



CONTEG

white paper

---

Absolutní a relativní vlhkost prostředí

Přesná a komfortní klimatizace

Trendy a zkušenosti z oblasti datových center

Zpracoval: CONTEG

Datum: 30. 3. 2010

Verze: 1.11 CZ

© 2013 CONTEG. Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být použita, reprodukována, dále šířena nebo uložena v jakémkoli vyhledávacím systému bez písemného souhlasu vlastníka autorských práv.

## Obsah

Úvod.....	3
Vlhkost prostředí v datovém sále.....	3
Jak pracuje vlhkost v datovém sále? .....	3
Relativní vs. absolutní vlhkost .....	4
Centrální vs. distribuované řízení vlhkosti v datovém centru .....	4
Přesná klimatizace a komfortní klimatizace.....	5
Odlišné technické charakteristiky pro různé účely.....	5
Vliv objemu a rychlosti vzduchu.....	6
Provoz a způsob fungování.....	6
Rozdíly ve výkonnosti a technickém návrhu .....	8
Poměr latentního a vnímatelného výkonu .....	8
Vliv návrhových charakteristik jednotky na výkonnost .....	9
Případ A1: Omezená povrchová teplota a změna vlhkosti při konstantní okolní teplotě	10
Případ A2: Omezená povrchová teplota a změna okolní teploty a vlhkosti .....	10
Případ B: Snížená povrchová teplota a změna okolní teploty a vlhkosti .....	11
Závěr: Pouze správné řešení může vést k požadovanému výsledku .....	13

## Úvod

**Dnes se klimatizace stává stále důležitější součástí plánování budov, protože vedle regulace vnitřního ovzduší ovlivňuje energetickou účinnost a provozní náklady budovy. Moderní klimatizační technologie poskytují přesně vyladěné řešení pro různé provozní požadavky a různé typy prostředí. Správné vnímání významu absolutní a relativní vlhkostí vzduchu v prostoru bez trvalé přítomnosti osob, například v datovém centru, vede k požadavku na řízení teploty rosného bodu. Volba vhodné klimatizační technologie je přitom základním předpokladem pro zajištění optimálních parametrů prostředí pro provoz IT zařízení v tomto speciálním typu prostředí.**

## Vlhkost prostředí v datovém sále

Je zřejmé, že většina IT manažerů nejsou meteorologové, avšak porozumění základním faktům o vlhkosti prostředí, tedy čím je a jaký má vliv na datový sál, může ovlivnit, jak dlouho vaše IT zařízení vydrží a jak vysoké budou účty za spotřebovanou elektrickou energii.

### Jak pracuje vlhkost v datovém sále?

Vlhkost v sále se měří jako koncentrace vodních par ve vzduchu. Je-li v datovém sále příliš vysoká vlhkost, vzniká riziko vzniku kondenzátu na pevných dílech a elektrických součástkách, což může vést k jejich poškození. Vysoká vlhkost může navíc způsobovat vznik kondenzátu na tepelném výměníku chladicí jednotky a zvyšovat její výkon na úroveň, při které již nedochází k tvorbě kondenzátu. To vše vede ke zbytečnému, tzv. latentnímu chlazení, které stojí peníze.

Na druhou stranu, je-li vlhkost příliš nízká, v datovém sále mohou nastat elektrostatické výboje. Tyto elektrostatické jevy mohou ovlivnit elektronická zařízení a způsobit jejich poruchu. Je-li relativní vlhkost nižší než 20%, vyskytují se i spontánní poruchy samotných zařízení (triboelektrický jev).

Tradiční způsob měření vlhkosti v datovém sále představuje sledování relativní vlhkosti. Relativní vlhkost je dána jako procentuální poměr vyjadřující obsah vody ve vzduchu při určité teplotě vůči maximálnímu obsahu vody, který může vzduch absorbovat. Americká společnost ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) v minulosti doporučovala udržovat relativní vlhkost v rozsahu od 40 do 55%, ale později se vyjádřila, že vlhkost by měla být měřena spíše rosným bodem než hodnotou relativní vlhkosti. ASHRAE se dokonce vyjádřila, že rozsah 20 až 80% je „přijatelný“, ale zároveň doporučila rozsah 20 až 55%. Organizace TIA (Telecommunication Industry Association) doporučuje 35 až 65%.

Udržování vlhkosti v předepsaném rozsahu může být obtížné, protože podmínky v datovém sále se často mění. Teplota v sále je například navázána na okamžitý výkon IT zátěže. Podmínky v různých částech datového sálu se také mohou lišit a tím způsobovat různé chování chladicích jednotek a ztěžovat tak řízení vlhkosti.

## Absolutní vs. relativní vlhkost

Absolutní vlhkost je obsah vody ve vzduchu bez ohledu na jeho teplotu. Lze ji také vyjádřit jako rosný bod. Absolutní vlhkost zůstává stále stejná. – To je odlišné od relativní vlhkosti, která při nárůstu teploty v sále klesá. ASHRAE doporučuje, aby datová centra měřila vlhkost pomocí rosného bodu, který by se měl držet v rozsahu od 5,5 do 15° C, což odpovídá relativní vlhkosti 40% až 75% při teplotě vzduchu 20°C.

Proč je lepší měřit rosný bod nebo absolutní vlhkost?

Je-li teplota vzduchu na vstupu serveru 20° C při relativní vlhkosti 40%, můžeme si myslet, že je vše v pořádku, protože jsou splněny minimální požadavky. Při průchodu vzduchu serverem se však vzduch ohřeje. To způsobí pokles jeho relativní vlhkosti až na 20%, i když jeho absolutní vlhkost zůstane stejná. Vzduch na výdechu tedy nemá parametry, které pokládáme pro IT prostředí za optimální.

Pokud se na základě změřené nízké relativní vlhkosti rozhodnete zvlhčovat vzduch na 40 až 55% relativní vlhkosti, výsledkem bude vytváření kondenzátu na tepelném výměníku sálové chladicí jednotky. Aby kondenzát nevznikal, jednotka musí zvýšit výkon a spotřebuje více energie. Řízení jednotky podle absolutní vlhkosti (či rosného bodu) je proto vhodnější.

## Centrální vs. distribuované řízení vlhkosti v datovém centru

Existují dohady, zda je lepší v datovém centru používat jedno vzduchotechnické zařízení pro sledování a řízení vlhkosti nebo zda upřednostnit řešení s více individuálně řízenými klimatizačními systémy.

Zkušenost ukazuje, že centrální zvlhčovač představuje zejména pro menší datová centra relativně vysokou počáteční investici. Dosažitelné úspory jsou nepřímé - projeví se jako dílčí snížení provozních nákladů. V malých a středních instalacích je navíc řízení vlhkosti o něco obtížnější, protože ostatní prostory v budově obvykle nemají řízené prostředí. Přesto existuje případ, kdy je použití samostatného zvlhčovače vhodné i pro malá datová centra: **pro více bočních chladicích jednotek určených pro chlazení rozvaděčů s vyšší výkonovou hustotou.** Pro tento případ centrální řízení vlhkosti eliminuje stav, při kterém by jedna chladicí jednotka chladila, druhá odvlhčovala a třetí zvlhčovala.

Protože můžeme řídit pouze jednu hodnotu vlhkosti (relativní nebo absolutní), je žádoucí pracovat s absolutní vlhkostí spočítanou na základě změřené teploty vzduchu a jeho relativní vlhkosti. Důvodem je, že datová centra pracují správně pouze pokud se **teplota i relativní vlhkost** pohybují v povoleném rozsahu. Nejdůležitějším cílem systému pro řízení vlhkosti je regulace kondenzace. Jediným skutečným nebezpečím pro horký mokřý vzduch je, že snadno zkondenzuje, pokud jeho teplota poklesne pod teplotu rosného bodu.

## Přesná klimatizace a komfortní klimatizace

Komfortní klimatizační jednotky „Split“ (systém mající vnitřní a vnější díl) udržují teplotu a vlhkost v kancelářích a dalších místnostech využívanými osobami v rozmezí, které lidé vnímají jako příjemné. Na druhé straně, místnosti pro technické zařízení obecně vyžadují přesnou klimatizaci, protože zde je prvořadý úkol odvádět mnoho tepla a udržovat přesnou teplotu a vlhkost.

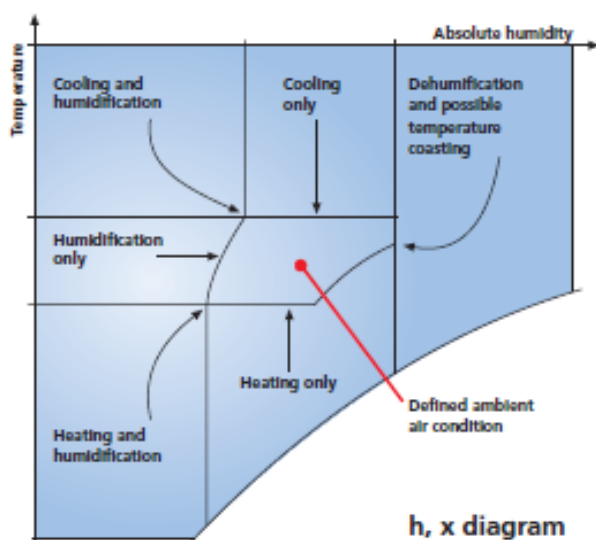
## Odlíšné technické charakteristiky pro různé účely

Požadavky na klimatizaci místností pro technické zařízení a užívaných osobami se liší.

Komfortní klimatizační jednotky mohou topit a chladit a zajišťovat neregulované odvlhčování. Naproti tomu technické aplikace vyžadují přesné dodržení teplot v místnosti a obvykle vlhkost vzduchu v úzkých mezích, aby se zabránilo vytváření elektrostatického náboje.

Dovolené podmínky pro vzduch v místnosti se popisují například ve směrnici VDI 2054. Přesné klimatizační jednotky mohou současně chladit a topit, a také dosáhnout přesné vlhkosti vzduchu řízeným zvlhčováním a odvlhčováním.

Při kolísání (hysterezi)  $\pm 0,5$  Kelvinů, způsobené řízením přesné klimatizační jednotky, jsou odchylky velmi malé a relativní vlhkost se udržuje s kolísáním pouze  $\pm 3$  %. Přirozeně, přesná klimatizační jednotka zahájí příslušné funkce automaticky, aby mohl být přesně dosažen žádaný stav v místnosti (viz obrázek 1: Nutná klimatizační opatření k dosažení správných podmínek v místnosti).



### Legenda:

Cooling and humidification	- Chlazení a zvlhčování
Cooling only	- Pouze chlazení
Dehumidification and possible temperature coasting	- Odvlhčování a možná tepelná setrvačnost
Defined ambient air condition	- Definovaný stav okolního vzduchu
Humidification only	- Pouze zvlhčování
Heating and humidification	- Topení a zvlhčování
Heating only	- Pouze topení
Absolute humidity	- Absolutní vlhkost
Temperature	- Teplota

Obrázek 1 - Nutná klimatizační opatření k dosažení správných podmínek v místnosti

## Vliv objemu a rychlosti vzduchu

V místnostech pro technická zařízení se musí vyloučit nebezpečná horká místa. Aby se dosáhlo optima mísením vzduchu a zajistilo se odvedení velkého množství tepla, přesné klimatizační jednotky musí uvádět do oběhu ohromné množství vzduchu (až 30000 m<sup>3</sup>/h). Využitelný prostor pro instalaci klimatizačních jednotek v místnostech pro technické zařízení je malý a nákladný. V době, kdy je cena za čtvereční metr vysoká, přesné klimatizační systémy musí zajistit maximální výstup s velkými objemy vzduchu na co nejmenší možné ploše. Proto jsou výstupní rychlosti vzduchu až 3 m/s, čtyřikrát vyšší než u komfortních klimatizačních jednotek. Tam, kde je důležitý komfort klimatizace, musí být pohyb vzduchu v místnosti pokud možno neznatelný, aby nevznikl průvan. Z tohoto důvodu jsou komfortní klimatizační jednotky optimalizovány, aby vytvořily příjemné podmínky v místnosti při malém množství vzduchu (300 až 2000 m<sup>3</sup>/h) a velmi malé rychlosti vzduchu (0,2 až 0,5 m/s). Kvůli tomuto malému objemu vzduchu pracují obvykle komfortní klimatizační systémy s hysterezí regulace +/- 1,5 Kelvinů. Objem a rychlost vzduchu mají vliv na úroveň hluku jednotek – další důležitý činitel pro komfortní klimatizaci v místnosti. Pro jednoduchost, 6 dB(A) snížení úrovně hluku je vnímáno jako jeho polovina, bez ohledu na výchozí velikost. Proto i malé změny úrovně hluku mají velký účinek. Moderní komfortní klimatizační systémy pracují s úrovní hluku 22 až 35 dB(A). V důsledku své technické konstrukce produkují přesné klimatizační jednotky podstatně vyšší úrovně hluku.

## Provoz a způsob fungování

Přesné klimatizační jednotky musí trvale odvádět tepelný výkon 365 dní v roce. Aby se dala vytvořit na míru ušitá, optimální klimatizace pro citlivé technické zařízení, musí se vzít v úvahu nastavení četných parametrů. Provozní parametry přesné klimatizační jednotky vyžadují důkladné technické a odborné znalosti. Požadavky na komfortní klimatizaci naproti tomu, se mohou podstatně lišit podle účelu místnosti, denní době a na počasí. U komfortních klimatizačních systémů se mohou nastavení časových změn teploty a cyklů zapnutí/vypnutí jednoduše individuálně přizpůsobit. Energetická účinnost klimatizačních systémů má velký podíl na celkových provozních nákladech budovy. Moderní komfortní a přesné klimatizační jednotky (viz tabulka 1) splňují tyto náročnější požadavky vysokými hodnotami COP1) nad 5,3.

Poznámka:

COP (Coefficient of Performance, koeficient výkonnosti) charakterizuje poměr chladicí kapacity jednotky k její spotřebě energie.

	<b>Přesná klimatizace</b>	<b>Komfortní klimatizace</b>
<b>Aplikace</b>	Klimatizace pro technické aplikace	Klimatizace místnosti pro potřeby osob
<b>Jmenovitý výkon chlazení/topení</b>	5-150 kW jednotlivé klimatizační jednotky (částečně modulární)	2-30 kW
<b>Poměr latentního/vnímatelného výkonu</b>	85~100% / 0~15 %	50~70% / 30~50 %
<b>Přesnost řízení</b>	±0.5 K / ± 3 % rel. vlhkost	±1~2 K
<b>Regulace vlhkosti</b>	Řízená vlhkost (např. pro předcházení vzniku elektrostatického náboje) (pro komfortní prostorové chlazení)	Neregulované odvlhčování
<b>Objem vzduchu</b>	5000-30000 m <sup>3</sup> /h	300-2000 m <sup>3</sup> /h
<b>Rychlost vzduchu na výstupu</b>	2-3 m/s	0,2-0,5 m/s
<b>Hladina hluku v místnosti</b>	45-70 dB(A)	20-40 dB(A)
<b>Různost možností</b>	Velká, díky individuální výrobě	Nižší, díky hromadné výrobě
<b>Ovládání</b>	Technické a složité	Intuitivní a jednoduché
<b>Způsob činnosti</b>	Trvalý provoz	Cyklický provoz s časově závislými body nastavení změn

Tabulka 1 - Srovnávací přehled technik přesných a komfortních klimatizací

## Rozdíly ve výkonnosti a technickém návrhu

Při výběru a navrhování přesných a komfortních klimatizačních jednotek je nutné vzít v úvahu rozdíly ve výkonnosti, které vyplývají z odlišných návrhů chladicí a řídicí techniky.

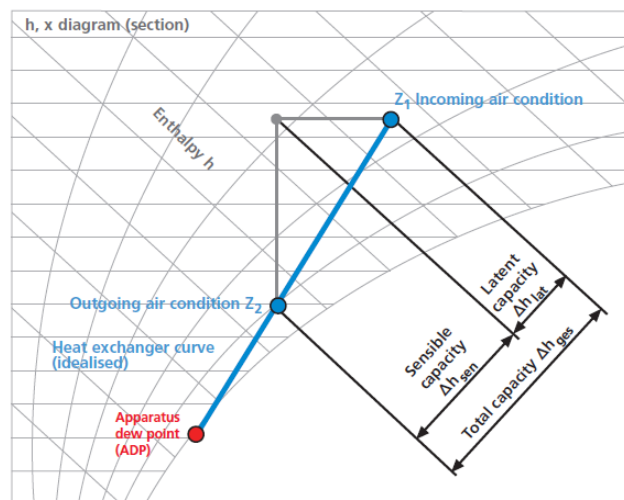
Dále si vysvětlíme, proč by volba chladicího zařízení neměla být založena pouze na jmenovitém výkonu chladicích jednotek podle katalogového listu.

## Poměr latentního a vnímatelného výkonu

Celkový chladicí výkon klimatizační jednotky se skládá z latentního a vnímatelného výkonu. Chladicí proces zpravidla odstraňuje vodu ze vzduchu v místnosti - odvlhčuje. Výkon nutný pro odvlhčování se nazývá latentní výkon (teplota prostředí zůstává zhruba konstantní).

Podíl výkonu, kterým se docílí snížení teploty (která nesmí klesnout pod rosný bod) je znám jako vnímatelný výkon (viz obrázek 2):

**Celkový výkon = Latentní chladicí výkon + Vnímatelný chladicí výkon**  
(odvlhčování) (snižující teplotu okolí)



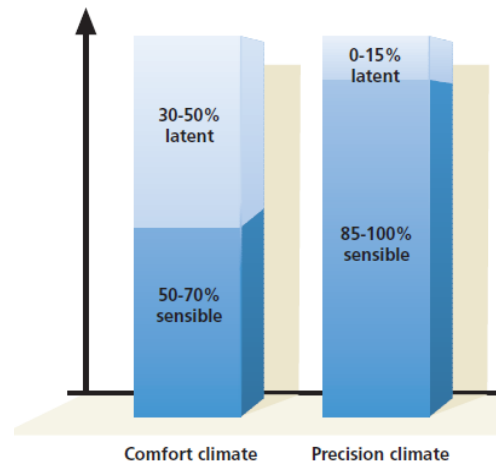
### Legenda:

$Z_1$ Incoming air condition	- $Z_1$ Vstupující vzduch
Outgoing air condition $Z_2$	- Vystupující vzduch $Z_2$
Heat exchanger curve (idealised)	- Křivka výměníku tepla (idealizovaná)
Apparatus dew point (ADP)	- Rosný bod přístroje
Sensitive capacity $\Delta h_{sen}$	- Vnímatelný výkon $\Delta h_{sen}$
Total capacity $\Delta h_{ges}$	- Celkový výkon $\Delta h_{ges}$
Latent capacity $\Delta h_{lat}$	- Latentní výkon $\Delta h_{lat}$

Obrázek 2 - Celkový výkon = latentní + vnímatelný výkon



Zařízení navržená pro klimatizaci technických místností musí odvádět velké tepelné výkony při relativně konstantní vlhkosti, a proto jsou optimalizované pro vnímatelný výkon. Podíl latentního chladicího výkonu tedy leží jen mezi 0 a 15 %, zatímco vnímatelný výkon je mezi 85 a 100 % (viz obrázek 3: Podíl výkonu u přesných/komfortních klimatizačních jednotek). Tento rozdíl poměru mezi latentním a vnímatelným výkonem je jeden z klíčových rozdílů mezi přesnými a komfortními klimatizačními systémy.



Obrázek 3 - Podíl výkonu u přesných a komfortních klimatizačních jednotek

### Vliv návrhových charakteristik jednotky na výkonnost

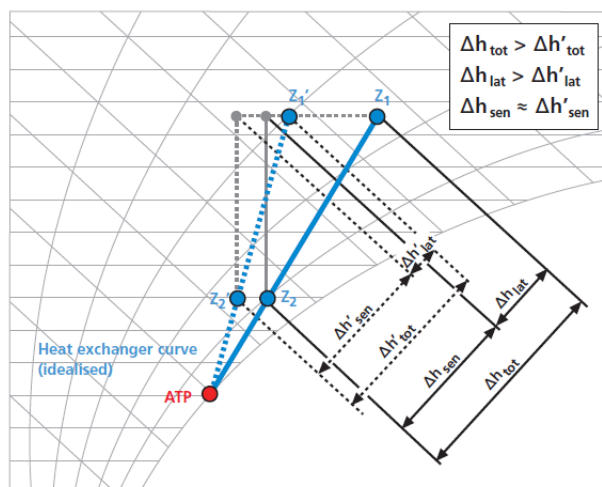
Klimatizační jednotky jsou navrhovány pro práci v individuálním rozsahu teplot a vlhkosti vstupního a výstupního vzduchu. Proto se při návrhu jejich technických chladicích charakteristik volí široký nebo úzký rozsah požadované teploty výparníku. Výsledný takzvaný „**Apparatus Dew Point**“ ADP (rosný bod přístroje - povrchová teplota výparníku) závisí na použitém výparníku a na objemu vzduchu dopravovaného přes výparník. Jestliže sloučíme stav vstupujícího vzduchu a ADP v h-x diagramu, získáme idealizovanou křivku chlazení se stavem výstupního vzduchu mírně nad ADP.

Jestliže pak změním jednu z ovlivňujících proměnných, teplotu okolí a/nebo vlhkost vstupujícího vzduchu, může se ADP posunout. To může mít za následek podstatné změny výkonnosti ve smyslu celkového výkonu chlazení a poměru latentní a vnímatelné výkonnosti.

Návrh a řízení chladicího okruhu může ovlivnit, zda se teplota výparníku (= ADP) má udržovat prakticky konstantní (tj. podmíněná nižším prahem) nebo zda má být proměnlivá.

## Případ A1: Omezená povrchová teplota a změna vlhkosti při konstantní okolní teplotě

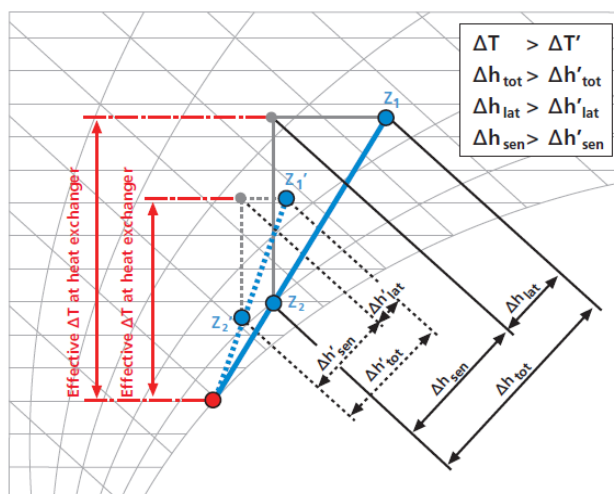
Jestliže klesá relativní vlhkost vzduchu vstupujícího do jednotky, zatímco teplota vstupujícího vzduchu a ADP zůstávají konstantní, podíl latentní výkonnosti také klesne. Vnímatelná výkonnost zůstává zhruba stejná. Poměr vnímatelné výkonnosti k celkovému výkonu roste, zatímco samotný celkový výkon klesá, jako výsledek klesající latentní výkonnosti (viz obrázek 4: Omezená povrchová teplota + změna vlhkosti při konstantní okolní teplotě).



Obrázek 4 - Omezená povrchová teplota + změna vlhkosti při konstantní okolní teplotě

## Případ A2: Omezená povrchová teplota a změna okolní teploty a vlhkosti

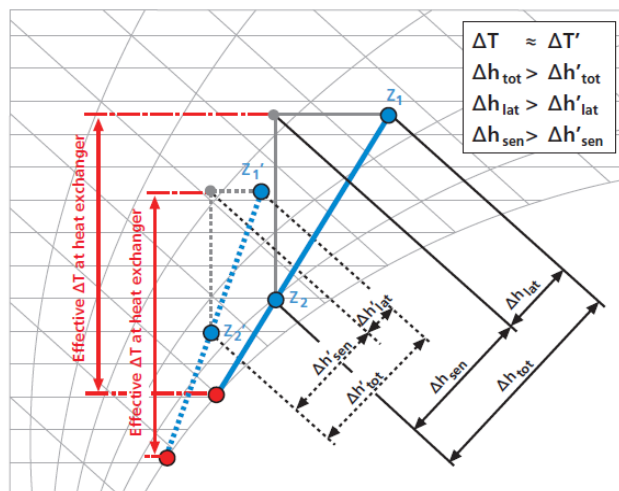
Čím nižší je teplota vzduchu vstupujícího do jednotky (okolní teplota) zatímco ADP zůstává konstantní, tím menší je efektivní teplotní diference na tepelném výměníku. Jestliže rychlost vzduchu proudícího tepelným výměníkem zůstává konstantní, celkový výkon jednotky klesne, a to jak latentní, tak vnímatelný chladící výkon jednotky (viz obrázek 5: Omezená povrchová teplota + změna okolní teploty a vlhkosti).



Obrázek 5 - Snížená povrchová teplota + změna okolní teploty a vlhkosti

## Případ B: Snížená povrchová teplota a změna okolní teploty a vlhkosti

Jestliže odpařovací teplota a tím ani ADP nejsou na nižší prahu, klesne teplota vzduchu vstupujícího do jednotky. Efektivní teplotní diference na tepelném výměníku zůstává vyšší ve srovnání s Případem A2, ale celkový výkon klesne, protože chladicí výkon výparníku klesá, když se snižuje vypařovací teplota (obrázek 6: Snížená povrchová teplota + změna okolní teploty a vlhkosti).



Obrázek 6 - Omezená povrchová teplota + změna okolní teploty a vlhkosti

## Rozdíly ve výkonnosti u přesných a komfortních klimatizačních jednotek

Jestliže porovnáme klimatizační jednotky s uvažováním výše vysvětlených technických vztahů u chlazení, uvidíme velké rozdíly z hlediska jejich výkonových schopností.

Přesné klimatizační jednotky musí trvale odvádět značné tepelné výkony při konstantní teplotě místnosti. Velikost klimatizační jednotky tedy musí vycházet pouze z účelného rozsahu výkonnosti. Navíc se musí zajistit dostatečně velká cirkulace vzduchu, aby se zabránilo vytváření horkých oblastí v místnosti.

**Komfortní klimatizační jednotky s invertorem regulovaným výkonem** si obvykle vynucují nižší mez teploty chladícího vzduchu nebo vypařování, aby se zabránilo nepříjemně nízké teplotě výstupního vzduchu. Avšak následek tohoto teplotního omezení je značný pokles efektivní teplotní diference na výparníku, když se sníží okolní teplota. Výsledkem tohoto snížení je pokles efektivního vnímatelného a latentního výkonu. Za určitých okolností dosahuje celkový výkon pouze kolem 50 % jmenovitého výkonu v požadovaném provozním bodu. Jestliže se použijí komfortní klimatizační jednotky s regulovaným výkonem v technických aplikacích, musí být pro požadované podmínky v místnosti naddimenzovány.

**Komfortní klimatizační jednotky s neregulovaným výkonem (regulace on/off)** nebo jednotky s regulovaným výkonem a s redukovatelným ADP nestanovují v širokém rozsahu nižší práh pro teplotu chladícího vzduchu nebo vypařování. Mohou dosáhnout značně nižší teploty vypařování, když okolní teplota klesne. Protože teplota vypařování při snížení okolní teploty také klesá, teplotní diference na tepelném výměníku zůstává vyšší s ohledem na omezení teploty chladícího vzduchu. Jinými slovy, výkon těchto zařízení neklesá tolik, jako u zařízení s nižším prahem pro ADP, protože teplotní diference na tepelném výměníku zůstává odpovídajícím způsobem větší. Snížení výkonu je charakterizováno snižováním chladícího výkonu výparníku s tím, jak klesá teplota vypařování. Tyto jednotky jsou proto vhodnější pro použití v místnostech s nízkou teplotou. Jmenovité podmínky pro komfortní a přesné klimatizační jednotky se liší. Zpravidla katalogové specifikace přesných klimatizačních jednotek vycházejí ze stavu vzduchu při 24°C/50 % relativní vlhkosti. Jmenovité výkony komfortních klimatizačních jednotek naproti tomu platí pro 27°C/48 % relativní vlhkosti.

Tabulka 2 níže ukazuje rozdíly v celkovém výkonu, které mohou nastat, jestliže jsou výkonové údaje komfortních klimatizačních jednotek převzaty pro stav vzduchu v místnosti 24°C/50 % relativní vlhkosti.

Výkonové porovnání přesných a komfortních klimatizačních systémů při stav vzduchu v místnosti 24°C/50 % relativní vlhkosti.

	Přesná klimatizace	Komfortní klimatizace	
		ADP neomezený Např. zařízení s regulací zap./vyp.)	ADP omezený (např. zařízení s invertorem)
Katalogový výkon	10,0 kW (24°C/50 %)	10,0 kW (27°C/50 %)	10,0 kW (27°C/50 %)
Celkový výkon	10,0 kW	9,5 kW	7,0 kW
Latentní výkon	0,5 kW	3,0 kW	2,5 kW
Vnímatelný výkon	9,5 kW	6,5 kW	4,5 kW

Tabulka 2- Porovnání výkonu přesných a komfortních klimatizačních systémů při stavu vzduchu 24°C/50 % relativní vlhkosti

## Závěr: Pouze správné řešení může vést k požadovanému výsledku

Teplota v místnosti a relativní vlhkost mají významný vliv na výkonnostní data dílčích klimatizačních jednotek s nižším prahem pro povrchovou teplotu. Jednotky, u kterých povrchová teplota může klesnout více, mohou být uvažovány také pro použití v místnostech s nízkými teplotami.

Zde se však musí vzít v úvahu snížení výkonnosti. Jsou-li na klimatizační systém, navržený pro pohodlí osob, kladeny přísné požadavky, například nízká hlučnost, nízká rychlost vzduchu a příjemné poměry v místnosti s ohledem na teplotu vzduchu venku, musí se použít komfortní klimatizační jednotky. Jestliže se však požadavky kladené na klimatizaci týkají řízení relativní vlhkosti, vyšší přesnosti řízení teploty v místnosti v kombinaci s vysokou vnímatelnou výkonností a intenzivním rozváděním vzduchu v místnosti, dává se přednost technice přesné klimatizační jednotky.

Často se kvůli ceně používají komfortní klimatizační jednotky v oblastech přesné klimatizace. Liší-li se však provozní podmínky od jmenovitých podmínek podstatně, je rozhodující ověření výkonových schopností jednotek. Osoby a stroje vyžadují odlišné klima v místnosti. Ti, kdo rozhodují, by tuto skutečnost měli vzít v úvahu objednááním nejvhodnějšího řešení pro dotyčnou aplikaci z řady přesných nebo komfortních klimatizací.

Použité zdroje:

- 1) Interní dokumenty a zdroje společnosti – klíčová slova: relative humidity, absolute humidity, dew point, precise cooling
- 2) STULZ GmbH publication library
- 3) searchdatacenter.techtarget.com