

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	KLIMATIZACE DATOVÝCH CENTER
Jméno autora:	Jan Lutz
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav techniky prostředí
Oponent práce:	Ing. Pavel Herout
Pracoviště oponenta práce:	ALTRON, a.s.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b> <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	<b>náročnější</b>
Vložte komentář.	

<b>Splnění zadání</b> <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>	<b>splněno</b>
Vložte komentář.	

<b>Zvolený postup řešení</b> <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	<b>správný</b>
Vložte komentář.	

<b>Odborná úroveň</b> <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	<b>B - velmi dobře</b>
Vložte komentář.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b> <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	<b>A - výborně</b>
Vložte komentář.	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b> <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>	<b>B - velmi dobře</b>
Vložte komentář.	

<b>Další komentáře a hodnocení</b> <i>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.</i>	
5.1 Popis objektu Co se týče umístění datového centra nebo serverovny je vhodné toto řešit uvnitř budovy tak, aby technologické prostory byly obklopeny nejlépe klimatizovanými chodbami nebo místnostmi. Tím se snadno docílí požadované fyzické oddělení prostor (zónování, bezpečnostní koridory) včetně eliminace tepelných zisků z oslunění.	
5.3.6. Tepelný tok	

U volby vnitřní výpočtové teploty (19 °C) lze u stropu (i vzhledem ke způsobu oddělení teplé a studené uličky) předpokládat vyšší teplotu (dále uváděných 33 °C). Jedná se tedy o zjednodušení podmínek pro výpočet tepelné zátěže. V reálných podmínkách by se u tepelné zátěže střešní konstrukce tedy spíše jednalo o tepelnou ztrátu než uvažovaný zisk.

#### 5.4 Tepelná zátěž osob

Vypočtená zátěž 168 W/osobu se zdá být v porovnání s údaji v dostupné literatuře vyšší. Obvykle tuto zátěž u středních až velkých DC zanedbáváme. Dle Technického průvodce „Větrání a klimatizace“ od autorů J. Chyský, K. Hemzal a kol. se může jednat o 77-79 W/os.

#### 5.6.1. Celkové tepelné zisky místnosti

Uváděné hodnoty ve vzorci  $Q_d$  (502 vs. 504 v kap. 5.4) a  $Q_{3os}$  (3572 vs. 3075 v kap. 5.5) jsou rozdílné od vypočtených hodnot v předchozích kapitolách. Dále může být zanedbaný tepelný zisk od přívodu čerstvého vzduchu.

#### 5.7 Přídavný chladicí výkon

U záložních chladicích jednotek nebo jiných komponent se jedná o tzv. redundantní prvky pro podporu možnosti údržby a servisu systému za provozu DC (a IT).

U zmiňovaných jednotek lze uvažovat s relevantní integrovanou redundancí pouze v případě, že je vybavena redundantním řídicím systémem.

#### 5.7.2. Aktivní redundance

Snížení spotřeby energie je doprovodným efektem společného provozu všech jednotek. Jedná se především o snížení příkonu motorů ventilátorů a využití větší teplosměnné plochy.

#### 5.9 Potřebný chladicí výkon

Navýšení o 30 % kvůli neuvažovaným tepelným zátěžím je poměrně velké a předpokládám, že se využívá pro korekci zátěží v ostatních částech DC tedy např. místnostech UPS, NN rozvodnách a MMR místnostech.

#### 6 Návrh chladicího systému

Uzavření teplých uliček vede obecně na vyšší efektivitu provozu.

Navržené parametry vzduchu ve studené uličce 19 °C / 50–60 % r.v. jsou z dnešního pohledu konzervativní. Dle uvedeného psychrometrického diagramu (ASHRAE) se pohybujeme na hranici doporučené obálky. Teplotu bych volil na hodnotě 23–25 °C (vyšší využití volného chlazení) a relativní vlhkost mezi 30 a 40 % (nižší nároky na zvlhčování v zimním období).

#### 6.1.1. CyberAir 3PRO ASR CW

Navržená teplota chlazené vody 6/12 °C se dnes v praxi pohybuje na hodnotách 10/15 °C spíše 19/24 °C.

Uváděný chladicí výkon je pravděpodobně hodnotou celkového citelného chladicího výkonu (bez odečtení příkonu motoru ventilátorů).

#### 6.1.3. Shrnutí chladicích výkonů

Tabulka by měla uvádět přesné typy zařízení (1040; 1080). Chladicí výkon 352 kW je využitelným chladicím výkonem. V hodnotě potřebného chladicího výkonu je již obsažena 30% rezerva, která je na zváženu s ohledem na výši investičních nákladů.

#### 7 CyberCool 2

Tabulka 7.1 neobsahuje informaci o návrhové teplotě venkovního vzduchu, která se obvykle navrhuje na 20leté letní maximum dané lokality. Chladicí výkon chilleru (blokové chladicí jednotky) obsahuje další výkonovou rezervu, která se odrazí v investičních nákladech.

#### 7.1.1. Energetická účinnost

Obrázek 28 – poměry by se mohly významně zlepšit ve prospěch volného chlazení v případě zvýšení návrhové teploty chlazené kapaliny.

#### 7.1.2. Výpočet spotřeby energie chladicí jednotky

7.1.2.1. S využitím volného chlazení

Počet hodin v roce pro režim „Free cooling“ bývá u podobných systémů na hodnotě vyšší než 3000 hodin.

7.1.3. Porovnání

Uváděná průměrná cena elektrické energie se u provozovatelů datových center pohybuje často na ceně 2,5 Kč/kWh a méně.

8 ZÁVĚR

V dnešních návrzích datových sálů se občas nevyužívá zdvojené podlahy, neboť se tím eliminuje tlaková ztráta na straně vzduchu a snižuje se náročnost vestavby zdvojené podlahy. Naopak je nutno řešit vedení silnoproudých a slaboproudých kabeláží nad datovými stojany.

### 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.*

Bakalářská práce se věnuje z velké části klimatizaci datových center (DC) s důrazem na efektivitu. Z hlediska podílu spotřeby infrastruktury celého datového centra je klimatizace významným spotřebičem, a proto je tento hodnocený aspekt velmi prospěšným. Lze k tomu doplnit, že z pohledu provozovatelů, a zvláště uživatelů IT techniky v DC, je vhodné začínat s posuzováním a ovlivňováním efektivity právě u provozovaných IT technologií. Volba IT technologie má také vliv na návrh datového centra zvláště v oblasti dostupnosti, definice vnitřního prostředí a efektivity. Důležitým poznatkem jsou zmíněné kapalinou chlazené elektronické součástky (IT), které v posledních letech zaznamenávají významný růst.

V teoretické části bylo čerpáno z mnoha zdrojů a provedena jejich poctivá rešerše. Z tohoto důvodu je v bakalářské práci užito mnoho terminologických rozmanitostí, které však nepůsobí negativně na celkový výsledek. Úvodem této části je historie DC včetně náhledu na historické souvislosti a začátky klimatizačních a chladicích systémů. Hodnotící činitel PUE (Power Usage Effectiveness) a jeho popisované ovlivňující faktory jsou klíčovou částí teorie v této práci. V kapitole 4.5 Free cooling (Volné chlazení) je doplněn pohled na způsoby zvýšení účinnosti odvodu tepla z datového centra. Mezi dalšími systémy DC nejsou zmíněny náhradní zdroje elektrické energie (např. motorgenerátory) a stabilní hasicí zařízení.

V praktické části je navržen vodní systém využívající chlazenou kapalinu pro odvod tepla do okolního vzduchu. Tento systém se při vhodném návrhu řídicího systému vyznačuje vysokou dostupností a velmi snadným využitím volného chlazení pro snížení celkové energetické náročnosti DC. Po výkonové stránce je systém navržen velmi robustně až naddimenzovaný. V praxi by tento systém byl značně nákladný a velmi pravděpodobně porovnáván s jinými způsoby řešení odvodu tepla např. metodou výpočtu TCO (Total Cost of Ownership), tedy celkových nákladů na vlastnictví. Jedná se o obvyklé vyhodnocení investičních a provozních nákladů po celou dobu životnosti DC v projekční fázi.

Vítanou výzvou u navrženého systému může být zvýšení návrhové teploty na sání IT technologií a dále zvýšení teploty chlazené kapaliny, které povede k rozšíření využití volného chlazení a dalšímu snížení energetické náročnosti DC. V našich podmínkách je využití volného chlazení při teplotách okolí mezi 0 a 10°C velmi žádané pro vysoký výskyt těchto teplot v roce.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 24.8.2021

Podpis: