

Vytápění

Přednáška č.2

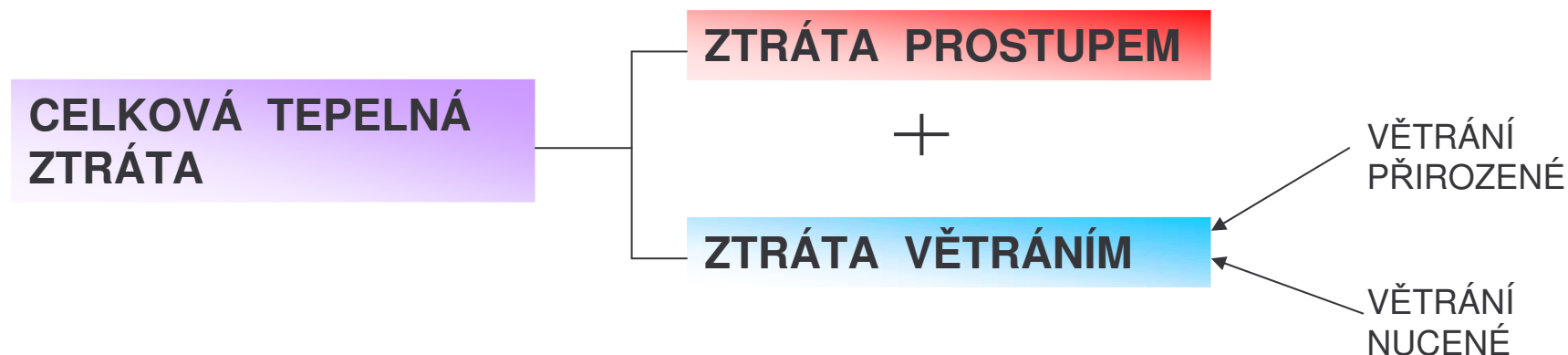
Výpočet tepelného výkonu

Tepelné soustavy a otopné soustavy
v budovách (rozdělení)

Přesný výpočet tepelných ztrát budov (výpočet tepelného výkonu)

ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu

Tepelné ztráty se počítají **pro každou jednotlivou místnost zvlášť** a jejich souhrn (součet) tvoří celkovou přesnou tepelnou ztrátu objektu. Slouží **pro návrh otopných ploch** v jednotlivých místnostech **i návrh zdroje tepla**. Jsou stanoveny pro nejnepříznivější výpočtové (návrhové) parametry exteriéru a výpočtové (návrhové) teploty interiéru.



- Základní případy výpočtu tepelných ztrát
- Zvláštní případy výpočtu tepelných ztrát

Návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru v základních případech

$$\Phi_i, Q_i \quad W, \text{ kW}$$

Celková tepelná ztráta
z vytápěného prostoru

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$$

prostupem

větráním

Tepelná ztráta prostupem

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,ie}$ je měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

$H_{T,iue}$ měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor)

$H_{T,ig}$ měrná tepelná ztráta do zeminy

$H_{T,ij}$ měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou

$$\text{Obecně:} \quad Q = A \cdot U \cdot \Delta t \quad (W)$$

$$H = A \cdot U \quad (W \cdot K^{-1})$$

$H_{T,ie}$ je měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

pro prvky (konstrukce) na hranici vytápěného prostoru a exteriéru (stěny, okna, dveře,..) a tepelné mosty

$$H_{T,ie} = \Sigma(A_K \cdot U_K \cdot e_K) + (\Sigma \psi_i \cdot l_i \cdot e_i + \Sigma \chi_i \cdot e_i)$$

Měrná ztráta
prostupem
konstrukcemi

Měrná ztráta
prostupem přes tepelné
mosty a vazby

e_k, e_i korekční činitel zahrnující exponování, klimatické podmínky1

l_i je délka lineárního tepelného mostu (m)

ψ_i je činitel lineárního prostupu tepla tepelného mostu, vazby (W/mK)

χ_j bodový činitel prostupu tepla (bodové tepelné vazby mezi konstrukcemi) (W/m²K)



Stanovení ψ_i , χ_j

- výpočet dle EN ISO
- tabelární hodnoty v EN ISO

} Podrobným způsobem

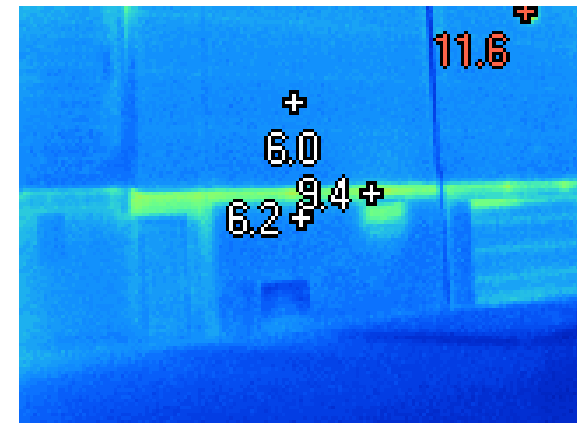
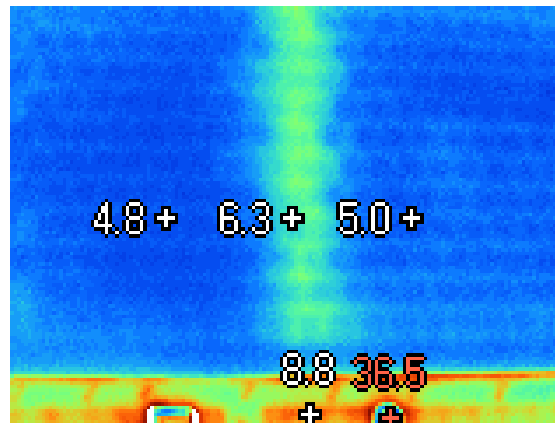
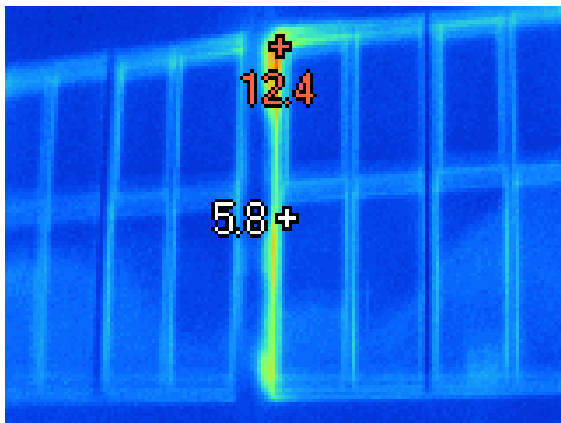
Zjednodušeným způsobem a to korekcí součinitele prostupu tepla:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U$$

↓ korekční součinitel

$$H_{T,ie} = \Sigma(A_K \cdot U_{Kc} \cdot 1)$$

0,00	bez tepelných mostů
0,02	téměř bez tepelných mostů (projektový předpoklad), PD, NED
0,05	mírné tepelné mosty
0,10	běžné tepelné mosty



$H_{T,iue}$ měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor)

(podkroví – půda, nevytápěné komunikační prostory, suterén,....)

$$H_{T,iue} = \Sigma(A_K \cdot U_K \cdot b_u) + \Sigma(\psi_i \cdot l_i \cdot b_u) \quad (\text{W/K})$$

b_u součinitel redukce teploty (-)

Zahrnout do výpočtu ve vazbě na provedení konstrukce a teplotu v nevytápěném prostoru, zjednodušeným způsobem pouze korekcí součinitele prostupu tepla.

Známe – li teplotu θ_u v nevytápěném prostoru, lze pro stanovení b_u použít vztah

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

(Jinak dle přílohy D.4.2 EN.)

$H_{T,ij}$ měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou

(sousední vytápěný prostor)

$$H_{T,ig} = \sum (f_{ij} \cdot A_K \cdot U_k)$$

(W/K)

f_{ij}

součinitel redukce
teploty (-)

$$f_{ij} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

Zahrnuje rozdíl mezi teplotou přilehlého prostoru a venkovní výpočtovou teplotou.

$H_{T,ig}$ měrná tepelná ztráta do zeminy

podlahou nebo stěnou v kontaktu se zeminou.

Hodnota může být stanovena přesně podle EN ISO 13370 nebo

zjednodušeným způsobem

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_K \cdot U_{equie,k}) \cdot G_w$$

(W/K)

f_{g1} je opravný součinitel, uvažující vliv roční změny průběhu venkovní teploty (1,45)

f_{g2} opravný teplotní součinitel, zahrnující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

$$f_{g2} = (\theta_{int,i} - \theta_{m,e}) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

G_w opravný součinitel na vliv spodní vody. Je-li předpokládána hladina méně než 1m od úrovně podlahy suterénu, uvažuje se 1,15. Jinak je roven 1.

$U_{equie,k}$ Ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce v kontaktu se zemí (s vlivem zeminy)

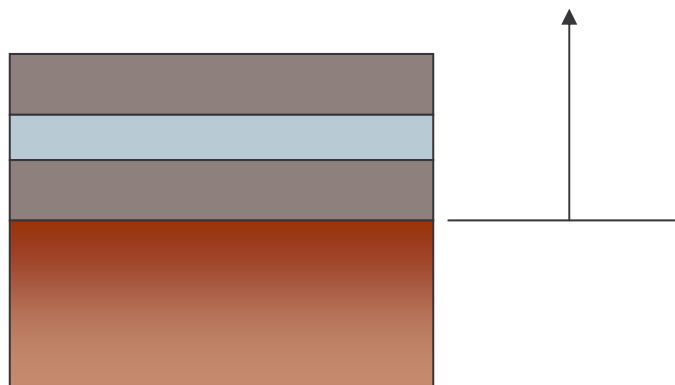
Přibližné stanovení součinitele prostupu tepla konstrukce přilehlé k zemině

$$U_z = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\lambda_z}}$$

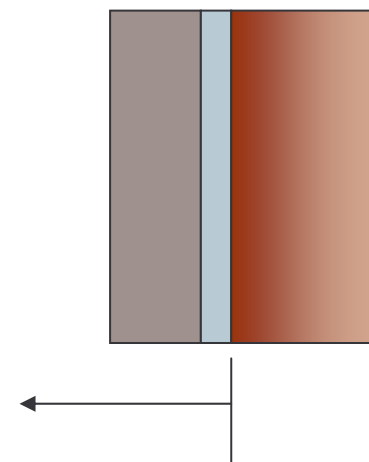
součinitel tepelné vodivosti zeminy

Stanovení $U_{\text{equie,k}}$ dle ČSN EN 12 831:

Součinitel prostupu tepla bez vlivu zeminy

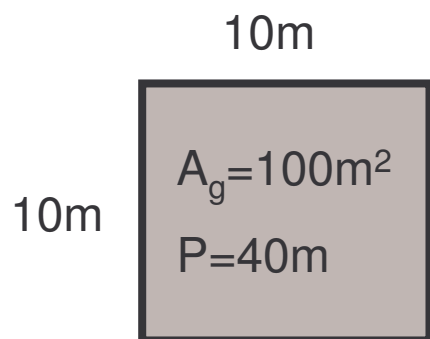


$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda}}$$

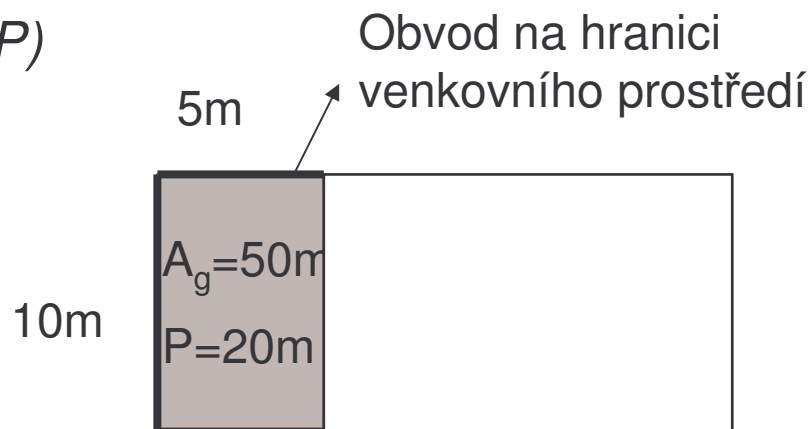


Charakteristické číslo B^l (pro podlahu na zemině)

$$B^l = A_g / (0,5 \cdot P)$$

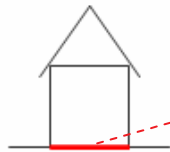


Pro místnosti s dobře izolovanou podlahou se stanoví B^l pro celou budovu.



Pro ostatní místnost po místnosti.

Stanovení $U_{\text{equiv},k}$ pro podlahu dané hloubky pod úrovní terénu



$U_{\text{equiv},k}$ pro podlahu na terénu

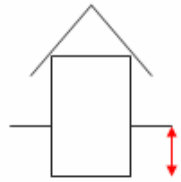
B' m	$U_{\text{equiv},k}$ W/m ² K				
	neizolovaná	$U_{\text{podl}} = 2,0$	$U_{\text{podl}} = 1,0$	$U_{\text{podl}} = 0,5$	$U_{\text{podl}} = 0,25$
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12



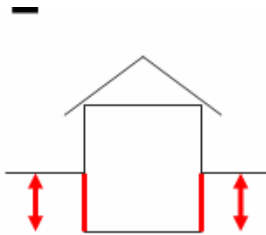
$U_{\text{equiv},k}$ pro podlahu 1,5 m pod terénem

B' m	$U_{\text{equiv},k}$ W/m ² K				
	neizolovaná	$U_{\text{podl}} = 2,0$	$U_{\text{podl}} = 1,0$	$U_{\text{podl}} = 0,5$	$U_{\text{podl}} = 0,25$
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15
8	0,44	0,35	0,29	0,23	0,15
10	0,38	0,31	0,26	0,21	0,14
12	0,34	0,28	0,24	0,19	0,14
14	0,30	0,25	0,22	0,18	0,13
16	0,28	0,23	0,20	0,17	0,12
18	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12
20	0,24	0,20	0,18	0,15	0,11

$U_{equiv,bf}$ pro podlahu 3 m pod terénem



B' m	$U_{equiv,bf}$ W/m ² K				
	neizolovaná	$U_{podl} = 2,0$	$U_{podl} = 1,0$	$U_{podl} = 0,5$	$U_{podl} = 0,25$
2	0,63	0,46	0,35	0,24	0,14
4	0,51	0,40	0,33	0,24	0,14
6	0,43	0,35	0,29	0,22	0,14
8	0,37	0,31	0,26	0,21	0,14
10	0,32	0,27	0,24	0,19	0,13
12	0,29	0,25	0,22	0,18	0,13
14	0,26	0,23	0,20	0,17	0,12
16	0,24	0,21	0,19	0,16	0,12
18	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11
20	0,21	0,18	0,16	0,14	0,11



U_w	$U_{equiv,bw}$			
	z = 0m	z = 1m	z = 2m	z = 3m
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,00	1,89	1,41	1,13	0,96

Ekvivalentní součinitel
prostupu tepla pro část
konstrukce stěny

Tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (\text{W})$$

Měrná tepelná
ztráta větráním

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c = V_i \cdot 0,34 \quad (\text{W/K})$$

U objektů bez větracího systému

V_i vyšší z hodnot objemového toku (m^3/h)

- $V_{inf,i}$ v důsledku proudění vzduchu štěrbinami a spárami pláště budovy
- $V_{min,i}$ požadovaného z hygienických důvodů

Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V$$

(25 m^3/h na osobu, $n = 0,3$ až $0,6 \text{ h}^{-1}$ u obytných budov v užívaných místnostech, $1 \cdot \text{h}^{-1}$ kuchyně)

Teploty vzduchu a množství odváděného vzduchu pro hygienická zařízení u pobytových místností podle vyhlášky 6/2003 Sb. s ohledem na zařizovací předměty

Místnost	Teplota vnitřního vzduchu	Množství odváděného vzduchu
Umývárna	22°C	30 m ³ /hod. na 1 umývadlo
Sprcha	25 °C	35 až 110 m ³ /hod. na 1 sprchu
WC	18 °C	50 m ³ /hod. na 1 mísu 25 m ³ /hod. na 1 pisoár

Hygienické minimum dle ČSN EN 12 831

Typ místnosti	n_{\min}
Obytné místnosti	0,5
Kuchyně a koupelny bez oken	1,5
Kanceláře	1,0
Zasedací místnosti, třídy, apod.	2,0

Infiltrace pláštěm budovy

S uvažováním nejhoršího případu, kdy infiltrovaný vzduch vstupuje na jedné straně budovy.

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_m \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$$

V_m , objem místnosti

Stupeň těsnosti obvodového pláště budovy

Objekt	n_{50} vysoký	n_{50} střední	n_{50} nízký
RD	<4	4-10	>10
Ostatní (bytové domy nebo jiné budovy)	<2	2-5	>5

n_{50} hodnota intenzity výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50 Pa zjištěna měřením (Blower door test)

Doporučené hodnoty dle ČSN 730540-2

Větrání	$n_{50,N}$
Přirozené nebo kombinované	4,5
Nucené	1,5
Nucené se ZZT	1,0
Nucené se ZZT pro objekty se zvláště nízkou potřebou tepla pro vytápění	0,6

NED

PD

Stínící součinitel e

Poloha (třída zastínění)	Bez oken	1 okno	Více oken
Nechráněná (žádné)	0	0,03	0,05
Průměrně chráněná (mírné zastínění)	0	0,02	0,03
Velmi chráněná (velké stínění)	0	0,01	0,02

ε korekční součinitel na výšku od úrovně terénu (vliv větru ve vyšších podlažích)

Jeho hodnota je dle středu výšky místnosti od úrovně terénu

0 až 10m	1
nad 10 do 30m	1,2
nad 30m	1,5.

Objekty s větracím systémem

U objektů s větracím systémem nemá vzduch parametry venkovního vzduchu, je-li například:

- ohříván rekuperací
- předeříván
- přiváděn z přilehlého prostoru

Pro nucené větrání

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} f_{v,i} + V_{mech,inf,i} \quad (m^3/h)$$

Množství vzduchu infiltrací

Množství přiváděného vzduchu do místnosti VZT

Rozdíl mezi nuceně přiváděným a odváděným vzduchem (u rovnotlakého větrání=0)

$V_{su,i}$ přívodní objemový tok vzduchu (dle projektanta VZT systému)

$$f_{v,i} = (\theta_{int,i} - \theta_{su}) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

θ_{su} je teplota přiváděného vzduchu

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c = V_i \cdot 0,34 (W/K)$$

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (W)$$

Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon pro místnost se stanoví na základě součtu tepelné ztráty prostupem všech konstrukcí ohraničujících místnost a větráním. Je-li to nutné (u přerušovaně vytápěných prostor) je v tepelném výkonu zahrnut zátopový tepelný výkon.

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH} \quad (\text{W})$$

Návrhový tepelný výkon pro budovu (pro návrh zdroje):

$$\Phi_{HL} = \Sigma \Phi_{T,i} + \Sigma \Phi_{V,i} + \Sigma \Phi_{RH,i} \quad (\text{W, kW})$$

kde

$\Sigma \Phi_{T,i}$ je suma tepelných ztrát prostupem vytápěných prostor,

$\Sigma \Phi_{V,i}$ je suma tepelných ztrát z větrání vytápěných prostor,

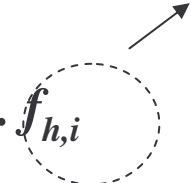
$\Sigma \Phi_{RH,i}$ součet přídatných výkonů pro prostory s přerušovaným vytápěním.

Zvláštní případy výpočtu tepelných ztrát (ČSN EN 12 831)

Metodika výpočtu se odlišuje pro

- **Budovy (prostory) s vysokou výškou stropu, halové stavby (s výškou nad 5m)**

Pro vysoké a rozlehlé prostory s tepelnou návrhovou ztrátou nižší než 60 W/m² (podlahové plochy) lze tepelné ztráty korigovat výškovým korekčním činitelem $f_{h,i}$, jehož hodnoty jsou závislé na výšce prostoru a způsobu vytápění. Jeho hodnoty uvádí přílohová tabulka ČSN EN 12831 B.1.

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{h,i}$$


- **Budovy s výrazně odlišnou teplotou vzduchu a střední teplotou sálání (střední radiační teplotou okolních ploch místnosti, včetně otopných ploch).**

Změna ve stanovení tepelné ztráty větráním. V tepelných ztrátách prostupem se počítá s výslednou teplotou, v tepelných ztrátách větráním s vnitřní teplotou vzduchu.

Odlišnosti v dalších vybraných případech

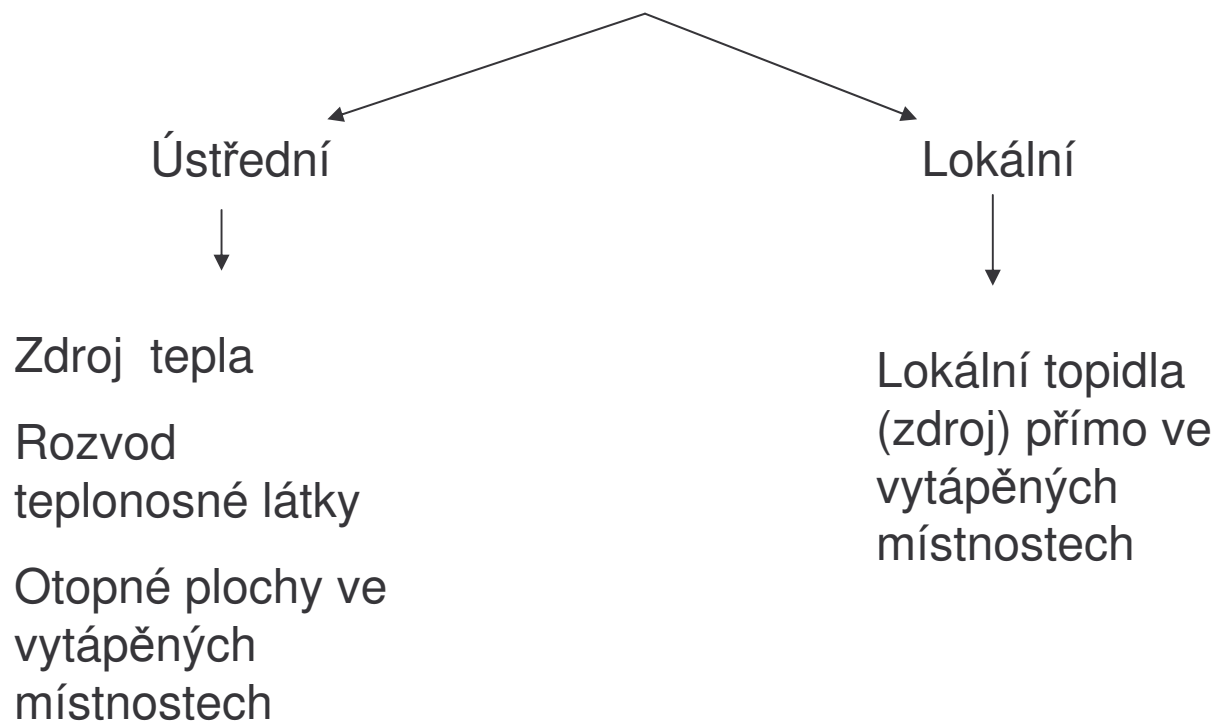
„U“

- Konstrukce přilehající k zemině.
- Velké zasklené stavební konstrukce místností se zdroji vlhkosti, u kterých dochází k povrchové kondenzaci (součinitel přestupu tepla na vnitřní straně).

Dříve používaná ČSN 06 0210:

Velmi těžká (masivní) stavba s tloušťkou obvodového zdiva nad 60cm
- redukce venkovní výpočtové teploty.

Vytápění budov



Teplovodní vytápění → ÚT

Teplovzdušné vytápění a větrání → VZT

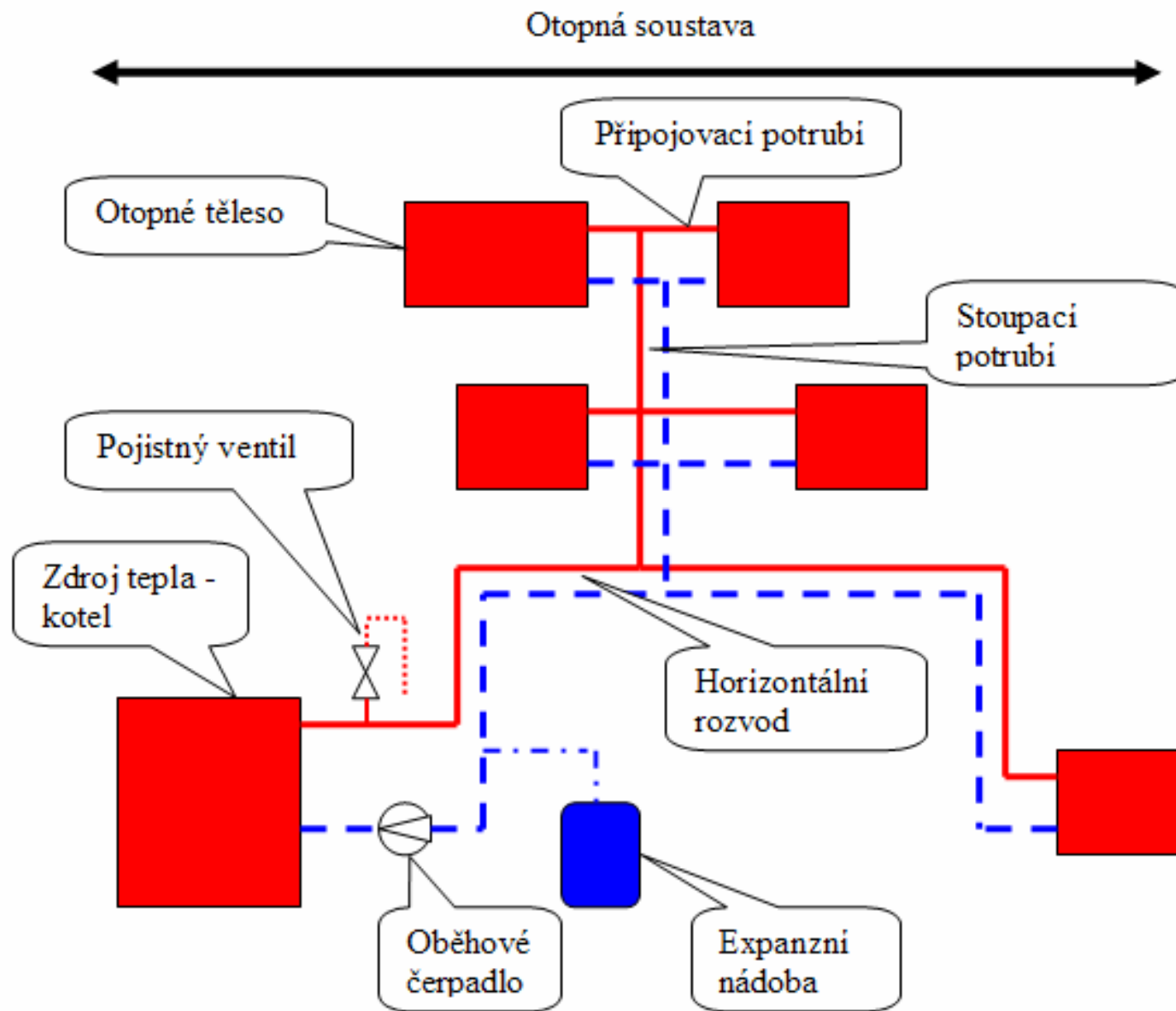
Tepelné soustavy v budovách

Tepelná soustava je uspořádání vzájemně spojených prvků pro dodávku tepla z rozvodu tepla do spotřebičů tepla (otopných ploch) nebo soustav pro ohřívání (teplé vody, vzduchu, jiné teplonosné látky pro technologii).

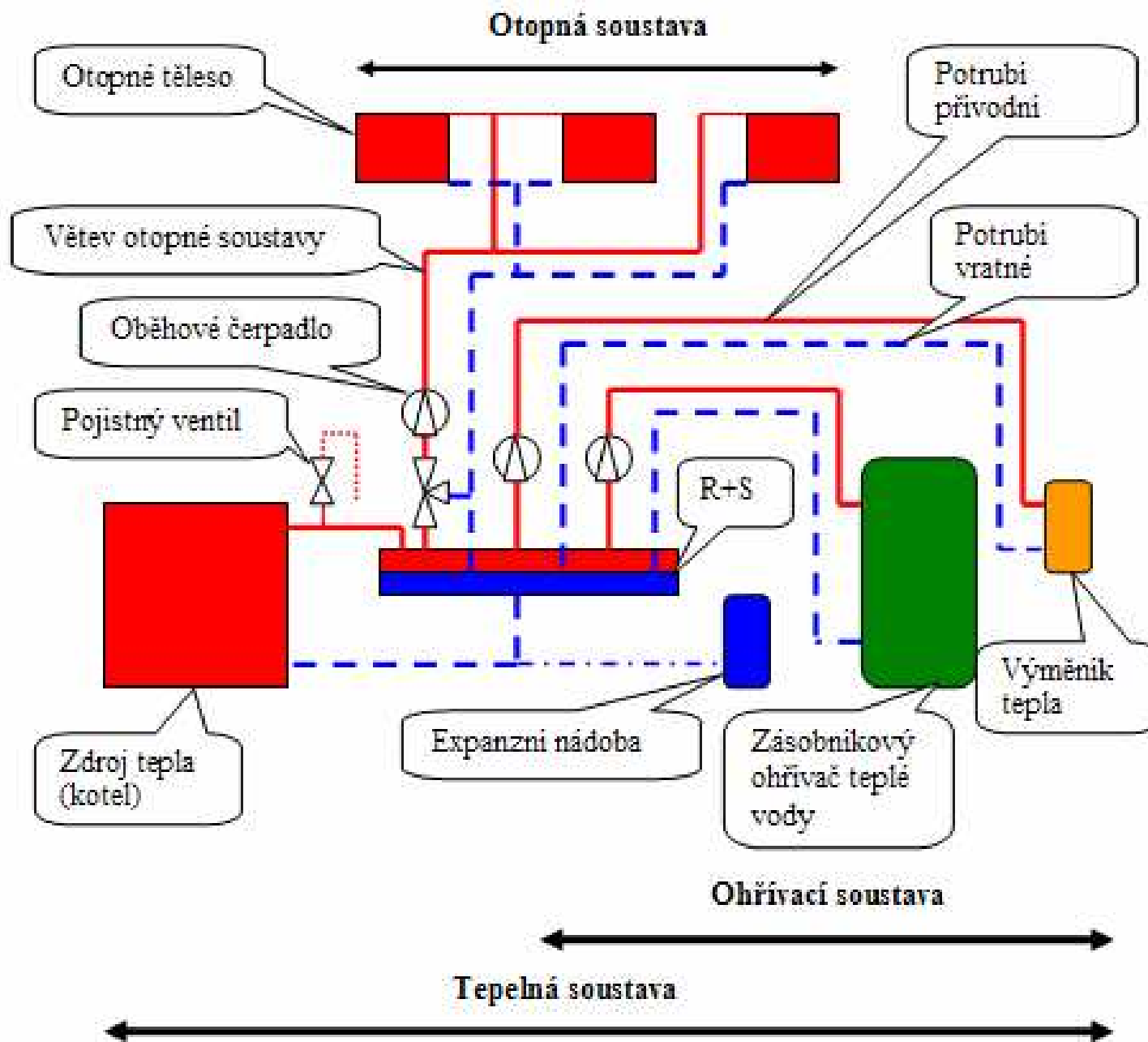
Otopná soustava je část tepelné soustavy sloužící pouze k vytápění. Prostřednictvím spotřebičů tepla (otopných těles nebo jiných otopných ploch) zajišťuje požadovaný vnitřní stav prostředí v jednotlivých místnostech budovy.

Je – li zdrojem tepla dodáváno teplo pouze pro vytápění, je otopná soustava shodná s tepelnou.

Vodní otopná soustava objektová (zjednodušené schéma, základní prvky)



Vodní tepelná soustava objektová (zjednodušené schéma, základní prvky)

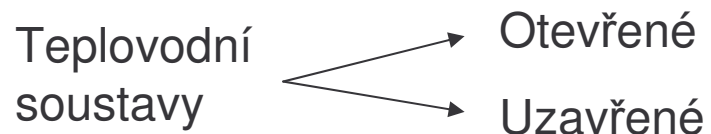
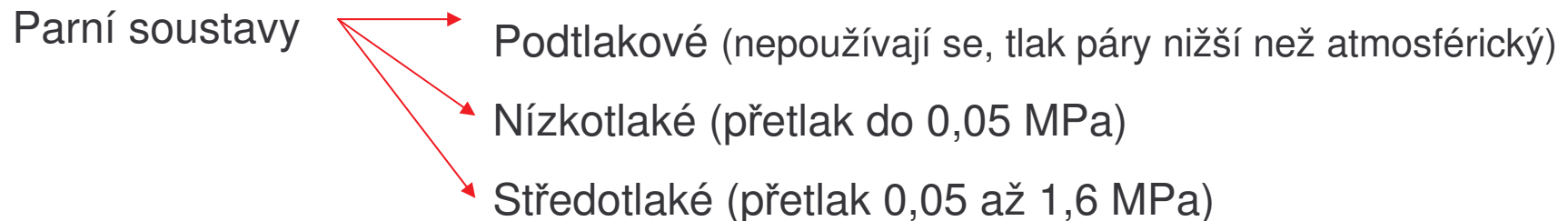
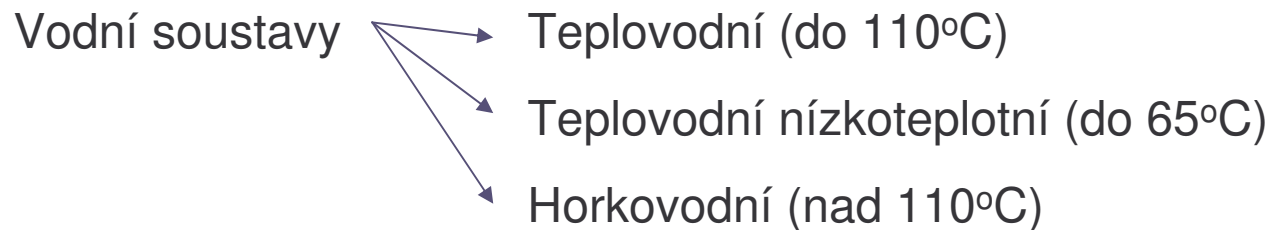
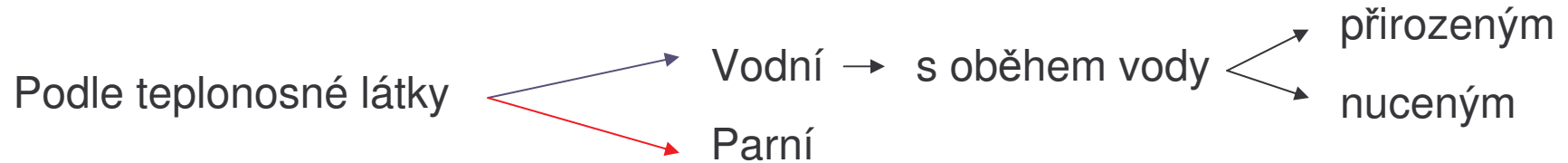


Tepelnou soustavu tvoří

- zařízení pro výrobu tepla (zdroj tepla),
- rozvody teplonosného média (potrubní sítě) ,
- odběry tepla (spotřebiče tepla – tělesa či jiné otopné plochy, výměníky,...),
- zabezpečovací zařízení,
- armatury, čerpadla, zařízení pro úpravu vody, doplňování vody, prvky pro měření (T,M), tepelné izolace, prvky pro upevnění,...,
- regulační prvky a řídicí systémy.



Rozdělení tepelných soustav



Otopné soustavy v budovách

Teplovodní, teplovodní nízkoteplotní

Rozdělení podle

Sdílení tepla na

- převážně konvekční,
- převážně sálavé.

Počtu trubek na

- jednotrubkové bez obtoků těles a s obtoky těles,
- dvoutrubkové protiproudé nebo souproudé,
- více trubkové.

Umístění rozvodu teplotní látky na soustavy

- s horním rozvodem,
- se spodním rozvodem.

Oběhu teplotní látky na soustavy

- s přirozeným oběhem (samotížné),
- s nuceným oběhem.

Rozvodu k otopným tělesům na

- vertikální,
- horizontální.

Spojení soustavy s atmosférou na

- teplovodní otopné soustavy otevřené (pracovní teplota do 95 °C),
- teplovodní otopné soustavy uzavřené (tlakové) - pracovní teplota do 110 °C.