

**Společnost pro techniku prostředí
ve spolupráci s
Fakultou strojní ČVUT v Praze, Ústav techniky prostředí**

Program celoživotního vzdělávání: kurz **Klimatizace a Větrání**

Optimalizace energetického hospodářství TZB

(Téma je součástí předmětu č. 5: Související profese)

Ing. Karel Matějčík

<http://www.ingmatejicek.cz/>

Úvod - historie

Rok 1973 - ropná krize: arabsko - izraelská válka, zrušení krytí dolaru zlatem, vyčerpateľnost zdrojů,
- důsledkem byl růst ceny energie (barel ropy 158,8 litrů)

Rok 1973 - jeden barel ropy 2,83 USD

Rok 2014 - jeden barel ropy 110,00 USD

Duben 2025 cca 70, USD

Následně se začalo přihlížet i na ekologické důsledky.

Závěr:

- celosvětový tlak na snižování energetické náročnosti všech zařízení
- **nutná optimalizace energetického hospodářství TZB**

Hlavní kritéria pro návrh, realizaci a provoz vzduchotechnických zařízení

- Zajištění požadovaných parametrů mikroklimatu
tj. teploty, vlhkosti, hluku a rychlosti proudění, s garancí množství požadovaného čerstvého vzduchu, pro lidi a pro technologii
- Optimální náklady při realizaci stavby
- Minimalizace požadavků na zdroje tepla a chladu pro provoz.

Např.

Max. efektivita výroby a spotřeby zdrojů

Přečerpávání energií v rámci objektu - využívání zpětného získávání tepla či chladu

Vliv koncepce stavby na snížení nákladů při provozu a údržbě zařízení a možnost využívání vnitřních energetických zdrojů

- Orientace objektu vůči světovým stranám
 - Negativní dopad slunečního svitu
 - Technická opatření:
 - Zastínění – slunolamy, žaluzie, speciální zasklení
 - Místnosti s vnitřními zdroji tepla (počítačové sály, místnosti s technologií, ...) umísťovat na severní fasádu, do prostor bez oken, do suterénu,
 - Pozitivní dopad slunečního svitu
 - Využití sluneční energie

Vliv koncepce stavby

- Typ fasádního pláště a materiálu fasády
- Akumulační schopnost stavby
- Převažující směr proudění větrů
- Umístění nasávacího a výdechového místa pro vzduchotechniku

Sání - minimálně ve **výši 3.patru**

- v místě, kde je na minimum omezeno nebezpečí nasátí pachů a nečistot

Výdech – aby odpadní vzduch „neobtěžoval“ okolní uživatele prostoru

- aby nedocházelo ke zkratům s nasávaným vzduchem

V neposlední řadě musí umístění kanálů pro nasávaný čerstvý a odpadní vydechovaný vzduch umožnit zpětné získávání tepla a vlhkosti z odpadního vzduchu.

Dopady **nevhodného** umístění nasávacího a výdechového místa pro vzduchotechniku

- ❖ Nasávací místo, kde ve směru převažujícího proudění směru větrů je výdechové místo vzduchotechniky, odvětrání WC, kuchyní a jiných pachů, škodlivin a prachových částic, sklad odpadu, odvětrání kanalizačních stoupaček, apod.
 - Stížnosti uživatelů na zápach, nevolnost a bolesti hlavy
 - Nemožnost udržet vlastní zařízení a rozvody v hygienicky přijatelném stavu. Např. VZT zařízení pro zdravotnictví nebo jsou-li použity pračky vzduchu, je v tomto případě provozu neschopné
 - Nutná velmi častá výměna filtračních náplní
 - Podstatně větší spotřeba dezinfekčních prostředků (VZT pro zdravotnictví, pračky vzduchu)
- ❖ Nasávací místo nízko nad úrovní terénu, u zatravněných nebo stromy a keři zarostlými místy
 - Nasávání biologického odpadu
 - Nutná velmi častá výměna filtračních náplní
 - Nutný častý úklid nasávacího kanálu
 - Podstatně větší spotřeba dezinfekčních prostředků na dezinfekci zařízení a rozvodů

- Dispoziční členění vnitřních prostor

Místnosti s vnitřními zdroji tepla (počítačové sály, místnosti s technologií, ...) umísťovat na severní fasádu, do prostor bez oken, do suterénu,



- VZT zařízení pro filtraci vzduchu
 - Musí pokrýt požadavky uživatelů na čistotu vzduchu
 - Maximální odlučivost a jímavost s minimální tlakovou ztrátou
 - Využívat vícestupňovou filtraci s rozdílným stupněm filtrace
 - první stupeň např. 2“sklo, následně vyšší stupeň filtrace
 - Při zanesení filtru musí být vždy vyměněna celá náplň při klidu zařízení. (Zanesený filtr - 2 násobek, event. 2,5 až 3 násobek tlakové ztráty filtru v čistém stavu – udává výrobce. Prachové částice na zadní straně rouna)
 - Pozor na polohu kapsových filtrů – musí být svisle, aby nedocházelo k vytřepávání prachu při změně množství vzduchu

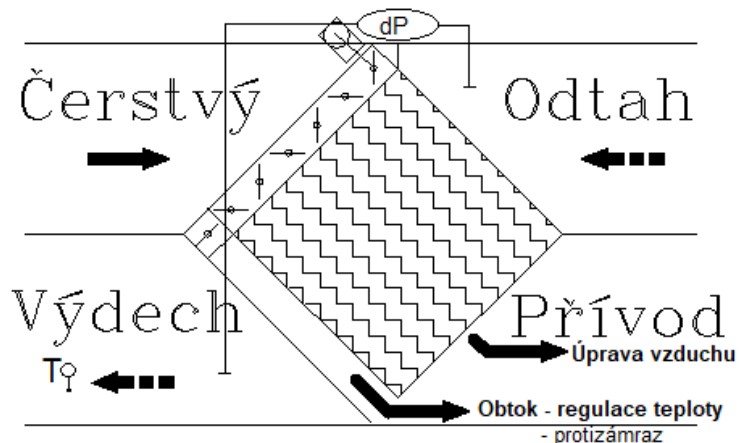
Druhy vzduchotechnických systémů, systémů rozvodu tepla a chladu a provozu zařízení z hlediska energetické optimalizace a možnosti využití vnitřních i vnějších energetických zdrojů - **zpětné získávání tepla**

- Deskové rekuperační / regenerační výměníky tepla
 - přenos: teplo/chlad (vlhkost), v provedení křížové nebo protiproudé
- Rotační regenerační výměníky tepla
 - přenos tepla/chladu/vlhkosti (entalpie)
- Rekuperační trubice horizontální / vertikální
 - přenos teplo/chlad (vertikální – jen teplo)
- Směšování čerstvého a ohřátého odtahovaného vzduchu
 - teplo/chlad/vlhkost.
- Tepelné smyčky, Free cooling (volné chlazení) – modifikovaný (s ohřevem čerstvého vzduchu
 - přenos teplo/chlad
- Adiabatické chlazení s vlhčením ve sprchových pračkách vzduchu
 - chlad/vlhkost.

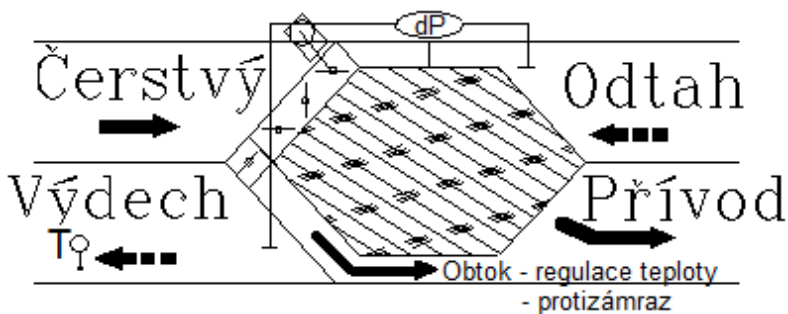
Zpětné získávání tepla

Deskové rekuperační / regenerační výměníky vzduch – vzduch

Deskové rekuperační výměníky s křížovým proudem



Deskové rekuperační výměníky protiproudé



VZT zařízení pro zpětné získávání tepla
Deskové rekuperační výměníky vzduch – vzduch.

- Výhody - oddělený přívodní a odtahovaný vzduch - nesměšuje
- Nevýhody – menší účinnost, vlhkost – drahé

- Přenos tepelné energie
- Přenos i vlhkosti – polopropustná membrána

- Křížový proud vzduchu
- Protiproudé – větší účinnost, složitější výroba

Problematické pro větší tlakové rozdíly v komorách

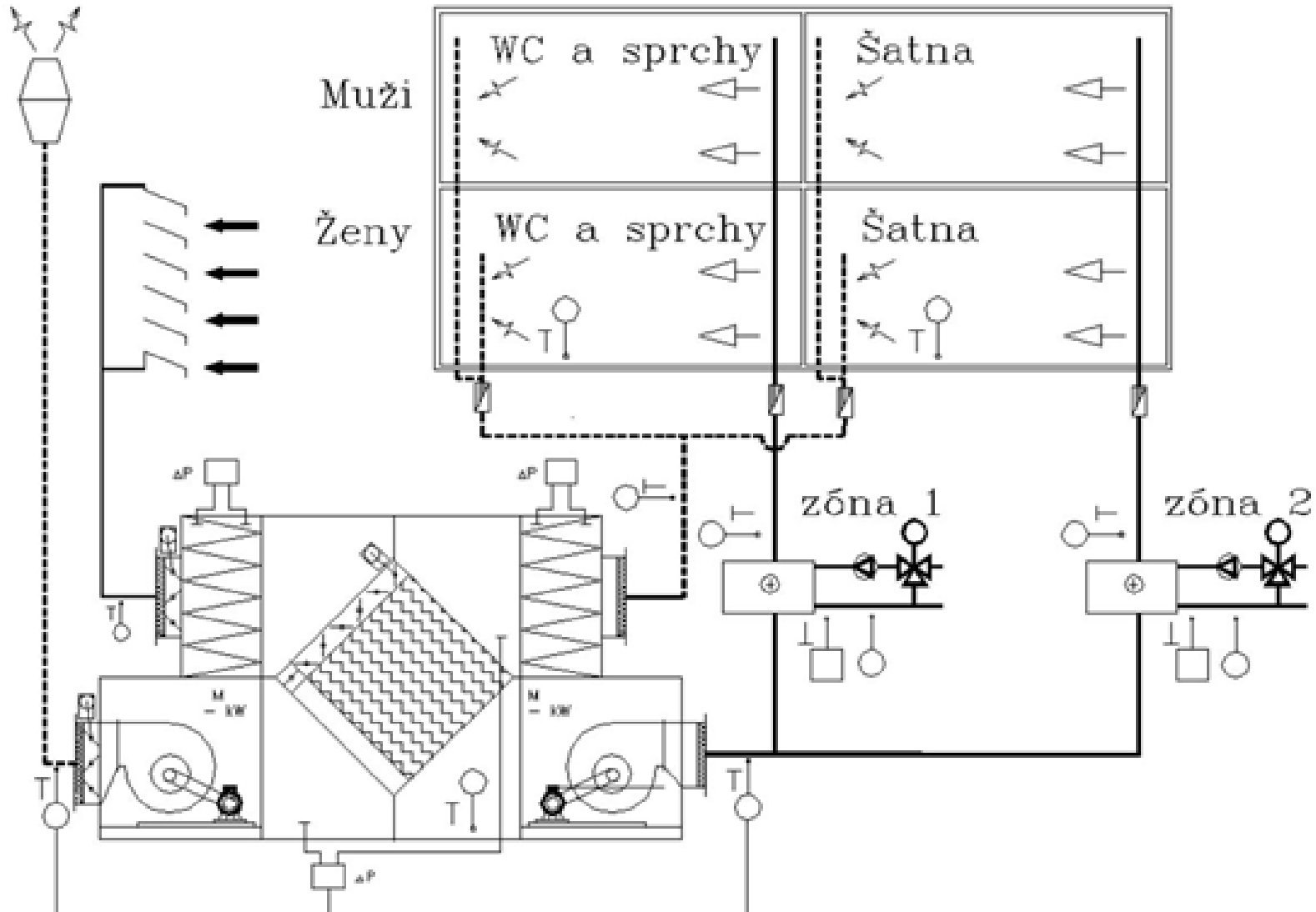
- Náročné na volbu umístění ventilátorů vzhledem k rekuperačnímu výměníku
- Při větší prostorové vlhkosti musí být celá VZT v podtlaku

Nutná protizámrazová ochrana

- ❖ Tlakový rozdíl ΔP Odtah/Výdech – výrobce (event. nárůst+100Pa)
- ❖ Teplota výdech v intervalu [2 až 10°C]

Zpětné získávání tepla

Použití křížového výměníku vzduch – vzduch pro větrání a vytápění šaten se sanitárním zázemím

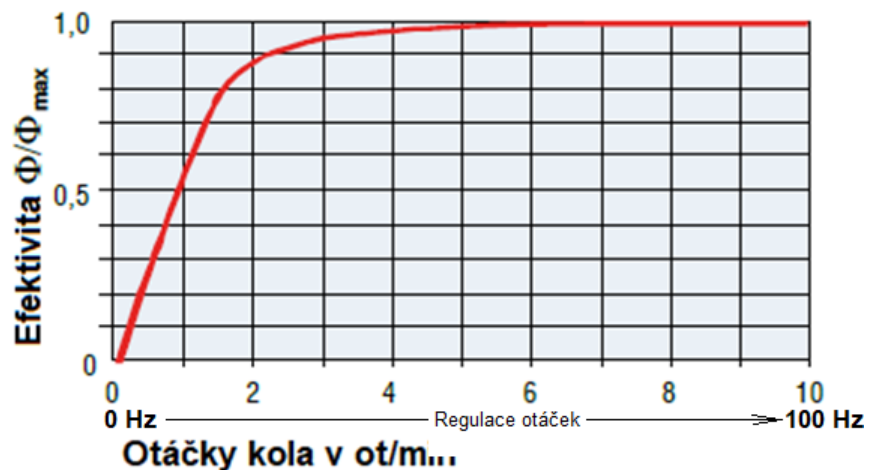
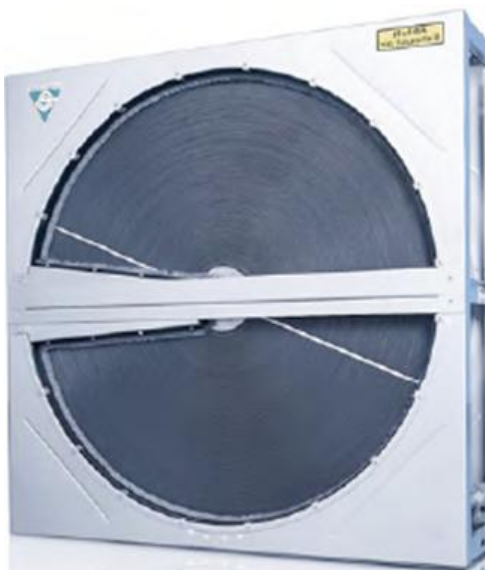


Zpětné získávání tepla

Rotační regenerační výměník

Teplotní rotor - je navinut z hliníkové(Al) fólie a slouží primárně :

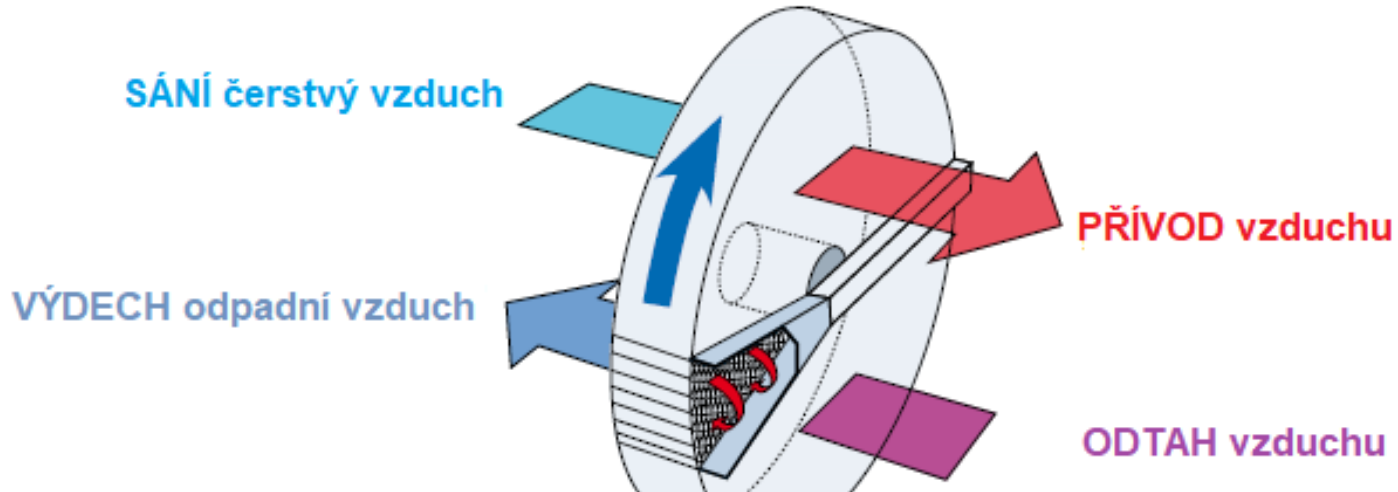
- K přenosu tepelné energie. (Vždy dochází k částečnému přenosu vlhkosti).
 - S přenosem tepla a vlhkosti – hygroskopický rotor. Al Fólie opatřené hygroskopickou vrstvou(zeolit), která umožňuje vč. tepla také přenos vlhkosti, a to s účinností až 90 %.
- v letním období ochlazuje přívodní vzduch a odvlhčuje přívodní vzduch do vydechovaného vzduchu



Závislost efektivity přenosu na otáčkách rotoru (kola)

Zpětné získávání tepla

Rotační regenerační výměník - funkce proplachovací komory



Příklady netěsností kola: V této dispozici ventilátorů nesmí být použita proplachovací komora

Sání čerstvý



① OACF = 1,01

-869 m³/h
-782 m³/h
-1977 m³/h
-782 m³/h
-635 m³/h

⑦

150 Pa

⑦

869 m³/h
1977 m³/h
668 m³/h



EATR = 3,2 % ②



Přívod

③

-300 Pa
90000 m³/h

Spülluft: 635 m³/h
782 m³/h
1977 m³/h

⑥

⑤

④

150 Pa

⑤

-668 m³/h
-1977 m³/h

-150 Pa
90000 m³/h

Odtah

③

869 m³/h

-869 m³/h



Výdech

-300 Pa
90750 m³/h

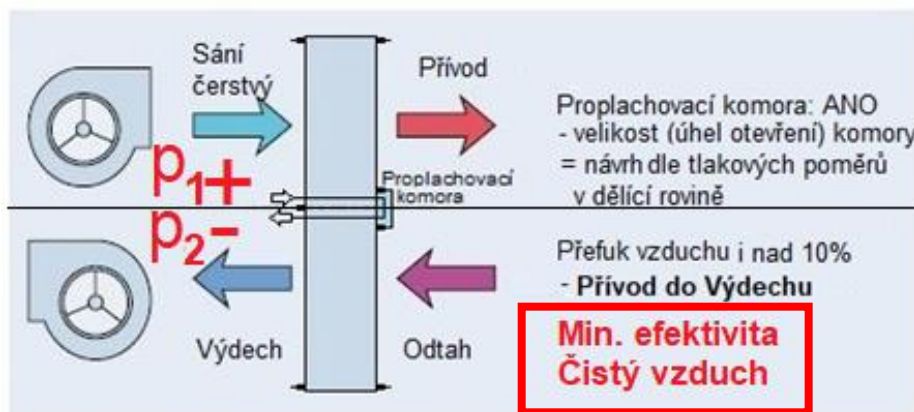
③



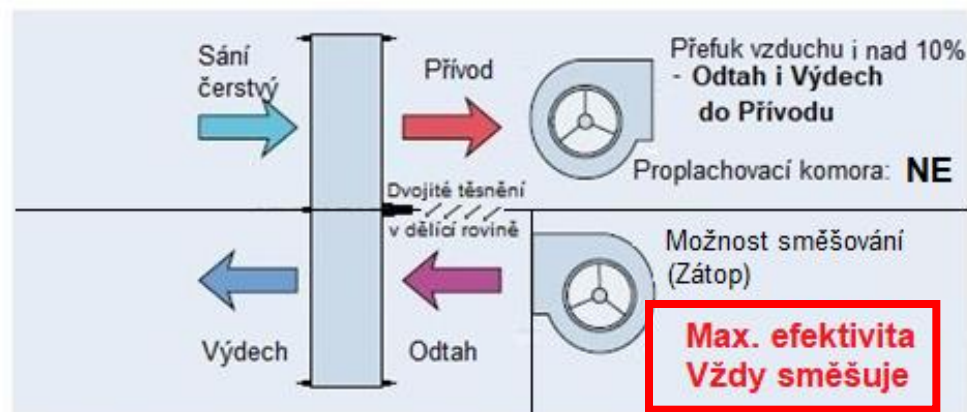
Zpětné získávání tepla

Rotační regenerační výměník

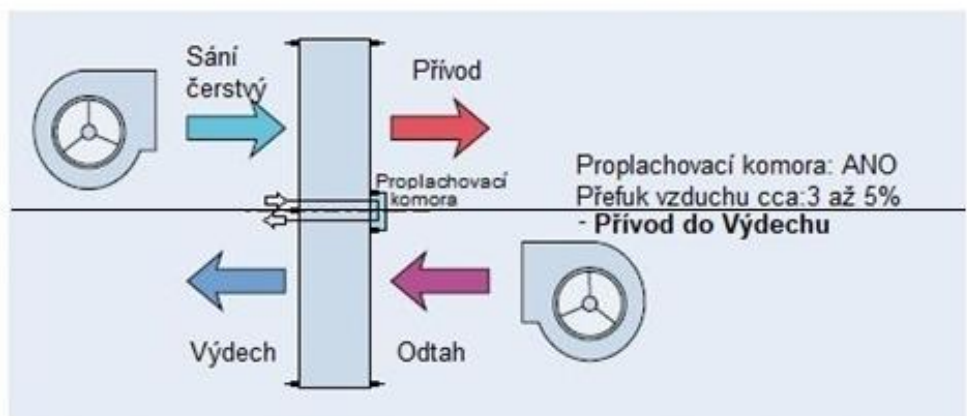
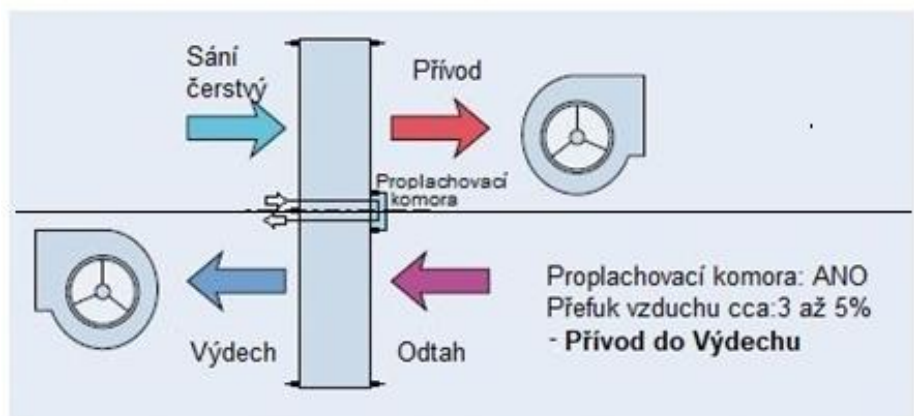
Sestava s ventilátory – možnosti umístění ventilátorů



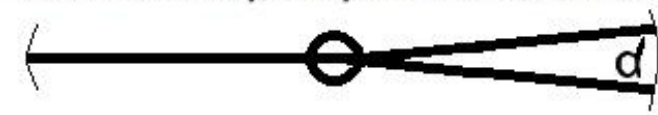
"Čistý" přívodní vzduch, menší efektivita přenosu - kde je zákaz směšování



Max. efektivita přenosu - kde nevadí směšování odtahu do přívodu



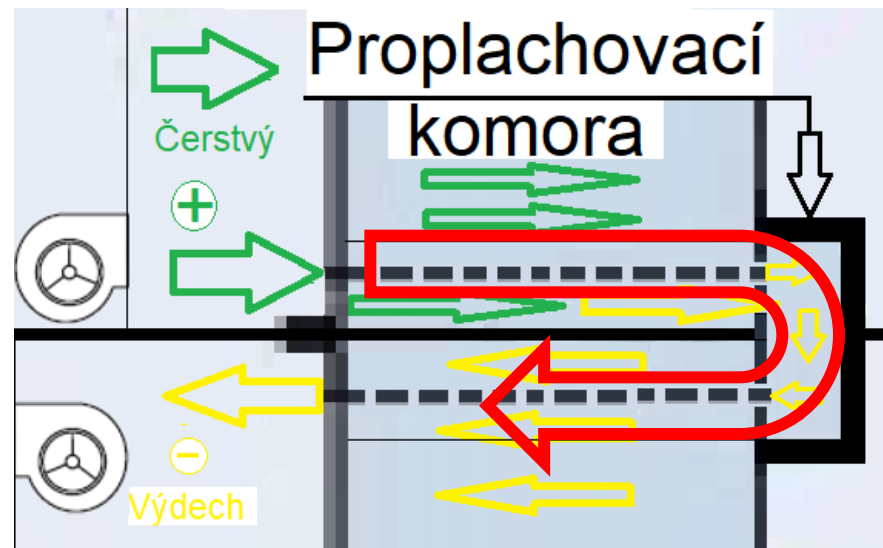
Další možné varianty, u kterých může docházet k částečnému směšování odtahovaného vzduchu do přívodního vzduchu. Volba dle požadované dispozice zařízení.



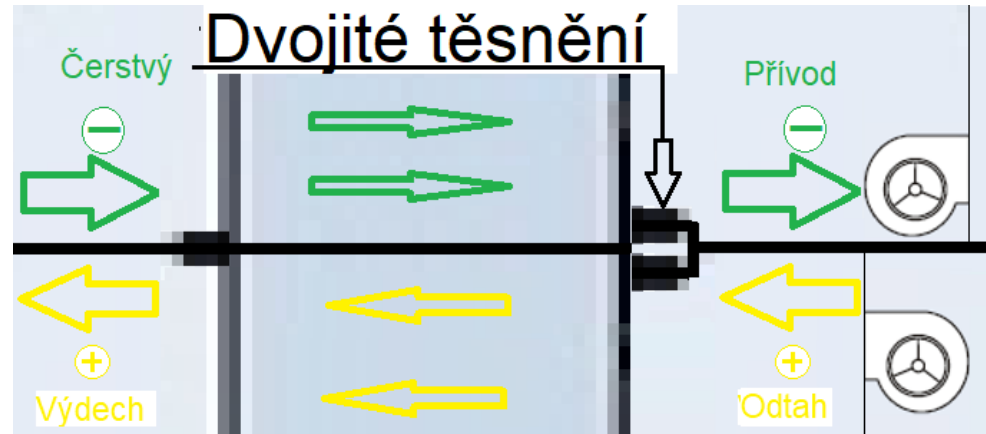
Počítá se dle rozdílu tlaků p_1 , p_2 , úhel α
- otevření proplachovací komory

Zpětné získávání tepla

Rotační regenerační výměník s:



Přívod pouze čerstvý vzduch, minimální efektivita RRV

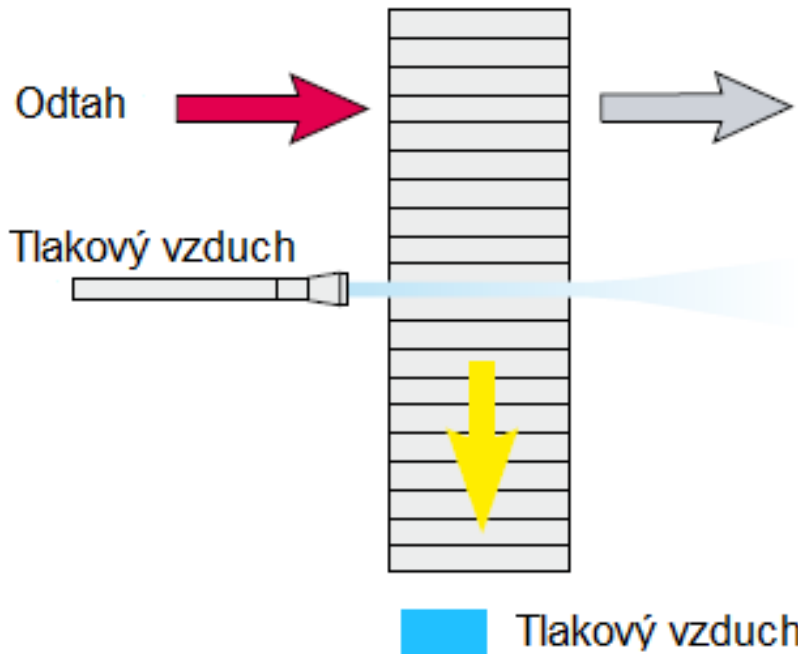


Maximální efektivita RRV, dochází vždy k částečnému směšování

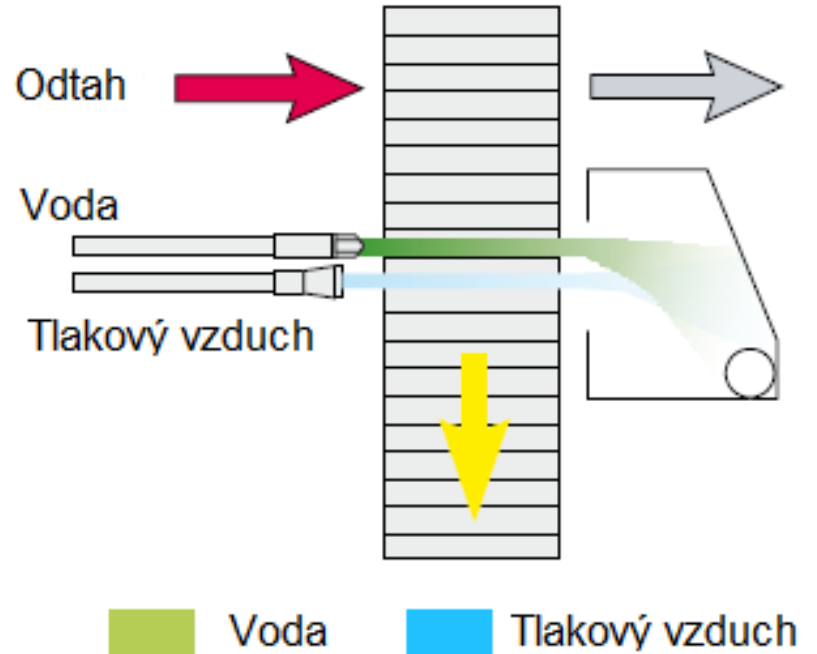
Zpětné získávání tepla

Rotační regenerační výměník - Čistění komůrek kola

Čištění tlakovým vzduchem



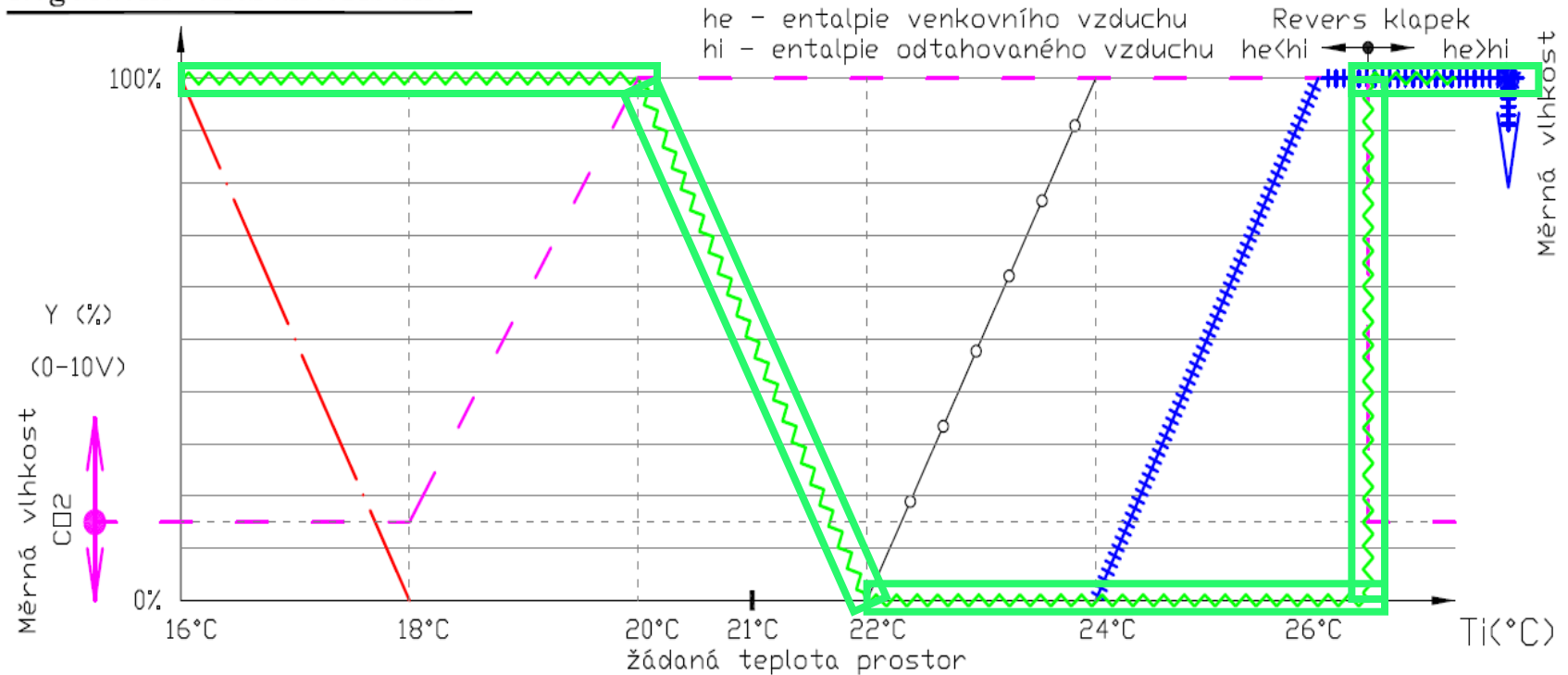
Čištění tlakovým vzduchem a vodou



Zpětné získávání tepla

Regulace „Rotačního regeneračního výměníku“ v sestavě VZT jednotky

Regulační charakteristika



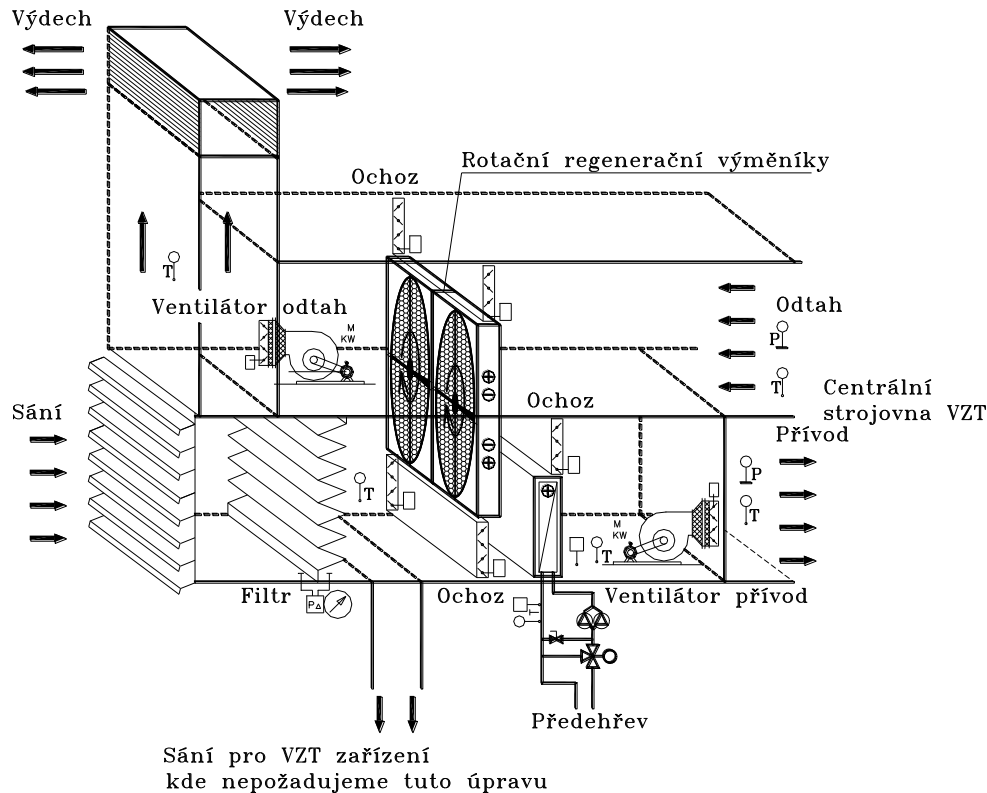
- ohřívač, — směšovací klapky, ~ regenerační rekuperační výměník, + chládič
- pásmo s nulovým odběrem tepla a chladu, výstup = hodnota posunutí žádané teplota prostor

Zpětné získávání tepla

Příklad použití rotačního regeneračního výměníku – centrální úprava vzduchu

Rotační regenerační výměník

- Základní otáčky kola při max. výkonu cca 10 až 11 ot/min
- Požadovaná řídicí frekvence pro elektromotor pohonu kola při max. výkonu cca 80 až 120 Hz



NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1253/2014, ECODESIGN větracích jednotek

Požadavky na VZT pro nebytové prostory od 2018

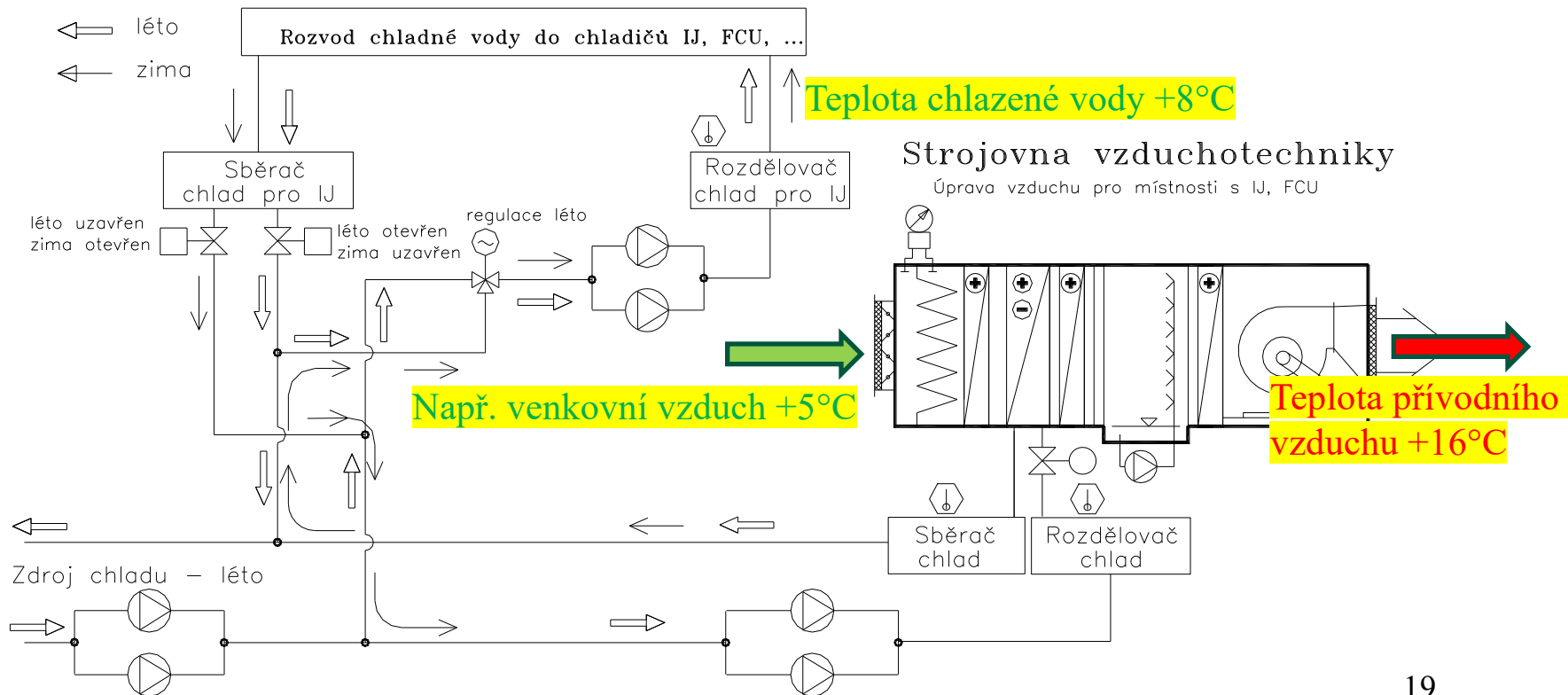
- Minimální tepelná účinnost zpětného získávání tepla s výjimkou oběhových systémů zpětného získávání tepla obousměrných větracích jednotek musí být **73 %**.
- Minimální tepelná účinnost oběhových systémů zpětného získávání tepla obousměrných větracích jednotek musí být **68 %**.

Protizámraz: Snižování množství čerstvého vzduchu

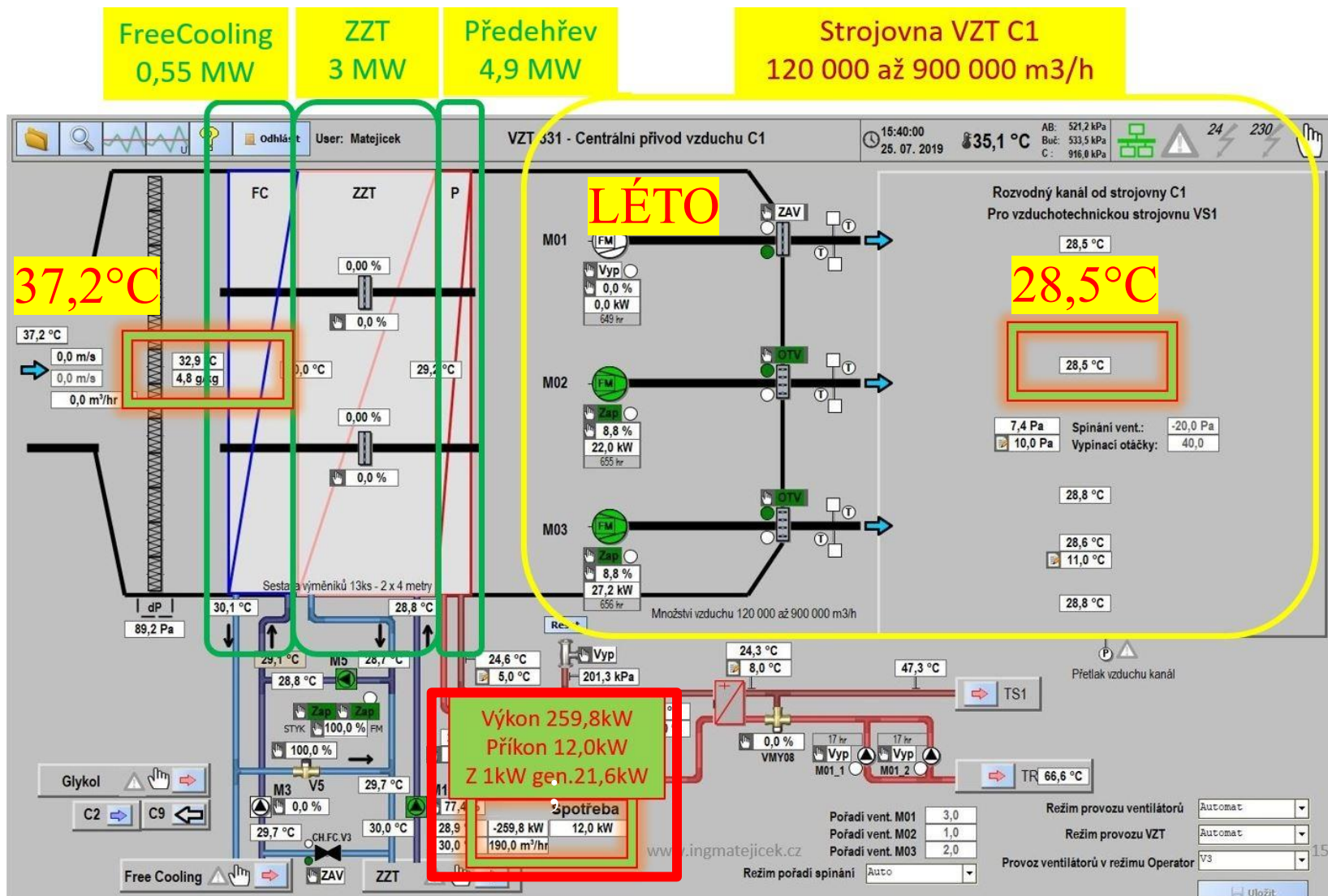
- obchoz čerstvý vzduch, otáčky ventilátor přívod

Zpětné získávání tepla

- Tepelné smyčky
 - Výroba chlazené vody např do:
 - ❖ systému VTK s indukčními jednotkami
 - ❖ systému FAN-COIL s přívodem čerstvého vzduchu do téhož prostoru
 - V zimním a přechodném období se chlazená voda vyrábí ohřevem nasávaného čerstvého vzduchu

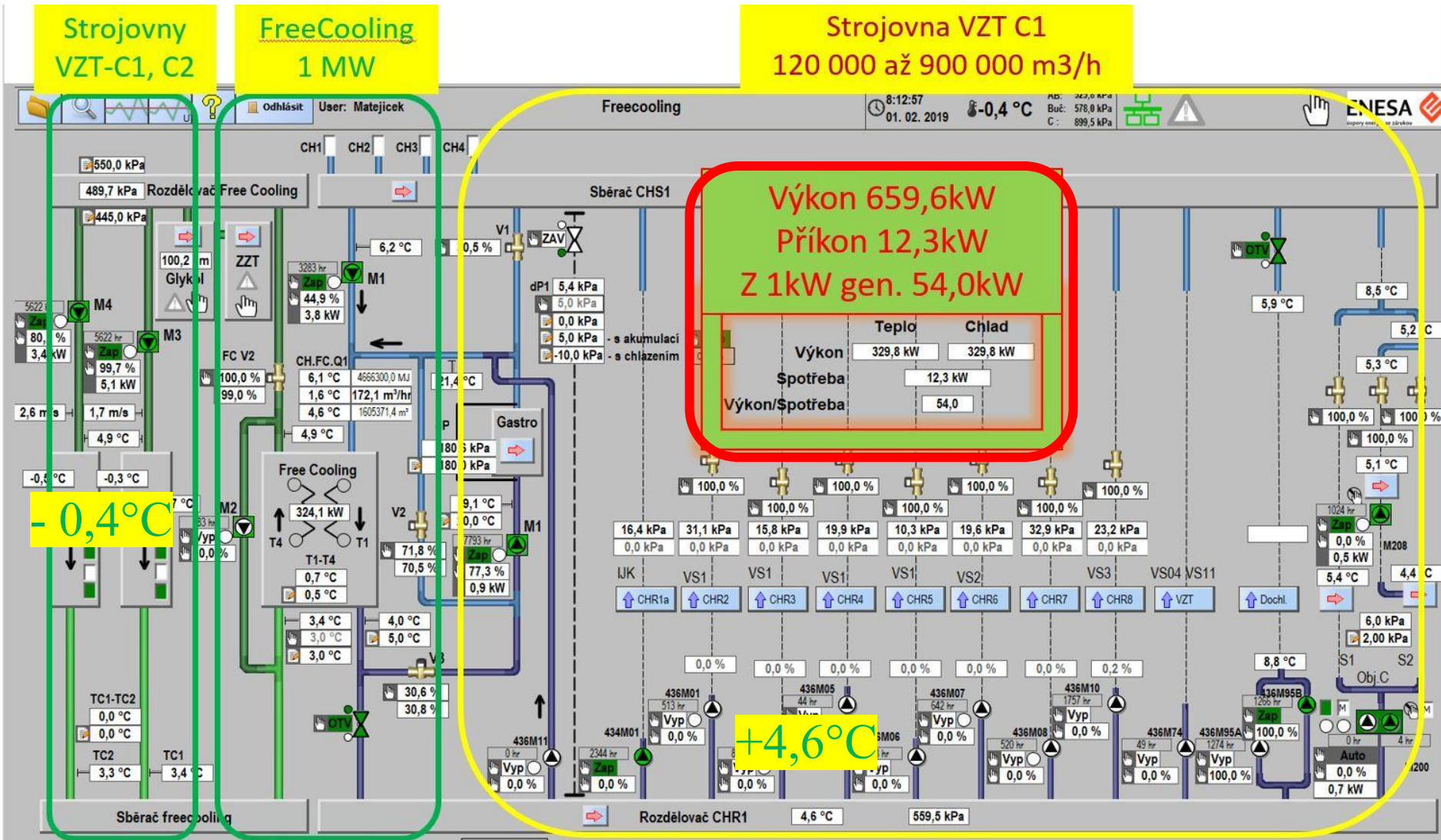


Využití zpětného získávání tepla v objektu Kongresového centra Praha



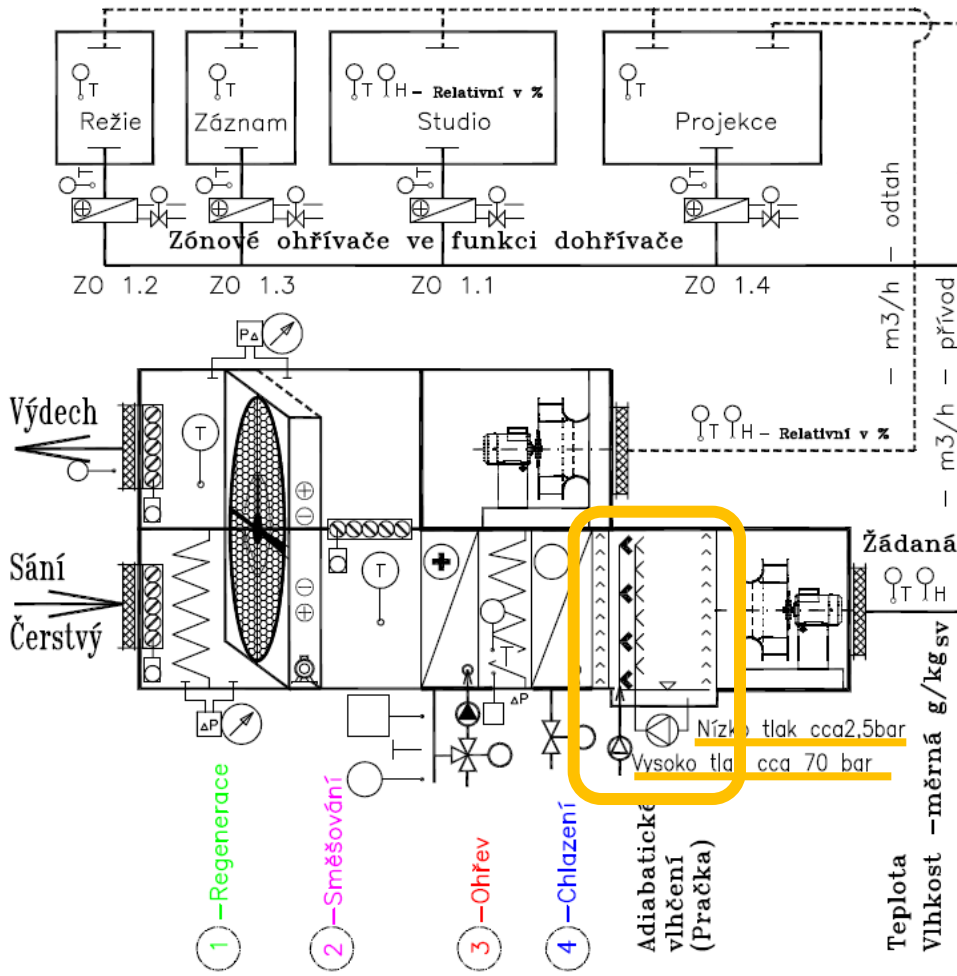
- Instalace výměníků ve strojovně pro centrální úpravu vzduchu pro Free Cooling, ZTT a předeřev

Free Cooling – modifikovaný (při výrobě chladu se ohřívá čerstvý vzduch)

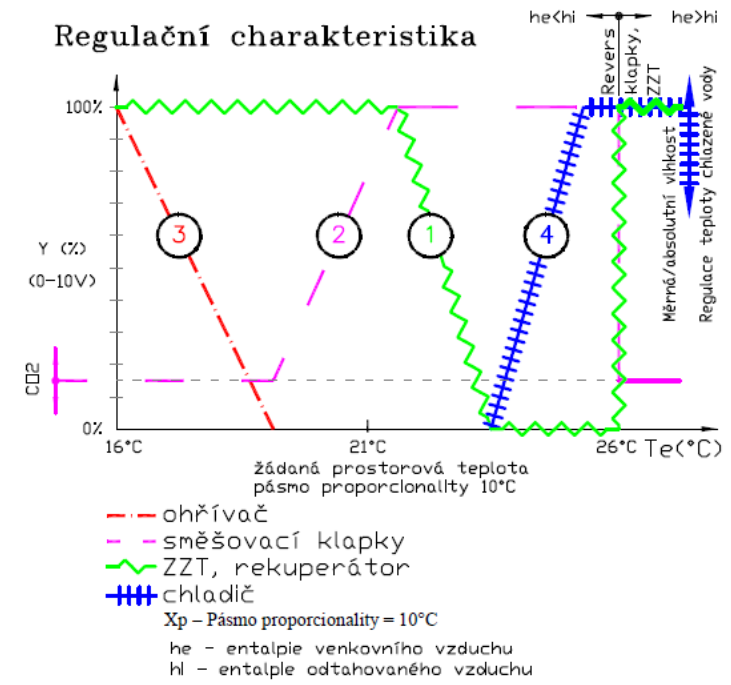


Výroba chladu systémem Free Cooling s využitím tepla pro ohřev vzduchu centrální úpravy vzduchu

Adiabatické chlazení v sprchových pračkách vzduchu, které jsou součástí vlastního VZT zařízení



Regulační charakteristika



❑ Výhody zapojení

- Požadovaná vlhkost v prostoru je dosahována pomocí vnitřních tepelných zdrojů – značná úspora energie
- Úspora chladu

❑ Nevýhody zapojení

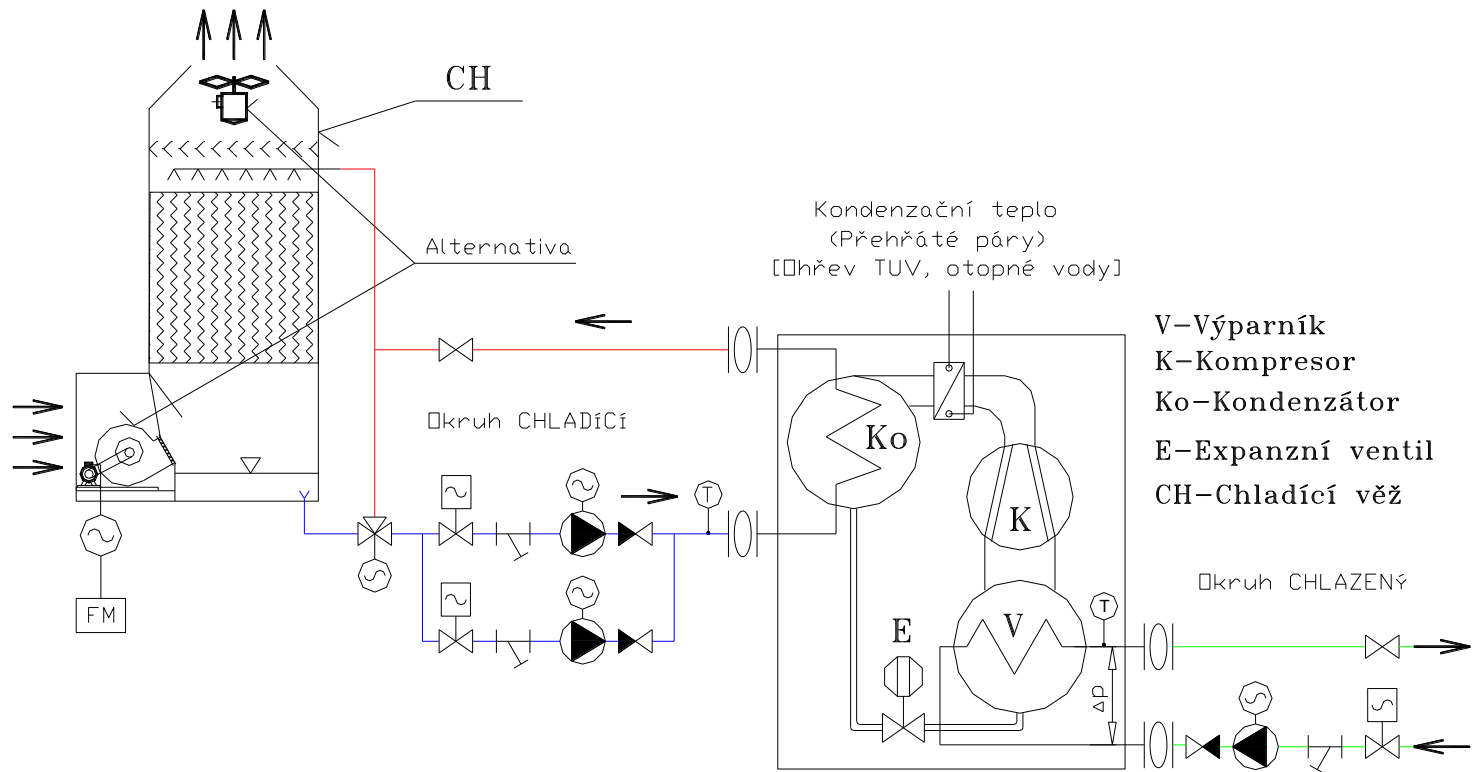
- Je značně náročné na udržení kvality vody v pračce, která musí mít charakter pitné vody
- Pravidelná údržba – min. jednou týdně výměna vody, vystříkání a nadávkování dezinfekčního prostředku
- Spotřeba chemikálií. Používají se dezinfekční prostředky na bázi chlóru, jódu, stříbra a peroxidu vodíku se stříbrem (Sanosil)
- V případě vysokotlaké pračky jen občasná očista komory

- **Adiabatické chlazení**

- **Přímé chlazení chladicí vody v chladicích věžích**

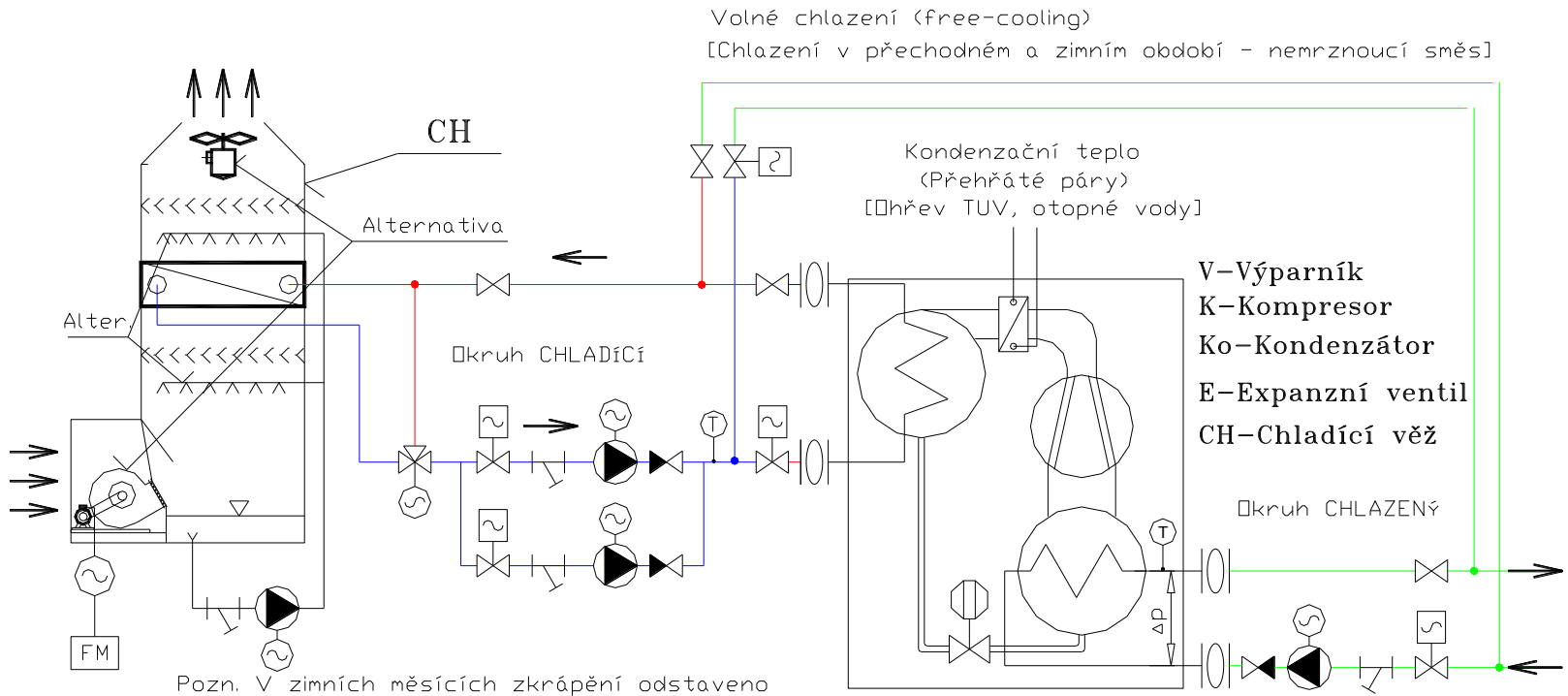
- **Otevřené chladicí věže**

- Voda z kondenzátorů chladicích jednotek je přiváděna přímo do trysek věží.



➤ Uzavřené chladicí věže

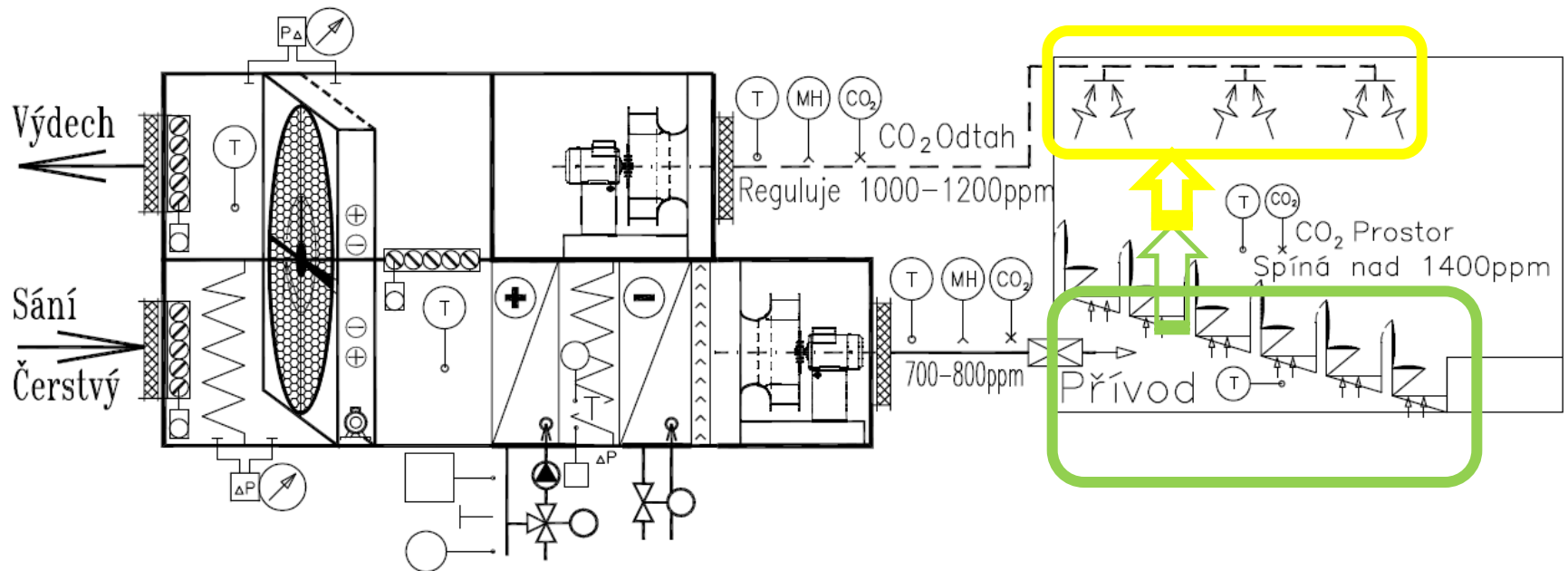
- Voda z kondenzátorů chladicích jednotek je přiváděna do uzavřených výměníků ve věžích, které jsou sprchovány s protiproudem vzduchu, event. pouze chlazeny proudem vzduchu bez sprchování



- Regulace množství vzduchu
 - ✓ Volit systémy, které umožní regulovat množství vzduchu dle vnitřních zátěží nebo dle vnitřní kvality vzduchu
 - ✓ Volit takovou distribuci vzduchu v prostoru (např. „Příčné větrání), která umožňuje minimalizovat množství přiváděného vzduchu se zachováním maximálního pokrytí ztrát a zisků a pohody mikroklima
 - ✓ Pokud je to možné, volit systémy s ekonomickým směřováním čerstvého vzduchu a tím minimalizovat energii na úpravu čerstvého vzduchu, jehož množství je proměnné
 - ✓ Pracují-li jakákoli zařízení s proměnlivým množstvím vzduchu, musí zařízení, zajišťující úpravu vzduchu pro tato zařízení pracovat také s proměnlivým množstvím vzduchu.

- Větrání čerstvým vzduchem s proměnným množstvím vzduchu dle CO_2

Pokud chci přivádět do klimatizovaného prostoru proměnlivé množství vzduchu, musí být tomu přizpůsobena **distribuce vzduchu v prostoru.**



- Větrání čerstvým vzduchem s proměnným množstvím vzduchu dle CO₂

Koncentrace CO₂ a vliv na člověka / výskyt (rok 2025)

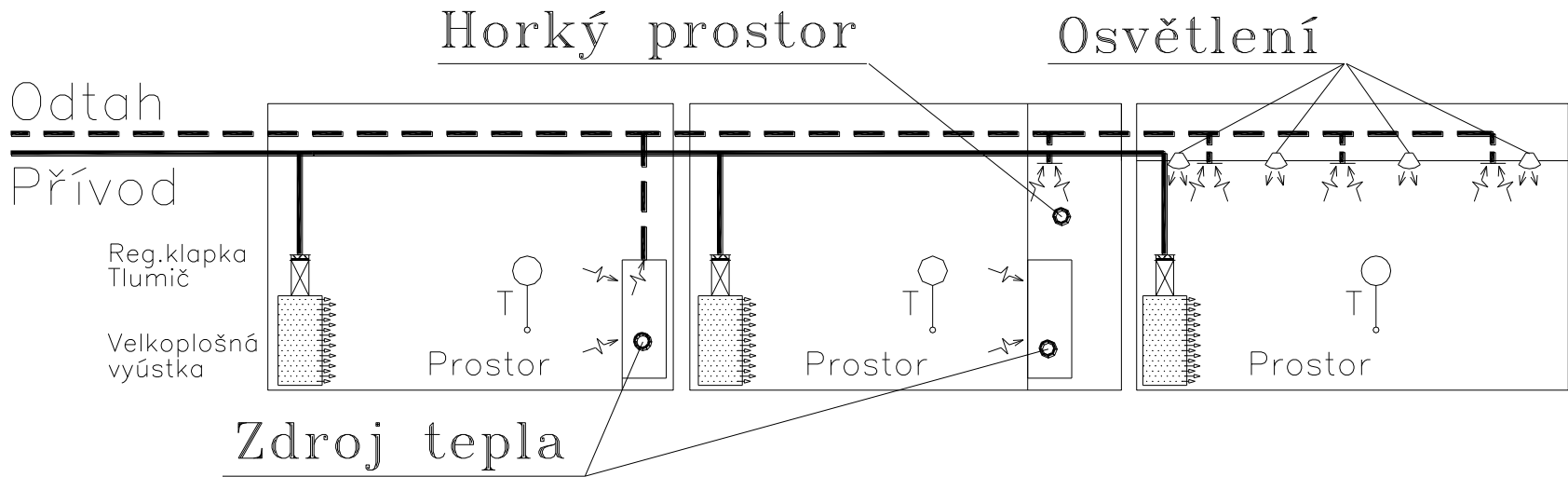
- ❖ **400 až 600 ppm** - koncentrace CO₂, ve venkovním ovzduší
- ❖ **1 000 až 1 250 ppm** - úroveň CO₂, pro dosažení vysoké kvality vnitřního vzduchu v prostorách určených pro pobyt osob (1000 ppm = Pettenkofferovo kritérium)
- ❖ **1 500 ppm** - doporučená maximální (dostatečná) úroveň CO₂, ve vnitřním prostředí budov
- ❖ **nad 1 500 ppm** - nastávají příznaky únavy a snižování pozornosti člověka
- ❖ **nad 2 500 ppm** - ospalost, letargie, bolesti hlavy, únava
- ❖ **5 000 ppm** - maximální bezpečná průměrná koncentrace (za 8 hodin) bez zdravotních rizik pro pracovní prostředí (PEL)
- ❖ **nad 5 000 ppm** - negativní vliv na vnímání osob, nedoporučuje se delší pobyt, koncentrace spojená se syndromem nemocných budov (SBS)
- ❖ **nad 10 000 ppm** - prokázány zdravotní problémy, dýchací potíže
- ❖ **25 000 ppm** - nejvyšší přípustná koncentrace pro pracovní prostředí (NPK-P)
- ❖ **nad 40 000 ppm** - zdraví a životu nebezpečné v důsledku nedostatku kyslíku závratě, zvýšený tep, pocení, ztráta vědomí

Způsoby **distribuce vzduchu** v prostoru s ohledem na **optimalizaci energií** a možnosti využívání vnitřních energetických zdrojů

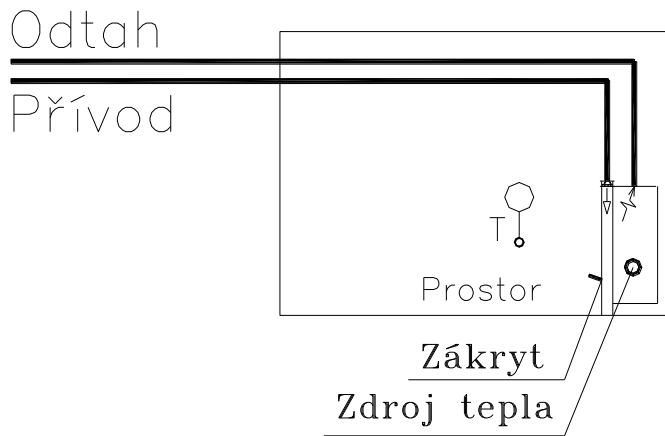
Velký vliv má:

- množství čerstvého vzduchu a způsob jeho přivedení do požadovaného místa vytvořením optimálního obrazu proudění
- způsob odtahu vzduchu a způsob odtahu od zdrojů škodlivin
- volba koncových elementů pro distribuci vzduchu
- volba teplotního spádu mezi přívodním vzduchem a teplotou vzduchu v prostoru

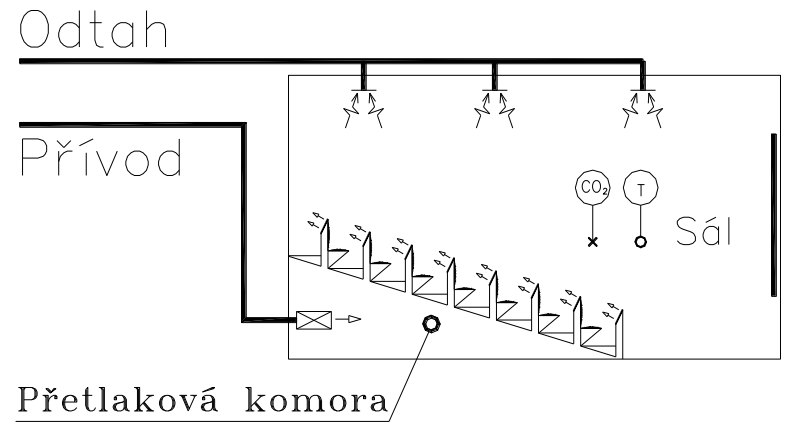
o Přívod vzduchu velkoplošnými vyústkami



o Přívod vzduchu ke zdrojům škodlivin

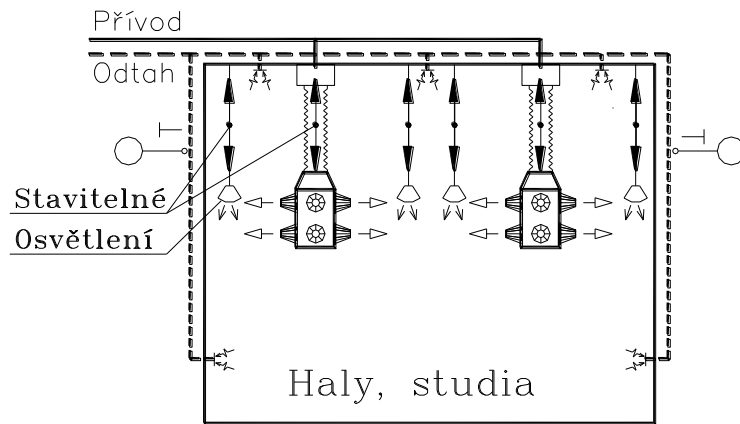


Přívod vzduchu
k technologickému stojanu

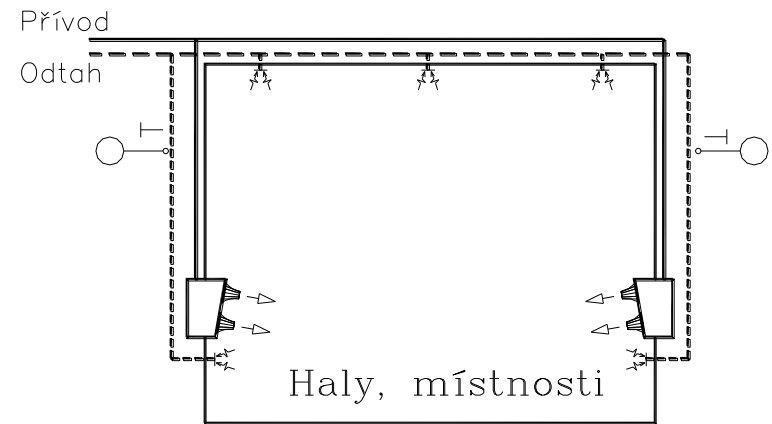


Přívod vzduchu
do dýchací zóny člověka

- o **Přívod vzduchu s velkým teplotním rozdílem mezi přívodní teplotou a teplotou prostoru**



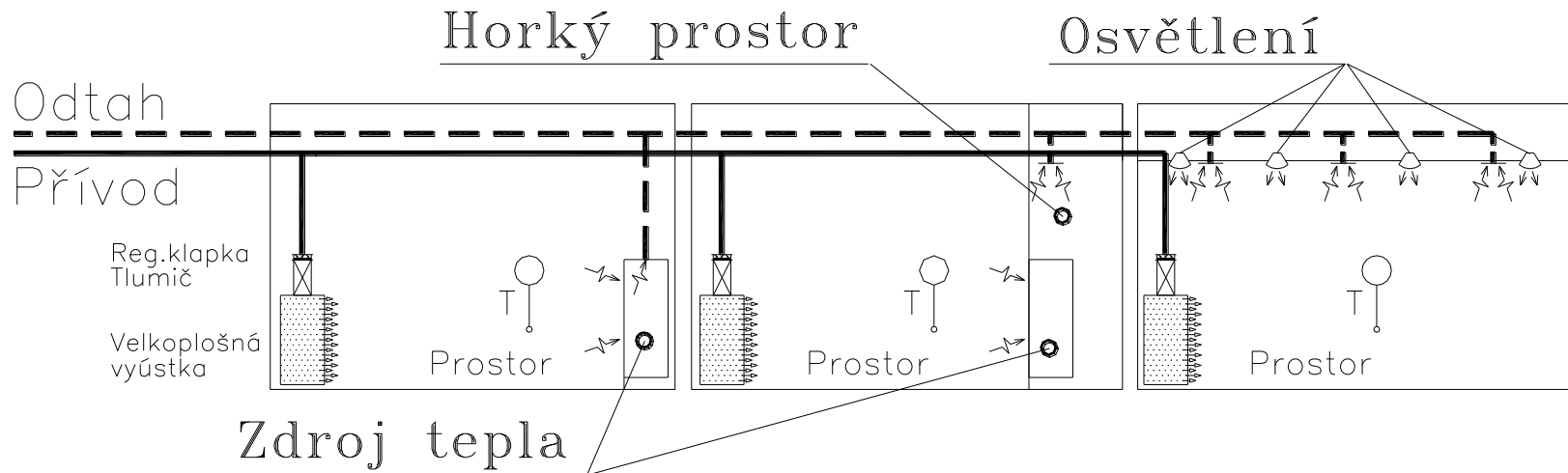
Pro chlazení



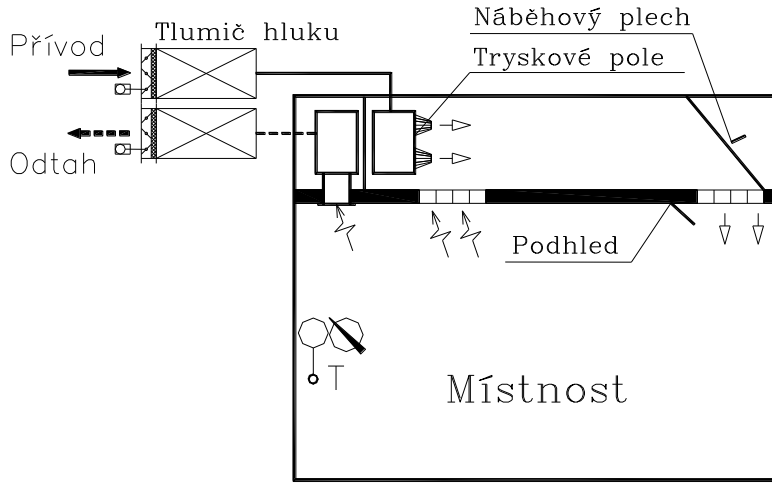
Pro vytápění i chlazení

o Distribuce vzduchu s proměnlivým množstvím dle zátěže

- Přívod vzduchu velkoplošnými výústkami

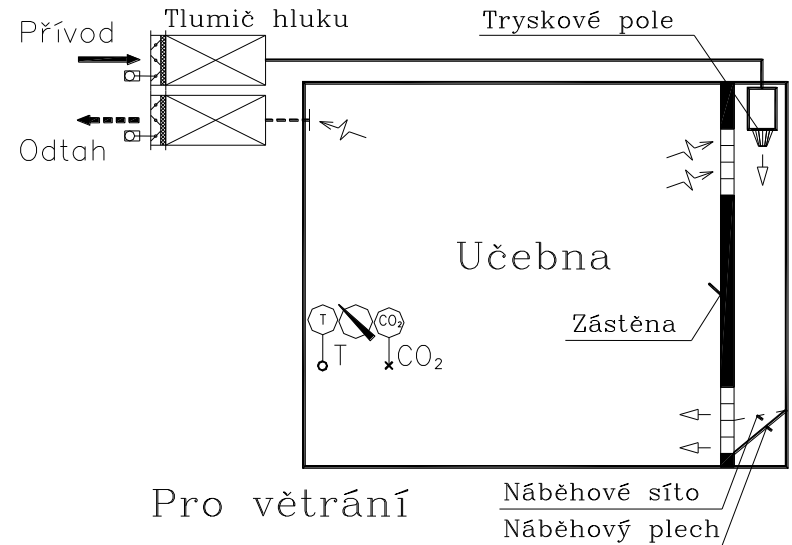


- **Přívod vzduchu tryskovým polem v podhledu nebo zástěně**



Pro chlazení

Trysové pole v podhledu

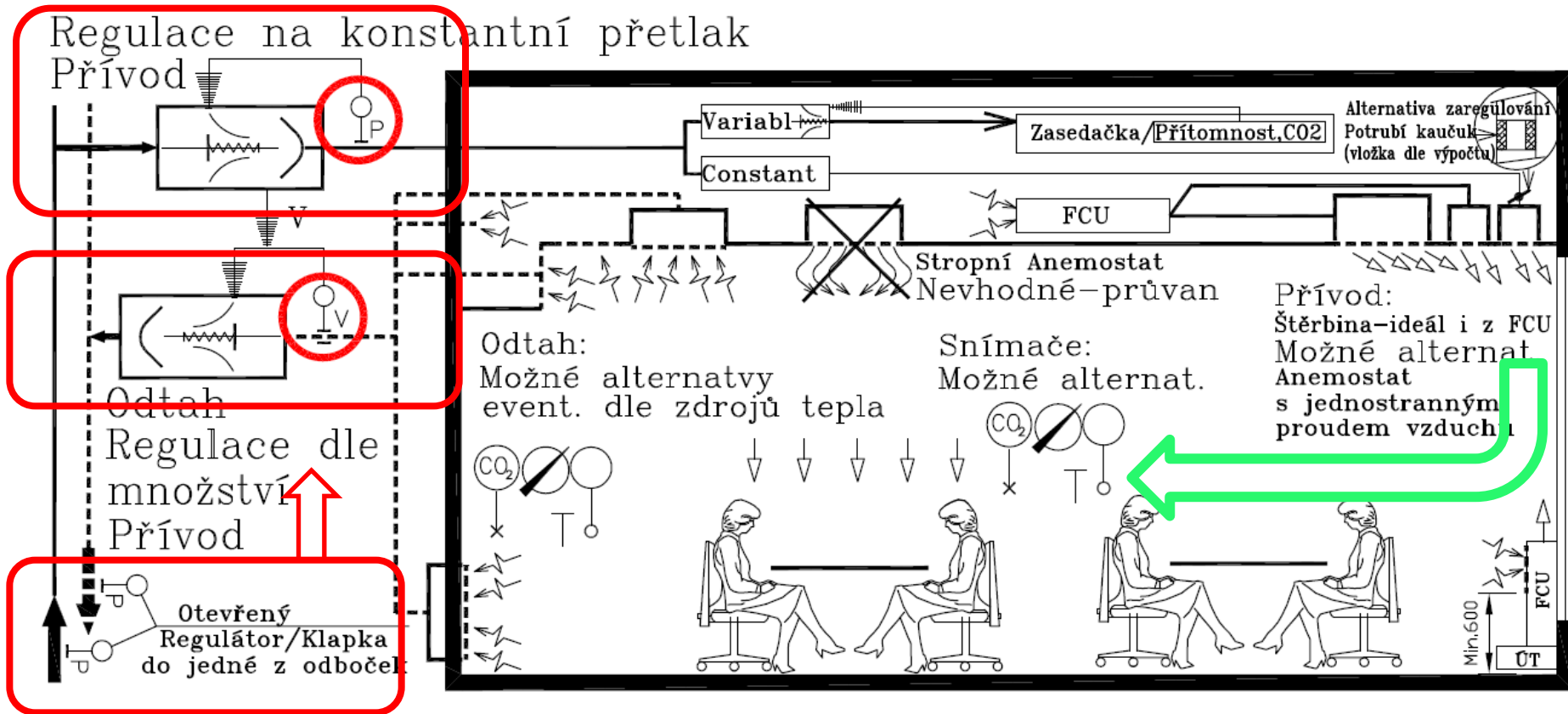


Pro větrání

Trysové pole v zástěně

Větrání / přívod vzduchu do velkoplošných kanceláří – mikroklima

Distribuce vzduchu



Větrání / přívod vzduchu do velkoplošných kanceláří – mikroklima

Eliminace tepelných ztrát a zisků

- Základní režimy ovládání pro FCU :
 - NEOBSAZENO(NOC)
 - STANDBY(PŘIPRAVENO),
 - OBSAZENO
- Musí být zadáno pásmo nulové energie. Např.:
 - Teplota pro Ohřev (pod) 22°C,
 - Teplota pro Chladí (nad) 25°C
- Je-li víc jak jeden FCU:Regulace mezi nimi provázaná
 - Nesmí že: jeden FCU chladí a druhý ohřívá tentýž prostor
- Jednotky FCU musí zajistit funkci ZÁTAP
- Vypínání FCU od otevřených oken
- Možnost nastavení uživatelem – velín pásmo
- Přepínání od čidel přítomnosti
- Opačně – signalizace led, že je funkční
- Atd.

IRC1_134 — Mozilla Firefox
10.117.80.31:81/ord/station|slot:Drivers/Niagara/PB_MR1_1_I

MC1.134 - Pokladna

Volba teploty ze skupiny :	2.SKUPINA
Časový plán	OBSAZENO
Požadovaný režim skupiny :	OBSAZENO
Přítomnost :	ANO
Aktuální režim místnosti :	OBSAZENO
Regulace teploty :	CHLAD
Žádaná teplota OH - OBSAZENO :	22,0 °C
Žádaná teplota OH - STANDBY :	20,0 °C
Žádaná teplota OH - NEOBSAZENO :	10,0 °C
Žádaná teplota CH - OBSAZENO :	25,0 °C
Žádaná teplota CH - STANDBY :	29,0 °C
Žádaná teplota CH - NEOBSAZENO :	35,0 °C
Termostat - aktuální korekce :	0,0 °C
Termostat - Maximální korekce :	0,5 °C
Termostat - Minimální korekce :	-0,5 °C
Požadovaná teplota prostoru :	25,0 °C
Teplota prostoru :	24,8 °C
Teplota přívodní :	17,3 °C
Otáčky:	3.OTACKY
Ventil ohřevu :	ZAVRENO
Ventil chlazení :	OTEVRENO
Kondenzace :	NE

VZDUCHOTECHNIKA A KANALIZACE

Není ten zápach náhodou z KANALIZACE



Ve většině případů

ANO

**Ale, vždyť je tady
KLIMATIZACE !**

Právě proto 😞

Ing. Karel Matějčík
<http://www.ingmatejcek.cz>

Když ševcova žena a kovářova kobyla chodí bosa

Zkušenosti z provozů VZT systémů:

V cca 90% objektů se vždy najdou nějaká vzduchotechnická zařízení, u kterých dochází k přísávání výparů z kanalizačních rozvodů do přívodů čerstvého vzduchu.

Hlavní příčiny:

Nevhodně zvolené nasávací místo čerstvého vzduchu

Technicky chybně provedená propojení mezi systémy VZT a kanalizace

Netěsnosti VZT jednotek a rozvodů

Strojovny s VZT zařízením nejsou řádně větrány systémy VZT: zajistit PŘETLAK

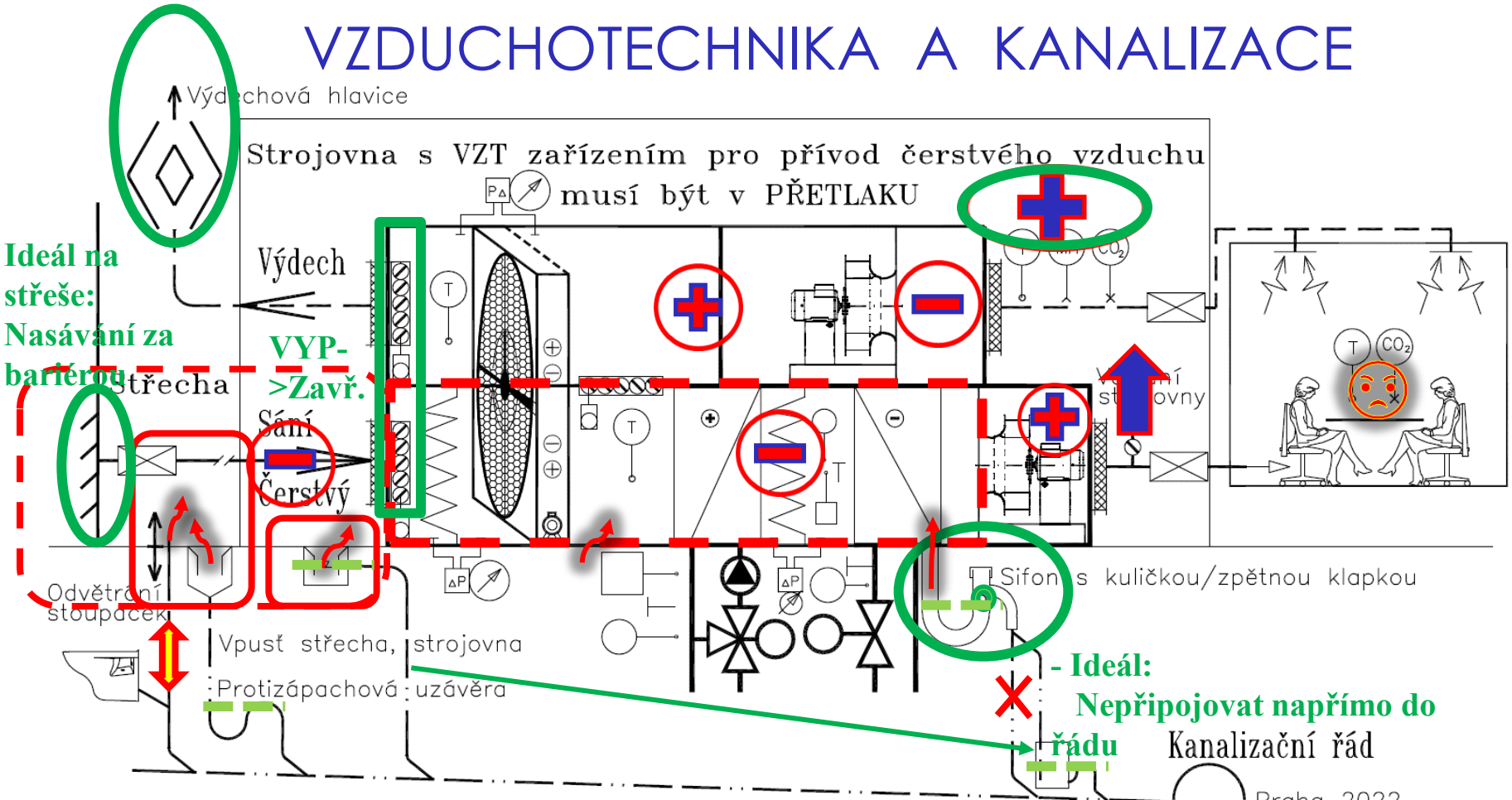


VZDUCHOTECHNIKA A KANALIZACE

- Nasávací místo pro strojovnu vzduchotechniky
- Výpary z kanalizace do nasávání čerstvého vzduchu
- Obrostlé břecťanem – biologický odpad do nasávání



VZDUCHOTECHNIKA A KANALIZACE



Ideál na střeše: Nasávání za bariérou střecha

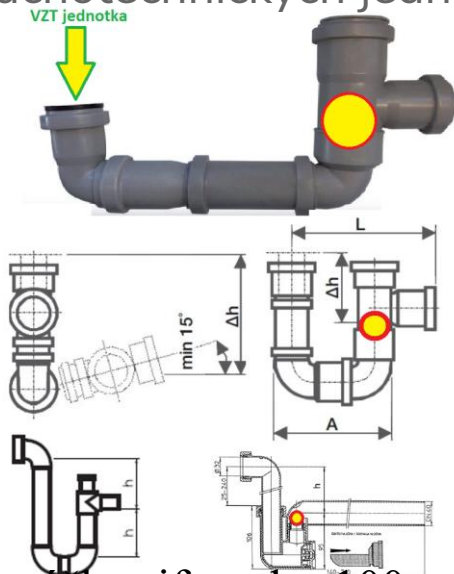
VYP. -> Zavř.

- Ideál: Nepřipojovat napřímo do řádu Kanalizační řád

VZDUCHOTECHNIKA A KANALIZACE

Protizápachové sifony k vzduchotechnickým jednotkám

PODTLAKOVÝ SIFON S KULIČKOVÝM UZÁVĚREM pro
připojení odvodu kondenzátu
vzduchotechnických jednotek



Min. výška sifonu $h = 100$ mm,
pokud celkový tlak ventilátoru $dPt < 1000$ Pa

pro vyšší celkový tlak $h[\text{mm}] = dPt[\text{Pa}]/10$

ODVOD KONDENZÁTU

Laser Centrum Dolní
Břežany



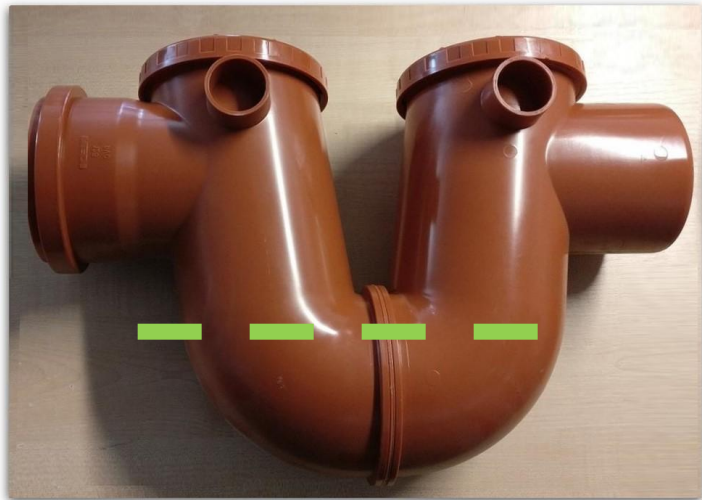
ODVOD
KONDENZÁTU
pro malé jednotky



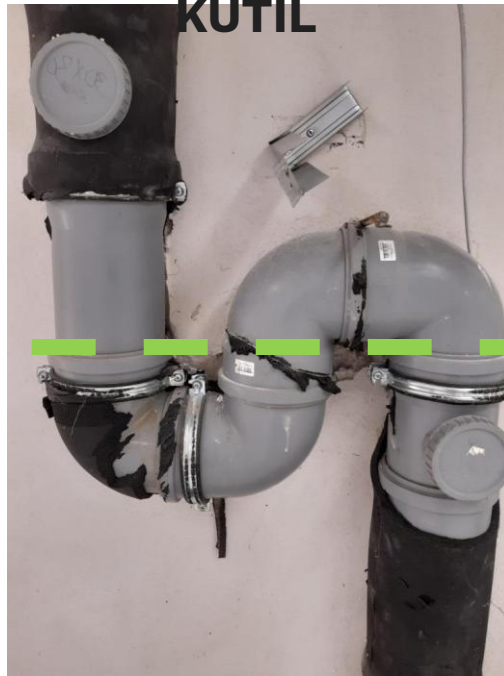
VZDUCHOTECHNIKA A KANALIZACE

Protizápachové sifony rozvodů kanalizace / stoupaček

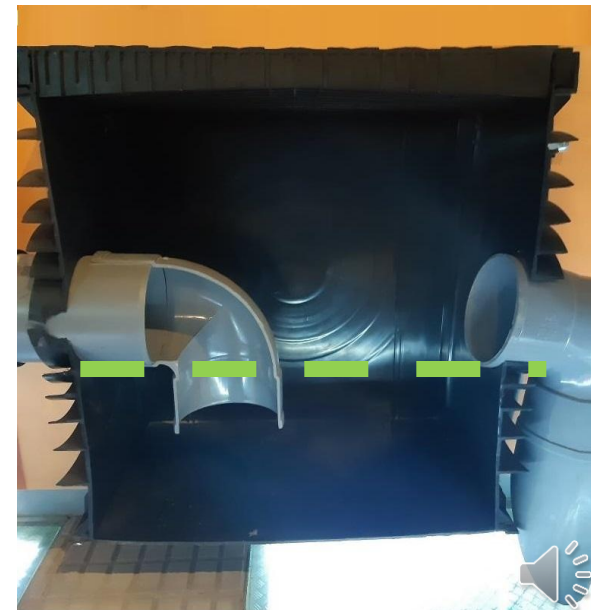
**PROTIZÁPACHOVÝ SIFON
DN 125 KG s čistícími
otvory a odvzdušněním**



**PROTIZÁPACHOVÝ
SIFON DN 110 HT -
KUTIL**



**PROTIZÁPACHOVÝ
SIFON ŠPANĚLSKO**



- Provoz zařízení

Provozovat zařízení VZT jen když to je skutečně potřeba

- ✓ Pokud nedochází k samovolnému zapínání VZT od „událostí“ nebo přímo uživatelem, musí být vypracován mechanismus, který zajistí provoz VZT zařízení v požadovaném režimu
- ✓ Využívat programy pro optimalizaci startu a zátoku
- ✓ Dělit zařízení do zón a tyto zóny ovládat (zapínat přívod vzduchu) přímo přítomností uživatele nebo požadavkem od technologie
- ✓ Vypínat zařízení, když je jejich provoz zbytečný a značně nevhodný. Např. provoz místních chladících jednotek, jsou-li otevřená okna

Nutnost instalace centrálního řídicího systému pro zajištění optimalizace energetického hospodářství

- Nutná instalace M+R
- Systém musí umožnit spínání všech zařízení, měření a hlášení.
- Musí z něj být přehled o všech důležitých parametrech.
 - Venkovní parametry, parametry zdrojů, vnitřní parametry.
tj. teplota, vlhkost, tlak, entalpie, odebírané množství tepla, chladu, elektrické energie, atd..

Děkuji za pozornost

<http://www.ingmatejcek.cz/>