

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

katedra mechaniky a strojnictví



**Provozní účinnosti kondenzačních kotlů**

diplomová práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Autor práce: Jiří Víšek

Praha 2015

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra mechaniky a strojnictví

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jiří Víšek

Technologická zařízení staveb

Název práce

**Provozní účinnosti kondenzačních kotlů**

Název anglicky

**Operating efficiency of condensing boilers**

---

### Cíle práce

Stanovit provozní účinnost kondenzačních kotlů v závislosti na teplotě spalin, přebytku vzduchu a teplotách topné vody.

### Metodika

Analýzy současných technických řešení kondenzačních kotlů a metod stanovení jejich provozní účinnosti v ČR a v zahraničí;

Vyhodnocení provedených analýz;

Měření účinnosti vybraných typů kondenzačních kotlů;

Zpracování výsledků měření;

Analýza výsledků měření a zpracování doporučení pro uživatele kondenzačních kotlů a montážní firmy.

### **Doporučený rozsah práce**

40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

### **Klíčová slova**

kondenzační teplo; teplota rosného bodu; výhřevnost; spalné teplo; nízkoteplotní otopná soustava; komínová ztráta; emise.

---

### **Doporučené zdroje informací**

ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách Výpočet tepelného výkonu. Praha: Český normalizační institut, 2005. 76 s.

Kolektiv. Topenářská příručka. Sv. 1, 1. vyd. Praha: GAS s. r. o., 2001. 1 122 s. ISBN 80-86176-82-7

Kolektiv. Topenářská příručka. Sv. 2, 1. vyd. Praha: GAS s. r. o., 2001. 2 395 s. ISBN 80-86176-83-5

Kolektiv. Topenářská příručka. Sv. 3, 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, s. r. o., 2007. 378 s. ISBN 978-80-86028-13-2

URL: <<http://www.tzb-info.cz>>

---

### **Předběžný termín obhajoby**

2015/05 (květen)

### **Vedoucí práce**

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

---

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2012

**doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 14. 2. 2012

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2015

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Provozní účinnosti kondenzačních kotlů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Další informace jsem čerpal ze znalostí získaných na školeních společností Gruppo Imar, Junkers a Dakon. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8. dubna 2015

\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat firmě Elektromontáže Stavby s r.o. za jejich ochotu mi umožnit studium. Dále bych chtěl poděkovat pedagogickému sboru České zemědělské univerzity v Praze na Technické fakultě, zejména panu prof. Ing. Radomíru Adamovskému, DrSc., za jeho vstřícnost, podporu a konzultace nejen týkající se této diplomové práce, ale také za předání znalostí v mém oboru.

**Abstrakt:**

Tato práce je zaměřena na provozní účinnost kondenzačních kotlů. Dále popisuje jejich analýzu současného technického řešení. Zabývá se také typy a technologií otopných soustav. Součástí práce je provedení vlastního měření konkrétního kotle. Cílem práce je znázornění závislostí a účinností při různých hodnotách proměnných a vyobrazení rozdílů mezi seřízeným a neseřízeným kotlem.

**Klíčová slova:**

emise, komínová ztráta, kondenzační teplo, nízkoteplotní otopná soustava, teplota rosného bodu, výhřevnost, spalné teplo

**Operating efficiency of condensing boilers****Summary:**

This dissertation is focused on operating efficiency of condensing boilers. It describes their analysis of the current technical solution. It also applies one's mind to the types and technologies of heating systems. Part of this dissertation contains performing the measurement of a particular boiler. The aim is to illustrate dependencies and efficiency at different values of variables and the representation of differences between adjusted and unadjusted boiler.

**Key words:**

emissions, chimney loss, condensation heat, low temperature heating system, point temperature, calorific value

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce .....	2
2.1	Dílčí cíle.....	2
3	Současný stav a řešení provozní účinnosti .....	3
3.1	Analýza současných technických řešení kondenzačních kotlů.....	3
3.1.1	Princip kondenzačních kotlů.....	3
3.1.2	Rozdělení typů kondenzačních kotlů.....	3
3.1.3	Způsoby zapojení kondenzačních kotlů do otopné soustavy .....	5
3.1.4	Regulace zdroje a jeho vliv na účinnost .....	8
3.2	Typy otopných soustav.....	9
3.2.1	Základní rozdělení .....	9
3.2.2	Druhy otopných soustav (dále OS) .....	10
3.2.3	Úpravy otopné vody .....	14
3.2.4	Faktory ovlivňující tepelnou pohodu s ohledem na provozní účinnost kondenzačního kotle	16
3.3	Analýza stanovení provozní účinnosti .....	17
3.3.1	Problematika stanovení provozní účinnosti v ČR a zahraničí .....	21
3.3.2	Kvalita zemního plynu v ČR a zahraničí .....	21
3.3.3	Návrhy a dimenzování otopných soustav.....	21
4	Vyhodnocení současného stavu .....	21
5	Metodika měření provozní účinnosti .....	22
5.1	Měřicí přístroje .....	24
5.2	Popis topného systému .....	25
5.3	Postup měření .....	25
6	Seznam naměřených hodnot .....	27
7	Výsledky měření .....	28
7.1	Grafické znázornění a vyhodnocení .....	28
8	Závěr .....	33
9	Seznam použitých zdrojů.....	35
10	Seznam použitých tabulek, grafů, obrázků a symbolů .....	36
11	Přílohy.....	I

## 1 Úvod

Pro korigování výdajů na provozní potřeby domácnosti se dá šetřit na více místech, zvláště pak při spotřebování energií. Jejich nedílnou součástí je vytápění a ohřev teplé vody. Proto je téma kondenzačních kotlů a jejich principu zajímavé, znalostí jejich problematiky je možné využít a proměnit v provozní úspory. Tyto kotle na rozdíl od ostatních využívají latentní teplo. To v praxi znamená možnost zvýšení účinnosti, nad výhřevnost samotného paliva, pokud jsou splněny podmínky pro vhodnost instalace. Z hlediska návratnosti se jedná v průměru o střednědobou investici, což je pro rodinný rozpočet optimální volbou.

Práce se zaměřuje na vyobrazení vlivů na účinnost kondenzačních kotlů a jejich úpravy, pomocí kterých lze navýšit jejich efektivitu. Je zde uvedeno několik příkladů, jak provozní účinnost vypočítat, případně ji pomocí správného seřízení navýšit, abychom docílili úspory paliva. Jsou zde pro představu prezentovány i modelové příklady, kdy je kondenzační kotel připojen k otopné soustavě, která není pro tento typ kotle vhodná. Je zde uvedeno také grafické vyobrazení poklesu hodnot účinnosti oproti technickým parametrům udávaných výrobcem.



## **2 Cíl práce**

V obsahu práce je definována charakterizace kondenzačních kotlů. K jejich současnému stavu a analýze technických řešení je připojeno také stanovení a řešení provozní účinnosti, dále se uvádí problematika otopných soustav. Pro srovnání s teorií je provedeno konkrétní měření na kondenzačním kotli Gruppo Imar ceramic Compact era MB 24. Zjištěním tohoto měření a zároveň cílem práce je pak to, jaký vliv má výkon na hodnotu přebytku vzduchu, závislost účinnosti na teplotě spalin, nebo také výkonnostní křivka při změně rychlosti ventilátoru kotle. V měření je vidět rozdíl hodnot při seřizenosti či neseřizenosti kotle.

### **2.1 Dílčí cíle**

- charakteristika a analýza současného stavu kondenzačních kotlů
- problematika otopných soustav
- specifikace vlivů vzniklých nesprávnou volbou typu kondenzačního otopného systému
- vliv nesprávného seřízení kondenzačního zařízení a jejich grafické znázornění
- úspory tepelné energie v konkrétních případech

### 3 Současný stav a řešení provozní účinnosti

#### 3.1 Analýza současných technických řešení kondenzačních kotlů

Kondenzační kotel je nejúspěšnější volbou v případě využívání zemního plynu (G20), nebo propan butanu (GPL), jako zdroje paliva pro přípravu teplé užitkové vody (TV) a topné vody (TV). Vylučuje nízké emisní hodnoty do ovzduší, díky nimž může být instalován i v lokalitách, kde je kladen vysoký nárok na nízké emisní znečištění.

##### 3.1.1 Princip kondenzačních kotlů

Zapálením směsi plynu (G20 nebo GPL) a vzduchu na hořáku dochází k chemické reakci, při které se uvolní tzv. spalné teplo  $H_s$  [kWh/m<sup>3</sup>]. Nedílnou součástí je tzv. latentní teplo, které je obsaženo ve vodní páře z přivedeného vzduchu. V případě ochlazení spalin na výměníku, pod teplotní hranici rosného bodu spalin, dochází ke kondenzaci vodní páry a latentní teplo je předáno výměníku na předehřev vratné topné vody. Tímto

způsobem se minimalizuje teplo ve spalinách, odvedené odkouřením kotle, tzv. komínová ztráta. Spalné teplo vypočteme pomocí uvedeného vzorce.

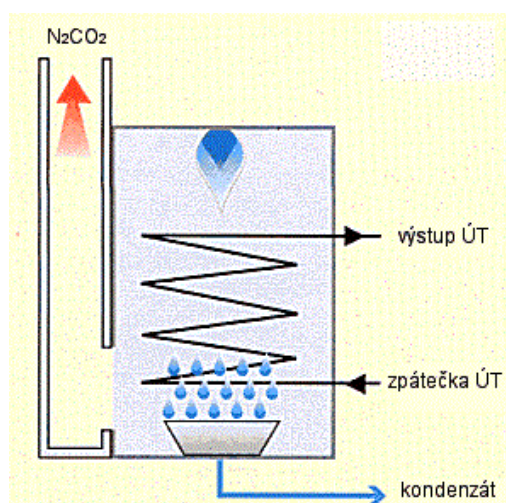
$$H_s = H_i + H_l \left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right) \quad 3.1$$

##### 3.1.2 Rozdělení typů kondenzačních kotlů

Provedení plynových spotřebičů dle normy TNI CEN/TR 1749<sup>1</sup> dělíme do 3 kategorií:

- vzduch pro provoz spotřebiče se přivádí z prostoru, kde je spotřebič instalován, a spaliny jsou odváděny do téhož prostoru (kategorie A)
- vzduch pro provoz spotřebiče se přivádí z prostoru, kde je spotřebič instalován, a spaliny jsou odváděny do venkovního prostoru (kategorie B)

Obrázek 1 Princip kondenzačních kotlů



Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>

<sup>1</sup> TNI CEN/TR 1749. *Evropský systém třídění spotřebičů plyných paliv podle způsobu odvádění spalin (provedení spotřebičů)* Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/normy/tni-cen-tr-1749-2013-12>. 01.12.2013.

- vzduch pro provoz spotřebiče se přivádí z venkovního prostoru a spaliny jsou rovněž odváděny do venkovního prostoru (kategorie C) Tato kategorie se dále rozřazuje do 8 podskupin podle konstrukce spotřebiče.

Kondenzační kotle spadají pouze do kategorie B nebo C, záleží na konstrukci odkouření prováděného montážní firmou.

Ostatní dělení:

- dle umístění hořáku (boční, vrchní)
- dle použitých materiálů (Litinové, slitiny Al....)
- dle rozsahu pracovních teplot a výkonů (technické specifikace)
- dle množství řízených topných okruhů
- dle rozsahu el. ovládání

Obrázek 2 Vyobrazení řezu spalovací komorou kondenzačního kotle č. 1



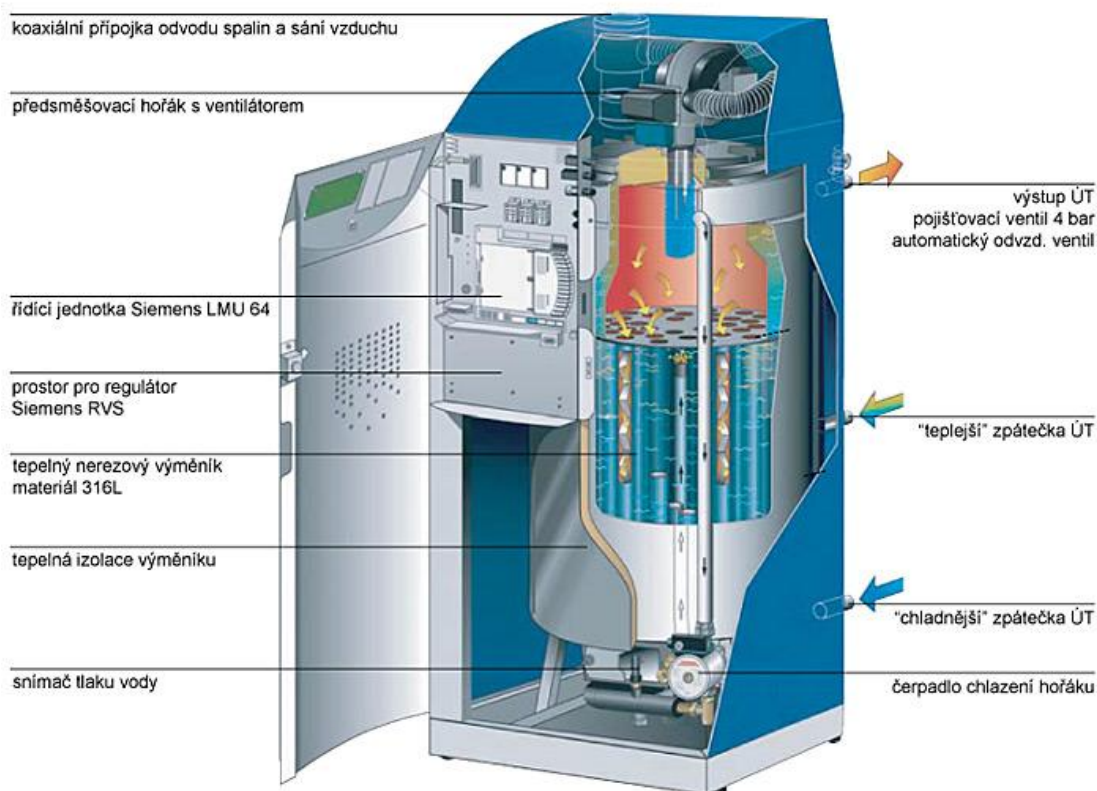
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 3 Vyobrazení řezu spalovací komorou kondenzačního kotle č. 2



Zdroj: <http://www.wolfcr.cz/produkty/rodinna-a-bytova-vystavba/vytapeci-technika/plynove-kotle-do-100-kw/nastenny-kondzacni-kotel-cgb/>

Obrázek 4 Popis kondenzačního kotle



Zdroj: <http://www.condensinox.cz/cz/condensinox-vnitri-popis-kotle>

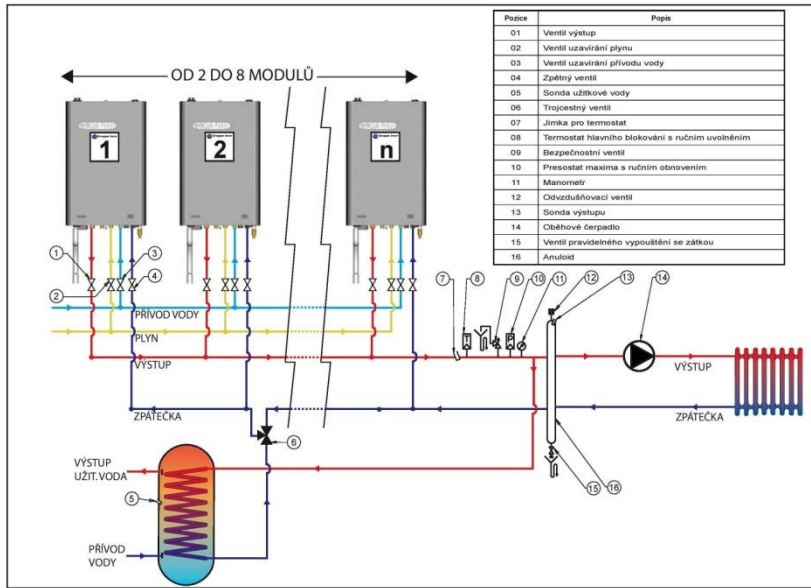
### 3.1.3 Způsoby zapojení kondenzačních kotlů do otopné soustavy

Za účelem snižování počtu cyklů spínání kondenzačního kotle a snížení teploty vratné vody, je vhodný ohřev ve více potrubních okruzích. Menším počtem spínání kotle výrazně ponížíme ztráty vzniklé sáláním tepla kotle do okolí.

Základní rozřazení:

- Dle požadovaného výkonu
  - a) Pro samostatný provoz:  
Určeny pro výkon do 50kW
  - a) Kaskádové zapojení kotlů:  
Určeny pro výkon nad 50kW

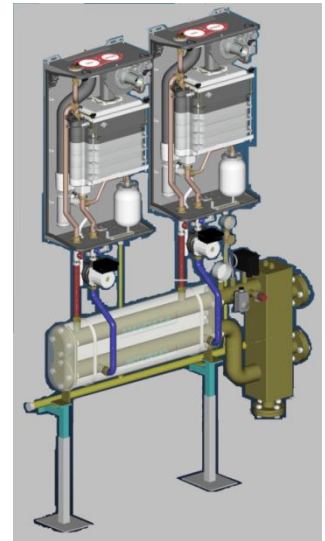
Obrázek 5 Kaskádovitá sestava s náhřevem zásobníku pouze dvěma kotli



Zdroj: <http://www.gruppoimar.it>

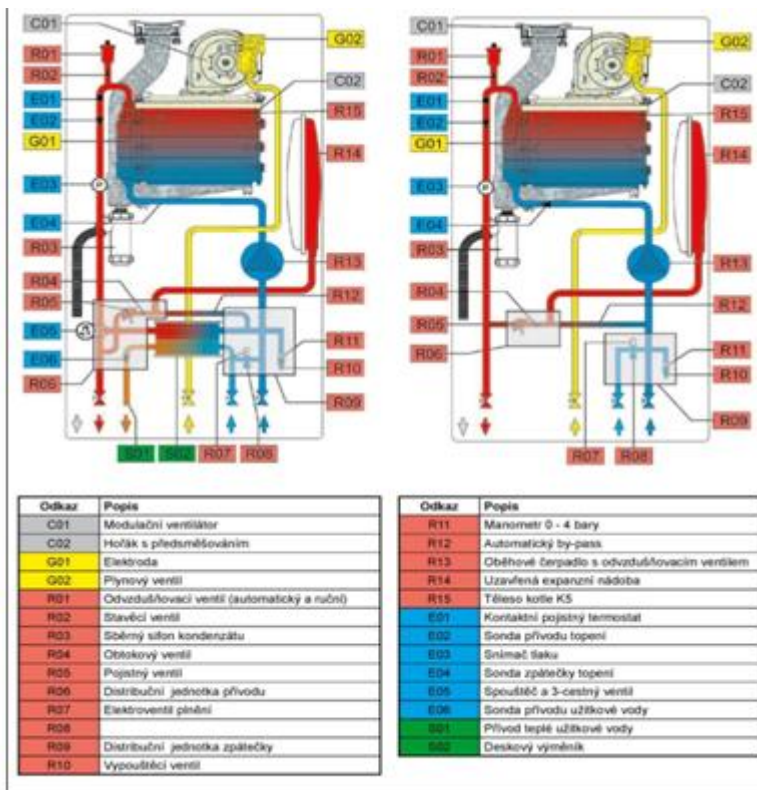
- Dle počtu teplovodních okruhů

Obrázek 6 Zapojení kaskády

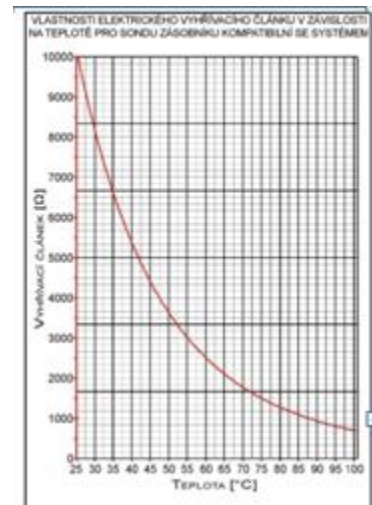


Zdroj: <http://www.gruppoimar.it>

Obrázek 7 Ohřev TV, bez ohřevu TV



Zdroj: <http://www.gruppoimar.it>



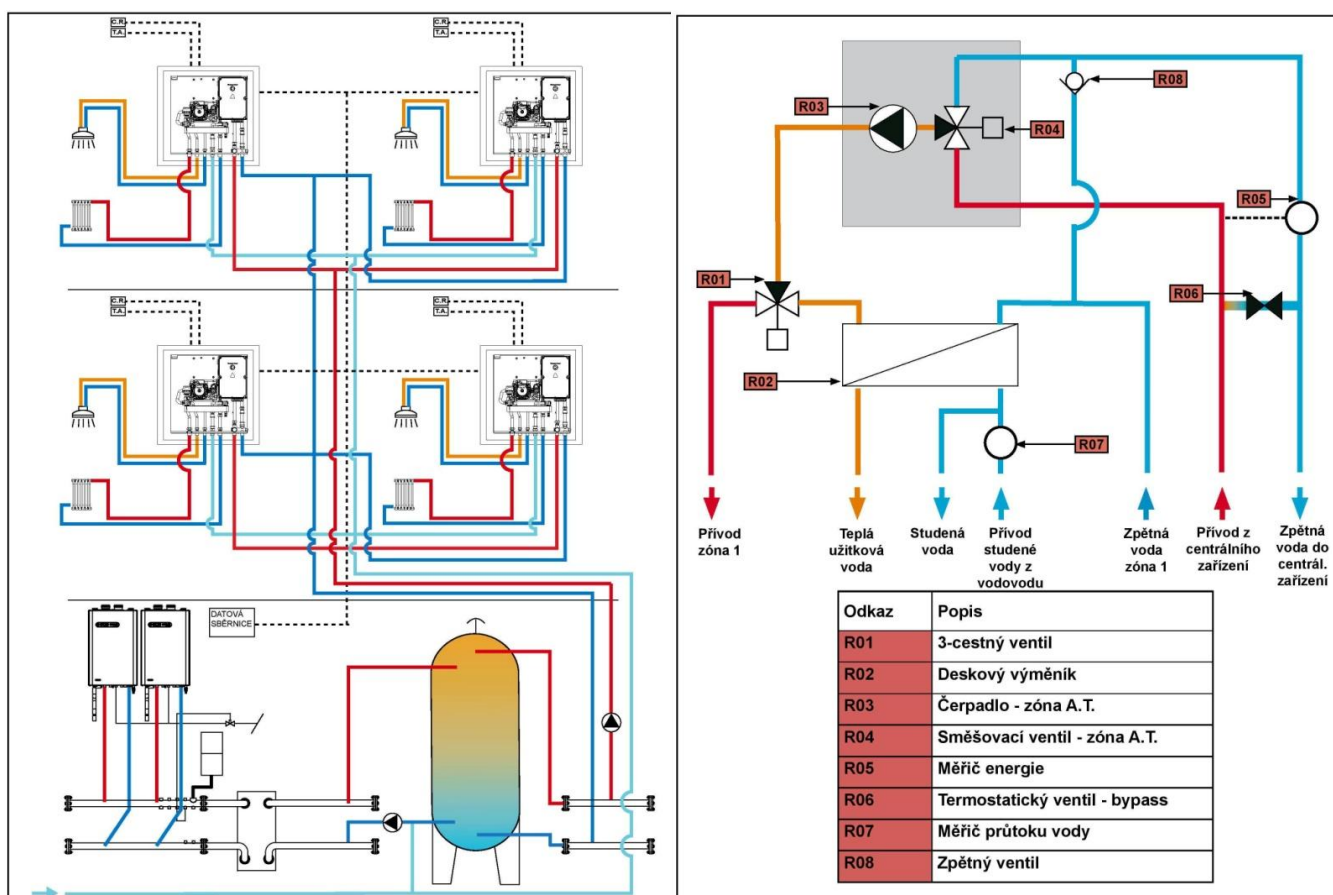
Odkaz	Popis
E01	Pohon a 3-cestný ventil
R01	Výstup topení
R02	Zpátečka topení
S01	Zásobník 130 litrů
S02	Pojistný ventil zásobníku
S03	Expanzní nádrž užitkové vody
S04	Vypouštěcí kohout zásobníku
S05	Sonda užitkové vody
S06	Anoda
S07	Zpátečka zásobníku
S08	Výstup studené užitkové vody
S09	Výstup teplé užitkové vody
S10	Výstup zásobníku

Při využití kondenzačních kotlů pro ohřev TV je respektovat jisté zásady:

- Nejdůležitější při volbě, zda využít deskový výměník nebo zásobník pro náhřev TV, je kvalita vody a potřebné množství jejího ohřevu.
- Deskový výměník není vhodný v oblastech, kde se nachází tvrdá voda s velkým množstvím chloru. Dochází k zanášení výměníku a následnému snížení účinnosti sdílením tepla. Čištění teplosměnných ploch se provádí chemicky.
- Zásobníkový ohřev se též zanáší. Však rozdílem je možnost pojmoutí většího množství nečistot, které lze mechanicky vyčistit a vodní kámen odebrat prostřednictvím vložené anody do zásobníku. Dále umožňuje ohřev při menším výkonu než deskový.

V případě, že uživatel využívá víceokruhové rozvody, které má svedeno do prostor, kde se nachází kotel (případně kotelna) a zařízení neobsahuje oddělené připojení okruhů (např. zvlášť podlahový a zvlášť radiátorový okruh), je možnost doplnit otopný systém. Modulem rozdělujícím okruhy, který komunikuje s řídicí jednotkou kotle.

Obrázek 8 Modul topného rozvodu s více okruhy



Zdroj: <http://www.gruppoimar.it>

Další výhodou víceokruhového ohřevu TV, je možnost připojit alternativní zdroje tepelné energie. Tak aby minimálně zasahovali do účinnosti kondenzačního kotle, vlivem ohřevu vratné vody. Jako příklad alternativních zdrojů lze uvést krby, kotle na biomasu, solární systémy, tepelná čerpadla, rekuperace a jiné výměňkové systémy.

#### **3.1.4 Regulace zdroje a jeho vliv na účinnost**

Elektronická regulace má velký vliv na provozní účinnost a bezpečnost provozu zařízení. Standardem je například piezoelektrické zapalování, nahrazující věčný plamínek.

##### **3.1.4.1 Bezpečnost**

Elektronická deska zpracovává veškeré informace ze všech senzorů a čidel, na základě kterých případně odpojí od otopné soustavy celé zařízení, nebo omezí jeho provoz.

Základní pojistkou je elektromagnetický uzávěr plynového potrubí, který je v případě nedetekování plamene (do 4s na ionizačním čidle hořáku) uzavřen. Dalším bezpečnostním prvkem je havarijní termostat hlídající kritickou teplotu zařízení cca 95°C (bod varu). Následujícím bezpečnostním prvkem je elektronický tlakoměr dohlížející na minimální hodnotu tlaku (0,6 -0,8 bar), z důvodu ochrany před zavzdušněním výměníku (spal. komory), které by vedlo k poškození vlivem spalovacího procesu. Poslední jsou veškerá teplotní čidla (např. umístěné na vstupu a výstupu TV), plnicí funkci regulační a případně pomocnou bezpečnostní. Nadstandardní výbavou jsou elektronické uzávěry veškerých médií a elektrické energie, společně s detektory plyných a kapalných látek.

Jedinými bezpečnostními prvky, nezávislé na elektronické desce jsou: Pojistné ventily, odvzdušňovací automaty, tavné pojistky, uzemnění zařízení, konstrukční prvky upravující případný únik TV nebo plynu (nadstandardní výbava).

##### **3.1.4.2 Regulace výkonu pomocí integrované řídicí desky**

Jedná se o možnost regulace výkonu kotle, prostřednictvím regulace otáček ventilátoru (směšovacího zařízení), na základě informace získané od teplotních čidel, ekvitermní regulace, termostatu, průtokoměru, nebo dalších zařízení vyžadující regulaci výkonu.

##### **3.1.4.3 Dozor nad účinností kondenzačního kotle integrovanou řídicí deskou.**

Tuto činnost nenabízí veškeré typy kondenzačních kotlů. Jedná se o elektronickou regulaci otáček cirkulačního čerpadla na základě procesorového zpracování informace, od

teplotního čidla umístěného na vratné větvi otopné soustavy. Důvodem je udržení teploty vratné větvi otopné soustavy pod teplotou rosného bodu spalin. Čímž je zaručena kondenzace, která nám umožní získat část kondenzačního tepla obsaženého ve vodní páře. Další však méně známou nadstandardní možností elektronické řídicí desky je regulace přívodu vzduchu, za pomoci měřicího čidla přebytku vzduchu.

#### **3.1.4.4 Přídavné řídicí desky**

Jednou z možností je elektronické ovládání více okruhového ohřevu, kde se jedná o ovládání sestavy čerpadel s třicestnými (čtyřcestnými) armaturami. Tyto přídavné řídicí desky jsou většinou propojeny s integrovanou řídicí deskou, za účelem koordinace cyklů ohřevu jednotlivých okruhů. Druhou možností jsou ekvitermní regulace, které jsou nadřazeny prostorovému termostatu. Ekvitermní regulace využívá vnitřních a venkovních teplotních čidel, za účelem dosažení vnitřní požadované teploty. Oproti termostatu reguluje výkon a výstupní teplotu kotle, dle teplotních křivek, za účelem snížení spotřeby energie. Více o ekvitermní regulaci v kapitole analýza stanovení provozní účinnosti. Třetí možností přídavných řídicích desek jsou GSM (globální systém pro mobilní komunikaci) moduly, různé typy termostatů a veškeré požadované systémy zákazníkem.

### **3.2 Typy otopných soustav**

Otopnou soustavu definujeme jako soustavu zařízení, určenou pouze pro vytápění, obsahující zdroj tepla, potrubní síť, otopná tělesa, armatury, apod. V tepelných soustavách nesmí být žádné zařízení umožňující zvyšování teploty vratné vody (čtyřcestný ventil, klapka)

#### **3.2.1 Základní rozdělení**

Podle teplotnosné látky:

- a) parní soustavy (nevhodné v kombinaci s kondenzačním kotlem z důvodu rozlišných pracovních teplot ...)
- b) vodní soustavy
- c) teplovzdušné soustavy

Podle teploty:

- a) nízkoteplotní ( do 65 °C )
- b) teplovodní ( do 110 °C )
- c) horkovodní ( nad 110 °C )

Podle prostorového uspořádání:

- a) vzájemné uspořádání -jednotrubkové, dvoutrubkové



- b) vedení přípojek -vertikální, horizontální, hvězdicová
- c) umístění ležatého rozvodu -spodní, horní, kombinované

Podle expanzní nádoby:

- a) otevřená (nutnost udržování nízkého tlaku vody)
- b) zavřená (díky vyššímu tlaku větší možnost regulace)

Podle oběhu otopné vody:

- a) přirozený (bez čerpadla, bezpečnější provoz, spíše do menších objektů)
- b) nucený (s čerpadlem, regulace průtoku)

Podle materiálu:

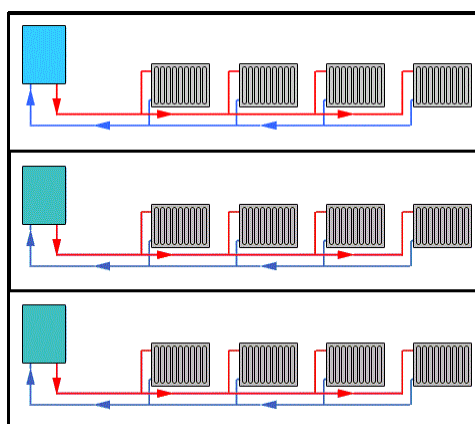
- a) kovy (ocel, měď)
- b) plast
- c) vícevrstvé (kov + plast)

### 3.2.2 Druhy otopných soustav (dále OS)

**OS Lokální:** vytápění jedné místnosti jedním topidlem - obvykle přímotopem bez rozvodů tepla a otopných těles (nevhodný způsob pro kondenzační kotle)

**OS Etážové:** pro jednotlivé bytové jednotky

Obrázek 9 Ústřední vytápění v třípodlažním bytovém domě



Zdroj: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapeni.php>

Výhody etážového vytápění:

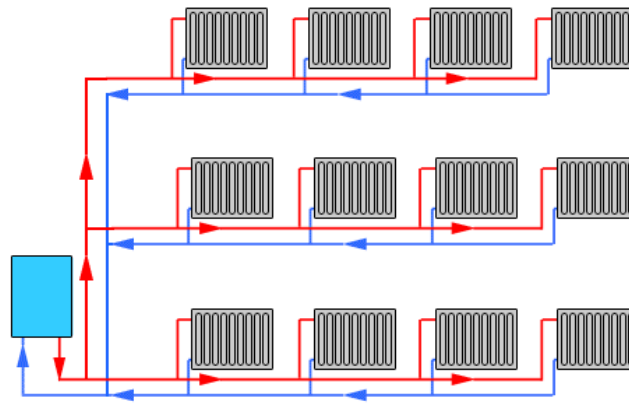
- menší tepelné ztráty – kratší vzdálenost mezi topidlem a radiátory, ztrácí se méně tepla
- snadná regulace tepla – teplota se reguluje automaticky, topidlo nevyrábí více tepla, než je nutné
- na jedno topidlo připadá jeden spotřebitel – řeší se tímto problémy s rozpočítáváním nákladů na více vytápěných bytů
- spotřebitel si teplotu udává sám – není závislý na dodavateli tepla

Nevýhody etážového vytápění:

- instalaci a údržbu topidla si spotřebitel musí hradit sám
- požadavky na nízký výkon a malý topný okruh

### OS Ústřední: pro celý objekt

Obrázek 10 Ústřední vytápění v třípodlažním bytovém domě



Zdroj: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapeni.php>

### Výhody ústředního vytápění

- servis a údržba topidel neobtěžují obyvatele - probíhá v samostatné místnosti (kotelny)
- vyšší komfort bydlení - topidlo je umístěno mimo užívané místnosti a neomezuje svým provozem domácnost

### Nevýhody ústředního vytápění

- složité opravy otopných těles – při poruše nebo zavzdušnění nemusí být dostatečný přístup ke všem tělesům
- při poruše nebezpečí odstavení více bytových jednotek – nutnost přerušení dodávek tepla do okruhu na několik hodin i déle
- více lidí se účastní provozu – mohou se vyskytnout problémy s plýtváním tepla, s rozpočítáváním nákladů a vymáháním poplatků za vytápění

### Integrované systémy Enplan:

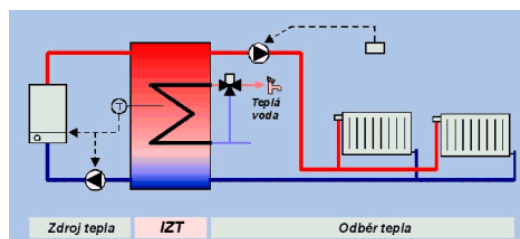
„Systémy ENPLAN s Integrovanými Zásobníky Tepla vytváří ideální modulární stavebnicový systém pro širokou škálu využití od individuálních aplikací (Systém SOLO), přes jednoduché skupinové systémy s několika zásobníky (Systém DUO) až po komplexní skupinové systémy s dálkovým odečtem spotřebované tepelné energie a automatickým

rozúčtováním nákladů (Systém MULTI). Všechny systémy zachovávají výhody konceptu integrované akumulace tepla.“<sup>2</sup>

Uspořádání umožňuje:

- dimenzovat zdroj na tepelnou ztrátu pláštěm bytu (špičkové odběry kryty zásobníkem)
- snížit opětovné zapalování (cyklování) řádově na jednu desetinu, tepelné zdroje jsou využívány v režimu jejich optimálního provozu
- účinnost zdroje není ovlivněna profilem odběru, účinné krytí malých a měnících se tepelných ztrát je zajištěno
- rychlý zátop, díky přítomnosti akumulované tepelné energie otopná soustava dosáhne plného výkonu ve velmi krátké době (~ 1 minuta). Při přerušovaném provozu toto představuje 6% úspory na ročních nákladech na palivo.
- teplá užitková voda je k dispozici okamžitě a nedochází k její akumulaci
- nehrozí nebezpečí legionelly, voda ve výměníku je udržována nad teplotou potřebnou k zamezení množení bakterií legionelly

Obrázek 11 Schéma integrovaného systému Enplan



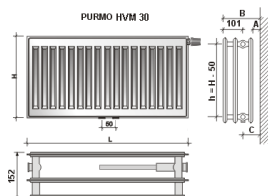
Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2227-integrace-vytapeni-a-ohrevu-tuv-v-nizkoenergetickych-bytovych-domech>

### 3.2.2.1 Nejpoužívanější technologie předávání tepla

**Otopná tělesa:**

Vyznačují se sáláním mezi otopnou plochou a prostorem, regulace pomocí termostatické hlavičky.

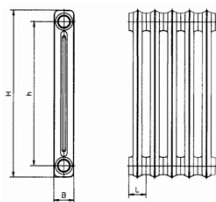
Obrázek 12 Příklad deskového radiátoru



Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/3064-otopne-plochy-ii-druhy-otopnych-teles>

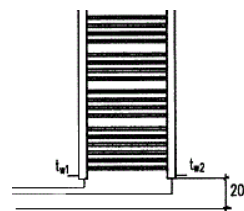
<sup>2</sup> ENPLAN. [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: [http://www.enplan.cz/Czech/enplan\\_system.htm](http://www.enplan.cz/Czech/enplan_system.htm)

Obrázek 14 Příklad  
trubkového radiátoru



Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/1722-koupelnova-otopna-telesa-a-zmena-vykonu>

Obrázek 13 Příklad článkového  
radiátoru



Zdroj: <http://www.purmo.com/cz/produkty/otopna-deskova-telesa/purmo-ventil-hygiene-m.htm#technicka-data>

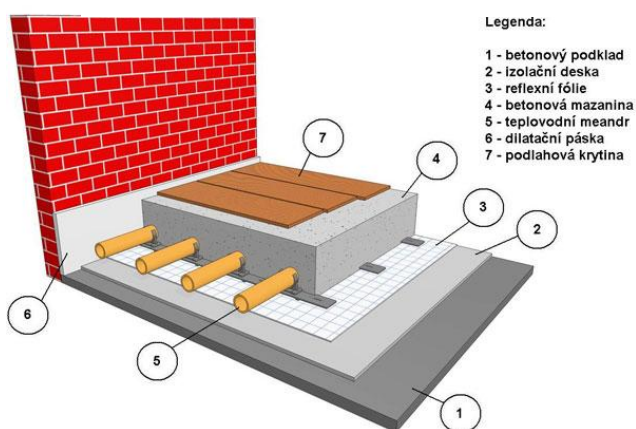
Výhody:

- umožňují cirkulaci vody o vyšších teplotách – rychlejší ohřátí prostoru místnosti
- snadná regulace výkonu otopných těles termoregulační hlavicí
- jednoduchý systém instalace – rozvody a zapojení

### Podlahové topení:

Je to systém trubek v podlaze předávající přímým přestupem teplo do podlahy a následně sáláním do prostoru.

Obrázek 15 Skladba podlahového topení



Zdroj: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapeni.php>

Výhody:

- velmi dobré rozložení teploty vzduchu - tělo a hlava je v chladu, zatímco sálání tepla z podlahy nám prohřívá zbytek těla.
- nízká teplota topné vody – vede k úsporám za vytápění
- můžeme tímto způsobem vytápět jakkoli velkou plochu
- malá spotřeba paliva – sálání tepla z podlahy nám umožňuje snížit teplotu interiérového vzduchu a díky tomu snížit výkon topidla a spotřebu paliva.
- nezabírají prostor, který je určený k bydlení
- možnost kombinace s konvenčními způsoby vytápění

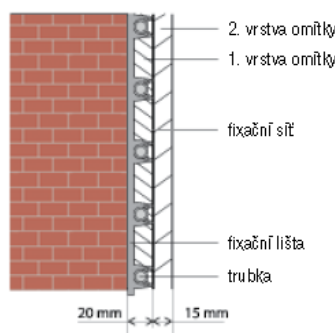
## Stěnové topení:

Pracuje obdobně jako podlahové topení, ale ve stěnách, k přenosu tepla do místností dochází sáláním.

Výhody:

- nízká teplota topné vody a tudíž úspora paliva
- prevence tvorby plísní
- odstínění od elektromagnetického záření – měděné trubky vytvářejí Faradayovu klec
- topení je možné začít používat ihned po dokončení hrubé stavby a dostavět dům v zimním období
- pocit tepla ze všech stran
- možnost vnitřních izolací staveb- výhoda při rekonstrukci historických objektů
- snížení prašnosti
- akumulace tepla hmotou zdiva

Obrázek 16 Skladba stěnového topení



Zdroj: <http://dodavatele.epoptavka.cz/33107-pedotherm-moravia-spol-s-r-o/nabidka/81959-stenove-vytapeni-system-n12>

### 3.2.3 Úpravy otopné vody

V první řadě bychom se měli vyhnout kombinaci topného systému obsahující různé použité materiály, např. měděné potrubí, hliníkové radiátory, ocelový kotel. Takový systém v praktickém životě nelze proti různým typům koroze ochránit.

Častou příčinou problému v topném systému jsou nečistoty (sedimentovaný kal, částičky koroze, zbytky maziv, atd). Pro minimalizaci šance na výskyt takovýchto potíží je vhodné celý systém potrubí propláchnout vodou s vhodným nepěnicím odmašťovacím prostředkem ještě před samotným spuštěním, aby se vyplavily možné nečistoty vzniklé při samotné manipulaci a montáži, což také nařizuje Norma ČSN 06 0310<sup>3</sup> o projektování a

<sup>3</sup> ČSN 06 0310. *Teplné soustavy v budovách - Projektování a montáž* Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-06-0310-2014-08>.

montáži ústředního vytápění dle článku 132. Dále se doporučuje používat méně tvrdou vodu případně využít některý ze systémů změkčování a úpravy oběhové vody.

Výše pH různých materiálů dle Ing. Gulyáse<sup>4</sup>:

Koroze oceli:

- při pH nad 8,5 vyhovující
- při pH nad 10 je zanedbatelná

Koroze mědi:

- při pH nad 10 je značná
- při pH při 8,5 až 9 přiměřená

Koroze hliníku:

- při pH nad 7,5 je značná
- při pH 6,5 až 7,5 je přijatelná

Na trhu lze nalézt mnoho různých výrobců chemikálií i poskytovatelů služeb zaměřujících se právě na čištění a údržbu otopných systémů. Jedním z nich je systém filtru Sentinel.

„Filtr Sentinel ELIMINATOR je určen pro instalaci do potrubí topného systému. Velmi účinně odstraňuje magnetické i nemagnetické nečistoty a kaly. Nesnižuje průtok topné vody soustavou. Snadno se čistí.“<sup>5</sup>

Obrázek 17 Filtr Sentinel EMIMINATOR



Zdroj:  
<http://www.vipsgas.cz/uprava-otopne-vody/546-sentinel-eliminator>

Použití dalších přípravků a jejich účinnost:

- Výrazně redukuje korozi a zabraňuje vzniku úsad. (Sentinel X100)
- Určené pro odstranění hlučnosti kotlů v teplovodních systémech, která je způsobena kotelním kamenem. Výrazně pomáhá obnovit původní účinnost celé otopné soustavy. (Sentinel X200)
- K odstranění usazenin a zbytků nečistot po montáži z nových topných systémů. Odstraňují ze soustavy maziva, tuky, oleje a kaly. (Sentinel X300)
- Účinně odstraňují kaly a nečistoty ze stávajících topných systémů. Jsou ideální před instalací nového kotle na starší topný systém. Čištění se provádí za provozu bez rizika pro kotel. (Sentinel X400)
- Inhibované nemrznoucí směsi pro teplovodní systémy. Ochránějí otopné soustavy před nebezpečím poškození mrazem. Dávkuje se dle požadovaného bodu tuhnutí. (Sentinel X500)
- Určené pro aplikaci do podlahových systémů. Obsahují stabilizovaný biocidní roztok, který v systémech podlahového vytápění odstraňuje problémy způsobené bakteriemi a plísněmi. (Sentinel X700)

<sup>4</sup> GULYÁS, Ing. Josef. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1011-zasady-pro-uvedeni-do-provozu-a-provozovani-malych-teplovodnich-topnych-soustav>

<sup>5</sup> Vipsgas. [online]. [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.vipsgas.cz/uprava-otopne-vody/546-sentinel-eliminator>

- Pro vysoce účinné čisticí problematických usazenin na bázi vápníku a oxidů železa z topných soustav, radiátorů a tepelných výměníků. (Sentinel X800)

### 3.2.4 Faktory ovlivňující tepelnou pohodu s ohledem na provozní účinnost kondenzačního kotle

Tepelnou pohodou rozumíme pocit, který člověk vnímá při pobytu v místnosti. Jelikož lidské tělo při zatížení produkuje teplo, je nutné zajistit dostatečnou regulaci teploty v místnostech.

**Faktory ovlivňující tepelnou pohodu dělíme na dva druhy:**

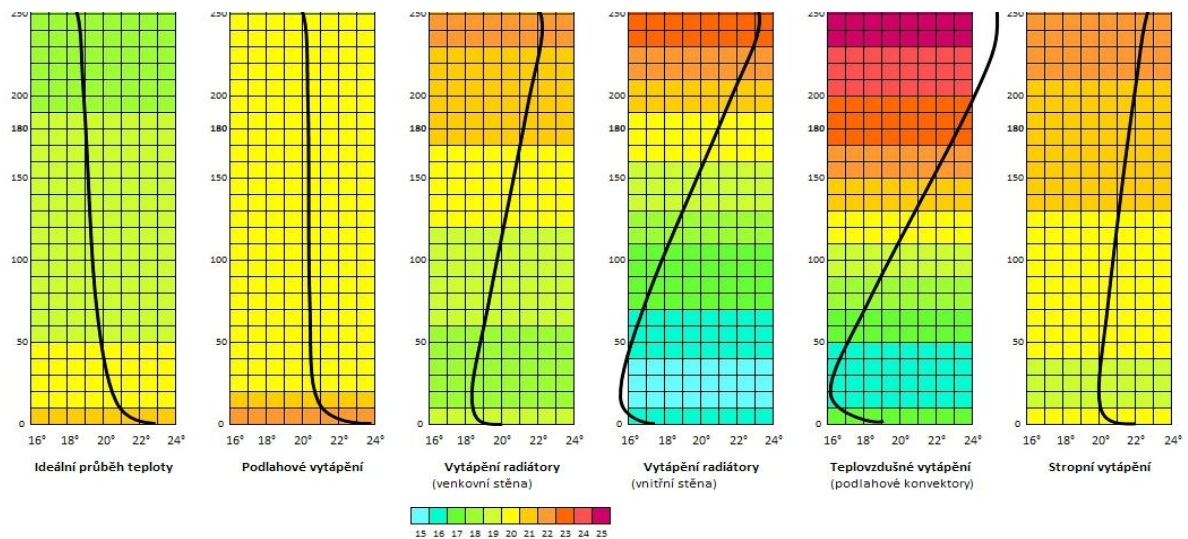
Objektivní

- teplota vzduchu
- rychlost proudění vzduchu
- vlhkost vzduchu

Subjektivní

- Tělesný stav (množství tělesného tuku)
- Schopnost aklimatizace
- Věk
- Druh činnosti (práce, zábava, odpočinek...)

Obrázek 18 Grafické rozložení tepla



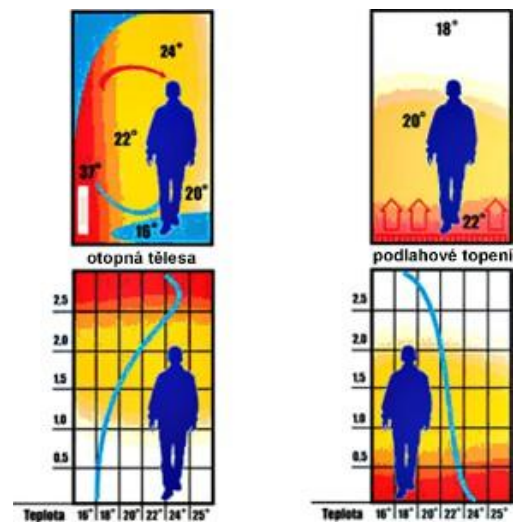
Zdroj: <http://www.123energo.cz/podlahove-vytapeni/>

Zobrázků č. 18 a 19 je zřejmé rozložení tepla jednotlivých způsobů vytápění a jeho vnímání člověkem.

Pro docílení co nejideálnějších podmínek tělesné pohody v objektu za použití kondenzačního kotle se navrhuje využití více okruhového systému vytápění, což je paralelní rozvod ústředního vytápění s možností rozdílných teplot jednotlivých okruhů.

- Umístěním radiátorů v obslužných a technických místnostech (chodby, dílny...), ideálně na obvodových stěnách pod okny, v těchto prostorách je žádoucí možnost rychlé regulace teploty, přestože tímto způsobem nelze dosáhnout ideální teplotní křivky.
- Využitím podlahového a stěnového topení v obytných prostorách (obývací, ložnice, kuchyň, koupelna, atd.)

Obrázek 19 Rozložení tepla



Zdroj:

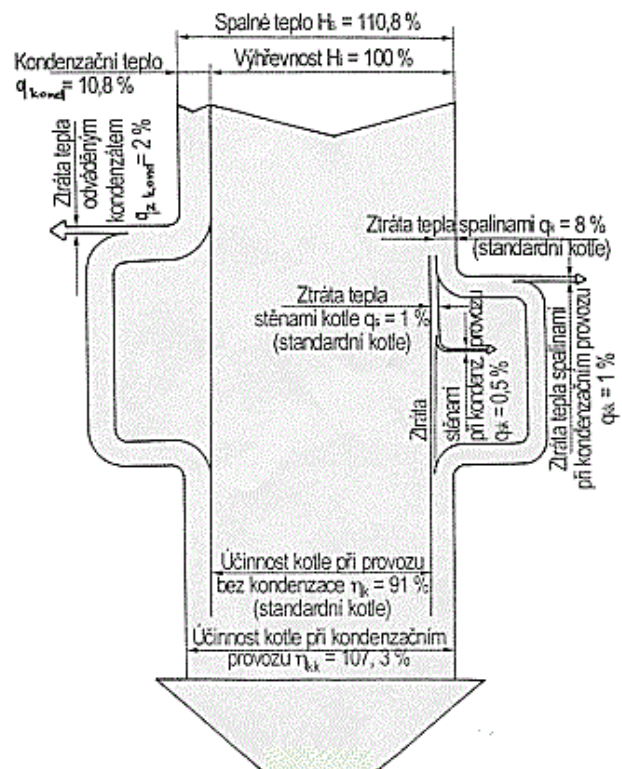
<http://www.rychlovka.estranky.cz/clanky/topenar/podlahove-topeni/>

### 3.3 Analýza stanovení provozní účinnosti

Účinnost kotle je velmi důležitá pro zjištění hospodárnosti kotle a jeho technického řešení.

Ze Sankeyova diagramu viz graf č. 1 je zřejmé, jaké ztráty vznikají při spalování zemního plynu a jejich teoretická výše. Spalováním přivedeného plynu získáme výhřevnost, která je navýšena o kondenzační teplo (latentní teplo) obsažené ve vodní páře přivedeného vzduchu. Ztráty jsou rozděleny na dvě části. Levá část

Graf 1 Sankeyov diagram toku energií v kondenzačním kotli



Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2127-tepelne-technicke-parametry-plynovych-spotrebicu-ii>



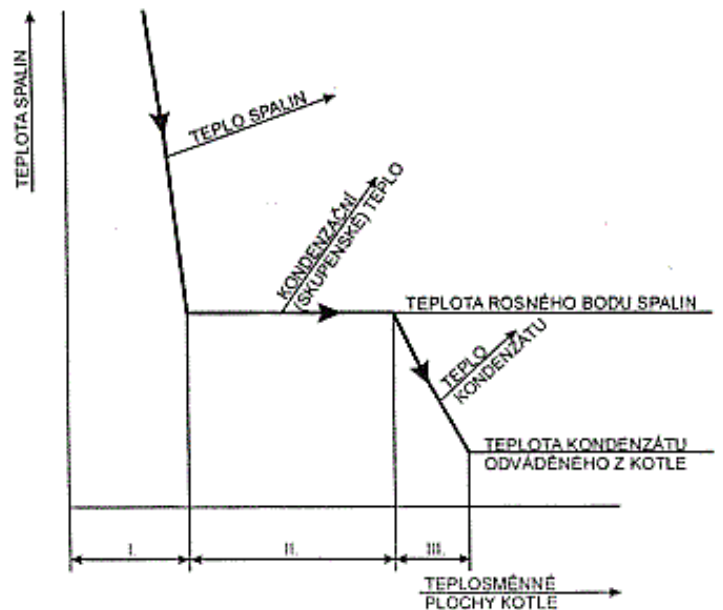
analyzuje ztráty kondenzační (latentní).

Pravá část analyzuje ztráty spalinami (komínové) a ztráty prostupem stěnami kotle (sáláním).

Pro jednodušší představu je uveden graf, vyobrazující teplotní poklesy spalin při spalování.

Rozděluje tyto teplotní poklesy do tří fází, viz graf č. 2. V první fázi dochází k předání tepla spalin kapalině na základě výhřevnosti plynu. V druhé fázi se nacházíme na teplotě rosného bodu spalin a dochází k jejich změně skupenství z plynného na kapalné (kondenzaci). V třetí fázi kondenzát předává část svého tepla otopné vodě.

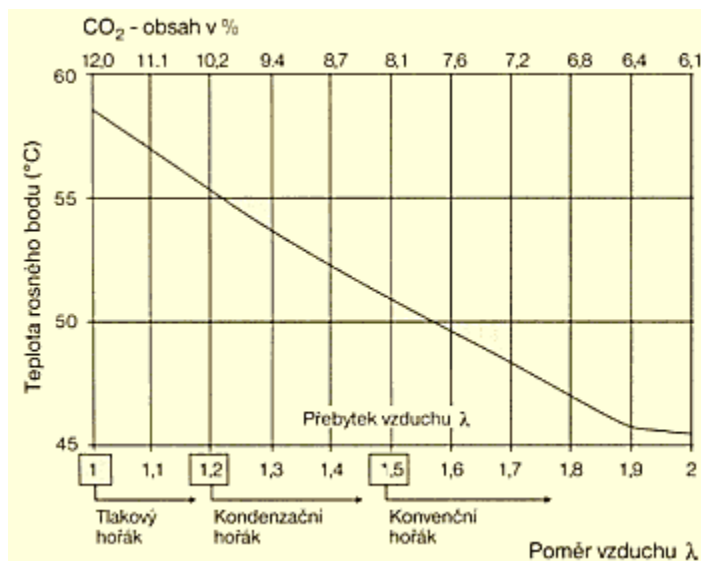
Graf 2 Znárodnění poklesu teplot spalin a kondenzace vodní páry v kondenzačním kotli



Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2127-tepelne-technicke-parametry-plynovych-spotrebicu-ii>

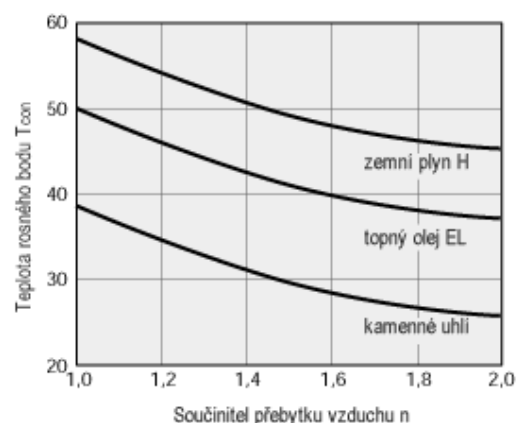
Pro názornost je možné uvést jevy ovlivňující účinnost kondenzačního kotle.

Graf 4 Závislost přebytku vzduchu na teplotě rosného bodu



Zdroj: <http://www.schiedel.cz/cz/teplotni-pomery>

Graf 3 Závislost rosného bodu na druhu paliva



Zdroj: <http://www.schiedel.cz/cz/teplotni-pomery>

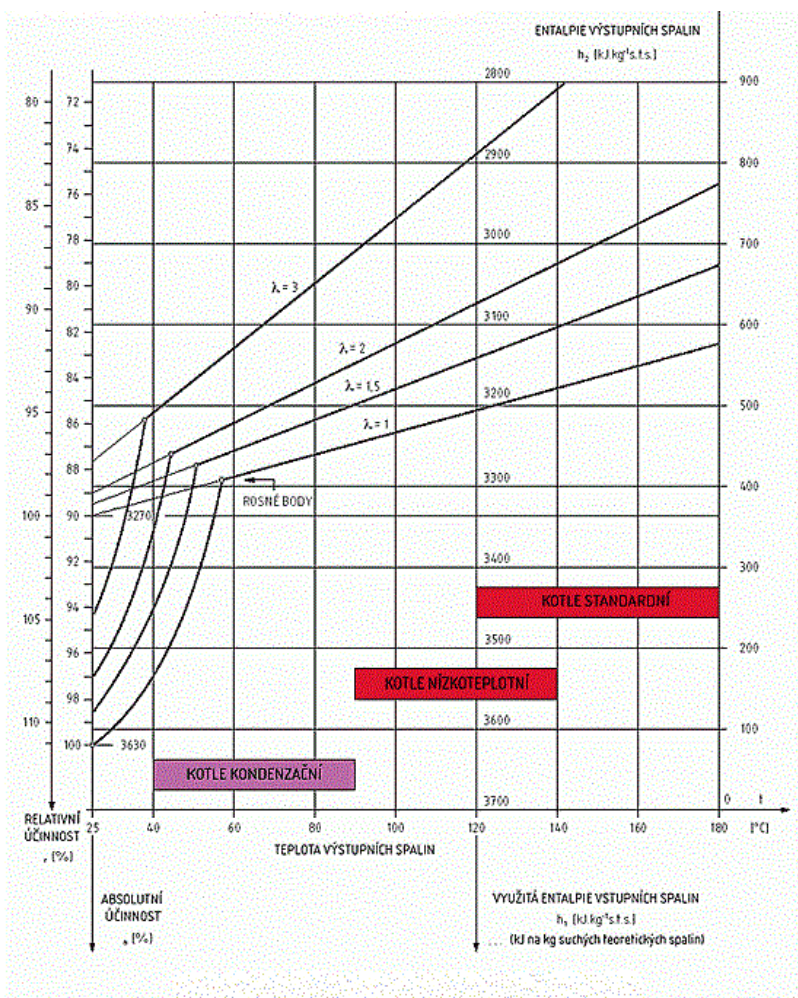
Na grafu č. 3 je graficky znázorněna závislost teploty rosného bodu spalín na přebytku vzduchu ( $\lambda$ ), kde hodnota  $\lambda = 1$  odpovídá potřebnému množství vzduchu pro ideální spalování bez přebytku vzduchu. Navýšení přebytku vzduchu snižuje teplotu rosného bodu spalín (snížení množství odebíraného latentního tepla vodních par). V případě snížení přebytku vzduchu pod hodnotu jedna, dojde k nedokonalému spalování zemního plynu. Čímž dochází k snížení účinnosti kotle a tvorbě CO.

Graf č. 4 znázorňuje teoretickou hodnotu rosného bodu spalín, v závislosti na typu paliva a přebytku vzduchu. Zemní plyn vykazuje nejvyšší hodnotu teploty rosného bodu, čímž se z něho stává nejvhodnější palivo pro kondenzační kotle.

Předání latentního tepla výměníku je ovlivněno:

- teplotou rosného bodu
- teplotou vratné vody z otopné soustavy
- součinitelem přebytku vzduchu
- součinitelem prostupu tepla výměníkem
- parametry spalovacího vzduchu

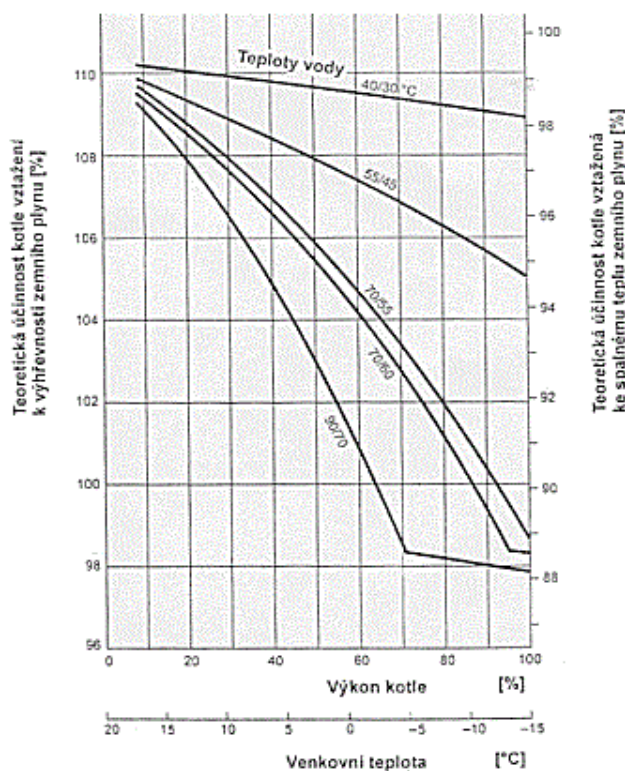
Graf 5 Entalpický diagram spalín metanu



Zdroj: <http://www.kotol-kotly.sk/clanky-o-kondenzacnych-kotloch/>

Z grafu č. 5 entalpického diagramu zemního plynu, lze stanovit účinnost spalování zemního plynu a účinnosti plynového kotle. Postačí hodnota teploty spalin (komínová ztráta) a součinitel přebytku vzduchu, které vložíme do entalpického diagramu a odečte okamžité účinnosti kotle. Kondenzační kotle mají zanedbatelnou ztrátu tepla sdílením do okolí při provozu.

Graf 6 Vliv vratné vody na účinnost kondenzačního kotle



Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2127-tepelne-technicke-parametry-plynovych-spotrebicu-ii>

Na grafu č. 6 je znázorněno ovlivnění provozní účinnosti vlivem teploty vratné vody bez přebytku vzduchu. Odtud je zřejmé, že nízkoteplotní otopné soustavy jsou nejvhodnějším otopným systémem, který nám zaručuje teplotu pod hodnotu rosného bodu.

#### Snížení vlivu venkovních klimatických podmínek na provozní účinnost:

Snížit vliv lze snížením tepelné propustnosti objektu do venkovního prostředí a pořízením ekvitermní regulace.

#### Ekvitermní regulace:

Tato regulace umožňuje na rozdíl od prostorového termostatu regulaci výkonu a teploty výstupní topné vody z kotle. Na základě venkovní teploty a křivky tepelných ztrát objektu, vypočítává teplotu topné vody tak, aby docílil konstantní nastavené teploty

v objektu. Díky ekvitermní regulaci dochází k menšímu počtu zapalovacích cyklů kotle, čímž dojde k ponížení ztrát vzniklých navýšeným výkonem a zároveň napomáhá k snížení teploty vratné vody z otopné soustavy. Programování se provádí prostřednictvím nastavování ekvitermní křivky.

### **3.3.1 Problematika stanovení provozní účinnosti v ČR a zahraničí**

Provozní účinnost kotlů je stanovena příslušnými normami, které uvádí způsoby výpočtů.

Tyto normy v ČR jsou převzaty z norem pro EU a definují způsob výpočtů pro veškeré členské státy unie. Postup stanovení účinnosti u kotlů, je podrobně uveden v příslušných normách ČSN 070305, ČSN EN 12952, ČSN EN 12953 a ČSN EN 303.

Jedinými rozdíly parametrů ovlivňující výsledek provozní účinnosti kondenzačního kotle, mohou být rozdíly, v klimatických podmínkách jednotlivých států a energetických náročnostech objektů. Zejména se jedná o hodnoty, složení a vlhkosti ovzduší, rozdílů ve výskytu venkovních teplot a většího množství nízkoenergetických objektů v cizině.

### **3.3.2 Kvalita zemního plynu v ČR a zahraničí**

Zemní plyn v ČR je pravidelně v měsíčních intervalech odebírám na 13 místech distribuční sítě, k rozborům kvality plynu. Měří množství metanu, etanu, propanu, isobutanu, n-butanu, C<sub>6+</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, celkové množství síry, hutnosti, hustoty a rosného bodu. Aby bylo dodržené požadované složení, dle předepsaných norem ministerstva. Tato norma ČSN EN ISO 13686 o jakosti zemního plynu je přebrána z norem EU, kterou se řídí veškeré členské státy.

### **3.3.3 Návrhy a dimenzování otopných soustav**

Normy ČSN EN 12828+A1 a ČSN EN 1264-3 se zabývají návrhy a dimenzováním otopných soustav.

## **4 Vyhodnocení současného stavu**

Nejlepších provozních výsledků účinnosti kondenzačního kotle dosáhneme dodržením následujících zásad.

Základní:

- Kondenzační kotel s ohřevem TV a regulací od nízkého výkonu.

- Vícekruhové vytápění s nízkoteplotní soustavou.
- Regulací cirkulačního čerpadla na základě teploty vratní vody.
- Ekvitermní regulací.
- Nasáváním predehřátého vzduchu (např.: Dvouplášťový komín)

Podružné:

- Správné seřízení plynové a vzduchové armatury, za účelem nejnižšího přebytku vzduchu.
- Čistoty otopné vody.
- Vhodného seřízení škrtkících ventilů otopné soustavy.
- Eliminace přepouštěcích ventilů a prvků ovlivňující navýšení teploty vratné vody (např.: Termostatické hlavice)

V ideálním (laboratorním) stavu při výpočtu ze spalného tepla, jsme schopni získat maximální provozní účinnost 97,5% a zbylých 2,5 % pokrývá ztráty, které nejsme schopni zpracovat.

## 5 Metodika měření provozní účinnosti

Postup stanovení účinnosti u kotlů, je podrobně uveden v příslušných normách ČSN 070305, ČSN EN 12952, ČSN EN 12953 a ČSN EN 303. Existují dva druhy výpočtů, jak uvádí Prof. Ing. Pavel Noskievič, CSc<sup>6</sup>.

### a) přímá metoda (ze vztahu výkon/příkon), zdánlivě jednodušší než nepřímá metodou

Rovnice účinnosti:

$$\eta = \frac{\text{výkon}}{\text{příkon}} = \frac{P_v}{P_p} \quad (-) \quad 5.1$$

Rovnice příkonu:

$$P_p = m_{\text{pal}} * Q_i^r \quad (\text{kW}) \quad 5.2$$

Rovnice výkonu:

$$P_v = m_v * c_v * \Delta t \quad (\text{kW}) \quad 5.3$$

V případě kondenzačního kotle je vhodné vyjádření tepelného obsahu páry entalpií.

$$P_v = m_p * \Delta i \quad (\text{kW}) \quad 5.4$$

Hodnoty pro stanovení výkonu kotle jsou obtížně měřitelné.

### b) nepřímá metoda relativním způsobem (ze vztahu příkon= výkon + ztráty)

<sup>6</sup> Účinnost spalovacích zařízení. *Výzkumné energetické centrum* [online]. [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://vec.vsb.cz/userfiles/pdf/studijni-materialy/ucinnost.pdf>

Výchozí rovnice příkonu:

$$P_p = P_v - P_k + \sum_1^i Z_i \text{ (kW)} \quad 5.5$$

Vyjádření rovnice účinnosti:

$$\eta = \frac{P_v}{P_p} = \frac{P_p - \sum_1^i Z_i}{P_p} = 1 - \frac{\sum_1^i Z_i}{P_p} \text{ (-)} \quad 5.6$$

Rovnice komínových ztrát:

$$Q_{sp} = V_{sp} * c_{sp} * t_{sp} \text{ (J)} \quad 5.7$$

Upravená rovnice komínových ztrát **pro 1kg paliva**:

$$\xi_k = \frac{V_{sp,sk} * C_{sp} * (t_{sp} - t_{vz})}{Q_i^r} \text{ (-)} \quad 5.8$$

Rovnice ztráty nedopalkem je zanedbatelná:

$$\xi_{NPI} = \frac{V_{sp,sk} * C_{co} * Q_{co}}{Q_i^r} \text{ (-)} \quad 5.9$$

Ztráty sdílením tepla do okolí nelze jednoduše určit. Lze použít zkušenosti a dlouhodobé poznatky ( $\xi_o$ )

Rovnice množství spalin:

$$V_{sp,sk} = V_{sp,t} + (n - 1)V_{vz,t}, \quad (\text{m}^3 * \text{kg}^{-1}) \quad 5.10$$

Rovnice kondenzačního výkonu:

$$P_k = m_k * \Delta t_k \quad 5.11$$

Měření provádíme použitím analyzátoru spalin. V našem případě zařízením Testo 327-1, které je vybaveno dvěma teplotními senzory a bioelektrickými senzory O<sub>2</sub>, CO. Ostatní hodnoty vyobrazené na displeji jsou automaticky přepočteny procesorovou jednotkou zařízení dle uvedených vzorců, čerpaných z návodu k obsluze analyzátoru spalin Testo.

Oxid uhličitý:

$$CO_2 = CO_{2max} * \frac{(21\% - O_2)}{21\%} \quad 5.12$$

Komínová ztráta:

$$q_{A+} = \left( (t_{sp} - t_{vz}) * \left( \frac{A_2}{21\% - O_2} + B \right) \right) - k_k \quad 5.13$$

Účinnost:

$$h+ = 100 - qA^+ \quad 5.14$$

Přebytek vzduchu:

$$\lambda = \frac{CO_{2max}}{CO_2} \quad 5.15$$

Oxid uhelnatý neředěný:

$$uCO = CO * \lambda \quad 5.16$$

Rosný bod spalin:

$$ATP = \frac{\ln\left(\frac{FH20 * PAbs}{610,78}\right) * 234,175}{\ln\left(\frac{FH20 * PAbs}{610,78}\right) - 17,08085} \quad 5.17$$

Přepočítání z ppm na mg\*m<sup>-3</sup>:

$$CO_{(mg/m^3)} = (21\% - O_{2vzt}) / (21\% - O_2) * CO_{(ppm)} * 1,25$$

$$CO_{\left(\frac{mg}{m^3}\right)} = \frac{21\% - O_{2vzt}}{21\% - O_2} * CO_{ppm} * 1,25 \quad 5.18$$

Tabulka 1 Konstanty paliv

Palivo	A2	B	CO <sub>2max</sub>	O <sub>2</sub> vztažné
Topný olej	0,680	0,007	15,4%	3%
Zemní plyn	0,660	0,009	11,8%	3%
LPG	0,630	0,008	13,7%	3%
Městský plyn	0,630	0,011	13,6%	3%
Koksárenský plyn	0,600	0,011	10,3%	3%
Dřevo	0,765	0,000	20,3%	13%
Pelety	0,765	0,000	20,3%	13%
Zkušební plyn	0,000	0,000	0,00%	0%

Tabulka 2 Konstanty paliv

## 5.1 Měřicí přístroje

Obrázek 20 Testo 327-1 Analyzátor spalin, sériového čísla 01955271



Zdroj: [http://www.lonsion.cn/Testotesto\\_327-2.asp](http://www.lonsion.cn/Testotesto_327-2.asp)

Obrázek 21 Diferenční tlakoměr Testo 510, sériové číslo 00488317



Zdroj: <http://www.geograph.it/Detail.asp?Id=52>

Obrázek 22 NTC klipsové  
potrubní čidla určující teploty  
T7335



Zdroj: <http://www.serviskotle.cz/termostaty-ntc-cidla-a-sondy>

Více o měřících přístrojích nalezneme v přílohách č. 7 a 8. Způsoby údržby, manipulace a návodu měřících přístrojů

## 5.2 Popis topného systému

Zadání:

- kondenzační kotel Gruppo Imar ceramic Compact era MB 24
- provoz na zemní plyn
- zásobníkový ohřev 120l (Dražice)
- radiátorové ústřední vytápění s podlahovým připojením na vratné vodě (domek 5+1)
- energetická náročnost objektu (B rodinný dům 51 – 97 kWh/ m<sup>2</sup> o rozloze 16\*10m)
- prostorový termostat
- kotel se nachází v kotelně, která je umístěna ve sklepení objektu
- odkouření je vyvedeno komínem na střechu a vyvložkován d=80cm
- vzduch je nasáván z prostoru kotelny, která je odvětrávána dle normy

Parametry kotle jsou převzaté z manuálu, **viz příloha č. 1.** Jeho křivka výkonu/CO<sub>2</sub> v závislosti na otáčkách ventilátoru je uvedena **v příloze č. 2,** ekvitemní křivky dále **v příloze č. 3.**

Výkonový rozsah kotle **v příloze č. 4.**

## 5.3 Postup měření

Analýza spalin kondenzačního kotle prováděná pomocí přístroje Testo 327-1 na základě vlastní znalosti:



- 1) Odejmemo spodní krytku pro připojení sondy a nasadíme sondu.
- 2) Měřicí přístroj umístíme do prostředí s čistým vzduchem a zapneme.
- 3) Provedeme kalibraci sondy O<sub>2</sub>.
- 4) Nastavíme měření tahu a vložíme sondu do revizního otvoru komínu
- 5) Kotel ponecháme vypnutý a zpustíme měření.
- 6) Po 10s měření ukončíme a uložíme.
- 7) V nastavení kotle nalezneme teplotu vratné vody, kterou si zapíšeme do měřicího přístroje. Kotel spustíme v servisním režimu a potenciometrem TV nastavíme nejnižší výkon kotle.
- 8) Na měřicím přístroji nastavíme druh paliva a měření spalin.
- 9) Vložíme senzor do revizního otvoru komínu a zahájíme měření.
- 10) Po 30s ukončíme měření a zapíšeme (vytiskneme) naměřené hodnoty.
- 11) Měření zopakujeme s maximálním výkonem kotle (otočen potenciometr TV na maximum)
- 12) V případě naměřené hodnoty CO<sub>2</sub> neodpovídající výrobci. Provedeme opětovná měření, při kterých nastavíme kotel na maximální výkon a regulačním šroubením ventilátoru upravíme množství přivedeného vzduchu tak, aby odpovídal CO<sub>2</sub> předepsaným hodnotám výrobce pro maximální výkon.
- 13) Následně nastavíme kotel do provozu s minimálním výkonem. Při měření seřizujeme šroubení plynovky tak, aby hodnota CO<sub>2</sub> odpovídala hodnotě určené pro minimální výkon.
- 14) V případech, kdy regulační šroub otočíme do krajních poloh a požadovaných hodnoty CO<sub>2</sub> stále nedosáhneme. Je zapotřebí připojit diferenční tlakoměr k plynovce.
- 15) Diferenční tlakoměr testo 510
- 16) Povolíme šroubení na maximálním a minimálním ventilu plynovky a nasadíme hadičky měřicího přístroje.
- 17) Následně odejmemo krytku regulačního šroubení plynovky
- 18) Uvedeme kotel v servisním režimu do provozu s minimálním a maximálním výkonem.
- 19) Na měřicím přístroji zjistíme maximální a minimální tlak plynu a regulačním šroubem plynovky nastavíme hodnoty dané výrobcem.
- 20) Kotel vypneme a odejmemo hadičky měřicího přístroje a šrouby na ventilech zpět dotáhneme.
- 21) Zopakujeme kroky 8 až 14 pro nastavení hodnot CO<sub>2</sub> určených výrobcem.
- 22) Po ukončení měření uzavřeme revizní otvor v komínu a zkontrolujeme, zda někde nedochází k úniku plynu (pomocí detektoru nebo mýdlové vody)
- 23) Měřicí přístroj testo 327-1 zpustíme na 20s mimo prostor kotle, za účelem vyčištění přístroje a následně jej vypneme.

**Tabulka 3 Tabulka hodnot CO<sub>2</sub> při uzavřeném a otevřeném krytu**

**Tabulka hodnot CO<sub>2</sub> při uzavřeném krytu**

Parametr		G20	GPL
CO <sub>2</sub> příkon MAX	%	10,2 - 10,4	11,3 - 11,5
CO <sub>2</sub> příkon MIN	%	8,6 - 8,8	10,3 - 10,5
MIN tlak plynu na vstupu	mbar	17	25
MAX tlak plynu na vstupu	mbar	25	35

**Tabulka hodnot CO<sub>2</sub> při otevřeném krytu**

Parametr		G20	GPL
CO <sub>2</sub> příkon MAX	%	9,6 - 9,7	11,2 - 11,3
CO <sub>2</sub> příkon MIN	%	8,4 - 8,5	10 - 10,1
MIN tlak plynu na vstup	mbar	17	25
MAX tlak plynu na vstup	mbar	25	35

**Zdroj: manuál měřeného kotle**

Tato měření slouží k přesnému nastavení přebytku vzduch při různých výkonech kotle. V případě použití měřicího přístroje testo 327-1 získáme kromě hodnoty CO<sub>2</sub> veškeré potřebné hodnoty pro výpočet účinnosti kotle, které nám vyobrazí na displeji společně s aktuální účinností. V případech, kdy je naším cílem změřit konkrétní vliv dané proměnné, musíme eliminovat ostatní proměnné.

Účinnost v závislosti na přebytku vzduchu:

- Docílením konstantních komínových ztrát, teploty vratné vody a venkovní teploty.

Účinnost v závislosti na teplotě vratné vody:

- Docílením konstantního výkonu kotle, přebytku vzduchu a venkovní teploty.

Účinnost v závislosti na venkovní teplotě:

- Docílením konstantního výkonu kotle, přebytku vzduchu. Monitorování rozdílů v teplotě vratné vody při naměřených venkovních teplotách.

Účinnost v závislosti na výstupní teplotě:

- Docílením konstantního výkonu kotle, přebytku vzduchu, venkovní teploty a vratné vody.

Účinnost při ohřevu užitkové vody:

- Docílením konstantního výkonu kotle, přebytku vzduchu a venkovní teploty.

Účinnost v závislosti na výkonu kotle:

- Docílením konstantního přebytku vzduchu, venkovní teploty a vratné vody.

Účinnost při rozdílném požadavku na teplotu užitkové vody.

- Docílením konstantního výkonu kotle, přebytku vzduchu, venkovní teploty.

## **6 Seznam naměřených hodnot**

V příloze č. 5, jsou uvedené mnou naměřené hodnoty. Analyzátořem spalin Testo 327-1 sériového čísla 01955271. Na jednom kondenzačním kotli Gruppo Imar ceramic Compact era MB 24 sériového čísla 2006117485. Před zahájením měření došlo k vyčištění hořáku a spalovací komory. Z důvodu, dosažení vyšší přesnosti měření, kterou následně porovnáme s parametry výrobce.

Diferenčním tlakoměřem Testo 510 sériového čísla 00488317, byla provedena kontrola tlaku. Zda odpovídá požadavkům daného výrobcem.

Měření bylo prováděno ve třech na sobě nezávislých obdobích. V tabulce uvedené v příloze č. 5 jsou tyto období odděleny barvou písma.

- Modře označené naměřené hodnoty jsou při nesprávném seřízení chodu kotle.
- Zeleně označené naměřené hodnoty jsou při správném seřízení chodu kotle.
- Černě označené naměřené hodnoty jsou při správném seřízení chodu kotle, pro ověření zeleně naměřených hodnot a rozšíření přesnosti měření.

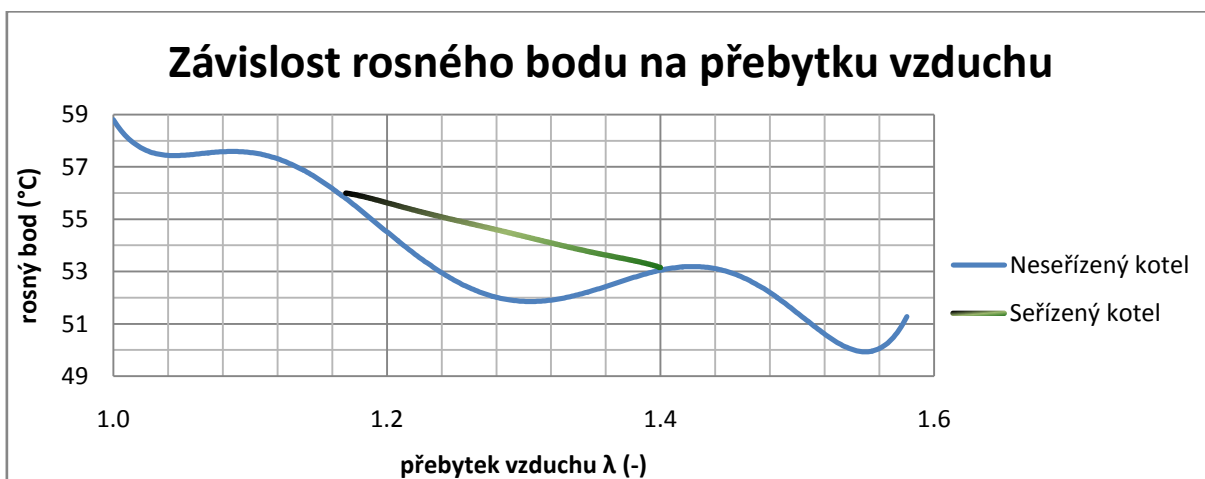
## 7 Výsledky měření

Z naměřených hodnot je zřejmé, že kondenzační kotel Gruppo Imar cramic Compact era MB 24 vykazuje malý rozdíl mezi teplotou vratné vody a rosným bodem. Důsledkem je snížení účinnosti kondenzačního jevu.

V laboratorních podmínkách, kde je výstupní TV oddělena od vratné TV a nahrazena konstantní teplotou vratné TV dojde k eliminaci otopné soustavy a vyobrazení přesných hodnot měřených veličin kotle. Tyto umělé podmínky nejsou součástí této práce, kde je uvedena provozní účinnost v konkrétním otopném systému.

### 7.1 Grafické znázornění a vyhodnocení

Graf 7 Závislost rosného bodu na přebytku vzduchu měřeného kotle

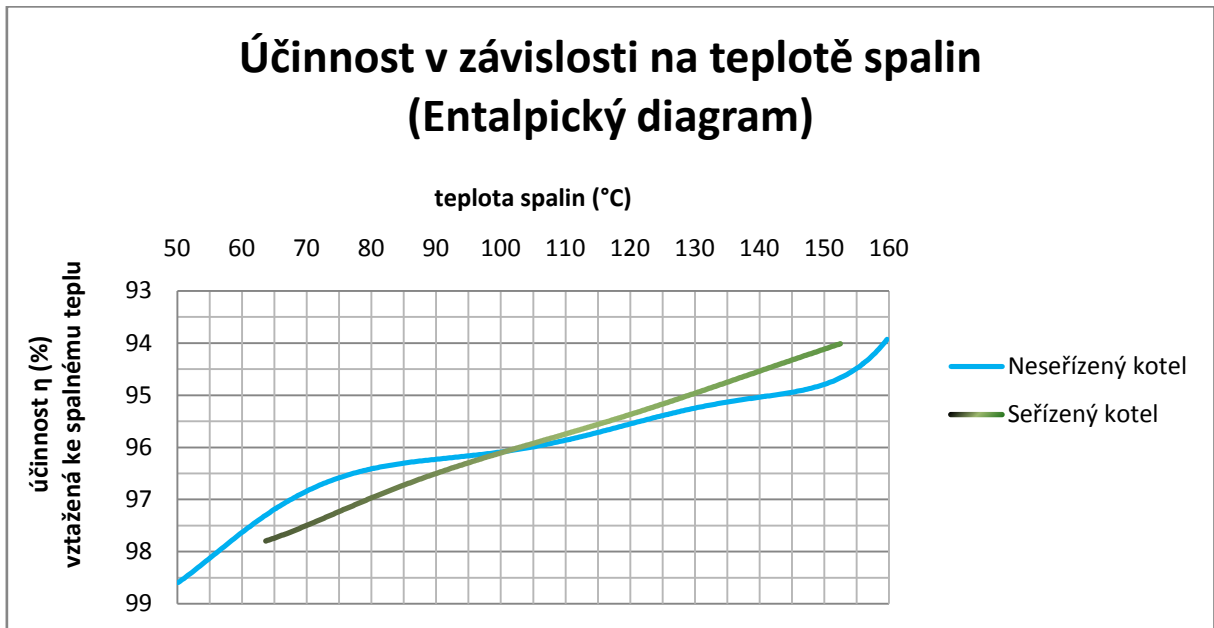


Z grafu měření je zřejmá lineární závislost rosného bodu na přebytku vzduchu, stejně jako je uvedeno v bodě 3.3 analýza současného stavu, na grafu č. 3 (grafické znázornění závislosti teploty rosného bodu spalin na přebytku vzduchu). Snižováním výkonu tohoto kotle navýšujeme hodnotu přebytku vzduchu.

Neseřízený kotel vykazuje sice hodnoty s nižším přebytkem vzduchu, ale současně nemá lineární průběh. Rozsah přebytku vzduchu u seřízeného kotle nelze snížit v rámci seřízení kotle daného výrobcem. K přebytku vzduchu dochází nízkým odporem sání (přívod

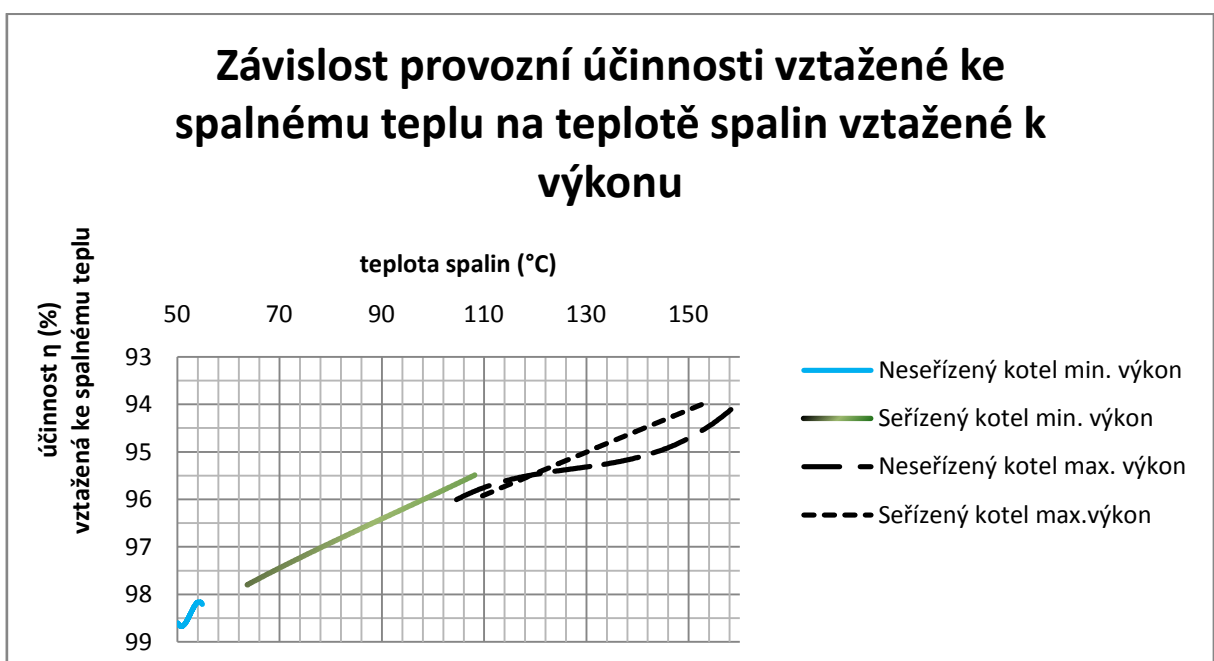
z prostor kotelny). Jedním ze způsobů úpravy je zmenšení nasávajícího otvoru, což výrobce neuvádí.

Graf 8 Účinnost v závislosti na teplotě spalin (Entalpický diagram) měřeného kotle



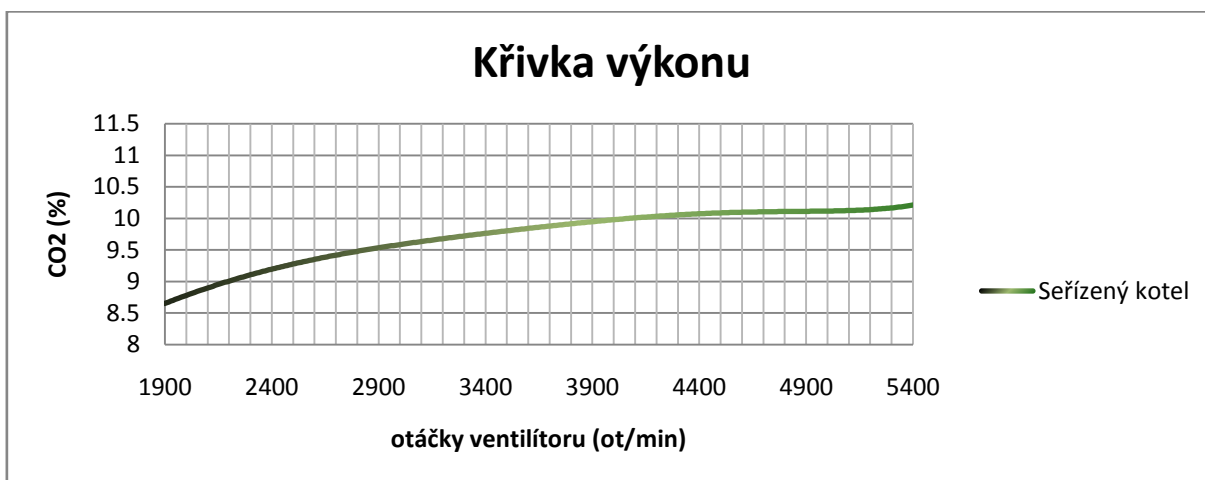
Při porovnání s grafem č. 5 Entalpický diagram spalin metanu v bodě 3.3. Dojde ke kategorizaci kotle na základě teploty spalin mezi nízkoteplotním a kondenzačním. Při porovnání přebytku vzduchu zjistíme, že sklon křivky odpovídá hodnotám  $\lambda = 1$  až 1,5. Dále je zřejmá přímá úměra závislosti účinnosti na teplotě spalin. Pro určení závislosti je zapotřebí znázornit grafy při konkrétních výkonech.

Graf 9 Závislost provozní účinnosti vztažené ke spalnému teplu na teplotě spalin vztažené k výkonu



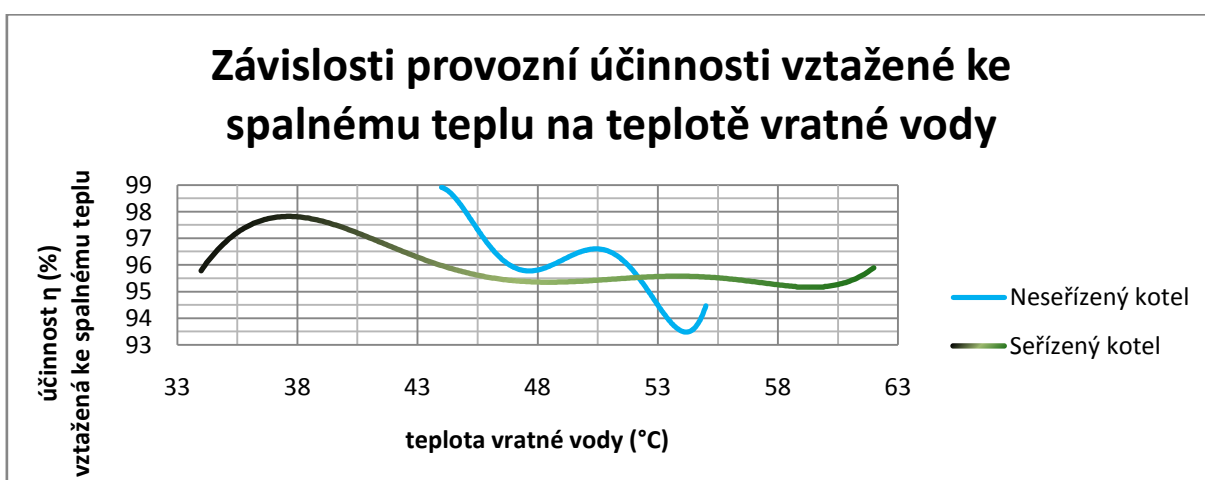
Zde je vidět přesný sklon křivek závislosti. Neseřízený kotel má při min. výkonu nejvyšší účinnost jen z důvodu nejnižších teplot spalin, vzniklých prvotním měřením.

Graf 10 Křivka výkonu měřeného kotle



Z emisního hlediska nám zvýšení výkonu vede k navýšení hodnoty CO<sub>2</sub>. Při porovnání s grafem výkonu daného výrobcem v příloze č. 2, naše výkonová křivka odpovídá hodnotám výrobce s výjimkou rozhraní otáček 4900 až 5400 ot/min. Kde dochází k poklesu hodnoty CO<sub>2</sub> (příkonu kotle). Odchylka od výrobce je z důvodu kolísání otáček ventilátoru, které jsou ovlivněny vysycháním kondenzátorů řídicí elektroniky. Elektronika řídicí otáčky ventilátoru je nevhodně umístěna na krytu ventilátoru, který je umístěn nad spalovací komoru. Z čehož vyplývá, větší tepelné zatížení řídicí elektroniky.

Graf 11 Závislost provozní účinnosti vztahované ke spalnému teplu na teplotě vratné vody měřeného kotle

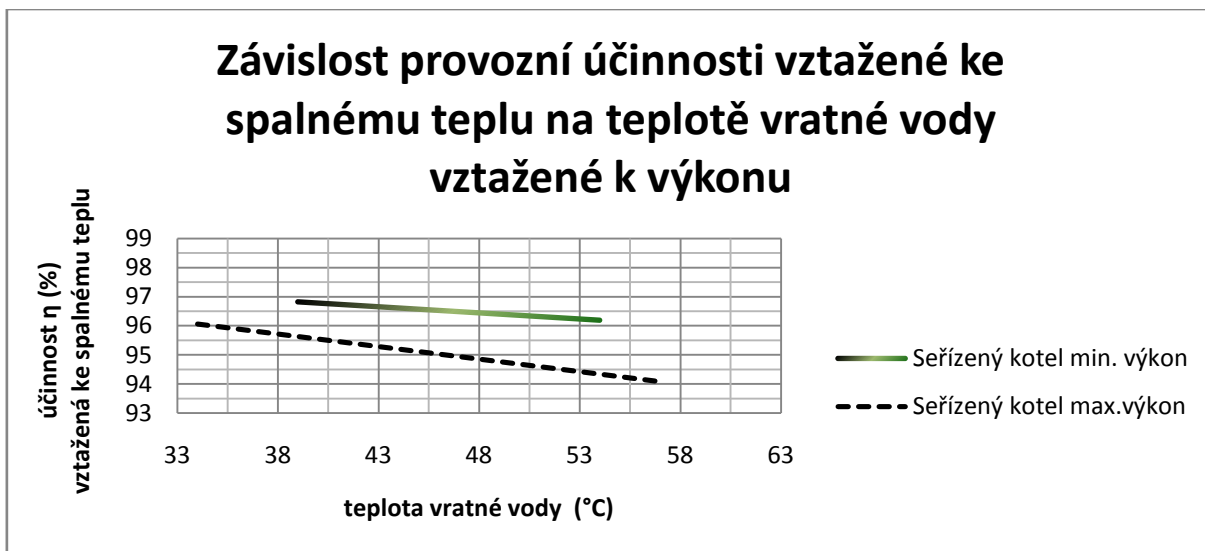


Tento graf slouží jen pro orientaci účely, z důvodu různých výkonů kotle při různých teplotách vratné TV. Graf slouží pouze k zjištění max. a min. účinnosti v celém výkonovém rozsahu kotle. Neseřízený kotel vykazuje velký výkyv účinnosti v závislosti na teplotách

vrátne TV. Zajímavosti je křivka seřizeneho kotle, která se pohybuje v rozsahu 95 až 98%. Nelze odečítat účinnost v závislosti na vratné TV.

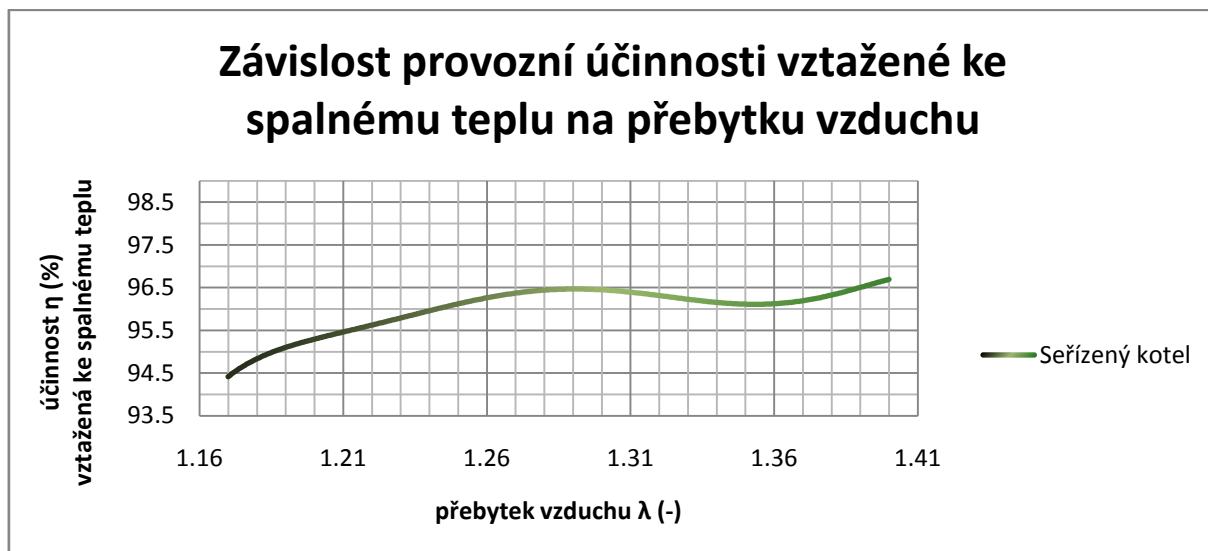
- Pro určení závislosti je zapotřebí znázornit grafy při konkrétních výkonech.

Graf 12 Závislost provozní účinnosti vztažené ke spalnému teplu na teplotě vratné vody vztažené k výkonu měřeného kotle



Zde je vidět lineární závislost účinnosti na vratné TV a rozdíl v účinnosti vztažené k výkonu kotle.

Graf 13 Závislost provozní účinnosti vztažené ke spalnému teplu na přebytku vzduchu měřeného kotle.



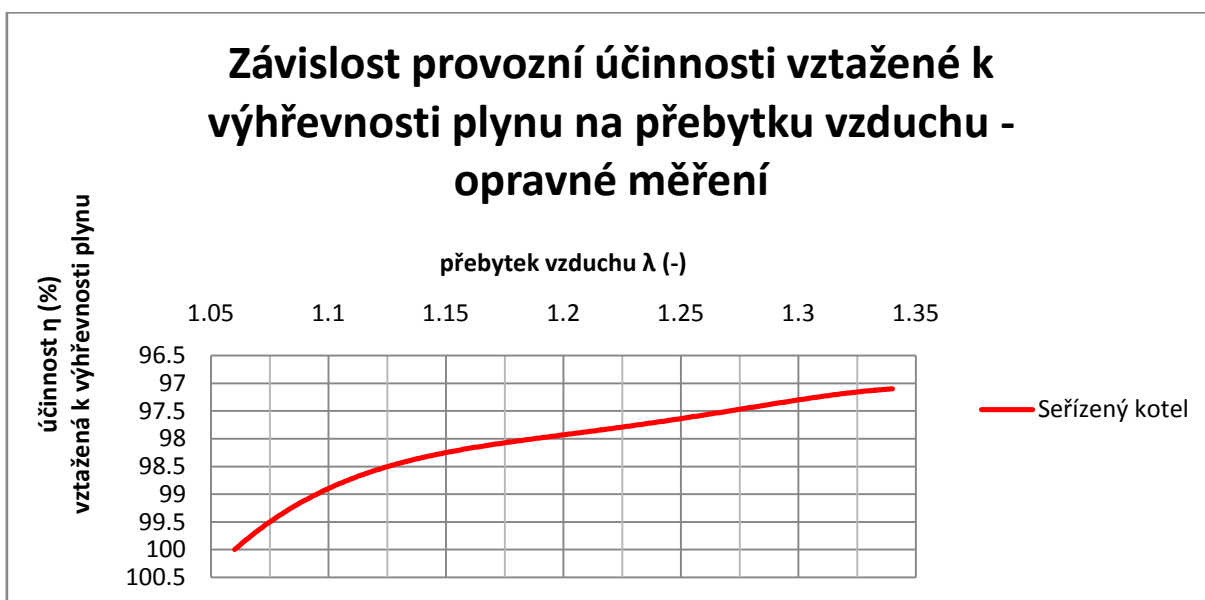
**Graf neodpovídá analýze.** Snižováním výkonu, dochází v daném případě k navýšení přebytku vzduchu. Snižováním přebytku vzduchu bychom měli navyšovat účinnost kotle a snižovat teplotu spalin. Chyba vznikla nevhodným způsobem měření, vlivem rozdílů teplot

spalin a náhřevu otopné soustavy, došlo ke zkreslení hodnoty účinností. Toto měření je zapotřebí provádět za konstantních teplot výstupní a vratné TV, při jednotné teplotě spalin.

### **Správné hodnoty nalezneme v grafu č. 5 Entalpický diagram spalin metanu v bodě 3.3.**

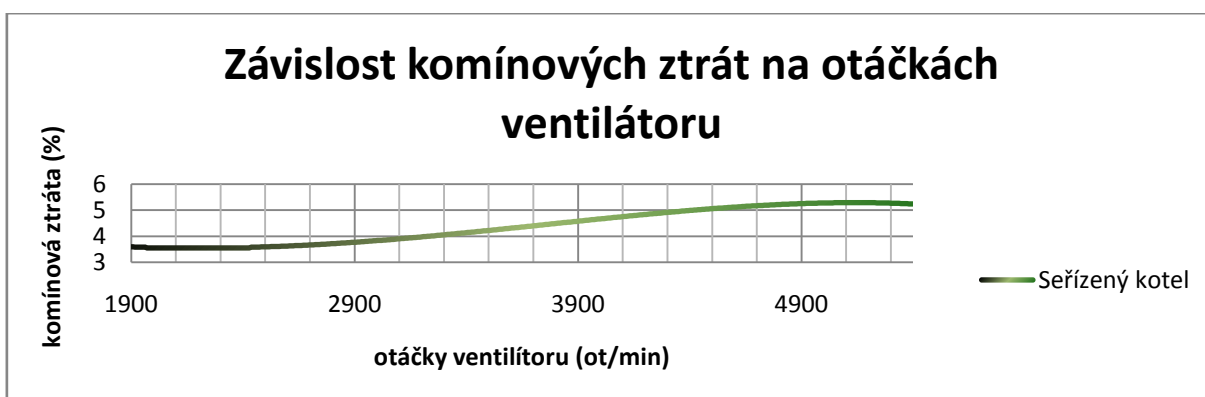
Pro určení závislosti účinnosti na přebytku vzduchu je zapotřebí provést nové měření. Nově naměřené hodnoty jsou značeny červeně a uvedeny v příloze č.6. Při měření byl kladen důraz na rychlost měření, za účelem získání malého rozdílu hodnot teplot spalin a topné soustavy. Hlavní rozdíl oproti původnímu měření spočívá v postupném odkrývání otvoru kotle určeného, pro nasávání spalovaného vzduchu. Při původním měření byl přívod vzduchu regulován na šroubení ventilátoru, což vedlo k větším časovým prodlevám měření a navýšení rozdílů hodnot ovlivňující účinnost kotle.

**Graf 14** Opravné měření závislosti provozní účinnosti vztažené k výhřevnosti plynu na přebytku vzduchu



Charakteristika vykazuje lineární závislost až do momentu dosažení teploty rosného bodu. V tomto momentě dochází k nárůstu účinnosti důsledkem využití latentního tepla obsaženého v kondenzátu. Z opravných naměřených hodnot je zřejmá závislost přebytku vzduchu a CO. V momentě přiblížení přebytek vzduchu hodnotě = 1, započne docházet k nedostatku vzduchu, čímž vznikne nedokonalé spalování a uvolňování CO.

Graf 15 Závislost komínových ztrát na otáčkách ventilátoru měřeného kotle



Z grafu je patrný nárůst komínových ztrát zvyšujícím se výkonem kotle. K zakřivení dochází vlivem rozdílů hodnot ovlivňující účinnost, zejména výstupní a vratné teploty TV.

## 8 Závěr

V práci byla provedena charakteristika a analýza kondenzačních kotlů, stejně jako jejich problematika provozní účinnosti. Teorie se čerpala primárně z vlastních znalostí, školení společnosti Gruppo Imar, Junkers a Dakon. Dalším zdrojem byly příručky a manuály konkrétních použitých přístrojů. Vlastním měřením na konkrétním kondenzačním kotli se zjistil rozdíl mezi teoretickými hodnotami a skutečností, při daném zapojení do topné soustavy.

Důvodem této práce bylo ověření údajů udávaných výrobcí z hlediska marketingu, kteří uvádí pouze pozitivní vlastnosti a negativa rádi vynechávají. Jedná se o ucelení názorů na kondenzační kotle a jejich prezentovanou účinnost přes 100%. Tato informace působí klamným dojmem a uživatel započne pochybovat o přínosu úspory.

Za základní informace byly brány principy kondenzačních kotlů a jejich provázanost s topnou soustavou. Uvedené v bodech 3.1. a 3.2., které byly čerpány z odborných článků a publikací. Analýza účinnosti v bodě 3.3 byla provedena též z odborných článků a publikací, ale informace byly roztříděny dle znalosti problematiky a zároveň, byly ověřeny na sobě nezávislými publikacemi. Následným cílem bylo ověření těchto informací vlastním měřením. Toto měření bylo vztaženo ke konkrétnímu kondenzačnímu kotli a jeho topné soustavě.

Jakož to autorizovaný servisní technik jsem mohl využít vlastnictví měřících přístrojů a znalostí získaných rozsáhlými školeními různých výrobců, ale stejně nemohlo dojít k laboratornímu měření, samostatného spotřebiče neovlivněného teplovodní soustavou. Z důvodu vybavenosti. Proto bylo provedeno měření na konkrétní sestavě topného systému, což vede k mnohem praktičtějším výsledkům nejen pro uživatele. Naměřené hodnoty vypovídají o provozní účinnosti kondenzačního kotle ovlivněného topným rozvodem objektu a jeho příslušenstvím. Což vystihuje účinnost zařízení v praxi. Jedinou nevýhodou tohoto



měření byla časová náročnost na odečítání naměřených hodnot analyzátozem spalín. Zejména hodnot účinnosti v daný moment, které bylo ovlivněno mnoha aspekty. Proto vznikly 4 tabulky naměřených hodnot. První s neseřízeným kotlem. Druhé a třetí se seřízeným kotlem. Čtvrté vzniklo dodatečně, jakož to opravné měření, při vyhodnocování závislosti účinnosti na přebytku vzduchu. Tuto závislost nebylo možné vyhodnotit z důvodu velkých rozdílů mezi hodnotami ovlivňující účinnost. Opravné měření bylo zaměřeno na rychlost měření (eliminaci proměnných) a rychlost změny v množství přivedeného vzduchu.

Při grafickém vyhodnocení došlo k přibližné shodě s grafy vyobrazenými v analýze (bod 3.3) a grafy výrobce, až na pár výjimek. Nejvýznamnější rozdíly jsou v případě porovnání 2 grafů s grafy získanými. Jedná se o graf křivky výkonu a graf závislosti účinnosti na přebytku vzduchu (entalpický diagram). V grafu výkonu došlo k vychýlení z důvodu vysychání kondenzátorů řídicí elektroniky otáček ventilátoru. Druhý graf (závislost účinnosti na přebytku vzduchu) byl znovu vyhodnocen z opravného měření a odpovídá grafu entalpie metanu. Vše je odůvodněno pod grafem závislosti účinnosti na přebytku vzduchu.

**Však největší zajímavostí je rozpor teorie s naměřenými hodnotami v opravném měření. Jedná se o výskyt CO ve spalínách při hodnotách přebytku vzduchu = nebo >1. Výskyt hodnot CO poukazuje na nedokonalé spalování zemního plynu, které by mělo nastat až v momentě poklesu hodnoty přebytku vzduchu pod hodnotu =1. Důvodem může být nečistota či deformace hořáku ale většinou se jedná o snížený obsah O<sub>2</sub> v přivedeném vzduchu pod průměrnou hodnotu 21%.**

Pro udržení co nejvyšší provozní účinnosti doporučuji udržovat zařízení v čistotě a provádět pravidelný servis, při kterém dojde k měření a případnému seřízení plamene. Stejnou pozornost by si měl zasloužit i rozvod ústředního vytápění, který je vhodný pravidelně čistit od kalů a nečistot. Zvýšíme tím nejen účinnost teplotního média, ale hlavně se prodlouží životnost kompletního topného systému (čerpadel, potrubí, výměníků, atd..).

## 9 Seznam použitých zdrojů

### Bibliografické zdroje:

BAŠTA, Jiří. Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě. 1. vyd. Praha: GAS, 2001, s. 1123-2395. ISBN 80-86176-83-5.

BAŠTA, Jiří. Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě. 1. vyd. Praha: GAS, 2001, 1122 s. ISBN 80-86176-82-7

ČSN 06 0310. Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-06-0310-2014-08>

ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách Výpočet tepelného výkonu. Praha: Český normalizační institut, 2005. 76 s.

DAY, Anthony R, Martin S RATCLIFFE a Keith SHEPHERD. *Heating systems, plant and control*. Malden, MA: Blackwell Science, 2003, x, 323 p. ISBN 0-632-05937-0

*Guide to the condensing boiler installation assessment procedure for dwellings*. London: Office of the Deputy Prime Minister, 2005. ISBN 1851127844.

Topenářská příručka. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007, 378 s. ISBN 978-80-86028-13-2

### Internetové zdroje:

ENPLAN. [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: [http://www.enplan.cz/Czech/enplan\\_system.htm](http://www.enplan.cz/Czech/enplan_system.htm)

GULYÁS, Ing. Josef. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1011-zasady-pro-uvedeni-do-provozu-a-provozovani-malych-teplovodnich-topnych-soustav>

TZB-info: stavebnictví, úspory energií. [online]. [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>

Účinnost spalovacích zařízení. *Výzkumné energetické centrum* [online]. [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://vec.vsb.cz/userfiles/pdf/studijni-materialy/ucinnost.pdf>

## 10 Seznam použitých tabulek, grafů, obrázků a symbolů

### Seznam tabulek

Tabulka 1 Konstanty paliv .....	24
Tabulka 2 Konstanty paliv .....	24
Tabulka 3 Tabulka hodnot CO <sub>2</sub> při uzavřeném a otevřeném krytu .....	26

### Seznam grafů

Graf 2 Sankeyov diagram toku energií v kondenzačním kotli .....	17
Graf 1 Znázornění poklesu teplot spalin a kondenzace vodní páry v kondenzačním kotli .....	18
Graf 4 Závislost rosného bodu na druhu paliva .....	18
Graf 3 Závislost přebytku vzduchu na teplotě rosného bodu .....	18
Graf 5 Entalpický diagram spalin metanu .....	19
Graf 6 Vliv vratné vody na účinnost kondenzačního kotle.....	20
Graf 7 Závislost rosného bodu na přebytku vzduchu měřeného kotle .....	28
Graf 8 Účinnost v závislosti na teplotě spalin (Entalpický diagram) měřeného kotle.....	29
Graf 9 Závislost provozní účinnosti vztažené ke spalnému teplu na teplotě spalin vztažené k výkonu .....	29
Graf 10 Křivka výkonu měřeného kotle.....	30
Graf 11 Závislost provozní účinnosti vztažené ke spalnému teplu na teplotě vratné vody měřeného kotle.....	30
Graf 12 Závislost provozní účinnosti vztažené ke spalnému teplu na teplotě vratné vody vztažené k výkonu měřeného kotle.....	31
Graf 13 Závislost provozní účinnosti vztažené ke spalnému teplu na přebytku vzduchu měřeného kotle.....	31
Graf 14 Opravné měření závislosti provozní účinnosti vztažené k výhřevnosti plynu na přebytku vzduchu .....	32
Graf 15 Závislost komínových ztrát na otáčkách ventilátoru měřeného kotle .....	33

### Seznam obrázků

Obrázek 1 Princip kondenzačních kotlů .....	3
Obrázek 2 Vyobrazení řezu spalovací komorou kondenzačního kotle č. 1 .....	4
Obrázek 3 Vyobrazení řezu spalovací komorou kondenzačního kotle č. 2 .....	4
Obrázek 4 Popis kondenzačního kotle .....	5
Obrázek 7 Ohřev TV, bez ohřevu TV .....	6
Obrázek 5 Kaskádovitá sestava s náhřevem zásobníku pouze dvěma kotli.....	6
Obrázek 6 Zapojení kaskády.....	6
Obrázek 8 Modul topného rozvodu s více okruhy .....	7
Obrázek 9 Ústřední vytápění v třípodlažním bytovém domě .....	10
Obrázek 10 Ústřední vytápění v třípodlažním bytovém domě .....	11
Obrázek 11 Schéma integrovaného systému Enplan.....	12

Obrázek 12 Příklad deskového radiátoru.....	12
Obrázek 13 Příklad článkového radiátoru.....	13
Obrázek 14 Příklad trubkového radiátoru.....	13
Obrázek 15 Skladba podlahového topení .....	13
Obrázek 16 Skladba stěnového topení.....	14
Obrázek 17 Filtr Sentinel EMIMINATOR.....	15
Obrázek 18 Grafické rozložení tepla .....	16
Obrázek 19 Rozložení tepla .....	17
Obrázek 20 Testo 327-1 Analyzátor spalin, sériového čísla 01955271 .....	24
Obrázek 21 Diferenční tlakoměr Testo 510, sériové číslo 00488317.....	24
Obrázek 22 NTC klipsové potrubní čidla určující teploty T7335 .....	25

## Seznam symbolů

$\sum_i Z_i$	suma veškerých ztrát (kW)
$\sum_i \xi_i$	suma ztrát vztážená k jednotce paliva (-)
A2	konstanta paliva (-)
B	konstanta paliva (-)
cco	tepelná kapacita CO (kJ*kg-1*°C-1)
CO	naměřená hodnota oxidu uhelného (ppm)
CO2	dopočítaná koncentrace oxidu uhličitého (%)
CO2max	hodnota závislá na použitém palivu (%)
csp	tepelná kapacita spalin (kJ*kg-1*°C-1)
cv	tepelná kapacita (kJ*kg-1*°C-1)
FH2O	obsah vodní páry ve spalinách (%)
Hi	Výhřevnost plynu
HI	Latentní teplo
Hs	Spalné teplo
Kk	dopočítaná hodnota pro zohlednění odebraného kondenzačního tepla při nízkých hodnotách rosného bodu kondenzačního kotle (-)
mp	množství páry (kg*s-1)
mpal	množství paliva (kg*s-1)
mv	množství vody (kg*s-1)
n	přebytek vzduchu (-)
O2	naměřená koncentrace O2 (%)
O2vzt	vztážená koncentrace kyslíku vztážená k palivu (%)
PAbs	absolutní tlak (mbar / hPa)
PK	kondenzační výkon (kW)
Pp	příkon (kW)
Pp	příkon (kW)
Pv	výkon (kW)
Pv	výkon (kW)
qA	dopočítaná komínová ztráta (%)
Qco	výhřevnost CO (kJ*kg-1)
Qir	výhřevnost (kJ*kg-1)
Qir	celková výhřevnost (kJ*kg-1)

$Q_{sp}$	tepelná energie spalin	(J)
$t_s$	teplota spalin	(°C)
$t_{sp}$	teplota spalin	(°C)
$t_v$	teplota vzduchu	(°C)
$t_{vz}$	teplota přivedeného vzduchu	(°C)
$V_{sp}$	Objem spalin	(m <sup>3</sup> * kg <sup>-1</sup> )
$V_{sp,sk}$	celkové množství spalin	(m <sup>3</sup> * kg <sup>-1</sup> )
$V_{sp,t}$	Objem spalin dané teploty	(m <sup>3</sup> * kg <sup>-1</sup> )
$V_{vz,t}$	Objem vzduch dané teploty	(m <sup>3</sup> * kg <sup>-1</sup> )
$\Delta i$	rozdíl entalpií	(kJ*kg <sup>-1</sup> )
$\Delta t$	rozdíl teplot	(°C)
$\eta$	účinnost	(-)
$\eta$	účinnost	(-)
$\lambda$	dopočítaný přebytek vzduchu	(-)
$\xi_k$	komínové ztráty	(-)
$\xi_{np}$	ztráta nedopalku plynu	(-)

## **11 Přílohy**

Příloha č. 1: Parametry kotle k popisu topného systému

Příloha č. 2: Křivka výkonu/CO<sub>2</sub> v závislosti na otáčkách ventilátoru

Příloha č. 3: Ekvitermní křivky pro Ceramic compact

Příloha č. 4: Výkonový rozsah kotle

Příloha č. 5 Výsledky měření

Příloha č. 6 Výsledky opravného měření zaměřené na přebytek vzduchu

Příloha č. 7 Analyzátor spalin TESTO 327-1

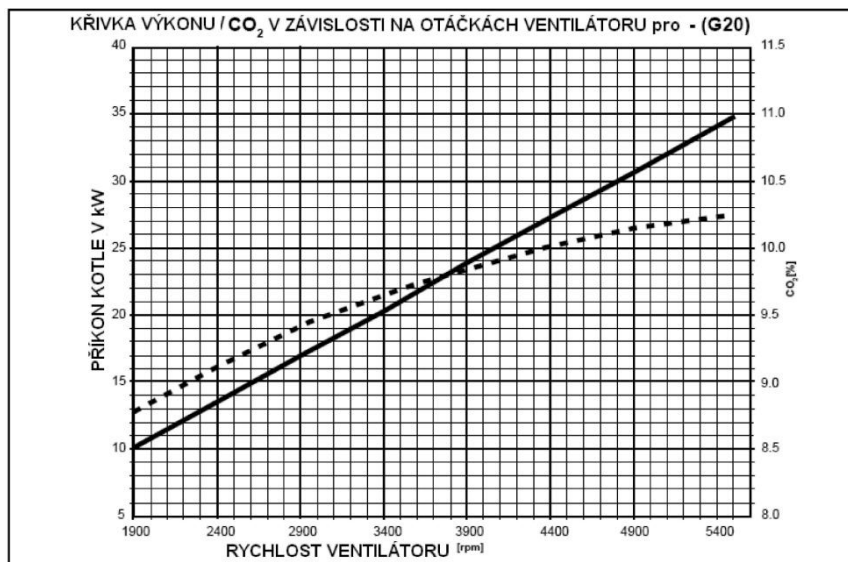
Příloha č. 8 Diferenční tlakoměr Testo 510

Příloha č. 1: Parametry kotle k popisu topného systému

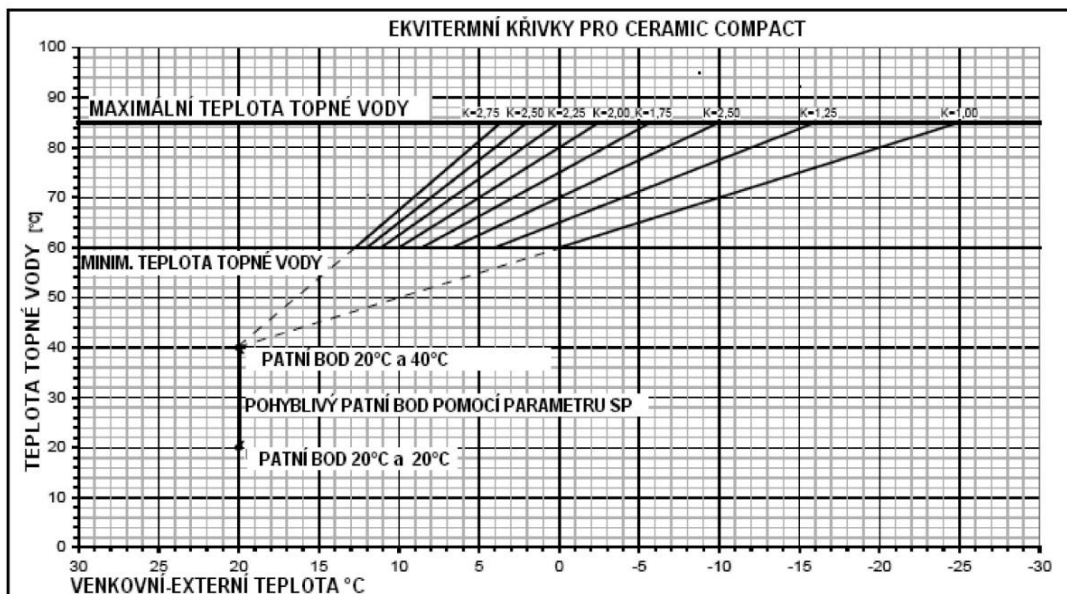
MODEL	PARAMETRY	MB 35 / PMB 35
Typ zařízení	EN 483	B23 - C13 - C33 - C43 - C53 - C63 - C83
Kategorie zařízení	EN 437	II2H3B/P
Jmenovitý příkon pro topení MIN. - MAX.	kW	10 - 34,8
Jmenovitý výkon pro topení MIN. - MAX.	kW	9,6 - 32,7
CO <sub>2</sub> Min - Max (G20)	%	8,6 - 10,5
CO <sub>2</sub> Min - Max (GPL)	%	10,3 - 11,3
Teplota spalin při max. příkonu (35 kW)	°C	165
Spotřeba zemního plynu G20 při výkonu MIN. - MAX.	Nm <sup>3</sup> /h	1,00 - 3,50
Spotřeba plynu GPL (tekuté) při výkonu MIN. - MAX.	kg/h	0,78 - 2,71
Jmenovitý přetlak zemního plynu G20	mbar	20
Jmenovitý přetlak plynu GPL (tekuté)	mbar	29 - 37
Výtláčná výška čerpadla (Q=1000 l/h)	mCA	2,8
Minimální teplota topné vody	°C	60
Maximální teplota topné vody	°C	85
Provozní teplota okolí kotle	°C	1 - 60
Vodní obsah deskového výměníku	l	3,3
Obsah expanzní nádoby	l	10
Přetlak v expanzní nádobě	bar	1
Maximální přetlak topení	bar	3
Prívod elektrického napětí	V/Hz	230 / 50
Jmenovitý elektrický příkon	W	154 / 160
Příkon oběhového čerpadla	W	93
Množství ohřáté užitkové vody při $\Delta t=30$ (dle EN ČSN 625)	l/min	- / 16
Maximální přetlak užitkové vody	bar	- / 8
Výška	mm	760
Šířka	mm	400
Hloubka	mm	300
Hmotnost	kg	64 / 68
Třída dle účinnosti	92/42/EEC	***
Třída dle NO <sub>x</sub>	EN 483	5 (29mg/kWh)
Třída bezpečnosti	IP	X4D
Kód PIN	CE	0694B00116

	kw 35	kw 24	kw 16	kw 10	U.M.
Příkon kotle Min - Max	34.8	24	16	10	kW
Účinnost spalování	94.1	96.5	97.1	97.4	%
Účinnost při P <sub>n</sub> = 1 (80 - 60C°)	93.9	96.2	96.5	96.6	%
Účinnost při P <sub>n</sub> = 0.3	98,6				
Ztráta kotle při provozu hořáku	5.9	3.5	2.9	2.6	%
Ztráta oří zhasnutém hořáku	0.10				%
Ztráta pláštěm	0.2	0.3	0.6	0.8	%
Teplota spalin	150	93	78	70	°C
Množství spalin	56.5	37.7	23.2	15.9	Stm <sup>3</sup> /h
NOTA: VEŠKERÁ ZDE UVEDENÁ DATA PLATÍ PŘI VÝSTUPNÍ TEPLITĚ TOPNÉ VODY 80°C A VRATNÉ 60°C A PŘI JMENOVITÉM TOPNÉM VÝKONU					

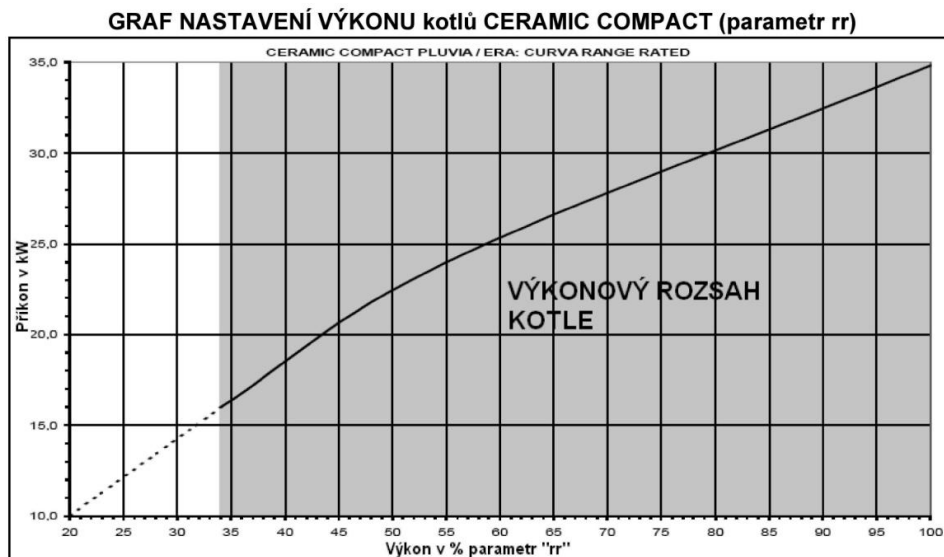
Příloha č. 2: Křivka výkonu/CO<sub>2</sub> v závislosti na otáčkách ventilátoru



Příloha č. 3: Ekvitermní křivky pro Ceramic compact



Příloha č. 4: Výkonový rozsah kotle





## Příloha č. 5 Výsledky měření

otáčky ventilátoru (ot/min)	výstupní teplota (°C)	CO2 (%)	O2 (%)	účinnost η (%)	teplota spalin (°C)	CO (ppm)	komínová ztráta (%)	přebytek vzduchu λ (-)	dopočtená hodnota účinnosti (%)	rosný bod (°C)	vratná teplota (°C)	venkovní teplota (°C)	teplota přivedeného vzduchu (°C)
1900,00	-	8,69	5,80	98,30	53,60	12,00	1,70	1,38	98,50	53,40	49,00	12,00	20,00
1900,00	-	9,14	5,00	98,60	50,10	12,00	1,40	1,31	101,30	50,10	44,00	12,00	20,00
1900,00	-	9,31	4,70	98,50	52,60	14,00	1,50	1,21	100,00	52,60	45,00	12,00	20,00
1900,00	-	8,23	6,60	98,20	53,90	12,00	1,80	1,46	98,20	52,50	45,00	12,00	20,00
1900,00	-	7,60	7,70	98,10	53,10	13,00	1,90	1,58	98,10	51,30	45,00	12,00	20,00
1900,00	-	8,63	5,90	98,20	54,90	12,00	1,80	1,39	98,20	53,30	45,00	12,00	20,00
5400,00	-	9,71	4,00	96,00	104,60	48,00	4,00	1,24	96,00	55,10	46,00	12,00	20,00
5400,00	-	10,29	3,00	95,40	122,30	68,00	4,60	1,17	95,40	56,00	47,00	12,00	20,00
5400,00	-	10,80	2,10	95,50	124,00	118,00	4,50	1,11	95,50	56,80	48,00	12,00	20,00
5400,00	-	11,31	1,20	95,10	137,00	247,00	4,90	1,06	95,10	57,60	50,00	12,00	20,00
5400,00	-	11,77	0,40	94,60	152,60	611,00	5,40	1,02	94,60	58,20	53,00	12,00	20,00
5400,00	-	12,00	0,00	94,40	159,10	...	5,60	1,00	94,40	58,50	55,00	12,00	20,00
5400,00	-	10,17	3,20	93,60	159,70	59,00	6,40	1,18	93,60	55,90	54,00	12,00	20,00
5400,00	54,00	10,23	3,10	95,80	113,30	19,00	4,20	1,19	95,80	56,00	34,00	12,00	19,00
1900,00	45,00	8,63	5,90	97,80	63,70	0,00	2,20	1,39	97,80	53,30	39,00	12,00	19,00
5400,00	61,00	10,17	3,20	95,90	109,70	8,00	4,10	1,18	95,90	55,90	42,00	12,00	19,00
1900,00	54,00	8,63	5,90	96,70	84,50	0,00	3,30	1,39	96,70	53,30	42,00	12,00	19,00
5400,00	65,00	10,17	3,20	95,10	127,40	12,00	4,90	1,18	95,10	55,90	46,00	12,00	19,00
1900,00	58,00	8,63	5,90	96,10	96,20	0,00	3,90	1,39	96,10	53,30	46,00	12,00	19,00
5400,00	70,00	10,23	3,10	94,80	134,70	0,00	5,20	1,17	94,80	56,00	52,00	12,00	19,00
5400,00	74,00	10,23	3,10	94,20	147,80	12,00	5,80	1,17	94,20	56,00	53,00	12,00	19,00
5400,00	72,00	10,23	3,10	94,30	146,40	12,00	5,70	1,17	94,30	56,00	52,00	12,00	19,00
5400,00	75,00	10,23	3,10	94,00	152,50	11,00	6,00	1,17	94,00	56,00	54,00	12,00	19,00
1900,00	64,00	8,63	5,90	95,60	105,90	0,00	4,40	1,39	95,60	53,30	53,00	12,00	19,00
1900,00	62,00	8,63	5,90	96,10	96,10	0,00	3,90	1,39	96,10	53,30	54,00	12,00	19,00
1900,00	62,00	8,63	5,90	96,50	88,80	0,00	3,50	1,39	96,50	53,30	54,00	12,00	19,00

1900,00	62,00	8,63	5,90	96,70	83,90	0,00	3,30	1,39	96,70	53,30	54,00	12,00	19,00
2400,00	62,00	9,20	4,90	96,90	84,80	0,00	3,10	1,30	96,90	54,30	53,00	12,00	19,00
2900,00	65,00	9,54	4,30	96,70	91,00	0,00	3,30	1,26	96,70	54,90	54,00	12,00	19,00
3400,00	67,00	9,77	3,90	96,30	99,20	0,00	3,70	1,23	96,30	55,20	54,00	12,00	19,00
3900,00	70,00	9,94	3,60	95,90	109,60	0,00	4,10	1,21	95,90	55,50	54,00	12,00	19,00
4400,00	73,00	10,06	3,40	95,40	121,70	0,00	4,60	1,19	95,40	55,70	55,00	12,00	19,00
4900,00	76,00	10,11	3,30	94,70	136,40	0,00	5,30	1,19	94,70	55,80	57,00	12,00	19,00
5400,00	76,00	10,23	3,10	94,40	144,20	10,00	5,60	1,17	94,40	56,00	57,00	12,00	19,00
4600,00	78,00	10,11	3,30	94,60	139,70	1,00	5,40	1,19	94,60	55,80	59,00	12,00	19,00
4100,00	77,00	10,00	3,50	94,80	133,50	0,00	5,20	1,20	94,80	55,60	59,00	12,00	19,00
3700,00	76,00	9,94	3,60	95,20	126,80	0,00	4,80	1,21	95,20	55,50	61,00	12,00	19,00
3200,00	75,00	9,71	4,00	95,60	114,00	0,00	4,40	1,24	95,60	55,10	62,00	12,00	19,00
2600,00	73,00	9,37	4,60	95,90	105,80	0,00	4,10	1,28	95,90	54,60	61,00	12,00	19,00
2100,00	69,00	8,91	5,40	96,30	94,00	0,00	3,70	1,35	96,30	53,80	60,00	12,00	19,00
1900,00	60,00	8,91	5,40	95,50	108,20	17,00	4,50	1,35	95,50	53,80	44,00	7,00	16,00
2400,00	53,00	9,20	4,90	96,40	91,50	0,00	3,60	1,30	96,40	54,30	43,00	7,00	16,00
2900,00	56,00	9,49	4,40	96,50	92,80	0,00	3,50	1,27	96,50	54,80	45,00	7,00	16,00
3400,00	59,00	9,71	4,00	96,30	98,90	7,00	3,70	1,24	96,30	55,10	46,00	7,00	16,00
3900,00	62,00	9,94	3,60	95,80	109,20	18,00	4,20	1,21	95,80	55,50	47,00	7,00	16,00
4400,00	64,00	10,06	3,40	95,50	117,60	28,00	4,50	1,19	95,50	55,70	47,00	7,00	16,00
4900,00	68,00	10,11	3,30	94,90	129,80	34,00	5,10	1,19	94,90	55,80	49,00	7,00	16,00
5400,00	71,00	10,17	3,20	94,40	142,90	44,00	5,60	1,18	94,40	55,90	51,00	7,00	16,00
4600,00	71,00	10,11	3,30	94,60	136,70	35,00	5,40	1,19	94,60	55,80	51,00	7,00	16,00
4100,00	70,00	10,00	3,50	94,90	129,10	26,00	5,10	1,20	94,90	55,60	52,00	7,00	16,00
3700,00	69,00	9,89	3,70	95,20	122,30	18,00	4,80	1,21	95,20	55,40	53,00	7,00	16,00
3200,00	67,00	9,66	4,10	95,60	112,70	8,00	4,40	1,24	95,60	55,10	54,00	7,00	16,00
2600,00	63,00	9,37	4,60	96,10	100,50	1,00	3,90	1,28	96,10	54,60	53,00	7,00	16,00
2100,00	62,00	8,86	5,50	96,50	89,50	0,00	3,50	1,35	96,50	53,70	53,00	7,00	16,00
1900,00	60,00	8,57	6,00	96,70	84,10	0,00	3,30	1,40	96,70	53,20	53,00	7,00	16,00

## Příloha č. 6 Výsledky opravného měření zaměřené na přebytek vzduchu

otáčky ventilátoru (ot/min)	výstupní teplota (°C)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	účinnost $\eta$ (%)	teplota spalin (°C)	CO (ppm)	komínová ztráta (%)	přebytek vzduchu $\lambda$ (-)	dopočtená hodnota účinnosti (%)	rosný bod (°C)	vratná teplota (°C)	venkovní teplota (°C)	teplota přivedeného vzduchu (°C)
2500,00	53,00	11,32	1,19	98,50	55,30	2174,00	1,50	1,06	100,00	55,30	41,00	4,00	19,00
3000,00	55,00	10,43	2,74	98,20	58,20	954,00	1,80	1,15	98,20	56,20	42,00	4,00	19,00
3500,00	57,00	9,68	4,06	97,70	67,70	35,00	2,30	1,24	97,70	55,10	43,00	4,00	19,00
4000,00	59,00	9,23	4,85	97,30	97,10	6,00	2,30	1,30	97,30	54,30	44,00	4,00	19,00
4500,00	60,00	8,96	5,33	97,10	76,10	7,00	2,90	1,34	97,10	53,90	44,00	4,00	19,00
3000,00	56,00	10,43	2,74	98,30	58,20	932,00	1,70	1,15	98,30	56,20	45,00	4,00	19,00



## Robustní a rychlý analyzátor spalin pro všechny důležité veličiny



O<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

°C

hPa

CO



EN 50379-2 a 1, BlmSchV  
zkoušeno TÜV O<sub>2</sub> - G, hPa

## Nová generace měřicích přístrojů testo 327

Nová, extrémně robustní a spolehlivá generace analyzátorů spalin testo 327. Měřicí přístroje nabízí více komfortu při měření a napomáhají suverénnímu zvládnutí každodenního měření.

Analýzátory spalin jsou rychlé, extrémně spolehlivé a vždy použitelné, bez ohledu na to, zda měříte spaliny plynových kotlů, nebo přístroj používáte jako základní nástroj pro servis a údržbu plynových a olejových spotřebičů.

### 1. Snadná ovladatelnost



#### Čtyřřádkový displej:

Silné LED podsvícení zaručuje extrémně dobrou čitelnost i ve zhoršených světelných podmínkách.

#### Konektor sondy:

Jednoduchým naklapnutím propojíte všechny cesty plynu. Rychle, bez možnosti zaměnění. Snadné čištění.

### 2. Dlouhá životnost



#### Nové Li-ionové akumulátory:

Technologie, s vysokou kapacitou bez pamětového efektu a hlubokého vybití.

#### Měřicí senzory Testo:

Výměna senzorů stejně snadná, jako výměna baterie.



### 3. ROBUSTNÍ



**Elastomerové ochranné pouzdro:**

Je integrováno do designu přístroje a chrání přístroj před poškozením v případě pádu nebo nárazu.

Ochranné pouzdro je možné snadno sejmout a vyčistit samostatně.

**Integrovaná jímka kondenzátu:**

Nová konstrukce - jímka má oddělené, vnitřní pouzdro, chráněné proti vlivu okolí.

Tím se předchází chybnému měření, způsobenému netěsností. Jímku kondenzátu je možné rychle a snadno vyprázdnit.

**Nový koncept sond:**

Stabilní sondy filtrují vzduch před tím, než jej vpusťí do přístroje. Prachový filtr je vložen v rukojeti sondy.



## testo 327-2 – servisní přístroj pro topenáře

Rychlý, spolehlivý analyzátor pro všechna důležitá měření na tepelných zařízeních.



Dodatečné měření  $\Delta P$  do 200 mbar.



Jistota: díky diagnóze a zobrazení stavu spotřebních dílů.





Snadná výměna senzorů uživatelem.



Životnost senzorů prodloužena až na 3 roky.



Silnější Li-ionová baterie v analyzátoru testo 327-2, nabíjení v přístroji i mimo něj (v nabíječce). Životnost baterie 10 hodin při zapnuté pumpě.



Na přání je možné osadit senzorem CO s kompenzací H<sub>2</sub> pro kontrolu podle normy EN 50379-2.



#### Přehled dalších funkcí přístroje

- °C; O<sub>2</sub>; hPa, část 3 - CO
- možnost měření CO s H<sub>2</sub> kompenzací
- snadná výměna senzorů
- životnost senzorů prodloužena na 3 roky
- jistota měření díky diagnostice přístroje i senzorů
- rozhraní IR & IRDA pro snadné vyčtení dat do PC, tiskárnu nebo kapesní počítač
- příprava bluetooth
- měření diferenční teploty
- měření diferenčního tlaku: 2 měřicí rozsahy
- paměť (20 měření)
- Li-ionové akumulátory (2 400 mA), životnost 10 hodin.
- testováno TÜV (°C, O<sub>2</sub>, hPa, na přání i CO)
- možnost použití senzoru CO s H<sub>2</sub> kompenzací
- úřední kontrola podle normy EN 50379-2



Sada bude kompletní  
v robustním systémovém  
kufříku z ABS.



Technická data	327-1	327-2
<b>Měření teploty:</b>		
Měřicí rozsah:	-40...+600 °C	
Přesnost:	±0,5 °C (0...+99,9 °C)	
	±0,5 % z nam.h. (ab +100°C)	
Rozlišení:	0,1 °C	
Senzor:	Termočlánek typ K (NiCr-Ni) podle DIN IEC 584, část 2, třída 1	
<b>Měření tahu a tlaku:</b>		
Tah:	±40 hPa	
Přesnost:	±0,02 hPa (-0,50...+0,60 hPa)	
	±0,03 hPa (+0,61...+3,00 hPa)	
	±1,5 % z nam.h. (+3,01...+40 hPa)	
Rozlišení:	±0,01 hPa (na přání: 0,001 hPa)	
Delta P:	---	±200 hPa
Přesnost:	---	±0,5 hPa (+0,0...+50 hPa)
		±1,0 % z nam.h. (50,1...100,0 hPa)
		±1,5 % z nam.h. (100,1...200,0 hPa)
Rozlišení:		0,1 hPa (na přání 0,01 hPa)
<b>Účinnost (ETA)</b>		
Měřicí rozsah:	0...120 %	
Rozlišení:	0,1 %	
<b>Ztráta tepla spaliny:</b>		
Měřicí rozsah:	0...99,9 %	
Rozlišení:	0,1 %	
<b>Měření O<sub>2</sub>:</b>		
Měřicí rozsah:	0...21 obj.%	
Přesnost:	±0,2 obj.%	
Rozlišení:	0,1 %	
Odezva t <sub>90</sub> :	cca. 40 s	
<b>Měření CO<sub>2</sub>:</b>		
Rozsah zobrazení:	0...CO <sub>2max</sub>	
Přesnost:	±0,2 obj.%	
Rozlišení:	0,01 obj.%	
Rozsah:	dig. dopočítáno z O <sub>2</sub>	
Odezva t <sub>90</sub> :	cca. 40 s	
<b>Měření CO:</b>		
Měřicí rozsah:	0...4000 ppm	
Přesnost: (podíl H <sub>2</sub> < 10%)	±20 ppm (do 400 ppm) ±5 % z nam.h. (do 1000 ppm)	
	±10 % z nam.h. (do 4000 ppm)	
Možnost kompenzace H <sub>2</sub>		
Měřicí rozsah:	---	0...8000 ppm
Přesnost:	---	±20 ppm (do 200 ppm)
		±5 % z nam.h. (do 2000 ppm)
		±10 % z nam.h. (do 8000 ppm)
Rozlišení:		1 ppm
<b>Obecná technická data:</b>		
Hmotnost:	cca. 500 g	
Rozměry:	216x68x47	
Transportní/skladovací teplota:	-20...+50 °C	
Okolní teplota:	-5...+45 °C	
Napájení:	Li-ionový akumulátor	
Životnost baterie:	> 5h	> 10h
Záruka:	24 měsíců na přístroj, sondy a senzory 12 měsíců na termočlánek a akumulátory (s výjimkou spotřebního materiálu)	

## Popis přístroje



- 1 Ochranné pouzdro: pozice uložení
- 2 Přípojky senzoru pro měření diferenčního tlaku
- 3 Displej
- 4 Tlačítka
- 5 Pouzdro baterií, magnet (zadní strana)








## Uvedení do provozu

### - Vložení baterií:

- 1 Otevření pouzdra baterií: Kryt baterií vysuňte ve směru šipky.
- 2 Vložte baterie (2x 1,5V typ AAA). Pozor na polaritu!
- 3 Uzavření pouzdra baterií: nasuňte kryt baterií.

### - Základní nastavení (konfigurační mód):

#### Nastavitelné funkce

- Měřicí jednotky tlaku a proudění: **hPa, mbar, Pa, mmH<sub>2</sub>O, mmHg, psi, inH<sub>2</sub>O, inHG, m/s, fpm**
  - Pouze při volbě jednotky proudění:  
Hustota média (**Density**): Nastavte blikající číslici pomocí tlačítka , stisknutím tlačítka  začne blikat další číslice.
  - Funkce Auto off (automatické vypnutí): **OFF** (vypnuto), **ON** (zapnuto, přístroj se automaticky vypne 10 min po posledním stisknutí tlačítka)
- 1 Při zapínání podržte stisknuté tlačítko , dokud se na displeji nezobrazí  a  (konfigurační mód).
    - Zobrazí se nastavitelné funkce. Nastavitelná hodnota bliká.
  - 2 Opakovaně stiskněte tlačítko  () , dokud nezačne blikat požadované nastavení.