

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ ADMINISTRATIVNÍ
BUDOVY**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

JAKUB ČEDÍK

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2016/2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Čedík Jméno: Jakub Osobní číslo: 373595

Zadávací katedra: K125 Technická zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vytápění a chlazení administrativní budovy

Název diplomové práce anglicky: Heating and cooling sytem in administrative building

Pokyny pro vypracování:

Projekt vytápění administrativní budovy.

Projektová dokumentace se základními výpočty, výkresy a technickou zprávou.

Studie na téma Chlazení administrativní budovy.

Seznam doporučené literatury:

Kabele, Karel, : Technická zařízení budov Vytápění. ČVUT. Praha 2014. ISBN 978-80-01-05203-7

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. ČNI 2005

ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav. ČNI 2014.

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

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

Datum zadání diplomové práce: 6.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Praze, 28. 12. 2016

Jakub Čedík

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou velmi poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a čas, který mi při konzultacích věnoval, za celkovou podporu při tvorbě této práce a za poskytnutí cenných rad, nápadů a podnětů, které mě vedly až k jejímu úspěšnému dokončení.

OBSAH PRÁCE

1	Úvod.....	1
1.1	Cíle a struktura práce	1
2	Studie chlazení administrativní budovy.....	1
2.1	Varianty řešení vytápění a chlazení administrativních budov	2
2.1.1	Zdroje tepla	2
2.1.1.1	Tepelné čerpadlo	2
2.1.1.2	Tepelné čerpadlo vzduch/voda	2
2.1.1.3	Tepelné čerpadlo země/voda	3
2.1.1.4	Solární kolektory	4
2.1.1.5	Plynové kotle	5
2.1.1.6	Absorpční chladicí zařízení	5
2.1.2	Otopná a chladicí soustava	6
2.1.2.1	Klimatizace.....	6
2.1.2.2	System klimatizace pomocí indukčních jednotek	6
2.1.2.3	Sálavé vytápění.....	7
2.1.2.4	Teplovodní podlahové vytápění	8
2.1.2.4.1	Tepelně technické vlastnosti	8
2.1.2.4.2	Způsoby provedení.....	9
2.1.2.4.3	Regulace tepelného výkonu	10
2.1.2.5	Stropní vytápění a chlazení	11
2.1.2.5.1	Způsoby provedení.....	14
2.1.2.5.2	Regulace stropního chlazení	15
2.1.2.6	Stěnové vytápění a chlazení	16
2.1.2.6.1	Způsoby provedení.....	16
2.1.2.6.2	Výhody stěnového a stropního vytápění/chlazení.....	17
2.1.2.7	Aktivace betonu - CONCRETCOOL.....	18
2.1.2.8	Přirozené větrání a noční chlazení.....	19
2.2	Schéma systému chlazení	20
2.2.1	Popis řešené budovy	20
2.2.2	Zdroj chladu.....	21
2.2.3	Chladicí soustava	21
2.3	Výpočet tepelných zisků	22
2.3.1	Výpočet vnitřních zisků z osvětlení.....	23
2.4	Návrh výkonu chladicího zařízení	31
2.4.1	Výpočet efektivní účinnosti sálavého stropu	31
2.4.2	Stanovení výkonu a počtu tepelných čerpadel.....	33
3	Závěr	34
4	Seznam literatury a podkladů	34
5	Přílohy.....	35
5.1	Příloha 1: Výpočet tepelných zisků	35
5.2	Příloha 2: Výkon chladicích a otopných ploch.....	35

ANOTACE

Diplomová práce je ve své první části zaměřena na zpracování studie na téma chlazení administrativní budovy. Tato část obsahuje varianty řešení vytápění a chlazení administrativních budov, schéma zvoleného systému chlazení, výpočet tepelných zisků a návrh výkonu chladicího zařízení.

Druhá část diplomové práce má za cíl vypracování projektové dokumentace vybraného systému vytápění, rozdělené na textovou a výkresovou část. V textové části bude zpracována technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, základní energetické výpočty, návrh trasy soustavy vytápění a návrh dimenzí rozvodů. Výkresová část bude obsahovat půdorysy, svislý řez, detail technické místnosti a funkční schéma.

Klíčová slova: administrativní budova, vytápění, chlazení, sálavé stropní panely, tepelné čerpadlo

ANNOTATION

In the first part, the master's thesis is focused on creating a study about cooling in administrative building. This part contains methods of heating and cooling systems in administrative buildings, scheme of the selected cooling system, calculation of energy gains and performance design of a cooling device.

The aim of the second part of the master's thesis is to make a project documentation of selected heating system, which is divided into text and drawing part. In the text part, there will be technical report, calculations of heat losses, basic energy calculations, design of heating system routes and design of pipeline dimensions. The drawing part will contain floor plans, cross section, detail of technical room and functional scheme.

Key words: administrative building, heating, cooling, radiant ceiling panels, heat pump

1 Úvod

1.1 Cíle a struktura práce

Cílem této diplomové práce je návrh systému vytápění a chlazení administrativní budovy. První část práce je zaměřena na vytvoření studie na téma chlazení administrativní budovy, kde se zaměřuji na popis různých způsobů vytápění a chlazení administrativních budov a návrh systému chlazení pro vybranou budovu. Obsahem tohoto návrhu bude schéma systému chlazení a výpočet tepelných zisků nebo výkonu chladicího zařízení.

Druhou částí diplomové práce je projektová dokumentace vytápění vybrané administrativní budovy, která se nachází v Českých Budějovicích. Dělí se na dvě hlavní části - textovou a výkresovou.

V textové části projektu vytápění se zaměřuji na popis systému vytápění a jeho návrh, včetně výpočtů jako například efektivní výkonnost sálavého stropu, potřebná násobnost výměny vzduchu, potřeba tepla pro vytápění a přípravu teplé vody, roční spotřeba tepla, stanovení výkonu a počtu tepelných čerpadel, návrh pojistného zabezpečovacího zařízení (expanzní nádoba), návrh zásobníku pro topnou vodu či návrh oběhového čerpadla.

Výkresová část projektu vytápění obsahuje výkresy půdorysů všech podlaží administrativní budovy a střechy, kde jsou umístěny venkovní jednotky tepelného čerpadla, v měřítku 1:50. Dále obsahuje svislý řez v měřítku 1:50 se zakreslením všech důležitých prvků otopné soustavy, detail technické místnosti v měřítku 1:20 a také funkční schéma.

2 Studie chlazení administrativní budovy

Při návrhu vnitřního prostředí v moderních administrativních budovách je řešení systému chlazení často jeho důležitou složkou, především kvůli velkým proskleným plochám, kterými v létě prochází velké množství slunečního záření a také množstvím technologií (počítače, monitory, tiskárny), které produkují nezanedbatelné množství energie a místnosti v budově poměrně výrazně zahřívají.

Obsahem této části diplomové práce je zpracování přehledu systémů vytápění a chlazení v administrativních budovách, které lze nalézt v části 2.1: Varianty řešení vytápění a chlazení administrativních budov. Poté, v části 2.2: Schéma systému chlazení, jeden z popsaných systémů chlazení vyberu a aplikuji jej na vybranou

administrativní budovu. Součástí této studie bude také výpočet tepelných zisků, návrh výkonu chladicího zařízení a také půdorysné výkresy se schématem řešeného systému chlazení, které jsou k nalezení ve výkresové části.

2.1 Varianty řešení vytápění a chlazení administrativních budov

V administrativních budovách existuje několik způsobů řešení celoročního komfortního mikroklimatu – vytápění, chlazení a klimatizace. Nejprve je při výběru systému zapotřebí vzít v úvahu několik hledisek. Například, zda se jedná o systém pro novostavbu či rekonstruovanou budovu, zda má budova být certifikovaná nízkoenergetickou stavbou nebo jak vysoký komfort vnitřního prostředí má splňovat.

2.1.1 Zdroje tepla

2.1.1.1 Tepelné čerpadlo

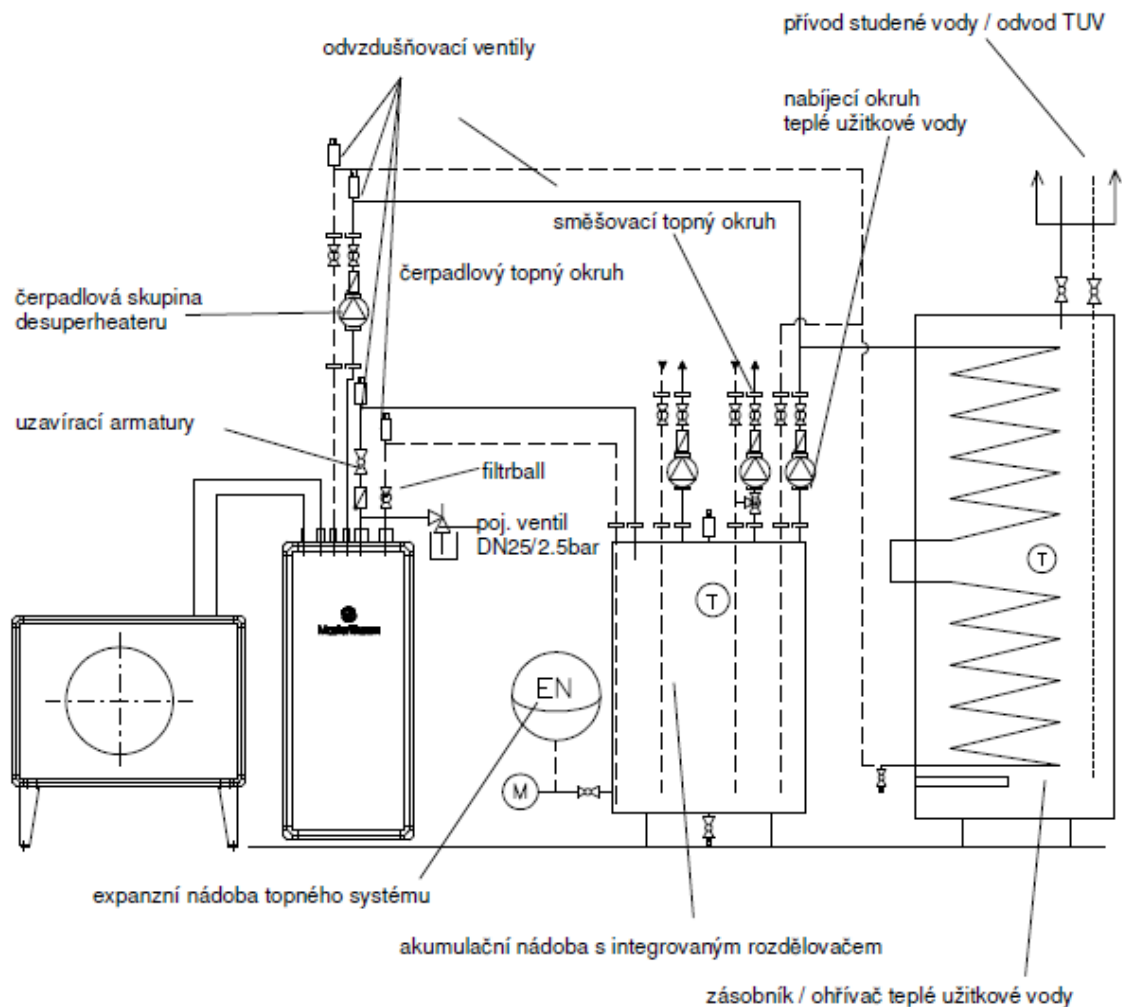
Tepelné čerpadlo pracuje jako soustava výměníků s chladicím okruhem. Jeho hnacím prvkem je kompresor poháněný elektromotorem. Zařízení odvádí ve výparníku teplo z nějaké části okolního prostředí - ze vzduchu, země nebo z vody - a za pomoci elektrické energie ho předává v kondenzátoru například do topné vody. Teplo, které je převáděno z výparníku do kondenzátoru se přitom zvětšuje o teplo, na které se v kompresoru mění hnací elektrická energie. Tepelné čerpadlo produkuje tepelnou energii, která je dána součtem obou vložených energií, a proto je pokaždé větší než hnací energie.

Druh tepelného čerpadla se rozlišuje podle způsobu předávání tepla. Nejčastějším typem je tepelné čerpadlo země/voda nebo vzduch/voda, lze se ale setkat také s tepelným čerpadlem vzduch/vzduch či voda/voda.

2.1.1.2 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

U typu čerpadla vzduch/voda je teplo odebíráno ze vzduchu přes výparník, kterým proudí venkovní vzduch. Jeho výhodou jsou nízké pořizovací náklady a nenáročná instalace oproti tepelnému čerpadlu země/vzduch. I když tepelné čerpadlo k běhu kompresoru potřebuje elektřinu, její spotřeba je oproti jiným zdrojům i méně než poloviční a tím se snižují provozní náklady. Oproti kotli na zemní plyn a tuhá paliva nevypouští tepelné čerpadlo škodliviny do ovzduší a jeho použití je šetrné k životnímu prostředí. Pro tato tepelná čerpadla jsou v České republice ideální klimatické podmínky.

Vzhledem k průměrné teplotě vzduchu během topné sezóny min. +3 °C a schopnosti úsporně vytápět i při venkovní teplotě až -25 °C je jejich průměrný výkon stejný jako u systému země-voda, které jsou technicky náročnější a podstatně dražší.



Obrázek 1: Schéma napojení tepelného čerpadla vzduch/voda se splitovou konstrukcí na otopnou soustavu (MasterTherm – montážní předpis)

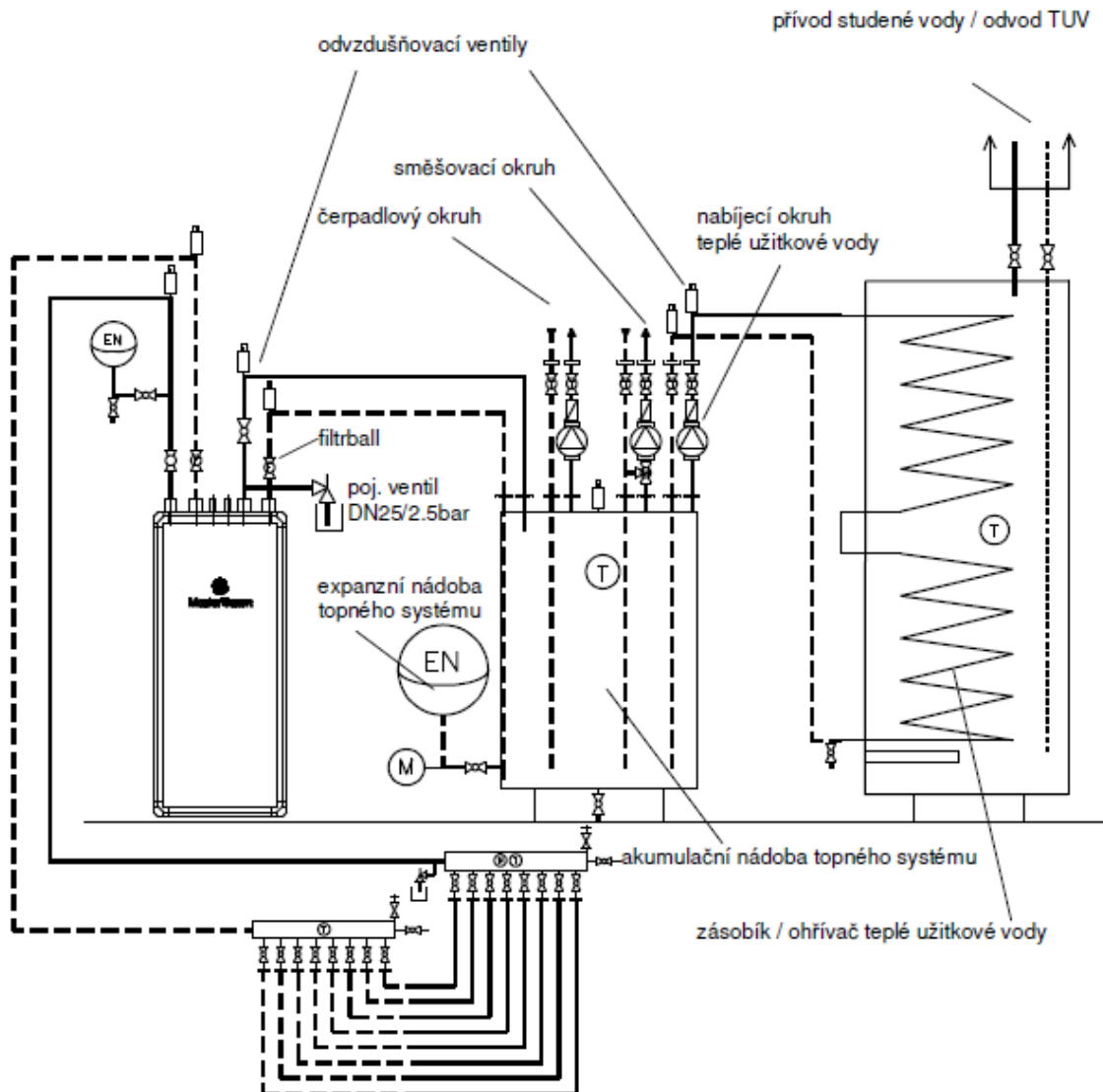
2.1.1.3 Tepelné čerpadlo země/voda

U tohoto typu tepelného čerpadla je principem teplo předávané obíhající nemrznoucí kapalinou o nízké teplotě varu ze země do vody. Takto lze nízkopotenciální energii získávat ze země pomocí horizontálního plošného kolektoru nebo z vertikálního vrtu.

Cyklus probíhá následovně: V zemním kolektoru, několik set metrů dlouhé plastové trubce, protéká nemrznoucí kapalina o velmi nízké teplotě. Díky tomu, že v nezamrzné hloubce je teplota zhruba 4 °C, tak se kapalina v zemi ohřívá. Následně

vtéká do výměníku, kde předává teplotu plynnému médiu v okruhu kompresoru. Dojde k růstu tlaku, plyn se zahřeje a ve druhém výměníku předá teplo topné vodě.

Hloubka běžného vrtu je obvykle 100 - 150 metrů, přičemž na 12 metrů vrtu připadá zhruba 1 kW výkonu tepelného čerpadla. V případě potřeby většího množství energie je teplo odnímáno z většího množství vrtů. U vrtů je potřeba počítat s jejich regenerací, protože v případě, že by došlo k jejich vyčerpání a zamrznutí by nebylo možné je znovu používat.



Obrázek 2: Schéma napojení tepelného čerpadla země/voda na otopnou soustavu (MasterTherm – montážní předpis)

2.1.1.4 Solární kolektory

Tepelné čerpadlo a systém pro solární ohřev vody spolu mohou velmi dobře spolupracovat. V zásadě existují dvě základní možnosti řešení solárních kolektorů, se

sériovým a paralelním spojením. V případě paralelního spojení pracují oba systémy nezávisle na sobě a při sériovém spojení je solární kolektor používán jako zdroj tepla pro tepelné čerpadlo.

V každém solárním termickém systému je potřeba akumulace tepla kvůli nepravidelnosti slunečního svitu. V podstatě platí, že čím delší je doba, na jakou dokážeme teplo akumulovat, tím vyšší je stupeň využití solárních kolektorů. Někaká akumulace tepla je výhodná i pro tepelné čerpadlo, protože umožní výrazné snížení četnosti zapínání a vypínání kompresoru.

2.1.1.5 Plynové kotle

Pokud je možné budovu napojit na plynovodní potrubí, lze jako zdroj tepla použít kotel na zemní plyn. V případě moderních administrativních budov se jedná především o kondenzační plynové kotle, které se vyznačují vysokou účinností, nízkou emisivitou a využitím tepla z kondenzace vodních par. Při spalování vodíku v zemním plynu dochází k ochlazení spalin pod hodnotu rosného bodu, přičemž vzniká kondenzát a uvolňuje se kondenzační teplo. Takto vzniklým teplem lze ohřát vodu v otopné soustavě.

U plynových kotlů je výhodou možnost efektivního využití regulace podle teploty vody v soustavě a ekvitermní regulace, což se oproti regulaci podle vnitřních teplot projeví zvýšením účinnosti až o 20% a tím dojde ke snížení energetické a finanční náročnosti zdroje.

Protože je u kondenzačních kotlů poměrně nízká teplota odcházejících spalin (cca 45°C), která nestačí pro vytvoření dostatečného přirozeného tahu komína, je obvykle nutné do kotle instalovat ventilátor. Kotle jsou také vybaveny přetlakovým nebo atmosférickým hořákem s předsměšovací směsí. Je možné je využít v otopných systémech při teplotním pádu až 80-60 °C, avšak nejvýhodnější je jejich použití při nízkoteplotním spádu 40-30°C.

2.1.1.6 Absorpční chladicí zařízení

Zařízení založené na absorpci využívá tepelné energie k výrobě chladicího efektu tak, že chladivo absorbuje teplo při nižší teplotě a tlaku během odpařování a uvolňuje teplo při vyšší teplotě a tlaku během kondenzace.

Nejdříve dochází k zahřátí generátoru, ve kterém je obsažen roztok s chladivem. Při zahřívání se chladivo odpařuje a zbytek roztoku je odváděn do absorbéru. Páry chladiva

přejdou do kondenzátoru, kde jsou chladicí vodou ochlazeny, například chladným vzduchem nebo vodou. Zkapalněné palivo je rozstříkováno ve výparníku, kde odebere chlazené vodě teplo a odpaří se. Takto ochlazená voda se dále využívá pro chlazení interiéru. Pára proudí do absorbéru, kde odevzdá teplo a zkapalní. Teplo je odváděno a kapalné chladivo zředí přiváděný roztok, který je poté přečerpán zpět do generátoru a cyklus se opakuje.

Hlavní přednosti těchto systémů:

- Ve srovnání s klasickými kompresorovými chladiči využívají zařízení na principu absorpce pouze 5% elektrické energie, která slouží pouze k pohánění oběhových čerpadel.
- Provoz chladičů je velice tichý, spolehlivý a bezúdržbový.
- Použitím chladicí vody z absorbéru a kondenzátoru je možné systém využít pro vytápění i chlazení současně

2.1.2 Otopná a chladicí soustava

2.1.2.1 Klimatizace

Při návrhu klimatizace je nutné myslet na tepelnou pohodu vnitřního prostoru. Musí docházet k takové distribuci upraveného vzduchu, aby byl optimalizován průtok přiváděného vzduchu odpovídající hygienické dávce pro osobu. V prostorách budovy by měla být nízká hladina vyzařovaného akustického výkonu klimatizačních zařízení a rychlost proudění v obytném prostoru by neměla přesahovat 0,20 m/s ve výšce 1,8 m nad podlahou. Je dobré minimalizovat prostorové nároky ve strojovnách, šachtách a podhledech a při výběru zařízení vzít v potaz jeho životnost, bezporuchovost, náklady na obsluhu, údržbu a čištění.

2.1.2.2 Systém klimatizace pomocí indukčních jednotek

Systém klimatizace pomocí indukčních jednotek funguje na principu aktivních chladicích trámů s přívodem primárního čerstvého vzduchu. Ten je tepelně a vlhkostně upraven a je hybnou veličinou, která zajišťuje přísávání cirkulačního vzduchu z prostoru do indukčních jednotek. Ve vodním výměníku, přes který proudí chladicí kapalina, je cirkulační vzduch ochlazován. Chladicí voda musí být o teplotě vyšší, než je rosný bod cirkulačního vzduchu, díky čemuž – na rozdíl od systému s fan-coily - odpadají

problémy s řešením odvodu kondenzátu, jako je instalace čerpadel kondenzátu, těsnost potrubí odvodu kondenzátu či koordinace tohoto potrubí s jinými profesemi.

Použití těchto jednotek je možné do instalační výšky 4 m. Součtem chladu z primárního vzduchu a z cirkulačního vzduchu je dán celkový chladicí výkon. V závislosti na typu a konstrukci jednotky je dán indukční poměr o hodnotě např. 7 - to znamená, že jeden díl primárního vzduchu je smíchán s šesti díly indukovaného vzduchu.

Chladicí výkon indukčních jednotek obvykle odpovídá tepelnému zatížení v prostoru citelným teplem v rozmezí 60 - 110 W/m². Důležitou podmínkou je, aby průtok primárního čerstvého vzduchu odpovídal hygienické dávce čerstvého vzduchu na osobu, což je obvykle 36 - 38 m³/h na osobu. Výhodou je, že indukční jednotky mají funkci distribučního elementu a mohou v sobě mít integrovaný odsávací nebo přírodní díl, díky čemuž bude fungovat jako homogenní celek a nepotřebuje žádný další distribuční prvek v místnosti, např. pro odvod vzduchu.

Indukční jednotky mají bezporuchovou životnost a minimální náklady na údržbu. Pracují pouze s citelným teplem, takže oproti fan-coilům dojde k úspoře energie asi o třetinu velikosti zdroje chladu, což znamená velkou investiční a provozní úsporu. Protože zde není potřeba žádné napájení točivých elementů (ventilátorů a čerpadel) a odvod kondenzátu, výrazně se tím ušetří investice. Na druhou stranu je ale potřeba dát důraz na odvlhčení primárního vzduchu v klimatizační jednotce.

Kromě toho, že indukční jednotky zajišťují chlazení prostoru pomocí dvoutrubkového výměníku, mohou zajišťovat chlazení společně s vytápěním, a to za pomoci čtyřtrubkového výměníku. Poté lze výrazně uspořit investiční náklady za instalaci otopných těles, podlahového vytápění či konvertorů. V nových budovách prakticky odpadá tzv. negativní sálání vlivem chladné stěny klimatizovaného prostoru, a proto je možné dosáhnout požadované tepelné pohody i v období extrémně nízkých venkovních teplot.

2.1.2.3 Sálavé vytápění

U sálavého vytápění probíhá přenos tepla z otopné plochy z větší části sáláním. přičemž částečně je teplo přenášeno také prouděním. To znamená, že sálavá plocha ohřívá okolní osálané plochy a od těch se následně ohřívá okolní vzduch. V prostoru se tento přenos tepla projevuje také tím, že střední radiační teplota je vyšší než teplota vzduchu, zatímco u konvekčního způsobu vytápění je vyšší teplota vzduchu.

Tohoto způsobu sdílení tepla je využito v podlahovém, stěnovém či stropním velkoplošném vytápění, u zavěšených sálavých panelů nebo tmavých a světlých plynových zářičů. U velkoplošného vytápění je kromě vysokého podílu tepelného toku sdíleného sáláním (80% u stropního, 65% u stěnového a 55% u podlahového) typická relativně nízká teplota teplotonosné látky a tím i teplota povrchů. U stropního vytápění je to maximálně 40-45 °C, u stěnového 55-60 °C a u podlahového 25-34 °C.

Velkoplošná otopná plocha může být realizována tak, že je přímo součástí stavební konstrukce, je samostatná a ke stavební konstrukci je pouze připevněna nebo se nachází volně ve vytápěném prostoru. Nejčastějším médiem, kterým je plocha zahřívána, je teplá voda, vzduch nebo elektřina.

2.1.2.4 Teplovodní podlahové vytápění

Sálavá složka je u podlahového vytápění oproti stěnovému či stropnímu vytápění poměrně malá, jen 55%, což ale umožňuje využívat také výhod konvekčního způsobu sdílení tepla. To, že se teplo přenáší celou podlahovou plochou, napomáhá vytvářet homogenní vnitřní prostředí ve všech směrech.

2.1.2.4.1 Tepelně technické vlastnosti

Objekt, kde je navrženo velkoplošné podlahové vytápění musí splňovat několik tepelně-technických vlastností. Jeho energetická náročnost by měla být taková, aby tepelná ztráta nepřekročila 20 W/m³ a hodnota roční spotřeby tepla byla nanejvýš mezi 70 – 80 kWh/m².

Návrh musí být proveden také v závislosti na dalších faktorech, jako je tepelný odpor stavební konstrukce, tepelná jímavost podlahy, množství zkondenzované a vypařené vodní páry, průvzdušnost spár, tepelná stabilita nebo spotřeba energie v místnosti. Při návrhu se musí klást důraz na tepelnou pohodu člověka. Optimální teplota podlahy pro dlouhodobě sedící osoby by měla být 25 °C a pro stojící osoby 23 °C. Průměrná teplota u podlahového vytápění neměla být vyšší než 29 °C.

Podstatné je také, aby teploty v místnosti byly rozloženy rovnoměrně v horizontální i vertikální rovině. Ve vytápěném prostoru je svislé rozložení teplot způsobeno nerovnoměrným ochlazováním stěn místností. To znamená, že čím vyšší je povrchová teplota otopné plochy, tím vyšší je vertikální nerovnoměrnost. A právě u podlahového vytápění je tato nerovnoměrnost velice nízká. Co se týče horizontálního průběhu, ten je u podlahového vytápění téměř rovnoměrný.

2.1.2.4.2 Způsoby provedení

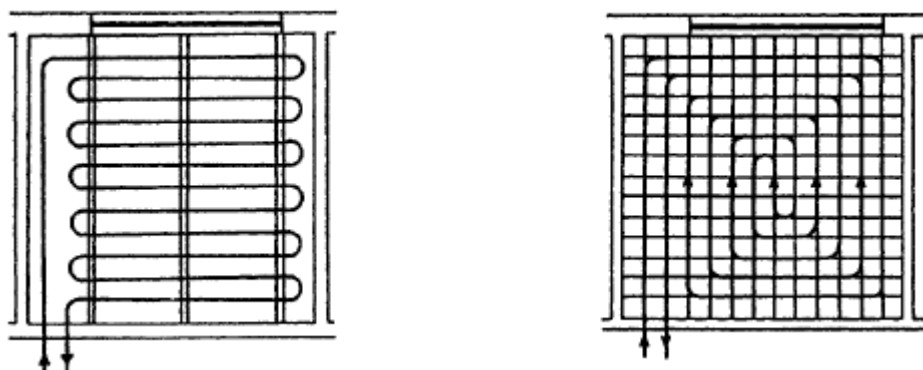
Podlahové vytápění je možné rozdělit podle několika kritérií. Podle způsobu provedení otopné plochy je montáž řešena suchým způsobem, mokrým způsobem nebo přes modulové klima desky.

Při použití suchého způsobu je potrubí uloženo do izolační vrstvy pod betonovou deskou a od ní jsou odděleny plastovou nebo kovovou separační fólií. Pod fólií je kovová lamela, která zvyšuje pevnost podlahy a napomáhá souměrnému rozvodu tepla. Obvykle je u tohoto způsobu vyšší teplota otopné vody, kdy přívodní teplota se pohybuje mezi 40 – 70 °C a celkové tepelné výkony jsou nižší (do 50 W/m²), takže je vhodný tam, kde je potřeba prostor pouze temperovat nebo kde mokrý způsob nelze použít kvůli nízké konstrukční výšce podlahy.

U mokrého způsobu je otopný had uložen nad tepelnou izolaci přímo do betonové vrstvy. Přívodní teplota otopné vody je v rozsahu 35 – 55 °C. Tento systém lze použít při potřebných výkonem nad 50 W/m².

Jako další z možností lze při návrhu vytápění použít modulové klima podlahy, což jsou duté profilované desky či pásy, které se jako souvislá plocha kladou na tepelnou izolaci podlahy a následně se vzájemně hydraulicky propojí. Výhodou tohoto systému je vyšší pružnost otopné soustavy, nízká konstrukční výška a rovnoměrné rozložení povrchové teploty. Na druhou stranu je zde vyšší potřeba čisté otopné vody, běžně o přívodních teplotách 25 – 35 °C.

V závislosti na tvaru otopného hadu je topení řešeno ve tvaru meandru nebo plošné spirály.



Obrázek 3: Porovnání meandrového kladení otopného hadu a kladení ve tvaru plošné spirály (Bašta - Velkoplošné sálavé vytápění, 2010)

Meandrový způsob kladení umožňuje rovnoměrnější rozložení teplot ve vytápěné místnosti díky tomu, že teplota vody zde klesá od obvodové konstrukce směrem k vnitřní stěně. Vzhledem k tomu, že jednotlivé oblouky jsou tvarovány pod úhlem 180° , tak je potřeba menšího průměru potrubí, většinou 16x2 mm či 17x2 mm.

V případě kladení ve tvaru plošné spirály je povrchová teplota rovnoměrná po celé ploše, což v horizontálním směru způsobuje pokles vnitřní teploty od vnitřní konstrukce k obvodové. Toto tvarování umožňuje nižší než pravoúhlé úhly, takže je možné navrhovat větší dimenze potrubí než u spirálovité pokládky, typicky 18x2 mm nebo 20x2 mm.

Pro omezení negativního vlivu ochlazovaných konstrukcí a tím vytvoření tepelné nepohody lze klást hady s tzv. okrajovou intenzivní zónou. Ta se umísťuje pod okny nebo v rozích místností a má šířku do jednoho metru.

Podle materiálu se může jednat o potrubí nerezové (z chromniklové oceli), měděné, plastové či vícevrstvé. Klasické nerezové potrubí se v praxi příliš nepoužívá, zato široké uplatnění má měkké měděné potrubí, které má mnoho výhod. Má vysokou odolnost proti korozi, malou hmotnost a tloušťku stěny, velkou pevnost, jednoduchou a rychlou montáž, nebo baktericidní účinky. Potrubí z plastů je tepelně a korozně odolné a mají nízký součinitel tepelné vodivosti.

2.1.2.4.3 Regulace tepelného výkonu

Na regulaci výkonu podlahové otopné plochy jsou kladeny obdobné nároky jako na regulaci teplovodního vytápění ostatních otopných ploch s tím, že je potřeba počítat s akumulací schopností podlahové plochy a s tím spojenou odlišnou reakcí otopné plochy na regulační zásah.

Doba odezvy na regulační zásah je zjištěna pomocí setrvačnosti náběhu T [min], která vyjadřuje dobu potřebnou k dosažení jmenovitého tepelného výkonu při přivádění vody o jmenovité vstupní teplotě, průtoku a teplotě okolí. Setrvačnost náběhu se porovnává pomocí T_{63} , při dosažení 63,3% tepelného výkonu a T_{90} při dosažení 90% tepelného výkonu. Například setrvačnost náběhu u mokrého způsobu montáže podlahového vytápění s přivodní teplotou 34°C je u $T_{63} = 60,0$ min a u $T_{90} = 166,0$ min.

O tom, jestli se podlahová otopná plocha chová jako akumulací, poloakumulací nebo přímotopná rozhoduje časová konstanta τ_A , což je doba, za kterou se při nabíjení akumulací vrstva ohřeje o 1 K. U akumulací podlah by tato konstanta měla mít

hodnotu až 15 hodin u budov s celodenním provozem. Jinak ideálně 10 – 12 hodin, avšak minimálně 8 hodin. U poloakumulačních otopných ploch je časová konstanta 4 – 8 hodin. Podlahy s nižší hodnotou mají velmi nízkou akumulaci schopnost a jsou označovány jako přímotopné.

Tepelný výkon podlahové otopné plochy lze regulovat třemi způsoby – regulací podle teploty vnitřního vzduchu, podle teploty venkovního vzduchu (ekvitermní regulace), ekvitermní regulací se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu.

Regulace podle vnitřní teploty upravuje výkon různými způsoby. Jednou z možností je regulace pomocí prostorového termostatu, umístěném v referenční místnosti. Nebo je možné umístit regulátor s čidly teploty v jednotlivých místnostech a regulovat jím pohony u regulačních ventilů, umístěných na patrovém rozdělovači jednotlivých otopných hadů. Možná je také instalace TRV s termostatickou hlavicí buď přímo u otopného hadu v jednotlivých místnostech, nebo na patrovém rozdělovači, přičemž oddělené čidlo je umístěno v místnosti.

Při regulaci podle teploty venkovního vzduchu se skládá je do systému zapojen regulátor, snímač teploty venkovního vzduchu a snímač teploty otopné vody a jako akční člen je použit dvoucestný či trojcestný ventil. V regulátoru je nastavena referenční otopná křivka, vyjadřující závislost otopné vody na venkovní teplotě. Když se venkovní teplota změní, změní se poloha trojcestné armatury tak, aby teplota přírodní vody odpovídala geometrické teplotě v exteriéru. Vzhledem k tomu, že se kvůli velké setrvačnosti náběhu podlahového vytápění projeví reakce akčního členu s velkým zpožděním, je potřeba spoléhat na samoregulační schopnost podlahové otopné plochy.

V ekvitermní regulaci se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu vyhodnocuje regulátor aktuální vnitřní teplotu z referenční místnosti a na základě té upravuje ekvitermní regulaci. V tomto systému je použit adaptivní regulátor, který na základě uložených a vyhodnocených dat upravuje výslednou křivku v regulátoru.

2.1.2.5 Stropní vytápění a chlazení

Stropní chlazení má na rozdíl od otopných těles či podlahového vytápění tu výhodu, že kromě chlazení je možné jej využívat i k chlazení. Princip stropního vytápění/chlazení spočívá ve velkoplošném přenosu tepla stropem, pomocí chladicí vody, která cirkuluje v zabudovaném rozvodném potrubí. Mezi výhody takového systému patří bezhlučný provoz, absence proudění vzduchu a tím pádem žádné víření prachu. Stropní chlazení na rozdíl od otopných těles nezabírá prostor v místnosti.

Stropní sálavé panely se zhotovují například ve formě mokrého systému, kdy jsou rozvody upevněné do fixačních lišt a následně překryté vrstvou omítky o tloušťce cca 10 mm. Nebo se používá suché zhotovení, při kterém se systém vytvoří pomocí prefabrikovaných sádkartonových desek s integrovanými trubkami pro rozvod topné vody. Tento typ se hodí např. do místností s podhledy.

Při vytápění stropními panely vzniká teplo tam, kam dopadá tepelné záření, tj. na podlahu nebo povrch lidského těla, na rozdíl od teplovzdušného vytápění, kdy ohřátý vzduch stoupá nahoru. Díky tomu je rozložení teplot ve výšce prostoru rovnoměrnější a spotřeba energie nižší. Při sálavém vytápění je pocitová teplota až o 3 °C vyšší, takže lze ušetřit významné náklady na energii.

Stropní vytápění s trubkami zalitými ve stropě

V této variantě stropního vytápění jsou trubky přímo součástí stropní konstrukce. Dnes se u tohoto typu používá pouze plast (např. PEX) o tloušťce 17x2 mm. Je možné je umístit pouze pod omítku nebo přímo do železobetonové konstrukce stropu. V tom případě musí být ale otopný had kladen zároveň s výstavbou stropu, přičemž při betonáži musí být mezi bedněním a trubkami zajištěna mezera přibližně 20 mm za pomoci distančních vzpěr. Při tomto provádění je nutná velká preciznost, protože při špatné montáži dochází k různým provozním potížím, hlavně s vypouštěním a odvzdušňováním.

Pokud je při vytápění nebo při letním vysokoteplotním chlazení využita akumulární schopnost betonu, jedná se o aktivní prvek konstrukce a toto je označováno jako tzv. systém aktivace betonu. V tomto případě jsou trubky ocelové a zalité v železobetonové stavební konstrukci stropu, jenž se tak podílí na vytápění nebo chlazení.

Provedení je o něco jednodušší, pokud je potrubí umístěno pouze v omítce stropu. V tomto případě se otopný had upevní zespoda na strop. Na něj se za pomoci rabicového pletiva nanese vápenocementová malta o tloušťce 50 - 60 mm. Pokud se však použije potrubí z mědi či plastu, omítka se ztenčí až na přibližně 30 mm.

Při návrhu je potřeba dát pozor na povrchovou teplotu otopné plochy, protože případná vysoká teplota by způsobila nadměrné osálení temene hlavy, což by mělo za následek tepelnou nepohodu. Omezena je maximální možná hodnota měrného tepelného sálavého toku na 200 W/m^2 v oblasti temene hlavy.

Stropní vytápění s použitím lamel

Oproti variantě s trubkami, jež jsou součástí stavební konstrukce, počítá tato varianta s použitím lamel, které poskytují rovnoměrnější rozprostření tepelného toku, zvětšují přestupní plochu trubek a aby měly velký součinitel tepelné vodivosti a rychleji odváděly teplo z trubek, vyrábějí se z hliníkového plechu. Velikost a způsob upevnění lamel se u různých systémů liší. Nejčastějším provedením je tzv. Stramax-standard strop a Zent-Frengerův strop.

U stropu Stramax-standard zajišťují šířku stropu hliníkové plechy s prolisy uprostřed, kde se posouvá uchycená trubka. Pod samotnými lamelami je sádrová omítka i s jejím nosičem.

V případě Zent-Frengerova stropu je využito perforovaných či neperforovaných povrchově upravených hliníkových plechů s rozměry 625x625 mm a tloušťkou 0,75 mm, které tvoří podhled. K trubkám, zavěšeným pod stropem, jsou ocelovými svorkami připevněny desky, které jsou shora tepelně-akusticky izolovány. Mezi deskami jsou spáry o tloušťce 1,5 mm, sloužící k provětrání. Při projektování těchto systémů se postupuje jako při návrhu teplovodních otopných soustav s otopnými tělesy. Teplota přírodní vody může vysoká až 70 °C s teplotním spádem 10 až 15 K.

Stropní vytápění ze sálavých desek a pásů

Ke stropnímu vytápění je možné použít sálavé desky a pásy, které jsou na strop pouze zavěšeny a netvoří tak přímo otopnou plochu stropu. Trubky jsou upevněny či přivařeny na ocelový plech, jenž je shora zakryt tepelnou izolací. Desky se na strop zavěšují buď jednotlivě, nebo v souvislých pásích.

Stropní vytápění s dutým podhledem

V této variantě je použita otopná plocha s dutým podhledem. V prostoru mezi tepelně izolovaným nosným stropem a podhledem prochází trubky. Podhled může být plný či perforovaný s akustickou izolací. Přírodní voda se zde volí o spádu 75/60 °C. Výhodou tohoto systému je možnost dodatečných úprav.

Velkoplošné stropní chlazení

Sálavé chladicí stropy jsou nejrozšířenějším typem sálavých chladicích systémů. Vycházejí ze stejných konstrukčních principů jako stropní vytápění. Oproti němu je zde však nutné dodržet, aby teplota rosného bodu vzduchu proudícího kolem chladicích ploch byla nižší než jejich povrchová teplota, a to minimálně o 1 K. V opačném případě

by docházelo k orosování povrchu stropu a tím ke kondenzaci vody. Teplota přívodní vody se obvykle navrhuje $< 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplotní spád bývá v rozmezí 2 – 4 K.

Součástí návrhu sálavého chlazení proto bývá regulace, která stav vlhkosti monitoruje a případně ošetřuje, například změnou teploty přívodní vody. Regulátor je informován čidlem teploty rosného bodu, který je složen z elektrického elementu – ten mění elektrický odpor podle toho, jaká je relativní vlhkost vzduchu. Pokud se relativní vlhkost zvýší nad danou mez, která je obvykle kolem 85%, je regulátorem vyslán signál akčnímu členu, a dojde k regulaci.

2.1.2.5.1 Způsoby provedení

Variant konstrukcí chladicích stropů je několik. Jedním z nich je masivní chladicí strop, kde je pod betonovou stropní deskou s tepelnou izolací umístěno potrubí. Nebo může být pod stropem umístěná modulová klima-deska. Často je stropní chlazení řešeno chladicími panely v podhledu, které mají na své vrchní straně umístěnou tepelnou izolaci. V tomto duchu mohou být použity i lamely, které jsou spolu s trubkami připevněné ke stropní konstrukci. Variantou může být otevřený chladicí strop ve formě protlačovaných profilů s nalisovanými měděnými trubkami. Dalším možným řešením je chladicí panel z hliníkového profilu, který je zalit v desce z polyuretanové pěny. Zde tvoří aktivní plochu sádrokartonová deska. Možné je využít i systém aktivace betonu a umístit potrubí přímo do železobetonové stropní desky.

A nakonec je možné použít i systém kapilárních rohoží, jež budou umístěny buď pod omítkou, nebo v sádrokartonové desce. V případě montáže na stropní desku se přívodní i vratné potrubí instaluje do předem připravených drážek. V druhém případě se kapilární rohože připevňují přímo do sádrokartonu nebo tepelné izolace lepicí páskou či taliřovými terčíky. Sádrokartonová deska je kryta omítkou o tl. do 10 mm.

Chladicí systém lze dělit na otevřený, uzavřený nebo hybridní. V případě otevřeného chladicího systému se na chlazení nevyužívá speciální chladicí zařízení, ale voda ze studny, které je po použití odvedena buď zpět do podzemní vody, nebo je kanalizační sítí vypuštěna jako odpadová voda. U uzavřeného systému je chlad připravován v chladicím zařízení - tepelném čerpadle.

V případě hybridního způsobu je systém registrů využit na chlazení i přípravu tepla. Hydraulické propojení obou systémů obvykle nezpůsobuje žádné problémy. Výhodné je

například využití reverzibilního tepelného čerpadla, které ušetří náklady a bez problémů plní oba požadavky.

2.1.2.5.2 Regulace stropního chlazení

V systému stropního chlazení je jeho nejdůležitějším členem regulace. Ta se uskutečňuje buď prostřednictvím snímačů (teploty a rosného bodu), nebo spínáním, uskutečňovaném v systému chladicího stropu například Tichelmannovou metodou.

Konstantní teplota na přívodu

Na přívodu chladicího stropu je k dispozici konstantní teplota cca 16 °C. Prostorový termostat reguluje teplotu vzduchu jednotlivých zón tím, že řídí regulační ventil, který se otvírá a zavírá podle potřeby. Snímače rosného bodu kontrolují tvorbu kondenzátu a případně jí zabráňují. Snímač reaguje na vysokou vlhkost, v jejímž případě se zavře regulační ventil a tím se zabrání tvorbě kondenzátu. Snímač by měl být umístěn v nejchladnějším místě přívodního potrubí chladicího systému v místnosti.

Variabilní teplota na přívodu

Regulace teploty na přívodu probíhá v závislosti na teplotě rosného bodu vnějšího vzduchu, přičemž by měla být o jeden až dva stupně Celsia vyšší, aby se zabránilo tvorbě kondenzátu. Každá zóna v budově by měla být na základě různých vlhkostních zátěží vybavena vlastním snímačem. Výkon je řízen regulátory prostorové teploty stejně, jako je uvedeno v předchozí možnosti.

Kontrola rosného bodu

Rosný bod nepředstavuje v systému chladicích a topných registrů výrazný problém, pokud se do místnosti umístí snímač, který vyloučí nebezpečí při poklesu pod teplotu rosného bodu. Snímač také výrazně napomáhá k úspoře nákladů, protože umožňuje inteligentní řízení, které je možno použít nejen na chlazení, ale také na vytápění.

Monitorování teploty v místnosti

Teplotu v místnosti monitoruje termostat, který je buď v přímém kontaktu s regulátorem rosného bodu, nebo komunikuje s ostatními řídicími prvky

prostřednictvím centrálního řídicího systému a tak pomáhá udržovat teplotu v místnosti na optimální teplotě.

2.1.2.6 Stěnové vytápění a chlazení

U tohoto způsobu vytápění je využito stěn jako otopné plochy, kdy jsou otopné hady uloženy pod omítku. Prostřednictvím relativně vysoké teploty povrchu stěn je dosaženo rovnoměrné teploty vzduchu, která může být výrazně nižší než u vytápění radiátory. V porovnání s nimi lze dosáhnout subjektivně srovnatelné tepelné pohody při teplotě o 2-3 °C nižší, což představuje úsporu energie až o 10% nižší než v případě otopných těles (snížení teploty vzduchu o 1 °C představuje úsporu nákladů na vytápění asi 3%). Oproti podlahovému vytápění je teplotní spád okruhu výrazně vyšší (obvykle 55-60 °C). Stěnové vytápění lze rozdělit podle způsobu aplikace na mokré a suché systémy.

U mokrých systémů se otopný had zatlučká pomocí spon nebo se upevňuje šroubovacími příchýtkami do hmoždinek. U nepravidelných ploch je obvyklá instalace hřebenových lišt. Poté, co se do omítací sítě upevní otopný had, dojde přímo na něj k aplikaci mokré omítky, která by měla být určena přímo pro stěnové vytápění. Tyto systémy jsou vhodné především pro zděné stavby a rekonstrukce.

Suché systémy mají podobu již hotových otopných hadů z trubek 6x1 mm, uložených v sádrovláknitých deskách, které se posléze upevňují na sádrokartonové stěny nebo na pomocné konstrukce na zděných stěnách. Povrchovou úpravou bývá stěrka či omítky. Tyto systémy jsou vhodné do nízkoenergetických staveb a rovněž pro rekonstrukce.

2.1.2.6.1 Způsoby provedení

Jako podklad je na stěnu nejdříve umístěna tepelná izolace, které musí mít především u zdi obvodového pláště. Nejčastěji se používá izolace o tloušťce 20-80 mm. Teprve na ni se umísťují trubky, na závěr zakryté omítkou.

Lze použít plastové trubky s bariérou proti difúzi vzdušného kyslíku, měkké měděné povlakované nebo vícevrstvé. Pro stěnové vytápění je vhodné použít trubky menších průměrů, například 6x1 nebo 8x1, aby tloušťka omítky nebyla příliš velká. Rozteč trubek v otopném hadu je obvykle 10 až 75 mm a poloměr oblouku 10 až 40 mm. Ve výsledku to znamená rovnoměrné rozložení teplot přívodní vody a efektivní

využití nízkoteplotního vytápění. Od zbytku stěny by měla být otopná plocha oddělena pružnou dilatační spárou, aby nedošlo k popraskání omítky.

Časté je též použití kapilárních rohoží. Ty jsou tvořeny registrem tenkých polypropylenových trubiček o průměru 3,5 mm, do kterých proudí voda trubkami většího průměru. Rozteče mezi jednotlivými kapilárami umožňují rovnoměrné rozložení teplot na otopné ploše. Díky malým průměrům kapilárních rohoží je tloušťka omítky v podstatě standardní, cca 10 – 15 mm. Rohože se vyrábějí na míru a na stavbu se přivážejí v konkrétním rozměru jako celek.

Otopná plocha by měla být umístěna na vnitřní stranu ochlazované stěny a v případě nutnosti i na vnitřní stěny, avšak nikdy proti průteplivé konstrukci (proti oknu). U všech okruhů by měla být přibližně stejná tlaková ztráta, aby se předešlo problémům s hydraulickou nestabilitou potrubní sítě a složité regulaci jednotlivých otopných hadů. Dále by měl být dodržen odstup horizontální trubky či spodního oblouku od úrovně podlahy, a to alespoň 100 mm. Odstup vertikální trubky či krajního oblouku od kolmé stěny je vhodné navrhovat s odstupem 150 mm. Rozvod otopné vody by měl dosahovat minimálně horní úrovně okna.

Důležité je také zvolit vhodnou omítku. Do teploty otopné vody 50 °C lze použít sádrovápennou, kaolínovou omítku či hliněnou směs. Při vyšších teplotách je nutné zvolit vápenocementovou omítku. Ta je vyztužena omítací sítí s přesahem minimálně 100 mm přes otopný had.

2.1.2.6.2 Výhody stěnového a stropního vytápění/chlazení

- Stropní vytápění / chlazení je bezhlučné, bezúdržbové a energeticky úsporné
- Jednoduchá montáž a instalace.
- Při správně instalaci, naterování a dokonalém odplynění systému nejsou nutné žádné další zásahy po celou dobu provozu.
- Systém je možné využít jak pro vytápění, tak i pro chlazení.
- Rovnoměrné rozložení teplot v rámci celé otopné plochy a následné dosažení optimálního sálavého účinku.
- Vysoká variabilita regulace a poměrně rychlá reakce na regulační zásah.
- V systému je poměrně malé množství otopné vody, cca 0,5 – 1 l/m².

- Díky minimalizovanému průměru trubek lze omítat pouze jednovrstvě s překrytím trubky od 5 mm, což značně redukuje čas k provedení prací i cenu celého systému.
- Poměrně nízkou teplotou vody v systému se sníží potřeba paliva na vytápění
- Je možné použít v podstatě jakýkoliv nízkoteplotní zdroj tepla, to znamená například tepelné čerpadlo, solární články, kondenzační a nízkoteplotní technologie.
- Zvýší se kvalita mikroklimatu ve vytápěných místnostech
- To, že nedochází k pohybu prachu, zvyšuje hygienu provozu a nedochází k znečišťování povrchů zvířeným prachem.

2.1.2.7 Aktivace betonu - CONCRETCOOL

CONCRETCOOL je systém, doplňující vzduchotechnické zařízení o komponenty, které umožňují aktivaci betonu. Provozním médiem je přiváděný vzduch, takže množství vzduchu potřebné pro hygienickou výměnu vzduchu je zároveň použito pro chlazení budovy. V letních obdobích lze díky nočnímu doplňkovému chlazení dosáhnout vyššího chladicího výkonu. Systém byl uveden na trh v roce 2000 a od té doby byl použit ve více než 55 projektech, většinou kancelářských a správních budov, knihoven a škol.

Tento systém funguje tak, že se do předem připravených rastrů betonových stropů zalije hliníkové potrubí o průměru 60 mm nebo 80 mm, které má dobrou tepelně vodivou schopnost a pro zajištění ještě lepšího přestupu tepla je plocha potrubí žebrovaná. Čerstvý přiváděný vzduch tak není přiváděn přímo do místnosti, ale prochází nejdříve tímto chladicím potrubím, zabudovaným v konstrukci stropu. Při průchodu stropem se přiváděný vzduch ohřeje téměř na teplotu stropu. Množství tepla potřebného k tomuto ohřevu odnímá procházející vzduch stropní konstrukci a při tomto přestupu je zároveň ochlazována konstrukce budovy.

Když vzduch projde trubkami uvnitř stropu, je rozveden výústkami do jednotlivých místností a tím zajišťuje potřebnou hygienickou výměnu čerstvého vzduchu. Cestou dojde k ohřátí vzduchu na potřebnou teplotu cca 20 °C bez použití dodatečného ohřevu, čímž se ušetří za jakoukoliv další vynaloženou energii. Tento samoregulační proces probíhá díky dobré akumulační schopnosti betonových stropů téměř bez výkyvů. Účinnost rekuperace tepla VZT překračuje při použití tohoto systému 95%, což přináší

velkou úsporu energie. I bez realizace nákladných dodatečných opatření lze dosáhnout standardu pasivního domu s energetickou spotřebou do 15 kWh/m².

Při 2,5-násobné výměně vzduchu za hodinu je možné dosáhnout chladicího výkonu mezi 35 – 65 W/m², což umožňuje pokrýt základní zátěž i zvýšenou provozní zátěž v letním období.

Mezi hlavní výhody tohoto systému patří:

- Především v administrativních budovách, vybavených velkým množstvím techniky, je použití vzduchu bezpečnější volbou než voda.
- Průměrná roční teplota venkovního vzduchu je cca 8-11 °C, což skýtá velký potenciál pro volné chlazení, které může pokrýt potřebu chlazení celé budovy.
- Minimální náklady na regulaci.
- Účinnost zpětného využití tepla přesahuje 95%.
- Díky zabudování systému do konstrukce stropu je možné zvolit nižší konstrukční výšku podlaží a tím i snížit množství nákladů na výstavbu.
- Dochází k chlazení vzduchem bez nutnosti úprav oběhového vzduchu.
- Není potřeba žádné dodatečné stropní chlazení vodou.
- V řešeném prostoru vznikne optimální tepelná pohoda.
- Oproti standardním systémům klimatizace dojde k úspoře nákladů na chlazení až 50%.
- Systém umožňuje provedení architektonicky čistého prostředí bez rušivých prvků.
- Dojde k úspoře investičních nákladů, a to především v redukci výkonu či dokonce vynechání strojního chlazení a tím, že není nutné realizovat mezistropy, potrubní síť chladicí vody, potrubní síť odvodu kondenzátu a regulační uzly v jednotlivých místnostech.
- Nedochází k výskytu kondenzace, takže odpadají hygienické problémy s plísněmi a bakteriemi u kondenzátních van standardních zařízení, což přináší úsporu pravidelného čištění a dezinfikace.

2.1.2.8 Přirozené větrání a noční chlazení

V administrativních budovách je čerstvý vzduch důležitým faktorem, protože ovlivňuje soustředění a výkon na pracovišti. Mnoho těchto budov s proskleným pláštěm ale často neumožňuje tradiční větrání. Řešením je použití větracích křídel, například

vertikálně otočně otvíravých či horizontálně výklopných oken s plnou výplní Schüco AWS VV (Ventilation Vent), které lze navíc doplnit i mechatronickým kováním Schüco TipTronic, což posléze umožňuje automatické noční chlazení a senzory řízené větrání. Tím vzniká výhodná ekonomická alternativa ke konvenčním způsobům ventilace.

Otvíravá větrací křídla umožňují efektivní větrání místnosti a dokonce za klidného počasí lze na celou výšku místnosti dosáhnout proudění vnějšího vzduchu až 300 m³/h, a to bez použití ventilátoru, což je pětinasobek výměny vzduchu za hodinu u běžné kanceláře pro dvě osoby. Je možné tím ušetřit až 30% energie potřebné na chlazení a u budov bez aktivního chlazení lze tento systém snížit množství hodin přehřátí za rok na komfortní úroveň.

Systém Schüco má pro zjištění stavu vnitřního a vnějšího klimatu celou řadu senzorů. Pokud například senzory koncentrace CO₂ ve vzduchu vyhodnotí, že limity maximální povolené koncentrace byly překročeny, ventilační okno se automaticky otevře. Variantou čistě přirozeného větrání je hybridní ventilace s použitím ventilátoru.

2.2 Schéma systému chlazení

2.2.1 Popis řešené budovy

Řešená administrativní budova se nachází v západní části pozemku nákupního centra Géčko České Budějovice, podél komunikace ulice Otavská. V blízkosti pozemku se také nachází z jihu sídliště Vltava, západním směrem Vrbenské rybníky a na severu obec České Vrbné. Pozemek je v téměř rovinném terénu v úrovni ±0,000 = 382,620 m n. m. V území je administrativní budova řešena jako samostatně stojící objekt obdélníkového tvaru o čtyřech nadzemních podlažích, určený ke komerčnímu využití jako nájemní prostory pro obchody a kanceláře. Půdorysné rozměry stavby jsou 40,2 x 14,2 m, výška je 15,7 m a zastavěná plocha má cca 570,8 m².

Objekt má 4 nadzemní podlaží a je zastřešen plochou nepochozí střechou, přístupnou pouze pro údržbu výlezem v nejvyšším podlaží. V 1.NP se nachází zádveří, vstupní hala a vertikální komunikace (trojramenné schodiště s výtahem v samonosné šachtě) a technická místnost, určená pro umístění zdrojů tepla pro vytápění. Dále jsou zde umístěny dvě obchodní jednotky o ploše 180,30 m² a 252,64 m². 2. až 4. nadzemní podlaží je určeno čistě pro administrativní činnost. V 2.NP je navrženo 13 buňkových kanceláří. 2. - 3.NP je řešeno jako kombinace buňkových a velkoprostorových kanceláří. V každém podlaží je šest buňkových a jedna openspace kancelář o ploše

332,51 m². Jejich součástí je technická místnost, oddělené sociální zázemí a kuchyňka s prostorem pro stravování zaměstnanců a úklidovou místností.

Hlavní vstup do administrativních prostorů, stejně jako vstupy do obchodních jednotek v přízemí, se nachází na západní straně z ulice Otavská. Vedlejší vstupy, určené pro zásobování objektu jsou na východní straně. Pohyb mezi jednotlivými podlažími je umožněn pomocí trojramenného schodiště a lanového výtahu s rozměry kabiny 1400x1100 mm. Vstup na plochou střechu je zajištěn výlezem nad podestou ve čtvrtém nadzemním podlaží.

2.2.2 Zdroj chladu

Zdrojem pro chlazení objektu bude kaskáda třech tepelných čerpadel vzduch/voda MasterTherm EasyMaster EM75Z. Chladicí výkon jednoho tepelného čerpadla je 21,787 kW v bodu bivalence (při teplotě vzduchu přibližně 3 °C). Vnější jednotka má rozměry 132x101x82 mm (VxŠxD) a hmotnost 80 kg. Vnitřní jednotka má rozměry 120x53x72 mm (VxŠxD) a hmotnost 200 kg.

Jedná se o tepelné čerpadlo s dělenou (splitovou) konstrukcí, což přináší výhody v podobě tiché vnější jednotky a ochranou hlavních částí tepelného čerpadla uvnitř objektu. Je vybaveno tichým kompresorem Scroll Sanyo a nabízí vyspělou technologii, včetně elektronického řízení vstřikování chladiva a ekvitermní regulace. Dále je sestava tepelných čerpadel vybavena desuperheaterem, díky kterému lze ohřívat TUV i v případě opačného chodu tepelného čerpadla pro chlazení objektu. Dalším prvkem čerpadel je elektrokotel, který by v případě příliš nízké teploty venkovního vzduchu zastal výkon tepelného čerpadla.

2.2.3 Chladicí soustava

Budova bude chlazená pomocí aktivních sálavých chladicích panelů Giacomini Giacoklima GKC, které budou umístěny v sádkartonových podhledech ve výšce 3 metry nad podlahou. Při změně cyklu v tepelném čerpadle lze v otopném období využít panely pro vytápění objektu.

Chladicí soustava je řešena jako dvoutrubková s nuceným oběhem chladicí vody se spádem 12 - 14 °C. Těmto parametrům odpovídá povrchová teplota panelů přibližně 16 °C. Kvůli nízké teplotě chladiva je nutné použít úpravu relativní vlhkosti a regulaci s měřením relativní vlhkosti vzduchu. Regulace upravuje teplotu přívodu tak, aby

nebylo překročeno 95% relativní vlhkosti. Umisťuje se v nejchladnější části stropu v místnosti. K rozvodu chladicí vody po objektu slouží měděné potrubí o rozměrech 35x1,5 až 54x2 mm. Potrubí je izolováno izolací na bázi PUR Armaflex SH o tloušťce 35 mm ($\lambda_{iz} = 0,038 \text{ W/mK}$). Je vedeno volně pod stropem či nad povrchem. Propojovací potrubí sálavých stropních panelů PB 16x1,5 je předizolované s kyslíkovou bariérou.

Soustava je řešena jako uzavřená a je zabezpečena tlakovou expanzní nádobou s membránou. Tato expanzní nádoba zajišťuje vyplnění celé soustavy vodou s požadovaným přetlakem a zároveň vyrovnává změny objemu vody. Proti nepřijatelnému překročení tlaku je v soustavě instalován pojistný ventil.

2.3 Výpočet tepelných zisků

Výpočet tepelných zisků v budově byl proveden pomocí programu ProTech, modulu pro výpočet tepelné zátěže. Výpočet byl proveden pro den 21. července. K jednotlivým místnostem byla zadána maximální přípustná teplota 26 °C s odchylkou 2 °C a provozní doba 8-18 h, v rámci které byl výpočet prováděn.

Výpočet tepelné zátěže je součtem tepelných zisků od sluneční radiace, prostupem tepla oknem, prostupem tepla přes neprůsvitné konstrukce, tepelných zisků od lidí, svítidel a technologie. Propustnost slunečního záření byla vypočítána podle vzorce $T = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3$, kdy T_1 je tabulková hodnota podle typu okna. Zde jsou navržena okna s trojsklem, pro které $T_1 = 0,73$. T_2 je součinitel znečištění zasklení a zde má hodnotu $T_2 = 0,9$. A nakonec T_3 je hodnota, určená podle typu žaluzií. Zde jsou použity vnější žaluzie světlé a potom $T_3 = 0,13$. Potom výsledná hodnota **$T = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 = 0,73 \cdot 0,9 \cdot 0,13 = 0,08541$** .

Při výpočtu prostupem tepla oknem bylo počítáno s instalací venkovních světlých žaluzií s vysokou odrazivostí, aby bylo zabráněno velkým tepelným ziskům v místnostech.

Pro tepelné zisky od osob je počítáno s hodnotou 62 W na osobu (hodnota pro sedící, mírně aktivní osoby). Výpočet zisků od svítidel je podrobněji popsán v následující podkapitole 2.3.1 – Výpočet vnitřních zisků z osvětlení.

Při výpočtu zisků od technologie byl ke každé osobě přidělen jeden počítač s 20“ LCD monitorem o celkovém příkonu $P = 140 \text{ W}$ a činitelem současnosti $c_1 = 0,85$. Do malých kanceláří byla umístěna jedna malá tiskárna ($P = 160 \text{ W}$, $c_1 = 0,4$) a do velkoprostorových kanceláří velká tiskárna ($P = 275 \text{ W}$, $c_1 = 0,4$).

Celkový tepelný zisk od oslunění je $Q_{osl} = 13951 \text{ W}$, od osob $Q_{lidé} = 11026 \text{ W}$, od osvětlení $Q_{osv} = 11710 \text{ W}$ a od technologií 17825 W . Součtem těchto dílčích tepelných zisků je výsledná hodnota **$Q_{celkem} = 54512 \text{ W} = 54,512 \text{ kW}$** . Výstup výpočtu tepelné zátěže z programu ProTech je uveden v části 5.2 Příloha 1: Výpočet tepelných zisků.

2.3.1 Výpočet vnitřních zisků z osvětlení

Typy svítidel použitých v budově:

- LED ZÁŘIVKY ŘADA COMFORT:
 - Kód: FP-T8-60C-WW
 - Rozměry: $\Phi 26 \times 600 \text{ mm}$
 - Příkon: 9W
 - Barva světla: 3000 K
 - Světelný tok: 765 lm
 - Napětí: 180-260V
 - CRI: $R_a > 75$
 - Účinnost: 0,92

- LED ZÁŘIVKY ŘADA COMFORT:
 - Kód: FP-T8-150C-WW
 - Rozměry: $\Phi 26 \times 1500 \text{ mm}$
 - Příkon: 24W
 - Barva světla: 3000 K
 - Světelný tok: 2200 lm
 - Napětí: 180-260V
 - CRI: $R_a > 75$
 - Účinnost: 0,92

- LED PANELY SLIM – KRYTÍ IP44:
 - Kód: FP-M6060-IP44-60
 - Rozměry: $595 \times 595 \times 10$
 - Příkon: 60W
 - Barva světla: 6500
 - Světelný tok: 5400 lm

- Napětí: 90-260V
- CRI: Ra>80
- Účinnost: 0,95

- LED PANELY BASIC – KRYTÍ IP20:
 - Kód: FP-M6060-IP20-36BR
 - Rozměry: 595x595x10
 - Příkon: 36W
 - Barva světla: 6500
 - Světelný tok: 2880 lm
 - Napětí: 90-260V
 - CRI: Ra>80
 - Účinnost: 0,95

- LED PANELY BASIC – KRYTÍ IP20:
 - Kód: FP-M6060-IP20-36BR
 - Rozměry: 295x295x10
 - Příkon: 13W
 - Barva světla: 6500
 - Světelný tok: 1000 lm
 - Napětí: 90-260V
 - CRI: Ra>80
 - Účinnost: 0,95

Minimální hodnota intenzity osvětlení v různých prostorách

- Obchodní plochy ... 750 lx
- Kanceláře ... 500 lx
- Vedlejší prostory ... 100 lx

Výpočet:

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A$$

$$I_e = (P \cdot n)/A$$

Φ_V [lm] ... světelný tok

E_v [lx] ... intenzita osvětlení

A [m²] ... plocha

n ... počet svítidel

P [W] ... příkon

I_e [W/m²] ... intenzita záření

101 ZÁDVEŘÍ

$$E_v = (\Phi_V \cdot n)/A = (1000 \cdot 1)/10,1 = 99,01 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 1)/10,1 = 1,287 \approx 1 \text{ W/m}^2$$

102 HALA

$$E_v = (\Phi_V \cdot n)/A = (1000 \cdot 3)/27,3 = 109,89 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 3)/27,3 = 1,429 \approx 1 \text{ W/m}^2$$

103 OBCHODNÍ PLOCHA

$$E_v = (\Phi_V \cdot n)/A = (5400 \cdot 26)/180,3 = 778 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 26)/180,3 = 8,65 \approx 9 \text{ W/m}^2$$

104 ODPAD

$$E_v = (\Phi_V \cdot n)/A = (765 \cdot 1)/3,5 = 219 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (9 \cdot 1)/3,5 = 2,571 \approx 3 \text{ W/m}^2$$

105 SCHODIŠTĚ

$$E_v = (\Phi_V \cdot n)/A = (2200 \cdot 1)/20,6 = 106 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (24 \cdot 4)/20,6 = 4,66 \approx 5 \text{ W/m}^2$$

107 TECHNICKÁ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_V \cdot n)/A = (1000 \cdot 2)/19,8 = 101,01 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 2)/19,8 = 1,313 \approx 1 \text{ W/m}^2$$

108 OBCHODNÍ PLOCHA

$$E_v = (\Phi_V \cdot n)/A = (5400 \cdot 36)/254,1 = 765,053 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 36)/254,1 = 8,501 \approx 9 \text{ W/m}^2$$

201 CHODBA

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (2880 \cdot 3)/70,8 = 122,034 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (36 \cdot 3)/70,8 = 1,525 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

202 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 3)/30,9 = 524,272 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 3)/30,9 = 5,825 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

203 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,0 = 720 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,0 = 8 \text{ W/m}^2$$

204 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,0 = 720 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,0 = 8 \text{ W/m}^2$$

207 TECHNICKÁ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (1000 \cdot 1)/5,8 = 172,414 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 1)/5,8 = 2,241 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

208 WC ŽENY

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (1000 \cdot 2)/13,3 = 150,376 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 2)/13,3 = 1,955 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

209 WC MUŽI

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (1000 \cdot 2)/8,8 = 150,376 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 2)/8,8 = 2,955 \approx 3 \text{ W/m}^2$$

210 ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (765 \cdot 1)/1,5 = 510 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (9 \cdot 1)/1,5 = 6 \text{ W/m}^2$$

211 KUCHYŇKA

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (2880 \cdot 1)/15,4 = 187,013 \text{ lx}$$
$$I_e = (P \cdot n)/A = (36 \cdot 1)/15,4 = 2,338 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

212 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,4 = 701,299 \text{ lx}$$
$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,4 = 7,792 \approx 8 \text{ W/m}^2$$

213 ZASEDACÍ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 3)/30,9 = 524,272 \text{ lx}$$
$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 3)/30,9 = 5,825 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

214 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 4)/42,3 = 510,638 \text{ lx}$$
$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 4)/42,3 = 5,674 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

215 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/21,3 = 507,042 \text{ lx}$$
$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/21,3 = 5,634 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

216 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/21,3 = 507,042 \text{ lx}$$
$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/21,3 = 5,634 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

217 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 4)/40,0 = 540 \text{ lx}$$
$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 4)/40,0 = 6 \text{ W/m}^2$$

218 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 4)/43,2 = 500 \text{ lx}$$
$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 4)/43,2 = 5,556 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

219 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/20,5 = 526,829 \text{ lx}$$
$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/20,5 = 5,854 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

220 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/20,5 = 526,829 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/20,5 = 5,854 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

220 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/20,5 = 526,829 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/20,5 = 5,854 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

221 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 4)/42,3 = 510,638 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 4)/42,3 = 5,674 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

301 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,2 = 710,526 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,2 = 7,895 \approx 8 \text{ W/m}^2$$

302 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/16,8 = 642,857 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/16,8 = 7,143 \approx 7 \text{ W/m}^2$$

303 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,0 = 720 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,0 = 8 \text{ W/m}^2$$

304 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,0 = 720 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,0 = 8 \text{ W/m}^2$$

307 TECHNICKÁ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (1000 \cdot 1)/5,8 = 172,414 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 1)/5,8 = 2,241 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

308 WC ŽENY

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (1000 \cdot 2)/13,3 = 150,376 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 2)/13,3 = 1,955 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

309 WC MUŽI

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (1000 \cdot 2)/8,8 = 150,376 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 2)/8,8 = 2,955 \approx 3 \text{ W/m}^2$$

310 ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (765 \cdot 1)/1,5 = 510 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (9 \cdot 1)/1,5 = 6 \text{ W/m}^2$$

311 KUCHYŇKA

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (2880 \cdot 1)/15,4 = 187,013 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (36 \cdot 1)/15,4 = 2,338 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

312 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,4 = 701,299 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,4 = 7,792 \approx 8 \text{ W/m}^2$$

313 ZASEDACÍ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 3)/30,9 = 524,272 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 3)/30,9 = 5,825 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

314 VELKOPROSTOROVÁ KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 31)/332,5 = 503,459 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 31)/332,5 = 5,594 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

401 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,2 = 710,526 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,2 = 7,895 \approx 8 \text{ W/m}^2$$

402 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/16,8 = 642,857 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/16,8 = 7,143 \approx 7 \text{ W/m}^2$$

403 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,0 = 720 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,0 = 8 \text{ W/m}^2$$

404 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,0 = 720 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,0 = 8 \text{ W/m}^2$$

407 TECHNICKÁ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (1000 \cdot 1)/5,8 = 172,414 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 1)/5,8 = 2,241 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

408 WC ŽENY

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (1000 \cdot 2)/13,3 = 150,376 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 2)/13,3 = 1,955 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

409 WC MUŽI

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (1000 \cdot 2)/8,8 = 150,376 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (13 \cdot 2)/8,8 = 2,955 \approx 3 \text{ W/m}^2$$

410 ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (765 \cdot 1)/1,5 = 510 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (9 \cdot 1)/1,5 = 6 \text{ W/m}^2$$

411 KUCHYŇKA

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (2880 \cdot 1)/15,4 = 187,013 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (36 \cdot 1)/15,4 = 2,338 \approx 2 \text{ W/m}^2$$

412 KANCELÁŘ

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 2)/15,4 = 701,299 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 2)/15,4 = 7,792 \approx 8 \text{ W/m}^2$$

413 ZASEDACÍ MÍSTNOST

$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 3)/30,9 = 524,272 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 3)/30,9 = 5,825 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

414 VELKOPROSTOROVÁ KANCELÁŘ

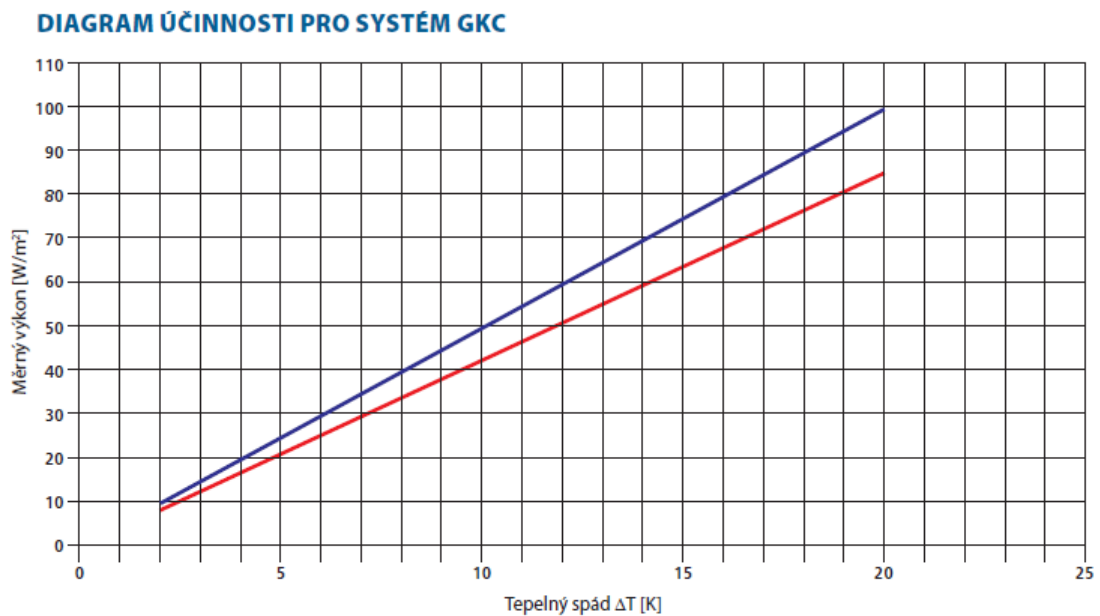
$$E_v = (\Phi_v \cdot n)/A = (5400 \cdot 31)/332,5 = 503,459 \text{ lx}$$

$$I_e = (P \cdot n)/A = (60 \cdot 31)/332,5 = 5,594 \approx 6 \text{ W/m}^2$$

2.4 Návrh výkonu chladicího zařízení

2.4.1 Výpočet efektivní účinnosti sálavého stropu

Nominální účinnost uvedená v grafu je účinnost naměřená ve zkušební komoře DIN a nebere v úvahu faktory, které skutečný výkon sálavého stropu ovlivňují.



Obrázek 4: Diagram účinnosti pro systém GKC (Technický manuál Giacoklima GKC)

Parametry pro chlazení:

$$T_m = 12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_r = 14 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 26^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 13 \text{ K}$$

$$Q_C = 53,8 \text{ W/m}^2$$

T_m ... vstupní teplota vody do panelu [$^\circ\text{C}$]

Tr ... teplota zpátečky z panelu [°C]

Ta ... teplota prostředí (místnosti) [°C]

ΔT ... tepelný spád (teplota prostředí minus střední teplota vody v panelu) [K]

Q_C ... měrný výkon panelu [W/m^2]

Pro vnitřní teplotu $T_a = 26$ °C je tepelný spád $\Delta T = (12 + 14)/2 - 20 = 13$ K

Součin korekčních faktorů výkonu

$$K = F_a \cdot F_v \cdot F_f = 0,9685 \cdot 1,15 \cdot 1,1 = 1,225$$

Pokud bude $K=1$, nominální účinnost bude odpovídat grafu účinnosti

- Fa – korekční faktor výšky místnosti

$$F_a = a - b \cdot H$$

$$F_a = 1,117 - 0,045 \cdot 3,3 = 0,9685$$

a, b ... experimentálně zjištěné koeficienty

H ... světlá výška místnosti [m]

Pro světlou výšku místností v rozsahu 2,5 až 5 m platí že $a = 1,117$, $b = 0,045$

- Fv – korekční faktor ventilace

Pokud použijeme nucenou výměnu vzduchu v místnosti, pohyb vzduchu v blízkosti chladného stropu zlepšuje konvekční část výměny tepla.

V případě, že bude použita vzduchotechnika, použijeme $F_v = 1,15$

Bez použití vzduchotechniky bude $F_v = 1$

- Ff – korekční faktor vnějšího tepelného zatížení

Obvykle se používá hodnota tohoto korekčního faktoru $F_f = 1,1$ až $1,2$

Koeficient C_C a n_C

Pro stropní panel typu GKC - C100:

$$C_C = 4,615$$

$$n_C = 1,024$$

Efektivní účinnost sálavého stropu:

$$Q_C = K \cdot C_C \cdot \Delta T^{n_C} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$\text{Pro vnitřní teplotu } 26 \text{ }^\circ\text{C} \dots Q_C = 1,225 \cdot 4,615 \cdot \Delta 13^{1,024} = 78,160 \text{ W/m}^2$$

Panel 1200 x 2000 mm (2,4 m²)

$$Q = Q_C \cdot 2,4 = 188 \text{ W}$$

Panel 1200 x 1000 mm a panel 600 x 2000 mm (1,2 m²)

$$Q = Q_C \cdot 1,2 = 94 \text{ W}$$

Q_C ... efektivní výkon stropu pro chlazení

$K = F_a \cdot F_v \cdot F_f$... součin korekčních faktorů výkonu – výšky, ventilace a vnějšího tepelného zatížení

C_C ... koeficient pro chlazení; jeho velikost je dána použitou konstrukcí stropu

$\Delta T = T_a - (T_r + T_m) / 2$... tepelný spád – teplota v místnosti / střední teplota vody v panelu

n_C ... koeficient pro chlazení

2.4.2 Stanovení výkonu a počtu tepelných čerpadel

Q_K – požadovaný výkon tepelného čerpadla [kW]

$Q_{CHL,h}$ – hodinová potřeba energie na chlazení [kW]

$Q_{TV,h}$ – hodinová potřeba tepla na přípravu TUV [kW]

$$Q_K = Q_{CHL,h} + Q_{TV,h}$$

$$Q_K = 54,5 + 10,86 = 65,36 \text{ kW}$$

Podle požadovaného výkonu zvolena kaskáda třech tepelných čerpadel MasterTherm Easy Master EM75Z.

MasterTherm Easy Master EM75Z

- Chladicí výkon: 21,787 kW v bodu bivalence (teplota vzduchu cca 3 °C)
- Rozměry:
 - Venkovní jednotka: 132x101x82 mm (VxŠxD)
 - Vnitřní jednotka: 120x53x72 mm (VxŠxD)
- Hmotnost:
 - Venkovní jednotka: 80 kg
 - Vnitřní jednotka: 200 kg

3 Závěr

Při zpracovávání diplomové práce jsem se snažil zvolit takové řešení systému vytápění a chlazení, abych mohl vhodně skloubit obě části - projekt vytápění i studii chlazení administrativní budovy. Proto jsem chtěl zvolit systém, kterým lze za pomoci tepelného čerpadla v letním období interiér chladit a v tom zimním vytápět. Po zvážení různých možností mě zaujal systém stropních sálavých panelů, umístěných v podhledu.

Hlavními jeho výhodami jsou kromě již zmíněné možnosti vytápět i chladit také bezhlučnost provozu, při kterém nedochází k víření prachu jako například u vzduchotechnického zařízení. Dále je to například rovnoměrné rozmístění teplot v prostoru a možnost napojení na nízkoteplotní zdroj tepla nebo chladu, například tepelné čerpadlo.

4 Seznam literatury a podkladů

1. BAŠTA, J. Velkoplošné sálavé vytápění. Podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení. Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3524-5
2. Gabotherm. Systémy stěnového a stropního vytápění/chlazení [online]. Převzato 13.11.2016. Dostupné na World Wide Web: <http://www.wolfcr.cz/fileadmin/content/CZ/Downloads/Ke_stazeni/Gabotherm/stenovka-strop-2014-CZ.pdf>
3. Wikipedie. Tepelné čerpadlo [online]. Naposledy editováno 12.4.2016. Převzato 13.11.2016. Dostupné na World Wide Web: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A9_%C4%8Derpadlo>
4. Archiweb. Přirozené větrání a noční chlazení (nejen) administrativních budov [online]. Vytvořeno 3.11.2016. Převzato 13.11.2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.archiweb.cz/news.php?action=show&type=9&id=20377>>

5. Inexco Argosy s.r.o. Temperování betonových konstrukcí vzduchem CONCRETCOOL [online]. Převzato 13.11.2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.inexco.cz/store/kiefer-concretcool-prospekt-cz.pdf/>>
6. TZBinfo. Konstrukční řešení nízkoteplotního vytápění a vysokoteplotního chlazení [online]. Vytvořeno 3.9.2012. Převzato 13.11.2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/8992-konstrukcni-reseni-nizkoteplotniho-vytapani-a-vysokoteplotniho-chlazen-3>>
7. Giacomini. Manuál stropního vytápění GKC a GKCS [online]. Převzato 13.11.2016. Dostupné na World Wide Web: <http://www.giacomini.cz/data/file/Stropy_GKC_manual.pdf>
8. Katedra technických zařízení budov K11125. Výpočet měrných tlakových ztrát třením R [Pa/m] [online]. Převzato 13.11.2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/reinberk/vypocty/dimtab.php>>
9. GB Energy. Absorpční chlazení [online]. Převzato 13.11.2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.gbenergy.eu/gb/chlazen.html>>
10. TZBinfo. Sorpční chladicí zařízení [online]. Převzato 13.11.2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazen/7712-sorpcni-chladici-zarizeni>>

5 Přílohy

5.1 Příloha 1: Výpočet tepelných zisků

5.2 Příloha 2: Výkon chladicích a otopných ploch



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov

125DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHA 1

Výpočet tepelných zisků

Tepelná zátěž

960114 - ČVUT FS katedra TZB

Zakázka: DP_K125.STV

TV v.4.4.2 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 29.12.2016

Výpočet tepelné zátěže podle ČSN 73 05 48

Stavba: Administrativní budova

Místo: České Budějovice

Zadavatel: ČVUT

Zpracovatel: **Jakub Čedík**

Zakázka: DP_K125.STV

Archiv:

Projektant: Jakub Čedík

Datum: 23.10.2016

E-mail: kuba.cedik@gmail.com

Telefon: +420 721 963 288

měsíc: červenec $t_{\text{emax}} = 30,0^{\circ}\text{C}$ opravný činitel $c_0 = 1,00$

č.m.	název	t_v °C	Δt K	τ_{max} h	Q_{osl} W	k_{Mm} %	$Q_{\text{lidé}}$ W	$Q_{\text{osv.}}$ W	Δt_v K	Q_v W	Q_{tech} W	$Q_{\text{jiné}}$ W	$Q_{\text{citelné}}$ W	kx	Q_{celkem} W
101	ZÁDVEŘÍ	26	2	7	40	0,0	0	10	4,0	0	0	0	50	1,00	50
102	HALA	26	2	7	0	0,0	0	27	4,0	0	0	0	27	1,00	27
103	OBCHODNÍ PLOCHA	26	2	7	216	0,0	1 776	1 623	4,0	0	149	0	3 764	1,00	3 764
104	ODPAD	26	2	8	79	0,0	0	11	4,0	0	0	0	89	1,00	89
105	SCHODIŠTĚ	26	2	16	550	0,0	0	103	4,0	0	0	0	653	1,00	653
107	TECHNICKÁ MÍSTNOST	26	2	7	11	0,0	0	20	4,0	0	0	0	31	1,00	31
108	OBCHODNÍ PLOCHA	26	2	7	422	0,0	1 776	1 656	4,0	0	149	0	4 003	1,00	4 003
201	CHODBA	26	2	13	113	0,0	0	142	4,0	0	0	0	254	1,00	254
202	KANCELÁŘ	26	2	8	419	0,0	229	185	4,0	0	540	0	1 374	1,00	1 374
203	KANCELÁŘ	26	2	8	210	0,0	115	120	4,0	0	302	0	746	1,00	746
204	KANCELÁŘ	26	2	8	210	0,0	115	120	4,0	0	302	0	746	1,00	746
207	TECHNICKÁ MÍSTNOST	26	2	7	0	0,0	0	12	4,0	0	119	0	131	1,00	131
208	WC ŽENY	26	2	7	4	0,0	0	27	4,0	0	0	0	31	1,00	31
209	WC MUŽI	26	2	7	5	0,0	0	27	4,0	0	0	0	31	1,00	31
210	ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST	26	2	7	2	0,0	0	9	4,0	0	0	0	11	1,00	11
211	KUCHYŇKA	26	2	8	210	0,0	0	31	4,0	0	0	0	241	1,00	241
212	KANCELÁŘ	26	2	8	210	0,0	115	123	4,0	0	302	0	750	1,00	750
213	ZASEDACÍ MÍSTNOST	26	2	8	428	0,0	229	185	4,0	0	540	0	1 382	1,00	1 382
214	KANCELÁŘ	26	2	15	735	0,0	344	254	4,0	0	778	0	2 110	1,00	2 110
215	KANCELÁŘ	26	2	16	253	0,0	177	128	4,0	0	421	0	979	1,00	979
216	KANCELÁŘ	26	2	16	253	0,0	177	128	4,0	0	421	0	979	1,00	979
217	KANCELÁŘ	26	2	16	506	0,0	344	240	4,0	0	778	0	1 867	1,00	1 867
218	KANCELÁŘ	26	2	16	506	0,0	344	259	2,0	0	778	0	1 888	1,00	1 888
219	KANCELÁŘ	26	2	16	253	0,0	177	123	4,0	0	421	0	973	1,00	973
220	KANCELÁŘ	26	2	16	253	0,0	177	123	4,0	0	421	0	974	1,00	974
221	KANCELÁŘ	26	2	16	639	0,0	344	254	4,0	0	778	0	2 014	1,00	2 014
301	KANCELÁŘ	26	2	8	209	0,0	115	122	4,0	0	302	0	748	1,00	748
302	KANCELÁŘ	26	2	8	210	0,0	115	118	2,0	0	302	0	744	1,00	744
303	KANCELÁŘ	26	2	8	210	0,0	115	120	4,0	0	302	0	746	1,00	746
304	KANCELÁŘ	26	2	8	210	0,0	115	120	4,0	0	302	0	746	1,00	746
307	TECHNICKÁ MÍSTNOST	26	2	7	0	0,0	0	12	4,0	0	119	0	131	1,00	131
308	WC ŽENY	26	2	7	4	0,0	0	27	4,0	0	0	0	31	1,00	31
309	WC MUŽI	26	2	7	3	0,0	0	27	4,0	0	0	0	29	1,00	29
310	ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST	26	2	7	2	0,0	0	9	4,0	0	0	0	11	1,00	11
311	KUCHYŇKA	26	2	8	210	0,0	0	31	4,0	0	0	0	241	1,00	241

Tepelná zátěž

960114 - ČVUT FS katedra TZB

Zakázka: DP_K125.STV

TV v.4.4.2 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 29.12.2016

č.m.	název	t_v °C	Δt K	τ_{max} h	Q_{osl} W	k_{Mm} %	$Q_{lidé}$ W	$Q_{osv.}$ W	Δt_v K	Q_v W	Q_{tech} W	$Q_{jiné}$ W	$Q_{citelné}$ W	kx	Q_{celkem} W
312	KANCELÁŘ	26	2	8	210	0,0	115	124	4,0	0	302	0	750	1,00	750
313	ZASEDACÍ MÍSTNOST	26	2	8	428	0,0	229	185	4,0	0	540	0	1 382	1,00	1 382
314	VELKOPROST. KANCELÁŘ	26	2	16	3 393	0,0	1 491	1 995	4,0	0	3 204	0	10 084	1,00	10 084
401	KANCELÁŘ	26	2	8	232	0,0	115	122	4,0	0	278	0	746	1,00	746
402	KANCELÁŘ	26	2	8	228	0,0	115	118	4,0	0	278	0	739	1,00	739
403	KANCELÁŘ	26	2	8	230	0,0	115	120	4,0	0	278	0	742	1,00	742
404	KANCELÁŘ	26	2	8	230	0,0	115	120	4,0	0	278	0	742	1,00	742
407	TECHNICKÁ MÍSTNOST	26	2	7	8	0,0	0	12	4,0	0	119	0	138	1,00	138
408	WC ŽENY	26	2	7	23	0,0	0	27	4,0	0	0	0	49	1,00	49
409	WC MUŽI	26	2	7	15	0,0	0	27	4,0	0	0	0	42	1,00	42
410	ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST	26	2	7	5	0,0	0	9	4,0	0	0	0	14	1,00	14
411	KUCHYŇKA	26	2	8	231	0,0	0	31	4,0	0	0	0	262	1,00	262
412	KANCELÁŘ	26	2	8	231	0,0	115	124	4,0	0	278	0	747	1,00	747
413	ZASEDACÍ MÍSTNOST	26	2	8	471	0,0	229	185	4,0	0	540	0	1 425	1,00	1 425
414	VELKOPROST. KANCELÁŘ	26	2	16	3 816	0,0	1 491	1 995	4,0	0	3 204	0	10 506	1,00	10 506

Výpočet hodnoty Q_v je proveden pro hodnotu Δt_v

Celkový potřebný výkon zdroje chladu

τ_{max} h	Q_{osl} W	$Q_{lidé}$ W	$Q_{osv.}$ W	Q_v W	Q_{tech} W	$Q_{jiné}$ W	$Q_{citelné}$ W	Q_{celkem} W
15	13 951	11 026	11 710	0	17 825	0	54 512	54 512

 τ_{max} - doba maxima zisků z oslunění



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov

125DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHA 2

Výkon chladicích a otopných ploch

TYP	ROZMĚR [mm]	VÝKON [W]		
		CHLAZENÍ	VYTÁPĚNÍ	
			ti = 15°C	ti = 20°C
GIACOKLIMA GKC	1200x2000	188	312	204
	1200x1000	94	156	102
RADIK VK	600x800		435	-
	600x700		381	-
KORALUX	1220x750		-	311
LINEAR MAX	700x750		-	181

Č. MÍSTNOSTI	POČET						CHLAZENÍ	VYTÁPĚNÍ
	GIACOKLIMA GKC		RADIK VK 22		KORALUX LINEAR MAX		VÝKON [W]	VÝKON [W]
	1200x2000	1200x1000	600x800	600x700	1220x750	700x750		
101								
102			1				435	
103	36	4				7144	7752	
104								
105				1			381	
107								
108	45					8460	9180	
201								
202	6	3				1410	1530	
203	4					752	816	
204	4					752	816	
205				1			381	
206								
207								
208					1		311	
209						1	181	
210								
211	1	1				282	468	
212	4					752	816	
213	6	3				1410	1530	
214	10	3				2162	2346	
215	5	1				1034	1122	
216	5	1				1034	1122	
217	8	4				1880	2040	
218	8	4				1880	2040	
219	5	1				1034	1122	
220	5	1				1034	1122	
221	9	4				2068	2244	
301	4					752	816	
302	4					752	816	
303	4					752	816	
304	4					752	816	
305				1			381	
306								
307								
308					1		311	
309						1	181	
310								
311	1	1				282	468	
312	4					752	816	
313	6	3				1410	1530	
314	54					10152	11016	
401	4					752	816	
402	4					752	816	
403	4					752	816	

404	4						752	816
405				1				381
406								
407								
408					1			311
409						1		181
410								
411	1	1					282	468
412	4						752	816
413	7	2					1504	1632
414	54	4					10528	11424

VÝKON CELKEM [W]							64766	74199
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--------------	--------------