

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

Program celoživotního vzdělávání

*MaR VZT - požadavky projektanta VZT*

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

# Hlavní požadavky VZT jsou na profese:

- Stavba
- Elektro silnoprúd
- Vodní rozvody tepla a chladu
- **Měření a regulace**
- Požární ochrana
- A jiné

# Základní pojmy a veličiny

Obecné:

- $X_m$  – Měřená veličina
  - o teplota, uváděno v °C
  - o tlak, uváděno v Pa, kPa,
  - o vlhkost, uváděna jako
    - relativní vlhkost v %,
    - měrná vlhkost v g/kg (hmotnost vodní páry v 1 kg suchého vzduchu),
    - event.. zprostředkovaně entalpie v kJ/kg (kilojoule / kilogram),
  - o koncentrace oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>), uváděno v ppm CO<sub>2</sub> (Parts per million - z angličtiny, česky: „dílů či částic na jeden milion“)
  - o množství, event. průtok, uváděno v kg/s, m<sup>3</sup>/hod, ...
  - o výška hladiny, m, mm
  - o otáčky, 1/min
- $X_w$  – Žádaná hodnota
- $\Delta X$  – Regulační odchylka =  $X_m$  Měřená veličina minus Žádaná hodnota  $X_w$
- $X_p$  – Pásmo proporcionality =  $X_{m\max} - X_{m\min}$
- $Y$  – Akční veličina [%] – výstup pro regulátor

# Druhy regulace

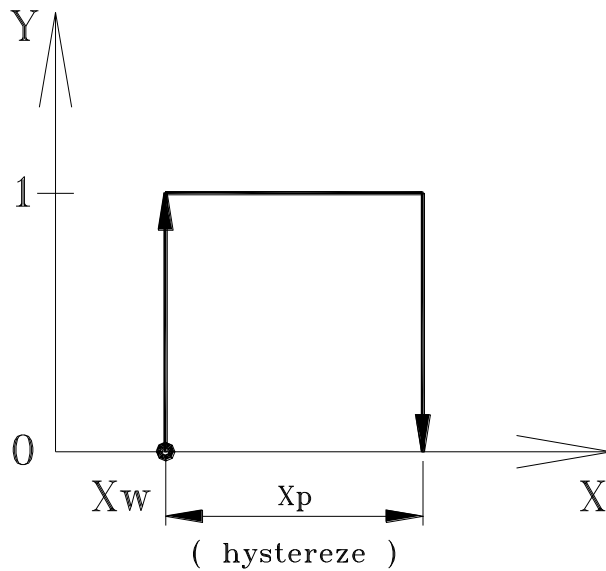
Regulátory:

- Nespojité, většinou dvou/třístavové, ...
  - výstup je např. Zap / Vyp, Otevř. / Zavř., .....
- Spojité
  - výstup je plynulý signál, např. 2 až 10V

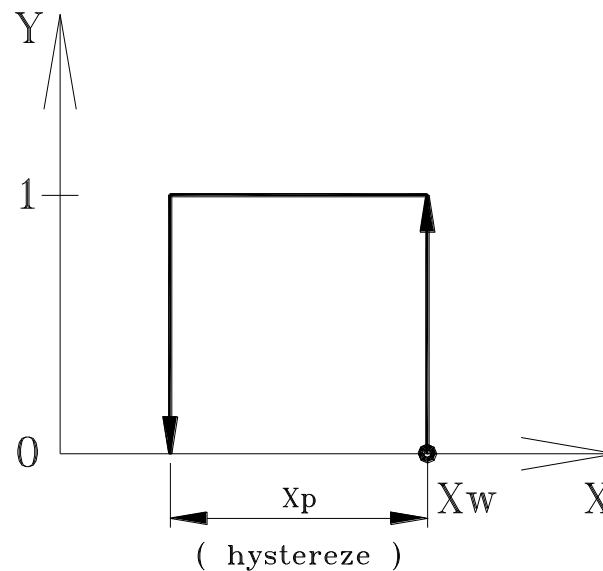
# Nespojitá regulace

**Dvoustavová regulace** (spínání x rozpínání zdroje tepla/chladu)  
- regulační charakteristika dvoustavové regulace :

Spínání ohřevu



Spínání chlazení



# Dvoustavová regulace

## Výhody dvoustavové regulace :

- nižší nároky na složitost výkonových spínačů, často vyhovuje mechanické relé
- malé nároky na regulátor
- jednoduchá obsluha
- cenově dostupné

## Nevýhody dvoustavové regulace :

- nízká jakost regulace
- nenulová regulační odchylka

## Příklady:

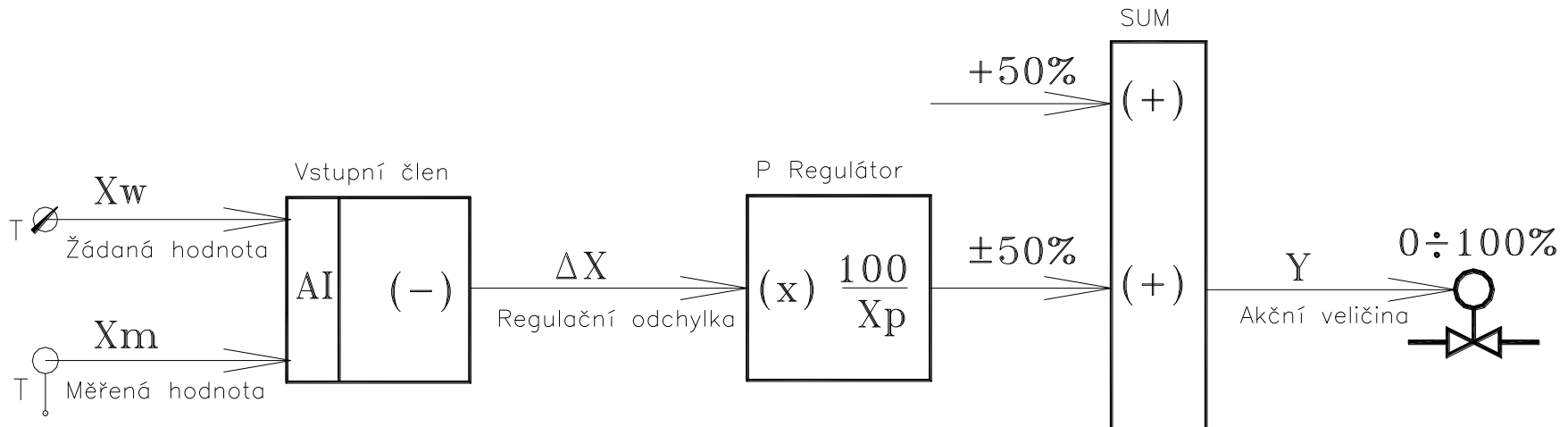
- prostorový regulátor teploty
- regulátor teploty v lednici

# Spojité regulace

- A. P – Proporcionální – reaguje na odchylku mezi měřenou a žádanou hodnotou**  
– akční veličina **Y** je v závislosti na zesílení **K** přímo úměrná regulované veličině **X**:

$$Y(t) = K * X(t) = \frac{100}{X_p} * X(t)$$

– blokové schéma:

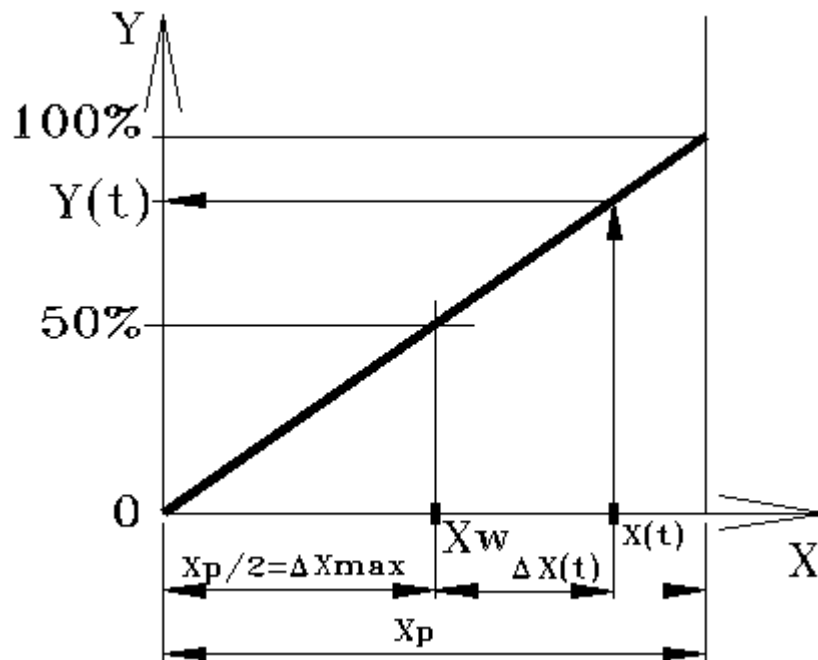


## P – Proporcionální regulace

- regulační charakteristika - vyjadřuje vztah mezi měřenou veličinou  $X$  a velikostí akční veličiny  $Y$

$$Y(t) = 50 + \frac{100}{X_p} * \Delta X(t)$$

- schéma regulační charakteristiky proporcionálního regulátoru:



Pro modul „Proporcionální regulace“ se zadává:

$X_P$  – Pásmo proporcionality

– rozsah  $\Delta X$  pro výstup 0% až 100%.

Z toho vyjde:

$K$  – Zesílení – rychlost odezvy akční veličiny  $Y$  na změnu měřené  $X_m$

# **P – Proporcionální regulace**

## **Výhody**

- Jednoduchost

## **Nevýhody:**

- Systém se nesnaží dosáhnout žádanou hodnotu.
- Vykazuje trvalou regulační odchylku.

## **Příklady:**

- termostatické hlavice radiátorových ventilů
- pneumatický regulátor pro regulaci indukčních jednotek
- přímočinné regulátory regulačních ventilů, např. firmy Mertik

# I – Integrovní regulace

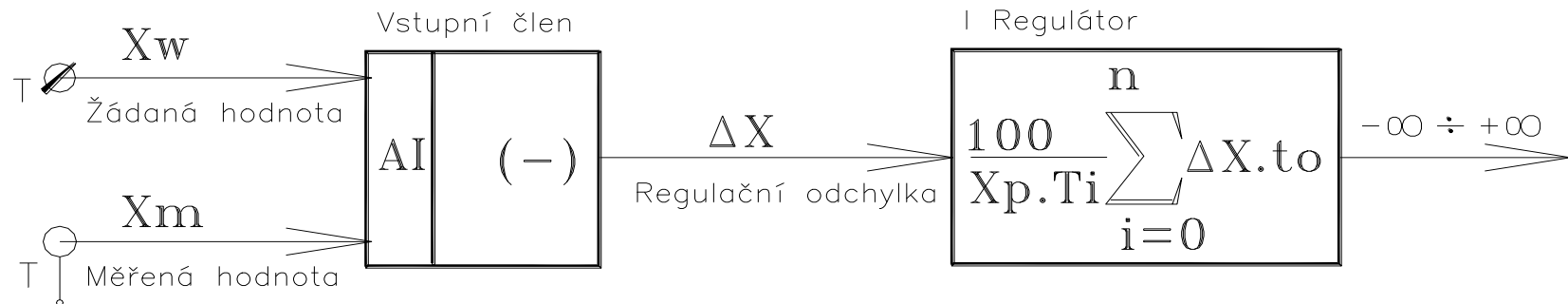
- B. I – Integrovní – při regulační odchylce  $> 0$  načítá (odčítá) akční veličinu v čase**  
 – akční veličina  $Y$  se v závislosti na zesílení  $K$ , na regulační odchylce  $\Delta X$  a časové integrační konstantě  $T_i$  vyjádří ze vztahu:

$$Y(t) = K \cdot \frac{1}{T_i} \cdot \int_0^t \Delta X(\tau) d\tau$$

– pak za čas cyklu  $t_0$ :

– blokové schéma:

$$Y(t) = K \cdot \frac{1}{T_i} \cdot \sum_{i=0}^n (\Delta X \cdot t_0) = \frac{100}{X_p \cdot T_i} \cdot \sum_{i=0}^n (\Delta X \cdot t_0)$$



Pro modul „Integrace“ se zadává:

$X_p$  – Pásmo proporcionality [měřená hodnota, např. °C, Pa, atd.]

$T_i$  – Integrovní časová konstanta [s]

# I – Integrovační regulace

## Výhody integrovační regulace

- trvalá snaha o dosažení žádané hodnoty

## Nevýhody integrovační regulace:

- náchylné ke kmitání
- je nutné regulační okruhy zaregulovat – zjistit a zadat pásmo proporcionality  $X_p$  a časovou integrovační konstantu  $T_i$  [s] o takové hodnotě, aby regulační okruh byl stabilní - nekmital

Jako samostatná se pro vzduchotechnická zařízení většinou nepoužívá. Hojně se používá v kombinaci s regulací proporcionální, kde odstraňuje její nevýhodu trvalou regulační odchylku.

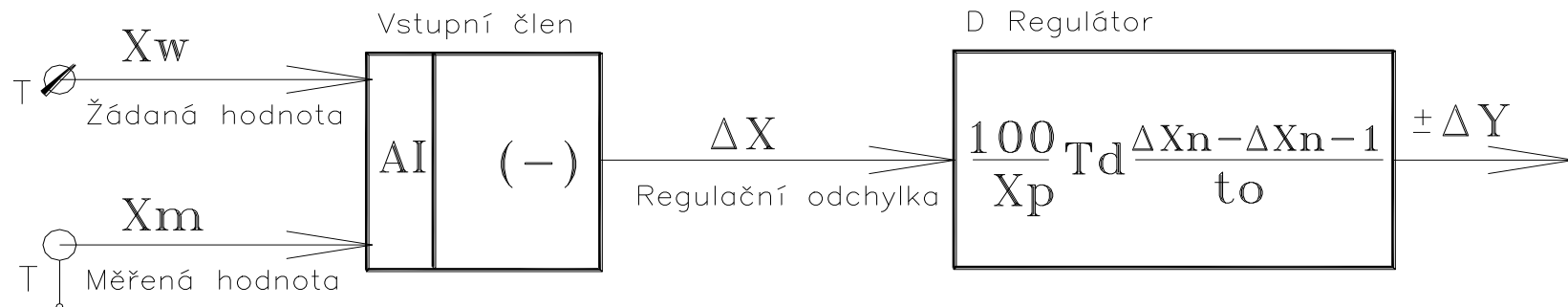
## D – Derivační regulace

### C. D – Derivační – vyjadřuje rychlost změny odchylky v čase

- Nepoužívá se samostatně. Vždy je ve spojení s jiným regulátorem.
- velikost akční veličiny  $Y$ , vyjádřená v **n-tém** kroku času cyklu **to**:

$$Y(t) = K \cdot T_d \cdot \frac{\Delta X_n - \Delta X_{n-1}}{t_o} = \frac{100}{X_p} \cdot T_d \frac{\Delta X_n - \Delta X_{n-1}}{t_o}$$

– blokové schéma:



Pro modul „Derivační“ se zadává:

$T_d$  – Derivační časová konstanta [s]

$t_o$  - Rychlost reakce regulace – odezvy. Je to čas cyklu nebo také doba jednoho cyklu průchodu výpočtu [s]

$X_p$  – Pásmo proporcionality

## **D – Derivační regulace**

### **Výhody derivační regulace**

- zvětšuje přesnost a zkracuje dobu pro dosažení žádané hodnoty

### **Nevýhody derivační regulace:**

- je nutné regulační okruhy zaregulovat – zjistit a zadat časovou derivační konstantu **T<sub>d</sub>** [s] o takové hodnotě, aby byla žádaná hodnota dosažena co nejdříve a při tom byl regulační okruh stabilní
- lze použít i samostatně – když je potřeba znát rychlost změny měřené veličiny

# PID – Proporcionálně integračně-derivační regulace

## D. PID – Proporcionálně integračně-derivační regulace

– Výsledná přechodová charakteristika **PID** regulace vznikne součtem složek od **P**, **I** a **D** členů.

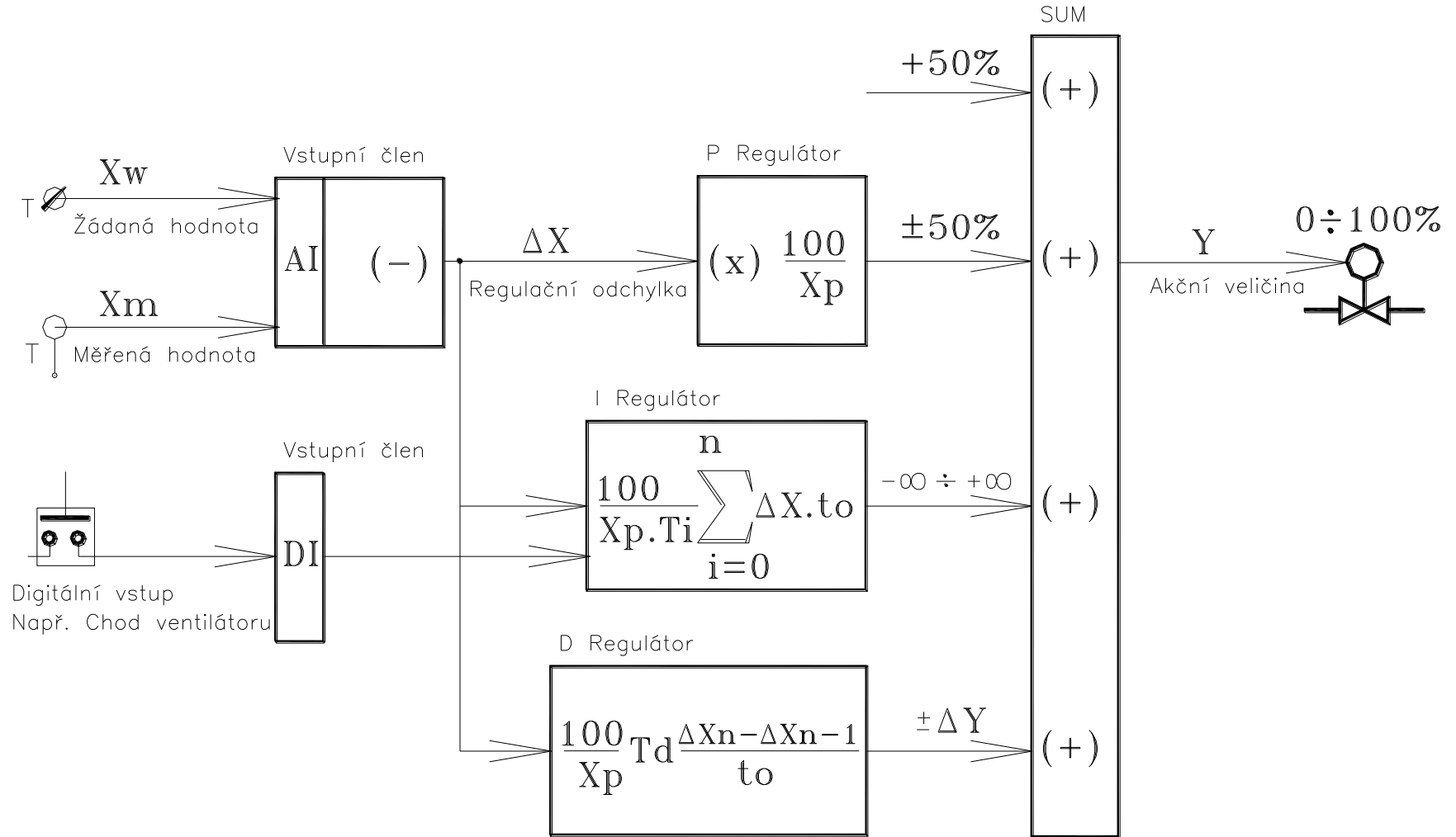
– Dojde k odstranění trvalé regulační odchylky, zvětšení přesnosti regulace a zmenšení náchylnosti ke kmitání.

– velikost akční veličiny  $Y$  je daná rovnicí:

$$Y(t) = 50 + \frac{100}{X_p} * \Delta X(t) + \frac{100}{X_p \cdot T_i} \cdot \sum_{i=0}^n (\Delta X \cdot t_o) + \frac{100}{X_p} \cdot T_d \frac{\Delta X_n - \Delta X_{n-1}}{t_o}$$

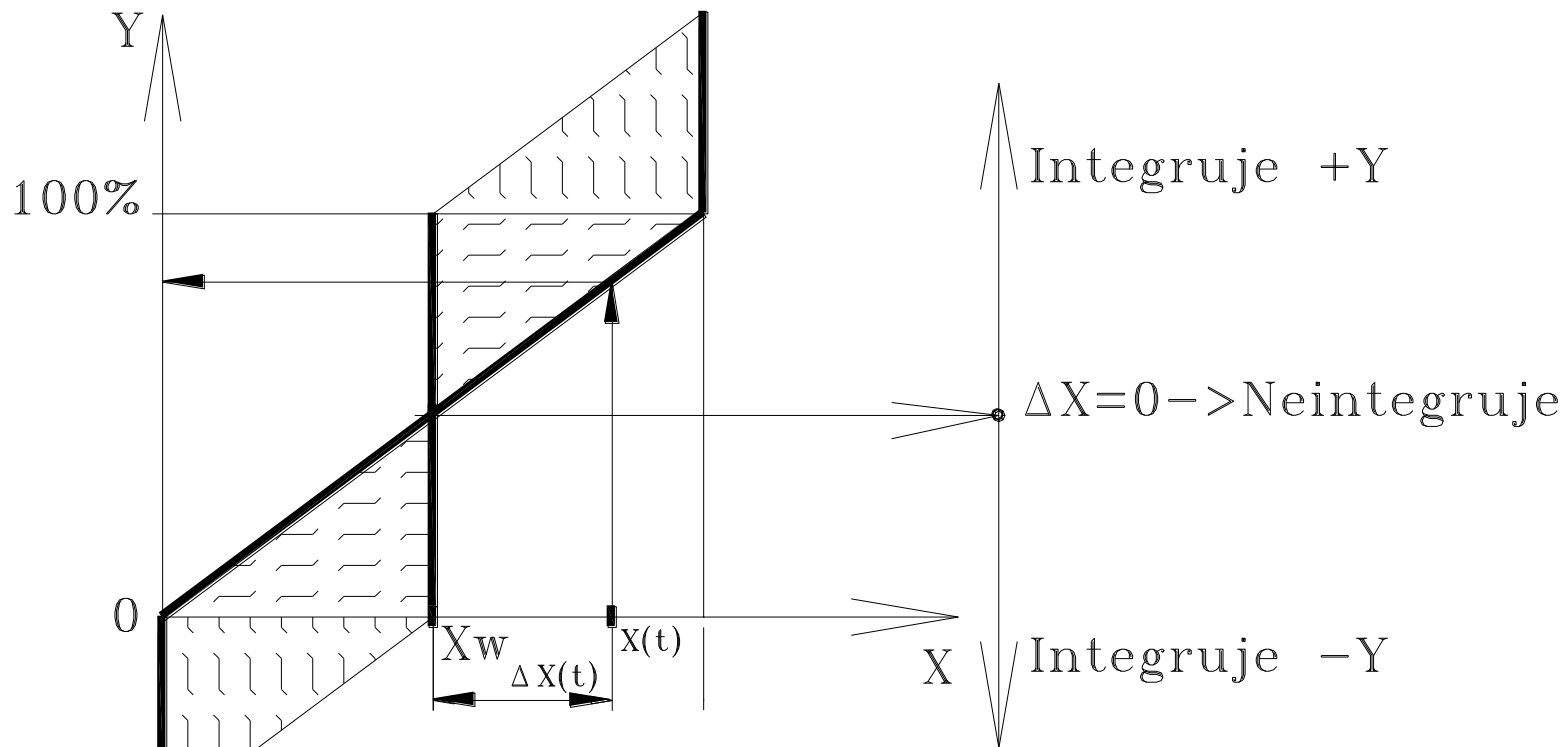
# PID – Proporcionálně integračně-derivační regulace

– blokové schéma PID regulace



# PID – Proporcionálně integračně-derivační regulace

– regulační charakteristika proporcionálně integrační regulace - PI



– Vliv integračního členu v algoritmu



– Vliv integračního členu na výstup

# PID – Proporcionálně integračně-derivační regulace

## Výhody PID regulace

- po většinu času je měřená hodnota přibližně rovna žádané hodnotě
- komfortní regulace, která vystačí pro většinu regulačních obvodů

## Nevýhody PID regulace:

- náročnější pro zaregulování okruhů – zadání parametrů

Pozn.

Převážná většina spojitých regulátorů obsahuje funkci PID regulace

Často se používají dva PID regulátory za sebou (kaskáda PID, PID).

Např.:

První regulátor reguluje hodnotu teploty přívodního vzduchu dle žádané a měřené teploty v prostoru

Druhý regulátor dle této hodnoty reguluje jednotlivé prvky technologie – např.: rekuperátor, směšování, chladič, ohřívač apod.

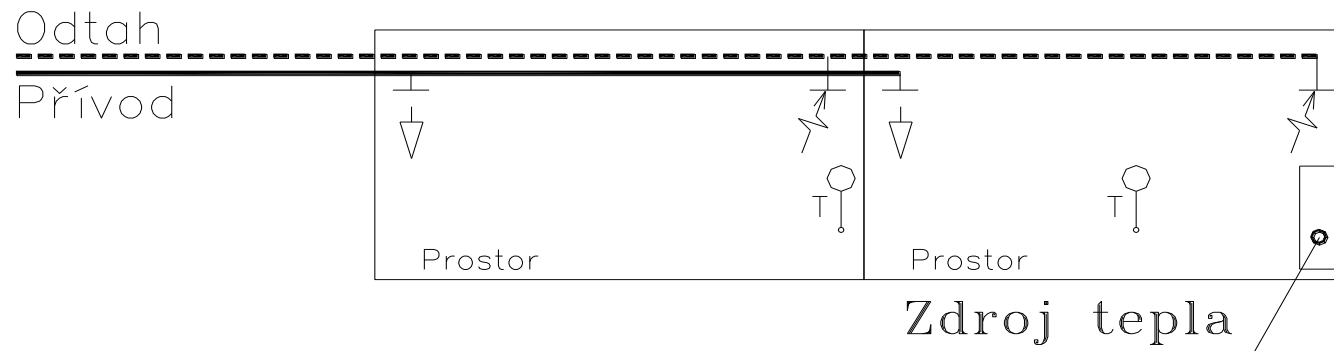
# Umístění čidel

## Čidla ve vlastním VZT zařízení

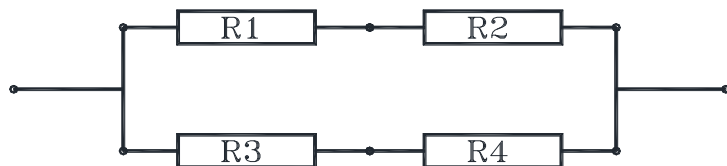
- V odtahovém potrubí nebo v komoře ventilátoru odtahu.
- Ve směšovací komoře.
- Čidlo za ohřivačem (chladičem) vzduchu.
- Čidlo pro měření teploty v pračce vzduchu ( za pračkou ).
- Čidlo pro teplotu přívodního (výstupního) vzduchu.

## Umístění čidla v prostoru

- Čidlo nesmí být umístěno v blízkosti zdroje tepla nebo chladu.
- Musí být ve směru proudu vzduchu k odtahovým vyústkám.



## Schéma sério-paralelního zapojení čidel pro průměrování teplot



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1 + R2} + \frac{1}{R3 + R4}$$

Pro  $R1=R2=R3=R4=R$

$$\rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R + R} + \frac{1}{R + R} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{2}{2R} = \frac{1}{R}$$

Výsledný odpor 4ks odporů o stejné hodnotě zapojených sério-paralelně je hodnota jednoho odporu!

# Požadavek na dálkovou volbu žádané hodnoty

- Žádaná pevně nastavena.
- Žádaná vlečně přestavována – např. vliv prosklených chladných stěn dle  $T_e$ .
- Žádanou si mohou přestavovat uživatelé prostoru.

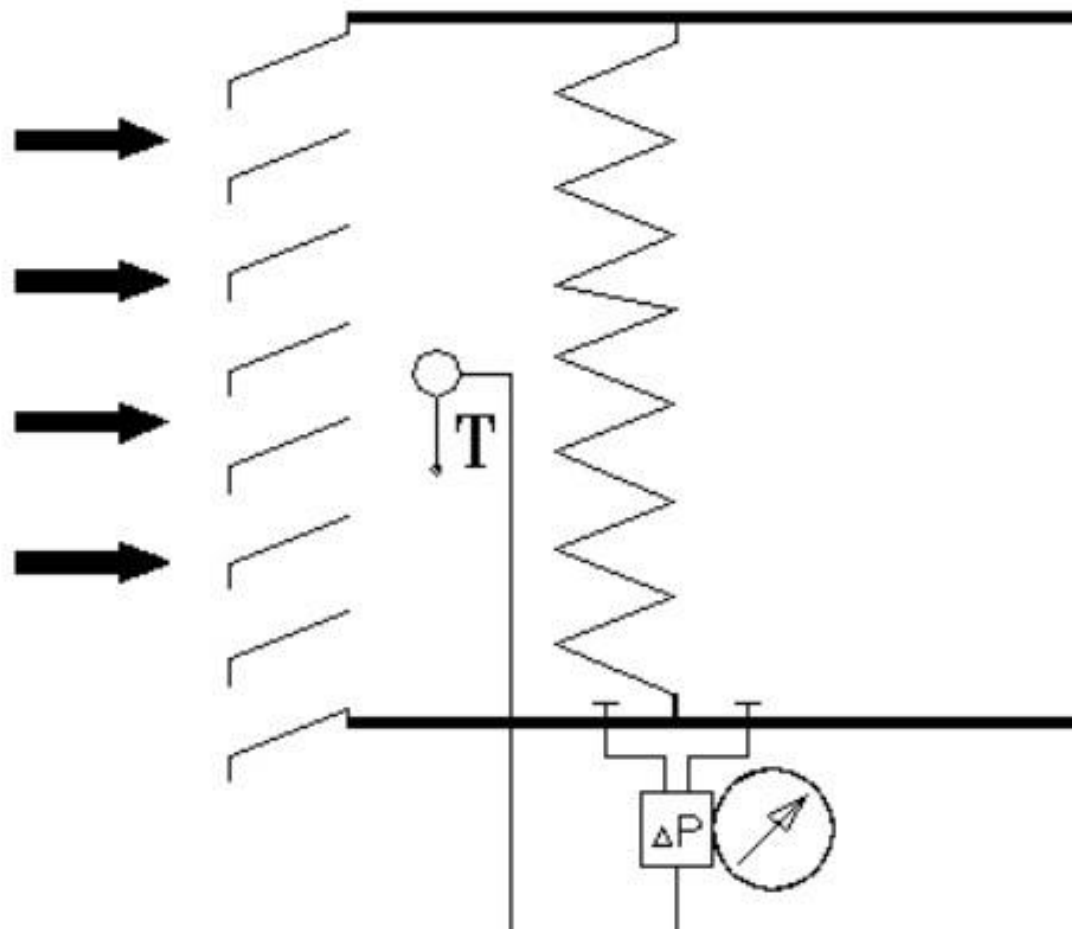
## Tolerance hodnot veličin

- u teploty je ve většině případů dostačující tolerance  $1^\circ\text{C}$  ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) a dá se i dosáhnout. Pokud požadujeme toleranci pod tuto hodnotu, je to většinou nutné řešit už při koncepci vlastního vzduchotechnického zařízení

# Vybrané typy regulace VZT zařízení

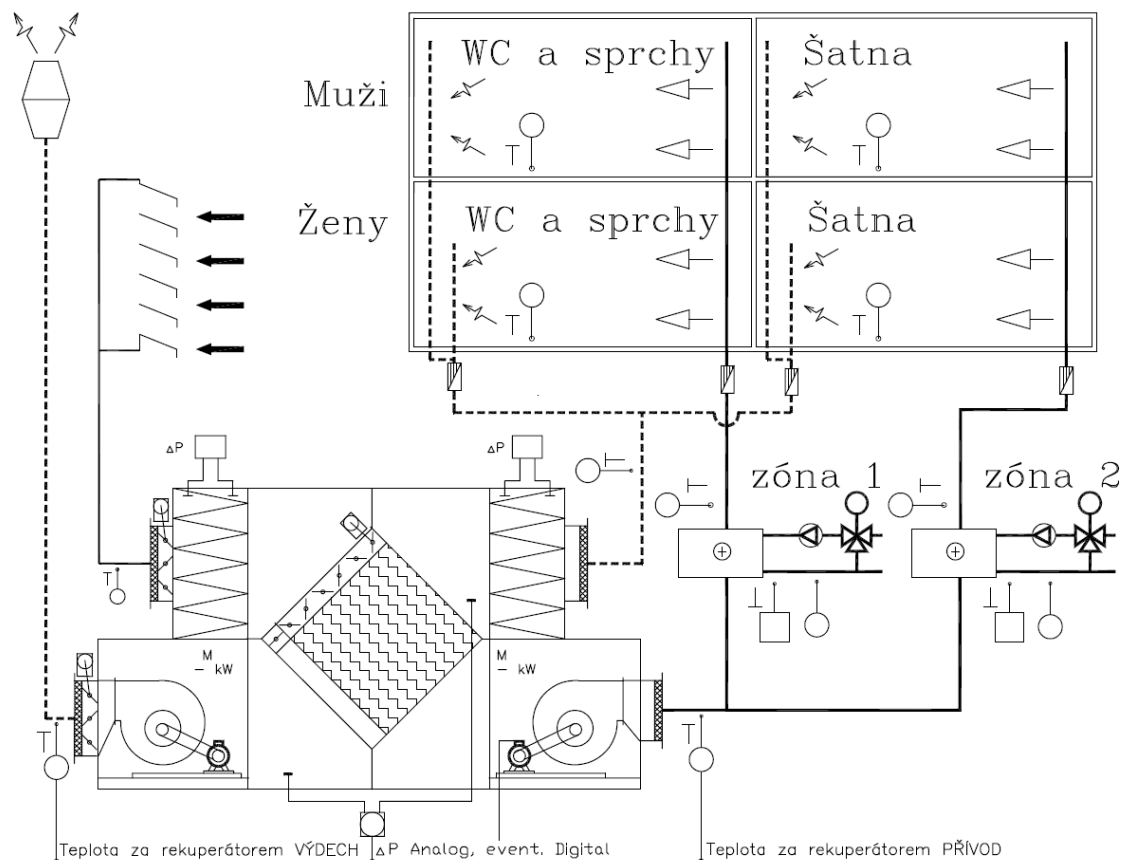
## □ Filtrace vzduchu ve VZT zařízení – indikace zanesení filtru.

- Snímá a měří se nárůst tlakový ztráty mezi prostorem před a za filtrem. Hodnotu nárůstu tlakové diference, při které se provede výměna udává výrobce náplně.
  - Vždy nutná kompletní výměna filtrační náplně



# Vybrané typy regulace VZT zařízení

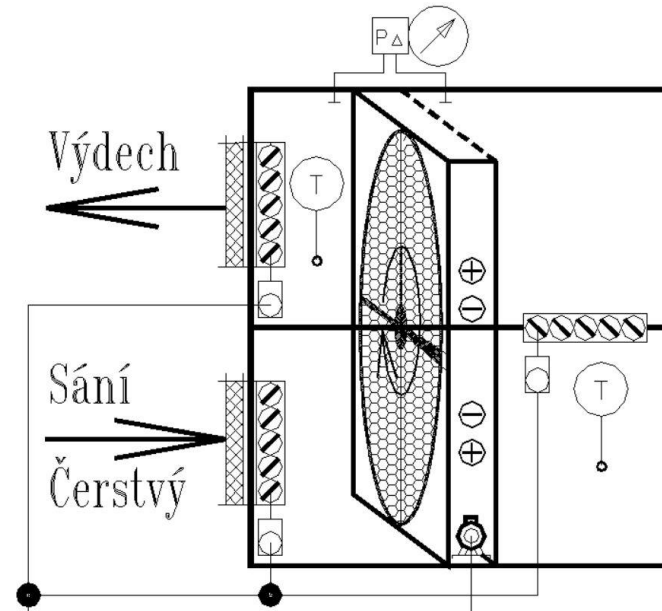
- ❑ ZZT - VZT zařízení pro zpětné získávání tepla/chladu.
  - **Křížové výměníky vzduch – vzduch** – plynulá regulace teploty přívod
    - o Regulace teploty obchodem čerstvého vzduchu (teplota, namrzání, odmrazování).
    - o Regulace teploty odtahovaného vzduchu za rekuperátorem – ochrana namrzání.
    - o Signalizace namrzání vlhkosti v části odtahovaného vzduchu - snímá a měří se tlaková ztráta mezi prostorem na vstupu a výstupu odtahovaného vzduchu.



# Vybrané typy regulace VZT zařízení

## □ ZZT - VZT zařízení pro zpětné získávání tepla/chladu.

- **Rotační regenerační výměník** – plynulá regulace teploty přívod
  - Regulují se změnou otáček kola, výjimečně obchozem vzduchu.
    - Regulační skříň s možností nastavení konstantních otáček kola. Reg. obchozem.
    - Regulační skříň s vlastní regulací otáček kola.
    - Regulační skříň s možností řízení otáček kola vnějším signálem.
    - Ochrana proti zamrznutí: Snímat tlakovou ztrátu rekuperátoru na straně odtahovaného vzduchu. Při jejím nárůstu na max. povolenou snížit otáčky přívodního ventilátoru, event. otevřít obchod rekuperátoru s čerstvým vzduchem a tuto námrazu odtahovaným teplým vzduchem odtát.
    - Doporučená výchozí frekvence elektromotoru při 100% výkonu min. 100Hz



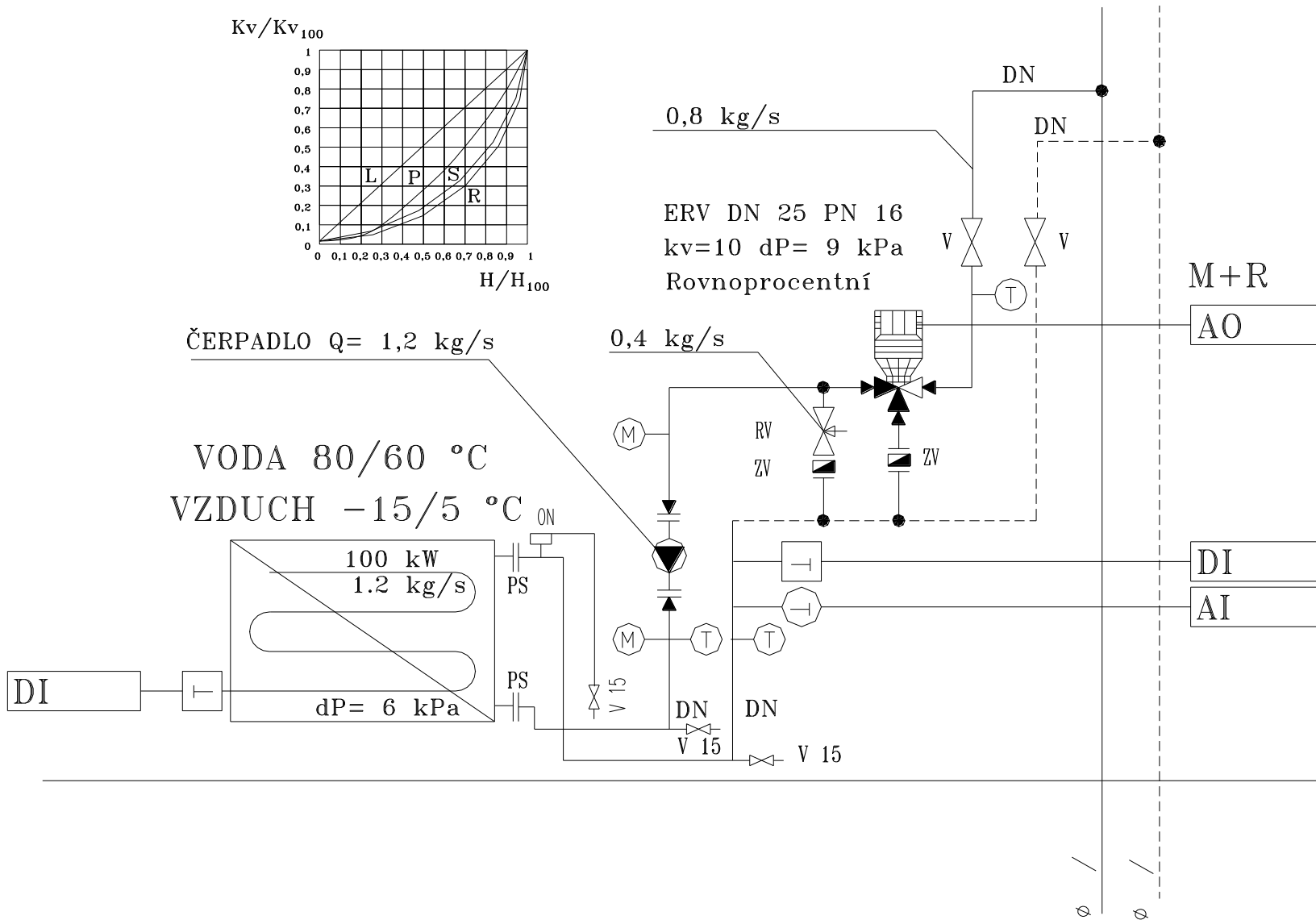
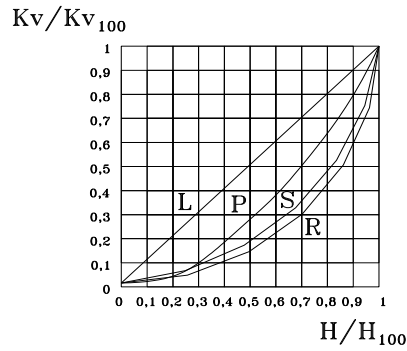
## □ VZT ohřivače Voda/Vzduch pro venkovní vzduch s teplotou od –18 do 35°C.

Při venkovních podnulových teplotách je nutno zabránit zamrznutí vlastního ohřivače.

### ➤ Hlavní zásady

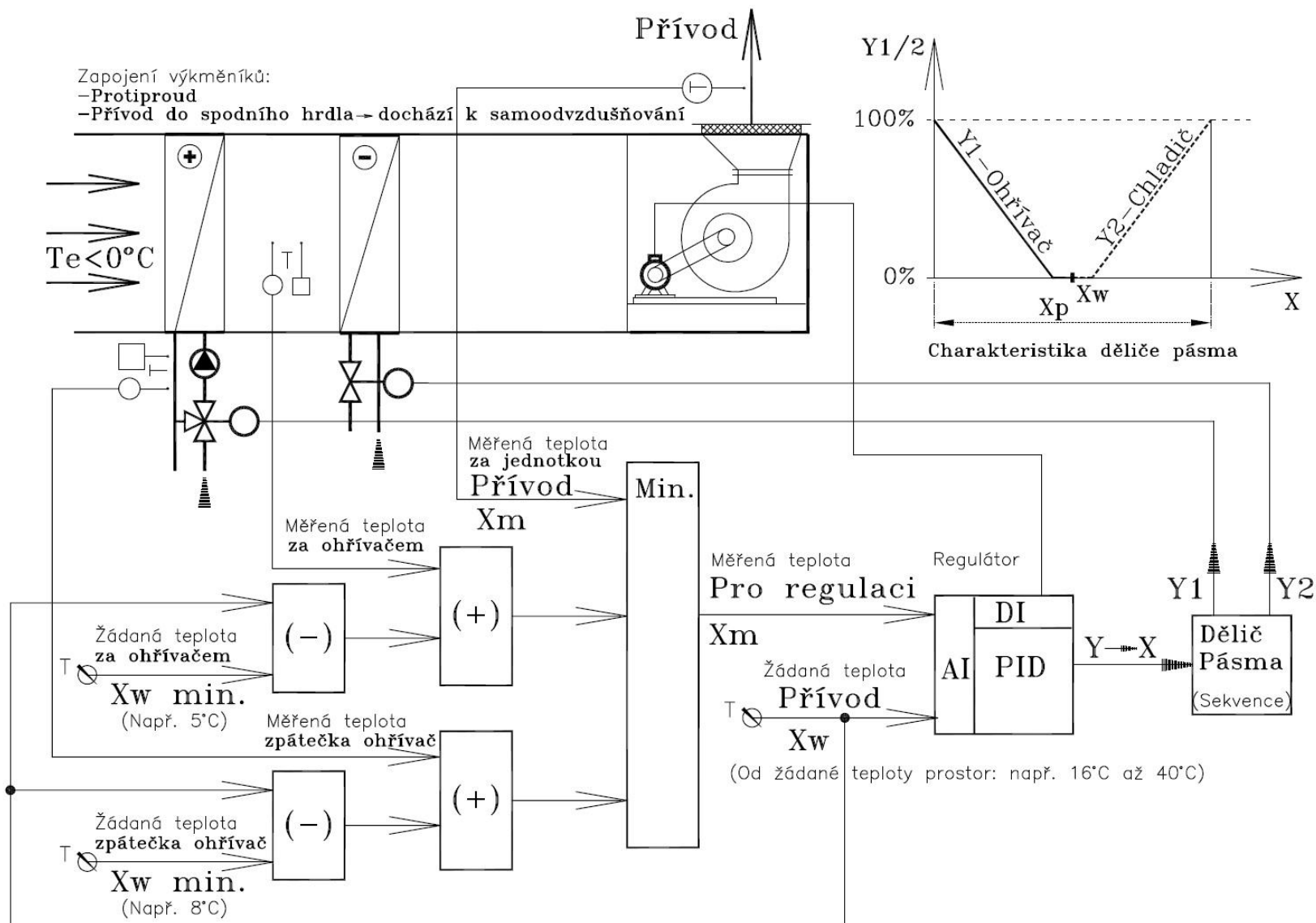
- o Ohřivač nadimenzovat na menší teplotní spád otopné vody – větší množství vody v okruhu
- o Regulace topné vody do ohřivače kvalitativní dle teploty vody zpátečky, která je „vlečně“ nastavována dle žadané teploty vzduchu přívod (kaskáda **PID, PID**). Regulace směšováním, při zajištění konstantního množství topné vody v okruhu. Při stojícím zařízení kaskáda **P, P**
- o Osadit regulátor teploty s kapilárou za ohřivač - ochrana ohřivače při výpadku čerpadla a chladiče za ohřivačem
- o Vhodně navržená charakteristika regulačního ventilu - regulační ventil s jinou než lineární charakteristikou – zabránění kmitání regulace při malých výkonech
- o Při podnulových teplotách nutný trvalý chod čerpadla
- o Pozor na umístění snímače teploty venkovního vzduchu. Nesmí být ovlivňován zdroji tepla. Nevhodné např. v sacím potrubí čerstvého vzduchu v blízkosti VZT jednotky

# Zapojení ohřívače pro předeheřev



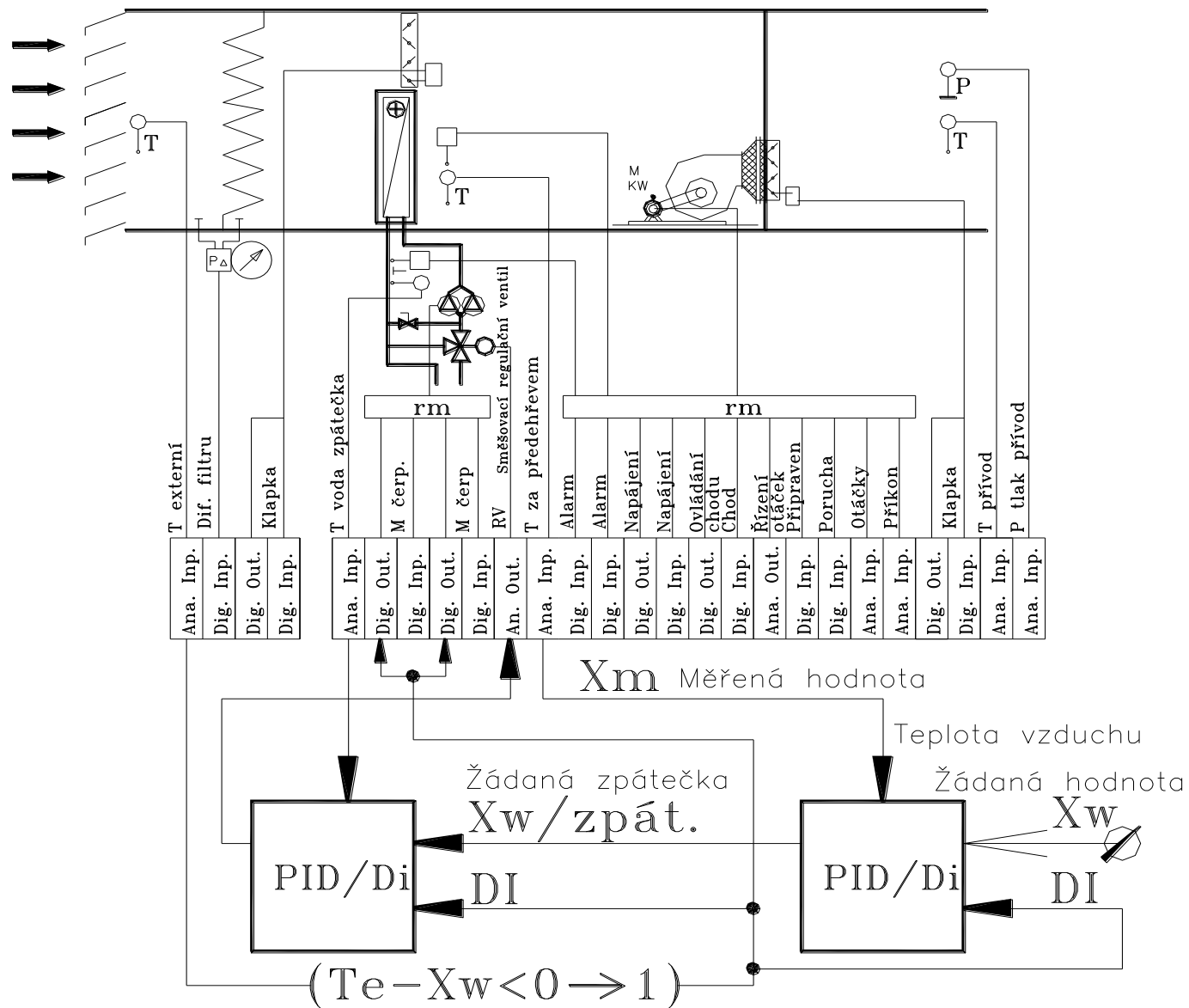
Při venkovních podnulových teplotách zabránit zamrznutí následného výměníku voda vzduch ( např. vodního chladič ) v sestavách klimatizačních jednotek.

➤ Blokové schéma regulace pro ohřivač s chladičem pro „podnulovou“ teplotou vzduch přívod



# Regulace centrálního přehřevu kaskádou PID, PID

- Dle **žádané teploty přívod** -první PID, se reguluje **teplota zpátečky** –druhé PID



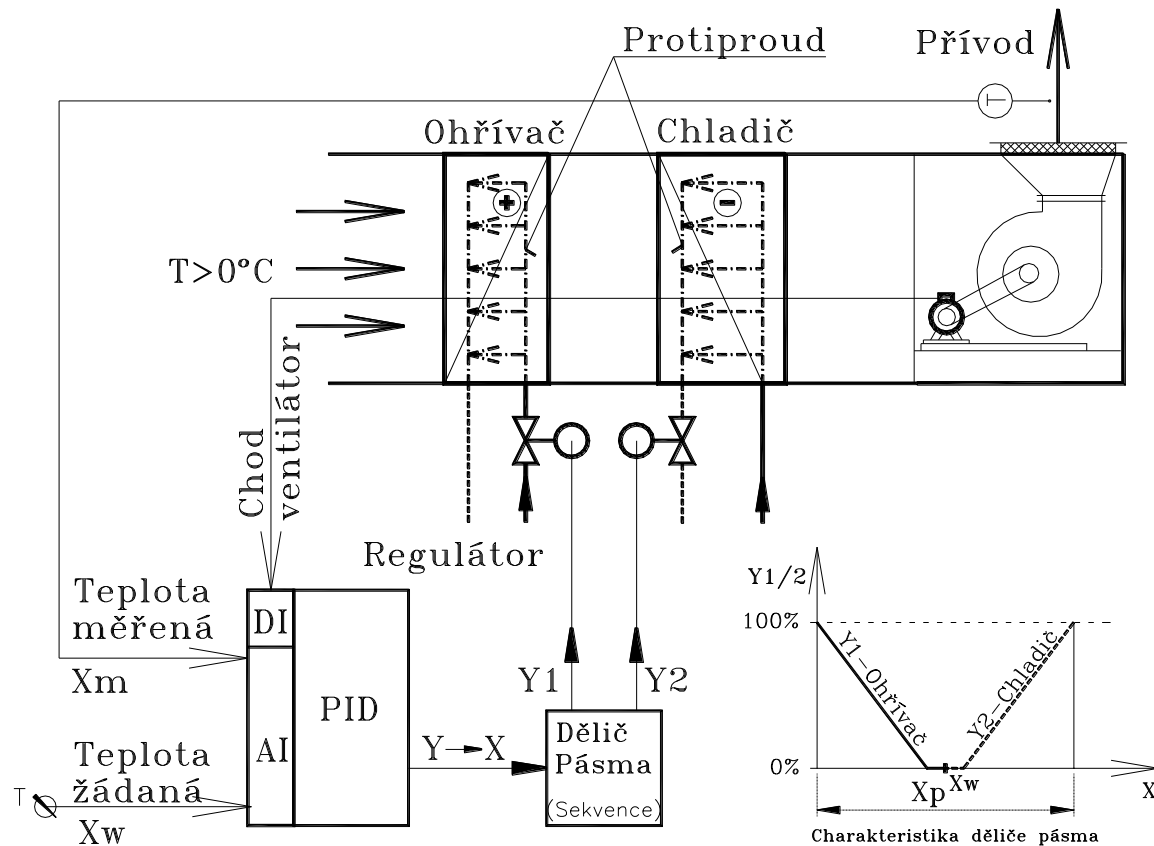
➤ **Při zapůsobení protizámrazové ochrany se provedou tyto úkony:**

- Vypnutí přívodního ventilátoru.
- Otevření „natvrdo“ regulačního ventilu, např. na 100%.
- Zapnutí čerpadel okruhu ohřívače.(Duplicitně).
- Vypnutí funkce integrace u PID regulátorů.
- Signalizace obsluze, že zařízení zamrzá

## □ VZT ohřivače/chladiče Voda/Vzduch pro vzduch s teplotou nad 0°C.

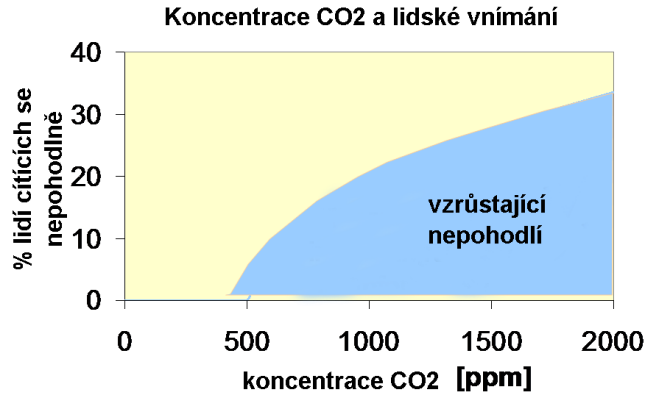
### ➤ Hlavní zásady

- o Regulace kvantitativní - teplotu vzduchu regulovat škrcením množství topné/chladicí vody. Na teplota: přívod → PID, místnost: kaskáda PID, PID
- o Zapojení „Protiproud“, přívod ve spodní části jednotky
- o Regulovat otáčky čerpadla zdroje tepla/chladu „na otevřený ventil“, event. dle požadované tlakové difference v místě spotřeby



## □ Regulace množství vzduchu

- Požadované množství čerstvého vzduchu pro pobyt lidí
  - Regulace na požadované množství - dle koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu



Koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm]	Popis
400	Čerstvý, přírodní vzduch
1 000	Nad tuto hodnotu - únava a redukování koncentrace
1 000	Doporučená úroveň CO <sub>2</sub> v pokojovém vzduchu
5 000	Limit koncentrace CO <sub>2</sub> na pracovišti
40 000	Poměr ve vzduchu vydechaném člověkem



Infračervený NDIR snímač CO<sub>2</sub>

Polymerový snímač CO<sub>2</sub>

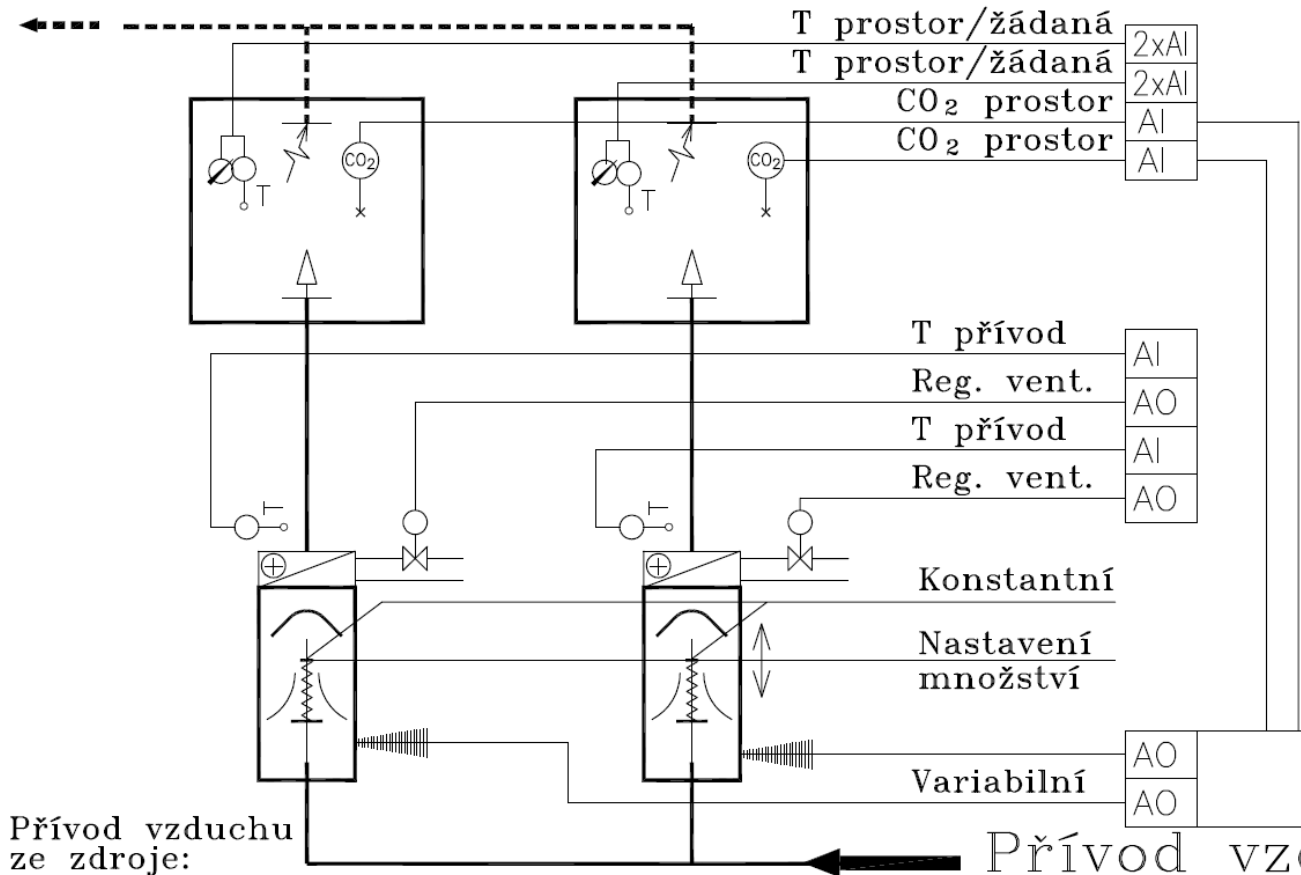
Ve většině případů je vhodné použít pouze **PROPRACIONÁLNÍ** regulátor

Např. s rozsahem regulace – pásmo proporcionality:

- 800 ppm = Minimální množství vzduchu
- 1200 ppm = Maximální množství vzduchu

## ➤ Příklady realizace regulace množství vzduchu na požadované množství vzduchu:

- Požadované množství čerstvého vzduchu pro pobyt lidí
  - dle koncentrace  $\text{CO}_2$  ve vzduchu
  - odvětrání škodlivin obecně

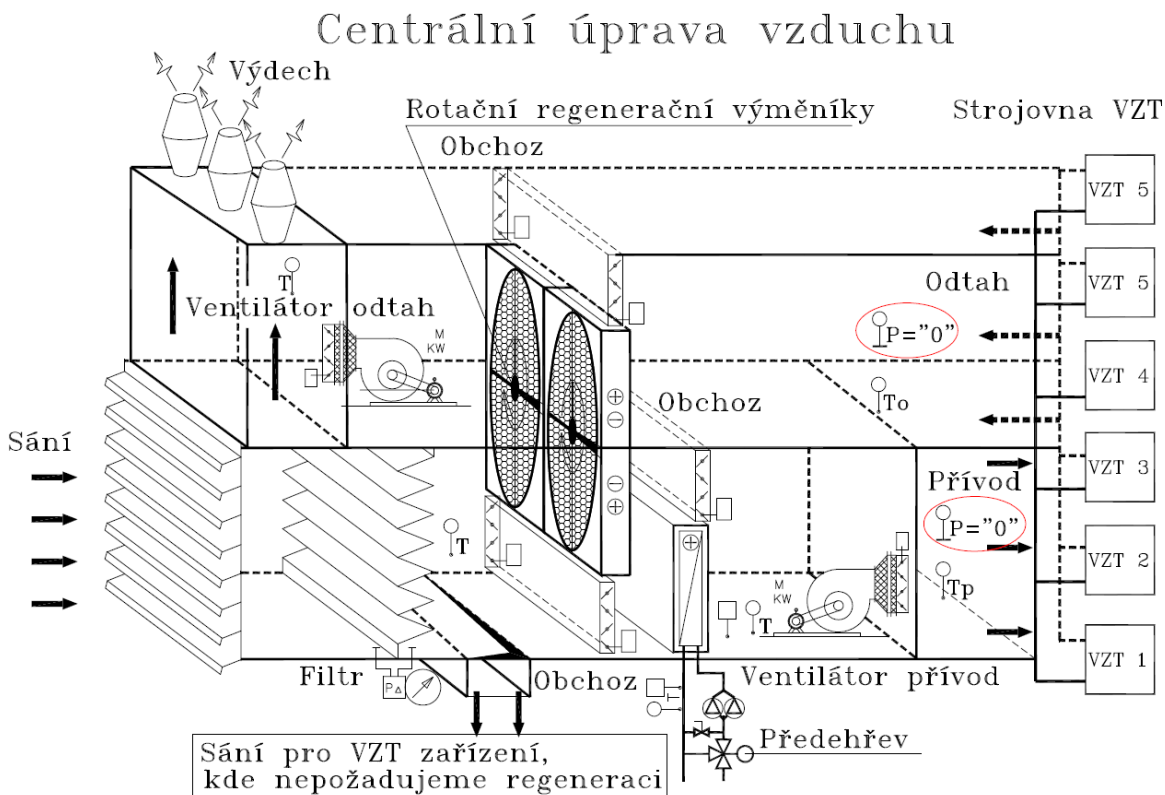


Přívod vzduchu  
ze zdroje:

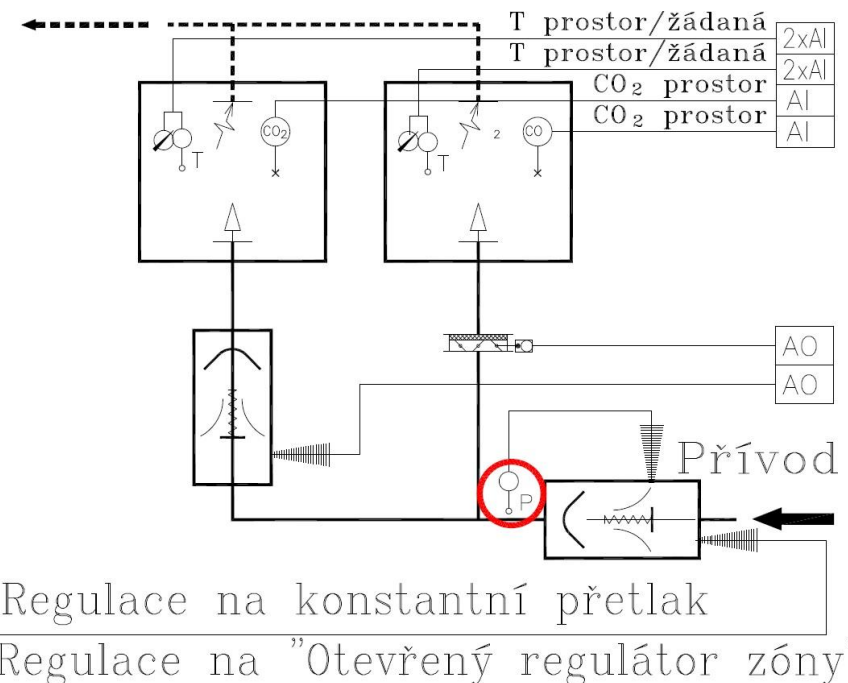
- Při požadavku na konstantní množství musí mít přívod konstantní přetlak
- Při požadavku na variabilní množství hodnotu přetlaku regulovat na otevřený ventil

## ➤ Příklady realizace regulace množství vzduchu na požadovaný tlak vzduchu:

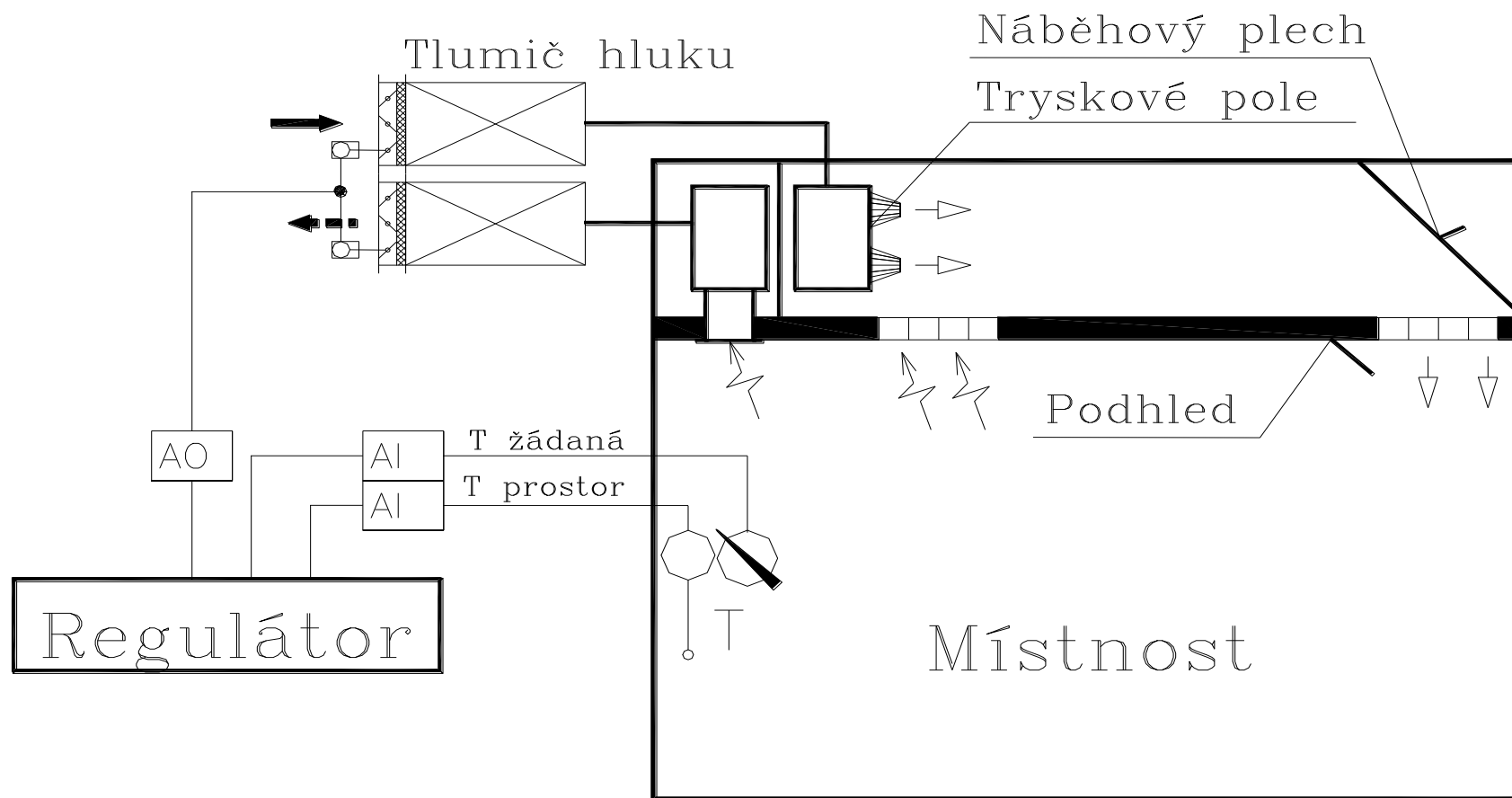
- Rozvodný kanál centrální úpravy vzduchu, který slouží jako zdroj vzduchu pro další vzduchotechnické jednotky ve strojovně.
- Expanzní box pro více zón, které jsou odstavovány uzavíráním v závislosti na obsazení příslušných prostorů.
- Udržení požadovaného přetlaku nebo podtlaku v prostoru dle požadavků technologa, požárního technika, bezpečnostního technika.



## Příklad pro přívod vzduchu do podlaží velkoplošných kanceláří



- Příklad realizace kvantitativní regulace množství přívodního vzduchu  
Zajištění požadovaného množství vzduchu dle požadavků technologie

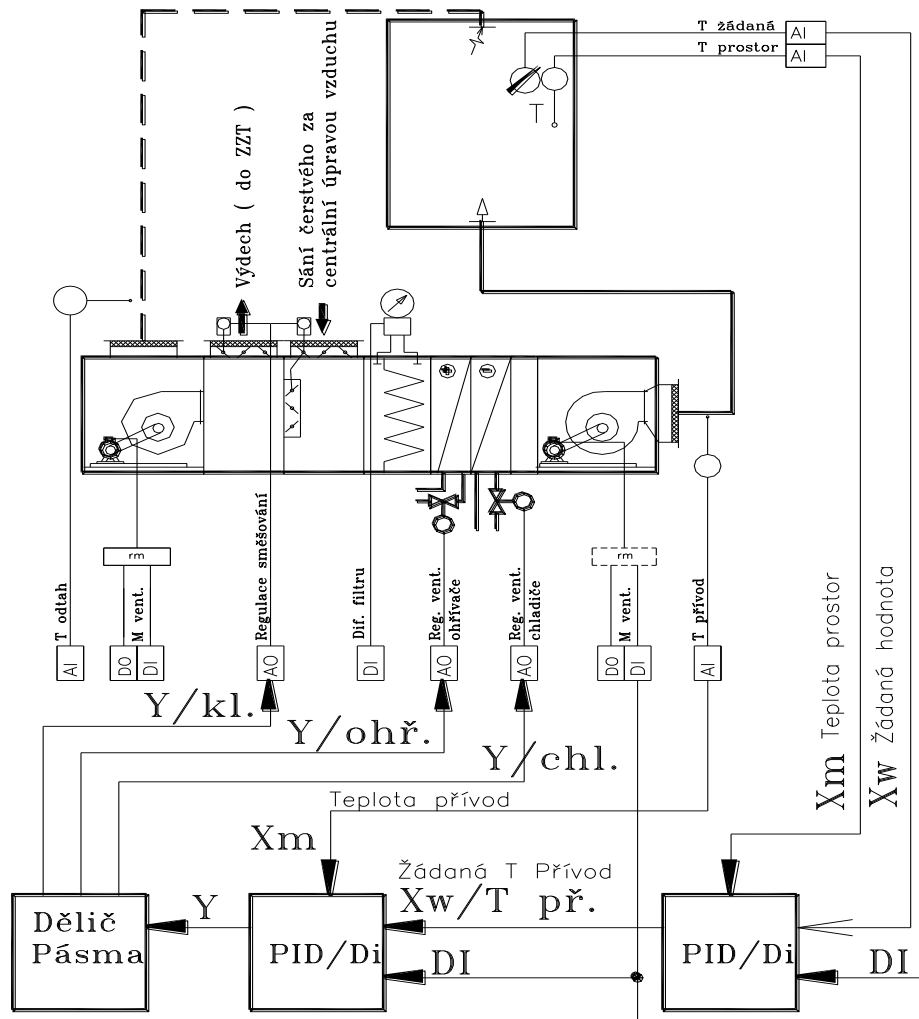


Distribuce vzduchu s tryskovým polem v podhledu, použité pro proměnné množství vzduchu.

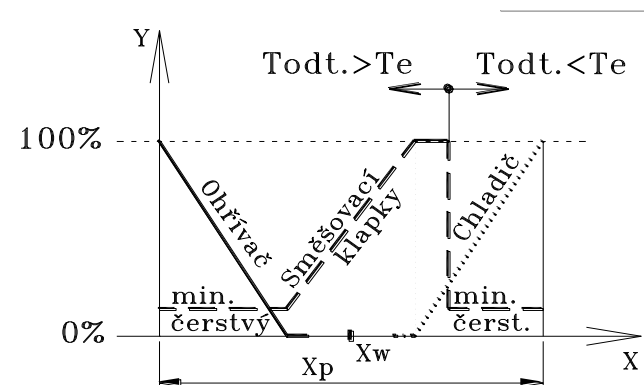
## ➤ Příklady realizace

Sestavy VZT jednotek - VZT zařízení za centrální úpravou vzduchu.

Sestava jednotky bez vlhčení. Regulace teploty vzduchu **Přívod kaskádou PID/PID dle teploty Prostor** - schéma regulace:



- regulační charakteristika:

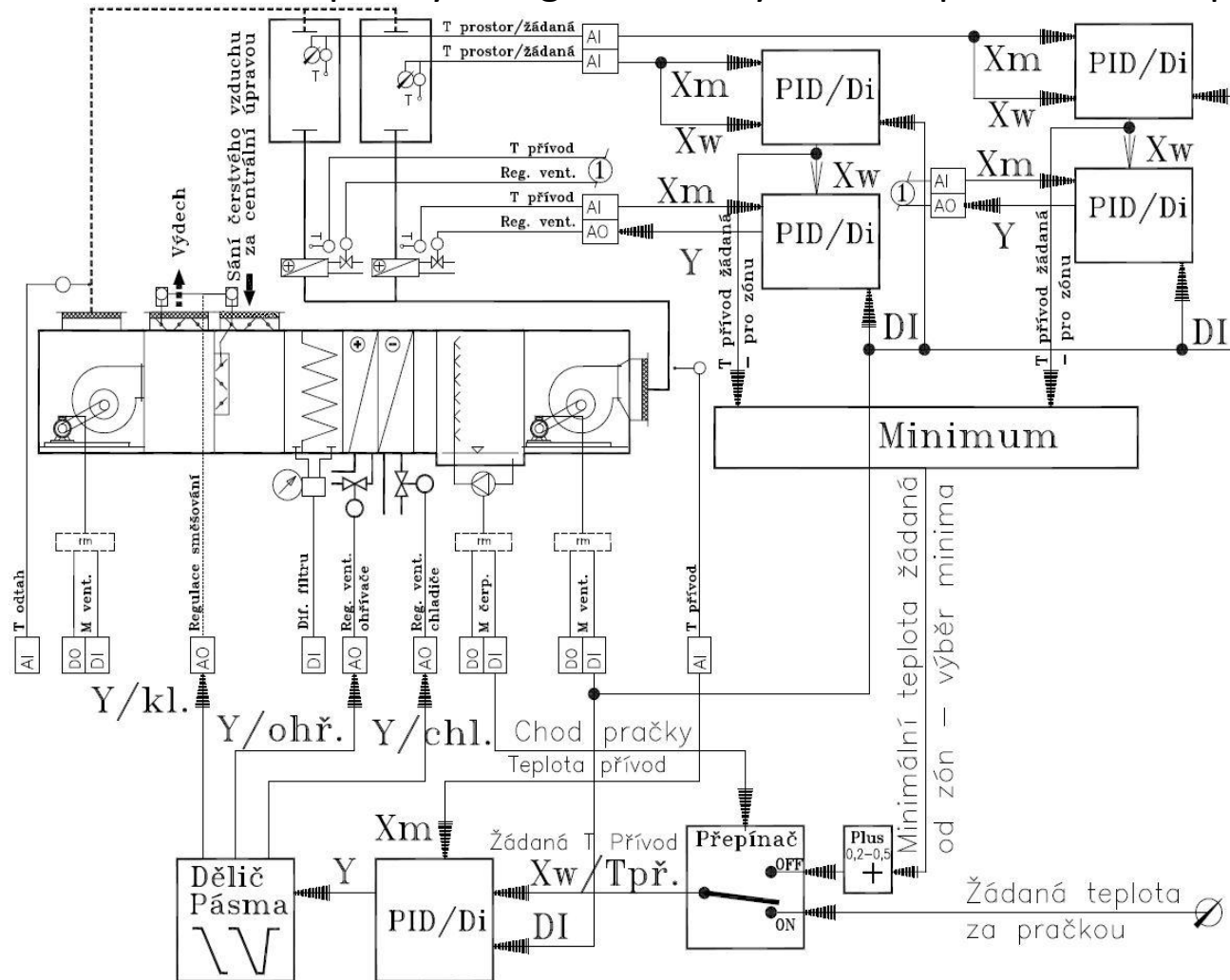


## ➤ Příklady realizace

VZT zařízení s pračkou vzduchu a zónami.

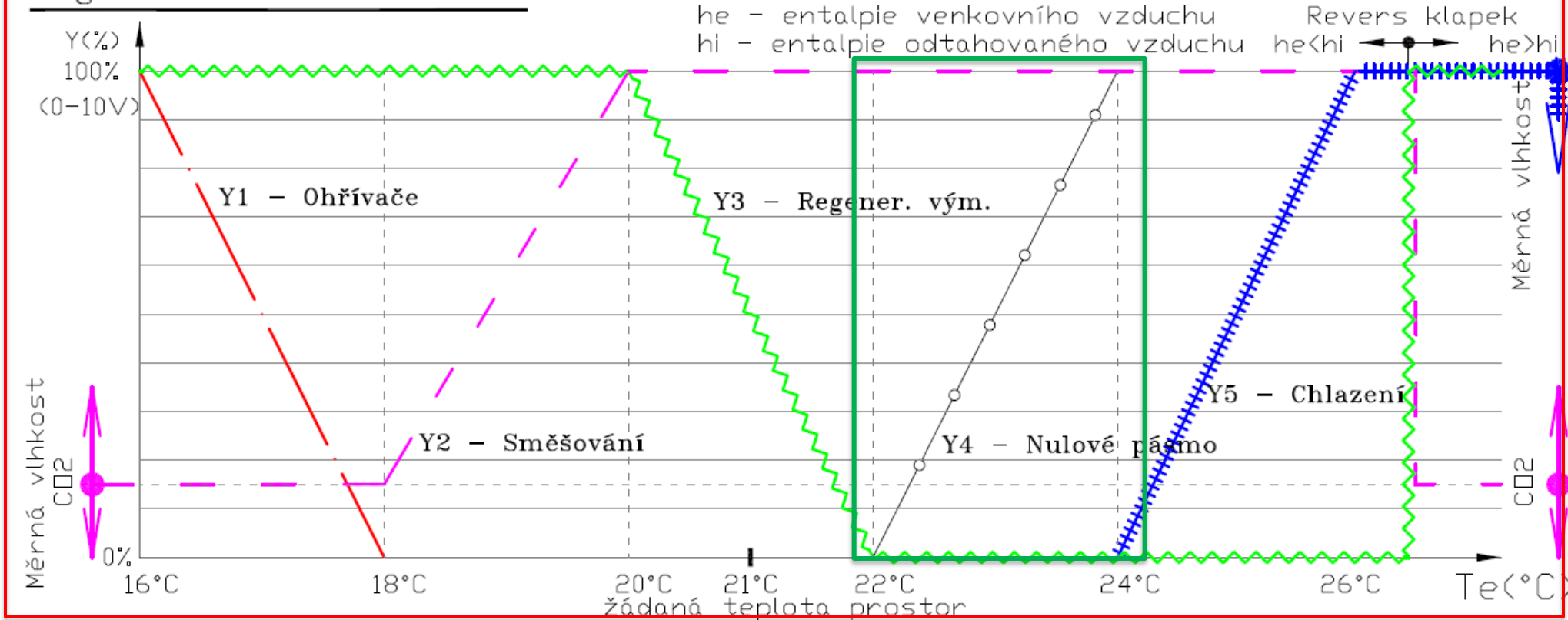
•Přepínání na Chod s pračkou/bez pračky:

- Chod s pračkou – Regulace dle teploty za pračkou
- Chod bez pračky – Regulace na Výběr min. požadované teploty pro zóny



➤ Příklady realizace VZT zařízení

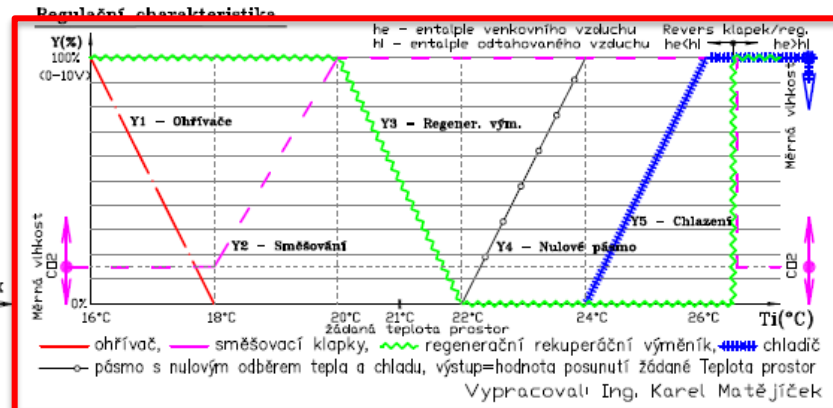
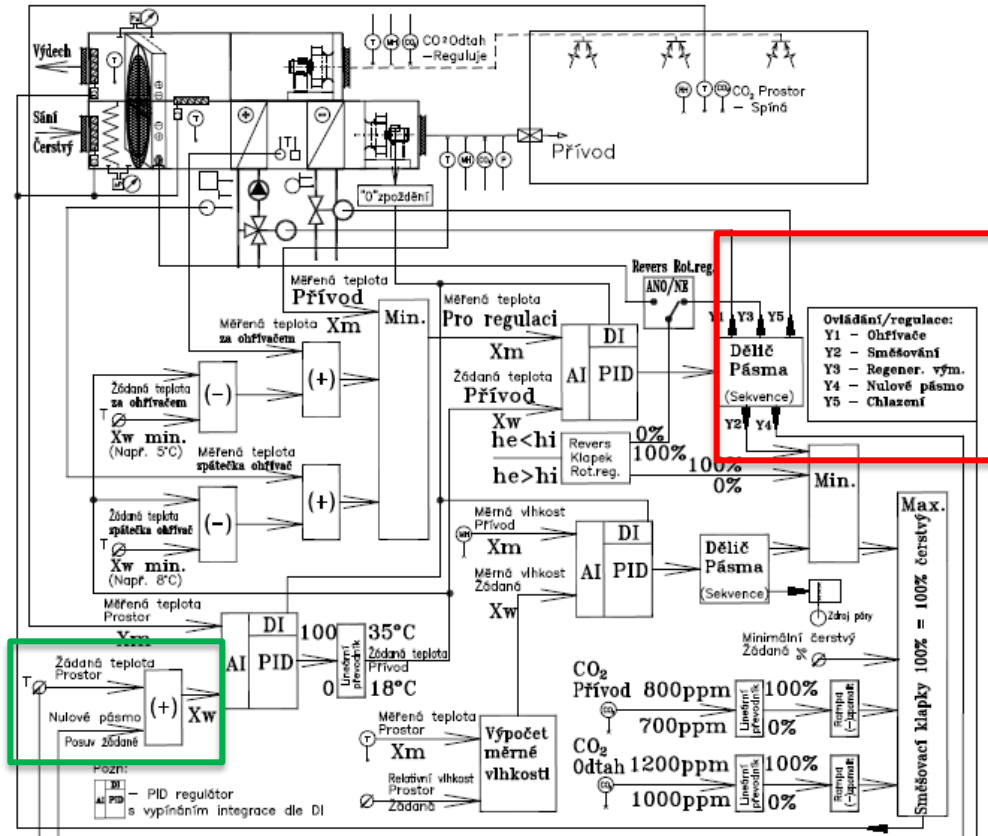
Regulační charakteristika



— ohříváč, — směšovací klapky, ~ regenerační rekuperáční výměník, + chladič  
 —○ pásmo s nulovým odběrem tepla a chladu, výstup=hodnota posunutí žadané Teplota prostor

Vypracoval: Ing. Karel Matějčík

➤ Příklady realizace VZT zařízení – kompletní regulace VZT zařízení



## □ Obecné požadavky v rámci jednotky

Při stojícím zařízení musí být uzavřeny

- klapky na sání čerstvého vzduchu
- klapky na výdechu odpadního vzduchu
- ventil ohřívače – při nadnulových teplotách. Při podnulových teplotách bez centrálního přehřevu regulovat na vnitřní teplotu v jednotce regulátorem „P“
- ventil chladiče

Při běžícím zařízení musí být

- ventil chladu uzavřen, není-li „vychlazeno“. VYCHLAZENO= teplota chladicí pod cca 16°C
- ventil tepla uzavřen při nenulových teplotách , není-li zdroj tepla
- má-li jednotka směšování při zapůsobení protimrazové ochrany vypínat jen přívodní ventilátor

## **Vazby na ostatní zařízení a systémy v objektu**

- Ovládání čerpadel okruhů tepla a chladu od regulačních ventilů a naopak.
- Spínání zdrojů tepla a chladu.

## □ Regulace, hlášení a funkcionalita FCU v kancelářích

- 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 ZÁTOP
- Vypínání FCU od otevřených oken
- Možnost nastavení uživatelem – velín pásmo
- Přepínání od čidel přítomnosti
- Opačně – signalizace led, že je funkční
- Atd. ....

IRCT\_134 — Mozilla Firefox  
10.117.80.31:81/ord/station|slot/Drivers/Niagara/P8\_MR1\_1\_1

### 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

## ❑ Režimové ovládání

Je nutné, aby veškerá zařízení jako celek měla pro obsluhující specialisty mít možnost intuitivního tzv. „Režimového ovládání“, s režimy **Stavů** např.:

### „AUT“/“0“/RUČ /Z Nadřazeného systému

- „AUT“ - Chod např. od časového programu, změny události (např. překročení teploty, tlaku, koncentrace, ...), atd.
- „0“ – zařízení jak celek vypnuto / odstaveno z provozu.
- „RUČ“ – Chod spínán obsluhou např stavem „1“, „2“
- Z nadř. Syst. – např z software s požadavkem na obsazení místnosti.
- Se zadáním teplot, tlaků, množství v členění pro režim ZIMA a LÉTO



**Nastavení technologie**

Přepínač Stop/Start	START
Časový plán	VYPNOUT
Stav VZT	ZAPNUTO
Kritická porucha	NE
Nekritická porucha	NE
Režim VZT	ZIMA
Požární klapy	NORMAL
Signál EPS	NORMAL
Stav fáze HB.MR5.2	NORMAL
Přepínače na rozvaděči	ZAPNUTO
EMAX ovládání VZT	100 %

Ovládání

A	0	1	Ts

Větrání plný výkon

0	1

Tžád prostor - LÉTO	26.0 °C
Tžád prostor - ZIMA	22.0 °C
Tmax přívodní	30.0 °C
Tmin přívodní	18.0 °C
Min. čerstvého vzduchu	20 %
Žádaná vlhkost prostor	40 %
Offset žádaná Theasoft	0.0 °C

**Příklad režimového ovládání:**

## □ Způsob provozování vzduchotechnických zařízení

- Časový program.
- Provoz dle programu optimalizace.
- Zátop.
- Od události (překročení, podkročení dané veličiny).
- Provozovat zařízení jen v přítomnosti uživatele nebo požadavkem od technologie
- Vypínat zařízení, když je jejich provoz zbytečný.
- Havarijní větrání, požární větrání, apod.

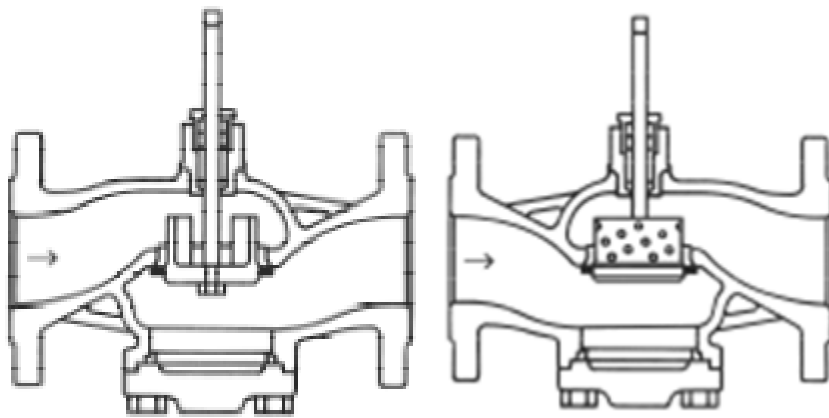
## ❑ Hlášení stavů, jejich záznam do systému a výtisk

- Systémové poruchy
- Provozní poruchy
- Kritické poruchy
- Souhrnná hlášení
- Trendy
  - Aktuální – od času spuštění
  - Historické – z uložených dat

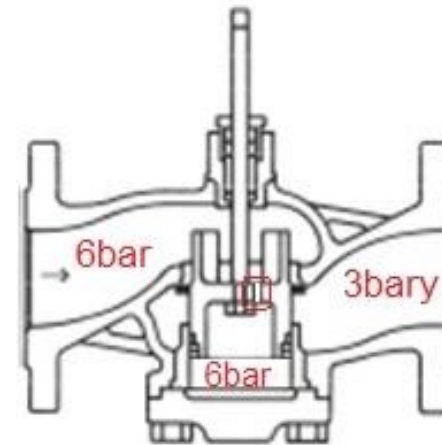
## ❑ Vybrané prvky a typy regulace zdrojů tepla a chladu

Regulační ventily:

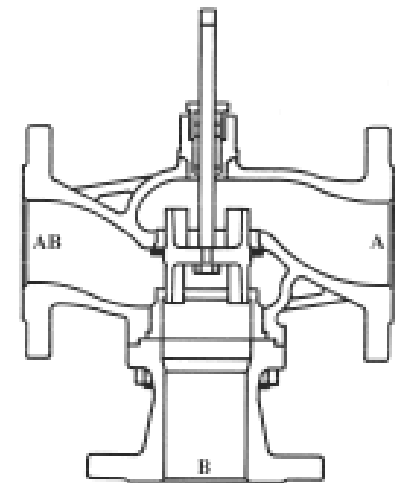
- Dvojecestný
- Trojcestný – směšovací / rozdělovací
- Dvojecestný – tlakově vyvážený



Dvojecestný



Dvojecestný  
– tlakově vyvážený  
např. pro  $\Delta P$  3bary



Trojcestný – rozdělovací  
– směšovací  
Zaručená těsnost:  
– přímý směr

Ke každému ventilu musí mít zadáno:

- **DN** (Diameter Nominal) [mm] – jmenovitá světlost( $J_s$ )
- **PN** (Pressure Nominal) [MPa] - jmenovitý tlak ( $J_t$ )
- **Kvs** hodnotu ventilu – jmenovitý průtok v [m<sup>3</sup>/hod] při  $\Delta P$  100 kPa
- **$\Delta P$**  tlakový spád na ventilu
- **L, R, P, S** - průtočná regulační charakteristika ventilu  
*Např. u LDM: L - lineární charakteristika, R - rovnoprocentní charakteristika (4-procentní), P - parabolická charakteristika, S - LDMspline charakteristika*
- **Q** množství teplosměnného média v [m<sup>3</sup>/hod] pro příslušné Kvs
- **°C** Maximální teplota média
- **$\Delta P_{\max}$**  maximální tlakový spád na ventilu – pro stanovení přestavné síly pohonu

Požadavek na regulační smyčku:

- **Pv** autorita – parametry/vlastnost regulační smyčky

## □ Jmenovitý průtok - Kv hodnota

$$Kv = \frac{Q}{100} \times \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \quad [m^3/h]$$

Kv průtokový součinitel [m<sup>3</sup>/h]

Q objemový průtok ventilem [m<sup>3</sup>/h]

ρ objemová hmotnost [kg/m<sup>3</sup>]

Δp tlakový spád na ventilu [MPa]

Zjednodušený výpočet pro vodu:

$$Kv = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p_V}} \quad [m^3/h]$$

Kv průtokový součinitel [m<sup>3</sup>/h]

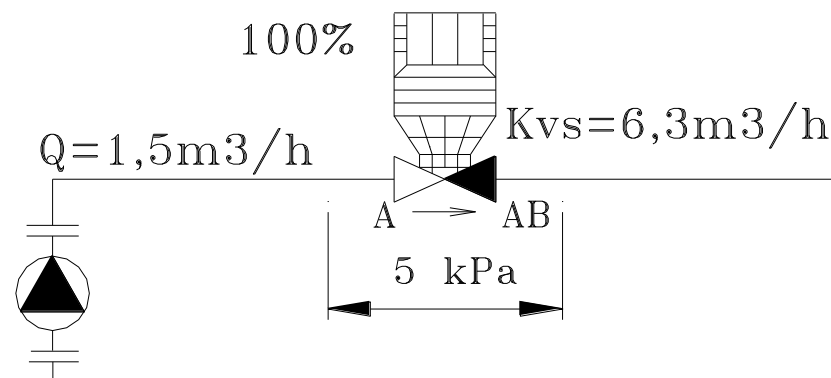
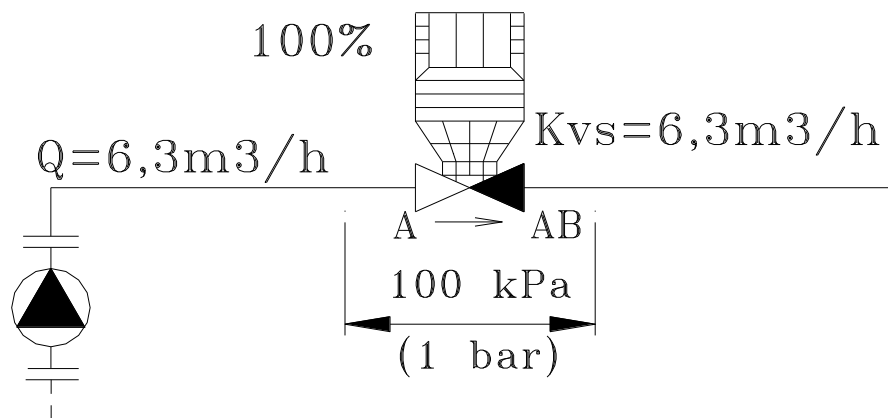
Q objemový průtok ventilem [m<sup>3</sup>/h]

Δp<sub>V</sub> tlakový spád na ventilu [bar]

## □ Jmenovitý průtok - $Kvs$ hodnota

Přidá se bezpečnostní přídavek na výrobní tolerance od 10% do 30 a vyjde nám požadovaná hodnota průtokového součinitele ventilu  $Kvs$ .

$$Kvs = Kv \times (1,1 \div 1,3) \quad [m^3/h]$$



## □ Průtočná regulační charakteristika ventilu

Např ventily LDM:

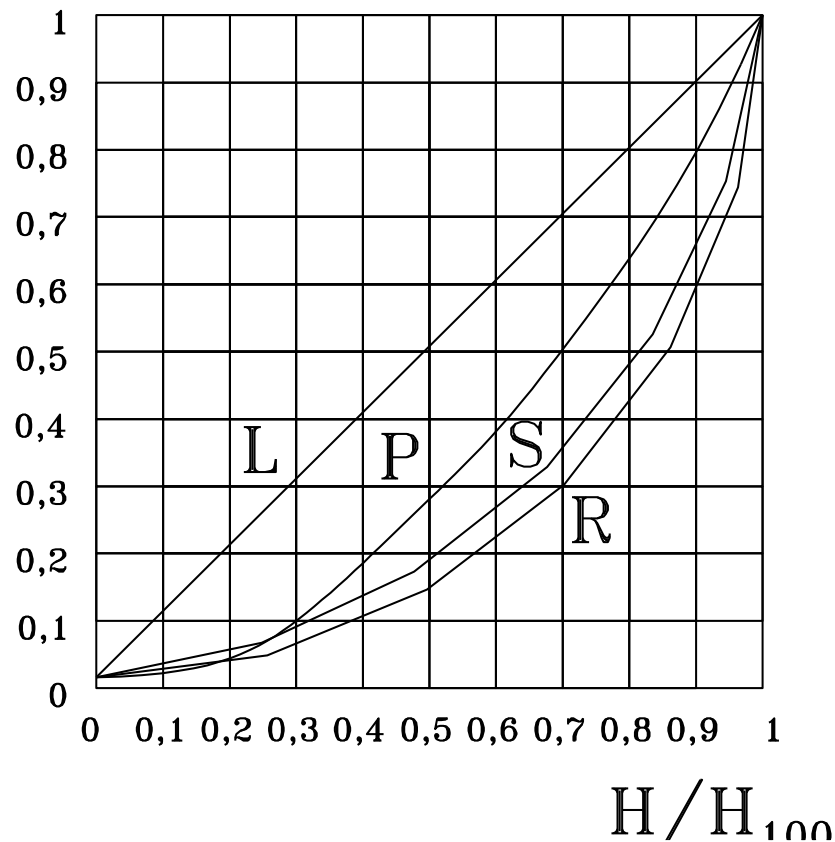
$$K_v / K_v_{100}$$

L – Lineární charakteristika

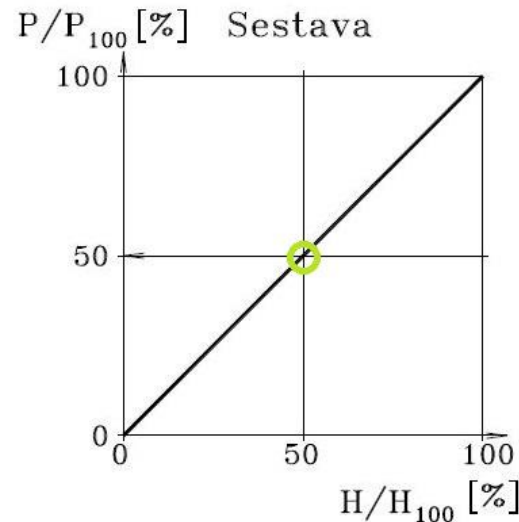
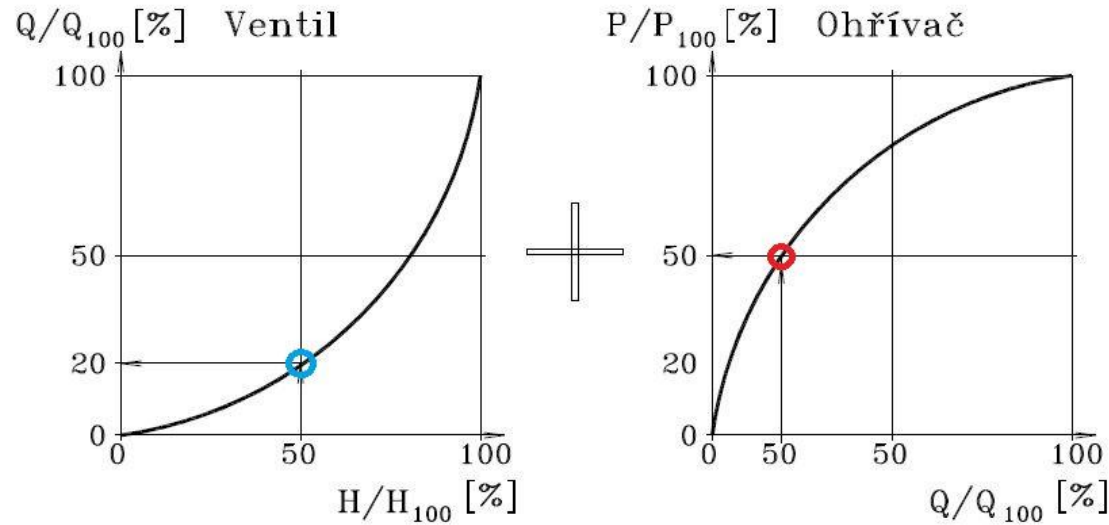
R – Rovnoprocentní

P – Parabolická charakteristika

S – LDMspline charakteristika



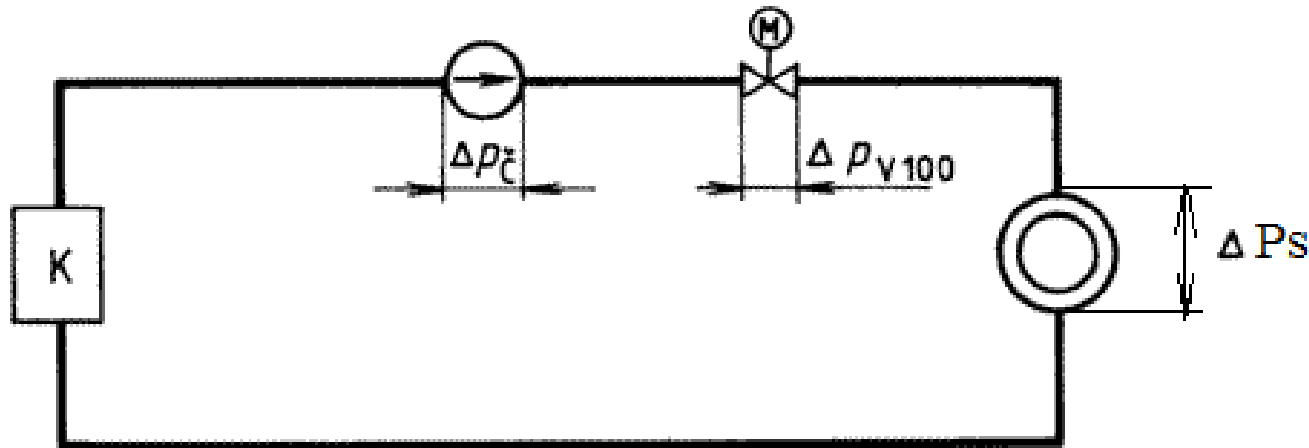
**□ Zapojení regulačního ventilu do okruhu s ohřivačem vznikne lineární charakteristika ve vztahu průtok výkon:**



Legenda:

H-Zdvih  
Q-Průtok  
P-Výkon

## □ Autorita ventilu $P_v$



$$P_v = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta P_s + \Delta P_k + \Delta P_r}$$

Index:

v – ventil

k – kotel

r – rozvodné potrubí

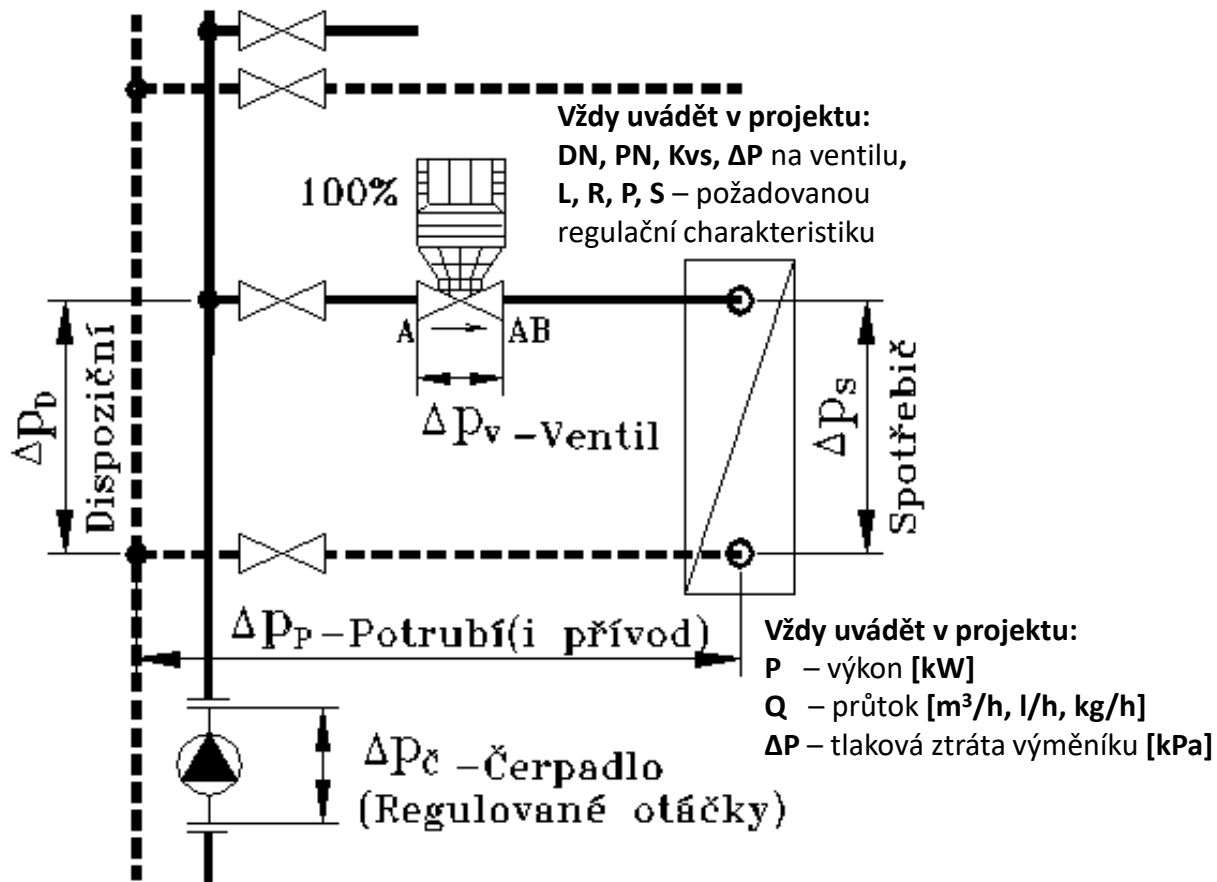
s – spotřebič

Optimální hodnota autority je 0,5, tzn:

- je-li ventil otevřen na 100% má 50% tlakové ztráty celého okruhu.

Dá se akceptovat rozsah autority od 0,35 do 0,6.

# □ Příklad 1: Kvantitativní regulace průtoku škrcením množství



$$\Delta p_{A-AB} \approx \Delta p_S + \Delta p_P$$

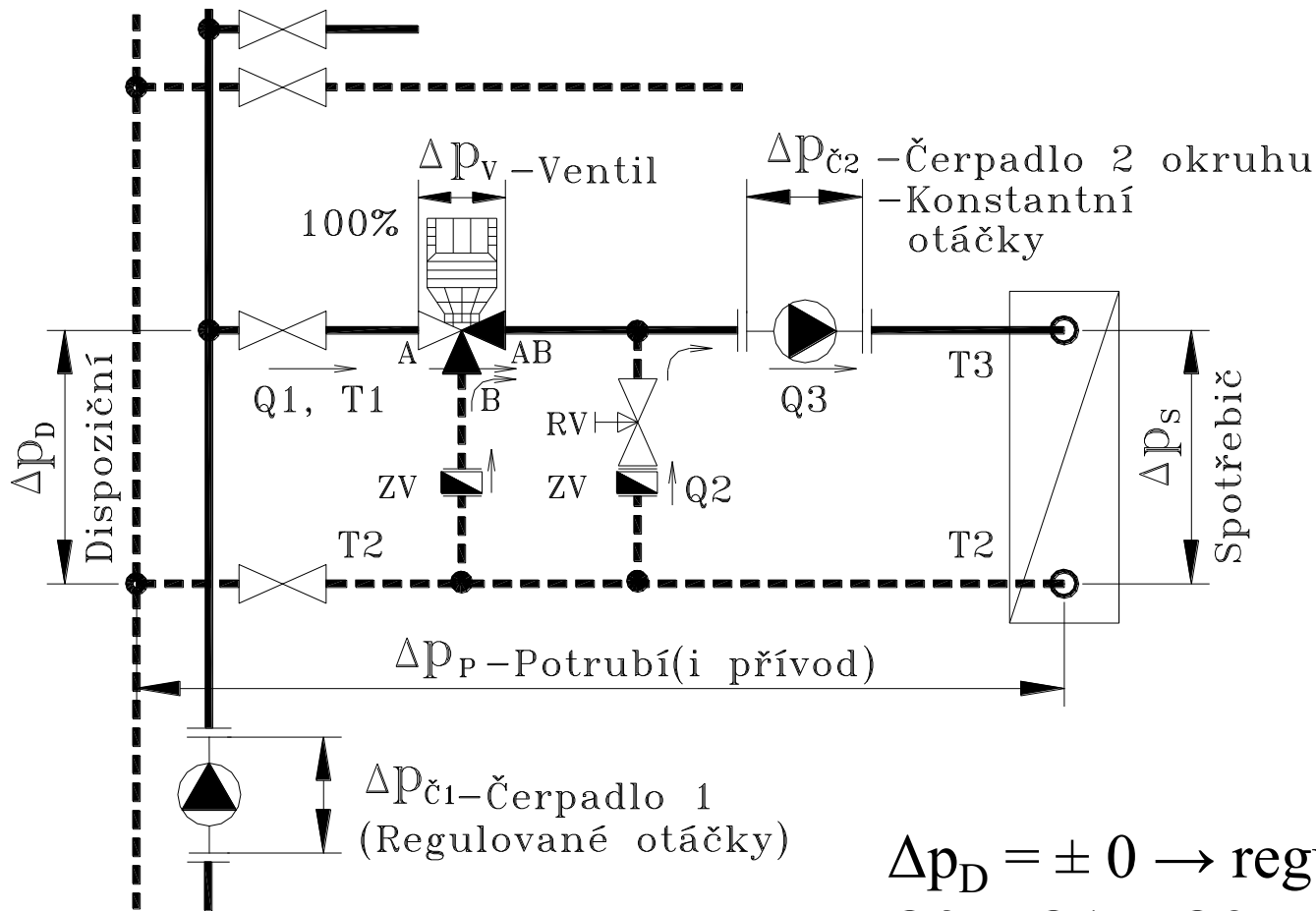
(v rozsahu od 0,35 do 0,6)

$$\Delta p_D = \Delta p_v + \Delta p_S + \Delta p_P$$

- Jednoduché, spolehlivé, energeticky nenáročné
- Otáčky čerpadla regulovat tak, aby regulační ventily byly pokud možno v poloze 100% otevřeno
- Použití – u převážné většiny zapojení okruhů

Není možné použít u ohřevu vzduchu z podnulových teplot – nebezpečí zamrznutí

## □ Příklad 2: Kvalitativní regulace teploty směřováním s konstantním množstvím média spotřebičem



Vždy uvádět v projektu

➤ U regulačního ventilu:  
 DN, PN, Kvs,  $\Delta P$  na ventilu,  
 L, R, P, S – požadovanou  
 regulační charakteristiku

➤ U výměníku:  
 P – výkon [kW]  
 Q – průtok [ $m^3/h$ , l/h, kg/h]  
 $\Delta P$  – tlaková ztráta výměníku [kPa]

$$\Delta p_D = \pm 0 \rightarrow \text{regulace čerpadla 1}$$

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

$$\Delta p_{A-AB} \approx \Delta p_S + \Delta p_P \quad (0,35 \text{ do } 0,6)$$

$$\Delta p_{\check{c}2} = \Delta p_{A-AB} + \Delta p_S + \Delta p_P$$

## Výpočet množství Q2

$$\frac{Q1}{Q3} = \frac{T3 - T2}{T1 - T2} \Rightarrow Q1 = Q3 \times \frac{T3 - T2}{T1 - T2} \text{ potom : } Q2 = Q3 - Q1 \quad [m^3/h]$$

- Zaregulování množství Q2 - na požadovanou teplotu do spotřebiče
- Regulační ventil se dimenzuje na množství Q1 a na požadovaný tlakový spád  $\Delta p_{A-AB}$
- Použití – u ohřevu vzduchu s podnulovou teplotou vzduchu na vstupu do ohřivače
- Do třetí cesty regulačního ventilu a do propojky je vhodné dát zpětnou klapku/ventil, odstraní se tak nebezpečí nežádoucího proudění média jak při chodu zařízení, tak i při klidu zařízení.
- **UPOZORNĚNÍ** – Většina výrobců regulačních směšovacích armatur garantuje **těsnost** a požadovanou charakteristiku průtoku **jen v přímém směru**.

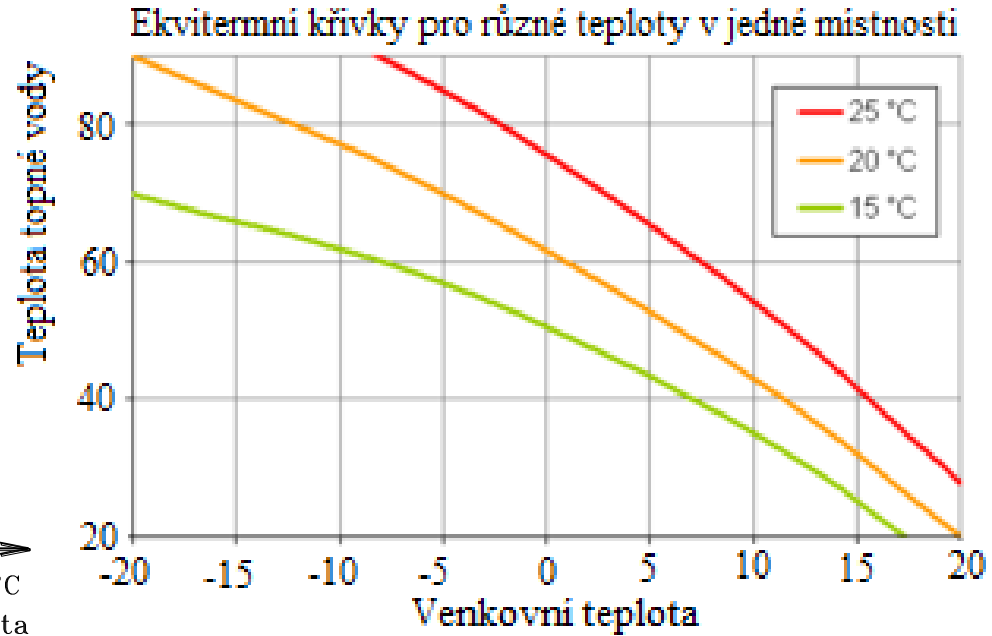
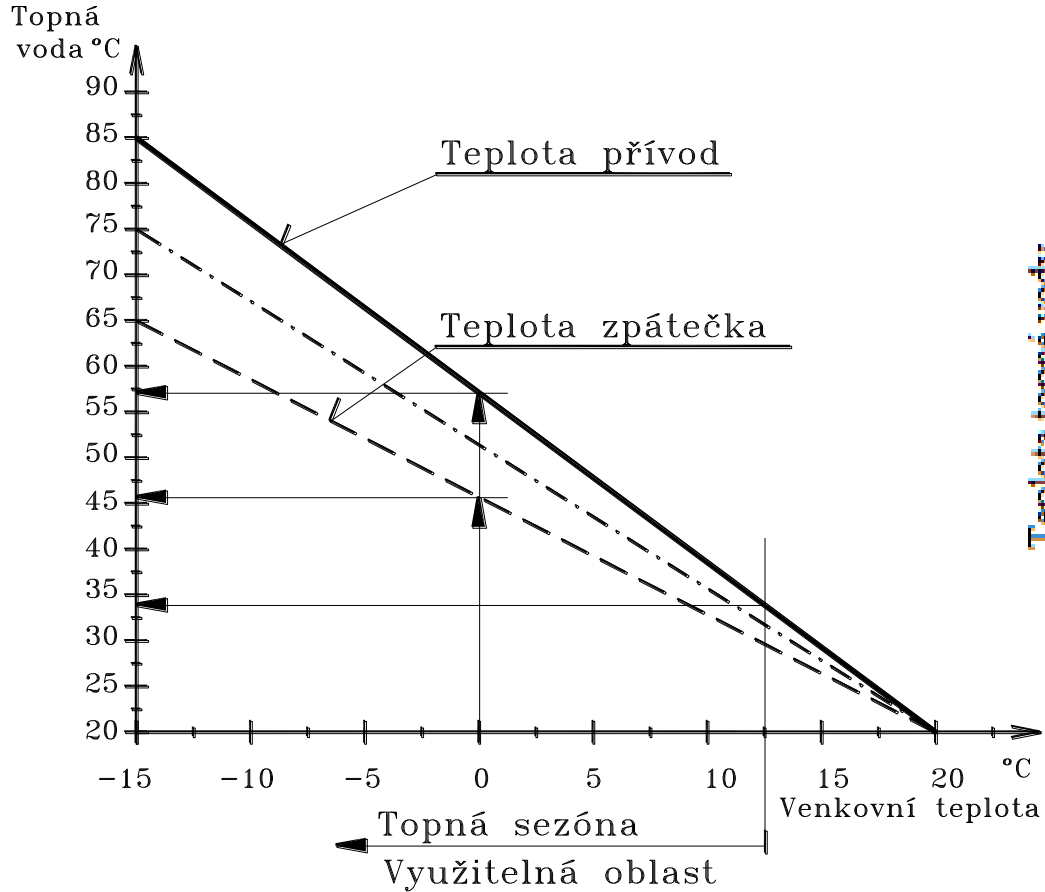
Obecně pro oba příklady: Mimo vypouštěcí, odvzdušňovacích a měřící prvky (teplota, tlak) není nutno osazovat další armatury

## □ Ekvitermní regulace

- Tepelná ztráta objektů je přibližně lineární v závislosti na venkovní teplotě.
- Tepelný výkon zdrojů tepla je taktéž přibližně lineární v závislosti na teplotě topné vody.
- Z toho plyne při požadavku na konstantní teplotu v prostoru, že teplota topné vody může být taktéž přibližně lineární v závislosti na venkovní teplotě.

Důvody pro aplikaci ekvitermní regulace:

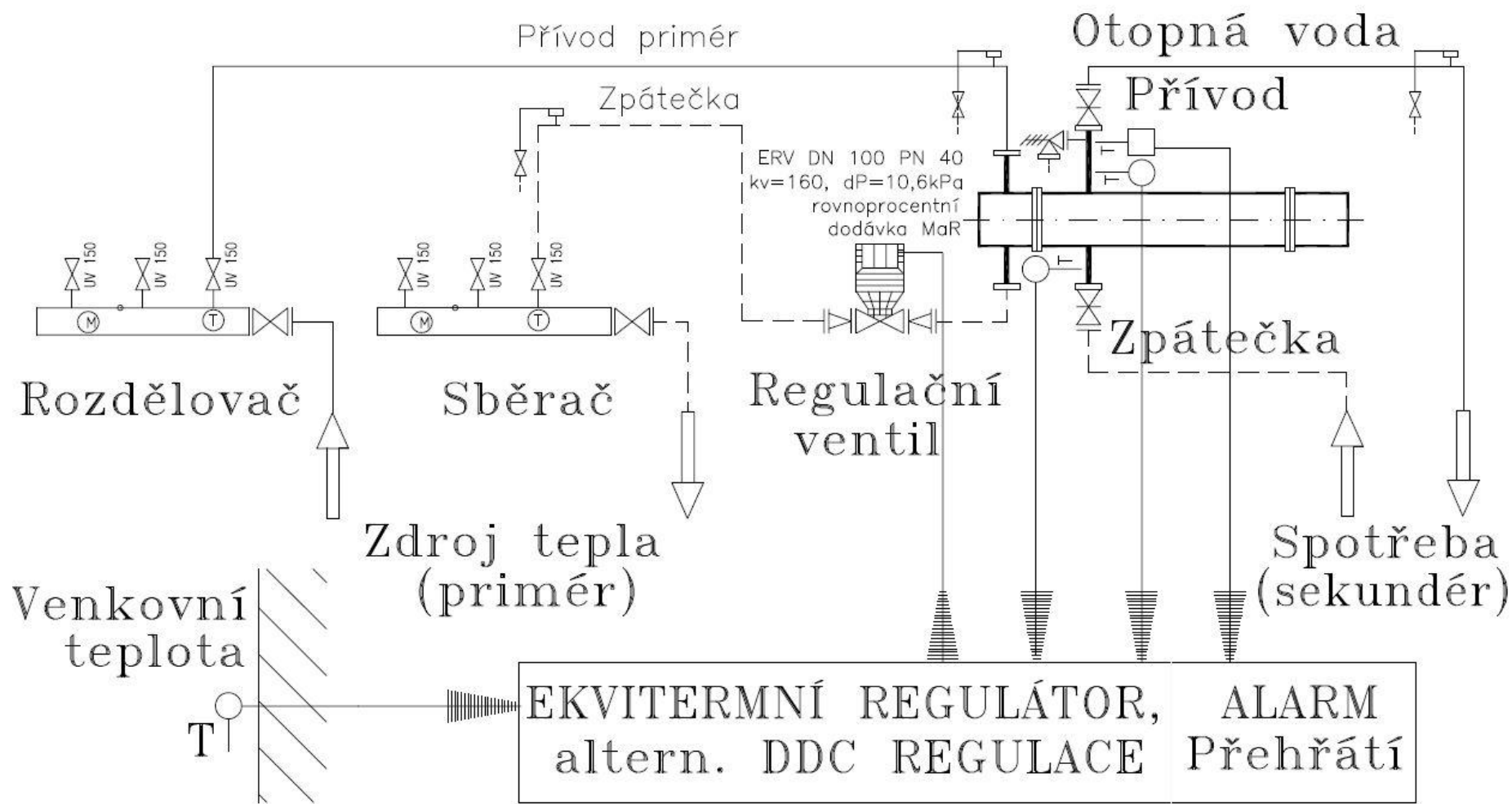
- Není možné určit „Pilotní místnost“ pro regulaci celého systému – rozsáhlejší systémy
- Pro regulaci výkonu otopných ploch není použit centrální řídicí systém, který snímá teploty a stavy akčních veličin u regulace výkonu všech otopných ploch
- Větší tepelná pohoda z důvodu potlačení dynamiky (kolísání) teplot v místnosti.
- Úspora energie, kdy není třeba zdroj tepla ohřívat na maximum a vydávat z něj největší výkon ale pouze vydat takový výkon, který stačí k ohřátí místnosti na požadovanou teplotu v závislosti na venkovní teplotě.



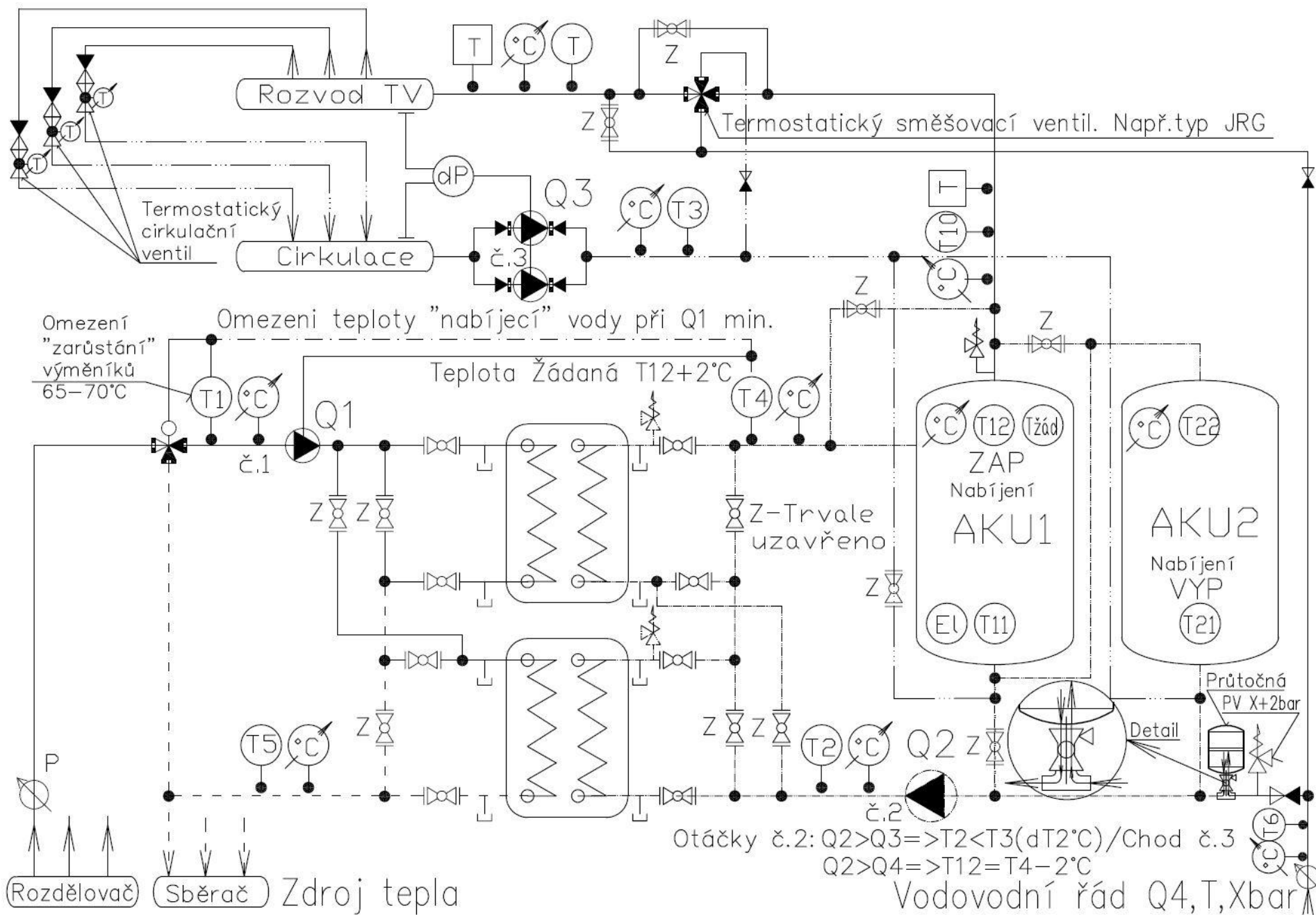
Regulační charakteristika ekvitemního regulátoru ÚT

## □ Příklad: Schéma regulace ÚT VM stanice

### Schéma regulace ÚT VM stanice PROTIPROUDÝ VÝMĚNÍK



# ❑ Příklad: Schéma ohřevu teplé vody s prvky žádané regulace



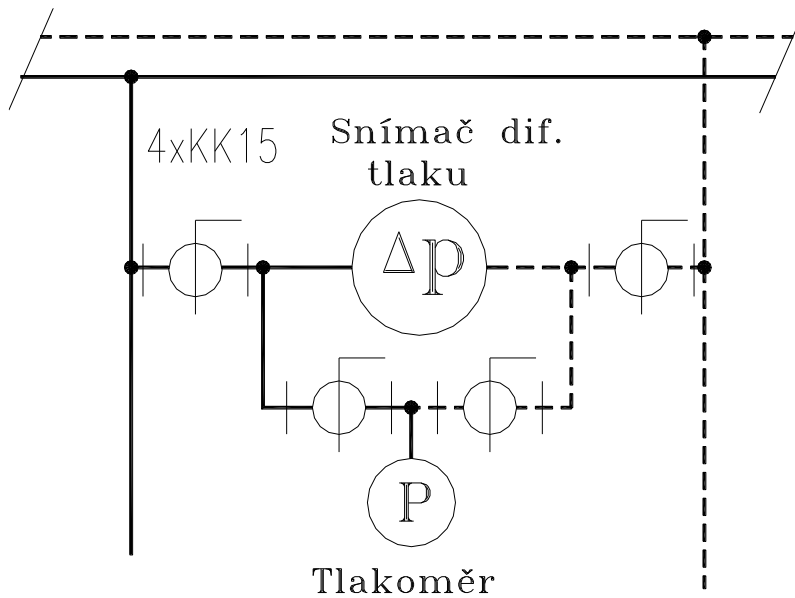
## □ Regulace diferenčního tlaku v síti

### ➤ Řízení otáček čerpadla od rozdílu tlaku ve zvoleném místě.

- Tlaková difference mezi rozdělovačem a sběračem pro skupiny s čerpadly  
Příklad: požadovaná tlaková difference  $\pm 0$  kPa. Instaluje se snímač s nulou uprostřed např. pro tlaky -60 až +60 kPa, při požadovaném jednostranné přetížení cca 2MPa.
- Tlaková difference mezi rozdělovačem a sběračem pro skupiny s regulačními armaturami bez čerpadel ve skupinách.  
Příklad: Požadovaná difference 100kPa, instaluje se snímač 0-150kPa
- Tlaková difference u koncového spotřebiče – požadovaná tlaková difference je dána hydraulicky nejvzdálenějším místem okruhu.  
Příklad: Požadovaná difference 60kPa, instaluje se snímač 0-100kPa

## ➤ Zapojení sestavy snímače diferenčního tlaku

- snímač diferenčního tlaku musí být umístěn tak, aby nedocházelo k zavzdušňování vlastního snímače a signalizačního potrubí k snímači
- uzavíratelná propojka kolem snímače slouží k nastavení "0" snímače a měření diferenčního tlaku jedním manometrem - eliminace třídy přesnosti manometru.

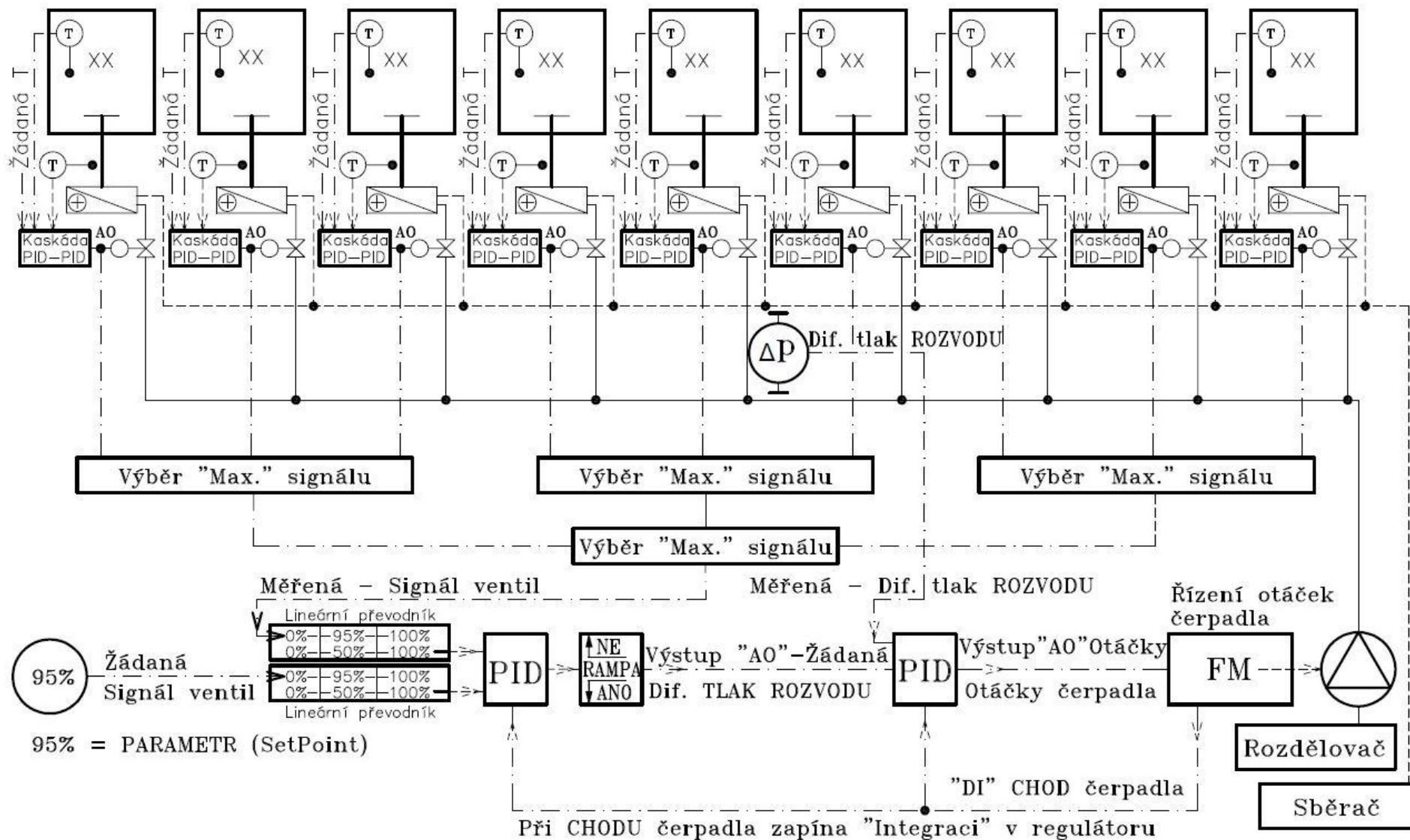


Požadavek na dodavatele snímače tlakové difference:

Min. hodnota tlaku jednostranného přetížení snímače musí být hodnota statického tlaku soustavy a více - nesmí dojít k poškození snímače při "najíždění" systému a opomenutí otevření propojky.

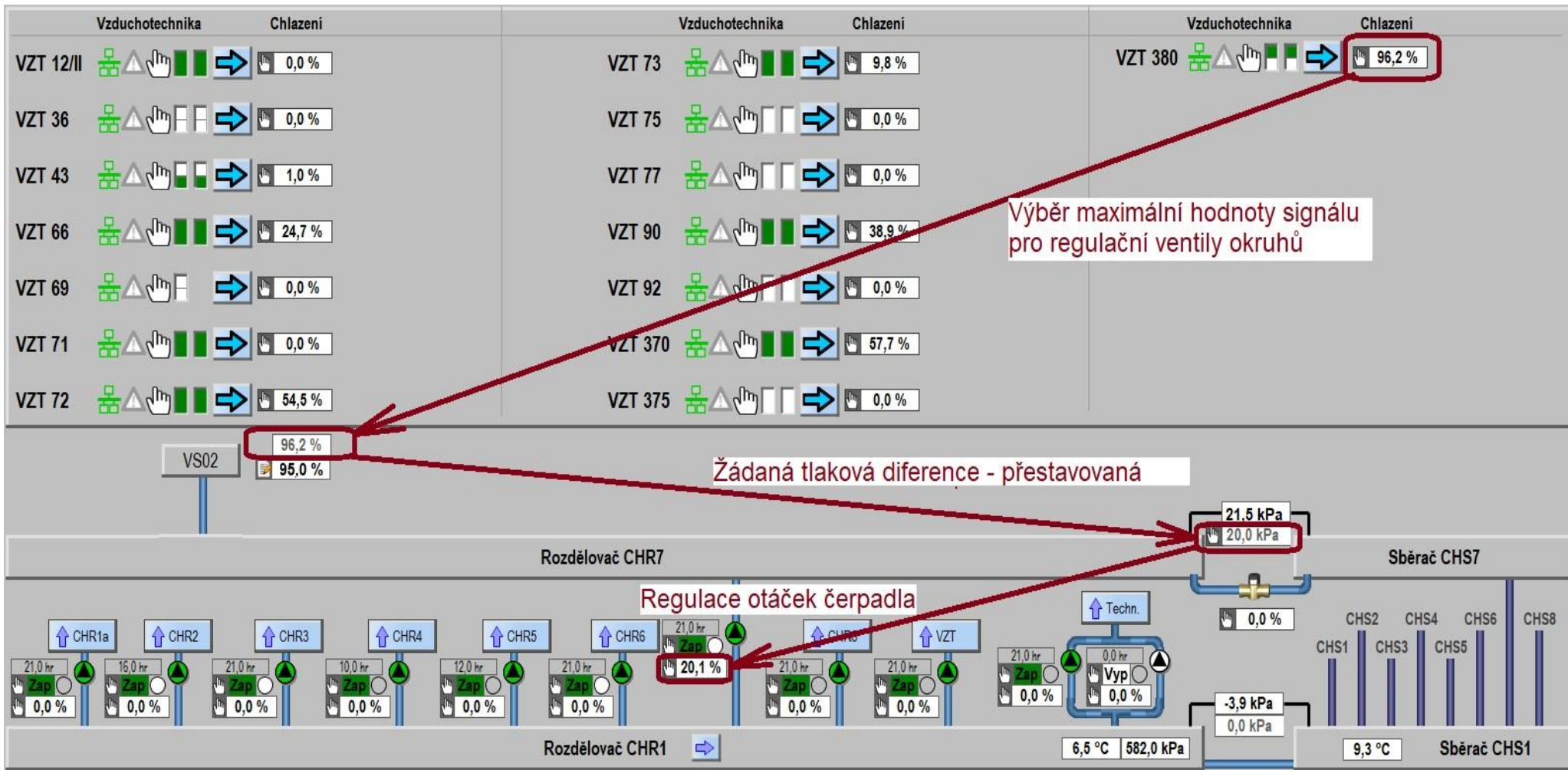
Příklad zapojení snímače diferenčního tlaku – jednoduchá náhrada 6ti cestné armatury

## ➤ Regulace diferenčního tlaku na „Otevřený regulační ventil“

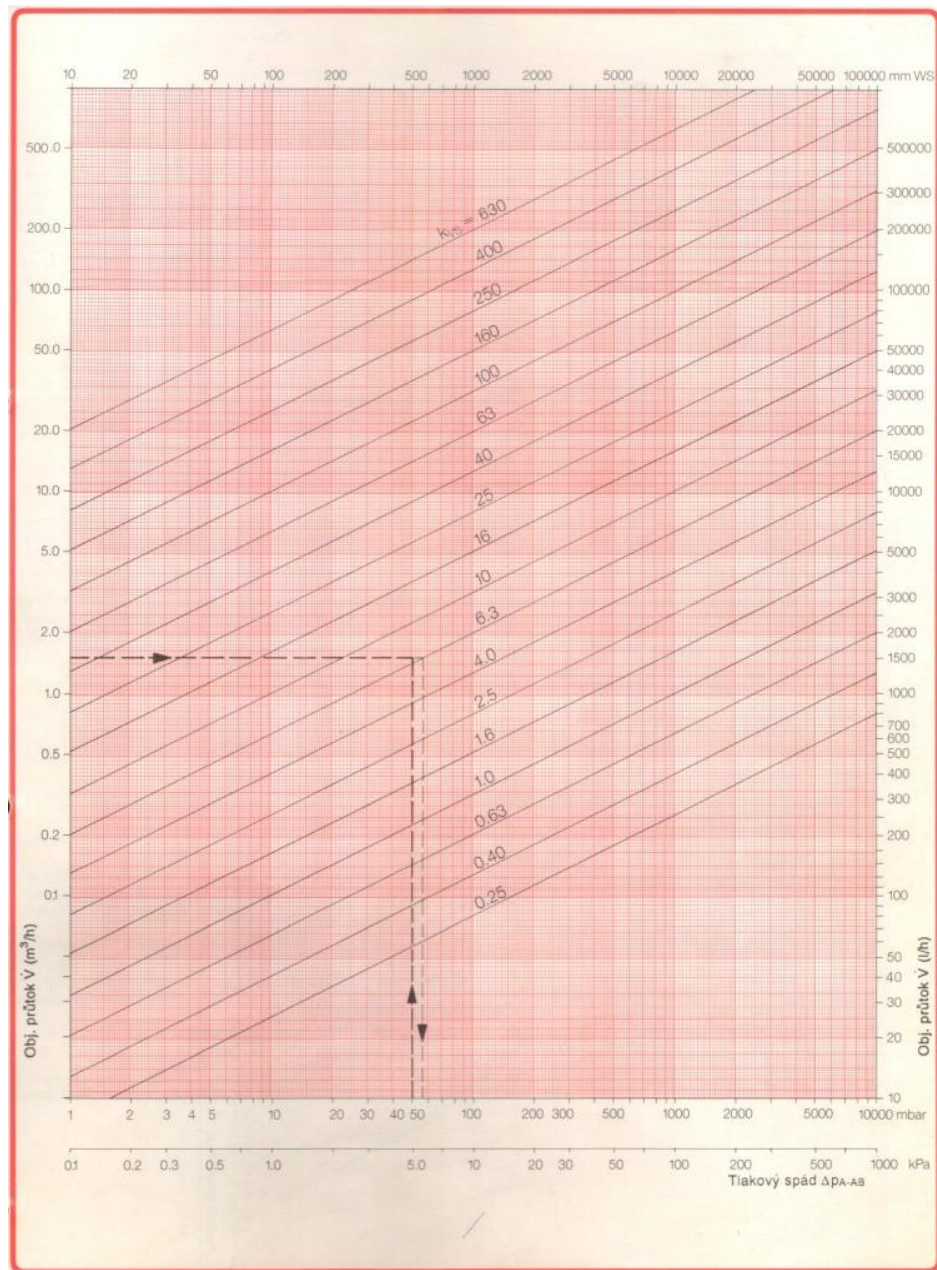


Diferenční tlak „paty stoupačky“ bude tak veliký, že minimálně jeden ventil bude otevřený na 95% a ostatní ventily budou trochu víc „přiškrceny“.

# Příklad vizualizace regulace na „Otevřený ventil“



# ➤ Diagram Kvs pro vodu



Děkuji za pozornost.

Přednáška na: [www.ingmatejcek.cz](http://www.ingmatejcek.cz)