

Měření tepla

Co si kdo představí pod pojmem "měření tepla"?

Většině z nás se pod tímto pojmem vybaví hodina fyziky, definice a texty k učení, možná nějaká známka z dané tematiky... Někomu se možná vybaví zvláštní kádinky s teploměry, pomocí kterých se experimentálně ověřovala kalorimetrická rovnice....

Tyto stránky jsou však věnovány jedné (...navýsost praktické...) aplikaci této části fyziky, a to problematice **měření tepla v domech a bytech**.

Co to je teplo?

Trochu zjednodušená definice praví, že teplo je část vnitřní energie soustavy (tělesa, hmotného objektu...), kterou soustava přijme při styku s jinou soustavou, aniž by přitom docházelo ke konání práce.

Dodání/odebrání tepla tělesu se projeví změnou jeho teploty.

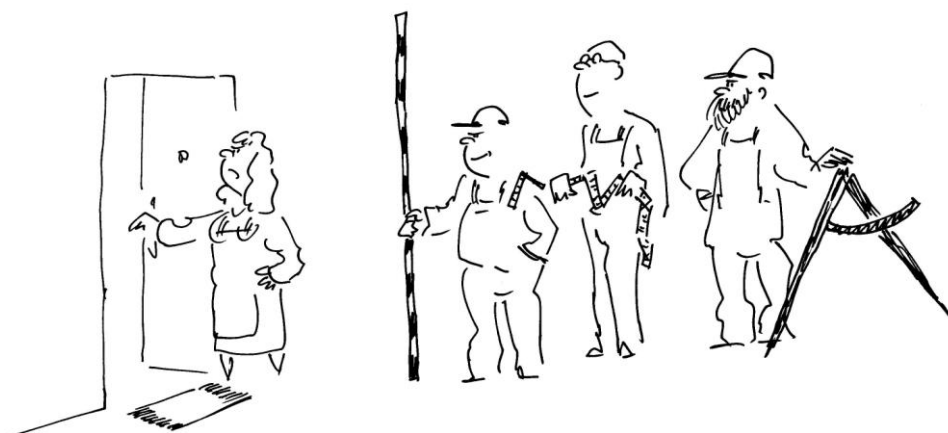
Množství tepla dodaného (odebraného) tělesu je určeno kalorimetrickou rovnicí:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{kde:} \quad \begin{array}{l} m \dots\dots \text{hmotnost tělesa} \\ c \dots\dots \text{měrná tepelná kapacita tělesa} \\ \Delta T \dots \text{rozdíl teplot} \end{array}$$

Fyziky tato definice možná úplně neuspokojí, ale ti určitě přesně vědí, co to teplo vlastně je. Pro nás laiky (nebo praktiky?) to znamená, že teplo je druh energie, který se navenek projevuje teplotou. Když tělesu (soustavě těles) dodáme tepelnou energii, jeho teplota se zvýší, a naopak. Když to aplikujeme na domy a byty, je to totéž - když dodáme do bytu tepelnou energii, teplota v bytě se zvýší...

Jak se vlastně měří teplo?

Množství specifického druhu energie v soustavě (kupříkladu v bytě) se přímou metodou měřit příliš nedá... V hodinách fyziky nám tuto energii názorně přibližovali jako "energie kmitání" částic hmoty (...čím více kmitají, tím větší energie...). Měřítkem tohoto "kmitání" je teplota, ale jsou zde drobné komplikace: různě hmotná tělesa ze stejného materiálu mají různý počet těchto "kmitajících" atomů (a tudíž různé množství tepla) a naopak, stejně hmotná tělesa z různého druhu materiálu mají při stejné teplotě v sobě obsažené různě velké energie. Toto je fakticky vyjádřeno touto výše uvedenou kalorimetrickou rovnicí: když chceme zjistit množství tepla předmětu musíme brát do úvahy všechny proměnné a parametry rovnice: jeho teplotu, hmotnost i materiál.



TÁTO | POCEM!
MÁŠ TU TY BORCE NA MĚŘENÍ TEPLA !!!

A co uděláme, když chceme teoreticky zjistit, jaké je množství tepla v soustavě, která se skládá z tisíce různých předmětů? Bohužel, není vyhnutí, rovnice je zákon fyzikální, tudíž nepřekročitelný a parlamentem nezměnitelný... Takže nezbyvá než rozebrat soustavu na jednotlivé předměty, u každého z nich zjistit zvlášť a výsledek sečíst :-)

Jsou zde však jisté polehčující okolnosti:

- a) Často nás nezajímá množství tepla obsaženého v soustavě, ale množství tepla dodaného soustavě (...protože v dnešním světě se obvykle neplatí se za to, co máte, ale za to, co si kupujete :-). Toto nám otevírá dvě nové cesty:
- dodání tepla soustavě je vlastně předání tepla z tělesa na těleso (nebo ze soustavy na soustavu), při které se přijímající soustava ohřeje, předávající soustava ochladí. Předané teplo je rovné teplu přijatému, takže si můžeme zvolit, podle které soustavy budeme velikost předaného/přijátého tepla počítat. Pokud třeba ohříváme cokoli složitého pomocí horké vody, stačí nám vědět, kolik té vody bylo a o kolik se zchladila. Voda je "jednotlivý" předmět, její měrná tepelná kapacita je notoricky známá a její hmotnost snadno odvodíme z objemu...
 - můžeme se pokusit měřit množství předaného tepla podle "tepelného toku". Je to obdoba toho, jako když množství dodané vody z cisterny do bazénu nezjišťujeme přímo (...kolik přibylo do bazénu, nebo kolik ubylo z cisterny...) ale nepřímou metodou dle toku: víme, jaký je průtok hadicí, kterou voda do bazénu teče, víme, jak dlouho voda do bazénu tekla, pronásobíme, a máme výsledek.... Pokud máme zmapované metody, jak se teplo z tělesa na těleso (nebo z tělesa do soustavy) šíří, dokážeme vypočítat množství předaného tepla i touto metodou.
- b) Tepelnou kapacitu soustavy si můžeme experimentálně změřit tak, že ji dodáme nějaké známé množství tepla (...změřené třeba metodou a)...) a zjistíme, o kolik se ohřála. Pak si spočítáme, kolik je třeba tepla na ohřátí o stupeň a naopak, podle toho, o kolik stupňů se soustava ohřeje, víme, kolik tepla dostala;
- c) Někdy nepotřebujeme ani množství tepla vědět, stačí nám vědět, v jakém poměru bylo teplo mezi soustavami distribuováno. Toto je typická situace u rozpočítání nákladů na dodávky tepla v domě a budeme se této problematice blíže věnovat v další části. Pokud si navíc pomůžeme předpokladem, že měrné tepelné kapacity všech zainteresovaných soustav jsou si podobné, stačí nám dát do poměru teploty a hmotnosti, nebo jen teploty (pokud i velikosti soustav jsou si podobné). Příklad: máme-li dva stejně velké byty, které jsou plus-mínus stejně vybavené (stěny, vzduch, trochu nábytku...), můžeme předpokládat, že když se v obou bytech zvýší teplota o jeden stupeň, dostaly zhruba stejnou dávku tepelné energie.

Po tomto shrnutí teorie se můžeme začít věnovat problematice, která nás nejvíce zajímá - měření tepla v domech a bytech. Ještě vás možná zajímá jedna věc: proč se vlastně touto otázkou chceme zabývat?

Proč by se mělo v domech/bytech měřit teplo?

Odpověď na tuto otázku vyplývá z jednoduchého faktu: podobně jako za jiné druhy energie, i za tepelnou energii se platí. V praxi se tepelná energie dodává do **domu** v těchto formách:

- dodávka tepla na vytápění domu ve formě ohřátého média (vody, páry...) z teplárny (kotelny)
- dodávka teplé užitkové vody z teplárny (kotelny)
- dodávka plynu, který se v domě spaluje za účelem získání tepla
- dodávka elektřiny, která se v domě mění na teplo
- dodávka fosilních paliv, ze kterých se spalováním získává teplo

Do jednotlivých bytů v bytovém domě se tepelná energie technicky dodává v podstatě ve stejných formách s tím, že typickou formou přímé dodávky tepla na vyhřívání bytu je cirkulace ohřáté vody v radiátorech.

První dvě formy (teplo, teplá voda), kde předmětem dodávky je přímo tepelná energie, si označme jako přímé dodávky tepla. Ostatní formy si označme jako nepřímé dodávky tepla.

Ve většině českých bytových domů starší generace ("paneláků") se při zajištění přímé dodávky tepla do bytů setkáváme s jedním z těchto dvou dodavatelsko-odběratelských modelů:

- a) externí dodavatel (teplárna) prodává teplo majiteli bytového domu (komplexu) vcelku. Rozpočítání nákladů mezi jednotlivé byty provádí majitel domu (firma, družstvo, společenství vlastníků...).
- b) přímé teplo k otopu a ohřevu teplé vody si vyrábí majitel bytového domu (komplexu) vlastními prostředky, nejčastěji spalováním plynu nebo fosilních paliv ve vlastní kotelně. I v tomto případě majitel domu (firma, družstvo, společenství vlastníků...) platí náklady vůči externímu dodavateli (...plynu, uhlí...) vcelku, za celý dům a tyto náklady pak rozpočítává mezi jednotlivé byty (uživatele).

V obou případech je zde nutnost rozpočítat společné náklady, účtované ze strany externího dodavatele domu (komplexu) jako celku, mezi jednotlivé uživatele bytů. Toto rozpočítání může mít dvě zásadně odlišné podoby:

- dle konstantního rozdělovacího klíče - náklady se rozpočítají buďto stejným dílem, nebo na základě pevné administrativní jednotky, nejčastěji podle velikosti podlahové plochy jednotlivých bytů;
- dle spotřeby - při rozpočítání nákladů se bere v úvahu, kolik tepla který byt spotřeboval

V situaci, kdy cena za tepelnou energii neustále roste a v současné době patří mezi nejvýznamnější položky nákladů na bydlení, je zcela logické, že stále více uživatelů bytů i majitelů domů požaduje, aby náklady na teplo byly rozdělovány mezi uživatele s ohledem na skutečně odebranou službu. Při poněkud rovnostářském rozpočítání dle konstantního klíče nelze totiž výše vlastních nákladů příliš ovlivnit. Naproti tomu metody založené na rozpočítání nákladů dle spotřeby umožňují vlastní náklady v jistém rozsahu ovlivnit, takže tyto metody již z principu motivují k šetření. Pro metody, založené na rozpočítání nákladů dle spotřeby, je však nezbytně nutné spotřebu tepla v jednotlivých bytech **měřit**.

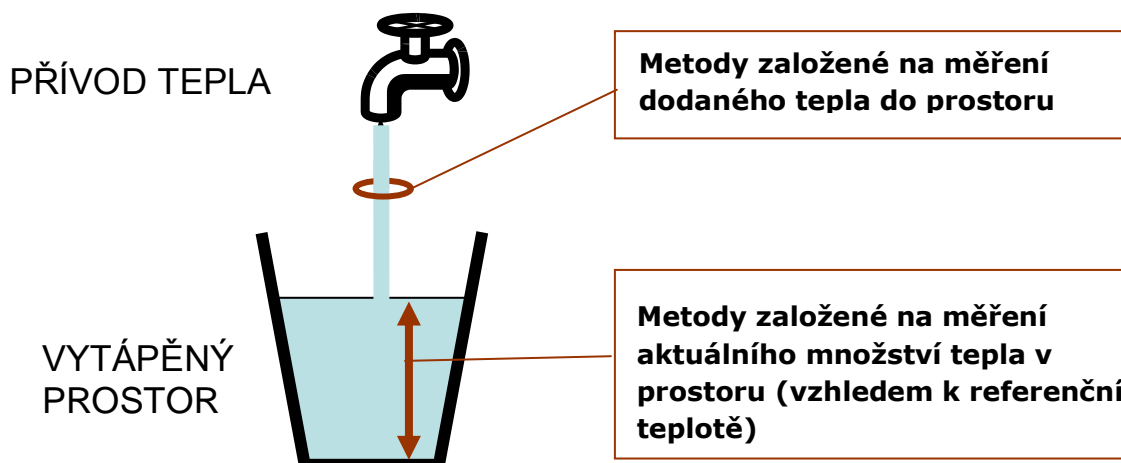
Odpověď na úvodní otázku tedy zní takto: **teplo musíme měřit, pokud jej chceme spravedlivě zpoplatňovat.**

Měření tepla v domech

Než se začneme věnovat jednotlivým metodám měření tepla v domech, musíme si uvědomit jeden zásadní fakt - byt není termoska, takže sice platí, že přivedením určitého množství tepla do bytu se byt dle kalorimetrické rovnice ohřeje o určitý počet stupňů, ale jelikož teplo z bytu i odvádíme (přesněji řečeno teplo z bytu uniká) zároveň to platí i přesně obráceně! Odvodem tepla z bytu (ztrátami tepla) se byt ochlazuje. Takže v bytě neustále běží výměna tepla "na obě strany", na jedné straně do bytu teplo přivádíme, na druhé straně nám z bytu teplo uniká.

"Měření tepla" v domech za účelem spravedlivého rozpočítání nákladů na topení mezi jednotlivými byty můžeme provádět dvěma zásadně odlišnými způsoby:

- a) měření množství přiváděného tepla z otopné soustavy do jednotlivých bytů
- b) měření množství tepla udržovaného v jednotlivých bytech



V prvním případě měříme, kolik tepla do kterého bytu přivádíme a náklady rozpočítáme podle poměru dodávky do jednotlivých bytů. Vycházíme zde z předpokladu, že byty jsou zhruba stejné, ztráty tepla jsou si podobné, na jejich kompenzaci je potřebné do každého bytu dodat zhruba stejné množství tepla. Pokud byty nejsou stejně velké, přesnějším vyjádřením je, že ztráty jsou úměrné velikosti bytu a stejně velké byty mají ztráty zhruba stejné.

Pokud některý byt spotřebovává více tepla než jiný, předpokládáme, že "nadstandardní" teplo používá na udržování "nadstandardních" podmínek za které by měl "nadstandardně" platit. Nadstandardní podmínky nemohou znamenat nic jiného, než že udržuje v bytě vyšší teplotu, protože **teplo vlastně nikoho z nás nezajímá, všichni chceme mít doma příjemnou teplotu** (které více-méně omylem říkáme lidově "teplo").

Zásadním problémem této metody je ten předpoklad, ze kterého vychází - že ve stejně velkých bytech jsou zhruba stejné tepelné ztráty. Všichni, kdo jsme v paneláku bydleli, víme z vlastní zkušenosti, že stejně velké byty stejné ztráty rozhodně nemají. Panelákové byty nejsou dokonale izolovány od okolí a jejich ztráty významně závisí na tom, jaká je poloha daného bytu v domě a s čím daný byt sousedí (...slovní spojení "rohový byt" nevzniklo jen tak pro nic za nic...). Takže musíme vzít jako fakt tu skutečnost, že každý byt potřebuje pro kompenzování ztrát jiné množství dodaného tepla. Jinak řečeno, abychom udržovali ve všech bytech v domě stejnou teplotu, musíme do každého z nich dodávat jiné množství tepla na kompenzaci ztrát. Tento rozdíl může být dost zásadní: přízemní byt nad nevytápěnými garážemi může spotřebovávat pro vytvoření stejné teploty až několiknásobek tepla oproti stejnému bytu nad ním. Takže uživatelé různých bytů si užívají stejný komfort za různě vysokých nákladů....

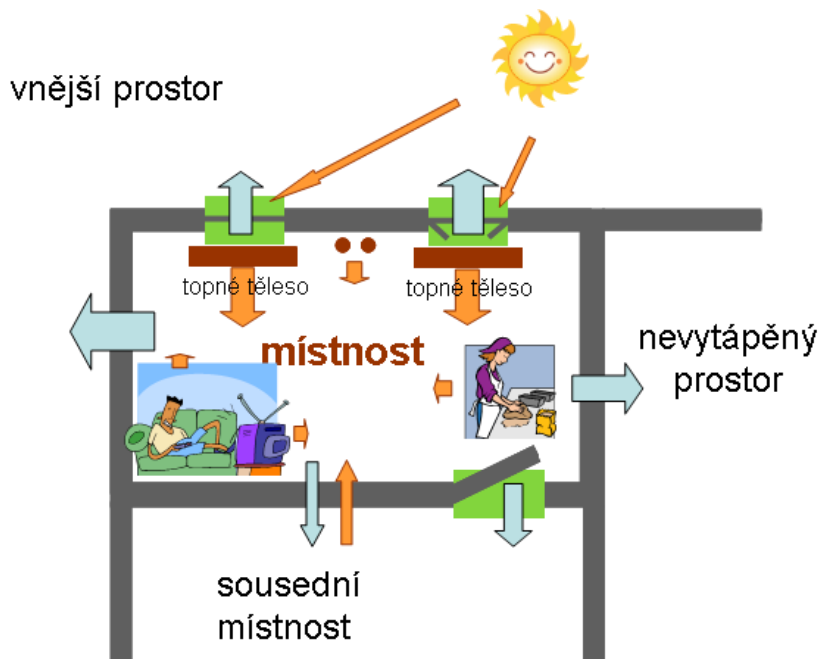
Ve druhém případě měříme, jak se dodávka tepla do bytu projevila na jeho teplotě. Pokud je ve dvou stejných bytech stejná teplota, měl by být podíl na platbě za teplo u obou bytů stejný. Nadstandardní platbu chceme od toho bytu, ve kterém jeho uživatel udržuje nadstandardní teplotu. Takže vlastně prostřednictvím měření teploty oceňujeme uživatelský komfort.

A která metoda je vlastně spravedlivější?

Když uvážíme, že užitnou vlastností bytu je pro nás vlastně teplota v bytě, vychází při prvním pohledu jako jednoznačně spravedlivější druhá metoda. Přejde nám to stejně logické, jako že telefonní operátor chce od nás za stejné služby stejné peníze jako od kolegy z práce, i když náklady operátora na zajištění telefonní přípojky pro mne a pro kolegu mohou být značně odlišné... I když to vypadá takto jednoznačně, nemusí být odpověď na výše uvedenou otázku vždy takto jednoznačná. Abychom se dopídili pravdy, musíme se na problém podívat ještě o stupeň detailněji.

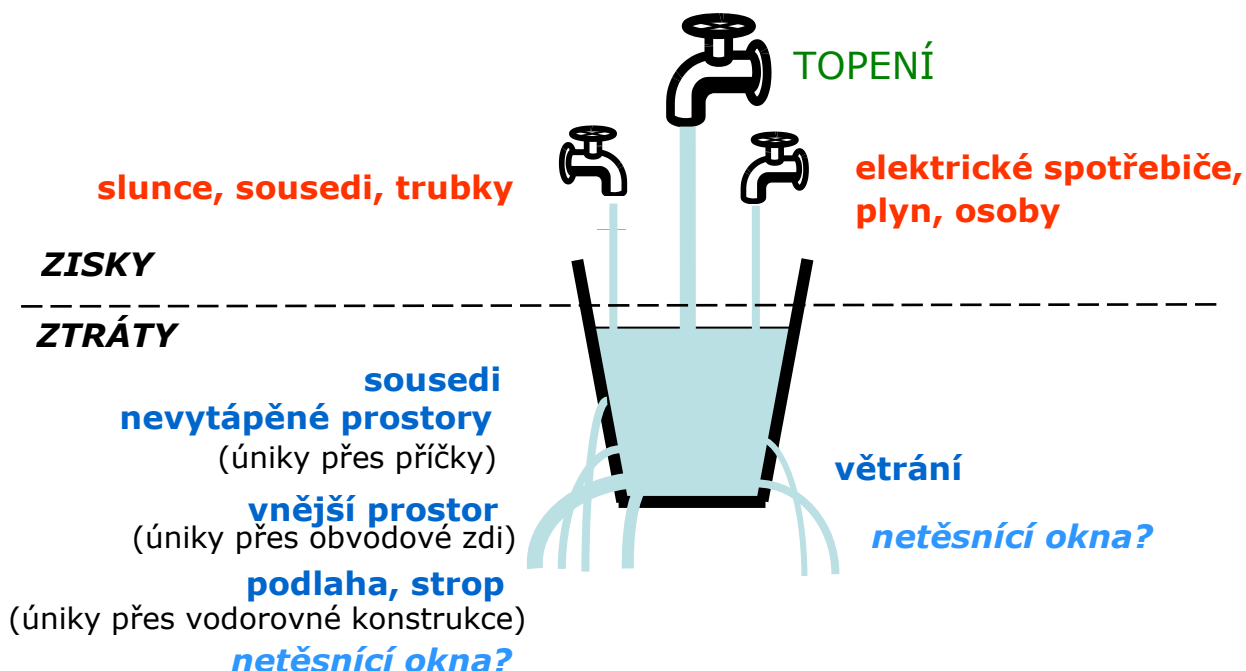
1. Technický pohled = tepelné ztráty, tepelné zisky..

O tom, že tepelné ztráty ve stejně velkých bytech mohou být různé, jsme se již zmínili. Vyšší tepelné ztráty mají obvykle ty byty, které mají největší hraniční plochu směrem k vnějšímu prostředí, nebo k chladným prostorům. Jsou to zejména přízemní byty, byty pod střechou a rohové byty. Zdrojem tepelných ztrát jsou nejen styky s vnějším prostředím, ale i plochy přiléhající k chodbám, garážím, potrubním šachtám ("stoupačkám"), či světlíkům. Zdrojem tepelných ztrát je i nevytápěný sousední byt... (...a naopak, kdybychom se odstěhovali v zimě na Floridu a zavřeli topení, můžeme být bez obav, že nám byt promrzne, soused nám ho přes příčky spolehlivě vyhřeje na teplotu, snesitelnou minimálně pro přežití kytiček...). I způsob ochlazování zvnějšku je různý, byty přiléhající k návětrné straně domu jsou ochlazovány více, než byty na závětrné straně a to i v případě, když mají dokonale utěsněná okna. Je to stejný efekt, jako když chladíte čaj v láhvi: když ho chladíte pod proudem tekoucí vody, ochladíte ho rychleji, než když láhev jen ponoříte do hrnce se "stojící" vodou. Voda v hrnci kolem láhve zteplá a nechladí láhev tak intenzivně, jako když je k láhvi neustále přiváděna studená voda. Kromě tepelných ztrát vznikajících tepelnou propustností stěn, jsou zde samozřejmě i tepelné ztráty, které vznikají netěsností, zejména otevřená nebo netěsnící okna a dveře.



Zatím jsme se nezmínili, že topení není jediným zdrojem tepla pro vyhřívání bytu. Ze zkušenosti víme, že při vytápění bytů významně pomáhá slunce ("severní byty" versus "jižní byty"), možná méně si uvědomujeme, že byt si sami dodatečně vytápíme spalováním plynu/elektřiny při vaření a "spalováním" elektřiny prakticky ve všech elektrických spotřebičích. Přídavnými zdroji tepla mohou být i teplovodní trubky, procházející bytem, dokonce si (a ne úplně nevýznamně) "přítápíme" i vlastním tělem....

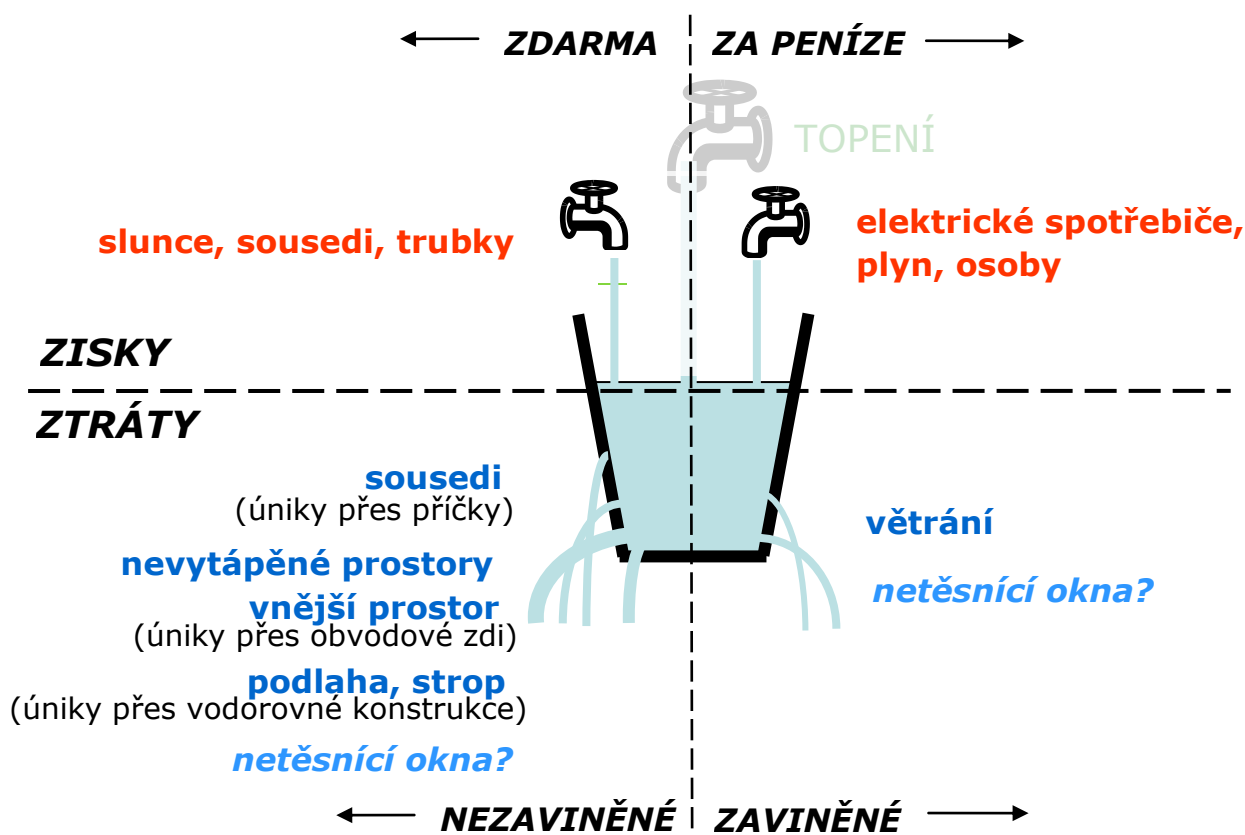
Takže ten výše uvedený obrázek analogie tepla s vodou si musíme překreslit takto:



Při posuzování metody měření "tepla" z pohledu její spravedlivosti je nutné si uvědomit, že některé zdroje úniků tepla jsou uživatelem nezaviněné (umístění bytu, sousedi...), za některé si uživatel bytu vždy může sám (otevřená okna, dveře...) a u některých zdrojů je to otázka konkrétních okolností (kupříkladu zda za stav těsnosti oken odpovídá uživatel bytu, nebo neodpovídá...).

Obdobné je to u dodatečných zdrojů tepla; některé zdroje dostává uživatel bytu automaticky a bezplatně (sluníčko, zimomřiví sousedi), za některé zdroje si sami platíme v podobě faktury za plyn a elektřinu....

Dodatečné zisky a ztráty tedy můžeme z pohledu uživatele bytu kategorizovat takto:



Když se na problém spravedlivé metody měření podíváme touto optikou, vychází nám z toho tyto logické závěry:

- měření tepla "na přívodu" je spravedlivé v tom případě, když využití toho tepla máme víc "v ruce", pod vlastní kontrolou. Je to tehdy, pokud nezaviněné ztráty i "neplacené" zisky jsou relativně malé a dodané teplo spíše nahrazuje ty ztráty, které vznikají našim přičiněním (větrání, udržování "nadstandardní" teploty v bytě).
- měření udržovaného tepla (teploty) v bytě je spravedlivé v tom případě, když větší část tepla jde na pokrytí ztrát, za které nemůžeme a navíc jsou tyto ztráty (stejně jako bezplatné dodatečné zdroje tepla) mezi jednotlivé byty nerovnoměrně "rozděleny". Pokud se okolnosti sešly tak, že máte byt na severní straně, která je zároveň návětrná, jste v přízemí nad garážemi, soused odlétává na zimu do teplých krajin a zavírá topení a majitel domu už skoro všem vyměnil okna za plastová, jen na vás si nenašel čas, nebude vám připadat spravedlivé, když budete platit za teplo nejvíc z celého domu. Ani fakt, že máte radiátory "roztočené" na plné obrátky, kdežto soused nad vámi je má skoro zavřené vás moc neutěší, více budete vnímat fakt, že vy máte doma sotva 19 stupňů, a soused nad vámi má i při zavřených radiátorech v pohodě stupňů 24. Penalizaci v podobě vysokého poplatku za přívod tepla do bytu budete za těchto okolností snášet dost těžce, stejně jako argumenty správce, že máte teplem víc šetřit.

Tyto úvahy mají ale jeden háček, a to jsou obchodní aspekty daného případu...

2. Obchodní pohled = tržní cena vs. netržní cena

Výše uvedené porovnání spravedlivosti obou metod podvědomě vychází z nejčastějšího "obchodního modelu" panelákového bytu, který lze charakterizovat zhruba takto:

- naprostá většina legálních majitelů/uživatelů si stejně velký byt ve stejném domě pořídila za zhruba stejnou cenu. Při pořizovací ceně bytu se nehledělo na to, jaké jsou jeho tepelné ztráty, protože v té době byly náklady na vytápění velmi nízké a všichni si byt pořizovali v dobré víře, že topení je součástí standardní služby, za kterou budou platit více-méně stejnou paušální částku.
- naprostá většina legálních majitelů/uživatelů bytů dodnes platí za stejně velký byt ve stejném domě stejné nájemné.

Při výše uvedeném obchodním modelu plně platí závěry, vyplývající z "technického pohledu".

V případě nových domů, kde se byty pořizují (kupují, pronajímají...) tržně, je pohled na problém úplně jiný. Každý nový majitel si byt vybírá (...není mu přidělen...), při výběru bytu se mimo jiné řídí i tím, jaké jsou okolnosti daného bytu z hlediska jeho provozních nákladů. Pokud má zdravý úsudek, tak určitě ví, že náklady na topení jsou významnou položkou a proto si vždy vybere raději byt na jih, než na sever (což se v konečném důsledku projeví tak, že byty na sever jsou levnější). A pokud se při výběru bytu neřídil předpokládanými náklady na topení, je to výhradně jeho problém, a až ty faktury za topení bude jednou platit, nemůže si na nikoho stěžovat... Zpoplatňování tepla dle skutečně dodaného množství je zde zcela na místě, za předpokladu, že nový uživatel bytu je o tomto při koupě bytu informován.

Když dáme dohromady technické i obchodní aspekty, vychází nám z toho, že:

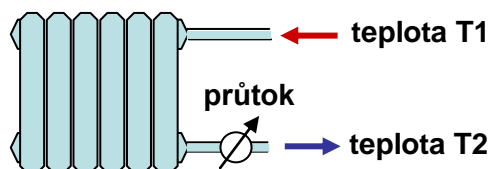
- pro **byty s regulovaným nájemným**, kde jsou mezi jednotlivými byty velké rozdíly v nezaviněných ztrátách tepla, je spravedlivější metoda měření množství tepla udržovaného v bytě. Do této kategorie spadá většina "panelákových" bytů, kde i při zateplení obvodového pláště budovy jsou významné prostupy tepla mezi jednotlivými byty a mezi byty a nebytovými prostory. V těchto bytech je nutno zohlednit fakt, že za "stejně peníze" by měly dva stejné byty dostat stejnou službu, a tou službou je pro uživatele bytu teplota v bytě, nikoli dodané teplo.
- pro **byty**, které se obchodují (prodávají, pronajímají) **v tržním prostředí**, jsou potenciálně vhodné obě metody. Záleží to na tom, za jakých konkrétních podmínek z hlediska zpoplatňování dodávky tepla jsou byty obchodovány. Metoda měření a zpoplatňování by měla být uvedena v nájemní smlouvě tak, aby uživatel věděl "do čeho jde". Pokud ví, že za teplo bude platit "paušál" dle podlahové plochy, nebo že za teplo bude platit podle naměřené teploty v bytě, při výběru severního/jižního bytu se může v klidu řídit pouze výhledem. Pokud ví, že za topení bude platit podle skutečně dodaného objemu tepla, je na něm, který byt si pronajme a jakou částku je ochoten za něj platit. Ve prospěch metody měření "na přívodu" zde hraje fakt, že nové byty jsou lépe tepelně izolované i uvnitř budovy, takže v bilanci ztrát převažují ztráty "zaviněné" a uživatel je touto metodou motivován, aby dodaným teplem neplýval.

Způsoby realizace jednotlivých metod měření tepla v domech

Pro realizaci měření množství přiváděného tepla z otopné soustavy do jednotlivých bytů se nejčastěji používají dvě metody:

1. Kalorimetrická metoda

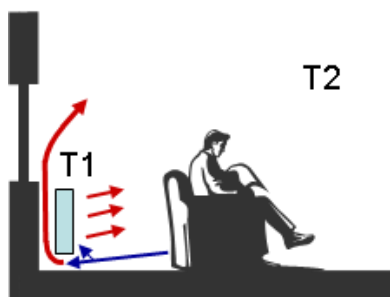
Metoda je založena na měření předaného tepla otopným médiem (nejčastěji vodou). Vycházíme z faktu, že teplo předané médiem je rovné teplu přijatému bytem. Předané teplo měříme pomocí kalorimetrické rovnice, kde figurují dvě proměnné: hmotnost (=množství otopné vody) a rozdíl teplot (tj. o kolik se otopná voda v radiátorech ochladila). Množství vody, které proteklo radiátorem můžeme měřit průtokoměrem a její ochlazení můžeme měřit rozdílem teplot na přívodu do radiátoru a na odvodu z radiátoru. Čím víc se voda ochladí, tím více tepla radiátor vyzářil do místnosti. Čím více vody proteklo radiátorem, tím více tepla přinesla voda do bytu...



Metoda je velmi přesná, její nevýhodou je, že její realizace je poměrně drahá (na každý radiátor dva teploměry, jeden průtokoměr a mikroprocesor, který kontinuálně násobí průtok rozdílem teplot). S úspěchem se používá tam, kde do každého bytu vede samostatný otopný okruh (samostatné trubky přívodu a odvodu vody, na kterých jsou všechny radiátory daného bytu a žádný radiátor "od souseda"). V tom případě se kalorimetr namontuje na tyto trubky a měří teplo vyzářené všemi radiátory bytu najednou.

2. Metoda měření tepelného toku z radiátoru

Metoda je založena na odhadu množství vyzářeného tepla radiátorem, který je teplejší než místnost. Vychází z předpokladu, že když má radiátor vyšší teplotu, než okolní prostředí, dochází k předávání tepla z radiátoru do okolního prostoru - vzniká jakýsi *tepelný tok* mezi radiátorem a místností. Velikost tohoto tepelného toku zjevně závisí na rozdílu teplot (čím teplejší radiátor, tím více tepla dodává) a na velikosti povrchu radiátoru (čím větší radiátor, tím více hřeje). Jelikož radiátor teplo předává místnosti zejména prouděním vzduchu, je zde i méně zjevná závislost na umístění a způsobu instalace radiátoru, a na konfiguraci místnosti (zejména umístění předmětů v blízkosti radiátoru). Velikost a tvar radiátoru je popsán konstantou, která charakterizuje jeho "tepelný výkon", tato konstanta se váže na daný typ a velikost radiátoru a zjišťuje se výpočtem, nebo měřením v laboratoři. Metoda počítá množství předaného tepla tak, že kontinuálně v čase měří rozdíl teplot mezi radiátorem a místností a násobí tento rozdíl konstantou radiátoru.



Metoda je v porovnání s kalorimetrickou metodou poměrně nepřesná a to zejména z těchto důvodů:

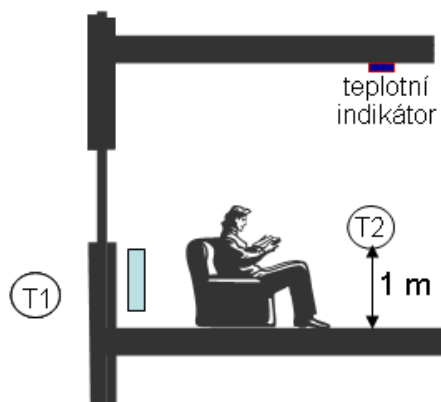
- poměrně nepřesné je samotné měření teploty radiátoru. Teplota radiátoru není rovnoměrně rozložená a rozložení teploty není stabilní. V různých fázích topného cyklu je rozložení teploty různé (všichni víme, že zpočátku hřeje jen horní část radiátoru přilehlá k přívodní trubce, oblast vyšší teploty se na celý povrch radiátoru rozšiřuje postupně...). Naměřené hodnoty jsou silně závislé na umístění měřicího čidla na povrchu radiátoru;
- poměrně nepřesné je i měření teploty v místnosti (...pokud se tato teplota vůbec měří...). V zájmu kompaktnosti řešení a nízkých nákladů na instalaci je čidlo teploty okolí obvykle velmi blízko radiátoru, proto nelze očekávat, že bude měřit přesně;
- problematické je zohlednění okolností instalace radiátoru (umístění radiátoru a okolních předmětů).

Naproti tomu, realizace této metody je poměrně levná, protože striktně nevyžaduje přenos dat. Obě měřené veličiny (teplota radiátoru a teplota v místnosti) snímá obvykle jedno zařízení, které tím pádem může načítat dodané teplo v čase zcela autonomně a jediná nutnost interakce s jiným systémem vzniká při požadavku na převedení naměřených hodnot do systému, který tyto hodnoty dále zpracovává (tzv. "odečet" měřiče tepla). Oproti kalorimetrické metodě, která je rovněž autonomní, jsou však náklady na zařízení i instalaci velmi nízké (odpadá zejména nutnost "řezání" trubek a vsazování relativně drahého průtokoměru do přívodu/odvodu).

Pro realizaci měření **množství tepla udržovaného v prostoru** se nejčastěji používá tzv. "denostupňová metoda", známá rovněž pod názvy "gradenová metoda", nebo "metoda měření tepelné pohody".

3. Denostupňová (gradenová) metoda

Metoda je založena na principu měření teplotního rozdílu mezi teplotou udržovanou v místnosti (bytě) a referenční vnější teplotou. Metoda počítá množství udržovaného tepla v místnosti (bytě) tak, že kontinuálně v čase měří rozdíl vnitřní a vnější teploty a násobí tento rozdíl objemem dané místnosti (bytu).



Metoda je v principu poměrně přesná (teplotu lze měřit s přesností na desetiny stupně), důležité je vhodné umístění teplotních čidel tak, aby měření bylo co nejméně závislé na "zaviněných" ztrátách větráním. Při umístění čidla v blízkosti stropu místnosti dál od okna nemá krátkodobé otevření okna při současném topení významný vliv na indikovanou teplotu v místnosti, protože studený vzduch z okna proudí ve spodní části místnosti a vlivem rozvrstvení teplot je teplota v místě měření relativně stabilní. Jelikož teplota u stropu je vždy vyšší, než teplota uprostřed místnosti (což by měl být referenční bod měření), je nutné provést korekci měření tak, aby teploměrné čidlo bylo korigováno na rozdíl teploty mezi bodem měření a referenčním bodem.

Výhodou denostupňové metody je nezávislost na způsobu vytápění, lze jí použít jak v budovách s klasickými radiátory, tak i v budovách s jinými topnými systémy (podlahové topení, konvektory, teplý vzduch...).

Denostupňová metoda vyžaduje trvalý záznam rozdílů teplot v čase, takže se neobejde bez on-line přenosu dat. Z těchto důvodů byla její realizace v minulosti poměrně nákladná, protože vyžadovala instalaci komunikačních vodičů mezi výpočetní jednotkou a jednotlivými čidly. V současné době se již používají převážně čidla s bezdrátovým přenosem dat, jejichž cena se dostala na úroveň běžných "drátových" čidel, takže náklady na realizaci denostupňové metody se dostaly na úroveň nákladů na realizaci měření tepelného toku z radiátoru.

Srovnávací tabulka metod měření tepla:

...a lze měřením tepla ušetřit?

Dosud jsme se problematikou "měření tepla" zabývali pouze z pohledu nutnosti rozpočítání společných nákladů na vytápění a porovnávali jednotlivé metody z hlediska jejich vhodnosti či nevhodnosti pro tento účel.

Měření tepla má však i významný potenciál z hlediska úspor jak jednotlivců (uživatelů bytů), tak i celku (společenství vlastníků, družstva...). Z okřídlené pravdy "*Kdo neměří, nešetří!*" implicitně vyplývá, že kdo měří, ten šetří :-). Podívejme se, jaké mechanismy vedou v souvislosti se zavedením měření tepla k šetření nákladů na bydlení.

Měřením tepla vzniknou tyto motivační faktory, vedoucí k šetření nákladů:

a) Efekt "vystoupení z balíku"

Při rozpočítání nákladů dle skutečné spotřeby je úspora snadno dosažitelná, uživatel nemá pocit marnosti, že co on sám ušetří, to někdo jiný vyplývá a v celkovém balíku nákladů se jeho snaha o úspory ztratí. Je-li použita metoda opravdu spravedlivá, minimálně část uživatelů

bytů má snahu ušetřit, což se projeví jak na jejich nákladech, tak na nákladech celku. Když skutečně ušetří, nejenom že je to utvrdí v jejich snaze, ale často to zapůsobí i jako příklad pro ostatní.

b) Efekt "probuzení"

Začne-li alespoň část uživatelů hlídat své náklady, začnou se tito lidé dívat jinýma očima i na společné náklady a další skutečnosti, související s topením. Vznikne tím dodatečný tlak na další zdroje úspor, jako je kupříkladu zavedení efektivní regulace kotelny, změna dodavatele služeb, kontrola nákladů na údržbu, revize...).

c) Efekt "peněz před očima"

Jsou-li v bytě umístěny prvky systému, sloužící k měření tepla, uživatelům bytů to trvale připomíná fakt, že za to teplo, co si doma dopřávají, budou muset jednoho dne platit. Motivace k zodpovědnému chování je tím silnější, čím jsou výsledky měření více "čitelné". Ideální stav je, když má uživatel bytu neustále k dispozici nejen stav indikátorů (nejlépe v číselné podobě), ale i průběžný stav svého "úctu za teplo" tak, jak to umožňuje kupříkladu systém [CEM](#).

Pokud je systém pro měření tepla součástí širšího telemetrického systému, který průběžně dodává uživatelům domu další zajímavé údaje o celkové spotřebě domu, o funkčnosti kotelny, o teplotách ve společných prostorách apod., lze kombinací všech poznatků a dat vyhodnocovat vlastnosti a chování domu a jeho systémů (...a obyvatel...) a přijímat další a další opatření, vedoucí k úsporám. Jako příklad takového systému opět uvedeme systém [CEM](#), který je z tohoto pohledu velmi progresivní.

*Takže odpověď na úvodní otázku je jednoznačná, **měřením tepla ušetřit lze**. Výše takto vyvolaných úspor se pohybuje v rozmezí 10% až 30%, v závislosti na tom, jaký systém je instalován a jak velký je ještě potenciál k šetření v době nasazení systému. Obecně platí, že nejvíce vedou k úsporám systémy, které dávají o spotřebě tepla průběžné informace.*