



ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ



ÚSTAV
TECHNIKY
PROSTŘEDÍ

VĚC

SMLOUVA O DÍLO Č. 0003/2015/32100

NÁZEV

**ANALÝZA PROVEDITELNOSTI INSTALACE MĚŘICÍCH
ZAŘÍZENÍ DODANÉHO TEPLA**

ČÍSLO

830-8301534B001

VYPRACOVALI

Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.

prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

Ing. Vladimír Galád

OBJEDNATEL

Ministerstvo průmyslu a obchodu – České republiky

ROZSAH

108 stran

PŘÍLOHY

-

DATUM

Září 2015

OBSAH:

1. ÚVOD	4
2. OTOPNÉ SOUSTAVY	5
2.1 Rozdělení teplovodních otopných soustav s ohledem na měření spotřeby tepla	5
2.2 Uspořádání otopných soustav s nuceným oběhem vody	6
2.3 Zhodnocení otopných soustav s ohledem na přímé měření tepla	12
2.4 Velkoplošné převážně sálavé otopné soustavy	16
2.5 Vliv volby teplotních parametrů otopných soustav na tepelně technické chování otopných ploch	20
2.6 Úprava dvoutrubkové vertikální otopné soustavy na dvoutrubkovou horizontální s možností přímého měření tepla pro zúčtovací jednotku	25
2.6.1 Rozdělení bytového fondu v ČR	25
2.6.2 Ukázka typového podlaží bytového domu s vertikální dvoutrubkovou otopnou soustavou a nuceným oběhem vody	28
3. MĚŘENÍ A INDIKACE SPOTŘEBY TEPLA	35
3.1 Měření spotřeby tepla	35
3.2 Indikace veličin - pomůcka k rozdělování nákladů na vytápění	36
3.2.1 Indikace na principu odparu	37
3.2.2 Elektronická indikace	39
3.2.3 Indikace s využitím denzitometrického principu (indikátor na vratném potrubí z otopného tělesa)	43
3.2.4 Indikace na principu denostupňů	44
3.3 Indikace a povrchové teploty	46
3.3.1 Metodika mapování povrchových teplot otopných těles	48
3.3.2 Průběh povrchových teplot u deskových otopných těles	50
3.3.3 Průběh povrchových teplot u článkových otopných těles	53
3.3.4 Zhodnocení experimentálního měření	58
3.4 Měření a indikace spotřeby tepla ve víceúčelové budově	60
3.4.1 Charakteristika víceúčelové budovy	60
3.4.2 Příklad reálné víceúčelové budovy	60
4. EFEKTIVNOST POVINNOSTI INSTALACE PŘÍSTROJŮ REGISTRUJÍCÍ DODÁVKU TEPLA	68
4.1 Efektivnost instalace přímého měření tepla	68
4.1.1 Investiční náklady úpravy vertikální otopné soustavy na horizontální	68
4.1.2 Možnosti přímého měření tepla s ohledem na rozúčtování	71
4.2 Efektivnost instalace indikace spotřeby tepla	72
4.3 Ekonomické zhodnocení instalace indikace spotřeby tepla	79
5. ROZÚČTOVÁNÍ NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ	89
5.1 Dva přístupy k rozúčtování	89
5.2 Vyhodnocení dat měření spotřeb tepla s ohledem na přínosy zavedení povinné indikace	91
5.2.1 Stručný popis opatření ke snižování spotřeby tepla na vytápění bytů	91
5.2.2 Měřitelné a neměřitelné dodávky tepla	93
5.2.3 Hodnocení úrovně hospodaření teplem pomocí měrných spotřeb	93
5.2.4 Hodnocení měrných spotřeb tepla a souvislosti s indikátory - obecně	97
5.2.5 Výsledky hodnocení měrných spotřeb tepla a souvislosti s indikátory	97
5.3 Metodika rozúčtování nákladů na vytápění a soulad s evropskou legislativou	102

6. ZÁVĚR	105
6.1 Cíl analýzy	105
6.2 Technická proveditelnost přímého měření a indikace spotřeby tepelné energie	105
6.3 Ekonomická proveditelnost přímého měření a indikace spotřeby tepelné energie.....	107

1. ÚVOD

Předmětem smlouvy je závazek zpracovat pro Ministerstvo průmyslu a obchodu (dále jen objednatel) „**Analýzu proveditelnosti instalace měřících zařízení dodaného tepla**“ za účelem posouzení nákladů a přínosů instalace (technické možnosti, nákladová efektivnost) zařízení registrujících dodávku tepelné energie.

Dle smlouvy mezi objednatelem a ČVUT v Praze (dále jen zhotovitel) je předmětem analýzy:

- a) Technická charakteristika a popis zásobování teplem bytových a víceúčelových budov s ústředním vytápěním. Popis celého procesu dodávky tepla od výrobce tepla, přes odběratele tepla až po konečného spotřebitele. Přibližné rozdělení závislosti spotřebitelů na zdrojích tepla.
- b) Charakteristika a popis možností měření tepla podle návrhu novely zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a vyhlášky 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie, v platném znění, v různých typech otopných soustav v ČR. Uvedení překážek při zavedení požadavku skutečného "kalorimetrického" měření tepla u konečných spotřebitelů a **technické proveditelnosti instalace rozdělovačů topných nákladů přístrojů registrujících dodávku tepla na všech typech otopných těles**, včetně přístrojů instalovaných na zpětnou trubku.
- c) Ekonomické zhodnocení jednotlivých možností měření tepla (sledování vybraného vzorku budov):
 - **Indikace měření spotřeby tepla a fyzikální měření spotřeby tepla vzhledem k vazbě na platbu za odebrané teplo a rozdělování nákladů na dodávku tepla mezi spotřebitele.**
 - Vyčíslení poměrných investičních nákladů na instalaci "kalorimetrického" měření spotřeby tepla a na instalaci rozdělovačů topných nákladů u konečných spotřebitelů u jednotlivých otopných soustav.
 - Ekonomické zhodnocení tzv. denostupňové metody k určování spotřeby tepla.

Dle smlouvy se dodavatel zavazuje výše uvedenou „Analýzu“ předložit nejpozději do 18. 9. 2015.

2. OTOPNÉ SOUSTAVY

Otopná soustava zajišťuje přenos tepla ze zdroje do jednotlivých vytápěných místností. Jedná se tak o část tepelné soustavy, určené pouze pro vytápění, která prostřednictvím otopných těles, případně jiných otopných ploch zajišťuje v jednotlivých místnostech předepsaný teplotní stav vnitřního prostředí..." Skládá se ze zdroje tepla, potrubní sítě, pojistného a zabezpečovacího zařízení, armatur, čerpadel, otopných ploch a regulačních zařízení.

Základním legislativním podkladem pro projektování otopných soustav jsou příslušné evropské či české normy, vyhlášky a nařízení vlády.

2.1 Rozdělení teplovodních otopných soustav s ohledem na měření spotřeby tepla

Návrh otopné soustavy by měl vždy vycházet z požadavků pro konkrétní budovu a nikoli pro fakturační potřeby. Výchozí informace pro návrh otopné soustavy jsou:

- Umístění stavby;
- Účel objektu (obytná budova, občanská vybavenost, průmysl, sportovní stavby);
- Provoz objektu (přerušovaný, nepřetržitý, počet provozních jednotek);
- Konstrukce budovy z hlediska tepelně technických vlastností;
- Konstrukce budovy z hlediska uložení potrubí;
- Rozmístění, druh a typ otopných ploch.

Návrh otopné soustavy je v podstatě volba jednotlivých parametrů soustavy z hlediska minimálních nákladů provozních a investičních s přihlédnutím ke specifickým podmínkám daného objektu (požadavky investora, dočasná stavba, místní zvyklosti) a zajištění tepelného komfortu ve vytápěných prostorech. Úkolem otopné plochy je dodat do vytápěného prostoru takové množství tepla a takovým způsobem, aby v něm byla vytvořena tepelná pohoda. Obecně je jakákoli otopná plocha výměník tepla. Rozdělení otopných ploch je na otopná tělesa (desková, článková, trubková a konvektory), nebo na velkoplošné systémy, resp. integrované otopné plochy. Otopná tělesa jsou strojní zařízení umístěvaná ve vytápěném prostoru. Oproti tomu integrované otopné plochy (např. podlahové, stropní, stěnové atd.) se stávají součástí stavební konstrukce.

Otopná soustava je definována parametry **geometrickými, teplotními, tlakovými a materiálovými**. Teplovodní otopné soustavy lze rozdělit podle několika hledisek. Z hlediska měření spotřeby tepla a následného rozúčtování nákladů na vytápění se budeme zabývat pouze otopnými soustavami s nuceným oběhem vody a s ohledem na vyhlášku č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu, pouze otopnými soustavami teplovodními. Rozdělení je tak následující:

- Dělení podle rozvodu otopné vody k jednotlivým otopným *plochám*:
 - soustavy vertikální;
 - soustavy horizontální;
 - soustavy hvězdicové;
 - soustavy smíšené.
- Dělení podle způsobu přívodu a odvodu otopné vody z/k otopným *plochám*:
 - dvoutrubkové protiproudé;
 - dvoutrubkové souproudé (Tichelmann);
 - jednotrubkové bez obtoků otopných těles (průtočné, se čtyřcestnými armaturami);
 - jednotrubkové s obtoky otopných těles (např. jezdecké napojení otopných těles).

Vhodné prostorové uspořádání potrubní sítě otopné soustavy je základním předpokladem její dobré funkce a splynutí se stavbou. Dobře navržená otopná soustava nejen zajišťuje tepelnou pohodu, ale zároveň by neměla narušovat interiér ani konstrukci budovy.

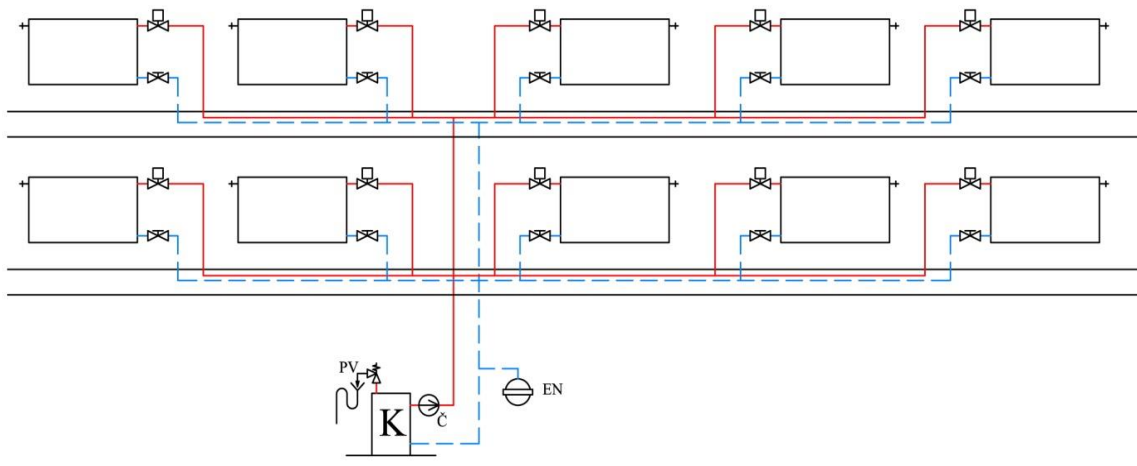
Z hlediska vlastního provozu by měly všechny soustavy umožňovat úplné **odvodnění** (pro případ odstavení soustavy v zimním období) a musí umožňovat dokonalé **odvzdušnění** v celém rozsahu sítě. S ohledem na úspory tepelné energie by otopné soustav měly být děleny do jednotlivých zón podle působení tepelných zisků (především orientace místností na světové strany) způsobu užívání jednotlivých prostor. Nezbytnou součástí, vzhledem k řádnému fungování otopné soustavy a dosahování úspor tepelné energie, je hydraulické vyvážení potrubní sítě a zajištění optimální regulace dodávky tepla, a to jak u zdroje tepla, tak jednotlivých zón či zajištění místní regulace. Tyto požadavky upřesňuje vyhláška 193/2007 Sb.

2.2 Uspořádání otopných soustav s nuceným oběhem vody

Každý objekt (budova) je rozdílný. Rozdíly jsou velmi často ve způsobu využívání, vnitřního uspořádání místností, možností umístění zdroje tepla nebo umístění otopných ploch atd. Z pohledu uspořádání otopné soustavy tak nelze předepisovat univerzální řešení (schémata). Projektant musí navrhnout otopnou soustavu tak, aby plně respektoval nejen technické požadavky, ale i požadavky na bezpečnost provozu a ekonomickou efektivnost návrhu. Další text předkládá základní možnosti uspořádání otopných soustav.

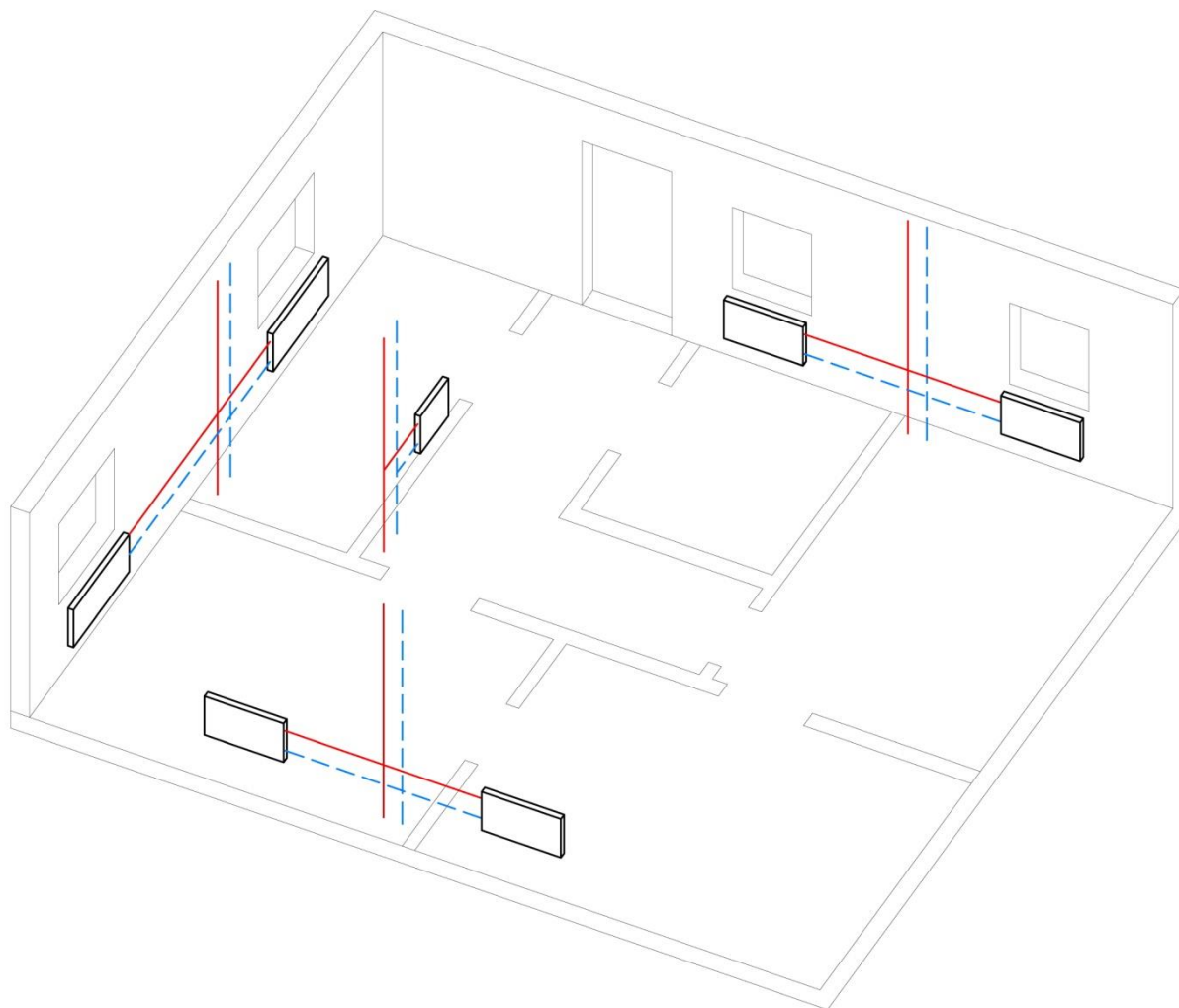
U budov s větším tepelným příkonem, u budov půdorysně rozlehlých a u budov s komplikovanějšími potrubními sítěmi je nutno navrhovat nucený oběh vody. Podle způsobu vedení rozvodu, na který jsou napojeny přípojky otopných těles, rozlišujeme soustavy horizontální, vertikální a hvězdicové.

Horizontální soustava se vyznačuje minimálním počtem stoupaček. Na ně jsou napojeny horizontální okruhy podlažních ležatých rozvodů. Otopná tělesa jsou napojena na horizontálně vedené potrubí vertikálními přípojkami (obr. 2.1). Zvláštním případem horizontální otopné soustavy je etážová soustava, kde zdroj tepla, rozvod i otopná tělesa jsou umístěna v jednom podlaží. S ohledem na přímé měření tepla můžeme horizontální otopné soustavy rozdělit na soustavy s okruhy respektujícími zúčtovací jednotky, tj. na tzv. bytové, kde co napojený horizontální okruh to zúčtovací jednotka a na soustavy s okruhy, které nerespektují zúčtovací jednotky, ale respektují např. působení tepelných zisků na tzv. zónové. Poslední horizontální soustavy nerespektující ani uspořádání zúčtovacích jednotek ani zóny s ohledem na tepelné zisky.



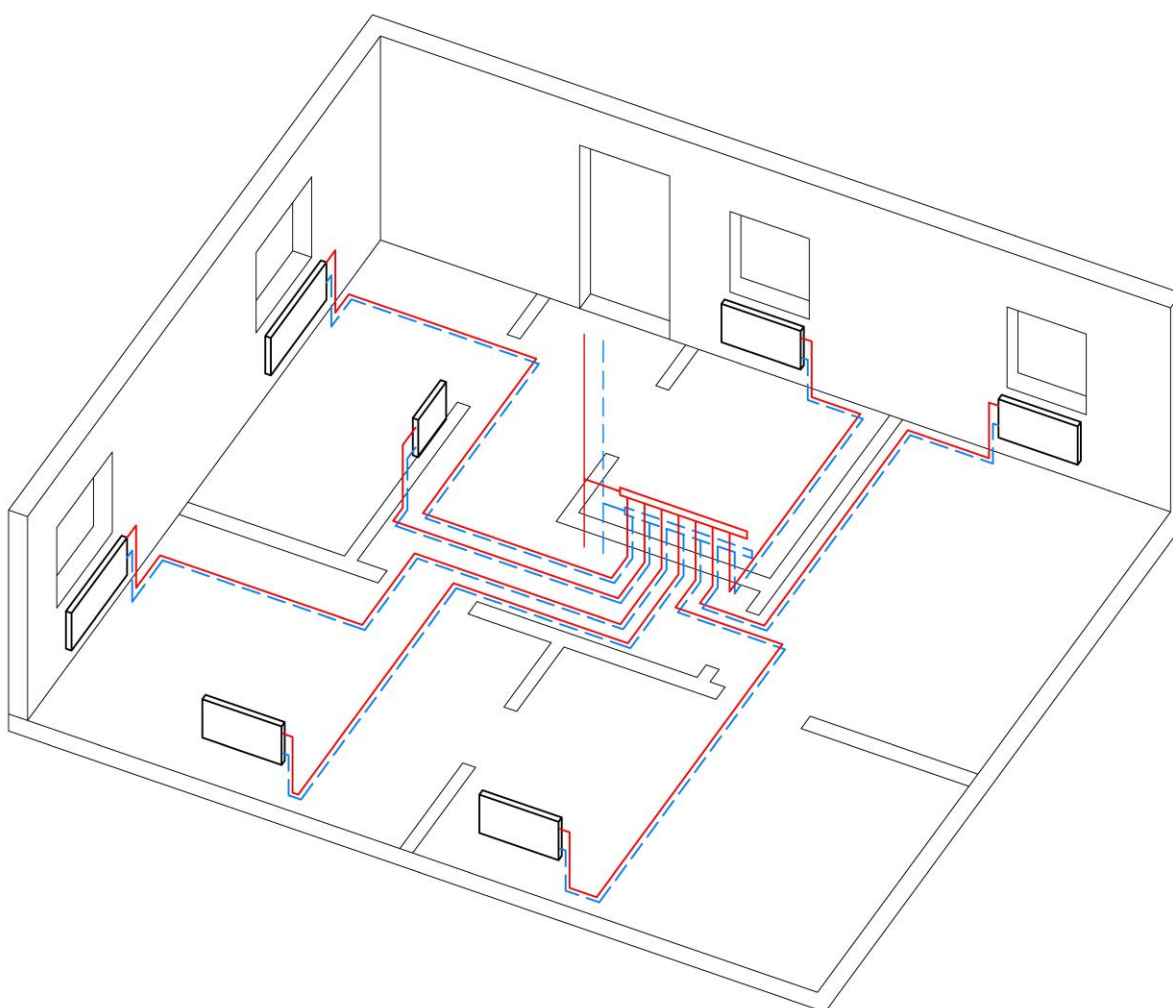
Obr. 2.1 Horizontální otopná soustava ve vícepodlažním domě

U **vertikálních soustav** jsou otopná tělesa napojena přímo na vertikální potrubí (stoupačky) krátkým přípojným potrubím (přípojkami). V jednotlivých podlažích jsou krátkým přípojným potrubím napojena na jedno vertikální potrubí maximálně dvě otopná tělesa (obr. 2.2).



Obr. 2.2 Dvoutrubková soustava vertikální

V souvislosti s rozvojem použití plastů pro rozvody ústředního vytápění se používají i další způsoby napojování otopných těles přípojkami, uloženými v betonové vrstvě podlahy. I když se v principu jedná o horizontální dvoutrubkovou otopnou soustavu s velmi dlouhými přípojkami těles, nazývá se toto řešení **hvězdicová soustava** (obr. 2.3). V centru dispozice objektu je umístěna stoupačka, na kterou je v každém podlaží napojen podlažní rozdělovač a sběrač se samostatným napojením každého otopného tělesa. Tato soustava je speciálně konstruována pro použití plastových rozvodů, kde před hlediskem minimální délky rozvodů je hledisko minimálního počtu spojů plastového potrubí. Tyto soustavy mohou být relativně nákladné z hlediska spotřeby trubního materiálu. Z pohledu integrovaných otopných ploch (např. podlahové, stěnové, stropní vytápění) jsou jednotlivé otopné hady napojeny stejně jako u hvězdicové otopné soustavy na patrový rozdělovač. Jednotlivé otopné hady však nerespektují zúctovací jednotky, ale hydraulické vyvážení potrubní sítě (přibližně stejná délka – paralelní větve mají stejnou tlakovou ztrátu při požadovaném průtoku). Otopná tělesa na obr. 2.3 mohou stejně tak představovat jednotlivé otopné hady integrovaných otopných ploch. U světlých a tmavých zářičů, které řadíme do skupiny lokálních topidel, lze měření spotřeby tepla realizovat velmi jednoduše měřením spotřeby plynu.

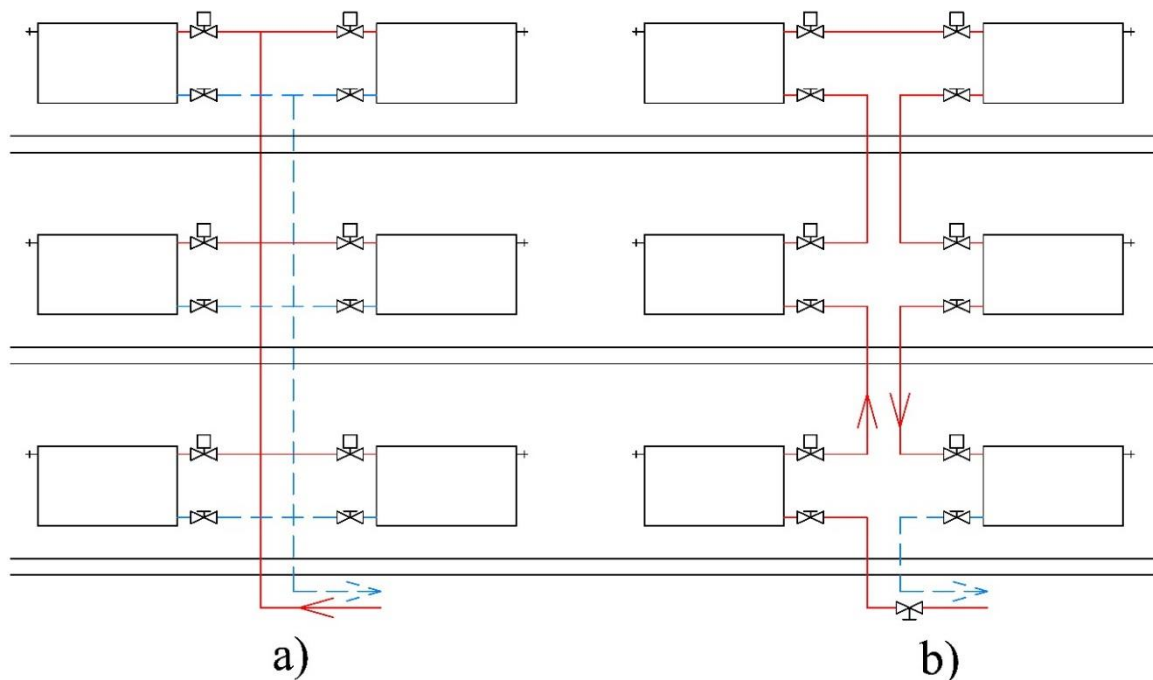


Obr. 2.3 Hvězdicová soustava

Podle způsobu připojení otopných těles a především pak provedení přívodu a odvodu otopné vody rozlišujeme dvoutrubkové a jednotrubkové otopné soustavy.

U **dvoutrubkové otopné soustavy** zcela jednoznačně rozlišujeme potrubí přívodní, které slouží pouze pro přívod teplotonosné látky k otopným tělesům, a vratné, které slouží pouze pro odvod teplotonosné látky od otopných těles zpět ke zdroji tepla (obr. 2.4a). Všechna tělesa pracují se „stejnými“ teplotními

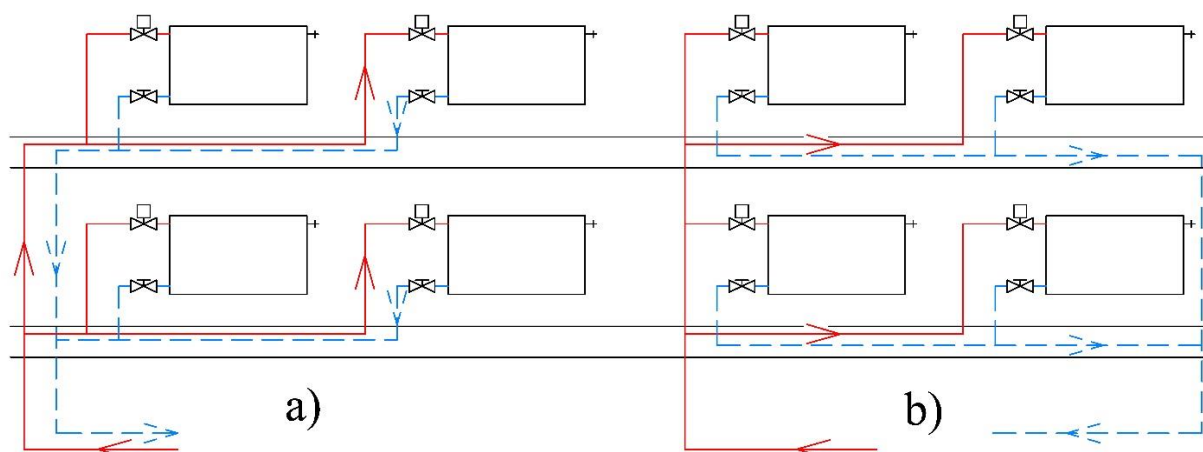
parametry otopné vody (tepelné ztráty rozvodu, resp. ochlazení vody v rozvodu při návrhu zanedbáváme). Dvourubkové otopné soustavy a především vertikální patří ve starší zástavbě k nepoužívanějším soustavám v ČR. V moderní nové zástavbě jsou to dvourubkové otopné soustavy především horizontální respektující bytové jednotky, tj. kvazibytové.



Obr. 2.4 Princip vertikální dvourubkové (a) a jednorubkové otopné soustavy (b)

Podle směru průtoku v přívodním a vratném potrubí a vzájemného vztahu vedení přívodního a vratného potrubí rozlišujeme dvourubkové otopné soustavy protiproudé a souproudé.

Protiproudé zapojení se většinou vyznačuje tím, že je vratné potrubí vedeno stejnou montážní cestou, jako potrubí přívodní s opačným směrem proudění otopné vody. Délka okruhů jednotlivých otopných těles se mění v závislosti na vzdálenosti umístění jednotlivých otopných těles. Tato skutečnost znevýhodňuje tělesa umístěná ve vzdálenějších místech od zdroje tlaku i tepla. Jednotlivé paralelní větve mají vždy stejnou tlakovou ztrátu. Správné fungování soustavy však vyžaduje, aby tato stejná tlaková ztráta nastala při požadovaných průtocích vody. To znamená, že potrubní síť musí být hydraulicky vyvážená (viz vyhláška č. 193/2007 Sb.). Dvourubková protiproudá otopná soustava vyžaduje z hlediska hydraulického vyvážení největší úsilí.



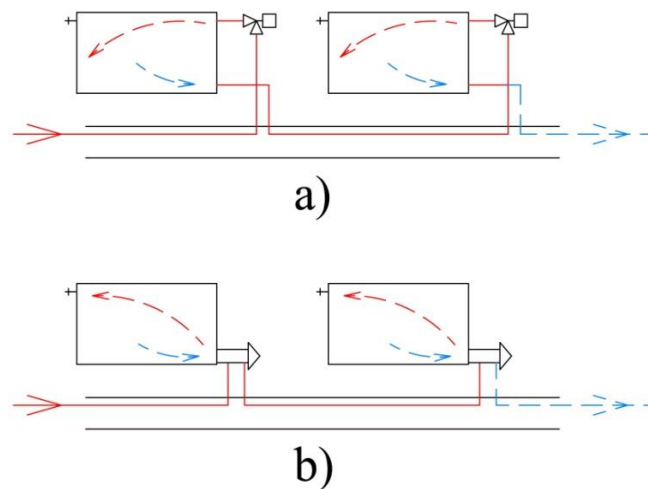
Obr. 2.5 Dvoutrubková otopná soustava s horizontálním rozvodem k otopným tělesům:
a) protiproudá; b) soproudá

Soproudé zapojení (Tichelmannovo) negativní hydraulické vlastnosti jednotlivých paralelních větví otopných těles téměř eliminuje. Vratné potrubí je vedeno souběžně s přívodním tak, že pro každé místo rozvodu je součet délky přívodního a vratného potrubí konstantní (obr. 2.5b). S výhodou se tohoto zapojení využívá tam, kde je možné rozvod zokružovat a nevzniká místo, kde by byly vedeny tři trubky vedle sebe. Je zřejmé, že jako okruh pro zúčtovací jednotku není, s ohledem na spotřebu trubního materiálu a výskyt vedení tří potrubí vedle sebe, příliš vhodný. Stejně tlakové poměry pro všechny odběry připojené na souproudý rozvod zajišťují i vysokou hydraulickou stabilitu soustavy. Souproudé zapojení se proto používá u těch částí otopné soustavy, kde potřebujeme zajistit rovnoměrné zásobování otopnou vodou více míst, aniž bychom museli příliš škrtit některé hydraulické větve. Příkladem může být vzájemné propojení více kotlových jednotek, napojení vzduchotechnických jednotek, hlavní ležatý rozvod ke stoupačkám v půdorysně rozsáhlých objektech apod.

Jednotrubkové, obzvláště horizontální otopné soustavy, získávají v poslední době pro své mnohé přednosti stále více zájemců. Navrhují se téměř výhradně jako nucené oběhy, které vykazují větší tlakové ztráty.

Jednotrubkové otopné soustavy mohou být **horizontální** (JHOS) a **vertikální** (dále jen JVOS), které se však používaly dříve v bývalém „východním Německu“ a i tam je dnes, vzhledem k jejich nevýhodám, budeme jen těžko hledat.

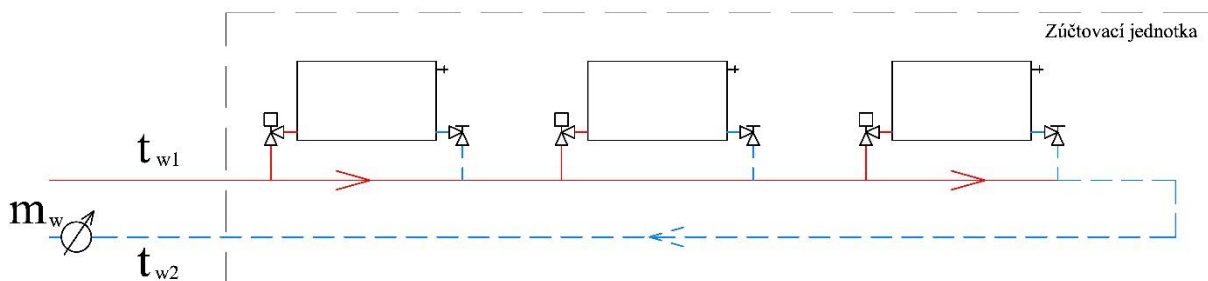
V dnešní době mají význam především moderní jednotrubkové horizontální otopné soustavy s obtokem či směšovací armaturou, a to s dvoubodovým, nebo jednobodovým napojením. JHOS má svá specifika, která vyžadují složitější způsob navrhování. Nejsou zde uměle zvyšovány hydraulické odpory pro zabezpečení teplotní a hydraulické stability, a tak je žádoucí co nejpřesnější návrh. JHOS se čtyřcestnými armaturami mají menší přenosovou schopnost než soustavy s jezdeckým napojením otopných těles, tj. s nízkoodporovou armaturou.



Obr. 2.6 Schéma napojení otopných těles se čtyřcestnou armaturou:

a) dvoubodové napojení; b) jednobodové napojení

JHOS lze rozdělit podle připojení otopných těles na soustavy s obtokem a soustavy s čtyřcestnými armaturami. Posledně jmenované jsou prováděny podle druhu armatury s jednobodovým či dvoubodovým napojením, jak ukazuje obr. 2.6. JHOS s obtokem je na obr. 2.7, přičemž nejrozšířenější připojení je připojení jezdeckým způsobem, kdy je otopné těleso napojeno krátkými přípojkami do spodních růžic přes nízkoodporovou armaturu. Nelze zde použít běžných termostatických regulačních ventilů, neboť jejich velký hydraulický odpor by neumožnil správné zatékání do otopného tělesa. Proto se volí nízkoodporové termostatické ventily, které dovolují jak osazení termopohony či servopohony, tak termostatickými hlavice.



Obr. 2.7 Schéma jednotrubkové bytové otopné soustavy s jezdeckým napojením otopných těles

U jezdeckého napojení otopných těles je každé otopné těleso v hydraulickém paralelním zapojení s kmenovou horizontální trubkou tak, že mezi přívodním a vratným potrubím k otopnému tělesu protéká v kmenové trubce pod otopným tělesem část vody a zbytek protéká tělesem samotným. V místě spojení zpětné přípojky od tělesa a kmenové trubky dochází ke směšování dvou proudů vody o různé teplotě, a následně tak k poklesu teploty otopné vody. Následující otopné těleso v hydraulické řadě pracuje za hydraulicky stejných podmínek, ale tepelně pracuje oproti předchozímu otopnému tělesu s nižší vstupní teplotou. Vstupní teplota do otopného tělesa se tedy postupně těleso od tělesa v hydraulické řadě snižuje, takže předepsaný teplotní spád se musí těleso od tělesa zohlednit velikostí přestupní plochy otopného tělesa.

Jednotrubkové otopné soustavy můžeme rovněž rozdělit podle provedení a zapojení jednotlivých okruhů.

Podle uživatelů je dělíme na jednotrubkové soustavy:

- s okruhy bytovými;
- s okruhy zónovými.

Podle umístění stoupaček je dělíme na:

- okruhy uzavřené;
- okruhy rozvinuté.

Okruh rozvinutý je výhodnější z hlediska spotřeby potrubí. Je to okruh, kde vertikální přívodní a zpětné potrubí (stoupačka) není vedeno v jednom prostupu. Jinak řečeno, přívodní a vratná stoupačka jsou na patře zcela na jiných místech. Takovéto okruhy nejsou vhodné pro přímé měření spotřeby tepla.

Bytové okruhy jsou navrhovány tak, že sledují jednotlivé bytové jednotky. Každý byt je na vertikální potrubí (stoupačku) napojen samostatně. Jinak řečeno, rozdělovač i sběrač jsou spolu v jedné skříni, což umožňuje pohodlně nainstalovat kalorimetrické měřiče tepla, a tak provádět kalorimetrické měření spotřeby tepla celé jedné bytové jednotky a zainteresovat tak i uživatele bytu na přímé spotřebě tepla.

Variabilitu JHOS využíváme podle stavebního provedení objektu. Horizontální kmenové potrubí bez spádu je možné vést volně v témže podlaží pod otopnými tělesy či ho vést v podlaze nad nosnou částí podlahy v mazanině, nebo kanálku. Rovněž je výhodné vést potrubí v prostoru mezi nosnou konstrukcí a zavěšeným sníženým stropem nižšího podlaží (obchodní domy, provozovny s výrobou v nejnižších patrech atd.). Možné je i horizontální potrubí vedené nad otopnými tělesy pod parapetem v případech, kdy okna zabírají celou šířku místností. Pak je nutné opatřit každé těleso vypouštěcí armaturou.

K instalaci rozvodů je možné použít přesné ocelové trubky, měděné trubky, plastové či vícevrstvé spojovací potrubí (např. PE(X)-Al-PE(X)), které svou tepelnou roztažností odpovídá vlastnostem hliníku.

Již jsme se zmínili o tom, že volba příslušného druhu otopné soustavy závisí na mnoha faktorech. Mezi faktory, které bychom měli zohlednit, patří druh budovy, doba, po kterou je využívána, dostupný druh paliva, zátěž životního prostředí, pořizovací a provozní náklady včetně určitých lokálních odlišností. Na základě požadavků poslední doby je k tomu nutné přidat i možnost přímého měření spotřeby tepla.

Naplněním hodnot parametrů určité otopné soustavy získáme jednoznačné označení daného řešení. Toto označení není samoúčelné – pokud totiž lze navrženou soustavu jednoznačně označit, je velmi pravděpodobné, že bude možné provést její hydraulický výpočet některou ze známých metod a lze předpokládat, že soustava se bude chovat podle předpokladů projektu. Pochopitelně je možné kombinovat různé soustavy v jednom objektu, ale o to složitější a důmyslnější je řešení hydraulických poměrů v soustavě a regulační opatření.

2.3 Zhodnocení otopných soustav s ohledem na přímé měření tepla

Mezi příklady nejvíce rozšířených otopných soustav s nuceným oběhem vody patří:

- Dvoutrubková otopná soustava vertikální se spodním rozvodem s nuceným oběhem vody, teplovodní, uzavřená a protiproudá;

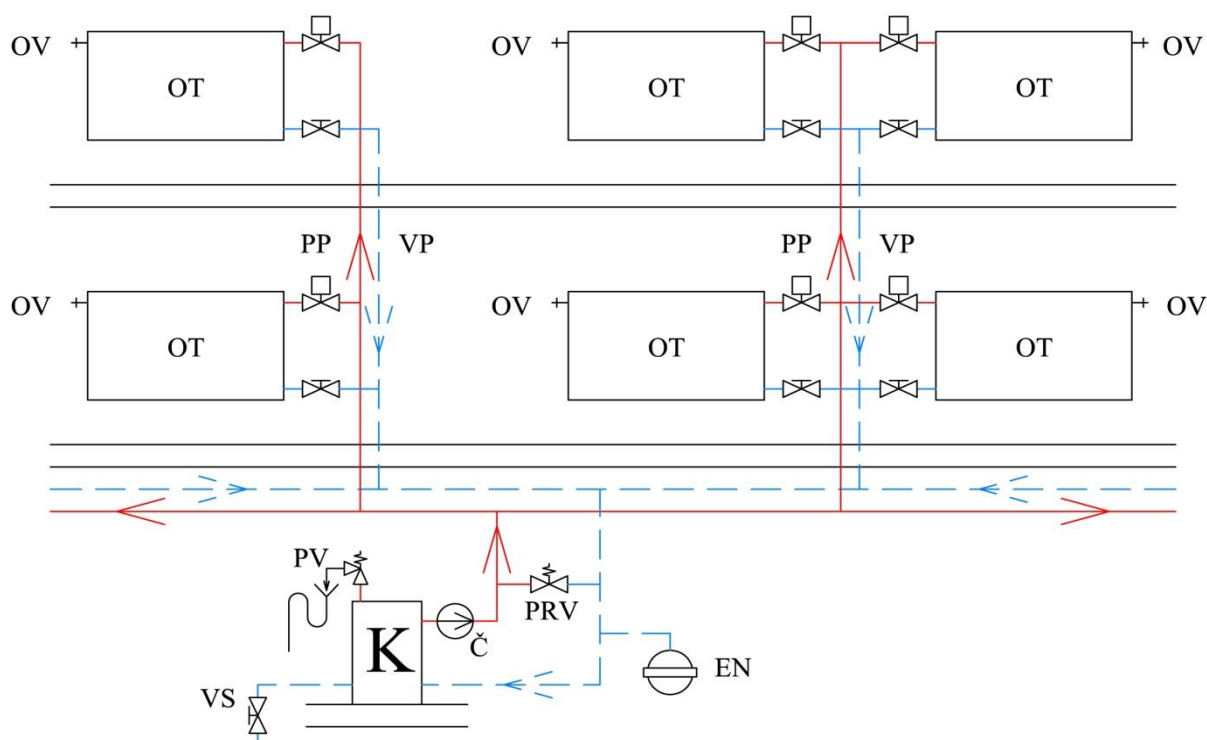
- Dvourubková otopná soustava horizontální, etážová, s nuceným oběhem vody, teplovodní, uzavřená a protiproudá;
- Dvourubková otopná soustava hvězdicová, etážová, s nuceným oběhem, teplovodní, uzavřená, z plastových trubek a protiproudá.

Dvourubková otopná soustava vertikální se spodním (nebo horním) rozvodem s nuceným oběhem vody, teplovodní, uzavřená a protiproudá (nebo souproudá)

Provedení dvourubkových vertikálních otopných soustav se spodním či horním rozvodem v ČR z hlediska počtu jednoznačně dominují. Na obr. 2.8 je znázorněno schéma dvourubkové otopné soustavy se spodním rozvodem, napojené na kotel s nuceným oběhem vody. Soustava je řešena jako uzavřená a je zabezpečena tlakovou expanzní nádobou s membránou. Tato expanzní nádoba zajišťuje vyplnění celé soustavy vodou s požadovaným přetlakem, a zároveň vyrovnává změny objemu vody v soustavě. Proti nepřijatelnému překročení maximálního dovoleného přetlaku je u kotle instalován pojistný ventil.

U dnešních soustav s nuceným oběhem vody se k zajištění místní regulace používají termostatické regulační ventily. Při osazení těchto ventilů je vhodné, abychom zajistili správné hydraulické poměry v potrubní síti, což znamená instalovat na stoupačky či pro jednotlivé stoupačkové sekce regulátory tlakové difference, regulátory objemového průtoku či přepouštěcí ventily. Rovněž je nanejvýš rozumné při instalaci termostatických regulačních ventilů zajistit odvodušnění každého otopného tělesa odvodušňovacími ventily. Odvodušnění přes nejvýše položené těleso nefunguje, neboť malé průtočné průřezy termostatických regulačních ventilů neumožní zpětný únik vzduchu proti směru proudění vody.

U dvourubkových otopných soustav lze projektovat rovněž horizontální rozvod k otopným tělesům, a to jak souproudý (Tichelmann) tak protiproudý. Schémata těchto zapojení znázorňuje obr. 2.5.



Obr. 2.8 Dvourubková otopná soustava se spodním rozvodem a nuceným oběhem vody

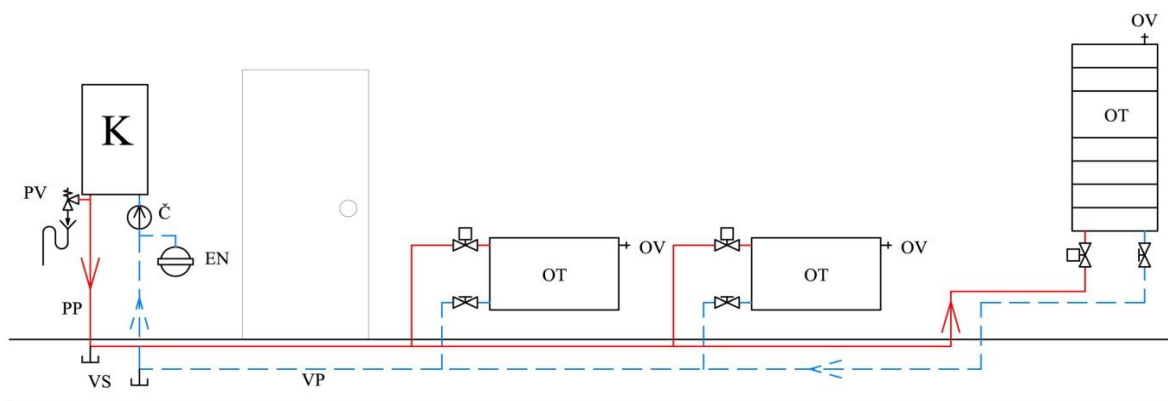
EN - expanzní nádoba; PRV - přepouštěcí ventil; VS - vypouštění soustavy; OT - otopné těleso; VP - vratné potrubí; PP - přívodní potrubí; K - kotel; OV - odvzdušňovací ventil; PV - pojistný ventil; Č - oběhové čerpadlo

Dvoutrubková otopná soustava horizontální etážová, s nuceným oběhem vody, teplovodní, uzavřená a protiproudá

V dnešní době se etážové vytápění s nuceným oběhem vody stává moderním a komfortním zařízením, u kterého se používají maloobjemová otopná tělesa, která zmenší celkový vodní objem soustavy a umožní tak rychlou odezvu soustavy na regulační zásah. Zdroj tepla se reguluje automaticky většinou v závislosti na venkovní teplotě (ekvitermně), nebo ještě s vazbou na teplotu vzduchu ve vytápěném prostoru.

Dvoutrubková horizontální bytová otopná soustava s vlastním zdrojem tepla (obr. 2.9) či napojena přes patrový rozdělovač, nebo výměňkovou jednotku na centrální rozvod a zdroj tepla je pro účely přímého měření tepla v zúčtovací jednotce optimální.

Rozvodné potrubí vychází z výpočtů o malých průměrech, čím otopná soustava nenarušuje vzhled interiéru. Šťastným řešením pro interiér je vedení potrubí pod ozdobnou lištou v kanálku či u novostaveb v mazanině na nosné konstrukci podlahy. Potrubí se volí ocelové, měděné či plastové, přičemž každé má své nevýhody a výhody plynoucí z použitého materiálu. Nejvíce se dnes používá pro tyto rozvody potrubí plastové, vícevrstvé a měděné.



Obr. 2.9 Bytová dvoutrubková horizontální (etážová) otopná soustava

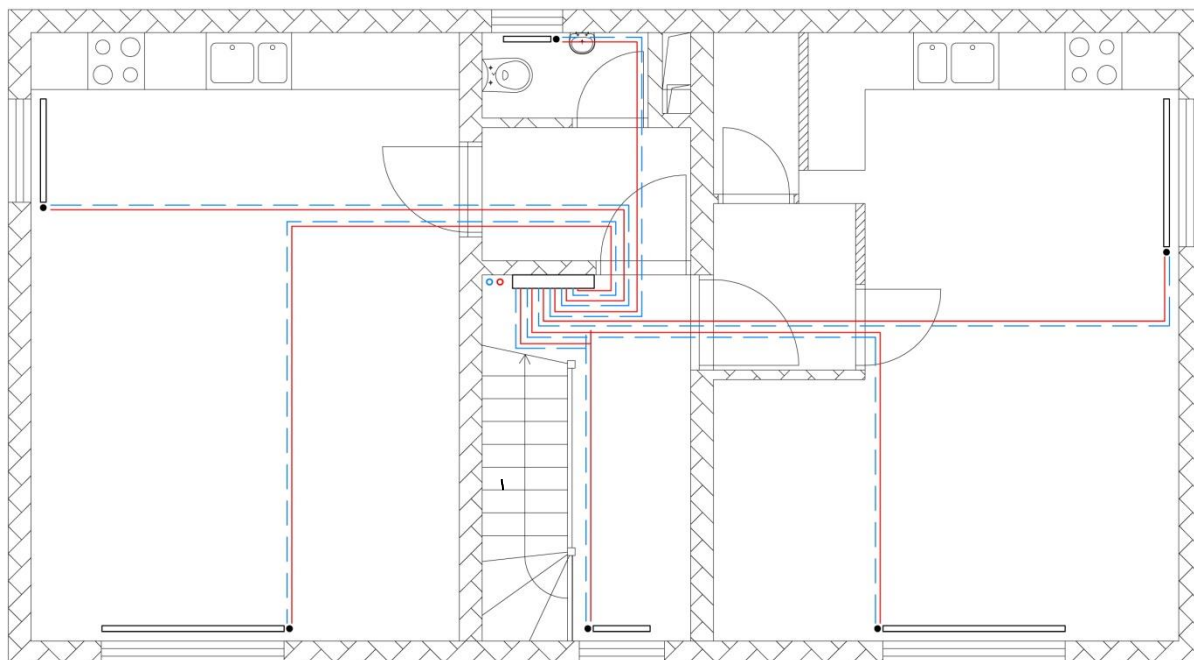
EN - expanzní nádoba; VS - vypouštění soustavy; PV - pojistný ventil; OT - otopné těleso; VP - vratné potrubí; PP - přívodní potrubí; K - kotel; OV - odvzdušňovací ventil; Č - oběhové čerpadlo

Dvoutrubková otopná soustava hvězdicová, etážová, s nuceným oběhem, teplovodní, uzavřená a protiproudá

Hvězdicová otopná soustava etážová je vhodná do novostaveb s půdorysně členitým uspořádáním otopných těles. V centru dispozice je umístěna při podlaze sestava rozdělovače se sběračem, na kterou jsou napojena jednotlivá otopná tělesa plastovými přípojkami vedenými v podlaze. Uložení potrubí etážové soustavy v podlaze je sice přínosné z hlediska skrytí potrubí a jeho případného poškození při běžném provozu, ale současně bývá zdrojem velmi obtížně řešitelných poruch.

Za optimální lze považovat řešení, kde jednotlivé přípojky těles jsou z jednoho kusu plastového potrubí uloženého v ochranné ohebné plastové trubce ("husí krk"). Změny směru potrubí jsou řešeny plynulými oblouky (obr. 2.10), a tak v případě použití vhodného materiálu na potrubí je možné v případě potřeby celou přípojku z ochranné trubky vytáhnout a vyměnit za jinou bez většího zásahu do podlahy. Toto

řešení je ovšem materiálově nejnákladnější díky velké spotřebě trubek a chrániček, i když je nejméně pracné. Hvězdicová otopná soustava skýtá možnost přímého měření tepla pouze u patrového rozdělovače, a tak většinou pouze pro celé podlaží a nikoli pro jednotlivé zúčtovací jednotky.



Obr. 2.10 Hvězdicová otopná soustava s potrubím uloženým v ochranné trubce

Podlažní rozdělovač i sběrač jsou vybaveny uzavíracími armaturami na hlavním přívodu a vratném potrubí a podle potřeby na jednotlivých větvích. Z důvodů snížení investičních nákladů se často používá přímého napojení jednotlivých větví bez možnosti jejich uzavření.

Odvzdušnění hvězdicové otopné soustavy se provádí přes otopná tělesa, která se napojují s výhodou zespoda a případně přes podlažní rozdělovač a sběrač.

Vypouštění této soustavy je problém, který není uspokojivě vyřešen. Většinou se neprovádí žádná zvláštní úprava a předpokládá se případné odstranění vody ze soustavy stlačeným vzduchem.

Dimenzování se provádí obdobně jako u běžných dvoutrubkových otopných soustav. Tlakové rozdíly při požadovaném průtoku mezi jednotlivými okruhy otopných těles napojenými na společný rozdělovač a sběrač se vyrovnávají hlavně na regulačním šroubení u patrového rozdělovače.

Výše uvedené rozdělení a popis otopných soustav s ohledem na možnost přímého měření tepla lze souhrnně vyjádřit v tabulce. Tab. 2.1 tak vyjadřuje možnost přímého měření tepla pro jednotlivé zúčtovací jednotky s ohledem na geometrické uspořádání otopné soustavy, respektive jejich hydraulických okruhů.

Tab. 2.1 Možnosti přímého měření tepla pro zúčtovací jednotku

Otopná soustava			Okruhy otopné soustavy	Možnost měření tepla
Dvoutrubkové	Souproudé	Vertikální	Rozvinutý	Ne
		Horizontální	Rozvinutý	Ne
			Zónový	Ne
			Bytový	Ano
	Protiproudé	Vertikální	Rozvinutý	Ne
		Horizontální	Rozvinutý	Ne
			Zónový	Ne
			Bytový	Ano
	Hvězdicové	Rozvinutý	Ne	
Jednotrubkové	S obtoky otopných těles	Vertikální	Nepoužívá se	-
		Horizontální	Rozvinutý	Ne
			Zónový	Ne
			Bytový	Ano
	Se čtyřcestnou směšovací armaturou	Vertikální	Nepoužívá se	-
		Horizontální	Rozvinutý	Ne
			Zónový	Ne
			Bytový	Ano

2.4 Velkoplošné převážně sálavé otopné soustavy

U převážně sálavého vytápění se sdílí většina tepelného toku do vytápěného prostoru sáláním. V současnosti můžeme velkoplošné sálavé vytápění rozdělit na:

- - stropní,
- - stěnové,
- - podlahové.

Jak nám rozdělení již napovídá, sálavá otopná plocha může být součástí stavební konstrukce jako její nedělitelná součást, nebo je vytvořena jako samostatná otopná plocha pevně fixovaná ke stavební konstrukci. U výše uvedených systémů tvoří otopnou plochu některá ze stěn ohraničující vytápěný prostor. Povrchová teplota otopné plochy je poměrně nízká (40 až 45 °C u stropního, obdobně u stěnového a 25 až 34 °C u podlahového vytápění), tudíž i teplota teplotnosné látky bude nízká. Otopná plocha je zahřívána:

- teplou vodou,
- teplým vzduchem,
- elektricky.

Jednoznačně převažujícím způsobem zahřívání otopné plochy je teplovodní vytápění. Nízkoteplotní otopné soustavy jsou vhodné pro využívání tepla z nízkopotenciálních zdrojů. Podíl tepelného toku sáláním u stropního vytápění je zhruba 80 %, u stěnového 65 % a u podlahového 55 % přičemž konstrukční provedení otopné plochy může být různé.

Podlahové vytápění

Konstrukce podlahové otopné plochy vychází z termínu plovoucí podlaha. Značí to, že vlastní konstrukce otopné plochy není pevně spojena s nosnou částí podlahy, ale jakoby na ní plave tak, aby jí byly umožněny veškeré dilatační změny.

Konstrukci podlahové plochy můžeme rozdělit na:

- mokrý způsob pokládky a
- suchý způsob pokládky.

U mokrého způsobu pokládky je otopný had zabetonován přímo do betonové mazaniny či do anhydritové směsi nad tepelně-zvukovou izolaci. Předpokládaná teplota přírodní otopné vody je 25 až 55 °C a podlaha pracuje s měrným tepelným výkonem nad 50 W/m².

U suchého způsobu pokládky je otopný had uložen do izolační vrstvy pod betonovou mazaninou či anhydritovou směsí. Od potěru jsou trubky odděleny hydroizolační fólií. Kovová roznášecí lamela (většinou Al) na trubkách otopného hadu pod fólií zvyšuje pevnost podlahy a umožňuje rovnoměrný rozvod tepla.

Podlaha vytvořená na suchý způsob pracuje s vyššími teplotami otopné vody. Přírodní teplota vody se pohybuje v rozsahu 40 až 65 °C. Tento způsob se využívá tam, kde nám postačují nižší měrné tepelné výkony cca do 60 W/m² a požaduje se nízká konstrukční výška podlahy (rekonstrukce).

Kladení „otopného hadu“ nerespektuje jednotlivé místnosti ani jednotlivé zúčtovací jednotky. Otopné hady respektují optimální cestu pokládky a přibližně stejnou délku, neboť po jejich napojení na patrový rozdělovač mají stejnou tlakovou ztrátu a tu musí vykazovat při projektem požadovaném průtoku.

Z hlediska rozúčtování nákladů na vytápění není technicky proveditelné (z důvodu výše popsaného uspořádání „otopného hadu“) instalovat na podlahovou otopnou plochu indikátory. Z hlediska nástrojů umožňujícího rozúčtování nákladů na vytápění se nabízí varianta s použitím denostupňové metody. Ta však naráží na fyzikální vlastnost podlahové, ale i stropní otopné plochy, kterou je tzv. samoregulační schopnost, a tudíž ani použití denostupňové metody není technicky proveditelné.

Samoregulační schopnost podlahové otopné plochy vychází ze základního definičního vztahu pro přestup tepla na otopné ploše. Pro měrný tepelný výkon podlahové otopné plochy je určující rozdíl povrchové teploty podlahy a teploty vzduchu. Změní-li se teplota vzduchu, změní se i měrný tepelný výkon otopné plochy.

$$q = \alpha_p \cdot (t_p - t_i). \quad [\text{W/m}^2]$$

Vydeme-li pro určení samoregulační schopnosti podlahové otopné plochy z upraveného vztahu používaného v certifikovaných laboratořích

$$q = 8,92 \cdot (t_p - t_i)^{1,1} \quad [\text{W/m}^2],$$

můžeme uvažovat např. povrchovou teplotu podlahy $t_p = 26$ °C a pro teplotu vzduchu:

- a) $t_i = 20 \text{ °C}$ pak je $q = 64 \text{ W/m}^2$,
- b) $t_i = 22 \text{ °C}$ pak je $q = 41 \text{ W/m}^2$.

Vidíme, že díky tzv. samoregulační schopnosti podlahové otopné plochy dojde ke snížení měrného tepelného výkonu, tj. tepla odebraného zdroji tepla, v případě zvýšení teploty vzduchu ve vytápěném prostoru. To znamená, že po dobu, než se projeví odezva na regulační zásah (což je u mokrého způsobu pokládky např. 2,6 hodin), je požadovaná hodnota regulované veličiny (teploty vzduchu) stále překračována. Z hlediska uplatnění denostupňové metody to tedy znamená, že přesto, že otopná plocha při vyšší teplotě vzduchu, po dobu než se projeví regulační zásah, dodává do vytápěného prostoru méně tepla, denostupňová metoda založená na rozdílu venkovní a vnitřní teploty účtuje více.

Stropní vytápění

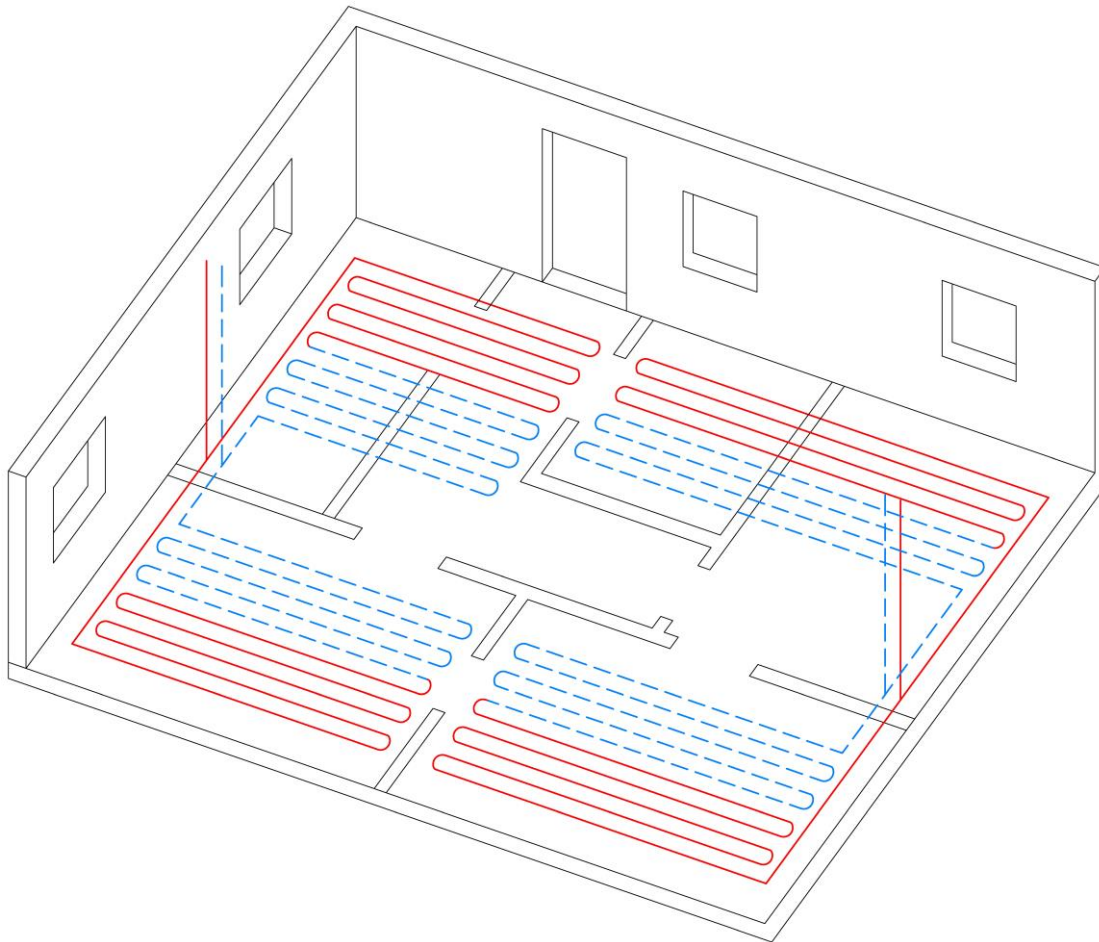
U stropního vytápění rozlišujeme následující provedení:

- otopná plocha s trubkami zalitými ve stropě (Crittall, podle Godfrey Crittall; event. počestěno Krital a tzv. aktivace betonu).
- otopná plocha tvořená lamelami (např. Stramax stropy)
- otopná plocha vytvořená sálavými panely a pasy
- otopná plocha v dutém podhledu (např. Frengerův otopný strop)

Stropní vytápění s trubkami zalitými ve stropě se vyznačuje tím, že trubky 3/8", 1/2" nebo 3/4" jsou přímo součástí stropní konstrukce (dnes se jednoznačně používá již jen plastů, tj. především PEXa – např. 17x2 mm). Mohou být uloženy přímo v betonu, a pak plní i významnou roli vzhledem k nosnosti stropu, jako armovací ocel, či jen v omítce stropu.

Při kladení trubek přímo do betonu se dříve jednalo o starý způsob provedení (Crittall). V tomto případě musí být otopný had kladen současně s výstavbou stropu. Mezi bedněním a trubkami musí být před betonáží zajištěna distančními vzpěrami mezera cca 2 cm. Nároky kladené na preciznost provedení otopného hadu jsou velké, neboť při chybném vyrovnání a spádování dochází k neustálým provozním potížím s vypouštěním a odvzdušňováním.

Do této skupiny patří i tzv. systémy aktivace betonu. Rozšířeno je označení tepelně aktivní prvky stavební konstrukce – TABS (Thermo Active Building Systems). Princip spočívá ve využití akumulační schopnosti betonového jádra a to jak pro vytápění, tak pro letní vysokoteplotní chlazení. Trubky se pokládají ještě v průběhu hrubé stavby a přizpůsobují se tak požadavkům stavby. S určitou nadsázkou lze říci, že se jedná o novodobý Crittall s plným využitím moderních technologií.



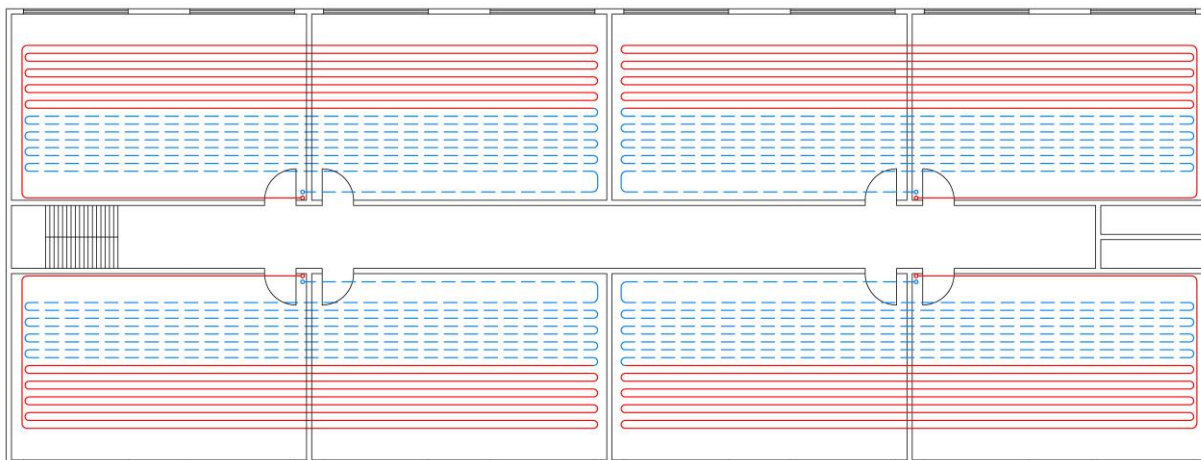
Obr. 2.11 Napojení otopného hadu na jednotlivá vertikální potrubí u stropního vytápění Crittall (z důvodů srovnání s obrázkem 2.2 a 2.3 byla ponechána viditelně dispozice zúčtovací jednotky)

Z hlediska rozúčtování nákladů na vytápění a zavedení metod indikací je stropní vytápění obdobou podlahového vytápění. Indikátor technicky na stropní otopnou plochu upevnit lze, ale vzhledem k nízkým povrchovým teplotám a vertikálnímu teplotnímu profilu ve vytápěném prostoru (vrstva teplého vzduchu pod stropem) ztrácí schopnost indikace a své technické opodstatnění. Zároveň je třeba si uvědomit, že odezva na regulační zásah tzv. samoregulační schopnost je zde dvou až čtyřnásobně delší, než je tomu u podlahového vytápění, tedy odezva na regulační zásah se může projevit až po 10 hodinách.

Nelze si nepovšimnout jedné skutečnosti vyplývající ze schémat na obrázcích. Místní individuální regulace je zde značně omezena, neboť i kdyby byly použity odpovídající prvky, otopný had prochází více místnostmi a nezřídka jeden otopný had napojený na jednu stoupačku zásobuje i více zúčtovacích jednotek. Příkladem jsou bytové jednotky např. v oblasti Prahy 4 ulic Blažičkova, Kremličkova, Rabasova, Tilschové, Fillova, nebo Za Zelenou liškou, Herálecká, Humpolecká atd. Vše to jsou bytové domy (odhadem cca 50 až 60 Společenství vlastníků bytových jednotek v této oblasti), které mají tento způsob vytápění proveden tak, že je napojení jednoho otopného hadu pro vytápění koupelen, chodeb a toalet na jedné společné větvi otopné soustavy, ale zároveň také pro dvě samostatné sousedící zúčtovací jednotky (princiálně obr. 2.12).

Dále se u stropního vytápění Crittall pro napojení jednotlivých otopných hadů používaly a stále používají tzv. dvouregulační ventily (procento záměn za TRV je zanedbatelné). Ty však nezajišťují žádnou regulaci podle vnitřní teploty, ale slouží k pouhému hydraulickému doregulování tlakové ztráty jednotlivých napojených okruhů. Tak je možnost uživatelů ovlivnit spotřebu tepla pro vytápění minimální.

Jestliže uživatel nemůže ovlivnit dodávku tepla do jednotlivých místností, nepřinese zavedení indikačních metod ani žádné úspory. Z hlediska uplatnění denostupňové metody platí totéž, co bylo napsáno o samoregulační schopnosti u podlahového vytápění. Tato nevýhoda se projeví o to markantněji, o co je odezva na regulační zásah delší.



Obr. 2.12 Pokládka otopného hadu u stropního vytápění Crittall

Z výše uvedeného vyplývá, že povinné zavedení indikačních metod u systémů podlahového či stropního vytápění není z hlediska technického proveditelné. U stěnového vytápění není z hlediska technického možné správným způsobem instalovat indikátor na stěnu, neboť by snímal naprosto nereprezentativní údaj.

2.5 Vliv volby teplotních parametrů otopných soustav na tepelně technické chování otopných ploch

Oba parametry, tj. jak průtok, tak ochlazení vody v otopném tělese, spolu neoddělitelně souvisí. Vystává otázka: jaké teploty, ochlazení a průtok se máme snažit dosáhnout? Základní předpoklady, jako je např. požadované použití kondenzační techniky, tepelného čerpadla, dosažení tepelné pohody včetně optimálního teplotního a rychlostního pole ve vytápěném prostoru, dávají určující orientaci stran návrhu teplotních parametrů u otopných soustav, potažmo rozložení teplot na otopných tělesech. Otázka ohledně správné velikosti ochlazení a optimálního průtoku tak nemůže být zcela obecně, jednoznačně a univerzálně zodpovězena, neboť každá otopná soustava vzhledem ke svému zdroji tepla a druhu potrubní sítě a každá otopná plocha vzhledem ke svému teplo-technickému chování a způsobu sdílení tepla do vytápěného prostoru a k požadavku vytvoření tepelného komfortu požaduje individuální přístup a zvážení hodnot jednotlivých parametrů. O to složitější je poté využití indikace, založené na střední povrchové teplotě otopného tělesa.

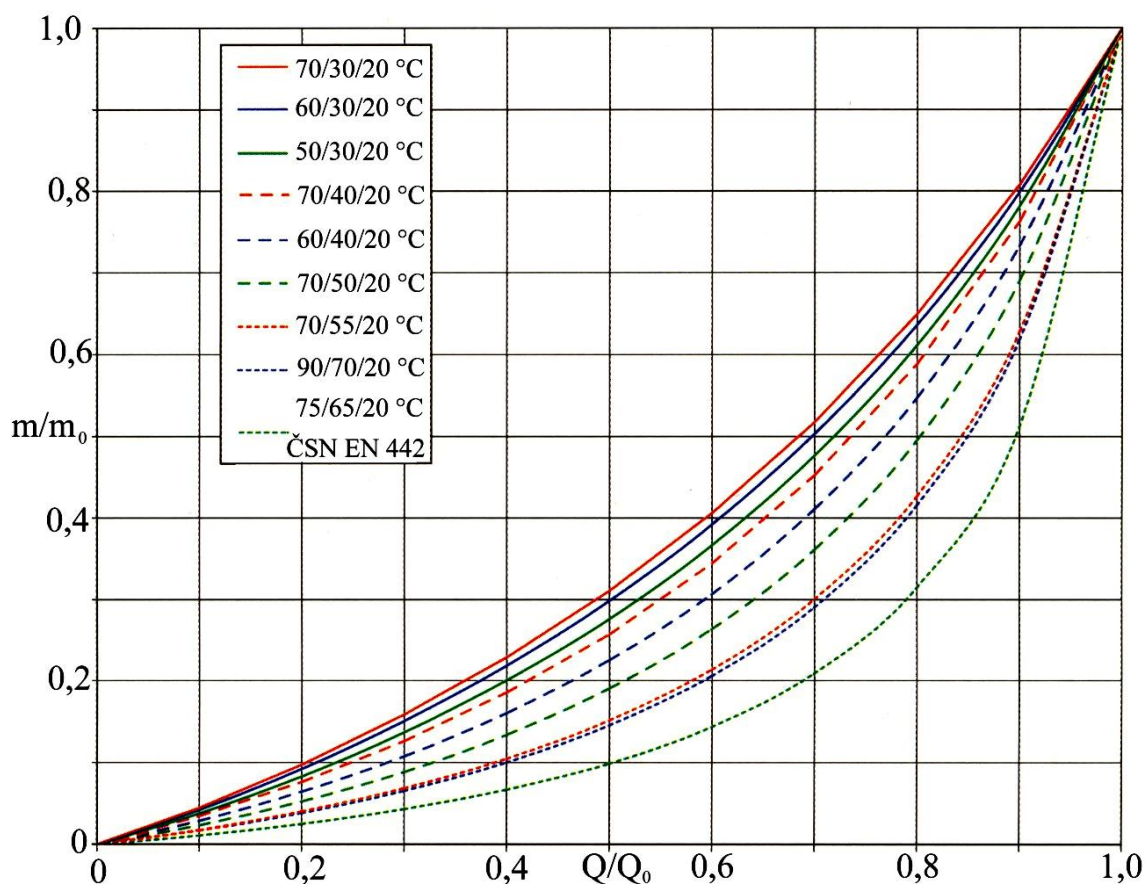
Cílem je zařízení, které funguje pokud možno efektivně. To znamená, že z primární vložené energie chceme získat maximální užitek. Efektivitu zařízení zajišťuje nejen správný návrh, ale v průběhu otopného období především regulace. Zatímco regulace zdroje tepla a otopné soustavy probíhá většinou kvalitativně změnou teploty teplotonosné látky, místní regulace otopného tělesa je zajišťována kvantitativně změnou průtoku a následně tedy změnou ochlazení vody v tělese (změna střední teploty otopného tělesa).

Při návrhu, provozu, ale i při indikaci je třeba mít na zřeteli jak teplotu přívodní vody, ochlazení v tělese, tak průtok vody otopnou soustavou, resp. otopným tělesem. Tyto parametry by měly být voleny při návrhu tak, aby i v přechodném období probíhalo efektivní sdílení tepla z otopné plochy.

V diagramu (obr. 2.13) se soustředíme na možný vliv dvou parametrů:

- teploty přívodní vody,
- teplotního spádu (ochlazení na tělese) na změnu tepelného výkonu otopného tělesa.

Přesto, že jsou obě veličiny spolu přímo vzájemně svázány, zkusme jejich vliv nejdříve posoudit odděleně.



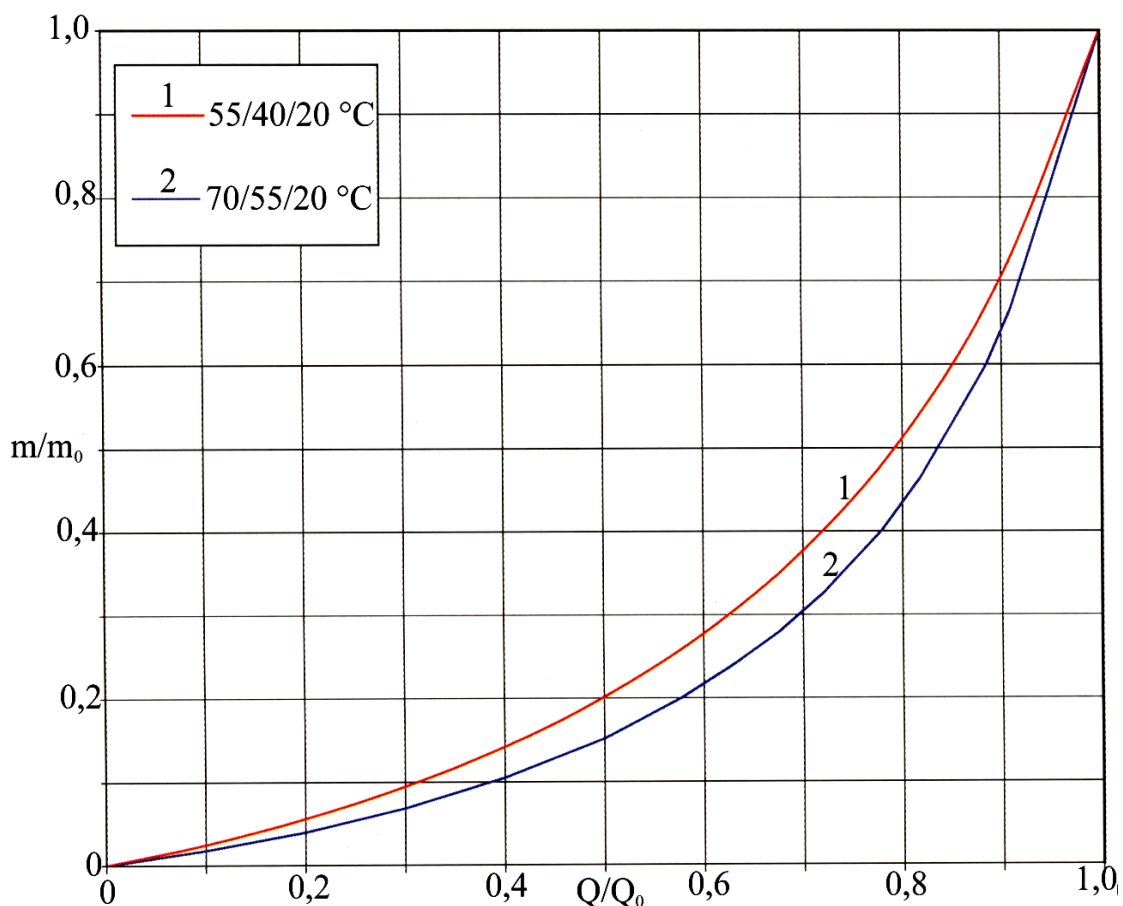
Obr. 2.13 Vzájemný vztah mezi průtokem a tepelným výkonem při různých teplotních spádech a teplotě přívodní vody (pro $n = 1,3$)

Ad a) Vliv teploty přívodní vody na změnu výkonu

Abychom zjistili vliv teploty přívodní vody do otopného tělesa na jeho tepelný výkon, budeme ji měnit s tím, že teplotní spád zůstane konstantní, a to o hodnotě 20 K. Diagram na obr. 2.14 ukazuje průběhy získaných charakteristik.

Efekt je téměř zarážející. Můžeme konstatovat, že pokud je naším cílem linearita mezi průtokem a tepelným výkonem, je výhodnější co nejnižší teplota přívodní vody do tělesa. Neboli, čím více se teplota přívodní vody do tělesa blíží teplotě vnitřního vzduchu, tím je závislost mezi průtokem a tepelným výkonem lineárnější.

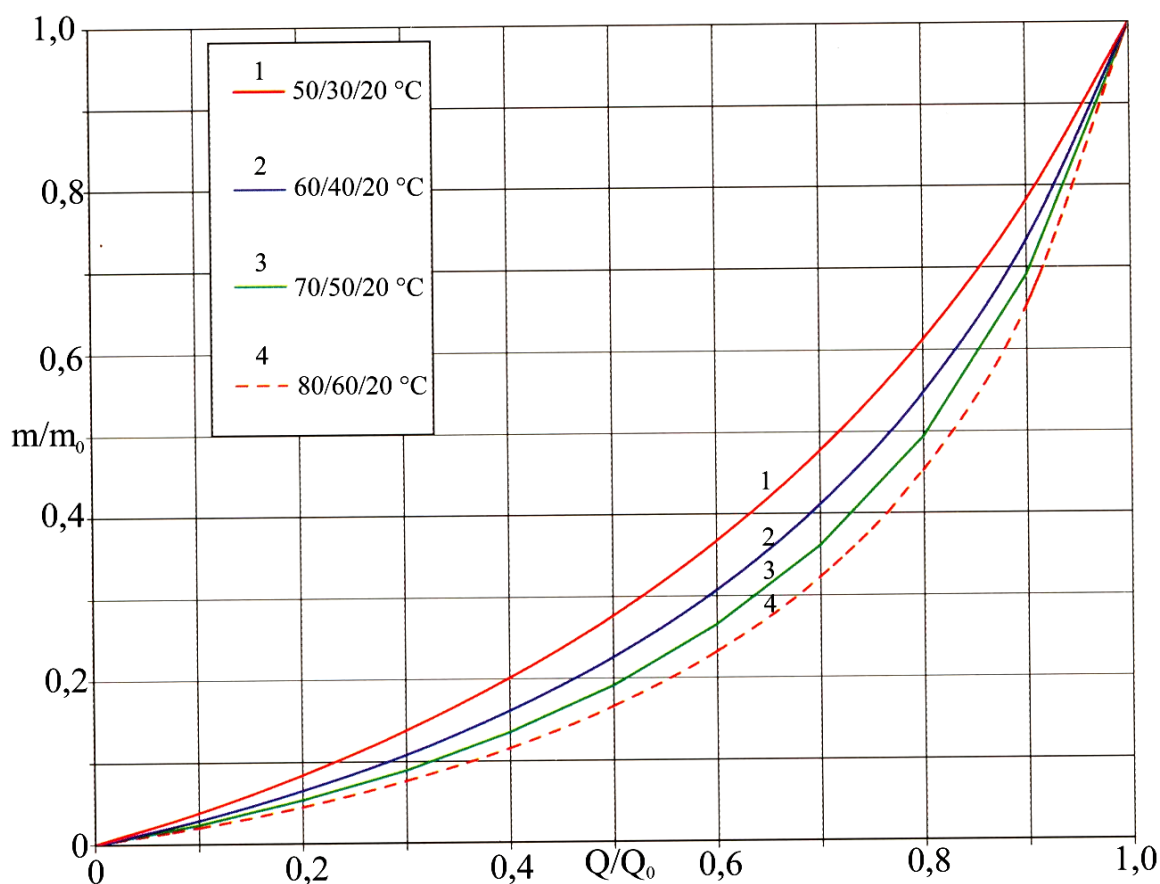
Nízká projektovaná teplota přívodní vody je tak z hlediska optimalizace provozu příznivější. K nižší projektované teplotě přívodní vody nás však vedou i jiné požadavky, které kladou většinou zdroje tepla, jako jsou kondenzační kotle, tepelná čerpadla, solární okruhy, ale rovněž i zajištění tepelné pohody v celém vytápěném prostoru ve vazbě na zateplení objektu včetně výměny oken, tj. lepší tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí.



Obr. 2.14 Vzájemný vztah mezi průtokem a tepelným výkonem pro teplotní spád 15 K (pro $n = 1,3$)

Ad b) Vliv teplotního spádu na změnu výkonu

V projektu se vzhledem k otopné soustavě teplotní spád většinou volí, a to s ohledem na hydrauliku, resp. na velikost tlakových ztrát a s nimi související výkon oběhového čerpadla. Reálný teplotní spád ovlivňuje jak dodavatel tepla teplotními parametry danými pro výměňkovou stanici, tak dynamická reakce otopné soustavy na každý regulační zásah. Teplotní spád je však třeba zvážit i s ohledem na regulační chování otopných těles samotných, což má přímou vazbu na indikaci jak na principu odparu, elektronickou, tak i denzitometrickou.



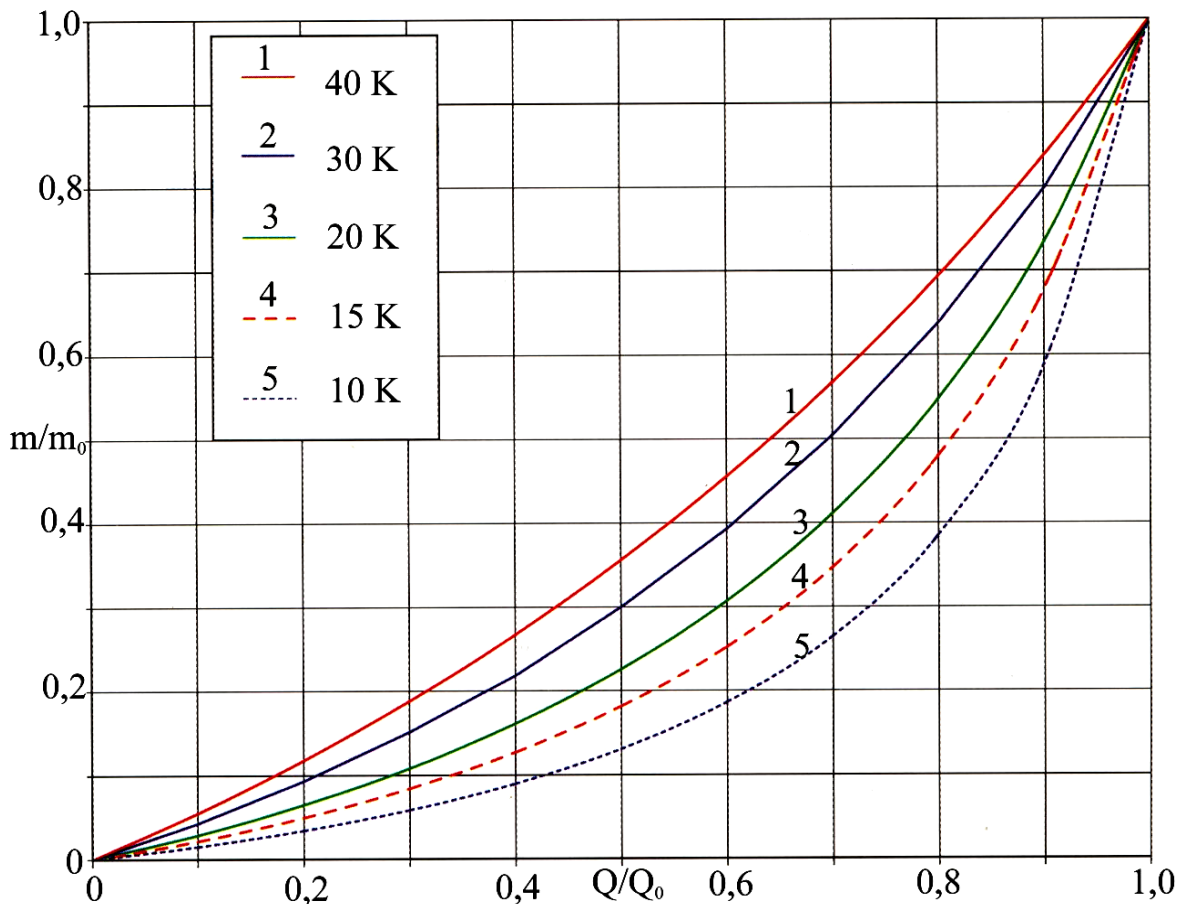
Obr. 2.15 Vliv teploty přírodní vody na změnu tepelného výkonu při konstantním teplotním spádu 20 K (pro $n = 1,3$)

Pro diagram na obr. 2.16 je za konstantní považována teplota přírodní vody. V diagramu je uvažována hodnota 60 °C již s ohledem na předchozí zjištění a teplotní spád se mění.

Obr. 2.16 ukazuje, že čím větší je teplotní spád, tím více se přibližujeme k lineární závislosti mezi průtokem a tepelným výkonem. Mezní hranice ochlazení je určena teplotou vnitřního vzduchu, neboť teplota zpětné vody může být minimálně rovna teplotě vzduchu vytápěného prostoru. Ovšem pak jde velikost otopného tělesa k nesmyslně velikým hodnotám.

Pokud si prohlédneme obr. 2.15 a 2.16, zjistíme, že oba sledované parametry významně ovlivňují kvalitu regulačního pochodu u otopných těles. Přitom se zdá nepodstatné, zda měníme teplotní spád či teplotu přírodní vody.

Přirozeně jsou jak pro teplotní spád, tak pro teplotu vstupní vody dány určité hranice. Termostatické regulační ventily musí být schopny při velkém teplotním spádu regulovat malé průtoky. Jsme rovněž omezeni velikostí otopných těles, která musí pokrýt tepelnou ztrátu, a jejichž střední teplota by měla odpovídat bilančním požadavkům vytápěného prostoru.



Obr. 2.16 Vliv teplotního spádu na změnu výkonu při konstantní teplotě přívodní vody (teplota přívodní vody = 60 °C, teplota okolí = 20 °C, $n = 1,3$)

Na základě rozboru dříve uvedeného ve smyslu efektivního provozování otopné plochy a optimálního příkonu oběhového čerpadla se teplota přívodní vody pohybuje od 40 do 60 °C a teplotní spád od 15 do 20 K jako doporučené hodnoty. Tyto hodnoty odpovídají i bilančním požadavkům vytápěného prostoru při dnes uznávaných tepelně-technických parametrech objektů.

Je omylem se domnívat, že do nízkoteplotních otopných soustav patří pouze podlahové a stěnové vytápění. Otopné soustavy s otopnými tělesy lze při dnešních tepelně technických vlastnostech obvodových konstrukcí bez problémů navrhovat jako nízkoteplotní aniž bychom měli problémy s velikostí otopných těles.

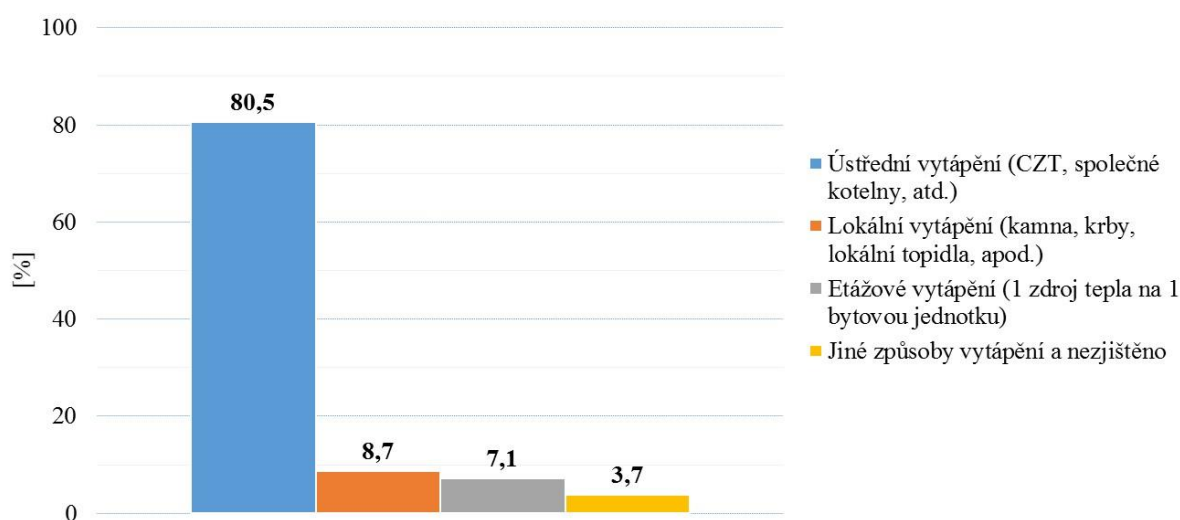
Každý projektant musí sám zvážit podle konkrétního úkolu, který má řešit, jaký bude optimální teplotní spád, teplota přívodní vody a průtok v otopné soustavě a jakou otopnou soustavu navrhnout pro daný objekt.

2.6 Úprava dvoutrubkové vertikální otopné soustavy na dvoutrubkovou horizontální s možností přímého měření tepla pro zúčtovací jednotku

2.6.1 Rozdělení bytového fondu v ČR

Předchozí text popisuje jednotlivé typy nejčastěji používaných otopných soustav v ČR. Dále bude popsán příklad úpravy dvoutrubkové vertikální otopné soustavy na horizontální s možností přímého měření tepla pro zúčtovací jednotku. Následující text vychází z údajů Českého statistického úřadu ke dni 26. 3. 2011, kdy bylo provedeno sčítání lidu, domů a bytů.

K 26. 3. 2011 bylo v ČR celkem 4 756 600 bytů. Z toho 4 104 635 obydlených a 651 900 (13,7 %) neobydlených. Více než polovina obydlených bytů byla v bytových domech cca 55 %. Podíl bytů v rodinných domech dosáhl 43,7 %. Z celkového počtu neobydlených bytů slouží k rekreaci cca 169 000 bytů (25,9 %). Průměrná celková plocha bytu v ČR je 86,7 m² (109,1 m² byty v rodinných domech a 68,5 m² byty v bytových domech).



Obr. 2.17 Obydlené byty podle způsobu vytápění (zdroj: ČSÚ ke dni 26.3.2011)

Z těchto statistických dat dále vyplývá, že z celkového počtu obydlených bytů 4 104 635 je celkem 3 301 760 bytů vybaveno ústředním vytápěním, tj. cca 80,5 %. Dalších 8,7 % bytů je vytápěno lokálně (kamny, krby, lokálními topidly apod.). 7,1 % bytů má etážové vytápění, tzn., mají osazen jeden zdroj tepla na jednu bytovou jednotku a u 3,7 % ČSÚ uvádí jiný způsob vytápění nebo způsob vytápění nezjištěn.

K doplnění statistik je nutné dále uvést, jakou energii k vytápění jednotlivé byty využívají (viz. tabulka 2.2). Z celkového počtu obydlených bytů 4 104 635 bytů, mělo samostatnou kotelnu umístěnou mimo bytový dům 1 365 060 bytů. Rozdělení závislosti na použitém druhu paliva těchto kotel uvádí tabulka 2.3.

Tabulka 2.2 Obydlené byty v ČR dle způsobu vytápění (zdroj: ČSÚ ke dni 26. 3. 2011)

Byty	Obydlené byty celkem	z toho		Počet osob	
		v rodinných domech	v bytových domech	celkem	z toho v rodinných domech
Obydlené byty celkem	4 104 635	1 795 065	2 257 978	10 144 961	5 033 359
z toho způsob vytápění:					
ústřední	3 301 760	1 520 260	1 749 183	8 326 696	4 393 887
z toho kotelna v domě:					
na pevná paliva	554 116	507 575	43 027	1 619 229	1 496 203
na plyn	1 174 842	882 172	273 754	3 173 472	2 520 422
etážové	292 222	52 396	237 533	714 340	134 739
z toho používaná energie:					
uhlí, koks, uhelné brikety	17 056	7 238	9 591	42 649	16 987
dřevo, dřevěné brikety	9 204	5 071	4 021	25 020	13 225
plyn	236 605	31 810	203 233	575 316	82 938
elektrína	18 829	5 802	12 842	47 117	15 601
kamna	357 039	163 462	190 206	779 764	375 507
z toho používaná energie:					
uhlí, koks, uhelné brikety	28 203	21 552	6 370	57 090	41 520
dřevo, dřevěné brikety	58 473	45 625	12 228	142 365	107 646
plyn	143 198	32 533	110 182	285 271	68 387
elektrína	115 218	56 548	56 788	270 203	143 042

Tab. 2.3 Obydlené byty podle způsobu vytápění a používané energie k vytápění a podle velikostních skupin obcí a krajů (zdroj: ČSÚ ke dni 26.3.2011)

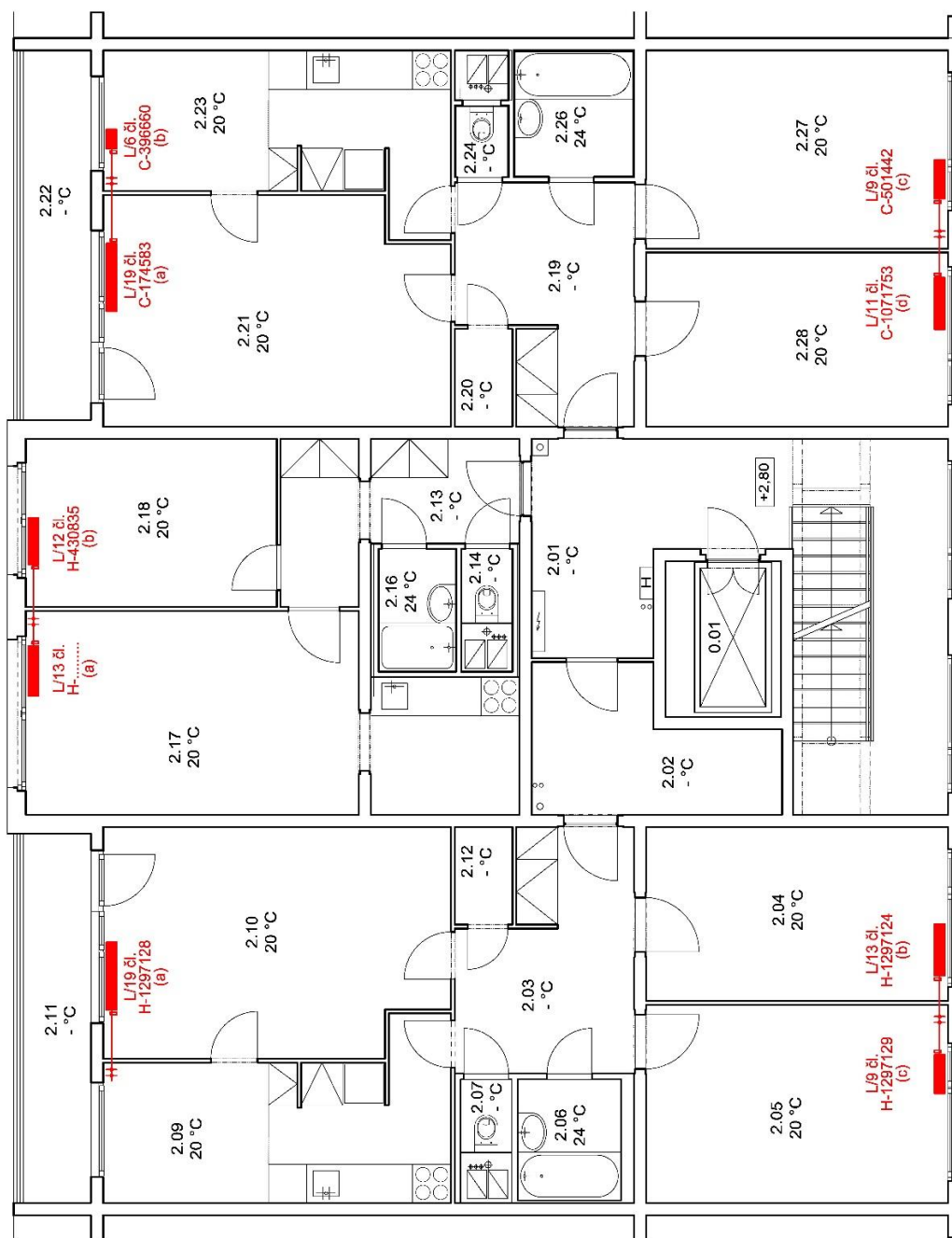
	Obydlené byty celkem	z toho podle způsobu vytápění			z toho podle energie používané k vytápění				
		ústřední	etážové (s kotlem v bytě)	kamna	z kotelný mimo dům	uhlí, koks, uhelné brikety	plyn	elektrina	dřevo
ČR celkem k 26. 3. 2011	4 104 635	3 301 760	292 222	357 039	1 365 060	336 076	1 419 633	255 019	285 386
v tom:									
Hlavní město Praha	542 168	391 685	52 436	67 319	253 524	2 876	170 890	28 653	1 709
Středočeský kraj	482 860	390 657	26 539	46 514	105 235	78 826	158 583	51 360	33 275
Jihočeský kraj	247 608	205 497	11 266	22 431	78 661	32 671	56 043	19 954	36 677
Plzeňský kraj	226 298	179 901	17 933	19 964	67 607	29 242	73 139	11 111	22 227
Karlovarský kraj	119 403	97 827	8 759	7 528	53 329	9 597	27 749	5 194	6 162
Ústecký kraj	330 981	273 844	20 853	23 078	148 912	27 086	82 265	16 689	13 282
Liberecký kraj	171 328	129 486	16 568	17 365	52 949	20 896	48 801	14 920	13 507
Královéhradecký kraj	215 277	160 337	19 069	26 898	56 722	28 494	68 484	23 051	17 757
Pardubický kraj	196 288	153 859	18 996	17 204	47 222	21 066	81 267	10 926	18 478
Kraj Vysočina	188 191	152 264	14 449	15 841	38 501	27 485	73 008	11 917	23 370
Jihomoravský kraj	443 358	352 641	36 354	39 389	120 678	7 887	229 446	20 984	22 789
Olomoucký kraj	243 624	198 998	18 882	18 752	69 753	12 455	102 515	13 381	25 263
Zlínský kraj	217 093	188 005	9 391	14 517	57 287	8 820	96 078	11 987	25 241
Moravskoslezský kraj	480 158	426 759	20 727	20 239	214 680	28 675	151 365	14 892	25 649

Podle údajů ČSÚ bylo v roce 2011 dokončeno 28 628 bytů, v roce 2012 to bylo 29 477 bytů, v roce 2013 se jednalo o 25 246 bytů a v roce 2014 to bylo 23 881 bytů. V bytových domech se za posledních cca 15 až 20 let výstavby změnila struktura dokončených bytů podle pokojovosti. Snižuje se podíl dokončených bytů s kuchyní a jedním pokojem a zvyšuje se podíl bytů se dvěma pokoji, aniž by se výrazně změnila užitková plocha.

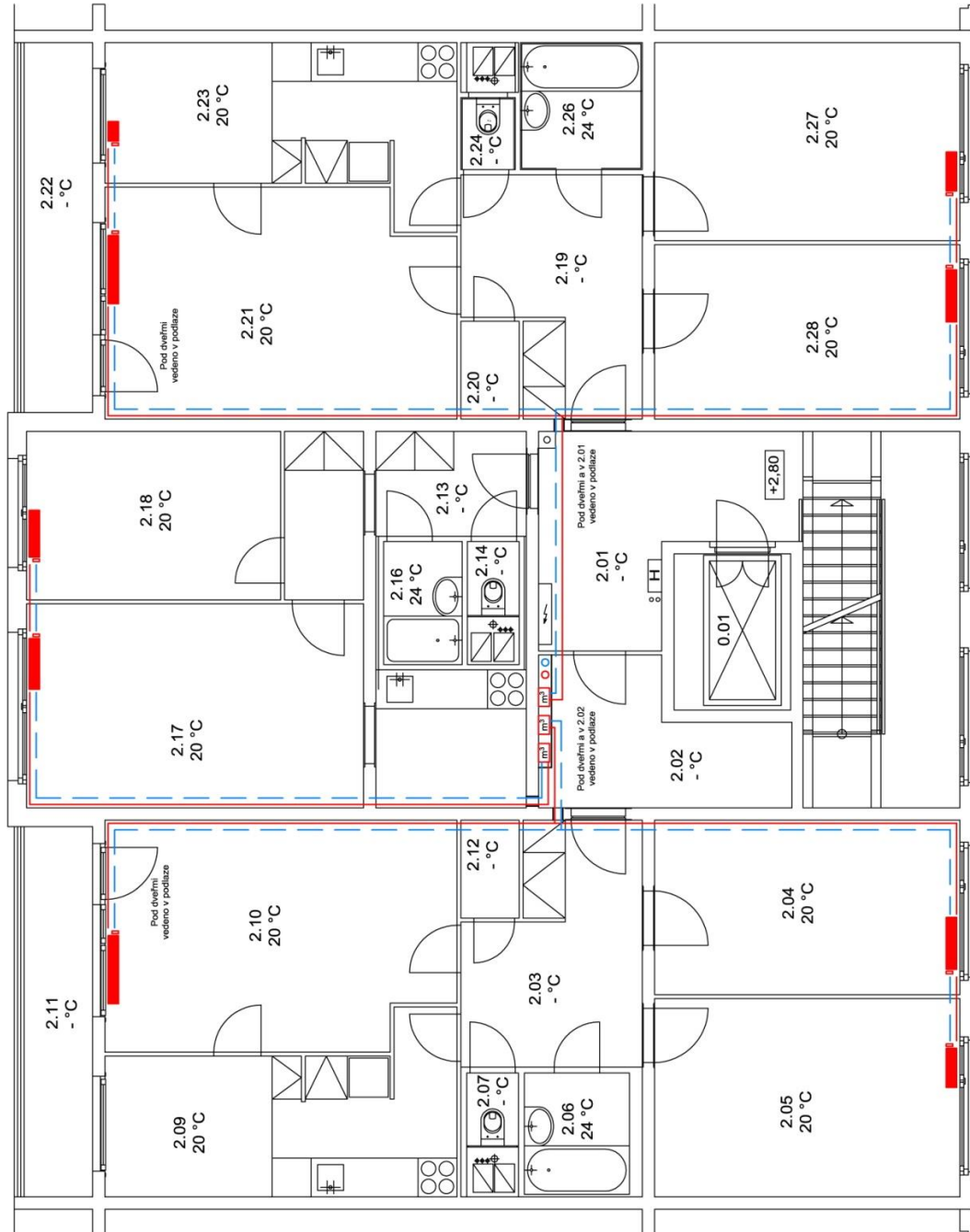
2.6.2 Ukázka typového podlaží bytového domu s vertikální dvoutrubkovou otopnou soustavou a nuceným oběhem vody

V případě ukázky typického podlaží bytového domu je vybrán objekt, který má celkem 11 pater. Jedná se o starší typ panelového domu s vertikální dvoutrubkovou otopnou soustavou, uzavřenou, se spodním rozvodem a nuceným oběhem vody. Otopná soustava je osazena článkovými otopnými tělesy, potrubí je ocelové a nemá tepelnou izolaci. Jako typické podlaží bylo vybráno 2.NP vchodu, který se nachází uprostřed objektu. Orientace ke světovým stranám je u oken na východ nebo na západ. Celou situaci ukazuje obr. 2.18. Prostory koupelen jsou vytápěny samostatnými elektrickými topidly a do spotřeby tepla teplovodní otopné soustavy se nezapočítávají. Venkovní balkónové lodžie jsou zcela zaskleny a nejsou stejně jako chodby, šatny a toalety vytápěny.

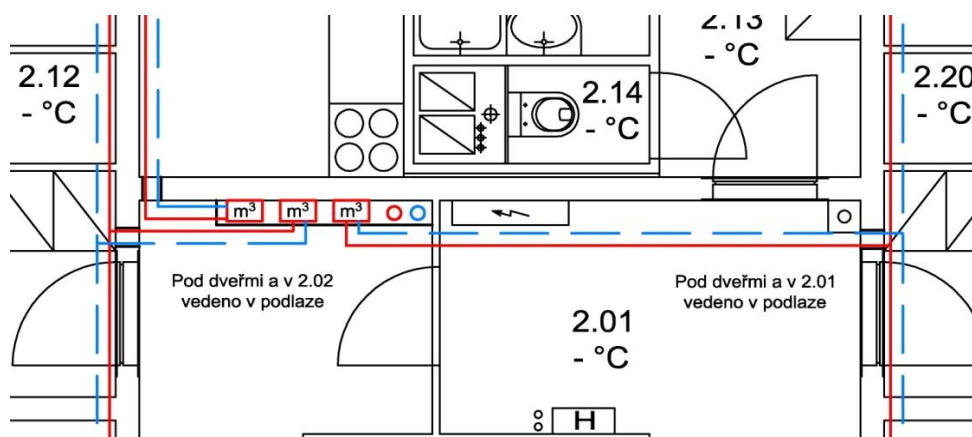
Přechod na horizontální dvoutrubkovou otopnou soustavu tak, aby umožňoval přímé měření spotřeby tepla na každou zúčtovací jednotku je vidět na obr. 2.19. Pro návrh bylo využito plastového potrubí jednotné dimenze DN15 s tím, že pro konkrétní podlaží je nutný prováděcí projekt, který bude řešit hydraulickou stabilitu jednotlivých horizontálních větví a následně také nové otopné soustavy jako celku. Jako výrazná komplikace se jeví nutnost zasekání nových rozvodů buď do zdí (dle materiálu a tloušťky zdi), nebo do podlah nebo nechat volně vést po povrchu. Tyto stavební úpravy jsou závislé na stavební skladbě dané konstrukce a např. u typických panelových domů jsou tyto zásahy velmi problematické. Další komplikací je také navrhovaná trasa nové otopné soustavy. Je nutné vzít v úvahu i komfort uživatele bytu, aktuální vybavenost bytu např. obklady stěn, použitou podlahovou krytinu, rozvody elektroinstalace, vodovodu, kanalizace nebo případně i větrání. To vše jsou možné komplikace, které je nutné posuzovat individuálně. Finanční náležitosti jsou uvedeny samostatně v kapitole 4.



Obr. 2.18 Typické podlaží vybraného bytového domu s vertikální dvoutrubkovou otopnou soustavou



Obr. 2.19 Úprava typického podlaží vybraného bytového domu na horizontální dvoutrubkovou otopnou soustavou



Obr. 2.20 Detail společného prostoru pro instalaci přímého měření spotřeby tepla pro tři zúčtovací jednotky

Další komplikace mohou nastat v případě hledání nového společného prostoru pro instalaci přímého měření spotřeby tepla (obr. 2.20). Je nutné si uvědomit, že je potřeba nalézt nejenom dostatečný prostor pro instalaci, ale také i vhodné místo s ohledem na napojení jednotlivých bytů. Součástí takového prostoru musí být příslušný počet kalorimetrů (počet zúčtovacích jednotek), čidel na přívodním a vratném potrubí dané zúčtovací jednotky, uzavírací armatury (nejčastěji kulové kohouty) pro možnost demontáže a následné kalibrace kalorimetru. V neposlední řadě mohou být součástí takového prostoru i vyvažovací armatury.

Výrazný problém pak může představovat výběr místa s ohledem na řešení vstupu do jednotlivých zúčtovacích jednotek. Současně s tím se jako komplikace jeví také umístění hlavní přívodní a vratné větve zúčtovací jednotky a to buď zasekáním do podlahy, stěny nebo volným vedením pod stropem ať již přiznaně nebo zakrytě. Tyto varianty vychází z principů etážové otopné soustavy (obr. 2.10).

V případě volného vedení neizolovaného potrubí v bytových jednotkách je u horizontálních potrubí nutné vzít v úvahu případné tepelné zisky dle § 4 odstavce 5 vyhlášky č. 193/2007 Sb. Pokud vytápěným prostorem prochází potrubí, které je tepelně neizolované (např. vertikální větve – stoupačky, přípojné potrubí k otopným tělesům) a které ze svého povrchu sdílí teplo do vytápěného prostoru, jedná se o dodatečný tepelný výkon, resp. zisk pro vytápěný prostor. Samozřejmě z pohledu rozvodů potrubních sítí se také jedná i tepelnou ztrátu rozvodů tepla.

Z pohledu vyhlášky č. 193/2007 Sb. se za trvalý tepelný zisk považuje neizolované potrubí ve vnitřním vytápěném prostoru, pokud je teplota teplotnosné látky (otopné vody) v rozvodu rovna nebo vyšší než 60 °C a délka potrubí je vyšší než 2 m. Hodnoty tepelných zisků od neizolovaného potrubí uvádí vyhláška č. 193/2007 Sb. v příloze č. 2. Tabulky platí pro vnitřní výpočtovou teplotu 20 °C. V případě potřeby výpočtu pro jinou vnitřní teplotu vzduchu, nestandardní průměry nebo emisivitu potrubí či okolních ploch je možné použít následujícího odvození. Teplo z teplotnosné látky protékající potrubím se sdílí z povrchu neizolované trubky do vytápěného prostoru konvekcí (prouděním) a radiací (sáláním). Základní zjednodušený vztah, který umožňuje stanovit tepelný výkon jednoho metru trubky, je

$$\dot{Q} \approx (\alpha_k + \alpha_s) \cdot S_{tr} \cdot (t_{tr} - t_i)$$

kde,

Q - tepelný výkon 1 m neizolovaného potrubí [W/m_{tr}]

- α_k – součinitel přestupu tepla konvekcí [W/m²·K],
- α_s – součinitel přestupu tepla sáláním [W/m²·K],
- S_{tr} – vnější povrch potrubí o délce 1 m [m²/(m_{tr})],
- t_{tr} – povrchová teplota potrubí (lze uvažovat $t_{tr} \approx t_w$) [°C],
- t_i – teplota okolního vzduchu [°C].

Přestup tepla konvekcí (prouděním) je fyzikálně velmi složitý jev, přesný výpočet je možný jen v některých jednoduchých případech. Praktické výpočty se dnes provádějí obvykle podle kritériálních rovnic nebo podle empirických vztahů. Pro přestup tepla konvekcí u svislého potrubí lze použít kritériální rovnici ve tvaru

$$\alpha_k = 1,45(t_w - t_i)^{0,25},$$

a pro vodorovné potrubí ve tvaru

$$\alpha_k = 1,22 \left(\frac{t_w - t_i}{d} \right)^{0,25},$$

kde,

- t_w – střední teplota vody ve sledovaném úseku potrubí [°C],
- t_i – vnitřní výpočtová teplota [°C],
- d – vnější průměr potrubí [mm].

Mechanismus sálavého přenosu tepla je zásadně odlišný od mechanismu molekulárního nebo turbulentního přenosu. Tepelné záření (sálání) se liší od ostatních elektromagnetických vln pouze způsobem svého vzniku (vzniká v důsledku teplotních excitací). Pro případ potrubí je možné do výpočtu zahrnout několik předpokladů. První je, že potrubí je místností zcela obklopeno, a proto je možné úhlový součinitel osálání mezi potrubím a okolními plochami uvažovat $\varphi_{tr,i} = 1$. Další zjednodušení platí pro emisivity. Emisivita (resp. poměrná pohltivost) je definována jako poměr intenzity vyzařování skutečného měřeného tělesa k intenzitě vyzařování absolutně černého (ideálního) tělesa se stejnou teplotou. Emisivita povrchu okolních stěn, na které potrubí sálá, je většinou v rozsahu $\varepsilon_{op} = 0,93$ až 0,95. Z tohoto důvodu je možné pro tyto případy emisivitu okolních ploch zanedbat. Poslední zjednodušení je s ohledem na teplotu okolních ploch t_u . Pro výpočet je možné tuto teplotu nahradit teplotou vzduchu, tj. $t_u \approx t_i$. Zjednodušený zápis pro výpočet součinitele přestupu tepla sáláním je pak možný ve tvaru

$$\alpha_s = \frac{\varepsilon_{tr} \cdot \varepsilon_{op} \cdot c_0 \cdot \left(\left(\frac{T_{tr}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_u}{100} \right)^4 \right)}{(t_{tr} - t_u)} \approx \frac{\varepsilon_{tr} \cdot c_0 \cdot \left(\left(\frac{T_{tr}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_i}{100} \right)^4 \right)}{(t_{tr} - t_i)},$$

kde,

- c_0 – součinitel sálání absolutně černého tělesa [W/m²·K⁴]
 $c_0 = 10^8 \cdot \sigma = 5,67$ [W/m²·K⁴],
- σ – Stefan-Boltzmannova konstanta ($5,67 \cdot 10^{-8}$ W/m²·K⁴),
- ε – emisivita potrubí (pro standardní nátěry se pohybuje od 0,92 do 0,94) [-],
- T – absolutní teplota [K].

Tab. 2.4 Směrné hodnoty tepelného výkonu pro vertikální potrubí vztažené na 1 m délky potrubí dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Průměr potrubí [DN]	Vnitřní teplota [°C]	Teplota vody v potrubí [°C]						
		90	85	80	75	70	65	60
		Tepelný výkon neizolovaného potrubí [W/m]						
10	20	45	40	35	30	30	25	20
15	20	60	50	45	40	35	30	30
20	20	70	65	60	50	45	40	35
25	20	90	80	70	65	55	50	40
32	20	110	100	90	80	70	60	55
40	20	125	115	100	90	80	70	60
50	20	150	140	120	110	100	85	75

Tab. 2.5 Směrné hodnoty tepelného výkonu pro horizontální potrubí vztažené na 1 m délky potrubí dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Průměr potrubí [DN]	Vnitřní teplota [°C]	Teplota vody v potrubí [°C]						
		90	85	80	75	70	65	60
		Tepelný výkon neizolovaného potrubí [W/m]						
10	20	35	30	30	25	25	20	15
15	20	45	40	35	30	30	25	20
20	20	55	50	45	40	35	30	25
25	20	70	60	55	50	45	40	30
32	20	85	75	70	60	55	50	40
40	20	95	85	80	70	60	55	50
50	20	115	105	90	85	75	65	55

Pokud tedy dle obrázku 2.19 budeme uvažovat prostřední byt velikosti 2+1, ve kterém bude nově navržený horizontální rozvod potrubní sítě neizolovaný v dimenzi DN15, můžeme dle následujícího textu a tabulky 2.5 pro místnost 2.17 odečíst následující hodnoty.

Teplota vody v přívodním potrubí je 75 °C, ve vratném potrubí 60 °C. Půdorys místnosti 2.17 má rozměry 5,0 x 3,1 m. Tzn. že nově navržené neizolované potrubí má délku 8,1 m, a to jak přívodní tak vratné. Z pohledu tabulky 2.5 se jedná o trvalý tepelný výkon neizolovaného potrubí ve výši $8,1 \cdot 30 + 8,1 \cdot 20 = 405$ W. Pokud uvážíme celkovou tepelnou ztrátu místnosti 2.17 původního stavu bytového domu (původní okna a panel) ve výši 1 400 W je jasné, že tyto tepelné zisky tvoří cca 29 %

tepelné ztráty místnosti. To by znamenalo v teplých měsících otopného období problém s přetápěním. Pokud, ale navíc projde dům rekonstrukcí, dojde k výměně oken a zateplení vnější obálky budovy, klesnou tepelné ztráty místnosti 2.17 na hodnotu cca 600 W (dodržení doporučených součinitelů dle ČSN 73 0540-2). V takovém případě se trvalé tepelné zisky od neizolovaného potrubí podílejí na pokrytí tepelné ztráty z cca 68 % a to představuje výrazný problém s ohledem na provoz resp. regulaci otopné soustavy.

Tento důsledek je velmi často v současných projektech a to nejen změn otopných soustav, ale i v projektech pro „pouhé“ zateplení bytových domů opomíjen a jeho důsledky, jak popisuje předchozí příklad, mají fatální dopady na tepelnou pohodu v domě. Nedílnou součástí změny otopné soustavy by tak měl být projekt vytápění, ve kterém by byla řešena jednak otázka hydrauliky, tak i otázka velikosti teplosměnných ploch otopných těles a úprava teplotních parametrů (tj. podmínky nákladově optimálních podmínek otopné soustavy ve smyslu vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, v platném znění).

Ekonomické zhodnocení záměny otopné soustavy je provedeno v kapitole 4.

3. MĚŘENÍ A INDIKACE SPOTŘEBY TEPLA

3.1 Měření spotřeby tepla

Hovoříme-li o teple, jehož jednotkou je Joule, tak musíme mít vždy na paměti, že je to tepelný výkon \dot{Q} ve Watech předaný v čase v sekundách. Můžeme tak psát základní vztah.

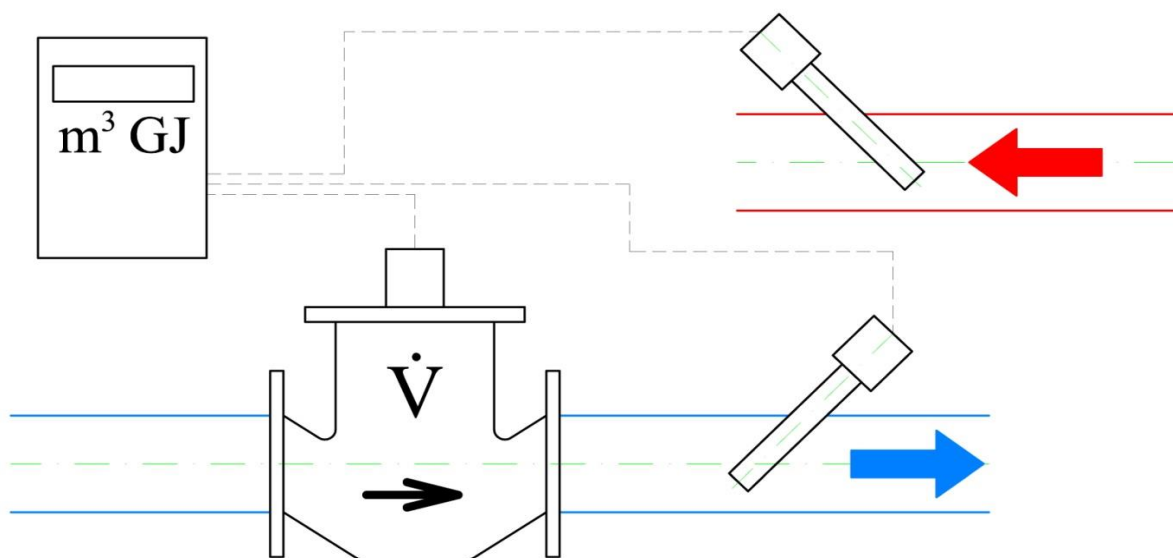
$$Q = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \dot{Q} \cdot d\tau = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \dot{m} \cdot (h_1 - h_2) \cdot d\tau \quad [\text{J}].$$

Je patrné, že teplo je definováno přes hmotnostní průtok \dot{m} a rozdíl entalpií teplotnosné látky Δh . Budeme-li uvažovat jako teplotnosnou látku vodu, pak lze rozdíl entalpií nahradit rozdílem součinů měrné tepelné kapacity a teploty.

$$Q = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \dot{Q} \cdot d\tau = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \dot{m} \cdot (h_1 - h_2) \cdot d\tau = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \dot{m} \cdot c \cdot (t_{w1} - t_{w2}) \cdot d\tau = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{w1} - t_{w2}) \cdot d\tau \quad [\text{J}],$$

kde

- \dot{Q} - tepelný výkon [W],
- τ - čas [s],
- \dot{m} - hmotnostní průtok [kg/s],
- $(h_1 - h_2)$ - rozdíl entalpií přívodní a zpětné teplotnosné látky [J/kg],
- c - měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K],
- \dot{V} - objemový průtok teplotnosné látky [m³/s],
- ρ - hustota teplotnosné látky [kg/m³],
- $(t_{w1} - t_{w2})$ - teplotní rozdíl mezi přívodní a zpětnou teplotou teplotnosné látky [K].



Obr. 3.1 Princip kalorimetrického měření tepla

Jinými slovy, teplo je druh energie, který lze určit jako tepelný výkon integrovaný („načítaný“) v čase. Množství tepla nelze měřit přímo a bezprostředně, ale prostřednictvím jiných fyzikálních veličin

obsažených v definičním vztahu. Tím však není myšlena indikace s jakýmsi pseudo „měřením“ různých veličin ve vytápěném prostoru, mimo něj, na povrchu otopného tělesa či na potrubí.

Měření tak lze realizovat měřiči tepla („kalorimetry“) podle zjednodušeného vztahu

$$Q = K \cdot V \cdot (t_{w1} - t_{w2}), \quad [\text{J}]$$

kde

K - součinitel, jímž se respektuje teplotní závislost hustoty a měrné tepelné kapacity vody u protékající objemové jednotky. Jedná se tak o součin hustoty a měrné tepelné kapacity respektující teplotní změny v časové závislosti $[\text{J}/\text{m}^3 \cdot \text{K}]$,

V - objem dodané teplonosné látky $[\text{m}^3]$,

$(t_{w1} - t_{w2})$ - teplotní rozdíl mezi přívodní a zpětnou teplotou teplonosné látky $[\text{K}]$.

Při praktickém měření množství tepla se tak proteklý objem měří pomocí vodoměrů a teplotní rozdíl párem odporových snímačů. Spojení všech veličin určujících množství tepla provádí elektronický měřič, ve kterém dochází v principu opět k integraci součinu hmotnostního průtoku, měrné tepelné kapacity a rozdílu teplot. Jako celek se tato měřidla nazývají měřiče tepla, potažmo kalorimetry. Dlouhodobou stabilitu měření zajišťuje pravidelná kalibrace. Některé dnešní měřiče tepla umožňují po určitou dobu i autokalibraci, kterou zajišťují autokalibrační programy. Přesnost měření spotřeby tepla pak zvyšuje i průměrování hodnot s oříznutím lokálních maxim i minim.

3.2 Indikace veličin - pomůcka k rozdělování nákladů na vytápění

Podle ustanovení již neplatné vyhlášky č. 186/1991 Sb., o hospodaření s teplem, řízení soustav centralizovaného zásobování teplem a o ochranných pásmech, v oblasti hospodaření tepelnou energií bylo již v od roku 1991 realizováno měření dodávaného tepla na vstupu do objektu. V tomto smyslu splňujeme směrnici EU. Pro rozdělování platby za toto dodané teplo na jednotlivé zúčtovací jednotky (byty) je důležitý, krom jiného, způsob připojení zúčtovací jednotky na centrální rozvod v objektu. Ve většině případů zástavby ČR jsou otopná tělesa v zúčtovací jednotce připojena na několik rozvodných potrubí, resp. na několik zón otopné soustavy, a tak nelze zajistit přímé měření tepla s přiměřenými náklady pro jednotlivé zúčtovací jednotky.

Z tohoto důvodu se používají pomůcky k určování poměrných hodnot na jednotlivá otopná tělesa a následně zúčtovací jednotky nazývané indikátory, resp. rozdělovače topných nákladů (doslovný překlad z němčiny). Indikátory, stejně jako jiné indikační metody, neměří fyzikální veličiny potřebné k získání údaje o spotřebovaném teple. Z těchto důvodů není indikátor měřidlo ve smyslu stanoveného měřidla podle zákona o metrologii, ale indikační metoda, tj. jakákoli jiná metoda než popsaná v kapitole měření spotřeby tepla, není metodou umožňující měřit teplo. Vzhledem ke skutečnosti, že indikátor není měřidlo, ale pomůcka k určování poměrných hodnot, nevztahují se na něj příslušné předpisy o měřidlech a měření a jeho užité vlastnosti se řídí ČSN EN 834 a 835.

Indikace pro potřeby rozúčtování nákladů na vytápění se v ČR používá ve čtyřech podobách:

- indikace na principu odparu;
- elektronická jednočidlová a dvoučidlová indikace;
- indikace s využitím denzitometrického principu;
- indikace na principu denostupňů.

3.2.1 Indikace na principu odparu

Poměrové indikátory založené na principu odparu se používají k rozúčtování nákladů na jednotlivé spotřebitele již od dvacátých let minulého století. Do dnešní doby v jejich konstrukci a funkci prakticky nedošlo k žádné změně až na výjimku záměny ampulky s tekutinou za kapiláru.

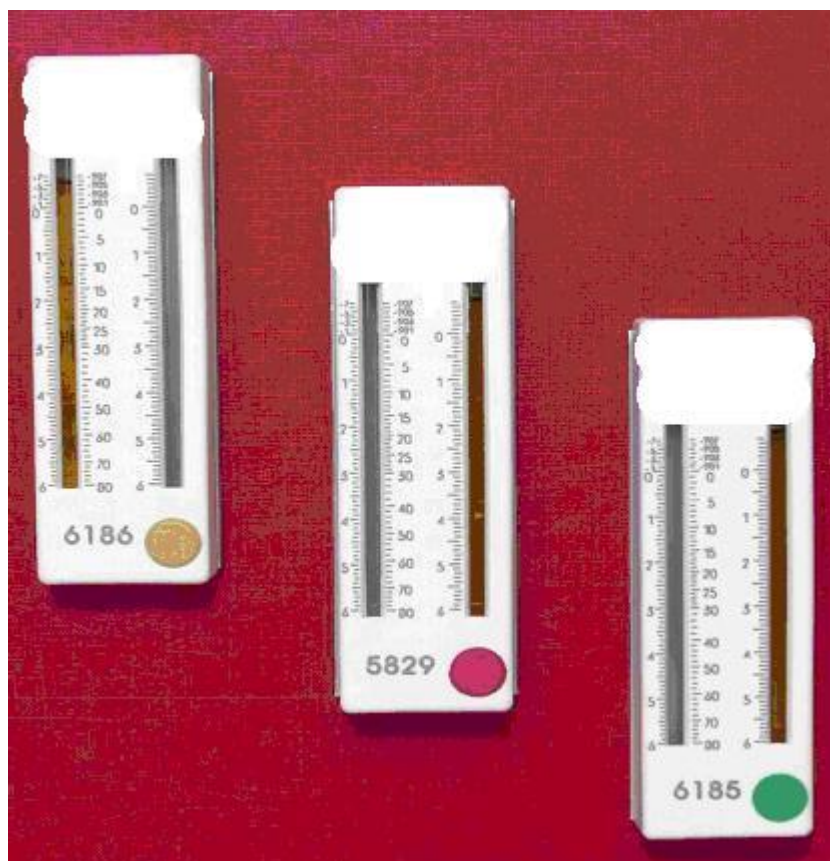
Indikátor na principu odparu je konstruován velmi jednoduše. Jeho základem je ampulka s barevnou tekutinou, která se odpařuje. Náplně ampulky mohou být různé kapaliny, jako je například cyklohexanon nebo methylester kyseliny benzoové. Veškeré tyto kapaliny používané jako náplně v ampulích indikátorů jsou zcela zdravotně nezávadné, byť byly evidovány případy alergických reakcí (cca 1 %). Ampulka se upevňuje do zadního kovového dílu indikátoru. Kovový díl se vyrábí nejčastěji ze slitin hliníku, aby byl dobře tepelně vodivý. Rozměr i kontaktní plocha s otopným tělesem jsou velice malé. Zadní díl připevněný na tělese se zasazenou ampulkou je následně opatřen krytem, který může být kovový nebo plastový. Mezi krytem a kovovým dílem s ampulkou je volná mezera, tak aby mohlo docházet k proudění vzduchu uvnitř indikátoru a odparu kapaliny. Kryt indikátoru tedy funguje obdobně jako žebro a odvádí také část tepla indikátoru.



Obr. 3.2 Indikátor na principu odparu – dvouampulový

Aby rozdíl teplot mezi stěnou ampulky a otopným tělesem v místě instalace indikátoru byl co nejmenší, je pro snížení přenosu tepla vybaven indikátor častěji plastovým krytem. Po upevnění krytu je indikátor zaplombován tak, aby uživatel nemohl provádět nežádoucí zásahy do indikátoru. Výrobci často používají barvy plomb shodné s barvami tekutin v ampulkách, takže nemůže docházet k jejich záměně. Součástí indikátoru je stupnice, dle které se odečítá změna výšky hladiny v ampulce. Tato stupnice může být umístěna na krytu indikátoru nebo přímo na ampulce. Často se také používají pro kontrolu dvě stupnice, přičemž jedna má dílky s různou velikostí (z důvodu změny rychlosti odparu s výškou náplně v ampulce) a druhá je kontrolní s rovnoměrně vzdálenými dílky. Některé indikátory se od tohoto

popisu liší různými drobnostmi. Indikátor může místo ampulky mít velice tenkou trubičku také ze skleněného materiálu – kapiláru. U tohoto typu je pokles hladiny odpařené kapaliny zřetelnější a při jeho užití je odečet dílků přesnější. Další odlišnost může spočívat v umístění dvou ampulek v indikátoru. Po uplynulém zúčtovacím období se původní ampulka nevyjme z indikátoru, ale pouze se opatří zátkou, tak aby nadále nemohlo docházet k odparu. Po uzavření se vloží zpět do indikátoru vedle nové ampulky. U těchto indikátorů si tak snadno může uživatel porovnávat odpar v současném a minulém zúčtovacím období.



Obr. 3.3 Indikátor na principu odparu – dvoukapilárový

Rychlost odparu tekutiny, která tvoří náplň ampulky, není lineárně závislá na teplotě, neboť parciální tlak sytých par plnicích tekutin nevykazuje lineární závislost na teplotě. Parciální tlak sytých par kapalin běžně používaných jako náplně ampulek je několikanásobně nižší než parciální tlak vodních par. Díky nízkému parciálnímu tlaku sytých par i při relativně vysokých teplotách, kterých je možno na otopných tělesech dosáhnout je tak zajištěno poměrně pomalé odpařování tekutiny. Můžeme také říci, že čím vyšší bude teplota náplně v ampulce, tím více se bude tekutina odpařovat (míněno nelineárně). Odpar z hladiny tekutiny v ampulce je vyjádřen vztahem

$$\dot{m}_D = K_1 \cdot \frac{A \cdot T^{0,81}}{h + K_a} \cdot \ln \frac{1}{1 - P_D} \quad [g \cdot h^{-1}],$$

kde

- K_1 - je konstanta odparu závislá na tlaku a tekutině [$g \cdot mm^{-1} \cdot hod^{-1} \cdot K^{-0,81}$],
- A - volný průřez nad tekutinou [mm^2],
- K_a - konstanta ampulky [mm],
- T - absolutní teplota tekutiny [K],
- h - vzdálenost hladiny tekutiny od hrdla ampulky [mm],

P_D - parciální tlak sytých par odpařované tekutiny [bar].

Čím dále bude hladina odpařované tekutiny od hrdla ampulky a čím nižší bude mít tekutina v ampulce teplotu, tím pomaleji se bude náplň ampulky odpařovat. Pokud si znázorníme změnu výkonu otopných těles s různým teplotním exponentem a změnu rychlosti odparu různých tekutin v ampulce při odchylce od střední teploty 50 °C zjistíme, že se ke křivkám odparu nejvíce blíží výkonové křivky otopných těles s velkými teplotními exponenty.

Kvalitu tepelného styku mezi teplonosnou látkou v otopném tělese a náplní ampulky vyjadřuje hodnota c . Čím je hodnota c vyšší, tím je vyšší tepelný odpor mezi tekutinou v ampulce a teplonosnou látkou v otopném tělese.

Změna odparu vztažená k výkonu otopného tělesa by měla být v ideálním případě konstantní. Z průběhů charakteristik je však patrné, že tomu tak není. To je způsobeno různými průběhy křivky odparu a výkonové křivky. Dále je zřejmé, že se poměr odparu vůči výkonu výrazně mění v závislosti na kvalitě tepelného mostu (styku) mezi teplonosnou látkou a náplní ampulky.

Naprostá většina výrobců indikátorů na principu odparu vyrábí indikátory dle ČSN EN 835. Tato norma stanovuje požadavky na konstrukci výrobu instalaci funkci a vyhodnocování údajů indikátorů bez pomocné energie založených na principu odparu.

V rámci jedné zúčtovací jednotky smí být použit jen jeden typ indikátoru jednoho výrobce s jednotným vyhodnocovacím systémem a jednotnou charakteristikou. Každý indikátor musí být označen tak, aby byl identifikovatelný. Při použití jednotné stupnice indikátorů v zúčtovací jednotce musí být hodnoty odečtené z jednotlivých indikátorů korigovány. Celkový vyhodnocovací součinitel K převádí hodnoty odečtené

z jednotlivých indikátorů na spotřební hodnoty ve vhodné formě pro rozúčtování nákladů na vytápění. Indikátory mohou být opatřeny také spotřební stupnicí, která je již korigována jednotlivými součiniteli K pro každé otopné těleso a odečtený údaj již představuje přímo spotřební hodnotu. Spotřební stupnice musí být označena tak příslušnou hodnotou K . Součinitel K se skládá z dílčích součinitelů, které zohledňují součinitel pro tepelný výkon otopného tělesa, součinitel pro tepelný styk, součinitel pro místnosti s nízkými projektovanými vnitřními teplotami, které se liší od referenční teploty vzduchu.

Umístění indikátoru dle normy ČSN EN 835 by mělo být na takovém místě povrchu otopného tělesa, kde je docilována po co nejdelší dobu provozu dostačující závislost mezi údajem indikátoru a dodávkou tepla. Zpravidla je to místo, kde teplonosná látka v otopném tělese dosáhla 25 % své celkové dráhy. Výška instalace středu indikátoru by tak měla být mezi 66 až 80 % výšky otopného tělesa, přičemž s ohledem na instalaci termostatických ventilů na otopných tělesech se doporučuje výška umístění středu indikátoru v 75 % výšky. V podélném směru musí být indikátor až na zvláštní případy umístěn v polovině délky otopného tělesa, popřípadě poblíž tohoto rozměru. V rámci zúčtovací jednotky se může poloha umístění indikátoru lišit pouze o ± 10 mm od jednotně stanovených pravidel.

3.2.2 Elektronická indikace

První elektronické indikátory začaly nahrazovat indikátory založené na principu odparu začátkem osmdesátých let minulého století a konstrukčně z nich vycházely. Vynikaly však vysokou cenou a špatnými technickými vlastnostmi. Na konci osmdesátých let se na trhu objevila nová generace těchto indikátorů. Ta již byla postavena na principu jednočipových mikroprocesorů s nízkou spotřebou

pomocné energie. Po dalším desetiletí se na trhu objevila třetí generace těchto indikátorů, která se vyznačuje nízkým počtem součástek, jednoduchostí, komunikačními možnostmi a nižší cenou než předešlé indikátory s pomocnou energií.

Rozměry elektronických indikátorů jsou obdobně malé jako u indikátorů založených na principu odparu tekutiny. Tyto indikátory měří snímanou teplotu polovodičovým čidlem, ukládají impulzy ve vnitřní paměti a jsou řízeny mikroprocesorem. Naměřená hodnota se z těchto indikátorů odečítá ve většině případů na displeji. Některé indikátory umožňují snímání naměřených hodnot přenosným zařízením, které spolu s hodnotami při odečtení zaznamená i čas a identifikační číslo přístroje. Během zúčtovacího období má uživatel možnost na displeji zjišťovat současný počet registrovaných dílků. Jednou z výhod elektronických indikátorů oproti indikátorům založených na principu odparu je možnost udržení počtu indikovaných dílků k určitému datu a udržení této hodnoty v paměti. Na přístroji je pak možné zpětně odečíst počet dílků ke dni plánovaného odečtu. Další výhodou je pak nastavitelnost spouštěcí teploty, od které teprve začne indikátor pracovat. Za předpokladu nastavení správné spouštěcí teploty odpadá problém s tzv. odparem za studena, který je u indikátorů založených na principu odparu tekutiny kompenzován přeplněním ampulky. Elektronické indikátory se dají dělit do tří skupin dle počtu čidel na jednočidlové, dvoučidlové a trojčidlové.

Jednočidlové indikátory jsou vybaveny pouze jedním čidlem upevněným na otopném tělese, které integruje v čase posunutou úroveň povrchové teploty otopného tělesa a z ní odvozuje teplotu teplonosné látky v otopném tělese.

Dvoučidlové indikátory pracují se dvěma teplotními čidly. Jedno čidlo je umístěno v blízkosti povrchu otopného tělesa a snímá jeho posunutou povrchovou teplotu obdobně jako je tomu u jednočidlového indikátoru. Druhé čidlo snímá teplotu rádooby ve vytápěném prostoru, nebo jinou teplotu, která je v definovaném vztahu k této teplotě. Druhá varianta použití tohoto indikátoru je obdobná jako u jednočidlového s tím rozdílem, že druhé čidlo je pouze rozběhové (startovací) a slouží jen k určení začátku a konce registrace dílků prvního čidla. Tyto indikátory se ve většině případů přepínají do jednosnímačové funkce a pracují tak jako jednočipové indikátory.

Trojčidlový indikátor pracuje odlišně než jednočipový a dvoučidlový. Tyto indikátory pracují na základě středního logaritmického teplotního spádu otopného tělesa. První snímač integruje posunutou teplotu vstupní teplonosné látky. Druhý snímač integruje posunutou teplotu teplonosné látky na výstupu z otopného tělesa. Třetí snímač integruje teplotu vzduchu v bezprostřední blízkosti otopného tělesa, tj. hodnotově posunutou teplotu ve vytápěné místnosti obdobně jako druhé čidlo ve dvoučidlovém indikátoru. V praxi se tyto indikátory neosvědčily a používají se zcela výjimečně.

Norma ČSN EN 834 stejně jako norma ČSN EN 835 není právně závazná, i přesto se podle ní většina indikátorů napájených elektrickou energií vyrábí. Norma ČSN EN 834 stanovuje požadavky na konstrukci, materiály, výrobu, instalaci funkci a vyhodnocování odečtených údajů indikátorů napájených pomocnou energií.



Obr. 3.4 Elektronický indikátor –jedno- a dvoučidlový

V rámci jedné zúčtovací jednotky smí být osazen pouze jeden typ indikátoru stejného výrobce s jednotným vyhodnocovacím systémem. Každý indikátor musí být označen tak, aby byl identifikovatelný. Indikátor může udávat pouze dílky, které je nutno zkorigovat součinitelem K do vhodné formy pro rozúčtování nákladů na vytápění. Jsou také programovatelné indikátory, u kterých je konstantu možné přímo zadat a na displeji je možné potom odečítat přímo hodnotu korigovanou součinitelem K . Hodnota součinitele K je definována obdobně jako je tomu u ČSN EN 835. V případě indikátorů napájených elektrickou energií, charakterizuje hodnota c tepelný styk mezi otopným tělesem a snímačem teploty.

Provozně důležitou hodnotou je teplota rozběhu. Teplota rozběhu je definována jako střední teplota teplotonosné látky v otopném tělese, při které se počítadlo indikátoru rozeběhne. Pro indikátory, které nemají snímač snímající „teplotu vytápěného prostoru“, musí při $c \leq 0,1$, referenčním průtoku teplotonosné látky a teplotě vzduchu v místnosti 20 °C s nejnižší projektovanou teplotou teplotonosné látky 60 °C začít registrovat při spouštěcí teplotě $t_z \leq 28\text{ °C}$. Pro otopné soustavy s nejnižší projektovanou teplotou teplotonosné látky 60 °C a více platí jiná podmínka. Pro indikátory, které mají snímač teploty ve vytápěném prostoru, smí být spouštěcí teplota indikátoru nejvýše o 5 K vyšší než referenční teplota vzduchu. V rámci jedné zúčtovací jednotky smí být při rozdílných konstrukcích otopných těles maximální odchylka spouštěcích teplot indikátorů 10% . Tato odchylka zároveň nesmí být vyšší než 5 K .

Životnost elektronických součástí se ze statistického hlediska chová dle křivky poruchovosti. Ta nám ukazuje, že k poruchám indikátorů dochází nejčastěji ze začátku jejich používání, kde má největší vliv kvalita výroby, a potom později ke konci jejich předpokládané životnosti vlivem stárnutí. Poruchy mezi těmito dvěma extrémy bývají velmi řídké a náhodné. Norma ČSN EN 834 se snaží chybám v prvním stádiu předcházet zkouškou stárnutí. Norma udává požadavek na to, aby i v dlouhodobém nasazení indikátoru včetně vlivu vybití baterie nebyly odchylky vyšší než dvojnásobek dovolené chyby. Kontrola funkce indikátoru je prováděna buď ověřením při každoroční obsluze indikátoru, nebo trvalým samočinným nulováním po celou dobu jejich provozu. Kontrolou funkce musí být rovněž prokázána řádná funkce napájení, displeje, počítadla, snímačů a externích systémů přenosu signálu.

Přesné místo polohy snímače norma neudává. **Místo instalace snímače má být takové, kde je vztah mezi zaznamenaným údajem a tepelným výkonem otopného tělesa v dostatečně velkém provozním rozsahu a výrobce musí tuto skutečnost dokázat. V praxi se snímače indikátorů napájených indikátorů umísťují na stejná místa, jako je tomu u indikátorů založených na principu odparu.**

Při **regulaci výkonu otopných těles** je nutné si uvědomit, že otopná tělesa jsou vždy nedílnou součástí celé otopné soustavy, která tepelné výkony k jednotlivým otopným tělesům přenáší. Je nezbytné zabývat se regulací celé otopné soustavy, nikoli jen koncových prvků – otopných těles. Pokud nebudou správně hydraulicky vyregulovány, tj. vyváženy, další části otopné soustavy, nebude docházet k požadovanému poměru přenášeného výkonu jednotlivými úseky otopné soustavy a k některým otopným tělesům tak bude neustále dodáván nadbytečný výkon, který bude chybět u zbývajících otopných ploch.

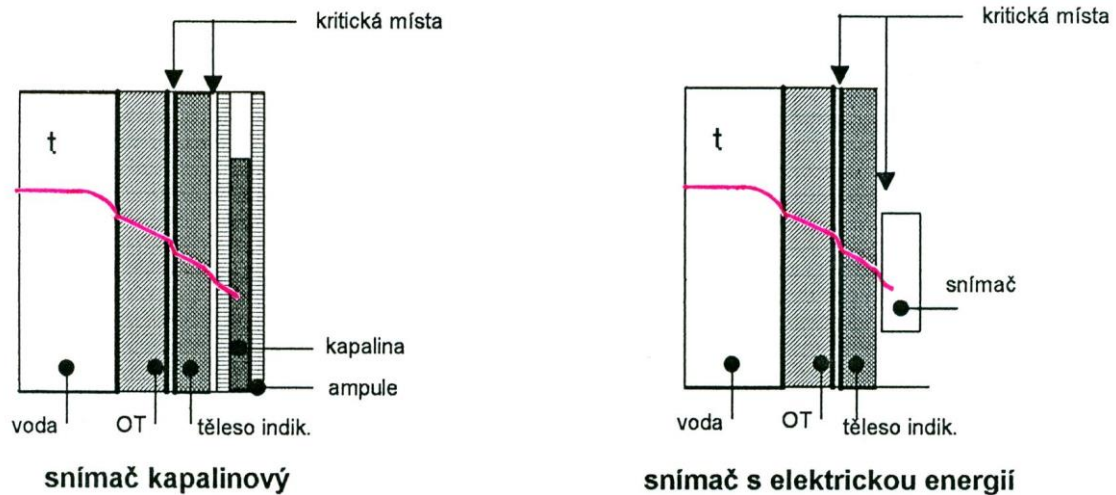
Otopné těleso lze chápat jako výměník tepla mezi teponosnou látkou a vytápěným prostorem. Jeho výkon nejčastěji regulujeme kvantitativně – změnou průtoku teponosné látky pomocí termostatického regulačního ventilu. Termostatický regulační ventil je prvek, který má velmi nízké pásmo proporcionality, tj. teplotní rozsah, ve kterém je ventil schopen regulovat průtok zdvihem kuželky mezi úplně otevřenou a uzavřenou polohou. Pásmo proporcionality je u každého termoregulačního ventilu určeno konstrukcí od výrobce. Čím nižší je stupeň přednastavení, tím více se zvyšuje tlaková ztráta termoregulačního ventilu a zároveň čím nižší je stupeň přednastavení termoregulačního ventilu, tím menší je také pásmo proporcionality a tím horší je regulační schopnost této armatury. Z tohoto důvodu se pro doškrcení na jmenovitý průtok otopným tělesem využívá regulační šroubení tak, aby termoregulační ventil mohl správně regulovat změny výkonu otopného tělesa během otopného období s nejvyšším možným pásmem proporcionality (zajištěno vyhláškou č. 193/2007 Sb.).

Správná funkce termoregulačního ventilu by měla probíhat tak, aby při změně aktuální potřeby tepla vytápěného prostoru tento ventil plynule změnil průtok teponosné látky otopným tělesem dle potřeby. Z tohoto důvodu se téměř celé otopné období střídají různé fáze náběhu a chladnutí otopného tělesa, tj. mění se střední povrchová teplota otopného tělesa a hlavně její průběh z hlediska umístění na otopném tělese (podrobněji viz dále).

U otopného tělesa dochází k prostupu tepla z teponosné látky přes stěnu otopného tělesa do okolí. Prostup tepla se v tomto případě skládá z přestupu tepla konvekcí z teponosné látky na vnitřní stěně otopného tělesa, vedením tepla stěnou otopného tělesa a následným přestupem tepla konvekcí a sáláním do vytápěného prostoru. Během tohoto přenosu tepla z teponosné látky do okolního prostředí musí být tepelný tok v daném čase přivedený do otopného tělesa a sdílený do vytápěného prostoru stejný, protože během prostupu tepla stěnou otopného tělesa žádné teplo nevzniká ani nezaniká.

Protože je indikátor umístěn na povrchu otopného tělesa, snímá tak jeho mírně zkreslenou povrchovou teplotu. Povrchová teplota je při nominálních podmínkách v definovaném vztahu s teponosnou látkou uvnitř otopného tělesa. Se změnou povrchové teploty se však výrazně mění celkový součinitel přestupu tepla na straně vzduchu, který se skládá ze součinitele přestupu tepla sáláním a konvekcí. Součinitel přestupu tepla sáláním je závislý na rozdílu čtvrtých mocnin absolutních teplot. Součinitel přestupu tepla konvekcí je závislý na rozdílu hustoty vzduchu, která je rovněž závislá na teplotě. Pokud tedy klesne povrchová teplota otopného tělesa, výrazně se sníží přestup tepla z povrchu otopného tělesa do okolí a povrch otopného tělesa je o to méně ochlazován. Za předpokladu, že v otopném tělese dochází stále ke stejnému proudění a teponosná látka má nižší teplotu, povrchová teplota se více blíží teplotě teponosné látky uvnitř otopného tělesa. Pokud se změní průtok teponosné látky v otopném tělese, dojde ke změně proudění teponosné látky. Součinitel přestupu tepla na straně teponosné látky uvnitř otopného tělesa je výrazně závislý na proudění teponosné látky. Pokud se tedy sníží průtok teponosné látky, klesne součinitel přestupu tepla uvnitř otopného tělesa a tím se zvýší rozdíl teplot mezi povrchem otopného tělesa a teponosnou látkou uvnitř. Indikátor tak nemůže žádným způsobem sledovat teplotu teponosné látky uvnitř otopného tělesa, ale snímá pouze povrchovou teplotu v místě svého upevnění na otopném tělese (viz kap. 3.3). Jak již bylo uvedeno, tepelný tok se sdílí z vody na vnitřní povrch

tělesa, prochází stěnou otopného tělesa, nedokonalým stykem se sdílí do těla indikátoru, které tvoří vlastně jakési „žebro“ na otopném tělese. Na konci „žebra“ je lůžko pro ampuli, kde je tepelný tok sdílen opět nedokonalým stykem do skla ampule, vedení prochází sklem a do tekutiny. Problematickými místy jsou tak styky povrchů, ve kterých se vlivem nerovností tvoří vzduchové mezery. Totéž platí z hlediska upevnění elektronických indikátorů a snímání povrchové či lépe zkreslené/posunutě povrchové teploty.



Obr. 3.5 Prostup tepla do indikátoru

3.2.3 Indikace s využitím denzitometrického principu (indikátor na vratném potrubí z otopného tělesa)

Tato indikace skýtá jednoduchou montáž na vratném potrubí u otopného tělesa. Indikátor obsahuje čidlo zabarvené excitací barevných center ve skle jaderným zářením. Zabarvení mizí časem tím rychleji, čím vyšší má čidlo teplotu. Zabarvená skla se měří citlivým elektronickým senzimetrem a tím se získá údaj úměrný časové integraci teploty místa, ve kterém bylo čidlo umístěno. Zjednodušeně lze říci, že se u denzitometrického indikátoru pracuje s optickou hustotou. Denzitometrický indikátor však není součástí otopného tělesa, ale je instalován na vratné trubce (zpátečka) těsně u otopného tělesa, kde neměří povrchovou teplotu trubky, nýbrž ta působí na čidlo jako na integrační člen.

Řešení je založeno na velmi zjednodušené úvaze, že dodávka tepla za otopné období je rovna tepelným ztrátám objektu, a to ještě s tím, že je tepelná ztráta větráním promítnuta přímo do tepelné ztráty prostupem, jako její nedělitelná součást. Údaj indikátoru je tak zpracován ve smyslu rovnice

$$Q_{sp} = Q_c \cdot \tau = \sum k \cdot S \cdot (t_i - t_e) \cdot \tau ,$$

kde

- Q_{sp} - je naměřená spotřeba tepla objektu [J],
- Q_c - tepelná ztráta objektu [W],
- τ - čas (délka zúčtovacího období) [s],
- k - součinitel prostupu tepla stavební konstrukce [W/m²K],
- S - obálková plocha budovy [m²],
- t_i - vnitřní výpočtová teplota [°C],
- t_e - venkovní oblastní výpočtová teplota [°C].

Je zřejmé, že tento předpoklad pro vyhodnocení nerespektuje proměnnost tepelné ztráty větráním, neboť není přímo uvažována (celková tepelná ztráta je dána součtem tepelné ztráty prostupem a větráním $Q_c = Q_p + Q_v$) a metoda neuvažuje tepelné zisky od oslunění či vnitřní tepelné zisky, na které reaguje vyhláškou povinně zajišťovaná místní regulace, a které snižují požadovaný dodávaný výkon. Jinými slovy, tato metoda nerespektuje tepelnou bilanci vytápěného prostoru. Nejedná se tedy o metodu rozúčtování, která v rámci indikace vychází s platby za dodané teplo, ale o metodu vycházející z platby za zajištění služby dodržení požadované teploty ve vytápěném prostoru, tj. vytvoření „tepelného komfortu“.

Vyjdeme-li z platby za dodané teplo, musíme znát či alespoň indikovat tepelný výkon instalovaných otopných těles v čase. Tepelný výkon otopného tělesa je dán rovnicí

$$Q_{ot} = \dot{m} \cdot c \cdot (t_{w1} - t_{w2}) = k \cdot S_{ot} \cdot (t_{wm} - t_i),$$

kde

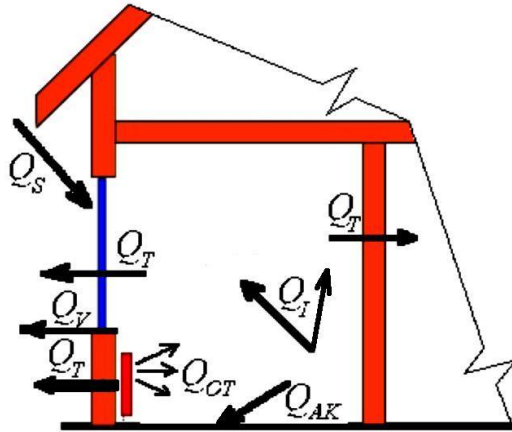
- Q_{ot} - tepelný výkon otopného tělesa [W],
- \dot{m} - hmotnostní průtok vody tělesem – mění se [kg/s],
- c - měrná tepelná kapacita - lze považovat za konstantní [J/kg.K],
- t_{w1} - teplota přívodní vody do tělesa – mění se [°C],
- t_{w2} - teplota vratné vody z tělesa – mění se [°C],
- k - součinitel prostupu tepla stěnou otopného tělesa – mění se [W/m²K],
- S_{ot} - teplosměnná plocha (velikost) otopného tělesa - konstantní [m²],
- t_{wm} - střední teplota vody v tělese – mění se [°C],
- t_i - teplota vzduchu ve vytápěném prostoru – závislá na požadavku [°C].

Tato metoda využívá rovněž přibližnou závislost teploty vzduchu na teplotě vratné vody $t_i = f(t_{w2})$ pro obecné výměníky tepla. I přes tuto skutečnost je z výše uvedených základních vztahů zřejmé, že je při znalosti teploty vratné vody nemožné správně určit či indikovat dodaný výkon otopným tělesem do vytápěného prostoru. Nehledě na to, že čidlo umístěné na vratném potrubí u otopného tělesa neměří povrchovou teplotu trubky, nýbrž ta působí na čidlo jako na integrační člen. Aby tomu tak bylo, tj. mohli jsme určit předaný výkon (a potažmo v čase dodané teplo), musel by být součinitel prostupu tepla stěnou otopného tělesa konstantní, což není, a rovněž tak i teplota přívodní vody, která rovněž konstantní není, neboť se v soustavách standardně uplatňuje jak kvalitativní regulace (změnou teploty přívodní vody), tak i kvantitativní regulace (změnou průtoku).

3.2.4 Indikace na principu denostupňů

Tato metoda souvisí s denostupňovou metodou, která sloužila a slouží (pokud se nemusí pracovat s EN normami) projektantům k určení předběžné potřeby tepla a paliva na vytápění za otopné období u projektované otopné soustavy. Vychází z měření rozdílů teplot, tj. teploty vzduchu ve vytápěném prostoru a venkovní teploty vzduchu.

Tato metoda nepatří k rozúčtovacím metodám používajícím indikátory na otopných tělesech. Obdobně jako u denzitometrické metody se jedná o metodu vycházející z platby za zajištění služby dodržení požadované teploty ve vytápěném prostoru, tj. vytvoření „tepelného komfortu“.



Obr. 3.6 Bilance vytápěného prostoru

Napišeme-li si tepelnou bilanci vytápěného prostoru, bude s označením dle obr. 3.6 vypadat následovně:

$$Q_S + Q_I + Q_{OT} - Q_{AK} - (Q_T + Q_V) = 0 \quad [W],$$

kde

- Q_S - jsou tepelné zisky od oslunění,
- Q_I - tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla včetně osob,
- Q_{AK} - akumulace tepla do stavební konstrukce,
- Q_{OT} - tepelný výkon otopného tělesa, ze kterého vychází platba za dodané teplo,
- Q_T - tepelná ztráta prostupem tepla,
- Q_V - tepelná ztráta větráním.

Indikace na principu denostupňů vychází z denostupňové metody, a tak z výše uvedené bilance využije průměrovanou a opravnými součiniteli korigovanou formou pouze tepelnou ztrátu $Q = Q_T + Q_V$.

Denostupňová metoda určuje přibližnou teoretickou potřebu tepla pro vytápění ze vztahu

$$Q_d = 24 \cdot 3600 \cdot Q \cdot \frac{d \cdot (t_{is} - t_{es})}{(t_i - t_e)} \cdot e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [J].$$

Z uvedeného vyplývá, že denostupňová metoda spočívá hlavně na třech veličinách, a to celkové tepelné ztrátě objektu, požadované vnitřní teplotě a venkovní teplotě. Celková tepelná ztráta se skládá z tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním $Q = Q_T + Q_V$. Jeden z hlavních nedostatků tak spočívá v tepelné ztrátě větráním, která se v naší zástavbě pohybuje od 15 do 40 %. Do místnosti s vysokou tepelnou ztrátou větráním musíme dodat více tepla, abychom zajistili stejnou teplotu vzduchu ve vytápěném prostoru jako u místnosti s malou tepelnou ztrátou větráním (např. infilrací). Jinými slovy, pokud budou dvě stejné bytové jednotky, z nichž jedna bude mít méně těsná okna a druhá vyměněná, např. za plastová, budeme do ní muset dodat větší tepelný výkon. Podle určovaného rozdílu teplot příslušejícího denostupňové metodě budou však obě bytové jednotky platit stejně. Další problém vzniká u víceúčelových budov se zpětným získáváním tepla (rekuperace) a směšovací komorou vzduchotechnické jednotky. Zde je nucené větrání zajišťováno více vzduchotechnickými jednotkami. V různé části budovy je tedy různý podíl čerstvého vzduchu a různá účinnost rekuperace.

Dalším výrazným nedostatkem metody je, že nerespektuje základní fyzikální bilanci vytápěného prostoru. Jestliže vychází pouze z celkové tepelné ztráty, kterou pokládá rovnu tepelnému výkonu otopného tělesa, neodpovídá to základní níže uvedené bilanční rovnici.

$$Q = Q_T + Q_V = Q_S + Q_I + Q_{OT} - Q_{AK} \quad [W]$$

Můžeme vidět, že v rámci tepelné bilance zajišťuje tepelný výkon otopného tělesa jen část potřebné dodávky tepelného výkonu a je to markantnější o to více, o co lepší má objekt tepelně technické vlastnosti (např. pasivní domy). Jinými slovy, pokud budou dvě stejné bytové jednotky, z nichž jedna bude mít tepelné zisky z oslunění a výrazně vyšší vnitřní tepelné zisky (osvětlení, výpočetní technika, lednička, sušička, vaření atd.) a druhá bude bez tepelných zisků z oslunění (např. orientována na sever) a téměř bez vnitřních tepelných zisků, budou podle denostupňové metody obě bytové jednotky platit stejně, neboť nejde o platbu za dodané teplo otopnou plochou.

$$Q_{OT} = Q_T + Q_V + Q_{AK} - Q_S - Q_I \quad [W]$$

Z výše uvedeného je patrné, že tato metoda nevychází z tepla dodaného otopnou plochou do vytápěného prostoru.

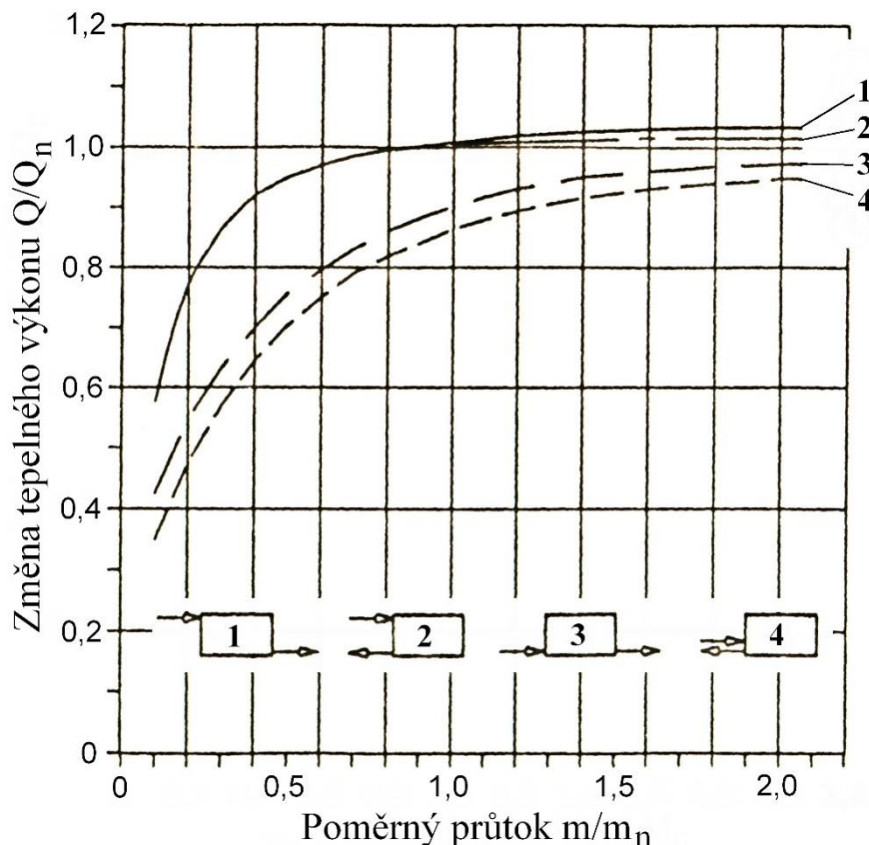
Využití denostupňové metody naráží na následující skutečnosti:

- 1) Nerespektuje tepelnou bilanci vytápěného prostoru.
- 2) Nezahrnuje vliv vnitřních a venkovních tepelných zisků.
- 3) Opomíjí proměnnou intenzitu větrání v čase v jednotlivých částech objektu.
- 4) Nezohledňuje různou míru zpětného získávání tepla v budovách s více vzduchotechnickými jednotkami.

Pro relevantnost indikace by bylo nutné teplotně a tepelně sourodé vnitřní prostředí v celém vytápěném objektu.

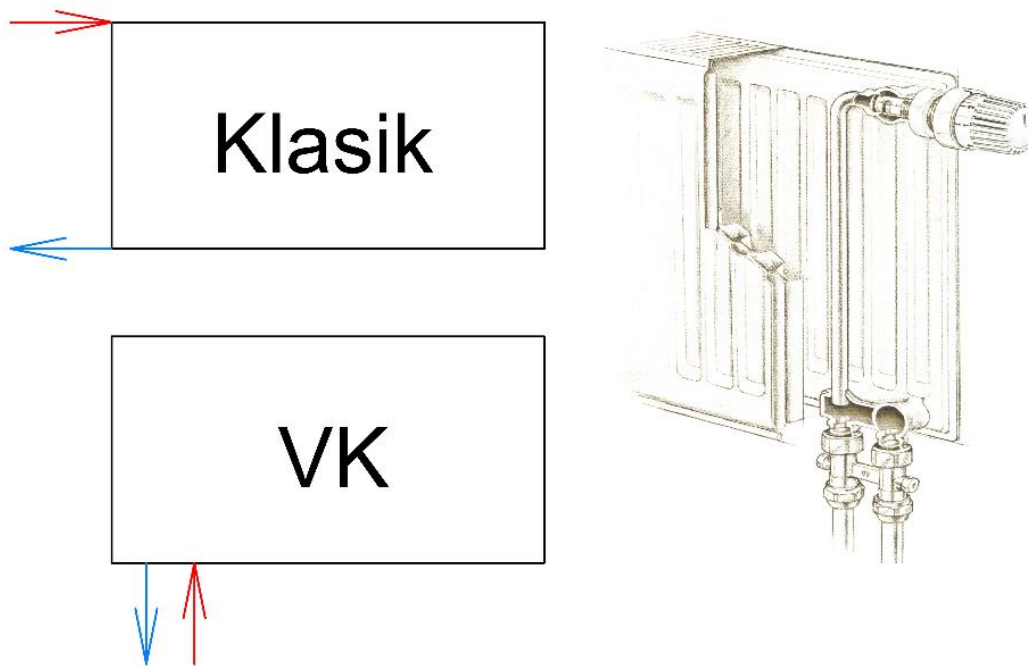
3.3 Indikace a povrchové teploty

Závislost tepelného výkonu otopného tělesa na hmotnostním průtoku je obecná křivka, která je závislá na teplotě přívodní a vratné vody (teplotním spádu) a teplotních charakteristikách otopné plochy (teplotním exponentu otopného tělesa). Z pohledu regulace platí, že pokud má být tato závislost co nejvíce lineární je výhodnější co nejnižší teplota přívodní vody do tělesa. Neboli, čím více se teplota přívodní vody do tělesa blíží teplotě vnitřního vzduchu, tím je závislost mezi průtokem a tepelným výkonem lineárnější. Geometrie otopného tělesa a teplotní parametry mají přímý vliv na teplotní exponent otopného tělesa. Čím více bude poměr délky otopného tělesa k výšce nižší, tím bude i charakteristika tepelného výkonu v závislosti na průtoku plošší. To má velký význam vzhledem k regulačním zásahům TRV. Znamená to, že je změna výkonu s rostoucím průtokem menší a s klesajícím větší. Dalším faktem, který ovlivňuje charakteristiku tepelného výkonu je způsob napojení otopného tělesa na otopnou soustavu (obr. 3.7). Natékání teplotně nosné látky v závislosti na geometrii otopné plochy má přímý vliv na dosažený tepelný výkon. Tento fakt postihuje tzv. opravný součinitel na připojení otopného tělesa. Na obr. 3.7 můžeme vidět, že u připojení se vstupem přívodní vody v dolní části otopného tělesa, je charakteristika otopného tělesa více zakřivena, oproti jmenovitému napojení. Tzn., že závislost dosaženého tepelného výkonu na průtoku je v těchto případech výraznější.



Obr. 3.7 Závislost tepelného výkonu na hmotnostním průtoku a způsobu napojení otopného tělesa na otopnou soustavu

Bytový fond v ČR tvoří nejčastěji desková nebo článková otopná tělesa. Statistické údaje potvrzují, že se jedná o nejvíce využívané typy otopných těles. Dle statistiky Asociace podniků topenářské techniky (APTT) byl podíl trhu s nově prodanými typy otopných těles v letech 2005 až 2014 zastoupen celkem cca 50 % deskovými ocelovými otopnými tělesy a z cca 25 % článkovými litinovými otopnými tělesy. Pro potřebu analýzy bylo proto zpracováno měření u základního typu deskového otopného tělesa RADIK Klasik a článkového otopného tělesa typu Kalor. Tato otopná tělesa byla měřena pro jednostranné napojení shora-dolů. Jednostranné napojení shora-dolů je nejběžnější způsob napojování u otopných těles a to jak pro typy tzv. „Klasik“ tak i pro tzv. „Ventil kompakť“. Provedení „Ventil kompakť“ je využíváno zejména pro možnosti napojení otopného tělesa z podlahové nebo stěnové konstrukce tak, aby potrubí otopné soustavy byla co nejkratší a zároveň nerušila vzhled vytápěného prostoru. Z pohledu hydraulického napojení otopného tělesa na otopnou soustavu však není rozdíl mezi provedením „Klasik“ a „Ventil kompakť“. Provedení „Ventil Kompakť“ je pouze úprava základní konstrukce otopného tělesa v provedení „Klasik“ speciální propojovací garniturou, která zajišťuje stejný geometrický přívod otopné vody jako u provedení „Klasik“, tj. jedná se také o napojení jednostranné shora-dolů (obr. 3.8).

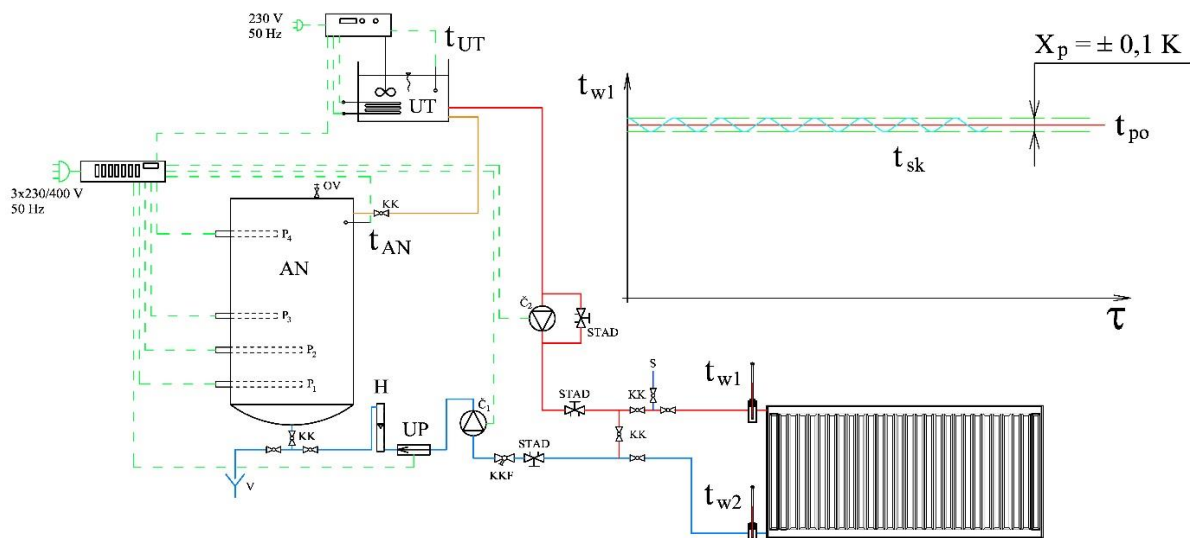


Obr. 3.8 Provedení napojení „KLASIK“ a „Ventil kompakt“ u otopných těles

3.3.1 Metodika mapování povrchových teplot otopných těles

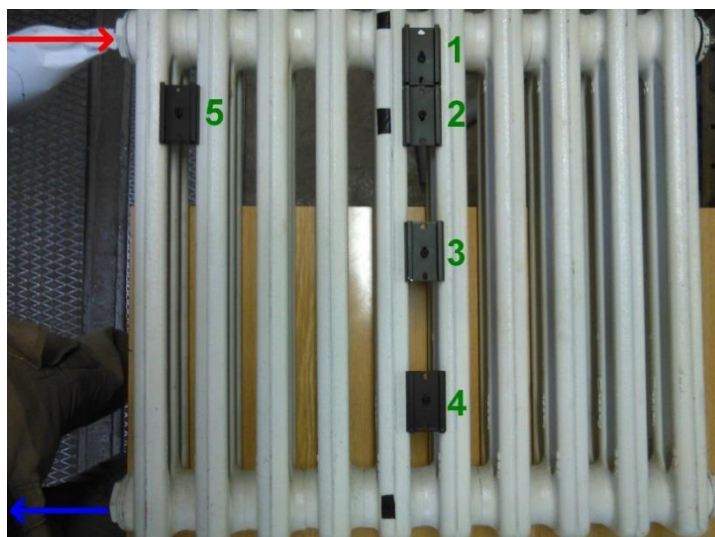
V laboratořích ČVUT, Fakulty strojní, Ústavu techniky prostředí byly provedeny experimenty na deskových a článkových otopných těles s cílem mapování polohy střední povrchové teploty otopných těles v závislosti na provozních podmínkách. Experimentální zařízení bylo složeno z mobilního zdroje tepla, který umožňuje udržovat konstantní vstupní teplotu vody do otopného tělesa a předem definovaný hmotnostní průtok teplotonosné látky (Úřad průmyslového vlastnictví ČR, užitný vzor č. 18772 – Zařízení pro udržování konstantní teploty výstupní teplotonosné látky ze zdroje tepla – schéma zapojení viz obr. 3.9). Měřena byla desková otopná tělesa Radik Klasik typ 10 – 500 x 1000 a typ 21 – 600 x 1000. Dále bylo měřeno článkové otopné těleso typu KALOR 500/110 s 10 články. Vyhodnocení tepelného výkonu pro jednotlivé provozní stavy bylo provedeno na základě kalorimetrické metody.

Měření bylo provedeno pro zjištění rozložení povrchových teplot u výše uvedených otopných těles. V experimentu proto byla využita termovizní technika ve spojení s vyhodnocovacím softwarem FLIR R&D. Tento software umožňuje vytyčit přesně definovanou oblast teplot a tu následně implementovat do termogramu. V případě střední povrchové teploty otopného tělesa byly hledané oblasti voleny s pásmem proporcionality $\pm 0,1$ K. Na termogramech uvedených v kapitole 3.3.2 a 3.3.3 černé plochy reprezentují polohu střední povrchové teploty s přesností $\pm 0,1$ K. S ohledem na rozlišení termogramu 320 x 240 pixelů se místy může jednat o plochu velikosti 1 pixelu.



Obr. 3.9 Schéma zapojení experimentální soustavy

U deskových otopných těles typu 10 je pořízený termogram přímo vhodný bez dalších úprav pro vyhodnocení (snímáme celou jednotnou plochu otopného tělesa). Naopak u článkového otopného tělesa je nutné při zpracování naměřených dat postupovat vytyčením základních oblastí (ploch), které reprezentují skutečný povrch otopného tělesa. Pro posouzení vhodnosti instalace indikátoru byl vybrán vzorek článkového otopného tělesa (Kalor 500/110 – 10 článků) dále osazen 5 samostatnými držáky typu Trapez 65 mm, které byly umístěny dle obrázku 3.10.



Obr. 3.10 Umístění držáků indikátoru u článkového otopného tělesa KALOR 500/110

Bod 1 – 50 % délky OT a technicky nejvýše možné uchycení držáku indikátoru

Bod 2 – 50 % délky OT a 75 % výšky OT (jmenovité umístění indikátoru)

Bod 3 – 50 % délky OT a 50 % výšky OT

Bod 4 – 50 % délky OT a 25 % výšky OT

Bod 5 – 75 % výšky OT a první mezera mezi prvním a druhým článkem OT

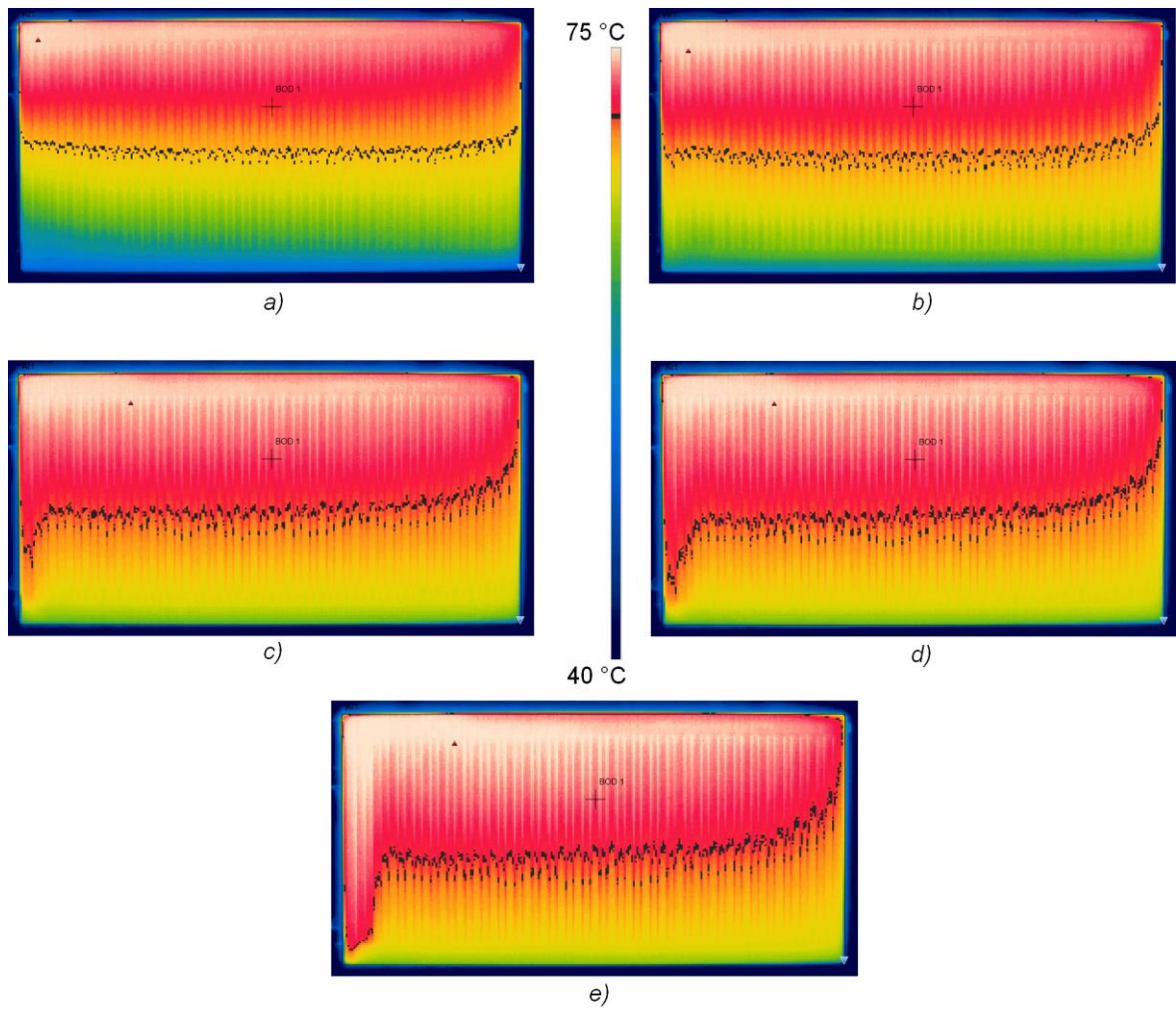
Měření byla prováděna pro ustálenou teplotu přivodní vody 75 °C a pro různé hodnoty hmotnostního průtoku otopné vody. Jmenovitý průtok odpovídal teplotnímu spádu 75/65 °C dle požadavků ČSN EN 442. Další provozní stavy pak simulovali možné chování otopného tělesa při uzavírání regulačního ventilu (např. termostatické hlavice) nebo pro případ hydraulicky nevyvážené otopné soustavy. Po otevření kulových kohoutů na přivodním a vratném potrubí měřeného otopného tělesa byl spuštěn

termovizní záznam náběhu otopného tělesa a zároveň byly odečítány teploty na přívodu a vratném potrubí otopného tělesa, objemový průtok otopným tělesem, teplota vzduchu stíněným teploměrem a teplota kulového teploměru. Vyhodnocení měření pak probíhalo na základě tzv. kalorimetrické metody v souladu s požadavky ČSN EN 442.

3.3.2 Průběh povrchových teplot u deskových otopných těles

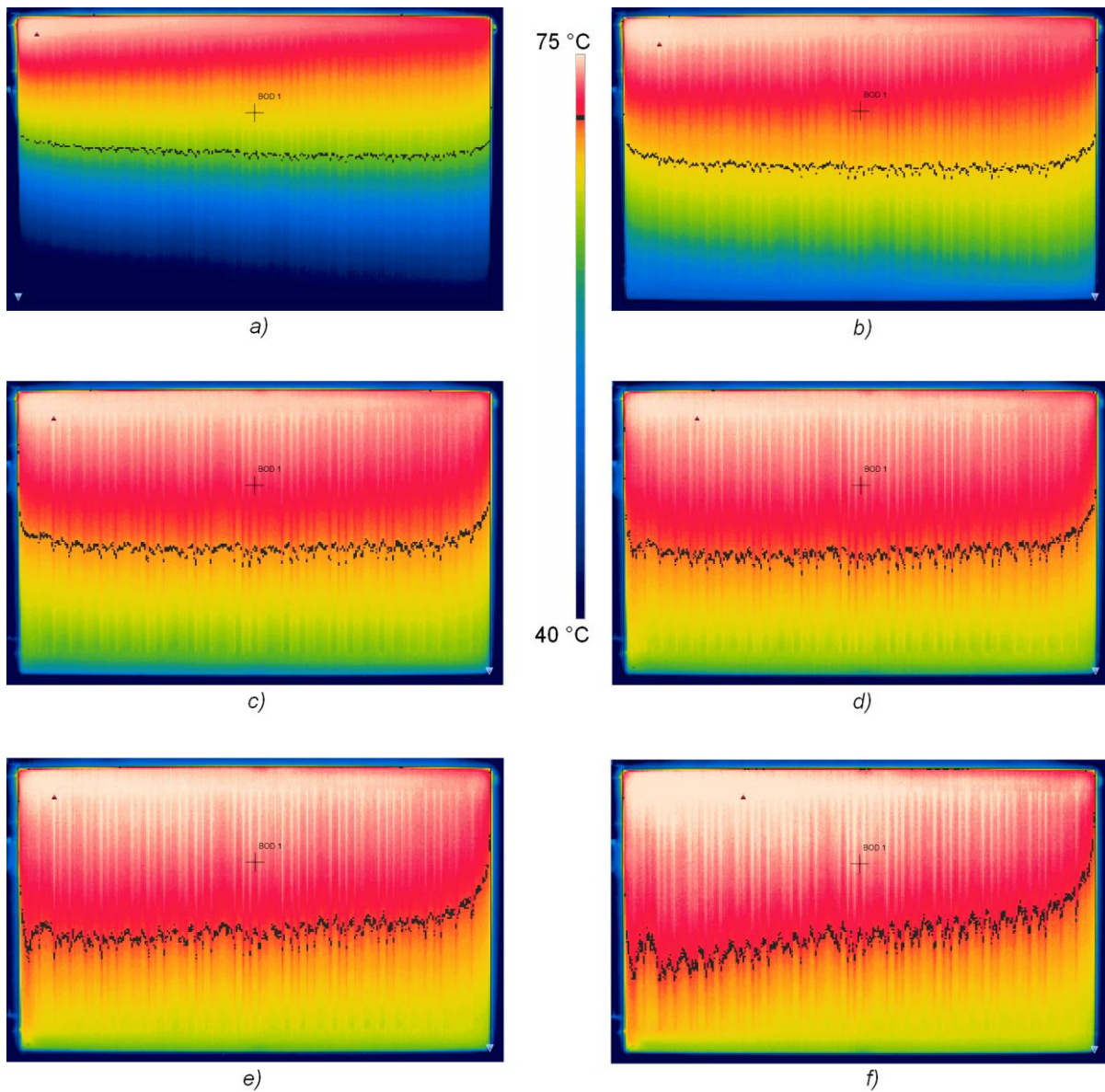
Obr. 3.11 zobrazuje provozní stavy deskového otopného tělesa typ 10 - 500 x 1000. Minimální měřený průtok (tj. obr. 3.11a - 40 % jmenovitého průtoku) byl volen s ohledem na přesnost měření. Při nižších hodnotách objemového průtoku než je 40 % jmenovitého průtoku odpovídající deskovému otopnému tělesu typ 10 - 500 x 1000 je výsledek měření zatížen výraznou nejistotou stran přesnosti měření objemového průtoku vody. Např. pro hodnotu 20 % jmenovitého průtoku by se jednalo o hmotnostní průtok otopné vody tělesem cca 0,0025 l/s. S ohledem na potřeby měření v případě výrazného nadprůtoku otopné vody, bylo měření omezeno maximálními provozními parametry použitých oběhových čerpadel na měřicí trati. Nicméně pro získání trendu výskytu střední povrchové teploty jsou takto stanovená data plně postačující. Červený bod v horní rozvodné komoře otopného tělesa (obr. 3.11 a obr. 3.12) ukazuje polohu maximální dosažené povrchové teploty na vytyčené ploše otopného tělesa. BOD 1 na obr. 3.11 a obr. 3.12 je umístěn v 50 % délky otopného tělesa a 70 % výšky OT.

Pokud porovnáme obr. 3.11 a obr. 3.12, můžeme vysledovat jistou podobnost. Z obrázků je patrné, že při jednostranném napojení shora-dolů je rozložení středních povrchových teplot tělesa situováno do poloviny výšky otopného tělesa. V případech jmenovitého průtoku nebo nižších hodnot průtoků teplotonosné látky je pozice střední povrchové teploty zhruba v polovině výšky otopného tělesa a její průběh po délce tělesa je poměrně vyrovnaný (téměř lineární s výjimkou krajů OT). Oproti tomu v případech výrazného nadprůtoku teplotonosné látky je již pozice střední povrchové teploty tělesa výrazněji posunuta směrem k dolní sběrné komoře tělesa a její průběh po délce otopného tělesa je výrazně nelineární. Pro jmenovitý hmotnostní průtok otopné vody je u deskového otopného tělesa typ 10 - 500 x 1000 při jednostranném napojení shora-dolů, poloha střední povrchové teploty z pohledu geometrie poloviny délky otopného tělesa v rozsahu od 42 do 52 % výšky OT. U deskového otopného tělesa typ 21 - 600 x 1000 to je pouze v rozsahu od 41 do 46 % výšky.



Obr. 3.11 Provozní stavy deskového otopného tělesa 10 - 500 x 1000 napojeného jednostranně shora-dolů

- a) 40 % jmenovitého průtoku - $t_s = 64,1$ °C,
- b) 65 % jmenovitého průtoku - $t_s = 67,4$ °C,
- c) 100 % jmenovitého průtoku - $t_s = 70,2$ °C,
- d) 125 % jmenovitého průtoku - $t_s = 71,0$ °C,
- e) 210 % jmenovitého průtoku - $t_s = 71,7$ °C,



Obr. 3.12 Provozní stavy deskového otopného tělesa typ 21 - 600 x 1000 napojeného jednostranně shora-dolů

- a) 20 % jmenovitého průtoku - $t_s = 53,0 \text{ }^\circ\text{C}$,
- b) 40 % jmenovitého průtoku - $t_s = 63,7 \text{ }^\circ\text{C}$,
- c) 60 % jmenovitého průtoku - $t_s = 68,1 \text{ }^\circ\text{C}$,
- d) 100 % jmenovitého průtoku - $t_s = 69,8 \text{ }^\circ\text{C}$,
- e) 125 % jmenovitého průtoku - $t_s = 70,9 \text{ }^\circ\text{C}$,
- f) 180 % jmenovitého průtoku - $t_s = 71,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.3.3 Průběh povrchových teplot u článkových otopných těles

U článkového otopného tělesa KALOR 500/110 – 10 článků byla použita stejná metodika měření jako v případě deskových otopných těles. Měření ale bylo rozšířeno o vliv zásahu kvalitativní regulace. Byly stanoveny další dva provozní stavy navíc, pro které byly vypočteny teploty přívodní vody do otopného tělesa v závislosti na zatížení otopné soustavy dle vztahu

$$t_{w1} = t_i + \Delta t_N \cdot \varphi^n + \frac{\delta t_N}{2} \cdot \varphi,$$

kde

- t_{w1} - regulovaná teplota přívodní vody do otopného tělesa [°C],
- t_i - vnitřní výpočtová teplota ($t_i = 20$ °C) [°C],
- Δt_N - jmenovitý střední teplotní rozdíl mezi teplotou teplotnosné látky a teplotou okolí ($\Delta t_N = 50$ K) [K],
- φ - zatížení otopné soustavy (tj. otopného tělesa) [-],
- δt_N - jmenovité ochlazení na otopném tělese ($\delta t_N = 10$ K) [K],
- n - teplotní exponent otopného tělesa [-].

Jmenovité teplotní podmínky byly v souladu s ČSN EN 442 a odpovídají zatížení otopné soustavy $\varphi = 1$ (tyto podmínky jsou označeny 1,0N). Další provozní stavy jsou $\varphi = 0,45$ (0,45N, $t_{w1} = 49,4$ °C) a $\varphi = 0,65$ (0,65N, $t_{w1} = 59,2$ °C). Výsledky měření středních povrchových teplot pro uvažované provozní podmínky jsou shrnuty v tabulce 3.1. V tabulkách 3.13 až 3.15 jsou pak následně vyjádřeny rozdíly mezi povrchovou teplotou držáku indikátoru a reálnou střední povrchovou teplotou článkového otopného tělesa. Pozice umístění jednotlivých bodů (resp. držáků indikátorů) jsou na obr. 3.10.

Tab. 3.1 Střední povrchové teploty (t_s) článkového otopného tělesa KALOR 500/110 – 10 článků pro měřené stavy 1,0N, 0,45N a 0,65N

m/m_N [%]	Střední povrchová teplota OT [°C]		
	1,0N	0,45N	0,65N
40	62,0	43,3	51,1
60	65,0	44,8	53,9
80	67,1	45,9	55,3
100	68,2	46,3	56,0
175	70,3	47,2	56,7

Tab. 3.2 Střední povrchové teploty držáku indikátoru (t_{DR}) a článkového otopného tělesa KALOR 500/110 – 10 článků (t_s) pro stav 0,45N

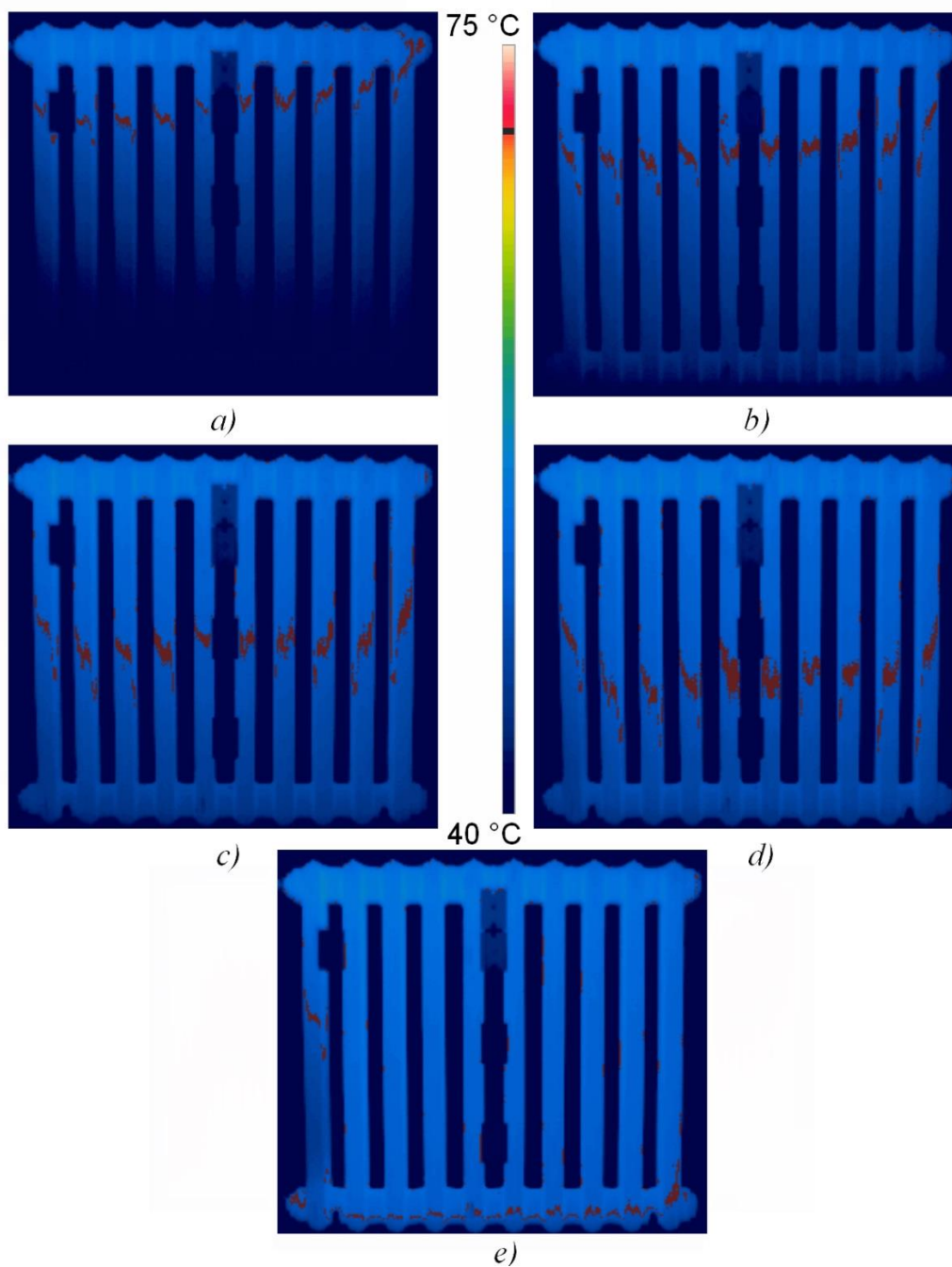
Pozice držáku	t_{DR} [°C]				t_s [°C]				Rozdíl [%]			
	175	100	80	40	175	100	80	40	175	100	80	40
	Bod 1	43,9	43,7	43,6	42,9					-7,0	-5,6	-5,0
Bod 2	42,7	42,3	42,1	40,7					-9,5	-8,6	-8,3	-6,0
Bod 3	40,2	39,4	39,3	37,2	47,2	46,3	45,9	44,8	-14,8	-14,9	-14,4	-14,1
Bod 4	40,6	39,5	39,3	36,2					-14,0	-14,7	-14,4	-16,4
Bod 5	40,1	40,1	39,9	38,9					-15,0	-13,4	-13,1	-10,2

Tab. 3.3 Střední povrchové teploty držáku indikátoru (t_{DR}) a článkového otopného tělesa KALOR 500/110 – 10 článků (t_s) pro stav 0,65N

Pozice držáku	t_{DR} [°C]				t_s [°C]				Rozdíl [%]			
	175	100	80	40	175	100	80	40	175	100	80	40
	Bod 1	51,7	51,6	51,5	49,9					-8,8	-7,9	-6,9
Bod 2	50,1	49,8	49,4	47,1					-11,6	-11,1	-10,7	-7,8
Bod 3	46,6	46,1	45,7	42,5	56,7	56,0	55,3	53,9	-17,8	-17,7	-17,4	-16,8
Bod 4	47,1	46,3	45,5	41,1					-16,9	-17,3	-17,7	-19,6
Bod 5	47,2	47,1	46,9	45,0					-16,8	-15,9	-15,2	-11,9

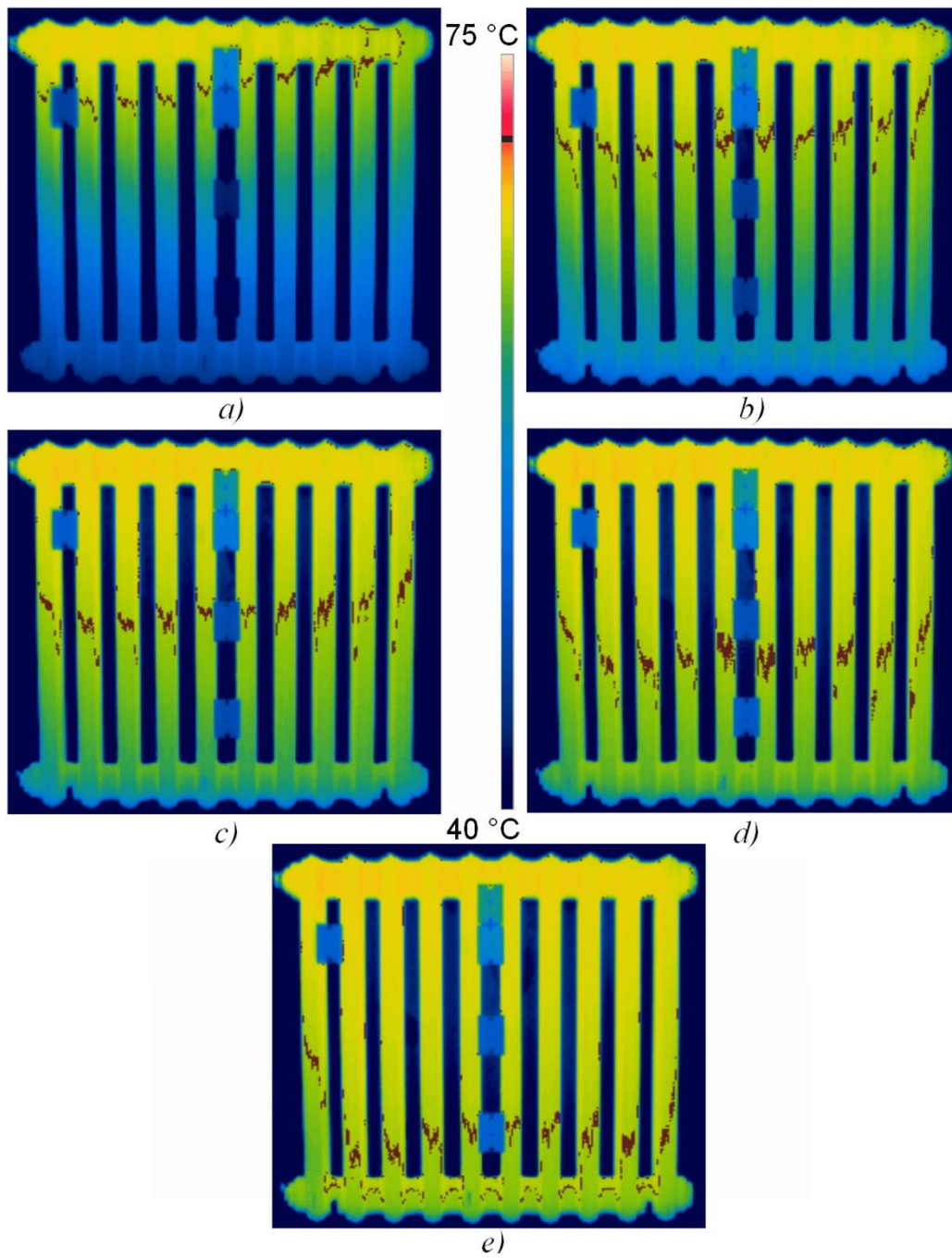
Tab. 3.3 Střední povrchové teploty držáku indikátoru (t_{DR}) a článkového otopného tělesa KALOR 500/110 – 10 článků (t_s) pro stav 1,0N

Pozice držáku	t_{DR} [°C]				t_s [°C]				Rozdíl [%]			
	175	100	80	40	175	100	80	40	175	100	80	40
	Bod 1	63,0	62,1	62,4	59,9					-10,4	-8,9	-7,0
Bod 2	60,8	59,1	59,4	56,5					-13,5	-13,3	-11,5	-8,9
Bod 3	56,3	53,9	53,8	50,0	70,3	68,2	67,1	65,0	-19,9	-21,0	-19,8	-19,4
Bod 4	57,3	54,4	53,7	48,3					-18,5	-20,2	-20,0	-22,1
Bod 5	57,7	56,5	56,4	54,0					-17,9	-17,2	-15,9	-12,9



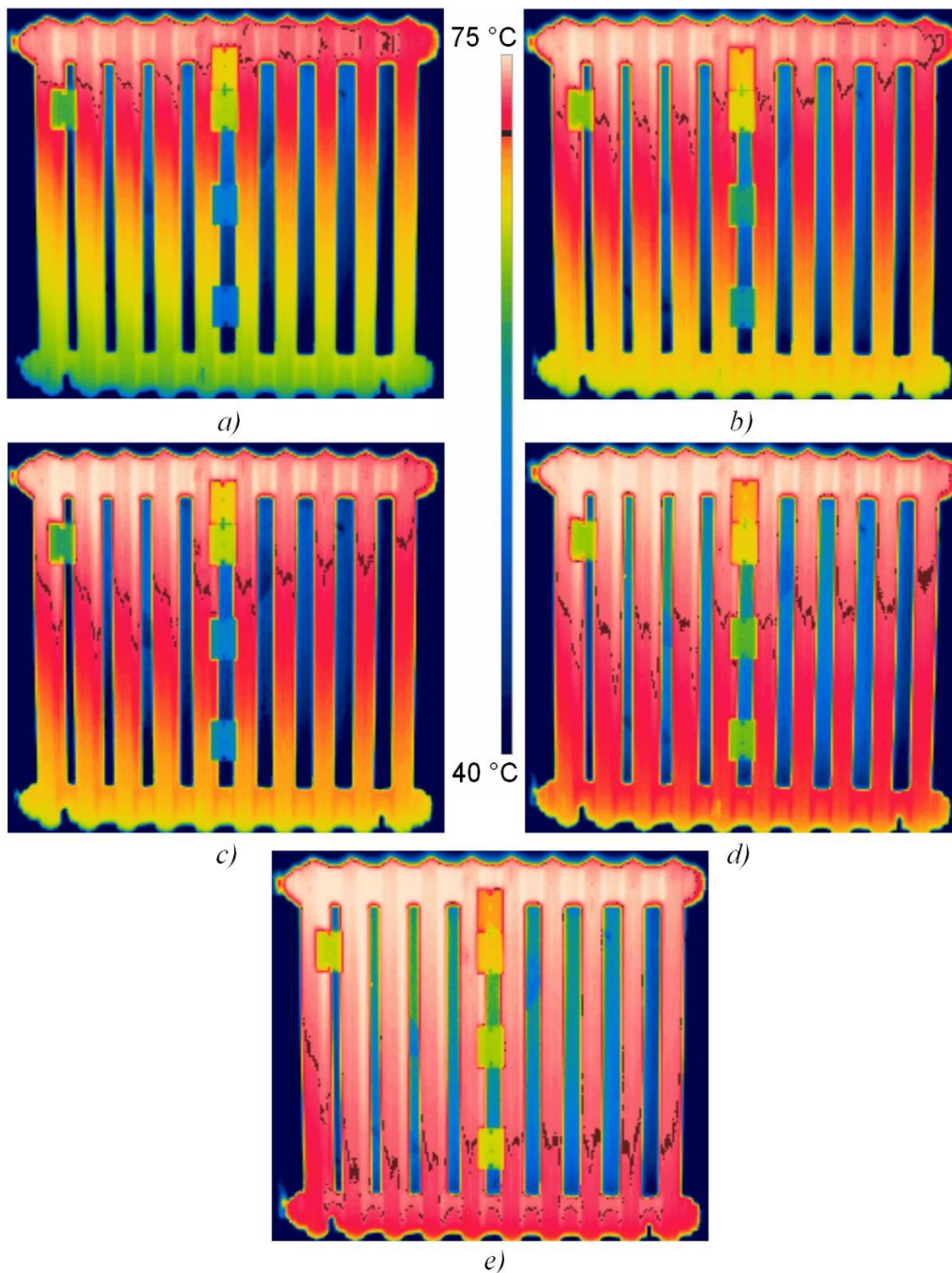
Obr. 3.13 Provozní stavy článkového otopného tělesa KALOR 500/110 – 10 článků, napojeného jednostranně shora-dolů, při součiniteli zatížení otopného tělesa $\varphi = 0,45$.

- a) 40 % jmenovitého průtoku - $t_s = 47,2 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- b) 60 % jmenovitého průtoku - $t_s = 46,3 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- c) 80 % jmenovitého průtoku - $t_s = 45,9 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- d) 100 % jmenovitého průtoku - $t_s = 44,8 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- e) 175 % jmenovitého průtoku - $t_s = 43,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.



Obr. 3.14 Provozní stavy článkového otopného tělesa KALOR 500/110 – 10 článků, napojeného jednostranně shora-dolů, při součiniteli zatížení otopného tělesa $\varphi = 0,65$.

- a) 40 % jmenovitého průtoku - $t_s = 51,1$ °C,
- b) 60 % jmenovitého průtoku - $t_s = 53,9$ °C,
- c) 80 % jmenovitého průtoku - $t_s = 55,3$ °C,
- d) 100 % jmenovitého průtoku - $t_s = 56,0$ °C,
- e) 175 % jmenovitého průtoku - $t_s = 56,7$ °C.



Obr. 3.15 Provozní stavy článkového otopného tělesa KALOR 500/110 – 10 článků, napojeného jednostranně shora-dolů, při součiniteli zatížení otopného tělesa $\varphi = 1,0$.

- a) 40 % jmenovitého průtoku - $t_s = 62,0$ °C,
- b) 60 % jmenovitého průtoku - $t_s = 65,0$ °C,
- c) 80 % jmenovitého průtoku - $t_s = 67,1$ °C,
- d) 100 % jmenovitého průtoku - $t_s = 68,2$ °C,
- e) 175 % jmenovitého průtoku - $t_s = 70,3$ °C.

No obr. 3.13 až 3.15 jsou znázorněny termogramy článkového otopného tělesa KALOR 500/110 s 10 články. Obrázek 3.15 ukazuje průběhy povrchových teplot při součiniteli zatížení $\varphi = 1,0$, označení obrázku 3.15a až 3.15e odpovídá příslušnému nastavení hmotnostního průtoku otopné vody tělesem v rozsahu od 40 do 175 % jmenovitého průtoku. Jak lze z termogramů odečíst pozice střední povrchové teploty článkového otopného tělesa se s průtokem velmi výrazně mění. V případě nižších hodnot

průtoku je výrazně posunuta směrem k horní rozvodné komoře článkového tělesa (obr. 3.13a a 3.13b). Naopak v případě výrazně vyššího průtoku otopné vody článkovým tělesem (obr. 3.13e) je střední povrchová teplota posunuta téměř až na úroveň dolní sběrné komory tělesa. Přesná poloha střední povrchové teploty článkového tělesa je také závislá na počtu článků. Je vidět, že v případě jmenovitého průtoku otopné vody (obr. 3.13d) je její pozice ke vzdálenějším článkům od přívodu otopné vody posunuta do horní poloviny tělesa a naopak u článků blíže k přívodu je posunuta spíše do dolní poloviny otopného tělesa. Tento jev souvisí s tlakovými ztrátami při proudění vody otopným tělesem. Za povšimnutí stojí také fakt, že s klesajícím zatížením otopného tělesa (tj. klesající teplotou otopné vody) jsou výše popsané trendy polohy střední povrchové teploty článkového otopného tělesa téměř totožné.

Z experimentu vyplývá, že poloha střední povrchové teploty článkového otopného tělesa napojeného jednostranně shora-dolů, při jmenovitém průtoku otopné vody (s ohledem na polovinu délky otopného tělesa - tj. v tomto případě na pátém a šestém článku tělesa), leží zhruba mezi 50 až 55 % výšky otopného tělesa. To odpovídá poloze střední povrchové teploty u měřených deskových otopných těles popsaných v kapitole 3.3.2.

Nicméně na rozdíl od deskových otopných těles není možné indikátor umístit přímo na povrch článkového otopného tělesa. Umístění indikátoru je ve speciálním držáku, jehož příslušné hodnoty povrchových teplot jsou uvedeny v tabulkách 3.2 až 3.4. Měření ukázala, že rozdíl mezi povrchovou teplotou držáku indikátoru (t_{DR}) a reálnou povrchovou teplotou článkového otopného tělesa (t_s) v bodě, kde se doporučuje umístění indikátoru (tj. 50 % délky OT a 75 % výšky OT), je při jmenovitém průtoku otopné vody v rozmezí od cca -8,6 % (pro $\varphi = 0,45$) do -13,3 % ($\varphi = 1,0$) v neprospěch držáku indikátoru. Tato skutečnost je zohledňována c opravným součinitelem pro kontakt jednotlivých indikátorů s různými otopnými tělesy.

3.3.4 Zhodnocení experimentálního měření

Experimentální měření mělo odpovědět na otázku jaké je rozložení povrchových teplot otopných těles s ohledem na indikaci spotřeby tepla. Závěry je z tohoto pohledu nutné rozdělit do několika hledisek, a sice podle druhu otopné plochy a způsobu uchycení indikátoru, tj. vedení tepla mezi stěnou otopného tělesa a čidlem použitého indikátoru.

Desková otopná tělesa

Obvyklou praxí je umístění v polovině délky otopného tělesa a 75 % jeho výšky. Přičemž zejména výškové umístění indikátoru se obvykle vyžaduje dodržet velmi přesně s tolerancí ± 10 %. Pokud si tedy představíme otopné těleso s osazenou termostatickou hlavici pak při jmenovitém průtoku otopné vody (= správně hydraulicky vyvážená otopná soustava) je skutečná poloha střední povrchové teploty zhruba v polovině výšky otopného tělesa. V případech, kdy termostatická hlavice reaguje na zvyšování vnitřní teploty vytápěné místnosti (vnější nebo vnitřní tepelné zisky) a dochází ke škrcení průtoku vody otopným tělesem, se poloha střední povrchové teploty deskového otopného tělesa výrazněji nemění. O to dramatičtější rozdíl ale nastává v případě, kdy otopná soustava není hydraulicky vyvážená a do otopného tělesa proudí výrazně více vody, než jak je dle projektu navrženo. V takovém případě je poloha střední povrchové teploty posunuta výrazněji do dolní poloviny otopného tělesa.

Umístění indikátoru v 75 % výšky otopného tělesa, tj. v poloze s vyšší teplotou, se tak snaží kompenzovat nedokonalé vedení tepla do indikátoru a vykazuje snahu o indikaci „skutečné“ střední povrchové teploty otopného tělesa. V případě vhodného umístění indikátoru je nicméně nutné dodržet podmínky způsobu upevnění indikátoru na povrch deskového tělesa. Kvalita styku mezi indikátorem a povrchem deskového otopného tělesa proto musí být garantována ze

strany montážní firmy nebo montážním návodem ze strany výrobce indikátoru nebo celého kompletu (indikátor + držák apod.).

Článeková otopná tělesa

Experiment u článekových otopných těles prokázal obdobné závěry stran polohy střední povrchové teploty jako u deskových otopných těles. Zároveň byly tyto závěry ověřeny i pro různé teplotní stavy (součinitel zatížení otopného tělesa φ). Také u článekových otopných těles je z pohledu geometrie poloha střední povrchové teploty cca v polovině výšky a polovině délky článekového tělesa při jmenovitém napojení a jmenovitém průtoku otopné vody. Nicméně při změně průtoku teplotonosné látky se poloha střední povrchové teploty u článekových otopných těles mění výrazněji než u deskových. V případě nevyvážené potrubní sítě jsou proto rozdíly ve skutečné poloze střední povrchové teploty oproti jmenovitému provoznímu stavu tělesa daleko vyšší. Další podmínkou pro možnost použití indikátoru povrchové teploty otopného tělesa je tak nutnost hydraulického vyvážení otopné soustavy, v souladu s požadavky vyhlášky č.193/2007 Sb. a č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie.

Experiment potvrdil předpoklad, že hodnota povrchové teploty držáku indikátoru je nižší než teplota povrchu tělesa. Relativní rozdíl mezi střední teplotou otopného tělesa a povrchovou teplotou držáku se při jmenovitém průtoku ($\varphi = 1$) pohybuje (pro umístění držáků dle obr. 3.4) od -9 % do -21 %. Snaha o zohlednění této skutečnosti se opět promítá do c opravného součinitele pro kontakt jednotlivých indikátorů s otopnými tělesy.

Z hlediska rovného rozúčtování zde tedy vystupují určité požadavky. **Indikátory musejí být stejného typu a osazeny zcela identicky co se výšky a délky na otopném tělese týče** v souladu s požadavkem § 7 odstavec 4 vyhlášky č. 194/2007 Sb.

Ostatní typy otopných těles

V případě trubkových otopných těles lze předpokládat obdobné závěry jako u článekových těles. Indikátor je stejně jako u článekových otopných těles umístěn ve speciálním držáku.

U konvektorů lze teoreticky uvažovat o použití kalorimetrické metody měření spotřeby tepla, a sice umístění čidel teploty přívodní a vratné vody na potrubí konvektoru a příslušného typu kalorimetru ať již ve skříni konvektoru nebo mimo ní, např. v rámci ovládní konvektoru apod. Použití indikátorů je velmi problematické. Za prvé, není např. u skříňových konvektorů možné umístit indikátor na povrch skříňe konvektoru. Rozdíl mezi teplotou žebrovky konvektoru a jeho skříni může být, až 50 K. Za druhé v případě použití instalace indikátoru přímo na žebrovku konvektoru je nutné zajistit samostatné čidlo teploty vytápěného prostoru (což je technicky možné), ale umístěním indikátoru na žebrovku nebo do konstrukce žebrovky dochází k omezení tepelného výkonu konvektoru, což zejména u podlahových konvektorů s přirozeným vybijením tepla může představovat snížení tepelného výkonu.

U speciálních typů otopných těles zejména designových je pak použití indikátorů velmi sporadické, neboť jejich montáž jednak naruší estetický dojem takového otopného tělesa a zároveň ne vždy je možné u takovýchto otopných těles najít vhodné místo na montáž nějakého typu indikátoru. Teoretickým řešením je pak pouze možnost kalorimetrického způsobu měření spotřeby tepla, což je nereálné, anebo využití jiné rozúčtovací metody.

Jak bylo uvedeno v kapitole 3.2.1 a 3.2.2 jsou určité limity použitelnosti jednotlivých typů indikátorů. Experiment jednoznačně prokázal, jaká je závislost mezi polohou střední povrchové

teploty otopných těles, hmotnostním průtokem teplotnosné látky, teplotního spádu teplotnosné látky a umístěním indikátoru. U nízkoteplotních otopných soustav, nebo u otopných soustav, kdy po zateplení objektu dojde k poklesu teplotního spádu teplotnosné látky je nutné v případě použití indikátorů přihlídnout také k možnostem jejich použitelnosti ve vazbě na ČSN EN 834 a ČSN EN 835.

3.4 Měření a indikace spotřeby tepla ve víceúčelové budově

3.4.1 Charakteristika víceúčelové budovy

Víceúčelovost budovy lze charakterizovat ze dvou pohledů. Jedním je účel, četnost a souběh využití místností, druhým je vybavení budovy provozní technologií (různé kombinace vytápění, větrání, klimatizace, ohřevu vody, ap.).

Z hlediska účelu využití budovy je vhodné je rozdělit na:

- administrativní budovy,
- školní a předškolní zařízení,
- zdravotnická zařízení,
- občanská vybavenost a obchodní centra,
- kulturní zařízení a společenská střediska,
- sportovní zařízení,
- budovy služeb s výrobní technologií,
- ubytovací zařízení a hotely,
- obytné budovy,
- jiné budovy (například tovární, atd.).

Z hlediska vybavení budov existuje celá škála kombinací technického vybavení pro vytápění, větrání a klimatizaci.

Způsob vytápění, větrání a klimatizace je vždy zvolen podle účelu využití místností a zdroje tepla a energie jsou voleny podle dostupného paliva či možností připojení na vnější rozvody energií.

Není výjimkou, že i místnosti stejného účelu mají distribuci tepla, chladu a větracího vzduchu vyřešenou na sobě nezávislými okruhy (například podokenními jednotkami pro vytápění a chlazení a k tomu přidanou soustavou větrání, anebo vytápění pomocí otopných těles a odděleným chladicím zařízením pro odvod tepelné zátěže, atd.). Jde tedy o konstrukčně zcela odlišná řešení, jejichž koncové distribuční prvky jsou geometricky různorodé konstrukce a mají odlišné teplotní koeficienty, což znamená, že pro jejich jmenovitý výkon potřebujeme poněkud odlišné teplotní i hydraulické podmínky. Tyto podmínky jsou dány otopovými křivkami, které nemohou být stejné pro všechna zařízení – směrnice (sklon) křivek a exponent (průhyb) křivek.

3.4.2 Příklad reálné víceúčelové budovy

Víceúčelové v tomto konkrétním případě budovy spočívá nejen v různorodém využití místností. V uvedené budově se nachází prostory pro:

- kancelářské a administrativní činnosti se zázemím (hygiena, kuchyňky a sklady),

- zasedací místnosti,
- obchod a zásobování,
- vaření a stravování, restaurace,
- strojovny a technická zázemí,
- dílny, atd.

Budova je vybavena vlastní trafostanicí, plynovou kotelnou a chladicími agregáty. Všechny tyto tři zdroje zajišťují energetickou bilanci objektu teplem, chladem a elektřinou pro pomocné energie. Objekt má různorodé technologie, které zajišťují vytápění a klimatizaci.

Různorodost užití prostor je podmíněna jak udržováním požadované teploty v místnostech, tak příslušným větráním podle hygienických předpisů a krom toho musí být zajištěno odvádění produkovaných škodlivin, jako je CO₂, tepelná zátěž, odvod odérů a pachů, výparů z kuchyně, atd.

Významnými faktory při provozu vytápění, chlazení a větrání jsou požadavky na vnitřní teploty. Na spotřebu energie mají výrazný vliv tepelné zisky všeho druhu, okamžitý počet osob v místnostech a přenosy tepla mezi sousedními místnostmi stavebními konstrukcemi. **Z těchto důvodů se technologie distribuce tepla, chladu a větracího vzduchu skládá nejen z otopných těles v části objektu, ale i z podokenních vzduchových indukčních jednotek a jednotlivých vzduchotechnických jednotek, které zajišťují klimatizaci (filtraci, ohřev a chlazení vzduchu jako náhradu znečištěného vnitřního vzduchu).** Na komplexní úpravě vzduchu se podílí jak systém vytápění, tak chlazení. Pro orientační porovnání spotřeb tepla dvou, klimaticky poněkud odlišných roků podle denostupňů se ukazuje, že je řízení provozu poměrně ustálené, protože vykazuje přibližně stejnou měrnou spotřebu tepla na jednotku zimy (tabulka 3.4). Z popsaného způsobu provozu technických zařízení budov vyplývá, že je provedení instalace měření nebo indikace u tohoto typu budov technicky problematické.

Denostupně byly vypočítány podle klimatických údajů ČHMÚ pro Prahu a Středočeský kraj a vnitřní teplotu 21 °C. I když je ve spotřebě zahrnut ohřev teplé vody, který je přibližně konstantní a není odděleně měřen, lze konstatovat, že trend (průběh) odběru nejvíce určuje proměnlivá složka podle klimatických podmínek, která se transponuje na kvazi stabilní složku pro ohřev vody. Jak je vidět, měrná spotřeba plynu se pohybuje kolem 510 kWh/D a i když byl rok 2014 teplejší s menším počtem denostupňů o cca 15 %, byl rozdíl měrné spotřeby pouze kolem 1,0 %. Pokud jde o spotřebu elektrické energie, která pokrývá všechny účely od svícení přes pohony technických zařízení budovy, atd., narostla o cca 17 %. Důvodem je velmi pravděpodobně zvýšený požadavek na klimatizaci, resp. chlazení vzduchu (tj. pohon kompresorů), protože v mírnější zimě (tedy v roce 2014) bylo více teplejších dnů.

Tab. 3.4 Spotřeba tepla pro příklad víceúčelové budovy přepočtena na denostupeň D (pro $t_i = 21 \text{ }^\circ\text{C}$)

Měřený rok	D (pro $t_i = 21 \text{ }^\circ\text{C}$)	Spotřeba paliva [m ³ /rok]	Spotřeba tepla [kWh/rok]	Spotřeba tepla na denostupeň [kWh/D]	Rozdíl [-]
Plyn (spalné teplo 10,55 kWh/m³)					
2013	4284,1	205 280	2 165 704	505,52	1,00
2014	3618,6	175 408	1 850 554	511,40	1,01
Elektřina					
2013	4284,1	-	1 103 166	257,50	1,00
2014	3618,6	-	1 086 625	300,29	1,17

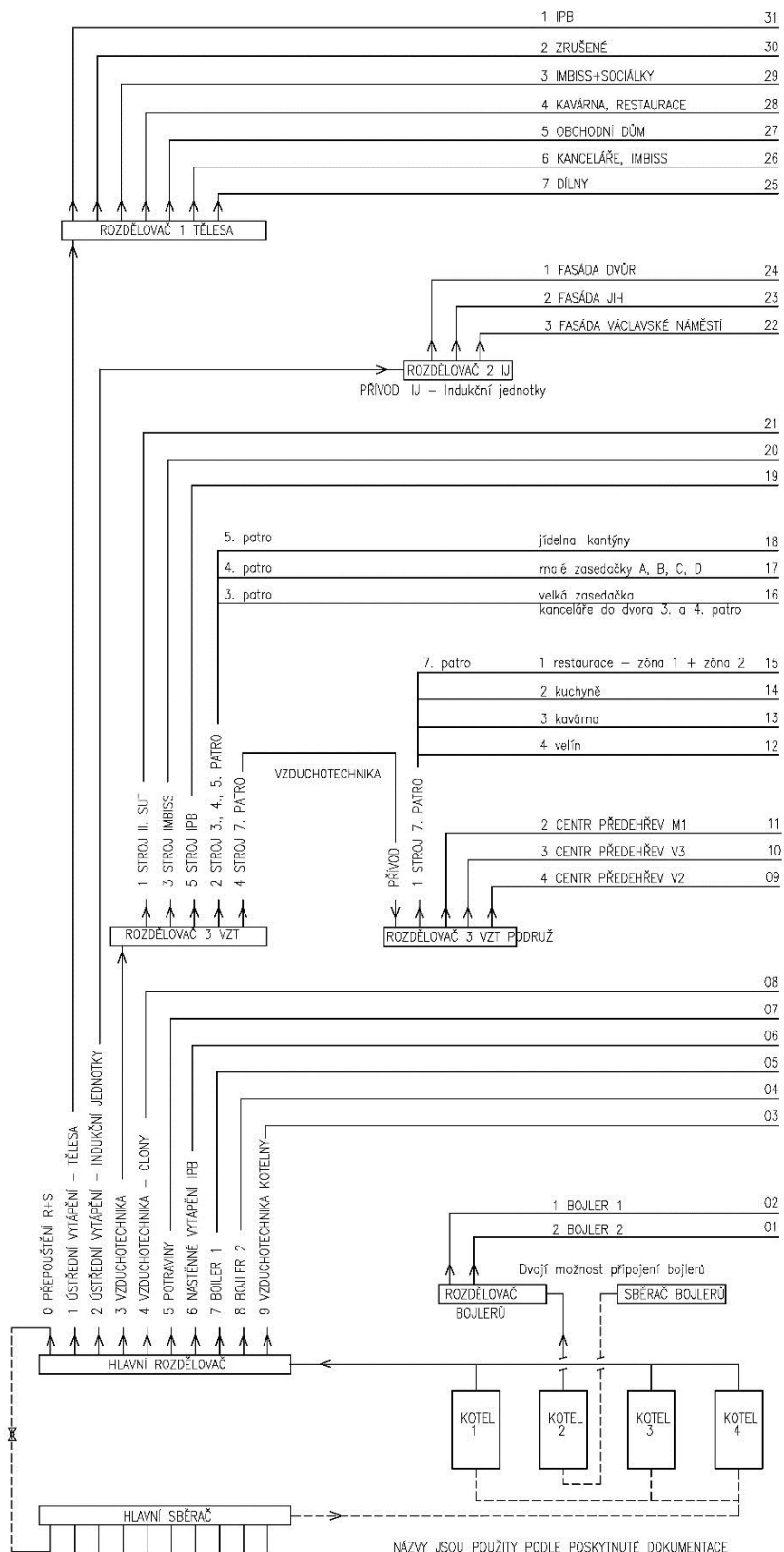
Stávající způsob rozdělování nákladů za energie a služby

Stávající způsob rozdělování nákladů je založen na poměru započitatelných ploch pro cca 70 subjektů, které mají pronajaté prostory. Způsob rozdělování nákladů je navíc velmi komplikovaný také tím, že někteří pronajímatelé opouštějí v průběhu roku pronajaté prostory, jiní naopak přicházejí. Není výjimkou, že se z tohoto důvodu mění také proporcionální rozdělení ploch na jednoho uživatele. Nicméně samotný počet subjektů dokumentuje i problematiku vlastního měření tepla a chladu koncovým uživatelům.

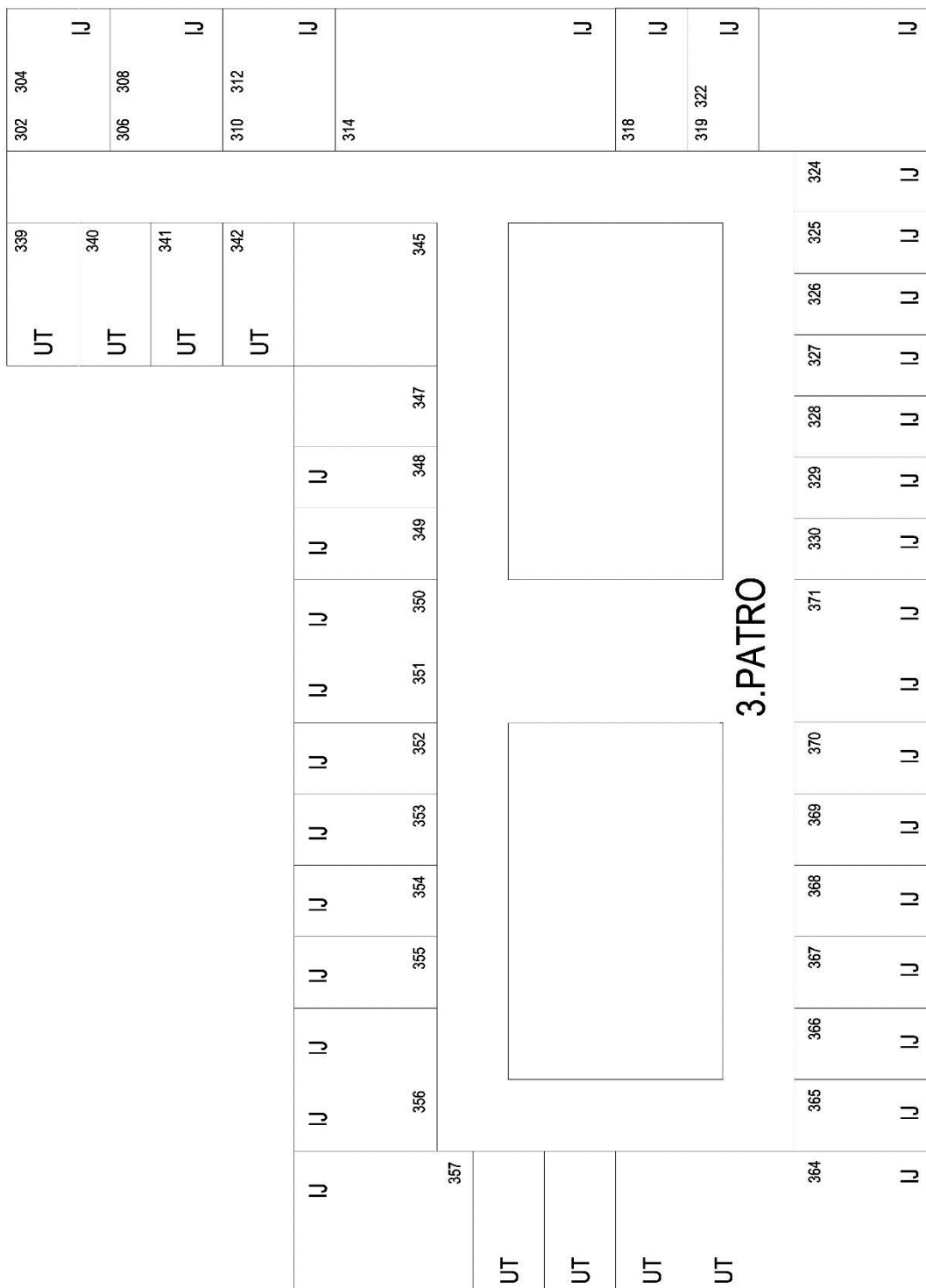
Pro přesné posouzení a návrh technického řešení pro osazení jakéhokoli způsobu měření spotřeby energií je nutná technologická i stavební dokumentace, která je významným a základním podkladem. Bohužel existují i problémy se získáním dokumentace odpovídající skutečnému provedení stavby. Není výjimkou např. rozdílné provedení trasy potrubí, různé druhy otopných těles, chybějící vyvažovací prvky apod. Je nutné si uvědomit, že např. osazené kalorimetry vnášejí do okruhů přidaný hydraulický odpor, se kterým se v řadě původních projektů nepočítalo a při jejich instalaci je třeba zkontrolovat hydraulické podmínky řešení. Potřebná měření a pořízení nové dokumentace bývá tak technicky i ekonomicky náročnější než samotné osazení kalorimetrů. Navíc je často technologie "vtěsnána" do budovy tak, že není možné u větších zařízení dodržet podmínky pro instalaci kalorimetrů (předepsané délky měřicí tratě apod.).

Přehledové schéma pro posouzení možností měření spotřeb energií a stručný popis

Přiložené přehledové schéma zásobování teplem je na obr. 3.16. Obr. 3.16 dokumentuje zapojení jednotlivých okruhů na společnou kotelnu. Toto schéma má za úkol zprůhlednit složitost propojení a dokumentovat celkovou náročnost řešení, pokud by se veškerá technologie měla osadit měřidly. Pro ilustraci je zde uvedeno zároveň schéma pro ohřev teplé vody a vzduchu (tedy bez chlazení, které samo o sobě skýtá podobnou variantu jako je ohřev z kotelny). Dalším ilustrativním schématem je půdorys třetího patra (obr. 3.17), kde je patrné umístění indukčních jednotek (IJ) a otopných těles vytápění (UT).



Obr. 3.16 Přehledové schéma distribuce tepla posuzované víceúčelové budovy



Obr. 3.17 Schéma koncových prvků technického zařízení budovy pro třetí podlaží

Vytápění

Kotelna na zemní plyn skýtá 4 kotle (zdroje tepla), z nichž je jeden přímo určen pro přípravu teplé vody ve dvou zásobnících. Teplou vodu lze zároveň ohřívat také větvemi z hlavního rozdělovače v kotelně. Jmenovité parametry otopné vody vycházejí z teplotního spádu 90/70 °C. U tří kotlů je použito cirkulační (směšovací) čerpadlo, které zabezpečuje nad kondenzační teplotu vratné vody do kotlů (nebezpečí nízkoteplotních korozií, ap.). Kotlová voda vstupuje do hlavního rozdělovače, odkud je přes další směšovací ventily vedena do otopných těles o teplotě podle ekvitermní regulace. Z kotelny je pro vzduchotechniku a ohřev vody požadována tzv. "neregulovaná" teplota vody, jelikož každá VZT

jednotka má vlastní směšovací jednotku přímo u ohřivače vzduchu. Úpravu vody zajišťují katexové změkčovače s přidaným odvzdušněním (odplyněním).

Jak ukazuje schéma zapojení (obr. 3.16), existuje z kotelny celkem cca 31 větví, které zásobují ostatní spotřebiče (řádově stovky těles a indukčních jednotek) a vzduchotechnických ohřivačů (cca 25 ks).

Vzduchotechnika

Větrací vzduch (část čerstvého vzduchu) se přivádí z několika míst do jednotlivých strojoven. Větrací vzduch se centrálně přehřívá a samotná úprava teploty je prováděna v zimním období ohřivačem vzduchu ohříváním vodou z kotelny, v letním období chladičem vzduchu chlazenou vodou ze strojovny chlazení. Větrací vzduch je vháněn do místností pomocí ventilátorů a stejným způsobem je odváděn mimo budovu. Odpadní vzduch například z kuchyně nelze recirkulovat s ohledem na znehodnocení. VZT zařízení nemají vzhledem k historicky staršímu provedení rekuperaci energie, což by navíc komplikovalo samotné měření spotřeby energií.

Příprava teplé vody

Jak již bylo zmíněno, příprava teplé vody je zajišťována buď přímo z kotle, anebo z hlavního rozdělovače. Dva zásobníkové ohřivače mají každý samostatnou regulovanou dodávku tepla podle termostatu teplé vody v zásobníku.

Chlazení

Chladičí jednotky jsou zastoupeny v celkovém počtu 3 ks a zajišťují chladnou vodu pro odvod tepelné zátěže - klimatizace. Na hlavní rozdělovač chladné vody je připojeno celkem 9 okruhů, obdobně jako u vytápění. Některé okruhy jsou dále větveny blíže k místu spotřeby chladu. Ochlazení vzduchu je opět řízeno směšováním pro každou VZT s klimatizací. Chladičů VZT je cca 25 ks.

Možnosti měření spotřeby tepla

Samotný princip měření spotřeby tepla metrologicky znamená použití kalorimetrů, které měří průtoky a teploty vody a integrují přes specifické konstanty odebrané množství tepelné energie. Měřidlo má definovanou a ověřenou citlivost a přesnost, proto se používá i jako fakturační. Naproti tomu indikátory nejsou schopny změřit spotřebu tepla (kapitola 3.2). K tomu musí být zajištěna ještě metodika pro vyhodnocení a zpracování indikovaných dílků, posléze zpracování výsledků, které navíc ovlivňuje poloha místnosti v budově, oslunění a ev. tepelné ztráty místnosti.

Při rozdělování nákladů za energie (teplo, chlad) záleží na uspořádání celé odběrové sítě a rozmístění spotřebičů. Pokud je celý objekt jedním odběratelem (vlastník, společenství, ap.) vůči dodavateli, použije se fakturační kalorimetr. Pokud to podmínky dovolují a všichni koncoví odběratelé by měli oddělené samostatné větve, které by byly osazeny kalorimetry, pak by existoval mezi nimi samostatný obchodní vztah a dodávky by se uskutečňovaly jednotlivě podle kalorimetrů.

Pokud má vlastník pouze vlastní kotelnu a všichni koncoví uživatelé budovy (řada nájemců) nemají vlastní větve pro měřitelnou distribuci tepla a její vlastní spotřebu, musí se rozdělování nákladů provádět poměrově. Poměrové rozdělování i v nejlepším případě s použitím kalorimetrů musí být prováděno tak, že se veškeré distribuované teplo změří hlavním fakturačním kalorimetrem a příslušné díly se určí poměrnou částí z celkové spotřeby. Například naměřené spotřeby u jednotlivců činí 50 GJ + 20 GJ + 30 GJ = 100 GJ. První má tedy 50 %, druhý 20 % a třetí 30 %. Fakturační kalorimetr však naměřil např. 120 GJ, potom první zaplatí za 60 GJ, druhý za 24 GJ, třetí za 36 GJ = 120 GJ. Poměrové rozdělování se provádí také při použití indikátorů (poměrné rozdělení podle indikovaných korigovaných dílků). Tato metoda však vyžaduje použití takových indikátorů, které jsou stejného

provedení a použitelné na konkrétní instalované spotřebiče. V celém objektu by tak měla být použita stejná zařízení a stejná metoda.

V případě posuzované budovy jsou však instalovány jednotlivé spotřebiče (otopná tělesa, indukční jednotky, vzduchotechnika, stěnové vytápění, ap.), na které nelze instalovat žádné indikátory (kromě otopných těles). Otopná tělesa však ve výše uvedeném případě představují jen malou část spotřeby tepla a chlad nevyužívají vůbec. Naopak indukční jednotky a vzduchotechnika využívají teplo i chlad, ale na ně nelze použít indikátory jako na otopná tělesa. Instalace podružných kalorimetrů na vytápění pro otopná tělesa pro jednotlivé subjekty je rovněž vyloučena, jelikož jsou tělesa napojena na stoupačky, které vertikálně procházejí místnostmi, a které používají různí nájemci. Instalovat kalorimetr na každé těleso je investičně drahé a jeho efekt měření s vlivem na úspory je ve srovnání s investicí mizivý.

Význam měření v budově se zdroji tepla a chladu

Zvyšování účinnosti užití tepla musí jít ruku v ruce s hospodařením tepla na straně koncového spotřebitele - nájemce. K takovému počínání však musí být uzpůsobena celá soustava vytápění, větrání a klimatizace. Ve společných prostorách, jako je obchod, restaurace, technologické místnosti (kuchyně) není možné individualizovat spotřeby, ty musí být řízeny pomocí instalované techniky měření a regulace, která bývá nejčastěji jedna pro určitý celek a bez ohledu na různorodost nájemců. Navíc jednotlivé prostory nájemců nemusí být v řadě případů od sebe uzavřeny nějakou pevnou stavební konstrukcí, která by pro potřeby „ohřevu“ vnitřního vzduchu vymezovala jednotlivé prostory nájemce, nebo jednotlivých nájemců mezi sebou nebo od společných prostor budovy, jelikož prostor nájemce je od společného prostoru budovou oddělen pouze mříží apod.

Víceúčelová budova však představuje složitý celek, který nemůže být ponechán v ruce jednotlivých nájemců či návštěvníků společných prostor budovy. Obdobně je tomu i u obytných budov, kde jsou instalována různorodá tělesa (například průběžné trubkové registry hladké či žebrované v suterénech, anebo podlahové konvektory a trubková otopná tělesa na společném potrubí, ap.).

Možnosti:

- 1) Měření spotřeb tepla a chladu pomocí kalorimetrů na jednotlivých rozdělovačích či sběračích by nepřineslo objektivní obraz o spotřebách u jednotlivých koncových uživatelů, jelikož je na tyto koncové větve připojeno více jednotek (například ohřivačů a chladičů vzduchotechniky, otopných těles či indukčních jednotek, ap.).
- 2) Pro výše uvedený objekt, kde počet koncových větví tepla a chladu je větší než 65, by to při ceně dodávky, montáže a úpravě přípojného místa kalorimetru předpokládalo průměrné náklady cca 40 tis. Kč na jedno místo. Investice by pak činila kolem 2 600 000,- Kč. Každá měřicí trať vyžaduje technický prostor (uklidňovací délky, uzávěry, filtry, ap.), což v některých případech v daném místě nelze splnit bez úpravy umístění potrubí. Tyto více náklady nelze bez projekční přípravy posoudit, ale lze předpokládat, že se mohou pohybovat v řádech až stovek tisíců korun.
- 3) Na indukční jednotky v jednotlivých podlažích nelze umístit žádné indikátory či měření. V místnostech jsou tato zařízení navíc zakomponována do interiéru a v mnoha případech je k nim velmi omezený přístup pro instalaci či odečítání.

- 4) Na otopná tělesa by bylo možné umístit indikátory, jejichž cena by činila řádově 1 000 000,- Kč. Tato investice by však byla neúčelná, jelikož by instalace indikátorů nebyla kompatibilní s ostatními způsoby měření, poměrové rozdělení by nebylo objektivní.
- 5) Využití denostupňové metody by bylo velmi sporadické s ohledem na teplotní sourodost mnoha prostor, jiný podíl čerstvého větracího vzduchu a různou účinnost rekuperačních jednotek a především nemožnost místně individuálně ovlivnit teplotní parametry vnitřního prostoru.

S ohledem na výše uvedené skutečnosti se nedoporučuje ve víceúčelové budově zavádět poměrové měření, jelikož by nesplňovalo podmínky stejného provedení a technicky i ekonomicky by nemělo přiměřený efekt, který by odpovídal úsporám tepla či chladu. Udržení efektivnosti je třeba proto nadále zajišťovat vhodnou činností managementu a kvalitní automatickou regulací. To vede většinou k možnostem použitých technologií, které jsou ve značné části objektů morálně i technicky zastaralá. Doporučením vlastníkovi by tak bylo spíše provést komplexní posouzení nejen technického stavu zařízení, ale i analýzu možností pro zvýšení efektivnosti výroby tepla, například instalací moderních kondenzačních kotlů, ověření stavu tepelných izolací rozvodů tepla a chladu, atd.

Pro lepší interpretaci výsledků hospodaření s energiemi se doporučuje:

- a) provádět komplexní analýzu technického stavu instalované technologie s návrhem na případnou inovaci a zvýšení její účinnosti.
- b) více klást důraz na ověřování parametrů prostředí ve vytápěných, větraných a klimatizovaných prostorách v souladu s vyhláškou č. 194/2007 Sb. a hygienickými požadavky (teploty, automatické řízení) a jejich dodržování.
- c) sledovat efektivnost ohřevu vody pravidelným vyhodnocením měrné spotřeby tepla v jednotkách GJ/m³. Tepelné ztráty při cirkulaci u obchodně administrativních budov bývají významné. K tomu je zapotřebí znát hodnoty spotřeby z vodoměru studené vody pro technologii teplé vody a samostatného kalorimetru pro měření spotřeby tepla pro přípravu teplé vody.

4. EFEKTIVNOST POVINNOSTI INSTALACE PŘÍSTROJŮ REGISTRUJÍCÍ DODÁVKU TEPLA

4.1 Efektivnost instalace přímého měření tepla

V kapitole 2.5 byly popsány možnosti úpravy vertikální otopné soustavy na horizontální tak, aby bylo možné aplikovat přímé měření tepla kalorimetrickou metodou. Na úvod je, ale nutné zdůraznit, že se jedná pouze o vyčíslení možných nákladů na takovou úpravu otopné soustavy, která není žádným legislativním dokumentem nařizována. Při možné realizaci takového opatření je nutné zohlednit nejen technické, ale i ekonomické výhody či nevýhody. Z pohledu efektivnosti instalace přímého měření tepla je nutné řešit dvě otázky:

- 1) Náklady spojené s úpravou stávající vertikální otopné soustavy na horizontální
- 2) Přínos takového opatření na možnosti rozúčtování spotřebovaného tepla

4.1.1 Investiční náklady úpravy vertikální otopné soustavy na horizontální

V rámci investičních nákladů na zavedení přímého měření tepla bylo vybráno jedno podlaží bytového domu. Jedná se o starší typ panelového domu s vertikální dvoutrubkovou otopnou soustavou, uzavřenou, se spodním rozvodem a nuceným oběhem vody. Otopná soustava je osazena článkovými otopnými tělesy, potrubí je ocelové a nemá tepelnou izolaci. Celou situaci ukazuje obr. 2.17 a plánovanou změnu obr. 2.18. Prostory koupelen jsou vytápěny samostatnými elektrickými topidly a do spotřeby tepla teplovodní otopné soustavy se nezapočítávají. Venkovní balkónové lodžie jsou zcela zaskleny a nejsou stejně jako chodby, šatny a toalety vytápěny.

Uváděné ceny jsou u materiálů uváděny dle aktuálních ceníků. U stavebních, instalátérských a dalších činností jsou uvažovány ceny obvyklé dle kvalifikace prováděné práce. Veškerý ceníkový přehled je uveden v následujících tabulkách.

Tabulka 4.1 uvádí ceny za předpokládanou demontáž stávajícího potrubního rozvodu, regulačních prvků otopných těles (termostatických ventilů, radiátorových šroubení, apod.) a stavební práce související se začištěním otvorů po vertikálních potrubích a případnou opravu podlahové krytiny apod. U demontáže, likvidace a začištění se mohou ceny u jiných domů výrazně lišit. Např. v případě drahých podlahových krytin může být položka č. 6 výrazně vyšší. Naopak zase v případě vyššího počtu bytů je možné dosáhnout na množstevní slevy apod.

Tabulka 4.2 předpokládá investice spojené s vybudováním měřicího uzlu ve společném prostoru (detail na obr. 2.19). Součástí je tak nejen pořízení kalorimetru a regulačních, uzavíracích a vypouštěcích armatur, ale také instalátérská práce spojené s vybudováním nové hlavní stoupační větve a napojení jednotlivých bytových uzlů.

Tabulka 4.3 souvisí s vybudováním nové potrubní sítě v bytových jednotkách. Dá se předpokládat, že právě tato fáze bude nejvíce nákladná a zároveň, že uvedené ceny se mohou lišit podle druhu použitého potrubí (případně tepelné izolace), typu regulačních armatur atd.

Tabulka 4.4 kalkuluje ostatní položky související s přechodem na horizontální otopnou soustavu. Jedná se hlavně o zpracování nového prováděcího projektu vytápění domu. Uvedená cena projektu je samozřejmě odvislá od složitosti napojení takové soustavy na zdroj tepla (vlastní kotelna, výměňiková stanice CZT, atd.). Nicméně tabulka 4.4 se snaží o předpokládaný náklad na jednu bytovou jednotku dle obvyklých cen takových projektů.

Tab. 4.1 Orientační přehled nákladů úpravy vertikální otopné soustavy na horizontální pro jedno podlaží – demontáž, likvidace a začištění

Číslo položky	Název činnosti	Cca	Počet	Délka	Váha	Cena
		[DN]	[ks]	[m]	[kg]	[Kč]
1	Demontáž přípojek těles železo	15	10	20	24,4	
2	Demontáž stoupaček železo	25	5	15	36,6	
3	Demontáž TRV a šroubení	15	10		5,0	
					66,0	2000
4	Doprava - odhad					400
Součet položek 1 - 4						2 400
5	Vyplnění a začištění otvorů po stoupačkách	40		10		
6	Oprava krytiny podlahy (odhad pro lino cca 600,- Kč/m ² -stoupačku)		5			3 000
Součet položek 5 a 6						3 000
Součet položek 1 - 6						5 400

Tab. 4.2 Orientační přehled nákladů úpravy vertikální otopné soustavy na horizontální pro jedno podlaží – dodávka a montáž bytové skříňky

Číslo položky	Název činnosti	Cca	Počet	Délka	Cena	Cena
		[DN]	[ks]	[ks, m]	[Kč/]	[Kč]
7	Vrtání otvorů do podlahy – nová stoupačka na chodbě	50	2	2	850	1 700
8	Potrubí stoupaček (Alpex)	50	1	6	320	1 920
9	Skříňka 500x500x120 pro kalorimetr a armatury			3	850	2 550
10	Bytový kulový uzávěr na přívodní a vratné větvi	20	3	6	142	852
11	Bytová regulační armatura	20	3	3	550	1 650
12	Filtr	15	3	3	135	405
13	Bytový kalorimetr (do 0,6 m ³ /h)	20	3	3	4 500	13 500
14	Odvzdušňovací ventil bytové přípojky	10	3	6	70	420
15	Vypouštěcí kohouty bytové přípojky pro měření diferenčních tlaků	15	3	6	65	390
16	Komplexní sestavení bytové skříňky - montáž		3	3	500	1 500
17	Napojení bytové skříňky ke stoupačce vč. fitinků		3	3	2 000	6 000
Součet položek 7 - 17						30 887

Tab. 4.3 Orientační přehled nákladů úpravy vertikální otopné soustavy na horizontální pro jedno podlaží – dodávka a montáž horizontální otopné soustavy v bytových jednotkách

Číslo položky	Název činnosti	Cca		Cena	Cena
		[DN]	[ks, m]	[Kč/j]	[Kč]
18	Vrtání otvorů do svislých konstrukcí pro potrubí do bytu (dle počtu průchodů)	25	15	200	3 000
19	Drážky 100x50 mm v podlaze chodby cca 6 m		6	1 000	6 000
20	Drážky 100x50 mm v podlaze pod dveřmi na balkon cca 3 m		3	1 000	3 000
21	Potrubí (Alpex)	15	145	52	7 540
22	Fitinky – kolena	15	36	11	396
23	Fitinky – T-kusy	15	14	22	308
24	Úchytky trubek na zeď (cca 2 ks/m)	15	290	4	1 160
25	Krycí lišty potrubí v délce potrubí		145	21	3 045
26	Termostatický ventil	15	10	272	2 720
27	Termostatická hlavice (kapalinová)	15	10	273	2 730
28	Radiátorové šroubení	15	10	103	1 030
29	Výměna růžice + odvodušnění		20	140	280
30	Montážní práce potrubí, krycích lišt, napojení otopných těles		10	2 800	28 000
31	Zkoušky tlakové a těsnosti bytového okruhu		3	1 000	3 000
32	Seřízení armatur otopných těles a bytu		13	50	650
33	Vyplnění drážek cca 9 m (cca 50 l materiálu + krytina)		1	1 200	1 200
34	Utěsnění průchodů a ostatní drobný materiál dle potřeby		1	400	400
35	Doprava – odhad		1	1 000	1 000
Součet položek 7 - 17					67 979

Tab. 4.4 Orientační přehled nákladů úpravy vertikální otopné soustavy na horizontální pro jedno podlaží – demontáž, likvidace a začištění

Číslo položky	Název činnosti	Cca	Počet	Délka	Váha	Cena
		[DN]	[ks]	[m]	[kg]	[Kč]
36	Tepelně technické posouzení otopné soustavy			13	130	1 690
37	Vypracování projektu vč. zaměření stavby		byt	3	500	1 500
38	Posouzení proveditelnosti					-
Součet položek 36 - 38						3 190

Všechny výše uvedené ceny v tabulkách 4.1 až 4.2 jsou uváděny bez DPH. Celková částka za realizaci změny vertikální otopné soustavy na horizontální, pro půdorys bytového domu dle obr. 2.17 a obr. 2.18

je 107 456,- Kč bez DPH. Pokud bychom chtěli uvažovat cenu na 1 otopné těleso je to částka cca 10 500,- Kč bez DPH. V případě kalkulace na bytovou jednotku vychází celková cena pro byt dispozice 3+1 cca 42 000,- Kč bez DPH a pro byt dispozice 2+1 je to cca 21 000,- Kč bez DPH.

K celkové částce cca 108 000,- Kč za jedno podlaží je nutné přičíst v tomto případě dalších 10 typově shodných podlaží. Dále částku spojenou s vybudování páteřního rozvodu v suterénu domu a samozřejmě také investici do případné úpravy napojení na zdroj tepla. Tyto náklady lze odhadnout ve výši cca 250 000,- Kč. Celkový náklad na bytový dům o jedenácti podlažích by se tak pohyboval ve výši cca 1 400 000,- Kč až 1 450 000,- Kč.

4.1.2 Možnosti přímého měření tepla s ohledem na rozúčtování

Druhým faktorem k posouzení přechodu od vertikálních otopných soustav na horizontální s možností přímého měření tepla je také fakt, zda lze uplatnit zjednodušený postup rozúčtování dodaného tepla do objektu. Na následujícím příkladu je vidět bytový dům s 21 byty a 2 nebytovými jednotkami. Tento bytový dům byl postaven v roce 2009 a má horizontální dvourubkovou otopnou soustavu se spodním rozvodem, uzavřenou a nuceným oběhem vody. Zdrojem tepla je výměňková stanice. Každá bytová i nebytová jednotka je osazena na vstupu kalorimetrem pro přímé měření odebraného tepla. Na patě objektu je osazeno fakturační měřidlo dodavatele (CZT) tepla. Pro možnost odečtu tepla pro přípravu teplé vody je na výměňkové stanici osazen další kalorimetr přímo před výměníkem pro přípravu teplé vody. Bytové a nebytové jednotky jsou osazeny vodoměry na straně teplé vody.

Tab. 4.5 Přehled fakturované spotřeby tepla a jeho podílů na dodaném teple do odběrných jednotek a tepelných ztrát ve společných prostorech domu

Rok	Fakturační měřidlo [GJ]	Součet bytových kalorimetrů [GJ]	Ztráta rozvody	
			[GJ]	[%]
2009	329,48	260,50	68,98	20,94
2010	360,59	282,56	78,03	21,64
2011	335,58	265,35	70,23	20,93
2012	327,38	259,35	68,03	20,78
2013	310,08	246,20	63,88	20,60
2014	274,79	217,85	56,94	20,72

Z tohoto pohledu je zřejmé, že s ohledem na rozúčtování odebraného tepla na vytápění je možné jasně určit množství tepla dodaného do každé bytové i nebytové jednotky a s ohledem na součet náměrů jednotlivých kalorimetrů lze určit podíl tepelných ztrát otopné soustavy, který v průměru činí cca 21 %. Náklady na tepelné ztráty se pak dají mezi jednotlivé vlastníky jednotek rozúčtovat podle podílu na společných prostorech domu. Bohužel dle vyhlášky č. 372/2001 Sb., kterou se stanoví pravidla pro rozúčtování nákladů na tepelnou energii na vytápění a nákladů na poskytování teplé užitkové vody mezi konečné spotřebitele, zatím není možné takto jednoduché pravidlo použít. Tato vyhláška, která je v gesci Ministerstva pro místní rozvoj, má být k 1. 1. 2016 novelizována.

4.2 Efektivnost instalace indikace spotřeby tepla

Indikátory umístěné na otopných tělesech vyžadují preciznost při montáži v předepsané výšce uprostřed celkové délky.

Na proporcionalitu vyhodnocení má značný vliv i nejednotné technické řešení otopné soustavy, když jsou v místnostech instalována z valné části tělesa, ale například v koupelnách jsou průběžná tělesa od suterénu až pod střechu ve formě hladkých trubkových registrů a v suterénech ve formě žebrovaných trubkových registrů. Toto stručné shrnutí má ukázat na určitou komplikovanost instalace indikátorů a věrohodnost údajů v rozdílných podmínkách. Tuto komplikovanost ani není možné z hlediska nákladů montáže zcela objektivně porovnat.

Rovněž záleží na tom, do jaké kategorie roční spotřeby tepla objekt spadá (například při mezní roční spotřebě tepla nad 1800 GJ/rok je jednotková cena nižší než při odběru pod 1800 GJ/rok a v různých oblastech jsou ceny tepla konstruovány odlišně). Proto se může stát, že při zavedení úsporných opatření klesne spotřeba tepla pod danou mezní roční spotřebu a proto se zvýší jednotková cena tepla.

Vyšší výchozí cena tepla může být zdánlivě negativní a může překročit významně základní ceníkovou cenu za předpokladu, že odběratel "neumí" přiměřeně správně plánovat roční spotřebu tepla, zejména tam, kde je složená cena s jinou sazbou za sjednané a odebrané teplo, či sjednaný výkon a odebrané teplo. Zde lze zaznamenat, že sjednané množství, či výkon je hrazen de facto pevnou sazbou bez ohledu na odebrané množství. Potom vysoké sjednané množství (vysoké náklady) při nižším, než odebraném množství tepla zvyšují jednotkovou cenu tepla, i když v souhrnu došlo k úspoře spotřebovaného tepla.

Úspora je vyčíslena podle aktuálních ceníkových cen sjednaného a odebraného tepla v daném roce, což také ovlivňuje celkový výsledek výše úspor. Aktuální cena tepla je dána ceníkem dodavatele a způsobem připojení k dodavatelské síti. Jednotková cena tepla pro odběr přímo z potrubí dodavatele je nižší, než je cena přes objektovou (domovní) předávací stanici tepla, která vyžaduje údržbu.

Současně s řešením instalace kalorimetrů či indikačních metod je nutné se zabývat otázkou, zda je otopná soustava v posuzovaném objektu vybavena odpovídající technikou a je provozována hospodárně. Zjištění skutečného stavu otopné soustavy (tj. osazení termostatických hlavicek na otopných tělesech, hydraulické vyvážení potrubní sítě, atd.) může již v tomto kroku prokázat, že uživatelé neumějí, nebo se nechtějí řídit pravidly vytápění. Požadavky na regulaci otopné soustavy vyplývají z platné legislativy tj. § 7 vyhlášky č.193/2007 Sb. a § 6 vyhlášky č. 194/2007 Sb.

§ 6 Regulace ústředního vytápění a přípravy teplé vody v budově

(1) Regulace vytápění bytových a nebytových budov se provádí

- a) regulací parametrů teploty nosné látky, zejména podle průběhu klimatických podmínek nebo venkovní teploty vzduchu ve vztahu k vnitřní teplotě vzduchu ve vytápěném prostoru nebo podle zátěže, pokud není zajišťována již jejím výrobcem či distributorem, s výjimkou vytápění ze zdrojů s násypnými kotli na tuhá paliva,*
- b) samostatnou automatickou regulací části vnitřního zařízení - zónová regulace, pokud to vyžaduje situování budovy vzhledem ke světovým stranám, odlišná tepelná akumulace nebo různý způsob využívání jejich jednotlivých částí, zejména byty a nebytové prostory,*
- c) individuálním automatickým regulačním zařízením u jednotlivých spotřebičů určených pro vytápění reagujícím na změny vnitřních teplotních podmínek a výskyt tepelných zisků s výjimkou případů, kde je*

to z technických nebo bezpečnostních důvodů neuskutečnitelné, zejména u sálavého vytápění, teplovzdušného vytápění, vytápění ze zdrojů tepelné energie s násypnými kotli na tuhá paliva,
d) regulací tlakové difference v odběrném tepelném zařízení, pokud to vnitřní rozvod tepelné energie vybavený individuální regulací podle písmene c) vyžaduje.

(2) Regulace parametrů teplé vody se provádí, pokud není zajišťována již jejím výrobcem či distributorem,

a) regulací teploty teplé vody v rozmezí stanoveném v pravidlech pro dodávku teplé vody,

b) zajištěním požadovaného přetlaku nezbytného ke spolehlivé dodávce v budově.

Objektivně existuje potenciál úspor tam, kde se přetápí nad výsledné teploty vzduchu v místnostech podle pravidel vytápění, tedy nad 22 °C a více (podle počtu ochlazovaných stěn). Všechny výkazy vyšších úspor tepla než cca 12 % svědčí o tom, že jsou byty přetápěny i o 4 až 5 K (potenciál úspor přes 24 až 30 %). Pokud dojde k instalaci indikátorů a je vykázána úspora v uvedených mezích, pak to není způsobeno samotným indikátorem, ale uživatelem, který si aktivně a pomocí termostatické hlavice snažit omezit průtok otopné vody (nastaví si termostatickou hlavici zpravidla na nižší stupeň teploty, než měl předtím).

Za účelem lepšího porozumění obsahu přiložených tabulek o nákladech a přínosech použití indikátorů na bázi IRTN či denostupňů byl použit podrobnější rozbor nákladů na obě metody. Přiložené tabulky 4.6 pro IRTN a tabulka 4.7 pro denostupňovou metodu mají charakterizovat nákladovost a přímo i podíl úspor, které by měly být dosaženy, aby byla zajištěna návratnost investice do té, které metody.

Tabulky 4.6 a 4.7 jsou vypracovány na základě objektivně poskytnutých podkladů (ceníků), i když nejde o statistické vyhodnocení celé existující řady konkrétních ceníků. Přesto lze konstatovat, že se jedná o běžné náklady na pořízení, instalaci a odečítací službu, vč. zpracování dat a předání protokolů o vyúčtování za příslušný rok jak pro objekt, tak pro jednotlivce. V tabulkách jsou použity stejné údaje dokumentující konkrétní subjekt s uvedeným počtem těles a spotřebou tepla naměřenou patním měřičem tepla a to za rok 2013 a rok 2014, aby bylo patrné, jaké jsou poměry v úsporách podle vývoje klimatu v zimním období.

Z tohoto důvodu je ve vysvětlivkách k tabulkám také specifikován postup určení počtu jednotek denostupňové metody. Dále jsou vypočítány celkové náklady a přepočítány na počet těles, jinak by byly výsledky neporovnatelné. U dodávek a instalací se počítá částka připadající na 1 rok a jedno těleso.

Dalším prvkem, který vstupuje do porovnání, je místo a čas. Ceny a skladby ceníků se v místě a čase mění vč. rozdělování do kategorií odběrů. Tyto veličiny mají vliv na celkovou efektivnost indikací, jak vyplývá z přiložených tabulek 4.6 a 4.7. V tabulkách jsou použity údaje v místě a čase (Praha a roky 2013 a 2014). Ceny jsou převzaty s oficiálních ceníků dodavatele tepla dostupných na www stránkách. Pokud bychom pro tento zkoumaný objekt nahrazovali metodu IRTN, metodou denostupňovou, byly náklady konzultovány se dvěma dodavateli těchto systémů ve Středních Čechách a na Moravě, které se zabývají dodávkami a instalacemi a tabulky sestavovali dle jejich poskytnutých cenových podkladů. Při zpracovávání dat nebylo ze strany oslovených firem svoleno k jejich publikování.

Pro hodnocení je možné zvolit různá kritéria. Kritérium, které je ve výsledku použito, ukazuje náklady na teplo dodané jedním tělesem za rok a také přidané navýšení ročních nákladů vlivem instalace indikátorů. Tato částka zvyšuje náklady na odebrané teplo u IRTN o cca 106 Kč a u denostupňové metody o 185,- Kč/rok a těleso. Součet zvýšených nákladů (teplo na těleso a rok a instalace indikátoru na těleso a rok vykazuje vyšší náklady) porovnáme s náklady bez indikátorů a podíl těchto nákladů potom určuje hodnotu, kolik tepla by se mělo uspořít, aby indikace nebyla nákladově zatěžující rozpočet

uživatele. Pro 4 tělesa v bytě je průměrný nárůst ročních nákladů na IRTN o $4 \times 106,- \text{ Kč} = 424,- \text{ Kč}$ a u denostupňové metody o cca $4 \times 185,- \text{ Kč} = 740,- \text{ Kč}$. Nutno podotknout, že v bytě s menšími tělesy, než je zde uvedené průměrné těleso, se poměr zhoršuje (z menšího tělesa získáme méně tepla, ale náklad na instalaci a služby je dán v přepočtu jenom počtem těles = fixní částka). Naopak u těles větších než průměrné těleso je nákladovost přiměřeně nižší.

Z uvedených tabulek 4.6 a 4.7 je zřejmé, že poměrné náklady na instalaci denostupňové metody indikace spotřeby tepla jsou v našem případě vyšší ($185,- \text{ Kč} / 106,- \text{ Kč} \approx 1,75$, tj. o cca 75 %, než u ostatních druhů indikátorů.

Tab. 4.6 Procentuální podíl běžných nákladů na pořízení, instalaci a odečítací službu indikátorů za rok

Subjekt 1104																
Životnost 10 let														Ceny: dle dodavatelů IRTN		
Vyčíslení nákladů po instalaci IRTN podle ceníků PT a.s. v kategorii odběru A a při odběru z předávací stanice (PS)																
1	2	3	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Rok	Bytů	Těles	Zima	Spotřeba tepla	D21 skutečná		Ceník PT a.s.	Náklady ceník tepla	Pasportizace + Instalace IRTN-dod+mont na 10 let	Odečtová jednotka	10 let	Roční odečty a dokumenty Kč/ks.rok	Plus náklady na těleso Kč/ks.rok	Náklady po instal IRTN Kč/ks.rok	Zvýšené nákl na 1G tepla Kč/rok,těl	
		%	%	G/rok	G/těl.rok	G/byt.rok	Kč/GJ	Kč/ks.rok	Kč/ks	Kč/ks.rok	Kč/dům	Kč/ks.rok	Kč/ks.rok	Kč/ks.rok	Kč/rok,těl	
2013	33	110	100	281,42	2,56	8,53	496,10	1 269,20	506,00	50,60	12 000,00	10,91	44,00	105,51	1 374,71	108,3%
2014	33	110	85	226,41	2,06	6,86	518,20	1 066,60	506,00	50,60	12 000,00	10,91	44,00	105,51	1 172,11	109,9%

Vyčíslení nákladů po instalaci IRTN podle ceníků PT a.s. v kategorii odběru A a při odběru přímo z rozvodů PT a.s. bez předávací stanice (PS)																
1	2	3	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Rok	Bytů	Těles	Zima	Spotřeba tepla	D21 skutečná		Ceník PT a.s.	Náklady ceník tepla	Pasportizace + Instalace IRTN-dod+mont na 10 let	Odečtová jednotka	10 let	Roční odečty a dokumenty Kč/ks.rok	Plus náklady na těleso Kč/ks.rok	Náklady po instal IRTN Kč/ks.rok	Zvýšené nákl na 1G tepla Kč/rok,těl	
		%	%	G/rok	G/těl.rok	G/byt.rok	Kč/GJ	Kč/ks.rok	Kč/ks	Kč/ks.rok	Kč/dům	Kč/ks.rok	Kč/ks.rok	Kč/ks.rok	Kč/rok,těl	
2013	33	110	100	281,42	2,56	8,53	413,70	1 058,40	506,00	50,60	12 000,00	10,91	44,00	105,51	1 163,90	110,0%
2014	33	110	85	226,41	2,06	6,86	431,80	888,76	506,00	50,60	12 000,00	10,91	44,00	105,51	994,27	111,9%

Vyčíslení nákladů po instalaci IRTN podle ceníků PT a.s. v kategorii odběru A a při odběru z předávací stanice (PS) - lokální plynová kotelna																
1	2	3	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Rok	Bytů	Těles	Zima	Spotřeba tepla	D21 skutečná		Ceník PT a.s.	Náklady ceník tepla	Pasportizace + Instalace IRTN-dod+mont na 10 let	Odečtová jednotka	10 let	Roční odečty a dokumenty Kč/ks.rok	Plus náklady na těleso Kč/ks.rok	Náklady po instal IRTN Kč/ks.rok	Zvýšené nákl na 1G tepla Kč/rok,těl	
		%	%	G/rok	G/těl.rok	G/byt.rok	Kč/GJ	Kč/ks.rok	Kč/ks	Kč/ks.rok	Kč/dům	Kč/ks.rok	Kč/ks.rok	Kč/ks.rok	Kč/rok,těl	
2013	33	110	100	281,42	2,56	8,53	612,90	1 568,02	506,00	50,60	12 000,00	10,91	44,00	105,51	1 673,53	108,2%
2014	33	110	85	226,41	2,06	6,86	626,10	1 288,68	506,00	50,60	12 000,00	10,91	44,00	105,51	1 394,19	108,2%

Vyčíslení nákladů po instalaci IRTN podle ceníků PT a.s. v kategorii odběru A a při odběru přímo z rozvodů PT a.s. - lokální plynová kotelna																
1	2	3	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Rok	Bytů	Těles	Zima	Spotřeba tepla	D21 skutečná		Ceník PT a.s.	Náklady ceník tepla	Pasportizace + Instalace IRTN-dod+mont na 10 let	Odečtová jednotka	10 let	Roční odečty a dokumenty Kč/ks.rok	Plus náklady na těleso Kč/ks.rok	Náklady po instal IRTN Kč/ks.rok	Zvýšené nákl na 1G tepla Kč/rok,těl	
		%	%	G/rok	G/těl.rok	G/byt.rok	Kč/GJ	Kč/ks.rok	Kč/ks	Kč/ks.rok	Kč/dům	Kč/ks.rok	Kč/ks.rok	Kč/ks.rok	Kč/rok,těl	
2013	33	110	100	281,42	2,56	8,53	528,10	1 351,07	506,00	50,60	12 000,00	10,91	44,00	105,51	1 456,58	107,8%
2014	33	110	85	226,41	2,06	6,86	536,40	1 104,06	506,00	50,60	12 000,00	10,91	44,00	105,51	1 209,57	109,6%

Tab. 4.7 Procentuální podíl běžných nákladů na pořízení, instalaci a odeřovací službu u denostupňové metody za rok

Subjekt 1104

Životnost 10 let Ceny: dle dodavatelů denostupňové metody

Výčíslení nákladů po instalaci jednotek D° metody podle ceníků PT a.s. v kategorii odběru A a při odběru z předávací stanice (PS)

1	2	3	3a	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
																	Rok	Bytů	Těles	Čidel
2013	33	110	81	100	281,42	2,56	8,53	496,10	1 269,20	981,36	98,14	11 292,00	102,65	200,79	1 470,00	115,8%				
2014	33	110	81	85	226,41	2,06	6,86	518,20	1 066,60	981,36	98,14	11 292,00	102,65	200,79	1 267,39	118,3%				

Výčíslení nákladů po instalaci jednotek D° metody podle ceníků PT a.s. v kategorii odběru A a při odběru přímo z rozvodů PT a.s. bez předávací stanice (PS)

1	2	3	3a	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
																	Rok	Bytů	Těles	Čidel
2013	33	110	81	100	281,42	2,56	8,53	413,70	1 058,40	981,36	98,14	11 292,00	102,65	200,79	1 259,19	119,0%				
2014	33	110	81	85	226,41	2,06	6,86	431,80	888,76	981,36	98,14	11 292,00	102,65	200,79	1 089,55	122,6%				

Výčíslení nákladů po instalaci jednotek D° metody podle ceníků PT a.s. v kategorii odběru A a při odběru z předávací stanice (PS) - lokální plynová kotelni:

1	2	3	3a	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
																	Rok	Bytů	Těles	Čidel
2013	33	110	81	100	281,42	2,56	8,53	612,90	1 568,02	981,36	98,14	11 292,00	102,65	200,79	1 768,81	112,8%				
2014	33	110	81	85	226,41	2,06	6,86	626,10	1 288,68	981,36	98,14	11 292,00	102,65	200,79	1 489,48	115,6%				

Výčíslení nákladů po instalaci jednotek D° metody podle ceníků PT a.s. v kategorii odběru A a při odběru přímo z rozvodů PT a.s. - lokální plynová kotelni:

1	2	3	3a	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
																	Rok	Bytů	Těles	Čidel
2013	33	110	81	100	281,42	2,56	8,53	528,10	1 351,07	981,36	98,14	11 292,00	102,65	200,79	1 551,86	114,9%				
2014	33	110	81	85	226,41	2,06	6,86	536,40	1 104,06	981,36	98,14	11 292,00	102,65	200,79	1 304,85	118,2%				

Význam jednotlivých sloupců k tabulce 4.6

- 1 porovnávané roky
- 2 počet bytů v měřeném uzlu
- 3 počet instalovaných těles v uzlu
- 4 porovnání intenzity zimy podle počtu denostupňů D21
- 5 spotřeba uzlu naměřená kalorimetrem
- 6 průměrná spotřeba na těleso je pouze ilustrativní, neboť nejsou instalována tělesa stejného výkonu z důvodů odlišných tepelných ztrát
- 7 cena se liší, jelikož v roce 2014 byl zdroj rekonstruován vlastníkem domu a přímý odběr má odlišné sazby
- 8 průměrná spotřeba na těleso (nelze použít výpočet pro každé těleso pro celkovou složitost, neboť nejsou instalována tělesa stejného výkonu z důvodů odlišných tepelných ztrát)
- 9 náklady pasportizace, dodávky a montáže IRTN
- 10 náklady na 1 ks tělesa (přepočítáno 506 Kč/jednotku/10 let)
- 11 náklad zařízení – odečtová jednotka a data
- 12 náklad na 1 ks tělesa (přepočítáno 12000/110 ks/10 let)
- 13 náklady na roční odečty a zpracování dat
- 14 součet nákladů za pořízení systému a zpracování výsledků jako celek na jedno těleso
- 15 součet nákladů za spotřebované teplo jednoho tělesa a nákladů na pořízení a zpracování dat
- 16 zvýšení nákladů za jedno těleso (sloupec 15/sloupec 8), vyjádřené v %

Význam jednotlivých sloupců k Tabulce 4.7

- 1 porovnávané roky
- 2 počet bytů v měřeném uzlu (3+1 = 18 bytůx3 čidla; 3+KK = 5 bytůx2čidla; 2+KK = 12 bytů x 2čidla; 1+1 či 1+KK = 3 byty x1 čidlo ≈ celkem 81 čidel)
- 3 počet instalovaných těles v uzlu
- 3a počet čidel (umísťuje se menší počet čidel, než je těles a tím nelze postihnout rovnoměrně celý byt)
- 4 porovnání intenzity zimy podle počtu denostupňů D21
- 5 spotřeba uzlu naměřená kalorimetrem
- 6 průměrná spotřeba na těleso (nelze použít výpočet pro každé těleso pro celkovou složitost, neboť nejsou instalována tělesa stejného výkonu z důvodů odlišných tepelných ztrát)
- 7 ceny v daném roce podle platných ceníků
- 8 náklady za teplo na průměrné těleso v daném roce
- 9 náklady na pořízení a instalaci za jednotku v bytě
- 10 náklady na 1 kus – těleso (přepočítáno 81 čidel x 900,- (Kč/jednotku) / 10 let / 110 těles)
- 11 náklady sběru dat na jednu jednotku
- 12 náklady na sběr dat, přenos a komunikaci v přepočtu na 1 ks tělesa; (přepočítáno 81 čidel x 500 (Kč/byt)/10 let/ 110 těles)
- 12a náklady na rozúčtování na jednotku
- 13 náklady na rozúčtování na 1 ks tělesa v přepočtu (přepočítáno 81 čidel x 120 (Kč/jednotku) / 110 těles)
- 14 součet nákladů za pořízení systému a zpracování výsledků jako celek na jedno těleso
- 15 součet nákladů za spotřebované teplo jednoho tělesa a nákladů na pořízení a zpracování dat
- 16 zvýšení nákladů za jedno těleso (sloupec 15/sloupec 8), vyjádřené v %

V obou tabulkách 4.6 a 4.7 je ve sloupci 16 vyčísleno, na kolik procent se zvýší náklady, když při stejné roční spotřebě jednoho průměrného tělesa toto těleso - byt - osadíme indikátorem.

Tabulky 4.6 – Instalace indikátorů na otopných tělesech IRTN

Zde ve sloupci 16 vidíme rozdílné navýšení, což souvisí s cenami tepla podle kategorie odběru a podle místa připojení uživatele a typu zdroje tepla. První ze čtyřech tabulek 4.6 ukazuje běžnější způsob připojení na předávací stanici dodavatele. Zde je nárůst nákladů na průměrné těleso 8,3 % v roce 2013 a 9,9 % v roce 2014. Z toho plyne, že navýšení nákladů závisí také na roční spotřebě tepla pro daný subjekt, se snižující se spotřebou (mírná zima) se efektivnost zhoršuje. Z uvedené tabulky tedy plyne, že bychom museli ušetřit minimálně 8,3 až 9,9 % tepla, aby se náklady při použití indikace vůči stavu bez indikace vyrovnaly. Další tři tabulky ukazují výsledek pro jiné zdroje a způsoby připojení. Např. podle druhé tabulky v 4.6 bychom museli ušetřit 10 až 12 %, aby se investice vyvážila.

Tabulky 4.7 – Denostupňová metoda s nadstandardní službou ve formě možností nastavení limitních informací o maximech a minimech teplot v bytech - teplotní a vlhkostní snímače

Jsou zpracovány stejným způsobem jako tabulky 4.6. První ze čtyř tabulek ukazuje běžnější způsob připojení na předávací stanici dodavatele. Zde je nárůst nákladů na průměrné těleso 14,5 % v roce 2013 a 17,3 % v roce 2014, aby se náklady při použití indikace vůči stavu bez indikace vyrovnaly. Další tři tabulky ukazují výsledek pro jiné zdroje a způsoby připojení. Např. podle druhé tabulky v 4.7 bychom museli ušetřit 17,4 až 20,7 %, aby se investice vyvážila.

Pokud by tedy např. uživatel bytu, který vytápí na 21 °C (tj. v souladu s vyhláškou č. 194/2007 Sb.), chtěl po instalaci indikátorů ušetřit, znamenalo by to snížit si komfort minimálně až o 3K, tj. na teplotu 19 °C, což bude vnímáno jako nepříjemné omezení komfortu.

Všechny v analýze popsané možnosti indikace tepla (tj. indikátory na otopných tělesech, denzitometrická a denostupňová metoda) a kalorimetrická metoda měření odebraného tepla nejsou technická řešení, která svou technickou podstatou automaticky zajišťují úspory tepla. Úspory jsou způsobeny uvědomělým chováním uživatele. Dle definice zvýšení účinnosti užití energie (§ 2 odst. 2 zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, v platném znění, článek 2 směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti) je i tento způsob zvyšování účinnosti vnímán jako účinný nástroj.

Pro maximalizaci dosahování úspor energie je potřebné se zabývat zároveň následujícími technickými opatřeními, kterými jsou:

- a) Zvýšení účinnosti přeměny energie - tzn. zvýšení účinnosti zdroje tepla.
- b) Snížení tepelných a tlakových ztrát v distribuční síti od zdroje tepla ke konečným prvkům otopných soustav jako jsou otopná tělesa, integrované otopné plochy apod.
- c) Zvýšení účinnosti resp. efektivity regulace otopné soustavy - využití řízení otopných soustav nejen v závislosti na venkovních klimatických podmínkách, ale také s ohledem na vnitřní tepelnou zátěž konkrétního prostoru, další možnosti poskytuje např. prediktivní regulace a jiné moderní systémy řízení.
- d) Zlepšení tepelnotechnických vlastností obvodových konstrukcí vytápěného objektu.
- e) Navržení řízeného systému větrání budovy včetně zpětného získávání tepla.

4.3 Ekonomické zhodnocení instalace indikace spotřeby tepla

Z pohledu ekonomického zhodnocení návratnosti instalace indikační metody je nutno do výpočtu zahrnout následující podmínky:

- Investiční náklady na indikační metodu
- Provozní náklady na provádění odečtu (přenosu) a zpracování dat
- Životnost indikačního zařízení
- Spotřebu tepla
- Cenu tepla a její předpokládaný vývoj

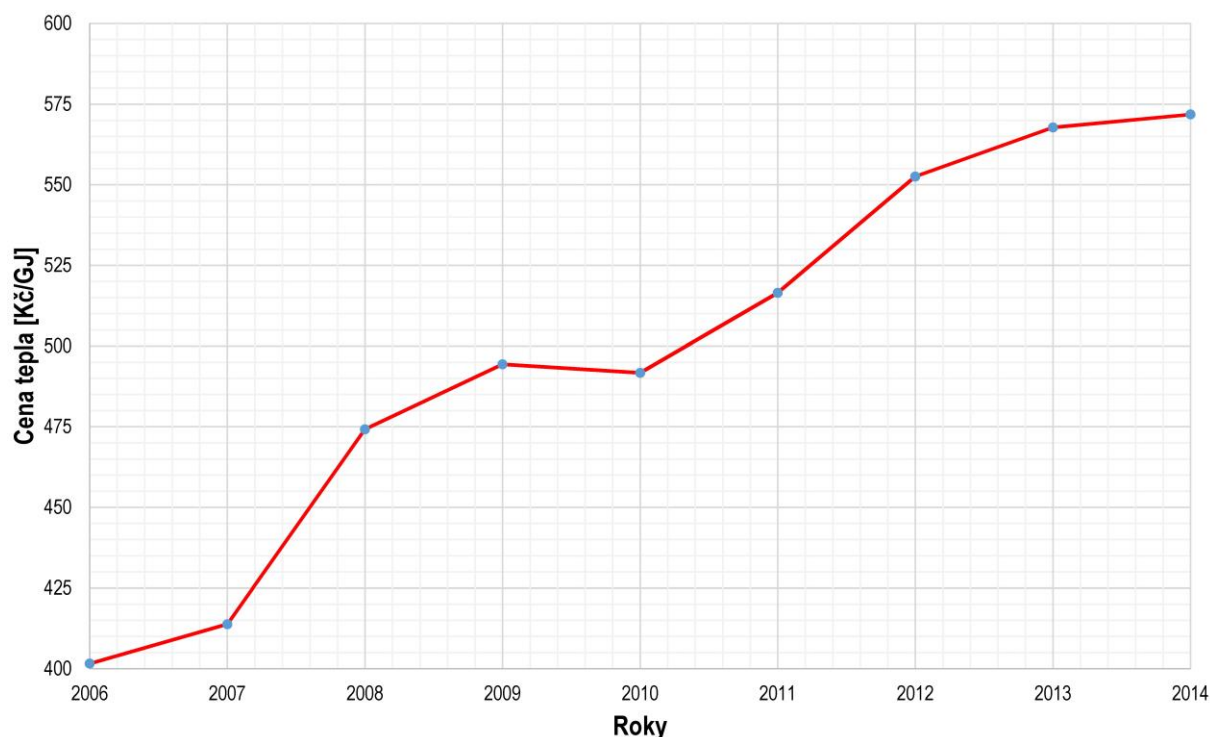
Výrazný vliv na ekonomiku provozu indikační metody má spotřeba tepla bytové jednotky, kde bude indikace instalována a cena tepla. Cena tepla je závislá na typu zdroje tepla. Pro základní orientaci přehledu vývoje průměrných cen tepla pro konečné spotřebitele v ČR ukazuje tabulka 4.8.

Tab. 4.8 Přehled průměrných cen tepelné energie vč. DPH pro konečné spotřebitele v letech 2006 až 2014 podle jednotlivých krajů (Zdroj: www.eru.cz)

Kraj	Průměrná výsledná cena tepelné energie pro konečné spotřebitele vč. DPH								
	[Kč/GJ]								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*
Pardubický	314,72	321,39	377,22	383,38	390,99	407,97	436,22	460,81	470,80
Královehradecký	337,94	348,62	385,32	403,95	417,73	433,92	465,47	489,07	508,77
Plzeňský	365,42	380,04	439,32	457,86	450,61	464,97	494,64	523,53	528,45
Moravskoslezský	367,62	382,03	443,43	464,95	454,92	486,34	515,94	526,83	533,62
Vysočina	390,78	426,50	496,46	491,43	471,31	490,81	514,52	534,92	540,18
Ústecký	415,21	406,95	447,23	475,31	782,96	509,82	542,96	557,40	554,35
Středočeský	396,38	421,07	471,35	492,40	496,30	514,61	557,55	571,93	567,32
Olomoucký	409,87	423,85	503,14	538,28	526,59	535,72	571,55	585,55	578,73
Jihočeský	410,42	432,45	480,58	491,00	512,23	536,26	575,70	586,93	595,82
Karlovarský	410,30	430,52	480,50	502,40	498,96	539,71	571,23	591,96	599,53
Praha	421,21	433,19	493,84	517,84	521,25	547,02	593,88	593,69	594,08
Zlínský	437,47	449,98	508,16	536,52	539,37	559,03	587,92	603,77	612,99
Jihomoravský	493,14	474,18	574,63	601,77	575,28	587,21	635,71	642,71	639,83
Liberecký	492,45	515,77	590,45	615,67	587,19	633,89	687,72	683,29	672,76
Průměr ČR	401,59	413,81	474,20	494,33	491,73	516,47	552,58	567,79	571,80

*Průměrná předběžná cena tepelné energie k 1. 1. 2014

Z tabulky 4.8 vyplývá, že v období od roku 2006 do roku 2014 došlo k meziročnímu průměrnému nárůstu ceny tepelné energie pro konečného spotřebitele o cca 4,6 %. Cena tepla se v současnosti pohybuje v rozmezí od 470,- do 670,- Kč/GJ. Přičemž průměrná cena tepla pro konečného spotřebitele v ČR je 571,80,- Kč/GJ. Vývoj ukazuje obr. 4.1



Obr. 4.1 Vývoj průměrné ceny tepla vč. DPH pro konečného spotřebitele v ČR

Pro vyhodnocení efektivity indikačních metod byly vybrány dvě následující metody

- 1) Instalace dvoučidlových elektronických indikátorů (podrobněji kapitola 3.2.2)
Průměrná cena indikátoru vč. instalace – 500 Kč/ks, náklady na odečet a zpracování dat 110 Kč/ks·rok
- 2) Instalace denostupňové (gradenové) metody (podrobněji kapitola 3.2.4)
Průměrná cena indikátoru (čidla) vč. instalace – 900 Kč/ks, náklady na odečet a zpracování dat 120 Kč/ks·rok

Vstupní parametry byly následující:

- Bytová jednotka 3+1 – (tj. 3 obytné místnosti pro instalaci čidel denostupňové metody)
- Celkem 4 otopná tělesa na bytovou jednotku (tj. 4 indikátory)
- Roční spotřeba tepla bytové jednotky byla uvažována 10, 20 a 30 GJ/rok
- Cena za odebrané teplo byla od 450,- do 700,- Kč/GJ
- Životnost instalovaného způsobu indikace je uvažována 10 let

Problematickým bodem výpočtu ekonomické efektivity instalace zařízení pro indikaci spotřeby tepla jsou očekávané úspory tepelné energie. Úspory tepelné energie dosažené instalací indikačních metod a přímého měření tepla (tj. indikátory na otopných tělesech, denzitometrická a denostupňová metoda, kalorimetrické měření) jsou dosahovány změnou chování uživatelů bez možnosti kvalitního kvantitativního stanovení.

Na základě specifického požadavku MPO jsou do následujících výpočtů zahrnuty možné úspory na spotřebě tepla po zavedení indikace ve výši 3, 6 a 9 % z celkové spotřeby tepla zúčtovací jednotky. Úspory v oblasti 15 až 25 % je možné získat po zavedení indikace a zároveň zavedení dalších opatření, jako jsou např. instalace termostatických ventilů a hlavic, hydraulické vyvážení otopné soustavy atp.

Nutno dodat, že za předpokladu stejné spotřeby tepla v bytové jednotce (vztaženo na denostupeň) by úspora na spotřebě tepla ve výši 3 % představovala trvalé snížení průměrné vnitřní teploty bytu v otopném období o cca 0,5 K, v případě úspory 6 % se jedná o snížení průměrné vnitřní teploty v bytu cca o 1 K a v případě úspory 9 % by to bylo snížení teploty vzduchu v bytu cca o 1,5K. V tomto smyslu bylo také provedeno vyhodnocení v kapitole 4.2.

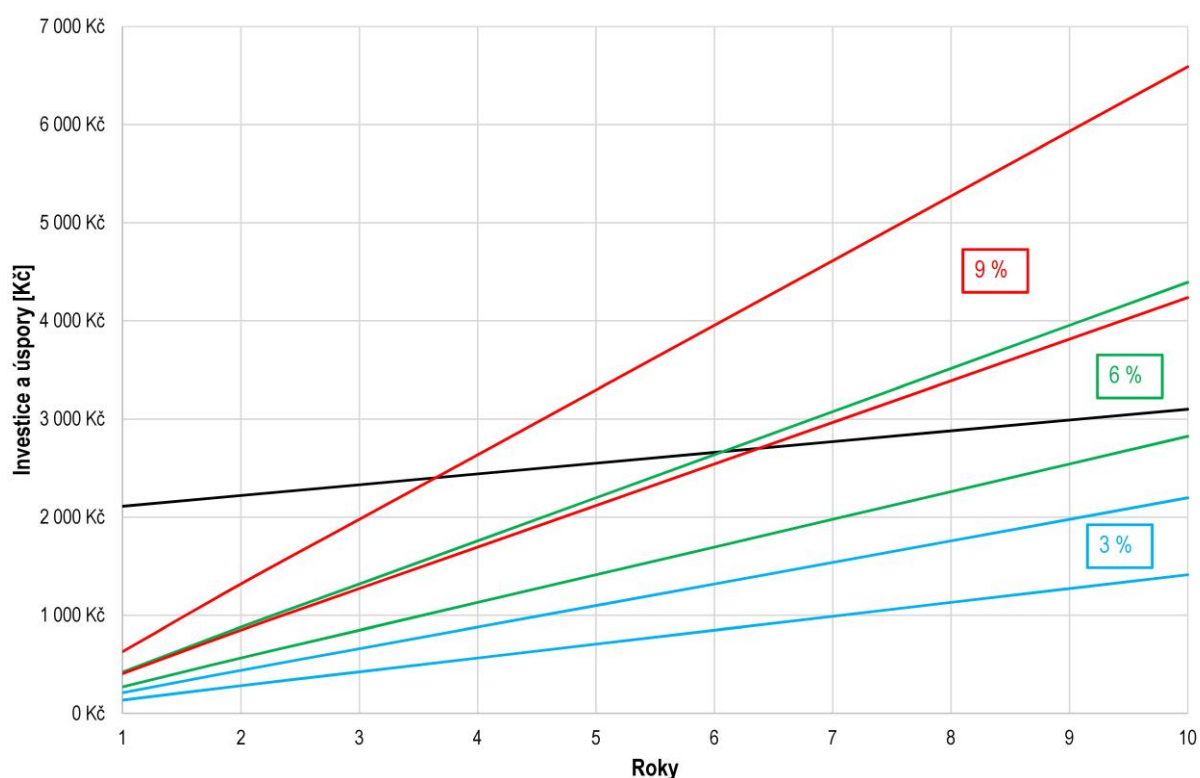
Všechny dále uváděné grafické závislosti mají společné následující:

Modré křivky ukazují rozsah finanční úspory při potenciální úspoře spotřeby tepla 3%

Zelené křivky ukazují rozsah finanční úspory při potenciální úspoře spotřeby tepla 6 %

Červené křivky ukazují rozsah finanční úspory při potenciální úspoře spotřeby tepla 9 %

Černá křivka ukazuje investiční a provozní náklady na indikační metodu vztažené na dobu 10 let

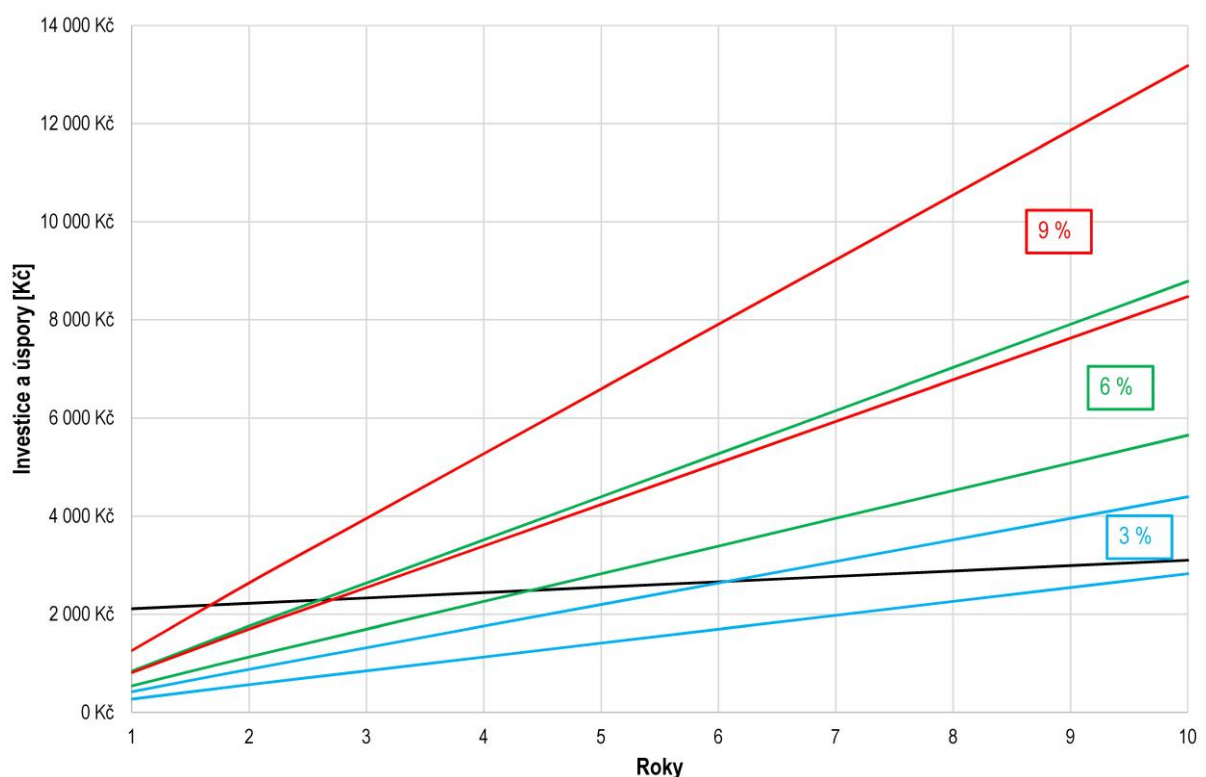


Obr. 4.2 Předpokládané investiční a provozní náklady na zavedení indikace pomocí dvoučidlového elektronického indikátoru pro bytovou jednotku se spotřebou tepla 10 GJ/rok

Graf na obr. 4.2 je sestaven pro bytovou jednotku o spotřebě tepla 10 GJ/rok. Obrázek 4.2 ukazuje, že za 10 let po instalaci indikátoru budou celkové náklady činit 3 100,- Kč (4 otopná tělesa = 4 indikátory, 110,- Kč/rok na odečet, 4,6 % meziroční nárůst ceny tepla). Tyto náklady na instalaci jsou pro následující dva příklady shodné (obr. 4.3 a obr. 4.4). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 3 % by úspora za 10 let činila 2 197,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 1 412,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 6 % by úspora za 10 let činila 4 393,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 2 824,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 9 % by úspora za 10 let činila 6 590,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 4 236,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ).

Z toho vyplývá, že návratnost instalace indikátorů by za předpokladu úspory na spotřebě tepla 9 % byla cca 3,6 až 6,3 let (dle ceny tepla), při předpokládané úspoře 6 % cca 6,1 až 11 let a při předpokládané úspoře 3 % by návratnost investice vycházela na cca 14 až 22 let. Je vidět, že v případě nízké spotřeby

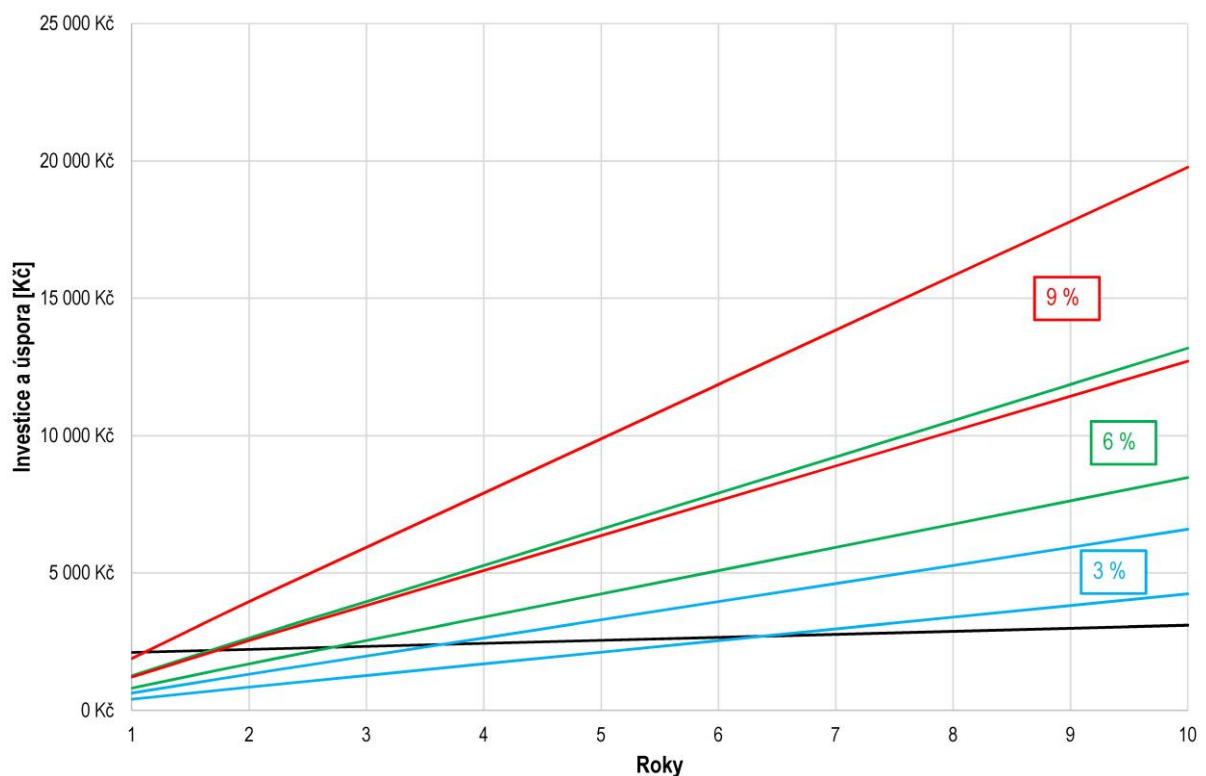
tepla na bytové jednotce se instalace indikátoru jeví jako nevýhodná, protože návratnost investice daleko přesahuje životnost instalovaného zařízení. Tento závěr je o to důležitější pro objekty, které spadají do hodnocení nízkoenergetického domu, pasivního domu nebo domu s téměř nulovou potřebou energie.



Obr. 4.3 Předpokládané investiční a provozní náklady na zavedení indikace pomocí dvoučidlového elektronického indikátoru pro bytovou jednotku se spotřebou tepla 20 GJ/rok

Graf na obr. 4.3 odpovídá bytové jednotce o spotřebě tepla 20 GJ/rok. Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 3 % by úspora za 10 let činila 4 393,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 2 824,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 6 % by úspora činila 5 648,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 8 786,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 9 % by úspora činila 13 180,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 8 473,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ).

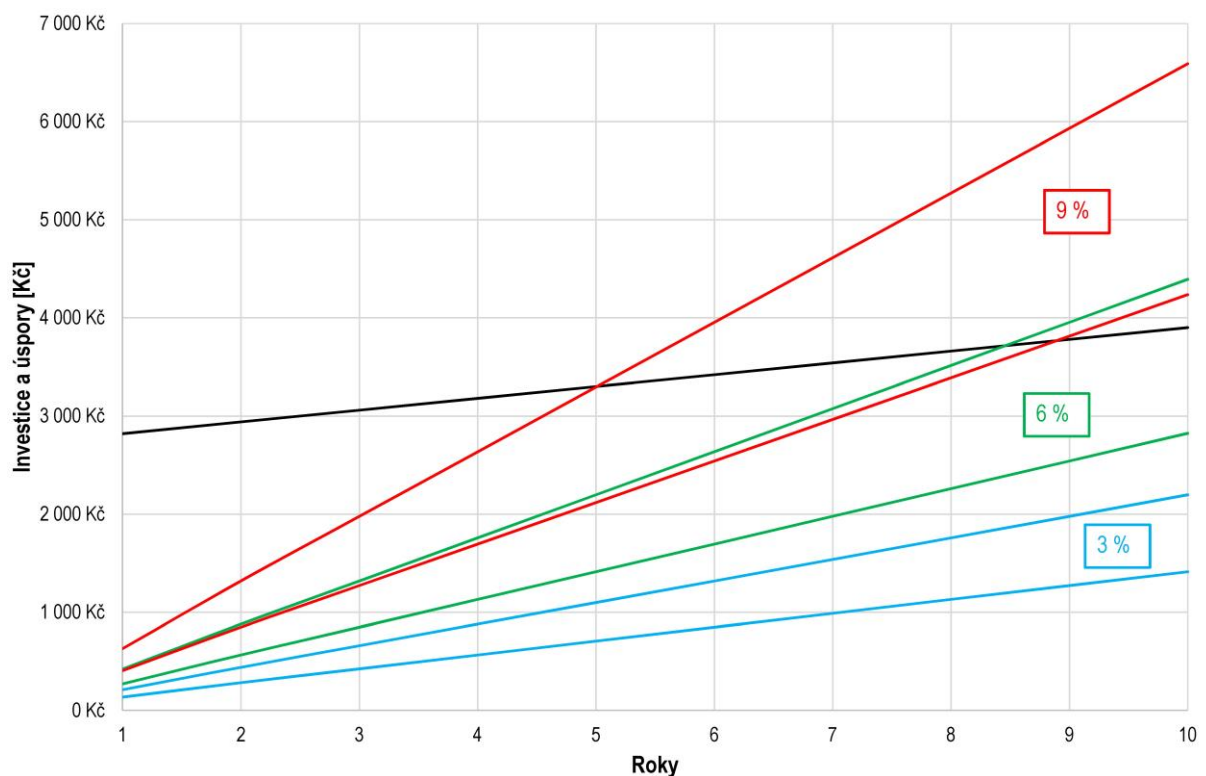
Z toho vyplývá, že návratnost instalace indikátorů by za předpokladu úspory na spotřebě tepla 9 % byla cca 1,7 až 2,8 let (dle ceny tepla), při předpokládané úspoře 6 % cca 2,8 až 4,4 let a při předpokládané úspoře 3 % by návratnost investice vycházela na cca 6 až 11 let.



Obr. 4.4 Předpokládané investiční a provozní náklady na zavedení indikace pomocí dvoučidlového elektronického indikátoru pro bytovou jednotku se spotřebou tepla 30 GJ/rok

Graf na obr. 4.4 odpovídá bytové jednotce o spotřebě tepla 30 GJ/rok. Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 3 % by úspora za 10 let činila 6 590,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 4 236,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 6 % by úspora činila 13 180,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 8 473,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 9 % by úspora činila 19 769,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 12 709,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ).

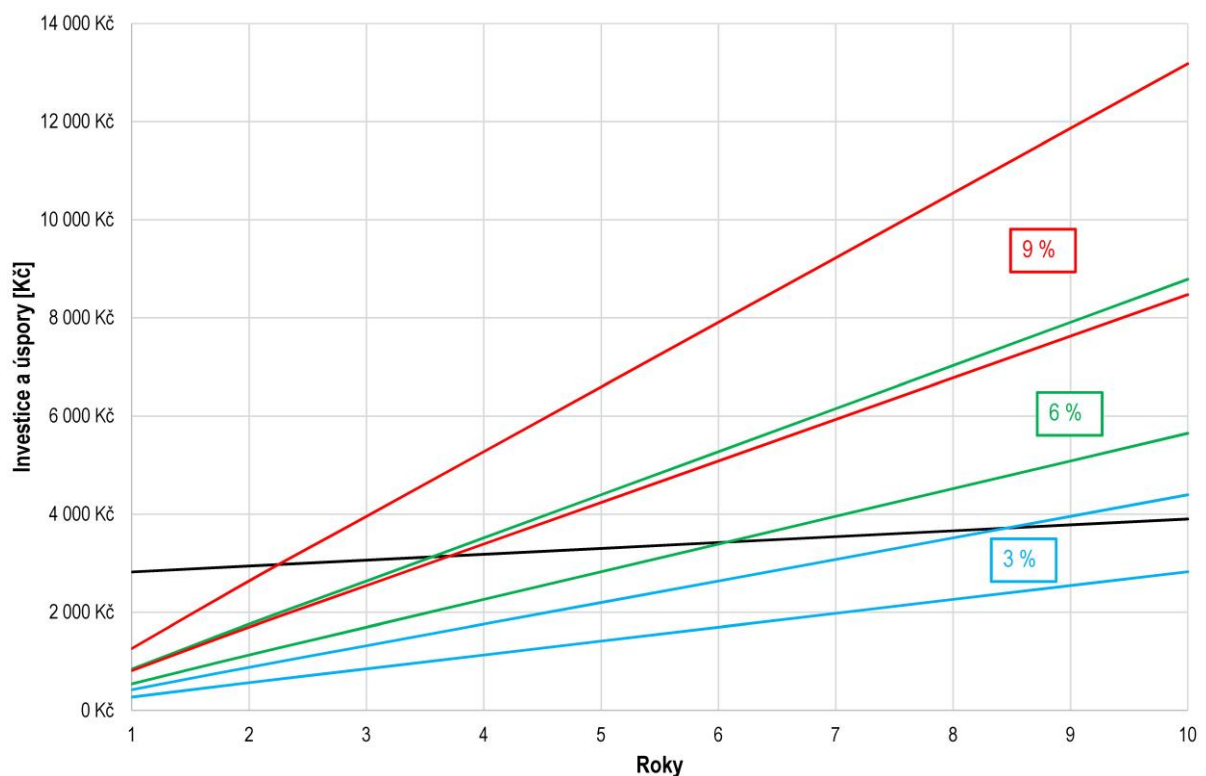
Z toho vyplývá, že návratnost instalace indikátorů by za předpokladu úspory na spotřebě tepla 9 % byla cca 0,2 až 0,8 roku (dle ceny tepla), při předpokládané úspoře 6 % cca 0,8 až 2,8 let a při předpokládané úspoře 3 % by návratnost investice vycházela na cca 3,7 až 6,2 let.



Obr. 4.5 Předpokládané investiční a provozní náklady na zavedení indikace pomocí denostupňové (gradenové) metody pro bytovou jednotku se spotřebou tepla 10 GJ/rok

Graf na obr. 4.5 odpovídá bytové jednotce o spotřebě tepla 10 GJ/rok. Obrázek 4.5 ukazuje, že za 10 let po instalaci indikátoru budou celkové náklady činit 3 900,- Kč (3 obytné místnosti = 3 indikátory-čidla, 120,- Kč/rok na odečet, 4,6 % meziroční nárůst ceny tepla). Tyto náklady na instalaci jsou pro následující dva příklady shodné (obr. 4.6 a obr. 4.7). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 3 % by úspora za 10 let činila 2 197,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 1 412,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 6 % by úspora činila 4 393,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 2 824,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 9 % by úspora činila 6 590,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 4 236,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ).

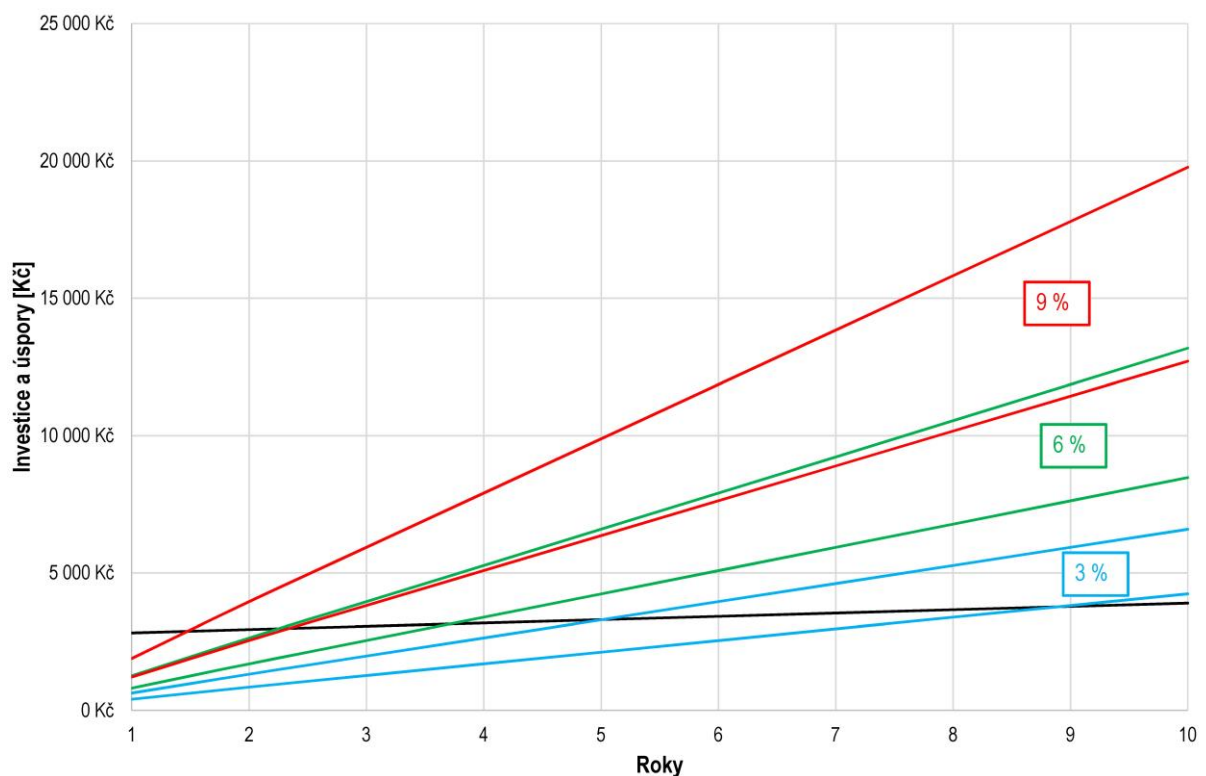
Z toho vyplývá, že návratnost instalace indikátorů by za předpokladu úspory na spotřebě tepla 9 % byla cca 5 až 9 let (dle ceny tepla), při předpokládané úspoře 6 % cca 8,4 až 13,6 let a při předpokládané úspoře 3 % by návratnost investice vycházela na cca 17,8 až 27,6 let.



Obr. 4.6 Předpokládané investiční a provozní náklady na zavedení indikace pomocí denostupňové (gradenové) metody pro bytovou jednotku se spotřebou tepla 20 GJ/rok

Graf na obr. 4.6 odpovídá bytové jednotce o spotřebě tepla 20 GJ/rok. Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 3 % by úspora za 10 let činila 4 393,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 2 824,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 6 % by úspora činila 8 786,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 5 648,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 9 % by úspora činila 13 180,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 8 473,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ).

Z toho vyplývá, že návratnost instalace indikátorů by za předpokladu úspory na spotřebě tepla 9 % byla cca 2,3 až 3,8 let (dle ceny tepla), při předpokládané úspoře 6 % cca 3,7 až 6 let a při předpokládané úspoře 3 % by návratnost investice vycházela na cca 8,4 až 13,6 let.



Obr. 4.7 Předpokládané investiční a provozní náklady na zavedení indikace pomocí denostupňové (gradenové) metody pro bytovou jednotku se spotřebou tepla 30 GJ/rok

Graf na obr. 4.7 odpovídá bytové jednotce o spotřebě tepla 30 GJ/rok. Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 3 % by úspora za 10 let činila 6 590,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 4 236,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 6 % by úspora činila 13 180,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 8 473,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ). Při předpokládané úspoře spotřeby tepla 9 % by úspora činila 19 769,- Kč (při ceně tepla 700,- Kč/GJ) resp. 12 709,- Kč (při ceně tepla 450,- Kč/GJ).

Z toho vyplývá, že návratnost instalace indikátorů by za předpokladu úspory na spotřebě tepla 9 % byla cca 0,5 až 1,3 let (dle ceny tepla), při předpokládané úspoře 6 % cca 1,3 až 3,8 let a při předpokládané úspoře 3 % by návratnost investice vycházela na cca 5 až 9 let.

Z pohledu snahy vyhlášky č. 78/2013 o energetické náročnosti budov jsou požadavky u nových budov na stavbu tzv. budov s téměř nulovou spotřebou energie, rozděleny takto:

- od 1.1.2016 veřejné budovy plocha > 1500 m²
- od 1.1.2017 veřejné budovy plocha > 350 m²
- od 1.1.2018 veřejné budovy plocha < 350 m²
- od 1.1.2018 ostatní budovy plocha > 1500 m²
- od 1.1.2019 ostatní budovy plocha > 350 m²
- od 1.1.2020 všechny nové budovy

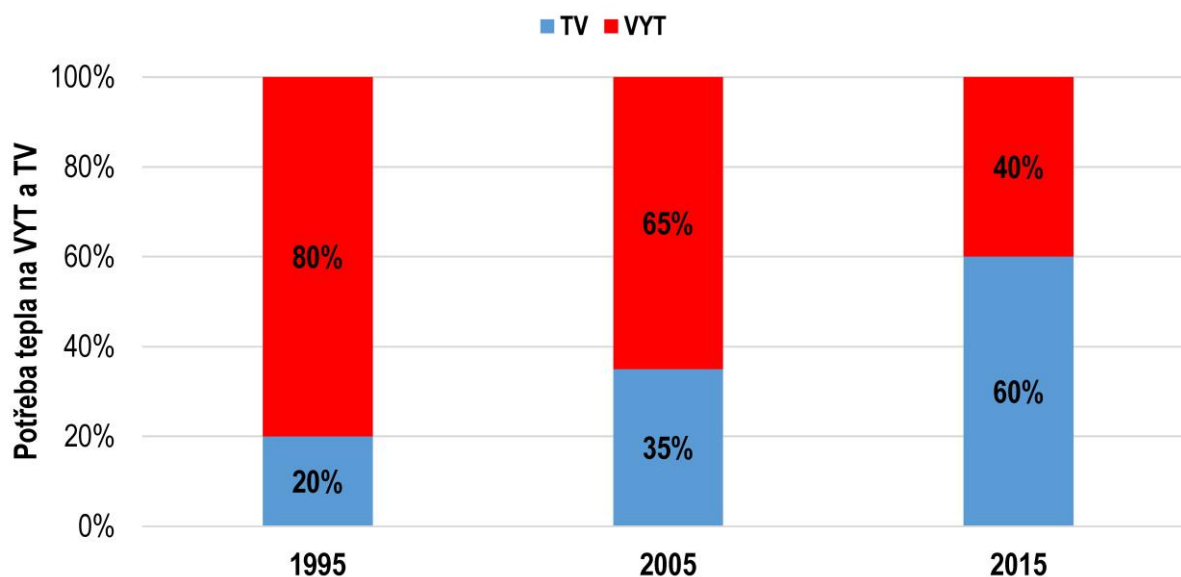
To znamená, že u takovýchto budov bude velmi sporadické prokázat ekonomickou návratnost instalace jakékoli indikační metody s ohledem na životnost instalovaného zařízení tj. 10 let. V takových případech leží pásmo návratnosti daleko za předpokládanou dobou životnosti

U současného bytového fondu v ČR (tj. stávajících budov) se dá říci, že většina objektů již prošla nebo prochází nějakým stupněm revitalizace, který se podílí na snížení nákladů na vytápění. Z tohoto pohledu je zřejmé, že u domů s nižší spotřebou tepla na vytápění je doba návratnosti investice do instalace indikačních metod ekonomicky nereálná. Jaká je průměrná spotřeba tepla bytových domů, které jsou ve studii vyhodnocovány, ukazuje tabulka 4.8. Je vidět, že průměrná spotřeba tepla na byt se pohybuje po úpravě obvodového pláště (tj. zateplení objektu) mezi 8 až 15 GJ/byt. Ve studii jsou také zpracovány objekty, které zatím nemají žádnou úpravou obvodového pláště (tj. jsou v původním stavu). U nich se průměrná hodnota spotřeby tepla na byt pohybuje v rozmezí od 22 do 26 GJ/byt.

Tabulka 4.8 Průměrná spotřeba tepla na byt v posuzovaných objektech (přepočteno na normálový denostupeň a venkovní teplotní podmínky dle lokality - Praha)

Objekt	Počet bytů	Úprava obvodového pláště budovy	Spotřeba tepla [GJ/byt]	
			2013	2014
Šimonova 1103	33	v roce 2013	11,57	8,26
Šimonova 1104	33	ANO	8,53	8,13
Šimonova 1105	33	ANO	10,35	9,72
Brdičkova 1916-1921	175	ANO	12,87	11,90
Stříbrského 631	18	ANO	14,21	14,30
Přecechtělova	126	ANO	11,19	9,98
Augustínova 2066	105	NE	23,21	22,07
Limuzská 530	78	NE	25,87	22,69

Při celkové koncepci je, ale nutné také pracovat s myšlenkou, že spotřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody v objektech za posledních cca 20 let prodělala významné změny (obr. 4.8). Okolo roku 1995 byl podíl z celkového dodaného tepla do objektu cca 80 % na vytápění a cca 20 % na přípravu teplé vody. V roce 2005, kdy se začaly objevovat nízkoenergetické domy a zároveň proběhla první větší vlna revitalizace budov se zaměřením na snížení tepelných ztrát, byl poměr cca 65 % potřeby tepla na vytápění a 35 % na přípravu teplé vody. V současné době pasivních budov a budov s téměř nulovou potřebou energie může tento poměr dosahovat až 40 % na vytápění a 60 % na přípravu teplé vody. Je to dáno tím, že v oblasti přípravy teplé vody je potřeba teplé vody na obyvatele [l/osobu-den] téměř konstantní.



Obr. 4.8 Podíl potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody v obytných budovách

Význam potřeby tepla na vytápění v dlouhodobém kontextu celkové dodané tepelné energie do budovy klesá (obr. 4.8). Je tedy zřejmé, že i úspory (byť psychologické), které by instalace jakékoli metody indikace přinesly, budou nižší právě u takových budov, které vykazují nižší měnou spotřebu tepla. Navíc podíl takovýchto budov bude v budoucnu výrazně vyšší a lze očekávat, že i současné bytové jednotky (pro účel porovnání byla volena jednotka typická bytová jednotka velikosti 3+1) se svou spotřebou budou pohybovat pod hranicí celkové potřeby tepla na vytápění 10 GJ/rok. V případě spotřeby tepla v objektu, který splňuje standardy pasivního domu, kdy na jeden byt je potřeba tepla cca 5 GJ/rok (pro stejný byt 3+1 jako pro předchozí příklady), pak je návratnost investice do instalace indikátorů na otopná tělesa až na hranici 25 let a u instalace tzv. denostupňové metody dokonce až za hranicí 30 let.

U menších bytových jednotek (2+1, 2+kk, 1+1, 1+kk atd.) nebo naopak u větších bytových jednotek (4+1, 4+kk, atd.) se samozřejmě bude měnit počet instalovaných indikátorů, čidel apod., ale zároveň bude klesat nebo naopak růst spotřeba tepla.

Závěrem lze na základě výše uvedených informací konstatovat, že úspora tepla vyvolaná instalací jakéhokoli měřicího systému je způsobena změnou uvědomělého chování uživatele, kterou nelze přesně kvantifikovat. Tento efekt může být časově, individuálně výrazně proměnný.

5. ROZÚČTOVÁNÍ NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ

5.1 Dva přístupy k rozúčtování

V obecné rovině lze přistoupit na dvě pojetí jak rozúčtovat naměřené teplo na patě objektu či u zdroje tepla na koncové spotřebitele, tj. na zúčtovací jednotky. Tyto dva přístupy představují:

- platbu za dodané teplo,
- platbu za službu dosažením žádané vnitřní teploty.

V případě **platby za dodané teplo** se vychází ze stejného rámce, jako je tomu u platby za jiné energie (elektřina, plyn, tuhá paliva ...). Jde tedy o to, že koncový spotřebitel platí za dodané teplo bez ohledu na okolní vlivy.

Uvedme příklad. Bude-li byt orientovaný na sever s rohovou místností vedle nevytápěného prostoru a pod střechou vytápěný lokálními topidly, např. elektrické přímotopy, plynové topidlo (tzv. Wafky), bude koncový spotřebitel platit za elektřinu či plyn, který protopí. Stejně tak pokud bude napojen na centrální otopnou soustavu, měl by zaplatit za odebrané teplo bez ohledu na skutečnost, že je znevýhodněn tím, že jeho byt sousedí s nevytápěným prostorem, je pod střechou, má více ochlazených stěn atp. Znamená to, že je třeba při platbě za dodané teplo zvolit stejnou filozofii, která je uplatňována např. při platbě za dodanou elektrickou energii. Nevýhodou, že je byt energeticky náročnější než jiný, lze zohlednit (např. jako v Německu) vyšší nájmu či nižší cenou při prodeji bytu. To je však již zahrnuto i v české legislativě tzv. energetickým štítkováním budov. Zákon č. 67/2013 Sb., kterým se upravují některé otázky související s poskytováním plnění spojených s užíváním bytů a nebytových prostorů v domě s byty a působnost vyhlášky č. 372/2001 Sb., o rozúčtování nákladů na vytápění a společnou přípravu teplé vody pro dům, vycházejí z platby za službu.

Snižování provozní energetické náročnosti budov se stává významným fenoménem posledního období. Svědčí o tom snaha Evropské unie a vlád jednotlivých členských zemí zajistit nízkou spotřebu energie v budovách vydáváním nových legislativních předpisů.

Podle zjištění provedených v zemích Evropské unie se z celkového množství vyrobené energie v zemích EU spotřebuje cca 40 % na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí v budovách a z toho na vytápění je to cca 28 %. Přitom zahraniční zkušenosti ukazují, že bytový fond představuje výrazný zdroj úspor energie. Uvádí se možnost snížení spotřeby energie na vytápění v budovách o 20 až 30 % ze současné spotřeby energie na vytápění. Tato zjištění se již nejen v zahraničí, ale i v ČR, projevují v cíleném úsilí o úspory energie. Svědčí o tom vyhlášené programy Zelená úsporám, Nový panel a dotační programy SFŽP.

Z provedených rozborů možných úspor energie v bytovém fondu provedených v období 1998 až 2002 v CSI a. s. Praha, byl potenciál možných úspor odhadnut na cca 52 %.

Optimalizovat tento stav se pokouší EU vydáváním směrnic zaměřených na snižování energetické náročnosti budov. Dosud byly vydány následující dokumenty:

- a) Směrnice EP a RADY č. 91/2002/EU o energetické náročnosti budov,
- b) Směrnice EP a RADY č. 31/2010/EU o energetické náročnosti budov,
- c) Směrnice EP a RADY č. 2009/28/EU o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů,
- d) Směrnice EP a RADY č. 2012/27/EU o energetické účinnosti.

V roce 2000 byl parlamentem ČR vydán zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií. Tento zákon byl již několikrát novelizován. Novela zákona zavádí zcela nové pojmy jako „výstavba budov s téměř nulovou spotřebou energie“ a navrhování budov podle kritérií na „nákladově optimální úrovni“. Budova s téměř nulovou spotřebou energie je budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů.

Splnění požadavků EU na výstavbu budov s minimální spotřebou energie v uvedených termínech znamenalo provedení revize celé řady legislativních předpisů. Jedná se zejména o nahrazení vyhlášky č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov, vyhláškou č. 78/2013 Sb. Nákladově optimální úrovni požadavků se rozumí požadavky na energetickou náročnost budovy nebo jejich stavebních a technických prvků, které vedou k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného životního cyklu.

Certifikace energetické náročnosti budov má za cíl změnit současný stav ve spotřebě energie v budovách. Cílem povinné certifikace je snížit spotřebu energie a poskytnout vlastníkům a provozovatelům budov informace o provozní energetické náročnosti budov a možnost provedení vzájemného porovnání jednotlivých budov.

Energetická náročnost budov je definována jako vypočtené množství energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení.

Při hodnocení energetické náročnosti budov (ENB) se hodnotí následující kritéria:

- celková primární energie za rok,
- neobnovitelná primární energie za rok,
- celková dodaná energie za rok,
- dílčí dodaná energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok,
- průměrný součinitel prostupu tepla (obálky budovy),
- součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
- účinnost technických systémů.

Splnění požadavků na ENB se prokazuje podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. porovnáním vypočtených kritérií s vypočtenými kritérii referenční budovy. Referenční budova je výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními vlastnostmi jejích konstrukcí a technických systémů budovy. Zařazení budovy do klasifikačních tříd se provádí podle tabulky č. 5.1.

Tab. 5.1 Klasifikační třídy podle vyhlášky č. 78/2013 Sb

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy		Slovní vyjádření klasifikační třídy
	energie	U_{em} [W/m ² K]	
A	0,50 E_R	0,65 E_R	mimořádně úsporná
B	0,75 E_R	0,80 E_R	velmi úsporná
C	E_R		úsporná
D	1,5 E_R		méně hospodárná
E	2,0 E_R		nehospodárná
F	2,5 E_R		velmi nehospodárná
G	> 2,5 E_R		mimořádně nehospodárná

E_R – kritériální hodnota referenční budovy

V případě **platby za službu**, tj. za službu vzhledem k možnosti zajištění a vytvoření jakéhosi tepelného komfortu ve vytápěném prostoru se vychází ze zcela jiného rámce, než je tomu u platby za dodané teplo. Typickým příkladem uplatnění platby za službu a nikoli za dodané teplo je využití indikační metody na principu denostupňů a denzitometrického principu.

Zákon č. 67/2013 Sb., v § 1, odst. (1) říká: „Tento zákon upravuje některé otázky související s poskytováním plnění spojených s užíváním bytů a nebytových prostorů v domě s byty (dále jen „**služby**“) a postup při určování záloh za služby, rozúčtování, vyúčtování a vypořádání nákladů na služby“.

Je tedy patrné, že se jednoznačně jedná o oblast služeb. Poté v této dikci jsou následující paragrafy 3 a 6.

§ 3 odst.(1) říká: „Službami jsou zejména dodávka tepla a centralizované poskytování teplé vody, dodávka vody a odvádění odpadních vod, provoz výtahu, osvětlení společných prostor v domě, úklid společných prostor v domě, odvoz odpadních vod a čištění jímek, umožnění příjmu rozhlasového a televizního signálu, provoz a čištění komínů a odvoz komunálního odpadu“.

§ 6 odst.(1): „Náklady na dodávku tepla a centralizované poskytování teplé vody se rozúčtují na základě ujednání poskytovatele služeb se všemi nájemci v domě, u družstevních bytů na základě ujednání družstva se všemi nájemci v domě, kteří jsou zároveň členy družstva, u společenství ujednáním všech vlastníků jednotek. Změna způsobu rozúčtování nákladů na dodávku tepla a centralizované poskytování teplé vody je možná vždy až po uplynutí účtovacího období“.

ČR tak v rámci snahy o zajištění plnění Evropské směrnice zvolila přístup platby za službu.

5.2 Vyhodnocení dat měření spotřeb tepla s ohledem na přínosy zavedení povinné indikace

5.2.1 Stručný popis opatření ke snížování spotřeby tepla na vytápění bytů

Nejdříve je nutné definovat pojem "úspora tepelné energie" a také to, co nelze považovat za úsporu. Úsporu lze charakterizovat tak, že vzniká snížením spotřeby tepla oproti předchozímu stavu a za podmínky, že jsou při vytápění dodrženy projektované tepelně technické podmínky vyjádřené výpočtovou teplotou vzduchu ve vytápěných místnostech a v otopné soustavě podle pravidel vytápění v souladu s vyhláškou č. 194/2007 Sb. Tím se rozumí spotřeba, která zajišťuje projektované teploty (t_{in}) ve vytápěných místnostech, neboť je vnitřní výpočtová teplota stěžejním parametrem tepelné pohody

(tímto není popřen vliv radiační teploty okolních ploch a případně rychlosti proudění vzduchu, tj. komplexní a detailní vlivy na tepelnou pohodu). Zjednodušeně by tedy šlo říci, že optimální spotřeba tepla je ta, která zajišťuje správné hodnoty teploty t_{in} , přičemž ta ve své podstatě vyjadřuje výslednou teplotu.

Jakoukoliv vyšší spotřebu lze označit za plýtvání? Jakoukoliv nižší spotřebu na úkor teploty t_{in} nelze považovat za úsporu, ale za porušování pravidel vytápění. Jestliže byla roční spotřeba tepla 1000 GJ/rok a přitom bylo vytápěno na teplotu $t_{inx} = t_{in} + 3^{\circ}\text{C}$, potom lze snížením teploty na hodnotu t_{in} docílit sníženou spotřebu tepla cca o 18 %, tj. na hodnotu cca 820 GJ/rok. Úspora tepla pak činí 180 GJ/rok. Jestliže byla roční spotřeba 820 GJ/rok, která zajišťovala správnou teplotu t_{in} a vlivem snížení této teploty například volbou uživatelů na hodnotu $t_{inz} = t_{in} - 2^{\circ}\text{C}$, pak se očekává snížení spotřeby o cca 12 %, tedy pokles spotřeby na 721,6 GJ/rok. Snížení spotřeby o dalších 98,4 GJ/rok již nelze považovat za úsporu, jelikož zhoršuje podmínky tepelné pohody a degraduje smysl vytápění vůbec.

Jediným nástrojem v bytě uživatele, který zajistí správné teploty a optimální odběr tepla z otopné soustavy je místní regulace. Tímto není dotčen například stav, kdy tepelné zisky zvyšují teplotu v místnosti nad hodnotu t_{in} i při uzavřeném stavu termostatického ventilu. V současné době je nejlepším nástrojem pro optimalizované vytápění a úspory tepla vhodně navržená regulace otopné soustavy, udržování správných dynamických vstupních parametrů otopné vody a zajištění místní regulace pomocí regulačních ventilů na otopných tělesech a příslušných regulátorů (např. termostatických hlavíc).

Příklady uznatelných úspor tepla za podmínky, že jsou dodrženy ve vytápěných místnostech teploty t_{in} podle pravidel vytápění, jsou:

- Udržování teplot t_{in} , nejlépe s vyloučením časově i amplitudově přehnaných útlumů (následné špičky mohou překračovat i dvojnásobek normálního ustáleného příkonu s vlivem na zvýšení teploty a průtoku otopné vody).
- Automatické udržování fyzikálně správných parametrů otopné vody na minimální možné teplotní úrovni (snížení tepelných ztrát rozvodů a udržení hydraulické stability).
- Zkvalitnění tepelných izolací potrubí s ohledem na snížení tepelných ztrát rozvodů tepla.
- Zlepšení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí objektu (snížení tepelných ztrát prostupem).
- Péče o kvalitu výplní otvorů, zejména konstrukční provedení (stabilita vlastností).
- Krátkodobé a účinné větrání s eventuální rekuperací tepla.
- Technická opatření ve smyslu hydraulického vyvážení otopné soustavy, pokud tímto způsobem nedojde ke snížení teplot t_{in} .

Rozhodně nelze považovat za uznatelné úspory pouhé porovnání spotřeb tepla mezi dvěma roky, které nejsou porovnatelné průběhem otopové sezóny, tedy není zohledněn přepočít přes počet denostupňů.

Také nelze uznat tzv. úspory získané porovnáním, které je vyjádřeno v jednotkách W/m^2 , neboť se roční spotřeby mění podle vývoji otopného období, ale vztažná plocha je pro objekt konstantou (viz kap. 5.2.3).

5.2.2 Měřitelné a neměřitelné dodávky tepla

O měřitelnosti tepelné energie viz také kapitola 3. Jediným správným měřidlem dodávky a spotřeby tepla v souladu s metrologickými pravidly jsou měřiče tepla, tj. kalorimetry. Neměřitelné tepelné zisky ve vytápěných místnostech existují v různých náhodných proporcích z:

- oslunění,
- vnitřních spotřebičů produkujících teplo,
- metabolického tepla osob,
- neizolovaného potrubí stoupaček
- a v nemalé míře prostupem tepla stěnami z okolních přetápěných místností.

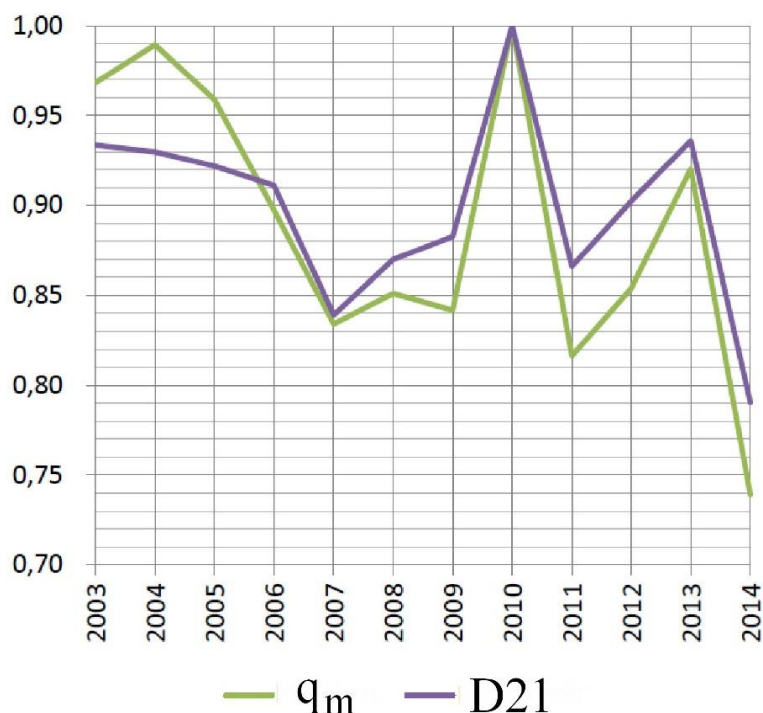
Přibližně po tři nejchladnější měsíce v otopném období je stěžejním zdrojem tepelné energie těleso připojené na rozvody tepla ve vytápěném objektu. Když se tepelné zisky z oslunění či vnitřní zisky v zimním období minimalizují, významnějším neměřitelným podílem zisků na vytápění jsou neizolované trubky stoupaček.

V přechodovém období bývá přínos tepla z vnějších i vnitřních tepelných zisků podstatně více zastoupen.

Výše uvedené vede k otázkám problematiky objektivnosti indikace například u značného rozdílu zisků u místností na severní a jižní straně, či na straně východ - západ. Z vyhodnocování spotřeb tepla přepočteno přes tzv. „denostupně“ je zcela patrný přínos tepelných zisků, které způsobují, že měsíční měrná spotřeba tepla q_m v přechodovém období klesá. Denostupňová metoda je dobrým nástrojem pro rychlou orientaci při posuzování potřeb tepla při předběžných návrzích otopných soustav a jejich ročních spotřeb na vytápění.

5.2.3 Hodnocení úrovně hospodaření teplem pomocí měrných spotřeb

V současné době existuje mnoho materiálů, které nesprávně hodnotí úroveň hospodaření teplem, například porovnáním měrných spotřeb podle ukazatele q_m [W/m^2] což je spotřeba tepla vztažená na plochu, nebo jen prostým porovnáním ročních spotřeb. Ukazatel q_m [W/m^2] nevyjadřuje nic jiného, než průběh daného otopného období. V chladnějším roce je vždy měrná jednotka větší než v mírnějším roce. Jak se mění tento ukazatel, je patrné z obr. 5.1, a proto ho nelze použít ani pro porovnávání tzv. stejných budov, pokud nejsou vyhodnocovány a porovnávány všechny veličiny, které toto ovlivňují (teplota v místnostech, venkovní teplota, intenzita větrání, tepelné zisky, atd.).



Obr. 5.1 Příklad závislosti měrné spotřeby tepla q_m a denostupňů D21 pro jednotlivá otopná období u bytového domu

Zde je zřejmé, že měrná spotřeba tepla kopíruje počet denostupňů s malými odchylkami, které spíše vyjadřují menší či větší odchylky spotřeby tepla tím, že se částečně měnila efektivita hospodaření teplem. Nejchladnějším rokem v poslední dekádě byl rok 2010. Jestliže někdo v roce 2007 hodnotil výsledek na úrovni cca 84 % z maxima, pak musel být překvapen rokem 2010. Nicméně podíváme-li se na kap. 5.2.5, zjistíme, že roční měrná spotřeba pro tento objekt v roce 2010 nebyla nejvyšší.

Lepším ukazatelem, který zahrnuje průběh zimy a také tepelné zisky, je roční měrná spotřeba tepla v jednotkách [kWh/D] eventuálně v [GJ/D]. Právě v počtu denostupňů je také zahrnut vliv klimatu. Jednotka vychází z tepelné ztráty, která se v auditech a průkazech energetické náročnosti vyjadřuje v jednotkách tepelného toku [W/K]. Tato veličina koresponduje s měrnou spotřebou v [GJ/D]. Pro výpočtový stav například uvnitř 21 °C a vně -12 °C obdržíme za den 33 D, které můžeme označit D21/12. Jedná se o kvazistacionární stav.

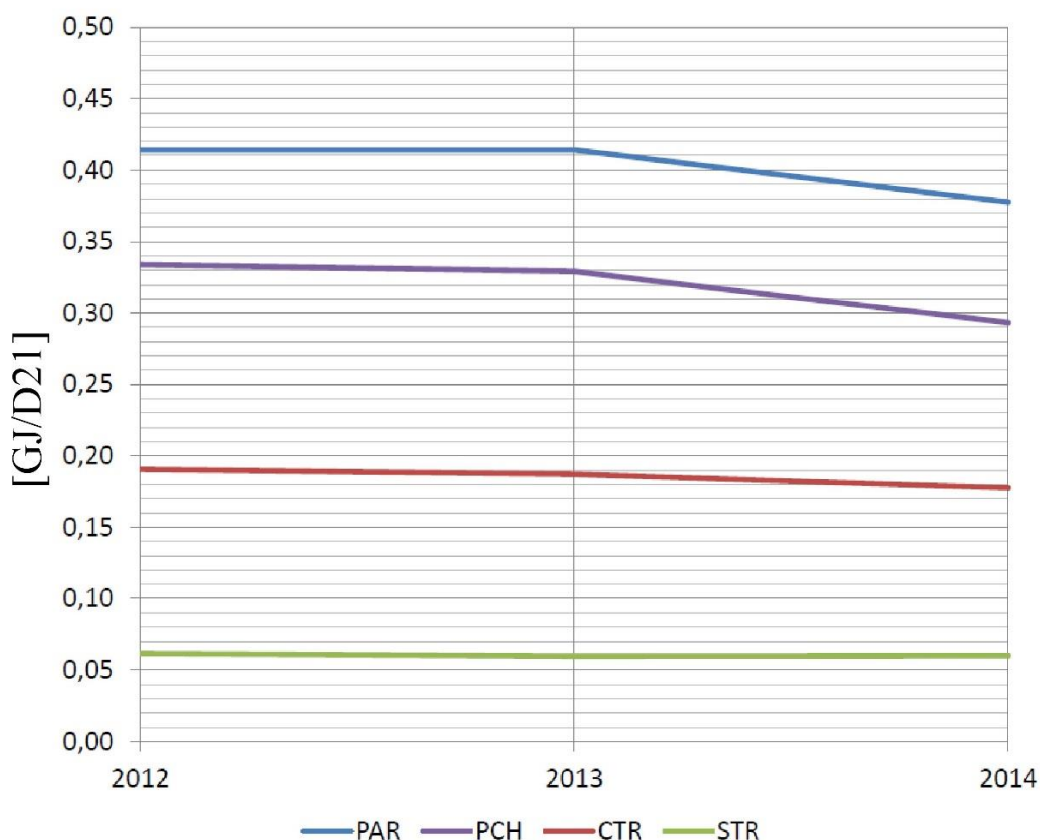
V kapitole 5.3.3 v tabulce 5.4 a 5.5 podle naměřené roční spotřeby 226,6 GJ/rok a pro počet denostupňů v daném roce je roční měrná spotřeba 29,4 kWh/D21/12. Tato vypočítaná roční měrná spotřeba tepla v sobě zahrnuje všechny konkrétní vlivy, tedy jak úroveň vytápění, tak tepelné zisky a větrání, ale hlavně i intenzitu zimy. Z tabulek 5.4 a 5.5 je patrné, že z výpočtu tepelných ztrát vychází měrná potřeba až 73,4 kWh/D21/12.

Pokud nejsou zjištěné roční měrné spotřeby tepla totožné, je zcela správné usuzovat, že některé z řady podmínek porovnávaných objektů nebyly totožné, i když se na první pohled jedná o naprosto stejné objekty ve stejné lokalitě, naprosto stejně orientované a vybavené naprosto stejným otopným zařízením nejsou provozovány stejně. Prostě některé parametry při vytápění jsou odlišné, např. intenzita větrání, vnitřní teploty vlivem manipulace regulačních armatur uživateli, nesterjnorodé parametry otopné vody či nevhodná regulace, apod. Trendy průběhu měrné roční spotřeby (označme ji q_r) umožňují posoudit rozsah působení různých technických či organizačních opatření na hospodaření teplem. Pokud bylo nějakými opatřeními dosaženo minimální měrné spotřeby q_r , a v následujících letech již nebyla prováděna žádná jiná opatření, měla by se q_{r0} (roku nula) alespoň přibližně shodovat s q_{r1} (rok jedna po

roce nula), i kdyby byla mírnější či větší zima vyjádřena počtem denostupňů. Pokud nebyla následně použita žádná technická opatření, potom tuto měrnou spotřebu q_{r1} (teplo odebrané z otopné soustavy) mohou ovlivnit pouze uživatelé například tím, že budou přenastavovat termostatické hlavice, či budou působit odlišné tepelné zisky.

Tato tvrzení dokumentují poměrné hodnoty ročních měrných spotřeb u 4 vybraných objektů v Pardubickém kraji a v Praze o různé velikosti (z dvaceti řízených a pravidelně statisticky sledovaných) na obr. 5.2. Vybrané objekty jsou vybaveny indikátory a jsou různé velikosti a stupně zateplení. S výjimkou objektu PAR jsou budovy komplexně zateplené (okna + fasády). Objekt PAR má z hlediska zateplení pouze vyměněná okna, proto má nejvyšší měrnou roční spotřebu. Nejmenší objekt STR v lokalitě Praha obsahuje byty pouze jednoho vchodu v delším panelovém domě (samostatný právní subjekt).

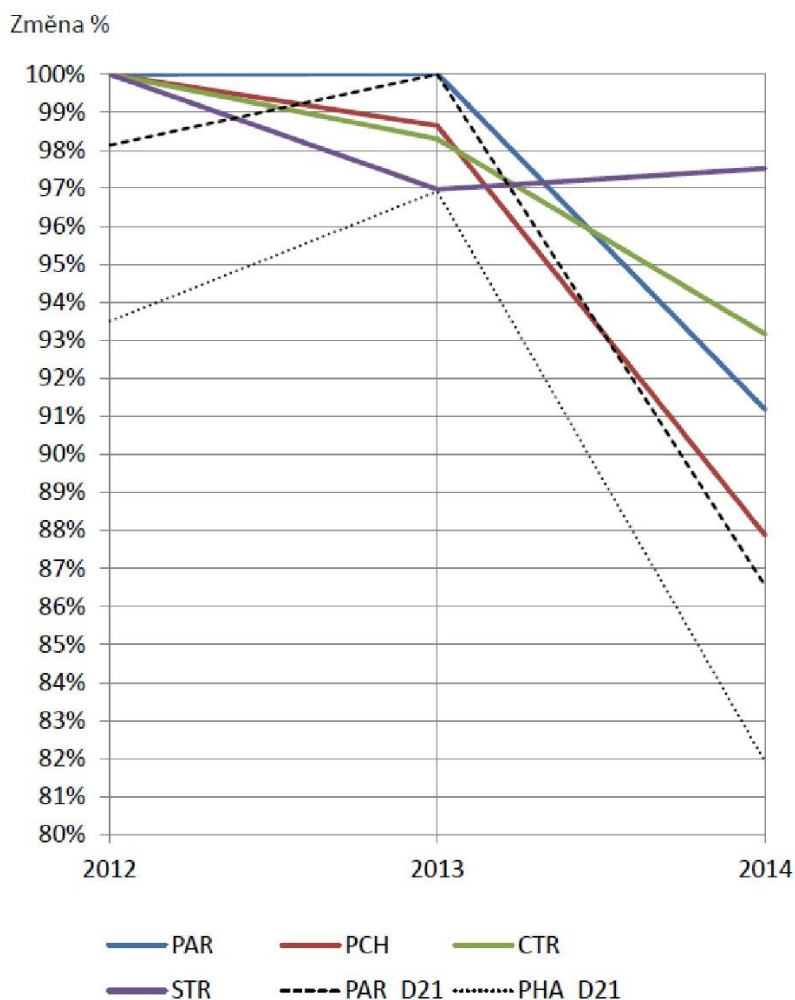
Měrná roční spotřeba v [GJ/D21] ukazuje, že správná regulace parametrů otopné vody, dokáže ve velmi malém rozsahu udržet poměrně konstantní hodnoty roční měrné spotřeby. Výrazné ovlivnění hodnot je možné při udržování optimálních parametrů otopné vody výhradně tím, že zapůsobí výrazně tepelné zisky, ev. uživatelé, když sníží požadovanou teplotu pomocí termostatické hlavice. Správně nastavené a udržované dynamické parametry otopné vody limitují přetápění, a tím i zvýšenou roční měrnou spotřebu. Průkaznost tohoto sdělení je lépe patrná z obrázku 5.2 ročních měrných spotřeb v letech 2012 - 2014, který vychází z porovnání naměřených hodnot.



Obr. 5.2 Roční měrné spotřeby tepla posuzovaných objektů v letech 2012-2014

Nejchladnější ze tří roků je rok 2013 (podle počtu denostupňů), rok 2012 byl o něco teplejší a daleko nejteplejší byl rok 2014. Roky 2012 a 2013 s kvazi stejným počtem denostupňů prakticky nevykazují významné změny v roční měrné spotřebě tepla. Nejteplejší rok 2014 však vykazuje určitý mírný pokles, což lze připočítat částečně na vrub výpočtu počtu denostupňů podle statisticky průměrných měsíčních

teplot venkovního vzduchu. Existuje totiž řada teplých dní v přechodném období, kdy regulace při vyšší venkovní teplotě "vypíná" zdroj tepla a tím se mírně také zkresluje přepočtení roční měrné spotřeby tepla (průměrný počet denostupňů je dán statistikou průměrných teplot), ev. existuje v nejteplejším roce více tepelných zisků, které snižují potřebu tepla z otopných těles. Ještě vyšší stupeň průkaznosti podává další obrázek 5.3, který již relativizuje všechny roční měrné spotřeby u všech sledovaných objektů a také zahrnuje vzájemné relativní hodnoty počtu denostupňů v místě těchto objektů.



Obr. 5.3 Relativní potřeba tepla vztažená k počtu denostupňů dle údajů z obr. 5.2

Průběh poměrného počtu denostupňů je označen jako PAR_D21 a PHA_D21. Další křivky v následujícím grafu zobrazují poměrnou hodnotu roční měrné spotřeby k maximální hodnotě, což poskytuje výsledek vyjádřený jako 100 %. Jak je vidět, tak změny roční měrné spotřeby vykazují spíše konstantu, nebo malý pokles. V chladnějším období (více denostupňů) je odchylka do mínusu cca 3 % a v teplejším období je odchylka do mínusu 7 až 12 %, s přihlédnutím k předchozím odstavcům. Za poznámku stojí u objektu STR zvýšení roční měrné spotřeby tepla v roce 2014 o nepatrné 0,5 %, i když by se předpokládal mírný pokles. Stav byl způsoben tím, že vznikl požadavek na zvýšení limitu teploty otopné vody v důsledku ochlazování několika bytů pro dlouhodobější nepřítomnost některých uživatelů.

Výsledek vyhodnocení naznačuje, že v algoritmech řízení příkonu tepla ještě existují rezervy.

5.2.4 Hodnocení měrných spotřeb tepla a souvislosti s indikátory - obecně

Podle výše použitých kritérií roční měrné spotřeby tepla byly v praxi porovnávány různé budovy. Značný rozdíl ve výsledcích vykazují objekty, které jsou řízeny sofistikovaně a které pouze ekvitermně. Na úvod je třeba podotknout, že roční měrné spotřeby tepla mají z důvodů zateplování, snižování teploty ve vytápěných bytech či působením tepelných zisků, klesající trend. Výše ročních měrných spotřeb často kolísá i bez nějakých opatření k dosažení úspor tepla.

Průběhy ročních měrných spotřeb v grafické podobě dávají možnost porovnávat a zkoumat příčiny změn. Ve valné většině se jedná o zobrazení průběhů zpětně za více let a mnoho odběratelů tepla (i vlivem změn osob v představenstvech, či předsednictvu, apod.) již nemá v celé časové ose plnohodnotně dokumentována všechna opatření na úsporu tepla.

K hlavním vlivům na spotřebu tepla patří:

- a) pouhá změna parametrů otopné vody na patě domu (neadekvátně zvýšená teplota, či nadstandardní dispoziční tlak - nekoordinovaná změna způsobená nastavením u dodavatele tepla,
- b) radikální snížení průtoku otopné vody soustavou (zvýšení hydraulického odporu vlivem vložených seřizovacích armatur jak na patě domu, tak na stoupačkách a tělesech),
- c) snížením průtoku otopné vody zásahem na termostatických ventilech těles,
- d) motivace po úsporách - snížení teploty v bytech uzavíráním termostatických hlavice z různých důvodů (často neužívaný, či nepronajatý byt, záměrné uzavírání těles, apod.),
- e) určitá zkrácení mohou unášet začátky a konce otopného období.

Všechna technická opatření vzhledem k úsporám tepla mají až do jejich plného uplatnění svou genezi a také se plnohodnotně projeví až v následujícím uceleném období. Z těchto důvodů a zejména z absence předchozích věrohodných dat se některé interpretace výsledků jeví jako těžko vysvětlitelné, neboť se do výsledku mohou promítat kladné i záporné vlivy, které se navzájem prolínají a sčítají.

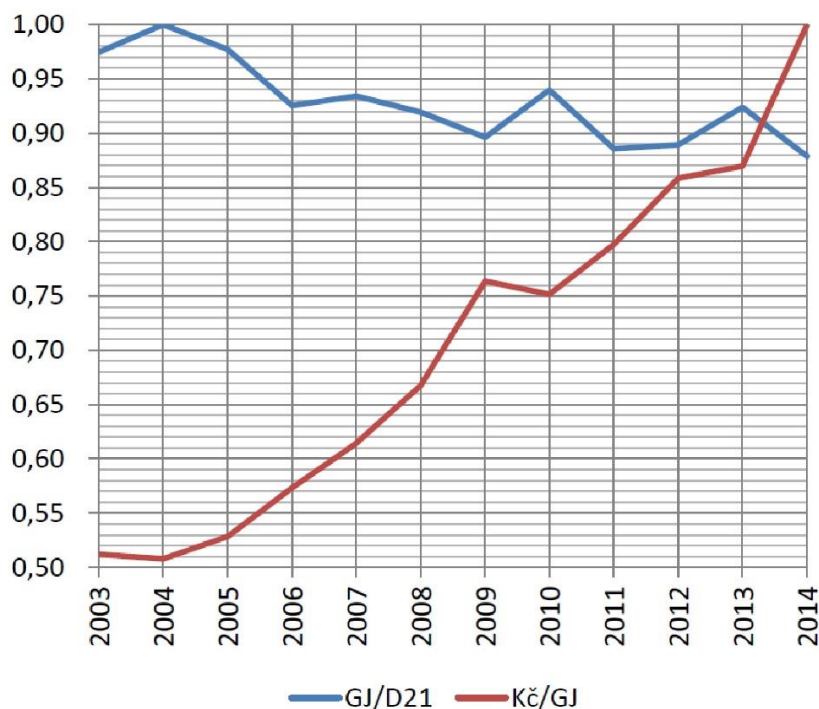
5.2.5 Výsledky hodnocení měrných spotřeb tepla a souvislosti s indikátory

Vyhodnocení ročních měrných spotřeb tepla je provedeno na základě statistiky ročních spotřeb tepla, počtu denostupňů pro oblasti podle ČHMÚ. Viz následující obrázky a komentáře.

Grafy jsou sestrojeny tak, aby hodnoty vyjadřovaly proporcionální změny ve vztahu k maximu, což je hodnota "1" \approx 100 %, všechny ostatní hodnoty vždy leží v intervalu (0 až 1). To znamená, že je například za 100 % považována nejvyšší hodnota roční měrné spotřeby z dané řady v hodnocených letech. Dále jsou voleny roky, ze kterých byly dostupné statistické hodnoty, či informace.

Příklad 1 - Nezateplený objekt se seřizením otopné soustavy

Panelový dům byl v roce 1995 osazen na patách stoupaček automatickými regulátory diferenčního tlaku a na otopná tělesa byly instalovány termostatické ventily. Od té doby nebyla provedena žádná další opatření s ohledem k úsporám tepla. Objekt není zateplen. Otopná tělesa nejsou osazena indikátory.

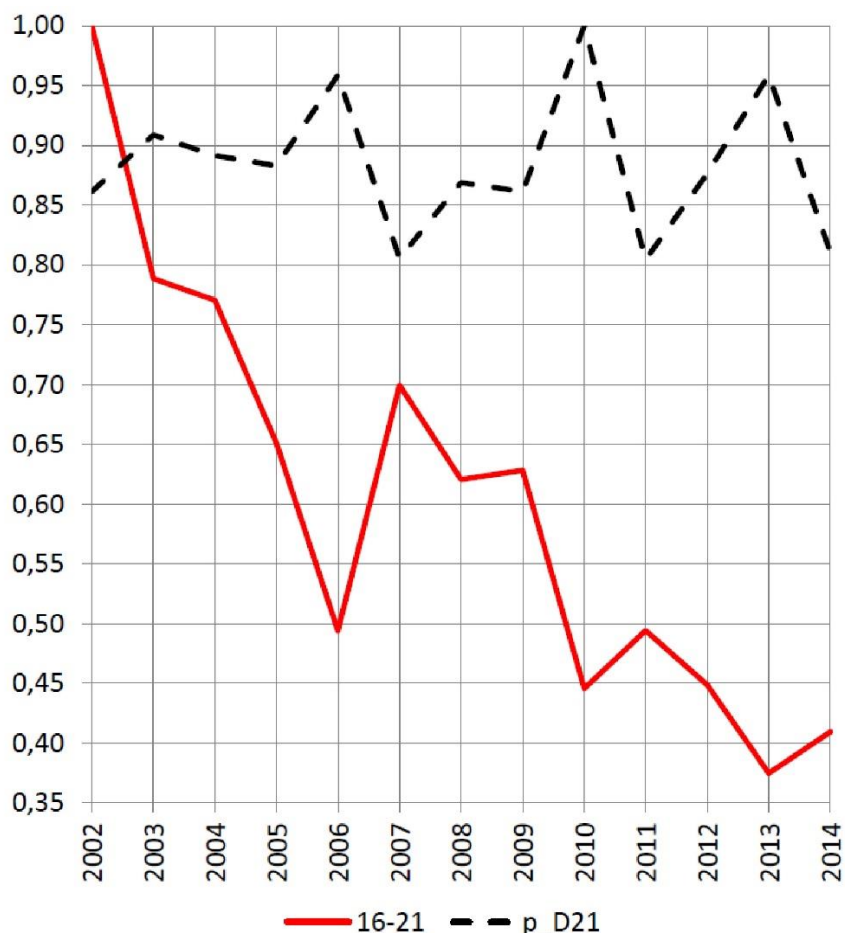


Obr. 5.4 Roční podíl spotřeby tepla a růst cen tepla k příkladu č. 1

Průběh roční měrné spotřeby měl klesající tendenci a v letech 2006 až 2014 postupně klesl cca o 10 %. Oproti tomu stoupala cena tepla. Když vyjdeme z toho, že v roce 2014 budeme považovat cenu za 100%, pak v roce 2004 byla cca poloviční, vzrostla téměř na dvojnásobek.

Příklad 2 - Ukázka geneze opatření k úsporám tepla jednoho subjektu

Panelový objekt je shodný s domem v příkladu č.1. K dispozici byly podklady o spotřebách tepla za roky 2002 - 2014. Před rokem 2003 byl omezen příkon tepla na patě domu s poklesem roční měrné spotřeby o cca 20 %. V roce 2003 byla uplatněna opatření ve formě souběhu instalace indikátorů a termostatických ventilů s termostatickými hlavicemi na otopných tělesech a patní regulace stoupaček. Tato akce se projevila před výměnou oken poklesem roční měrné spotřeby tepla asi o dalších 15 %. Další větší pokles byl po výměně oken v roce 2005 o cca 16 %. Až do doby zateplení fasád v roce 2009 nebyla prováděna žádná opatření a současně v roce 2007 došlo ke zvýšení roční měrné spotřeby tepla prakticky o 20 %. Až po roce 2009 byla vlivem zateplení fasád opět snížena roční měrná spotřeba. Malý nárůst byl zaznamenán v roce 2011, přesto, že byl rok 2011 teplejší než rok 2010. Objekt byl stále zásobován teplem z veřejné sítě z výměňkových stanic, jedna v objektu a druhá v sousedním objektu. Z nich jedna byla rekonstruována (inovována) s ekvitermní regulací. To se vlivem snížení teploty otopné vody projevilo další úsporou a v roce 2013 dosáhla roční měrná spotřeba tepla pouze cca 38 % původní roční měrné spotřeby z roku 2002.



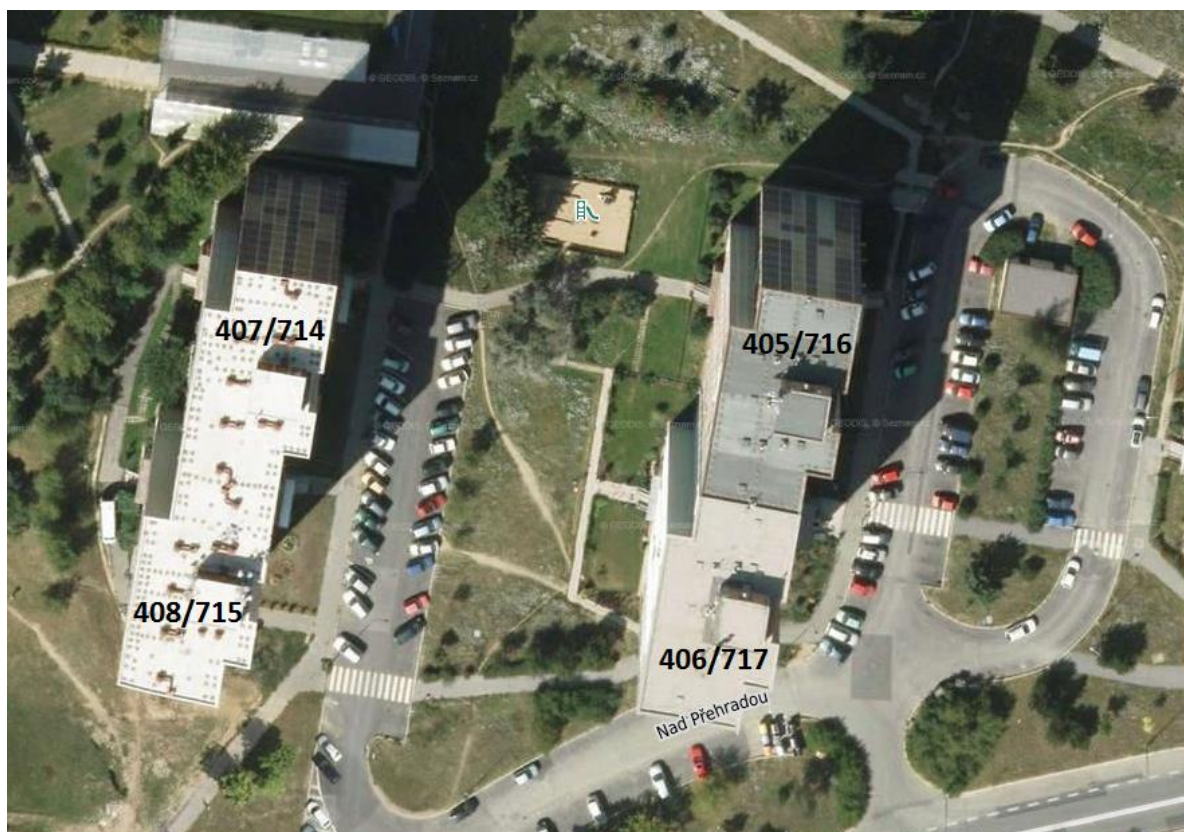
Obr. 5.5 Roční spotřeba tepla vztažená na denostupně (p_{D21}) a měřená spotřeba tepla na patě objektu (16-21) – provedená opatření: 2003 instalace termostatických hlav a indikátorů, 2005 výměna oken, 2009 zateplení fasády domu

Ve statistice se opakuje "zajímavý" efekt, že stabilní výsledky mají pouze technická řešení, na které nemá vliv lidský faktor (okna, fasáda, snížené parametry otopné vody u zdroje). Žádným jiným opatřením se nedaří již dosaženou hodnotu nejnižší roční měrné spotřeby udržet na konstantní úrovni. Prakticky v teplejších letech 2007, 2011 a 2014 roční měrné spotřeby narůstají.

Z toho lze odvodit, že stávající metody regulace nejsou důsledné, případně výrobci neznají potřebné a účinnější algoritmy řízení než je ekvitermní regulace. Rovněž nepomáhají ani instalované indikátory, jejichž instalace je odůvodňována úsporou tepla. Využití indikátorů podle kap. 5.2.3 z hlediska porovnání aktuálních a předchozích náměrů, tak z hlediska řízení parametrů otopné vody nepřináší stabilitu roční měrné spotřeby. Náklady za odečítací a účtovací služby a dále trvalý růst cen snižují ev. efekt úspor ve finanční bilanci uživatele.

Příklad 3 - Ukázka geneze opatření k úsporám tepla v porovnání více subjektů

Jedná se o 4 panelové domy ve stejné lokalitě v Praze, označené jako objekty 405, 406, 407 a 408. Dva subjekty 405 a 406 tvoří jeden blok a 407 a 408 druhý blok, které byly postaveny ve stejném období 1991 a byly srovnatelné před provedením různých opatření.



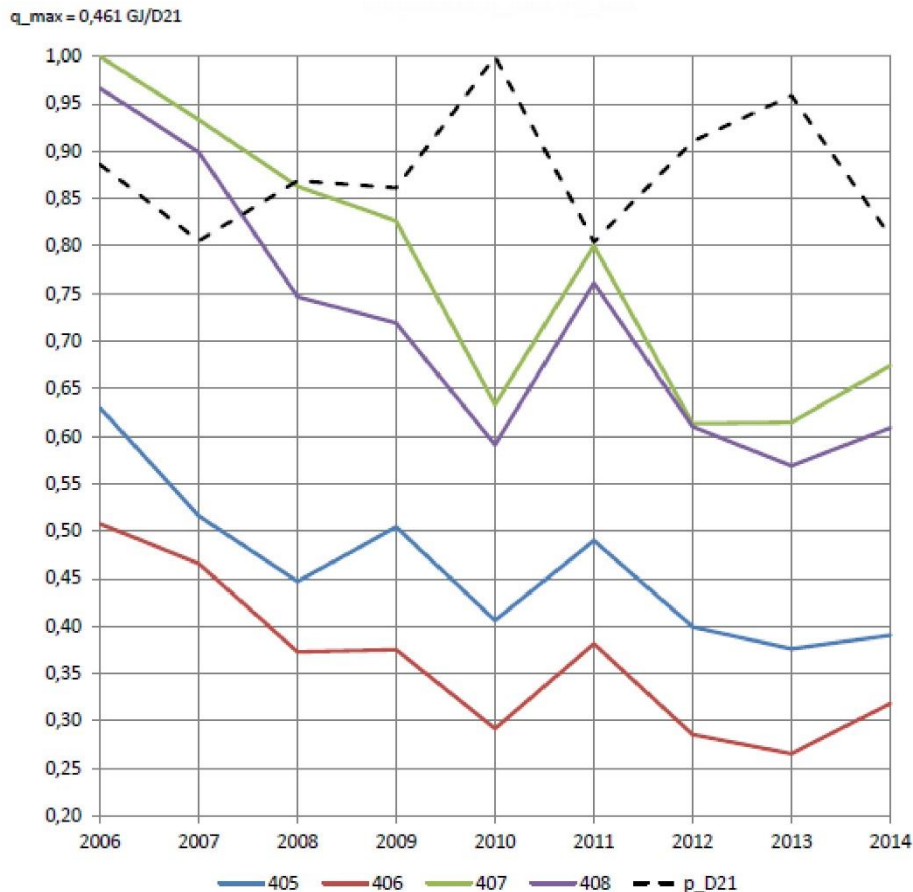
Obr. 5.6 Situace posuzovaných panelových domů dle příkladu č.3

Realizovaná opatření nebyla souběžná a první opatření z nich začínají již v roce 1998 a 1999, kdy byly instalovány indikátory v objektu 405 a 406. Bohužel i tento příklad "trpí" určitou nedostatečností dat - jde hlavně o přesné popsání jednotlivých opatření na časové ose v jemnější podrobnosti než 1 rok, což se promítá do celoroční bilance spotřeb tepla.

Tabulka 5.2 provedená technická opatření na objektech dle příkladu č.3

Opatření	405	406	407	408
Instalace termostatických hlavíc a indikátorů	Před 1998	Před 1999	12/2014 - Indikátory	11/2014 – indikátory
Výměna oken	2006	2005	2008	2007
Zateplení střechy	-	2008	2003	2003
Zateplení fasády	2014	2008	-	2007

Zásadní změny s opatřeními jsou patrné z obrázku 5.7. Přitom se vychází s poměrných změn roční měrné spotřeby, tedy rok 2006 je považován pro toto porovnání za výchozí, objekt s nejvyšší roční měrnou spotřebou je 100 % \approx "1".



Obr. 5.7 Porovnání spotřeb tepla jednotlivých objektů k příkladu č.3

Podíváme-li se na jednotlivá provedená opatření, potom mezi roky 2009 až 2014 nebyla prováděna žádná významná opatření. Přesto je průběh hodnot roční měrné spotřeby značně proměnlivý! Lze oprávněně konstatovat, že jsou trendy hodnot téměř souběžné, ale kolísavé. Hodnoty ročních měrných spotřeb velmi dobře korespondují s technickými opatřeními bez patrných zásahů lidského faktoru. Křivky spíše odrážejí vlivy zateplení, kvality seřízení otopné soustavy a vlivy nedokonalé ekvitermní regulace parametrů otopné vody.

V objektu 406 již v roce 2008 byla ukončena prakticky všechna významná opatření a také je zde v rámci období 2006 až 2008 vykázána nejnižší roční měrná spotřeba tepla.

V objektu 405 nebylo provedeno zateplení střechy a fasády, proto je spotřeba vyšší než ve 406, i když i v tomto objektu 405 je na patě domu omezen příkon tepla.

Křivky na obr. 5.7 nenasvědčují tomu, že by byly indikátory tím prvkem, který má vliv na uvedený průběh spotřeby tepla.

V objektu, ve kterém je intenzita výměny vzduchu ve vytápěných místnostech pod hranicí předpisů (např. $i = 0,05 \text{ h}^{-1}$ namísto $i_0 = 0,3$ až $0,5 \text{ h}^{-1}$) lze vykázat výraznější snížení spotřeby tepla. V takovém případě však nelze mluvit o úspoře, ale o nevyhovujícím vnitřním prostředí z nedostatku větrání.

Po vyčerpání potenciálu dosažitelných úspor již nelze očekávat další úspory, tedy ani pomocí indikátorů. Jediným správným řešením je neustálé udržování správných fyzikálních parametrů otopné vody na základě sofistikované optimalizace otopných soustav a jejich regulace, jejichž základem je prokázání potenciálu úspor při dodržování pravidel vytápění. Ani audity toto plnohodnotně neřeší, ty se

zabývají hlavně přínosy vlivem snížení tepelných ztrát obálkou budovy z pohledu kvality zateplení a účinnosti zdrojů energií.

Je vhodné poukázat na rozdílnost stability ročních měrných spotřeb uvedených na obrázcích 5.2 a 5.7. V obrázku 5.2 je vysoká stabilita ročních měrných spotřeb zajištěna vyšším (sofistikovanějším) stupněm regulace otopné vody s ohledem na různé vlivy tepelných zisků a výkyvy v otopných soustavách. Zjednodušeně řečeno, i přes rozdílnost počtu denostupňů je dosahováno velmi vyrovnané roční měrné spotřeby v GJ/D21. Hlavní rozdíl ve výše uvedených obrázcích je v tom, že když je chladněji (více denostupňů), pak roční měrná spotřeba klesá a naopak. To je důsledek nedostatečné ekvitermní regulace, a tento nedostatek v technickém řešení hospodárnosti provozu vede k zavádění komplikovaných opatření k úsporám tepla, aniž by byl jakýmkoliv způsobem předem prokázán relevantní potenciál úspor.

5.3 Metodika rozúčtování nákladů na vytápění podle evropské legislativy

Již před svým vstupem do EU se Česká republika zavázala převzít právo ES. V oblasti zásobování teplem šlo mimo jiné i o směrnici 93/76/EHS k omezení emisí CO₂ efektivním využíváním energií (SAVE). Druhou pak je směrnice Evropského parlamentu a rady 2006/32/ES a současně platná 2012/27EU „o energetické účinnosti, o změně směrnic 2009/125/ES a 2010/30/EU a o zrušení směrnic 2004/8/ES a 2006/32/ES.

Ve Směrnici 2012/27EU je z hlediska měření, indikace a rozúčtování nákladů na teplo pro vytápění stěžejní kapitola II a její článek 9 až 12.

Článek 9

Měření

1. Členské státy zajistí, aby pokud je to technicky možné, finančně únosné a úměrné potenciálním úsporám energie, byli koneční zákazníci pro elektřinu, zemní plyn, dálkové vytápění, dálkové chlazení a užitkovou teplou vodu vybaveni individuálními měřiči za konkurenceschopné ceny, které přesně zobrazují skutečnou spotřebu energie konečného zákazníka a poskytují informace o skutečné době použití.
3. *Pokud jsou vytápění a chlazení budovy nebo dodávka teplé vody zajišťovány ze sítě dálkového vytápění nebo z ústředního zdroje zásobujícího více budov, nainstaluje se měřič tepla nebo teplé vody na výměník tepla nebo do odběrného místa. V budovách s více bytovými jednotkami a ve víceúčelových budovách s ústředním zdrojem vytápění a chlazení nebo s dodávkami ze sítě dálkového vytápění nebo z ústředního zdroje zásobujícího více budov se rovněž nainstalují do 31. prosince 2016 individuální měřiče spotřeby, aby bylo možné měřit spotřebu tepla nebo chlazení nebo teplé vody u každé jednotky, je-li to technicky proveditelné a nákladově efektivní. Pokud použití individuálních měřičů není technicky proveditelné nebo není nákladově efektivní, použijí se pro měření spotřeby tepla na každém radiátoru individuální indikátory pro rozdělování nákladů na vytápění, pokud dotýčný členský stát neprokáže, že instalace těchto indikátorů by nebyla nákladově efektivní. V těchto případech lze zvážit alternativní nákladově efektivní metody měření spotřeby tepla. Členské státy mohou v zájmu zajištění transparentnosti a přesnosti započítávání individuální spotřeby zavést transparentní pravidla pro rozdělování nákladů na spotřebu tepla nebo teplé vody v budovách s více bytovými jednotkami, které jsou zásobovány ze sítě dálkového vytápění nebo chlazení, nebo v nichž převažují systémy vlastního společného vytápění nebo chlazení. Tato pravidla podle potřeby obsahují pokyny týkající se způsobu rozdělování nákladů na teplo nebo teplou vodu využitých:*

- a) jako užitková teplá voda;
- b) jako teplo vyzařované ze zařízení v budově a k vytápění společných prostor (v případě, že schodiště a chodby jsou vybaveny radiátory);
- c) k vytápění bytů.

Z české legislativy problematiku měření a indikace tepla pro vytápění a rozúčtováním nákladů řeší vyhláška č. 372/2001 Sb., kterou se stanoví pravidla pro rozúčtování nákladů na tepelnou energii na vytápění a nákladů na poskytování teplé užitkové vody mezi konečné spotřebitele, která má být novelizována k 1. 1. 2016. K této vyhlášce vydalo Ministerstvo pro místní rozvoj metodický pokyn č.j. 28203/2002 71 ze dne 19. prosince 2002.

Vyhláška č. 372/2001 Sb. uvádí v § 4, odstavci (3) a (4):

(3) Spotřební složku rozdělí vlastník mezi konečné spotřebitele úměrně výši náměrů měřičů tepelné energie nebo indikátorů vytápění s použitím korekcí a výpočtových metod, které zohledňují rozdílnou náročnost vytápěných místností na dodávku tepelné energie danou jejich polohou.

(4) Rozdíly v nákladech na vytápění připadající na 1 m² započitatelné podlahové plochy nesmí překročit u konečných spotřebitelů s měřením či indikací v zúčtovací jednotce hodnotu 40 % oproti průměru zúčtovací jednotky v daném zúčtovacím období. Pokud dojde k překročení přípustných rozdílů, provede vlastník úpravu výpočtové metody uvedené v odstavci (3).

Těmito dvěma odstavci zavádí vyhláška MMR č. 372/2001 Sb. filozofii platby za službu.

Dále směrnice 2012/27EU v článku 11 uvádí:

Článek 11

Náklady na přístup k informacím o měření a vyúčtování

1. Členské státy zajistí, aby koneční zákazníci dostávali veškerá vyúčtování a informace o vyúčtování za spotřebu energie bezplatně a aby koneční zákazníci rovněž měli přístup k údajům o své spotřebě, a to vhodným způsobem a bezplatně.
2. Bez ohledu na odstavec 1 platí, že rozdělování nákladů na informace o vyúčtování za individuální spotřebu vytápění a chlazení v budovách s více bytovými jednotkami a ve víceúčelových budovách ve smyslu čl. 9 odst. 3 se provádí na neziskovém základě. Náklady vyplývající ze zadání tohoto úkolu třetí straně, například poskytovateli služeb nebo místnímu dodavateli energie, zahrnující měření skutečné individuální spotřeby v těchto budovách, její rozdělování a vyúčtování, lze přenést na konečného zákazníka, ale pouze v takové míře, aby náklady byly přiměřené.

Z pracovního dokumentu útvarů komise lze konstatovat následující:

V oblasti měření spotřeby energie stanoví článek 9 požadavek, aby členské státy splnily tyto hlavní povinnosti s výjimkou případů, kdy to není technicky možné a finančně únosné, zajistit, aby byli koneční zákazníci pro elektřinu, zemní plyn, dálkové vytápění, dálkové chlazení a užitkovou teplou vodu vybaveni individuálními měřiči za konkurenceschopné ceny, které přesně zobrazují skutečnou spotřebu energie konečného zákazníka a poskytují informace o skutečné době použití. Členské státy musí takové měřiče zajistit vždy:

- při vytváření nového připojení v nové budově nebo

- při jakýchkoli větších renovacích budovy, jak stanoví směrnice 2010/31/EU (směrnice o energetické náročnosti budov).

V případě měření využívání vytápění, chlazení a užitkové teplé vody:

- v budovách, v nichž jsou vytápění a chlazení nebo dodávky teplé vody zajišťovány ze sítě dálkového vytápění nebo z ústředního zdroje zásobujícího více budov, musí být nainstalován centrální měřič tepla nebo teplé vody na výměník tepla nebo do odběrného místa;

- v případě konečných zákazníků obývajících budovy s více bytovými jednotkami a víceúčelové budovy, ať již jsou zásobovány z vnějšího, či společného zdroje v dotčené budově, musí být do 31. prosince 2016 instalovány individuální měřiče tepla nebo teplé vody pro každý byt či jednotku. V budovách, v nichž není použití individuálních měřičů technicky proveditelné nebo nákladově efektivní, musí být místo toho na všech radiátorech jednotlivých bytů/jednotek nainstalovány individuální indikátory pro rozdělování nákladů na vytápění. V případě, že toto řešení není nákladově efektivní, lze zvážit alternativní metody měření spotřeby tepla.

Ustanovení čl. 9 odst. 1, která stanoví členským státům povinnost zajistit, pokud je to technicky proveditelné a nákladově efektivní, aby koneční zákazníci byli vybaveni individuálními měřiči za konkurenceschopné ceny, které přesně zobrazují skutečnou spotřebu energie konečného zákazníka a poskytují informace o skutečné době použití, byla zavedena již článkem 13 směrnice 2006/32/ES. V rámci směrnice o energetické účinnosti toto právo i nadále platí, platnost tohoto ustanovení se ale nově rozšiřuje i na konečné zákazníky, kteří bydlí v budovách s více bytovými jednotkami a ve víceúčelových budovách vybavených společným ústředním systémem vytápění/chlazení/zásobování teplou vodou a kteří by měli být takovými měřiči vybaveni do 31. prosince 2016.

Zákon č. 67/2013 Sb., kterým se upravují některé otázky související s poskytováním plnění spojených s užíváním bytů a nebytových prostorů v domě s byty v § 1, odst. (1) uvádí: „*Tento zákon upravuje některé otázky související s poskytováním plnění spojených s užíváním bytů a nebytových prostorů v domě s byty (dále jen „služby“)* a postup při určování záloh za služby, rozúčtování, vyúčtování a vypořádání nákladů na služby“.

Je tedy patrné, že se jednoznačně jedná o oblast služeb. Poté v této dikci jsou uvedeny následující paragrafy 3 a 6.

§ 3, odst. (1): „*Službami jsou zejména dodávka tepla a centralizované poskytování teplé vody, dodávka vody a odvádění odpadních vod, provoz výtahu, osvětlení společných prostor v domě, úklid společných prostor v domě, odvoz odpadních vod a čištění jímek, umožnění příjmu rozhlasového a televizního signálu, provoz a čištění komínů a odvoz komunálního odpadu*“.

A následně § 6, odst. (1): „*Náklady na dodávku tepla a centralizované poskytování teplé vody se rozúčtují na základě ujednání poskytovatele služeb se všemi nájemci v domě, u družstevních bytů na základě ujednání družstva se všemi nájemci v domě, kteří jsou zároveň členy družstva, u společenství ujednáním všech vlastníků jednotek. Změna způsobu rozúčtování nákladů na dodávku tepla a centralizované poskytování teplé vody je možná vždy až po uplynutí zúčtovacího období*“.

6. ZÁVĚR

6.1 Cíl analýzy

Analýza se zabývala rozбором otopných soustav používaných v české republice s ohledem na měření spotřeby tepla. Otopné soustavy byly zkoumány zejména s ohledem na možnosti měření spotřebovaného tepla. Neméně podstatnou částí provedené analýzy bylo zhodnocení tepelně technického chování otopných ploch, a to jak pro možnosti přímého měření tepla, tak i indikace u otopných ploch. Odpovídající pozornost byla věnována rovněž velkoplošným převážně sálavým otopným soustavám (stropní a podlahové vytápění) ve vztahu k indikaci a rozdělování nákladů na vytápění.

Analýza poskytuje vzorovou úpravu dvoutrubkové vertikální otopné soustavy na dvoutrubkovou horizontální soustavu s možností přímého měření spotřeby tepla pro zúčtovací jednotku (např. byt). V rámci této vzorové úpravy otopné soustavy byly řádně vyčísleny náklady a zhodnocena možnost vydat se legislativně touto cestou.

Z hlediska porozumění celé problematice byla zařazena kapitola 3 o měření a indikaci spotřeby tepla. Je zde vysvětlen často opomíjený zásadní rozdíl mezi měřením spotřeby tepla a indikací veličin, stejně jako je vysvětlen různý způsob indikace pro rozdělování nákladů na vytápění. S ohledem na požadavek Směrnice 2012/27 EU stran „... použití individuálních indikátorů na každém radiátoru ...“, byla zhodnocena a experimentálně ověřena vazba indikace a průběhu povrchové teploty na otopných tělesech.

Součástí práce je dále rozbor měření a indikace ve víceúčelových budovách. Tyto typy budov byly zhodnoceny s ohledem na uplatnění měření tepla nebo indikace pro konečné subjekty (např. nájemníky, podnájemníky, apod.). Byl zmapován přístup k rozúčtování nákladů na vytápění v ČR po stránce legislativní a učiněn rozbor po stránce logické ohledně platby za dodané teplo či platby za službu.

Byla zpracována technicko-ekonomická analýza návratnosti pro případ instalace jednotlivých metod indikací na reálných ověřených datech pro bytové domy.

Na reálných objektech, a pro ně konkrétních datech, bylo vyhodnoceno měření spotřeb tepla s ohledem na přínosy zavedení povinné indikace. Analýza poskytla rozbor měřitelných a neměřitelných dodávek tepla stejně jako zhodnocení úrovně hospodaření s teplem přes měření spotřeby.

Problematika zásobování teplem bytových a víceúčelových budov, tj. dodávky tepla od výrobce tepla, přes odběratele až po konečného spotřebitele, byla hodnocena v kapitole 5.2.

6.2 Technická proveditelnost přímého měření a indikace spotřeby tepelné energie

V České republice se používají téměř všechny druhy otopných soustav. Pouze však některé jsou použitelné z hlediska možností přímého měření tepla (tabulka 2.1). Z technického hlediska nedoporučujeme legislativně omezovat provádění některých otopných soustav, neboť co objekt, to optimální (resp. jiný) technický návrh s ohledem na maximalizaci úspor energií. Návrh otopných soustav řeší odpovídajícím způsobem vzdělání technici.

Otopné soustavy v České republice jsou velmi různorodé. Z pohledu bytových domů lze uvažovat, že cca 70 až 80 % otopných soustav jsou převážně vertikální a schematicky odpovídají obr. 2.2. Zbytek tvoří soustavy převážně horizontální (schematicky obr. 2.3) nebo jejich vzájemná kombinace. U

víceúčelových budov a u budov se společným fakturačně měřeným uzlem vytápění pro více právních subjektů (např. Společenství bytových jednotek, nebo Bytových družstev) je rozdělení otopných soustav problematické, neboť jejich kombinace a různorodost jsou silně závislé na využití a členění budovy.

Tab. 2.1 Možnosti přímého měření tepla pro zúčtovací jednotku

Otopná soustava			Okruhy otopné soustavy	Možnost přímého měření tepla	Komentář
Dvoutrubkové	Souproudé	Vertikální	Rozvinutý	Ne	1
		Horizontální	Rozvinutý	Ne	1
			Zónový	Ne	1
			Bytový	Ano	-
	Protiproudé	Vertikální	Rozvinutý	Ne	1
		Horizontální	Rozvinutý	Ne	1
			Zónový	Ne	1
			Bytový	Ano	-
Hvězdicové	Rozvinutý	Ne	3		
Jednotrubkové	S obtoky otopných těles	Vertikální	Nepoužívá se	-	2
		Horizontální	Rozvinutý	Ne	1
			Zónový	Ne	1
			Bytový	Ano	-
	Se čtyřcestnou směšovací armaturou	Vertikální	Nepoužívá se	-	2
		Horizontální	Rozvinutý	Ne	1
			Zónový	Ne	1
			Bytový	Ano	-

Poznámky:

- 1 – Nelze na okruh řádně umístit kalorimetr se spárovanými teplotními senzory.
- 2 – Vzhledem na významný pokles teplot otopné vody v okruhu, omezenou dispoziční výšku a omezenou možnost zajištění místní regulace se nepoužívá.
- 3 – Okruhy jednotlivých otopných těles jsou napojeny na patrový rozdělovač bez ohledu na půdorysné rozdělení zúčtovacích jednotek.

Analýza přechodu od vertikálních dvoutrubkových otopných soustav na horizontální s možností a za účelem přímého měření tepla ukázala, že náklady jsou neúměrně vysoké, návratnost za dobou životnosti a přínos z hlediska úspor energie je nulový. Tímto lze tuto variantu vyloučit z následných úvah zavádění přímého měření tepla pro zúčtovací jednotky u stávajících dvoutrubkových vertikálních otopných soustav.

Velice důležité je pochopení rozdílu mezi měřením tepla a indikací. Měření tepla lze realizovat pouze měřiči tepla (kalorimetry). **Indikátor není měřidlo a jakákoli indikační metoda není metodou umožňující měřit teplo.** Z indikačních metod (tj. na principu odparu, elektronická na tělese, s využitím denzitometrického principu, nebo principu denostupňů) nesplňuje požadavek na platbu za dodané teplo metoda s využitím denzitometrického principu a metoda denostupňová. Ty jednoznačně vycházejí z platby za službu vytvoření jakéhosi tepelného komfortu, tj. zajištění vnitřní teploty ve vytápěném prostoru a nikoli za dodané teplo.

Posouzení technické proveditelnosti instalace měření a indikace dodané tepelné energie prokázala následující:

- a) U sálavých otopných soustav (podlahových, stěnových nebo stropních) existují technické překážky k instalaci a vhodnému používání měření nebo indikátorů. Jedná se především o způsob instalace jednotlivých okruhů otopného hadu, který nemusí respektovat vymezení jednotlivých místností, nebo jednotlivých zúčtovacích jednotek. Dalším technickým problémem je dlouhá odezva na regulační zásah (cca hodiny) a samoregulační schopnost sálavé otopné plochy. Dále se u stropního vytápění „Crittall“ pro napojení jednotlivých otopných hadů používaly a stále používají tzv. dvouregulační ventily (procento záměn za TRV je zanedbatelné). Ty však nezajišťují žádanou regulaci podle vnitřní teploty, ale slouží k pouhému hydraulickému doregulování tlakové ztráty jednotlivých napojených okruhů. Tak je možnost uživatelů ovlivnit spotřebu tepla pro vytápění minimální. Jestliže uživatel nemůže ovlivnit dodávku tepla do jednotlivých místností, nepřinese zavedení indikačních metod ani kýžený efekt úspory tepla. Z toho vyplývá, že lze zvážit u tohoto případu otopné soustavy vyjmutí z plošné povinnosti zavedení měření tepla i indikace dodávané tepelné energie v budovách, kde je instalovaný systém podlahového, stěnového nebo stropního vytápění.
- b) U stávajících bytových horizontálních otopných soustav analýza doporučuje použití kalorimetrické metody měření spotřeby tepla.
- c) U některých víceúčelových budov mohou existovat technické překážky k instalaci a vhodnému používání měření nebo indikátorů. V některých takových budovách jsou většinou instalováno několik druhů spotřebičů (otopná tělesa, indukční jednotky, vzduchotechnika, stěnové vytápění, ap.) a na řadu z nich nelze instalovat žádné indikátory (kromě otopných těles). V místnostech jsou tato zařízení (spotřebiče) navíc zakomponována do interiéru a v mnoha případech je k nim velmi omezený přístup pro instalaci či odečítání. Dále jsou jednotlivé prostory takovéto budovy odlišné svoji různorodostí užití prostor, která je podmíněna jak udržováním požadované teploty v místnostech, tak příslušným větráním podle hygienických předpisů a krom toho musí být zajištěno odvádění produkovaných škodlivin, jako je CO₂, tepelná zátěž, odvod oděrů a pachů, výparů z kuchyně, atd. Jednotlivé prostory nájemců nemusí být v řadě případů od sebe uzavřeny nějakou pevnou stavební konstrukcí, která by pro potřeby „ohřevu“ vnitřního vzduchu nebo dodávky tepelné energie vymezovala jednotlivé prostory nájemce, nebo jednotlivých nájemců mezi sebou nebo od společných prostor budovy, jelikož prostor nájemce je od společného prostoru budovu oddělen pouze mříží apod. a z toho důvodu nelze omezit dodávku tepla pouze do vymezeného adresného prostoru uživatele takového prostoru. Z výše uvedeného lze zvážit u podobně vymezených víceúčelových budov vyjmutí z plošné povinnosti povinného zavedení měření tepla nebo indikace dodávané tepelné energie.

6.3 Ekonomická proveditelnost přímého měření a indikace spotřeby tepelné energie

Posouzení ekonomické proveditelnosti instalace měření a indikace dodané tepelné energie prokázala následující:

- a) Analýza prokázala, že úvaha přechodu z vertikální otopné soustavy na horizontální s možností měření tepla kalorimetrickou metodou přímo u každé zúčtovací jednotky u bytových domů je ekonomicky neefektivní. Náklady spojené na takovouto úpravu jsou stanoveny přibližně na 20 000,- až 40 000,- Kč na zúčtovací jednotku dle velikosti. Je zřejmé, že tyto náklady mohou být i výrazně vyšší, neboť konečnou, tj. celkovou částku ovlivní zejména - velikost

a dispozice zúčtovací jednotky, použité komponenty nově navržené otopné soustavy a stavební práce nutné při úpravách a uvedení do původního stavu zúčtovacích jednotek.

- b) Analýza prokázala, že zavedení měření tepla nebo indikace dodávané tepelné energie v bytové budově má z hlediska ekonomického značný rozptyl. Na základě výše uvedených informací lze shrnout, že úspora tepla vyvolaná instalací jakéhokoli měřicího systému je způsobena změnou chování uživatele, kterou nelze přesně kvantifikovat.
- c) V kapitole 4.3 je ukázána závislost potenciální úspory tepla při instalaci indikační metody na spotřebě a ceně tepla na zúčtovací jednotku. Z pohledu nové výstavby, kdy domy musí splňovat kritéria vyhlášky č. 78/2013, resp. normy ČSN 73 0540 je zřejmé, že potřeba tepla na vytápění takových budov je nízká a i nadále bude klesat. U stávajících budov, u kterých byla provedena, nebo lze očekávat jistou formu revitalizace (např. zateplení obvodového pláště, výměna oken, apod.) je také zcela zjevný pokles nákladů na vytápění. V takových případech je proto nutné zohlednit případnou instalaci jakékoli metody indikace ekonomickým hlediskem. Se snižující se spotřebou tepla na zúčtovací jednotku se prodlužuje doba návratnosti instalace indikačních metod, která často leží až za dobou životnosti systému indikace. Podobný trend lze zcela jistě uplatnit i při posouzení instalace kalorimetrického měření spotřeby tepla. Při pohledu na budoucí trend výstavby v ČR a postupné revitalizace bytových domů v ČR je tedy nutné toto hledisko zvážit.

Dále lze na základě studie konstatovat, že:

- a) Předpokládaná spotřeba tepla na vytápění zúčtovací jednotky (např. bytu, nebytové jednotky apod.) by měla být zahrnuta v tržní ceně zúčtovací jednotky. U stávajících, ale i nových budov by měl být kladen větší důraz na efektivitu provozu otopné soustavy. Prvním velmi pozitivním krokem je konstatování vyhlášky 193/2007 Sb. §7 o povinnosti regulace a řízení dodávky tepelné energie a č. 194/2007 Sb. §6 o povinnosti regulace ústředního vytápění a přípravy teplé vody v budově.
- b) Použití jakékoli metody indikace spotřeby tepla a stejně tak i případné osazení bytových kalorimetrů přináší konečnému uživateli zúčtovací jednotky vícenáklady, ale může také přinést úspory podmíněné chováním uživatele. Předepsání nutnosti instalace indikátorů nebo i jiných metod stanovení spotřeby tepla na zúčtovacích jednotkách musí proto maximálně zohledňovat možnosti otopné soustavy, na kterou mají být jednotlivé metody použity podle závěrů studie.

Autoři pracovali jako nezávislí zpracovatelé a vycházeli z vlastních zdrojů. Při sestavování případných cenových nabídek ze strany dodavatelů jednotlivých systémů měření a indikace, stejně tak i částí týkající se projekčních záležitostí vytápění vycházeli z obdržených podkladů vybraných firem či vlastníků objektů, jež byly vybrány z běžně nabízených inzercí dostupných na internetu.