

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU
ZIMNÍHO STADIONU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. ŠTĚPÁNKA VACHULKOVÁ

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Daniel Adamovský, Ph. D.

Školní rok:

2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vachulková Jméno: Štěpánka Osobní číslo: 458721

Zadávací katedra: katedra technických zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh vzduchotechnického systému zimního stadionu

Název diplomové práce anglicky: Design of ventilation system for an ice hockey arena

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte rešerši technických řešení pro vzduchotechniku a chlazení v zimních stadionech a požadavků na jejich vnitřní prostředí. Na základě zjištěných poznatků navrhnete vzduchotechnický systém pro zvolený zimní stadion. V rámci projektu vzduchotechniky zimního stadionu zpracujte prováděcí projektovou dokumentaci. Návrh bude vycházet z platných požadavků a zahrne výpočet průtoků vzduchu, návrh jednotlivých součástí, určení trasy a dimenzování potrubí a návrh větracích jednotek s příslušnou úpravou vzduchu. Dále zpracujte výkresovou část, technickou zprávu a výpis prvků.

Seznam doporučené literatury:

ASHRAE Handbook - Hvac Applications, ASHRAE, 2015.

IIHF ice rink guide, International ice hockey federation, dostupné na: https://blob.iihf.com/iihf-media/iihfmvc/media/downloads/projects/ice%20rink%20guide/iihf_ice_rink_guide_web_pdf.pdf

Jméno vedoucího diplomové práce: Daniel Adamovský

Datum zadání diplomové práce: 21.9.2020

Termín odevzdání diplomové práce: 3.1.2021

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

21.9.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne 3. 1. 2020

.....

(podpis autora)

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce panu Ing. Danieli Adamovskému, Ph.D. za jeho cenné rady a čas, který mi při zpracování diplomové práce věnoval. Mé velké poděkování patří též Ing. Martinu Jankovi za cenné rady z praxe a pomoc při získávání údajů pro projektovou část. V neposlední řadě patří mé velké poděkování mým drahocenným rodičům a blízkým osobám za morální a materiální podporu během celé doby dosavadního studia.

Anotace

Předmětem diplomové práce “Návrh vzduchotechnického systému zimního stadionu“ je teoretická část, skládající se ze dvou částí a projektová část. První část teoretické části je zaměřena na historický vývoj a současnost zimních stadionů. Druhá část teoretické části popisuje faktory, které ovlivňují vnitřní prostředí zimních stadionů. Projektová část je navržena na základě výpočtu množství vzduchu.

Annotation

The subject of the diploma thesis “Design of ventilation system for an ice hockey arena“ is the theoretical part and project part. Theoretical part is consisting of two parts. First part of the theoretical part is focused on historical development and a nowadays of an ice hockey arenas. Second part of the theoretical part describes factors, which affects the indoor environment of an ice hockey arenas. Project part is designed on the basis of calculating the amount of air.

Klíčová slova

vzduchotechnický systém, zimní stadion, teplota, vlhkost, vnitřní prostředí, ledová plocha

Keywords

air conditioning system, ice hockey arena, temperature, humidity, indoor environment, ice pad

ÚVOD

1	Historie a současnost zimních stadionů	9
1.1	Historie a vývoj zimních stadionů.....	9
1.1.1	Počátky ledních sportů	11
1.1.2	První zimní stadiony u nás	14
1.1.3	Zastřešení zimních stadionů	16
1.2	Zimní stadiony v současné době	18
1.2.1	Sporty na ledové ploše	19
1.2.2	Konstrukce a materiály	20
1.2.3	Technické systémy	22
1.2.4	Technologie větrání a chlazení	24
1.2.4.1	Vzduchotechnické systémy	24
1.2.4.2	Chladicí systémy	27
2	Faktory ovlivňující vnitřní prostředí zimních stadionů	29
2.1	Současná legislativa	29
2.1.1	Prováděcí předpisy a normy	30
2.2	Vnitřní prostředí	31
2.2.1	Tepelně - vlhkostní mikroklima	32
2.2.2	Akustické mikroklima	33
2.2.3	Světelné mikroklima	33
2.3	Ledová plocha.....	35
2.3.1	Konstrukce.....	35
2.3.1.1	Úprava a údržba	37
2.3.2	Tepelná zátěž.....	38
2.3.2.1	Proudění vzduchu	39
2.3.2.2	Sdílení tepla sáláním.....	39
2.3.2.3	Sdílení tepla vedením	40
2.3.3	Specifické jevy	40
2.3.3.1	Kondenzace vodní páry	40
2.3.3.2	Tvorba mlhy	41
2.3.3.3	Adsorpční odvlhčování	41
2.4	Hlediště.....	42
2.4.1	Konstrukce.....	42
2.4.2	Tepelná zátěž.....	43

2.5	Opatření technických systémů v době šíření nákazy Covid – 19.....	43
2.5.1	VZT zařízení v souvislosti s Covid - 19.....	43
3	Návrh vzduchotechnického systému zimního stadionu.....	45
3.1	VZT. 1 HLAVNÍ HALA	46
3.2	VZT. 2 VZDUCHOVÁ CLONA.....	60
3.3	VZT. 3 OBCHOD	61
3.4	VZT. 4 BUFET.....	67
3.5	VZT. 5 ŠATNY	74
3.6	VZT. 6 HAVARIJNÍ VĚTRÁNÍ.....	82
3.7	VZT. 7 TĚLOCVIČNY	83
3.8	VZT. 8 RESTAURACE.....	89
3.9	VZT. 9 KUCHYNĚ	94

ZÁVĚR

ÚVOD

Současná doba je pro nás všechny velmi náročná. Každého z nás tato doba zasáhla určitým způsobem. A právě v této době je prioritou uvědomění si těch nejpodstatnějších životních hodnot. V posledních letech se stále častěji dostáváme k úsporám energií, které jsou velmi důležité pro naši planetu a její budoucnost. Tato úsporná opatření však nesmí zastiňovat právě hodnotu lidského zdraví, která je neodmyslitelně na prvním místě. S lidským zdravím je úzce spjata právě vnitřní prostředí, ve kterém trávíme většinu času svých životů. Sportovní stavby, které jsou běžně navštěvovány četným publikem, nyní zejí prázdnotou. Vzduchotechnické systémy bývají často odstaveny z provozu, vzhledem k úsporám financí. Tato řešení úspor narušují mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí a dopadem jsou ony zdravotní potíže.

Sport je nejzákladnějším fyziologickým pohybem, proto je velmi důležité vytvoření vhodných podmínek, nezatěžující organismus člověka. Tedy technické systémy, především systém vzduchotechnický je potřeba navrhovat prioritně pro proměnný provoz, vzhledem k uživatelům objektu.

A. Teoretická část

1 Historie a současnost zimních stadionů

1.1 Historie a vývoj zimních stadionů

Jako první ledové plochy sloužily přírodní objekty, tedy především zamrzlá jezera, rybníky, řeky a kanály. Technologie pro údržbu těchto ledových ploch neexistovala, tudíž byla nahrazována pomocí směsi vepřového sádla spolu s různými druhy solí. První, uměle vytvořená ledová plocha na světě, vznikla v roce 1876. Kluziště neslo název Glaciarium a nacházelo se v londýnské čtvrti Chelsea. Autorem byl John Gamgee, britský veterinář a vynálezce. V roce 1881 bylo postaveno první umělé kluziště v Evropě a to ve Frankfurtu nad Mohanem. [1]

V roce 1929 byl radou hlavního města Prahy, přidělen pozemek ke stavbě Pražským vzorkovým veletrhům. Jednalo se o stavbu prvního, zimního stadionu s umělou ledovou plochou, na území Československa, resp. na ostrově Štvanice v širším centru Prahy. Stavba byla navržena Architektem Josefem Fuchsem a chladírenské zařízení dodávaly Brněnské strojírný. Z důvodu finančních problémů byla stavba zastavena a nebyla plně dokončena. Otevření zimního stadionu proběhlo v roce 1931 a to v rozestavěném stavu, druhé otevření proběhlo v roce 1932 a od té doby se zde odehrálo několik sportovních utkání vč. čtyř MS v ledním hokeji. Kapacita tribun čítala 10 000 míst. Zastřešení stadionu bylo realizováno až v roce 1956, z důvodu ME v basketbalu žen. [2] Poslední větší stavební úpravy proběhly v roce 1968 a od té doby stadion pozvolna chátral. V roce 2000 byl zimní stadion prohlášen kulturní památkou. V roce 2002 postihly stadion povodně, přesto se jeho provoz podařilo obnovit ještě téhož roku.



Obr. 1 Zimní stadion na Štvanici [3]

Zásahu na obnovení chodu stadionu avšak nenesl jeho majitel, jímž byl Magistrát hlavního města Prahy, nýbrž občanské sdružení APeX CLUB, které stadion spravovalo ze

svých vlastních příjmů. Jednalo se především o rekonstrukci strojovny a zázemí stadionu. V roce 2011 bylo občanské sdružení ze stadionu vypovězeno, majitelem. Stadion byl uzavřen pro havarijní stav a následně proběhla demolice hlavní budovy, z důvodu rizika zřícení konstrukce a ohrožení zdraví osob. [3]

Druhým, nejstarším zimním stadionem s umělou plochou v Československu byl zimní stadion Ondreje Nepely, jehož první umělá ledová plocha byla otevřena v roce 1940. Stadion se nacházel v Bratislavě, na Slovensku a jeho kapacita byla 8 350 osob. V letech 1948 – 1949 byla vybudována kolem ledové plochy betonová tribuna, jež navýšila kapacitu o 1000 míst, ke stání. Zastřešení se stadion dočkal v roce 1958 z důvodu konání ME v krasobruslení. Později byla kapacita navýšena o 4000 míst k sezení. V letech 1990 – 1992 proběhla velká rekonstrukce, kdy se stadion připravoval na jednu ze skupin MS v ledním hokeji. Rekonstrukce zahrnovala úpravy interiéru haly, byl zrušen sektor pro stání a nakonec se stadion dočkal nové ocelové střechy. [4]



Obr. 2 Zimní stadion Ondreje Nepely [5]

Třetím nejstarším zimním stadionem s umělou plochou v Československu je českobudějovický. Stadion byl otevřen v roce 1946 v parku Háječek kousek od soutoku Malše a Vltavy.

Před realizací stál na tomto místě pouze dřevěný stánek, obklopený menšími tribunami ze všech stran. Jeho pozice byla situována podél Vltavy a zároveň obklopena spoustou břízek, ze kterých řada obyvatel sledovala hru. V zimním období, když nastala velká chumelenice, došlo k zastavení zápasu a diváci pomáhali odhrabávat sníh. Jedním z osudových okamžiků pro zimní stadion byl rok 1957, kdy dřevěná stavba téměř do základů vyhořela. Příčinou požáru bylo pravděpodobně sušící se prádlo. Vyhořely šatny, tribuny a ostatní zařízení, naštěstí se podařilo zachránit přilehlý objekt mrazíren. V polovině šedesátých let byl objekt zastřešen.



Obr. 3 Zimní stadion v Českých Budějovicích [6]

V letech 1975 – 1979 byla přistavěna vedle stadionu menší tréninková hala, která byla nazývána “plechovka“, z důvodu plechového opláštění. V roce 2000 se začalo českobudějovické sportoviště kompletně předělávat. Jednalo se o velmi nákladnou rekonstrukci, kdy byly obě haly spojeny tunelem i střechou. Původní konstrukce střechy byla zcela nahrazena a hlediště dostalo znatelně jinou podobu. Jednou z dalších ran pro objekt stadionu byla v roce 2002 povodeň, která zasáhla motory chlazení a narušila funkci podlah. Příčinou ale nebyla řeka, nýbrž hladina podzemní vody, která náhle stoupla. [6][7]

1.1.1 Počátky ledních sportů

Sport je jedním z nejzákladnějších fyziologických pohybů člověka. Rozvoj sportu začínal již ve starověku společně s vývojem civilizace, kdy byl hlavním impulsem boj o přežití, tedy lov nebo obrana před nebezpečnou zvěří. Jednou z dalších etap vývoje sportu bylo např. přemísťování kmenů přes přírodní živly. Vyráběly se primitivní nástroje k jejich zdolání, což dokazují tzv. fresky v jeskyních nebo na skalách, které byly dochovány v mnoha koutech světa. Později se pořádala sportovní utkání, kde hlavním cílem bylo ukázat statečnost a čest bojovníka až do dob, kdy se stal sport zábavou pro všechny vrstvy lidu. Tato kapitola je věnována sportům hrajících se na ledové ploše, jejich vzniku a vývoji v čase.

Lední bruslení

První historické zmínky o bruslení pocházejí z roku 1134 z Dánska. Avšak dle archeologických nálezů (brusle vyrobené z kostí) lze datovat vznik bruslení již v době bronzové a kamenné. Bruslení je tedy nejstarším sportem provozovaným na ledové ploše. Primitivní počátky bruslení lze nalézt v Nizozemí a to ve 13. a 14. století, kde se používaly dřevěné brusle, opatřené na spodní straně železným plátkem a k odpichu sloužily hole. V podstatě náhoda přinesla bruslení další rozvoj a to v okamžiku, kdy Nizozemský truhlářský

učeň zaměnil vodorovnou polohu železek za svislou. V tu chvíli bruslaři odložili hole a jejich pohyb se stal volnějším, rychlejším a ovladatelnějším. V nizozemském Holandsku bylo bruslení zábavou prostého lidu, avšak v jiných zemích a také u nás bylo bruslení výsadou šlechtických rodů. Např. v severní části Ruska v Petrohradě se bruslilo již v 17. století, kdy si Car Petr I. Veliký nechal v roce 1637 vykovat pár železných bruslí. Nejprve se tyto brusle nazývaly "skorochoď". Teprve v okamžiku, kdy měly brusle na přední části ozdoby koňských hlav, získaly název "koňky", který přetrvává dodnes. [8]



Obr. 4 Lidvinin pád na ledě [9]

Později se bruslení začalo dělit na krasobruslení a rychlobruslení. Skutečný rozvoj krasobruslení začal v 18. století, kdy nože na bruslích získaly lehce zahnutý tvar, což umožnilo provádět otáčky a další komplikovanější prvky. Zatímco počátky rychlobruslení pocházejí až z roku 1888. [8]

Lední hokej

Kořeny předchůdců ledního hokeje sahají hluboko do historie, tedy až do dob před naším letopočtem. Důkazem jsou kresby z 5. století př. n. l., které vyobrazují muže se zahnutými hokejkami a kulatým míčkem. Jednalo se o sporty podobné lednímu hokeji, např. Anglický kriket, Skotské bandy či Irské shinty. Avšak tyto sporty se neodehrávaly na ledové ploše. [10] K počátkům ledního hokeje se dostáváme tedy až v 16. století, kdy obrazy Vlámských malířů zachycují muže na ledě, snažící se trefit holí míček do cíle, bez soupeře. Tedy hra připomínající golf na ledě. K objevení ledního hokeje, nikoli ve formě jak jej známe dnes, došlo v Severní Americe v průběhu dvou set let. Bylo to v době, kdy Francouzi pronikli do kraje Velkých jezer, kde hráli Indiánské kmeny Huronů, Irokézů a Chippewayů, na suchu i na ledě, hru s holemi a míčkem. Odsud pochází francouzské pojmenování "hoguet" z čehož vznikl český název hokej. [11][12]



Obr. 5 První nizozemští bruslaři s hokejkami [10]

První hokejové zápasy započaly v polovině 19. století, resp. 1855 v Kanadě. Na zamrzlé hladině v přístavu, ve městě Halifax, bojovali dva týmy vojáků z Anglie. Tato hra se lišila od té dnešní počtem hráčů, který dosahoval až 50 osob. Také rozměry hřiště byly mnohonásobně větší, než dnes. První zápas konaný na ploše, určené pouze pro lední hokej a s pravidly podobné dnešním, se uskutečnil v Montrealu 3. března 1875 na Victoria Skating Rink. [13]

Curling

První zmínka o této hře pochází z 16. století. Již v roce 1511 byl označen první nalezený curlingový kámen. [14] V oblasti dnešního Skotska, na zdejších zamrzlých jezerech se Vlámové pokoušeli dopravit kámen po ledu, do určeného prostoru, za pomoci košťat. Důkazem je obraz z roku 1565 od holandského malíře Pietera Bruegela st. s názvem Lovci ve sněhu. V roce 1716 ve zdejším městě Perth byla údajně sepsána první pravidla hry. V roce 1838 v Edinburghu byl založen "Grand Caledonian curling Club" (dnes Royal Caledonian curling club), kde započalo organizování této hry a s tím přišla i změna pravidel.



Obr. 6 Lovci ve sněhu (Pieter Bruegel) [14]



Obr. 7 Počátky hraní Curlingu [14]

V průběhu 19. století se tato hra rozšiřovala dále do Evropy, severní Ameriky i na Nový Zéland. V roce 1966 vznikla Mezinárodní curlingová federace se sídlem ve Skotském Perthu (později World Curling Federation). Tato organizace zaštiťuje 46 národních asociací. Následně v roce 1975 byla založena Evropská asociace se sídlem ve městě Eggenfeld v Německu, která sdružuje 35 národních svazů. V roce 1990 vznikl Český svaz curlingu se sídlem v Praze. [15] [16]

1.1.2 První zimní stadiony u nás

Tato kapitola je věnována třem zimním stadionům, které jsou uvedeny v kap. 1.1 této diplomové práce. Předmětem jsou konstrukce a materiály těchto stadionů s ohledem na dochované informační zdroje.

Zimní stadion na Štvanici

V roce 1930 započala stavba nejstaršího otevřeného zimního stadionu v Československu. Unikátem tohoto areálu byl nejen jeho celodřevěný funkcionalistický vzhled, za kterým stál akademický architekt Josef Fuchs, ale především jeho chladírenské zařízení, které bylo vyrobeno podle patentu profesora Schmidta z Vídně. [17]

Hlavní dominantou této stavby byla ledová plocha, obdélného půdorysu o rozměrech 94x32 metrů, která byla dále rozdělena do dvou částí. První částí byl prostor o rozměrech 60 x 30 metrů, který sloužil pro hokejové zápasy a druhá, tedy menší část ledové plochy sloužila k volnému bruslení. Tuto dominantu doplňoval bílý horizontální zděný hranol ležící podél Hlávkova mostu, který obsahoval restauraci, kavárnu a administrativu se zázemím. Západní strana tohoto hranolu stupňovitě sestupovala na úroveň ledové plochy a sloužila tedy jako hlavní tribuna pro fanoušky, zatímco východní strana objektu tvořila vstupní část stadionu. Menší dřevěné tribuny byly umístěné po zbývajícím obvodu ledové plochy, v čele s pojízdnou dřevěnou tribunou pro 850 osob. Na severní straně stadionu byly umístěny, v patře nad tribunami, dřevěné původní kabiny. Postupem času se rozšiřovaly a částečně zastřešovaly. Jednalo se o odlehčenou dřevěnou konstrukci stadionu, stojící na obdélném půdorysu o minimálním počtu dřevěných sloupů. [17] [18] Zastřešení se zimní stadion dočkal v roce 1956. Hlavní nosnou konstrukcí byl masivní dřevěný rám, z něhož vystupovaly dřevěné nosníky, nesoucí konstrukce tribun v patře. Tyto kratší dřevěné nosníky podpíraly vzpěry v diagonálním směru, ve tvaru kříže. Na masivní dřevěný rám byly připojeny ocelové nosníky, nesoucí zastřešení původně otevřeného stadionu. Původní zastřešení střední části stadionu bylo plechové. [18] [19]

Jak bylo, již výše zmíněno výrobu chladírenského zařízení měly na starost Brněnské strojírný. Toto zařízení dokázalo vyrobit, za dvě hodiny, vrstvu ledu silnou až 4 centimetry. Ledová plocha byla chlazená pomocí čpavku, který v roce 2000 unikl z chladírenského zařízení. Na základě používaných technologií chlazení v této době, lze tvrdit, že se jednalo o systém tzv. přímého chlazení. [19]

Zimní stadion Ondreje Nepely

Jak bylo uvedeno výše kap. 1.1 v letech 1990 – 1992 proběhla rozsáhlá rekonstrukce zimního stadionu. Jednalo se o úpravy interiéru a o nové zastřešení ocelovou střechou, v hledišti však zůstaly neoblíbené nosné sloupky, které bránily divákům ve výhledu. Z důvodu konání MS v ledním hokeji, došlo k nejrozsáhlejší rekonstrukci zimního stadionu v letech 2009-2011. Přestavba zahrnovala 80 % původního stadionu a začala 1. května 2009, kdy došlo k demontáži mobilního zařízení, odstraňování sedaček a mantinelů. Dále bylo z chladicích zařízení odčerpáno 9 tun čpavku a demontována střešní konstrukce spolu s ocelovými nosníky.

Po té došlo k bourání železobetonové konstrukce a začaly se budovat základy objektu. Základy objektu tvořily piloty spolu s usazenými kotvícími prvky. O pár měsíců později došlo k zastřešení stadionu. Výsledkem této rekonstrukce byla moderní víceúčelová aréna, kde kapacita míst vzrostla z 8 350 na 10 000 míst.



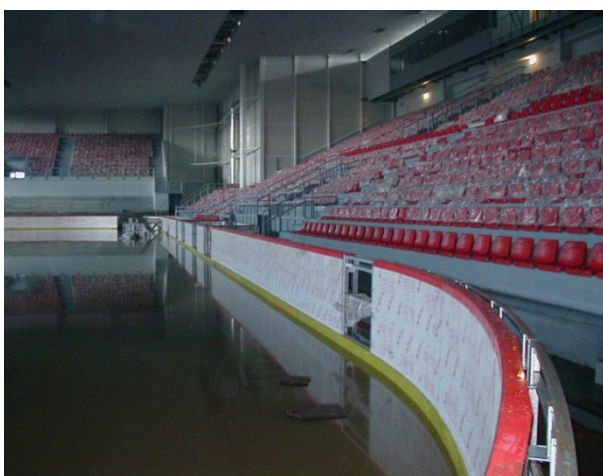
Obr. 8 Přestavba zimního stadionu Ondreje Nepely v roce 2009 [22]

Na tuto přestavbu navazovalo obnovení polyfunkčního sportovního centra v lokalitě Tehelné pole v blízkosti hokejové arény, veřejného koupaliště, národního tenisového centra a budoucího fotbalového stadionu. [20] V rámci rekonstrukce, aréna obdržela jednu z nejpokročilejších herních prezentací (LED scoreboardy) a bezpečnostní systémy. V aréně také přibylly dvě další ledové plochy a byla dodána nová technologie. [21] Náklady této rekonstrukce činily 96 milionů euro (2,46 miliardy korun) a po dobu konání mistrovství světa 2011 byl stadion přejmenován na Orange aréna dle sponzora projektu. [23]

Zimní stadion v Českých Budějovicích

Zimní stadion potřeboval léta rekonstrukci, která byla zahájena v roce 2000. Rekonstrukce byla dokončena v roce 2002 a výše nákladů přesahovala 300 milionů korun. Zimní stadion resp. dnešní Budvar aréna stojí nedaleko od soutoku řek Malše a Vltavy. Bohužel, týden před kolaudací přišla povodeň. Před příchodem povodně, kdy stoupla hladina

řeky Vltavy, se snažili nejen hráči, ale i místní obyvatelé, vyvýšit břeh řeky umělou bariérou z pytlů písku. Tato bariéra byla vystavěna cca do výšky 5 řad. Nikdo v té době nečekal, že povodňová vlna přijde z druhé strany, od řeky Malše. V té době se akorát dodělávaly mantinely a nově vybudované hlediště bylo ještě obalené igelitem. Povodeň zaplavila ledovou plochu. Poškodila nejen sedačky v nově opraveném hledišti, ale i kabiny a další součásti komplexu se dvěma halami. Voda naštěstí nenarušila stroje zimního stadionu, tudíž tu byla šance na záchranu i přes zásah tohoto přírodního živlu. Povodeň zasáhla i ostatní sportoviště v okolí řek jako jsou např. plavecký stadion, trávník na Střeleckém ostrově nebo sportovní halu na levém břehu. Finanční náklady na opravení škod pro všechna sportoviště dosahovaly 30 milionů korun, z toho 14, 5 milionů pro zimní stadion. [24]



Obr. 9 Zaplavená ledová plocha v roce 2002 [24] Obr. 10 Štítek označující výšku povodňové vody [25]

1.1.3 Zastřešení zimních stadionů

Tato kapitola se zabývá větráním a chlazením uzavřených zimních stadionů na počátku jejich vzniku. Nastiňuje problémy, vzniklé následným zastřešením mechanicky chlazených ledových ploch. Důsledky netěsnosti nově vytvořených obálek objektů. Požadavky na vnitřní prostředí, které jsou nezbytné pro funkčnost technických systémů, které nebylo možné dodržet. Upozorňuje na rozdíly mezi interiérem a exteriérem, které jsou zvláště u těchto provozů důležité dodnes.

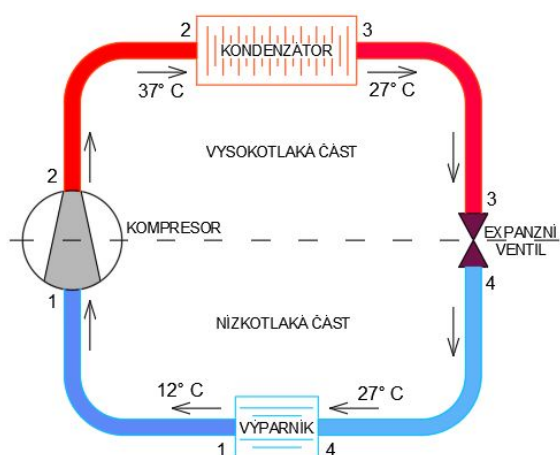
Dopady přirozeného větrání uzavřených zimních stadionů

V období 60. let docházelo k zastřešování zimních stadionů, u kterých nebylo řešeno větrání vzduchotechnickým systémem. Obálka těchto stadionů byla často velmi netěsná. Mezi střešní a obvodovou konstrukcí bývaly často až metrové mezery, kde postupem času začínali hnízdit ptáci. Nejčastější problémy těchto stadionů spočívaly v tvorbě povrchové kondenzace na spodním líci střešní konstrukce a obvodových konstrukcích. Tvorba mlhy nad ledovou plochou a v nejhorších případech, tvorba krápníků na ledových plochách. Bylo obtížné minimalizovat energetické ztráty objektů, zvolit správnou optimalizaci dimenzí a volbu materiálů, skladby střešního pláště.

Přirozené větrání zimních stadionů bylo řešeno pomocí velkých větracích otvorů, umístěných v obvodových stěnách, těsně pod střechou objektu. Při tomto větrání byla vnitřní teplota a vlhkost vzduchu interiéru, závislá na parametrech vnějšího prostředí. Stadiony bez úpravy vnitřního vzduchu mechanickým zařízením, disponují vlhkostí mezi 60 – 100 %, zatímco stadiony se vzduchotechnickým systémem, mají udržovanou vlhkost vzduchu přibližně na 70 %. [26] Vysoká relativní vlhkost vzduchu, tedy zvyšuje riziko tvorby mlhy nad ledovou plochou. Tento nežádoucí jev lze eliminovat prouděním upraveného odvlhčeného vzduchu nad ledovou plochou. Řešením je tedy co nejvíce omezit, zvláště v přechodném období (jaro, podzim), přístup neupraveného vzduchu z exteriéru. [27] Dalším nežádoucím efektem je tvorba povrchové kondenzace a plísní na okolních konstrukcích, zejména na spodní straně střešní konstrukce. Povrchová kondenzace způsobuje chemickou a biologickou korozi dané konstrukce. Dokonce, může docházet k tvorbě kapek vody na spodním líci konstrukce a při jejich skapávání na ledovou plochu k následné tvorbě krápníků. Tyto krápníky jsou nejen nežádoucí, ale při provozování sportů na ledové ploše, často i velmi nebezpečné. Z výše uvedených důvodů je velmi důležité zajistit dokonalou těsnost obálky, těchto objektů.

Počátky chlazení ledových ploch

Na počátku vzniku ledových ploch tedy ve 30. letech 20. století byla nejvíce používána technologie strojního kompresorového chlazení, pracující dle principu “obráceného” Rankinova tepelného cyklu. Nejčastěji užívanou pracovní látkou nebo - li chladivem byl čpavek (NH_3), který je přírodní organickou látkou, vzniklou mikrobiálním rozkladem organických zbytků, exkrementů a moči živočichů. V případě průmyslového použití je čpavek vyráběn synteticky. Historicky se tato technologie používala především u venkovních ledových ploch. Chladivo resp. čpavek byl rozveden potrubím přímo v ledové ploše. Ledová plocha tím pádem sloužila jako výparník, chladičového zařízení (někdy se pro tento systém používá název systém s přímým výparníkem). [28] Avšak z hlediska velkých teplotních změn, kdy docházelo ke korozi betonu a jeho častému a rychlému poškození, se tato varianta neosvědčila a v dnešní době se od ní upouští. A to především z hlediska rekonstrukcí těchto ledových ploch, které byly velmi finančně nákladné, nehledě na případné poškození potrubí byla oprava zcela nemožná. Postupem času (60. léta 20. století) se začaly tyto venkovní stadiony zastřešovat a tím tedy došlo k eliminaci teplotních výkyvů.



Obr. 11 Kompresorový parní cyklus [31]

Výparník (1) je tvořen trubkami, ve kterých proudí chladivo (např. čpavek), tudíž se obtékající vzduch ochlazuje. Kompresor (2) nasává studené páry, stlačuje je a zahřívá. Kondenzátor (3) je ochlazován venkovním vzduchem. Snížením teploty přehřátých par chladiva dojde k jejich zkapalnění. Kapalina se vrací zpět do výparníku přes expanzní ventil (4), snižující tlak.

Technologie chlazení ledových ploch, v 60. letech dále přetrvávaly. Tyto systémy byly navrhovány jako přímé chlazení (viz obr. 11), jejich výhodou byla menší energetická spotřeba. Nevýhodou vyšší spotřeba chladiva, v porovnání se systémy nepřímého chlazení. Ačkoliv je tento způsob chlazení účinnější než nepřímé chlazení, docházelo k častým haváriím. Tyto havárie byly způsobeny únikem čpavku a měly značné ekologické následky (amoniak je vysoce toxický pro vodní organismy). [29] Hlavním velmi nebezpečným důsledkem bylo ohrožení zdraví osob, které se mohly vyskytovat poblíž havárie. Amoniak je čpící bezbarvý plyn, který při nízkých koncentracích může způsobovat podráždění horních cest dýchacích, při vyšších koncentracích může dojít k rozvoji zánětů kůže, očí a plic. Pro lidský organismus je toto chladivo jedovaté, při přímém kontaktu může dojít k omrznutí a při koncentracích ve vzduchu vyšších než 15 % je výbušný. Dlouhodobé působení může vést až k chronickým onemocněním dýchacích cest a očí. [30] V důsledku těchto hrozeb se dnes začalo od čpavku jako chladiva ustupovat, především u přímého chlazení.

1.2 Zimní stadiony v současné době

V současné době je na světě nespočet zimních stadionů. Už se nejedná jen o samostatné zimní svatostánky, ale o obrovské víceúčelové haly. Tyto haly jsou vhodné nejen pro pořádání sportovních událostí, ale i pro kulturní a zábavní akce jako jsou např. koncerty nebo veletrhy. Účelem těchto hal je dosáhnout ekonomické návratnosti, jež samotné zimní stadiony nedosahují.

Největší zimní stadion na světě je součástí víceúčelové haly, která nese název The Bell Centre (pův. Molson Centre) a nachází se v Kanadě, ve městě Montreal. Zimní stadion byl otevřen v roce 1996 po téměř tříleté výstavbě. Kapacita stadionu čítá až 21 273 míst. Jediným možným konkurentem The Bell Centre je víceúčelová hala v Japonsku, nazvaná Saitama Super Arena. Tato hala byla otevřena v roce 2000 a na hokejové utkání je schopna pojmut 19 000 – 22 000 osob. Navzdory tomu je hala využívána převážně pro kulturní vyžití jako jsou např. koncerty. [32]

Nejnámější víceúčelovou halou nejen v České republice, ale i v Evropě je pražská O2 Arena. V čase, kdy ještě nebyl dostavěn Millenium Dome v Londýně, byla považována za nejmodernější v celé Evropě. O2 Arena stojí v Libni v Praze 9, poblíž hranice Vysočan a byla otevřena v roce 2004, při příležitosti MS v ledním hokeji 2004.



Obr. 12 O2 Arena exteriér [34]



Obr. 13 O2 Arena interiér [35]

Tato hala se stala výhercem soutěže Stavba roku 2004. Počet míst pro diváky se mění v závislosti na druhu akce, pro lední hokej kapacita činí 17 360 míst. O2 Arenou to ale nekončí, na území ČR je mnoho dalších víceúčelových hal, obsahující zimní stadiony jako např. Tipsport Arena, která disponuje kapacitou 13 500 míst, Enteria Arena Pardubice čítající 10 194 míst nebo Ostravar Arena s počtem 10 157 míst. V současné době se vyskytuje v ČR 180 zimních stadionů. [33]

1.2.1 Sporty na ledové ploše

Sporty na ledových plochách vznikaly již od starověku viz. kap. 1.1.1. Postupem času došlo ke zlepšování techniky, jak samotných sportů, tak i sportovišť. V dnešní době jsou striktně daná pravidla, pro každý jednotlivý sport, provozovaný na ledové ploše. Určujícím parametrem pro tyto sporty je teplota ledu.

Krasobruslení a lední hokej

Výhodou těchto dvou sportů je možnost jejich provozování na ledové ploše o stejných rozměrech i tvaru. Maximální rozměry hřiště jsou 61 x 30 m, minimální rozměry jsou 56 x 26 m. Rohy hřiště musejí být zaobleny hrazením o poloměru 7 až 8,5 metru. [36] Neopomenutelný rozdíl mezi těmito dvěma sporty je v úpravě ledové plochy, resp. v její teplotě, která je ovlivněna rozdílným pohybem u těchto dvou sportů. Krasobruslaři ve svém vystoupení realizují mnoho figur jako např. výskoky, doskoky, piruety nebo odrazy pomocí zoubků bruslí, tudíž potřebují měkčí led než hokejisté. Ideální teplota ledu pro krasobruslaře je tedy - 3,3°C. Naopak hokejisté potřebují led tvrdší, jelikož ho po celou dobu utkání v podstatě brousí. Ideální teplota ledu se tedy pohybuje od - 5,5°C až - 8°C.[37]

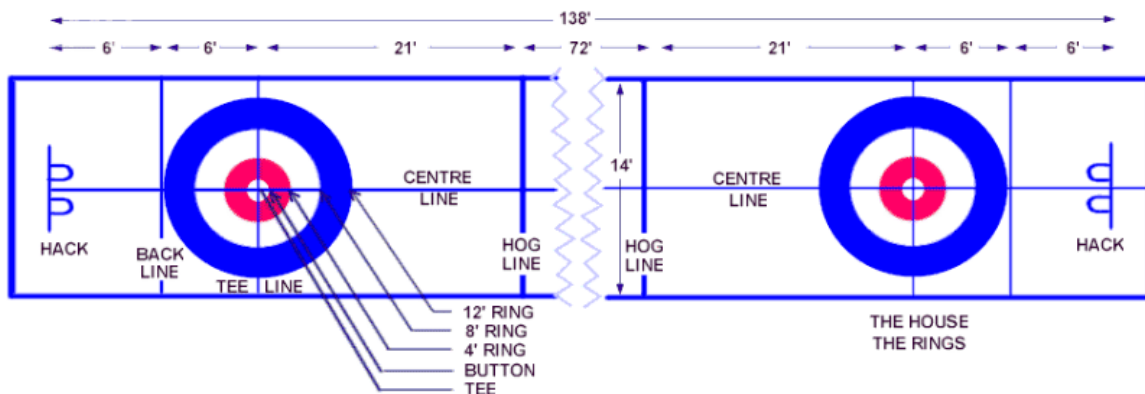
Rychlobruslení

Ledová plocha pro rychlobruslaře je zcela odlišná od hokejové nejen rozměry, ale i tvarem. Jedná se o oválné ledové dráhy dlouhé 400 metrů s poloměrem zatáčky 25 metrů. Tyto úseky jsou proloženy rovinami dlouhými 70 metrů. Bruslí se v oddělených drahách o šířce 4 metrů, ve kterých se závodníci každé kolo střídají. Nejvyšší dosažené rychlosti jsou

kolem 55 km/h. Z důvodu bezpečnosti, musí být dráha po obvodu ohrazena nízkými molitanovými bloky nebo nafukovacími vaky. Vzhledem k vysoké rychlosti je nutné udržovat v těchto stadionech velmi tvrdý led a to o teplotě – 8°C. [38] Dosud se v ČR nenachází žádný rychlobruslařský stadion.

Curling

Ledová plocha pro tento sport, musí mít vysokou kvalitu, již při její samotné tvorbě dochází ke kropení ledu, který se následně uhlazuje. Složení vody podléhá kontrole, stejně jako teplota vzduchu i ledové plochy. Také se prověřuje proudění vzduchu a jeho vlhkost. Hráčská plocha je v podstatě dráha o rozměrech 42,5 metru na délku a minimálně 4,27 metrů na šířku. Jednotlivé prvky jsou na této dráze vyznačeny tak, aby byla hra umožněna z obou kratších konců. Na těchto koncích jsou vyznačeny soustředné, barevné, cílové kruhy, které jsou proloženy úsečkou. Na konci úsečky jsou umístěny gumové odrazové bloky. Cílem hry je dostat kameny co nejvíce do středu herní dráhy. [39]



Obr. 14 Curlingová dráha [14]

1.2.2 Konstrukce a materiály

Základní myšlenkou při navrhování hal s umělým kluzišťem, by mělo být uvědomění, že každá stavba má rozdílné parametry a způsoby provozu. Především neopomenutelným rozdílem je návrh zimního stadionu a běžné stavby, která se dále dělí podle provozovaných činností uvnitř budovy. Haly s ledovou plochou se liší velkými teplotními rozdíly, uvnitř samotného objektu a to v rozmezí od – 5°C do 24°C a tomu odpovídající proměnlivostí okolního klimatu. Tyto velké teplotní rozdíly způsobují řadu nežádoucích jevů a proto je velmi důležitá přesnost návrhu a průběžné kontroly teploty, vlhkosti a proudění vzduchu. Dalším určujícím faktorem je těsnost obálky budovy, z důvodu zabránění nežádoucí infiltrace vnějšího vlhkého vzduchu nebo prosklené fasády hal, kde dochází k nežádoucím energetickým ziskům. Konstrukce a materiály zimních stadionů se liší na základě rozdílných požadavků, jako jsou odlišné typy sportů a s tím související kvalita ledové plochy nebo dle způsobu provozu, zda se jedná o samostatný zimní stadion nebo součást většího komplexu. Rozhodujícími parametry jsou přednostně lokality, ve kterých jsou objekty umístěny spolu s ohledem na velikost těchto objektů. Prvním krokem při návrhu zimních stadionů, resp. hal

obecně je opravdu důležité zvolit správný konstrukční systém spolu s vhodnými materiály, jelikož nosná konstrukce budovy, určuje stabilitu celého objektu a s tím související bezpečnost provozu. Především volba materiálu a jeho emisivita je důležitá z hlediska bezproblémové interakce mezi ledovou plochou a střešní konstrukcí, z hlediska celkové energetické náročnosti objektu a z hlediska komfortu uživatelů. [40]

Konstrukce hal lze rozdělit podle konstrukčních systémů do tří skupin na ohýbané, převážně tlačené a převážně tažené. Ohýbané konstrukční systémy se dále dělí na deskové, vazníkové a rámové soustavy, kde vzniká ohybový moment na vodorovném nosníku, jež je určujícím parametrem návrhu. Převážně tlačené konstrukční systémy se dále dělí na obloukové soustavy, plošné tlačené konstrukce (klenby, skořepiny), prutové a lomenicové strukturální soustavy. U těchto soustav převládá tlaková síla, tudíž nelze opomenout zachycení vodorovných sil v místě kotvení konstrukce. Převážně tažené konstrukční systémy se dále dělí na visuté, pneumatické a zavěšené soustavy, u nichž je větší deformabilita a nutná stabilizace střešního pláště. [41]



Obr. 15 Zimní stadion Chomutov zavěšená střešní konstrukce na předpjatém táhle

V současné době můžeme nalézt po celé ČR téměř všechny výše popsané typy konstrukcí zimních stadionů. Určujícím parametrem je rozpon těchto staveb, který je nutno překonat. Jedna z velmi kuriózních staveb zimního stadionu se nachází v Chomutově v areálu bývalých kasáren, na Zadních Vinohradech, jejíž plocha čítá 5 887 m². Tato stavba je především populární svou zavěšenou střešní konstrukcí za pomoci předpjatých táhel na hlavní nosný oblouk. Touto konstrukcí bylo překlenuto 72 metrů rozpětí. Vazníky měly konstrukční výšku pouze dva metry, tudíž je stavba nižší o 4 metry, než by byla při standardním vazníkovém řešení. Důsledkem tohoto řešení se ušetřilo na stavebních konstrukcích resp. obvodovým plášti a zároveň se snížily náklady na energie. [42]

V dnešní době jsou nejčastěji užívanými nosnými materiály beton, ocel a dřevo. Ve většině případů dochází ke kombinaci těchto materiálů. Beton se používá především na základové konstrukce a svíslé nosné konstrukce, ať už se jedná o sloupový nebo stěnový konstrukční systém. Vyrábí se ale i betonové vodorovné nosníky (prefa) nebo rámové příp. obloukové konstrukce. Stejně nosné prvky lze vyrobit i ze dřeva a oceli, kromě základových

konstrukcí. Materiál se volí na základě daného prostředí stavby a jejích rozměrů, jak již bylo uvedeno výše. [43]

1.2.3 Technické systémy

Základními systémy pro bezproblémovou funkci vnitřního prostředí jsou chladicí, vzduchotechnické, vytápěcí, zdravotně technické a osvětlovací. Všechny tyto systémy musí být v součinnosti tak, aby se vzájemně doplňovaly a zároveň nedocházelo k jejich kolizím.

Jak již bylo uvedeno v kap. 1.1.2, objekty s ledovou plochou vyžadují individuální přístup z hlediska samotného návrhu. Tyto stavby dosahují mnohem vyšších rozdílů teplot, než běžné objekty. Příkladem je teplota ledové plochy, která může dosahovat až -7°C , oproti ohřevu TV dosahujícího teplot cca 55°C . Z tohoto důvodu je kladen velký důraz na těsnost obálky těchto objektů, resp. tepelná izolace podlahy, stěn a střechy. Toto řešení by mělo zabraňovat významným energetickým ztrátám a současně by mělo snižovat provozní náklady. Z energetického hlediska je největším spotřebitelem systém chlazení ledové plochy, který ale lze využít reversibilně, resp. vytápět nebo ohřívat vodu odpadním teplem. Jako konkrétní případy lze uvést přehřev TUV, ohřev vody do rolny, vody pro temperování podloží ledové plochy, vody sloužící k roztání ledové tříště ve sněžné jámě, pro úpravy vzduchu, vytápění šaten apod. V kontextu s odpadním teplem je vhodné uvést, že způsob jeho využití se odvíjí od výšky jeho výstupní teploty a jeho skupenství.

Z pohledu VZT systému je hlavním úkolem odvlhčení vzduchu, udržení teploty vzduchu nad teplotou rosného bodu a zajištění předepsané rychlosti proudění vzduchu. Jinak řečeno, vzduchotechnický systém udržuje "rovnováhu" tepelných a vlhkostních toků, mezi ledovou plochou a střešní konstrukcí. Vzhledem k riziku vzniku nežádoucích jevů, jež způsobuje vlhký vnější vzduch je přednostně využíván vzduch cirkulační, který je mísen vzduchem čerstvým. V tomto případě je tedy ZVT vhodné spíše u ostatních provozů. Přesto lze odpadní teplo využít pro přehřev regeneračního vzduchu, v případě použití sorpčního kola nebo k ohřevu vzduchu pro teplovzdušné vytápění.

Vytápění těchto objektů je opět závislé především na jejich velikosti a způsobu provozu. Rozdílný systém bude navržen v případě malého zimního stadionu, kde je hlavním činitelem ledová plocha a v případě víceúčelové haly, kde je určujícím faktorem velké množství diváků. Základní rozdělení systému vytápění je na centrální a lokální, kde tedy hlavní roli hraje zdroj tepla. Dalším rozdělením je způsob přenosu tepla, a to vedením, prouděním nebo sáláním. Hlavní hala s ledovou plochou je obvykle vytápěna teplovzdušně, pomocí VZT zařízení. Zatímco ostatní provoz jako např. šatny, kanceláře, obchody jsou vytápěny klasicky teplovodně. Ve větších provozech např. u víceúčelových hal je hlediště vytápěno samostatně, většinou pod sedadly diváků vedou trubky s otopnou vodou nebo je zde vyústka přivádějící teplý vzduch.

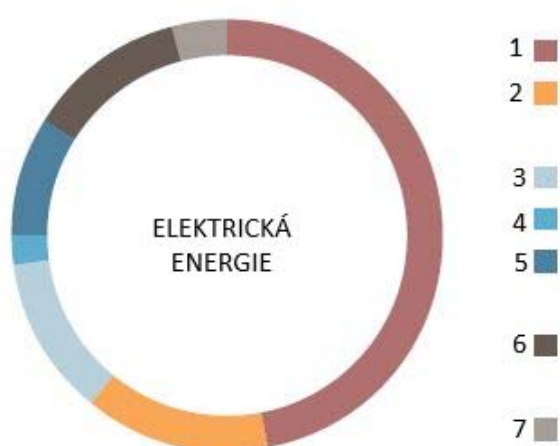
Ohřev teplé vody je neopominutelný v každém z jednotlivých provozů na zimních stadionech. Ať už se jedná o hlavní halu, kde je teplá voda využívána především ve vztahu

k ledové ploše nebo o provoz kuchyní, umýváren, toalet, úklidových místností apod. U ohřevu TV je příkládán důraz na využití odpadního tepla, které je v tomto případě nejen ekonomicky, ale i ekologicky výhodné. Vzhledem k nárazovému odběru je vhodné navrhnout akumulční nádrž, která bude opatřena recirkulací, z důvodu udržení kvality vody a vzniku bakterií. Přípravu TV je vhodné v těchto provozech rozdělit do dvou fází. První fází je predehřev TV získaným odpadním teplem z chlazení. Druhou fází je dohřev vody, za pomoci topné vody o vyšší teplotě. Jedná se tedy o dvoufázový ohřev TV. Rozvod studené a teplé vody je koncipován standardně, tedy je veden od vodovodní přípojky až k odběrným místům.

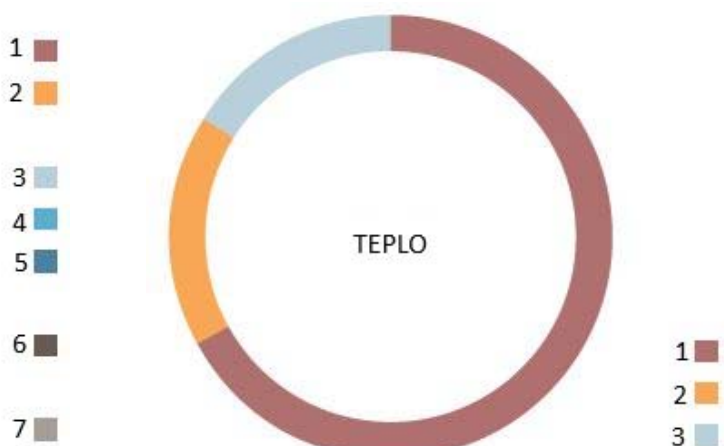
Kanalizační systém je u těchto staveb stejný jako u jakýchkoliv jiných. Počínaje připojovacím potrubím, na které jsou napojeny zařizovací předměty, přes svislé splaškové až ke svodnému. Svodné potrubí je napojeno na kanalizační přípojku, vedoucí do veřejné sítě. V současné době je ve většině měst zřízena oddílná kanalizace, kde je úkolem oddělit splaškovou a dešťovou vodu. Dešťovou vodu je vhodné zachytit a dále využít např. k zavlažování zeleně, v případě přebytku vsáknout na pozemku. Přesto, využití dešťové vody je velmi obtížné zajistit u těchto objektů.

Osvětlení zimních stadionů vzhledem k vnitřnímu prostředí je více rozvedeno v kap. 2.2.3. Je ale nepochybně spjato s elektrickou energií, která je zdrojem nejen pro svítidla, ale i pro řadu mechanických zařízení, bez kterých by provoz stadionů nebyl možný. Rozvody elektřiny se dělí na slaboproud a silnoproud. Pro vnitřní rozvody je používán slaboproud, který napájí nejen osvětlení hlavní haly, ale i osvětlení všech ostatních místností, nouzové osvětlení, napojení EPS, dostatečný počet zásuvek, přípojek a v neposlední řadě ventilátory VZT jednotek, kompresory nebo tepelná čerpadla.

Na následujících obrázcích je znázorněna spotřeba elektřiny a tepla při provozu typických zařízení na zimních stadionech, resp. nejpravděpodobnější referenční model. [43]



Obr. 16 Spotřeba el. energie [43]



Obr. 17 Spotřeba tepla [43]

1 - kompresor 47 %, 2 – oběhová čerpadla a ventilátory kondenzátoru 14 %, 3 – osvětlení ledové plochy 12 %, 4 – osvětlení 2 %, 5 – vytápění, větrání, klimatizace 9 %, 6 – ostatní spotřeba (úklid, venkovní osvětlení apod.) 12 %, 7 – odvlhčení 4 % *1 – vytápění prostoru 67 %, 2 – teplá voda 17 %, 3 – roztávání ledové tříště 16 %*

1.2.4 Technologie větrání a chlazení

Předpokladem správné funkčnosti uzavřených kluzišť jsou především systémy větrání a chlazení. Díky těmto systémům se stadion stává komfortním nejen pro samotnou hru, ale i pro fanoušky a techniky, jež se o něj starají. Proto je na prvním místě správnost, již počátečního návrhu a s ním spojená následná realizace. Jakékoliv pochybení může způsobit dalekosáhlé následky, které je velmi obtížné odstranit, někdy až nemožné, a to především z finančního hlediska. Jak již bylo uvedeno výše v kap. 1.1.3, ve starších zimních stadionech je absence vzduchotechnického systému více než znatelná, ale i v novějších stadionech, kde vzduchotechnické systémy jsou, dochází k jejich odstavení z provozu, kvůli značné finanční náročnosti. Toto řešení je nesprávné, z hlediska narušení rovnováhy vnitřního prostředí, jež je na daném stadionu navržena a jeho důsledky se mohou stát ještě více fatálnějšími, tedy mnohem finančně náročnějšími.

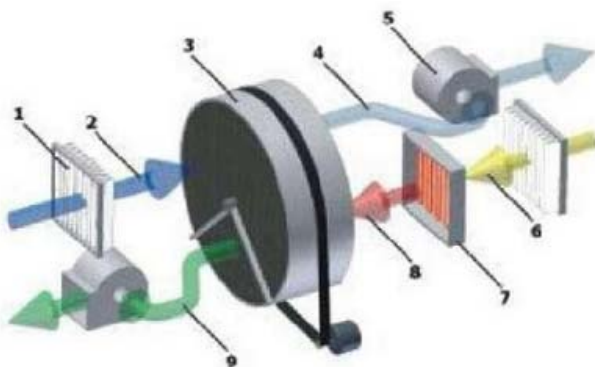
1.2.4.1 Vzduchotechnické systémy

V současné době by mělo být nucené větrání, nedílnou součástí každého zimního stadionu. Vzhledem k zajištění zdraví osob a správné funkci vnitřního prostředí, na základě výměny vzduchu. Vzduchotechnické jednotky lze využít nejen pro přívod čerstvého vzduchu, ale i pro účely teplovzdušného vytápění a odvlhčování vzduchu. U čerstvého přiváděného vzduchu je nezbytné udržet jeho správnou kvalitu. Kvalita vzduchu je ovlivněna emisemi od osob, stavebních materiálů a strojů, sloužících k úpravě ledu. Především pokud jsou tyto stroje poháněny spalovacím motorem, jejichž palivem je plyn nebo benzín. Budova zimního stadionu by měla být rozdělena do dvou tepelných zón, z nichž první zónou je prostor ledové plochy a druhou prostory pro veřejnost. Každá zóna by měla mít svou vlastní vzduchotechnickou jednotku, navrženou na rozdílné parametry (teplota, vlhkost vzduchu apod.). Vhodným řešením by bylo dále rozdělit prostory pro veřejnost na divácké tribuny a ostatní prostory, jež se na stadionu nacházejí, jako jsou např. sociální zařízení, kanceláře, šatny včetně čistých chodeb, restaurace, obchody, posilovna, technická místnost nebo sklad. Tyto jednotlivé prostory by měly být dimenzovány dle průtoku vzduchu na více menších jednotek. Příkladem je třeba prostor tribun s diváky, který by měla zajišťovat vzduchotechnická jednotka, jež by byla současně teplovzdušným vytápěním, sloužícím jako ofuk střešní konstrukce. Jelikož právě spodní líc střešní konstrukce je nejrizikovějším místem pro vznik povrchové kondenzace. Vzduchotechnické jednotky by měly přivádět čerstvý vzduch do interiéru na základě předem stanovených parametrů, kvality vzduchu a

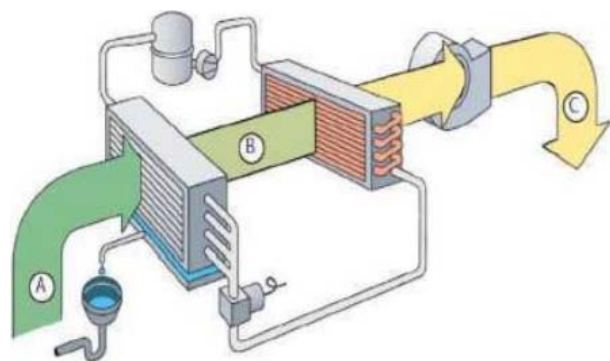
potřebném množství průtoku vzduchu, jež budou kontrolovány řídicím systémem. Toto řešení je vhodné nejen z hlediska snížení výkonů ventilátorů, ale i z hlediska úspor energií.

Vzduchotechnické jednotky zimních stadionů, by měly zajišťovat odvlhčení vzduchu, aby nedošlo k jeho nasycení a následné povrchové kondenzaci na okolních konstrukcích. Hlavním důvodem odvlhčování vzduchu je teplota rosného bodu, která nesmí být vyšší než teplota vzduchu v hale. Současné projekty využívají většinou systému adsorpčního odvlhčování, který je z hlediska teploty a vlhkosti vzduchu mnohem účinnější, než odvlhčování kondenzační, jež nedokáže dosáhnout požadovaných hodnot rosného bodu u výstupního vzduchu. Adsorpční odvlhčování funguje na principu neustálého vázání molekul vodní páry, z nasávaného vzduchu na základě hygroscopické adsorpce. Vzduch směřující k odvlhčení, je nasáván ventilátorem, přes filtr až k rotujícímu sorpčnímu výměníku, kde dochází k vázání molekul vodní páry na sorbent (např. silikagel). Sorbent následně prochází procesem regenerace, kde je zbavován vodní páry a v kontinuálním cyklu je opět připraven vázat její molekuly. Výsledkem je odvlhčený vzduch, jehož rosný bod má hodnotu až do -20°C , tudíž je hodnota rosného bodu bezpečně pod teplotou vzduchu v hale ($+10$ až $+20^{\circ}\text{C}$). Výhodou tohoto systému je především požadovaná hodnota rosného bodu, ale také toto zařízení nikdy nezamrzne. Dále je tento systém konstrukčně jednodušší a tím i spolehlivější, má nízké náklady na údržbu a nepotřebuje velký prostor.

Zatímco kondenzační odvlhčovací systém je založen na principu, řízeného chlazení vzduchu pod teplotu rosného bodu, pomocí mechanického chlazení. Při tomto procesu je vlhký vzduch, procházející přes výparník, ochlazován např. proudícím chladivem a jeho vzdušná vlhkost se vysráží na studeném povrchu výparníku. Vzniklý kondenzát je možné zachytit do nádoby na kondenzát, kterou je nutné pravidelně vylévat nebo kondenzát rovnou odvést do kanalizace. Odvlhčený vzduch je potřebné opětovně ohřát. Tyto systémy mají omezenou kapacitu odvlhčení, jelikož zde hrozí riziko zamrznutí kondenzátu na povrchu výparníku. Je tedy nutné zajistit odtávání ledu na výparníku, za pomoci ohřevu nebo zastavením jeho provozu. Toto řešení je nevýhodné, nejen vysokou hodnotou rosného bodu u výstupního vzduchu, ale i svou vysokou energetickou náročností. Ideální teplota prostoru pro kondenzační odvlhčování je $15 - 22^{\circ}\text{C}$. [50]



Obr. 18 Adsorpční odvlhčování [51]



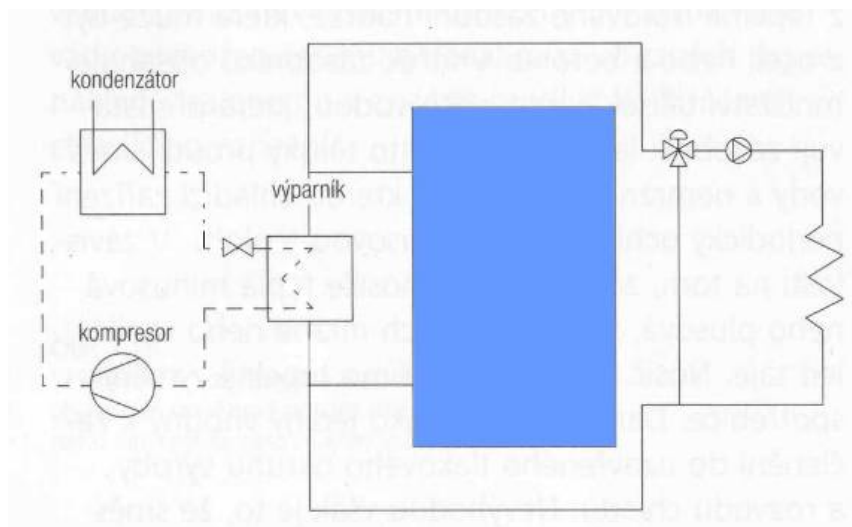
Obr. 19 Kondenzační odvlhčování [52]

1 – filtr, 2- vlhký vzduch, 3 – rotor, 4 – odvlhčený vzduch,
5 – ventilátor, 6 – regenerační vzduch, 7 – ohřivač, 8 –
teplý regenerační vzduch, 9 – vlhký regenerační vzduch

A – vlhký vzduch, B – suchý vzduch, C
– dohřátí suchého vzduchu

1.2.4.2 Chladicí systémy

Systémy chlazení používané v zimních stadionech se rozdělují na chlazení samotného objektu a na chlazení ledové plochy. Tyto systémy jsou navrhovány ve snaze uspořít nejen finanční, ale hlavně energetické zdroje. Při procesu chlazení vzniká odpadní teplo, které se dá následně využít pro jiné provozy. Odpadní teplo se v novějších typech provozů využívá pro technologii sněžných jam, ve kterých se zajišťuje rozpouštění ledové tříště. Sněžná jáma je v podstatě vybetonovaný prostor o daném objemu, který slouží pro ledovou tříšť, jež vzniká jako odpad při úpravě ledové plochy. Roztávání ledové tříště se realizuje za pomoci přehřáté vody na 25° C. Voda ze sněžných jam se přehřeje odpadním teplem a používá se pro rolby, upravující povrch ledu. Dalším využitím může být temperování spodní vrstvy podloží, jehož teplota dosahuje kolem 6° C. Základním prvkem chlazení je chladicí jednotka, která vyrábí chlad a za pomoci chladicího média, jej dopravuje do betonové desky pod ledovou plochou a do chladičů vzduchotechnických jednotek. Přebytečný chlad je možné akumulovat v zásobnících chladu, v nichž se nachází médium s fázovou přeměnou např. voda v kapslích, mezi nimiž proudí nemrznoucí směs.



Obr. 20 Akumulace chladu [57]

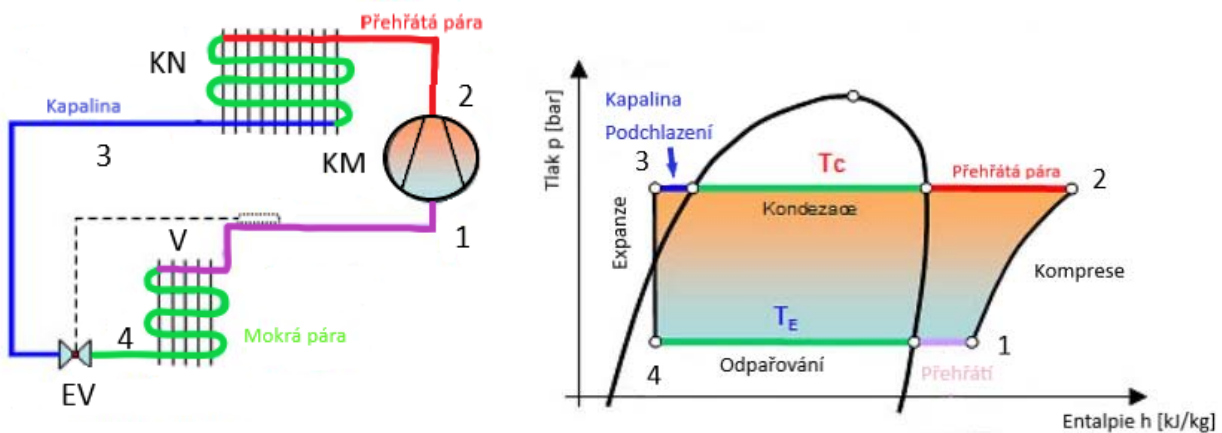
Na základě teploty směsi se led v kapslích tvoří nebo taje. Použití ledu je výhodné, z hlediska využití skupenského tepla tání. Akumulace chladu vyžaduje velké vodní objemy, z důvodu teplotního rozdílu od 2 do – 10° C. Tento systém se nazývá střídavý vnější prostup a lze ho zapojit do tlakového systému chlazení. Chladivo lze rozvádět po celé soustavě chlazení. Toto řešení dokáže vyrovnat nerovnoměrnou potřebu chladu po celý rok a zároveň ušetřit finance. [57]

Chladicí soustavy můžeme rozdělit podle pracovní tekutiny a to na vodní a chladivové. U vodních chladicích systémů je pracovní látkou kapalina bez probíhající skupenské změny a to buď chladicí voda s rozmezím pracovních teplot 4° C – 18° C nebo směs vody a nemrznoucí látky pro teploty pod 0° C. Chladivové systémy chladí pomocí pracovní látky, jež je kapalina s nízkou teplotou vypařování, kdy při provozu systému dochází k cílené změně skupenství z kapaliny na páru a zpět. Obvykle posledním prvkem v řetězci chlazení s přímým účinkem na prostředí je vzduchotechnika a klimatizace. Zdroje chladu můžeme rozdělit na chladicí jednotky, centrální a lokální přípravu chladu. Lokální příprava chladu je vhodná především pro „malé“ aplikace, tedy pro místní potřebu chladu.

U centrální přípravy chladu je nejběžnějším zdrojem kompresorová chladicí jednotka. Z hlediska využití odpadního tepla se používají absorpční/adsorpční chladicí jednotky. Třetí variantou je přímé a nepřímé (adiabatické) chlazení, které se využívá především při chlazení technologií (datacentra). Tento způsob chlazení kombinuje vlastnosti suchého chlazení a chladicích věží, kde se jedná v podstatě o suchý chladič, jež je opatřen zvlhčovacím panelem na vstupu vzduchu do výměníku, a tím pádem dosáhne nižších teplot chlazené kapaliny. Centrální příprava chladu se nejčastěji využívá pro nové objekty, v nichž je v nejlepší případě rovnoměrná potřeba chladu. Pro návrh je nutné znát podrobně průběh a velikost tepelné zátěže v prostoru budovy. Toto řešení vyžaduje centrální zdroj, rozvod chladu po objektu a systém regulace. Centrální zdroje chladu, resp. chladicí jednotky rozlišujeme dle chlazení kondenzátoru.

Kondenzátor by měl být v každém případě chlazen, aby nedošlo při nadbytku tepla k jeho přehřátí. První variantou může být chladicí jednotka s přímým chlazením kondenzátoru, kdy se jedná o venkovní jednotky, jejichž kondenzátor je chlazen venkovním vzduchem resp. suché chlazení. Suché chlazení funguje na principu ochlazování kapaliny, za pomoci proudění vzduchu přes výměník, lze ho kombinovat s tzv. volným chlazením (freecooling), kdy je teplota venkovního vzduchu nižší, než teplota vzduchu uvnitř budovy. Výhodou je ušetření finančních nákladů. Druhou variantou je chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem, kde je konstruován kapalinový okruh, jímž proudí směs vody a nemrznoucí látky. Kapalinový okruh propojuje kondenzátor a vnější chladicí zařízení. Do této skupiny patří chladicí věže, které mohou být otevřené nebo uzavřené. U otevřených věží dochází k přímému styku chladicí látky (vody) s atmosférou, jež je rozstříkována v horní části věže, následně stéká do vany, z níž je čerpána zpět do okruhu za pomoci čerpadla. Stékající voda je ochlazována vzduchem, jež proudí proti ní. Třetí variantou je jednotka s externím kondenzátorem, jež je vyveden mimo jednotku do venkovního prostředí a je propojen okruhem s chladivem.

Chlazení na zimních stadionech je v převážné většině případů realizováno za pomoci strojního kompresorového chlazení, které lze znázornit na idealizovaném diagramu Rankinova cyklu. [53]



1-2 Kompresor (KM) nasává odpařené chladivo z výparníku (V), stlačuje ho a zahřívá
 2-3 Přehřáté páry vstupují do kondenzátoru (KN), kde dochází k jejich ochlazení a následně kondenzaci, před koncem kondenzace dochází k podchlazení kapalného chladiva
 3-4 Expanzní ventil (EV) přiškrtí při průchodu kapalné chladivo a prudce sníží jeho tlak
 4-1 Dochází k odpařování chladiva ve výparníku (V), kde je současně odebíráno výparné teplo chladiva
 → Celý proces se opakuje

Obr. 21 Schéma a diagram chladicího cyklu [58]

Systémy chlazení lze navrhnout jako chlazení přímé, nepřímé nebo jejich kombinaci. Přímé chlazení je v podstatě jeden chladivový okruh (viz. obr. 21), při kterém potrubí s chladivem pod ledovou plochou, slouží jako výparník. Zatímco chlazení nepřímé je složeno ze dvou chladivových okruhů. V primárním okruhu je ve výparníku umístěn výměník tepla, který předává chlad do sekundárního okruhu. Následně sekundární okruh, za pomoci rozvodů chladiva, předává chlad ledové ploše. Přímé chlazení je výhodné z hlediska jednoduchosti, účinnosti a kromě amoniaku lze použít jakékoliv chladivo. Nepřímé chlazení disponuje sice nižší účinností, ale zase vyšší bezpečností z hlediska intoxikace a menší spotřebou chladiva. [52]

2 Faktory ovlivňující vnitřní prostředí zimních stadionů

2.1 Současná legislativa

Kvalitu vnitřního prostředí určují zákony, vyhlášky a nařízení vlády. Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí jsou vždy určovány na základě činnosti, kterou osoby v interiéru budov vykonávají. Tyto činnosti jsou rozděleny do kategorií, dle způsobu provozu daného objektu. V jednotlivých provezech jsou dány konkrétní požadavky na interní mikroklima dle prováděcích předpisů k uvedeným zákonům. Zejména ve vyhláškách nejsou požadavky na kvalitu vnitřního prostředí jednotné a tím je značně stížen, samotný návrh zařízení.

Požadavky na větrání mohou být určeny dle dávky čerstvého vzduchu na osobu, dle objemu místnosti, intenzitou výměny vzduchu v prostoru nebo na základě faktorů vnitřního prostředí, jako jsou mikroklimatické podmínky, limity chemických látek, prachu apod. Tyto faktory je nutné zajistit. V současné době v České republice neexistuje žádný předpis, který by stanovoval podmínky vnitřního prostředí na zimních stadionech. Zimní stadion je v podstatě svým charakterem pobytový prostor a dle vyhlášky č. 268/2009 Sb. má být množství venkovního vzduchu 25 m³/h/os. Rozdílné množství přiváděného venkovního vzduchu uvádí americký předpis ASHRAE 62.1. Obecně pro hrací zónu předepisuje minimálně 36 m³/h/os, pro zónu tribun pak 13,5 m³/h/os. Tato snížená hodnota se doporučuje zejména u stadionů s vysokou návštěvností s ohledem na krátkodobý pobyt osob v interiéru, charakter prostoru a vlhkostní zátěž. V tomto ohledu není nutné uvažovat hrací zónu včetně jejího zázemí jako trvalé pracoviště (hráči, provozní), avšak nelze opomenout ohled na odvod vodní páry při dimenzování větracího zařízení. [54]

2.1.1 Prováděcí předpisy a normy

Obecně požadavky na kvalitu vnitřního prostředí budov jsou dány zákony. Podrobnější parametry požadavků, resp. limitů pro jednotlivé faktory vnitřního prostředí nalezneme v prováděcích předpisech tj. vyhlášky a nařízení vlády. V oblastech, kde tyto požadavky nejsou právně závazné, se lze obrátit na řadu technických norem. Zde je nutné podotknout, že technické normy pouze doporučují, tudíž k jejich respektování není nikdo nucen. Výjimkou jsou případy, kdy právní předpis neodkazuje na normu.

Zde jsou uvedeny **zákony a prováděcí předpisy**, které úzce souvisí s daným tématem:

- **zákon č. 183/2006 Sb.** – Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) – ve znění pozdějších předpisů resp. aktuální znění 12.3.2020 – 31.12.2021
- **zákon č. 262/2006 Sb.** – Zákoník práce ve znění pozdějších předpisů
- **zákon č. 309/2006 Sb.** – Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci ve znění pozdějších předpisů
- **nařízení vlády č. 93/2012 Sb.**, kterým se mění **nařízení vlády č. 361/2007 Sb.**, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění **nařízení vlády č. 68/2010 Sb.**
- **nařízení vlády č. 272/2011 Sb.** o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění pozdějších předpisů
- **vyhláška č. 6/2003 Sb.**, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb ve znění pozdějších předpisů – **nerozlišuje využití sportovních hal!!**
- **vyhláška č. 137/2004 Sb.** o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných ve znění pozdějších předpisů
- **vyhláška č. 20/2012 Sb.**, kterou se mění **vyhláška č. 268/ 2009 Sb.** o obecných technických požadavcích na stavby ve znění pozdějších předpisů

2.2 Vnitřní prostředí

Vnitřní prostředí lze definovat jako životní prostředí v interiéru budov, ve kterém trávíme až 90 % svého života. Jedná se o fyzickou realitu, jež obklopuje živý organismus, vzájemně s exponovaným subjektem, na sebe působí a společně vytváří psychický a fyzický stav subjektu. Vnitřní prostředí má vliv na zdraví osob, na jejich produktivitu práce a na tepelnou pohodu. Základní fyzikální faktory, které vytvářejí výsledný stav prostředí jsou teplota, vlhkost vzduchu, jeho kvalita a způsob proudění, osvětlení, hluk, psychický komfort, elektro - statické, - magnetické a – iontové mikroklima. [44]

Nejdůležitějším faktorem působícím na lidské zdraví je **kvalita vzduchu**.

Větráním ovlivňujeme většinu složek tvořící právě vnitřní prostředí (teplota, vlhkost, rychlost a směr proudění vzduchu). K zajištění podmínek ochrany zdraví a zároveň k nalezení energeticky nenáročného řešení je nezbytné podrobně prostředí zanalyzovat. Provoz a účel zimních stadionů je rozdílný v ohledu na jejich kapacitu. Zimní stadiony můžeme rozdělit na malé a střední, které jsou určeny pro relativně nízký počet uživatelů (tj. do 500 osob včetně diváků). U těchto stadionů lze zanedbat zisky sublimací ledu, stejně jako vodní páru vzniklou spalováním paliva v motoru rolby. Naopak je tomu u velkých zimních stadionů s početným množstvím diváků, hlavně tedy u víceúčelových hal, kde se prakticky může jednat o celoroční provoz. Pro tyto provozy je největší zátěží jejich návštěvnost, kde lze očekávat nejvyšší periodu v období od září do května. Vnitřní prostředí tedy musí reagovat nejen na proměnlivou periodu návštěvníků, ale především na proměnlivost vnějších klimatických podmínek a zároveň musí být zachovány neměnné podmínky pro ledovou plochu.

Zimní stadiony čelí často problémům týkajících se udržení kvality ledové plochy spolu se vznikem nežádoucích jevů (viz. kap. 1.1.3). Příkladem je vznik mlhy, který většinou úzce souvisí se vznikem kondenzátu na ochranných bariérách nad mantinely, které jsou často konstruovány z plexiskla. Častými případy jsou známky degradace podhledových i nosných střešních konstrukcí těchto stadionů. V současné době se kladou stále vyšší požadavky na kvalitu vnitřního prostředí a s tím související tepelnou pohodu uživatelů. Na základě těchto požadavků je nutné navrhnout vzduchotechnický systém, který kromě přívodu čerstvého vzduchu, udrží požadovanou vlhkost vzduchu a zároveň účinně odvede vodní páru. Zdroje nadměrné vlhkosti v objektech zimních stadionů jsou osoby (zejména diváci), ledová plocha a její úprava a neupravený venkovní vzduch. U malých a středních stadionů se za zdroj vodní páry považuje především údržba a úprava povrchu ledu, kterou zajišťují rolby za pomoci teplé vody. Během jednoho cyklu údržby, který trvá cca 10 minut, dochází k produkci vody o hmotnosti 10 až 15 kg, při teplotě vody 60° C. Při teplotě vody 70° C dosahuje produkce vody 18 až 35 kg. Tento cyklus se při plném využití objektu provádí obvykle 2x až 4x denně. Venkovní vzduch byl velkým problémem zejména pro starší zimní stadiony (viz. kap. 1.1.3). Vnější neupravený vzduch se dostává do haly přirozenou cestou a to infiltrací skrz obvodový plášť a následně stoupá vzhůru komínovým efektem. Přirozený přívod vzduchu nelze kontrolovat, zejména v přechodovém období, kdy je obsah vodní páry ve vzduchu nejvyšší

(např. při dešti). Proto je přirozený přívod vzduchu u těchto provozů nežádoucí a je nutné se mu vyhnout, resp. ho co nejvíce eliminovat. Řešením jsou v těchto provozech vstupní zádveří, karusely případně dveřní clony. [54]

2.2.1 Tepelně - vlhkostní mikroklima

Tepelně – vlhkostní mikroklima znázorňuje tepelné a vlhkostní toky uvnitř objektu. Fyzikální faktory charakterizující toto mikroklima jsou teplota, relativní vlhkost vzduchu a rychlost proudění vzduchu, jak již bylo uvedeno. Tyto základní faktory se vzájemně ovlivňují. Mikroklima je závislé na těsnosti obálky budovy a vnějších klimatických podmínkách, dle kterých se následně interiér budovy vytápí, chladí, vlhčí a větrá. Tyto systémy spolu s teplotou okolních ploch ovlivňují stav tepelné pohody člověka. Teplotou okolních ploch je myšlena povrchová teplota stěn a podlahy resp. stropu, kterou do značné míry určují materiály konstrukcí. Dalším nežádoucím jevem mikroklimatu, který může nastat je lokální diskomfort. Lokální diskomfort může způsobit více faktorů, jako jsou průvan, příliš vysoká/nízká radiační teplota sálavých zdrojů tepla či nesprávné rozložení teploty vzduchu po výšce místnosti. Hodnocení uživatelů z hlediska tepelné pohody je vždy rozdílné a odvíjí se od mnoha faktorů, jimiž se člověk může lišit (pohlaví, věk, rytmicita, psychické faktory, biologické pochody). Hodnocení tepelného stavu prostředí se vyjadřuje pomocí ukazatelů PMV (Predicted Mean Vote) a PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). Výše uvedené faktory ovlivňují nejen obyvatele budovy, ale i technický stav objektu např. kondenzace vodní páry na povrchu konstrukcí a následný vznik plísní. Stejně jako nízká vlhkost vzduchu, která je charakteristická pro zimní období a je důsledkem vytápění objektu, který vzduch vysušuje a zvyšuje prašnost v interiéru. Tento faktor může způsobit vysoušení sliznic uživatele a následně snížit ochrannou funkci organismu před průnikem škodlivých látek do těla. Jevem opačným je zvýšená relativní vlhkost vzduchu v interiéru, která je způsobena nedostatečným větráním a vytápěním objektu. Zdrojem této vlhkosti jsou především uživatelé budovy. Člověk produkuje velké množství vodní páry, nejen svou činností, ale každým svým výdechem. Důsledkem je opět tvorba povrchové kondenzace konstrukcí, které jsou následně napadány plísněmi a zhoršují tak kvalitu vzduchu v interiéru. Kvalita vzduchu v interiéru je ovlivňována oděry, aerosoly, mikrobiálním, ionizačním a toxickým mikroklimatem.

Pro hodnocení tepelné pohody člověka používáme tzv. výslednou nebo operativní teplotu, kterou lze za běžných podmínek změřit např. kulovým teploměrem. [45]

Z hlediska zimních stadionů

Určujícím faktorem je teplota vnitřního vzduchu, která by v prostoru tribun, tedy v okolí diváků neměla klesnout pod 10° C. Teplota u ledové plochy se běžně pohybuje mezi 5 až 10° C, s ohledem na povrchovou úpravu ledu, dle aktuálně provozovaného sportu. Tato teplota je závislá na způsobu větrání interiéru, kdy vzduchotechnickým systémem lze dosáhnout rozmezí teplot mezi 10 – 20° C. Dle normy ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy

v budovách je výpočtová teplota v prostoru diváků v rozmezí 15 – 20° C. Druhým důležitým parametrem je vlhkost vnitřního vzduchu, kterou je nutné udržet v předepsaných mezích a to mezi 50 až 70 %. Z důvodu zabránění vzniku nežádoucích jevů, jež jsou uvedeny v kap. 1.1.3. S tím související měrná vlhkost by měla být udržována v rozmezí 4 až 4,5 g/kg suchého vzduchu a samozřejmě by měla být dodržena rychlost proudění vzduchu v interiéru, jež je závislá na typu a způsobu větrání objektu. [46]

2.2.2 Akustické mikroklima

Akustické mikroklima popisuje působení velkého množství zvuků, jež vnímáme jako nepříjemné, tzv. hluk. Akustické řešení u zimních stadionů by mělo zajistit jasně srozumitelný poslech slova a reprodukované hudby. Z tohoto důvodu by měla být akustika začleněna, již v počátcích návrhu zimního stadionu. Nejvýznamnější parametrem je čas ozvěny nebo-li doba dozvuku, která by měla být menší nebo rovna 3 vteřinám. V období 60. letech 20. století, zimní stadiony akustické řešení postrádaly a v důsledku toho doba dozvuku dosahovala až 8 vteřin, což se projevovalo jako ozvěna. Kromě tohoto nežádoucího jevu jsou další faktory, jež způsobují psychickou nepohodu uživatelů. Vysokou hlučností uvnitř stadionu způsobují především kompresory, větrání a venkovní doprava. Naopak je nezbytně důležité vzít v potaz hluk způsobený provozem kluziště, jako jsou venkovní kondenzátory a hluk z hokejových utkání. Hlučnost se posuzuje dle hladiny akustického tlaku v [dB] a s tím související frekvencí zvuku [Hz]. Největším nebezpečím při dlouhodobé expozici hluku je poškození sluchových orgánů a to v případě, kdy zvuk dosáhne více než 120 dB. Člověk se nedokáže hluku přizpůsobit, tudíž se zhoršuje jeho psychická, fyzická i sociální pohoda.[40][48]

Vhodné prostorové akustické podmínky ve sportovních stavbách se posuzují dle normy ČSN 73 05 27, která platí pro různé veřejné stavby vč. staveb sportovních. Doba dozvuku se stanovuje dle všeobecných zásad uvedených v normě ČSN 73 05 25.

2.2.3 Světelné mikroklima

Vnitřní osvětlení budov se dělí na denní, umělé a sdružené. Sdružené osvětlení je kombinací denního a umělého osvětlení. Z hlediska psychického, energetického a biologického se jako nejlepší varianta jeví osvětlení denním světlem. Z hlediska biologického, denní světlo zabraňuje vzniku nežádoucích mikroorganismů v interiéru objektu. Denní světlo proniká přes prosklené plochy do objektu a je tvořeno celým spektrem elektromagnetického záření, jež má pozitivní vliv na psychiku a s tím spojenou celkovou tepelnou pohodu uživatele. Dalším benefitem je snížení energetické potřeby objektu na osvětlení. Přirozené světlo ovlivňuje správné umístění okenních otvorů nejen výškově, ale především z hlediska orientace ke světovým stranám. Návrh by měl také zohledňovat především technologický provoz budovy. U stadionů s ledovou plochou často dochází k odrazu slunečních paprsků od ledové plochy a následnému oslnění hráčů i diváků. Denní světlo by mělo být rovnoměrně rozloženo po hrací ploše pro rychlou orientaci hráčů při sledování hry resp. soupeřů.

Dostatečnou intenzitu a rovnoměrnost denního osvětlení lze dosáhnout pomocí oboustranného osvětlení, tedy umístěním okenních otvorů na protilehlých stranách objektu. V tomto případě je problémem vnikání přímého slunečního záření minimálně jednou stranou do vnitřního prostoru. Při vniku přímého slunečního záření do objektu, dochází k nežádoucímu zvýšení tepelné zátěže interiéru, tudíž je vhodné u zimních stadionů umísťovat okenní otvory na severní stranu. Na straně jižní při přímém slunečním záření využít možné varianty stínění např. žaluzie ovládané časovým spínačem, který bude regulován jasností oblohy. Pro návrh denního osvětlení tedy nejlépe vyhovuje rozptýlené střešní osvětlení, realizované např. pomocí světlíků, doplněné horním bočním osvětlením. Přímému dopadu slunečních paprsků při proskleném obvodovém plášti, lze zabránit snížením úrovně ledové plochy spolu s větším přesahem střešní konstrukce přes obvodové stěny. Toto řešení bylo použito u sportovní haly v Landskroně ve Švédsku. Oslnění hráčů je nebezpečné především z důvodu střetu s jiným hráčem nebo pádem hráče, jež mu může způsobit závažné poranění. Z výše uvedených důvodů se v uzavřených sportovních halách zřizuje přednostně umělé osvětlení, jelikož kombinace denního a umělého osvětlení nemůže zajistit vždy stoprocentně požadovaný výsledek a pouze denní osvětlení je ve většině případů nedostatečné.

Kvalita umělého osvětlení je závislá na zvoleném typu zdroje, druhu svítidel, jejich rozmístění v interiéru a na teplotě chromatičnosti, tedy barevnosti světla. Volba zdroje svítidel je ovlivněna provozem zařízení. Zářivkový zdroj je vhodnější pro častější vypínání a zapínání svítidel, zatímco výbojkový zdroj je vhodnější pro stálý provoz. Dále je kvalita osvětlení ovlivněna geometrií a barevnou úpravou prostoru, tudíž nelze přesně určit, jaké osvětlení by mělo být na zimních stadionech, vzhledem k jejich rozmanitosti. Je tedy nutné návrh umělého osvětlení od začátku projednávat se specialistou v daném oboru. Častým trendem umělého osvětlení zimních stadionů jsou LED zářivky, které disponují nejvěrnějším podáním barev v prostoru. Při návrhu správného osvětlení roste produktivita hráčů, kvalita hry a s tím spojená pomalejší únava a četnost úrazů. Světelné mikroklima je pro člověka neopominutelnou složkou vnitřního prostředí, jelikož zrakovým vjemem člověk získává až 90 % informací. [47][47a]



Obr. 22 Zimního stadion v České Lípě [48]



Obr. 23 Zimní stadion Šumperk [49]

Požadavky na osvětlení sportovišť najdeme v normě ČSN EN 12193 (36 04 54) Světlo a osvětlení – osvětlení sportovišť, která byla vydána v rozšířené podobě od původní verze z roku 2008 a je platná od 1. 3. 2019.

2.3 Ledová plocha

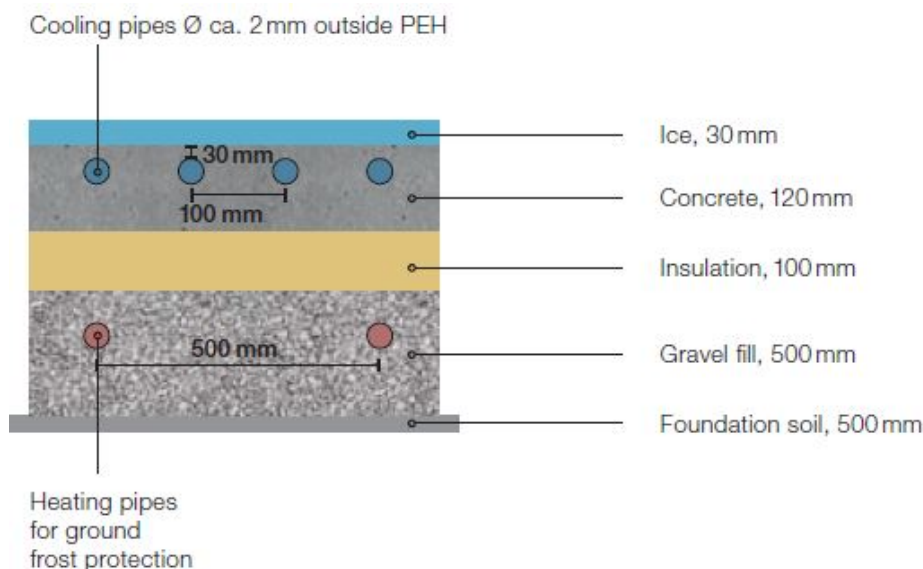
Přítomnost velice chladné ledové plochy o teplotě cca -7°C , odlišuje objekty zimních stadionů od ostatních halových objektů. Ledová plocha je činitelem, způsobujícím nežádoucí jevy ve vnitřním prostředí, (viz.kap. 1.1.3.) prostřednictvím sálání.

Sport	Povrchová teplota ledu
Lední hokej	-5,5 až -8 °C
Krasobruslení	-3,3 °C
Rekreační bruslení	-2,2 °C
Curling	-4,4 °C
Rychlobruslení	-8 °C

Tab. 1 Doporučené teploty ledu [54]

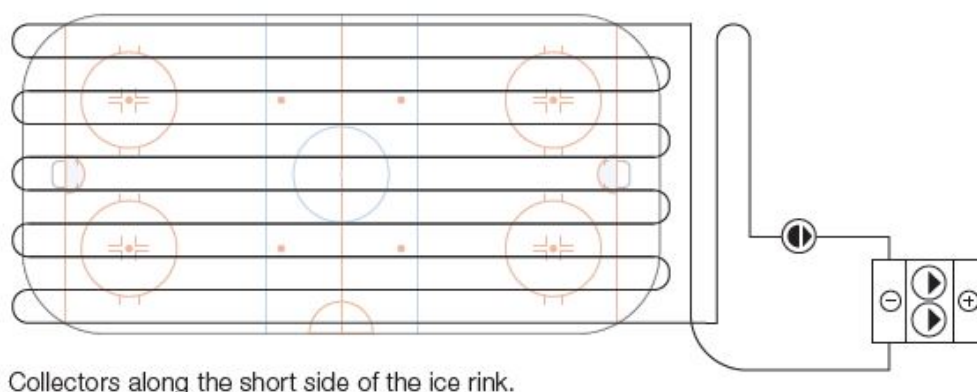
2.3.1 Konstrukce

Tou nejspeciřičtější částí zimních stadionů je skladba ledové plochy. Ledová plocha se skládá z několika vrstev, počínaje základovou půdou, na níž leží všechny horní vrstvy. Jedná se o vrstvu šterku nebo písku, ve které je umístěna drenáž pro odvod vody a zamezení jejímu vniku do horních vrstev ledové plochy. Při možném průniku vody do horních vrstev (tj. tepelná izolace a vrstvy betonu) by mohlo dojít k jejich porušení a následnému zhoršení jejich vlastností. Dle IIHF je doporučená tloušťka základové zeminy 500 mm. Další vrstvou může být buď betonová deska, nesoucí zatížení horních vrstev nebo šterk. V této vrstvě je v každém případě umístěno potrubí s topnou vodou, které tuto vrstvu ohřívá a tím zároveň chrání základovou půdu před promrzáním. V případě promrznutí základové půdy, dochází k jejím objemovým změnám a následně ke vzniku poruch konstrukce. Tloušťka této vrstvy je dle doporučení IIHF shodná jako tloušťka předchozí vrstvy, tedy 500 mm. Nad vrstvou s rozvody topné vody je umístěna tepelná izolace, jež má zamezit průniku tepla k podloží samotné ledové plochy. Vrstva tepelné izolace má doporučenou tloušťku dle IIHF 100 mm. Samotné podloží ledové plochy je převážně tvořeno vrstvou betonu, ve které jsou umístěny rozvody chladiva. Vrstva betonu je u některých zimních stadionů nahrazena vrstvou písku (ZS Litvínov) nebo vrstvou asfaltu. Písková vrstva se jeví z energetického hlediska výhodnější, z důvodu lepší tepelné vodivosti a úspory armatur, avšak u ledních sportů je použitelnost omezená. Asfaltová vrstva je levnější než vrstva betonová, avšak má větší energetické nároky na chlazení a je spíše výhodná pro využití plochy mimo sezónu např. pro tenis. Finální vrstvou této skladby je ledová plocha o mocnosti dle IIHF 25 – 30 mm.

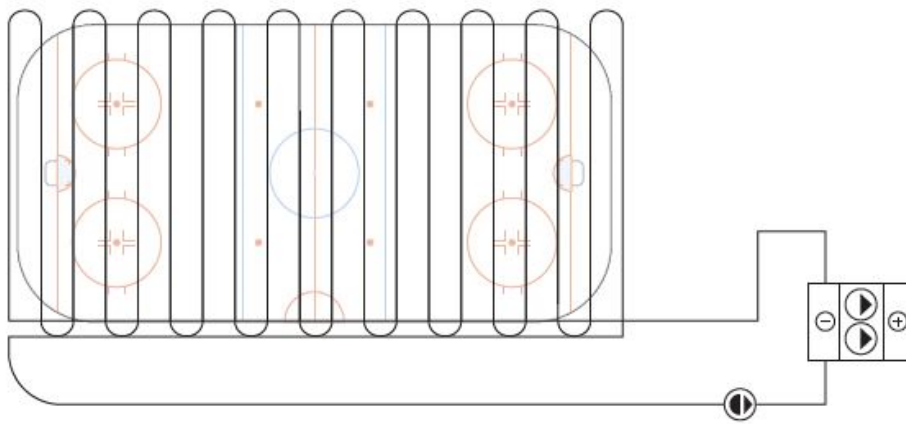


Obr. 24 Vrstvy podloží ledové plochy – typická skladba [55]

Na obr. 25 lze vidět, že rozvody chladiva je nezbytné umístit při horním povrchu desky a to z důvodu snížení tepelného odporu. Rozvody chlazení v betonové desce jsou průměru 20 – 30 mm, zatímco hlavní přívodní a vratné potrubí chladiva má doporučené dimenze 150 – 200 mm. Materiálem rozvodů chladiva je většinou ocel, měď nebo plast, kde u hlavního rozvodu se používá buď ocel nebo polyvinylchlorid (PVC) a u rozvodů pod ledovou plochou spíše plast a to polyethylen (PE). Nevýhodou plastu je, že se v případě chladiva CO_2 nedá použít z důvodu tlaku (25 – 30 barů), tudíž je vhodné použít měď nebo ocel. Nevýhodou kovových materiálů je jejich vyšší cena a větší technologická náročnost spojů svařováním. Naopak výhodou je jejich lepší tepelná vodivost. Potrubí uloženo ve smyčkách má rozteč jednotlivých trubek cca 100 mm. Hlavní chladivové potrubí lze uložit vzhledem k rozdělovači, buď při kratší nebo delší straně ledové plochy. Ve většině případů se hlavní přívodní a odvodní chladivové potrubí umísťuje při kratší straně ledové plochy. Důvodem je snaha o minimalizaci působení tepelné zátěže na chladivové potrubí. [43][55]



Obr. 25 Chladivové rozvody při kratší straně ledové plochy [43]



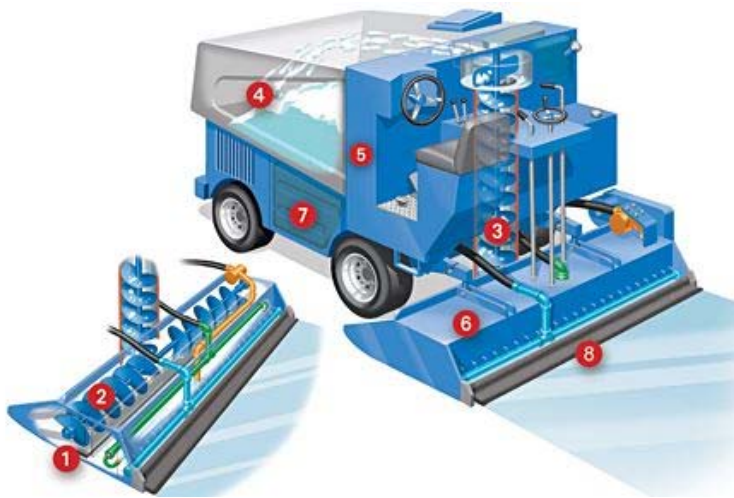
Collectors along the long side of the ice rink. (not recommended)
 Obr. 26 Chladivové rozvody při delší straně ledové plochy [43]

Smyčky chladivového potrubí umístěné v betonové desce lze koncipovat do tvaru “U” nebo “W”, kde uložení smyček do tvaru “W” disponuje vyšší účinností, z důvodu jejich částečného překrytí. Hlavním principem rozmístění chladivových smyček je především, vytvoření rovnoměrného přenosu chladu do ledové vrstvy. Parametry ledové plochy, tedy její teplota a tloušťka, jsou činiteli ovlivňující nejen tepelnou pohodu sportovní haly, ale také spotřebu energií. Tedy hlavně spotřebu elektrické energie na provoz kompresorů chladicích jednotek. Spotřebu lze snížit např. rozdělením režimu chlazení na denní a noční provoz, kdy při nočním provozu bude teplota ledové plochy nepatrně vyšší cca o 1 – 2° C. Toto opatření však nesmí ohrozit kvalitu ledové plochy. [43][55]

2.3.1.1 Úprava a údržba

Úprava a údržba ledové plochy je významným činitelem, ovlivňujícím tepelnou pohodu uživatelů uvnitř objektu a především tepelnou zátěž, působící právě na ledovou plochu. Jak již bylo uvedeno výše kap. 2 led je upravován rolbou, která k tomuto procesu používá teplou vodu, jejíž odpar způsobuje onu zvýšenou produkci vodní páry a s tím spojenou tepelnou zátěž ledové plochy. Tyto tepelné zisky je velmi obtížné zredukovat, jelikož právě kvalita ledové plochy je nezbytnou podmínkou pro provoz zimního stadionu. Provozem ledové plochy dochází k její degradaci, kdy je nutno poškozený led odpravit mimo ledovou plochu. Tedy prvním krokem při úpravě ledu je odříznutí vrchní vrstvy ledu (tl. cca 1,5 mm) za pomoci nože rolby. V druhém kroku horizontální a následně vertikální šroubovice rolby, odsávají odřezky ledu do nádrže na sněh. Po té rolba tryskami kropí seříznutý povrch mycí vodou, jež vyplní hluboké rýhy a vyčistí ledovou plochu. Mycí voda je vysávána, filtrována a pouštěna zpět do nádrže. Při třetím kroku používá rolba teplou vodu (tzv. zaplavovací vodu), která je rovnoměrně vypouštěna, ze zásobníku teplé vody v rolbě, na ledovou plochu pomocí disperzní látky. Teplá voda slouží k celkovému vyhlazení povrchu ledové plochy, její teplota se obvykle pohybuje v rozmezí 45 – 80° C. Vyšší teplota zaplavovací vody, v podstatě povolí krystalickou strukturu ledu a tím dojde k lepšímu propojení obou vrstev a zároveň k zamezení nežádoucího odštěpu nově vytvořené povrchové vrstvy. K dosažení takto vysokých teplot je možné zaplavovací vodu ohřát pomocí přehřátých par chladiva nebo odpadním teplem z kondenzace chladiva. Úprava plochy trvá

asi 10 - 15 minut, za současné spotřeby zaplavovací vody cca 1 m³. Při nepřetržitém provozu ledové plochy se může tento cyklus opakovat až 10 x denně.



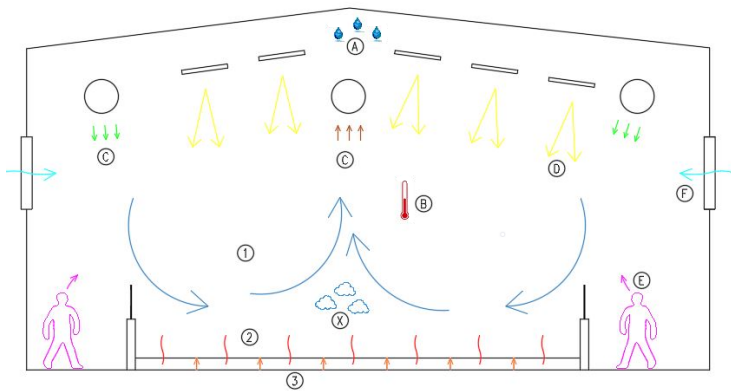
1 – nůž (čepel), 2 – horizontální šroubovice, 3 – vertikální šroubovice, 4 – nádrž na ledovou tříšť, 5 – nádrž mycí vody, 6 – trysky, 7 – nádrž zaplavovací vody, 8 – řízená úprava pomocí disperzní látky

Obr. 27 Stroj na úpravu ledové plochy [56]

Během jednoho cyklu úpravy ledu dojde k produkci až 2,5 m³ ledové tříště. Ledová tříšť je obvykle dopravena do sněžné jámy, pokud se však v objektu sněžná jáma nenachází, musí být degradovaný led odstraněn jiným způsobem např. odvozem mimo objekt nebo rozpuštěn ve vodoteči. Ve sněžné jámě je běžně ledová tříšť rozpuštěna za pomoci teplé vody, existují ale i sněžné jámy, které mají zabudovaný systém topných rohoží, ať už ve stěnách či podlaze. Rozpuštěná ledová voda může být dále použita jako např. zdroj chladu k případnému předchlazení nebo jako mycí voda do rolby.

2.3.2 Tepelná zátěž

Obecně tepelnou zátěží lze označit celkový tepelný tok vstupující do klimatizovaného prostoru, který musí kompenzovat klimatizační zařízení. Tepelná zátěž se určuje s ohledem na zdroje působících agencí, tedy na vnitřní a vnější. Tato kapitola se bude věnovat vnitřní tepelné zátěži působící na ledovou plochu. Tu lze vyjádřit třemi základními způsoby přenosu tepla a to prouděním, sáláním a vedením. Tyto způsoby přenosu tepla ovlivňují další faktory vnitřního prostředí, jako jsou teplota a vlhkost vzduchu, nucené větrání, osvětlení, pobyt osob a infiltrace. Na základě faktorů vnitřního prostředí, které určují velikost sdílení tepla, vznikají specifické jevy. Tyto jevy byly již uvedeny výše (viz. kap. 1.1.3), na základě této kapitoly budou zde podrobněji popsány.



1 – proudění, 2 – sálání, 3 – vedení, A – vlhkost vzduchu, B – teplota vzduchu, C – nucené větrání, D – osvětlení, E – pobyt osob, F – infiltrace, X – mlha

Obr. 28 Schéma vnitřního prostředí zimního stadionu

2.3.2.1 Proudění vzduchu

Proudění vzduchu (konvekce) se z pohledu zimních stadionů, řeší především nad ledovou plochou. Důvodem je nejvyšší teplotní rozdíl v celém objektu, na základě něho vznikají tepelné toky, sdílející teplo/chlad. Vzduch proudící nad ledovou plochou má vždy vyšší teplotu, než je teplota ledové plochy. Tedy teplý vzduch se ochlazuje a ledová plocha se ohřívá. Záleží na rychlosti proudění vzduchu, resp. pokud je rychlost vyšší navyšuje se tepelná zátěž působící na ledovou plochu. Předpokladem pro snížení tepelné zátěže konvekci je snížení teploty vzduchu, zvýšení teploty povrchu ledové plochy a snížení rychlosti proudění vzduchu. Vzduch v interiéru má vždy vyšší teplotu, tudíž odebírá chlad z ledové plochy a zvyšuje energetické nároky na chlazení.

Velmi důležitým aspektem je natočení vzduchotechnických vyústek, dodávajících přívodní vzduch do haly s ledovou plochou. Vyústky by neměly foukat vzduch přímo na ledovou plochu, ale přibližně 1,5 metru nad ledovou plochu, z výše uvedených důvodů. Rychlost vzduchu v pobytové zóně osob, by neměla překročit hodnotu 0,2 m/s.

Snížení potřeby energie a finančních nákladů, lze dosáhnout aktivním řízením větracího a odvlhčovacího systému, na základě teploty a vlhkosti vzduchu. Provoz VZT zařízení je vhodné rozdělit na denní a noční provoz, z důvodu proměnlivé obsazenosti objektu.

2.3.2.2 Sdílení tepla sáláním

Nejzásadnější příčina tohoto problému je interakce mezi ledovou plochou a střešní konstrukcí. Mezi ledovou plochou a střešní konstrukcí probíhá proces radiace resp. proces tepelného sálání, tedy střešní konstrukce jako teplejší element odevzdává teplo chladnější, tedy ledové ploše, čímž se led ohřívá a střecha ochlazuje. Tyto problémy vznikají především v jarním a podzimním období, tedy když je venkovní vzduch z velké části nasycen vlhkostí. [26]. Prioritou je zabránit vzniku povrchové kondenzace a jejím nežádoucím efektům.

Snížení radičního účinku závisí na emisivitě resp. pohltivosti povrchů, na povrchové teplotě a na geometrické poloze vzájemně se ozařujících povrchů. Emisivita povrchu je vlastnost povrchové vrstvy pohltit tepelné záření, přičemž velikost tepelného toku je přímo úměrná emisivitě materiálu dané konstrukce. Tedy čím menší emisivitu povrchu bude mít střešní konstrukce, tím menším tepelným tokem bude ochlazována (ohřívána).

Nejmenší emisivitou disponují kovy, z nichž vhodným materiálem je např. leštěný hliník dosahující hodnoty emisivity 0,05. Ostatní materiály jako je beton, cihly, dřevo nebo dokonce i led mají tuto hodnotu mnohem vyšší a to v rozmezí 0,85 až 0,98. Ochlazování střešní konstrukce je závislé na vzdálenosti ledové plochy. Pokud je tato vzdálenost (od osy ledové plochy) větší než 18 metrů, začíná se naopak projevovat pozitivní vliv tribun a ochlazení střešní konstrukce už není zásadním problémem. Tvar střešní konstrukce nehraje významnou roli, na rozdíl od povrchových teplot konstrukcí v interakci. Čím větší bude dosažen rozdíl teplot, tím se budou konstrukce více ochlazovat resp. ohřívát. Tudíž je žádoucí dosáhnout co nejmenšího rozdílu teplot mezi ledovou plochou a spodním lícem střešní konstrukce. [26]

2.3.2.3 Sdílení tepla vedením

Vedení tepla se předpokládá především z podloží ledu, které je prohříváno z důvodu možného promrznutí zeminy a následného vyboulení postižených vrstev (viz. kap. 2.3.1). V podloží ledu je chlazená betonová deska oddělena cca 100 mm tepelné izolace od vyhřívané např. štěrkové vrstvy, což nezabrání procesu vedení tepla skrz vrstvy skladby.

2.3.3 Specifické jevy

Vnitřní prostředí na zimních stadionech musí být "flexibilní" vzhledem k proměnlivosti vnějších klimatických podmínek, v případě hlediště vzhledem k proměnné návštěvnosti objektu. Z důvodu nefunkčního vnitřního prostředí zimního stadionu může docházet ke zhoršení kvality ledu, tepelné nepohodě uživatelů a zhoršení nejen diváckých zážitků, ale i výkonů sportovců (viz. kap.2.2). Nelehkým úkolem vzduchotechnického systému, kromě přívodu čerstvého vzduchu je především účinný odvod vodní páry spolu s udržením požadované vlhkosti vzduchu. Právě zvýšená vlhkost vzduchu může způsobovat ony specifické jevy (viz. kap. 1.1.3). V následujících podkapitolách budou, již dříve zmíněné jevy, podrobně rozebrány.

2.3.3.1 Kondenzace vodní páry

Ke kondenzaci vodní páry může docházet na stavebních konstrukcích, resp. střešní konstrukce, obvodové konstrukce (viz kap. 1.1.3) nebo na mantinelech. Důvodem je zvýšená měrná vlhkost v prostoru haly. V případě, kdy je teplota povrchu konstrukcí nižší, než teplota rosného bodu, dochází k vysrážení kapek vody na jejich povrchu a k následné tvorbě plísni. Při skapávání kondenzátu na ledovou plochu, dochází k jeho namrznání a následné tvorbě nerovností, resp. krápníků. Kondenzace vodní páry je nejen nebezpečná z hlediska chemické

a biologické koroze dané konstrukce, snížení komfortu diváků, ale především výrazně zhoršuje kvalitu ledu. Důsledkem tohoto jevu, vyžaduje ledová plocha častější úpravu povrchu, což je spojeno s navýšením provozních nákladů zimního stadionu.

Tomuto nežádoucímu procesu lze zamezit zvýšením teploty povrchu ochlazované konstrukce např. umělým vytápěním, zvýšením proudění vzduchu kolem ochlazovaných konstrukcí a snížením sálavého tepelného toku (střešní konstrukce x ledová plocha x obvodové konstrukce). [26]

2.3.3.2 Tvorba mlhy

Jak již bylo uvedeno v kap. 1.1.3, tento problém byl úzce spjat především se staršími zimními stadiony, které byly zastřešovány až po určité době provozu. U nově postavených stadionů by riziko vzniku mlhy nad ledovou plochou mělo být minimální, přesto je možné. Tato podkapitola popisuje proces vzniku mlhy.

Pokud proudí z exteriéru do interiéru vlhký vzduch, dochází k jeho ochlazení. Vlivem promíchávání s chladným vzduchem nad ledovou plochou, dochází ke zvýšení jeho relativní vlhkosti a zároveň jeho hustoty. Vzduch se stává těžším a má tendenci klesat k ledové ploše mezi mantinely. V okamžiku, kdy se stav tohoto vzduchu blíží stavu plného nasycení, začne se vytvářet mlha. Mantinely mezi nimiž vzduch leží, brání promíchávání s okolním vzduchem, tedy tvoří tzv. bariéry bránící úniku mlhy do okolního prostoru. Tyto bariéry jsou ochlazovány sáláním od ledové plochy a zároveň, z druhé strany ohřívány prouděním nebo-li konvekcí vzduchu. Bariéry na zimních stadionech jsou většinou vyrobeny z plexiskla, které disponuje nízkou tepelnou vodivostí, tudíž dochází k poklesu povrchové teploty průhledných částí, pod teplotu rosného bodu vzduchu, nad ledem. Na ochranných plexisklech dochází k tvorbě kondenzátu v podobě kapek, jež zhoršuje viditelnost bariér.

2.3.3.3 Adsorpční odvlhčování

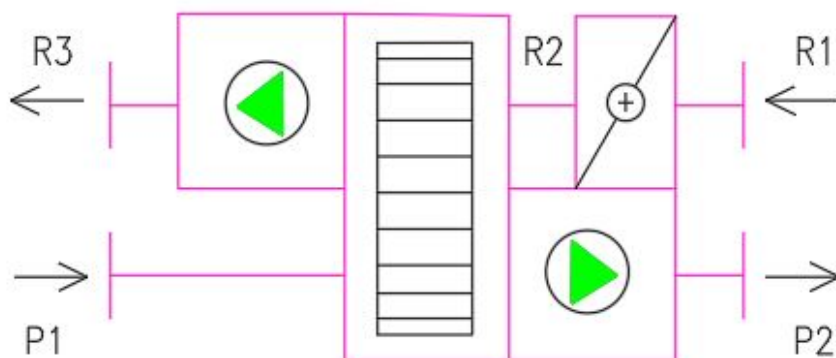
Princip adsorpčního odvlhčování, již byl obecně zmíněn v kap. 1.2.4.1. Vzhledem k časté záměně adsorpčních rotorů za rotory ZZT, je tato podkapitola věnována rozdílu mezi nimi, resp. podrobnějšímu popisu daného principu.

Řešením je odvlhčování vzduchu v celém objemu haly. Cílem odvlhčování je udržet teplotu vzduchu nad teplotou rosného bodu, jež by se obvykle měla pohybovat v rozmezí od 1,5 až do 4°C. V případech, kdy kondenzační odvlhčování (chlazením) nemůže plnit svou funkci, přichází na řadu technologie DEC (Desiccative and Evaporative Cooling/ odvlhčování a následné adiabatické chlazení). Při použití DEC se celkový průtok vzduchu navrhuje na odvod vlhkostní zátěže. K tomuto procesu se používají tzv. adsorpční rotory, jejichž teplosměnná plocha je opatřena adsorbentem (silikagelem), který je schopen do sebe vázat molekuly vody viz kap. 1.2.4.1.

V případě použití sorpčního kola je důležité rozeznávat dva proudy vzduchu, které sice procházejí stejným rotorem, ale odlišným procesem. První proud vzduchu je nazýván

procesním (**P1**), kdy přiváděný vzduch prochází procesem odvlhčování. Tento vzduch se ve výměníku nejen odvlhčuje, ale také zahřívá. Důvodem je uvolňované kondenzační teplo, vzniklé při adsorpci a tepelný tok, vzniklý v regenerační sekci, jež přestupuje do procesního vzduchu, z povrchu rotoru. Výstupem je odvlhčený vzduch (**P2**), který z důvodu své vysoké teploty, musí být před použitím v klimatizačním systému nejprve chlazen, případně směřován s chladnějším proudem vzduchu.

Druhý proud vzduchu je nazýván regeneračním (**R1**). Regenerační vzduch, který vysouší rotor je nutné před vstupem do výměníku ohřát (**R2**), na vysokou teplotu až 130° C. Důvodem je účinnost odvlhčení, která se zvyšuje v závislosti na vysoké teplotě. Toto teplo je potřebné k odebrání vlhkosti z povrchu sorpčního rotoru. Výstupem je ochlazený, vlhký vzduch (**R3**). [59]



Obr. 29 Adsorpční odvlhčování [59]

Rozdíl mezi adsorpčním rotorem a rotorem pro ZZT je v samotné konstrukci výměníku. Dělicí rovina obou proudů vzduchu je u rotačních výměníků ZZT v polovině rotoru, zatímco u sorpčních kol je dělicí rovina uzpůsobena poměru průtoků, procesního a regeneračního vzduchu, obvykle ¼. Tedy procesní vzduch prochází 75 % účinné plochy rotoru, na rozdíl od regeneračního vzduchu, který prochází pouze 25 %. Dalším rozdílem jsou výrazně nižší otáčky u adsorpčních rotorů, cca 10 ot/h. Zatímco rotory ZZT dosahují přibližně 10 ot/min. [59]

2.4 Hlediště

Je mnoho způsobů, na základě kterých lze rozdělit haly zimních stadionů. Jedním z nich je rozdělení, dle kapacity hlediště. Jako malé zimní stadiony, lze považovat do max. kapacity 1000 sedadel. Střední zimní stadiony jsou uvažovány s kapacitou 2 000 až 6 000 míst k sezení a velké zimní stadiony, resp. víceúčelové haly s kapacitou nad 6 000 sedadel. [43]

2.4.1 Konstrukce

Konstrukce hledišť na začátku vzniku zimních stadionů byly převážně dřevěné a mobilní. Jejich pozice a výška se dala lehce měnit, v závislosti na potřebě uživatelů.

Nevýhodou však byla jejich krátká životnost, kdy dřevěná konstrukce nedokázala odolávat vnějším klimatickým vlivům a následkem vlhkosti se rozpadla. V případech vzniku požáru, z konstrukce zbyl pouze popel. Postupem času byly tribuny konstruovány z betonu a oceli. Ocelové konstrukce tribun začaly postupem času rezivět a ztrácet svoji pevnost, opět vlivem vysoké vlhkosti na zimních stadionech. Tedy jako nejodolnější materiál konstrukcí tribun, lze považovat železobeton, jehož výhodou je dlouhá životnost.

2.4.2 Tepelná zátěž

S tepelnou zátěží je úzce spjata zátěž vlhkostní. Diváci produkují nejen citelné teplo, ale také vodní páru. V případě malých zimních stadionů není tepelná a vlhkostní zátěž od osob určujícím činitelem. Nucené větrání haly se navrhuje společně pro prostor ledové plochy a hlediště. Opakem jsou však víceúčelové haly, kde je tepelná a vlhkostní zátěž od osob vysoká a navíc je zvyšována nezbytným vytápěním hlediště. Ať už se jedná o teplovodní nebo teplovzdušné vytápění. V těchto případech se navrhuje vzduchotechnické jednotky zvlášť pro ledovou plochu a zvlášť pro hlediště, kde je snaha udržet vysokou teplotu až 26° C. Toto řešení zajišťuje komfort divákům, ale mnohonásobně navyšuje energetické nároky na provoz objektu.

2.5 Opatření technických systémů v době šíření nákazy Covid – 19

V současné době pandemie se dostáváme do situací, kdy je nutno řešit snížení rizika přenosu nákazy, vzhledem k technickým systémům budov. Většina odborníků se v současné době shodne pouze na dvou zaručených metodách, které vedou ke snížení přenosu nákazy v interiéru budov. První metodou je vhodná volba a použití ochranných prostředků. Druhou metodou je větrání čerstvým vzduchem, které významně eliminuje přenos nákazy. Přirozené větrání je doporučeno se zvýšenou intenzitou, oproti běžnému provozu tak, aby nedocházelo k významnému tepelnému diskomfortu uživatelů. V případě vstupu či výměně osazenstva v místnosti je dle REHVY doporučeno otevřít okna dokořán na 15 minut. []

2.5.1 VZT zařízení v souvislosti s Covid - 19

K systémům nuceného větrání, lze definovat několik praktických zásad tak, aby bylo riziko přenosu z osoby na osobu minimální. Tyto zásady jsou účinné pouze v případě, kdy jsou dodržovány současně. [60]

- I. VZT zařízení větrá pouze se 100 % čerstvého vzduchu s minimální filtrací přiváděného vzduchu 60% dle ČSN EN 16890.
- II. VZT zařízení větrá i s příměsí oběhového vzduchu s podmínkou minimální dvoustupňové filtrace přiváděného i odváděného, resp. cirkulačního vzduchu.
- III. Min. dávka čerstvého vzduchu na osobu je 60 m³/h a obsazenost prostorů je poloviční oproti standardnímu provozu, resp. výměna vzduchu je min. 3x h⁻¹
- IV. Jsou doporučeny rovnotlaké a přetlakové VZT systémy, nikoliv podtlakové.

- V. Nucené větrání není z hlediska obrazu proudění vzduchu ovlivněno přirozeným prouděním, systém větrání zajišťuje úplné provětrání celého prostoru s pobytem osob, včetně rohů místností a překážek umístěných v daném prostoru, resp. místa, kde vzduch tzv. "stárne"
- VI. Pobytová zóna osob se nesmí nacházet v místě stárnutí vzduchu, ale v místě s kontrolovaným pohybem vzduchu (rychlost v pobytové zóně a teplota nesmí vytvářet průvanový efekt)
- VII. Jako distribuční elementy jsou doporučeny výustě s radiálním výtokem vzduchu, s rychlým promícháváním přiváděného čerstvého vzduchu se vzduchem v místnosti, případně přívodní prvky tvořící zaplavovací obraz proudění
- VIII. Relativní vlhkost vzduchu v pobytové zóně osob je doporučena v rozmezí 40 - 50 %, VZT zařízení musí umožňovat v zimě dovlhčení a v létě odvlhčení přiváděného vzduchu
- IX. VZT zařízení umožňuje trvalou kontrolu zanášení jednotlivých stupňů filtrace (přívod i odvod) a musí být zajištěna bezprostřední výměna těchto filtrů, resp. při výměně filtrů postupovat jako s kontaminovaným odpadem (ochranné pomůcky)
- X. VZT zařízení zůstávají v trvalém provozu i mimo pobyt osob (max. doporučen útlumový provoz) a zajištění trvalých tlakových poměrů, nedoporučuje se VZT zařízení vypínat (riziko kontaminace místností)

Při zajištění výše uvedených požadavků, nehraje typ výměníku ZZT, vzhledem k mikrobiálnímu mikroklima daného prostoru, významnou roli. [60]

3 Návrh vzduchotechnického systému zimního stadionu

Podkladem resp. zadáním pro návrh vzduchotechnického systému byla architektonická studie zimního stadionu v Říčanech u Prahy. Tato studie byla rozšířena o prostory hlediště pro 300 osob.

Samotný návrh vzduchotechnického systému je složen z 9 VZT zařízení, které budou dále jednotlivě rozvedeny. Návrh vzduchotechnického systému je rozdělen do dvou základních zón. První zónou je prostor hlavní haly a druhou jsou ostatní provozy, které jsou dále jednotlivě řešeny.

Základní rozdělení objektu dle VZT jednotek:

- VZT jednotka pro hlavní halu
 - větrání a odvlhčování ledové plochy
 - ofukování stropu
 - větrání tribun
- VZT jednotky pro ostatní provozy
 - větrání vstupní haly
 - větrání obchodu
 - větrání bufetu
 - větrání šaten
 - větrání sociálních zařízení
 - větrání tělocvičen
 - větrání kanceláře
 - větrání restaurace
 - větrání kuchyně

Na základě tohoto rozdělení bude proveden návrh jednotlivých vzduchotechnických jednotek pro jednotlivé provozy na zimním stadionu. Tento návrh bude dodržovat předepsanou výměnu vzduchu podle platné legislativy. Větrání sociálních zařízení je vždy přidruženo k danému provozu, resp. k dané jednotce. Princip větrání celého objektu je podrobněji popsán v technické zprávě viz. příloha.

3.1 VZT. 1 HLAVNÍ HALA

Pro větrání hlavní haly byla navržena odvlhčovací vzduchotechnická jednotka, jejímž úkolem je odebrat vzduchu nadbytečnou vlhkost a upravit jeho teplotu. VZT jednotka je umístěna v exteriéru na střeše strojovny chlazení.

V hlavní hale se nachází dvě ledové plochy, z nichž je jedna hrací plochou o rozměrech 26 x 56 metrů a druhá tréninkovou plochou o rozměrech 18 x 28 metrů. Součástí jsou divácké tribuny, jež jsou rozděleny do 10 sektorů.

I. sektor	24 sedadel
II. – V. a VIII. sektor	27 sedadel
VI. sektor	35 sedadel
VII. a IX. sektor	34 sedadel
X. sektor	38 sedadel

Celkem 300 sedadel.

Výpočet množství čerstvého vzduchu

Množství čerstvého vzduchu lze vypočítat dle minimální hodnoty vzduchu na osobu a dle násobnosti výměny vzduchu. Na tomto zimním stadionu mají převažující vliv ledové plochy, tudíž bude množství vzduchu uvažovat, dle množství vzduchu na osobu a ne dle intenzity výměny vzduchu, na základě objemu hlavní haly. Pro pobytové místnosti je min. hodnota 25 m³/hod. Při běžném provozu stadionu nedojde k plné obsazenosti kapacity a pobyt osob je proměnlivý. Tedy množství vzduchu na 1 diváka je sníženo na 18 m³/h. Tato hodnota je dostačující k zajištění vhodných mikroklimatických podmínek v místě vyšší koncentrace osob. Americké předpisy uvádí hodnotu vzduchu na 1 diváka pouze 13,5 m³/h viz. kap 2.1. Množství čerstvého vzduchu pro hráče, trenéry a zaměstnance je navýšeno dle jejich činnosti a je součástí množství vzduchu pro hlediště.

	n [os]	V _{p_{os}} [m ³ /h]	V _{p_{celk}} [m ³ /h]
Diváci	300	18	5 400
Hráči	30	90	2 700
Trenéři	4	70	280
Zaměstnanci	3	50	150

Tab. 2 Množství přiváděného čerstvého vzduchu na osobu

n	počet osob	[-]
V _{p_{os}}	množství přiváděného vzduchu na osobu	[m ³ /h]
V _{p_{celk}}	množství přiváděného vzduchu celkem	[m ³ /h]

$Ve_{os} =$	$\sum(n \cdot V p_{os})$	$[m_3/h]$
$Ve_{os} =$	8 530	$[m_3/h]$

Ve_{os}	množství čerstvého vzduchu podle osob	$[m^3/h]$
-----------	---------------------------------------	-----------

$Ve_i =$	$i \cdot V$	$[m_3/h]$	i = 1
$Ve_i =$	22 125	$[m_3/h]$	

Ve_i	množství čerstvého vzduchu podle intenzity větrání	$[m^3/h]$
i	intenzita větrání	$[h^{-1}]$
V	vnitřní objem místnosti	$[m^3]$

Tab. 3 Výpočet excel

Výpočet množství přiváděného vzduchu

ZIMA

Vzduchotechnický systém bude zajišťovat odvod tepelné ztráty prostupem na základě skladby konstrukcí. Odvod tepelné ztráty sáláním a prouděním vzduchu nad ledovou plochou a odvod tepelných zisků od osvětlení. Výpočet nezahrnuje tepelnou ztrátu větráním vzhledem k navrženému přetlaku, tepelné zisky od osob vzhledem k požadovaným parametrům před příchodem osob a zisky z technologií vzhledem k samostatné strojovně chlazení.

Teplota vzduchu v interiéru $t_i = 10^\circ C$

Teplota přiváděného vzduchu $t_{pz} = 28^\circ C$

Konstrukce	U $[W/m^2K]$	A $[m^2]$	$t_k [^\circ C]$
Obvodová stěna	0,26	1 603,90	-12
Stěna vnitřní	1,4	98,9	15
		303,4	20
Střecha	0,21	2 950	-12
Okna	1,5	39,6	-12
		59,6	20
Světlíky	1,4	2	-12
Dveře	1,7	7,56	-12
		17	15
Podlaha	3,8	1 101,00	5

Tab. 4 Hodnoty pro výpočet tepelné ztráty prostupem

Na zimních stadionech teplota interiéru úzce souvisí s teplotou rosného bodu, relativní a měrnou vlhkostí. V tabulce výše lze vidět, že při teplotách rosného bodu do 4° C není teplota interiéru uvedena a naopak, při teplotách interiéru vyšších jak 10° C není uvedena teplota rosného bodu. Důvodem je, že uvedené hodnoty těchto parametrů nelze dosáhnout zároveň, což lze vidět na výpočtu pro $t_i = 15^\circ \text{C}$, kde je teplota rosného bodu 5,3° C. A naopak na výpočtu pro $t_i = 10^\circ \text{C}$, kde je teplota rosného bodu 3° C.

Výpočet pro $t_i = 15^\circ \text{C}$ ukazuje vyšší nároky na chlazení a tedy i na vytápění (u sálání až o polovinu). Důvodem je vysoký rozdíl teplot ledové plochy a vzduchu nad nimi. Dále pro dosažení této teploty je nutný přívod většího množství vzduchu až o 10 000 m³/h a zároveň vyšší teploty přiváděného vzduchu (cca 42° C).

Ve snaze vyhovět normovým požadavkům a zároveň splnit vlhkostní požadavky byla zvolena $t_i = 10^\circ \text{C}$ pro prostor ledových ploch a $t_i = 15^\circ \text{C}$ pro prostor hlediště, podrobněji rozvedeno v závěru kapitoly.

Q_{OSV}	tepelné zisky od osvětlení	[W]
-----------	----------------------------	-----

$Q_{OSV} =$	$P \cdot c_1 \cdot c_2$	[W]
$Q_{OSV} =$	7 012	[W]

P	celkový příkon svítidel vč. ztráty v předřadníku	[W]
c_1	součinitel současnosti používání svítidel	[-]
c_2	zbytkový součinitel	[-]

$Q_c =$	$Q_{pr/z} + Q_{LD} - Q_{OSV}$	[W]
$Q_c =$	168 478,4	[W]

Q_c	celková tepelná ztráta	[W]
-------	------------------------	-----

ZIMA	$V_{p_z} =$	$Q_c / (\rho \cdot C \cdot (t_p - t_i))$	[m ³ /h]
	$V_{p_z} =$	25 862	[m ³ /h]

ρ	hustota vzduchu	[kg/m ³]
C	měrná tepelná kapacita vzduchu	[J/kgK]
t_p	teplota přiváděného vzduchu do místnosti	[° C]
t_i	teplota vzduchu v místnosti	[° C]

Tab. 7 Výpočet excel [52]

LÉTO

Vzduchotechnický systém bude zajišťovat odvod tepelné zátěže prostupem, odvod tepelných zisků od osob a osvětlení. Odvod tepelné ztráty sálání a konvekce ledové plochy.

Teplota přiváděného vzduchu $t_{pL} = 15^\circ \text{C}$

	n [os]	Q_i/os [W]	Q_i [W]
Diváci	300	70	21 000
Hráči	30	160	4 800
Trenéři	4	130	520
Zaměstnanci	3	90	270

Tab. 8 Tepelné zisky od osob [52]

pozn.	citelné teplo dle korekce na základě vnitřní teploty		10°C
Q_i	citelné teplo		[W]
$Q_{os} =$	26 590	[W]	
$Q_{osv} =$	7 012	[W]	viz. zima
$Q_{prL} =$	55 000	[W]	vypočteno pomocí softwaru Qpro.cz
Q_{prL}	vnější tepelné zisky		[W]
$Q_{LD} =$	135 000	[W]	pro $t_i = 10^\circ \text{C}$ viz. zima
$Q_z =$	$Q_{prL} + Q_{os} + Q_{osv} - Q_{LD}$	[W]	
$Q_z =$	-46 398	[W]	
	nebude se chladit, ale vytápět		
Q_z	celková tepelná zátěž		[W]

Celková tepelná zátěž vyšla záporně, což ukazuje určující vliv ledových ploch. Vzduch bude dohříván na teplotu 10°C .

LÉTO	$V_{pL} =$	$Q_z / (\rho \cdot c \cdot (t_i - t_{pL}))$	$[\text{m}_3/\text{h}]$
	$V_{pL} =$	25 640	$[\text{m}_3/\text{h}]$
V_{pL}	množství přiváděného vzduchu v létě		$[\text{m}_3/\text{h}]$

Tab. 9 Výpočet excel [52]

Odvod vodní páry

Jedním z hlavních problémů zimních stadionů je vysoká měrná vlhkost, která způsobuje tvorbu mlhy nad ledovou plochou. Zdroji vodní páry jsou osoby, které produkují vlhkost. Avšak převažující vliv při vzniku vlhkosti přebírá stroj na úpravu ledu. Rolba používá zaplavovací vodu, jež způsobuje zvýšený odpar. Množství produkované vodní páry pro rolbu je v rozmezí 15 – 25 kg/h [54]. Ve výpočtu je uvažována vyšší hodnota.

	n [os]	G_i/os [g/h]	G_i [g/h]
Diváci	300	50	15 000
Hráči	30	300	9 000
Trenéři	4	100	400
Zaměstnanci	3	70	210
Rolba	1	25 000	25 000
		G [g/h] =	49 610

Tab. 10 Vlhkostní zisky od osob [52]

Navržené měrné vlhkosti pro výpočet:

$x_{pz} =$	6,1	[g/kg s.v.] 28° C, 26 % rel.vlhk.
$x_{pi} =$	3,1	[g/kg s.v.] 15° C, 29 % rel.vlhk.
$x_i =$	4,6	[g/kg s.v.] 10° C, 60 % rel.vlhk.

ZIMA			
	$V_{pz} =$	$G/(\rho^*(x_i - x_{pz}))$	[m ³ /h]
	$V_{pz} =$	25 638	[m ³ /h]
LÉTO			
	$V_{pL} =$	$G/(\rho^*(x_i - x_{pi}))$	[m ³ /h]
	$V_{pL} =$	25 638	[m ³ /h]

V_{pz}	množství přiváděného vzduchu dle produkce VP v zimě	[m ³ /h]
x_{pz}	návrhová měrná vlhkost přiváděného vzduchu v zimě	[g/kg s.v.]
x_i	měrná vlhkost v interiéru	[g/kg s.v.]
V_{pL}	množství přiváděného vzduchu dle produkce VP v létě	[m ³ /h]
x_{pi}	návrhová měrná vlhkost přiváděného vzduchu v létě	[g/kg s.v.]

Množství přiváděného vzduchu bylo vypočteno na základě odvodu celkové tepelné ztráty, celkové tepelné zátěže a celkové vlhkostní zátěže. Nucené větrání hlavní haly bude navrženo v mírném přetlaku, z důvodu zabránění nežádoucí infiltrace z vnějšího prostředí. Teplota vzduchu hlavní haly bude 10° C s relativní vlhkostí 60%. Teplota v prostoru hlediště bude lokálně dohřívána na 15° C pro splnění požadavků dle normy. Lokálním dohřevem

dojde ke snížení vlhkosti, resp. odvodu VP od diváků. Teplota přiváděného vzduchu v zimě bude 28° C s relativní vlhkostí 26 %. Teplota přiváděného vzduchu v létě bude 15° C s relativní vlhkostí 29 %.

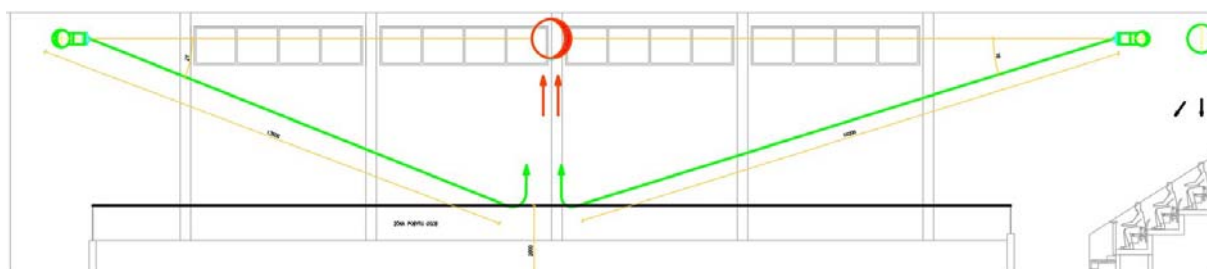
ZÁVĚR	větrání v přetlaku		dle osob
	Vp = 26 000	[m ₃ /h]	
	Vc = 17 400	[m ₃ /h]	
	Ve = 8 600	[m ₃ /h]	
	Vo = 24 000	[m ₃ /h]	

Tab. 11 Navržené množství vzduchu

V provozech zimních stadionů se pracuje především s cirkulačním vzduchem, který je odvlhčen. Čerstvý vzduch je pro tyto provozy rizikovým, z důvodu vzniku kondenzace na stavebních konstrukcích, mlhy a následné tvorby krápníků. Především v přechodových obdobích, kdy je vnější vzduch nasycen vysokou měrnou vlhkostí.

Návrh distribučních prvků

Jako distribuční prvky pro přívod vzduchu nad ledovou plochu a pro ofuk konstrukcí byly zvoleny dýzy s dalekým dosahem. Distribučními prvky pro přívod vzduchu do prostoru hlediště jsou dvouřadé vyústky. Pro odvod vzduchu jsou navrženy jednořadé vyústky.



Obr. 30 Schéma proudění vzduchu z distribučních prvků

Na schématu je silnou černou čarou vyznačena pobytová zóna osob, ve které je rychlost vzduchu přiváděná dýzami < 0,2 m/s. Úhel natočení dýz je 18° a 22°. Vzduch je odváděn uprostřed hlavní haly. Rychlost odtahovaného proudu vzduchu mřížek je < 2,5 m/s. Přívod vzduchu pro diváky opět respektuje rychlost proudění vzduchu v zóně osob < 0,2 m/s. Rychlost vystupujícího proudu vzduchu z mřížek je < 1,5 m/s. Distribuční prvky splňují limit pro hladinu akustického tlaku < 55 dB. Podrobněji viz. příloha.

Návrh trasy potrubí

Pro rozvod přívodního vzduchu hlavní haly byl zvolen dvoukanálový systém. Přívodní potrubí pro ofuk konstrukcí a odvlhčení hlavní haly je rozvedeno ve dvou větvích po delších stranách objektu. Přívodní větev s čerstvým vzduchem pro diváky, tvořící dvoukanálový systém je vedena co nejbliže u stěny, oddělující hlavní halu a ostatní provozy. Tato větev je

opatřena lokálním elektrickým ohříváčem pro dohřev vzduchu v hledišti na 15° C (požadavek dle normy). Zvolen byl elektrický ohříváč, z důvodu rizika zamrznutí vody v rozvodech pro vodní ohříváč, v době nulové obsazenosti objektu. Dalším rozhodujícím parametrem byla délka rozvodů a potřeba vyššího teplotního spádu, které odpadní teplo nedosahuje. Odvod vzduchu je realizován pomocí jedné větve uprostřed haly v podélném směru. Odvodní potrubí je rozvětveno před vstupem do jednotky, kde je odebrána část vzduchu pro regeneraci sorpčního kola. Zbýlý odváděný vzduch z haly vstupuje opět do jednotky, tedy jako vzduch cirkulační, který je nadále mísen vzduchem čerstvým a je distribuován zpět do haly přes sorpční kolo a požadovanou úpravu teploty vzduchu.

Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát

V uvedené tabulce jsou znázorněny navržené dimenze kruhového potrubí a výpočet tlakových ztrát jednotlivých úseků tras přívodu a odvodu. Tlaková ztráta nejdelší větve pro přívod vzduchu je 300 Pa. Ostatní větve vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Tlaková ztráta pro nejdelší větev odvodního potrubí je 260 Pa. Ostatní větve opět vyrovnávají tlakovou ztrátu hlavní větve pomocí regulačních klapek. Na základě tlakových ztrát jsou navrženy ventilátory do VZT jednotky. Dále jsou uvedeny tlakové ztráty DP dle technických listů. Podrobněji viz. příloha.

PŘÍVOD

Úsek		Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zařazení rozměrů	Průtok Q	Délka úseku l	Plocha potrubí A	Rychlost proudění w	Tlakové ztráty třením	Součinitel vázaného odporu	Tlakové ztráty míst- ními odpory	Celková tlak. ztráta úseku
		Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr						Ptř	Ksí	Pksí	Př
		a	b	d						[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]
		[mm]	[mm]	[mm]		[m ³ /hod]	[mm]	[m ²]	[m/s]				
1	H	0	0	300	Vpořádku	380	2 770	0,071	1,5	0,33	0,0	0,02	0,35
2	H	0	0	315	Vpořádku	760	3 380	0,078	2,7	1,16	0,0	0,12	1,28
3	H	0	0	355	Vpořádku	1140	2 180	0,099	3,2	0,88	0,0	0,16	1,05
4	H	0	0	400	Vpořádku	1140	700	0,126	2,5	0,16	0,0	0,10	0,26
5	H	0	0	450	Vpořádku	1520	3 240	0,159	2,7	0,69	0,0	0,11	0,80
6	H	0	0	500	Vpořádku	1900	6 030	0,196	2,7	1,16	0,0	0,11	1,27
7	H	0	0	560	Vpořádku	2280	3 770	0,246	2,6	0,58	0,0	0,10	0,68
8	H	0	0	600	Vpořádku	2660	2 700	0,283	2,6	0,39	0,0	0,11	0,50
9	H	0	0	630	Vpořádku	3040	3 100	0,312	2,7	0,45	0,0	0,00	0,45
10	H	0	0	630	Vpořádku	3420	3 840	0,312	3,0	0,70	0,0	0,15	0,85
11	H	0	0	710	Vpořádku	3800	2 600	0,396	2,7	0,32	0,0	0,00	0,32
12	H	0	0	710	Vpořádku	4180	3 500	0,396	2,9	0,51	0,0	0,00	0,51
13	H	0	0	710	Vpořádku	4560	3 850	0,396	3,2	0,66	0,0	0,16	0,83
14	H	0	0	800	Vpořádku	4940	2 600	0,503	2,7	0,29	0,0	0,09	0,38
15	H	0	0	800	Vpořádku	5320	3 300	0,503	2,9	0,42	0,0	0,00	0,42
16	H	0	0	800	Vpořádku	5700	3 200	0,503	3,1	0,46	0,0	0,00	0,46
17	H	0	0	800	Vpořádku	6080	3 290	0,503	3,4	0,54	0,0	0,00	0,54
18	H	0	0	800	Vpořádku	6460	3 090	0,503	3,6	0,56	0,0	0,00	0,56
19	H	0	0	800	Vpořádku	6840	1 725	0,503	3,8	0,35	1,9	17,10	17,45
20	H	0	0	150	Vpořádku	200	2 400	0,018	3,1	2,73	0,0	0,16	2,89
21	H	0	0	200	Vpořádku	400	1 780	0,031	3,5	1,77	0,0	0,00	1,77
22	H	0	0	250	Vpořádku	600	3 400	0,049	3,4	2,38	0,0	0,18	2,56
23	H	0	0	280	Vpořádku	800	2 700	0,062	3,6	1,84	0,0	0,21	2,05
24	H	0	0	355	Vpořádku	1180	3 500	0,099	3,3	1,52	0,0	0,17	1,69
25	H	0	0	400	Vpořádku	1560	2 950	0,126	3,4	1,19	0,0	0,19	1,38
26	H	0	0	400	Vpořádku	1760	3 650	0,126	3,9	1,84	2,2	20,98	22,82
27	H	0	0	800	Vpořádku	8600	2 580	0,503	4,8	0,81	0,3	4,27	5,08
28	H	0	0	315	Vpořádku	870	7 700	0,078	3,1	3,42	3,3	19,99	23,41
29	H	0	0	315	Vpořádku	870	600	0,078	3,1	0,27	1,9	11,75	12,02
30	H	0	0	400	Vpořádku	1740	7 260	0,126	3,8	3,59	1,2	11,51	15,10
31	H	0	0	315	Vpořádku	870	600	0,078	3,1	0,27	1,7	10,48	10,75
32	H	0	0	500	Vpořádku	2610	7 260	0,196	3,7	2,53	1,4	12,37	14,89

33	H	0	0	315	Vpořádku	870	600	0,078	3,1	0,27	1,9	11,63	11,90
34	H	0	0	560	Vpořádku	3480	7 260	0,246	3,9	2,46	1,3	12,62	15,08
35	H	0	0	315	Vpořádku	870	600	0,078	3,1	0,27	1,9	11,51	11,78
36	H	0	0	630	Vpořádku	4350	7 260	0,312	3,9	2,08	1,2	11,36	13,44
37	H	0	0	315	Vpořádku	870	600	0,078	3,1	0,27	1,7	10,30	10,57
38	H	0	0	710	Vpořádku	5220	7 260	0,396	3,7	1,61	1,7	14,37	15,98
39	H	0	0	315	Vpořádku	870	600	0,078	3,1	0,27	2,2	13,33	13,59
40	H	0	0	710	Vpořádku	6090	7 260	0,396	4,3	2,15	1,6	18,40	20,56
41	H	0	0	315	Vpořádku	870	600	0,078	3,1	0,27	2,8	16,96	17,23
42	H	0	0	710	Vpořádku	6960	2 670	0,396	4,9	1,02	1,8	27,34	28,36
43	H	0	0	315	Vpořádku	870	7 700	0,078	3,1	3,42	3,3	19,99	23,41
44	H	0	0	315	Vpořádku	870	600	0,078	3,1	0,27	1,9	11,51	11,78
45	H	0	0	400	Vpořádku	1740	7 640	0,126	3,8	3,78	2,8	26,10	29,88
46	H	0	0	1120	Vpořádku	17300	30 700	0,985	4,9	6,65	1,5	22,48	29,13
65	H	0	0	1250	Vpořádku	26000	5 000	1,227	5,9	1,34	2,3	50,19	51,53

Tab. 12 Dimenze a tlakové ztráty

Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		Parm [Pa]
5 ks	VNKM 1025 x 85	84
18 ks	VNKM 1225 x 125	193
20 ks	DDM II/N	1400

Tab. 13 Tlakové ztráty distribučních prvků

ODVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadáni rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty třením Přf [Pa]	Součinitel vřazeného odporu Ksí [-]	Tlakové ztráty míst- ními odpory Pksi [Pa]	Celková tlak.ztráta úseku Přf [Pa]	
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr										
	a [mm]	b [mm]	d [mm]										
1	H	0	0	300	Vpořádku	800	3 370	0,071	3,1	1,63	0,0	0,16	1,79
2	H	0	0	400	Vpořádku	1600	3 150	0,126	3,5	1,33	0,0	0,20	1,53
3	H	0	0	500	Vpořádku	2400	3 500	0,196	3,4	1,04	0,0	0,18	1,22
4	H	0	0	560	Vpořádku	3200	3 050	0,246	3,6	0,88	0,0	0,21	1,09
5	H	0	0	600	Vpořádku	4000	2 200	0,283	3,9	0,69	0,0	0,24	0,93
6	H	0	0	630	Vpořádku	4000	1 750	0,312	3,6	0,43	0,0	0,00	0,43
7	H	0	0	630	Vpořádku	5500	1 580	0,312	4,9	0,70	0,0	0,00	0,70
8	H	0	0	710	Vpořádku	5500	3 200	0,396	3,9	0,78	0,0	0,23	1,02
9	H	0	0	710	Vpořádku	7000	3 150	0,396	4,9	1,21	0,0	0,00	1,21
10	H	0	0	800	Vpořádku	7000	2 480	0,503	3,9	0,53	0,0	0,24	0,76
11	H	0	0	800	Vpořádku	8500	2 700	0,503	4,7	0,83	0,0	0,00	0,83
12	H	0	0	900	Vpořádku	8500	1 580	0,636	3,7	0,27	0,0	0,22	0,49
13	H	0	0	900	Vpořádku	10000	3 000	0,636	4,4	0,69	0,0	0,00	0,69
14	H	0	0	1000	Vpořádku	10000	640	0,785	3,5	0,09	0,0	0,20	0,28
15	H	0	0	1000	Vpořádku	12000	2 770	0,785	4,2	0,53	0,0	0,00	0,53
16	H	0	0	1120	Vpořádku	12000	1 560	0,985	3,4	0,17	0,0	0,18	0,35
17	H	0	0	1120	Vpořádku	14000	3 270	0,985	3,9	0,48	2,2	21,62	22,10
18	H	0	0	300	Vpořádku	800	3 200	0,071	3,1	1,55	0,0	0,16	1,70
19	H	0	0	400	Vpořádku	1600	3 300	0,126	3,5	1,39	0,0	0,20	1,59
20	H	0	0	500	Vpořádku	2400	3 300	0,196	3,4	0,98	0,0	0,18	1,16
21	H	0	0	560	Vpořádku	3200	3 250	0,246	3,6	0,94	0,0	0,00	0,94
22	H	0	0	600	Vpořádku	4000	2 200	0,283	3,9	0,69	0,0	0,00	0,69
23	H	0	0	630	Vpořádku	4000	1 750	0,312	3,6	0,43	0,0	0,00	0,43
24	H	0	0	630	Vpořádku	5500	1 580	0,312	4,9	0,70	0,0	0,38	1,08
25	H	0	0	710	Vpořádku	5500	4 200	0,396	3,9	1,03	0,0	0,00	1,03
26	H	0	0	710	Vpořádku	7000	2 200	0,396	4,9	0,85	0,0	0,38	1,23
27	H	0	0	800	Vpořádku	7000	2 500	0,503	3,9	0,53	0,0	0,00	0,53
28	H	0	0	800	Vpořádku	8500	2 700	0,503	4,7	0,83	0,0	0,35	1,17
29	H	0	0	900	Vpořádku	8500	1 400	0,636	3,7	0,24	0,0	0,00	0,24
30	H	0	0	900	Vpořádku	10000	3 600	0,636	4,4	0,83	1,9	22,85	23,68
31	H	0	0	1250	Vpořádku	24000	15 120	1,227	5,4	3,50	0,0	0,00	3,50
32	H	0	0	710	Vpořádku	6600	12 600	0,396	4,6	4,35	2,9	39,17	43,52
33	H	0	0	1120	Vpořádku	17400	6 400	0,985	4,9	1,40	1,2	18,65	20,05

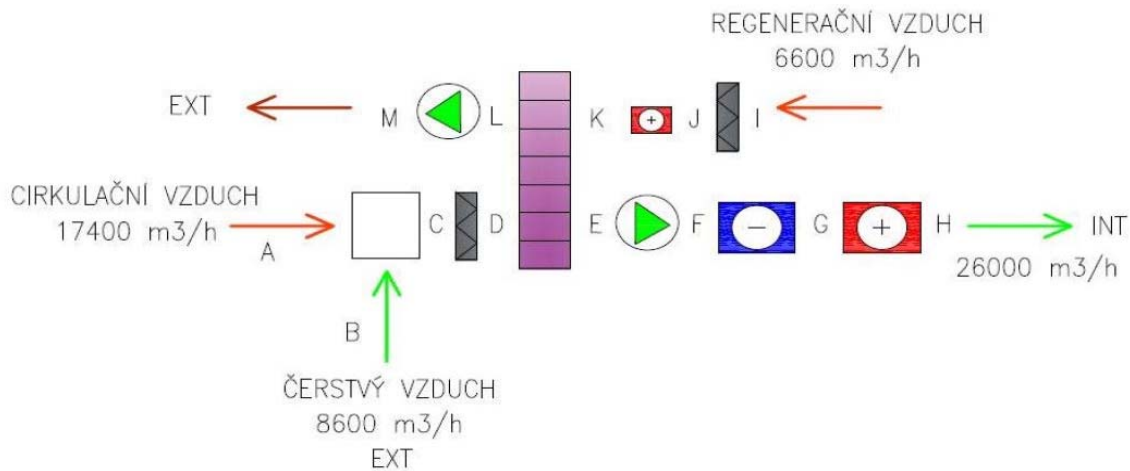
Tab. 14 Dimenze a tlakové ztráty

Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku	
		Param	[Pa]
1	VNKM 1225 x 125		14
2	VNKM 1225 x 125		16
3	VNKM 1225 x 125		16
4	VNKM 1225 x 125		17
5	VNKM 1225 x 125		13
7	VNKM 825 x 325		20
9	VNKM 825 x 325		22
11	VNKM 825 x 325		24
12	VNKM 825 x 325		24
13	VNKM 1025 x 85		13
15	VNKM 1025 x 85		18
18	VNKM 1225 x 125		14
19	VNKM 1225 x 125		16
20	VNKM 1225 x 125		16
21	VNKM 1225 x 125		17
22	VNKM 1225 x 125		13
24	VNKM 825 x 325		20
26	VNKM 825 x 325		22
28	VNKM 825 x 325		24
30	VNKM 825 x 325		24

Tab. 15 Tlakové ztráty distribučních prvků

Návrh odvlhčovací jednotky

Pro větrání a odvlhčování hlavní haly byla navržena jednotka s adsorpčním odvlhčováním ve složení směšovací komora, filtr, sorpční kolo, ventilátor, chladič a ohřivač. Odvod regeneračního vzduchu je realizován přes filtr, ohřivač, sorpční kolo a ventilátor. Odváděný cirkulační vzduch vstupuje spolu s čerstvým vzduchem do směšovací komory.



Obr. 31 Schéma komponentů VZT.1

LÉTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
[m³/h]	17400	8600	26000	26000	26000	26000	26000	26000	6600	6600	6600	6600	6600
[° C]	15	30	20	20	42	40,7	15	15	15	15	84,4	24,5	27,2
[g/kg]	9,73	10,1	9,8	9,8	3,1	3,1	3,1	3,1	6,4	6,4	6,4	12,8	12,8
[% r.H.]	89,9	37	67	67	6	6	29	29	59,5	59,5	2	65,5	56
[kW]							237,7	0					

Tab. 16 parametry vzduchu procházející jednotkou

ZIMA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
[m³/h]	17400	8600	26000	26000	26000	26000	26000	26000	6600	6600	6600	6600	6600
[° C]	15	-12	6,2	6,2	16	17,3	17,3	28	15	15	92,2	23,9	26,7
[g/kg]	9,7	1	6,9	6,9	6,1	6,1	6,1	6,1	6,4	6,4	6,4	14,9	14,9
[% r.H.]	90	100	117	117	53	53	53	26	59,5	59,5	1	78,9	67
[kW]							0	106,2					

Tab. 17 parametry vzduchu procházející jednotkou

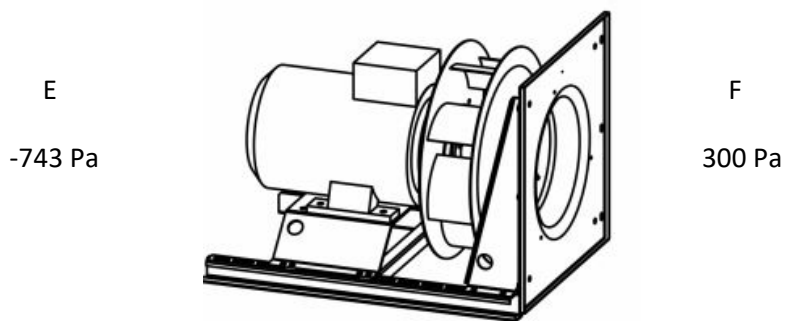
Z výše uvedených tabulek vyplývá, že v létě bude využit pouze chladič pro procesní vzduch. V zimě bude využit pouze ohřívač pro procesní vzduch. (viz. příloha HX – diagramy)

Návrh ventilátorů

1. Process fan

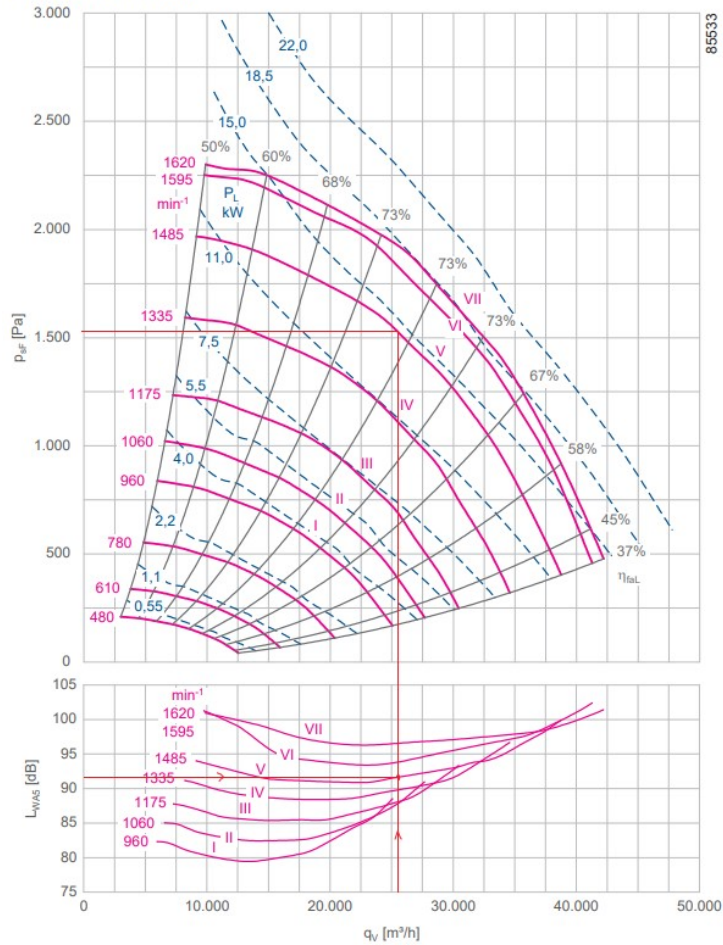
Množství vzduchu - 26 000 m³/h

Tlaková ztráta sání + výtlač + sorpční kolo = 1043 Pa



Obr. 32 Process fan [61]

Fan curve RH..C



Obr. 33 Pracovní bod ventilátoru [61]

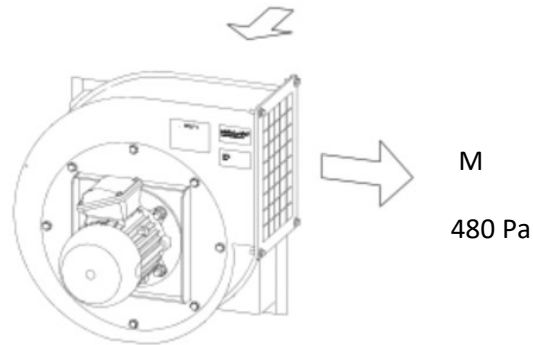
Pro procesní vzduch byl navržen ventilátor ER80C-4DN.K7.1R, který zajistí dostatečný výkon (HX – diagramy viz. příloha) pro výše uvedené množství vzduchu a pokryje vypočtené tlakové ztráty.

2. Reactivation fan

Množství vzduchu – 6600 m³/h

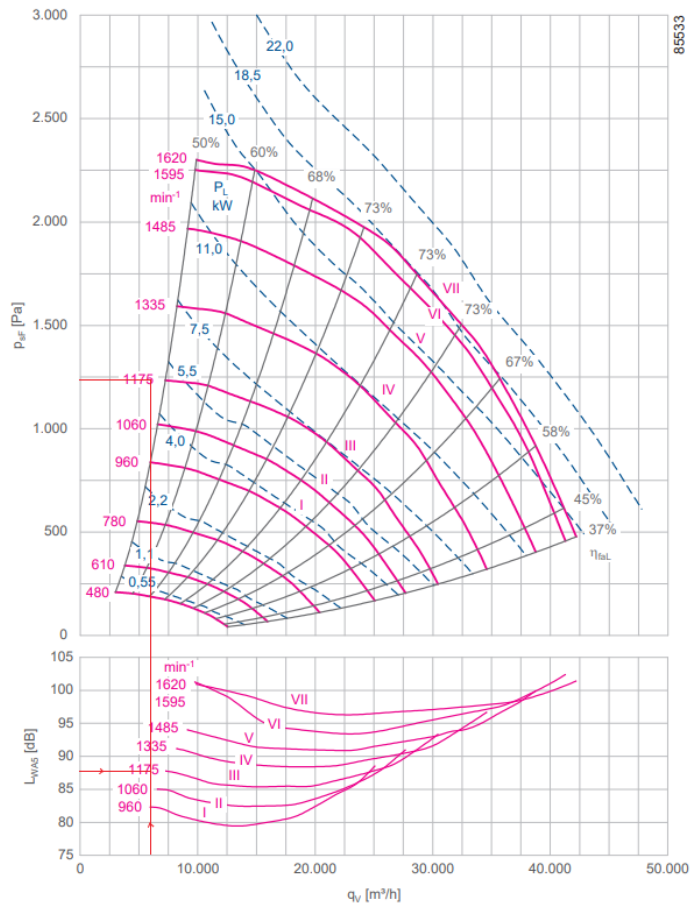
Tlaková ztráta sání + sorpční kolo 770 Pa. L

- 290 Pa



Obr. 34 Reactivation fan [61]

Fan curve RH..C



Obr. 35 Pracovní bod ventilátoru [61]

Pro regenerační vzduch byl navržen ventilátor ER80C-6DN.I7.1R, který zajistí dostatečný výkon (HX – diagramy viz. příloha) pro výše uvedené množství vzduchu a pokryje vypočtené tlakové ztráty.

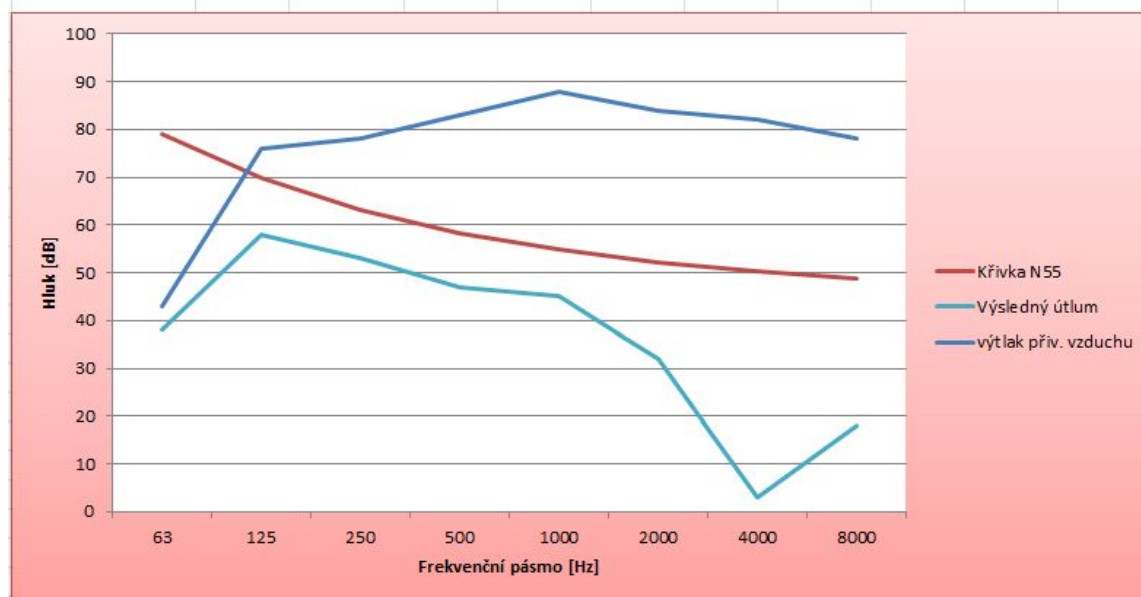
Návrh tlumičů hluku

Kruhové tlumiče hluku budou vyrobeny na zakázku od firmy Storke. Tlumič pro větev přiváděného (procesního) vzduchu, bude průměru 1250 mm o délce 2 500 mm s jádrem. Tlumič pro větev oběhového (procesního) vzduchu, bude průměru 1120 mm o délce 2 240 mm s jádrem. Tlumiče respektují nařízení vlády (sportovní haly) 60 dB.

Název požadavku	požadavek
Požadavek pro venkovní prostor dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb.	L _{Aeq} = 60 dB
číslo třídy hluku	N = L _{Aeq} - 5 = N55

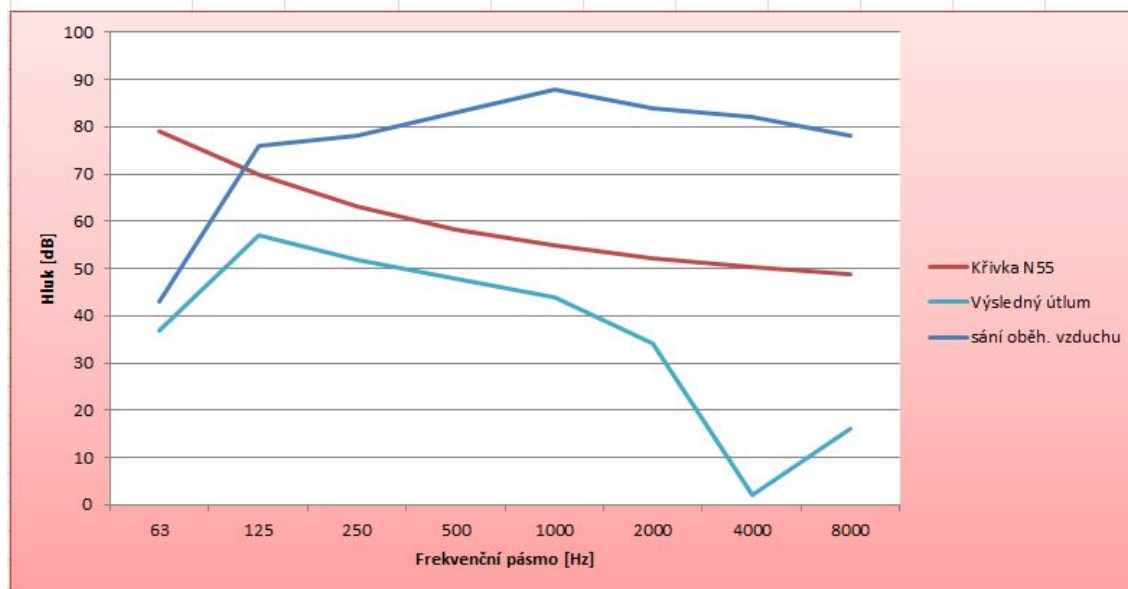
Obr. 36 Požadavek na vnitřní prostor

PŘÍVOD	MJ	Hladiny akustických výkonů								L _w , A
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
výtlak přiv. vzduch	[dB]	43	76	78	83	88	84	82	78	91,5
Křivka N55	[dB]	79	69,9	63,2	58,4	55	52,3	50,3	48,7	
Požadovaný útlum	[dB]	0	6,1	14,8	24,6	33	31,7	31,7	29,3	
tlumič ø 1250 mm, L = 2500 mm s jádrem	[dB]	5	18	25	36	43	52	79	60	35,3
Výsledný útlum	[dB]	38	58	53	47	45	32	3	18	59,6



Obr. 37 Tlumič hluku na přívodu (procesním) vzduchu, Tab. 18 Výpočty excel

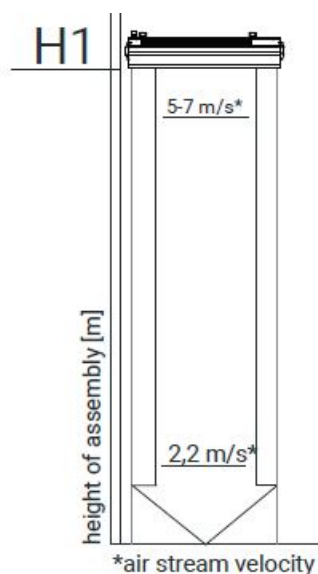
OBĚH	MJ	Hladiny akustických výkonů								Lw, A
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Frekvenční pásmo	[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
sání oběh. vzduchu	[dB]	43	76	78	83	88	84	82	78	91,5
Křivka N55	[dB]	79	69,9	63,2	58,4	55	52,3	50,3	48,7	
Požadovaný útlum	[dB]	0	6,1	14,8	24,6	33	31,7	31,7	29,3	
tlumič ø 1120 mm, L = 2240 mm s jádrem	[dB]	6	19	26	35	44	50	80	62	35,9
Výsledný útlum	[dB]	37	57	52	48	44	34	2	16	58,8



Obr. 38 Tlumič hluku na oběhovém (procesním) vzduchu, Tab. 19 Výpočty excel

3.2 VZT. 2 VZDUCHOVÁ CLONA

Vzduchová clona je navržena pro umístění nad vstupní dveře do objektu, min. 0,1 metru od stropu. Úkolem clony je zabránit pronikání venkovního neupraveného vzduchu do interiéru. Rozměr vstupních dveří je 1800 x 2400 mm. Jedná se o vodní clonu, resp. vzduchovou clonu s vodním ohříváčem. Clona WING W200 byla navržena od společnosti VTS pomocí technických údajů. Rychlost ventilátoru je zvolena I, dle výšky montáže 2,4 metru.



Obr. 39 Znárodnění rychlosti proudu vzduchu [62]

O vzduchovém výkonu 2050 m³/h a hladině hluku 56 dB. Teplotní spád vody je 70/50° C o teplotě přiváděného vzduchu do zařízení 15° C. Topný výkon je 19,1 kW. Průtok vody je 0,22 l/s. Tlaková ztráta výměníku 1,2 kPa. Výkon EC motoru je 0,45 kW.

3.3 VZT. 3 OBCHOD

Vzduchotechnická jednotka zajišťuje větrání obchodu se zázemím zaměstnanců, sociálního zařízení, vstupní haly, recepce a ošetřovny. Větrací jednotka je umístěna v podhledu nad prodejním pultem. Akustický výkon skříně je 61 dB(A), což splňuje požadavky na nejvyšší přípustné ekvivalentní hladiny akustického tlaku dle skupiny III. běžné nároky LAeq < 65dB. Větrání obchodu se zázemím je navrženo na 4 násobnou výměnu vzduchu, z důvodu prosklených prodejních ploch. Odvod tepelné zátěže bude řešit samostatný chladicí systém.

Sociální zařízení jsou dimenzována na jmenovitý průtok vzduchu (viz. Technická zpráva) a jsou větrána podtlakově. Větrání prostoru vstupní haly je navrženo na 0,4 1/h výměnu vzduchu. Větrání ošetřovny a recepce na max. počet osob. Tyto prostory jsou větrány rovnotlance.

Tabulka místností 1. NP					Množství větracího vzduchu								
Číslo	Název	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Teplota [° C]	Počet lidí [-]	Intenzita větrání	Množství vzduchu na osobu	pisoiár [m ³ /h]	umyvadlo/ výlevka [m ³ /h]	WC [m ³ /h]	Sprcha [m ³ /h]	Přívod vzduchu	Odvod vzduchu
						[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[ks]	[ks]	[ks]	[ks]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
						0,5	20	25	30	50	150		
												[m ³ /h]	[m ³ /h]
1.01	Vstupní hala	97,68	343,83	15		0,4						130	130
1.02	Obchod	106,93	376,39	20		4						1530	1450
1.03	Broušení bruslí	3,58	12,60	20								-	-
1.04	Sklad	6,2	21,82	18		1						-	-
1.05	Šatna	6,2	21,82	20	2							-	-
1.06	Umyvadlo	2,27	7,99	20					1			-	30
1.07	WC obchod	1,62	5,70	18						1		-	50
1.08	Předsíň WC	5,58	19,64	20								320	-
1.09	WC invalidé	7,99	28,12	18					1	1		-	80
1.10	Umyvadlo ženy	2,18	7,67	20					1			-	30
1.11	WC ženy	1,71	6,02	18						1		-	50
1.12	Umyvadla muži	2,67	9,40	20					2			-	60
1.13	Pisoárová stání	3,31	11,65	18				2				-	50
1.14	WC muži	1,67	5,88	18						1		-	50
1.20	Recepce	7,52	26,47	20	4		25					100	100
1.21	Ošetřovna	6,2	21,82	20	3		25		1			100	100
												2 180	2180

Tab. 20 Vypočtené hodnoty množství vzduchu

Návrh distribučních prvků

Jako distribuční prvky pro přívod vzduchu jsou navrženy dvouřadé mřížky v prostorách obchodu a sociálního zařízení. Výstupní proud vzduchu z mřížek nepřesahuje doporučenou hodnotu 1,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. V prostoru ošetřovny, recepce a vstupní haly jsou navrženy talířové ventily.

Jako distribuční prvky pro odvod vzduchu jsou navrženy jednořadé mřížky v prostorách obchodu. Výstupní proud vzduchu z mřížek nepřesahuje doporučenou hodnotu 2,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. V prostoru sociálních zařízení, ošetřovny, recepce a vstupní haly jsou navrženy talířové ventily pro odvod vzduchu.

Distribuční prvky splňují akustické požadavky dle nařízení vlády LAeq < 40 dB.

Návrh trasy potrubí

Přívod dohřátého vzduchu na požadovanou teplotu je koncipován podél prosklené části obchodu. Odvod vzduchu je na opačné straně obchodu, nad pultem. Přívod vzduchu pro sociální zařízení je umístěn v předsíni WC, kde prochází skrz dveřní mřížky a je následně odsáván. Přívod vzduchu recepce, ošetřovny a vstupní haly je směřován doprostřed prostoru, odvod je umístěn nade dveřmi. Potrubí je navrženo kruhového průřezu safe od firmy Lindab a je částečně přiznáno. Přívodní potrubí je tepelně izolováno. Přívod čerstvého vzduchu je navržen přes protidešťovou žaluzii, umístěnou na fasádě objektu. Odvod vzduchu je vyveden přes protiděšťovou žaluzii, podél fasády, nad střechu. Všechna potrubí prostupující požárně dělicí konstrukcí mají průřez < 40 000 mm², nebudou opatřeny požárními klapkami. Na základě norem ČSN EN 73 0810 A ČSN 73 0872.

Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát

V uvedené tabulce jsou znázorněny navrhované dimenze kruhového potrubí a výpočet tlakových ztrát jednotlivých úseků tras přívodu a odvodu. Tlaková ztráta nejdelší větve pro přívod vzduchu je 114 Pa. Vedlejší větve vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Tlaková ztráta pro nejdelší větev odvodního potrubí je 195 Pa. Vedlejší větve opět vyrovnávají tlakovou ztrátu hlavní větve pomocí regulačních klapek. Na základě tlakových ztrát jsou navrženy ventilátory VZT jednotky. Dále jsou uvedeny tlakové ztráty DP dle technických listů. Podrobněji viz. příloha.

PŘÍVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadání rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty třením P _{tr} [Pa]	Součinitel vřazeného odporu K _{si} [-]	Tlakové ztráty místními odpory P _k [Pa]	Celková tlaková ztráta úseku P _ř [Pa]	
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr										
	a [mm]	b [mm]	d [mm]										
1	H	0	0	125	Vpořádku	100	3 530	0,012	2,3	2,72	1,8	5,81	8,53
2	H	0	0	125	Vpořádku	100	500	0,012	2,3	0,38	1,8	5,81	6,20
3	H	0	0	160	Vpořádku	200	4 500	0,020	2,8	3,71	2,1	9,96	13,67
4	H	0	0	125	Vpořádku	135	3 300	0,012	3,1	4,46	1,9	11,00	15,46
5	H	0	0	180	Vpořádku	330	2 390	0,025	3,6	2,80	0,1	0,49	3,29
6	H	0	0	225	Vpořádku	500	1 850	0,040	3,5	1,55	0,1	0,92	2,48
7	H	0	0	250	Vpořádku	670	1 900	0,049	3,8	1,63	1,6	14,04	15,67
8	H	0	0	160	Vpořádku	170	1 400	0,020	2,3	0,85	0,1	0,21	1,06
9	H	0	0	225	Vpořádku	340	1 300	0,040	2,4	0,53	0,1	0,21	0,74
10	H	0	0	250	Vpořádku	510	1 300	0,049	2,9	0,67	0,1	0,31	0,99
11	H	0	0	315	Vpořádku	850	1 570	0,078	3,0	0,67	0,1	0,35	1,01
12	H	0	0	355	Vpořádku	1190	2 100	0,099	3,3	0,92	1,9	13,35	14,27
13	H	0	0	400	Vpořádku	1860	6 950	0,126	4,1	3,90	1,2	12,89	16,78
14	H	0	0	150	Vpořádku	160	1 740	0,018	2,5	1,30	0,1	0,24	1,54
15	H	0	0	200	Vpořádku	320	1 450	0,031	2,8	0,95	2,7	13,52	14,47
16	H	0	0	450	Vpořádku	2180	1 400	0,159	3,8	0,59	0,0	0,00	0,59

Tab. 21 Dimenze a tlakové ztráty

Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		Parm [Pa]
1	TVPM 125	30
2	TVPM 125	30
4	TVPM 125	35
6	VNKM 1025 x 85	11
7	VNKM 1025 x 85	12
8	VNKM 1025 x 85	6
9	VNKM 1025 x 85	6
10	VNKM 1025 x 85	12
11	VNKM 1225 x 125	10
12	VNKM 1225 x 125	11
14	VNKM 825 x 85	7
15	VNKM 825 x 85	8

Tab. 22 Tlakové ztráty distribučních prvků

ODVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadání rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty třením	Součinitel vřazeného odporu K _{si} [-]	Tlakové ztráty místními odpory P _{k_{si}} [Pa]	Celková tlak. ztráta úseku P _{tř} [Pa]								
	Rozměr 1 a [mm]	Rozměr 2 b [mm]	Průměr d [mm]						P _{tř} [Pa]	P _{k_{si}} [Pa]										
	1	H	0						0	100	Vpořádku		100	3 700	0,008	3,5	8,66	1,3	10,40	19,07
	2	H	0						0	100	Vpořádku		100	450	0,008	3,5	1,05	1,3	10,40	11,46
3	H	0	0	140	Vpořádku	200	9 000	0,015	3,6	14,45	3,1	25,44	39,88							
4	H	0	0	100	Vpořádku	130	1 930	0,008	4,6	7,39	1,4	18,65	26,04							
5	H	0	0	160	Vpořádku	330	900	0,020	4,6	1,90	0,2	2,04	3,94							
6	H	0	0	225	Vpořádku	580	1 200	0,040	4,1	1,33	0,0	0,18	1,51							
7	H	0	0	250	Vpořádku	780	1 000	0,049	4,4	1,14	1,5	18,41	19,56							
8	H	0	0	150	Vpořádku	200	1 200	0,018	3,1	1,37	0,1	0,65	2,02							
9	H	0	0	200	Vpořádku	400	1 400	0,031	3,5	1,39	0,0	0,15	1,54							
10	H	0	0	225	Vpořádku	600	1 200	0,040	4,2	1,42	0,0	0,19	1,61							
11	H	0	0	250	Vpořádku	800	1 500	0,049	4,5	1,80	0,0	0,28	2,08							
12	H	0	0	280	Vpořádku	1000	2 600	0,062	4,5	2,69	1,5	19,23	21,93							
13	H	0	0	355	Vpořádku	1780	2 500	0,099	5,0	2,34	1,2	18,39	20,73							
14	H	0	0	80	Vpořádku	50	300	0,005	2,8	0,58	1,3	6,25	6,84							
15	H	0	0	80	Vpořádku	30	800	0,005	1,7	0,60	2,3	3,93	4,53							
16	H	0	0	100	Vpořádku	130	1 800	0,008	4,6	6,89	0,1	0,80	7,69							
17	H	0	0	125	Vpořádku	180	1 500	0,012	4,1	3,48	0,1	0,63	4,10							
18	H	0	0	150	Vpořádku	230	1 400	0,018	3,6	2,07	3,4	27,66	29,73							
19	H	0	0	80	Vpořádku	80	2 340	0,005	4,4	10,97	1,1	13,42	24,39							
20	H	0	0	160	Vpořádku	340	1 350	0,020	4,7	3,01	1,1	14,60	17,61							
21	H	0	0	400	Vpořádku	2180	2 980	0,126	4,8	2,25	0,0	0,00	2,25							

Tab. 23 Dimenze a tlakové ztráty

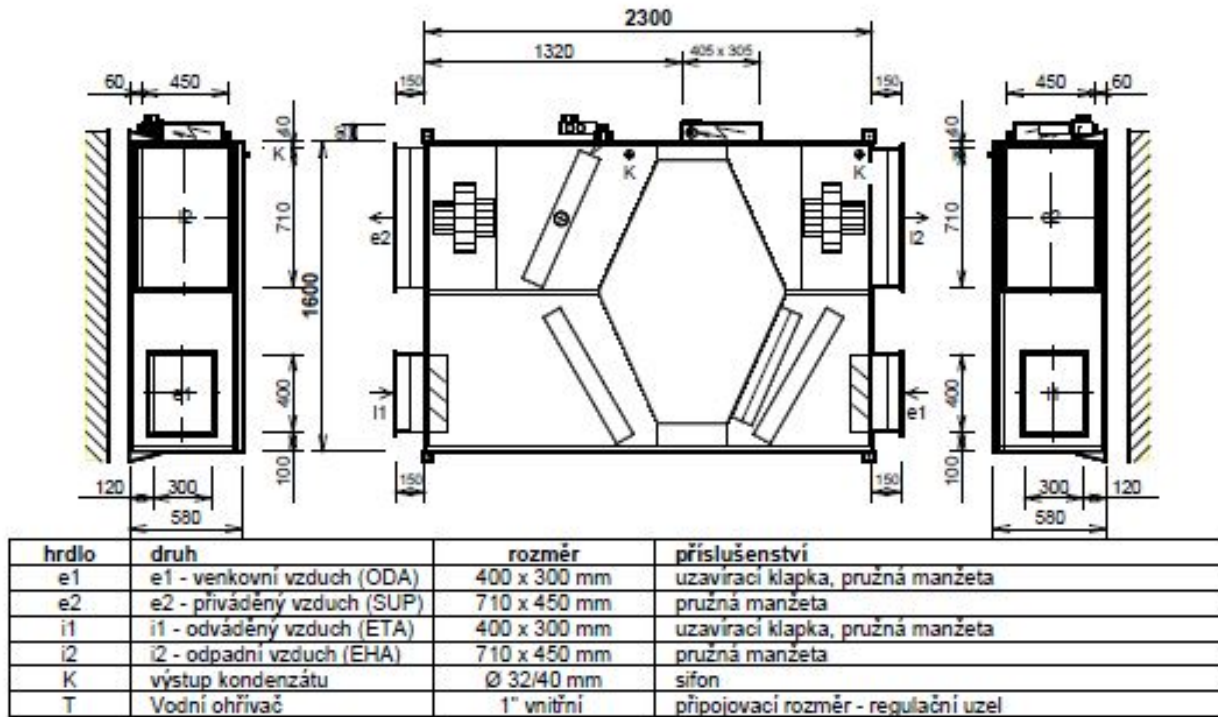
Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		Parm [Pa]
1	TVOM 125	25
2	TVOM 125	25
4	TVOM 125	50
6	VNKM 625 x 85	18
7	VNKM 525 x 85	20
8	VNKM 525 x 85	15
9	VNKM 525 x 85	16
10	VNKM 525 x 85	20
11	VNKM 525 x 85	20
12	VNKM 525 x 85	18
14	TVOM 80	25
15	TVOM 80	25
16	TVOM 80	25
17	TVOM 80	25
18	VNKM 225 x 75	14
19	TVOM 100	35
20	VNKM 225 x 75	18
21	VNKM 225 x 75	22

Tab. 24 Tlakové ztráty distribučních prvků

Návrh vzduchotechnické jednotky

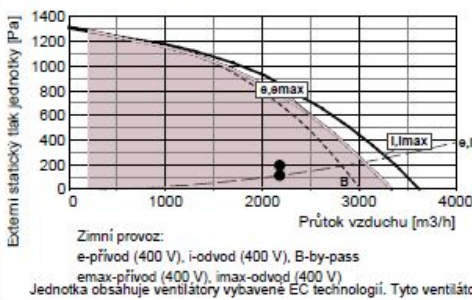
Pro obchod a k němu přidružené prostory je navržena podstropní větrací jednotka s protiproudým rekuperačním výměníkem, přívodním a odvodním ventilátorem s EC motory, teplovodním ohřívачem, filtry, uzavíracími klapkami a pružnými manžetami. Jednotka je digitálně regulována systémem RD5 od společnosti Atrea.

Hmotnost: cca 359 kg, Dodávka jednotky vcelku



Obr. 40 Rozměrový náčrt jednotky

Výkonová charakteristika jednotky:



Akustické parametry:

Hladina akustického výkonu LwA (dB)

Frekvence [Hz]	Total	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
	dB (A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
sání e1	55	38	52	52	44	41	38	29	<25
výtlač e2	75	48	64	72	66	68	67	62	54
sání i1	50	33	44	46	41	40	34	26	<25
výtlač i2	73	49	61	67	63	68	65	59	51
plášť do okolí	60	30	42	58	54	49	43	39	28

Akustický výkon do okolí je vypočten pro současný provoz obou ventilátorů a je změřen podle normy ISO 3744. Akustický výkon na hrdlech je změřen podle normy ISO 5136.

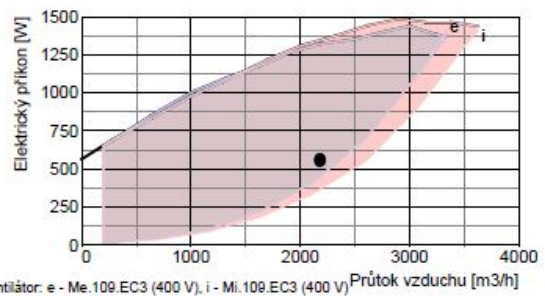
Hladina akustického tlaku LpA (dB)

	40	<25	<25	38	34	28	<25	<25	<25
plášť do okolí	40	<25	<25	38	34	28	<25	<25	<25

Hladina akustického tlaku do okolí je uváděna ve vzdálenosti 3 m pro současný provoz obou ventilátorů a je změřena podle normy ISO 3744.

Ventilátory

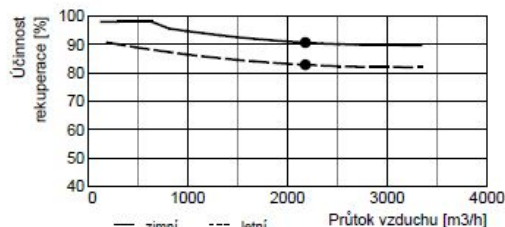
	přívod	odvod
Vzduchové množství	m3/h 2180	2180
Externí statický tlak jednotky	Pa 114	195
Napětí (jmenovité)	V 400	400
Příkon (v pracovním bodě)	kW 0,55	0,57
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min 2181	2155
Max. příkon (pro dimenzování)	kW 2,50	2,50
Max. proud (pro dimenzování)	A 4	4
SFP	W.h/m3 0,254	0,261
Typ ventilátorů	Me.109	Mi.109
Druh ventilátoru (s proměnlivými otáčkami)	EC3	EC3



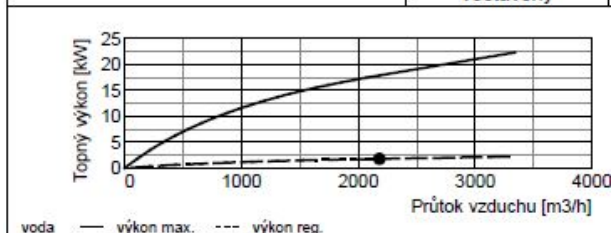
Připojovací prvky		přívod	odvod
Vstupní hrdla e1, i1 připojení	mm	400x300 pružné	400x300 pružné
Výstupní hrdla e2, i2 připojení	mm	710x450 pružné	710x450 pružné
Odvod kondenzátu K	mm	2 x Ø32/40	

Regulační a uzavírací klapky	Typ servopohonu
Uzavírací klapka e1 (součást jednotky)	LF24
Uzavírací klapka i1 (součást jednotky)	LM24A
By-passová klapka (integrována v jednotce)	LM24A

Rekuperační výměník		přívod	odvod
Vzduchové množství	m ³ /h	2180	2180
Vstupní teplota	°C	-12	20
Výstupní teplota	°C	17	-2
Vstupní vlhkost	% r.h.	90	40
Výstupní vlhkost	% r.h.	10	100
Účinnost rekuperace zimní (letní)	%	91 (83)	
Výkon výměníku zimní (letní)	kW	21,9 (7,5)	
Tvorba kondenzátu	l/h	7,2	
Typ rekuperačního výměníku		S7.C rekuperační	



Vodní ohřivač		přívod	odvod
Topné médium		voda	
Vzduchové množství	m ³ /h	2180	
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C	17	
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C	19	
Topný výkon	kW	1,8	
Teplotní spád topného média	°C	70 / 50	
Průtok média (ze zdroje)	l/h	79	
Tlaková ztráta média ve výměníku	kPa	2,17	
ve ventilu	kPa	0,81	
Připojovací rozměr (regulační uzel)		1" vnitřní	
Objem výměníku	l	2,3	
Typ ohřivače		T 2500 3R / typ 1 vestavěný	



Filtrace		přívod	odvod
Typ		kazetový	kazetový
Třída filtrace		ePM1 55% (F7)	ePM10 50% (M5)
Počet filtrů	ks	1	1
Rozměr kazety	mm	750x495x96	750x495x96

Typ jednotky:

Větrací jednotka pro jiné než obytné budovy (NRVU)

Typ pohonu:

Obousměrná větrací jednotka (BVU)

Typ systému pro zpětné získávání tepla:

s proměnlivými otáčkami

Tepelná účinnost zpětného získávání tepla:

deskový rekuperační výměník

Jmenovitý průtok vzduchu:

83 %

Efektivní elektrický příkon:

0,61 m³/s

SFP int:

1,06 kW

Účinná nátoková rychlost:

1146 Ws/m³

Jmenovitý vnější tlak:

1,6 / 1,6 m/s (přívod / odvod)

Vnitřní tlaková ztráta větracích součástí:

114 / 195 Pa (přívod / odvod)

Statická účinnost ventilátorů (dle 327/2011):

298 / 280 Pa (přívod / odvod)

Max. vnější netěsnost:

66,5 / 66,5 % (přívod / odvod)

Max. vnitřní netěsnost:

0,8 %

Energetická klasifikace filtrů:

1,7 %

Upozornění

Zvolené filtry nepodléhají klasifikaci.

Akustický výkon skříně (LwA):

V jednotce je nutno pravidelně měnit filtry vzduchu. Zanesené vzduchové filtry způsobují snížení výkonu a celkové účinnosti větrací jednotky.

Internetová adresa návodu na demontáž:

61 dB (A)

Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018.

www.atrea.cz/erp

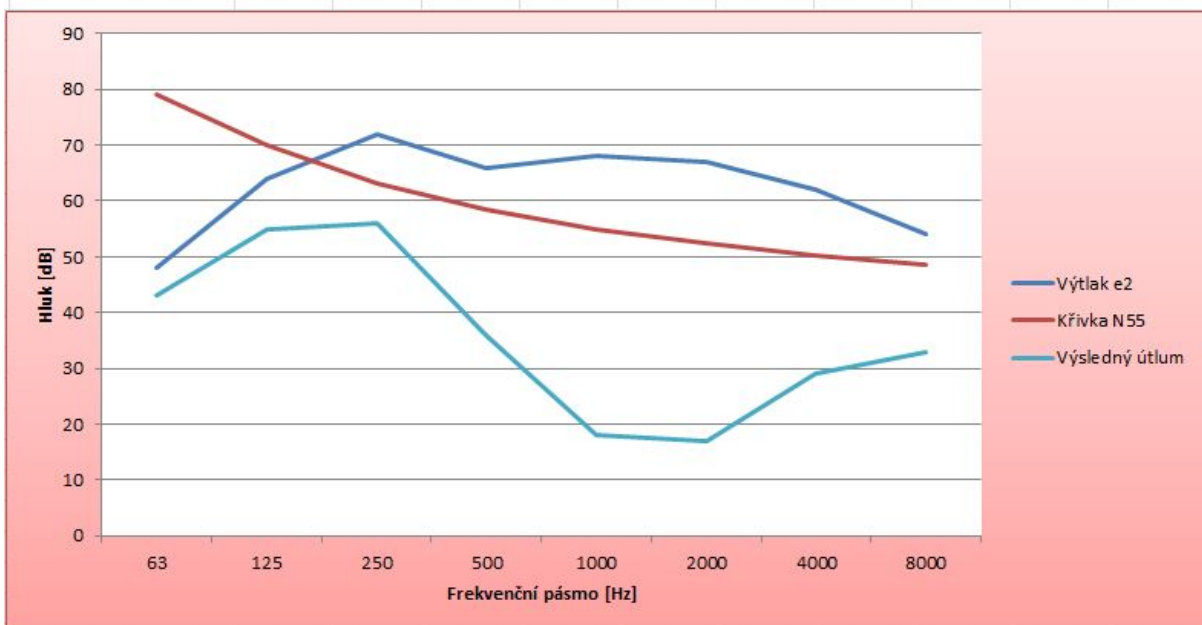
Návrh tlumičů hluku

Na přívodní potrubí (výtlak e2) do interiéru byl navržen tlumič pro kruhové potrubí průměru 500 mm, délky 1500 mm. Tlumiče zabraňují šíření hluku do interiéru od VZT jednotky. Na odvodním potrubí z VZT jednotky (výtlak i2) v interiéru je navržen tlumič hluku pro kruhové potrubí průměru 400 mm, délky 1000 mm. Tento tlumič brání přenosu hluku do vnitřního prostředí, jelikož je VZT jednotka umístěna v podhledu. Tlumiče respektují nařízení vlády 60dB.

Název požadavku		požadavek
Požadavek pro vnitřní prostor dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb.		LAeq = 60 dB
číslo třídy hluku		N = LAeq - 5 = N55

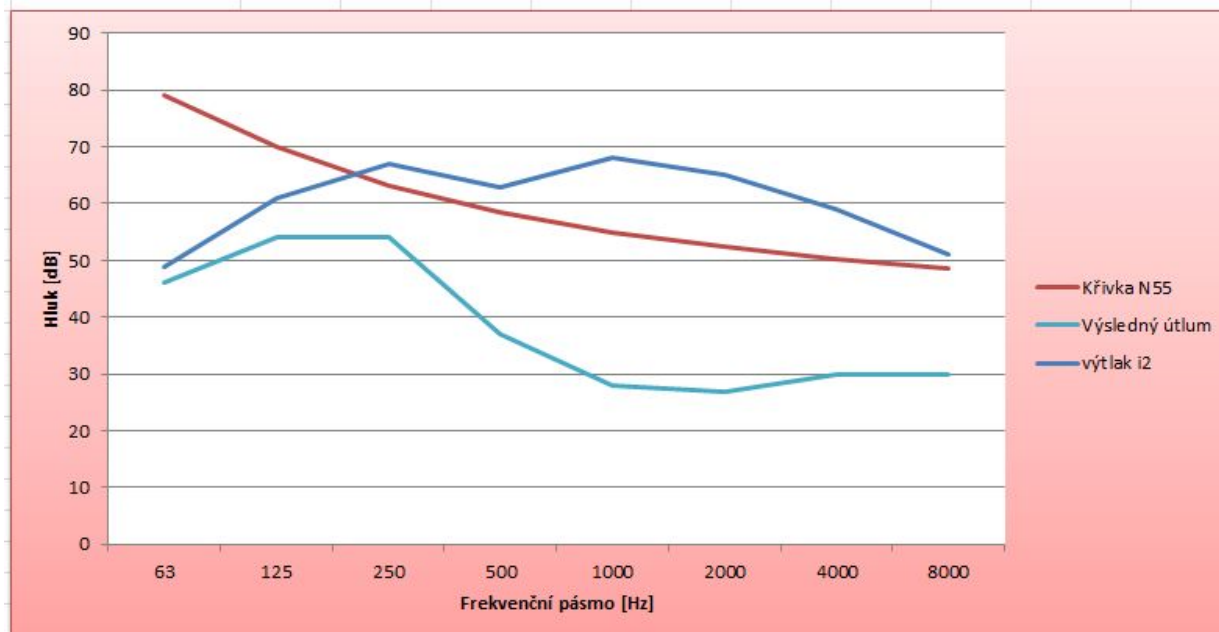
Obr. 41 Požadavek na vnitřní prostor

PŘÍVOD	MJ	Hladiny akustických výkonů								Lw, A
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
výtlak e2	[dB]	48	64	72	66	68	67	62	54	75,5
Křivka N55	[dB]	79	69,9	63,2	58,4	55	52,3	50,3	48,7	
Požadovaný útlum	[dB]	-31	-5,9	8,8	7,6	13	14,7	11,7	5,3	
Tlumič hluku ø 500 mm, L = 1500 mm	[dB]	5	9	16	30	50	50	33	21	23
Výsledný útlum	[dB]	43	55	56	36	18	17	29	33	58,4



Obr. 42 Tlumič hluku na výtlaku e2, Tab. 25 výpočty excel

ODVOD	MJ	Hladiny akustických výkonů								Lw, A
Frekvenční pásmo	[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
výtlač i2	[dB]	49	61	67	63	68	65	59	51	72,7
Křivka N55	[dB]	79	69,9	63,2	58,4	55	52,3	50,3	48,7	
Požadovaný útlum	[dB]	-30	-8,9	3,8	4,6	13	12,7	8,7	2,3	
Tlumič hluku ø 400 mm, L = 1000 mm (TAAC400)	[dB]	3	7	13	26	40	38	29	21	18,9
Výsledný útlum	[dB]	46	54	54	37	28	27	30	30	57,4



Obr. 43 Tlumič hluku na výtlaču i2, Tab. 26 výpočty excel

3.4 VZT. 4 BUFET

Větrání bufetu a jeho zázemí je navrženo na špičku nárazového provozu s intenzitou výměny vzduchu 10 h^{-1} . Množství vzduchu je dostatečné i pro přípravnu bufetu a pro přívod vzduchu pro sociální zařízení. Způsob větrání je rovnotlaký. Sociální zázemí bufetu je větráno podtlakově. V zimě je přiváděný vzduch dohříván a v létě chlazen na požadovanou teplotu.

Tabulka místností 1. NP					Množství větracího vzduchu								
Číslo	Název	Plocha	Objem	Teplota	Počet lidí	Intenzita větrání	Množství vzduchu na osobu	pisoiár	umyvadlo/výlevka	WC	Sprcha	Přívod vzduchu	Odvod vzduchu
		[m ²]	[m ³]	[°C]	[-]	0,5	20	25	30	50	150		
						[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[ks]	[ks]	[ks]	[ks]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
1.15	Bufet	23,52	82,79	20	10	10			1	1		800	720
1.16	Přípravná bufet	4,39	12,73	20								-	-
1.17	Sklad bufet	8,3	24,07	15								-	-
1.18	WC bufet	3,92	13,80	20					1	1		-	80
												800	800

Tab. 27 Vypočtené hodnoty množství vzduchu

Návrh distribučních prvků

Jako distribuční prvky pro přívod vzduchu jsou navrženy dvouřadé mřížky v prostorách bufetu. Výstupní proud vzduchu z mřížek nepřesahuje doporučenou hodnotu 1,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. V prostoru ošetřovny, recepce a hlavní haly jsou navrženy talířové ventily.

Jako distribuční prvky pro odvod vzduchu jsou navrženy jednořadé mřížky v prostorách bufetu. Výstupní proud vzduchu z mřížek nepřesahuje doporučenou hodnotu 2,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. V prostoru sociálních zařízení jsou navrženy talířové ventily pro odvod vzduchu.

Distribuční prvky splňují akustické požadavky dle nařízení vlády $L_{Aeq} < 40$ dB.

Návrh trasy potrubí

Přívod dohřátého/ochlazeného vzduchu na požadovanou teplotu je veden podél stěny bufety, jež sousedí s hlavní halou stadionu. Odvod vzduchu je na opačné straně bufetu. Přívod vzduchu pro sociální zařízení prochází skrz dveřní mřížky a je následně odsáván. Potrubí je navrženo kruhového průřezu safe od firmy Lindab a je částečně přiznáno. Přívodní potrubí je tepelně izolováno. Přívod čerstvého vzduchu je navržen přes protidešťovou žaluzii, umístěnou na fasádě objektu. Odvod vzduchu je vyveden přes protidešťovou žaluzii, podél fasády, nad střechem.

Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát

V uvedené tabulce jsou znázorněny navržené dimenze kruhového potrubí a výpočet tlakových ztrát jednotlivých úseků tras přívodu a odvodu. Tlaková ztráta nejdelší větve pro přívod vzduchu je 50 Pa. Tlaková ztráta pro nejdelší větve odvodního potrubí je 100 Pa. Vedlejší větve na odvodním potrubí, vyrovná tlakovou ztrátu hlavní větve bez pomoci regulačních klapek. Na základě tlakových ztrát jsou navrženy ventilátory VZT jednotky. Dále jsou uvedeny tlakové ztráty DP dle technických listů. Podrobněji viz. příloha.

PŘÍVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadáni rozměrů	Průtok Q	Délka úseku l	Plocha potrubí A	Rychlost proudění w	Tlakové ztráty třením P _{tr}	Součinitel vřazeného odporu K _{si}	Tlakové ztráty míst- ními odpory P _{k_{si}}	Celková tlak.ztráta úseku P _{tr}	
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr										
	a	b	d										
	[mm]	[mm]	[mm]										
1	P	0	0	160	Vpořádku	200	1 290	0,020	2,8	1,09	0,1	0,39	1,48
2	P	0	0	225	Vpořádku	400	1 250	0,040	2,8	0,69	0,0402	0,02	0,71
3	P	0	0	280	Vpořádku	600	1 305	0,062	2,7	0,52	0,0139	0,06	0,58
4	P	0	0	315	Vpořádku	800	5 470	0,078	2,9	2,14	0	0,00	2,14

Tab. 28 Dimenze a tlakové ztráty

Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		Parm [Pa]
1	VNKM 725 x 125	10
2	VNKM 725 x 125	10
3	VNKM 725 x 125	10
4	VNKM 725 x 125	12

Tab. 29 Tlakové ztráty distribučních prvků

ODVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadání rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty třením	Součinitel vřazeného odporu	Tlakové ztráty místními odpory	Celková tlak. ztráta úseku
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr						Př	Ksi	Pksi	Př
	a	b	d						[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]
	[mm]	[mm]	[mm]						[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]
1'	O	0	125	Vpořádku	180	1 295	0,012	4,1	3,00	0,1	0,78	3,78
2'	O	0	180	Vpořádku	360	1 245	0,025	3,9	1,72	0,0	0,30	2,02
3'	O	0	225	Vpořádku	540	1 250	0,040	3,8	1,21	0,0	0,36	1,57
4'	O	0	280	Vpořádku	720	1 240	0,062	3,2	0,69	0,2	1,24	1,94
5'	O	0	280	Vpořádku	800	1 880	0,062	3,6	1,28	1,2	10,09	11,37
6'	O	0	280	Vpořádku	800	4 285	0,062	3,6	2,92	0,0	0,00	2,92
7'	O	0	80	Vpořádku	30	1 555	0,005	1,7	1,16	1,1	1,88	3,04
8'	O	0	100	Vpořádku	80	1 125	0,008	2,8	1,55	0,4	2,13	3,68

Tab. 30 Dimenze a tlakové ztráty

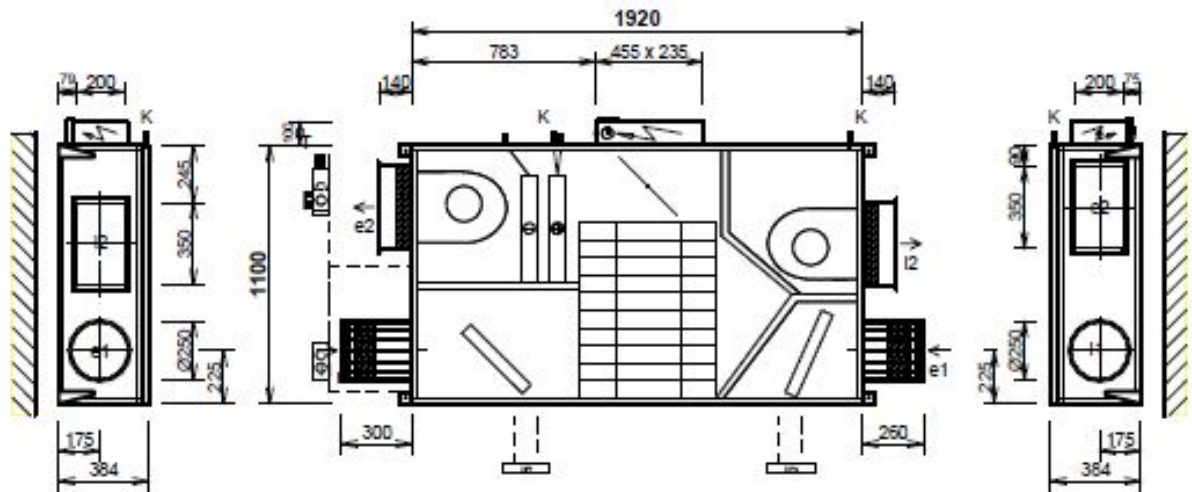
Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		Parm [Pa]
1'	VNKM 525 X 85	18
2'	VNKM 525 X 85	18
3'	VNKM 525 X 85	18
4'	VNKM 525 X 85	20
7'	TVOM 80	46
8'	TVOM 80	40

Tab. 31 Tlakové ztráty distribučních prvků

Návrh vzduchotechnické jednotky

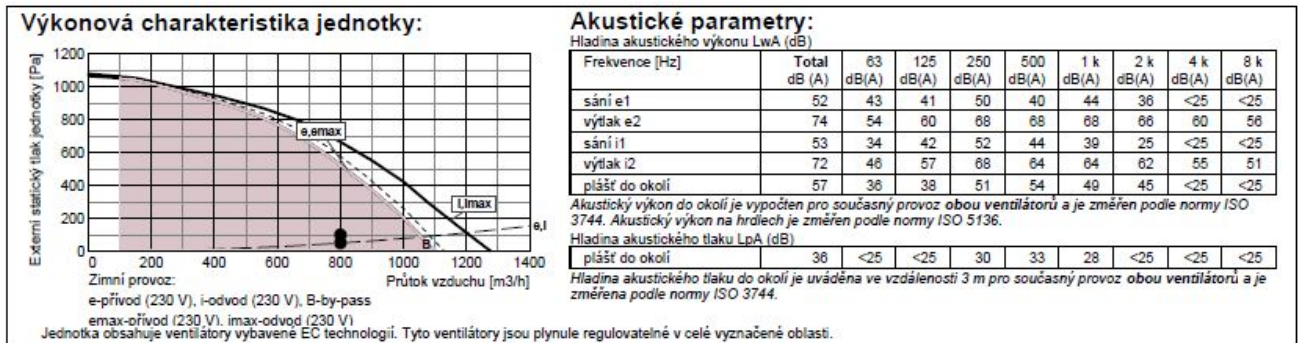
Pro bufet se zázemím je navržena podstropní větrací jednotka s protiproudým rekuperačním výměníkem, přívodním a odvodním ventilátorem s EC motory, teplovodním ohřívačem, vodním chladičem, filtry, uzavíracími klapkami s havarijní funkcí a pružnými manžetami. Jednotka je digitálně regulována systémem RD5 od společnosti Atrea.

Hmotnost: cca 148 kg, hygienické provedení dle VDI 6022, Dodávka jednotky vcelku

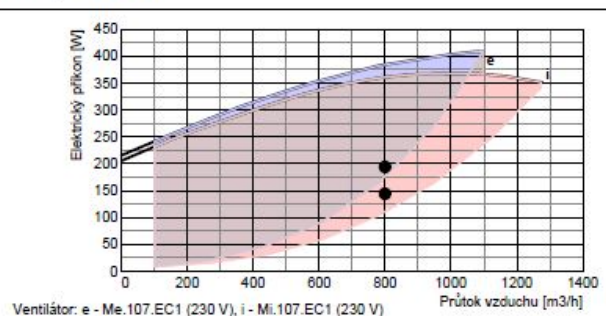


hrdlo	druh	rozměr	příslušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (ODA)	Ø 250 mm	uzavírací klapka, pružná manžeta
e2	e2 - přívaděný vzduch (SUP)	350 x 200 mm	pružná manžeta
i1	i1 - odváděný vzduch (ETA)	Ø 250 mm	uzavírací klapka, pružná manžeta
i2	i2 - odpadní vzduch (EHA)	350 x 200 mm	pružná manžeta
K	výstup kondenzátu	Ø 16/22 mm	
T	Vodní ohřívač	1" vnitřní	připojovací rozměr - regulační uzel
CHW	Vodní chladič	1" vnitřní	připojovací rozměr - regulační uzel

Obr. 44 Rozměrový náčrt jednotky



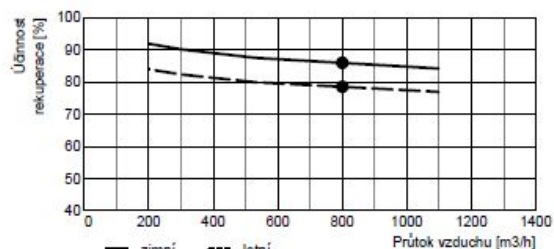
Ventilátory	přívod	odvod	
Vzduchové množství	m3/h	800	800
Externí statický tlak jednotky	Pa	50	100
Napětí (jmenovité)	V	230	230
Příkon (v pracovním bodě)	kW	0,194	0,144
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min	2602	2409
Max. příkon (pro dimenzování)	kW	0,385	0,385
Max. proud (pro dimenzování)	A	2,5	2,5
SFP	W.h/m3	0,243	0,180
Typ ventilátorů		Me.107	Mi.107
Druh ventilátoru (s proměnlivými otáčkami)		EC1	EC1



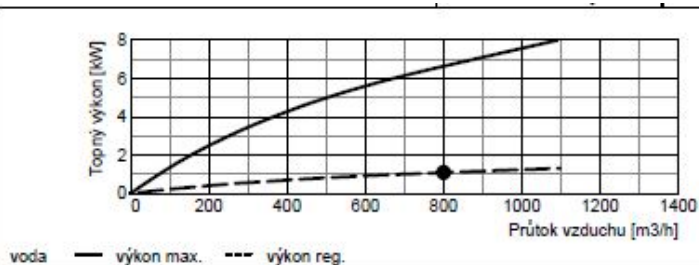
Připojovací prvky		přívod	odvod
Vstupní hrdla e1, i1 připojení	mm	Ø 250 pružné	Ø 250 pružné
Výstupní hrdla e2, i2 připojení	mm	350x200 pružné	350x200 pružné
Odvod kondenzátu K	mm	2 x Ø16/22	

Regulační a uzavírací klapky	Typ servopohonu
Uzavírací klapka e1 (součást jednotky)	LF24
Uzavírací klapka i1 (součást jednotky)	LF24
By-passová klapka (integrovaná v jednotce)	LM24A

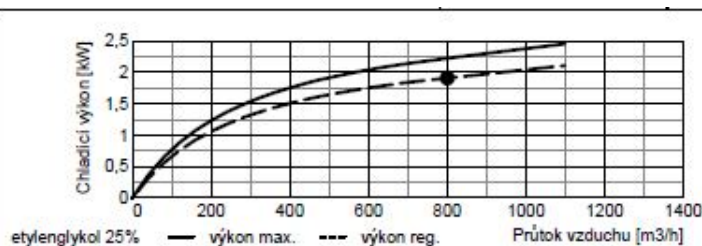
Rekupační výměník		přívod	odvod
Vzduchové množství	m ³ /h	800	800
Vstupní teplota	°C	-12	20
Výstupní teplota	°C	16	-1
Vstupní vlhkost	% r.h.	90	40
Výstupní vlhkost	% r.h.	11	100
Účinnost rekuperace zimní (letní)	%	86 (79)	
Výkon výměníku zimní (letní)	kW	7,6 (1,5)	
Tvorba kondenzátu	l/h	2,4	
Typ rekupačního výměníku		S3.B rekupační	



Vodní ohřivač		přívod
Topné médium		voda
Vzduchové množství	m ³ /h	800
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C	16
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C	19
Topný výkon	kW	1,1
Teplotní spád topného média	°C	70 / 50
Průtok média (ze zdroje)	l/h	47
Tlaková ztráta média ve výměníku	kPa	26,85
ve ventilu	kPa	0,81
Připojovací rozměr (regulační uzel)		1" vnitřní
Objem výměníku	l	0,6
Typ ohřivače		T 1100 2R / typ 1 vestavěný



Vodní chladič		přívod
Chladičí médium		etylenglykol 25%
Vzduchové množství	m ³ /h	800
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C	27
Výstupní teplota (za chladičem)	°C	19
Vstupní vlhkost (za rekuperací)	% r.h.	48
Výstupní vlhkost (za chladičem)	% r.h.	74
Chladičí výkon	kW	1,9
Tvorba kondenzátu	l/h	0
Teplotní spád vody	°C	6 / 12
Průtok média (při max. výkonu)	l/h	340
Tlaková ztráta média ve výměníku	kPa	2,86
ve ventilu	kPa	0,05
Připojovací rozměr		1" vnitřní
Objem výměníku	l	0,9
Typ chladiče		W 1100 3R / typ 1 vestavěný



Filtrace		přívod	odvod
Typ		kazetový	kazetový
Třída filtrace		ePM1 55% (F7)	ePM10 50% (M5)
Počet filtrů	ks	1	1
Rozměr kazety	mm	440x310x96	440x310x96

Typ jednotky:	Větrací jednotka pro jiné než obytné budovy (NRVU) Obousměrná větrací jednotka (BVU)
Typ pohonu:	s proměnlivými otáčkami
Typ systému pro zpětné získávání tepla:	deskový rekuperační výměník
Tepelná účinnost zpětného získávání tepla:	79 %
Jmenovitý průtok vzduchu:	0,22 m ³ /s
Efektivní elektrický příkon:	0,312 kW
SFP int:	1082 Ws/m ³
Účinná nátoková rychlost:	1,6 / 1,6 m/s (přívod / odvod)
Jmenovitý vnější tlak:	50 / 100 Pa (přívod / odvod)
Vnitřní tlaková ztráta větracích součástí:	268 / 219 Pa (přívod / odvod)
Statická účinnost ventilátorů (dle 327/2011):	56,9 / 56,9 % (přívod / odvod)
Max. vnější netěsnost:	1,0 %
Max. vnitřní netěsnost:	2,1 %
Energetická klasifikace filtrů:	Zvolené filtry nepodléhají klasifikaci.
Upozornění	V jednotce je nutno pravidelně měnit filtry vzduchu. Zanesené vzduchové filtry způsobují snížení výkonu a celkové účinnosti větrací jednotky.
Akustický výkon skříně (LWA):	52 dB (A)
Internetová adresa návodu na demontáž:	www.atrea.cz/erp
Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018.	

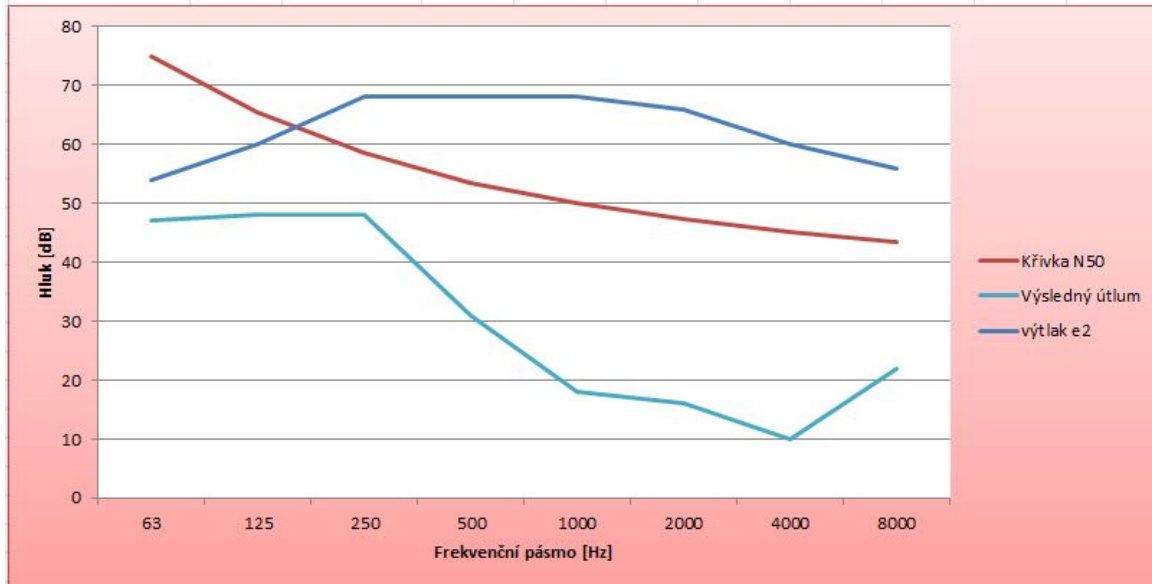
Návrh tlumičů hluku

Na přívodní potrubí (výtlak e2) do interiéru byl navržen tlumiče pro kruhové potrubí průměru 315 mm, délky 1500 mm. Tlumiče zabraňují šíření hluku do interiéru od VZT jednotky. Na odvodním potrubí z VZT jednotky (výtlak i2) v interiéru je navržen tlumič hluku pro kruhové potrubí průměru 280 mm, délky 1000 mm. Tento tlumič brání přenosu hluku do vnitřního prostředí, jelikož je VZT jednotka umístěna v podhledu. Tlumiče respektují nařízení vlády 55 dB.

Název požadavku	požadavek
Požadavek pro vnitřní prostor dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb.	LAeq = 55 dB
číslo třídy hluku	N = LAeq - 5 = N50

Obr. 45 Požadavek na vnitřní prostor

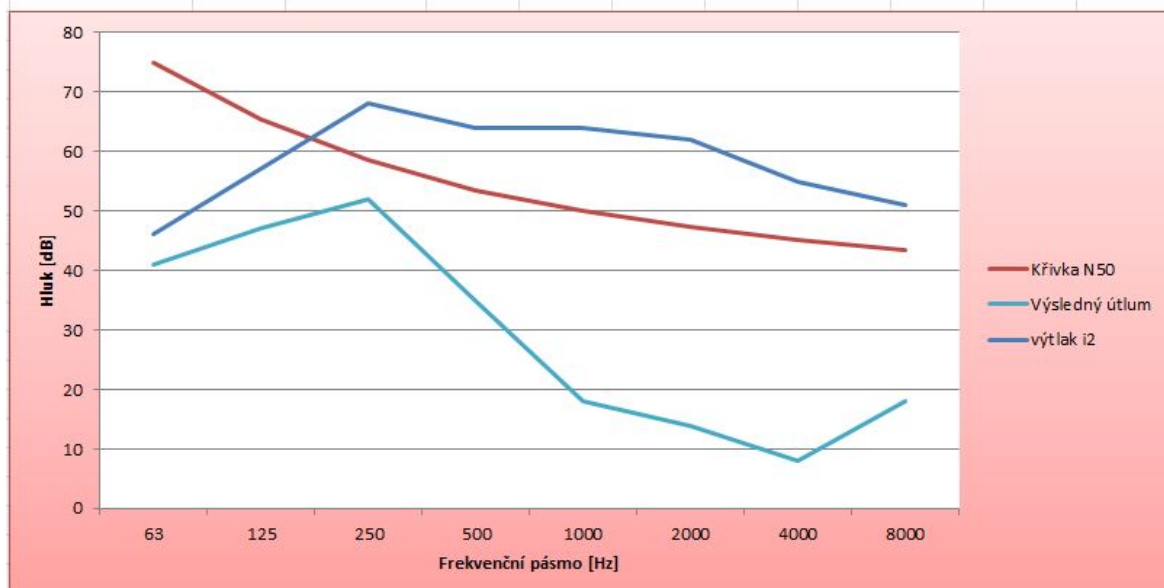
PŘÍVOD	MJ	Hladiny akustických výkonů								Lw, A
Frekvenční pásmo	[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
výtlač e2	[dB]	54	60	68	68	68	66	60	56	74,1
Křivka N50	[dB]	75	65,5	58,5	53,5	50	47,3	45,2	43,5	
Požadovaný útlum	[dB]	-21	-5,5	9,5	14,5	18	18,7	14,8	12,5	
Tlumič hluku ø 315 mm, L = 1500 mm (GDE 315)	[dB]	7	12	20	37	50	50	50	34	27,9
Výsledný útlum	[dB]	47	48	48	31	18	16	10	22	53



Obr. 46 Tlumič hluku na výtlačku e2, Tab.32

Obr. 47 Tlumič hluku na výtlačku i2, Tab. 33

ODVOD	MJ	Hladiny akustických výkonů								Lw, A
Frekvenční pásmo	[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
výtlač i2	[dB]	46	57	68	64	64	62	55	51	71,4
Křivka N50	[dB]	75	65,5	58,5	53,5	50	47,3	45,2	43,5	
Požadovaný útlum	[dB]	-29	-8,5	9,5	10,5	14	14,7	9,8	7,5	
Tlumič hluku ø 280 mm, L = 1000 mm (GDE 280)	[dB]	5	10	16	29	46	48	47	33	25,6
Výsledný útlum	[dB]	41	47	52	35	18	14	8	18	53,5



3.5 VZT. 5 ŠATNY

VZT jednotka zajišťuje výměnu vzduchu v šatnách pro hráče, trenéry, rozhodčí, krasobruslaře a hosty, k nimž náleží umývárny vč. sociálních zařízení a sušárny výstroje. Chodba je větrána rovnotlance, v čemž je zahrnut přívod vzduchu pro sociální zařízení pro trenéry, rozhodčí a úklidovou místnost. Zbylé množství vzduchu je odvedeno z chodby. Sociální zařízení jsou navrhovány na jmenovitý průtok vzduchu a požadované teploty. Šatny jsou počítány na množství vzduchu dle počtu šatních míst, včetně přívodu vzduchu pro umývárny se sociálním zařízením, resp. přetlak. Sušárny výstroje jsou větrány podtlakově, přívod vzduchu je navržen v předsíních sušáren. Výměny vzduchu jsou 7-10x 1/h, z důvodu rozdílných provozů a odvodu škodlivin.

Číslo	Název	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Teplota [°C]	Počet lidí [-]	Intenzita větrání	Množství vzduchu na osobu	pisoár [m ³ /h]	umyvadlo/ výlevka [m ³ /h]	WC [m ³ /h]	Sprcha [m ³ /h]	Přívod vzduchu	Odvod vzduchu
						[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[ks]	[ks]	[ks]	[ks]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
						0,5	20	25	30	50	150		
												[m ³ /h]	[m ³ /h]
1.22	Chodba	62,59	220,3	15		0,3		1	2	1		200	65
1.23	Šatna hráči	45,01	158,4	22	20		20					780	400
1.24	Umývárna hráči	7,52	26,5	22					2			-	60
1.25	Sprchy hráči	7,44	26,2	24							4	-	600
1.26	Pisoárová stání	2,69	9,5	18				2				-	50
1.27	WC hráči	1,92	6,8	18						1		-	50
1.28	Šatna hráči	48,82	171,8	22	20		20					780	400
1.29	Šatna rozhodčí	5,97	21,0	22	3		20					210	60
1.30	Sprcha rozhodčí	2,99	10,5	24							1	-	150
1.31	Šatna trenéři	5,97	21,0	22	3		20					210	60
1.32	Sprcha trenéři	2,99	10,5	24							1	-	150
1.33	Předsín WC	4,55	16,0	24				1	1			-	55
1.34	WC veřejnost	2,58	9,1	24						1		-	50
1.35	Šatna hráči	42,05	148,0	22	20		20					780	400
1.36	Sušárna výstroje	11,75	41,4	22		10						400	400
1.37	Umývárna hráči	9,53	33,5	22					2			-	60
1.38	Sprchy hráči	7,31	25,7	24							4	-	600
1.39	Pisoárová stání hráči	3,07	10,8	18				2				-	50
1.40	WC hráči	2,2	7,7	18						1		-	50
1.41	Šatna krasobruslení	38,06	134,0	22	20		20					780	400
1.42	Sušárna výstroje	13,28	46,7	22		9						400	400
1.43	Záďeví	10,95	38,5	15								-	-
1.44	Úklidová místnost	6,91	24,3	18					1			-	30
1.45	Šatna hráči	35,78	125,9	22	15		20					680	300
1.46	Sušárna výstroje	11,75	41,4	22		7						300	300
1.47	Umývárna	7,54	26,5	22					2			-	60
1.48	Sprchy hráči	7,41	26,1	24							4	-	600
1.49	Pisoárová stání	2,76	9,7	18				2				-	50
1.50	WC hráči	1,98	7,0	18						1		-	50
1.51	Šatna hosté	35,89	126,3	22	15		20					680	300
1.52	Sušárna výstroje	11,79	41,5	22		7						300	300
												6 500	6500

Tab. 34 Vypočtené hodnoty množství vzduchu

Návrh distribučních prvků

Jako distribuční prvky pro přívod vzduchu jsou navrženy dvouřadé mřížky v prostorách šaten. Výstupní proud vzduchu z mřížek nepřesahuje doporučenou hodnotu 1,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. V předsíni sušáren je vzduch přiveden pomocí lineární štěrbinové výustě, které respektují rychlost výstupního proudu vzduchu < 2,5 m/s. Přívod vzduchu na chodbu zajišťují talířové ventily.

Jako distribuční prvky pro odvod vzduchu jsou navrženy jednořadé mřížky v prostorách šaten a umýváren. Výstupní proud vzduchu z mřížek nepřesahuje doporučenou hodnotu 2,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. V prostoru sociálních zařízení a sušáren výstrojí jsou navrženy talířové ventily pro odvod vzduchu.

Distribuční prvky splňují akustické požadavky dle nařízení vlády LAeq < 40dB.

Návrh trasy potrubí

Přívod dohřátého/ochlazeného vzduchu na požadovanou teplotu je veden podél vnitřního obvodu prostoru šaten, odbočky sahají dovnitř obvodu. Odvod vzduchu je navržen středem chodby s odbočkami směrem ven, do příslušných místností. Potrubí je navržené kruhového průřezu safe od firmy Lindab a je přiznáno. Přívod a odvod vzduchu je vyveden nad střechu k jednotce, stoupacím potrubím. Čerstvý vzduch a odpadní vzduch je opatřen výfukovými kusy pro sání a výtlač. Přívodní i odvodní potrubí v exteriéru je tepelně izolováno, v interiéru je tepelně izolován přívod vzduchu. Na hlavních větvích přívodu a odvodu vzduchu budou osazeny požární klapky průměru 710 mm, z důvodu prostupu potrubí požárně dělicí konstrukcí do úseku vstupní haly. Část hlavní přívodní větve v M 1.43 prochází požární úsekem a bude opatřena požárními klapkami průměru 400 mm. Odvodní větev v M 1.44 není opatřena požární klapkou, vzhledem k průřezu procházející požárně dělicí stěnou < 40 000 mm². Stoupací potrubí na střechu objektu bude opatřeno požárními ucpávkami v místě prostupů do 2. NP. Na základě norem ČSN EN 73 0810 A ČSN 73 0872.

Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát

V uvedené tabulce jsou znázorněny navržené dimenze kruhového potrubí a výpočet tlakových ztrát jednotlivých úseků tras přívodu a odvodu. Tlaková ztráta nejdelší větve pro přívod vzduchu je 170 Pa. Vedlejší větve vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Tlaková ztráta pro nejdelší větev odvodního potrubí je 250 Pa. Vedlejší větve opět vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Na základě tlakových ztrát jsou navrženy ventilátory VZT jednotky. Dále jsou uvedeny tlakové ztráty DP dle technických listů. Podrobněji viz. příloha.

PŘÍVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadáni rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty tření P _{tr} [Pa]	Součinitel vřazeného odporu K _s [-]	Tlakové ztráty míst- ními odpory P _{ks} [Pa]	Celková tlak. ztráta úseku P _{tr} [Pa]	
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr										
	a	b	d										
	[mm]	[mm]	[mm]										
1	H	0	0	160	Vpořádku	170	3 200	0,020	2,3	1,95	0,1	0,21	2,16
2	H	0	0	200	Vpořádku	340	4 880	0,031	3,0	3,58	1,2	6,83	10,41
3	H	0	0	250	Vpořádku	640	2 550	0,049	3,6	2,01	0,1	0,43	2,45
4	H	0	0	160	Vpořádku	170	3 200	0,020	2,3	1,95	0,1	0,21	2,16
5	H	0	0	200	Vpořádku	340	2 600	0,031	3,0	1,91	1,2	6,72	8,63
6	H	0	0	315	Vpořádku	980	4 330	0,078	3,5	2,40	0,1	0,55	2,95
7	H	0	0	160	Vpořádku	170	3 200	0,020	2,3	1,95	0,1	0,21	2,16
8	H	0	0	200	Vpořádku	340	2 530	0,031	3,0	1,86	1,2	6,83	8,69
9	H	0	0	400	Vpořádku	1620	5 500	0,126	3,6	2,38	0,0	0,00	2,38
10	H	0	0	160	Vpořádku	170	3 200	0,020	2,3	1,95	0,1	0,21	2,16
11	H	0	0	200	Vpořádku	340	2 550	0,031	3,0	1,87	1,2	6,72	8,59
12	H	0	0	400	Vpořádku	1960	6 300	0,126	4,3	3,90	0,1	0,88	4,77
13	H	0	0	160	Vpořádku	195	2 200	0,020	2,7	1,73	0,2	0,71	2,44
14	H	0	0	225	Vpořádku	390	2 970	0,040	2,7	1,57	1,2	5,52	7,09
15	H	0	0	500	Vpořádku	2545	5 900	0,196	3,6	1,96	1,2	9,81	11,77
16	H	0	0	225	Vpořádku	400	1 270	0,040	2,8	0,70	1,2	5,81	6,51
17	H	0	0	560	Vpořádku	3335	10 170	0,246	3,8	3,18	0,0	0,22	3,41
18	H	0	0	225	Vpořádku	400	1 270	0,040	2,8	0,70	1,2	5,81	6,51
19	H	0	0	630	Vpořádku	3930	7 060	0,312	3,5	1,67	1,2	9,12	10,79
20	H	0	0	160	Vpořádku	195	1 700	0,020	2,7	1,34	0,1	0,28	1,62
21	H	0	0	225	Vpořádku	390	3 200	0,040	2,7	1,69	1,2	5,52	7,21
22	H	0	0	630	Vpořádku	4320	2 790	0,312	3,8	0,79	0,0	0,00	0,79
23	H	0	0	160	Vpořádku	210	3 000	0,020	2,9	2,71	1,2	6,36	9,08
24	H	0	0	200	Vpořádku	315	3 200	0,031	2,8	2,03	1,5	7,54	9,57
25	H	0	0	160	Vpořádku	210	2 700	0,020	2,9	2,44	1,4	7,49	9,93
26	H	0	0	250	Vpořádku	520	1 700	0,049	2,9	0,91	1,2	6,44	7,35
27	H	0	0	630	Vpořádku	4840	5 400	0,312	4,3	1,89	0,1	0,73	2,62
28	H	0	0	160	Vpořádku	195	4 020	0,020	2,7	3,16	0,1	0,28	3,45
29	H	0	0	225	Vpořádku	390	1 700	0,040	2,7	0,90	1,2	5,52	6,42
30	H	0	0	710	Vpořádku	5230	5 100	0,396	3,7	1,14	0,0	0,00	1,14
31	H	0	0	80	Vpořádku	50	1 300	0,005	2,8	2,52	1,9	9,33	11,86
32	H	0	0	80	Vpořádku	50	1 300	0,005	2,8	2,52	1,9	9,33	11,86
33	H	0	0	125	Vpořádku	100	1 900	0,012	2,3	1,46	0,2	0,65	2,11
34	H	0	0	200	Vpořádku	295	3 050	0,031	2,6	1,71	0,1	0,27	1,98
35	H	0	0	250	Vpořádku	490	2 060	0,049	2,8	0,99	0,1	0,30	1,29
36	H	0	0	710	Vpořádku	5720	4 500	0,396	4,0	1,19	0,0	0,00	1,19
37	H	0	0	160	Vpořádku	195	4 000	0,020	2,7	3,15	0,1	0,28	3,43
38	H	0	0	225	Vpořádku	390	1 700	0,040	2,7	0,90	1,2	5,52	6,42
39	H	0	0	710	Vpořádku	6110	4 600	0,396	4,3	1,37	0,0	0,00	1,37
40	H	0	0	160	Vpořádku	195	4 000	0,020	2,7	3,15	0,1	0,28	3,43
41	H	0	0	225	Vpořádku	390	1 700	0,040	2,7	0,90	1,2	5,52	6,42
42	H	0	0	710	Vpořádku	6500	2 700	0,396	4,6	0,90	1,2	15,46	16,37
43	H	0	0	710	Vpořádku	6500	7 900	0,396	4,6	2,65	1,2	15,46	18,11

Tab. 35 Dimenze a tlakové ztráty

Číslo úseku	Tlakové ztráty konkrétních prvků	
	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		P _{km} [Pa]
1	VKNM 1025 x 85	5
2	VKNM 1025 x 85	9
3	VKNM 1025 x 125	12
4	VKNM 1025 x 85	5
5	VKNM 1025 x 85	9
7	VKNM 1025 x 85	5
8	VKNM 1025 x 85	9
9	VKNM 1025 x 125	12
10	VKNM 1025 x 85	5
11	VKNM 1025 x 85	9
13	VKNM 1025 x 85	8
14	VKNM 1025 x 85	8
16	SDL 4	15
17	VKNM 725 x 125	23
18	SDL 4	15
19	VKNM 725 x 125	11
20	VKNM 1025 x 85	8
21	VKNM 1025 x 85	8
23	VKNM 1225 x 85	9
24	VKNM 325 x 85	18
25	VKNM 1225 x 85	9
28	VKNM 1025 x 85	8
29	VKNM 1025 x 85	8
31	TVPM 80	36
32	TVPM 80	36
33	VKNM 1025 x 85	8
35	VKNM 1025 x 85	9
37	VKNM 1025 x 85	8
38	VKNM 1025 x 85	8
40	VKNM 1025 x 85	8
41	VKNM 1025 x 85	8

Tab. 36 Tlakové ztráty distribučních prvků

ODVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadání rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty třením P _{tr} [Pa]	Součinitel vřazeného odporu K _{si} [-]	Tlakové ztráty místními odpory P _{k_{si}} [Pa]	Celková tlak. ztráta úseku P _{tr} [Pa]	
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr										
	a	b	d										
	[mm]	[mm]	[mm]										
1	H	0	0	150	Vpořádku	200	4 400	0,018	3,1	5,01	0,0	0,30	5,31
2	H	0	0	200	Vpořádku	450	3 500	0,031	4,0	4,34	1,8	17,55	21,90
3	H	0	0	150	Vpořádku	200	4 400	0,018	3,1	5,01	0,0	0,30	5,31
4	H	0	0	200	Vpořádku	400	3 500	0,031	3,5	3,48	2,1	16,86	20,35
5	H	0	0	250	Vpořádku	900	2 850	0,049	5,1	4,26	1,2	19,12	23,38
6	H	0	0	150	Vpořádku	200	4 400	0,018	3,1	5,01	1,1	6,79	11,79
7	H	0	0	280	Vpořádku	1100	1 220	0,062	5,0	1,51	0,7	11,48	12,99
8	H	0	0	150	Vpořádku	200	2 570	0,018	3,1	2,92	0,1	0,37	3,30
9	H	0	0	200	Vpořádku	460	4 250	0,031	4,1	5,50	1,2	12,61	18,11
10	H	0	0	355	Vpořádku	1560	1 500	0,099	4,4	1,10	0,0	0,46	1,55
11	H	0	0	160	Vpořádku	300	1 980	0,020	4,1	3,49	2,5	26,84	30,33
12	H	0	0	160	Vpořádku	300	1 720	0,020	4,1	3,03	2,5	26,84	29,87
13	H	0	0	225	Vpořádku	600	1 000	0,040	4,2	1,18	1,2	13,06	14,24
14	H	0	0	400	Vpořádku	2160	1 000	0,126	4,8	0,74	0,0	0,00	0,74
15	H	0	0	150	Vpořádku	200	3 000	0,018	3,1	3,41	1,2	7,35	10,76
16	H	0	0	400	Vpořádku	2360	1 190	0,126	5,2	1,04	0,0	0,00	1,04
17	H	0	0	80	Vpořádku	30	2 100	0,005	1,7	1,56	2,0	3,52	5,08
18	H	0	0	100	Vpořádku	65	1 200	0,008	2,3	1,25	2,4	8,09	9,34
19	H	0	0	100	Vpořádku	95	1 960	0,008	3,4	4,17	1,2	8,39	12,56
20	H	0	0	400	Vpořádku	2455	4 500	0,126	5,4	4,24	0,1	1,72	5,96
21	H	0	0	80	Vpořádku	55	2 100	0,005	3,0	4,88	0,1	0,35	5,22
22	H	0	0	100	Vpořádku	105	2 750	0,008	3,7	7,06	1,2	10,43	17,48
23	H	0	0	160	Vpořádku	255	1 700	0,020	3,5	2,21	1,8	14,15	16,36
24	H	0	0	80	Vpořádku	60	2 150	0,005	3,3	5,88	0,8	5,78	11,65
25	H	0	0	160	Vpořádku	315	1 150	0,020	4,4	2,22	1,2	14,56	16,78
26	H	0	0	80	Vpořádku	60	2 150	0,005	3,3	5,88	0,6	3,83	9,71
27	H	0	0	200	Vpořádku	525	2 000	0,031	4,6	3,31	1,2	16,02	19,33
28	H	0	0	500	Vpořádku	2980	1 200	0,196	4,2	0,54	0,0	0,00	0,54
29	H	0	0	125	Vpořádku	150	1 700	0,012	3,4	2,80	1,8	13,36	16,16
30	H	0	0	125	Vpořádku	150	1 750	0,012	3,4	2,88	1,8	13,36	16,25
31	H	0	0	160	Vpořádku	300	1 600	0,020	4,1	2,82	0,1	0,65	3,47
32	H	0	0	225	Vpořádku	600	4 900	0,040	4,2	5,80	1,2	13,06	18,86
33	H	0	0	500	Vpořádku	3580	2 000	0,196	5,1	1,26	0,1	0,97	2,23
34	H	0	0	150	Vpořádku	200	2 400	0,018	3,1	2,73	0,1	0,37	3,10
35	H	0	0	200	Vpořádku	400	3 750	0,031	3,5	3,73	1,2	9,30	13,03
36	H	0	0	560	Vpořádku	3980	1 530	0,246	4,5	0,67	0,0	0,00	0,67
37	H	0	0	100	Vpořádku	100	5 500	0,008	3,5	12,88	2,5	19,70	32,58
38	H	0	0	100	Vpořádku	60	1 540	0,008	2,1	1,38	2,3	6,53	7,91
39	H	0	0	125	Vpořádku	160	1 000	0,012	3,6	1,86	1,5	12,40	14,25
40	H	0	0	160	Vpořádku	300	1 920	0,020	4,1	3,39	1,3	14,07	17,46
41	H	0	0	200	Vpořádku	460	720	0,031	4,1	0,93	0,1	0,63	1,56
42	H	0	0	250	Vpořádku	760	1 800	0,049	4,3	1,96	1,2	13,75	15,71
43	H	0	0	560	Vpořádku	4740	4 000	0,246	5,3	2,42	1,2	21,06	23,49
44	H	0	0	100	Vpořádku	100	4 300	0,008	3,5	10,07	2,5	19,70	29,77
45	H	0	0	100	Vpořádku	60	1 540	0,008	2,1	1,38	2,3	6,53	7,91
46	H	0	0	125	Vpořádku	160	600	0,012	3,6	1,12	1,5	12,40	13,51
47	H	0	0	160	Vpořádku	300	2 050	0,020	4,1	3,62	1,3	14,07	17,69
48	H	0	0	200	Vpořádku	610	1 800	0,031	5,4	3,95	1,2	22,73	26,68
49	H	0	0	250	Vpořádku	760	3 500	0,049	4,3	3,81	2,8	32,63	36,44
50	H	0	0	710	Vpořádku	5500	1 900	0,396	3,9	0,47	1,4	13,23	13,69
51	H	0	0	125	Vpořádku	150	1 700	0,012	3,4	2,80	1,8	13,07	15,87
52	H	0	0	125	Vpořádku	150	1 750	0,012	3,4	2,88	1,8	13,07	15,95
53	H	0	0	160	Vpořádku	300	1 600	0,020	4,1	2,82	0,1	0,65	3,47
54	H	0	0	225	Vpořádku	600	4 900	0,040	4,2	5,80	0,4	3,87	9,67
55	H	0	0	710	Vpořádku	6100	2 250	0,396	4,3	0,67	1,2	13,85	14,52
56	H	0	0	150	Vpořádku	200	2 400	0,018	3,1	2,73	0,1	0,37	3,10
57	H	0	0	200	Vpořádku	400	3 750	0,031	3,5	3,73	0,2	1,58	5,31
58	H	0	0	710	Vpořádku	6500	6 870	0,396	4,6	2,30	1,2	15,46	17,76
59	H	0	0	710	Vpořádku	6500	4 900	0,396	4,6	1,64	1,2	15,46	17,10

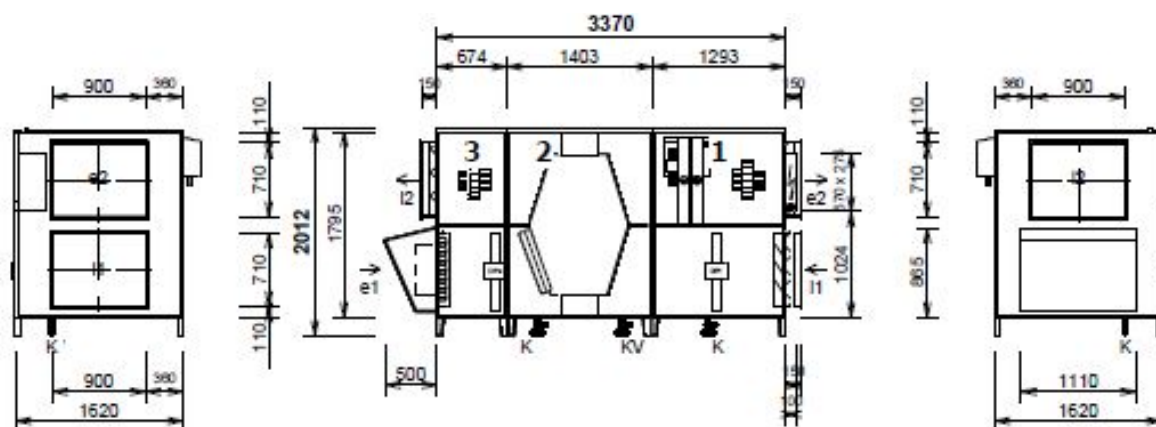
Tab. 37 Dimenze a tlakové ztráty

Tlakové ztráty konkrétních prvků			
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku	
		Param	[Pa]
1	VNKM 525 x 85		14
2	VNKM 525 x 85		18
2	VNKM 225 x 75		15
3	VNKM 525 x 85		14
4	VNKM 525 x 85		18
5	VNKM 225 x 75		22
6	VNKM 525 x 85		14
8	VNKM 525 x 85		14
9	VNKM 525 x 85		18
9	VNKM 225 x 75		18
11	VNKM 825 x 85		18
12	VNKM 825 x 85		18
15	VNKM 525 x 85		14
17	TVOM 80		28
18	TVOM 100		32
21	TVOM 80		28
21	TVOM 80		22
22	TVOM 100		55
23	VNKM 425 x 85		14
24	TVOM 80		42
26	TVOM 80		42
27	VNKM 425 x 85		20
29	TVOM 125		52
30	TVOM 125		52
32	VNKM 425 x 85		18
32	VNKM 425 x 85		18
34	VNKM 525 x 85		14
35	VNKM 525 x 85		18
37	TVOM 100		55
37	TVOM 100		55
38	TVOM 100		80
40	VNKM 825 x 85		18
42	VNKM 825 x 85		18
44	TVOM 100		55
44	TVOM 100		55
45	TVOM 100		80
47	VNKM 825 x 85		18
49	VNKM 825 x 85		18
51	TVOM 125		52
52	TVOM 125		52
54	VNKM 425 x 85		18
54	VNKM 425 x 85		18
56	VNKM 525 x 85		14
57	VNKM 525 x 85		18

Tab. 38 Tlakové ztráty distribučních prvků

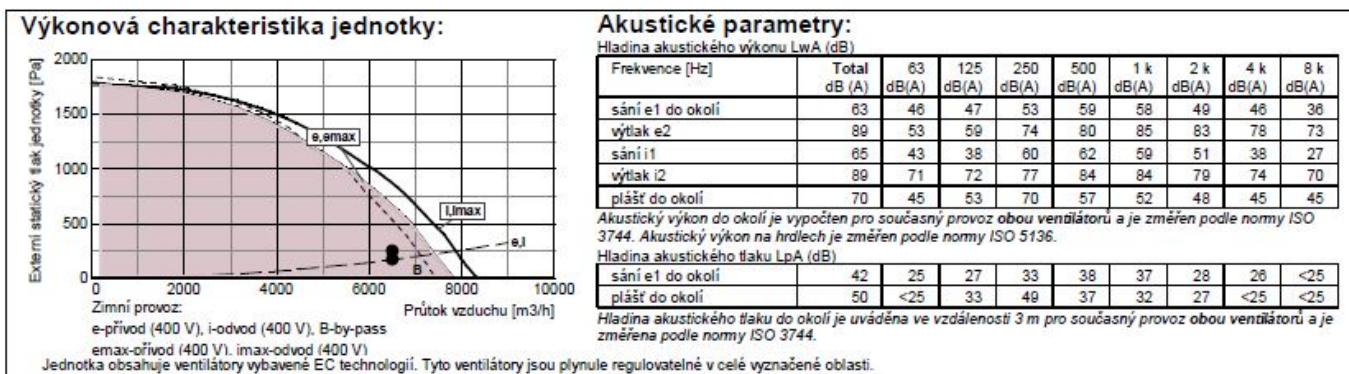
Návrh vzduchotechnické jednotky

Pro šatny a s nimi související prostory je navržena nástřešní větrací jednotka s protiproudým rekuperačním výměníkem, přívodním a odvodním ventilátorem s EC motorem, teplovodním ohřívačem, vodním chladičem, eliminátorem kapek, filtry, uzavíracími klapkami a pružnými manžetami. Jednotka je digitálně regulována systémem RD5 od společnosti Atrea.

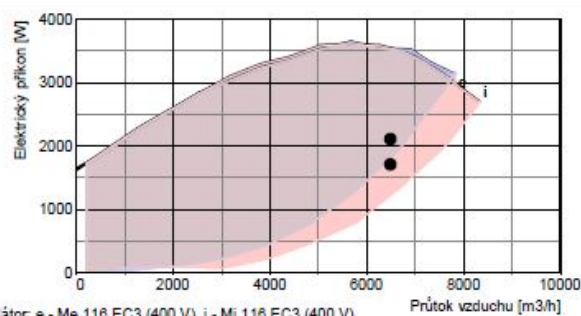


hrdlo	druh	rozměr	příslušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (ODA)		uzavírací klapka, eliminátor kapek
e2	e2 - přiváděný vzduch (SUP)	710 x 900 mm	pružná manžeta
i1	i1 - odváděný vzduch (ETA)	710 x 900 mm	uzavírací klapka, pružná manžeta
i2	i2 - odpadní vzduch (EHA)	710 x 900 mm	pružná manžeta
K	výstup kondenzátu	Ø 32/40 mm	sifon
KV	výstup kondenzátu vyhříváný	Ø 32/40 mm	sifon
T	Vodní ohřivač	1" vnitřní	připojovací rozměr - regulační uzel
CHW	Vodní chladič	1" vnitřní	připojovací rozměr - regulační uzel

Obr. 48 Rozměrový náčrt VZT jednotky



Ventilátory	přívod	odvod	
Vzduchové množství	m3/h	6500	6500
Externí statický tlak jednotky	Pa	170	250
Napětí (jmenovité)	V	400	400
Příkon (v pracovním bodě)	kW	2,1	1,7
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min	2332	2242
Max. příkon (pro dimenzování)	kW	3,3	3,3
Max. proud (pro dimenzování)	A	5,4	5,4
SFP	W.h/m3	0,325	0,264
Typ ventilátorů		Me.116	Mi.116
Druh ventilátoru (s proměnlivými otáčkami)		EC3	EC3

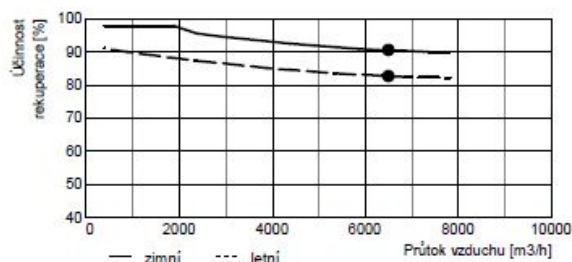


Ventilátor: e - Me.116.EC3 (400 V), i - Mi.116.EC3 (400 V)

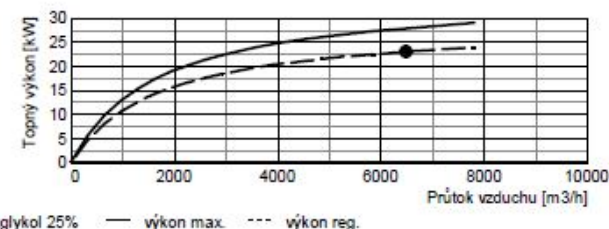
Připojovací prvky	přívod	odvod
Vstupní hrdlo i1 připojení	mm	710x900
Výstupní hrdlo e2 připojení	mm	710x900
Odvod kondenzátu K	mm	3 x Ø32/40

Regulační a uzavírací klapky	Typ servopohonu
Uzavírací klapka e1 (součást jednotky)	LF24
Uzavírací klapka i1 (součást jednotky)	LF24
By-passová klapka (integrována v jednotce)	LM24A

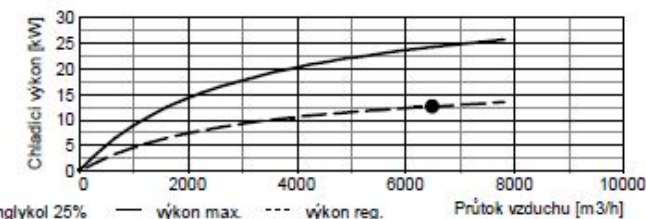
Rekupační výměník		přívod	odvod
Vzduchové množství	m ³ /h	6500	6500
Vstupní teplota	°C	-12	20
Výstupní teplota	°C	17	-2
Vstupní vlhkost	% r.h.	90	40
Výstupní vlhkost	% r.h.	10	100
Účinnost rekuperace zimní (letní)	%	91 (83)	
Výkon výměníku zimní (letní)	kW	65,2 (11,2)	
Tvorba kondenzátu	l/h	21,4	
Typ rekupačního výměníku		S7.C rekupační	



Vodní ohřivač		přívod	
Topné médium		etylenglykol 25%	
Vzduchové množství	m ³ /h	6500	
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C	17	
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C	27	
Topný výkon	kW	23,1	
Teplotní spád topného média	°C	70 / 50	
Průtok média (ze zdroje)	l/h	997	
Tlaková ztráta média			
ve výměníku	kPa	1,38	
ve ventilu	kPa	0,81	
Připojovací rozměr (regulační uzel)		1" vnitřní	
Objem výměníku	l	7,8	
Typ ohřivače		T 7500 3R / typ 2 vestavěný	
Omezení		viz upozornění	



Vodní chladič		přívod	
Chladičí médium		etylenglykol 25%	
Vzduchové množství	m ³ /h	6500	
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C	27	
Výstupní teplota (za chladičem)	°C	21	
Vstupní vlhkost (za rekuperací)	% r.h.	47	
Výstupní vlhkost (za chladičem)	% r.h.	66	
Chladičí výkon	kW	12,7	
Tvorba kondenzátu	l/h	1	
Teplotní spád vody	°C	6 / 12	
Průtok média (při max. výkonu)	l/h	3710	
Tlaková ztráta média			
ve výměníku	kPa	4,74	
ve ventilu	kPa	1,40	
Připojovací rozměr		1" vnitřní	
Objem výměníku	l	13,0	
Typ chladiče		W 7500 5R / typ 2 vestavěný	
Omezení		viz poznámka	



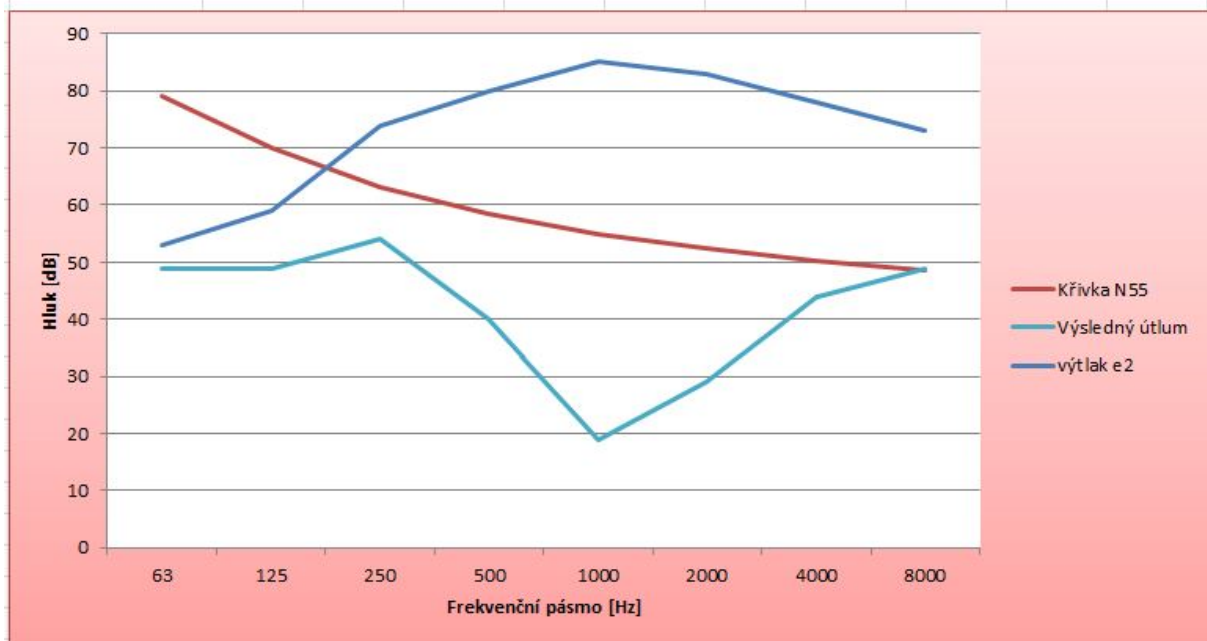
Filtrace		přívod	odvod
Typ		kazetový	kazetový
Třída filtrace		ePM1 55% (F7)	ePM10 50% (M5)
Počet filtrů	ks	1+3	1+3
Rozměr kazety	mm	750x295x96 750x405x96	750x295x96 750x405x96

Návrh tlumičů hluku

Všechny tlumiče hluku jsou umístěny ve venkovním prostředí a budou opatřeny izolací proti UV záření. Na přívodní potrubí (výtlak e2) byly navrženy dva tlumiče pro kruhové potrubí průměru 710 mm, délky 1200 mm. Na odvodní potrubí (sání i1) byl navržen tlumič hluku pro kruhové potrubí průměru 710 mm, délky 1200 mm. Tlumiče zabraňují šíření hluku do interiéru od VZT jednotky. Tlumiče respektují nařízení vlády 60 dB.

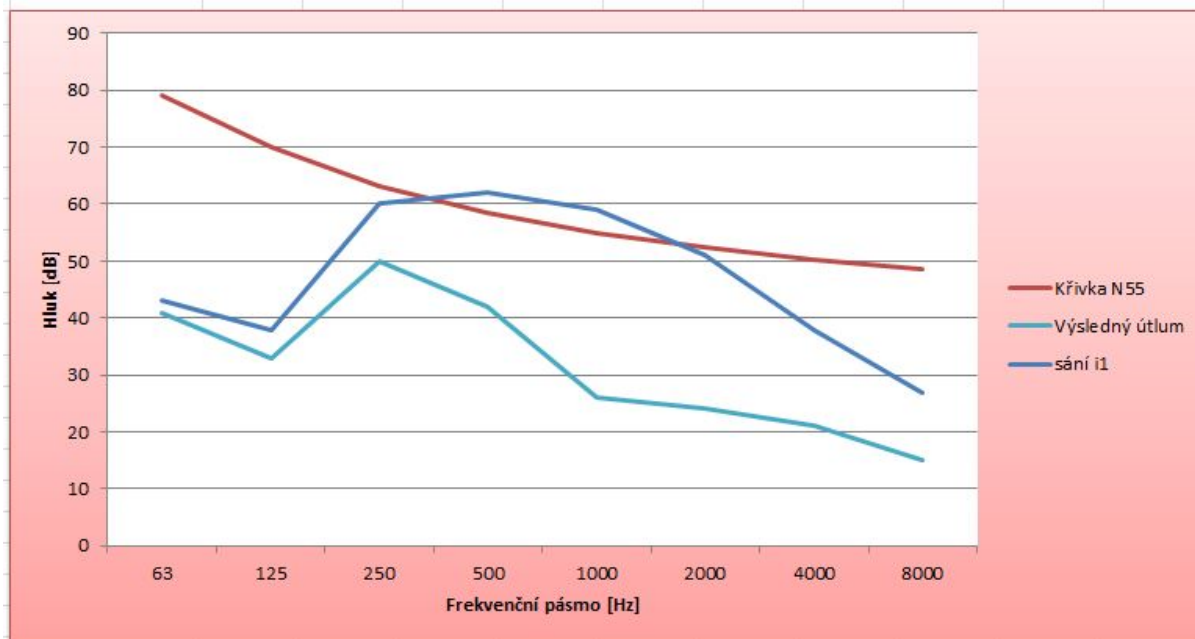
Název požadavku		požadavek
Požadavek pro vnitřní prostor dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb.		LAeq = 60 dB
číslo třídy hluku		N = LAeq - 5 = N55

PŘÍVOD	MJ	Hladiny akustických výkonů								Lw, A
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Frekvenční pásmo	[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Lw, A
výtlak e2	[dB]	53	59	74	80	85	83	78	73	88,6
Křivka N55	[dB]	79	69,9	63,2	58,4	55	52,3	50,3	48,7	
Požadovaný útlum	[dB]	-26	-10,9	10,8	21,6	30	30,7	27,7	24,3	
Tlumič hluku 2x ø 710 mm, L = 1200 mm (TAAC 710)	[dB]	4	10	20	40	66	54	34	24	26,5
Výsledný útlum	[dB]	49	49	54	40	19	29	44	49	57,2



Obr. 49 Tlumič hluku na výtlaku e2, Tab. 39 Výpočty excel

ODVOD	MJ	Hladiny akustických výkonů								Lw, A
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Frekvenční pásmo	[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
sání i1	[dB]	43	38	60	62	59	51	38	27	65,5
Křivka N55	[dB]	79	69,9	63,2	58,4	55	52,3	50,3	48,7	
Požadovaný útlum	[dB]	-36	-31,9	-3,2	3,6	4	-1,3	-12,3	-21,7	
Tlumič hluku ø 710 mm, L = 1200 mm (TAAC 710)	[dB]	2	5	10	20	33	27	17	12	13,3
Výsledný útlum	[dB]	41	33	50	42	26	24	21	15	51,2



Obr. 50 Tlumič hluku na sání i1, Tab. 40 Výpočty excel

3.6 VZT. 6 HAVARIJNÍ VĚTRÁNÍ

Havarijní větrání by mělo být navrženo v prostorách s rizikem úniku plynů. Úkolem havarijního větracího zařízení je snížit riziko výbuchu plynů na minimum, resp. vytvořit nevýbušnou atmosféru. Určujícím parametrem k výpočtu je koncentrace dolní meze výbušnosti, dané hořlavé látky. Průtok vzduchu lze stanovit dle následujícího vzorce.

$$V_{e, \min} = M_{\max} * T / (k * C_{LEL} * 293) \quad [59]$$

M_{\max} = max. únik hořlavé látky [kg/s]

T = teplota okolního vzduchu [K]

k = bezpečnostní koeficient

C_{LEL} = koncentrace dolní meze výbušnosti dané hořlavé látky [kg/m³]

Havarijní větrání není předmětem tohoto projektu.

3.7 VZT. 7 TĚLOCVIČNY

VZT jednotka zajišťuje větrání tělocvičen, haly schodiště, šaten a umýváren. Větrání tělocvičen je navrženo na vyšší výměnu vzduchu, dle intenzity výměny vzduchu 5x 1/h. Větrání chodby je navrženo jako rovnotlaké s intenzitou výměny vzduchu 0,6x 1/h. Větrání šaten je navrženo jako přetlakové s přívodem vzduchu pro umývárny a podle počtu šatních míst. Větrání umýváren je navrženo podtlakové dle jmenovitého průtoku vzduchu.

Tabulka místností 2. NP					Množství větracího vzduchu								
Číslo	Název	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Teplota [°C]	Počet lidí [-]	Intenzita větrání	Množství vzduchu na osobu	pisoiár	umyvadlo/ výlevka	WC [m ³ /h]	Sprcha [m ³ /h]	Přívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]
						[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[ks]	[ks]	[ks]	[ks]		
2.01	Hala Schodiště	44	154,88	15		0,6						100	100
2.02	Špinavá chodba	2,88	10,14	15								-	-
2.03	Čistá chodba	4,65	16,37	15								-	-
2.04	Šatna muži	10,08	35,48	22	10		20					530	200
2.05	Sprchy muži	5,04	17,74	24					1		2	-	330
2.06	Šatna ženy	10,08	35,48	22	10		20					530	200
2.07	Sprchy ženy	5,04	17,74	24					1		2	-	330
2.08	Tělocvična	190,76	671,48	20	31		90					2800	2800
2.09	Chodba	9,13	32,14	15		-						-	-
2.10	Tělocvična	83,9	295,33	20		5						1500	1500
												5 460	5 460

Tab. 41 Vypočtené hodnoty množství vzduchu

Návrh distribučních prvků

Jako distribuční prvky pro přívod vzduchu do tělocvičen a šaten jsou navrženy anemostaty lamelové kruhové, jež respektují rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. Součástí přívodu vzduchu do velké tělocvičny je dvouřadá mřížka. Výstupní proud vzduchu z mřížky nepřesahuje doporučenou hodnotu 1,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. Přívod vzduchu do haly schodiště zajišťuje talířový ventil.

Jako distribuční prvky pro odvod vzduchu z tělocvičen jsou navrženy anemostaty lamelové kruhové, jež respektují rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. Odvod vzduchu z šaten zajišťují jednořadá mřížky. Výstupní proud vzduchu z mřížek nepřesahuje doporučenou hodnotu 2,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. V prostoru umýváren a haly schodiště jsou navrženy talířové ventily pro odvod vzduchu.

Distribuční prvky splňují akustické požadavky dle nařízení vlády LAeq < 40dB.

Návrh trasy potrubí

Hlavní větev přívodu dohřátého/ochlazeného vzduchu na požadovanou teplotu je zavěšena pod stropem a probíhá podél vnitřního obvodu prostoru tělocvičen, odbočka zajišťuje přívod vzduchu do šaten a haly schodiště. Odvod vzduchu je navržen na protilehlé straně také při vnitřním obvodu, s odbočkami do šaten a umýváren. Potrubí je navržené

kuhového průřezu safe od firmy Lindab a je přiznáno. Přívod a odvod vzduchu je vyveden nad střechu k VZT jednotce, stoupacím potrubím. Čerstvý vzduch a odpadní vzduch je opatřen výfukovými kusy pro sání a výtlač. Přívodní i odvodní potrubí v exteriéru je tepelně izolováno, v interiéru je tepelně izolován přívod vzduchu. Na hlavní větví odvodu vzduchu budou osazeny požární klapky průměru 315 mm, z důvodu prostupu potrubí požárně dělicí konstrukcí do úseku haly schodiště. Část přívodní větve procházející požárním úsekem do haly schodiště, nebude opatřena požární klapkou, vzhledem k průřezu procházející požárně dělicí stěnou < 40 000 mm². Stoupací potrubí na střechu objektu bude opatřeno požárními ucpávkami. Na základě norem ČSN EN 73 0810 A ČSN 73 0872.

Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát

V uvedené tabulce jsou znázorněny navržené dimenze kruhového potrubí a výpočet tlakových ztrát jednotlivých úseků tras přívodu a odvodu. Tlaková ztráta nejdelší větve pro přívod vzduchu je 455 Pa. Vedlejší větve vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Tlaková ztráta pro nejdelší větev odvodního potrubí je 355 Pa. Vedlejší větve opět vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Na základě tlakových ztrát jsou navrženy ventilátory VZT jednotky. Dále jsou uvedeny tlakové ztráty DP.

PŘÍVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadání rozměrů	Průtok Q	Délka úseku l	Plocha potrubí A	Rychlost proudění w	Tlakové	Součinitel	Tlakové	Celková tlak.ztráta úseku P _{tr}	
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr d						ztráty třením	vřazeného odporu K _{si}	ztráty míst- ními odpory P _k		
	a [mm]	b [mm]	[mm]						P _{tr} [Pa]	[-]	[Pa]		
1	H	0	0	200	Vpořádku	300	4 200	0,031	2,7	2,44	3,7	16,18	18,62
2	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 200	0,031	2,7	0,70	2,7	11,97	12,66
3	H	0	0	250	Vpořádku	600	2 150	0,049	3,4	1,50	1,7	11,98	13,49
4	H	0	0	200	Vpořádku	300	2 060	0,031	2,7	1,20	3,4	15,07	16,27
5	H	0	0	280	Vpořádku	900	2 160	0,062	4,1	1,84	1,2	12,88	14,71
6	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 200	0,031	2,7	0,70	3,6	16,17	16,87
7	H	0	0	315	Vpořádku	1200	2 160	0,078	4,3	1,75	1,9	21,67	23,42
8	H	0	0	200	Vpořádku	300	2 060	0,031	2,7	1,20	3,6	15,86	17,06
9	H	0	0	355	Vpořádku	1500	9 400	0,099	4,2	6,38	1,6	17,97	24,36
10	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	3,0	14,24	15,23
11	H	0	0	400	Vpořádku	1700	2 400	0,126	3,8	1,14	1,6	13,79	14,93
12	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	2,6	12,51	13,50
13	H	0	0	400	Vpořádku	1900	2 000	0,126	4,2	1,17	1,6	17,28	18,45
14	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	2,1	10,00	10,99
15	H	0	0	450	Vpořádku	2100	2 800	0,159	3,7	1,10	1,5	12,71	13,81
16	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	2,4	11,64	12,63
17	H	0	0	450	Vpořádku	2300	5 000	0,159	4,0	2,32	2,7	27,45	29,77
18	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	2,0	9,43	10,42
19	H	0	0	500	Vpořádku	2500	3 000	0,196	3,5	0,96	1,5	11,58	12,55
20	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	2,2	10,68	11,67
21	H	0	0	500	Vpořádku	2700	1 540	0,196	3,8	0,57	1,1	10,11	10,68
22	H	0	0	125	Vpořádku	100	6 730	0,012	2,3	5,18	2,9	9,43	14,61
23	H	0	0	250	Vpořádku	530	2 000	0,049	3,0	1,11	1,2	7,01	8,12
24	H	0	0	280	Vpořádku	630	900	0,062	2,8	0,39	1,4	6,87	7,26
25	H	0	0	250	Vpořádku	530	2 700	0,049	3,0	1,50	2,7	15,30	16,80
26	H	0	0	355	Vpořádku	1360	6 100	0,099	3,8	3,45	1,4	12,76	16,20
27	H	0	0	600	Vpořádku	4060	1 700	0,283	4,0	0,55	3,0	30,07	30,62
28	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	1,8	8,66	9,65
29	H	0	0	600	Vpořádku	4260	3 000	0,283	4,2	1,05	3,0	33,24	34,29
30	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	1,8	8,66	9,65
31	H	0	0	630	Vpořádku	4460	5 300	0,312	4,0	1,59	3,0	29,85	31,44
32	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	1,8	8,66	9,65
33	H	0	0	630	Vpořádku	4660	3 000	0,312	4,2	0,98	3,0	32,59	33,57
34	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	1,8	8,66	9,65
35	H	0	0	630	Vpořádku	4860	3 000	0,312	4,3	1,06	3,0	35,45	36,51
36	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	6,0	28,96	29,95
37	H	0	0	710	Vpořádku	5060	3 000	0,396	3,6	0,63	3,0	23,82	24,45
38	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	6,0	28,86	29,85
39	H	0	0	710	Vpořádku	5260	3 000	0,396	3,7	0,68	3,0	25,74	26,42
40	H	0	0	160	Vpořádku	200	1 200	0,020	2,8	0,99	6,0	28,86	29,85
41	H	0	0	710	Vpořádku	5460	4 500	0,396	3,8	1,09	1,2	10,91	12,00
42	H	0	0	710	Vpořádku	5460	6 100	0,396	3,8	1,47	0,0	0,00	1,47

Tab. 42 Dimenze a tlakové ztráty

Tlakové ztráty konkrétních prvků			
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku	
		Parm	[Pa]
1	ALKM DN 300		30
2	ALKM DN 300		30
4	ALKM DN 300		30
6	ALKM DN 300		30
8	ALKM DN 300		30
10	ALKM DN 250		40
12	ALKM DN 250		40
14	ALKM DN 250		40
16	ALKM DN 250		40
18	ALKM DN 250		40
20	ALKM DN 250		40
22	TVPM DN 125		45
23	ALKM D 400		25
25	ALKM D 400		25
26	VNKM 725 x 125		14
28	ALKM DN 250		40
30	ALKM DN 250		40
32	ALKM DN 250		40
34	ALKM DN 250		40
36	ALKM DN 250		40
38	ALKM DN 250		40
40	ALKM DN 250		40

Tab. 43 Tlakové ztráty distribučních prvků

ODVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadání rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty třením P _ř [Pa]	Součinitel vřazeného odporu K _s [-]	Tlakové ztráty místními odpory P _{ks} [Pa]	Celková tlak. ztráta úseku P _ř [Pa]	
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr										
	a [mm]	b [mm]	d [mm]										
1	H	0	0	140	Vpořádku	200	2 670	0,015	3,6	4,29	1,5	12,14	16,43
2	H	0	0	140	Vpořádku	200	800	0,015	3,6	1,28	1,8	14,36	15,64
3	H	0	0	180	Vpořádku	400	650	0,025	4,4	1,09	0,8	9,85	10,94
4	H	0	0	140	Vpořádku	165	700	0,015	3,0	0,78	1,8	10,05	10,84
5	H	0	0	140	Vpořádku	165	700	0,015	3,0	0,78	1,8	10,05	10,84
6	H	0	0	180	Vpořádku	330	1 250	0,025	3,6	1,47	0,1	0,65	2,12
7	H	0	0	225	Vpořádku	530	3 500	0,040	3,7	3,28	2,7	23,15	26,43
8	H	0	0	280	Vpořádku	930	1 700	0,062	4,2	1,54	1,2	13,64	15,18
9	H	0	0	140	Vpořádku	200	800	0,015	3,6	1,28	1,6	13,13	14,41
10	H	0	0	315	Vpořádku	1130	2 350	0,078	4,0	1,70	2,8	28,62	30,32
11	H	0	0	200	Vpořádku	500	1 300	0,031	4,4	1,97	1,9	23,89	25,85
12	H	0	0	355	Vpořádku	1630	1 600	0,099	4,6	1,27	1,6	20,70	21,97
13	H	0	0	140	Vpořádku	200	1 400	0,015	3,6	2,25	2,3	19,12	21,37
14	H	0	0	355	Vpořádku	1830	2 700	0,099	5,1	2,66	1,1	17,45	20,11
15	H	0	0	140	Vpořádku	200	1 400	0,015	3,6	2,25	1,8	15,02	17,26
16	H	0	0	400	Vpořádku	2030	2 100	0,126	4,5	1,39	1,9	23,60	24,98
17	H	0	0	200	Vpořádku	500	1 300	0,031	4,4	1,97	1,9	23,52	25,48
18	H	0	0	450	Vpořádku	2530	3 300	0,159	4,4	1,83	2,2	27,06	28,89
19	H	0	0	140	Vpořádku	200	1 200	0,015	3,6	1,93	2,0	16,58	18,50
20	H	0	0	450	Vpořádku	2730	1 300	0,159	4,8	0,83	1,2	17,62	18,45
21	H	0	0	140	Vpořádku	165	700	0,015	3,0	0,78	1,8	10,05	10,84
22	H	0	0	140	Vpořádku	165	700	0,015	3,0	0,78	1,8	10,05	10,84
23	H	0	0	180	Vpořádku	330	1 250	0,025	3,6	1,47	0,1	0,41	1,87
24	H	0	0	225	Vpořádku	530	3 200	0,040	3,7	3,00	3,8	32,82	35,82
25	H	0	0	500	Vpořádku	3260	1 700	0,196	4,6	0,90	1,4	18,76	19,66
26	H	0	0	140	Vpořádku	200	1 200	0,015	3,6	1,93	1,7	13,54	15,47
27	H	0	0	500	Vpořádku	3460	3 300	0,196	4,9	1,95	1,1	16,60	18,55
28	H	0	0	200	Vpořádku	400	1 200	0,031	3,5	1,19	1,7	13,40	14,59
29	H	0	0	560	Vpořádku	3860	2 900	0,246	4,4	1,19	2,6	31,04	32,24
30	H	0	0	180	Vpořádku	300	3 400	0,025	3,3	3,33	3,1	21,08	24,41
31	H	0	0	180	Vpořádku	300	2 060	0,025	3,3	2,02	2,0	13,51	15,53
32	H	0	0	225	Vpořádku	600	2 200	0,040	4,2	2,60	1,7	18,82	21,42
33	H	0	0	180	Vpořádku	300	1 200	0,025	3,3	1,18	2,7	18,24	19,42
34	H	0	0	250	Vpořádku	900	2 200	0,049	5,1	3,29	1,4	23,37	26,66
35	H	0	0	180	Vpořádku	300	2 060	0,025	3,3	2,02	3,0	20,27	22,29
36	H	0	0	280	Vpořádku	1200	2 200	0,062	5,4	3,21	1,8	33,97	37,18
37	H	0	0	180	Vpořádku	300	1 200	0,025	3,3	1,18	4,4	29,59	30,77
38	H	0	0	315	Vpořádku	1500	3 000	0,078	5,3	3,70	1,2	21,61	25,31
39	H	0	0	355	Vpořádku	1500	3 000	0,099	4,2	2,04	1,5	16,19	18,22
40	H	0	0	100	Vpořádku	100	1 500	0,008	3,5	3,51	1,9	15,21	18,72
41	H	0	0	355	Vpořádku	1600	3 200	0,099	4,5	2,45	1,8	22,86	25,32
42	H	0	0	600	Vpořádku	5460	500	0,283	5,4	0,28	0,0	0,00	0,28
43	H	0	0	600	Vpořádku	5460	4 400	0,283	5,4	2,46	1,1	19,58	22,04

Tab. 44 Dimenze a tlakové ztráty

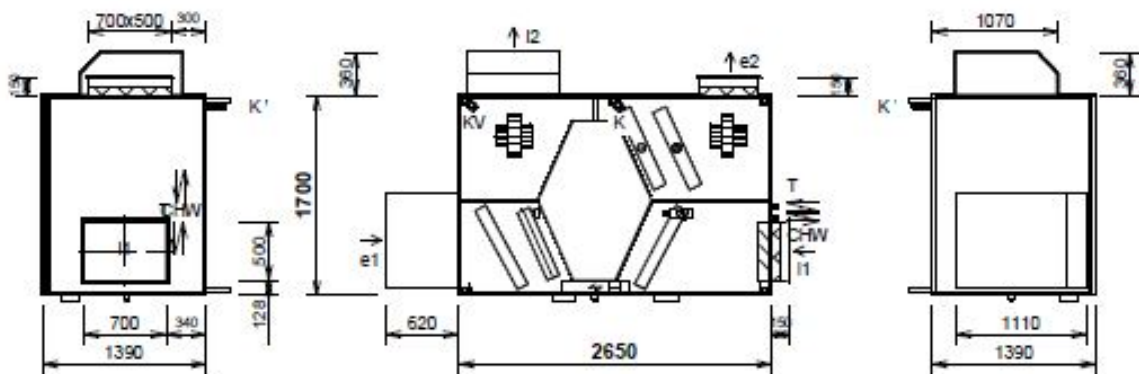
Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		Parm [Pa]
1	ALKM DN 250	27
2	ALKM DN 250	27
4	TVOM DN 150	43
5	TVOM DN 150	43
7	VNKM 525 x 85	18
9	ALKM DN 250	27
11	ALKM DN 400	20
13	ALKM DN 250	27
15	ALKM DN 250	27
17	ALKM DN 400	20
19	ALKM DN 250	27
21	TVOM DN 150	43
22	TVOM DN 150	43
24	VNKM 525 x 85	18
26	ALKM DN 250	27
28	ALKM DN 250	27
30	ALKM DN 300	24
31	ALKM DN 300	24
33	ALKM DN 300	24
35	ALKM DN 300	24
37	ALKM DN 300	24
40	TVOM DN 125	45

Tab. 45 Tlakové ztráty distribučních prvků

Návrh vzduchotechnické jednotky

Pro tělocvičny a s nimi související prostory je navržena nástřešní větrací jednotka s protiproudým rekuperačním výměníkem, přívodním a odvodním ventilátorem s EC motorem, teplovodním ohřevačem, vodním chladičem, eliminátorem kapek, by-passovou klapkou, filtry, uzavíracími klapkami a pružnými manžetami. Jednotka je digitálně regulována systémem RD5 od společnosti Atrea.

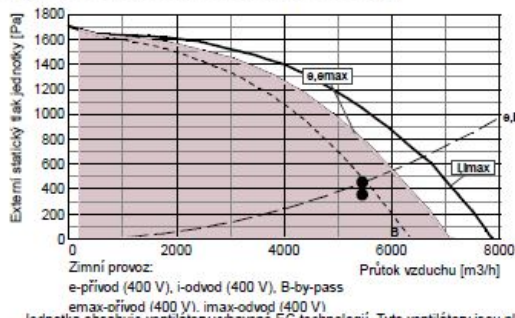
Hmotnost: cca 719 kg, hygienické provedení dle VDI 6022, Dodávka jednotky vcelku



hrdlo	druh	rozměr	příslušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (ODA)		uzavírací klapka, eliminátor kapek
e2	e2 - priváděný vzduch (SUP)	500 x 700 mm	pružná manžeta
i1	i1 - odváděný vzduch (ETA)	500 x 700 mm	uzavírací klapka, pružná manžeta
i2	i2 - odpadní vzduch (EHA)		
K	výstup kondenzátu	Ø 32/40 mm	sifon
KV	výstup kondenzátu vyhřívání	Ø 32/40 mm	sifon
T	Vodní ohřivač	5/4" vnitřní	přípojovací rozměr - regulační uzel
CHW	Vodní chladič	5/4" vnitřní	přípojovací rozměr - regulační uzel

Obr. 51 Rozměrový náčrt VZT jednotky

Výkonová charakteristika jednotky:



Akustické parametry:

Hladina akustického výkonu LwA (dB)

Frekvence [Hz]	Total dB (A)	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1 k dB(A)	2 k dB(A)	4 k dB(A)	8 k dB(A)
sání e1 do okolí	86	37	50	64	61	58	47	39	32
výtlač e2	92	68	73	82	87	89	83	76	66
sání i1	86	40	48	56	62	62	56	48	42
výtlač i2 do okolí	86	57	71	82	82	76	63	48	38
plášť do okolí	87	46	51	61	61	59	59	55	44

Akustický výkon do okolí je vypočten pro současný provoz obou ventilátorů a je změřen podle normy ISO 3744. Akustický výkon na hranech je změřen podle normy ISO 5136.

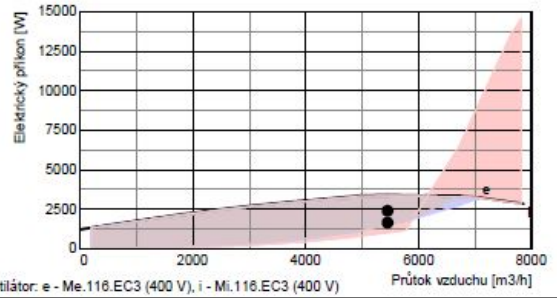
Hladina akustického tlaku LpA (dB)

sání e1 do okolí	46	<25	29	43	41	38	26	<25	<25
výtlač e2 do okolí	65	36	50	62	62	55	43	27	<25
plášť do okolí	46	25	30	40	40	39	39	34	<25

Hladina akustického tlaku do okolí je uváděna ve vzdálenosti 3 m pro současný provoz obou ventilátorů a je změřena podle normy ISO 3744.

Ventilátory

	přívod	odvod
Vzduchové množství	m3/h	5460
Externí statický tlak jednotky	Pa	455
Napětí (jmenovité)	V	400
Příkon (v pracovním bodě)	kW	2,4
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min	2447
Max. příkon (pro dimenzování)	kW	3,3
Max. proud (pro dimenzování)	A	5,4
SFP	W.h/m3	0,436
Typ ventilátorů	Me.116	Mi.116
Druh ventilátorů (s proměnlivými otáčkami)	EC3	EC3



Připojovací prvky

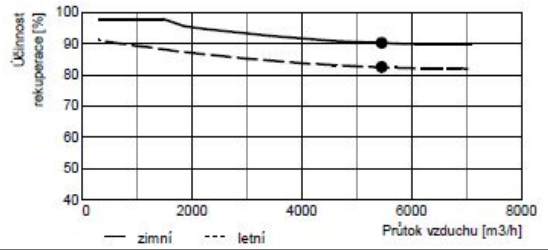
	přívod	odvod
Vstupní hrdlo i1 připojení	mm	500x700
Výstupní hrdlo e2 připojení	mm	pružné
Odvod kondenzátu K	mm	2 x Ø32/40

Regulační a uzavírací klapky

	Typ servopohonu
Uzavírací klapka e1 (součást jednotky)	LF24
Uzavírací klapka i1 (součást jednotky)	LF24
By-passová klapka (integrovaná v jednotce)	LM24A

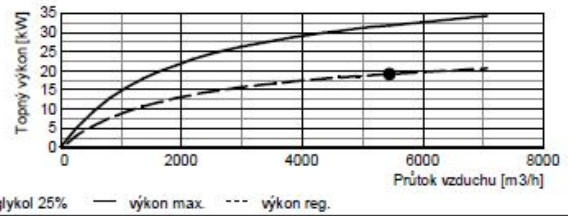
Rekupační výměník

	přívod	odvod
Vzduchové množství	m3/h	5460
Vstupní teplota	°C	-12
Výstupní teplota	°C	20
Vstupní vlhkost	% r.h.	17
Výstupní vlhkost	% r.h.	-2
Účinnost rekuperace zimní (letní)	%	90 (83)
Výkon výměníku zimní (letní)	kW	54,6 (9,3)
Tvorba kondenzátu	l/h	17,8
Typ rekupačního výměníku	S7.C rekupační	

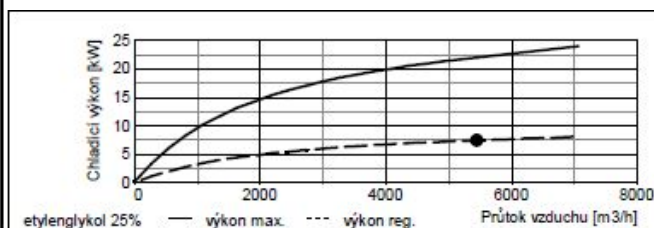


Vodní ohřivač

	přívod
Topné médium	etylenglykol 25%
Vzduchové množství	m3/h
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C
Topný výkon	kW
Teplotní spád topného média	°C
Průtok média (ze zdroje)	l/h
Tlaková ztráta média ve výměníku	kPa
ve ventilu	kPa
Připojovací rozměr (regulační uzel)	5/4" vnitřní
Objem výměníku	l
Typ ohřivače	T 6500 3R / typ 1 vestavěný
Omezení	viz upozornění



Vodní chladič		přívod	
Chladicí médium		etylenglykol 25%	
Vzduchové množství	m ³ /h	5460	
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C	27	
Výstupní teplota (za chladičem)	°C	23	
Vstupní vlhkost (za rekuperací)	% r.h.	47	
Výstupní vlhkost (za chladičem)	% r.h.	60	
Chladicí výkon	kW	7,5	
Tvorba kondenzátu	l/h	0	
Teplotní spád vody	°C	6 / 12	
Průtok média (při max. výkonu)	l/h	3370	
Tlaková ztráta média ve výměníku	kPa	4,94	
ve ventilu	kPa	1,14	
Připojovací rozměr		5/4" vnitřní	
Objem výměníku	l	10,8	
Typ chladiče		W 6500 5R / typ 1 vestavěný	
Omezení		viz poznámka	



Filtrace		přívod	odvod
Typ		kazetový	kazetový
Třída filtrace		ePM1 55% (F7)	ePM10 50% (M5)
Počet filtrů	ks	3	3
Rozměr kazety	mm	750x405x96	750x405x96

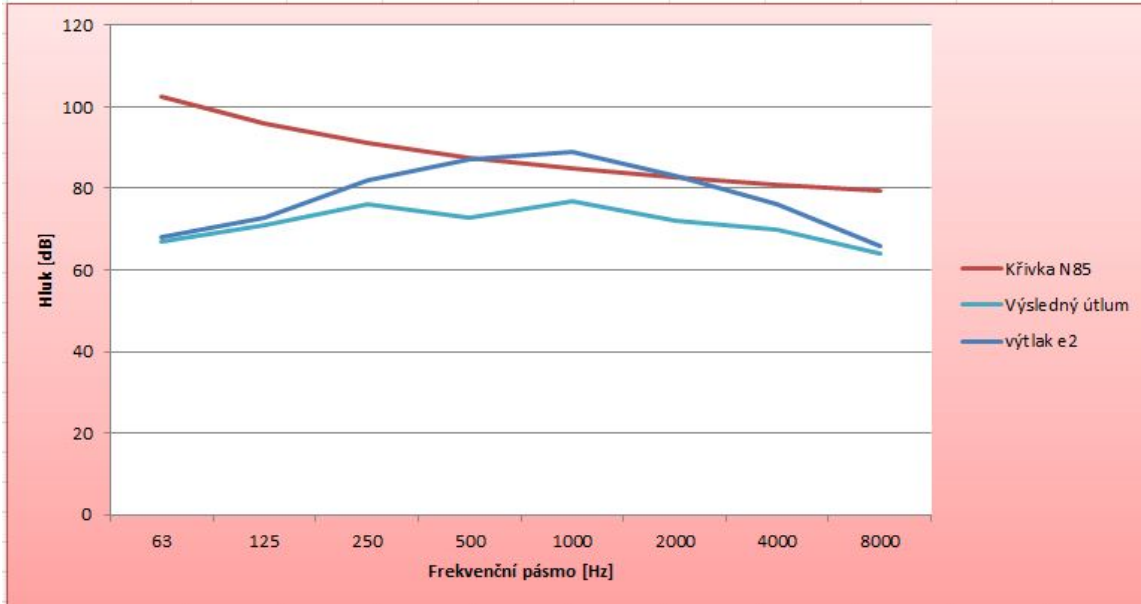
Návrh tlumičů hluku

Tlumič hluku je umístěn ve venkovním prostředí a bude opatřen izolací proti UV záření. Na přívodní potrubí (výtlak e2) byly navrženy tlumiče pro kruhové potrubí průměru 710 mm, délky 1000 mm. Odvodní potrubí splňuje akustické požadavky, tlumič není navržen. Tlumič zabraňuje šíření hluku do interiéru od VZT jednotky. Tlumič respektuje nařízení vlády 90 dB.

Název požadavku	požadavek
Požadavek pro vnitřní prostor dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb.	LAeq = 90 dB
číslo třídy hluku	N = LAeq - 5 = N85

Obr. 52 Požadavek na vnitřní prostředí

PŘÍVOD	MJ	Hladiny akustických výkonů								Lw, A
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Frekvenční pásmo	[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
výtlač e2	[dB]	68	73	82	87	89	83	76	66	92,4
Křivka N85	[dB]	102,7	96	91,1	87,6	85	82,8	81	79,6	
Požadovaný útlum	[dB]	0	0	0	0	4	0,2	0	0	
Tlumič hluku ø 710 mm, L = 1000 mm (GD 710)	[dB]	1	2	6	14	12	11	6	2	5,0
Výsledný útlum	[dB]	67	71	76	73	77	72	70	64	81,9



Obr. 53 Tlumič hluku na výtlaču e2, Tab. 45 Výpočty excel

3.8 VZT. 8 RESTAURACE

VZT jednotka zajišťuje větrání restaurace, sociálních zařízení, chodby a kanceláře.

Tabulka místností 2. NP					Množství větracího vzduchu								
Číslo	Název	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Teplota [°C]	Počet lidí [-]	Intenzita větrání	Množství vzduchu na osobu	pisoiár [m ³ /h]	umyvadlo/ výlevka [m ³ /h]	WC [m ³ /h]	Sprcha [m ³ /h]	Přívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]
						0,5 [h ⁻¹]	20 [m ³ /h]	25 [ks]	30 [ks]	50 [ks]	150 [ks]		
2.11	Chodba	23,22	81,73	15		0,6						450	50
2.12	Kancelář	43	151,36	20		1,5						200	200
2.13	Umývárna ženy	4,75	16,72	22					2			-	60
2.14	Předsíň WC ženy	2,35	8,27	20								-	-
2.15	WC ženy	1,19	4,19	18						1		-	50
2.16	WC ženy	1,24	4,36	18						1		-	50
2.17	Úklidová místnost	2,16	7,60	18					1			-	30
2.18	Umývárna muži	3,24	11,40	22					2			-	60
2.19	Pisoiárová stání	3,53	12,43	18				2				-	50
2.20	WC muži	1,08	3,80	18						1		-	50
2.21	WC muži	1,13	3,98	18						1		-	50
2.22	Restaurace	194,6	684,99	20	70		60					4200	4200
												4 850	4 850

Tab. 46 Vypočtené hodnoty množství vzduchu

Větrání restaurace je navrženo na max. kapacitu 70 osob. Větrání chodby je navrženo jako přetlakové s přívodem vzduchu pro sociální zařízení a s intenzitou výměny vzduchu 0,7x 1/h. Větrání sociálních zařízení je navrženo podtlakové dle jmenovitého průtoku vzduchu. Větrání kanceláře je navrženo na 1,5 násobnou výměnu vzduchu za hodinu.

Návrh distribučních prvků

Jako distribuční prvky pro přívod vzduchu do restaurace, chodby a kanceláře jsou navrženy anemostaty lamelové kruhové, jež respektují rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s.

Jako distribuční prvky pro odvod vzduchu z restaurace a kanceláře jsou navrženy anemostaty lamelové kruhové, jež respektují rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. Odvod vzduchu z restaurace zajišťují jednořadé mřížky. Výstupní proud vzduchu z mřížek nepřesahuje doporučenou hodnotu 2,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s. V prostoru sociálních zařízení a chodby jsou navrženy talířové ventily pro odvod vzduchu.

Distribuční prvky splňují akustické požadavky dle nařízení vlády $L_{Aeq} < 40\text{dB}$.

Návrh trasy potrubí

Hlavní větev přívodu, dohřátého vzduchu na požadovanou teplotu je zavěšena pod stropem a probíhá nad středem sezení pro hosty restaurace, odbočka zajišťuje přívod vzduchu do chodby a kanceláře. Odvod vzduchu je navržen na protilehlé straně, hlavní větev odvádí vzduch z restaurace, vedlejší větev odvádí vzduch ze sociálních zařízení, chodby a kanceláře. Potrubí je navrženo kruhového průřezu safe od firmy Lindab a je přiznáno. Přívod a odvod vzduchu je vyveden nad střechu k VZT jednotce, stoupacím potrubím. Čerstvý vzduch a odpadní vzduch je opatřen výfukovými kusy pro sání a výtlač. Přívodní i odvodní potrubí v exteriéru je tepelně izolováno, v interiéru je tepelně izolován přívod vzduchu. Požární klapky nebudou osazeny, rozvody VZT potrubí nezasahují do jiných požárních úseků. Stoupací potrubí bude opatřeno požárními ucpávkami.

Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát

V uvedené tabulce jsou znázorněny navržené dimenze kruhového potrubí a výpočet tlakových ztrát jednotlivých úseků tras přívodu a odvodu. Tlaková ztráta nejdelší větve pro přívod vzduchu je 300 Pa. Vedlejší větve vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Tlaková ztráta pro nejdelší větev odvodního potrubí je 290 Pa. Vedlejší větve opět vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Na základě tlakových ztrát jsou navrženy ventilátory VZT jednotky. Dále jsou uvedeny tlakové ztráty DP dle technických listů. Podrobněji viz. příloha.

PŘÍVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadání rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty třením P _{tf} [Pa]	Součinitel vráženého odporu K _{si} [-]	Tlakové ztráty místními odpory P _{ksi} [Pa]	Celková tlaková ztráta úseku P _{tf} [Pa]	
	Rozměr 1 a [mm]	Rozměr 2 b [mm]	Průměr d [mm]										
	1	H	0										0
2	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	2,7	12,05	12,73
3	H	0	0	250	Vpořádku	600	1 500	0,049	3,4	1,05	1,9	13,60	14,65
4	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	3,4	15,15	15,84
5	H	0	0	280	Vpořádku	900	1 500	0,062	4,1	1,28	2,1	21,62	22,90
6	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	3,7	16,40	17,09
7	H	0	0	355	Vpořádku	1200	1 500	0,099	3,4	0,67	1,9	13,47	14,14
8	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	3,6	15,96	16,64
9	H	0	0	355	Vpořádku	1500	4 260	0,099	4,2	2,89	2,9	32,88	35,77
10	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	3,3	14,81	15,49
11	H	0	0	400	Vpořádku	1800	2 790	0,126	4,0	1,47	1,7	16,96	18,43
12	H	0	0	200	Vpořádku	300	2 500	0,031	2,7	1,45	3,0	13,38	14,83
13	H	0	0	450	Vpořádku	2100	3 200	0,159	3,7	1,25	1,6	13,94	15,19
14	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	2,7	12,18	12,87
15	H	0	0	500	Vpořádku	2400	4 150	0,196	3,4	1,23	2,8	19,97	21,21
16	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	3,2	14,09	14,77
17	H	0	0	500	Vpořádku	2700	1 500	0,196	3,8	0,56	1,6	14,47	15,03
18	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	2,7	12,18	12,87
19	H	0	0	560	Vpořádku	3000	1 500	0,246	3,4	0,39	1,5	10,96	11,35
20	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	3,1	13,65	14,34
21	H	0	0	560	Vpořádku	3300	1 500	0,246	3,7	0,46	1,5	13,00	13,46
22	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	3,4	15,24	15,92
23	H	0	0	560	Vpořádku	3600	1 780	0,246	4,1	0,64	1,5	15,47	16,12
24	H	0	0	200	Vpořádku	300	3 300	0,031	2,7	1,91	3,3	14,42	16,33
25	H	0	0	600	Vpořádku	3900	1 180	0,283	3,8	0,35	1,5	13,70	14,06
26	H	0	0	200	Vpořádku	300	1 180	0,031	2,7	0,68	3,0	13,34	14,03
27	H	0	0	630	Vpořádku	4200	1 080	0,312	3,7	0,29	1,6	14,03	14,32
28	H	0	0	150	Vpořádku	200	8 500	0,018	3,1	9,67	4,9	30,37	40,05
29	H	0	0	200	Vpořádku	225	600	0,031	2,0	0,20	4,5	11,34	11,54
30	H	0	0	200	Vpořádku	425	6 210	0,031	3,8	6,92	2,7	23,64	30,56
31	H	0	0	200	Vpořádku	225	600	0,031	2,0	0,20	3,7	9,12	9,32
32	H	0	0	250	Vpořádku	650	3 380	0,049	3,7	2,75	1,8	14,92	17,66
33	H	0	0	630	Vpořádku	4850	1 550	0,312	4,3	0,54	0,0	0,00	0,54
34	H	0	0	630	Vpořádku	4850	6 000	0,312	4,3	2,11	1,2	13,89	15,99

Tab. 47 Dimenze a tlakové ztráty

Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		P _{tf} [Pa]
1	ALKM DN 300	30
2	ALKM DN 300	30
4	ALKM DN 300	30
6	ALKM DN 300	30
8	ALKM DN 300	30
10	ALKM DN 300	30
12	ALKM DN 300	30
14	ALKM DN 300	30
16	ALKM DN 300	30
18	ALKM DN 300	30
20	ALKM DN 300	30
22	ALKM DN 300	30
24	ALKM DN 300	30
26	ALKM DN 300	30
28	ALKM DN 250	40
29	ALKM DN 300	15
31	ALKM DN 300	15

Tab. 48 Tlakové ztráty distribučních prvků

ODVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadání rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty třením Ptř [Pa]	Součinitel vřazeného odporu Ksi [-]	Tlakové ztráty místními odpory Pksi [Pa]	Celková tlaková ztráta úseku Ptř [Pa]	
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr										
	a [mm]	b [mm]	d [mm]										
1	H	0	0	225	Vpořádku	600	2 680	0,040	4,2	3,17	3,8	42,06	45,23
2	H	0	0	225	Vpořádku	600	1 000	0,040	4,2	1,18	3,8	42,06	43,25
3	H	0	0	315	Vpořádku	1200	2 900	0,078	4,3	2,35	3,8	43,80	46,15
4	H	0	0	225	Vpořádku	600	1 300	0,040	4,2	1,54	3,8	42,06	43,60
5	H	0	0	225	Vpořádku	600	1 300	0,040	4,2	1,54	3,8	42,06	43,60
6	H	0	0	315	Vpořádku	1200	3 300	0,078	4,3	2,68	3,8	43,80	46,47
7	H	0	0	450	Vpořádku	2400	3 090	0,159	4,2	1,55	1,8	20,37	21,92
8	H	0	0	225	Vpořádku	600	1 100	0,040	4,2	1,30	0,8	9,08	10,38
9	H	0	0	500	Vpořádku	3000	2 100	0,196	4,2	0,95	2,9	32,62	33,57
10	H	0	0	225	Vpořádku	600	1 100	0,040	4,2	1,30	0,7	7,49	8,79
11	H	0	0	560	Vpořádku	3600	3 100	0,246	4,1	1,12	2,8	28,82	29,94
12	H	0	0	560	Vpořádku	3900	1 900	0,246	4,4	0,80	0,0	0,00	0,80
13	H	0	0	560	Vpořádku	4200	2 700	0,246	4,7	1,30	1,5	21,77	23,07
14	H	0	0	140	Vpořádku	200	3 500	0,015	3,6	5,62	2,7	22,15	27,77
15	H	0	0	80	Vpořádku	50	1 700	0,005	2,8	3,30	3,3	16,02	19,32
16	H	0	0	80	Vpořádku	60	300	0,005	3,3	0,82	1,6	11,01	11,83
17	H	0	0	100	Vpořádku	110	700	0,008	3,9	1,96	0,5	4,77	6,73
18	H	0	0	160	Vpořádku	310	500	0,020	4,3	0,94	2,1	23,92	24,86
19	H	0	0	80	Vpořádku	50	1 400	0,005	2,8	2,72	3,0	14,43	17,15
20	H	0	0	80	Vpořádku	50	400	0,005	2,8	0,78	1,9	9,14	9,92
21	H	0	0	100	Vpořádku	100	800	0,008	3,5	1,87	1,0	7,75	9,62
22	H	0	0	180	Vpořádku	410	2 400	0,025	4,5	4,23	1,4	17,16	21,39
23	H	0	0	80	Vpořádku	30	400	0,005	1,7	0,30	4,7	8,19	8,49
24	H	0	0	200	Vpořádku	440	300	0,031	3,9	0,36	1,8	16,69	17,04
25	H	0	0	80	Vpořádku	50	1 400	0,005	2,8	2,72	3,0	14,43	17,15
26	H	0	0	80	Vpořádku	50	400	0,005	2,8	0,78	1,9	9,14	9,92
27	H	0	0	100	Vpořádku	100	800	0,008	3,5	1,87	0,8	6,38	8,26
28	H	0	0	200	Vpořádku	540	1 150	0,031	4,8	2,01	1,5	21,07	23,08
29	H	0	0	80	Vpořádku	60	1 500	0,005	3,3	4,10	0,6	4,16	8,26
30	H	0	0	225	Vpořádku	600	1 700	0,040	4,2	2,01	1,4	15,17	17,18
31	H	0	0	80	Vpořádku	50	450	0,005	2,8	0,87	1,0	4,68	5,55
32	H	0	0	225	Vpořádku	650	2 000	0,040	4,5	2,75	0,9	11,69	14,44
33	H	0	0	600	Vpořádku	4850	2 200	0,283	4,8	0,99	0,0	0,00	0,99
34	H	0	0	600	Vpořádku	4850	5 200	0,283	4,8	2,33	1,2	16,88	19,21

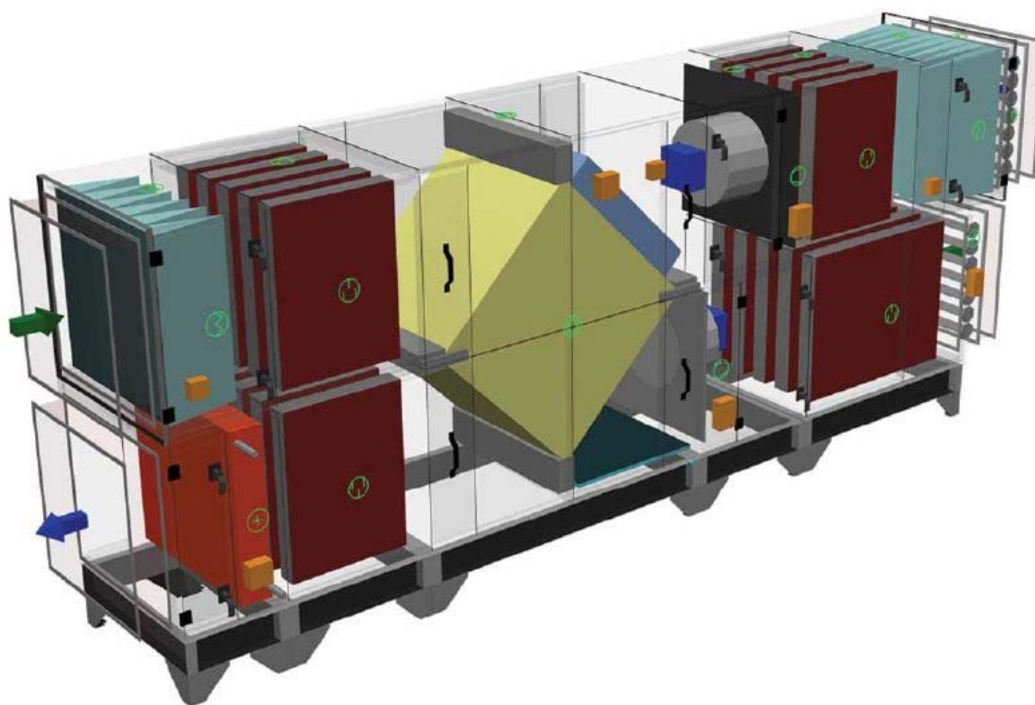
Tab. 49 Dimenze a tlakové ztráty

Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		Parm [Pa]
1	ALKM DN 400	36
2	ALKM DN 400	36
4	ALKM DN 400	36
5	ALKM DN 400	36
8	ALKM DN 400	36
10	ALKM DN 400	36
11	VNKM 525 x 125	18
12	VNKM 525 x 125	18
14	ALKM DN 250	27
15	TVOM DN 80	40
16	TVOM DN 80	42
19	TVOM DN 80	40
20	TVOM DN 80	40
23	TVOM DN 80	40
25	TVOM DN 80	40
26	TVOM DN 80	40
29	TVOM DN 80	42
31	TVOM DN 80	40

Tab. 50 Tlakové ztráty distribučních prvků

Návrh vzduchotechnické jednotky

Pro restauraci a s ní související prostory je navržena nástřešní větrací jednotka s deskovým rekuperátorem, přívodním a odvodním ventilátorem s EC motorem, teplovodním ohřivačem, filtry, uzavíracími klapkami se servopohonem a tlumícími vložkami. Součástí jednotky jsou tlumící skříně, které respektují nařízení vlády č. 272/2011 Sb. LAeq = 55 dB. VZT jednotka je regulována řídicím systémem VCS (Climatix) od společnosti REMAK. Chlazení bude řešeno v samostatném projektu.



Obr. 54 Axonometrický pohled na VZT jednotku

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

[01] Návrh vzduchotechnického systému zimního stadionu
08 / VZT.8
Standardní prostředí



STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 10	
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ano	
Umístění řídicí jednotky (prostředí)	Vnitřní	
Hmotnost (+/-10%)	1 550 kg	
Umístění VZT jednotky	Vnější	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	4850 m ³ /h	4850 m ³ /h
Externí tlaková rezerva	300 Pa	290 Pa
Rychlost v průřezu	1.94 m/s	1.94 m/s
Výkon motoru nominální	1.70 kW	1.70 kW
Typ motoru ventilátoru	EC motor	EC motor
1. stupeň filtrace	F7 / ISO ePM 2,5 >65%	G4 / ISO Coarse 60 %
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _v	1014 W.m ⁻³ .s	892 W.m ⁻³ .s

Model box AMXP3



Nominální příkon ŘJ VCS	3.40 kW*	Parametry pláště dle EN1886	
Napájecí napětí ŘJ VCS	3×400V+N+PE 50Hz	Mechanická stabilita	D2(M)
Nominální proud ŘJ VCS I _{max} .	7 A*	Netěsnost skříně	L1(R)
		Termická izolace	T4(M)
		Faktor tepelných mostů	TB3(M)
SFP _{WHU}	1906 W.m ² .s	Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

* Nominální příkon a proud je uveden bez zahrnutí vyvíječe páry, případně bez externí kondenzační jednotky/tepelného čerpadla apod. Pokud dále ve specifikaci ŘJ není uvedeno jinak, tato zařízení musí být jistěna a napájena mimo ŘJ VCS. Řídicí signály pro jejich ovládání (v případě, že tyto zařízení jsou příslušenstvím VZT jednotky) mohou být řešeny z ŘJ VCS, viz dále konfigurace řídicího systému, kde je typ řídicích signálů specifikován.

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů			
	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 → 16.8 °C	87 %, 44.9 kW	
Ohřev	16.8 → 20.0 °C	5.1 kW	70/50 °C, Voda, 0.3 kPa, 0.22 m ³ /h, 1 "

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

Obr.55 Základní parametry VZT zařízení

3.9 VZT. 9 KUCHYNĚ

Výpočet větrání kuchyně byl proveden na základě normy EN 16282 – 1, princip této normy vychází ze směrnice VDI 2052. [54] K návrhu odtahových digestoří byl použit návrhový program Atrea. K návrhu VZT jednotky byl použit návrhový program AeroCad. Kuchyně je větrána spolu se sociálním zázemím a halou schodiště. Výpočet množství vzduchu byl proveden dle technologií umístěných v gastro provozu. Systém větrání je navržen v mírném podtlaku, z důvodu zabránění šíření škodlivin.

Kuchyňský spotřebič	El. a parní spotřebiče				Plynové spotřebiče		
	Qs [W/kW]	G [g/(h*kW)]	P [kW]	n [-]	Qs [W/kW]	G [g/(h*kW)]	P [kW]
fritéza	90	1030	18	2	-	-	-
výklopná pánev	450	588	10	1	450	630	20
sporák	-	-	-	2	250	147	30
trouba	350	235	12	2	-	-	-
grilovací deska	200	118	7	1	250	147	20
ohřevné vany s režonem (vodní lázeň)	125	194	5,4	1	-	-	-
vaříč	35	441	8,5	1	-	-	-
konvektomat I	120	265	11	1	-	-	-
konvektomat II	120	265	17	1	-	-	-
šokové zchlazení	-	-	1,35	1	-	-	-
holdomaty	350	235	1,5	2	-	-	-
salamander	350	235	2,3	1	-	-	-
výdej s infra	125	-	2,5	1	-	-	-
dřez	-	-	-	7	-	-	-
myčka	-	-	-	1	-	-	-

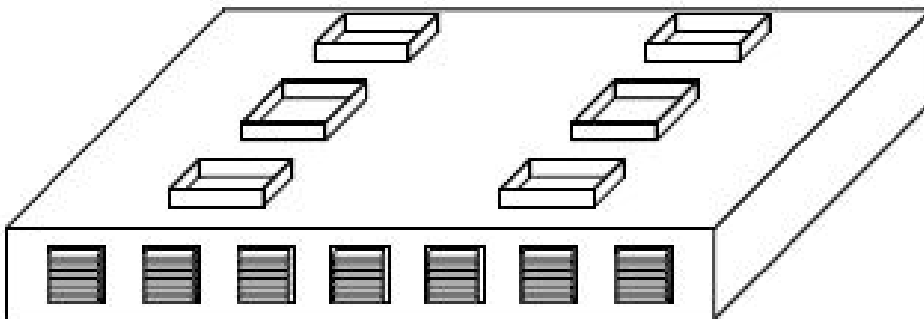
Tab. 51 Tepelné, vlhkostní a výkonové parametry kuchyňských spotřebičů

Návrh distribučních prvků

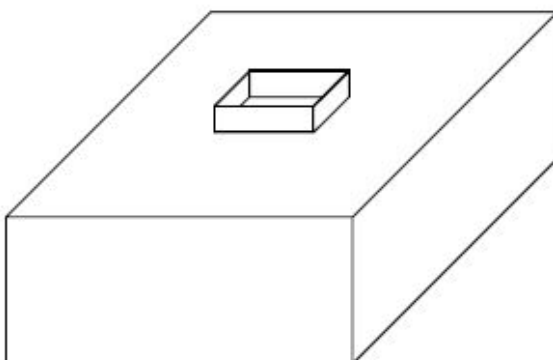
Jako distribuční prvky pro přívod vzduchu do kuchyně slouží mřížky na digestoři dle návrhového programu a dvouřadé mřížky v potrubí. Výstupní proud vzduchu z mřížky nepřesahuje doporučenou hodnotu 1,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s.

Jako distribuční prvky pro odvod vzduchu ze zázemí zaměstnanců a chodby schodiště jsou navrženy talířové ventily. Odvod vzduchu z kuchyně zajišťují dvě digestoře a jednořadé mřížky. Výstupní proud vzduchu z mřížek nepřesahuje doporučenou hodnotu 2,5 m/s a rychlost proudu vzduchu v pobytové zóně je v rozmezí 0,2 – 0,25 m/s.

Distribuční prvky splňují akustické požadavky dle nařízení vlády $L_{Aeq} < 40\text{dB}$.



Obr.56 Digestoř VARIANT -S



Obr. 57 Digestoř KUBUS pro odsávání konvektomatů

Návrh trasy potrubí

Přívod vzduchu je ze skladu rozveden do dvou větví. A to do kuchyně, kde se napojuje na digestoř a do chodby a zázemí zaměstnanců. Odvod vzduchu je rozdělen do tří větví, kde dvě větve odvádějí vzduch z digestoří a jedna větev odvádí vzduch ze zázemí. VZT potrubí je vedeno pod stropem a je přiznané. V kuchyni je navrženo čtyřhranné potrubí a v zázemí kruhové potrubí, vzhledem k množství vzduchu. Přívod a odvod vzduchu je vyveden nad střechu k VZT jednotce, stoupacím potrubím. Čerstvý vzduch a odpadní vzduch je opatřen výfukovými kusy pro sání a výtlač. Přívodní i odvodní potrubí v exteriéru je tepelně izolováno s oplechováním, v interiéru je tepelně izolován přívod vzduchu. Požární klapy nebudou osazeny, průřez potrubí je $< 40\,000\text{ mm}^2$. Stoupací potrubí bude opatřeno požárními ucpávkami.

Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát

V uvedené tabulce jsou znázorněny navržené dimenze čtyřhranného a kruhového potrubí a výpočet tlakových ztrát jednotlivých úseků tras přívodu a odvodu. Tlaková ztráta nejdelší větve pro přívod vzduchu je 170 Pa. Vedlejší větve vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Tlaková ztráta pro nejdelší větev odvodního potrubí je 170 Pa. Vedlejší větve opět vyrovnávají tlakové ztráty hlavní větve pomocí regulačních klapek. Na základě tlakových ztrát jsou navrženy ventilátory VZT jednotky. Dále jsou uvedeny tlakové ztráty DP dle technických listů. Podrobněji viz. příloha.

PŘÍVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadání rozměrů	Průtok Q [m ³ /hod]	Délka úseku l [mm]	Plocha potrubí A [m ²]	Rychlost proudění w [m/s]	Tlakové ztráty třením	Součinitel vřazeného odporu	Tlakové ztráty místními odpory	Celková tlaková ztráta úseku P _ř [Pa]	
	Rozměr 1 a [mm]	Rozměr 2 b [mm]	Průměr d [mm]						P _ř [Pa]	K _s [-]	P _{ks} [Pa]		
1	H	450	280	0	Vpořádku	1486	2 700	0,126	3,3	1,19	4,8	32,45	33,64
2	H	450	280	0	Vpořádku	1486	1 250	0,126	3,3	0,55	2,8	19,20	19,75
3	H	800	280	0	Vpořádku	2972	1 100	0,224	3,7	0,48	0,0	0,00	0,48
4	H	800	280	0	Vpořádku	3302	3 480	0,224	4,1	1,85	1,5	15,84	17,70
5	H	900	280	0	Vpořádku	3645	1 900	0,252	4,0	0,94	2,5	25,63	26,57
6	H	450	280	0	Vpořádku	1486	2 700	0,126	3,3	1,19	4,8	32,45	33,64
7	H	450	280	0	Vpořádku	1485	1 250	0,126	3,3	0,55	2,9	19,45	19,99
8	H	800	280	0	Vpořádku	2972	1 500	0,224	3,7	0,65	0,0	0,00	0,65
9	H	800	280	0	Vpořádku	3302	1 500	0,224	4,1	0,80	1,9	20,49	21,29
10	H	1000	400	0	Vpořádku	6947	1 650	0,400	4,8	0,80	2,0	29,33	30,13
11	H	0	0	125	Vpořádku	110	2 350	0,012	2,5	2,16	1,2	4,80	6,97
12	H	0	0	100	Vpořádku	70	500	0,008	2,5	0,60	0,7	2,78	3,38
13	H	0	0	140	Vpořádku	180	5 500	0,015	3,2	7,25	1,2	7,98	15,22
14	H	0	0	80	Vpořádku	50	500	0,005	2,8	0,97	0,8	3,72	4,69
15	H	0	0	160	Vpořádku	230	1 500	0,020	3,2	1,61	0,1	0,64	2,24
16	H	1000	400	0	Vpořádku	7177	1 480	0,400	5,0	0,77	1,3	20,34	21,11
17	H	1000	400	0	Vpořádku	7177	5 000	0,400	5,0	2,59	0,7	10,95	13,54

Tab. 52 Dimenze a tlakové ztráty

Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		P _ř [Pa]
3	VNM 825 x 140	4
5	VNM 825 x 140	6
8	VNM 825 x 140	4
11	TVPM DN125	35
12	TVPM DN100	33
14	TVPM DN 80	26

Tab. 53 Tlakové ztráty distribučních prvků

ODVOD

Úsek	Obdélníkový průřez		Kruhový průřez	Kontrola zadáni rozměrů	Průtok	Délka úseku	Plocha potrubí	Rychlost proudění	Tlakové ztráty třením	Součinitel vřazeného odporu	Tlakové ztráty míst- ními odpory	Celková tlak.ztráta úseku	
	Rozměr 1	Rozměr 2	Průměr		Q	l	A	w	Ptř	Ks	Pks	Př	
	a	b	d		[m ³ /hod]	[mm]	[m ²]	[m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	
	[mm]	[mm]	[mm]										
1	H	0	0	80	Vpořádku	50	4 000	0,005	2,8	7,77	2,5	12,02	19,79
2	H	0	0	100	Vpořádku	70	500	0,008	2,5	0,60	1,5	5,64	6,24
3	H	0	0	125	Vpořádku	120	3 400	0,012	2,7	3,68	2,4	11,16	14,84
4	H	0	0	80	Vpořádku	30	600	0,005	1,7	0,45	1,1	1,96	2,40
5	H	0	0	140	Vpořádku	150	1 200	0,015	2,7	1,12	2,7	12,65	13,77
6	H	0	0	100	Vpořádku	80	500	0,008	2,8	0,77	1,9	9,48	10,25
7	H	0	0	140	Vpořádku	230	1 100	0,015	4,2	2,29	0,0	0,43	2,73
8	H	225	100	0	Vpořádku	230	700	0,023	2,8	0,73	0,1	0,25	0,98
9	H	225	100	0	Vpořádku	320	1 500	0,023	4,0	2,89	0,1	0,79	3,68
10	H	400	400	0	Vpořádku	3128	2 050	0,160	5,4	1,94	1,2	21,92	23,86
11	H	1000	400	0	Vpořádku	6255	1 900	0,400	4,3	0,76	2,5	30,07	30,83
12	H	315	225	0	Vpořádku	890	2 800	0,071	3,5	1,94	2,4	18,40	20,34
13	H	315	225	0	Vpořádku	980	1 700	0,071	3,8	1,41	0,1	0,46	1,88
14	H	1000	400	0	Vpořádku	7555	5 000	0,400	5,2	2,85	2,4	41,62	44,47

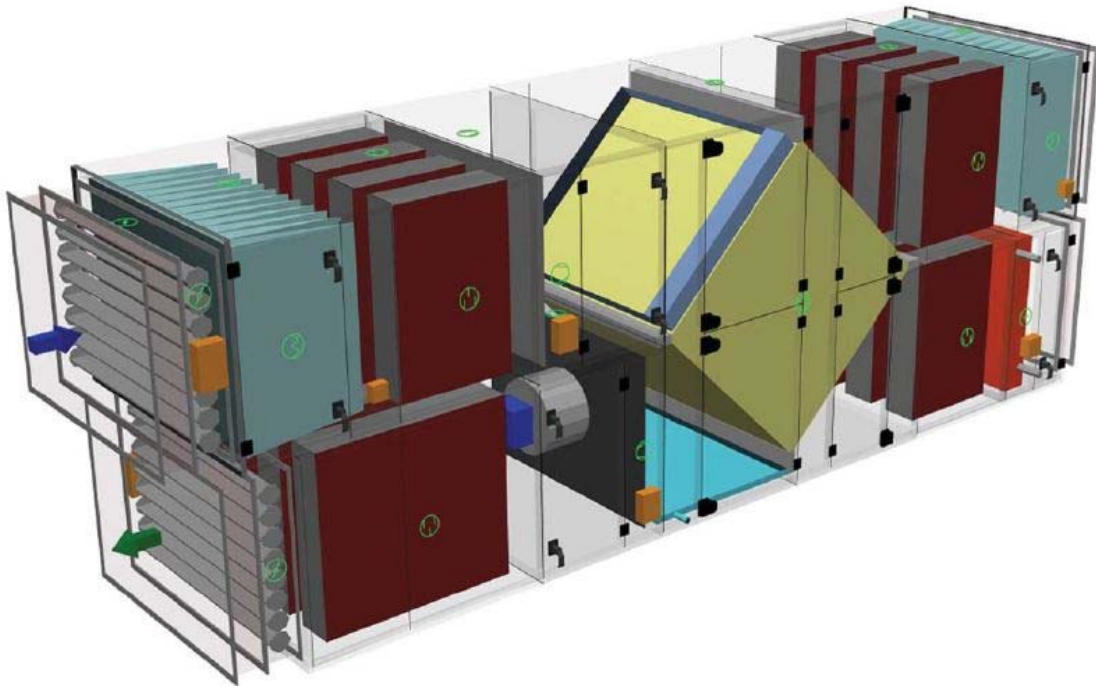
Tab. 53 Dimenze a tlakové ztráty

Tlakové ztráty konkrétních prvků		
Číslo úseku	Název prvku	Tlaková ztráta prvku
		Parm [Pa]
1	TVOM DN80	40
2	TVOM DN100	27
4	TVOM DN80	40
6	TVOM DN100	35
8	VNM 200x100	8
13	VNM 200x100	8

Tab. 54 Tlakové ztráty distribučních prvků

Návrh vzduchotechnické jednotky

Pro gastro provoz a s ní související prostory je navržena nástřešní větrací jednotka s deskovým rekuperátorem, přívodním a odvodním ventilátorem s EC motorem, teplovodním ohřivačem, filtry, uzavíracími klapkami se servopohonem a tlumícími vložkami. Součástí jednotky jsou tlumící skříně, které respektují nařízení vlády č. 272/2011 Sb. LAeq = 60 dB. VZT jednotka je regulována řídicím systémem VCS (Climatix) od společnosti REMAK. Chlazení bude řešeno v samostatném projektu.



Obr. 58 Axonometrický pohled na VZT jednotku

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

[VZT.9] Návrh vzduchotechnického systému zimního stadionu
01 / VZT.9
Standardní prostředí



STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 17		
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ano		
Umístění řídicí jednotky (prostředí)	Vnitřní		
Hmotnost (+/-10%)	1 927 kg		
Umístění VZT jednotky	Vnější		
Materiálové provedení			
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)		
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech		
	Přívod	Odvod	
Průtok vzduchu	7177 m ³ /h	7555 m ³ /h	
Externí tlaková rezerva	170 Pa	170 Pa	
Rychlost v průřezu	1.72 m/s	1.81 m/s	
Výkon motoru nominální	2.40 kW	3.30 kW	
Typ motoru ventilátoru	EC motor	EC motor	
1. stupeň filtrace	M5 / ISO ePM 10 >60%	M5 / ISO ePM 10 >60%	
2. stupeň filtrace	-	-	
SFP _{vi}	863 W.m ³ .s	978 W.m ³ .s	
		Parametry pláště dle EN1886	
Nominální příkon ŘJ VCS	5.70 kW*	Mechanická stabilita	D2(M)
Napájecí napětí ŘJ VCS	3×400V+N+PE 50Hz	Netěsnost skříně	L1(R)
Nominální proud ŘJ VCS I _{max}	11 A*	Termická izolace	T4(M)
		Faktor tepelných mostů	TB3(M)
SFP _{vahu}	1798 W.m ³ .s	Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

Model box AMXP3



* Nominální příkon a proud je uveden bez zahrnutí vyvíječe páry, případně bez externí kondenzační jednotky/tepelného čerpadla apod. Pokud dále ve specifikaci ŘJ není uvedeno jinak, tato zařízení musí být jistěna a napájena mimo ŘJ VCS. Řídicí signály pro jejich ovládání (v případě, že tyto zařízení jsou příslušenstvím VZT jednotky) mohou být řešeny z ŘJ VCS, viz dále konfigurace řídicího systému, kde je typ řídicích signálů specifikován.

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 → 15.7 °C	84 %, 64.1 kW	
Ohřev	15.7 → 20.0 °C	10.1 kW	70/50 °C, Voda, 0.3 kPa, 0.44 m ³ /h, 1 1/2 "

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

Obr.59 Základní parametry VZT zařízení

Závěr

Cílem této diplomové práce byl návrh vzduchotechnického systému zimního stadionu a přidružených provozů. Vzduchotechnika zajišťuje dostatečné množství čerstvého větracího vzduchu ve všech prostorech tohoto objektu. Hlavní částí práce byl návrh odvlhčovací jednotky pro hlavní halu s ledovými plochami, jejímž úkolem je nejen odvod vlhkosti a tepelné zátěže/ztráty, ale i zajištění čerstvého vzduchu pro max. počet diváků. Tento návrh by měl v celé míře eliminovat specifické jevy, jež se na zimních stadionech vyskytují a způsobují nežádoucí efekty (mlha, kondenzace).

Tato textová část popisuje jednotlivé kroky návrhu VZT systému. Podrobné výpočty a všechny použité podklady jsou uvedeny v přílohách, vč. výkresů tlakových ztrát, technické zprávy a výpisu prvků. Pro výpočet tlakových ztrát byl použit excel od Jiřího Pláničky.

SEZNAM OBRÁZKŮ

- [01] *obr. 01 Zimní stadion na Štvanici [3]*
- [2] *obr. 02 Zimní stadion Ondreje Nepely [5]*
- [3] *obr. 03 Zimní stadion v Českých Budějovicích [6]*
- [4] *obr. 04 Lidvinin pád na ledě [9]*
- [5] *obr. 05 První nizozemští bruslaři s hokejkami [10]*
- [6] *obr. 06 Lovci ve sněhu (Pieter Bruegel) [14]*
- [7] *obr. 07 Počátky hraní Curlingu [14]*
- [8] *obr. 08 Přestavba zimního stadionu Ondreje Nepely v roce 2009 [22]*
- [9] *obr. 09 Zaplavená ledová plocha v roce 2002 [24]*
- [10] *obr. 10 Štítek označující výšku povodňové vody [25]*
- [11] *obr. 11 Kompresorový parní cyklus [31]*
- [12] *obr. 12 O2 Arena exteriér [34]*
- [13] *obr. 13 O2 Arena interiér [35]*
- [14] *obr. 14 Curlingová dráha [14]*
- [15] *obr. 15 Zimní stadion Chomutov zavěšená střešní konstrukce na předpjatém táhle*
- [16] *obr. 16 Spotřeba el. energie [43]*
- [17] *obr. 17 Spotřeba tepla [43]*
- [18] *obr. 18 Adsorpční odvlhčování [51]*
- [19] *obr. 19 Kondenzační odvlhčování [52]*
- [20] *obr. 20 Akumulace chladu [57]*
- [21] *obr. 21 Schéma a diagram chladicího cyklu [58]*
- [22] *obr. 22 Zimního stadion v České Lípě [48]*
- [23] *obr. 23 Zimní stadion Šumperk [49]*
- [24] *obr. 24 Vrstvy podloží ledové plochy – typická skladba [55]*
- [25] *obr. 25 Chladivové rozvody při kratší straně ledové plochy [43]*
- [26] *obr. 26 Chladivové rozvody při delší straně ledové plochy [43]*

- [27] *obr. 27 Stroj na úpravu ledové plochy [56]*
- [28] *obr. 28 Schéma vnitřního prostředí zimního stadionu*
- [29] *obr. 29 Adsorpční odvlhčování [59]*
- [30] *obr. 30 Schéma proudění vzduchu z distribučních prvků*
- [31] *obr. 31 Schéma komponentů VZT.1*
- [32] *obr. 32 Process fan [61]*
- [33] *obr. 33 Pracovní bod ventilátoru [61]*
- [34] *obr. 34 Reactivation fan [61]*
- [35] *obr. 35 Pracovní bod ventilátoru [61]*
- [36] *obr. 36 Požadavek na vnitřní prostor*
- [37] *obr. 37 Tlumič hluku na přívodu (procesním) vzduchu*
- [38] *obr. 38 Tlumič hluku na oběhovém (procesním) vzduchu*
- [39] *obr. 39 Znárodnění rychlosti proudu vzduchu [62]*
- [40] *obr. 40 Rozměrový nákras jednotky*
- [41] *obr. 41 Požadavek na vnitřní prostor*
- [42] *obr. 42 Tlumič hluku na výtlaku e2*
- [43] *obr. 43 Tlumič hluku na výtlaku i2*
- [44] *obr. 44 Rozměrový nákras jednotky*
- [45] *obr. 45 Požadavek na vnitřní prostor*
- [46] *obr. 46 Tlumič hluku na výtlaku e2*
- [47] *obr. 47 Tlumič hluku na výtlaku i2*
- [48] *obr. 48 Rozměrový nákras VZT jednotky*
- [49] *obr. 49 Tlumič hluku na výtlaku e2*
- [50] *obr. 50 Tlumič hluku na sání i1*
- [51] *obr. 51 Rozměrový nákras VZT jednotky*
- [52] *obr. 52 Požadavek na vnitřní prostředí*
- [53] *obr. 53 Tlumič hluku na výtlaku e2*

- [54] *obr. 54 Axonometrický pohled na VZT jednotku*
- [55] *obr.55 Základní parametry VZT zařízení*
- [56] *obr.56 Digestoř VARIANT –S*
- [57] *obr. 57 Digestoř KUBUS pro odsávání konvektomatů*
- [58] *obr. 58 Axonometrický pohled na VZT jednotku*
- [59] *obr.59 Základní parametry VZT zařízení*

SEZNAM TABULEK

- [1] *Tab. 1 Doporučené teploty ledu [54]*
- [2] *Tab. 2 Množství přiváděného čerstvého vzduchu na osobu*
- [3] *Tab. 3 Výpočet excel*
- [4] *Tab. 4 Hodnoty pro výpočet tepelné ztráty prostupem*
- [5] *Tab. 5 Výpočet excel [52]*
- [6] *Tab. 6 Doporučené parametry vnitřního prostředí zimních stadionů [54]*
- [7] *Tab. 7 Výpočet excel [52]*
- [8] *Tab. 8 Tepelné zisky od osob [52]*
- [9] *Tab. 9 Výpočet excel [52]*
- [10] *Tab. 10 Vlhkostní zisky od osob [52]*
- [11] *Tab. 11 Navržené množství vzduchu*
- [12] *Tab. 12 Dimenze a tlakové ztráty*
- [13] *Tab. 13 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [14] *Tab. 14 Dimenze a tlakové ztráty*
- [15] *Tab. 15 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [16] *Tab. 16 Parametry vzduchu procházející jednotkou*
- [17] *Tab. 17 Parametry vzduchu procházející jednotkou*
- [18] *Tab. 18 Výpočty excel*
- [19] *Tab. 19 Výpočty excel*

- [20] *Tab. 20 Vypočtené hodnoty množství vzduchu*
- [21] *Tab. 21 Dimenze a tlakové ztráty*
- [22] *Tab. 22 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [23] *Tab. 23 Dimenze a tlakové ztráty*
- [24] *Tab. 24 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [25] *Tab. 25 Výpočty excel*
- [26] *Tab. 26 Výpočty excel*
- [27] *Tab. 27 Vypočtené hodnoty množství vzduchu*
- [28] *Tab. 28 Dimenze a tlakové ztráty*
- [29] *Tab. 29 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [30] *Tab. 30 Dimenze a tlakové ztráty*
- [31] *Tab. 31 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [32] *Tab. 32 Výpočty excel*
- [33] *Tab. 33 Výpočty excel*
- [34] *Tab. 34 Vypočtené hodnoty množství vzduchu*
- [35] *Tab. 35 Dimenze a tlakové ztráty*
- [36] *Tab. 36 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [37] *Tab. 37 Dimenze a tlakové ztráty*
- [38] *Tab. 38 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [39] *Tab. 39 Výpočty excel*
- [40] *Tab. 40 Výpočty excel*
- [41] *Tab. 41 Vypočtené hodnoty množství vzduchu*
- [42] *Tab. 42 Dimenze a tlakové ztráty*
- [43] *Tab. 43 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [44] *Tab. 44 Dimenze a tlakové ztráty*
- [45] *Tab. 45 Výpočty excel*
- [46] *Tab. 46 Vypočtené hodnoty množství vzduchu*

- [47] *Tab. 47 Dimenze a tlakové ztráty*
- [48] *Tab. 48 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [49] *Tab. 49 Dimenze a tlakové ztráty*
- [50] *Tab. 50 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [51] *Tab. 51 Tepelné, vlhkostní a výkonové parametry kuchyňských spotřebičů*
- [52] *Tab. 52 Dimenze a tlakové ztráty*
- [53] *Tab. 53 Tlakové ztráty distribučních prvků*
- [54] *Tab. 54 Dimenze a tlakové ztráty*
- [55] *Tab. 55 Tlakové ztráty distribučních prvků*

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Historický vývoj zimních stadionů ve světě. *Sdružení zimních stadiónů* [online]. Praha: sdružení zimních stadionů v České republice, 2013 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.szs.cz/obsah/historicky-vyvoj-zimnich-stadionu-ve-svete>
- [2] *Zimní stadión Štvanice* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zimn%C3%AD_stadi%C3%B3n_%C5%A0tvanice
- [3] Zimní stadion na Štvanici sloužil sportu téměř osmdesát let. *Česká televize* [online]. Praha - Kavčí hory - Česká televize: Čt24, 2012 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/regiony/1136410-zimni-stadion-na-stvanici-slouzil-sportu-temer-osmdesat-let>
- [4] Zimní stadion Ondreje Nepely. *Wikipedie* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zimn%C3%AD_stadion_Ondreje_Nepely
- [5] Hokejový stadion v Budějovicích slaví 70 let. Je nejstarší v Česku. *IDnes.cz* [online]. České Budějovice: Lundák, 2012 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ceske-budejovice/zpravy/hokejovy-stadion-budejovice.A161104_164013_budejovice-zpravy_khr
- [6] Hokejový stadion v Budějovicích slaví 70 let. Je nejstarší v Česku. *IDnes.cz* [online]. České Budějovice: Lundák, 2012 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ceske-budejovice/zpravy/hokejovy-stadion-budejovice.A161104_164013_budejovice-zpravy_khr

- [7] 150 let profesionálních hasičů v Českých Budějovicích. *HZS - Jihočeského kraje* [online]. České Budějovice: HZS České Republiky, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/150-let-profesionalnich-hasicu-v-ceskych-budejovicich.aspx?q=Y2hudW09NA%3D%3D>
- [8] Krasobruslení. *Wikipedie* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Krasobruslen%C3%AD#Historie>
- [9] H. Lidwina. *Het katholieke geloof* [online]. Het katholieke geloof, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.hetkatholiekegeloof.nl/sub/h-lidwina/>
- [10] Dlouhá cesta k bodyčeku. *Kiosek.epublishing* [online]. Janů, 2017 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://kiosek.epublishing.cz/1001/5-2014/dlouha-cesta-k-bodyceku/>
- [11] Historie. *Hokejisti.estranky* [online]. estranky.cz, 2019 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://hokejisti.estranky.cz/clanky/historie.html>
- [12] PROJEKT ORGANIZACE LETNÍHO HOKEJOVÉHO KEMPU PRO DĚTI A MLÁDEŽ V LIBERCI: Historie ledního hokeje ve světě. *Dspace.tul.cz* [online]. Trutnov: Filippiová, 2012 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/14365/BAKAL%C3%81%C5%98KA+final.pdf?sequence=1>
- [13] Lední hokej. *Wikipedie* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ledn%C3%AD_hokej
- [14] Historie curlingu. *Curling club RIPER* [online]. Opočno: Hubálková, 2019 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.curlinghk.cz/curling.html>
- [15] Curling. *Wikipedie* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Curling>
- [16] Historie. *Curling* [online]. estranky.cz, 2010 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://gjwcurling.estranky.cz/clanky/historie/historie.html>
- [17] Historie ostrova Štvanice. *Fa.cvut.cz* [online]. Praha: Blaha, 2011 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.fa.cvut.cz/galerie/diplomove-prace/2011-1-blaha-regenerace-ostrova-stvanice-4fcc98d15016531d9001765d/04-historie-stvanice-text.pdf>
- [18] Zimní stadion Štvanice s budovou restaurace. *Památkový katalog* [online]. Praha: Národní památkový ústav, 2015 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://pamatkovykatalog.cz/zimni-stadion-stvanice-s-budovou-restaurace-13840521>
- [19] Hokejový poklad na Štvanici. *Zimní stadiony: databáze zimních stadionů* [online]. Pavlata, 2003 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.zimnistadiony.cz/view.php?cislocianku=2003051301>

- [20] Aréna Bratislava. *Slovakia2011* [online]. Bratislava: webnode, 2011 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://slovakia2011.webnode.cz/stadiony-pro-ms/>
- [21] Zimný štadión Ondreja Nepelu. *Nepela-arena* [online]. Bratislava: Starz, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.nepela-arena.eu/>
- [22] Rekonstrukce ZS v Bratislavě probíhá podle plánu, na MS má být připraven. *Sport.cz* [online]. Praha/Bratislava: Novák, 2009 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.sport.cz/hokej/ostatni/clanek/152558-rekonstrukce-zs-v-bratislave-probiha-podle-planu-na-ms-ma-byt-pripraven.html>
- [23] Zimný štadión dostane nové meno. Len na šampionát. *Bratislava.sme.cz* [online]. Bratislava: Kráková, 2011 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://bratislava.sme.sk/c/5707302/zimny-stadion-dostane-nove-meno-len-na-sampionat.html>
- [24] POVODNĚ 2002: Rekonstruovaná Budvar aréna se neotevřela. Sportovní areály utrpěly milionové škody. *Budějcká drbna* [online]. České Budějovice: Heřman, 2017 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://budejcka.drba.cz/povodne-2002/16393-povodne-2002-rekonstruovana-budvar-arena-se-neotevrela-sportovni-arealy-utrpely-milionove-skody.html>
- [25] Před 70 lety byl otevřen zimní stadion v Českých Budějovicích. *HCMotor* [online]. České Budějovice: Kučera, 2016 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.hcmotor.cz/clanek.asp?id=8097>
- [26] Navrhování střech nevytápěných a neklimatizovaných zimních stadionů. *Atelier-dek.cz* [online]. Praha: Žák, 2005 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/navrhovani-strech-nevytapy-nych-neklimatizovanych-zimnich-stadionu-223>
- [27] Mikroklima zimních stadionů. *Tzbinfo* [online]. Praha: Pecháč, Nový, 2011 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/7341-mikroklima-zimnich-stadionu>
- [28] Využití odpadního tepla při chlazení zimních stadionů. *Tzbinfo* [online]. Praha: Kunc, 2006 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/3325-vyuziti-odpadniho-tepla-pri-chlazení-zimnich-stadionu>
- [29] Ledové plochy – používané metody provedení. *Kluziste.cz* [online]. Brno: Winsol, 2019 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.kluziste.cz/zimni-stadiony/>
- [30] Amoniak (Čpavek). *Arnika.org* [online]. Praha: Petrlík, Kleger, Válek, 2014 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://arnika.org/amoniak-cpavek>
- [31] Komponenty chlazení. *Schiessl.cz* [online]. Praha: Schiessl, 2015 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.schiessl.cz/stranka-chlazení-72>
- [32] 10 nejunikátnějších víceúčelových hal světa. *21.stoleti* [online]. Praha: 21. století, 2010 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://21stoleti.cz/2010/01/21/10-nejunikatnejsich-viceucelovych-hal-sveta/>

- [33] O2 arena. *Wikipedie* [online]. Praha: Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/O2_arena
- [34] O2 ARENA NA SUPERFINÁLE POPRVÉ STÁHNE STŘECHU! *Český florbal* [online]. Praha: Skála, 2016 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.ceskyflorbal.cz/clanek/o2-arena-na-superfinale-poprve-stahne-strechu>
- [35] Hokejová Sparta bude místo rivala Slavie hrát v O2 areně. *Pražský deník* [online]. Praha: ČTK, 2015 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://prazsky.denik.cz/hokej_region/hokejova-sparta-bude-misto-rivala-slavie-hrat-v-o2-arene-20150624.html
- [36] Hokejové hřiště. *Nhlportal.cz* [online]. Praha: Eriksson studio, 2012 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.nhlportal.cz/?page=pojemedetail&id=23>
- [37] Základní bruslařský výcvik pro děti ve věku od 5 do 8 let. *Is.muni.cz* [online]. Brno: Starcová, 2009 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/oaagv/Bakalarska_prace_-_Monika_Starcova.txt
- [38] Rychlobruslení na dlouhé dráze. *ČESKÝ SVAZ RYCHLOBRUSLENÍ* [online]. Praha: ČESKÝ SVAZ RYCHLOBRUSLENÍ, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://speedskating.cz/>
- [39] O CURLINGU. *1.Curlingový klub Brno* [online]. Brn: 1.Curlingový klub Brno, 2013 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.gml.cz/curling/curling/index.php>
- [40] Materiály a konstrukční systémy pro umělé kluziště / manuál IIHF. *Sdružení Zimních Stadionů České republiky* [online]. Praha: Sdružení Zimních Stadionů České republiky, 2013 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.szs.cz/obsah/34-materialy-konstrukcni-systemy-pro-umele-kluziste-manual-iihf>
- [41] Halové objekty. *Fce.vutb.cz* [online]. Brno: Šuhajda, 2010 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/PST/suhajda.k/12_Halove_objekty.pdf
- [42] Chomutovská Rocknet aréna bude bojovat o titul Stavba čtvrtstoletí. *Chomutovský deník* [online]. Chomutov: Šebestová, 2019 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://chomutovsky.denik.cz/zpravy_region/chomutovska-rocknet-arena-bude-bojovat-o-titul-stavba-ctvrtstoleti-20191123.html
- [43] Manuál IIHF. *Sdružení Zimních Stadionů České republiky* [online]. Praha: Sdružení Zimních Stadionů České republiky, 2013 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: http://www.szs.cz/manual_iihf
- [44] Teorie vnitřního prostředí budov. *Tzb.fcv.cvut* [online]. Praha: Kabele, 2014 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tvnp/prednasky/125tvnp-01.pdf>
- [45] Tepelně-vlhkostní mikroklima. *Státní zdravotní ústav* [online]. Praha: Mathauserová, 2007 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/tepelne-vlhkostni-mikroklima>

- [46] ČSN EN 12831-1 – *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Praha ÚNMZ, 2018.
- [47] Jak osvětlit sportoviště. Podrobný návod, jak postupovat krok po kroku. *Philips* [online]. Praha: Philips, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.lighting.philips.cz/vzdelavani/blog-budoucnost-svetla/vzdelavani-a-trendy/jak-osvitit-sportoviste>
- [47a] NAVRÁTIL, Arnošt, Václav MUDRA a Jaroslav MALÝ. *Sportovní stavby: [vysokoškolská učebnice]*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. ISBN 978-80-01-04525-1.
- [48] Prostorová akustika. [Http://tempwebmiumusersrecovery.blob.core.windows.net/](http://tempwebmiumusersrecovery.blob.core.windows.net/) [online]. Praha: Žikovský, 2018 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://tempwebmiumusersrecovery.blob.core.windows.net/users/73958/assets/57432594d98173934b51b6c96506cc65/prostorovaakustika.pdf>
- [49] OSVĚTLENÍ ZIMNÍHO STADIONU ŠUMPERK. *Emilighting* [online]. Brno: Emilighting, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.emilighting.cz/projekty/vsechny-projekty/zimni-stadion-sumperk>
- [50] Odvlhčování vzduchu pro zimní stadiony. *Ovhlcovani.cz* [online]. Kardašova Řečice: SEN - vysoušecí technika, 2019 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.odvlhcovani.cz/odvlhcovace-vzduchu-pro-zimni-stadiony.p53.html>
- [51] Externí hydrostat pro profesionální a adsorpční odvlhčovač vzduchu Master DHP 65. *Dobrá klíma* [online]. Brno: Dobrá Klíma, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.dobraklima.cz/externi-hydrostat-pro-profesionalni-a-adsorpcni-odvlhcovac-vzduchu-master-dhp-65>
- [52] SZÉKYOVÁ, Marta, Karol FERSTL a Richard NOVÝ. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-807-6037-3.
- [53] Chlazení pro klimatizaci. *Tzb.fsv.cvut* [online]. Praha: Adamovský, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125vkb/prednasky/125vkb-05.pdf>
- [54] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Vybrané statě z větrání a klimatizace*. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06458-0.
- [55] *ASHRAE HANDBOOK*. Atlanta: Ashare copyright, 2015. ISBN 978-1-936504-94-7.
- [56] Ice resurfacers. *Zamboni* [online]. Colorado: Frank J. Zamboni, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://zamboni.com/wp-content/uploads/2011/08/Retseck_How-it-works-copy1.png
- [57] Akumulace energie. *Tzb.fsv.cvut.cz* [online]. Praha: Kabrhel, 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: [tzb.fsv.cvut.cz › files › new_akumulace_kabrhel_www](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/new_akumulace_kabrhel_www)

- [58] Komponenty chladicího okruhu. *JDK* [online]. Nymburk: JDK, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.jdk.cz/cs/produkty/komponenty-chladiciho-okruhu>
- [59] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Větrání*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06378-1.
- [60] *STP - Společnost pro techniku prostředí* [online]. Brno: Rubina, 2020 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/firmy/stp-spolecnost-pro-techniku-prostredi>
- [61] Centrifugal fan. *Swegon.com* [online]. Švédsko: Ziehl-Abegg, 2011 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/air-handling-units/silver-m/_multi/ziehl-abegg_erc-ie.pdf
- [62] Dveřní clony WING. *VTS Group* [online]. Praha: VTS Group, 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://vtsgroup.com/cz/wing>