

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh chlazení datového centra a vzduchotechniky přilehlých kanceláří
Jméno autora:	Bc. Petr Mísař
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta stavební (FSv)
Katedra/ústav:	Katedra Technických zařízení budov
Oponent práce:	Ing. Bohumil Cimbál
Pracoviště oponenta práce:	ATREA s.r.o.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> Autor diplomové práce zpracoval nejen projekt větrání kancelářského prostoru, ale také se zabýval poměrně netypickou aplikací chlazení datového centra. Hledání podkladů pro návrh a výpočty bylo jistě výrazně složitější. Proto považuji zadání za náročnější.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i> Diplomová práce splňuje zadání. Oproti zadání chybí návrh zdroje chladu pro VZT kancelářského prostoru, ale to lze přehlédnout. Prakticky by šlo pouze o vytipování z katalogu.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i> Postup z pohledu projekční práce byl zvolen správně. Trochu postrádám důkladnější zdůvodnění použitých technologií, zejména těch méně typických jako jsou indukční jednotky pro kanceláře nebo adiabatické jednotky se split systémem strojního chlazení.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> Projektová dokumentace je na profesionální úrovni. Teoretická část je vypracována s výjimečnou pečlivostí v dostatečně širí i odborné hloubce.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> Diplomová práce je zpracována pečlivě a přehledně.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i> Teoretická část v dostatečné míře využívá v současnosti podkladů a opírá se o nejnovější poznatky. Autor projektu přikládá i technické podklady výrobců jednotlivých zařízení.	

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

VZT pro kancelářské prostory:

- V celkové bilanci bych očekával i energetické shrnutí a tedy požadavek na dimenzování zdroje tepla a zdroje chladu pro VZT systémy.
- K návrhu rozvodů vzduchu mám jen drobné připomínky:
 - Tlumič hluku na odtahovém potrubí je umístěn až v místnosti 5.10. Lepší by asi bylo řešit útlum v rámci VZT jednotky na střeše nebo v potrubí před vstupem do místností. I když je 5.10 jen denní místnost, bude do ní hluk přenášen.
 - Tlumiče hluku na svislém potrubí (7.03) mají sloužit k zamezení přeslechů mezi podlažími? Nebo tlumí hluk od VZT jednotek?
 - V místnosti 5.10 odtahové potrubí podbíhá pod přívodním. Dochází k jeho výraznému zploštění (patrné v řezu B-B'). Očekával bych kompenzaci například rozšířením profilu. Nemáte obavy z velké lokální ztráty a především akustického efektu?
 - Pro návrh větracích elementů postrádám zdůvodnění, proč jsou použity právě indukční jednotky, jak to souvisí s členěním a variabilitou prostoru, se světlou výškou atd.
- K návrhu VZT jednotek mám tyto otázky a připomínky:
 - U takto vybavené jednotky bych očekával dvoustupňovou filtraci přiváděného vzduchu (kvalitnější filtrace, méně časté výměny filtrů)
 - Asi bych umístil odlučovač kapek až za zvlhčovač, nikoli mezi chladič a zvlhčovač. Zejména před potrubním kolenem směrem dolů do objektu.
 - Umístění ohřívače před chladičem neumožňuje režim odvlhčování. Bylo by dobré na to alespoň upozornit.
 - Nikde nevidím výpočet výkonu výměníků topení a chlazení pro návrh jednotky ani jako podklad pro profese topení a chlazení. Ani z podkladů výrobce není zřejmá teplota za rekuperátorem a potřebný topný příkon.
 - Jaká jsou použita média – voda, elektroohřev, chladivo...? Přestože projekt topení a chlazení není součástí práce, měly by být zřejmé parametry rozhraní (potřebné energie, uvažované teploty vody a podobně).
 - Kde bude umístěna regulace jednotky? A co regulační uzle topení a chlazení, budou venku?
- Regulace potrubních prvků je velmi vhodně a moderně navržena na základě koncentrace CO₂. Regulace chladicích trámčů bude prováděna podle teploty v interiéru. Ale podle čeho se bude řídit VZT jednotka (otáčky, teploty, bypass)? Stačí stručně popsat ideu.

Chlazení datového sálu

- V úvodu by bylo dobré zmínit, jaké bylo zadání od investora. Například zda byl instalovaný výkon ICT převzat od investora nebo počítán autorem projektu, zda je započtena nějaká rezerva pro rozvoj (zvýšení hustoty zátěže) atd.
- V teoretické práci je správně zmíněna klasifikace podle TIER, ale v projektu není popsána žádná souvislost, proč byla použita právě redundance n+1. Požadavek investora?
- Použité jednotky Hoval s možností freecoolingu a adiabatického nepřímého chlazení jsou energeticky zajímavým řešením. Postrádám ale nějaké odůvodnění, proč jsou použity právě v tomto konkrétním projektu. Byl stanoven nějaký očekávaný limit PUE (nebo třeba i WUE)? Bylo by možné využívat odpadní teplo?
- Jednotka Hoval má dle technického listu instalovaný (volitelný) vodní chladič o výkonu cca 12kW? Není ale nikde popsáno, zda a jak je možné doplnit o výparník o výkonu 100kW. Obsahuje regulace Hoval řízení výparníku (expanzního ventilu)?
- Jednotky využívající nepřímý freecooling budou velmi náročné na výměnu filtrů venkovního vzduchu. Zamýšlel se autor nad způsoby, jak minimalizovat tyto provozní náklady a pracnost?
- V reálném případě bych doporučoval provést rychlou CFD simulaci průběhu proudění vzduchu nebo alespoň tlaků pod zdvojenou podlahou. Měl bych obavu, aby perforované dlaždice umístěné nejlíže k CRAC jednotkám nebyly v podtlaku způsobeném rychlostí proudění. Pokud ano, jaké by autor navrhl řešení? Také by bylo dobré ověřit redundanci v případě výpadku krajních CRAC jednotek.
- Systém chlazení neumožňuje žádné využití odpadního tepla. Jaké řešení by přicházelo do úvahy?
- Doporučil bych více popsat prvky pro správnou cirkulaci oleje v chladivovém systému (sifony, sklony potrubí...)

- Není zřejmý způsob řízení kondenzační jednotky. Expanzní ventil je mimo kondenzační jednotku i mimo CRAC jednotku. Je jeho řízení součástí dodávky Hoval? Pravděpodobně je řízen podle teploty vydechovaného vzduchu. Ta se měří? Nebo se měří teplota ve studené zóně před racky? A jak je řízen výkon kompresorů? Je nějaké snímání výparné teploty? Toto téma není dostatečně vyjasněno. Kapitola Regulace na str. 5 Technické zprávy popisuje spíš komunikaci mezi jednotkami než skutečný princip regulace.
- Ochrana proti hluku se zabývá pouze vnitřním prostorem DC, který je z tohoto pohledu nenáročný. Daleko větší problém bude u venkovního hluku, a to nejen od kondenzačních jednotek na střeše, ale také od nasávacích a výfukových žaluzií chladičho vzduchu CRAC jednotek. Myslím, že tam bude hluková zátěž enormní. Navíc rozebíratelná obvodová stěna asi nebude mít příliš velký akustický útlum. Bylo by dobré to zmínit a požadovat akustickou studii.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Diplomová práce byla vypracována velmi pečlivě a zejména teoretická část má přínos pro pochopení šíře problematiky chlazení datových center. V celém projektu mi chybí snad jen lepší vysvětlení zamýšlené regulace. Vždy by měl být popsán alespoň princip, jak si autor představuje chování navrženého systému za různých vnitřních a venkovních podmínek, závislosti jednotlivých prvků a možnosti, jak ovlivnit celkovou energetickou náročnost při provozu.

Doplňující otázky jsem již zmínil v předchozí části.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 31.1.2019

Podpis: Ing. Bohumil Cimbál

