vzduchu z rychlostí při různých stavech nasycení vzduchu a závislost tlakové ztráty na objemovém průtoku vzduchu

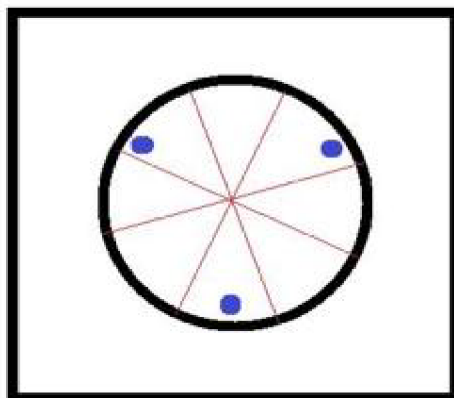
Měření nám ukáže jaká je rychlost vzduchu za zvlhčovačem při jiných stavech nasycení vzduchu vodou, kterou budeme vzduch vlhčit. Díky tomu dopočítáme objemový průtok vzduchu. Během tohoto měření budeme i sledovat tlakovou ztrátu při rozdílných stavech nasycení vzduchu.

Použitá měřidla a zařízení

- Lopatkový anemometr LCA501
- Digitální manometr DM3

2.13.1.1 Postup měření

Nejprve jsme si vyvrtali otvor do plechu komponentu, který se nacházel za adiabatickým zvlhčovačem. Do tohoto otvoru jsme vložili kabel od digitálního manometru, na jehož konci bylo čidlo, díky kterému jsme mohli změřit tlakovou ztrátu. Potom jsme si rozdělili kruhový otvor na straně výtlačku na jednotlivé části za pomoci provázku, který nám vytvořil osminy kruhu. Vybrali jsme si 3 oblasti, ve kterých budeme měřit rychlosti proudění vzduchu za pomoci lopatkového anemometru (vyznačení vybraných oblastí je zobrazeno na obrázku). Vždy bylo provedeno měření nejprve v levém horním okraji, potom dole a nakonec v pravém horním okraji. Nejdříve jsme prováděli experiment se suchým stavem vzduchu, kdy jsme přiváděný vzduch nevlhčili vodou. Po zhotovení měření jsme adiabatický zvlhčovač nasatili vodou a přívod dávkovací vody vypnuli. Chvilí jsme počkali a znovu provedli měření stejným způsobem jako u suchého stavu. Jakmile jsme dokončili měření, tak jsme zapnuli dávkování vody do zvlhčovače a nechali jej zapnutý. Adiabatický zvlhčovač byl díky tomu přesycen vodou, takže jelikož se nám vzduch všechen nenasytil, vznikl kondenzát, který byl odváděn do připravené vany. Naměřili jsme hodnoty stejným způsobem jako v předchozích případech měření. Z naměřených hodnot jsme díky vztahu dopočítali objemové průtoky vzduchu.



Obr. 3.20 Rozmístění měření rychlosti

2.13.1.2 Naměřené hodnoty a grafické znázornění

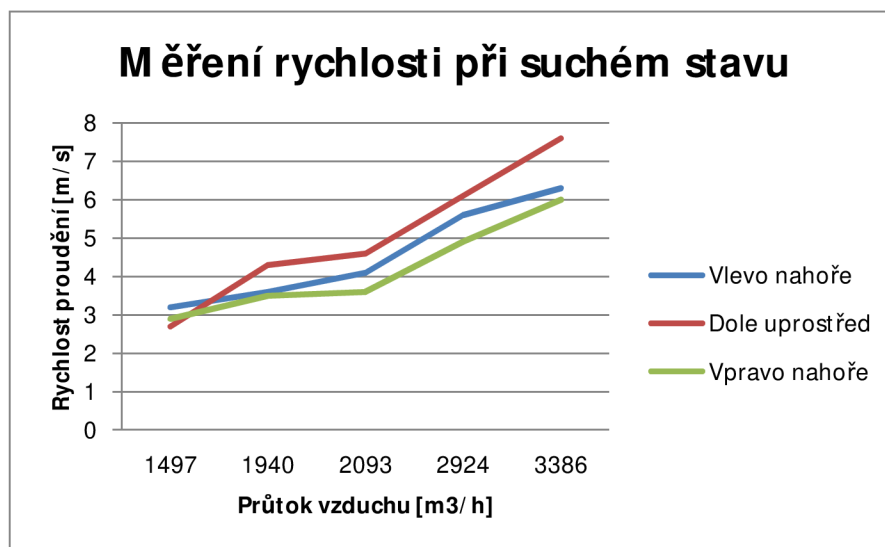
Suchý stav					Sytý stav					Přesycený stav				
v [m/s]			Δp [Pa]	V [m ³ /h]	v [m/s]			Δp [Pa]	V [m ³ /h]	v [m/s]			Δp [Pa]	V [m ³ /h]
3,2	2,7	2,9	17	1497	2,6	2,2	2,7	17	1276	3	2,5	2,8	17	1412
3,6	4,3	3,5	30	1940	3,6	3,1	3,5	30	1715	3,9	3	3,7	30	1804
4,1	4,6	3,6	40	2093	5,1	3,5	4,6	40	2246	4,3	3,9	4,1	40	2093
5,6	6,1	4,9	65	2924	5,2	4,6	5,8	65	2654	5,6	4,8	5,4	65	2688
6,3	7,6	6	95	3386	7	6,8	6,9	95	3522	7	6,6	6,8	95	3471

Tab. 3.1 Naměřené hodnoty rychlostí vzduchu

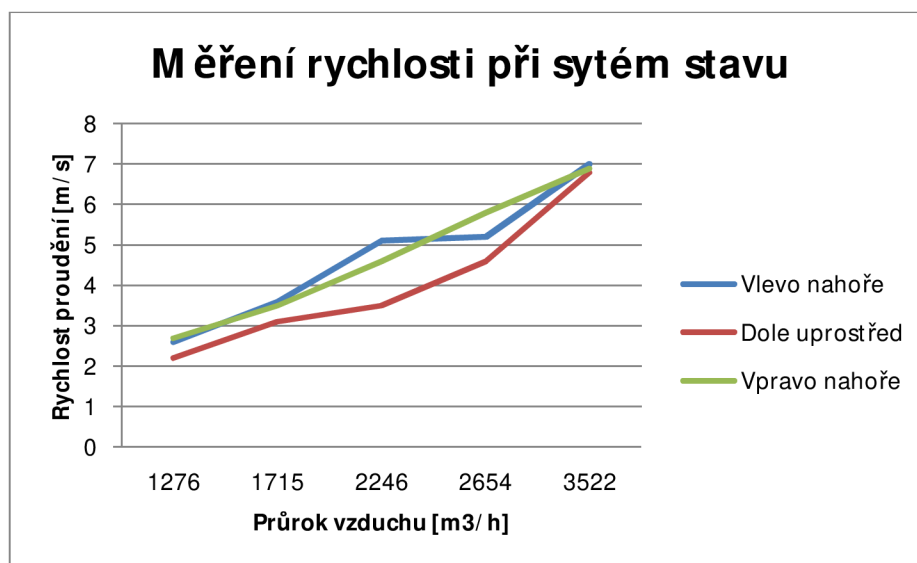
Dopočet objemového průtoku vzduchu

$$Q = (S \cdot \bar{v}) \cdot 3600 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

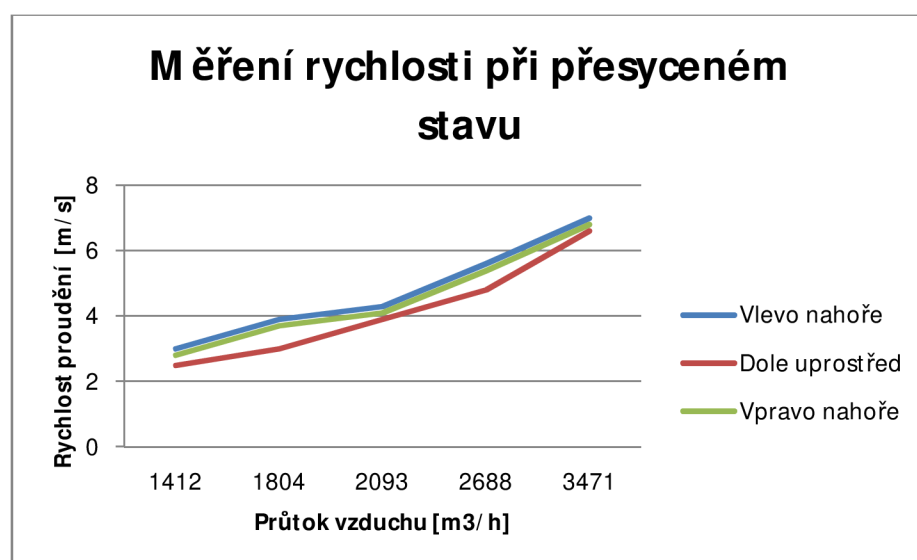
- S – plocha otvoru komponentu na výtlačné straně [m²]
- \bar{v} – průměrná rychlost [m/s]



Obr. 3.21 Měření rychlosti při suchém stavu

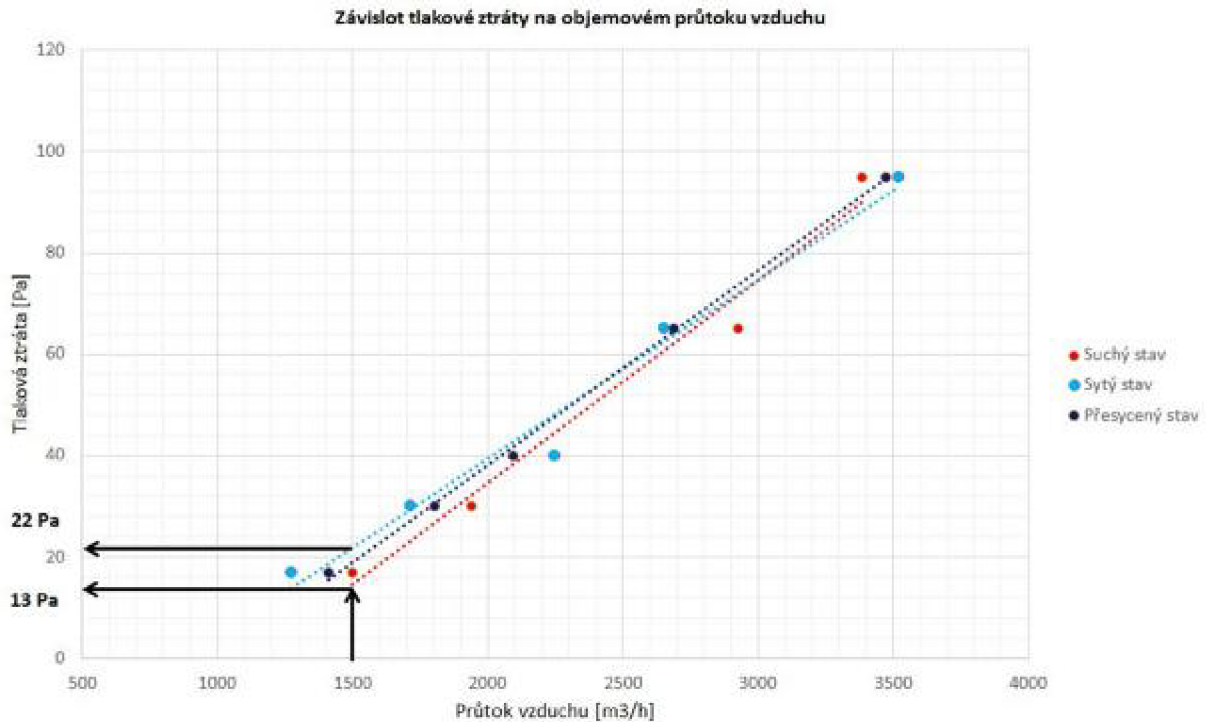


Obr. 3.22 Měření rychlosti při sytém stavu



Obr. 3.23 Měření rychlosti při přesyceném stavu

Grafické znázornění rychlosti proudění vzduchu nám ukazuje, že proudění v měřených oblastech na výtlačné straně v kruhovém otvoru komponentu se změnilo vlivem stavu nasycení vzduchu a objemového průtoku. Změna nastala během změny ze suchého stavu na stav nasycený, kde jednotlivé průběhy ve zvolených místech se prohodily. Rychlost v dolní části komponentu výrazně klesla při změně nasycení, zatímco rychlosti v horních místech komponentu vzrostly. Při změně ze stavu nasyceného na stav přesycený nedošlo k výrazným rozdílům rychlostí a je vidět, že se jednotlivé průběhy rychlostí v daných oblastech dostávají do rovnoběžné symetrie s mírnou odchylkou v dolní oblasti komponentu.



Obr. 3.24 Závislost tlakové ztráty na průtoku vzduchu

Závislost tlakové ztráty na objemovém průtoku nám ukazuje, že rozdíl tlaků při menších průtocích vzduchu je přibližně rozdíl o 9 Pa. Při zvětšování průtoku se rozdíl tlaků při různých stavech nasycení zmenšil na 4 Pa. V konečném výsledku změna průtoku vzduchu a stavu nasycení vzduchu vedla ke zmenšení tlakové ztráty o 5 Pa.

2.13.1.3 Závěr měření

Z naměřených hodnot je patrné, že na rychlost proudění vzduchu má vliv objemový průtok vzduchu, ale i stav nasycení vzduchu. Dále z naměřených hodnot vyplývá, že se tlaková ztráta se mění a tudíž změna objemového průtoku a změna stavu nasycení má vliv na tlakovou ztrátu. Dokazuje to grafické znázornění vlivu tlakové ztráty na objemovém průtoku vzduchu (obr.), kde je viditelné, že dané naměřené hodnoty nemají velké odchylky od přímek trendu, tudíž dané porovnávané veličiny jsou na sobě závislé.

2.13.2 Charakteristika ventilátoru

V následujícím měření budeme zkoumat jednotlivé parametry daných komponentů při nenasyčeném stavu vzduchu. Můžeme zjistit jednotlivé vztahy mezi veličinami, do jaké míry jsou na sobě závislé. Měření bylo provedeno s místními odpory a bez místních odporů za pomoci kartonových částí, které byly umístěny do experimentální dráhy.

Použitá měřidla a zařízení

- Prohood (balometr)
- Digitální manometr DM3
- Laserový otáčkoměr
- Multimetr
- Wattmetr

2.13.2.1 Postup měření

Do připraveného vyvrtaného otvoru jsme dali kabel od digitálního manometru, na jehož konci byla sonda, díky které jsme měřili tlakovou ztrátu. Odmontovala se ochranná mřížka od ventilátoru a na jeden list se nalepila stříbrná, lepicí páska. Potom jsme znovu namontovali ochrannou mřížku, aby nebyl ventilátor poškozen. Ventilátor byl zapojen do zásuvky přes wattmetr, který měřil příkon ventilátoru. Nejprve bylo provedeno měření bez místních tlakových ztrát. U regulátoru otáček se sundal horní plastový kryt, abychom se dostali na kontakty, u kterých se měřilo napětí stejnosměrného proudu za pomoci voltmetru. Ke kontaktům se přiložila čidla, která byla pomocí kabelu napojena do voltmetru, kde na displeji bylo zobrazeno napětí. Aby se nám další hodnoty jednoduše určovaly, tak jsme měřili dané napětí vždy o 0,5V více než byla předchozí hodnota a tu si označili na kruhový ovladač regulátoru. Díky tomu jsme měli počáteční stupnici pro náš experiment. Následující měření si vyžádalo asistenci dalších kolegů, protože bylo zapotřebí zaznamenávat více veličin najednou. Otáčky ventilátoru se měřily za pomoci laserového otáčkoměru. Laser z otáčkoměru se zaměřil skrz ochrannou mřížku ventilátoru na list vrtule, na které byla nalepena stříbrná páska. Díky tomu se na displeji otáčkoměru zobrazily otáčky ventilátoru. Příkon ventilátoru se měřil wattmetrem, do kterého byla zapojena zásuvka od ventilátoru a mohlo dojít k měření příkonu ve watech. Tlaková ztráta se měřila digitálním manometrem. Ke kruhovému otvoru na výtlačné straně experimentální dráhy byl přiložen balometr, který nám měřil objemový průtok vzduchu. Po změření veškerých veličin a zaznamenání jednotlivých hodnot jsme do měřicí dráhy umístili kartonové kusy, které nám vytvářely tlakové místní odpory. Všechna měření hodnot se potom provedla ještě jednou s tlakovými místními ztrátami.

2.13.2.2 Naměřené hodnoty a grafické znázornění

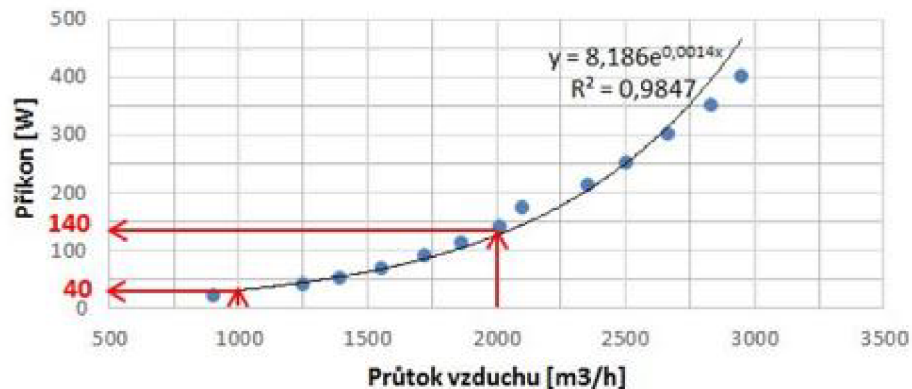
BEZ VŘAZENÉHO ODPORU				
n [min-1]	V [m3/h]	U [V]	Δp [Pa]	P [W]
570	900	3,47	19	23
780	1250	4,5	31	43
861	1390	5	40	55
959	1550	5,5	50	71
1057	1720	6	61	92
1152	1860	6,5	75	116
1243	2010	7	86	142
1343	2100	7,5	102	176
1438	2350	8	116	214
1529	2500	8,5	138	253
1632	2660	9	156	304
1719	2830	9,5	167	353
1800	2950	9,8	180	404

Tab. 3.2 Naměřené hodnoty bez vřazených odporů

S VŘAZENÝM ODPORU				
n [min-1]	V [m3/h]	U [V]	Δp [Pa]	P [W]
570	740	3,47	18	22
680	890	4	26	32
842	1140	5	42	52
1057	1435	6	66	93
1245	1710	7	93	143
1432	1950	8	127	212
1628	2180	9	165	304
1800	2440	9,8	202	406

Tab. 3.3 Naměřené hodnoty s vřazenými odpory

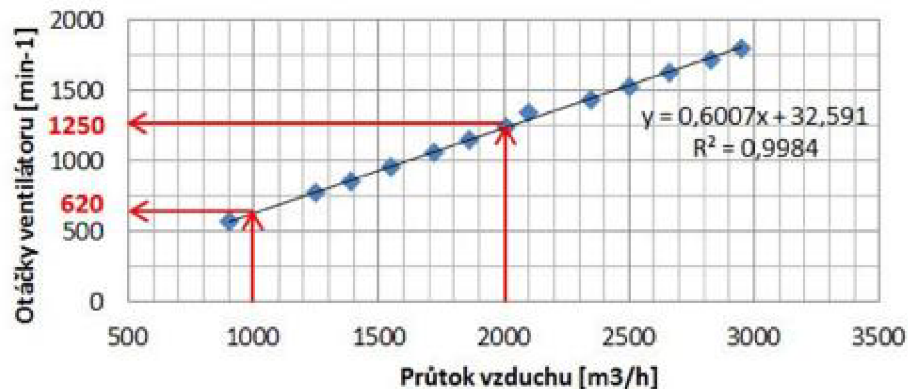
Závislost průtoku vzduchu na příkonu ventilátoru



Obr. 3.25 Závislost průtoku vzduchu na příkonu ventilátoru

Ze závislosti průtoku vzduchu na příkonu ventilátoru je vidět, že se jedná o rostoucí exponenciální průběh. Při zvýšení průtoku vzduchu na 2x násobnou hodnotu dojde ke zvětšení příkonu ventilátoru o 3,5x násobek původní hodnoty. Z naměřených hodnot jsme určili exponenciální rovnici spojnice trendu a hodnotu spolehlivosti, která činí 98,5%, což naznačuje vysokou přesnost měření.

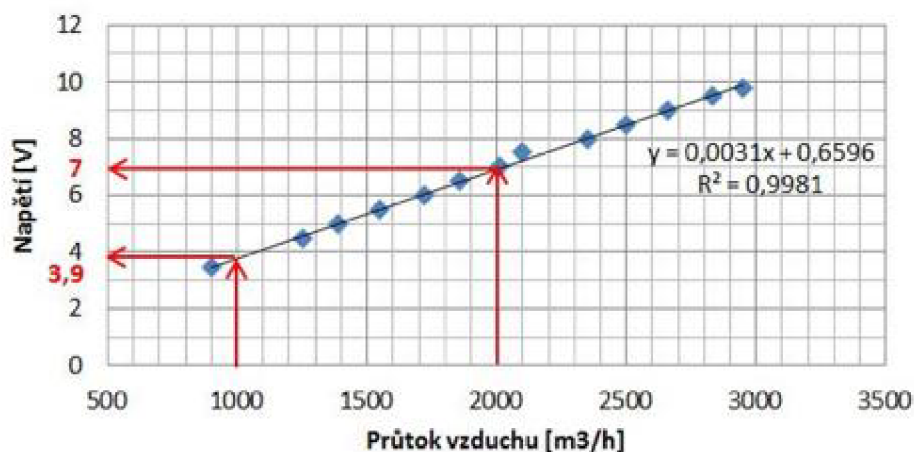
Závislost průtoku vzduchu na počtu otáček ventilátoru



Obr. 3.26 Závislost průtoku vzduchu na počtu otáček ventilátoru

Ze závislosti průtoku vzduchu na počtu otáček ventilátoru je patrné, že se jedná o rostoucí lineární průběh. Při zvýšení průtoku vzduchu na 2x násobnou hodnotu dojde ke zvětšení počtu otáček o 2x násobek původní hodnoty. Z naměřených hodnot jsme určili lineární rovnici spojnice trendu a hodnotu spolehlivosti, která činí téměř 100%, což naznačuje velmi vysokou přesnost měření.

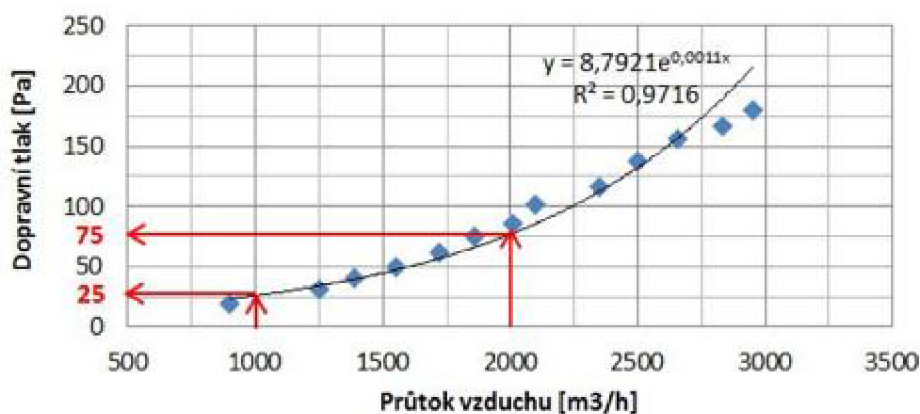
Závislost průtoku vzduchu na napětí



Obr. 3.27 Závislost průtoku vzduchu na napětí

Ze závislosti průtoku vzduchu na napětí je patrné, že se jedná o rostoucí lineární průběh. Při zvýšení průtoku vzduchu na 2x násobnou hodnotu dojde ke zvětšení počtu otáček o 1,8x násobek původní hodnoty. Z naměřených hodnot jsme určili lineární rovnici spojnice trendu a hodnotu spolehlivosti, která činí téměř 100%, což naznačuje velmi vysokou přesnost měření.

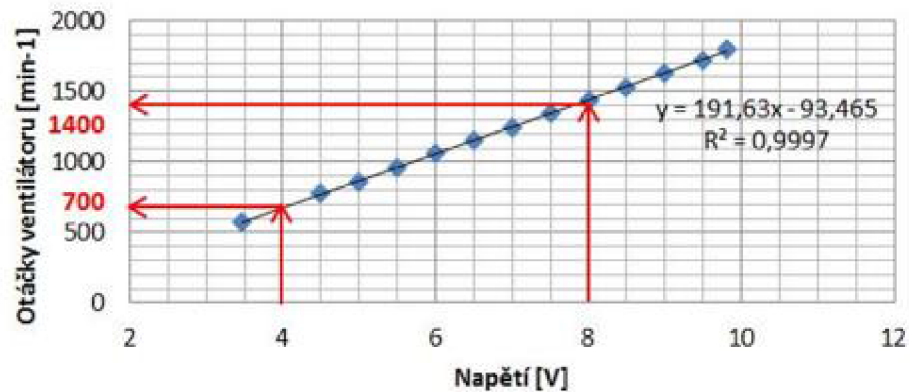
Závislost průtoku vzduchu na dopravním tlaku



Obr. 3.28 Závislost průtoku vzduchu na dopravním tlaku

Ze závislosti průtoku vzduchu na dopravním tlaku ventilátoru je vidět, že se jedná o rostoucí exponenciální průběh. Při zvýšení průtoku vzduchu na 2x násobnou hodnotu dojde ke zvětšení příkonu ventilátoru o 3x násobek původní hodnoty. Z naměřených hodnot jsme určili exponenciální rovnici spojnice trendu a hodnotu spolehlivosti, která činí 97%, což naznačuje vysokou přesnost měření.

Závislost napětí na počtu otáček ventilátoru



Obr. 3.29 Závislost napětí na počtu otáček ventilátoru

Ze závislosti napětí na počtu otáček ventilátoru je patrné, že se jedná o rostoucí lineární průběh. Při zvýšení napětí na 2x násobnou hodnotu dojde ke zvětšení počtu otáček o 2x násobek původní hodnoty. Z naměřených hodnot jsme určili lineární rovnici spojnice trendu a hodnotu spolehlivosti, která činí téměř 100%, což naznačuje velmi vysokou přesnost měření.

2.13.2.3 Závěr měření

Z naměřených hodnot veličin jsme dostali patřičné grafy, díky kterým můžeme sledovat jednotlivé průběhy a závislosti mezi veličinami. Díky těmto hodnotám se dá říci, že je daleko lepší použít dva menší stejné ventilátory, které by pracovaly na malém počtu otáček ventilátoru, než jeden větší ventilátor pracující s větším počtem otáček. Z tohoto důvodu by došlo hospodárným úsporám především elektrické energie.

2.13.3 Výkon adiabatického zvlhčovače

Měření nám ukáže, na jakou vlhkost dokáže adiabatický zvlhčovač zvlhčit vzduch v místnosti. Z naměřených hodnot pak určíme výkon adiabatického zvlhčovače při rozdílných způsobech dávkování vody. Vlhčení probíhá absorbování vlhkosti lamel ve zvlhčovači, od kterých se přívodního vzduch ochladí a zvýší se jeho vlhkost. Při měření bylo nutné vyřešit přívod vody a jeho dávkování, abychom dosáhli co nejmenšího množství kondenzátu a vysoké absorbování vlhkosti z lamel do přívodního vzduchu.

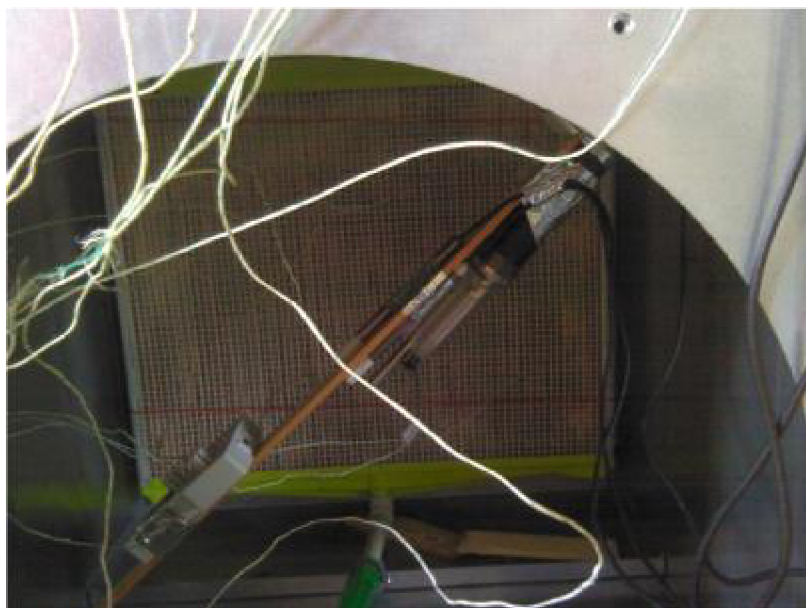
Použitá měřidla a zařízení

- Měřicí ústředna ALMEMO 2890-9
- Datalogger
- Termokamera
- Teplotní čidla

A. S nepřetržitým vstřikováním vody

2.13.3.1 Postup měření

Prvním problémem bylo vyřešení přívodu vody do zvlhčovače. Bylo využito malé ponorné čerpadlo, jež se používá nejčastěji do akvárií, které jsme ponořili do připraveného kbelíku naplněného vodou jakožto zdroj vody. Postupně jsme za pomoci plastových hadiček spojili čerpadlo se zvlhčovačem. Na trase přiváděné vody jsme hadičky spojily přes trojcestný kus, díky kterému jsme vytvořili cirkulaci vody, kdy část šla do zvlhčovače a část se vracela zpátky do kbelíku. Na kus lišty jsme upevnily měřicí čidla především teploměry a datalogger. Tuto měřicí soustavu jsme umístili před zvlhčovač a také za zvlhčovač za pomoci revizních dvířek instalovaných na stěně potrubí. Dále jsme umístili čidla přímo do zvlhčovače. Veškerá čidla se napojila do měřicí ústředny, která zaznamenávala všechna potřebná data, kde jsme nastavili časový krok záznamu 1 minuty. Měřili jsme především teploty, relativní vlhkosti a měrné vlhkosti vždycky před a za zvlhčovačem. Za zvlhčovačem byl umístěn komponent potrubí s odvodem kondenzátu, který byl odváděn do připravené vany umístěné přímo pod měřicí dráhou.



Obr. 3.30 Umístění měřících čidel do dráhy

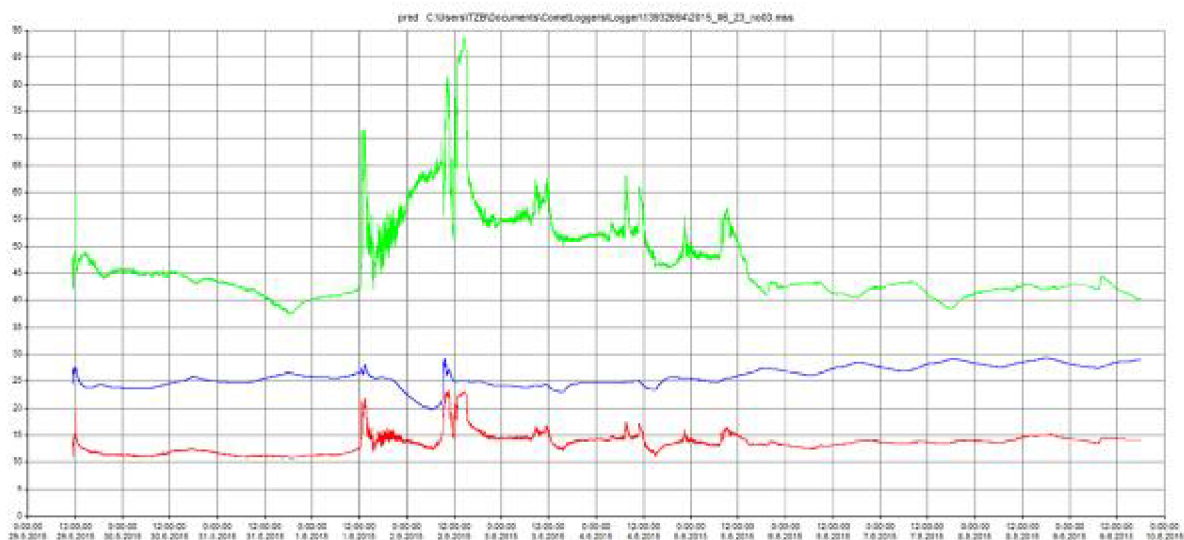
Po zapnutí ventilátoru za pomoci regulátoru otáček jsme daný experiment začali provádět na objemovém průtoku vzduchu $1700 \text{ m}^3/\text{h}$. Zapnuli jsme čerpadlo ponořené v kbelíku, aby začalo přivádět vodu do zvlhčovače potřebnou ke zvlhčení a ochlazení přívodního vzduchu. Zvlhčovač byl během pár minut zcela nasátý vodou a bylo pocitově znát na výtlačné straně měřící dráhy, že vzduch je vlhčí a chladnější. Po 15 minutách nám vznikalo značné množství kondenzátu, proto bylo nutné kondenzát vyprázdnit z vany pod měřící tratí, jinak by voda z vany přetékala. Pak jsme každých 15 minut navýšili průtok o $160 \text{ m}^3/\text{h}$. Toto navýšení jsme provedli z důvodu zvětšením absorpce vlhkosti v závislosti na větším objemovém průtoku vzduchu. Pocitově bylo znát, že vzduch je o malý rozdíl chladnější, ale úbytek kondenzátu nebyl tak znatelný. Při průtoku $2400 \text{ m}^3/\text{h}$ docházelo k nasávání vody z lamel zvlhčovače do ventilátoru (obr.). Během měření bylo nutné dolévat vodu do kbelíku, odkud byla voda čerpána a doprovázena do zvlhčovače. Měření bylo ukončeno po 120 minutách při průtoku vzduchu $2800 \text{ m}^3/\text{h}$.



Obr. 3.31 Hromadění vody za zvlhčovačem

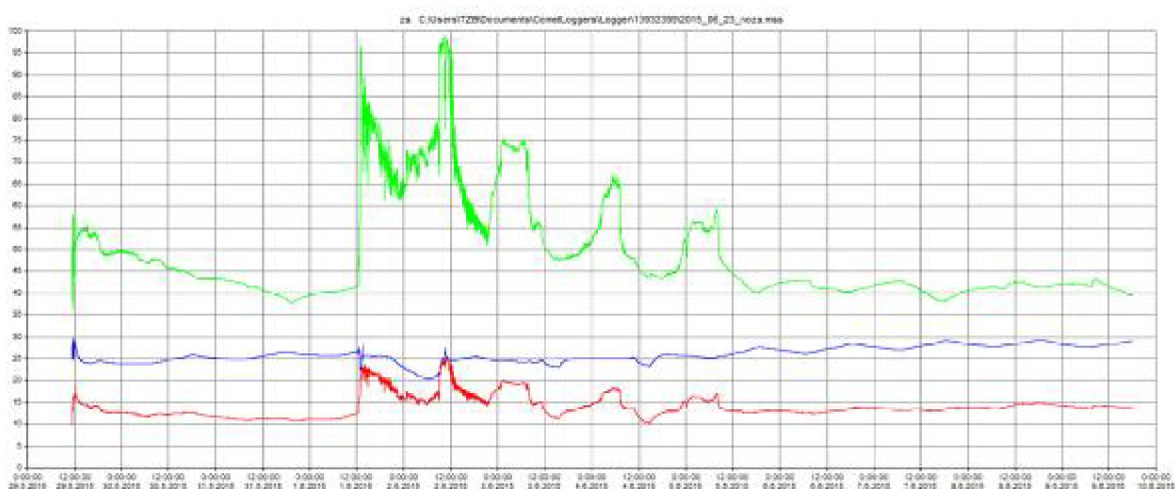
2.13.3.2 Naměřené hodnoty a grafické znázornění

Hodnoty z měřících čidel byly zaznamenávány v měřící ústředně. Z důvodu velkého množství údajů byly tyto hodnoty zobrazeny graficky. Hodnoty měřené dataloggerem byly zobrazeny v programu dodaném od výrobce a následně vyhotoveny do grafu. Kvůli potřebě dál pracovat s naměřenými hodnotami jsou tyto grafy pouze ilustrační. Proto hodnoty z přístrojů jsme si převedli do programů, v kterých se dál s nimi pracovat.



Obr. 3.32 Grafické vyhodnocení z dataloggeru před zvlhčovačem

Zobrazení průběhů teplot a vlhkostí před skrápěčem v programu datogger. Je vidět postupný průběh teplot a vlhkostí. 1. června probíhalo měření od 12h, což dokazuje zvýšení vlhkosti v laboratoři z 42% až na 75%. Měření vlhkosti probíhají 2. června bylo lepší z hlediska naměřených hodnot. Měření probíhalo od 9 hodin do 11hodin. Jelikož jsme prováděli experiment předešlý den, byla úroveň vlhkosti na 65%. Po skončení měření jsme dosáhli před skrápěčem vlhkosti 88%.



Obr. 3.33 Grafické vyhodnocení z dataloggeru za zvlhčovačem

Zobrazení průběhů teplot a vlhkostí za skrápěčem v programu datogger. Je vidět postupný průběh teplot a vlhkostí. 1. června probíhalo měření od 12h, což dokazuje zvýšení vlhkosti v laboratoři z 42% až na 95%. Měření vlhkosti probíhají 2. června bylo lepší z hlediska naměřených hodnot. Měření probíhalo od 9 hodin do 11 hodin. Jelikož jsme prováděli experiment předešlý den, byla úroveň vlhkosti na 75%. Po skončení měření jsme dosáhli za skrápěčem vlhkosti 95%.



Obr. 3.34 Zobrazení průběhu teplot

Zobrazení průběhu teplot před a za skrápěčem ze dne 2. června. Je viditelné, že po dobu 50 minut rozdíl teplot před a za byl 4-5°C. Rozdíl teplot rosného bodu nebyl tak značný, neboť dosáhl rozdílu 2°C. V době od 10 hodin bylo čerpadlo na 30 minut vypnuto, což je viditelné, že průběhy teplot se ustálily a nijak výrazně se nenavýšovaly. V čase 10.40h došlo k vysušení skrápěče, proto dané průběhy se začaly pomalu překrývat a teplota za skrápěčem vzrostla.



Obr. 3.35 Zobrazení průběhu vlhkostí

Zobrazení průběhu vlhkosti před a za skrápěčem ze dne 2. června. Vlhkostní rozdíl byl během měření o 40% větší z rozdílu před a za skrápěče. Po vypnutí čerpadla v 10h se průběh vlhkosti ustálil na rozdíl 15%, z čehož jsme dosáhli vlhkosti v místnosti 80%. Díky tomuto nárůstu vlhkosti došlo k popraskání omítky na stropě a jejímu následovnému spadnutí. Pocitově se dá konstatovat, že vzduch v laboratoři byl více nasycený, ale pro pobyt by byl nedýchatelný.



Obr. 3.36 Poškození omítky v laboratoři

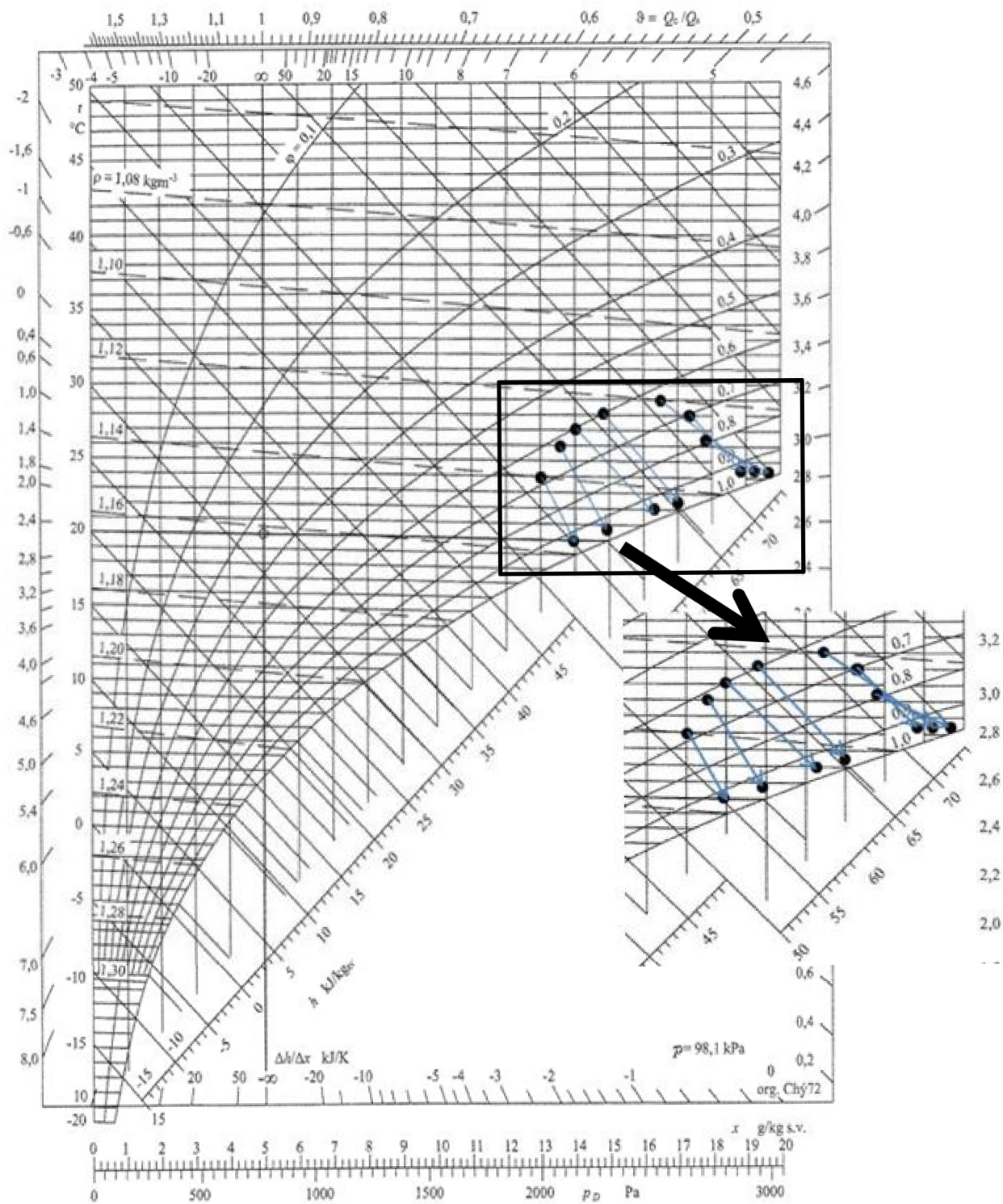
2.13.3.3 Výkon zvlhčovače

$$Q = V \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_z) = \frac{2000}{3600} \cdot 1010 \cdot 1,2 \cdot (28 - 24,6) = 2129 \text{ W}$$

- V – objemový průtok vzduchu [m^3/h]
- C – měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{JK}^{-1}\text{kg}^{-1}$]
- ρ – hustota vzduchu [kg/m^3]
- t_p – teplota vzduchu před skrápěčem [$^{\circ}\text{C}$]
- t_z – teplota vzduchu za skrápěčem [$^{\circ}\text{C}$]

Pozn. : Výkon zvlhčovače se počítal pro časový úsek, kdy byla teplota na ustálené hodnotě.

Mollierův $h - x$ ($i - x$) diagram

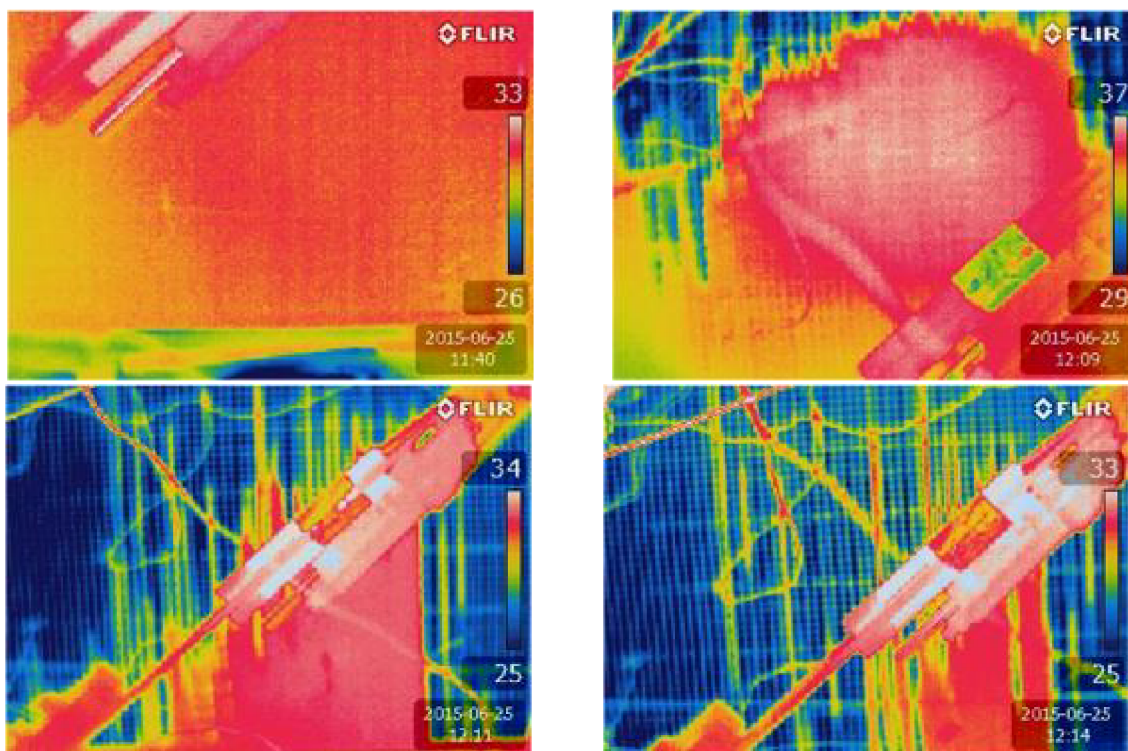


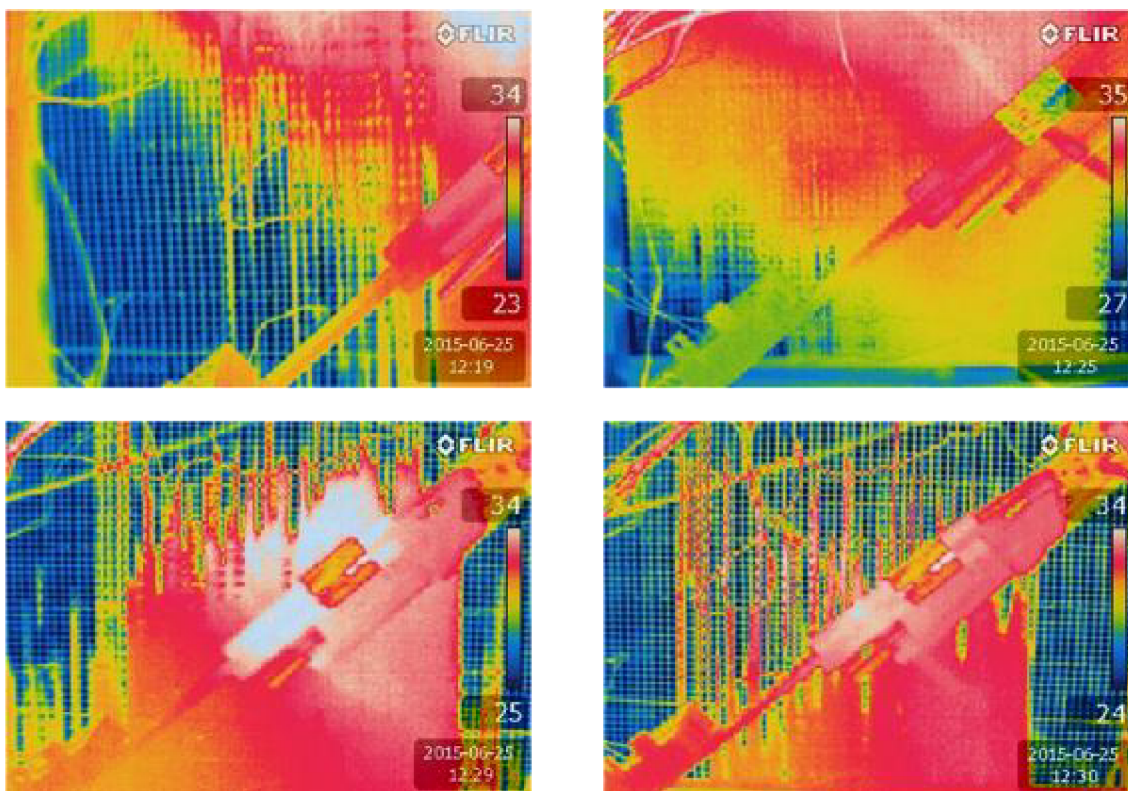
Obr. 3.37 Vynesení výsledků v $h-x$ diagramu

B. Se střídavým dávkováním

2.13.3.1 Postup měření

Po zapnutí ventilátoru za pomoci regulátoru otáček jsme pro tento experiment nastavili objemový průtok vzduchu $2000 \text{ m}^3/\text{h}$, který jsme nezměnili. Zapnuli jsme čerpadlo ponořené v kbelíku, aby začalo přivádět vodu do zvlhčovače potřebnou ke zvlčení a ochlazení přivodního vzduchu. Zvlhčovač byl během pár minut zcela nasátý vodou a po 4 minutách jsme čerpadlo vypnuli. Po dobu 18 minut jsme nepřiváděli vodu do zvlhčovače. Po tuto dobu přivodní vzduch absorboval vlhkost ze zvlhčovače. Byl znát pocitově rozdíl změny vlhkosti a teploty. Po tuto dobu vzniklo malé množství kondenzátu, které minimálně naplnilo vanu na odvádění kondenzátu. Během pokusu jsme zaznamenávali termokamerou snímky, abychom viděli postupné nasycení lamel vodou a jejich případné vysušování. Po dané době, kde bylo viditelně znát, že se zvlhčovač vysušuje vlivem absorpce vlhkosti přivodního vzduchu, zapnuli jsme opět čerpadlo po dobu 2 minut. Po tuto dobu se zvlhčovač opět nasytil vodou a čerpadlo bylo vypnuto. Opět došlo k postupnému vysušování po dobu 23 minut, kdy jsme potom po dobu 2 minut zapnuli čerpadlo, aby byl zvlhčovač nasycen vodou. Během měření bylo nutné dolévat vodu do kbelíku, odkud byla voda čerpána a doprovázena do zvlhčovače. Ovšem nebylo tak časté jako v předchozím experimentu. Měření bylo ukončeno po 75 minutách při konstantním objemovém průtoku vzduchu $2000 \text{ m}^3/\text{h}$.

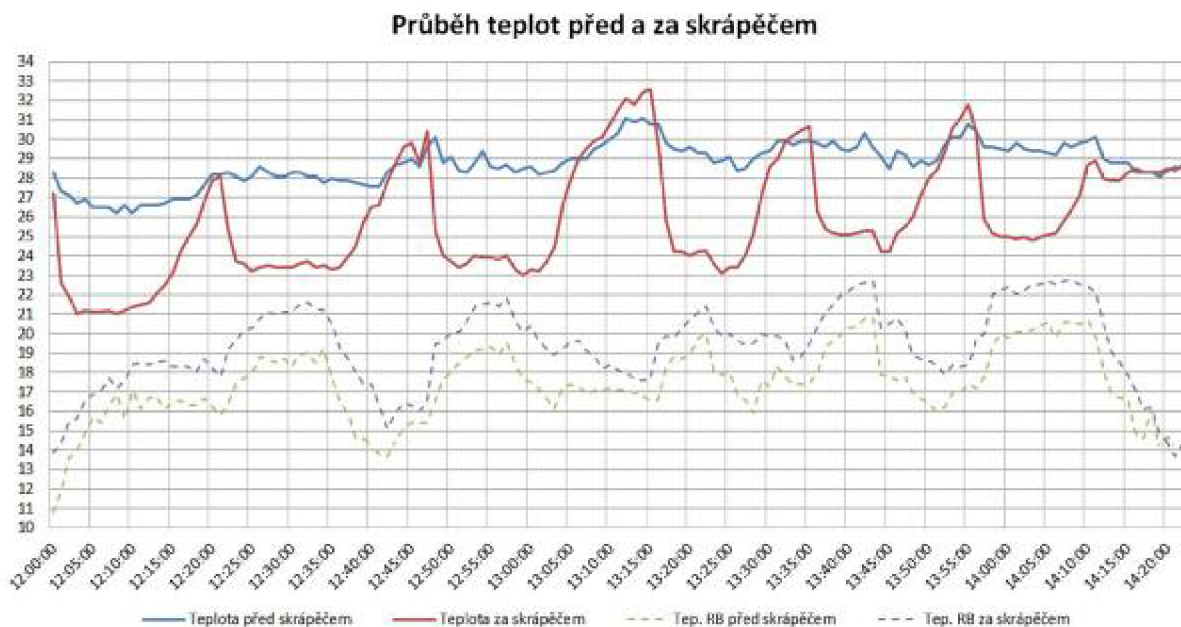




Obr. 3.38 Zachycení termokamerou nasycení zvlhčovače

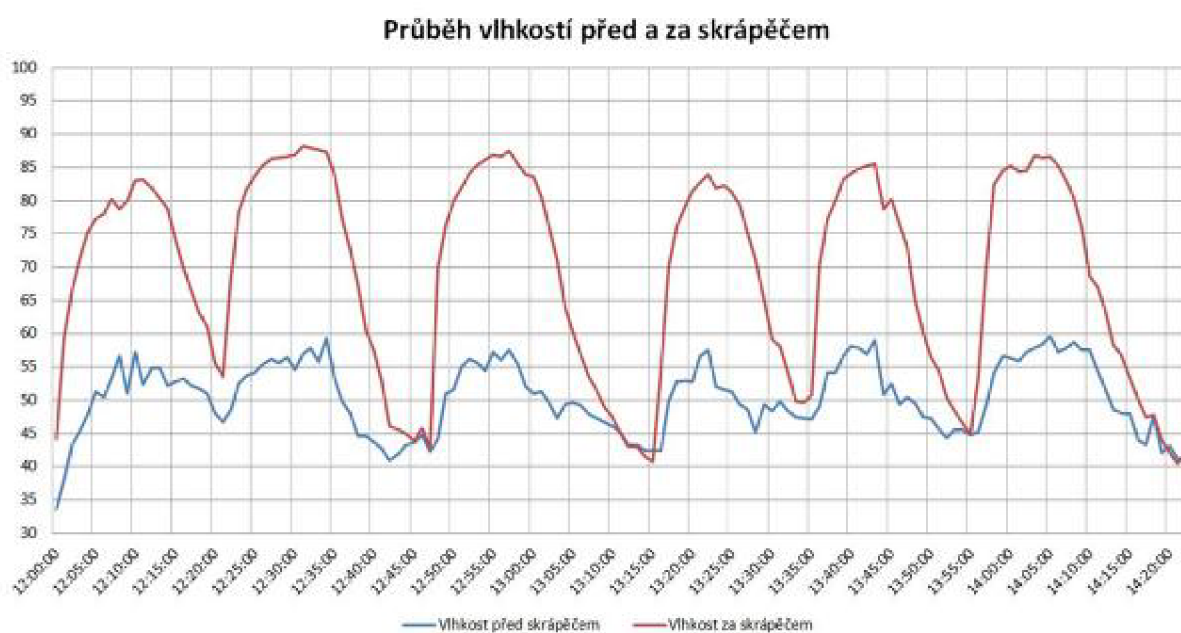
2.13.3.2 Naměřené hodnoty a grafické znázornění

Hodnoty z měřících čidel byly zaznamenávány v měřící ústředně. Z důvodu velkého množství údajů byly tyto hodnoty zobrazeny graficky. Hodnoty měřené dataloggerem byly zobrazeny v programu dodaném od výrobce a následně vyhotoveny do grafu.



Obr. 3.39 Zobrazení průběhu teplot

Zobrazení průběhu teplot před a za skrápěčem ze dne 25. června. Měření probíhalo od 12 hodin do 14.20 hodin. Během toho měření jsme pracovali s dvěma objemovými průtoky. Nejprve jsme pracovali s objemovým průtokem $200 \text{ m}^3/\text{h}$. Je patrné, že pokles teplot byl značný během jedné minuty. Po dobu 10 minut je průběh ustálený a rozdíl teplot před a za skrápěčem byl $5\text{--}6^\circ\text{C}$. Následně dochází k postupnému vysušování během 8 minut. Jakmile se průběhy teplot k sobě přiblížily, došlo k náhlému poklesu teplot díky zapnutí čerpadla. Proto je i v ostatních případech průběhů vidět, kdy bylo čerpadlo zapnuto, kdy bylo vypnuto a kdy docházelo k postupnému vysušování skrápěče. Rozdíl teplot rosného bodu nebyl tak značný, dosáhl rozdílu 2°C . V době 13.20 nastalo zvýšení objemového průtoku na $2400 \text{ m}^3/\text{h}$. Je vidět, že navýšením objemového průtoku nemělo velký vliv na průběhy teplot, protože rozdíl teplot před a za skrápěčem byl $4\text{--}5^\circ\text{C}$.



Obr. 3.40 Zobrazení průběhu vlhkostí

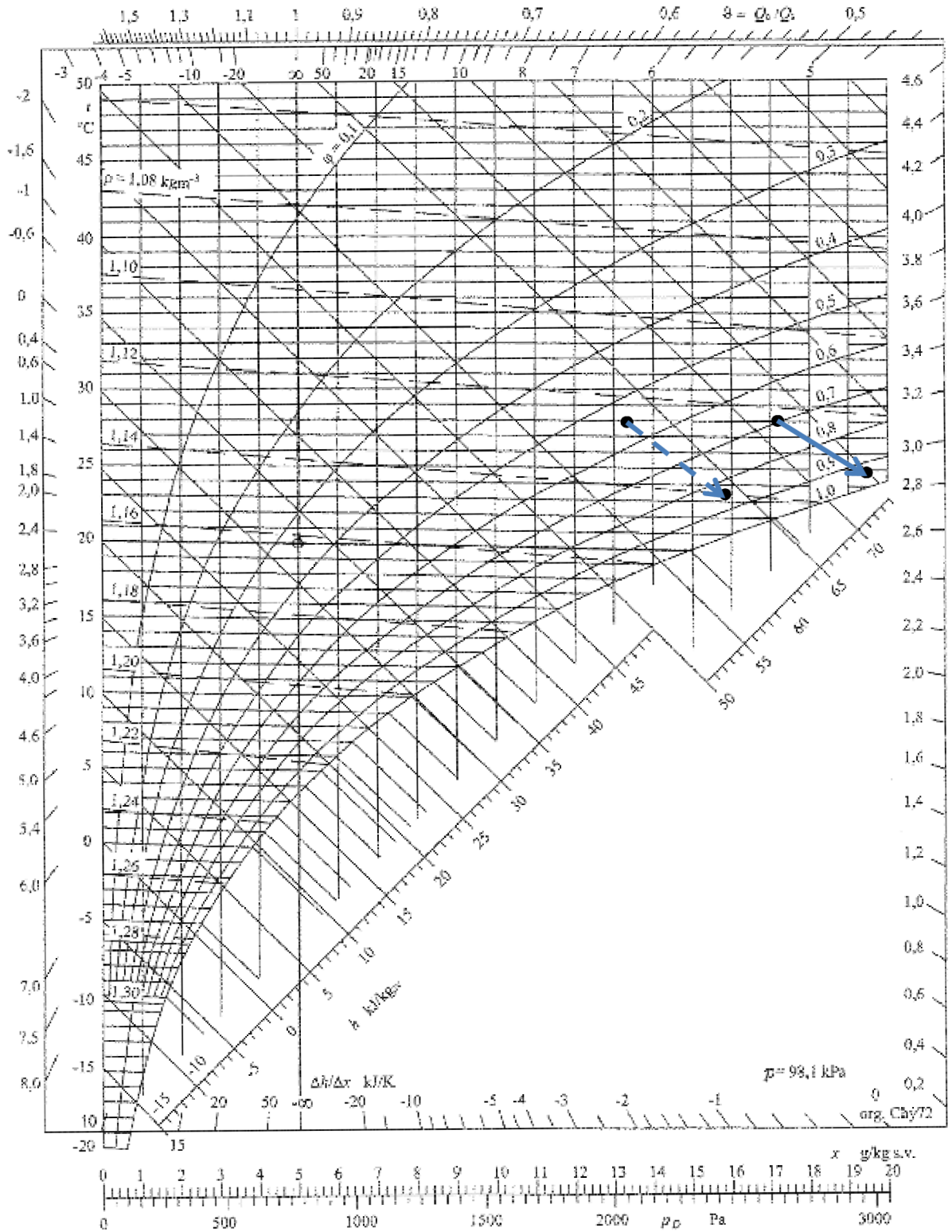
Zobrazení průběhu vlhkostí před a za skrápěčem ze dne 25. června. Měření probíhalo od 12 hodin do 14.20 hodin. Během toho měření jsme pracovali s dvěma objemovými průtoky. Nejprve jsme pracovali s objemovým průtokem $2000 \text{ m}^3/\text{h}$. Je patrné, jak se vlhkost měnila vlivem střídavého dávkování vody do skrápěče. Vlhkostní rozdíl byl během měření o 30% větší z rozdílu před a za skrápěče. Po vypnutí čerpadla se průběh po dobu zhruba 8 minut ustálil, čehož jsme dosáhli vlhkosti v místnosti 85%. Po dobu 10 minut docházelo k postupnému vysušování, čímž i klesala vlhkost před a za skrápěčem. Z průběhu je viditelné, že jakmile došlo k přiblížení průběhů, tak bylo zapnuto čerpadlo, aby nebyl rozdíl před a za skrápěčem nulový. V době 13.20 nastalo zvýšení objemového průtoku na $2400 \text{ m}^3/\text{h}$. Hodnota vlhkosti se držela na 55-60%. Hodnota vlhkosti za skrápěčem se pohybovala okolo 85%. Je vidět, že navýšením objemového průtoku nemělo velký vliv na průběhy vlhkostí.

2.13.3.3 Výkon zvlhčovače

- $Q = V \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_z) = \frac{2000}{3600} \cdot 1010 \cdot 1,2 \cdot (28,2 - 23,4) = 3215 \text{ W}$
- V – objemový průtok vzduchu [m^3/h]
- C – měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{JK}^{-1}\text{kg}^{-1}$]
- ρ – hustota vzduchu [kg/m^3]
- t_p – teplota vzduchu před skrápěčem [$^{\circ}\text{C}$]
- t_z – teplota vzduchu za skrápěčem [$^{\circ}\text{C}$]

Pozn. : Výkon zvlhčovače se počítal pro časový úsek, kdy byla teplota na ustálené hodnotě.

Mollierův $h - x$ ($i - x$) diagram



Obr. 3.41 Vynesení výsledků obou způsobů dávkování vody v $h-x$ diagramu

2.13.4 Závěr měření

Následující měření nám dodalo potřebné hodnoty, díky kterým jsme mohli sledovat průběhy teplot a především vlhkostí, a mohly je porovnat s hodnotami změřenými v pokusu neustálého dávkování vody. Během měření jsme provedli vizuální fotodokumentaci za pomoci termokamery, kdy je na snímcích vidět postupné nasycení skrápěče vodou a posléze i jeho vysušování. Podstatné je zachycení v jakém časovém intervalu se skrápěč dokázal rychle nasytit vodou. Díky získaným hodnotám jsme vypočítali výkon zvlhčovače při rozdílných způsobech dávkování vody. Zjistili jsme, že při stejném objemovém průtoku vzduchu, který činil 2000 m³/h, a stejném časovém úseku 8 minut, kdy byly teploty relativně ustáleny na stejné hodnotě, byl výkon zvlhčovače při nepřetržitém dávkování vody 2129 W, zatímco výkon zvlhčovače při střídavém dávkování byl 3215 W. Změnou dávkování vody z nepřetržitého na střídavé docílíme zmenšení množství kondenzátu, ale naopak zvětšení výkonu zvlhčovače.

3. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout vzduchotechnické zařízení pro výrobní halu na bavlnu. Bavlna potřebě být v prostředí o teplotě 23 až 27°C a vlhkosti 60 až 70%. Zároveň zařízení musejí pokrýt tepelné zisky. Pro daný objekt byly navrženy dvě varianty řešení.

Pro první variantu řešení bylo navrženo 5 vzduchotechnických jednotek každá pracující s objemovým průtokem $25200 \text{ m}^3/\text{h}$. Každá jednotka řeší úpravy vzduchu ohřevem, chlazením, dohřevem a vlhčení vzduchu. Jednotky jsou umístěné ve strojovně vzduchotechniky. Pro rozvod vzduchu byly zvoleny textilní výustě zavěšené pod stropem. Pro úsporu energie bylo navrženo směšování vzduchu jdoucího z výrobní haly. Aby bylo dosaženo požadovaných podmínek ve výrobní hale pro ideální podmínky na bavlněné materiály, navrhli jsme teplotu přivodního vzduchu z jednotky 20°C a vlhkosti vzduchu 90%. Jednotlivé jednotky byly vybaveny tlumiči hluku, aby vyhovovaly na předepsané limity hluku do okolí.

Pro druhou variantu řešení bylo navrženo 5 vzduchotechnických jednotek každá pracující s objemovým průtokem $20000 \text{ m}^3/\text{h}$. Každá jednotka řeší úpravy vzduchu ohřevem, chlazením, dohřevem a vlhčení vzduchu. Jednotky jsou umístěné ve strojovně vzduchotechniky. Pro rozvod vzduchu byly zvoleny textilní výustě zavěšené pod stropem. Pro úsporu energie bylo navrženo směšování vzduchu jdoucího z výrobní haly. Na rozdíl od první varianty bylo zvoleno 16 dovlhčovacích zařízení, které pracují s objemovým průtokem $1625 \text{ m}^3/\text{h}$. Každé zařízení dokáže vlhčit vzduch na 90%. Všechna tato zařízení budou naistalována pod stropem. Díky tomuto způsobu dovlhčování budou navrženy menší jednotky a tak dojde na úspore materiálu na potrubí, ale i menšího potřebného místa na sestavení jednotek.

Přínosem experimentu je ověření parametrů adiabatického zvlhčovače od výrobce. Díky měření konaných v laboratoři jsme zjistili, že daný výrobek dokáže navlhčit vzduch na velké hodnoty nasycení. Z naměřených hodnot jsme určili, že lepší způsob dávkování vody do zvlhčovače bude střídaným dávkováním. Daný adiabatický zvlhčovač se dá použít pro provoz ve vzduchotechnických systémech, ale je potřeba uvažovat s odvodem kondenzátu.

4. POUŽITÉ ZDROJE

4.1 Knihy, normy, legislativní předpisy

1. GÜNTNER GEBAUER, OLGA RUBINOVÁ, HELENA HORKÁ, *Vzduchotechnika*. Brno: ERA group spol. s r.o., 2007, 2. vydání. ISBN 978-80-7366-091-8.
2. MARTA SZÉKYOVÁ, KAROL FERSTL, RICHARD NOVÝ, *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga Media, 2006, ISBN 80-8076-037-3.
3. ČSN 73 0548. ČESKOSLOVENSKÁ STÁTNÍ NORMA. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Český normalizační institut, 1986.
4. ČSN 12 7010. ČESKOSLOVENSKÁ STÁTNÍ NORMA. *Vzduchotechnická zařízení. Navrhování větracích a klimatizačních zařízení. Všeobecná ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 1986.
5. ČSN 73 0872. ČESKOSLOVENSKÁ STÁTNÍ NORMA. *Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
6. NV Č. 93/2012 SB.. *Sbírka zákonů a Sbírka mezinárodních smluv*: www.mvcr.cz. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=93/2012&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
7. NV Č. 272/2011 SB.. *Sbírka zákonů a Sbírka mezinárodních smluv*: www.mvcr.cz. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=22560>
8. VY Č. 6/2003 SB.. *Sbírka zákonů a Sbírka mezinárodních smluv*: www.mvcr.cz. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=6/2003&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

4.2 Elektrické zdroje

9. ELEKTRODESIGN, STĚNOVÉ MŘÍŽKY. <http://www.elektrodesign.cz>. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty/prislusenstvi-distribucni-elementy/mrizky/stenove-mrizky>
10. TECHNIKA BUDOV, S.R.O. . TERUNA. www.technikabudov.cz. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.technikabudov.cz/ASP/Downloads/setup.zip>
11. ELEKTRODESIGN, STĚNOVÉ MŘÍŽKY. <http://www.elektrodesign.cz>. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty/prislusenstvi-distribucni-elementy/mrizky/stenove-mrizky>
12. OXYCOM. <http://www.oxy-com.com>. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.oxy-com.com/C1235-Our-Company.html>
13. AIRFLOW. <http://www.airflow.cz>. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.airflow.cz/produkty/pristroje/anemometry.php>
14. QPRO. <http://www.qpro.cz>. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Vypocty-online-pro-vzduchotechniku-a-klimatizaci>

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

<i>Symbol</i>	<i>Veličina</i>	<i>Jednotka</i>
d	průměr	[mm]
D _p	přirozený útlum	[dB]
q _s	produkce tepla od strojů	[W/m ²]
ρ	hustota vzduchu	[kg / m ³]
L _v	hladina akustického výkonu	[dB]
L	délka	[m]
Q	teplo	[W]
R	ztráty třením	[Pa/m]
S	plocha	[m ²]
V	průtok	[m ³ /h]
v	rychlost	[m/s]
ξ	součinitel vřazených odporů	[-]
c	měrná tepelná kapacita	[Jkg ⁻¹ K ⁻¹]
Δt _{kl}	rozdíl teplot	[K]
η	výměna vzduchu	[1/h]

VZT – vzduchotechnika

ZZT – zpětné získávání tepla

6. PŘÍLOHY

6.1 VÝPOČTOVÁ ČÁST

6.1.1 Návrh vzduchotechnické klimatizační jednotky varianty 1

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

1011 Výrobní hala Humpolec
01 / Klimatizační jednotka
Standardní prostředí



STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 28	
Typ řídicího systému	Nej	
Hmotnost (+10%)	5 285 kg	
Umístění jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení	Lakový plech (RAL 9002)	
Vnější plášť	Lakový plech	
Vnitřní plášť	Podinkovaný plech	
Přívod	Přívod	Odvod
Přítok vzduchu	25200 m ³ /h	25200 m ³ /h
Externí tlaková rezerva	361 Pa	450 Pa
Rychlost v průřezu	3.65 m/s	3.65 m/s
Příkon ventilátorů	16.88 kW	14.75 kW
1. stupeň filtrace	M5	G4
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _{ext}	2411 W.m ^{-1.s}	

Model box AMXP3



Celkový příkon jednotky	31.81 kW	Mechanická stabilita	D2IM
Napájecí napětí	3~400V+N+PE 50Hz	Netěsnost skříňe	L2(M)
Celkový proud I _{max}	66 A	Termická izolace	T3(M)
SFP _{ext}	4519 W.m ^{-1.s}	Faktor tepelných mostů	TB3(M)
		Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0.5 % (F9)

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média	
Přehřev	-20.0 - 5.0 °C	83.1 kW	70/50 °C, 40 % B	hlyengtykol, 2.2 kPa, 3.99 m ³ /h
Zpětný zisk tepla	-5.0 - 20.0 °C	81 %		
Směšování	26.0 - 22.4 °C	40 %		
Ohřev	22.4 - 29.0 °C	52.3 kW	70/47 °C, Voda, 1.5 kPa, 1.96 m ³ /h	
Chlazení	32.0 - 23.0 °C	55.3 kW	12/20 °C, Voda, 1.9 kPa, 5.97 m ³ /h	

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

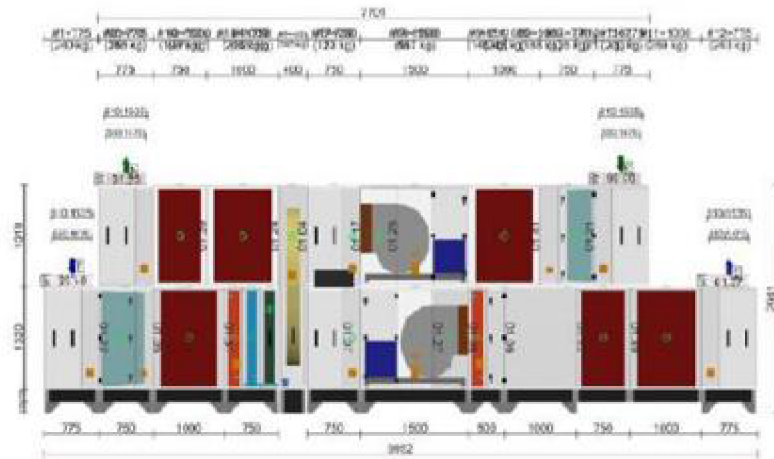
Hlukové parametry zařízení

L _{wa} [dB(A)] **	Přívod	Odvod	
Vstup	71.4	77.4	
Výstup	73.7	71.4	
Okolí	72.7	72.7	** Celková hladina akustického výkonu

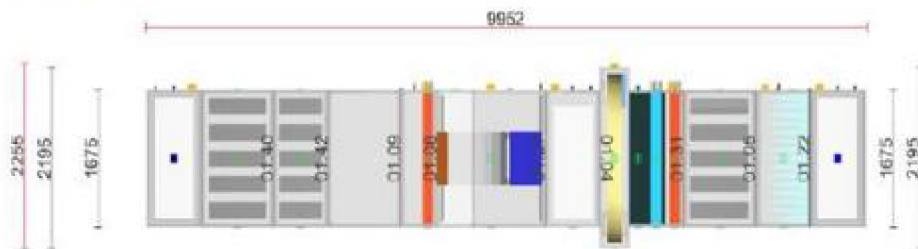
GRAFICKÉ POHLEDY

Bokorys servisní strany

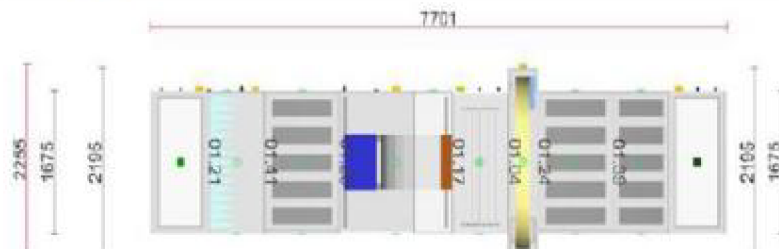
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přírodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



Půdorys přírodní větve



Půdorys odtahové větve



ID nabýdky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

1011 Výrobní hala Humpolec
01 / Klimatizační jednotka
Standardní prozvědi



DETAILNÍ HLAVOVÉ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

	LWdakat* (dB)				LwA** (dB(A))			
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Oktávové pásmo	60.2	67.6	67.2	61.9	46.5	46.3	50.9	46.4
Přívod - sání	64.6	71.3	67.8	51.6	35.7	43.7	54.4	56.9
Přívod - výtlak	60.2	62.5	67.1	68.9	61.8	59.1	56.6	48.2
Odvod - ovlá	64.4	71.9	74.1	68.0	55.1	57.3	62.5	60.1
Odvod - sání	63.1	69.2	64.8	47.1	32.3	39.1	50.9	52.8
Odvod - výtlak	61.4	62.8	68.0	68.0	61.4	59.1	56.2	44.9
Odvod - ovlá	61.4	62.8	68.0	68.0	61.4	59.1	56.2	44.9

* Hladiny akustického výkonu v oktávových pásmech
** Celková hladina akustického výkonu

DETAILNÍ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

01.35 Tlumič vložka	Přívod	DV 1475-550
Kód		VON011455
Nominální průtok vzduchu		15120 m ³ /h
01.32 Šekice rohová	Přívod	XP9H 28/S
Kód		XPPO028K0PEL50
Nominální průtok vzduchu		15120 m ³ /h
Tlaková ztráta		6 Pa

Příslušenství vestavěné

- Panel čerň - plný XPK 28/L, Kód: XPKO028KS L, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 28/L (MSF), Kód: MPKO028RS L, Počet: 1

01.22 Filtř	Přívod	XPNH 28/S ECOD
Kód		XPNH028 50655
Servicej přístup		Zprava
Materiál vnějšího pláště		Posukovaný plech
Nominální průtok vzduchu		15120 m ³ /h
Tlaková ztráta		130 Pa
Třída filtrace		M5
Typ filtru		Kapesový
Počáteční / Konečná tlaková ztráta		40 / 200 Pa

Příslušenství vestavěné

- Snímač tlaková diference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

Skřínka filtru

- Kód AX
 - Rozměr vložky (šířka × výška × hloubka)
 - Třída filtrace
 - Počet kapes v jedné vložce
 - Počet vložek v jedné filtrační vestavbě
- | | |
|--------------------|----------------|
| 11Z50041861 | 287x592x550 mm |
| M5 | 3 ks |
| 2 ks | |

- Kód AX
- Rozměr vložky (šířka × výška × hloubka)
- Třída filtrace
- Počet kapes v jedné vložce
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě

- | | |
|--------------------|----------------|
| 11Z50041866 | 592x592x550 mm |
| M5 | 5 ks |
| 4 ks | |

01.05 Tlumič hluku	Přívod	XPPO 28/K
Kód		XPPO028K0 K
Nominální průtok vzduchu		15120 m ³ /h
Tlaková ztráta		19 Pa

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

[01] Výrobní hala Humpolec
01 / Klimatizační jednotka
Standardní prostředí



01.31 Vodní ohřivač	Přívod	XPNC 28/2R		
Kód	XPNC028 S02		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	20160 m ³ /h	Teplota/Vlhkost		
Tlaková ztráta	72 Pa	Vstup	20,0 °C / 60 %	32,0 °C / 40 %
Rychlost v průřezu	2,9 m/s	Výstup	5,0 °C / 15 %	32,0 °C / 40 %
Teplonosné medium	40 % Ethylenglykol			
Počet řad	2	Teplotní spád	70/50 °C	
Počet okruhů	1			
Rozeč lamel	2,1 mm	Výkon	83,1 kW	
Materiál				
Materiál trubek	Cu	Teplonosné medium		
Materiál lamel	Al	Průtok	3,99 m ³ /h	
Připojení		Tlaková ztráta	2,2 kPa	
Průměr připojení	2"			
Typ	8.35.CU.11.AL.31.02.1425.21.W.X.X.020.062.R 2" L			

Příslušenství vestavěné

- Směšovací uzel SUMX 10/EU (1), Kód: VSU04A0B, Počet: 1
- Protimrazové čidlo NS 130 R, Kód: XPNS130R, Počet: 1

01.31 Vodní chladič	Přívod	XPND 28/4R		
Kód	XPND028 S04		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	20160 m ³ /h	Teplota/Vlhkost		
Tlaková ztráta	120 Pa	Vstup	5,0 °C / 15 %	32,0 °C / 40 %
Rychlost v průřezu	3,6 m/s	Výstup	5,0 °C / 15 %	23,0 °C / 68 %
Teplonosné medium	Voda			
Počet řad	4	Teplotní spád	12/20 °C	
Počet okruhů	1			
Rozeč lamel	2,1 mm	Výkon	55,3 kW	
Materiál		Množství kondenzátu	0,0 kg/h	
Materiál trubek	Cu	Teplonosné medium		
Materiál lamel	Al	Hmotnostní průtok	5,97 m ³ /h	
Připojení		Tlaková ztráta	1,9 kPa	
Průměr připojení	2"			
Typ	8.35.CU.11.AL.31.04.1425.21.W.X.X.040.124.R 2" L			

Příslušenství vestavěné

- Směšovací uzel chladiče SUMX 16/EU (3), Kód: VSU04A6B, Počet: 1

01.31 Eliminátor kapek	Přívod	XPNU 28		
Kód	XPNU028 S0			
Nominální průtok vzduchu	20160 m ³ /h			
Tlaková ztráta	45 Pa			

01.04 Rotační rekuperátor	Přívod/Odvod	XPXR 28/7		
Kód	XPXR028RSGP72T10PFA		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	15120 / 15120 m ³ /h	Teplota/Vlhkost- Přívod		
Tlaková ztráta	158 / 169 Pa	Vstup	5,0 °C / 15 %	23,0 °C / 68 %
Rychlost v průřezu	2,6 / 2,9 m/s	Výstup	20,0 °C / 37 %	23,0 °C / 68 %
Typ výměníku	Teplotní	Teplota/Vlhkost- Odvod		
Výška vlny / šířka rotoru	1,6 / 200 mm	Vstup	26,0 °C / 60 %	26,0 °C / 60 %
Průměr vnější	2020 mm	Výstup	7,6 °C / 100 %	26,0 °C / 60 %
Motor				
Napájecí napětí	3NPE 400 V, 50 Hz	Teplotní účinnost	81 %	
Výkon	180 W	Výkon		
Proud max.	6,10 A	Celkový výkon	189,6 kW	
Napájecí napětí regulátoru	1NPE 230 V, 50 Hz	Cibelní výkon	123,2 kW	
		Vězaný výkon	66,4 kW	

ID nabídky
 Projekt
 Číslo / Název zařízení
 Určení jednotky

[01] Výrobní hala Humpolec
 01 / Klimatizační jednotka
 Standardní prostředí



01.07 Směšování **Přívod** **XPIS 28/5**

Kód	XPIS028RSOPNLS		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	18 Pa	Vstup	26.0 °C / 60 %	26.0 °C / 60 %
		Výstup	22.4 °C / 49 %	23.6 °C / 66 %
		Poměr cirkul. vzduchu (CF)	50 %	0 %
		Poměr cirkul. vzduchu	40 %	20 %

01.27 Ventilátor **Přívod** **XPVR 500-200/150-15, 0-J2 (IE1)**

Kód	XPVR028-S050PRMS2-A5K1
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h
Statický tlak	979 Pa
Proud v pracovním bodě	26.23 A
Jmenovitý proud	0.00 A
Otáčky ventilátoru (n)/(n _{max})	2190/01/min
Požadované otáčky v prac. bodě	0 %
Výkon ventilátoru	14.92 kW
Účinnost	65 %
Elektrický příkon	16.88 kW
Specifický výkon ventilátoru	2411 W.m ³ .s
Rychlost v průřezu	3.64 m/s
Pracovní frekvence	50 Hz
Přívod	Řemanový
Motor	
Třída účinnosti motoru	IE1
Výkon motoru nom.	15000 W
Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz
Proud max.	27.00 A
Počet pólů	2
Jištění	Termokontakty

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - výdák XPM 28/A, Kód: XPM0028-S-A, Počet: 1
- Snímač tlakové difference P33 V (20 - 200 Pa), Kód: XPP33V, Počet: 1

01.08 Vodní ohřevač **Přívod** **XPNC 28/1R**

Kód	XPNC028-501		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	48 Pa	Vstup	22.4 °C / 49 %	23.6 °C / 66 %
Rychlost v průřezu	4.5 m/s	Výstup	29.0 °C / 33 %	23.6 °C / 66 %
Teplonosné médium	Voda			
Počet řad	1	Teplotní spád		70 / 47 °C
Počet okruhů	1			
Rozteč lamel	2.1 mm	Výkon		52.3 kW
Materiál				
Materiál trubek	Cu	Teplonosné médium		
Materiál lamel	Al	Průtok		1.96 m ³ /h
Připojení		Tlaková ztráta		1.5 kPa
Průměr připojení	2"			
Typ	8.35.CU.11.AL.31.01.1425.21.W.X.X.010.031.R.2" L			

Příslušenství vestavěné

- Směšovací uzel SUMX 4/EU (2), Kód: VSU0440B, Počet: 1
- Protimrazové čidlo N5 130 R, Kód: XPN5130R, Počet: 1
- Doplnková protimrazová ochrana CAP 3M, Kód: XPN5CAP3, Počet: 1

ID nabídky
 Projekt [01] Výrobní hala Humpolec
 Číslo / Název zařízení 01 / Klimatizační jednotka
 Určení jednotky Standardní prostředí



01.09 Sekce prázdná	Přívod	XPJP 28/E
----------------------------	---------------	------------------

Kód	XPJP028RS0 E
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h

01.42 Tlumič hluku	Přívod	XPPO 28/N
---------------------------	---------------	------------------

Kód	XPPO028RS0 N
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h
Tlaková ztráta	29 Pa

01.40 Tlumič hluku	Přívod	XPPO 28/K
---------------------------	---------------	------------------

Kód	XPPO028RS0 K
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h
Tlaková ztráta	30 Pa

01.33 Sekce rohová	Přívod	XPJR 28/V
---------------------------	---------------	------------------

Kód	XPJR028RS0PELV0
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h
Tlaková ztráta	16 Pa

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - plný XPK 28/L, Kód: XPK0028RS L, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 28/L (MSP), Kód: MPK0028RS L, Počet: 1

01.37 Tlumič vložka	Přívod	DV 1475-550
----------------------------	---------------	--------------------

Kód	DV011455
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h

01.36 Tlumič vložka	Odvod	DV 1475-550
----------------------------	--------------	--------------------

Kód	DV011455
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h

01.34 Sekce rohová	Odvod	XPJR 28/S
---------------------------	--------------	------------------

Kód	XPJR028RS0LELS0
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h
Tlaková ztráta	9 Pa

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - plný XPK 28/L, Kód: XPK0028RS L, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 28/L (MSP), Kód: MPK0028RS L, Počet: 1

01.21 Filtr	Odvod	XPNH 28/4 ECOD
--------------------	--------------	-----------------------

Kód	XPNH028 S004S
Servisní přístup	Zleva
Materiál vnitřního pláště	Pozinkovaný plech
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h
Tlaková ztráta	113 Pa
Třída filtrace	G4
Typ filtru	Kapsový
Počáteční /Konečná tlaková ztráta	76 / 150 Pa

Příslušenství vestavěné

- Snímač tlakové difference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

Skladba filtru

- Kód AX 11250041857

ID nabídky
 Projekt [01] Výrobní hala Humpolec
 Číslo / Název zařízení 01 / Klimatizační jednotka
 Určení jednotky Standardní prostředí



- Rozměr vložky (délka x výška x hloubka) 592x592x305 mm
- Třída filtrace G4
- Počet kapes v jedné vložce 6 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě 2 ks

- Kód AX 11250041859
- Rozměr vložky (délka x výška x hloubka) 597x592x305 mm
- Třída filtrace G4
- Počet kapes v jedné vložce 9 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě 2 ks

01.41 Tlumič hluku	Odvod	XPPO 28/K
--------------------	-------	-----------

Kód	XPPO028RS0 K
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h
Tlaková ztráta	30 Pa

01.26 Ventilátor	Odvod	XPVR 500-280/200-15,0-J2 (IE1)
------------------	-------	--------------------------------

Kód	XPVR028-S050PURS2-ASK1
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h
Statický tlak	754 Pa
Proud v pracovním bodě	22,79 A
Jmenovitý proud	0,00 A
Otáčky ventilátoru (n)/n _{max}	2093/0 1/min
Požadované otáčky v prac. bodě	0 %
Výkon ventilátoru	13,04 kW
Účinnost	60 %
Elektrický příkon	14,75 kW
Specifický výkon ventilátoru	2107 W.m ³ .s
Rychlost v průřezu	3,64 m/s
Pracovní frekvence	50 Hz
Převod	Řemenový
Motor	
Třída účinnosti motoru	IE1
Výkon motoru nom.	15000 W
Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz
Proud max.	27,00 A
Počet pólů	2
Jištění	Termokontakty

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - výdáv XPM 28/A, Kód: XPM0028-S-A, Počet: 1
- Snímač tlakové difference P33 V (20 - 200 Pa), Kód: XP933V, Počet: 1

01.17 Směšování	Odvod	XPIS 28/R
-----------------	-------	-----------

Kód	XPIS028RSOLLIR	Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h	Teplota /Vlhkost	
Tlaková ztráta	19 Pa	Vstup	26,0 °C / 60 % 26,0 °C / 60 %

ID nabídky
 Projekt [01] Výrobní hala Humpolec
 Číslo / Název zařízení 01 / Klimatizační jednotka
 Určení jednotky Standardní prostředí



Vnitřní klapka	Odvod	XPHD 28/750-S B
----------------	-------	-----------------

Kód	XPHD28RS0750SB0
Nominální průtok vzduchu	25200 m ³ /h

Příslušenství vestavěné
 - Servopohon SM 24A SR, Kód: XPS5524S, Počet: 1

01.24 Tlumič hluku	Odvod	XPPO 28/K
--------------------	-------	-----------

Kód	XPPO028RS0-K
Nominální průtok vzduchu	15120 m ³ /h
Tlaková ztráta	19 Pa

01.39 Tlumič hluku	Odvod	XPPO 28/N
--------------------	-------	-----------

Kód	XPPO028RS0-N
Nominální průtok vzduchu	15120 m ³ /h
Tlaková ztráta	18 Pa

01.20 Sekce rohová	Odvod	XPJR 28/V
--------------------	-------	-----------

Kód	XPJR028RS0LELV0
Nominální průtok vzduchu	15120 m ³ /h
Tlaková ztráta	10 Pa

Příslušenství vestavěné
 - Panel žaluzí - plný XPK 28/L, Kód: XPK0028RS-L, Počet: 1
 - Montážní sada panelu XPK 28/L (MSP), Kód: MPK0028RS-L, Počet: 1

01.23 Tlumicí vložka	Odvod	DV 1475-550
----------------------	-------	-------------

Kód	VDV011455
Nominální průtok vzduchu	15120 m ³ /h

6.1.2 Návrh vzduchotechnické klimatizační jednotky varianty 2

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

[02] Výrobní hala Humpolec
01 / Klimatizační jednotka 2
Standardní prostředí



STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 22	
Typ řídicího systému	Není	
Hmotnost (+/-10%)	4 690 kg	
Umístění jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášt	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášt	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	20000 m ³ /h	20000 m ³ /h
Externí tlaková rezerva	531 Pa	291 Pa
Rychlost v průřezu	3.59 m/s	3.59 m/s
Příkon ventilátorů	14.14 kW	9.30 kW
1. stupeň filtrace	M5	G3
2. stupeň filtrace	-	-
SFP	2546 W.m ⁻¹ .s	

Model box AMXP3



		Parametry pláště dle EN1886	
Celkový příkon jednotky	23.81 kW	Mechanická stabilita	D0(M)
Napájecí napětí	3~400V+N+PE 50Hz	Netěsnost skříňe	L2(M)
Celkový proud I _{max}	60 A	Termická izolace	T3(M)
		Faktor tepelných mostů	TB3(M)
SFP _{tot}	4120 W.m ⁻¹ .s	Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0.5 % (P9)

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média	
Přehřev	20.0 -> 5.0 °C	87.9 kW	70/50 °C, 40 % Ethylenglykol, 2.1 kPa, 4.23 m ³ /h	
Zpětný zisk tepla	5.0 -> 20.4 °C	82 %		
Směšování	20.4 -> 21.5 °C	20 %		
Ohřev	21.5 -> 29.0 °C	47.4 kW	70/40 °C, Voda, 0.2 kPa, 1.37 m ³ /h	
Chlazení	32.0 -> 23.0 °C	32.9 kW	12/19 °C, Voda, 0.9 kPa, 4.07 m ³ /h	

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

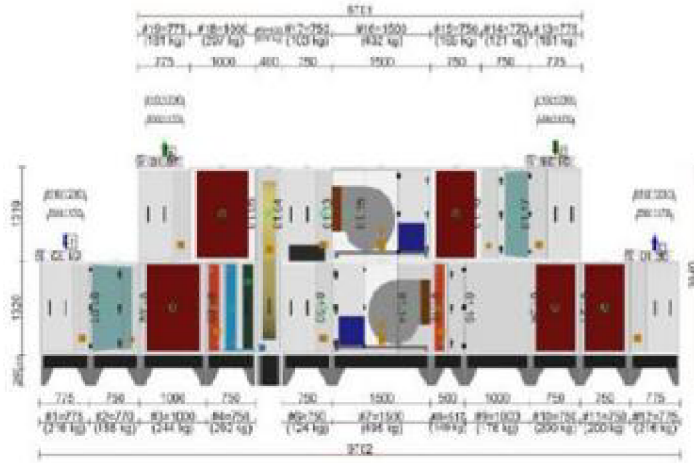
Hlukové parametry zařízení

L _w [dB(A)] **	Přívod	Odvod	
Vstup	68.7	77.7	
Výstup	72.0	74.6	
Okolí	69.6	69.1	** Celková hladina akustického výkonu

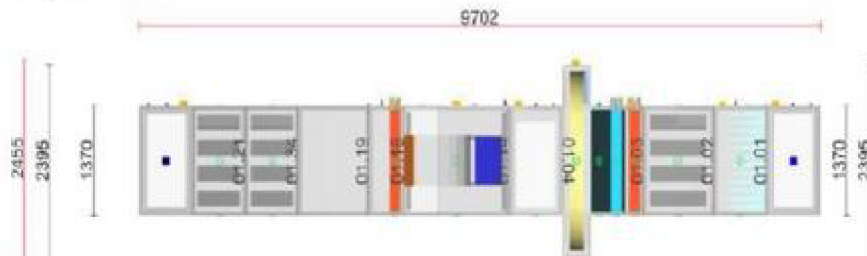
GRAFICKÉ POHLEDY

Bokorys servisní strany

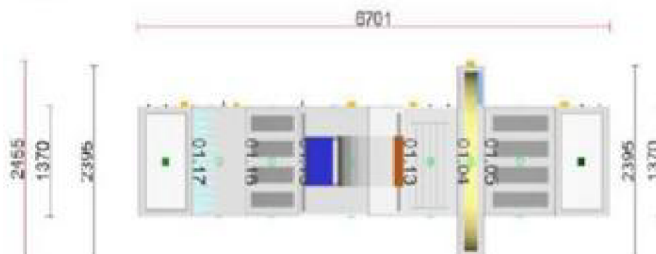
Čistování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přírodní vzduch, 3 - odťahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



Půdorys přírodní větve



Půdorys odťahové větve



ID nabídky
 Projekt
 Číslo / Název zařízení
 Určení jednotky

[02] Výrobní hala Humpolec
 01 / Klimatizační jednotka 2
 Standardní prostředí



DETAILNÍ HLUKOVÉ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

Oktávové pásmo	LwAokt* [dB]									LwA** [dB(A)]
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz		
Přívod - sání	55.3	64.3	65.4	59.2	43.1	42.9	47.0	43.4		68.7
Přívod - výtlak	60.7	69.1	67.6	52.3	40.0	46.4	53.2	53.7		72.0
Přívod - okolí	55.3	59.2	65.3	65.2	58.4	55.7	52.7	42.2		69.6
Odvod - sání	59.1	69.5	76.0	66.7	56.9	60.6	62.3	58.3		77.7
Odvod - výtlak	58.9	67.8	72.5	63.5	54.1	56.3	59.8	56.2		74.6
Odvod - okolí	55.1	57.4	66.9	61.7	56.2	54.4	50.0	39.1		69.1

* Hladiny akustického výkonu v oktávových pásmech

** Celková hladina akustického výkonu

DETAILNÍ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

01.32 Tlumicí vložka Přívod DV 1170-550

Kód	VDV011155
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h

01.31 Sekce rohová Přívod XPJR 22/5

Kód	XPJR022RS0PEL50
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h
Tlaková ztráta	6 Pa

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - piný XPK 22/L, Kód: XPK0022RS L, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 22/L (MSP), Kód: MPK0022RS L, Počet: 1

01.01 Filtr Přívod XPNH 22/5 ECOD

Kód	XPNH022-50055
Služební přístup	Zprava
Materiál vnitřního pláště	Pozinkovaný plech
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h
Tlaková ztráta	129 Pa
Třída filtrace	M5
Typ filtru	Kapsový
Počáteční / Koncová tlaková ztráta	59 / 200 Pa

Příslušenství vestavěné

- Snímač tlakové difference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

Skladba filtru

- Kód AX **11250041866**
- Rozměr vložky (šířka × výška × hloubka) 592×592×550 mm
- Třída filtrace M5
- Počet kapes v jedné vložce 6 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě **4 ks**

01.02 Tlumič hluku Přívod XPPO 22/K

Kód	XPPO022RS0 K
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h
Tlaková ztráta	19 Pa

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

[02] Výrobní hala Humpolec
01 / Klimatizační jednotka 2
Standardní prostředí



01.03 Vodní ohřivač	Přívod	XPNC 22/2R		
Kód	XPNC022-S02		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	70 Pa	Vstup	-20.0 °C / 60 %	32.0 °C / 40 %
Rychlost v průřezu	3.7 m/s	Výstup	-5.0 °C / 15 %	32.0 °C / 40 %
Teplonosné médium	40 % Ethylenglykol			
Počet řad	2	Teplotní spád		70 / 50 °C
Počet okruhů	1			
Rozteč lamel	2.1 mm	Výkon		87.9 kW
Materiál				
Materiál trubek	Cu	Teplonosné médium		
Materiál lamel	Al	Průtok		4.23 m ³ /h
Připojení		Tlaková ztráta		2.1 kPa
Průměr připojení	2"			
Typ	8.35.CU.11.AL.31.02.1120.21.W.X.X.020.062.R 2" L			

Příslušenství vestavěné

- Směšovací uzel SUMX 10/EU (1), Kód: VSU04A0B, Počet: 1
- Protimrazové čílo NS 130 R, Kód: XPNS130R, Počet: 1

01.03 Vodní chladič	Přívod	XPND 22/4R		
Kód	XPND022-S04		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	139 Pa	Vstup	-5.0 °C / 15 %	32.0 °C / 40 %
Rychlost v průřezu	2.9 m/s	Výstup	-5.0 °C / 15 %	23.0 °C / 68 %
Teplonosné médium	Voda			
Počet řad	4	Teplotní spád		12 / 19 °C
Počet okruhů	1			
Rozteč lamel	2.1 mm	Výkon		32.9 kW
Materiál		Množství kondenzátu		0.0 kg/h
Materiál trubek	Cu	Teplonosné médium		
Materiál lamel	Al	Hmotnostní průtok		4.07 m ³ /h
Připojení		Tlaková ztráta		0.9 kPa
Průměr připojení	2"			
Typ	8.35.CU.11.AL.31.04.1120.21.W.X.X.040.124.R 2" L			

Příslušenství vestavěné

- Směšovací uzel chladiče SUMX 10/EU (1), Kód: VSU04A0B, Počet: 1

01.03 Eliminátor kapek	Přívod	XPNU 22		
Kód	XPNU022-S0			
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h			
Tlaková ztráta	44 Pa			

01.04 Rotační rekuperátor	Přívod/Odvod	XPXR 22/8		
Kód	XPXR022RS0P82T10F5A		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	16000 / 16000 m ³ /h	Teplota / Vlhkost - Přívod		
Tlaková ztráta	137 / 148 Pa	Vstup	-5.0 °C / 15 %	23.0 °C / 68 %
Rychlost v průřezu	2.3 / 2.5 m/s	Výstup	20.4 °C / 37 %	23.0 °C / 68 %
Typ výměníku	Teplotní	Teplota / Vlhkost - Odvod		
Výška vlny / šířka rotoru	1,6 / 200 mm	Vstup	26.0 °C / 60 %	26.0 °C / 60 %
Průměr vnější	2220 mm	Výstup	7.3 °C / 100 %	26.0 °C / 60 %
Motor				
Napájecí napětí	3NPE 400 V, 50 Hz	Teplotní účinnost		82 %
Výkon	370 W	Výkon		
Proud max.	6.10 A	Celkový výkon		204.0 kW
Napájecí napětí regulátoru	1NPE 230 V, 50 Hz	Citelný výkon		132.2 kW
		Vázaný výkon		71.8 kW

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

[02] Výrobní hala Humpolec
01 / Klimatizační jednotka 2
Standardní prostředí



01.33 Směšování	Přívod	XPIS 22/S	Zima	Léto
Kód	XPIS022RSOPNLS			
Nominální průtok vzduchu	20000 m ³ /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	16 Pa	Vstup	20,4 °C / 37 %	23,0 °C / 68 %
		Výstup	21,5 °C / 44 %	24,2 °C / 64 %
		Poměr cirkul. vzduchu (IC)	50 %	0 %
		Poměr cirkul. vzduchu	20 %	40 %

01.14 Ventilátor	Přívod	XPVR 500-280/200-15.0-J2 (IE1)
Kód	XPVR022.S050PURS2.ASK1	
Nominální průtok vzduchu	20000 m ³ /h	
Statický tlak	1338 Pa	
Proud v pracovním bodě	21,86 A	
Jmenovitý proud	0,00 A	
Otáčky ventilátoru (n)/n _{max}	2093/0 1/min	
Požadované otáčky v prac. bodě	0 %	
Výkon ventilátoru	12,50 kW	
Účinnost	77 %	
Elektrický příkon	14,14 kW	
Specifický výkon ventilátoru	2546 W.m ⁻³ .s	
Rychlost v průřezu	3,59 m/s	
Pracovní frekvence	50 Hz	
Přívod	Řemenový	
Motor		
Třída účinnosti motoru	IE1	
Výkon motoru nom.	15000 W	
Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz	
Proud max.	27,00 A	
Počet pólů	2	
Jízdní	Termokontakty	

Příslušenství vestavěné

- Panel činní - výtak XPM 22/A, Kód: XPMD022.S.A, Počet: 1
- Snímač tlakové difference P33 V (20 - 200 Pa), Kód: XPP33V, Počet: 1

01.18 Vodní ohřivač	Přívod	XPNC 22/2R	Zima	Léto
Kód	XPNC022.S02			
Nominální průtok vzduchu	20000 m ³ /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	92 Pa	Vstup	21,5 °C / 44 %	24,2 °C / 64 %
Rychlost v průřezu	4,6 m/s	Výstup	29,0 °C / 28 %	24,2 °C / 64 %
Teplonosné médium	Voda			
Počet řad	2	Teplotní spád		70/40 °C
Počet okruhů	1			
Rozteč lamel	2,1 mm	Výkon		47,4 kW
Materiál				
Materiál trubek	Cu	Teplonosné médium		
Materiál lamel	Al	Průtok		1,37 m ³ /h
Připojení		Tlaková ztráta		0,2 kPa
Průměr připojení	2"			
Typ	8.35.CU.11.AL.31.02.1120.21.W.X.X.020.062.R 2" L			

Příslušenství vestavěné

- Směšovací uzel SUMX 1.6/EU (Δ), Kód: VSU0416B, Počet: 1
- Protimrazové čidlo NS 130 R, Kód: XPNS130R, Počet: 1
- Doplnková protimrazová ochrana CAP 3M, Kód: XPNSCAP3, Počet: 1

ID nabídky
 Projekt
 Číslo / Název zařízení
 Určení jednotky

[02] Výrobní hala Humpolec
 01 / Klimatizační jednotka 2
 Standardní prostředí



01.19 Sekce prázdná Přívod XPJP 22/E

Kód XPJP022RS0-E
 Nominální průtok vzduchu 20000 m³/h

01.34 Tlumič hluku Přívod XPPO 22/N

Kód XPPO022RS0-N
 Nominální průtok vzduchu 20000 m³/h
 Tlaková ztráta 27 Pa

01.21 Tlumič hluku Přívod XPPO 22/N

Kód XPPO022RS0-N
 Nominální průtok vzduchu 20000 m³/h
 Tlaková ztráta 27 Pa

01.29 Sekce rohová Přívod XPJR 22/V

Kód XPJR022RS0PELV0
 Nominální průtok vzduchu 20000 m³/h
 Tlaková ztráta 17 Pa

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - plný XPK 22/L, Kód: XPKO022RS-L, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 22/L (MSP), Kód: MPKO022RS-L, Počet: 1

01.30 Tlumicí vložka Přívod DV 1170-550

Kód DV011155
 Nominální průtok vzduchu 20000 m³/h

01.28 Tlumicí vložka Odvod DV 1170-550

Kód DV011155
 Nominální průtok vzduchu 20000 m³/h

01.27 Sekce rohová Odvod XPJR 22/S

Kód XPJR022RS0LELS0
 Nominální průtok vzduchu 20000 m³/h
 Tlaková ztráta 9 Pa

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - plný XPK 22/L, Kód: XPKO022RS-L, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 22/L (MSP), Kód: MPKO022RS-L, Počet: 1

01.17 Filtr Odvod XPNH 22/3 ECOD

Kód XPNH022-S003S
 Servisní přístup Zleva
 Materiál vnitřního pláště Pozinkovaný plech
 Nominální průtok vzduchu 20000 m³/h
 Tlaková ztráta 109 Pa
 Třída filtrace G3
 Typ filtru Kapsový
 Počáteční / Koncová tlaková ztráta 68 / 150 Pa

Příslušenství vestavěné

- Snímač tlakové difference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

Skladba filtru

- Kód AK 11250041850

ID nabídky
 Projekt [02] Výrobní hala Humpolec
 Číslo / Název zařízení 01 / Klimatizační jednotka 2
 Určení jednotky Standardní prostředí



- Rozměr vložky (délka × výška × hloubka) 592x592x305 mm
- Třída filtrace G3
- Počet kapes v jedné vložce 6 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě 4 ks

01.16 Tlumič hluku	Odvod	XPPO 22/N
Kód	XPPO022RS0 N	
Nominální průtok vzduchu	20000 m ³ /h	
Tlaková ztráta	27 Pa	

01.15 Ventilátor	Odvod	XPVR 500-200/250-11,0-J4 (IE1)
Kód	XPVR022 S050PRT54 A1R1	
Nominální průtok vzduchu	20000 m ³ /h	
Statický tlak	714 Pa	
Proud v pracovním bodě	16,45 A	
Jmenovitý proud	0,00 A	
Otáčky ventilátoru (ni)/(nmax)	1787/0 1/min	
Požadované otáčky v prac. bodě	0 %	
Výkon ventilátoru	8,09 kW	
Účinnost	68 %	
Elektrický příkon	9,30 kW	
Specifický výkon ventilátoru	1674 W.m ³ .s	
Rychlost v průřezu	3,59 m/s	
Pracovní frekvence	50 Hz	
Převod	Remenový	
Motor		
Třída účinnosti motoru	IE1	
Výkon motoru nom.	11000W	
Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz	
Proud max.	21,30 A	
Počet pólů	4	
Jičení	Termokontakty	

Přisloužnosti vestavěné

- Panel čelní - vjřak XPM 22/A, Kód: XPM0022 5 A, Počet: 1
- Snímač tlakové difference P33 V (20 - 200 Pa), Kód: XPP33V, Počet: 1

01.13 Směšování	Odvod	XPIS 22/R
Kód	XPIS022RS0LLR	
Nominální průtok vzduchu	20000 m ³ /h	
Tlaková ztráta	17 Pa	
		Teplota /Vlhkost
		Vstup
		Zima
		Léto
		26,0 °C / 60 %
		26,0 °C / 60 %

Vnitřní klapka	Odvod	XPHD 22/750-S B
Kód	PXPH022RS0750S80	
Nominální průtok vzduchu	20000 m ³ /h	

Přisloužnosti vestavěné

- Servopohon NM 24A SR, Kód: XPSERN24S, Počet: 1

01.05 Tlumič hluku	Odvod	XPPO 22/K
Kód	XPPO022RS0 K	
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h	
Tlaková ztráta	19 Pa	

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

[02] Výrobní hala Humpolec
01 / Klimatizační jednotka 2
Standardní prostředí



01.06 Sekce rohová	Odvod	XPJR 22/V
--------------------	-------	-----------

Kód	XPJR022RS0LELV0
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h
Tlaková ztráta	11 Pa

Příslušenství vestavné

- Panel čelní - plný XPK 22/L, Kód: XPK0022RS L, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 22/L (MSP), Kód: MPK0022RS L, Počet: 1

01.07 Tlumicí vložka	Odvod	DV 1170-550
----------------------	-------	-------------

Kód	VDV011155
Nominální průtok vzduchu	16000 m ³ /h

6.2 VÝKRESOVÁ ČÁST

6.2.1 Výkres VZT 1 1:100

6.2.2 Výkres VZT 2 1:100