

Stanovenie účinnosti spaľovacieho zariadenia

2021

OBSAH

1. Úvod	3
2. Priama metóda	5
2.1. Teplo privedené do kotla	6
2.2. Vyrobené teplo	7
2.3. Porovnanie výhod a nevýhod priamej metódy	8
2.4. Príklad výpočtu účinnosti priamou metódou	8
3. Nepriama metóda	11
3.1. Základné typy tepelných strát	12
3.1.1. <i>Strata citeľným teplom spalín (komínová; ξ_K)</i>	12
3.1.2. <i>Strata horľavinou v spalinách (chemický nedopal; ξ_{CN})</i>	14
3.1.3. <i>Strata odovzdávaním tepla do okolia sálaním a vedením (ξ_{SV})</i>	14
3.1.4. <i>Strata horľavinou v tuhých zbytkoch (mechanický nedopal; ξ_{NM})</i>	14
3.1.5. <i>Strata citeľným teplom tuhých zbytkov ($\xi_{f,i}$)</i>	15
3.2. Porovnanie výhod a nevýhod nepriamej metódy	16
3.3. Všeobecný postup merania nepriamou metódou	16
3.4. Príklad merania účinnosti nepriamou metódou	18
4. Závazné pravidlá pre určovanie účinnosti kotla	19
Záver	24
<i>Zoznam použitej literatúry</i>	24

1. Úvod

Spaľovacie zariadenie premieňa energiu viazanú v palive na tepelnú energiu. Následne dochádza k výmene tepla medzi spalinami vzniknutými spálením paliva a teplonosným médiom (napr. voda, para ak ide o parný kotol). Počas tohto procesu dochádza k stratám, ktoré majú značný vplyv na účinnosť kotla.

Tepelná účinnosť spaľovacieho zariadenia vyjadruje pomer užitočne vyrobeného (resp. využitelného) tepla $Q_{už}$ (v pare, vode) k teplu dodanému do kotla Q_{dod} (v palive, v predohriatom vzduchu):

$$\eta = \frac{Q_{už}}{Q_{dod}} \quad (-) \quad (1.1.) \quad [2]$$

kde:

η - účinnosť spaľovacieho zariadenia (-)

Účinnosť kotla sa môže časom znížiť. Dôvodom je napríklad nedokonalé spaľovanie, nedostatočný prívod vzduchu, zhoršenie kvality paliva, vodný kameň na teplovýmennnej ploche výmenníka, ktorý zhoršuje prestup tepla, či zlá prevádzka a údržba. Stanovenie účinnosti kotla nám pomáha zistiť, do akej miery sa účinnosť kotla zhoršila. Účelom skúšky *Určenie účinnosti kotla* je stanoviť skutočnú účinnosť a porovnať ju s normatívnymi hodnotami. Na základe zistenia problémových oblastí a uskutočnenia nápravných opatrení dochádza k úspore energie a finančných zdrojov.

Rozdiel medzi dodaným a odvedeným teplom sú straty tepla Q_{str} . Straty vznikajú pri spaľovaní (premene chemickej energie paliva) a pri prestupe tepla medzi spalinami a výhrevnými plochami:

$$Q_{dod} - Q_{už} = Q_{str} \quad (kJ) \quad (1.2.) \quad [2]$$

A teda pri stanovení účinnosti kotla je možné vychádzať aj z tepelnej bilancie v tvare:

$$Q_{str} = \sum Q_i \quad (kJ) \quad (1.3.)$$

$$Q_{dod} = Q_{už} - \sum Q_i \quad (kJ) \quad (1.4.)$$

kde:

Q_i - je i - tepelná strata (kJ)

Úpravou vzťahu dostávame:

$$1 = \frac{Q_{už}}{Q_{dod}} + \sum \frac{Q_i}{Q_{dod}} = \eta + \sum \xi_i \quad (-) \quad (1.5.) \quad [1]$$

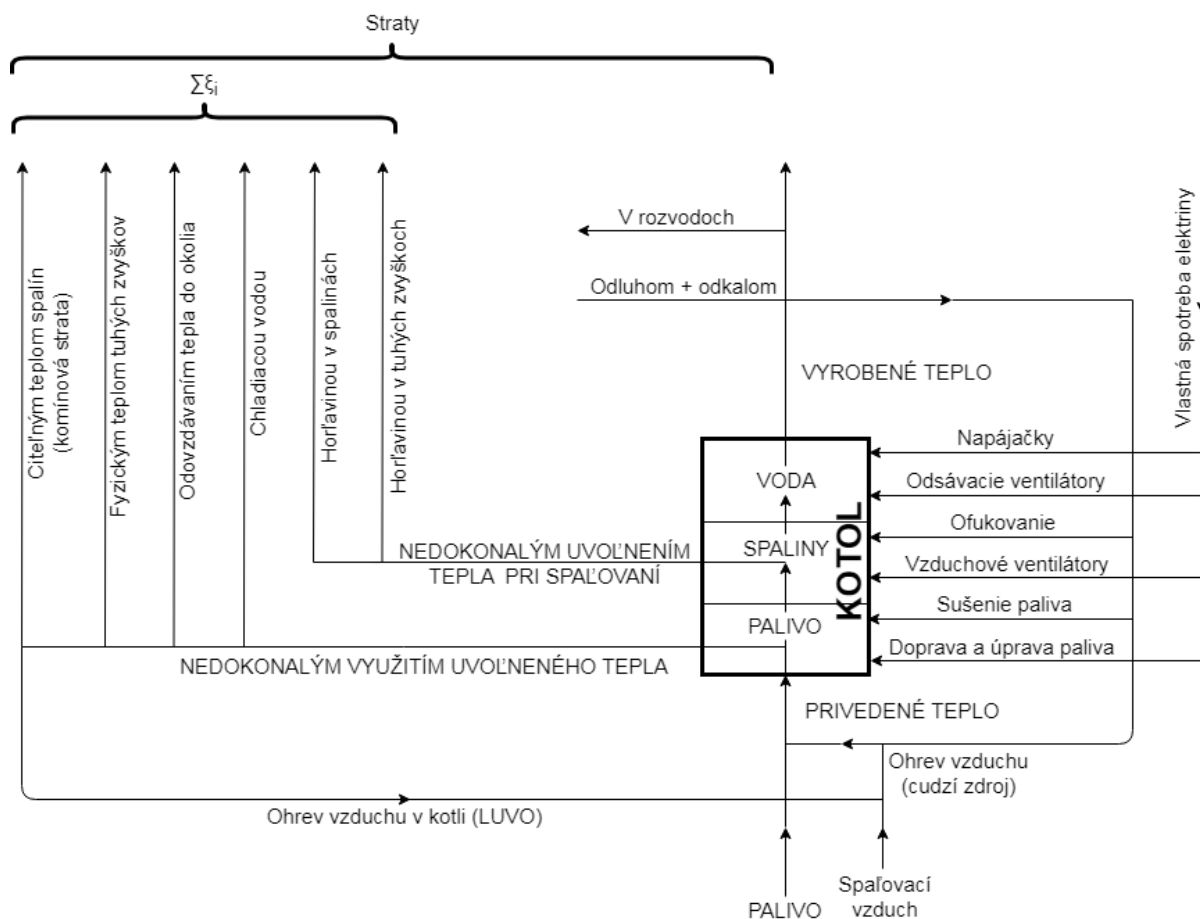
kde:

ξ_i – pomerná strata tepla ako pomer strateného tepla k celkovému privedenému teplu (-)

V technickej praxi poznáme dve metódy stanovenia účinnosti spaľovacieho zariadenia:

1. **Priama metóda** – meranie množstva dodaného a odvedeného tepla.
2. **Nepriama metóda** – stanovuje straty spaľovacieho zariadenia. Účinnosť sa určuje odčítaním strát od 100 %.

Obrázok 1: Schéma energetickej bilancie kotla



2. Priama metóda

Priama metóda je založená na tepelnej bilancii spaľovacieho zariadenia. Súčet tepla na príjmovej strane sa musí rovnať súčtu odvedeného tepla. Je známa tiež ako metóda "vstup - výstup" a vychádza z podstaty definície účinnosti (1.1.).

Priamu metódu je možné použiť iba v tom prípade, ak je možné merať hmotnostný tok a výhrevnosť paliva, teploty a tlaky teplotnosného média (primáru a spiatočky). V spaľovacom zariadení na tuhé palivo (napr. uhlie) je často problematické merať hmotnostný tok vstupujúceho paliva, preto sa uprednostňuje nepriama metóda.

Účinnosť z množstva vyrobenej pary pre kotle bez medziprihrievania pary, bez ohrievania paliva a vzduchu cudzím zdrojom:

$$\eta = \frac{Q_{už}}{Q_{dod}} = \frac{M_p(i_p - i_{nv})}{Q_n \cdot M_{pv}} \quad (-) \quad (1.6.) \quad [1]$$

kde:

i_p - je entalpia vyrobenej pary (kJ.kg⁻¹) – stanovujeme podľa ich tlakov a teploty

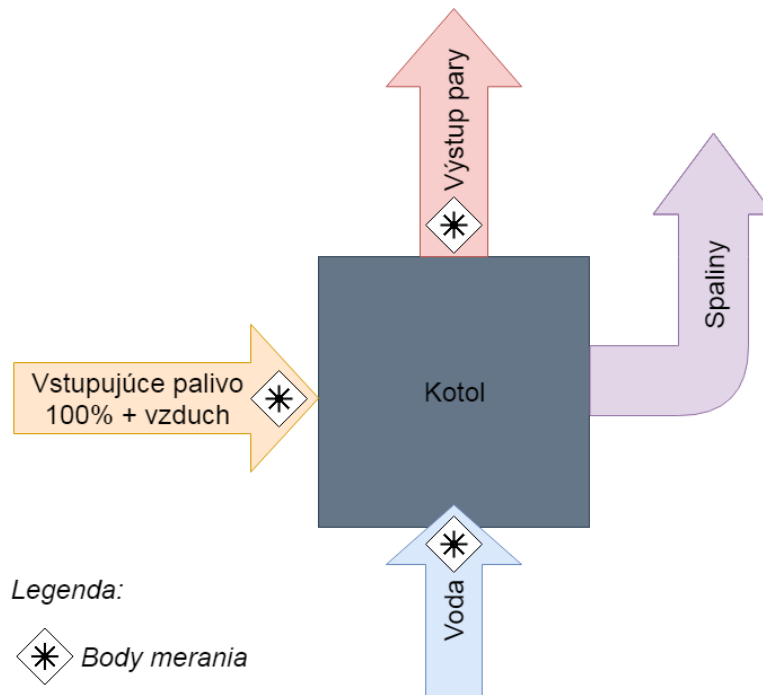
i_{nv} - je entalpia napájacej vody (kJ.kg⁻¹) – stanovujeme podľa ich tlakov a teploty

M_p - hmotnostný tok pary (kg.s⁻¹) – určujeme meraním

Q_n - výhrevnosť paliva (kJ.kg⁻¹) – určujeme laboratórnou metódou

M_{pv} - hmotnostný tok spaľovaného paliva (kg.s⁻¹) – určujeme meraním

Obrázok 2: Parný kotol – účinnosť priamou metódou



2.1. Teplo privedené do kotla

Teplo privedené do kotla za čas Δt sa určí podľa vzťahu:

$$Q_{dod} = M_{pv} \cdot Q_n + M_{pv} \cdot c_{pv} (t_{pv} - t_o) + O_v \cdot c_v \cdot (t_v + t_o) \quad (kJ) \quad (1.7.) \quad [4]$$

kde:

- c_{pv} - špecifická tepelná kapacita paliva ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- t_{pv} - teplota privádzaného paliva po zohriatí cudzím zdrojom ($^{\circ}\text{C}$)
- t_o - teplota okolia ($^{\circ}\text{C}$)
- O_v - množstvo spaľovacieho vzduchu za čas Δt (m^3)
- c_v - špecifická tepelná kapacita vzduchu ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- t_v - teplota privádzaného vzduchu zohriateho cudzím zdrojom ($^{\circ}\text{C}$)

Prvý člen pravej strany vo vzťahu (1.7) vyjadruje chemicky viazané teplo v palive, druhý člen vyjadruje fyzikálne teplo paliva, tretí člen vyjadruje teplo privádzané spaľovacím vzduchom. Hodnota druhého a tretieho člena je v porovnaní s hodnotou prvého člena zanedbateľná a ráta sa s nimi iba v prípade ohrevu paliva alebo vzduchu z cudzích zdrojov (nie vo vlastnom kotle). [4]

2.2. Vyrobené teplo

Vyrobené teplo – teplo odovzdané vode a pare za čas Δt sa určí podľa vzťahu:

$$Q_{už} = M_p \cdot i_p - M_{nv} \cdot i_{nv} + M_o (i_{odluh} - i_{nv}) \quad (kJ) \quad (1.8.) \quad [4]$$

kde:

M_o - množstvo odluhu za čas Δt (kg)

i_{odluh} - entalpia odluhu (kJ.kg⁻¹)

Podľa hmotnostnej bilancie platí:

$$M_{nv} = M_p + M_o \quad (kg) \quad (1.9.) \quad [4]$$

Ak sa pri skúške kotol neodluhuje:

$$Q_{už} = M_p (i_p - i_{nv}) \quad (kJ) \quad (1.10.)$$

2.3. Porovnanie výhod a nevýhod priamej metódy

Tabuľka 1:

PRIAMA METÓDA	
Výhody	Nevýhody
Rýchle vyhodnotenie účinnosti kotla	Neposkytuje vodítko, prečo je účinnosť systému nižšia
Nie je náročná na výpočet	Nevypočítava rôzne druhy strát spaľovacieho zariadenia, vďaka ktorým sa dá bližšie určiť dôvod zníženia účinnosti
Jednoduché dlhodobé monitorovanie kotla za použitia zariadenia nainštalovaného priamo v kotolni	Nie je možné použiť ju vo všetkých prípadoch. Napríklad meranie hmotnostného toku uhlia je problematické
Nevyžaduje odhad nemerateľnej straty	Posúdenie presnosti výpočtu je možné iba použitím nepriamej metódy. Môže byť zaťažená chybou merania (malé kotly – problém s určením tzv. “základnej vrstvy” horiaceho paliva na začiatku a na konci merania účinnosti)

2.4. Príklad výpočtu účinnosti priamou metódou

Palivo: Zemný plyn
 Menovitý tepelný výkon kotla: 110 – 150 kW
 Výrobca: Stibelwerk GMBH
 Typ kotla: CA 7S - 7
 Horák: WG 30N/1-A
 Rok výroby: 1 999
 Výrobné číslo: 69.087

Obrázok 3: Výrobný štítok kotla

Výrobca: STIBELWERK GMBH	
Typ kotla: CA 7S - 7	Max tlak vody: 4 BAR Mpa
Druh plynu: ERDGAS	Menovitý (pripájaci) pretlak plynu: kPa
Menovitý tepelný výkon kotla: 110 - 150 kW	Kategória kotla:
Elektrická sieť: 230V-50Hz	Stupen elektrického krytia: IP Elektrický príkon: W
Rok výroby: 1999	Výrobné číslo: 69.087

Obrázok 4: Kotelňa



Tabuľka 2:

Zemný plyn		
Dátum	Spalné teplo [kWh/m ³]	Výhrevnosť [kWh/m ³]
21.2.2019	10,739	9,6651
22.2.2019	10,743	9,6687
23.2.2019	10,744	9,6696
24.2.2019	10,743	9,6687
25.2.2019	10,745	9,6705
26.2.2019	10,742	9,6678
27.2.2019	10,741	9,6669
28.2.2019	10,742	9,6678
Priemer		9,6681
Počiatkový stav [m ³]	Konečný stav [m ³]	Spotreba [m ³]
57 150,64	57 901,00	750,36

Obrázok 5: Plynomer



Dôležité je miesto inštalácie meracích prístrojov. Keďže plynomer je nainštalovaný vonku, na celú kotelňu, počas skúšky bol v prevádzke iba jeden kotol. Priemerná výhrevnosť zemného plynu počas obdobia merania bola 9,6681 kWh/m³. Meranie prebiehalo v rozpätí 169 hodín. Spotreba zemného plynu počas tohto obdobia bola 750,36 m³.

V tomto prípade teplo privedené do kotla zodpovedá prvej časti pravej strany rovnice (1.7.):

$$Q_{dod} = M_{pv} \cdot Q_n = 750,36 \text{ m}^3 \cdot 9,6681 \text{ kWh/m}^3 = 7\,254,556 \text{ kWh}$$

Tabuľka 3:

Ústredné kúrenie (ÚK)				Teplá úžitková voda (TÚV)			
Počiatoč. stav [GJ]	Koneč. stav [GJ]	Spotreba [GJ]	Spotreba [kWh]	Počiatoč. stav [GJ]	Koneč. stav [GJ]	Spotreba [GJ]	Spotreba [kWh]
895,32	913,88	18,56	5 155,81	404,8	410,4	5,6	1 555,56

$$\eta = \frac{Q_{už}}{Q_{dod}} = \frac{5\,155,81 \text{ kWh} + 1\,555,56 \text{ kWh}}{7\,254,556 \text{ kWh}} \cdot 100\% = 92,51\%$$

Minimálna povolená účinnosť kotla je 87 % - plynné palivo, výkon kotla 0,1-0,5> MW.

Obrázok 7: Merač – TÚV



Obrázok 6: Merač – ÚK



Meracie zariadenie by malo byť nainštalované hneď za poslednou teplovýmennou plochou kotla. Inak by mali byť započítané aj tepelné straty potrubia medzi výmenníkom a meracím zariadením.

3. Nepriama metóda

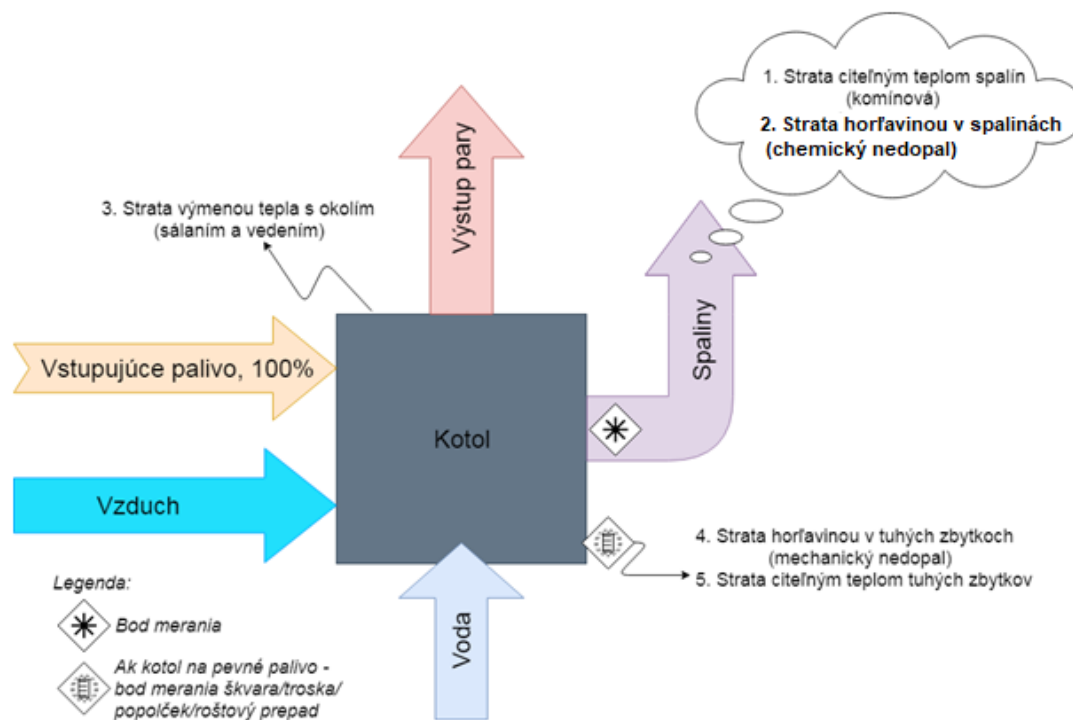
Nepriama metóda je metóda stanovenia jednotlivých strát spaľovacieho zariadenia. Celková tepelná účinnosť sa vypočíta zo vzťahu:

$$\eta = 1 - \sum \xi_i \quad (-) \quad (2.1.) \quad [1]$$

Tabuľka 4: Základné typy tepelných strát

Tepelná strata	Typ kotla podľa spaľovaného paliva		
	Tuhé palivo	Kvapalné palivo	Plynné palivo
1. Strata citeľným teplom spalín (komínová; ξ_K)	Najväčšia strata		
2. Strata horľavinou v spalinách (chemický nedopal; ξ_{CN})	Podstatnú časť straty tvorí najčastejšie výskyt CO.		
3. Strata odovzdávaním tepla do okolia sálaním a vedením	Veľkosť straty nie je podstatná a prakticky neprevyšuje 1 %.		
4. Strata horľavinou v tuhých zbytkoch (mechanický nedopal; ξ_{NM})	Škvara, troska, popolček, roštový prepád	0 – 0,2 %	Nulová
5. Strata citeľným teplom tuhých zbytkov ($\xi_{f,i}$)	Škvara, troska, popolček	Nulová	Nulová

Obrázok 8: Parný kotol – účinnosť nepriamou metódou



3.1. Základné typy tepelných strát

3.1.1. Strata citeľným teplom spalín (komínová; ξ_K)

Je spôsobená entalpiou spalín odchádzajúcich do ovzdušia a je rozhodujúcou stratou spaľovacieho zariadenia. Je daná vzťahom:

$$\xi_K = \frac{V_{s,v} \cdot c_p^s (t_k - t_v)}{Q_n} \quad (-) \quad (2.2.) \quad [1]$$

kde:

$V_{s,v}$ - objem vlhkých spalín vzniknutých spálením 1 kg (1 m^3) paliva za normálnych podmienok ($0 \text{ }^\circ\text{C}$; $101,325 \text{ kPa}$)

c_p^s - stredná špecifická tepelná kapacita spalín pri konštantnom tlaku ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; resp. $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$)

t_k - teplota spalín na vstupe do komína ($^\circ\text{C}$)

t_v - teplota vzduchu ($^\circ\text{C}$)

Q_n - výhrevnosť paliva ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$; resp. $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$)

Pri výpočte tejto straty je možné použiť zjednodušený vzťah:

$$\xi_K = 0,01 \cdot K_1 \frac{t_k - t_v}{\omega_{CO_2}} \quad (-) \quad (2.3.) \quad [1]$$

kde:

ω_{CO_2} - obsah CO_2 v suchých spalinách (%)

K_1 - konštanta podľa druhu paliva (viď *Tabuľku 5*)

K_2 - pomocná konštanta pre stanovenie K_1 (viď *Tabuľku 6*)

Tabuľka 5: Hodnoty K_1

Palivo	K_1
Koks	0,80
Čierne uhlie	$1,0 \cdot K_2$
Hnedé uhlie	$1,1 \cdot K_2$
Dechtový olej	0,66
Vykurovací olej	0,60
Zemný plyn	0,48

Tabuľka 6: Konštanta K_2 pre výpočet ξ_k

Obsah vody v palive, W (%)	Obsah CO_2 v suchých spalinách, ω_{CO_2} (%)					
	6	8	10	12	14	16
0	0,652	0,658	0,666	0,68	0,68	0,69
10	0,661	0,668	0,678	0,69	0,70	0,71
20	0,671	0,681	0,693	0,71	0,72	0,73
30	0,689	0,689	0,717	0,74	0,75	0,77
40	0,724	0,724	0,762	0,78	0,81	0,83
50	0,774	0,799	0,827	0,86	0,89	0,92
60	0,847	0,885	0,925	0,97	1,00	1,05

3.1.2. Strata horľavinou v spaliniách (chemický nedopal; ξ_{CN})

Vyjadruje stratu pri uvoľňovaní tepla v dôsledku nedokonalého spaľovania horľaviny paliva. Strata súvisí s výskytom plynenej horľaviny CO. Vypočíta sa zo vzťahu:

$$\xi_{CN} = (1 - \xi_{MN}) \cdot V_{SSp} \frac{\sum Q_i'}{Q_n} \quad (-) \quad (2.4.) \quad [1]$$

kde:

Q_i' - výhrevnosť horľavých zložiek (kJ.m⁻³)

$$Q_i' = 12640 \cdot \omega_{CO_2} + 10800 \cdot \omega_{H_2} + 35800 \cdot \omega_{CH_4} + \dots$$

ω - objemový podiel horľaviny (CO, H₂, CH₄) v suchých spaliniách (m³.m⁻³)

ξ_{MN} - strata horľavinou v tuhých zbytkoch

V_{SSp} - objem suchých spalín vzniknutých z 1 kg, resp. 1 m³ paliva za normálnych podmienok (0 °C; 101,325 kPa)

3.1.3. Strata odovzdávaním tepla do okolia sálaním a vedením (ξ_{sv})

Závisí od konštrukcie spaľovacieho zariadenia, a to od použitého materiálu izolácií, hrúbky stien a povrchovej úpravy stien. Presný výpočet tejto straty je zdĺhavý. Jej veľkosť prakticky neprevyšuje 1 %, preto nie je podstatná. Na jej stanovenie sa používajú nomogramy alebo empirický vzťah:

$$\xi_{sv} = \frac{4}{\sqrt[3]{P_m}} \frac{P_m}{P} \quad (-) \quad (2.5.) \quad [1]$$

kde:

P_m - je menovitý výkon kotla (MW)

P - je skutočný výkon kotla (MW)

3.1.4. Strata horľavinou v tuhých zbytkoch (mechanický nedopal; ξ_{NM})

Vyskytuje sa obvykle len pri spaľovaní tuhých palív. V prípade kvapalného paliva je táto strata $\xi_{NM} = 0 - 0,2 \%$. V prípade plynného paliva je nulová. Strata horľavinou v tuhých zbytkoch je spôsobená prítomnosťou nespáleného uhlíka v tuhom zbytku po spaľovaní (škvare, troske, popolčeku, roštovom prepade).

$$\xi_{MN} = Q_c \frac{C_i'}{1 - C_i'} \cdot \frac{X_i'}{Q_n} \cdot A \quad (-) \quad (2.6.) \quad [1]$$

kde:

Q_c - výhrevnosť uhlíka (MJ.kg^{-1})

$$Q_c = 32,7 \text{ MJ.kg}^{-1}$$

C_i' - obsah uhlíka v i - tuhom zbytku. Stanovuje sa laboratórnym rozborom tuhého zbytku (obsah uhlíka v troske býva nulový). (kg.kg^{-1})

X_i' - pomer hmotnosti popola v uvažovanom tuhom zbytku k hmotnosti popoloviny v palive (kg.kg^{-1})

Stanovenie pomernej hmotnosti je obťažné, preto sa používajú smerné hodnoty z popolovej bilancie spaľovacieho zariadenia (viď *Tabuľku 7*).

Tabuľka 7: Popolová bilancia v rôznych typoch spaľovacieho zariadenia

Typ ohniska	X_s (škvara) resp.	X_r (roštový prepád)	X_p (popolček)
	X_t (troska) [%]	[%]	[%]
Roštové	62 – 77	0 – 6	13 – 33
Granulačné	10 – 20	–	75 – 80
Výtavné	35 – 50	–	40 – 55
Cyklónové	70 – 80	–	10 – 20
Fluidné	68 – 80	0 – 2	20 – 30

3.1.5. Strata citeľným teplom tuhých zbytkov ($\xi_{f,i}$)

Vyskytuje sa len pri spaľovaní tuhých palív. V prípade spaľovania kvapalných a plyných palív je táto strata nulová. Súvisí s entalpiou tuhých zbytkov po spaľovaní (škvara, troska, popolček) odvádzaných zo spaľovacieho zariadenia.

$$\xi_{f,i} = c_i t_i \frac{X_i}{1 - C_i} \cdot \frac{A}{Q_n} \quad (-) \quad (2.7.) \quad [1]$$

kde:

c_i - špecifická tepelná kapacita i - tuhého zbytku ($\text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$);

$$c \text{ (škvara, troska)} = 1,26 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1};$$

$$c \text{ (popolček, prepad na rošte) } = 0,84 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

- t_i - teplota tuhého zbytku (°C)
 A - obsah popoloviny v palive (kg.kg⁻¹)
 X_i - pomerná časť popola, zachyteného vo forme i - tuhého zbytku
 C_i - podiel horľaviny v danom tuhom zbytku (kg.kg⁻¹)
 Q_n - výhrevnosť tuhého paliva (kJ.kg⁻¹)

3.2. Porovnanie výhod a nevýhod nepriamej metódy

Tabuľka 8:

NEPRIAMA METÓDA	
Výhody	Nevýhody
Môže ňou byť odhalený najväčší zdroj straty	Vyžaduje viac výpočtov ako priama metóda
Na základe zistenia najväčšieho zdroja straty sa ľahšie stanovujú odporúčania na zvýšenie účinnosti	Náročnejšie dlhodobé monitorovanie kotolne – zber dát vyžaduje pravidelné meranie
Primárne výpočty ako analyzátor spalín a teplota spalín sú veľmi presné	Niektoré body strát nie je možné merať tak, aby sa predpokladala ich hodnota
Nízka úroveň neistoty, pretože výpočet strát odráža malú časť celkovej premeny energie	
Relatívne nízka chybovosť	

3.3. Všeobecný postup merania nepriamou metódou

Vzorkovací otvor musí byť tesný. Spaliny sa vzorkujú blízko výstupu kotla, v strede prúdu. Vhodný je tiež najhorúcejší bod alebo bod s najnižšou nameranou koncentráciou O₂. Meranie teploty spaľovacieho vzduchu sa vykonáva na vstupe horáka. Odporúčané je nepretržité meranie teploty spalín a vstupného vzduchu.

V prípade, že dochádza k predhrievaniu spaľovaného vzduchu, miesto merania teploty spalín a spaľovacieho vzduchu je medzi kotlom a rekuperátorom tepla.

Na tom istom mieste musia byť merané tieto vlastnosti spalín: teplota spalín, obsah kyslíka v suchých spalinách, podiel spalín (napr. obsah CO v spalinách), teplota spaľovacieho vzduchu (musí byť meraná na vstupe horáka).

Tabuľka 9: Teoretické hodnoty obsahu CO₂, množstva spaľovacieho vzduchu V_{teor} a spalín V_s pre rôzne druhy palív [5]

Druh paliva	Maximálny obsah CO ₂ [obj. %]	Teoretické množstvo vzduchu V _{teor} [m ³ _n /kg; m ³ _n /m ³ _n]	Teoretické množstvo spalín V _s [m ³ _n /kg; m ³ _n /m ³ _n]
Čierne uhlie			
Oravsko-karvinské	18,4 – 18,9	7,1 – 7,5	7,5 – 7,8
Kladniansko-rosické	18,8 – 19,3	4,8 – 5,2 – 6,0	5,5 – 5,9 – 6,5
Hnedé uhlie			
Hornonitrianske uhlie	18,8 – 19,4	4,9 – 5,1	5,6 – 5,8
Dolinské uhlie	18,8 – 19,0	2,4 – 3,1	3,6 – 4,0
Záhorské uhlie	18,8 – 19,0	2,4 – 3,1	3,6 – 4,0
Koks	20,5 – 20,6	6,7 – 7,7	7,0 – 7,9
Drevo	20,2 – 20,6	3,5 – 4,0	4,3 – 5,0
Vykurovacie oleje			
Ľahký vykurovací olej	15,6	10,1	10,6
Ťažký vykurovací olej	15,8	10,0	10,5
Plyn			
Svietiplyn	13,7	4,5	5,1
Zemný plyn	11,9	8,4 – 8,6	9,4 – 9,7

3.4. Príklad merania účinnosti nepriamou metódou

Obrázok 9: Kotelňa s kondenzačným kotlom na zemný plyn



Obrázok 10: Vzorkovací otvor a kombinovaný snímač



Palivo:	Zemný plyn
Menovitý tepelný výkon:	80,2 kW
Výrobca:	Viessmann
Výrobný typ:	Vitocrossal CI-80
Výrobné číslo:	7551289800341 102

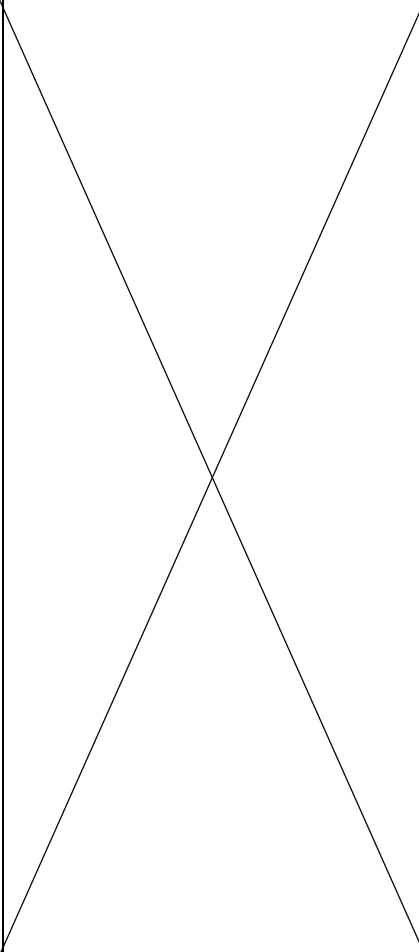
4. Záväzné pravidlá pre určovanie účinnosti kotla

Vyhláška č. 422/2012 Z. z. upravuje postup pri pravidelnej a rozšírenej kontrole vykurovacích systémov. Účinnosť kotla s menovitým výkonom do 100 kW sa určí podľa prílohy č. 2 a účinnosť kotla s menovitým výkonom nad 100 kW vrátane podľa prílohy č. 3 danej vyhlášky.

Tabuľka 10:

Číslo odseku	Príloha č. 1 k vyhláške č. 422/2012 Z. z.	Príloha č. 2 k vyhláške č. 422/2012 Z. z.
	Účinnosť kotlov s menovitým výkonom <i>do 100 kW</i>	Účinnosť kotlov s menovitým výkonom <i>nad 100 kW vrátane</i>
1.	Všeobecne	
1.1.	Pri určení účinnosti kotla sa uvažuje len komínová strata . Ďalšie straty, ako napríklad strata mechanickým a chemickým nedopalom a strata sálaním do okolia, sa zanedbajú. Účinnosť kotla sa určí odpočítaním komínovej straty v percentách od hodnoty 100 %.	Pri určení účinnosti kotla sa uvažuje komínová strata, strata mechanickým a chemickým nedopalom a strata sálaním do okolia . Účinnosť kotla sa určí odpočítaním strát v percentách od hodnoty 100 %.
1.2.	V prípade kotla, ktorý môže používať rôzne druhy paliva, sa účinnosť určí pre každé palivo, ktoré je v čase kontroly k dispozícii a ktoré je v súlade so špecifikáciou výrobcu.	
2.	Určenie komínovej straty	Určenie účinnosti kotla

2.1.	<p>Komínová strata sa určí nepriamou metódou podľa príslušných technických predpisov na základe nameraných a vypočítaných údajov uvedených v tabuľkách.</p> <p>Merané veličiny:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obsah kyslíka, resp. obsah oxidu uhličitého - Obsah oxidu uhoľnatého - Teplota spalín - Teplota spaľovacieho vzduchu <p>Výpočet údajov:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Obsah oxidu uhličitého:</i> Výpočtom z maximálneho obsahu CO₂ v palive, nameraného obsahu kyslíka a nameraného obsahu oxidu uhoľnatého - <i>Komínová strata:</i> Výpočtom z teploty spalín, teploty spaľovacieho vzduchu, obsahu kyslíka, resp. obsahu oxidu uhličitého a parametrov paliva 	<p>Účinnosť kotla sa určí:</p> <p>a) nepriamou metódou podľa príslušných technických predpisov; komínová strata sa určí podľa prílohy č. 2a vyhlášky č. 422/2012 Z. z.</p> <p>b) priamou metódou z výsledkov prevádzkových meraní podľa príslušných technických predpisov.</p>
2.2.	<p>Pred meraním sa skontroluje, či sú splnené potrebné podmienky na to, aby sa počas merania nevyskytla žiadna porucha, ktorá by mohla nepriaznivo ovplyvniť jeho priebeh.</p>	<p>Pri rozdielne hodnôt účinnosti kotla určenej podľa bodu 2.1. písm. a) a bodu 2.1. písm. b) väčšom ako $\pm 3\%$ je potrebné rozdiel analyzovať a zdôvodniť.</p>
2.3.	<p>Na vykonanie merania sa môžu využiť inštalované prevádzkové meracie prístroje alebo vlastné meracie prístroje.</p>	<p>Ak nie sú k dispozícii údaje na určenie účinnosti kotla priamou metódou, možno použiť len nepriamu metódu.</p>

2.4.	<p>Pri meraní veličín potrebných na výpočet komínovej straty sa postupuje podľa týchto zásad:</p> <p>a) meranie možno začať až vtedy, keď je kotol v ustálenej prevádzke s konštantným prietokom paliva a spaľovacieho vzduchu; pri kotloch na tuhé palivá s občasným prikladaním paliva a pri násypných kotloch sa s meraním začne až po dostatočnom rozhorení paliva a po ustálení prevádzkových parametrov, pričom sa prihliada na spôsob prevádzky kotla, najmä na nepretržitú alebo prerušovanú prevádzku a na používané palivo,</p> <p>b) meracia sonda sa umiestni do otvoru v spalinovode za poslednou teplovýmennou plochou kotla, aby nedochádzalo k riedeniu spalín a skresľovaniu nameraných hodnôt; otvor musí byť vyhotovený podľa príslušných technických predpisov,</p> <p>c) meranie sa vykoná opakovane, najmenej trikrát v intervale desiatich minút pri menovitom výkone kotla alebo pri najbližšom možnom výkone a do výpočtu sa použijú priemery z nameraných hodnôt.</p>	
3.	Porovnanie účinnosti s normatívnou hodnotou	
3.1.	Hodnota účinnosti vypočítaná podľa 1.1. sa porovná s normatívnymi hodnotami uvedenými v Tabuľke 11 .	Hodnota účinnosti určená podľa bodu 2 sa porovná s normatívnymi hodnotami podľa osobitného predpisu. (Tabuľka 12 obsahuje normatívne hodnoty vychádzajúce z Vyhlášky Úradu pre reguláciu sieťových odvetví č. 328/2005 Z. z. v znení vyhlášky č. 59/2008 Z. z.)
3.2.	Výsledok porovnania účinnosti s normatívnou hodnotou je základom návrhu odporúčaní v správe z kontroly.	

Tabuľka 11:

Výkon kotla od 20 do 100 kW			
Minimálna účinnosť kotla [%]	Tekuté palivo	Zemný plyn, propán-bután	89
		Ostatné	83
		Kondenzačný kotol	93
		Biomasa	71
	Tuhé palivo	Koks	73
		Brikety	71
		Čierne uhlie	72
		Hnedé uhlie triedené	70
		Hnedé uhlie netriedené	66

Tabuľka 12: Vychádza z prílohy č. 1 k vyhláške č. 328/2005 Z. z. v znení vyhlášky č. 59/2008 Z. z.

Ukazovatele energetickej účinnosti zariadení na výrobu tepla a distribúciu tepla				
1. Ukazovateľ energetickej účinnosti zariadenia na výrobu tepla s teplovodnými alebo horúcovodnými kotlami sa určí z korigovaných garantovaných účinností jednotlivých prevádzkovaných kotlov váženým priemerom v závislosti od menovitého výkonu kotla.				
Výkon kotla (MW)	od 0,02 do 0,1 vrátane	od 0,1 do 20,0 vrátane	od 20,0 do 50,0 vrátane	nad 50,0
Účinnosť kotla	$\eta_G - 3 \%$	$\eta_G - 2 \%$	$\eta_G - 1,5\%$	$\eta_G - 1 \%$
η_G - garantovaná účinnosť kotla				
2. Ukazovateľ energetickej účinnosti zariadenia na výrobu tepla s parnými kotlami sa určí z korigovaných garantovaných účinností jednotlivých prevádzkovaných kotlov váženým priemerom v závislosti od menovitého výkonu kotla.				
Výkon kotla (MW)	od 0,1 do 20,0 vrátane	od 20,0 do 50,0 vrátane	nad 50,0	
Účinnosť kotla	$\eta_G - 3\%$	$\eta_G - 3 \%$	$\eta_G - 3 \%$	
η_G - garantovaná účinnosť kotla				

3. **Najnižšia účinnosť kotla** sa použije na určenie ukazovateľa energetickej účinnosti zariadenia na výrobu tepla v prípade ak účinnosť kotla podľa bodu 1 alebo 2 je nižšia ako najnižšia účinnosť kotla podľa tohto bodu.

Výkon kotla [MW]		0,1	nad 0,1 do 0,5 vrátane	nad 0,5 do 3 vrátane	nad 3 do 6 vrátane	nad 6 do 20 vrátane	nad 20	
Účinnosť kotla [%]	Plynné palivo	87	87	88	88	89	89	
	Kvapalné palivo	Ostatné	80	82	83	84	85	86
		ŤVO	-	-	-	82	83	85
	Nízko - teplotný kotol uvedený do prevádzky po 31.12.2008		90	91	92	-	-	-
	Kondenzačný kotol		92	93	94	-	-	-
	Kondenzačný kotol uvedený do prevádzky po 31.12.2008		95	96	97	-	-	-
	Tuhé palivo	Biomasa	68	69	70	72	75	79
		Koks	70	72	-	-	-	-
		Brikety	68	69	70	-	-	-
		Čierne uhlie	69	70	72	75	78	82
Hnedé uhlie triedené		67	68	69	71	72	-	
Hnedé uhlie netriedené		63	64	65	68	73	79	

Záver

Od 1. januára 2021 platia nové pravidlá pre intervaly kontroly vykurovacích systémov. Vyhláška č. 422/2012 Z. z. Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovuje postup pri pravidelnej kontrole vykurovacieho systému, rozšírenej kontrole vykurovacieho systému a pri pravidelnej kontrole klimatizačného systému bude novelizovaná v roku 2022.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Prof. Ing. Dušan HLOUBEK, CSc.; Spaľovacie zariadenia, výmenníky tepla a kotly (2002); str. 90 a 91
- [2] Ing. Dr. Josef Vlach, DrSc. a kol.; Čísla pro energetiky (1989), str. 99 - 112
- [3] Doc. Ing. Eugen Žunko; Energetické stroje (1985), str. 5 - 40
- [4] Ing. Ivan Rajniak a kol.; Meranie v tepelnej energetike (1989); str. 267 - 290
- [5] Otília Lukovičová a kol.; Zdroje tepla a domové kotelne (2004); str.45
- [6] ČSN 07 0305 Hodnocení kotlových ztrát, 07/1984
- [7] STN EN 15378 (06 0804) Vykurovacie systémy v budovách – Kontrola vykurovacích systémov, 12/2008
- [8] <https://beeindia.gov.in/sites/default/files/4Ch1.pdf>
- [9] <https://technology-articles.com/boiler-efficiency-calculation/>
- [10] Zákon č. 157/2018 Z. z. o metrológii a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [11] Zákon č. 314/2012 Z. z. o pravidelnej kontrole vykurovacích systémov a klimatizačných systémov a o zmene zákona č. 455/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov
- [12] Vyhláška č. 422/2012 Z. z. Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovuje postup pri pravidelnej kontrole vykurovacieho systému, rozšírenej kontrole vykurovacieho systému a pri pravidelnej kontrole klimatizačného systému
- [13] Vyhláška Úradu pre reguláciu sieťových odvetví č. 328/2005 Z. z., ktorou sa určuje spôsob overovania hospodárnosti prevádzky sústavy tepelných zariadení, ukazovatele energetickej účinnosti zariadení na výrobu tepla a distribúciu tepla, normatívne ukazovatele spotreby tepla, rozsah ekonomicky oprávnených nákladov na overenie hospodárnosti prevádzky sústavy tepelných zariadení a spôsob úhrady týchto nákladov v znení vyhlášky č. 59/2008 Z. z.