

ČVUT v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra technických zařízení budov

# 125 TBA1 Vytápění 4

## Otopné soustavy II

### Dálkové vytápění



prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

# VÝPOČTY TEPELOVODNÍCH OTOPNÝCH SOUSTAV

125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

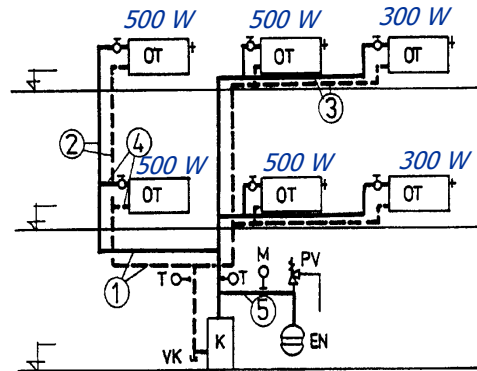
## Výpočet otopné soustavy

### Cíl:

- Dimenze potrubí
- Návrh čerpadla
- Nastavení regulačních armatur

### Vstupní údaje:

- Výkony otopných prvků,
- prostorové uspořádání soustavy,
- teplotní spád OS.



### Výpočet ve dvou krocích:

- Návrh dimenzí **potrubí**
- Návrh **čerpadla** a nastavení **regulačních prvků**

125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## A. Návrh dimenzí potrubí

### Přenášený výkon, teplotní spád, rychlost

**Hmotnostní průtok  $M$  (kg/s)**

**Objemový průtok  $V$  (m<sup>3</sup>/s)**

$$M = \frac{Q}{c \cdot \Delta\theta} \quad V = \frac{M}{\rho}$$

**Rovnice kontinuity**

$$V = S \cdot v$$

**Plocha kruhu**

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

**$Q$**  : Tepelný výkon přenášený úsekem soustavy (W=J/s)

**$C$**  : Měrná tepelná kapacita teplotnosné látky (J/kg.K)

**$\Delta\theta$** : Teplotní spád (K)

**$\rho$**  : Hustota vody (kg/m<sup>3</sup>)

**$S$** : Průřez potrubí (m<sup>2</sup>)

**$d$** : průměr potrubí (m)

**$v$** : Rychlost proudění vody (m/s)

**Průměr potrubí**

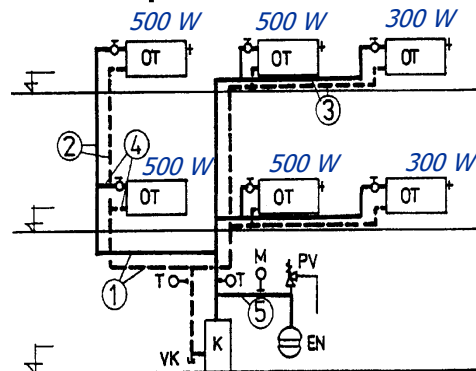
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot c \cdot \Delta\theta \cdot \rho \cdot v}}$$

125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## A. Návrh dimenzí potrubí

1. Volba teplotního spádu soustavy
2. Stanovení přenášeného výkonu v jednotlivých úsecích
3. Výpočet hmotnostního průtoku v jednotlivých úsecích
4. Volba rychlosti/měrné tlakové ztráty
5. Výpočet průměru potrubí
6. Nalezení nejbližšího vyráběného profilu

Potrubní síť	rychlost $v$ (m/s)
uvnitř obytných budov pro přípojky k otopným tělesům a stoupačí potrubí	0,3 až 0,7
uvnitř obytných budov pro horizontální rozvodné potrubí ve sklepě	0,8 až 1,5
vně obytných budov u CZT	2,0 až 3,0
uvnitř průmyslových objektů pro přípojky k otopným tělesům a stoupačí potrubí	0,8 až 2,0
vně průmyslových objektů u CZT	2,0 až 3,0



**Příklad: úsek 1:**

$$Q = 1000 \text{ (W=J/s)}$$

$$c = 4186 \text{ (J/kg.K)}$$

$$\Delta\theta = 10 \text{ (K) (0/50)}$$

$$\rho = 985,7 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

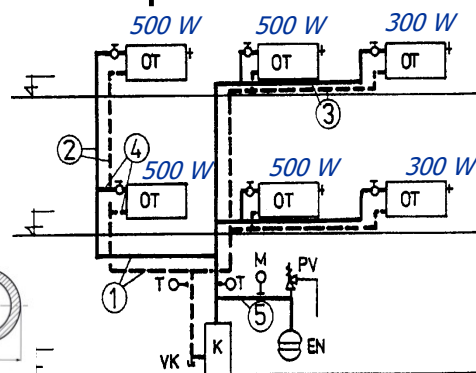
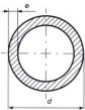
$$v = 0,3 \text{ (m/s)}$$

125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## A. Návrh dimenzí potrubí

1. Volba teplotního spádu soustavy
2. Stanovení přenášeného výkonu v jednotlivých úsecích
3. Výpočet hmotnostního průtoku v jednotlivých úsecích
4. Volba rychlosti/měrné tlakové ztráty
5. Výpočet průměru potrubí
6. Nalezení nejbližšího vyráběného profilu

Vnější pr./tl. stěny v mm	Vnější průměr trubky	Tloušťka stěny trubky	Vnitřní průměr trubky	Objem 1,0m trubky
D/tl. stěny	D	t	d <sub>1</sub>	V
[mm/mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[dm <sup>3</sup> /m]
6,0/1,0	6,00	1,00	4,00	0,013
8,0/1,0	8,00	1,00	6,00	0,028
10,0/1,0	10,00	1,00	8,00	0,050
12,0/1,0	12,00	1,00	10,00	0,079
14,0/1,0	14,00	1,00	12,00	0,113
15,0/1,0	15,00	1,00	13,00	0,133
16,0/1,0	16,00	1,00	14,00	0,154



**Příklad: úsek 1:**

$$Q = 1000 \text{ (W=J/s)}$$

$$c = 4186 \text{ (J/kg.K)}$$

$$\Delta\theta = 10 \text{ (K) (60/50)}$$

$$\rho = 985,7 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$v = 0,3 \text{ (m/s)}$$

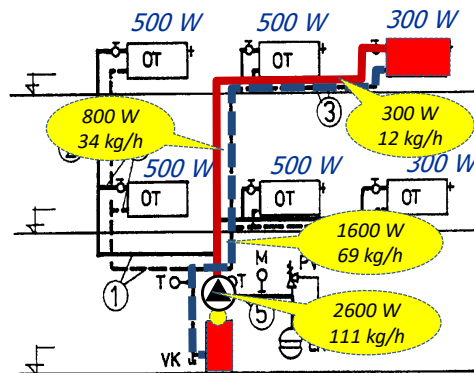
**d = 0,01 m = 10 mm → volím 12/1**

125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele



## B. Návrh oběhového čerpadla

1. Nalezení okruhu nejnepříznivěji položeného tělesa
2. Stanovení přenášených výkonů a hmotnostního průtoku v úsecích okruhu
3. Výpočet tlakové ztráty prouděním otopné vody v okruhu – tření a místní odpory, přídavek na regulační armaturu



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## Výpočet tlakových ztrát

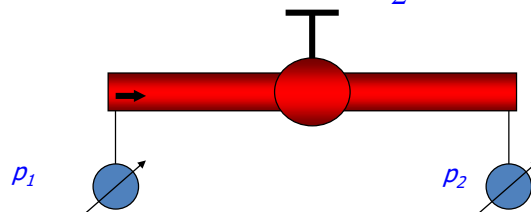
Tlaková ztráta

- třením

- vřazenými odpory

$$p_{ZT} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \rho \cdot l = R \cdot l$$

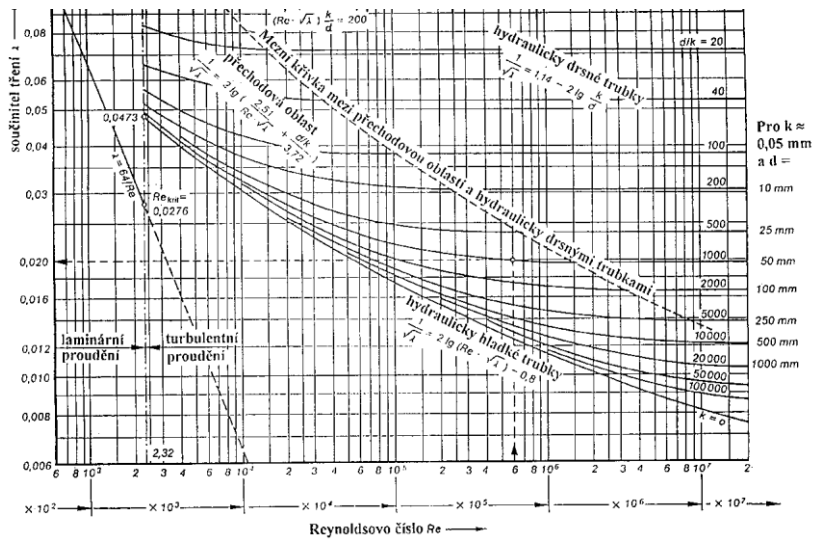
$$p_{ZM} = \zeta \frac{v^2}{2} \rho = Z$$



$$p_1 - p_2 = p_{ZT} + p_{ZM} = R \cdot l + Z$$

125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## Stanovení součinitele tření $\lambda$



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## Stanovení součinitele tlakové ztráty vřazenými (místními) odpory

- Experimentálně
- Tabulka vřazených odporů

zdroje tepla		
Značka	Název	Součinitel místní ztráty $\zeta$ [-]
K	Kotel	litinový 2,50
		ocelový 2,00
OT	Otopné těleso	vztaženo na potrubí
	Članková otopná tělesa >>>	DN 10 (3/8") 1,00
		DN 15 (1/2") až DN 32 (5/4") 2,50
	Desková otopná tělesa jedna deska >>>	DN 10 (3/8") 1,80
		DN 15 (1/2") 8,50
dvě a více desek >>>		vztaženo na potrubí
	DN 10 (3/8") 4,00	
	DN 15 (1/2") 19,00	

základní tvarovky potrubí		
Značka	Název	Součinitel místní ztráty $\zeta$ [-]
	Elažový odskok, sřivka	0,50
	Obchoz	0,50
	T-kus kalhotový	1,50
	T-kus šikmý - rozdělení	0,50
	T-kus šikmý - spojení	0,10
	Redukce - zúžení plynulé	1,50
	Redukce - rozšíření	o 1 DN - 0,10 o 2 DN - 0,20 o 3 DN - 0,30
	Spojení potrubí přírubovým spojem	0,05
	Spojení potrubí svařem	0,03

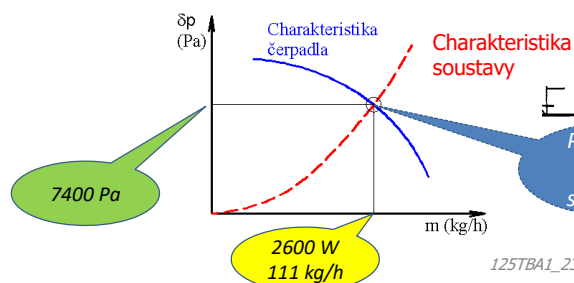
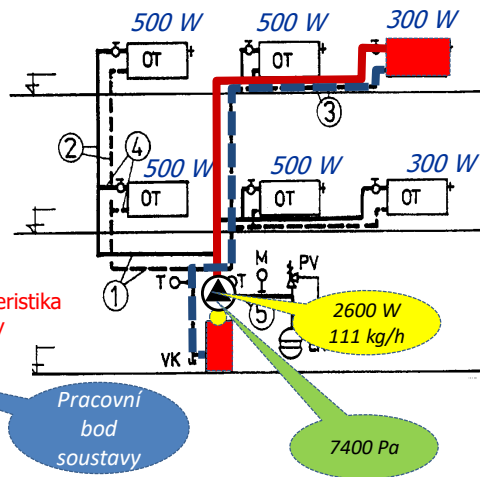
125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele



## Návrh oběhového čerpadla

**Dopravní množství  $M$  (kg/h, kg/s) =**  
hmotnostní průtok prvního úseku sítě

**Dopravní tlak (měrná energie, dopravní výška) (Pa, J/kg,m) =** tlaková ztráta nejnepříznivějšího okruhu

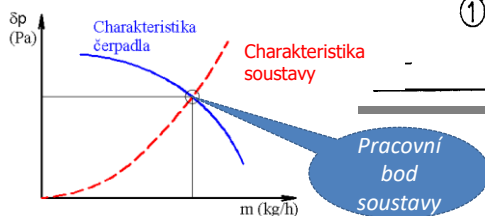
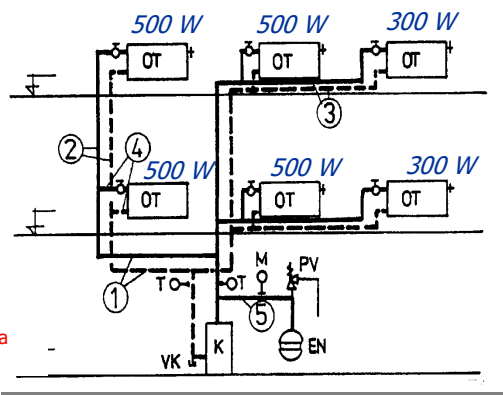


125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele



## B. Návrh oběhového čerpadla a regulačních armatur

- Výpočet tlakové ztráty nejnepříznivějšího okruhu tělesa
- Charakteristika čerpadla
  - Dopravní množství  $m$  (kg/h)
  - Dopravní výška (měrná energie, dopravní tlak)



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

# DÁLKOVÉ VYTÁPĚNÍ

= DISTRICT HEATING,

= SZT – SYSTÉM ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM

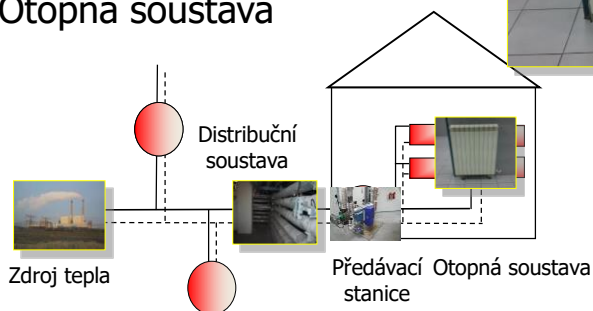
= CZT – CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM

125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele



## Dálkové vytápění

- Zdroj tepla
- Distribuční soustava
- Předávací stanice
- Otopná soustava



### ZDROJE TEPLA

Odpadní teplo

Elektrárna

Spalovna

Technologie

Výroba tepla

Výtopna

Teplárna

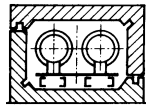
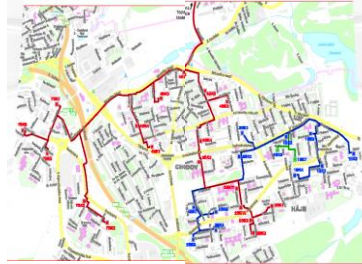
Okrsková kotelna

125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

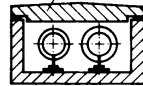


## Distribuční soustava

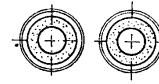
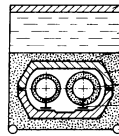
- Uložení potrubí
  - kanály
  - bezkanálové
  - kolektory
  - povrchové



a)



b) 125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele



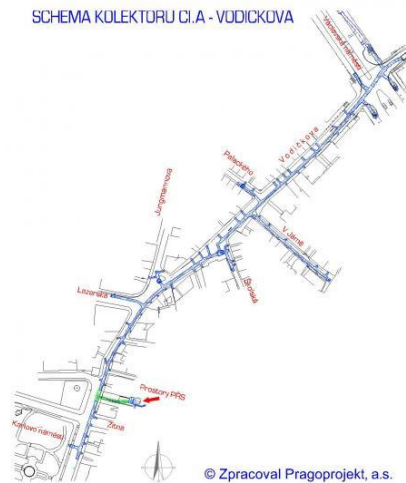
d)

## Kolektor

- Sdružená trasa podzemních vedení
- Ve městech



SCHEMA KOLEKTORU CI.A - VODICKOVA

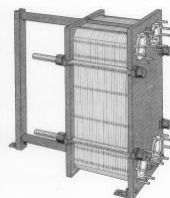
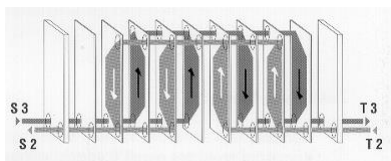
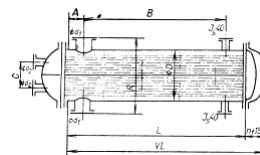
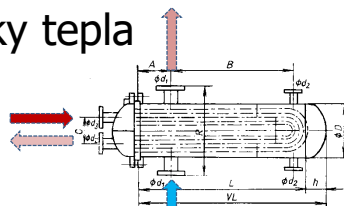


© Zpracoval Pragoprojekt, a.s.

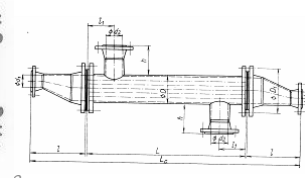


## Výměníky tepla

- Trubkové
  - U -trubky
  - Stavebnicové
- Deskové
  - šroubované
  - pájené

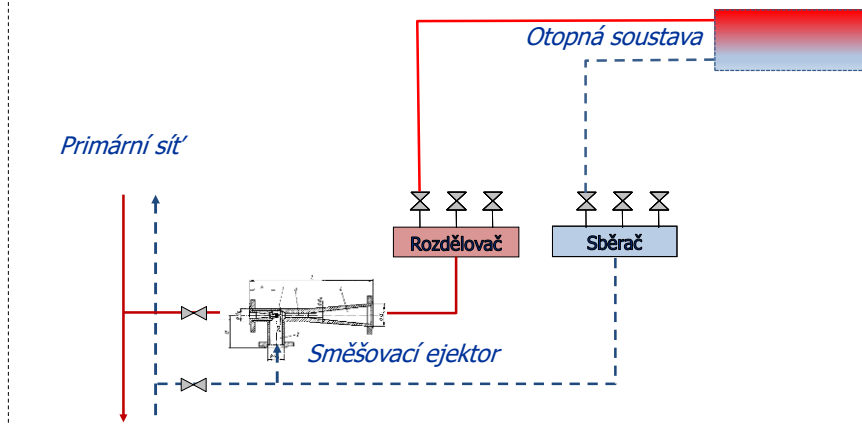


125TBA



## Předávací stanice

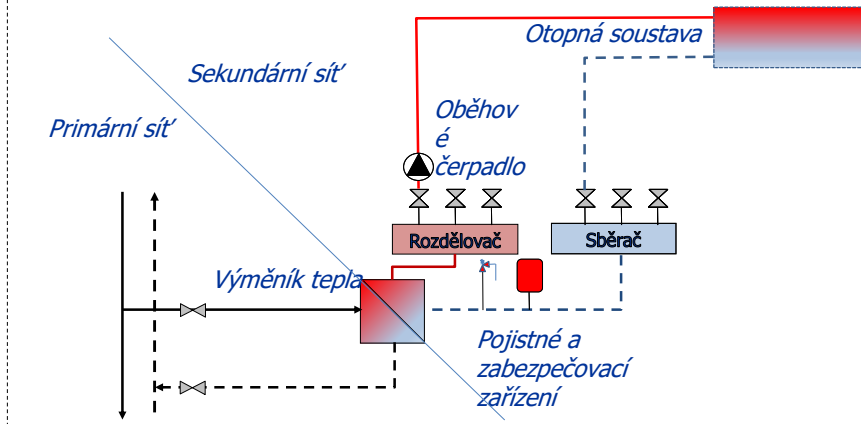
- Tlakově závislá voda-voda



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## Předávací stanice

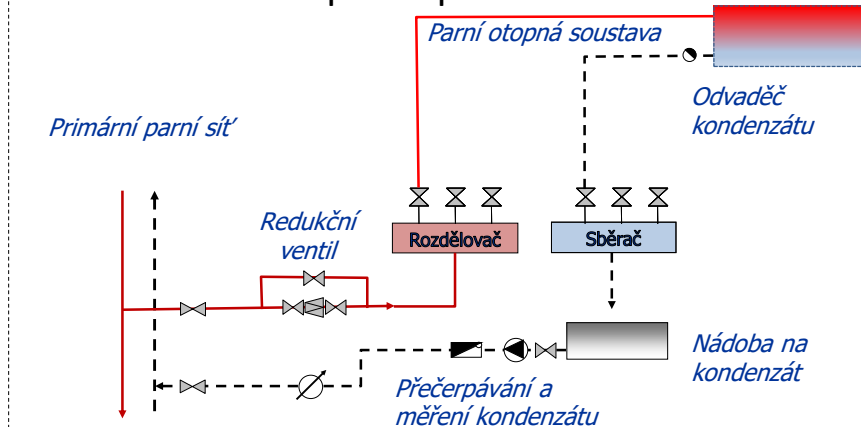
- Tlakově nezávislé voda-voda



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## Předávací stanice

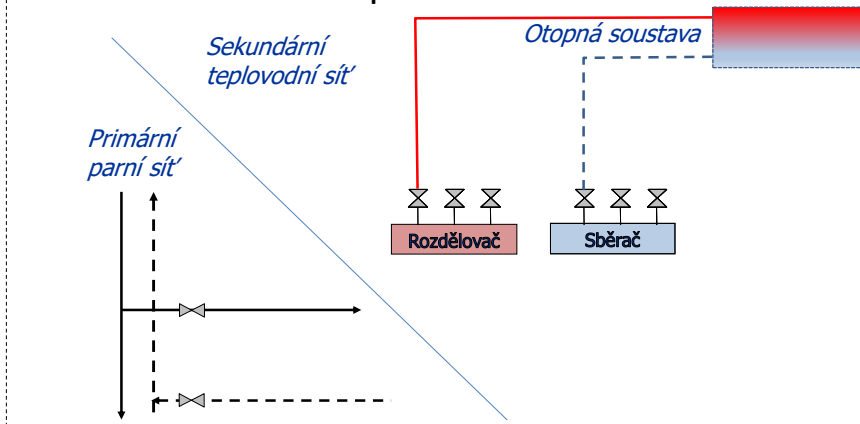
- Tlakově závislá pára - pára



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## Předávací stanice

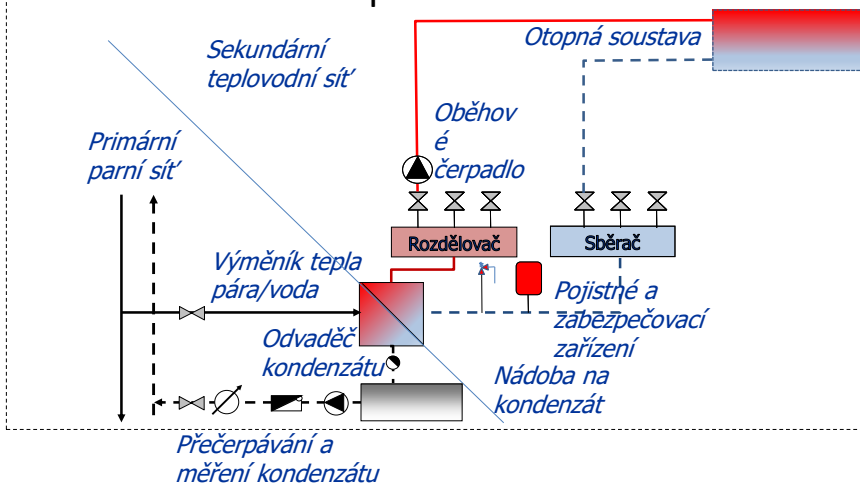
- Tlakově nezávislé pára-voda



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

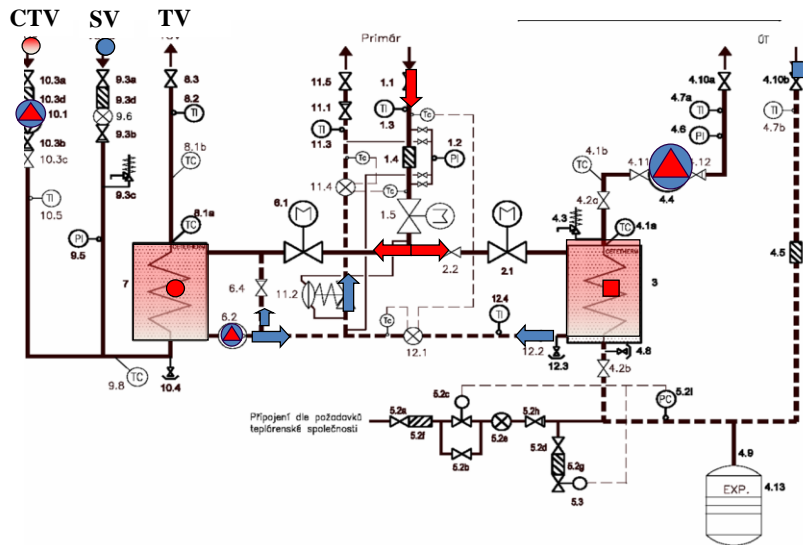
## Předávací stanice

- Tlakově nezávislé pára-voda



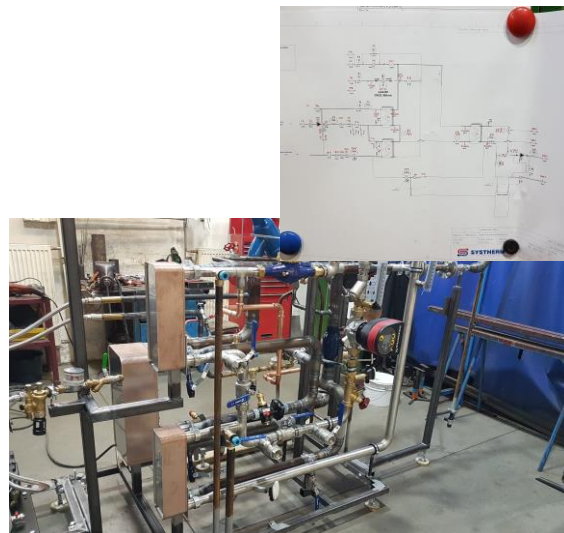
125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## Příklad zapojení předávací stanice



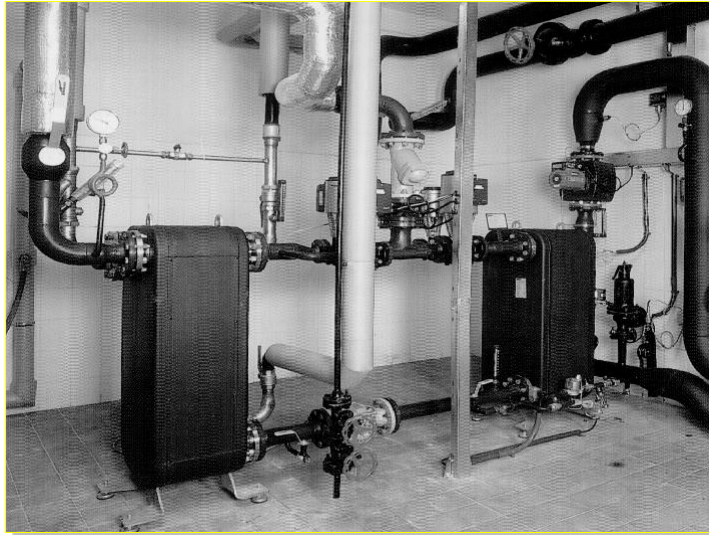
121DPA1\_2324 - p.101, náčrt Kabele

## Výroba předávacích stanic



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele

## Příklad předávací stanice



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele



125TBA1\_2324 - prof. Karel Kabele