ELEKTRICKÉ VYTÁPĚNÍ

1. Problematika tepelné pohody člověka v místnosti

- Hlavním úkolem vytápění je zajistit v uzavřených místnostech příznivé tepelné poměry v chladném zimním období, kdy je venkovní teplota nižší než požadovaná teplota v místnostech a kdy také ostatní povětrnostní vlivy (např. vítr) způsobují ochlazování místností
- Jde o zajištění tzv. **tepelné pohody**
- To znamená, že musí být dosaženo takových tepelných poměrů, aby se člověk cítil příjemně
- Tepelnou pohodu člověka ovlivňuje jeho zdravotní stav, stáří, druh činnosti, kterou vykonává
- Pocit dobré tepelné pohody je v podstatě dán rovnováhou tepelného režimu člověka, nutnou k udržení stálé teploty těla 37 °C
- Důležitou složkou tepelného režimu člověka je sdílení tepla z povrchu těla do okolí, které se řídí přesnými fyzikálními zákony, a lze je proto vyjádřit matematicky

- Při látkových přeměnách probíhajících v lidském těle se uvolňuje určité množství tepla, které závisí především na intenzitě fyzické námahy a na hmotnosti člověka
- Toto teplo musí být odváděno do okolí
- Tepelná rovnováha, tj. stav, při kterém okolí odebírá lidskému tělu tolik tepla, kolik člověk právě produkuje, je proto prvním a nezbytným předpokladem tepelné pohody
- Lidské tělo je ochlazováno vedením, prouděním, sáláním a kromě toho také vypařováním potu a dýcháním
- Při malé fyzické námaze je větší část tepla z povrchu těla odváděna prouděním a sáláním – suché ochlazování těla
- Dosažení tepelné rovnováhy při suchém ochlazování, bez nadměrného pocení, je druhým předpokladem tepelné pohody člověka

- Jestliže stoupne teplota okolí nad určitou hranici nebo se zvětší produkce tepla při fyzické námaze, nedostačuje suché ochlazování a pro zajištění tepelné rovnováhy se nadbytečné teplo odvádí vypařováním – mokré ochlazování těla
- Podmínku tepelné rovnováhy lze obecně vyjádřit takto:

$$Q_M = Q_V + Q_D + Q_K + Q_S \ (w) \qquad (1.1)$$

- V rovnici (1.1) je:
  - Q_M teplo vyprodukované lidským tělem
  - Q_V teplo odváděné vypařováním
  - Q_D teplo odváděné dýcháním
  - Q_K teplo odváděné konvekcí (prouděním)
  - Q_S teplo odváděné sáláním
- Tepelný tok konvekcí a sáláním prochází nejprve vrstvou oděvu, je jím veden, teprve na vnějším povrchu dochází k přestupu tepla do okolí

- Rovnice tepelné rovnováhy pak přejde na tvar:

$$Q_M - Q_V - Q_D = t \cdot S \cdot (t_h - t_r) = Q_K + Q_S \ (w) \qquad (1.2)$$

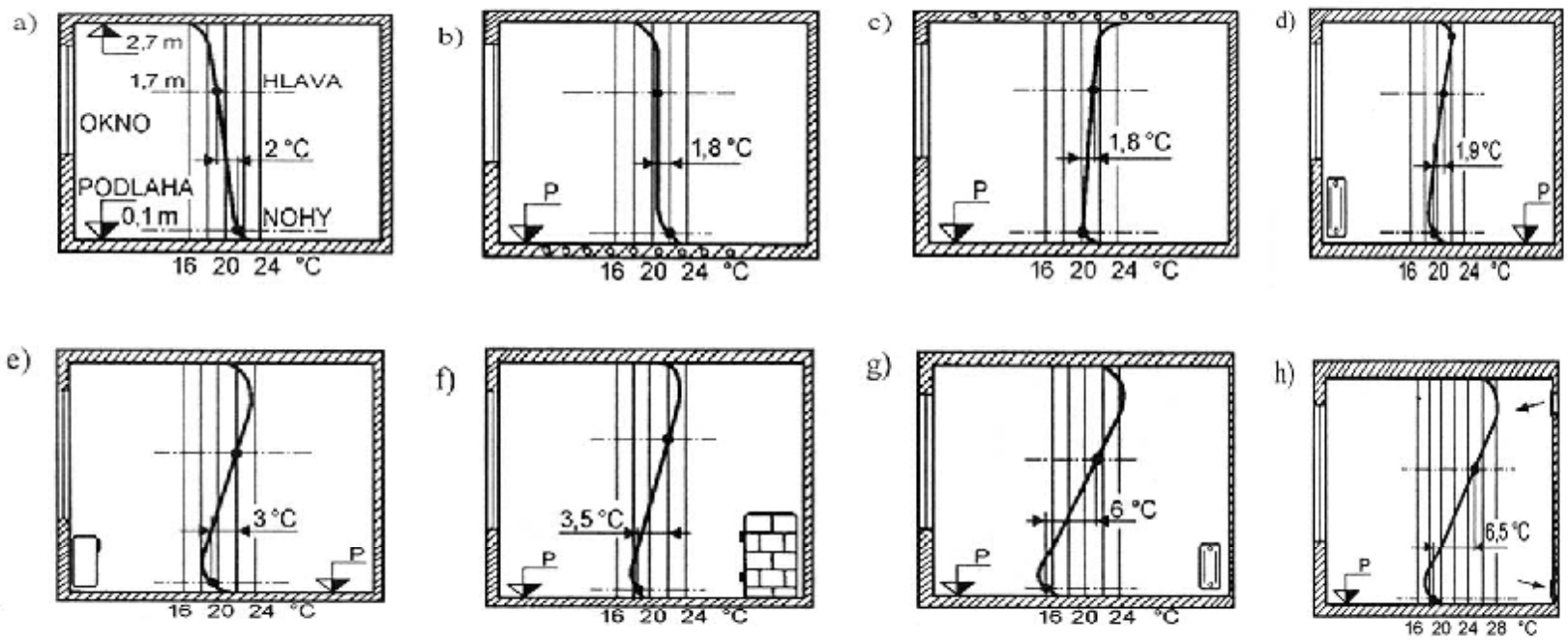
- V rovnici (1.2) je:
  - τ propustnost oděvu ($W.m^{-2}.K^{-1}$)
  - S celková plocha povrchu těla
  - t_h teplota povrchu těla
  - t_r teplota povrchu oděvu

Tepelný stav prostředí

- O tepelných pocitech člověka v uzavřených místnostech rozhoduje tedy několik faktorů:
  - Stupeň fyzické námahy (vnitřní produkce tepla Q_M)
  - Tepelně izolační schopnost oděvu (tepelná propustnost τ)
  - Teplota okolního vzduchu t_v
  - účinná teplota okolních ploch t_p
  - vlhkost okolního vzduchu (relativní vlhkost)
  - rychlost proudění vzduchu
- Faktory t_v, t_p, vlhkost a rychlost proudění vzduchu charakterizují tepelný stav prostředí, který se projevuje výsledným tepelným účinkem prostředí na člověka
- Většinou se ale snažíme vyjádřit tepelný stav prostředí jedinou, snadno měřitelnou veličinou

Teplota vzduchu v místnosti

- K posouzení tepelného stavu nám poslouží především teplota vzduchu t_v měřená v oblasti pobytu člověka
- Teplotu vzduchu lze považovat za uspokojivé měřítko tepelného stavu prostředí tam, kde se jedná o prostředí téměř klidného vzduchu a kde se teplota okolních ploch jen nepatrně liší od teploty vzduchu
- Za těchto okolností se teplota vzduchu také shoduje s výslednou teplotou t_i
- Teplota vzduchu t_v většinou není v celé místnosti stejná, a proto je nutné posuzovat taktéž její místní změnu, nerovnoměrnost
- Velice důležitá je především vertikální nerovnoměrnost teploty vzduchu ve vytápěných místnostech, která vzniká vlivem nestejnoměrného přívodu tepla a nestejnoměrného ochlazování jednotlivých stěn, podlahy a stropů místností
- Vertikální rozložení teplot v místnosti při různých způsobech vytápění je znázorněno na obr. 1.1



a) ideální vytápění

b) podlahové

c) stropní

d) teplovodní

e) konvektorové

f) lokální vytápění kachlovými kamny

g) teplovodní (radiátor na vnitřní stěně)

h) teplovzdušné

Obr. 1.1

- Z hlediska příjemného pocitu je rozhodující teplota dolní vrstvy vzduchu v místě nohou (ve výšce 0,1 m nad podlahou)
- Dále nás zajímá teplota vzduchu v úrovni hlavy (ve výšce 1,7 m nad podlahou) a následně pak rozdíl těchto dvou teplot, který má velký vliv na tepelnou pohodu v místnosti
- Ideální vytápění (obr. 1.1 a) je takové, kdy je teplota v místě nohou přibližně 21 °C a ve výšce hlavy stojícího člověka přibližně 19 °C
- Z hlediska tepelné pohody by tedy neměl být rozdíl teplot v místě hlavy a v místě nohou větší než 2,0 °C u stojícího člověka a 1,5 °C u sedícího člověka
- Pro jednotlivé způsoby vytápění je příslušný teplotní rozdíl vždy vyznačen na obr. 1.1
- Z obrázku je zřejmé, že z hlediska vertikálního rozložení teplot je nejvýhodnější podlahové vytápění – obr. 1.1 b

Účinná teplota okolních ploch

- Aby bylo možné posuzovat výsledný sálavý účinek okolních ploch jednou veličinou, zavádí se tzv. **účinná teplota okolních ploch** t_p
- Tato teplota je definována jako společná teplota všech okolních ploch, při níž by celkový tepelný tok sáláním mezi povrchem těla a okolními plochami byl stejný jako ve skutečnosti
- Pro účinnou teplotu okolních ploch bude v případě, kdy se teploty jednotlivých okolních ploch příliš neliší, platit vztah:

$$t_p = \sum_{j=1}^{n} j_j \cdot t_j \ (°C) \qquad (1.3)$$

- V rovnici (1.3) je:
  - φ_j poměry osálání jednotlivých okolních ploch plochou lidského těla
  - t_j teploty okolních ploch

- Účinná teplota tedy závisí na teplotách všech okolních ploch a na poměrech osálání, vztažených k ploše lidského těla
- V praxi se však od tohoto požadavku upouští a hodnoty se vztahují k elementární kouli, bodu, umístěné obvykle uprostřed objektu

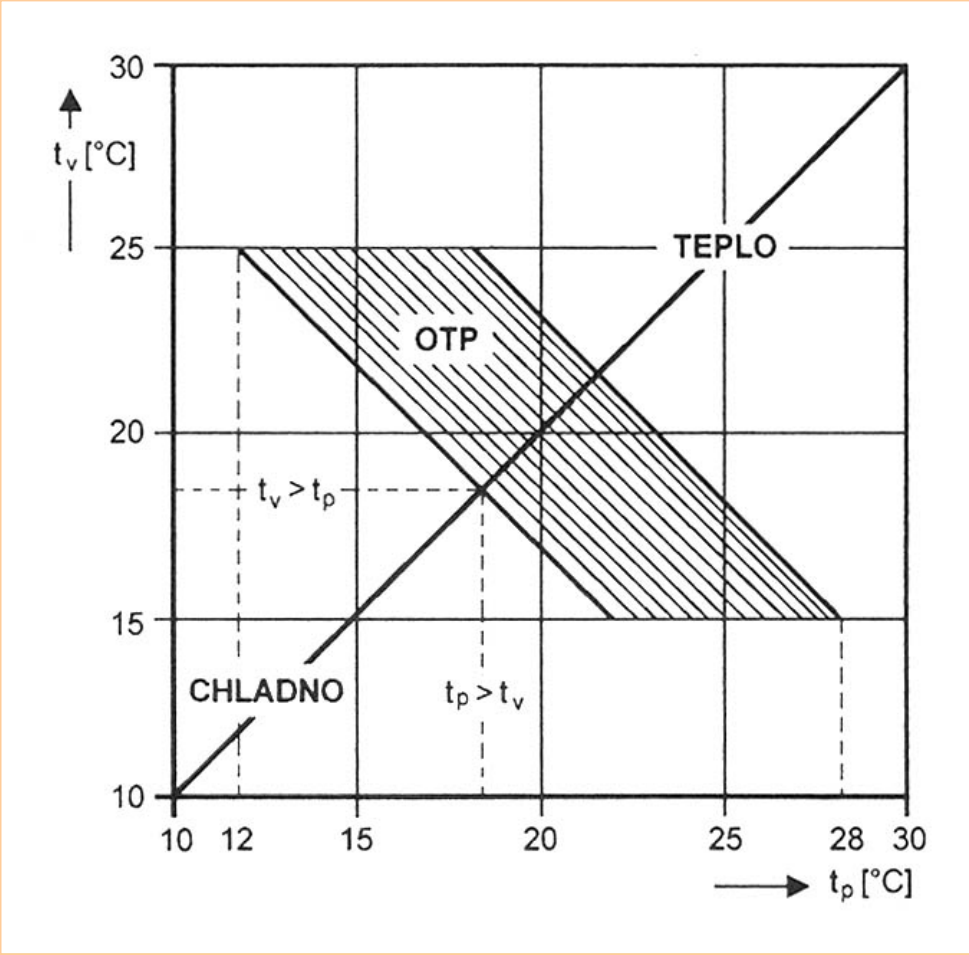
Výsledná teplota prostředí místnosti

- Vyjdeme-li ze vztahu pro tepelnou rovnováhu vyjádřenou pomocí tepelných toků k povrchu těla S a využijeme-li zjednodušení pro součinitele prostupu tepla konvekcí a sáláním $\alpha_k = \alpha_s$ (při proudění vzduchu rychlostí menší než 0,3 $m.s^{-1}$), dostaneme pro výslednou teplotu prostředí, potřebnou pro zajištění tepelné pohody, rovnici ve tvaru:

$$t_i = 0{,}5 \cdot t_v + 0{,}5 \cdot t_p \ (°C) \qquad (1.4)$$

- Z toho vyplývá, že tepelná pohoda člověka závisí při dané vnitřní produkci tepla a dané tepelné propustnosti oděvu pouze na teplotě vzduchu a účinné teplotě okolních ploch
- Poměr obou teplot t_v a t_p však nemůže být zcela libovolný
- Předpokládá-li se, že v místnostech, kde se požaduje výsledná teplota t_i = 18,5 až 21,5 °C, má být teplota vzduchu t_v v mezích od 15 do 25 °C, může se účinná teplota okolních ploch t_p měnit v mezích od 12 do 28 °C

§ Tato „oblast tepelné pohody“ je názorně vyznačena šrafováním na obr. 1.2



Obr. 1.2

2. Praktický výpočet otopných zařízení

- Z hlediska dimenzování otopné soustavy je zapotřebí znát maximální hodnotu tepelných ztrát budovy, tj. množství tepla, které projde z vnitřního prostředí místností o teplotě t_i do chladnějšího venkovního prostředí s teplotou t_e
- Na tuto nejvyšší hodnotu v roce je nutno otopnou soustavu dimenzovat
- Při výpočtu tepelných ztrát se vychází z ČSN 06 0210
- Vhodnost objektu pro elektrické vytápění se posuzuje na základě vypočtených tepelných ztrát a spotřeby tepla na 1 m^2 obytné plochy
- Pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění jsou nutné tyto podklady:
  - Situační plán, ze kterého je zřejmá poloha budovy vzhledem ke světovým stranám, výška a vzdálenost okolních budov, nadmořská výška místa stavby a převládající směr a intenzita větru
  - Půdorysy jednotlivých podlaží budovy se všemi hlavními rozměry, včetně rozměrů oken a dveří, nejméně v měřítku 1:100
  - Řezy budovou s udáním všech hlavních výšek (světlá a konstrukční výška místností, výška parapetů apod.)

- Údaje o materiálech a konstrukci stěn, podlah, stropů a střech pro zjištění nebo výpočet součinitele prostupu tepla
- Údaje o materiálu a konstrukci oken a dveří potřebné k výpočtu tepelné ztráty prostupem a infiltrací
- Údaje o využití jednotlivých místností pro určení vnitřní teploty t_i
- Popis zamýšleného způsobu vytápění jednotlivých místností

Obecný postup výpočtu tepelných ztrát

- Celková tepelná ztráta místnosti Q_c podle ČSN 06 0210 se rovná součtu tepelné ztráty prostupem stěnami Q_p a tepelné ztráty větráním Q_v snížená o trvalé tepelné zisky Q_z:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \ (W) \qquad (1.13)$$

- Tepelná ztráta prostupem stěnami se určuje z tepelné (základní) ztráty připočítáním přirážek podle vztahu:

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \ (W) \qquad (1.14)$$

- V rovnici (1.14) je:
  - Q_o základní tepelná ztráta prostupem tepla (W)
  - p_1 přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí
  - p_2 přirážka na urychlení zátopu
  - p_3 přirážka na světovou stranu

- Je-li u některé ze stěn teplota na vnější straně vyšší než teplota ve vytápěné místnosti, má tepelný tok touto stěnou zápornou hodnotu
- V tomto případě jde o tepelný zisk Q_z, který zmenšuje základní tepelnou ztrátu Q_o
- V tabulce jsou uvedeny hodnoty výpočtové vnitřní teploty t_i pro různé typy místností

Druh vytápěné místnosti	**Vnitřní teplota t_i (°C)**
obývací místnosti, jako obývací pokoj, ložnice, pracovny, dětské pokoje	20
kuchyně	20
koupelny	24
klozety	20
předsíně, chodby	15

- Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn p_1 umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby při nižší povrchové teplotě ochlazovaných stěn t_p bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované vnitřní teploty t_i, pro kterou je základní tepelná ztráta počítána
- Tato přirážka závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla všech stěn místnosti k_c, který lze vyjádřit vztahem:

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \, (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}) \qquad (1.16)$$

- V rovnici (1.16) je:
  - ΣS celková plocha všech konstrukcí, které ohraničují vytápěnou místnost (m^2)
  - t_e výpočtová venkovní teplota pro určitou oblast daná normou (tabulka v ČSN 06 0210)

- Přirážku na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 lze pak stanovit ze vztahu $p_1 \approx 0{,}15.k_c$ nebo přibližně určit z následující tabulky

k_c ($W.m^{-2}.K^{-1}$)	do 0,1	0,1 - 0,9	0,9 - 1,5	1,5 - 2,0
p_1	0	0,03 - 0,12	0,15 - 0,21	0,25 - 0,30

- S přirážkou na urychlení zátopu p_2 se v bytové výstavbě, nemocnicích apod. počítá jen v případech, kdy ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění
- Za normálních okolností se s přirážkou p_2 nepočítá
- Pro přerušovaný provoz se volí podle doby vytápění takto:
  - p_2 = 0,1 při denní době vytápění delší než 16 hodin
  - p_2 = 0,2 při denní době vytápění kratší než 16 hodin

- O výši přirážky na světovou stranu p_3 rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti, při více ochlazovaných konstrukcích poloha jejich společného rohu
- Hodnoty přirážky p_3 udává tabulka

Sv. str.	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
p_3	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

- Tepelná ztráta větráním Q_v vyjadřuje ztrátu tepla způsobenou přirozeným větráním infiltrací nebo při nuceném podtlakovém větrání a vypočte se ze vztahu:

$$Q_v = c_v \cdot V_v \cdot (t_i - t_e)\,(W) \qquad (1.17)$$

- V rovnici (1.17) je:
  - c_v objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě 0 °C, $c_v = 1300\ J.m^{-3}.K^{-1}$
  - V_v objemový tok větracího vzduchu ($m^3.s^{-1}$)

Způsob ochlazování místností	**Tepelné ztráty (W)**
Střední místnost (z obou stran vytápěné místnosti):	
a) nad nevytápěným sklepem a shora chráněná vytápěnou místností	34 - 47
b) nad vytápěnou místností a shora též vytápěná místnost	30 - 40
c) nad vytápěnou místností a shora ochlazovaná půdou	37 - 53
Rohová místnost s okny v obou stěnách:	
a) nad nevytápěným sklepem a shora chráněná vytápěnou místností	40 - 58
b) nad vytápěnou místností a shora chráněná vytápěnou místností	35 - 49
c) nad vytápěnou místností a shora ochlazovaná půdou	44 - 65
d) nad nevytápěným sklepem a shora ochlazovaná půdou	47 - 73
Koupelna	40 - 80
Předsíň	15 - 30
Schodiště	18 - 35
Průměrná tepelná ztráta v 1 m; vytápěného prostoru rodinného domku	35 - 60

Výpočet tepelných ztrát budov ve zvláštních případech

- **Stavební konstrukce přiléhající k zemině**
  - Při výpočtu tepelné ztráty prostupem nepodsklepených podlah přízemních místností a hal přiléhajících k zemině se za průměrnou teplotu zeminy bere t_{gr} = ±10 °C
  - Při výpočtu tepelné ztráty prostupem stěnami sklepních místností, které přiléhají k zemině, se berou v úvahu vnější teploty podle tabulky:

Poloha přilehlé vrstvy zeminy	Teplota přilehlé zeminy t_{gr} při venkovní výpočtové teplotě t_e (°C)			
t_e (°C)	-12	-15	-18	-22
pod podlahou	+5	+5	+5	+5
u svislé stěny				
- do hloubky 1 m	-3	-3	-6	-6
- hloubka 1 – 2 m	0	0	-3	-3
- hloubka 2 – 3 m	+3	+3	0	0
- hloubka > 3 m	+5	+5	+5	+5

- **Jestliže je výška místnosti větší než 8 metrů**
  - U místností vyšších než 8 m (např. u průmyslových hal apod.) je nutné počítat se stoupáním teploty vnitřního vzduchu (a tím i výpočtové vnitřní teploty t_i) s výškou h
  - Teplotní gradient je:

$$\frac{\Delta t}{\Delta h} = 0{,}3\ K \cdot m^{-1} \qquad (1.20)$$

  - Tepelná ztráta prostupem Q_p se pak stanovuje pro vnitřní teplotu:
    - $t_{i1} = t_i$ u podlahy
    - $t_{i2} = t_i + 0{,}3 \,.\, h$ u svislých konstrukcí
    - $t_{i3} = t_i + 0{,}3 \,.\, H$ u střech a střešních světlíků
      - h je výška středu uvažované části svislé konstrukce nad podlahou (m)
      - H je průměrná výška místnosti (m)
  - Obvodové stavební konstrukce je možné rovněž rozdělit po výšce na pásy a tepelnou ztrátu stanovit součtem ztrát těchto pásů

- Tepelná ztráta větráním (infiltrací) Q_v se stanoví stejně jako v normálním případě, přičemž se používá stejná vnitřní výpočtová teplota t_{i2} nebo t_{i3}, s jakou se počítá tepelná ztráta prostupem Q_p příslušné průvzdušné stavební,konstrukce (okna, venkovních dveří, světlíku apod.)

- **Velmi těžké (masivní) stavby**
  - U budov s velmi těžkými obvodovými konstrukcemi, které jsou schopny tlumit účinek kolísání venkovní teploty na vnitřní teplotu v místnostech (např. u historických budov) se tepelná ztráta prostupem tepla Q_p stanovuje pro vyšší venkovní teplotu, než je předepsaná výpočtová venkovní teplota t_e pro příslušnou teplotní oblast
  - U budov s obvodovou konstrukcí z plných cihel se stanoví Q_p pro rozdíl teplot:
    - $\Delta t = t_i - t_e - 5$ (°C) při tloušťce zdí 60 až 90 cm
    - $\Delta t = t_i - t_e - 10$ (°C) při tloušťce zdí větší než 90 cm
  - U budov s obvodovými konstrukcemi z přírodních kamenů nebo betonu se Q_p stanoví pro rozdíl teplot:
    - $\Delta t = t_i - t_e - 5$ (°C) při tloušťce zdí 90 až 120 cm
    - $\Delta t = t_i - t_e - 10$ (°C) při tloušťce zdí větší než 120 cm

Určení měrných tepelných ztrát

- Kritériem pro hodnocení vhodnosti vytápěných prostorů pro elektrické vytápění je nepřekročení maximálních přípustných měrných tepelných ztrát $q_v^{max.}$ vytápěného prostoru podle směrnice FMPE č. 24/1981
- Hodnoty udává tabulka:

Vytápěný prostor (m^3)	**Tepelná char. $q_v^{max.}$ ($W.m^{-3}.K^{-1}$)**
do 100	1,4
101 - 500	1,0
501 - 1 000	0,8
1 001 - 2 000	0,7
2 001 - 5 000	0,6
5 001 - 10 000	0,5
10 001 a větší	0,4

§ Musí platit: $q_v \leq q_v^{max.}$

Výpočet otopného příkonu

- Pro výpočet příkonu tepelného zdroje je rozhodující zvolený způsob elektrického vytápění, režim vytápění na jmenovitou, popřípadě tlumenou teplotu, způsob nuceného větrání
- Skutečný instalovaný elektrický příkon topidel smí být vyšší oproti vypočtenému celkovému příkonu maximálně:
  - o 20 % pro příkon do 50 kW
  - o 10 % pro příkony vyšší než 50 kW
- Jestliže vychází vypočtený příkon elektrického topidla v intervalu první třetiny rozdílu příkonu typové řady topidla, volí se typ s nižším příkonem
- Výpočet otopného příkonu má svá specifika pro každý způsob elektrického vytápění
- V dalším textu rozebereme způsoby výpočtu otopného příkonu zvlášť pro přímotopné, akumulační a smíšené (hybridní) elektrické topné systémy

- **Přímotopné elektrické vytápění**
  - Příkon konvekčního nebo sálavého topidla P_k se stanoví ze vztahu:

$$P_k = Q_c \cdot K \cdot 10^{-3}\ (kW) \qquad (1.23)$$

  - V rovnici (1.23) je:
    - Q_c celková tepelná ztráta objektu (W)
    - K koeficient průběhu vytápění, volí se hodnota:
      - 1,0 - pro nepřerušovaný provoz,
      - 1,1 - pro topnou přestávku do 4 hodin
      - 1,2 - u přestávky delší než 4 hodiny
      - 1,4 - při občasném použití
- **Akumulační elektrické vytápění**
  - Při tomto způsobu vytápění se využívá odběr elektrické energie ve vybraných, zpravidla nočních hodinách (nabíjení od 22 do 6 hodin) a ve zdůvodněných případech ve vybraných denních hodinách (dobíjení po 2 hodinách a více)

- Příkon akumulačního tepelného zdroje lze stanovit z celkové denní potřeby tepla Q_d, jejíž velikost závisí na celkových tepelných hodinových ztrátách Q_c, požadované době vytápění na plnou teplotu T_v a době tlumeného vytápění T_t
- Do doby vytápění T_v se zahrnuje i doba náběhu na požadovanou teplotu
- Dimenzování elektrického příkonu je stejné pro souvislou i rozloženou nabíjecí dobu T_n = 8 hodin
- Provozní režimy vytápění pro výpočet příkonu zdroje tepla se stanoví z doby plného vytápění T_v na t_i = 20 °C
- Akumulační vytápění se navrhuje pro provozní režim daný dobou T_v (h):
  - kuchyně 10 h
  - kuchyně s jídelnou 12 h
  - obývací pokoje 14 h
  - dětské pokoje 14 h
  - ostatní místnosti 12 h

- **Smíšené (hybridní) elektrické vytápění**
  - Smíšené vytápění sestává z akumulační a přímotopné části
  - Akumulační vytápění odebírá elektřinu nejvýše 8 hodin denně v noční době stanovené dodavatelem elektřiny
  - Přímotopné vytápění pracuje při nižších venkovních teplotách v denní mimošpičkové době (např. od 11 do 17 hodin)
  - Smíšené vytápění umožňuje připojit více elektrických vytápěcích zařízení k dosavadní rozvodné síti, neboť soudobost odběru je nižší než u čistě akumulačního vytápění
  - Důležité je i zmenšení rozměrů zařízení, a tím i snížení pořizovacích nákladů
  - Návrh elektrického hybridního topidla se provádí zvlášť pro akumulační a zvlášť pro přímotopnou část

$$P_h = 0{,}6 \cdot P_a \ (kW) \qquad (1.30)$$

  - V rovnici (1.30) je:
    - P_h příkon hybridního topidla (kW)
    - P_a příkon akumulačního topidla vypočítaný podle vztahu pro akumulační topidla a pro nabíjecí dobu Tn = 8 hodin (kW)

- Přímotopná část hybridního topidla se stanoví podle vztahu:

$$P_{ph} = 0{,}4 \cdot P_a \ (kW) \qquad (1.31)$$

- Příkon přímotopné části však musí krýt nejméně 90 % tepelné ztráty místnosti
- Ústřední akumulační zdroj tepla pro smíšené vytápění se dimenzuje na 60 % příkonu čistě akumulačního ústředního vytápění s osmihodinovou nabíjecí dobou
- Příkon přímotopné části hybridního systému musí být nejméně o 10 % vyšší, než je tepelná ztráta místnosti, a rovná se asi polovině příkonu čistě akumulačního zdroje s osmi hodinami nabíjení

3. Elektrické vytápěcí systémy

- Nerovnoměrnost denního odběru, vyplývající z běžného životního rytmu člověka, vedla ke snaze využít volné elektrárenské kapacity v době mimo špičkové zatížení soustavy
- To umožnilo nejprve zavádění akumulačních spotřebičů pro vytápění nebo přípravu teplé užitkové vody, které byly zapínány pouze v noci
- Další vývoj však ukázal, že pouze s akumulačním teplem by možnosti elektrizační soustavy byly brzy vyčerpány, a proto dnes elektroenergetika nabízí i přímotopné a hybridní systémy
- Užití elektrické energie pro vytápění představuje všude ve světě jednu z ekonomicky nejnáročnějších variant
- Tato cena je ale zcela vyvážena vlastnostmi elektrických systémů:
  - vysokou spolehlivostí topného systému,
  - dokonalou regulovatelností (automatická regulace umožní přesné dodržování tepelného režimu podle nastaveného programu)
  - prakticky l00% účinností
  - jednoznačnou měřitelností spotřebované energie u odběratele

- minimálními nároky na plochu a na údržbu
- možností řešit otopný systém přesně podle potřeb vytápění interiéru díky variabilitě elektrotopných systémů
- naprosto bezhlučným provozem (elektrické kotle je možné umístit bez problémů přímo ve vytápěném interiéru)
- naprosto čistým, ekologickým provozem (bereme-li v úvahu znečištění životního prostředí pouze v místě, kde se elektrický topný systém přímo nachází)
- vysokou čistotou provozu (nevyžaduje pracnou a špinavou manipulaci, jaká je např. při vytápění uhlím)
- důležitým ekonomickým aspektem jsou poměrně nízké náklady na 1 kWh vyrobeného tepla

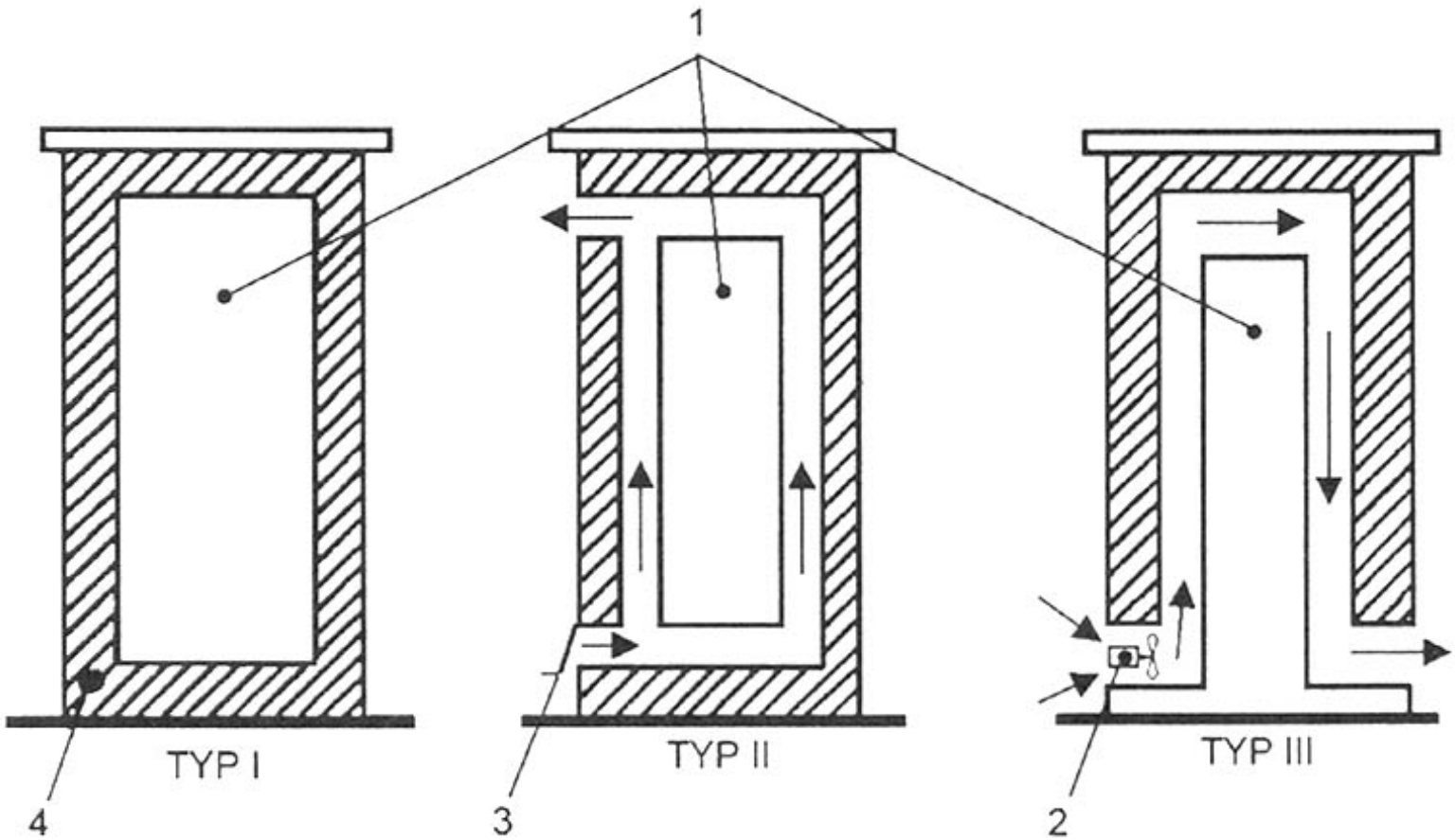
- Výhody elektrického vytápění oproti jiným možným způsobům jsou z uvedeného přehledu jasně patrné
- Elektrické vytápění je považováno za nejčistší a nejkomfortnější formu vytváření tepelné pohody v uzavřených prostorách včetně bytových

- Ani jedna z dalších forem energie nenabízí tak pružně regulovatelný tok tepla do místnosti přesně odpovídající její tepelné ztrátě a žádané vnitřní teplotě
- V některých lokalitách na území ČR je vytápění elektrickou energií jediným východiskem jak otop řešit
- Jedná se především o lokality a objekty, kde nelze počítat se zásobováním teplem dálkovým rozvodem z tepláren a výtopen, kde není dosud rozvod zemního plynu a kde bude nutno nahrazovat dosavadní vytápění tuhými a kapalnými palivy
- Podle umístění zdroje tepla rozlišujeme elektrické topné systémy na:
  - **LOKÁLNÍ (místní)**, u nichž je elektrotopný spotřebič umístěn přímo v příslušném vytápěném prostoru
  - **CENTRÁLNÍ (ústřední)**, u nichž je zdroj tepla umístěn mimo nebo v jednom z vytápěných prostorů a zásobuje teplem více jiných prostorů nebo objektů

- Podle časového odběru elektrické energie ze sítě a její přeměny na teplo rozlišujeme tyto systémy nebo spotřebiče
  - **AKUMULAČNÍ**, při kterém se elektrická energie přeměňuje v teplo, které se skladuje ve vhodném akumulačním materiálu. Teplo se pak samovolně nebo řízeně uvolňuje převážně v době následující po nabití.
  - **PŘÍMOTOPNÉ**, při kterém se elektrická energie přeměňuje v teplo ihned vydávané do vytápěné místnosti
  - **SMÍŠENÉ**, u nichž se využívá přeměna elektřiny v tepelnou energii částečně akumulačním a částečně přímotopným způsobem

Akumulační elektrické vytápění

- Při tomto způsobu vytápění se využívá odběr elektrické energie ve vybraných, zpravidla nočních hodinách (nabíjení od 22 do 6 hodin) a ve zdůvodněných případech ve vybraných denních hodinách (dobíjení po 2 hodinách a více)
- Elektrická energie se přeměňuje na teplo v odporových topných článcích nebo kabelech, které jsou uloženy v akumulačním materiálu
- Ten má tvar topidla, kotle nebo je betonovou částí stavební konstrukce, zpravidla podlahy
- Vytápění vyžaduje spolehlivou znalost doby vytápění T_v na výpočtovou vnitřní teplotu t_i, do které se zahrnuje i doba tzv. náběhu na plnou teplotu a doba tlumeného vytápění T_t
- Existuje několik možných způsobů el. akumulačního vytápění
- Jako akumulační materiál se užívá zpravidla magnezit a šamot
- Podle konstrukčního provedení a způsobu sdílení tepla při vytápění místností (vybíjení topidla) se rozlišují tři typy akumulačních topidel tak, jak jsou znázorněny na obr. 1.6



1 – akumulační látka
2 – ventilátor
3 – regulační klapka
4 – tepelná izolace

Obr. 1.6

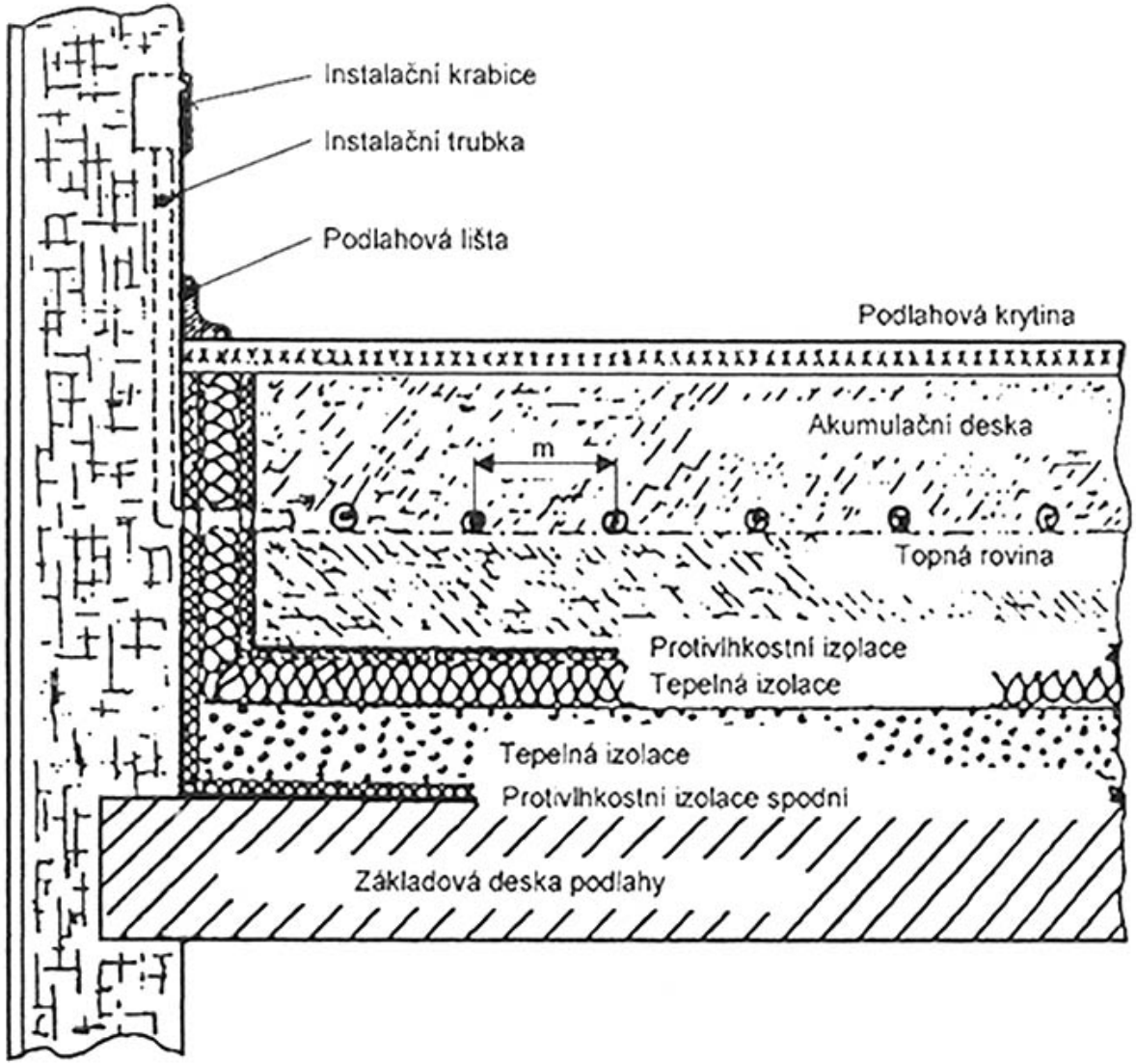
- **Typ I**
  - Tento typ topidla je charakteristický sdílením tepla pouze z povrchu pláště topidla
  - Vybíjení tepla je přirozené neboli statické, po skončení nabíjení nelze řídit vydávání tepla
  - Teplo sdílí výlučně sáláním povrchu topidla a přirozenou konvekcí z povrchu, popř. doplňkovou konvekcí
  - Typickým zástupcem, hojně používaným v minulosti, je akumulační topidlo IDEAL
  - Akumulační jádro je sestaveno ze šamotových tvárnic, v nichž jsou zabudovány topné tvárnice
  - Topné tvárnice jsou u inovovaného provedení kamen (typ FVSt) nahrazeny keramickými topnými tyčemi
- **Typ II**
  - Topidlo předává teplo do místnosti především povrchem pláště, a to sáláním a konvekcí
  - Kromě toho je část tepla vydávána řízeně, ohříváním vzduchu, který proudí teplovzdušnými kanálky v akumulačním jádru

- Topidlo je vybaveno prostorovým termostatem, který částečně řídí vydávání tepla po ukončení nabíjení zavíráním a otevíráním průduchů
- Patří sem například topidlo IDEAL FVS
- Topidlo je vhodné pro celodenní využívání v obytných místnostech s dobrými akumulačními vlastnostmi

- **Typ III**
  - U těchto topidel se po ukončení nabíjení řídí vydávání tepla automaticky podle vnitřní teploty mastnosti
  - Akumulační jádro je dokonale izolováno
  - Plášť je zpravidla plechový, s velmi nízkými teplotami povrchu
  - Teplo se vybíjí především proháněním vzduchu ventilátorem kanálky v jádře
  - Chod ventilátoru, zpravidla dvourychlostního, se řídí prostorovým termostatem
  - Dynamická akumulační topidla se přednostně využívají pro vytápění bytů a rodinných domků, pro pružně řiditelné vydávání tepla a rychlý zátop (kamna Fikoterm apod.)

- Ústřední elektrické akumulační vytápění sestává z tradiční teplovodní otopné soustavy – z elektrického, zpravidla odporového zdroje tepla a z vodního akumulátoru
- Teplo se z akumulátoru dopravuje do vytápěné místnosti
- Potlačuje se tak základní zásada elektrického vytápění, kterou je přivedení energie až do vytápěné místnosti s maximální regulovatelností její přeměny

- Dalším možným typem akumulačního vytápění je tzv. velkoplošné podlahové akumulační vytápění
- Zdrojem tepla jsou topné kabely (Kabloterm apod.) uložené v betonové mazanině podlahové konstrukce
- Povrchová teplota podlahy nemá překročit 25 °C
- Podmínkou uplatnění vytápění je dlouhá životnost a její garance
- Ryze akumulační soustava elektrického podlahového vytápění, nabíjená výhradně nočním proudem po dobu 8 hodin, je vhodná především pro nové a rekonstruované objekty využívané pouze v dopoledních hodinách, maximálně časných odpoledních hodinách
- Pro celodenně vytápěné místnosti se příliš nehodí
- Je charakteristická dobrou spodní tepelnou izolací (kombinace pěnového polystyrénu a minerální vláknité izolace) a zejména velkou tloušťkou akumulační desky (90 až 150 mm)
- Topná rovina s topnými kabely se umisťuje do spodní poloviny akumulační desky, obr. 1.7


Instalační krabice
Instalační trubka
Podlahová lišta
Podlahová krytina
Akumulační deska
m
Topná rovina
Protivlhkostní izolace
Tepelná izolace
Tepelná izolace
Protivlhkostní izolace spodní
Základová deska podlahy

Obr. 1.7

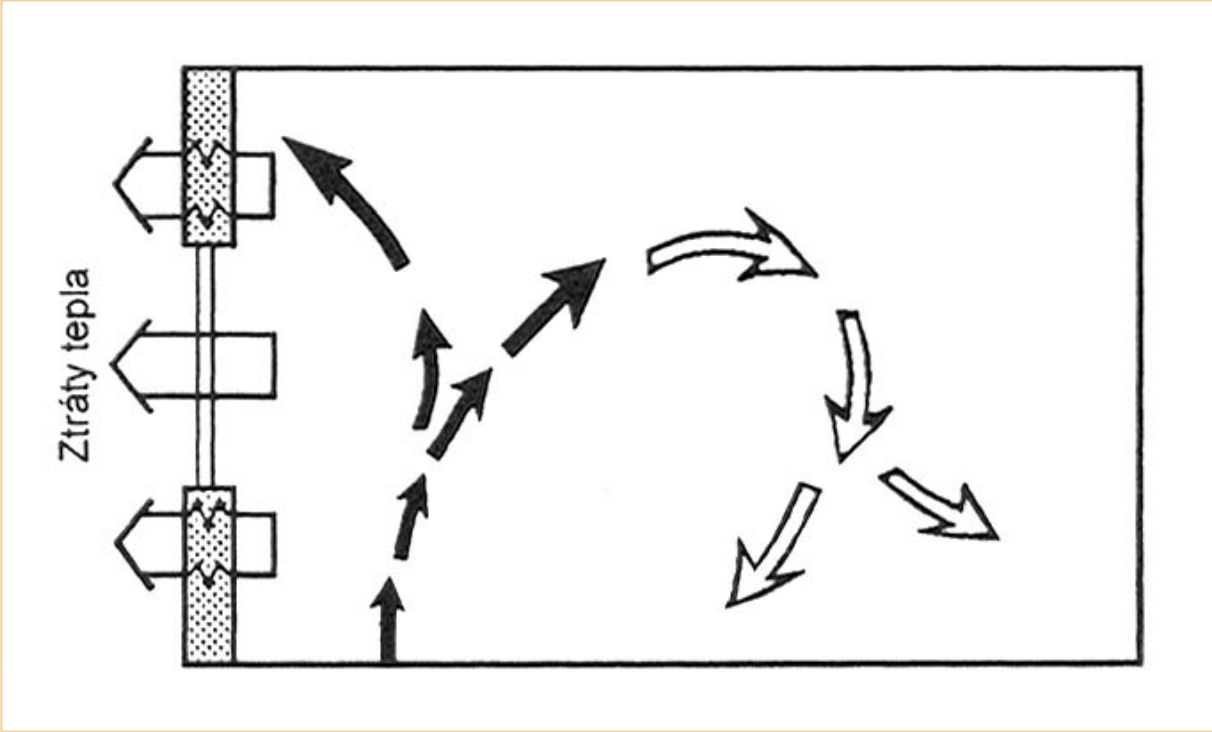
- Tento systém má charakter jako statická akumulační kamna a vzhledem k tepelné setrvačnosti akumulační vrstvy a teplotnímu omezení nášlapné vrstvy je vhodné jej doplnit vhodným přímotopným systémem, který umožní pružnou regulaci požadované teploty

Přímotopné elektrické vytápění

- Skládá se z rozvodu, z přímotopných topidel s topnými tělesy nebo elektrodami a z regulačního obvodu pro zajištění optimálního cyklu vytápění
- Podle umístění zdroje tepla a způsobu sdílení tepla můžeme elektrické přímotopné systémy rozdělit takto:
- **LOKÁLNÍ**
  - konvektory a teplovzdušná topidla
  - elektrické podlahové topné kabely
  - sálavé topné systémy
- **CENTRÁLNÍ**
  - teplovodní elektrické kotle

§ Konvekční elektrické vytápění

- § KONVEKTORY jsou elektrická topidla, která přeměňují veškerou přivedenou elektrickou energii na teplo
- § Spodní částí přichází do konvektoru studený vzduchu z horní části odchází ohřátý vzduch, kletý pak přirozenou cirkulací vyhřívá celou místnost (obr. 1.8)

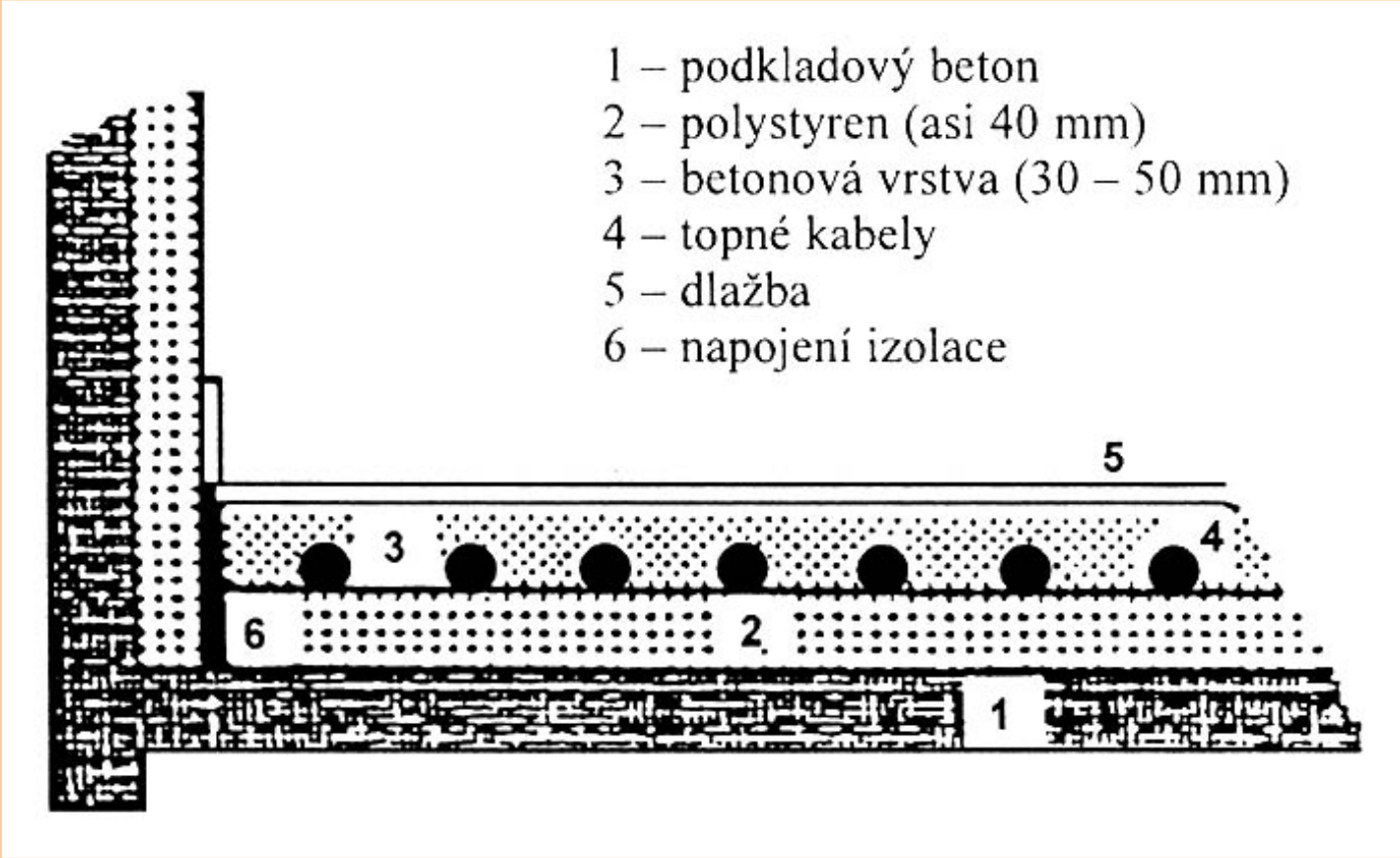


Obr. 1.8

- Konvekční topidla s přirozenou konvekcí jsou pojízdná, přenosná nebo určená k pevné instalaci na stěnu
- Jsou to buď radiátory s ohřívanou náplní, zpravidla olejovou, nebo konvektory s topným odporem
- Jde většinou o trubkové topné těleso z nerez oceli s nalisovanými hliníkovými lamelami, upravené pro tichý provoz
- Okolní vzduch se ohřívá přirozeným prouděním kolem topného tělesa
- Moderní konvektory jsou vybaveny kvalitní regulací s možností centrálního řízení jejich provozu
- Konvekční topidla s nucenou konvekcí jsou přenosné nebo nástěnné přímotopné spotřebiče, ve kterých je kolem topných odporů vzduch proháněn za pomoci ventilátoru
- K výhodám vytápění pomocí elektrických konvektorů patří:
  - rychlý ohřev místnosti s respektováním tepelných zisků (oslunění, větší počet osob apod.)
  - maximální využití el. energie pro vytápění místnosti
  - přesné dodržování požadované teploty v místnosti
  - jednoduchost
  - automatický provoz s možností časového programování

§ Podlahové vytápění topnými kabely

- § Velkoplošné podlahové systémy, zhotovené zalitím speciálních elektrických topných kabelů do betonové podlahy jsou na obr. 1.9

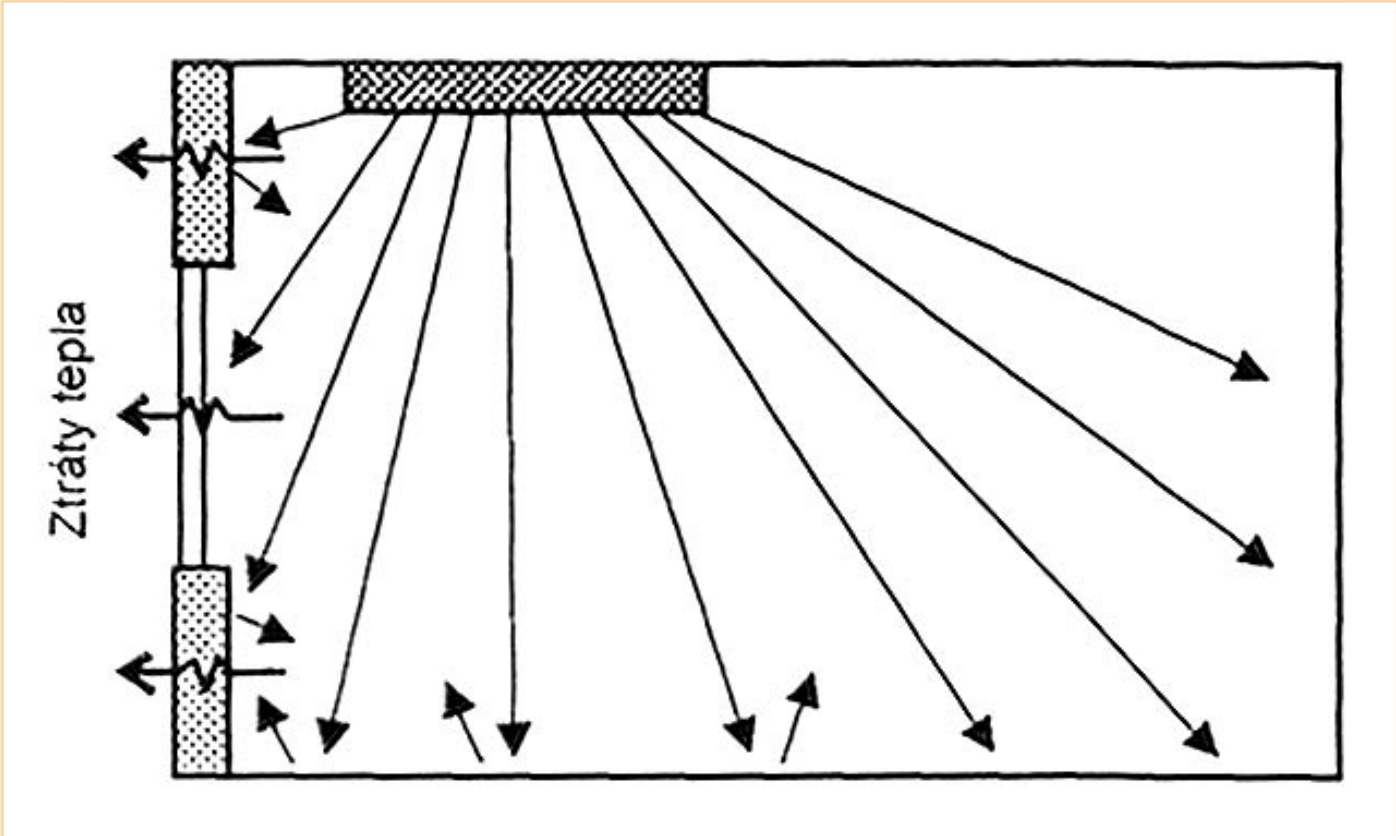


Obr. 1.9

- Jsou oblíbené především pro vysokou účinnost, rovnoměrné rozložení tepla po celé ploše, výborné využití vytápěného prostoru, poměrně snadnou realizaci a vytvoření tepelné pohody při nižší teplotě vzduchu než např. u konvektorů
- Musí se ale počítat s tím, že:
  - betonová topná podlaha má velkou setrvačnost a z toho plynoucí menší schopnost regulace a delší dobu náběhu na požadovanou teplotu v místnosti
  - teplota povrchu podlahy může dosahovat v obytném prostoru maximálně hodnot uvedených v ČSN 06 5210, prakticky to znamená, že střední povrchová teplota nemá přesáhnout 26 až 28 °C
  - ohraničení teploty povrchu podlahy limituje topný výkon, a proto je nutné u staveb s většími tepelnými ztrátami nebo v prostorách s malou využitelnou plochou podlahy (např. v koupelnách) doplnit topnou podlahu o přídavný zdroj tepla
- Topné podlahy se tepelně izolují od podkladu i od bočních stěn, teplota povrchu je hlídána elektronickým regulátorem

§ Sálavé elektrické vytápění

- § Zatímco u konvekčního vytápění je tělesem ohříván především vzduch, který předává teplo při proudění po povrchu ohřívaného předmětu, u sálavého vytápění dochází k přenosu tepla hlavně zářením (obr. 1.10)



Obr. 1.10

- Každé těleso vyzařuje do svého okolí elektromagneticko u energii
- Ze široké škály vlnových délek nás zajímají jen ty, které mohou předměty pohltit a změnit v energii tepelnou
- Sálavá topidla mohou být infračervené zářiče, jejichž topné těleso má povrchovou teplotu vyšší než 250 °C a sálání je usměrněno reflektorem ve stanoveném směru
- Nízkoteplotní sálavé vytápění se zabezpečuje sáláním povrchu ploch zahřátých na 25 až 40 °C
- Na strop a stěny se zpravidla upevňují speciální fólie nebo panely
- V takto vytápěné místnosti je nižší teplota vzduchu a vyšší relativní vlhkost než při vytápění konvekčními otopnými tělesy
- Také spotřeba energie je nižší, především z důvodu vytápění na nižší požadovanou teplotu v místnostech
- Existují však hygienická omezení způsobená schopností člověka snášet pouze určitý stupeň sálání
- Pokusy bylo zjištěno, že pohltivost lidského těla je 99 %
- To znamená vysoké využití vyzářeného tepla od předmětů
- Nejpříznivější vlnové délky pro člověka jsou v rozmezí 7,5 až 10 μm

- Zářivý tok po dopadu na předměty se sice dílem odrazí (asi 15 %), ale jeho větší část (85 %) je pohlcována předměty, na které dopadá
- Zde dochází k přeměně energie záření na energii tepelnou, předměty se zahřívají
- Od takto zahřátých předmětů se dále ohřívá vzduch
- Výhody sálavého vytápění, ať už se jedná o vytápění sálavými panely, nebo topnými fóliemi umístěnými na stropě nebo na stěnách, lze shrnout takto:
  - v případě předmětů ohřátých sálavým tokem na 20 až 22 °C je možné zajistit tepelnou pohodu při teplotách vzduchu 18 až 19 °C
  - lze docílit velice rovnoměrného rozložení teploty ve svislém profilu (rozdíl mezi podlahou a stropem 1 až 2 °C)
  - velice dobrá možnost regulace a programového řízení
  - úspora energie oproti konvekčnímu vytápění se pohybuje zhruba mezi 18 až 24 %
- Použití sálavých panelů je velmi široké
- Jsou určeny pro vytvoření tepelné pohody dílen o světlých výškách do 3,2 m, pro chov ušlechtilých zvířat, temperování skleníků apod.
- Pro vytápění bytových prostor jsou určeny panely s nižšími jmenovitými příkony

Elektrodové ohřívače (elektrodové kotle)

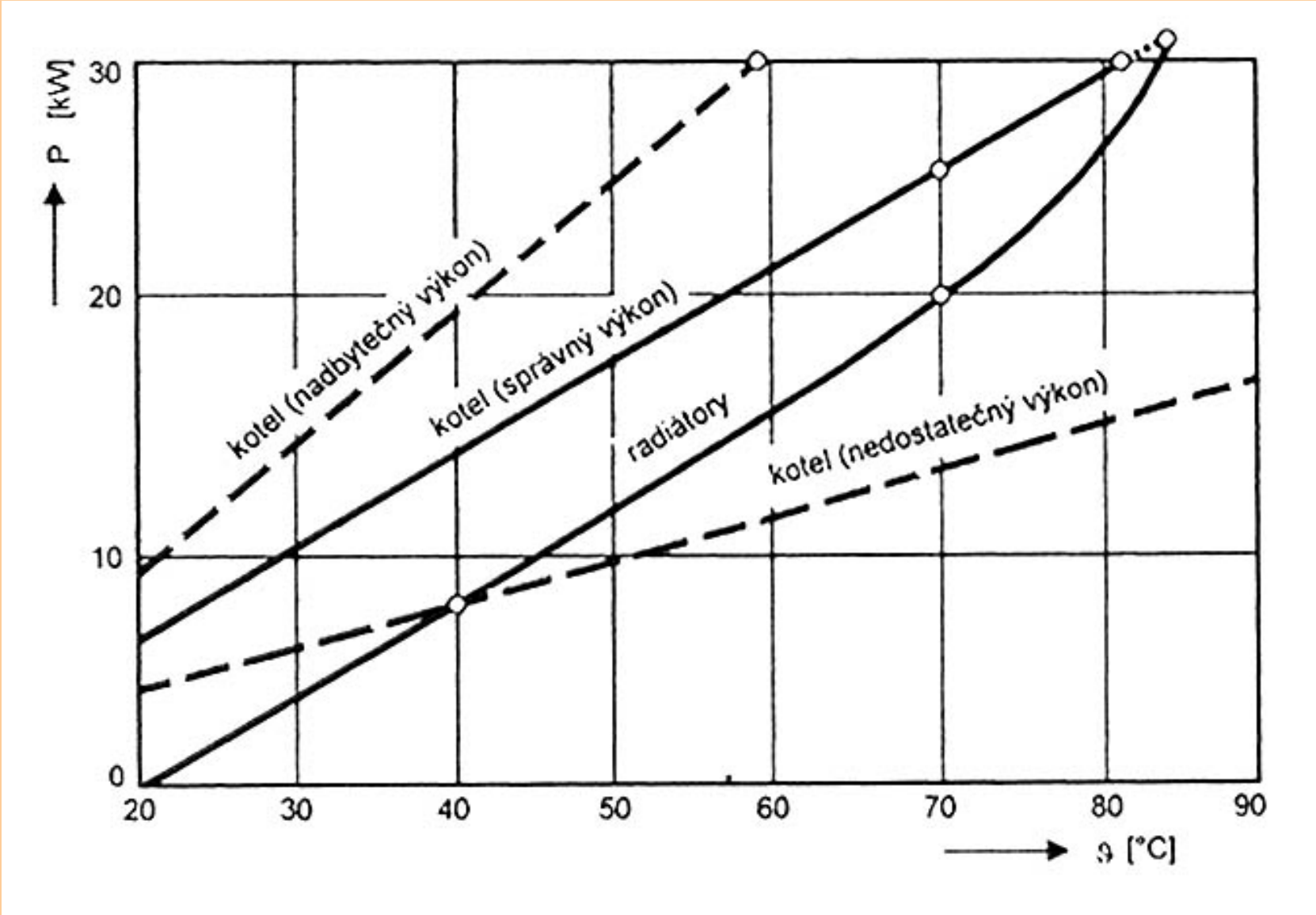
- Používá se mnoho různých konstrukcí elektrodových kotlů
- Konstruují se nejen pro napětí 230 a 400 V, ale také pro napětí vysoká, až do 35 kV
- Elektrody mohou být deskové nebo tyčové, pevné i přestavitelné trubkové
- Například ve Švédsku a Norsku se staví elektrodové kotle do příkonu až 100 MW pro trojfázovou soustavu 35 kV
- Dobře provedené elektrodové ohřevy vody jsou po všech stránkách velmi hospodárné
- Vycházejí konstrukčně malé, jednoduché, jsou bezporuchové a levné
- Kotle větších výkonů nad 300 kW v „klasické“ odporové verzi téměř nemohou konkurovat kotlům elektrodovým, jak z hledisek technologických, tak i ekonomických

- Výkon elektrodového zařízení při daném napětí, např. 400 V, lze regulovat těmito způsoby:
  - úpravou vodivosti vody
  - plochou elektrod (zakrýváním izolačními návleky, zkracováním, prodlužováním)
  - přibližováním a oddalováním elektrod
  - zasouváním izolačních přepážek mezi elektrody
  - rozdělením elektrod na skupiny, které se různě spínají a přepojují
  - mechanickým ponořováním a vynořováním elektrod
  - změnou výšky hladiny vody v kotli pomocí čerpadla při pevných elektrodách zavěšených shora
- Elektrody používané v elektrodových zařízeních malého příkonu mohou být zhotoveny z grafitu
- Elektrody používané v zařízeních velkého příkonu, mezi které můžeme počítat i elektrodové kotle určené pro vytápění místností a budov, jsou zhotovovány z kovových materiálů, především pak ze **zušlechtěných ocelí**
- Jde tedy o poměrně velice levné materiály vyráběné v tuzemsku

- K výhodám elektrodových kotlů používaných pro vytápění bytů a místností, oproti klasickým odporovým kotlům, patří:
- **Jednoduchost, levnost, trvanlivost a spolehlivost**
  - Zcela odpadají topné články z drahých dovážených topných materiálů s omezenou životností
  - Elektrody jsou levné, snadno zhotovitelné a vyměnitelné
  - Životnost dobře provedených elektrod se přibližuje životnosti celého ostatního vytápěcího zařízení
  - Známé jsou životnosti elektrod 20 a více roků
  - Elektromagnetické pole uvnitř elektrodové komory má dostatečnou intenzitu k vyvolání efektu magnetické úpravy oběhové vody, takže se nemohou tvořit na vnitřních stěnách krystalické nánosy
  - Naopak, nánosy vzniklé dřívějším provozem se v krátké době rozpustí
  - Tím se zlepší nejen průtočnost v potrubí, ale především tepelná účinnost otopných těles
- **Maximální možná energetická účinnost kotle**
  - Elektrická energie se na teplo přeměňuje přímo v ohřívané vodě

- Při nejvyšší povrchové teplotě pláště elektrodového kotle 30 °C je u kotle s příkonem 25 kW ztráta vyzářením izolací kotle cca 25 W
- To odpovídá účinnosti přeměny elektrické energie na tepelnou 99,9 %
- Ohřev je velmi dynamický

- **Možnost tzv. autoregulace ohřívacího a vytápěcího režimu**
  - Zkušenosti ukázaly, že výkon kotle pro vytápění menších a středních soustav lze výhodně nastavit a regulovat pouhou úpravou vodivosti vody
  - Využije se celá plocha elektrod, v kotli je vývin tepla velice rovnoměrný
  - Výkon kotle narůstá s teplotou, protože s teplotou narůstá i elektrická vodivost vody
  - Z toho vyplývá, že kotel pracuje při mírném počasí s výkonem např. třetinovým oproti dnům s velkými mrazy, kdy je v radiátorech mnohem teplejší voda
  - Tato skutečnost je zachycena na obr. 1.11


P [kW]
30
20
10
0
20
30
40
50
60
70
80
90
ϑ [°C]
kotel (nadbytečný výkon)
kotel (správný výkon)
radiátory
kotel (nedostatečný výkon)

Obr. 1.11

- Výkon kotle se tedy při správném nastavení přizpůsobuje vnějším klimatickým podmínkám, aniž by byla zapotřebí nějaká přístrojová regulace či obsluha
- Podobně účelově tato autoregulace kotle působí i po přestávce ve vytápění
- Protože voda v otopném systému během přestávky zchladla, zabírají ohřívače po sepnutí zcela beznárazově a s malým výkonem
- Elektrodová zařízení mají vždy při zapnutí menší proud, než je jejich proud ustálený

- **Jeden typ kotle lze nastavit na různé výkony**
  - Úpravou vodivosti vody lze jeden typ kotle nastavit plynule na jakýkoliv žádaný výkon
  - Tak lze snadno, bez jakéhokoliv zásahu do ohřívače, nastavit jeho výkon např. od 5 do 30 kW
  - Obvykle se tento výkon nastavuje pro maximální teplotu vody, např. 70 °C, potřebnou v radiátorech při největších mrazech
  - Vodivost elektrolytů, v našem případě vody, způsobují přísady, které v něm vytvářejí ionty

4. Problematika automatické regulace vytápění

- Účelem automatické regulace je udržet samočinně, bez lidského zásahu, na žádané hodnotě fyzikální veličinu, která podléhá změnám
- Při vytápění místností je touto veličinou zpravidla vnitřní teplota v místnosti
- Udržení veličiny na požadované hodnotě lze dosáhnout takto:
  - Změřením skutečné hodnoty regulované veličiny (v našem případě teploty)
  - Porovnáním změřené skutečné hodnoty s požadovanou (nastavenou) hodnotou
  - Působením na regulovanou veličinu (teplotu nebo průtok vody) v zájmu zmenšení zjištěného rozdílu
- Pro návrh regulačního zařízení je nutno znát:
  - Požadavky uživatele
  - Základní vlastnosti stavební konstrukce a otopné soustavy
  - Platné předpisy

- Požadavky uživatele bytu se obecně vyjadřují hodnotou vnitřní teploty požadovanou v celém domku nebo bytě, popř. v jeho části nebo v jednotlivých místnostech, jejichž způsob užívání je znám
- K základním vlastnostem budovy patří znalost velikostí tepelných ztrát vyjádřených tepelnou charakteristikou budovy a znalost akumulačních vlastností konstrukce
- Podle tepelných ztrát objektu se volí druh otopné soustavy
- Akumulační vlastnosti ovlivní návrh otopné soustavy s ohledem na výběr regulačního zařízení tak, aby řízení teploty bylo stabilní a přesné
- Vlastnosti otopné soustavy umožňují specifikovat:
  - Potřebný tepelný výkon otopné plochy pro krytí tepelných ztrát
  - Dobu reakce otopné soustavy při změně vnitřní teploty, umožňující výběr regulačního zařízení

- Vybrané doby reakce otopné soustavy:
  - litinové těleso **20 min až 1 hodina**
  - ocelové těleso **10 min až 20 min**
  - konvektor **5 min až 10 min**
  - velkoplošná podlahová otopná plocha **2 až 5 hodin**
- Ve všech otopných soustavách, s výjimkou velkoplošného vytápění, lze využít regulaci podle teplotu vnitřního vzduchu
- V některých případech se výkon vytápěcí soustavy řídí podle venkovní teploty
- Regulace probíhá podle předem stanovené závislosti výkonu na venkovní teplotě a není řízena hodnotou vnitřní teploty
- Proto by regulace podle venkovní teploty měla být doplněna regulací podle vnitřní teploty

Regulační obvody

- Regulační zařízení se skládá z těchto částí:
  - Snímač (čidlo), který měří skutečnou hodnotu regulované veličiny, zpravidla teplotu, a přeměňuje ji na takovou fyzikální veličinu (elektrický proud nebo napětí), která se v regulátoru lehce a pohodlně zpracovává
  - Regulátor, ve kterém se porovnává skutečná hodnota upravované veličiny (teploty) s požadovanou nastavenou hodnotou, může být vestaven do regulační části nebo snímače
  - Regulační část, která uskutečňuje regulaci (např. směšovací ventil s elektrickým pohonem nebo stykač odpínající elektrický topný spotřebič od sítě)
- Existuje několik základních typů regulačních obvodů:
- **Uzavřený regulační obvod**
  - V regulačním obvodu se vyskytují tři základní proměnné veličiny: regulovaná, řídicí a poruchová
  - Regulovaná veličina je vnitřní teplota
  - Poruchové veličiny ovlivňují regulovanou veličinu (tepelné ztráty, tepelné zisky, vítr)

- Regulátor vyhodnocuje skutečnou hodnotu regulované veličiny (žádané hodnoty) a hodnotu řídicí veličiny
- Vzniklá regulační odchylka se zpracuje v regulátoru, který vyšle signál ovládající regulační orgán
- Změna výkonu tělesa se projeví změnou vnitřní teploty vzduchu a čidlo zaregistruje změněnou teplotní hodnotu
- Okruh je uzavřen

- **Uzavřený regulační obvod se zpětnou vazbou**
  - Přidaná zpětná vazba umožňuje předvídat odpověď, a tím zrychlit působení regulace
  - Snímá se např. teplota přívodní otopné vody (pomocná hodnota) a zavede se do regulátoru
  - Tento regulační obvod se zpětnou vazbou se uplatní při individuální regulaci teploty vnitřního vzduchu
  - Pro byty se používají jednoduché a levné způsoby řízení vnitřní teploty prostorovým termostatem se zpětnou vazbou

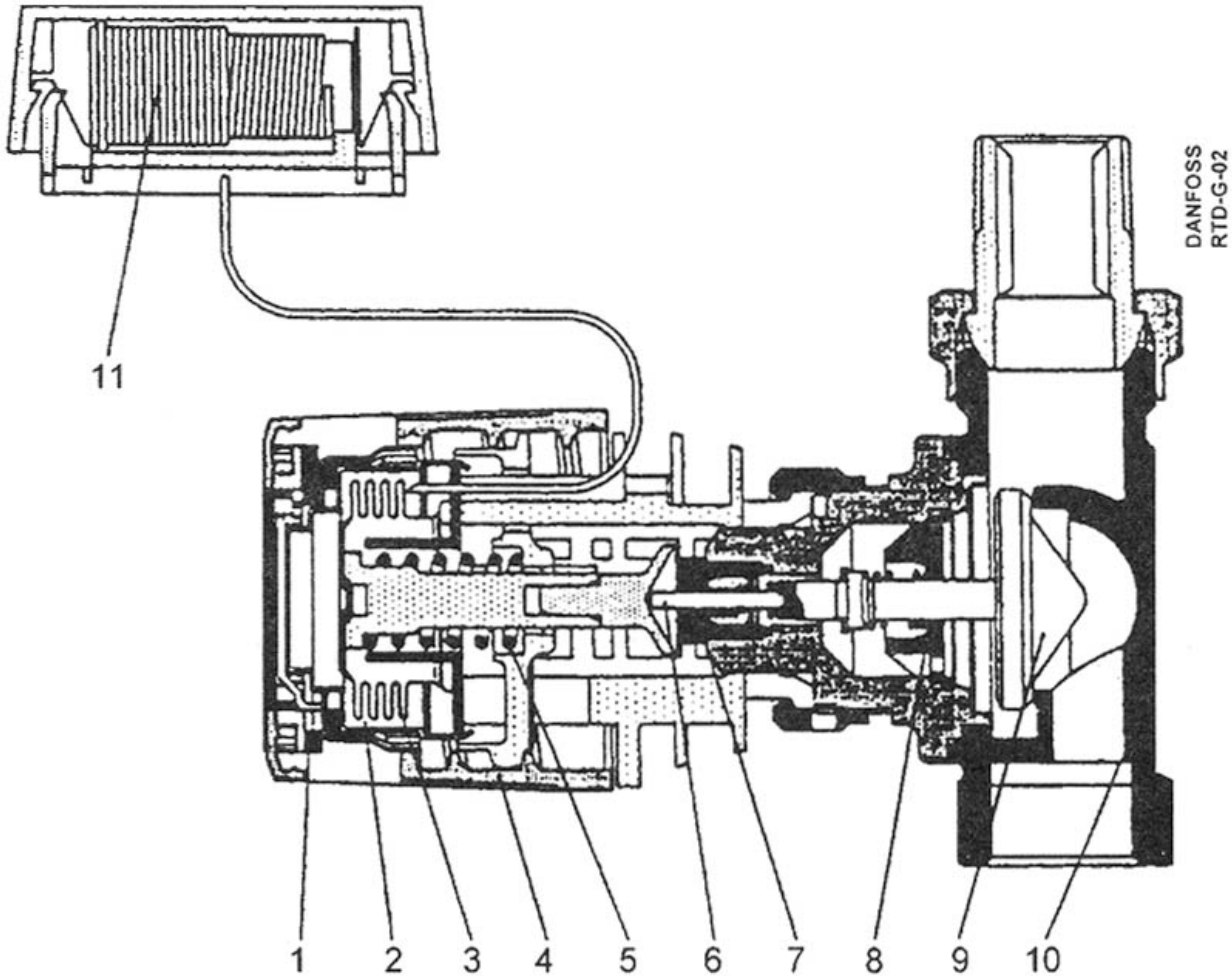
- **Otevřený regulační obvod**
  - Využívá se především u ústředního vytápění, známe-li dostatečně reakce regulovaného obvodu na změny venkovní teploty, která je hlavní poruchovou veličinou
  - Pomocnou veličinou je teplota otopné vody
  - Jde tedy o obvod, který se používá při regulaci podle venkovní teploty
  - Toto zjednodušení regulačního pochodu je podmíněno znalostí závislosti venkovní teploty a teploty otopné vody pro danou vnitřní teplotu v místnostech budovy
  - Obvod se používá při ústřední regulaci více místností v jedné budově
  - Změna každé poruchové veličiny (teplota, vítr, oslunění) je snímána čidlem a získaná informace je předána regulátoru
  - Regulátor řídí regulační část podle nastavených závislostí poruchových veličin na regulované veličině
  - Celý regulační pochod probíhá podle zjištěných závislostí nastavených v regulátoru a přesnost i stabilita regulace závisí na tom, jak přesně byly závislosti stanoveny a nastaveny

Regulační prvky

- Každé regulační zařízení plní jen část obecných požadavků, a to podle toho, jakými náklady může být pořízeno a jak jsou dostupné jednotlivé prvky regulačního obvodu
- V několika dalších kapitolách se budeme zabývat regulačními prvky, které lze využít k regulaci elektrických otopných systémů, ať už se jedná o systémy lokální, nebo centrální

Termostatické ventily

- Termostatický ventil je přímý regulátor, který plynule řídí vydávané množství tepla otopným tělesem do vytápěné místnosti podle požadované vnitřní teploty místnosti
- Plynulá regulace probíhá změnou množství vody protékající otopným tělesem
- Termostatický ventil se skládá ze dvou částí:
  - Z ventilu s vhodně tvarovanou kuželkou, s tzv. druhou regulací pro nastavení trvalého průtoku
  - Z termostatického regulátoru, hlavice
- Regulátor se skládá z termočlánku s tepelně roztažnou náplní nebo s prvkem z pryže, popř. jiné vhodné látky
- Tepelně roztažný prvek působí silou úměrnou okamžité vnitřní teplotě vzduchu prostřednictvím ovládacího kolíku na ventilovou kuželku
- Požadovaná teplota se nastavuje otočným krytem pomocí regulačního šroubu a pružiny
- Regulátor je s ventilem spojen spojovací paticí (obr. 1.13)



1 – omezovací kroužky
2 – termostatické čidlo
3 – vlnovec
4 – nastavovací stupnice
5 – pružina
6 – tlačný trn
7 – O-kroužek
8 – vedení kuželky
9 – kuželka ventilu
10 – těleso ventilu
11 – oddělené (externí) čidlo

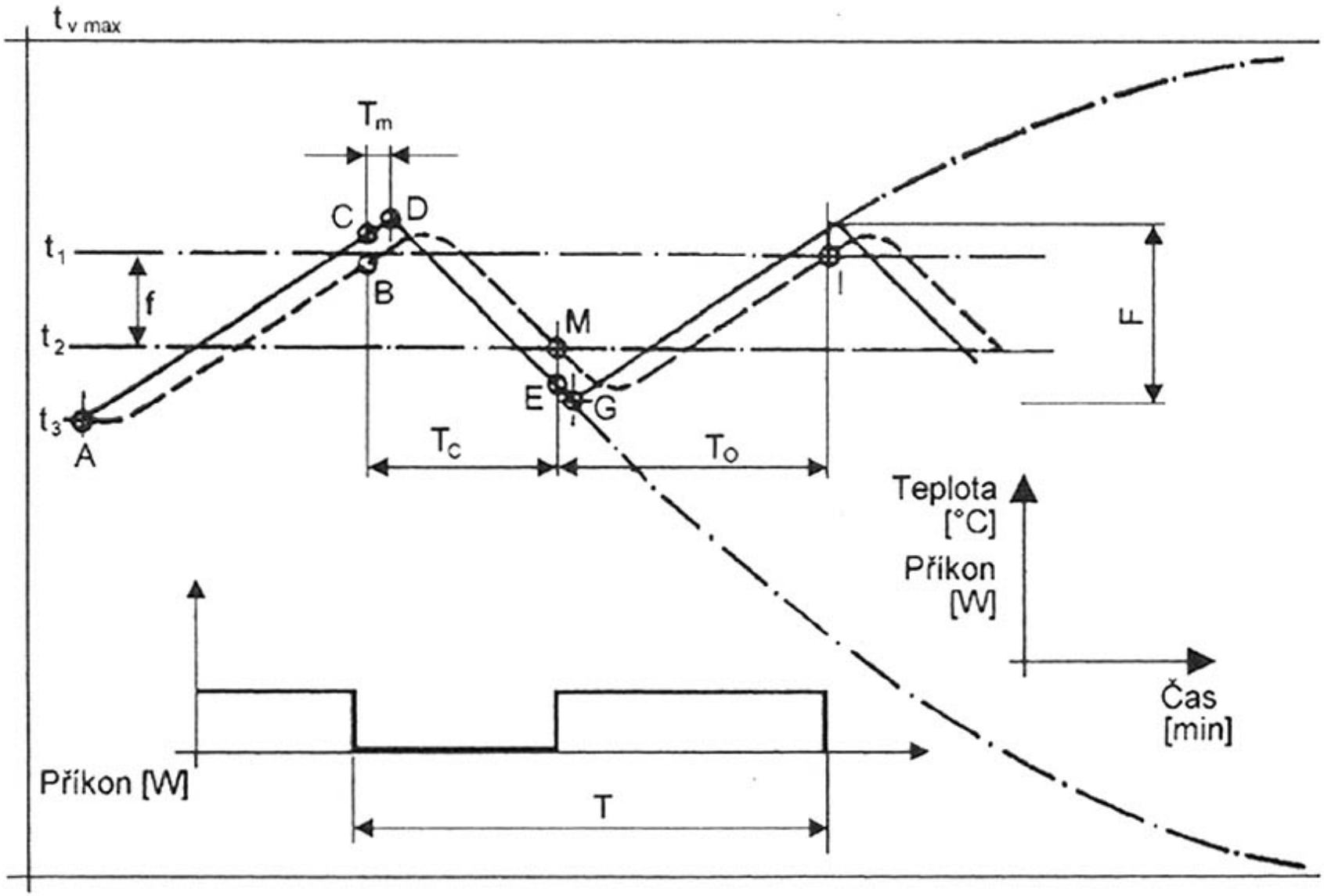
Obr. 1.13

- Čidlo termostatického regulátoru tvoří s ventilem kompaktní celek nebo se umisťuje odděleně ve vzdálenosti nejvíce 2,5 m od tělesa s ventilem
- Teplotní čidlo je s pohonem ventilu spojeno kapilárou z mědi
- Umístění čidla regulátoru ovlivní objektivní zachycení skutečné vnitřní teploty vzduchu v místnosti
- Čidlo nesmí být vystaveno těmto vlivům:
  - Teplu od místních zdrojů, např. televize, různých domácích spotřebičů, otopných těles apod.
  - Nemělo by se osazovat v koutech, v proudu vzduchu, na osluněném místě atd.
- Regulační schopnost záleží na správné velikostí termostatického ventilu
- Aby se dosáhlo požadované regulační činnosti soustavy, je nezbytné seřídit celou otopnou soustavu tak, aby byla hydraulicky stabilní

- Znamená to, že při jakékoliv venkovní teplotě se dodá do místnosti pouze tolik tepla, kolik je ho třeba k udržení vnitřní teploty vzduchu
- Současný sortiment ventilů na našem trhu umožňuje takovéto soustavy navrhovat
- Instalace termostatických ventilů umožňuje zajistit zlepšení tepelné pohody v obytných místnostech a úsporou paliva 5 až 15 % zabezpečí snížení nákladů na otop, což je v současné době jeden z hlavních ukazatelů, který mluví jednoznačně ve prospěch používání termostatických ventilů

Prostorové termostaty

- Jde o regulační zařízení, které se skládá z čidla, porovnávacího členu a regulátoru
- Čidlo termostatu umístěného ve vytápěné místnosti snímá teplotu a porovnává ji s žádanou hodnotou nastavenou na termostatu
- Prostorový termostat je často zabudován přímo v tělesech lokálních přímotopných systémů, konvektorů apod., nebo může vhodně doplňovat teplovodní otopný systém s připojeným elektrokotlem
- Průběh činnosti termostatu je dobře patrný z obr. 1.14


t v max
Tm
C
D
t1
f
B
t2
M
E
G
t3
A
Tc
To
F
Teplota
[°C]
Příkon
[W]
Čas
[min]
Příkon [W]
T

Obr. 1.14

- Zapíná a vypíná se nikoli pro stejnou vnitřní teplotu t_i, ale pro různé teploty
- Rozdíl teplot vypnutí a sepnutí $t_1 – t_2$ se nazývá statická odchylka f
- Tato veličina charakterizuje termostat a je mírou jeho setrvačnosti
- Otopná soustava se zapojí při obecné teplotě t_3 (bod A nižší než žádaná teplota), vytápí místnost do teploty t_1, při které termostat odpojí otopnou soustavu (bod B)
- Teplota v místnosti je o něco vyšší (bod C) a roste dále v důsledku setrvačnosti otopné soustavy na teplotu bodu D
- Je-li vytápěcí zařízení odpojeno, místnost se ochlazuje podle exponenciální křivky, jejíž asymptotou je venkovní teplota t_e
- Při teplotě t_2 (v bodě M) je termostat sepnut a zapojí se otopná soustava
- Vzhledem k setrvačnosti soustavy teplota ještě o nějakou hodnotu poklesne (až do bodu G)

- Interval mezi body B a M, kdy dochází k ochlazování místnosti, je doba chladnutí místnosti T_c, interval mezi body E a I, ve kterém je místnost temperována na požadovanou teplotu, je doba vytápění místnosti T_o
- Celý průběh se cyklicky opakuje s periodou:

$$T = T_c + T_o \ (K) \qquad (1.32)$$

- Doba trvání cyklu T se mění v závislosti na velikostí výkonu
- Rozsah změn teploty vzduchu v místnosti během regulačního pochodu vyjadřuje dynamická odchylka F
- Je vždy větší než statická odchylka f
- Pro snížení dynamické odchylky a časové periody se zavádí zpětná vazba přidáním odporu, který ovlivňuje čidlo
- Zrychlující odpor ohřívá čidlo při sepnutí, a tím urychluje rozepnutí, kompenzační odpor zahřívá čidlo při rozpojení a zpožďuje sepnutí termostatu

- Řešení s těmito dvěma odpory přináší přesnou regulaci
- Zkracování periody však na druhé straně zvyšuje opotřebení termostatů a snižuje jejich životnost
- Prostorové termostaty můžeme rozdělit na:
  - klasické, bez možnosti časového spínání
  - programovatelné, kde je možné časově naprogramovat režim vytápění

- **Klasické**
  - Nejvíce využívaným klasickým prostorovým termostatem, který je vyráběn v České republice, je termostat REGO
  - Bimetalové čidlo termostatu ovládá mžikový spínač
  - Při dosažení žádané teploty se rozpojí kontakty a při poklesu vnitřní teploty na spodní hranici nastavené teploty se sepnou
  - Požadovaná teplota se nastaví regulačním kotoučkem v rozsahu 5 až 25 °C
  - Noční pokles teploty snižuje nastavenou teplotu vnitřního vzduchu o 3 až 5 °C

- Použije se v noci nebo v době nepřítomnosti uživatele v průběhu dne
- Pokles teploty se zapojí ručně přepínačem
- Amplituda a průměrná hodnota vnitřní teploty nezávisí jen na vlastnostech termostatu, ale i na jeho umístění v místnosti
- Je třeba ho upevnit ve výšce 1,4 až 1,6 m nad podlahou na vnitřní stěně tzv. referenční místnosti
- Je to místnost vystavená průměrným venkovním podmínkám, neovlivňovaná ani nadměrnými tepelnými zisky, ani nadměrnými tepelnými ztrátami
- Za referenční místnost se nevolí vstupní místnosti, kuchyně, příliš prosklené místnosti a místnosti nadměrně osluněné

- **Programovatelné**
  - Programovatelné prostorové termostaty mají zajistit možnost automatické regulace otopného systému v závislosti na počasí a čase
  - V některých částech dne není zapotřebí vytápět místnosti na tak vysokou teplotu, neboť člověk se v nich nenachází - je v práci apod.
  - Programování těchto regulačních prvků by mělo být jednoduché a nastavení požadovaného režimu přesné

- Základní principy, funkce a možnosti programování prostorových termostatů různých výrobců jsou přibližně stejné, a proto si je demonstrujme na 2 u nás asi nejhojněji používaných programovatelných prostorových termostatech CHRONOGYR REV 10 a 21 (jde o zahraniční výrobky)
- Programovatelný pokojový digitální termostatický regulátor reguluje celkové množství dodávané tepelné energie v závislosti na teplotě místnosti, ve které je umístěn

Ekvitermní regulátory

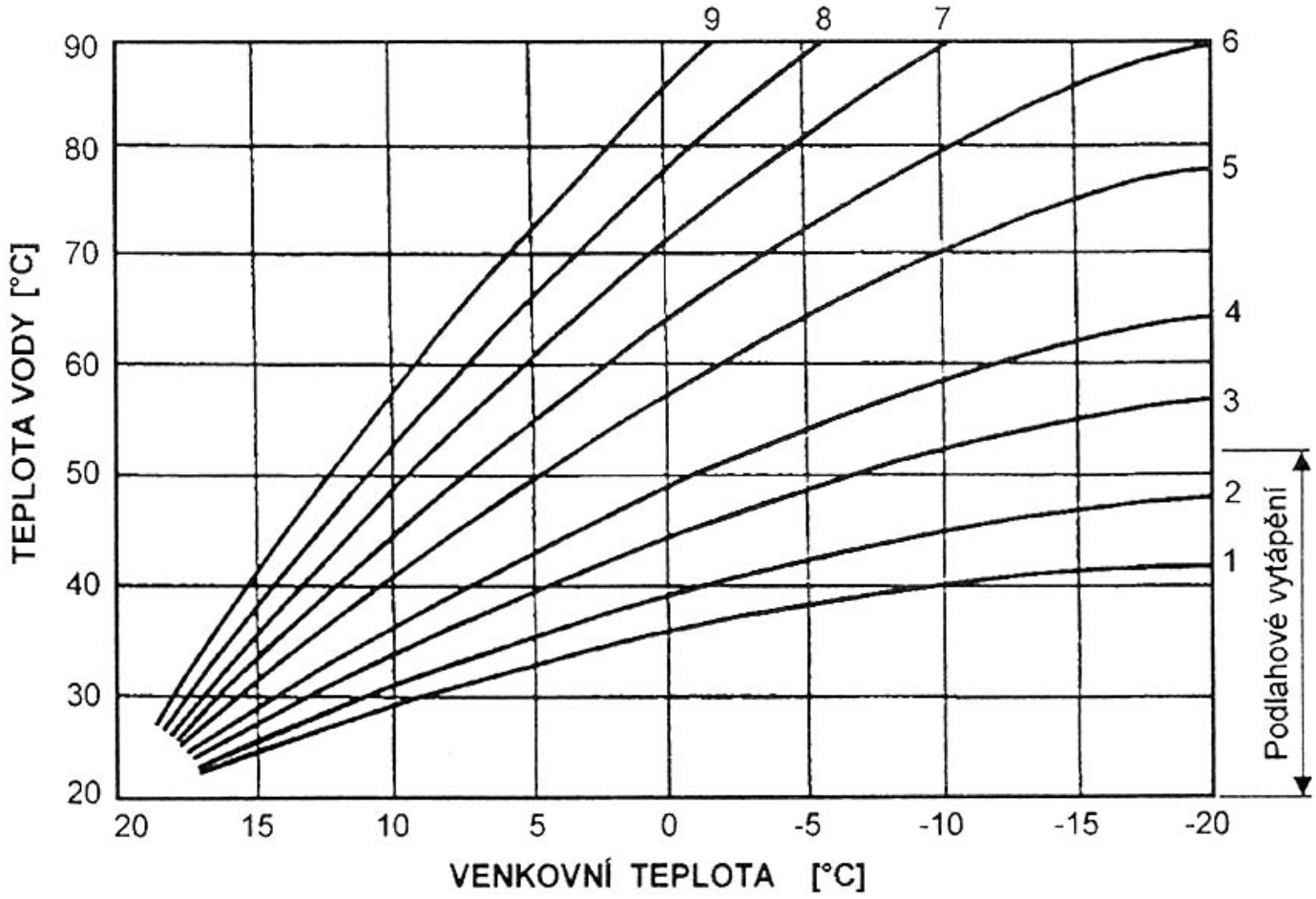
- Nejvhodnější pro teplovodní radiátorové otopné systémy se jeví možnost tzv. ekvitermní regulace, což je v podstatě řízení optimálního provozu otopného systému v závislosti na venkovní teplotě
- Jedná se o regulátory pracující v otevřeném regulačním obvodu
- Venkovní čidlo snímá změny venkovní teploty a čidlo umístěné v otopném systému snímá teplotu topného média
- V paměti centrální řídicí jednotky jsou uloženy křivky závislosti teploty topného média na venkovní teplotě
- Podle hodnoty zjištěné venkovním čidlem je pak zdroj tepla řízen tak, aby zajistil podle příslušné nastavené křivky požadovanou teplotu topného média
- Jestliže bude tedy teplota vnějšího vzduchu růst, potřeba dodávky tepla do místností bude klesat, což se zajistí nižší teplotou otopného média

- Možnosti ekvitermního regulačního systému si ozřejmíme na výrobku KOMEXTHERM RVT HD (HT)
- Jedná se o elektronický regulátor s proporcionálně integrační (PI) funkcí, která zabezpečuje velkou přesnost
- Moderní konstrukce s integrovanými obvody zaručuje spolehlivost
- Pomocí vestavěných přesných spínacích hodin Quartz, s rezervou chodu pro případ výpadku sítě (48 hodin), je zajištěno časové programování ústředního vytápění
- Lze zvolit:
  - Úsporný program č. 1 - plné vytápění nebo vytápění odstaveno
  - Program č. 2 - plné vytápění nebo tlumený provoz
- Regulátory KOMEXTHERM se dodávají se spínacími hodinami ve dvojím provedení:
  - **S denními spínacími hodinami HD** - během 24 hodin lze nastavit 4x žádanou vyšší teplotu a 4 x tlumený provoz nebo vytápění odstaveno (minimální interval nastavení - 15 minut)

- Spínací hodiny HD jsou vhodné pro jemnější možnost nastavení pro rodinné domky, obytné domy, ubytovny, hotely apod.
- **S týdenními spínacími hodinami HT** - lze na nich nastavit program vytápění na celý týden, různý pro jednotlivé dny
- Během 24 hodin lze nastavit pouze 1 x vyšší žádanou teplotu a 1 x tlumený provoz nebo vytápění odstaveno
- Minimální interval nastavení je 1 hodina
- Tento typ je vhodný pro školky, různé provozní a správní budovy, kde ve dnech pracovního klidu je možno nastavit tlumený provoz nebo vytápění odstavit

- Regulační obvod celého systému tvoří venkovní čidlo, regulátor Komextherm RVT a regulační orgán - trojcestný směšovač
- Regulátor dále řídí provoz servopohonu směšovače a oběhového čerpadla
- Venkovní čidlo se skládá z polovodičového termistoru, jehož odpor se mění se změnou venkovní teploty, z bílé protisluneční clony a přípojného kabelu
- Čidlo se montuje na severní nebo severozápadní stranu budovy

- Osazuje se ve výšce 3 až 10 m
- Zpětná vazba je zabezpečena snímáním teploty otopné vody termistorovým čidlem
- Regulátor umožňuje dále nastavit různé funkce, jako je den, noc a program
- Vlastní provoz řízený regulátorem se nastavuje podle regulačních křivek regulátoru, které jsou očíslovány a vyznačeny na krytu regulátoru
- Jde o již zmíněnou závislost teploty otopné vody na venkovní teplotě (obr. 1.15)


9
8
7
6
5
4
3
2
1
90
80
70
60
50
40
30
20
TEPLOTA VODY [°C]
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
VENKOVNÍ TEPLOTA [°C]
Podlahové vytápění

Obr. 1.15

Srovnání možných metod automatické regulace

- Alternativních způsobů řešení automatické regulace vytápění je mnoho
- Vhodná kombinace jednotlivých regulačních prvků v systému umožňuje vysoký komfort obsluhy topného systému a především správným programováním vytápěcího cyklu vytápěných prostor lze dosáhnout vysoké efektivity provozu, a tím i úspory energie, což má značný ekonomický význam
- Jako velice perspektivní se jeví využívání termostatických ventilů na tělesech ústředního vytápění
- Toto zařízení umožňuje zlepšení tepelné pohody v obytných místnostech a úsporu paliva 5 až 10 %
- Při použití kombinace termostatických ventilů s prostorovým termostatem lze dosáhnout teoreticky ještě větších úspor

- Tato kombinace se ukazuje velice výhodná pro vytápění vícepodlažních rodinných domků, kde např. při dvou podlažích je vhodné umístit do jednoho patra termostatické ventily a do dalšího patra (do místnosti, kde chceme mít nejvyšší teplotu) prostorový termostat
- Na radiátorech pak v tomto patře postačí instalace obyčejných ventilů
- Velice vhodné je využití některého z programovatelných regulačních prvků, prostorových termostatů, případně vhodné kombinace klasického prostorového termostatu se spínacími hodinami
- Možnost úspory energie je založena na tom, že lze vícekrát za 24 hodin měnit teplotu vytápěných místností, a tím měnit i spotřebu elektrické energie v důsledku snížení doby provozu otopného systému jeho odpínáním nebo v případě elektrokotelny vybavené elektrodovým kotlem snížením požadovaného příkonu
- Využití systému „individual room control“ může vést k 15 až 20% snížení tepelných ztrát budov, a tím rovněž ke značnému snížení nákladů vynaložených na otop

6. Připojování elektrotepelných spotřebičů k distribuční síti nízkého napětí

Podmínky pro připojování elektrotepelných spotřebičů dané rozvodnými podniky

Základní podmínky připojení elektrotepelných spotřebičů

- Z hlediska funkce lze elektrotepelné spotřebiče rozdělit do čtyř kategorií:
  - akumulační elektrické vytápění
  - přímotopné elektrické vytápění
  - smíšené (hybridní) elektrické vytápění
  - elektrický ohřev teplé užitkové vody
- Při připojení jednotlivých elektrotepelných spotřebičů doporučují rozvodné podniky vycházet z měrných příkonů pro vytápěné prostory při použití akumulačního nebo přímotopného způsobu vytápění uvedených v následující tabulce

Vytápěný prostor (m^3)	***Akumulační systémy*** ($W.m^{-3}$)	***Přímotopné systémy*** ($W.m^{-3}$)
do 100	115	45
101 - 500	110	32
501 - 1 000	90	25
1 001 - 2 000	80	22
2 001 - 5 000	65	20
S 001 - 10 000	55	16
nad 10 001	45	15

- Hodnoty uvedené v tabulce jsou pro venkovní teploty t_i = -15 °C a pro vnitřní teplotu vytápěných místností t_e = +20 °C
- Při odlišných hodnotách je nutné hodnoty měrných příkonů násobit korekčním činitelem x, pro který platí vztah:

$$x = \frac{t_i - t_e}{35} \qquad (1.36)$$

- Podmínky pro připojení elektrotepelných spotřebičů jsou dány příslušným rozvodným závodem
- Obecně platí podmínka, že připojení každého elektrického spotřebiče s příkonem 10 kW a vyšším a připojení elektrotepelných spotřebičů, pokud jejich souhrnný příkon včetně spotřebičů již připojených překročí hodnotu 5 kW, by měl schválit příslušný rozvodný závod s ohledem na výkonovou propustnost elektrické distribuční sítě v místě napojení

- Další podmínky pro připojení elektrotepelných spotřebičů jsou svázány s příslušnými tarifními sazbami

Jištění elektrotepelných spotřebičů

- Stálé platby některých sazeb bývají odvozeny podle hodnoty zaplombovaného hlavního jističe
- Tím je limitován maximální celkový proud odběrného místa
- Další jištění obvodů odběrného místa musí zajistit ochranu jednotlivých vedení a ochranu připojených spotřebičů
- Většina elektrotepelných spotřebičů má vlastní jištění proti nadproudu
- Protože elektrické obvody pro elektrotepelné spotřebiče jsou samostatné z důvodu blokování a ovládání, je jejich systém jištění závislý na příkonu elektrotepelných spotřebičů a také na příslušných vodičích (ty jsou ovšem rovněž dimenzovány podle příkonu elektrotepelných spotřebičů)
- Obecně se musí provádět jištění proti nadproudům a proti zkratovým proudům
- Aby byly obvody chráněny před nadproudy, musí jištění vyhovovat ČSN 33 2000-4-43

Měření spotřeby elektrické energie

- **Měřicí zařízení**
  - Měřicí zařízení musí být osazeno na elektroměrových deskách nebo v elektroměrových rozváděčích
  - Umístění měřicího zařízení závisí na charakteru daného objektu
  - Měření by mělo, pokud to podmínky dovolují, být kdykoliv přístupné pracovníkům rozvodného závodu
  - Na elektroměrových rozváděčích mohou být namontovány jen elektroměry, sazbový spínač (sazbové hodiny nebo přijímač HDO), jistič před elektroměrem, jistící zařízení obvodu sazbového spínače, ovládací relé nebo stykače, nulová svorkovnice, popř. další příslušenství, které slouží výhradně pro účely měření
  - Rozváděče musí být v provedení, které vyhovuje prostředí, v němž jsou umístěny
  - Rozváděče s dveřmi, po jejichž otevření nejsou přístupné živé části, musí mít po uzavření dveří krytí alespoň IP 30, po otevření dveří krytí alespoň IP 20

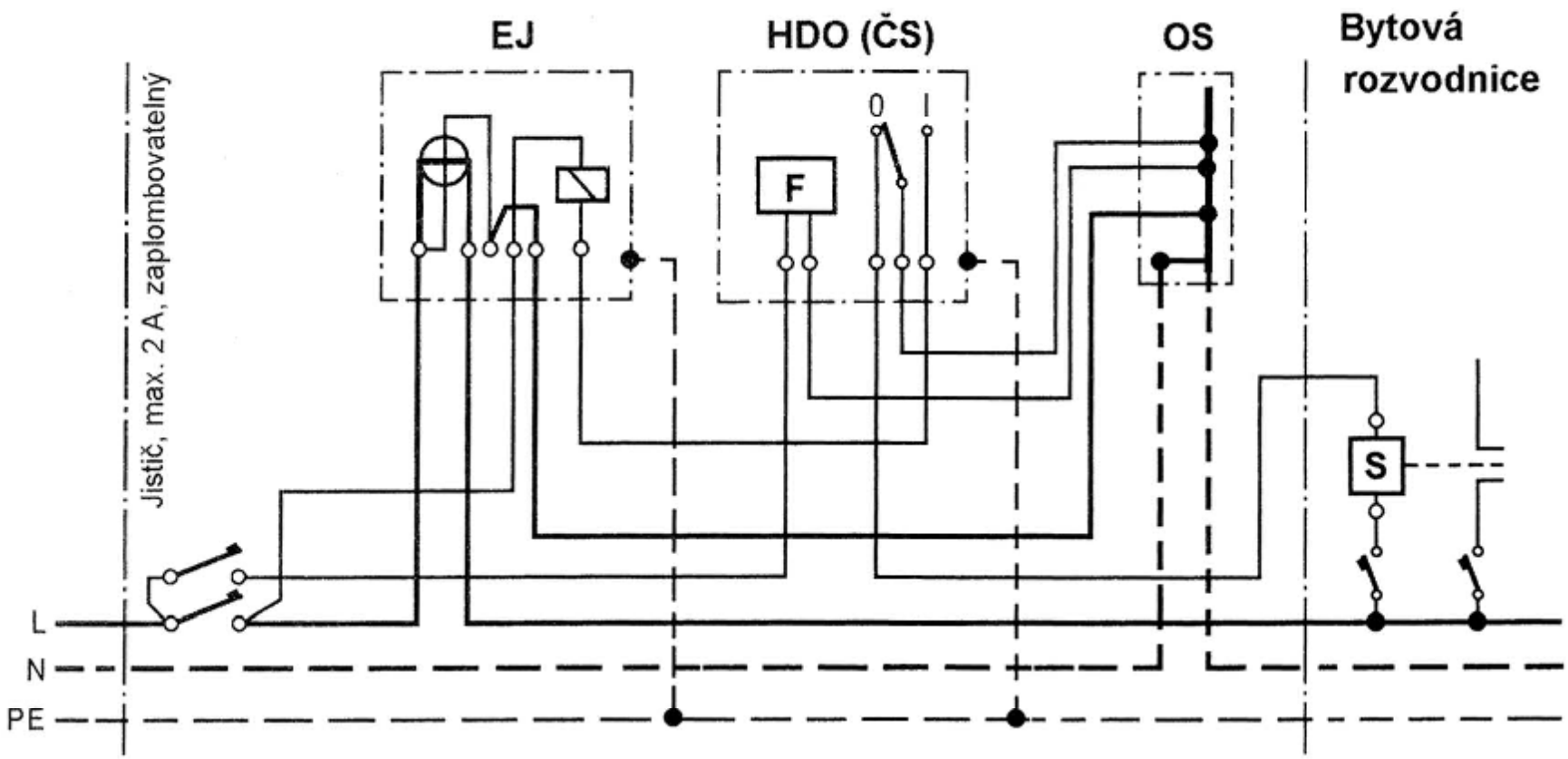
- Vnitřní uspořádání elektroměrových rozváděčů musí být uspořádáno tak, aby živé části neměřeného rozvodu byly odděleny od prostoru pro elektroměry a sazbové spínače
- Před elektroměr se musí osadit jistič se stejným počtem pólů, jako má elektroměr fází
- Jistič se dimenzuje tak, aby neomezoval příkon instalovaných spotřebičů odběrného místa
- Výjimku tvoří případy, kdy si omezení vyžaduje provoz elektrické distribuční sítě nebo je-li proudová hodnota jističe součástí sjednaného tarifu
- Elektroměrové desky, popř. rozváděče, musí být provedeny pro montáž měřidel a pomocných přístrojů s třídou ochrany I
- V případě, že je rozváděč osazen zařízením v provedení II. třídy izolace, se ochranný vodič nezapojí a zasune se za desku
- Elektroměry pro přímé měření se osazují pouze do hodnoty 80 A
- Pro měření nad 80 A je nutné použít měřicí transformátory proudu s převodem XX/5 A, které musí být třídy přesnosti 0,5 a jmenovité zátěže 15 VA

- Pomocná relé pro ovládání stykačů ohřevu teplé užitkové vody a vytápění musí být v oceloplechovém rozváděči nainstalována do prostoru hlavních jističů
- Pomocná relé pro ovládání stykačů ohřevu teplé užitkové vody a vytápění nemusí být použita, je-li elektroměrový rozváděč ve společné skříni s bytovou rozvodnicí, je-li osazen jedním dvousazbovým elektroměrem nebo má-li instalované elektrické vytápění maximální příkon 15 kW

- **Plombovatelná místa**
  - Protože provoz elektrotepelných spotřebičů vyžaduje dodržování podmínek, které jsou uvedeny v předchozí kapitole, je nutné některé části měřicího zařízení plombovat rozvodným závodem
  - Tím se zabrání tzv. černým odběrům a jiným provozům elektrotepelných zařízení, které by měly za důsledek poškození dodavatele elektrické energie
  - K plombování musí být upraveny tyto části:
    - jistič před elektroměrem
    - jistič pro sazbový spínač (spínací hodiny nebo přijímač HDO) v zapnutém stavu

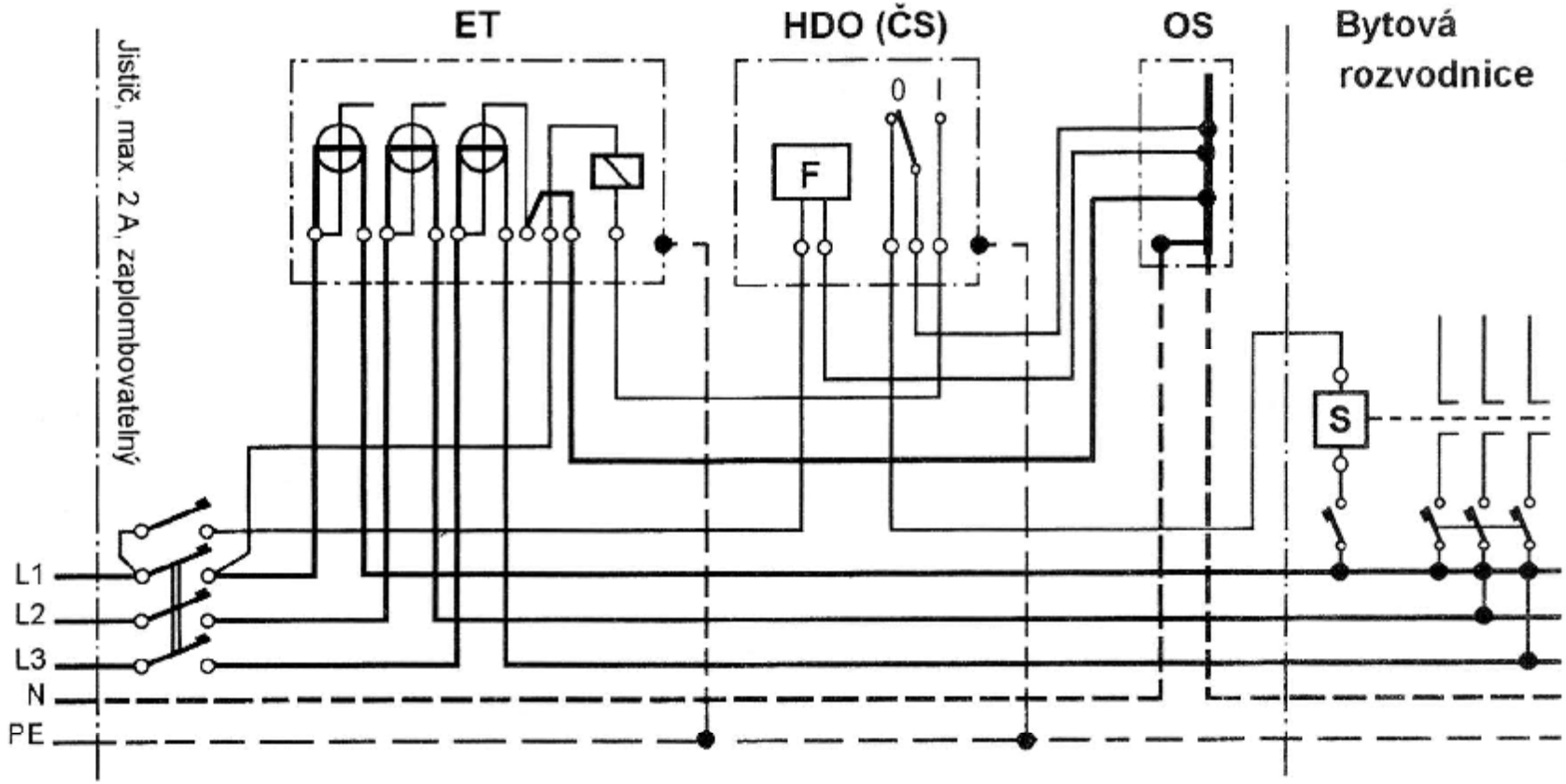
- svorkovnice elektroměru a sazbového spínače
- ochranná (nulová) svorkovnice
- pomocné relé při skupinovém ovládání
- kryt ve skříňovém rozváděči, který odděluje živé neměřené části rozvodu od prostoru pro elektroměry
- měřicí transformátory proudu
- zkušební svorkovnice na neměřené části

- **Zapojení měřicích zařízení při jednotlivých druzích odběru**
  - Zapojení měřicích zařízení musí odpovídat schématům, která jsou uvedena na obrázcích 1.17 až 1.20



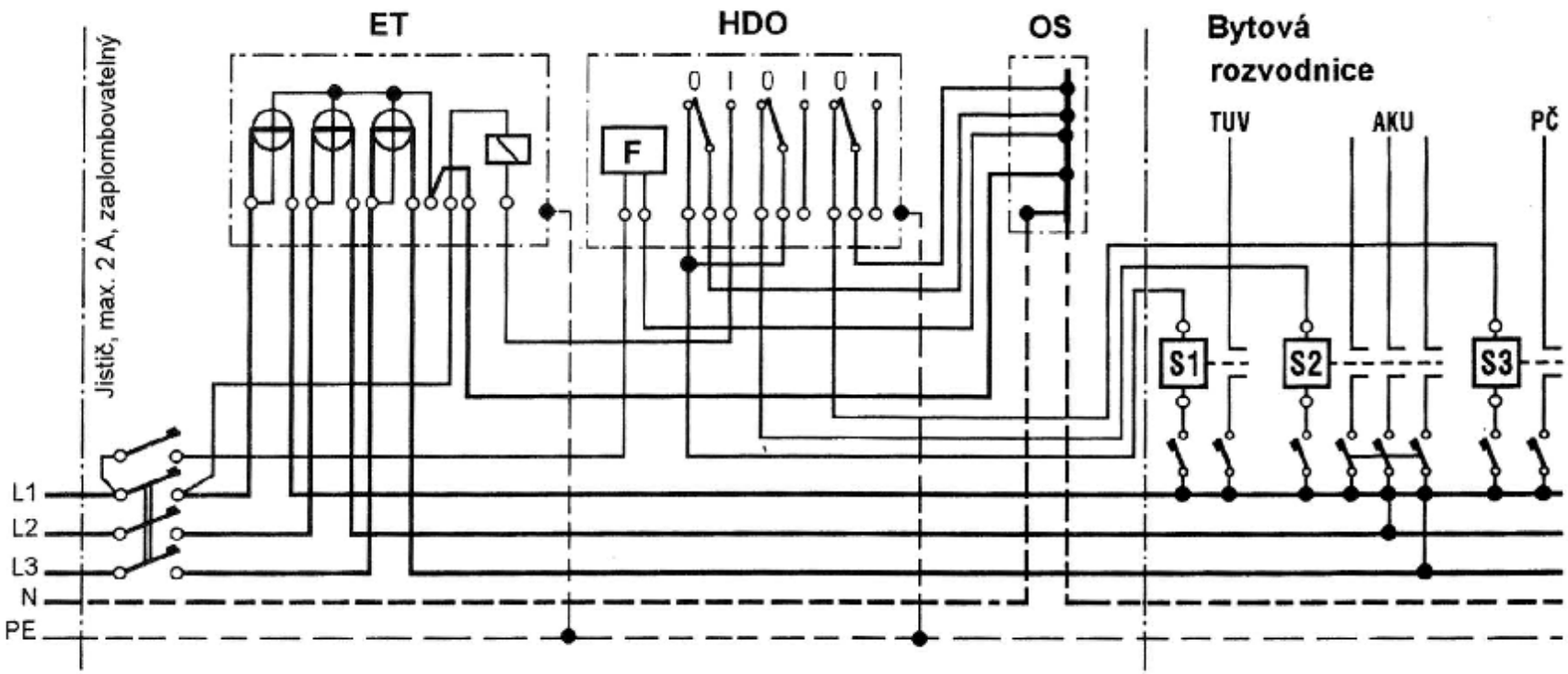
EJ – elektroměr jednofázový
HDO – přijímač hromadného dálkového ovládání (zapojení pro systém impuls – impuls)
ČS – časový spínač
OS – ochranná (nulová) svorkovnice

Obr. 1.17



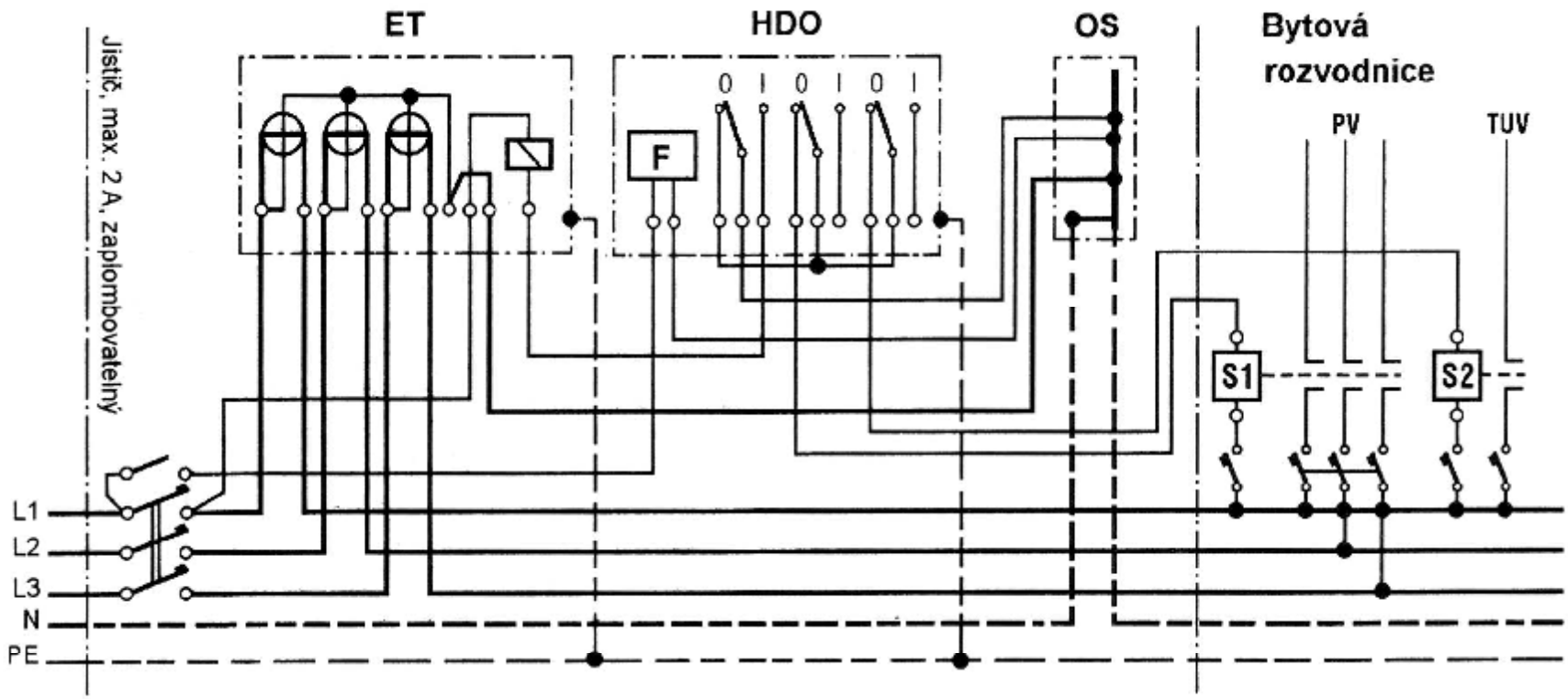
ET – elektroměr třífázový
HDO – přijímač hromadného dálkového ovládání (zapojení pro systém impuls – impuls)
ČS – časový spínač
OS – ochranná (nulová) svorkovnice

Obr. 1.18



ET – elektroměr třífázový
OS – ochranná (nulová) svorkovnice
HDO – přijímač hromadného dálkového ovládání (zapojení pro systém impuls – impuls)
S1 – blokování přípravy teplé užitkové vody (TUV)
S2 – blokování akumulačního vytápění (AKU)
S3 – blokování přímotopné části (PČ) vytápění
Všechny cívky stykačů musí být připojeny na stejnou fázi.

Obr. 1.19



ET – elektroměr třífázový
OS – ochranná (nulová) svorkovnice
HDO – přijímač hromadného dálkového ovládání (zapojení pro systém impuls – impuls)
S1 – blokování přímotopného vytápění
S2 – blokování přípravy teplé užitkové vody (TUV)

Obr. 1.20

- V současné době jsou ještě převážně používany dvouvodičové, respektive čtyřvodičové rozvody a energetické akciové společnosti většinou nenutí zákazníky k přepojení těchto rozvodů na třívodičové, respektive pětivodičové
- V tomto případě je ochranný vodič PE spojen s nulovým vodičem N
- Jak vyplývá z uvedených schémat jsou sazbové hodiny (přijímač HDO) napájeny přes jistič 2 A, který musí být plombovatelný v zapnutém stavu a je zapojen před hlavní jistič
- Příslušný sazbový spínač přepíná sazbu na elektroměru a zároveň ovládá (blokuje) elektrotepelné spotřebiče
- Toto ovládání je prováděno nulovým vodičem
- Při použití přijímače HDO se systémem I - M (impuls - mezera) je jiné pouze zapojení pracovních kontaktů přijímače HDO
- Kontakt označený 0 je spojen s ovládací cívkou dvousazbového elektroměru
- Kontakty označené I slouží pro ovládání elektrotepelných spotřebičů

Blokování elektrotepelných spotřebičů

- **Blokování jednotlivých druhů elektrotepelných spotřebičů**
  - Blokování elektrotepelných spotřebičů zabraňuje jejich provozu ve vymezených časových pásmech
  - Tato technická podmínka dovoluje definovat příslušné tarify pro odběr elektrické energie
  - Blokovací relé nebo stykače jsou ovládány spínacími hodinami nebo přijímači HDO, jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole
  - Při akumulačním vytápění je základní podmínkou jeho provozu blokování proti odběru ve vysokém tarifu
  - Blokování musí být provedeno automaticky spolu se změnou sazby na elektroměru
  - U přímotopného vytápění je rovněž podmínkou blokování provozu vytápění v době vysokého tarifu, to je v době energetických špiček
  - Blokování musí být automatické stejně jako v případě akumulačního vytápění

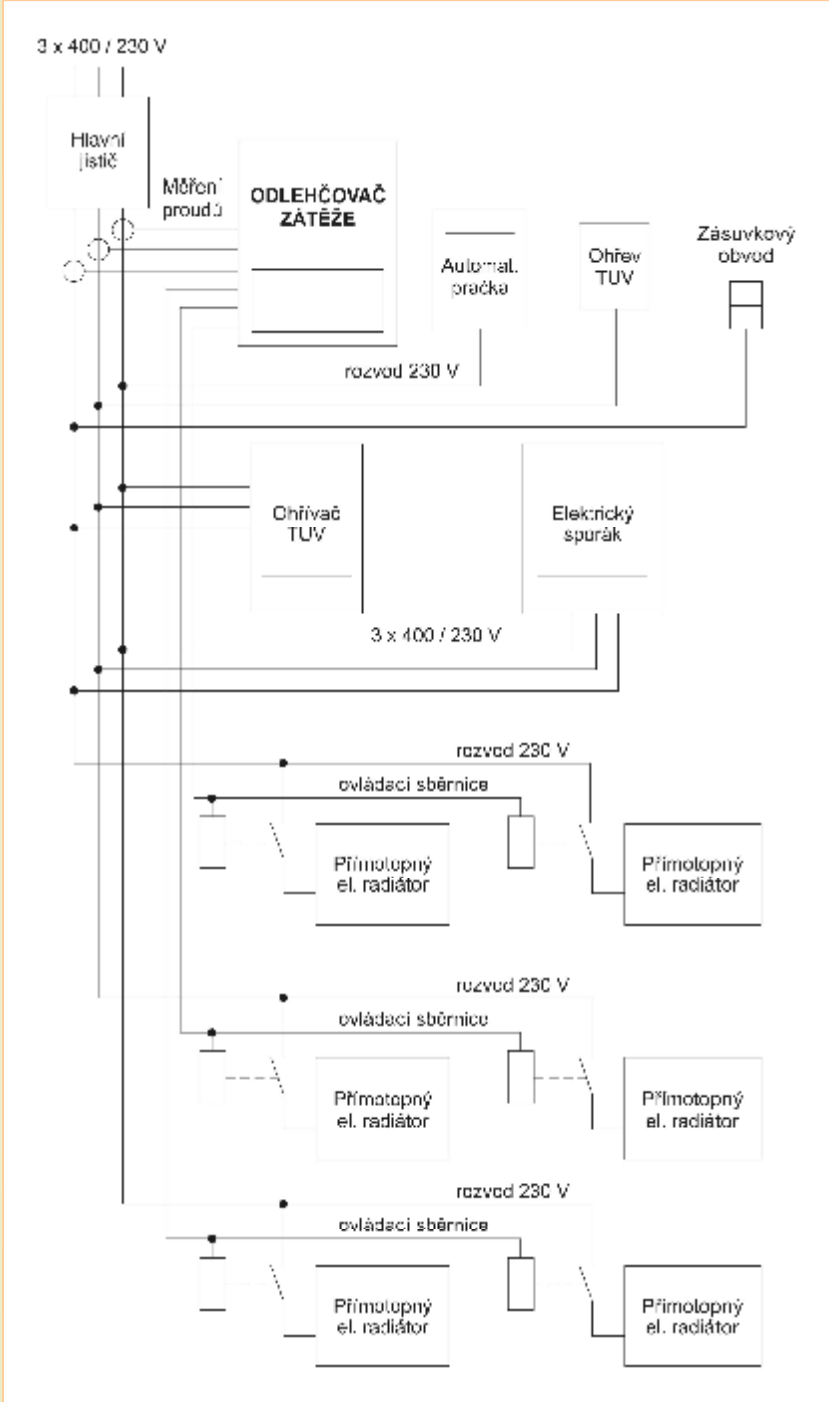
- Průtokové přímotopné ohřívače teplé užitkové vody nemusí být blokovány, ale musí být vyloučena jejich soudobost s provozem elektrického vytápění
- Akumulační ohřívače teplé užitkové vody s kapacitou nad 25 litrů vody musí být blokovány proti odběru ve vysokém tarifu
- Toto blokování je technicky provedeno stejně jako u akumulačního vytápění

- **Spínací hodiny**
  - Jeden z prostředků ovládání elektrotepelných spotřebičů jsou spínací hodiny
  - Tento přístroj zároveň přepíná sazbu elektroměru, ovládá a blokuje elektrotepelné spotřebiče
  - Spínací hodiny jsou tvořeny hodinovým strojkem (dříve mechanickým, nyní elektronickým) s 24hodinovým režimem
  - U spínacích hodin, které ovládají elektroměry s vyhodnocováním maxima, je systém týdenní
  - Na spínacích hodinách jsou nastaveny doby vysokého a nízkého tarifu

- Kromě napájecích kontaktů mají spínací hodiny pracovní kontakty spínacího relé
- Spínací relé se překlopí v nastavených časech, a tím provede změnu sazby na elektroměru a sepnutí nebo blokování elektrotepelných spotřebičů
- Nevýhodou spínacích hodin je to, že jejich provoz není časově synchronizován
- Záleží tedy na přesnosti hodinového stroje, zda jsou pásma vysokého a nízkého tarifu spínána přesně
- Spínací hodiny musí být kontrolovány a seřizovány pracovníky rozvodných závodů, protože tyto přístroje jsou plombovány
- Další nevýhodou spínacích hodin je to, že nastavení pásem vysokého a nízkého tarifu se nedá měnit na dálku
- Případnou změnu mohou provést pracovníci rozvodného závodu pouze přímo na odběrném místě
- Provozem spínacích hodin nelze okamžitě reagovat na aktuální stav v napájecí síti
- Spínací hodiny se používají v oblastech, které nejsou pokryty signálem HDO, nebo tam, kde je příjem signálu HDO nespolehlivý

Odlehčovače zátěže a jejich použití

- **Princip odlehčovače zátěže**
  - Základní princip odlehčovače zátěže spočívá v možnosti odpojit spotřebič nebo skupinu spotřebičů v momentě, kdy odebíraný proud daného odběrného místa překročí nastavenou hodnotu odběru (podle instalovaného jističe)
  - Podle typu použitého odlehčovače zátěže se může jednat o jednu nebo o více skupin spotřebičů
  - Schéma zapojení odlehčovače zátěže pro odběrné místo s přímotopnými spotřebiči a trojfázovým přívodem je na obrázku 1.21


3 x 400 / 230 V
Hlavní jistič
Měření proudu
ODLEHČOVAČ ZÁTĚŽE
Automat. pračka
Ohřev TUV
Zásuvkový obvod
rozvod 230 V
Ohřívač TUV
Elektrický spořák
3 x 400 / 230 V
rozvod 230 V
ovládací sběrnice
Přímotopný el. radiátor
Přímotopný el. radiátor
rozvod 230 V
ovládací sběrnice
Přímotopný el. radiátor
Přímotopný el. radiátor
rozvod 230 V
ovládací sběrnice
Přímotopný el. radiátor
Přímotopný el. radiátor

Obr. 1.21

- Trojfázový odlehčovač zátěže může mít ještě velmi výhodnou modifikaci pro regulaci přímotopného teplovodního kotle
- Tyto systémy mohou být řízeny také prostřednictvím termostatů
- V závislosti na odběrech jednotlivých fází může být ovládán příkon jednotlivých fází teplovodního kotle
- Analogicky je možné odlehčovač zátěže aplikovat i na jednofázové odběry

- **Zapojení a nastavení odlehčovače zátěže**
  - Základem odlehčovače zátěže je proudový měnič, který zajišťuje snímání proudů jednotlivých fází a který je umístěn mimo samotný odlehčovač zátěže
  - Signál z proudového měniče je veden k vlastnímu přístroji (hlídači maxima), který vyhodnotí velikost proudu a v případě překročení nastaveného proudu vypíná jednu nebo více sekcí spotřebičů podle toho, o jakou hodnotu byl nastavený proud překročen
  - Jednotlivým vypínaným sekcím je přiřazena priorita, tj. pořadí vypínání
  - U trojfázových odlehčovačů se z měřených proudů vyhodnocuje celkový trojfázový příkon

- Spotřebiče odpojované pro odlehčení mohou být trojfázové i jednofázové
- Pokud je po dobu 6 minut příkon snížen, nastává v opačném pořadí priorit zapínání jednotlivých sekcí spotřebičů
- Odlehčení každé sekce je signalizováno rozsvícením signálky
- Většina odlehčovačů je vybavena třemi měřicími vstupy 5 A pro napájení z měřicích transformátorů proudu
- Je možné odpojovat tři skupiny spotřebičů podle zvolených priorit
- Práh vypínaného příkonu je možné stanovit pro celkem až 40 hodnot proudů
- Vlastní spotřeba odlehčovače zátěže je asi 20 mA (napájecí napětí 230 V)

Ekonomický přínos odlehčovačů zátěže

- Provést přesné ekonomické vyhodnocení přínosu ohlehčovače zátěže a vypočítat návratnost této investice je exaktně možné jen za předpokladu neměnných cen elektrické energie a stálých cen odlehčovačů zátěže
- Dále je také nutné znát údaje o daném odběrném místě, tj. údaje o celkovém příkonu, charakteru spotřeby a o příkonu, který chceme ovládat odlehčovačem zátěže

- Protože se jednotlivé odběry liší, lze návratnost vypočítat pouze pro modelové případy
- Výpočet návratnosti vychází z následujících předpokladů:
  - Odběrné místo bude mít přidělenou sazbu
  - Stálá měsíční platba je tedy závislá na proudové hodnotě hlavního plombovaného jističe a po dobu návratnosti se tato platba nemění
  - Cena odlehčovače zátěže je považována za konstantní
  - Do výpočtu nebude zahrnuta možná úspora odebrané elektrické energie, protože je předpoklad, že elektrické vytápění bude v činnosti stejnou dobu, pouze se odběr posune na dobu mimo odběrové špičky
- Takto provedený výpočet návratnosti investice může být považován pouze za informativní
- U mnoha odběrů, zvláště v sazbě C 11, je možné ovládat značný příkon topidel a je tedy možné snížit proudovou hodnotu jističe i o více stupňů

- Pro návratnost investice platí následující vztah, který vychází z uvedených zjednodušujících podmínek:

$$N = \frac{C}{X_M - X_N} \cdot 12 \qquad (1.37)$$

- Ve vztahu (1.37) je:
  - N návratnost odlehčovače zátěže (rok)
  - C cena odlehčovače zátěže (Kč)
  - X_M stálá měsíční platba podle hlavního jističe před použitím odlehčovače zátěže (Kč)
  - X_N stálá měsíční platba podle hlavního jističe po použití odlehčovače zátěže (Kč)
- Výsledky výpočtu návratnosti jsou velmi zajímavé
- Liší se nejen podle druhu sazby ale i podle proudové hodnoty hlavních jističů
- Při vyšších proudových hodnotách jističů jsou doby návratnosti mnohem kratší

- Použití odlehčovačů zátěže bude mít v budoucnu velký význam jak pro odběratele elektrické energie, tak i pro provozovatele elektrických sítí
- Význam odlehčovačů zátěže se dá ekonomicky doložit i z hlediska snížení ztrát v distribučních elektrických sítích
- Zde je ovšem třeba mít podklady o zásobované oblasti, aby bylo možné ekonomický dopad vypočítat
- O omezování odběrového maxima u velkoodběrů a středních odběrů se hovoří již řadu let a přístroje typu PMAX jsou v činnosti na mnohých odběrných místech