



MALÉ ZDROJE ZNEČIŠŤOVÁNÍ

MĚŘENÍ

SPOLEČENSTVÍ KOMINÍKŮ ČR

SEZNAM KAPITOL

1	SPALOVÁNÍ PALIV	SPALOVÁNÍ
2	SPOTŘEBIČE PALIV – měřicí místa	KOTLE
3	MĚŘICÍ PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ SPALIN	ANALYZÁTORY
4	KONTROLA PŘED MĚŘENÍM	KONTROLA
5	MĚŘENÍ ÚČINNOSTI SPOTŘEBIČŮ PALIV	MĚŘENÍ
6	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ	VYHODNOCENÍ

Literatura, normy, předpisy

1 SPALOVÁNÍ PALIV

Obsah kapitoly

1	SPALOVÁNÍ PALIV.....	1
1.1	Měrové jednotky.....	1
1.2	Jednotlivé složky plynů ve spalinách	2
1.2.1	Kyslík (O_2)	2
1.2.1	Dusík (N_2).....	3
1.2.2	Oxid uhličitý (CO_2)	3
1.2.3	Oxid uhelnatý (CO).....	4
1.2.4	Oxidy dusíku (NO_x).....	4
1.2.5	Oxid siřičitý (SO_2), saze a prach.....	5
1.3	Vzduch pro spalování	5
1.3.1	Stechiometrické spalování	5
1.3.2	Dokonalé spalování	6
1.3.3	Nedokonalé spalování	6
1.4	Paliva	7
1.4.1	Pevná paliva	7
1.4.2	Kapalná paliva	7
1.4.3	Plynná paliva	8
1.5	Diagram spalování.....	8
1.6	Rovnice hoření a produkty spalování	9
1.6	Příklad výpočtu množství vzduchu pro spalování	11
1.6.1	Tabelární výpočet spalin.....	13
1.6.2	Spalovací trojúhelníky	13
	Tabulky.....	14
	Oswaldův spalovací trojúhelník	18

1 SPALOVÁNÍ PALIV

Spalování paliv je chemicko fyzikální pochod, provázený vývinem tepla, při kterém se slučují hořlavé složky obsažené v palivu s kyslíkem. Spalování se běžně provádí vzduchem.

Hořlavé složky v tuhém a kapalném palivu tvoří uhlík C a vodík H, v plynném palivu oxid uhelnatý CO, uhlovodíky C_nH_m a vodík H_2 .

Negativním produktem spalování jsou spaliny, které obsahují množství škodlivých látek. K produktům spalování patří oxid uhličitý CO_2 , oxid uhelnatý CO, oxid siřičitý SO_2 , oxidy dusíku NO_x , zbytkový kyslík O_2 a dusík, vodní pára.

V důsledku rostoucího objemu využívání spalovacích procesů je životní prostředí stále více zatěžováno vyššími koncentracemi škodlivých zplodin. Výsledkem jsou mimo jiné smog, kyselá dešť, zvýšené procento alergických onemocnění a další. Cesta k ekologicky šetrné výrobě energie musí proto vést přes redukci objemu negativních zplodin ve spalínách. To je možné jednak výrobou a montáží nových spotřebičů paliv, které odvádí minimální množství škodlivin do ovzduší ale současně i analýzou spalín současně používaných spotřebičů paliv a následným optimálním nastavením jejich spalovacího procesu.

1.1 Měrové jednotky

Pro stanovení množství škodlivin ve spalínách se užívají objemové nebo hmotnostní jednotky..

Základní jednotkou pro objemové vyjádření koncentrace plynné látky ve směsi je 1 % objemové. Označuje se 1 % obj. V procentech (%) měříme obsah CO_2 , O_2 .

Pro koncentrace některých látek je objem v % příliš hrubým měřítkem a proto se používá jednotka menší a to 1 ppm – parts per milion (částice z milionu). Jestliže je jedni procento (1 %) setina objemu, je 1 ppm jedna miliontina objemu.

10 000 ppm	= 1 %
1 000 ppm	= 0,1 %
100 ppm	= 0,01 %
10 ppm	= 0,001 %
1 ppm	= 0,000 1 %

Příklad : Koncentrace kyslíku 21 % objemových odpovídá koncentraci 210 000 ppm O_2 .

Základní jednotkou pro hmotnostní vyjádření koncentrace plynné látky v objemovém množství je $1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (miligram/metr kubický). Protože tato jednotka závisí na tlaku a teplotě, vztahuje se na objem za normálních podmínek, tedy při teplotě 0°C a tlaku $101,325 \text{ kPa}$.

Tento údaj ale stále není jednoznačný, protože objemové podíly ve spalínách se mění podle podílu kyslíku (O_2) ve spalínách (zředění spalin okolním vzduchem). Některé požadované údaje lze porovnávat pouze při stejném obsahu kyslíku. Používá se buď tzv. stechiometrický poměr (kdy množství kyslíku O_2 ve spalínách = 0) nebo se používá definovaný, tzv. referenční obsah O_2 ve spalínách, např. u plyných a kapalných paliv je to u nás 3 %.

***Přepočít hmotnostních jednotek na objemové a naopak
(dle Avogardova zákona, při 0°C a $101,325 \text{ kPa}$)***

		$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	ppm	ppm	$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$
oxid uhelnatý	CO	1	0,7997	1	1,2505
oxid uhličitý	CO_2	1	0,509	1	1,9646
oxid dusnatý	NO	1	0,746	1	1,3405
oxid dusičitý	NO_2	1	0,4868	1	2,0542
oxid siřičitý	SO_2	1	0,3496	1	2,8604

1.2 Jednotlivé složky plynů ve spalínách

Při spalování paliv, které obsahují zejména uhlík (C) a vodík (H) se vzduchem, se spotřebovává kyslík (O_2). Tento proces se nazývá oxidací. Prvky vytvořené v palivu a v atmosféře vytvářejí nové sloučeniny – viz tabulka.

1.2.1 Kyslík (O_2)

Kyslík (oxid) O_2 , vyskytuje v atmosféře, se částečně při hoření váže s vodíkem. Při technických výpočtech se uvažuje, že spalovací vzduch obsahuje pouze kyslík a dusík a používá se přibližně toto složení :

V objemových % 21 % O_2 a 79 % N_2 ,
V hmotnostních % 23,1 % O_2 a 76,9 % N_2 .

V obsahu dusíku je zahrnut i CO_2 (asi 0,03 %) a vzácné plyny (asi 1 %).

Kyslík (oxid) O_2 se částečně při hoření váže s vodíkem (H_2) obsaženým v palivu na vodu (H_2O). Podle teploty spalin se tato voda ve spalínách vyskytuje buď jako vodní pára nebo jako kondenzát. Množství zbývajících plynného kyslíku je měřítkem účinnos-

ti spalování a slouží k posuzování ztrát spalinami a k určování obsahu oxidu uhličitého (CO_2).

Typické hodnoty ve spalinách : plynové kotle 2 – 6 %, olejové kotle 2 – 5 %

Potřebě 1 objemu O_2 při spalování vzduchem odpovídá 4,76 objemu vzduchu, který obsahuje 3,76 objemu N_2 .

1.2.1 Dusík (N_2)

Dusík (N_2) je nejrozšířenějším prvkem v naší atmosféře (79 % objemových). Je to plyn bez pachu, barvy a chuti. Procesu spalování se nezúčastní. Do spalovacího procesu se dostává jako přítěž. Zvětšuje pouze objem spalin a odchází spalinovou cestou do volného ovzduší.

Typické hodnoty ve spalinách : plynové a olejové kotle - 70 až 80 %

1.2.2 Oxid uhličitý (CO_2)

Oxid uhličitý je plyn bez barvy a zápachu s lehce nakyslou chutí. Působením slunečního záření a zeleného listového barviva rozkládají rostliny oxid uhličitý (CO_2) na oxid (O_2), který dýchají člověk a zvířata a mění jej zpět na oxid uhličitý (CO_2). Tak byla vytvořena rovnováha, která je však narušována produkcí spalin.

Oxid uhličitý je produktem spalování $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$. Tím je posilován tzv. skleníkový efekt. Na jeho vzniku se podílí paliva a nízkým poměrem H : C (uhlí 0,5 : 1, LTO 2 : 1, zemní plyn 4 : 1).

Maximální přípustná koncentrace CO_2 na pracovišti je 5 000 ppm. Při koncentraci ve vzduchu větší než 15 obj. % (150 000 ppm) dochází velmi rychle k bezvědomí.

Maximální objem oxidu uhličitého ve spalinách $\text{CO}_{2 \max}$ je procentuální objemový podíl oxidu uhličitého v suchých spalinách při stechiometrickém spalování a stanoví se se vzorce :

$$\text{CO}_{2 \max} = (V_{\text{CO}_2} / V_{\text{sT}}^{\text{S}}) \cdot 100 (\%),$$

kde V_{CO_2} = stechiometrický objem oxidu uhličitého
 V_{sT}^{S} = stechiometrický objem spalin

Hodnota $\text{CO}_{2 \max}$ slouží k hodnocení kvality spalování plyných paliv a ke stanovení účinnosti spotřebičů paliv.

Obsah oxidu uhličitého v suchých spalínách

Palivo	Max. obsah CO_2_{max} v %	Výhřevnost	Doporučený obsah CO_2 v %
Zemní plyn	11,69	35 MJ.m^{-3}	9 - 11
Propan butan	13,8	90 MJ.m^{-3}	10 - 12
Lehký topný olej	15,7	43 MJ.kg^{-3}	12 - 14
Koks	20,7	31 MJ.m^{-3}	13 - 16
Černé uhlí (orientačně)	18 - 19	23 MJ.m^{-3}	11 - 14
Hnědé uhlí (orientačně)	18 - 19	13-17 MJ.m^{-3}	11 - 14
Dřevo orientačně	20	16 MJ.m^{-3}	13 - 16

1.2.3 Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý CO vzniká nedokonalým spalováním, je složkou některých plyných paliv (svítiplyn, koksárenský plyn). Oxid uhelnatý je silně toxický plyn bez barvy a zápachu. Při vdechování se váže v krvi na hemoglobin a tvoří karboxylhemoglobin, jehož účinky jsou smrtelné již při relativně nízkých koncentracích. Při nízkých koncentracích ve vzduchu vyvolává CO bolesti hlavy, hučení v uších a závratě.

Nejvyšší průměrná přípustná koncentrace v ČR podle Směrnice ministerstva zdravotnictví ČR je 30 mg.m^{-3} (24 ppm), mezní koncentrace je 150 mg.m^{-3} (120 ppm).

Typické hodnoty CO ve spalínách : plynové kotle 80 – 100 ppm, olejové kotle 80-150 ppm.

Nejvyšší přípustné množství ve spalínách podle vyhlášky xxx je 1000 ppm.

1.2.4 Oxidy dusíku (NO_x)

Při vysokých teplotách hoření se dusík (N_2) obsažený v palivu a v okolní atmosféře váže vzdušným kyslíkem (O_2) na oxid dusnatý (NO). Tento bezbarvý plyn působením volného kyslíku (O_2) po čase oxiduje na oxid dusičitý (NO_2). NO_2 je ve vodě rozpustný jedovatý plyn, který při vdechování vede k těžkému poškození plic. Působením ultrafialového záření (sluneční světlo) přispívá k tvorbě ozonu. Souhrn podílů NO a NO_2 se označuje jako NO_x .

Typické hodnoty ve spalínách : plynové kotle 80 – 100 ppm, olejové kotle 80 – 150 ppm.

Při měření spalín kotlů do 200 kW se oxidy dusíku NO_x neměří !

1.2.5 Oxid siřičitý (SO_2), saze a prach

Oxid siřičitý (SO_2) vzniká ze síry obsažené v palivu. Ve spojení s vodou (H_2O) nebo vodním kondenzátem vzniká kyselina siřičitá (H_2SO_3). V olejových kotlích bývá obsah SO_2 méně než 50 ppm.

Saze sestávají jen z čistého uhlíku (C) a vznikají při nedokonalém spalování paliva. Obsah sazí se hodnotí sazovým číslem 0 ... 9 dle standardní Bacharachovy barevné stupnice.

Prachem se označují drobné částice rozptýlené ve vzduchu, které mohou mít různý tvar a vyskytují se v různých koncentracích. Prach vzniká např. z popela a minerálních podílů pevných paliv.

Při měření spalín kotlů do 200 kW se oxid siřičitý (SO_2), saze ani prach nezjišťují a neměří.

1.3 Vzduch pro spalování

Podle množství vzduchu přiváděného do paliva při jeho spalování, rozeznáváme následující druhy spalování :

- stechiometrické spalování
- dokonalé spalování
- nedokonalé spalování

1.3.1 Stechiometrické spalování

Stechiometrické (teoretické) spalování paliv nelze v praxi realizovat. Spalování s teoretickou potřebou vzduchu představuje nejmenší množství vzduchu, které je nutné pro dokonalé spalování jednotkového množství paliva.

Poměr stechiometrického a skutečného objemu vzduchu se nazývá násobek stechiometrického objemu spalovacího vzduchu a značí se písmenem **n**. Pro stechiometrické spalování platí, že $n = 1$.

Při měření spalín analyzátozem spalín se množství vzduchu přivedeného ke spalování vůči teoretické spotřebě nazývá součinitelem přebytku vzduchu a označuje se písmenem lambda. Pro stechiometrické spalování má součinitel lambda hodnotu 1.

$$\lambda = 1.$$

1.3.2 Dokonalé spalování

Dokonalé spalování je proces, při kterém se spalují všechny hořlavé látky beze zbytku na CO_2 a H_2O . Nutnou, nikoliv však postačující podmínkou dokonalého spalování je hodnota stechiometrického objemu vzduchu bude větší než 1 ($n > 1$). Převáděno opět na hodnotu používanou v analyzátoch spalín platí shodně, že součinitel přebytku vzduchu $\lambda > 1$.

Ve spalínách dokonale spáleného paliva je vedle CO_2 , N_2 a H_2O obsažen i kyslík O_2 , pocházející z nadbytečného objemu spalovacího vzduchu ($n > 1$). Obsah oxidu uhelnatého CO je při dokonalém spalování plyných paliv roven nule. V praxi je však za dokonalé spalování považováno takové spalování, při kterém obsah oxidu uhelnatého ve spalínách nepřekročí limitní hodnoty. Např. u plyných paliv jsou limitní hodnoty dané normou ČSN 07 5801 Hořáky na plyná paliva.

Součinitel přebytku vzduchu se zjišťuje např. z poměru max. obsahu při ekvivalentním spalování $\text{CO}_{2 \text{ max}}$ pro jednotlivá paliva a změřeného obsahu CO_2 ve spalínách.

$$n = \frac{\text{CO}_{2 \text{ max}}}{\text{CO}_2}$$

Doporučené hodnoty součinitelů přebytku vzduchu pro některá paliva a kotle :

Kotle na plyná paliva s přetlakovým hořákem	1,05 až 1,15
Kotle na plyná paliva s atmosférickým hořákem	1,60
Kotle na topný olej s přetlakovým hořákem	1,10 až 1,20
Kotle na dřevo	až 2,00
Brikety, uhlí, koks	1,50 až 2,00

Skutečný požadovaný přbytek vzduchu záleží vždy na druhu a konstrukci daného spotřebiče paliv. Přbytek vzduchu by měl udat výrobce spotřebiče paliv. U kotlů s atmosférickým hořákem je nutné rozlišit, zda se měření provádí před přerušovačem tahu nebo za přerušovačem tahu, kde přbytek vzduchu je ovlivněn přisáváním vzduchu přerušovačem tahu.

1.3.3 Nedokonalé spalování

Nedokonalé spalování představuje proces, při kterém se palivu dodává menší stechiometrický objem kyslíku, respektive spalovacího vzduchu. Spalování probíhá při hodnotě násobku stechiometrického objemu vzduchu $n < 1$.

Ve spalínách při nedokonalém spalování vedle CO_2 , N_2 a H_2O obsaženy i nespálené složky paliva. Projevuje se zejména přítomností většího množství CO , sazí a ne-

spálených uhlovodíků. Přítomnost látek signalizující nedokonalé spalování snižuje ekonomické využití paliva a zatěžuje životní prostředí.

1.4 Paliva

Palivo obsahuje zejména uhlík (C) a vodík (H₂). Při spalování těchto látek na vzduchu se spotřebovává kyslík (O₂). Tento proces se nazývá oxidací. Prvky obsažené v palivu a v atmosféře vytvářejí nové sloučeniny.

Vzduch	+	Palivo	→	Produkty spalování	
Kyslík		Uhlík		Oxid uhličitý	Spaliny
				Oxid uhelnatý	
				Oxid siřičitý	
				Zbytkový kyslík + N ₂	
Dusík		Vodík		Oxidy dusíku NO _x	
		Síra		Vodní pára	
		Kyslík		-----	
		Dusík		Zbytky paliva	Odpad
Vodní pára		Popel		Popel	
		Voda			

Tab. 2: Složení paliva a spalin

1.4.1 Pevná paliva

Mezi pevná paliva patří hnědé a černé uhlí, rašelina, dřevo a sláma. Hlavními složkami těchto paliv jsou uhlík (C), vodík (H₂), kyslík (O₂) a malý podíl síry (S) a vody (H₂O). Pevné podíly se v zásadě rozlišují podle své výhřevnosti. Přitom černé uhlí má výhřevnost největší, následuje hnědé uhlí, rašelina a dřevo. Velkým problémem při vyžívání těchto paliv je vznik popela, prachu a sazí ve velkém měřítku. Zde je třeba aplikovat vhodná mechanická zařízení, která odpadní produkty dopravují mimo spalovací prostor (například pohyblivé rošty).

1.4.2 Kapalná paliva

Kapalná paliva pocházejí z ropy. Rafinerie celého světa produkují extralehké (EL), lehké (L), středně těžké (M) a těžké (S) topné oleje. Pro spalování v kotlích se používají

zejména topné oleje EL a S. Topný olej EL se používá zejména v menších kotlích a svým složením je identický s dieselovým palivem, které se však pro odlišení přibarvuje. Těžký topný olej (S), na rozdíl od oleje EL, musí být pro dosažení potřebné tekutosti předeheříván.

1.4.3 Plynná paliva

Plynná paliva jsou tvořena směsí hořlavých a nehořlavých plynů. Hořlavé složky jsou uhlovodíky (např. metan, butan), oxid uhelnatý (CO) a vodík (H₂). Pro účely vytápění se dnes používá především zemní plyn, jehož hlavní složkou je metan (CH₄). Malý počet domácností (cca 10 %) je dnes ještě vytápěn svítiplynem, jehož složkami jsou zejména vodík (H₂), oxid uhelnatý (CO) a metan (CH₄). Výhřevnost svítiplynu je jen poloviční ve srovnání se zemním plynem.

1.5 Diagram spalování

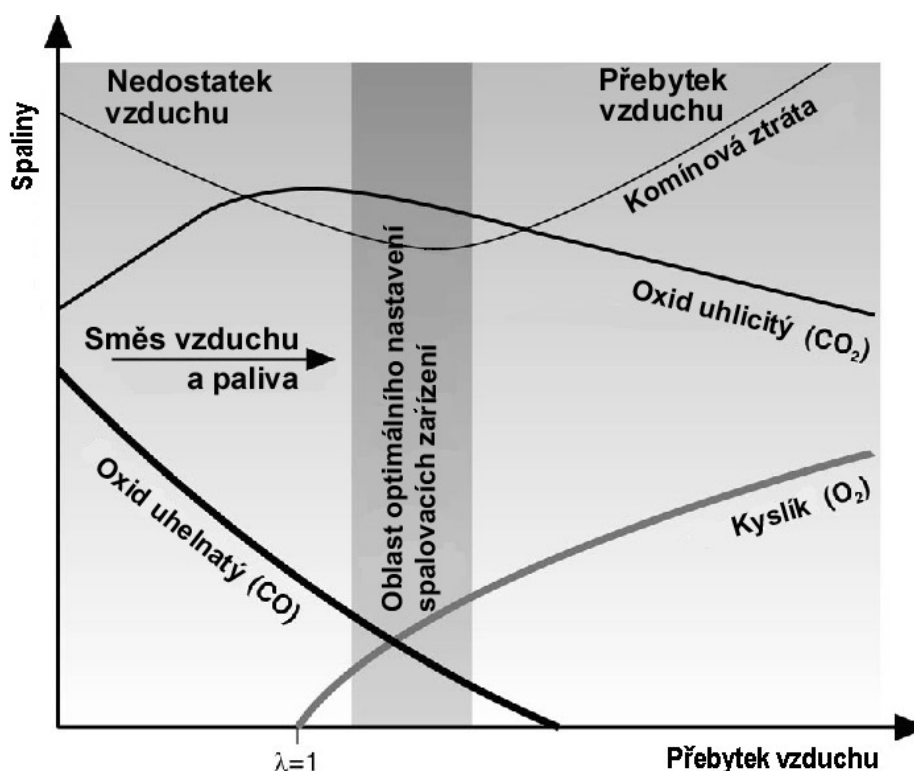
Cílem ekologicky šetrného provozu soustavy je dokonalé (stechiometrické) spalování paliva a nejvyšší možné využití soustavy. Rozhodující veličinou pro optimální provoz je nastavení množství vzduchu přiváděného pro spalování. V praxi se jako optimální ukázal mírný přebytek vzduchu- do topeniště je přiváděno více vzduchu, než kolik je teoreticky zapotřebí.

Důležitou složkou při kontrole spalovacího procesu je maximální objem oxidu uhličitého ve spalínách, který slouží k hodnocení kvality spalování a ke stanovení účinnosti spotřebičů. Při ekvivalentním poměru paliva a vzduchu je ve spalínách objem oxidu uhličitého CO₂ maximální. Při nedostatku vzduchu nebo jeho nadbytku jeho obsah klesá. Maximální obsah oxidu uhličitého je různý podle druhu paliva. Pro zemní plyn je to např. CO_{2max} = 11,7 %, pro dřevo CO_{2mx} = 20 % apod. Hodnota CO₂ slouží k hodnocení kvality spalování a ke stanovení účinnosti spotřebičů.

Ztráta tepla odcházejícími spalínami se nazývá komínová ztráta a je u všech typů spotřebičů nejvýznamnější položkou ztrát tepla. Komínová ztráta je přímo úměrná skutečnému množství spalín odcházejících ze spotřebiče a jejich teplotě. Závisí také na vlhkosti spalín. Při větší vlhkosti spalín je odváděno větší množství tepla při stejné výstupní teplotě spalín než ve spalínách suchých.

Pro praktické použití platí toto pravidlo:

Maximální účinnosti spalování je dosaženo jen tehdy, je-li při mírném přebytku vzduchu minimalizována ztráta odvodem spalínami.



Obr. 1: Spalovací diagram - udává koncentrace složek spalin v závislosti na množství přiváděného vzduchu

Lze použít také tato zjednodušená pravidla:

U soustav na spalování oleje:	- obsah CO_2 co nejvyšší - číslo množství sazí mezi 0 a 1
U soustav na spalování plynu:	- obsah CO_2 co nejvyšší - obsah $\text{CO} < 500$ ppm v nezředěných spalinách

1.6 Rovnice hoření a produkty spalování

Spalování je chemicko fyzikální pochod provázený vývinem tepla. Spalování se běžně provádí vzduchem, pouze při požadavku na vysokou teplotu plamene se používá ke spalování kyslík. Při technických výpočtech se uvažuje, že vzduch obsahuje pouze kyslík a dusík.

Jednoduché rovnice spalování paliv vychází z definice objemu, který zaujme 1 mol ideálního plynu při teplotě 0°C a tlaku 101 325 Pa ($22,4 \text{ m}^3/\text{mol}$). Pro zjednodušení můžeme přibližně aplikovat definici jednoho molu na skutečné plyny a můžeme psát rovnice spalování podle následující tabulky.

Spalovací rovnice hořlavých látek paliva

Moly, hmotnosti a objemy Hořlavých látek		Moly kyslíku	Moly složek spalin		
C	+	O ₂	CO ₂		
12,01	+	22,4 m ³	22,4 m ³		
1 kg	+	1,865 m ³	1,865 m ³		
C	+	1/2 O ₂	CO		
12,01 kg	+	11,2 m ³	22,4 m ³		
1 kg	+	0,932 m ³	1,865 m ³		
2 H ₂	+	O ₂	2 H ₂ O		
4,032 kg	+	22,4 m ³	44,8 m ³		
1 kg	+	5,55 m ³	11,1 m ³		
CO	+	1/2 O ₂	CO ₂		
22,4 m ³	+	11,2 m ³	22,4 m ³		
1 m ³	+	0,5 m ³	1,00 m ³		
CH ₄	+	2 O ₂	CO ₂	+	2 H ₂ O
22,4 m ³	+	44,8 m ³	22,4 m ³	+	44,8 m ³
1 m ³	+	2 m ³	1 m ³	+	2 m ³
C ₃ H ₈	+	5 O ₂	3 CO ₂	+	4 H ₂ O
22,4 m ³	+	112 m ³	67,2 m ³	+	89,6 m ³
1 m ³	+	5 m ³	3 m ³	+	4 m ³
C ₄ H ₁₀	+	6,5 O ₂	4 CO ₂	+	5 H ₂ O
22,4 m ³	+	145,6 m ³	89,6 m ³	+	112,0 m ³
1 m ³	+	6,5 m ³	4 m ³	+	5 m ³

Uvedené rovnice jsou vyjádřením spalování při stechiometrického (teoretického) množství kyslíku.

POZNÁMKA : z uvedených plynů značky znamenají : H₂ vodík
CO oxid uhelnatý
CH₄ metan
C₃H₈ propan
C₄H₁₀ butan

1.6 Příklad výpočtu množství vzduchu pro spalování

V následujícím příkladě je uveden příklad výpočtu množství vzduchu pro spalování kotle s atmosférickým hořákem na zemní plyn a přerušovačem tahu, který má příkon 20 kW.

Pro výpočet množství vzduchu na spalování je nutné znát složení paliva. Pro výpočet je uvažován zemní plyn tranzitní. Z tabulky v příloze na straně 14 lze vyčíst u tohoto plynu, že se skládá z 98,39 % metanu (CH_4), 0,44 % etanu (C_2H_6), 0,16 % propanu (C_3H_8) a přibližně 0,1 % dalších uhlovodíků, oxidu uhličitého a dusíku. Tuto položku zanedbáme.

Výpočet provedeme pro 1 kg zemního plynu. Zemní plyn je složen z různého podílu dvou základních plynů a to uhlíku (C) a vodíku (H). Ze spalovacích rovnic (kapitola 1,5) lze vyčíst, že pro stechiometrické (teoretické) spálení 1 kg uhlíku potřebujeme $1,865 \text{ m}^3$ kyslíku (O_2) a pro spálení 1 kg. vodíku $5,55 \text{ m}^3$ kyslíku.

Skladba jednotlivých složek zemního plynu je následující :

Methan (98,39 %)	CH_4	obsahuje	75 % C	+ 25 % H
Ethan (0,44 %)	C_2H_6	obsahuje	80 % C	+ 20 % H
Propan (0,16 %)	C_3H_8	obsahuje	81,8 % C	+ 18,2 % H

Výpočet teoretického množství kyslíku ($\text{O}_{2\text{th}}$) pro spálení 1 kg zemního plynu je následující :

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Methan } (\text{CH}_4) & \begin{array}{l} \text{C} \quad 1,865 \times \\ \text{H} \quad 5,55 \times \end{array} & \begin{array}{l} 0,75 = 1,398 \text{ m}_n^3 \\ 0,25 = 1,387 \text{ m}_n^3 \\ \hline 2,785 \text{ m}_n^3 \end{array} \\
 & & \times 0,9839 = 2,740 \text{ m}_n^3 \\
 \\
 \text{Ethan } (\text{C}_2\text{H}_6) & \begin{array}{l} \text{C} \quad 1,865 \times \\ \text{H} \quad 5,55 \times \end{array} & \begin{array}{l} 0,80 = 1,492 \text{ m}_n^3 \\ 0,20 = 1,110 \text{ m}_n^3 \\ \hline 2,602 \text{ m}_n^3 \end{array} \\
 & & \times 0,0044 = 0,011 \text{ m}_n^3 \\
 \\
 \text{Propan } (\text{C}_3\text{H}_8) & \begin{array}{l} \text{C} \quad 1,865 \times \\ \text{H} \quad 5,55 \times \end{array} & \begin{array}{l} 0,818 = 1,525 \text{ m}_n^3 \\ 0,182 = 1,010 \text{ m}_n^3 \\ \hline 1,535 \text{ m}_n^3 \end{array} \\
 & & \times 0,0016 = 0,0040 \text{ m}_n^3
 \end{array}$$

Teoretické množství kyslíku pro spálení 1 kg zemního plynu je $2,7550 \text{ m}_n^3$

Měrná hmotnost zemního plynu tranzitního je $0,729 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Převědeme-li vypočtené množství kyslíku na objem plynu 1 m^3 , dostaneme teoretickou spotřebu kyslíku na spálení 1 m^3 zemního plynu $2,755 \times 0,729 = 2,008 \text{ m}^3 = \underline{\underline{2,0 \text{ m}^3}}$.

(Tato hodnota platí při teplotě 0 °C a tlaku 101 325 Pa)

Následuje teoretická spotřeba vzduchu. Vzduch obsahuje zhruba 21 % kyslíku (O₂) a 79 % dusíku (N₂). Z toho vyplývá, že 1 m³ vzduchu bude obsahovat 0,21 m³ kyslíku

Z vypočteného množství kyslíku (O₂) se odvodí teoretické množství vzduchu (L_{0th}) :

$$L_{0th} = \frac{O_{2th} \times 100}{21} = \frac{2,00 \times 100}{21} = 9,52 \text{ m}^3_n \text{ vzduchu}$$

Ve vzduchu je kromě kyslíku ještě dusík, který se spalování nezúčastňuje. Teoretické množství dusíku (N_{2th}) z teoretického množství vzduchu (L_{0th}) se se vypočte takto :

$$N_{2th} = \frac{O_{2th} \times 79}{21} = \frac{2,00 \times 79}{21} = 7,52 \text{ m}^3_n \text{ dusíku}$$

Dusík je balast, který prochází bez užitku spalínovou cestou a zvyšuje objem spalín.

Při skutečném spalování ve spotřebičích paliv se palivo nespáluje teoretickým množstvím vzduchu, ale s přebytkem vzduchu (viz 1.3). Při spalování v otevřeném spotřebiči na plynné palivo s přerušovačem vzduchu se počítá s přebytkem vzduchu $n = 1,6$. To znamená, že se množství vzduchu zvyšuje o 60 %.

V našem případě bude proto spotřeba vzduchu pro 1 m³ zemního plynu následující :

$L_{0pr} = L_{0th} \times n = 9,52 \times 1,6 = 15,23 \text{ m}^3$. (při 0 °C. Při vyšší teplotě musí být objem vyšší)

Vliv teploty na objem spalovacího vzduchu :

Vzduch přiváděný do spotřebiče má obvykle teplotu 20 °C. Pro přepočet objemu vzduchu se používá teplota v kelvinech.

$$L_{0tp} = \frac{15,23 \times (273 + 20)}{273} = 16,34 \text{ m}^3 \text{ (spalovací vzduch při teplotě 20 °C)}$$

<i>Orientační hodnoty příkonu z paliva a objem spalin(hodnoty při školení v Bavorsku) :</i>
1 m ³ zemního plynu odpovídá zhruba 1 l lehkého topného oleje a dává 9,8 kW příkonu kotle
U libovolného paliva dále platí, že příkonu 1 kW odpovídá 0,95 m ³ _n spalin

V úvodu zadání je uvedeno, že se provádí výpočet pro kotel, který má příkon 20 kW. Pro příkon 20 kW je nutné spálit přibližně 2 m³ zemního plynu. Výpočet byl prováděn pro spalování 1 m³, takže ke spotřebiči je nutné přivést pro spálení 2 m³ plynu celkem $2 \times 16,3 = 32,6$ m³ vzduchu teplého 20 °C.

1.6.1 Tabelární výpočet spalin

V příloze jsou zpracovány parametry spalin pro následující druhy paliv :

Tabulka 1.5 Výpočet parametrů spalin pro dřevo

Tabulka 1.6 Výpočet parametrů spalin pro hnědé uhlí

Tabulka 1.7 Výpočet parametrů spalin pro černé uhlí

Tabulka 1.8 Výpočet parametrů spalin pro koks

Tabulka 1.9 Výpočet parametrů spalin pro zemní plyn

1.6.2 Spalovací trojúhelníky

Spalovací trojúhelníky slouží ke grafické kontrole paliv. Ze dvou známých hodnot (CO₂, O₂, CO, n) zjištěných měřením se zjistí obě zbývající hodnoty, případně se ověří přesnost provedeného rozboru.

Spalovací Oswaldovy trojúhelníky pro různé druhy paliv jsou sestaveny z teoretických spalovacích hodnot jednotlivých paliv a z jejich složení.

Vrchol Oswaldova trojúhelníku **C** je určen hodnotou CO_{2max} daného paliva a vrchol **B** obsahem kyslíku (21 %). Na svislé ose je vyneseno množství CO₂ ve spalinách v % a na vodorovné ose obsah O₂ ve spalinách v %. Přepona **BC** tvoří přímkou dokonalého spalování (CO = 0). Rovnoběžky s přeponou **BC** udávají obsah CO ve spalinách v %.

Spojnice bodů **CE** určuje hranici stechiometrického spalování (n = 1). Spalování s přebytkem vzduchu probíhá napravo od spojnice **CE**. Oblast spalovacího trojúhelníka vymezená spojnici **CE**, vrcholem **A** a vrcholem **C** nepředstavuje reálné spalování a nepoužívá se. Rovněž oblast vymezená spojnici **BED**, vrcholem **A** a vrcholem **B** nemá praktický význam (tato oblast se vyskytuje pouze u plyných paliv s vyšším obsahem CO).

V příloze je Oswaldův trojúhelník zemní plyn.

Tabulky

Tabulka 1. Složení plyných paliv v %

Druh plynu	Vodík H ₂	Oxid uhle- natý CO	Metan CH ₄	Etylen C ₂ H ₄	Etan C ₂ H ₆	Propy- len C ₃ H ₆	Propan C ₃ H ₈	n- Butan C ₄ H ₁₀	Pentan C ₅ H ₁₂	C _m H _n	Oxid uhlí- čitý CO ₂	Dusík N ₂	Vodní pára H ₂ O	Kyslík O ₂	Argon Ar	Dehet g.m ⁻³
Vysokopecní plyn	2,0	26	0,4								12	59,6				
Generátorový plyn nečištěný	12,4	23,2	2,3								3,2	38,8	19,9	0,16		40
Generátorový plyn čištěný	14,5	29,5	2,9								3,9	44,9	4,0	0,3		
Svítliplyn Vřesová (Ø 1991)	48,02	15,93	22,11	0,08	0,4	0,1	0,05	0,1			9,37	3,39		0,1	0,44	
Svítliplyn Úžin (Ø 1991)	54,35	11,88	21,03		0,23		0,02			0,03	9,26	2,62			0,58	
Svítliplyn Měcholupy	56,59	2,13	23,86		0,06		0,02	0,01			12,43	3,88			1,02	
Koksárenský plyn Kunčice	53,0	6,2	26,0							2,2	2,2	10,1		0,3		
Zemní plyn karbonský	0,1	0,05	92,5		1,0		0,1	0,1			0,1	6,0		0,05		
Zemní plyn tranzitní (Ø únor 92)			98,39		0,44		0,16	0,07		0,03	0,07	0,84				
Zemní plyn norský (typ L)			81,8		2,8		0,4	0,2			0,8	14,0				
Zemní plyn norský (typ H)			93,0		3,0		1,3	0,6			1,0	1,1				
Topná směs P – B letní (Kaučuk)					0,11		44,64	54,69	0,56							
Topná směs P – B zimní (Kaučuk)					0,14		58,96	40,86	0,22							
Topná směs P – B letní (Cheza)					2,96		53,03	43,01	1,0							
Topná směs P – B zimní (Cheza)					3,4		61,79	34,26	0,55							
Topná směs P – B letní (Slovnaft)					0,25		52,18	47,41	0,16							
Topná směs P – B zimní (Slovnaft)					0,2		64,27	35,46	0,07							
Bioplyn ze skládek (Chabry)			62,0								36,0	2,0				
Bioplyn ze skládek (Dun. Streda)			48,0								32,0	19,2	0,8			
Bioplyn z reaktorů (městské čistíčky)			66,7								30,0	1,5	1,8			
Směs zimní plyn (54 %) - vzduch (46 %)			53,13		0,24		0,09	0,04		0,02	0,04	36,78	9,66			
Směs PB (53 %) - vzduch (47 %)					0,06		23,66	28,98	0,3			37,13	9,87			

Tab. 3a Spalovací vlastnosti plyných paliv

	Měrná hmotnost ρ_0 [kg.m ⁻³] 1) 4)	Hutnota ρ_0 $d = \frac{\rho_0}{1,293}$	Spalné teplo Q_v [MJ.m ⁻³] 1) 4)	Výhřev- nost Q_g [MJ.m ⁻³] 1) 4)	Teor. potřeba pro spálení [m.m ⁻³] 1) 4)		Teoretické množství spalin [l.m.m ⁻³] 1) 2) 4)				
					kyslíku	vzduchu	CO ₂	N ₂	H ₂ O	celkem spaliny suché	celkem spaliny vlhké
Vysokopecní plyn	1,312	1,015	3,72	3,68	0,148	0,704	0,384	1,145	0,024	1,529	1,553
Generátorový plyn nečištěný	1,068	0,826	7,01	6,54	0,306	1,46	0,661	1,528	0,371	2,189	2,560
Generátorový plyn čištěný	1,078	0,833	6,76	6,35	0,275	1,31	0,363	1,471	0,242	1,834	2,076
Svítliplyn Vřesová	0,648	0,501	17,55	15,69	0,791	3,772	0,489	3,023	0,898	3,512	4,41
Svítliplyn Úžin	0,578	0,447	17,06	15,08	0,762	3,632	0,427	2,902	0,951	3,329	4,28
Svítliplyn Měcholupy	0,562	0,435	17,10	14,98	0,774	3,688	0,386	2,961	0,994	3,347	4,341
Koksárenský plyn Kunčice	0,528	0,408	20,01	17,75	0,912	4,346	0,410	3,561	1,065	3,971	5,036
Zemní plyn karbonský	0,76	0,588	37,78	34,07	1,897	9,04	0,961	7,228	1,818	8,189	10,007
Zemní plyn tranzitní	0,729	0,564	39,77	35,87	2,0	9,53	1,000	7,553	1,906	8,553	10,459
Zemní plyn norský (typ L)	0,828	0,640	35,21	31,77	1,767	8,42	0,900	6,68	1,672	7,58	9,252
Zemní plyn norský (typ H)	0,783	0,605	41,26	37,42	2,069	9,86	1,063	7,839	1,947	8,902	10,849
Topná směs P – B letní (Kaučuk)	2,4	1,856	119,53	110,27	6,04	28,79	3,67	22,78	4,49	26,45	30,94
Topná směs P – B zimní (Kaučuk)	2,3	1,779	114,94	105,98	5,805	27,67	3,514	21,89	4,332	25,404	29,736
Topná směs P – B letní (Cheza)	2,3	1,779	115,2	106,15	5,815	27,71	3,52	21,93	4,34	25,45	29,79
Topná směs P – B zimní (Cheza)	2,24	1,732	111,8	103,06	5,64	26,88	3,41	21,29	4,23	25,7	28,93
Topná směs P – B letní (Slovnaft)	2,34	1,810	116,8	107,75	5,90	28,12	3,58	22,26	4,40	25,84	30,24

Tab. 1.5 Výpočet parametrů spalín pro koks

Složení koksu (%hm)	Potřeba m ³ O ₂ na 1 kg koksu	m ³ skutečných vlhkých spalín, vzniklých spálením 1 kg koksu				
		CO ₂	H ₂ O	SO ₂	O ₂	N ₂
Vlhkost	3,5		$\frac{22,4 \cdot 0,35}{18} = 0,043$			
Popel	12,5					
C	78,7	$\frac{22,4 \cdot 0,787}{12} = 1,47$				
O	2,0	$\frac{22,4 \cdot 0,02}{32} = 0,014$				
H	2,0	$\frac{22,4 \cdot 0,02}{4} = 0,112$	$\frac{22,4 \cdot 0,02}{2} = 0,224$			
S	0,8	$\frac{22,4 \cdot 0,008}{32} = 0,0056$		$\frac{22,4 \cdot 0,008}{32} = 0,0056$		$\frac{22,4 \cdot 0,005}{28} = 0,0062$
N	0,5					
Celkem		O ₂ = 1,60 m ³				
Teoretické množství vzduchu. $V_a = 160 \cdot \frac{100}{21} = 7,62 \text{ m}^3$		1,49	0,267	0,0056		0,0062
Součinitel přebytku vzduchu $\lambda = 1,6$					O ₂ z přebytku	4,57 · 0,21 = 0,96
Skutečná potřeba vzduchu $V_{as} = 1,6 \cdot 7,62 = 12,192 \text{ m}^3$						4,57 · 0,79 = 3,61
Přbytek spalovacího vzduchu 12,19 – 7,62 = 4,57 m ³						
Teoretické suché spaliny	$S_{st} = 7,52 \text{ m}^3$	1,49	0,267	0,0056		6,03
Skutečné vlhké spaliny	$S_v = 12,35 \text{ m}^3$	1,49	0,267	0,0056	0,96	9,63
Skutečné suché spaliny	$S_{ss} = 12,08 \text{ m}^3$	1,49	0,267	0,0056	0,96	9,63
Parametry vzduchu: Teplota $T_a = 25^\circ\text{C}$, Atmosférický tlak: $b = 100 \text{ kPa}$, Relativní vlhkost $\phi_a = 55\%$						
Parciální tlak vodní páry ve vzduchu: $p_n = \phi_a \cdot p_n(25) = 0,55 \cdot 3,167 = 1,74 \text{ kPa}$ podle tab. 1.8 pro teplotu vzduchu 25°C						
Skutečný obsah vodní páry ve vzduchu:		$V_{aH_2O} = \frac{p_n}{b - p_n} \cdot V_{as} = \frac{1,74}{100 - 1,74} \cdot 12,192 = 0,215 \text{ m}^3$				
Vodní pára obsažená ve spalínách:		$S_{H_2O} = V_{H_2O} + S_{aH_2O} = 0,22 + 0,267 = 0,483 \text{ m}^3$				
Výsledný objem vlhkých spalín:		$S_{vs} = S_{st} + (V_{as} - V_{aH_2O}) + S_{H_2O} = 7,52 + (12,192 - 7,62) + 0,483 = 12,58 \text{ m}^3$				
Parciální tlak vodní páry ve spalínách:		$p_s = \frac{S_{H_2O}}{S_{vs}} \cdot 100 = \frac{0,487}{12,58} \cdot 100 = 3,87 \text{ kPa}$				
Teplota rosného bodu (odečtena z tab. 1.8)		$t_r = 28,3^\circ\text{C}$ (bez uvažování obsahu S v palivu)				

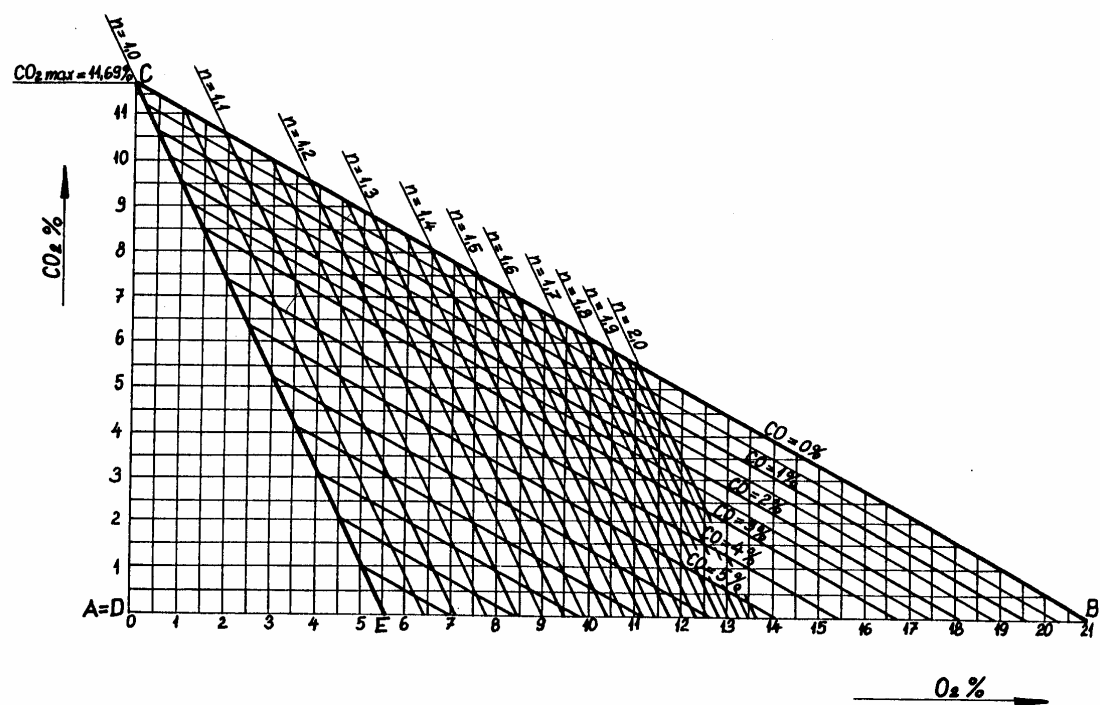
Tab. 1.6 Výpočet parametrů spalín pro dřevo

Složení dřeva	Potřeba m ³ O ₂ na 1 kg dřeva	m ³ skutečných vlhkých spalín, vzniklých spálením 1 kg dřeva					
(%hm)		CO ₂	H ₂ O	SO ₂	O ₂	N ₂	
Vlhkost	2,5		$\frac{22,4 \cdot 0,25}{18} = 0,311$				
Popel	0,5						
C	38,0	$\frac{22,4 \cdot 0,38}{12} = 0,709$					
O	31,3	$\frac{22,4 \cdot 0,313}{32} = -0,219$					
H	4,6	$\frac{22,4 \cdot 0,046}{4} = 0,257$	$\frac{22,4 \cdot 0,046}{2} = 0,5152$				
S		$\frac{22,4 \cdot 0,008}{32} = 0,0056$					
N	0,6					$\frac{22,4 \cdot 0,006}{28} = 0,0048$	
Celkem		O ₂ = 0,747 m ³	0,8262			3,560,79 = 2,81	
Teoretické množství vzduchu		V _a = 0,747 · $\frac{100}{21}$ = 3,56 m ³				N ₂ z celkového vzduchu	
Součinitel přebytku vzduchu:		λ = 1,7			O ₂ z přebytku		
Skutečná potřeba vzduchu:		V _{as} = 1,7 · 3,56 = 6,052 m ³			2,49 · 0,21 = 0,52	4,570,79 = 3,61	
Přebytek spalovacího vzduchu:		6,052 - 3,56 = 2,49 m ³					
Teoretické suché spaliny		S _{st} = 3,519 m ³	0,709			2,81	
Skutečné vlhké spaliny		S _v = 6,830 m ³	0,709	S _{st+H2O} = 0,826		0,52	4,78
Skutečné suché spaliny		S _{ss} = 6,010 m ³	0,709			0,52	4,78
Parametry vzduchu: Teplota T _a = 25°C, Atmosférický tlak: b = 100 kPa, Relativní vlhkost φ _a = 55%							
Parciální tlak vodní páry ve vzduchu: p _n = φ _a · p _n (25) = 0,55 · 3,167 = 1,74 kPa/p _n (25°C) podle tab. 1.8 pro teplotu vzduchu 25°C							
Skutečný obsah vodní páry ve vzduchu: V _{ah2O} = $\frac{p_n}{b - p_n} \cdot V_{as} = \frac{1,74}{100 - 1,74} \cdot 6,052 = 0,107 \text{ m}^3$							
Vodní pára obsažená ve spalínách: S _{H2O} = V _{H2O} + S _{ah2O} = 0,826 + 0,107 = 0,933 m ³							
Výsledný objem vlhkých spalín: S _{vs} = S _{st} + (V _{as} · V _{st}) + S _{H2O} = 3,519 + (6,052 · 3,560) + 0,933 = 6,940 m ³							
Parciální tlak vodní páry ve spalínách: p _s = $\frac{S_{H2O}}{S_{sv}} \cdot 100 = \frac{0,933}{6,944} \cdot 100 = 13,43 \text{ kPa}$							
Teplota rosného bodu (odečtena z tab. 1.8) t _R = 51,7°C							

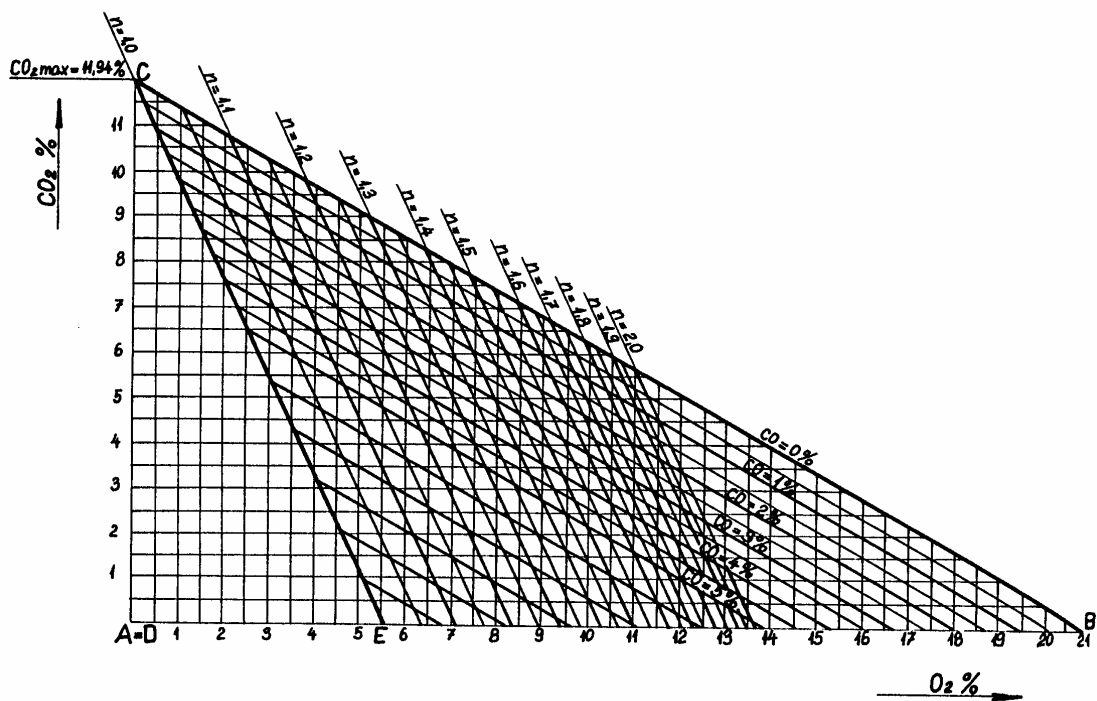
Tab. 1.7 Výpočet parametrů spalín pro zemní plyn

Složení Zemního plynu (obj. %)	Spalovací rovnice	Teoretická potřeba O ₂ (m ³)	CO ₂ (m ³)	H ₂ O (m ³)	N ₂ (m ³)
CH ₄ 91,0%	CH ₄ +2O ₂ =CO ₂ +2H ₂ O	2,0 · 0,910 = 1,820	1,0 · 0,91 = 0,91	2,0 · 0,910 = 1,820	
C ₂ H ₄ 3,0%	C ₂ H ₄ +3O ₂ =2CO ₂ +2H ₂ O	3,0 · 0,030 = 0,090	2,0 · 0,03 = 0,06	2,0 · 0,030 = 0,060	
H ₂ 2,5%	H ₂ +0,5O ₂ =H ₂ O	0,5 · 0,025 = 0,125		1,0 · 0,025 = 0,025	
N ₂ 3,5%		ΣO ₂ = 2,035		S _{H₂O} = 1,905	0,035
Teoretické množství vzduchu V _{at} = 2,035 · $\frac{100}{21}$ = 9,69m ³					N ₂ ze vzduchu 9,69 · 0,79 = 7,65
Součinitel přebytku vzduchu: λ = 1,3					
Skutečná potřeba vzduchu: V _{as} = 1,3 · 9,69 = 12,60 m ³					
Přebytek spalovacího vzduchu: 12,60 · 9,69 = 2,91 m ³					N ₂ z přebytku vzduchu 2,91 · 0,79 = 2,30
Teoretické suché spaliny S _{st} = 8,65 m ³			0,97		7,68
Skutečné vlhké spaliny S _v = 13,46 m ³		0,61	0,97	1,905	9,98
Skutečné suché spaliny S _{ss} = 11,56 m ³		0,61	0,97		9,98
Parametry vzduchu: Teplota T _a = 25°C, Atmosférický tlak: b = 100 kPa, Relativní vlhkost φ _a = 55%					
Parciální tlak vodní páry ve vzduchu: p _n = φ _a · p _n ''(25) = 0,55 · 3,167 = 1,74 kPa/p _n ''(25°C) podle tab. 1.8 pro teplotu vzduchu 25°C					
Skutečný obsah vodní páry ve vzduchu: V _{aH₂O} = $\frac{p_n}{b - p_n}$; V _{as} = $\frac{1,74}{100 - 1,74}$ · 12,60 = 0,223m ³					
Vodní pára obsažená ve spalínách: S _{H₂O} = V _{H₂O} + S _{aH₂O} = 1,905 + 0,223 = 2,128m ³					
Výsledný objem vlhkých spalín: S _{VS} = S _{st} + (V _{as} · V _{st}) + S _{H₂O} = 8,65 + (12,60 - 9,69) + 2,128 = 13,69 m ³					
Parciální tlak vodní páry ve spalínách: p _s = $\frac{S_{H_2O}}{S_{VS}}$ · 100 = $\frac{2,128}{13,69}$ · 100 = 15,50kPa					
Teplota rosného bodu (odečtena z tab. 1.8) t _R = 54,7°C					

Oswaldův spalovací trojúhelník



Obr. 6 Oswaldův spalovací trojúhelník — zemní plyn (tranzitní)



Obr. 7 Oswaldův spalovací trojúhelník — zemní plyn (typ H)

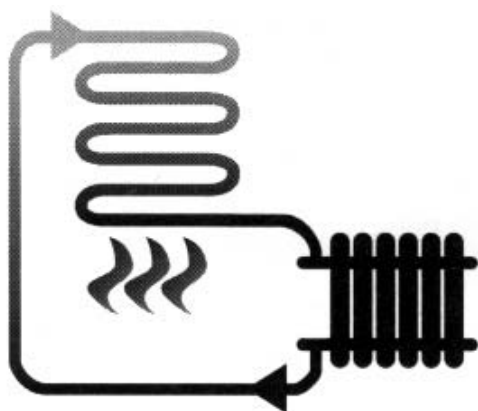
2 SPOTŘEBIČE PALIV – měřící místa

Obsah kapitoly

2	SPOTŘEBIČE PALIV – měřící místa.....	1
2.1	Princip topeniště	1
2.2	Kotle na pevná paliva	1
2.3	Kotle s přetlakovým hořákem na plyn nebo LTO	3
2.4	Kotle s atmosférickými hořáky na plyn.....	4
2.5	Kotle kondenzační	5
2.6	Měřící místa na spalínové cestě.....	7
2.6.1	Zřizování měřících míst.....	7

2 SPOTŘEBIČE PALIV – měřící místa

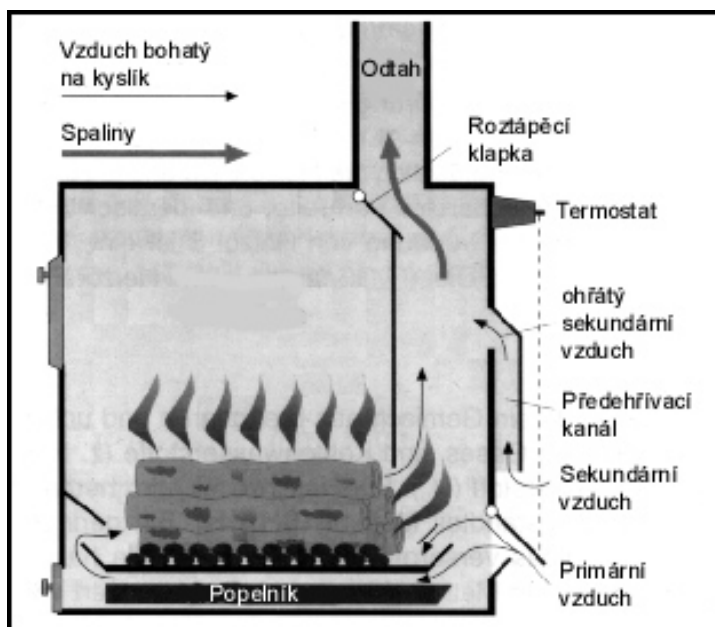
2.1 Princip topeniště



Topeniště ve spojení s výměníkem tepla slouží k získávání tepelné energie. Horké spaliny, vznikající hořením paliva v topeništi nebo za hořákem, ohřívají vodu v topných hadech. Ta se pak teplovodem přivádí k různým tepelným spotřebičům (například k radiátorům).

Obrázek 2 - Schéma hořáku a kotle.

2.2 Kotle na pevná paliva



Obrázek 3 - Jednoduché spalování na roštu

U soustav na pevná paliva se rozlišuje mezi kotli na spalování dřevní hmoty a kotli pro spalování uhlí, koksu nebo briket. V soustavách pro spalování uhlí, koksu nebo briket se 80 % vzduchu spotřebuje pro vlastní spalovací proces a 20 % vzduchu přiváděného do spalovacího prostoru (sekundární vzduch) je použito k odtahu spalin (obr. 2). Tím je zajištěno dokonalé spalování. Sekundární vzduch se předeřívá, aby neochlazoval spaliny (docházelo by k nedokonalému spalování).

U zplynovacích kotlů na dřevní hmotu dochází k pyrolytické destilaci, při které se veškeré spalitelné složky paliva zplynují. Spalování probíhá třístupeňovým procesem v jednotlivých zónách takto :

- 1 zóna – vysoušení a zplynování dřevní hmoty
- 2 zóna – hoření dřevního plynu na trysce s přívodem sekundárního vzduchu
- 3 zóna – dohořívání v nechlazeném spalovacím prostoru.

Takto řízený systém spalování zaručuje kotli vysokou účinnost. Přitom výkon je plynule regulovatelný od 40 % do 110 %.



Obrázek 4 - Příklad provedení zplynovacího kotle na dřevo

Kromě zplynovacích kotlů na dřevo se vyrábí také kotle kombinované to znamená zplynovací kotle na uhlí a dřevo.

Také samotné kotle na uhlí se vyrábějí jako poloautomatické kotle se zásobníkem na uhlí, které nahrazují starší kotle na uhlí, dřevo, topný olej, plyn apod. Tyto kotle nové generace se vyznačují tím, že spalovací proces lze provozovat tak, že emise škodlivin jsou na úrovni limitů povolených vyhláškou, je dosaženo vysoké účinnosti spalovacího procesu (80 až 85 %) a konstrukce kotle umožňuje automatický provoz, bez obvyklých zásahů obsluhy. Kotle jsou vybavené automatikou, která řídí provoz kotle pokojovým termostatem nebo jiným programovatelným řídicím systémem.

2.3 Kotle s přetlakovým hořákem na plyn nebo LTO

U kotlů s plynovými nebo olejovými hořáky se vzduch pro hoření přivádí do spalovacího prostoru pomocí ventilátoru. Protože se principy dnešních kotlů na plynná a kapalná paliva téměř neliší, lze například plynový kotel kombinovat s olejovým hořákem. Výhodou těchto hořáků je nezávislost na tahu komína, malý průřez komínového průduchu, stabilita spalovacího procesu a vyšší účinnost. Nevýhodou je vyšší hladina hluku oproti kotli s atmosférickým hořákem, vyšší cena a i vyšší spotřeba vlastní energie.



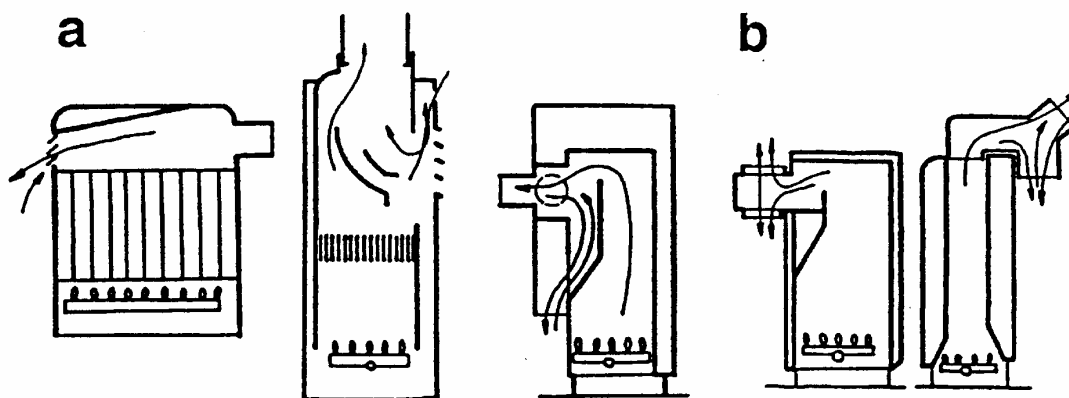
Obrázek 5 - Příklad kotle s přetlakovým hořákem na lehký topný olej. Obrázek je z praktické učebny Školícího střediska pro školení a doškolení v Muhlbachu, kde bylo prováděno školení na měření malých zdrojů tepla do výkonu 200 kW.

Spotřebiče s přetlakovým hořákem jsou většinou bez přetlaku na spalinovém hrdle, to znamená, že spaliny od spalínového hrdla kotle jsou odváděny podtlakovou spalínovou cestou, v provedení N1 a N2.

Spotřebiče s přetlakovým hořákem na plynná paliva mohou být také v provedení s kondenzací spalin a s přetlakem za kouřovým hrdlem pro kouřovody a komíny přetlakové v provedení P1 a P2

2.4 Kotle s atmosférickými hořáky na plyn

Plynový spotřebič s atmosférickým hořákem nevyžaduje pro spalování v plynovém hořáku komínový tah. Ten slouží pouze k odvedení spalín od spotřebiče. Změnou tahu se mění i hmotnostní průtok spalín. K tomu, aby hmotnostní průtok od plynového hořáku zůstal konstantní a měnil se hmotnostní průtok až za spotřebičem, je nutné za spotřebičem vytvořit otvor, kterým by ke spalínám byl přiváděn vzduch z místnosti. Jedním z takových řešení je přerušovač tahu, omezující tah na spalinovém hrdle spotřebiče na konstantní hodnotu, která odpovídá průtoku spalín od hořáku plynového spotřebiče. Vedle toho má přerušovač tahu zajišťovat ochranu spalovací komory spotřebiče při opačném proudění v komíně tak, aby se spaliny nevracely do spalovací komory.



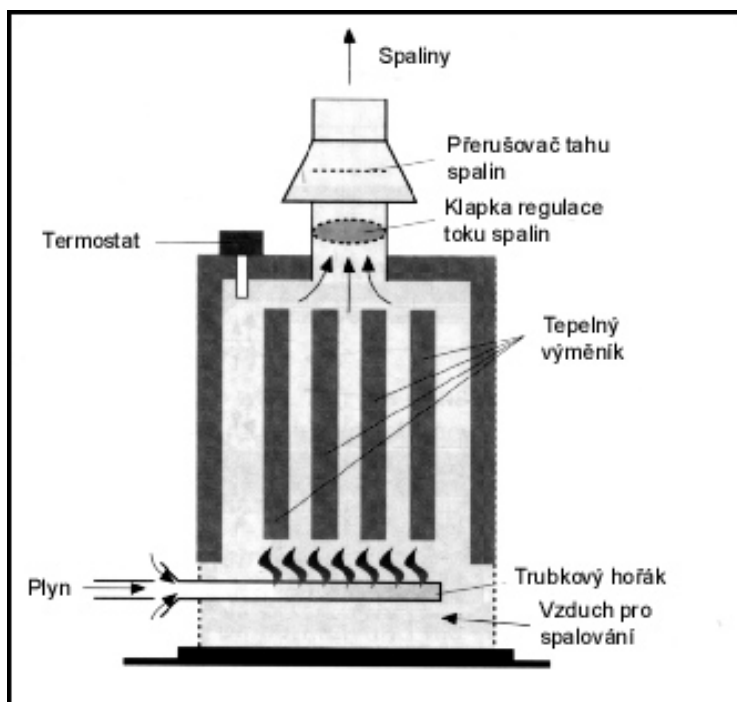
Obrázek 6 - Konstrukce přerušovačů tahu

- a) přerušovače tahu vestavěné do spotřebiče
- b) přerušovače tahu za spotřebičem v kouřovodu

Přerušovače tahu jsou buď vestavěné do spotřebiče nebo jsou za spotřebičem v kouřovodu. Spotřebiče s vestavěným přerušovačem tahu bývají nejčastěji u malých plynových kotlů, ohříváčů vody a plynových topidel. V poslední době jsou i u zásobníkových ohříváčů užitkové vody.

Pro větší kotle se používají přerušovače osazené v kouřovodu, a to nejčastěji v jeho svislé části, ale je možné i osazení do vodorovného vedení kouřovodu. U některých kotlových soustav může být jeden přerušovač tahu společný pro větší počet kotlů.

Hlavní předností spotřebičů s atmosférickým hořákem a přerušovačem tahu je bezesbytkové spalování paliv a malá topeniště. Kotle mohou pracovat v suchém i mokřím provozu jako podtlakové i jako kotle nuceným odvodem spalín.



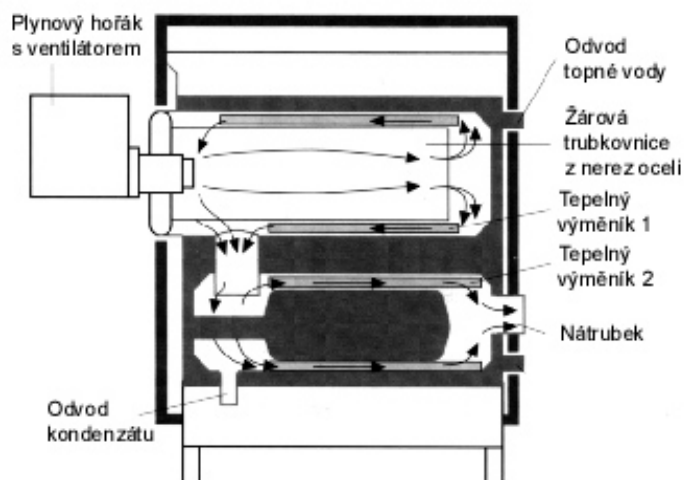
Obrázek 7 – Kotel s atmosférickým hořákem – princip funkce kotle

2.5 Kotle kondenzační

V soustavách spotřebičů paliv, které využívají kondenzační teplo spalín, nedosahují výstupní teploty spalín běžných hodnot. Vodní pára, obsažená ve spalínách, kondenzuje a odevzdává kondenzační teplo spalín, které není součástí výhřevnosti paliva. Při poklesu pod určitou teplotu, tzv. kondenzační teplotu spalín, kondenzuje vlhkost obsažená ve spalínách pod rosný bod spalín. Kondenzační teplota závisí na druhu paliva. U zemního plynu je cca 58 °C a u topného oleje cca 48 °C (pokud neobsahuje síru v palivu).

Kondenzační teploty ochlazováním spalín je dříve dosaženo u zemního plynu, což znamená, že je zde dříve odevzdáváno kondenzační teplo. Proto je získané množství energie vyšší u zemního plynu než u topného oleje. Při spalování oleje obsahujícího síru vzniká oxid siřičitý (SO_2), který s částí kondenzátu vytváří kyselinu siřičitou, a proto se používá k výrobě tepla vzniklého kondenzací spalín převážně plyn. Vzhledem k tvorbě kondenzátů musí být spalinové cesty zhotoveny z materiálů odolávajících působení kondenzátů spalín.

Spaliny od kondenzačních kotlů jsou výhradně odváděny nuceně, nejčastěji přetlakovým komínem, protože teplota spalín je nízká např. 40 °C. Spaliny v komíně dále kondenzují a takový komín se nazývá mokřý komín.



Obrázek 8 – Princip uspořádání kondenzačního kotle s přetlakovým hořákem



Obrázek 9 – Kondenzační kotel s atmosférickým hořákem. Odstraněný přední kryt

2.6 Měřicí místa na spalinové cestě

Při měření účinnosti spalování, měření množství vypouštěných látek a kontrole stavu spalinových cest u malých stacionárních zdrojů znečišťování je nutné provádět toto měření na stejných místech u jednotlivých zdrojů tepla, aby výsledky měření byly objektivní a srovnatelné.

Otvor pro měření je definován v čl. 3.15.5 ČSN 73 4201:2002 Komíny a kouřovody. Navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv, jako otvor v kouřovodu určený pro umístění měřicí sondy analyzátoru spalín. Bližší informace jsou v kapitole 6.6.7 Otvory pro měření, kde se uvádí :

6.6.7.1 Otvory pro měření se zřizují na kouřovodech, co nejbližší spalinového hrdla spotřebičů. Jsou určené pro umístění měřicí sondy analyzátoru spalín. Pro spotřebiče do jmenovitého výkonu 200 kW (malé zdroje znečišťování) se zřizují kruhové otvory světlosti 9 – 12 mm. Těsnění sondy v měřicím otvoru je zajištěno těsnicí kuželkou, která je příslušenstvím analyzátoru spalín. Otvor pro měření se uzavírá kovovým uzávěrem nebo přelepí samolepící páskou z Al fólie, která vyhoví provozní teplotě povrchu kouřovodu.

6.6.7.2 Otvory pro měření pro větší spotřebiče (střední zdroje znečišťování) se obvykle zřizují obdobně jako 6.6.7.1. Pro velké a zvláště velké zdroje znečišťování se do místa měření na kouřovodech montují odběrové příruby, které předepisují popř. dodávají organizace, které provádí měření na těchto zdrojích.

2.6.1 Zřizování měřicích míst

V současné době je většinou u nově instalovaných kotlů zřízen v kouřovodech kotlů otvor na měření, do kterého se osazuje sonda analyzátorů spalín. Tyto otvory již dříve posloužily technikům organizace, která uváděla spotřebič do provozu, pro kontrolu spalovacího procesu a funkce spotřebiče paliv.

Jestliže na spalinové cestě příslušné místo pro měřicí sondu chybí, je nutné před vlastním měřením toto měřicí místo připravit. Otvor by měla připravit osoba provozovatele na místě, které určí pověřená osoba, která bude měření provádět. Při provádění měřicího otvoru se musí postupovat co nejšetrněji a tak, aby měřicí místo nebylo na závadu trvalému provozu spotřebiče paliv a aby jej nebylo nutné při dalším měření obnovovat.

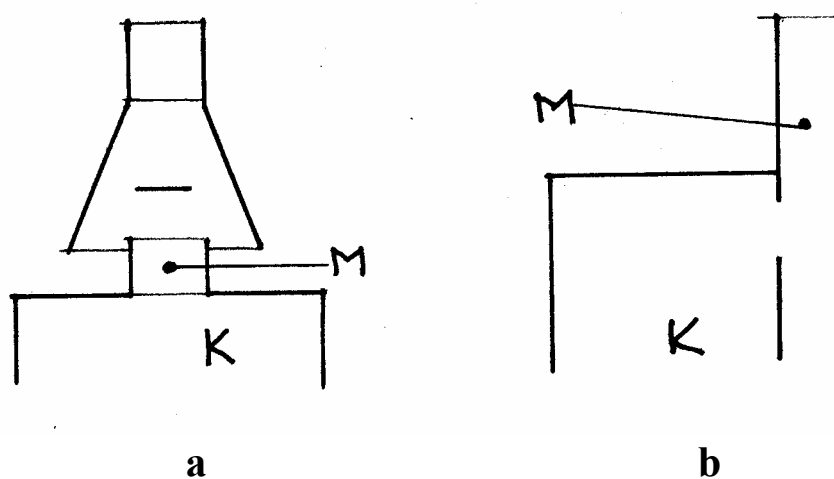
Obecně má pověřená osoba dodržovat zásadu, aby měřicí místo bylo na výstupu spalín ze spotřebiče paliv, co nejbližší za poslední výhřevnou plochou kotle. Je to z toho důvodu, aby nedocházelo ke zbytečnému ředění spalín.

U kotlů na tuhá paliva a u kotlů na kapalná a plynná paliva s přetlakovým hořákem se měřicí otvor provede těsně za spalinovým hrdlem kotle. V kouřovodu se vyvrtá otvor průměru zhruba 10 mm. Je výhodné vyvrtat otvor menší a podle potřeby jej zvětšit kuželovou frézou tak, aby odpovídal velikosti měřicí sondy s těsnicí kuželkou.



Obrázek 10 – Měřicí otvor u kotlů s přetlakovým hořákem se provede hned za spalino-
vým hrdlem kotle

U kotlů s atmosférickým hořákem na plynné palivo a přerušovačem tahu může být k měření využité spalínové hrdlo nad přerušovačem tahu, pokud je přerušovač nad spotřebičem paliv (obrázek 11a). Jestliže je přerušovač tahu vestavěný do spotřebiče paliv, musí se měřicí otvor zřídit těsně nad hrdlem přerušovače tahu (obrázek 11b).



Obrázek 11 – Způsob umístění otvorů pro měření u kotlů s přerušovačem tahu

- a) měřicí otvor před přerušovačem tahu
- b) měřicí otvor za přerušovačem tahu

Při měření nad přerušovačem tahu se ke spalínám přimíchává vzduch z místa, kde je instalován spotřebič paliv. Tím se snižuje teplota spalin, snižuje se množství oxidu uhličitého ve spalínách CO_2 a zvětšuje se přebytek vzduchu λ . Protože teplota

spalin, objem oxidu uhličitého a přebytek vzduchu je ve vzájemném poměru před přerušovačem tahu i za přerušovačem tahu, změřená účinnost spotřebiče paliv ani změřený neředěný objem oxidu uhelnatého CO se nemění.

U kondenzačních kotlů se při kontrole spalin, jako u kotlů podtlakových, kontroluje ještě množství oxidu uhelnatého CO v přívodu vzduchu ke spotřebiči paliv, pokud je přívod vzduchu koncentrický s odvodem spalin. Kromě toho se při měření odečítá teplota vzduchu pro spalování v přívodu vzduchu. Otvor pro měření musí proto být jak na kouřovodu, tak na přívodu vzduchu do spotřebiče paliv.



Obrázek 12 – Na obrázku jsou dva otvory pro měření na kouřovém hrdle kondenzačního kotle uzavřené víčkem. Jeden otvor je v průduchu koncentrického přívodu vzduchu, druhý otvor je v kouřovodu.

3 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ SPALIN

Obsah kapitoly

3 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ SPALIN	1
3.1 Požadavky na měřicí přístroj	1
3.2 Konstrukce analyzátorů	2
3.3 Funkce analyzátorů spalin	3
3.4 Měřicí senzory	4
3.5 Další možné příslušenství	7

3 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ SPALIN

3.1 Požadavky na měřicí přístroj

Technické požadavky na měřicí přístroje požadované pro měření účinnosti spalování a měření množství vypouštěných látek u malých spalovacích zdrojů, podle vyhlášky MŽP č. 356/2002 jsou následující :

Přenosný měřicí přístroj používaný k autorizovanému měření účinnosti a množství vypouštěných látek malých stacionárních zdrojů znečišťování musí splňovat technické požadavky a další podmínky uvedené v bodech 1 až 5 této přílohy:

1. Požadavky na přesnost, rozsah a citlivost měření a výpočtu údajů - uvádí následující tabulka:

Měřené veličiny					
Název	Jednotka	Přesnost měření (+, -) (přípustná odchylka)	Rozsah	Rozlišení	Příklad metody měření
Obsah O ₂	[obj.%]	0,2 obj.% absolutně	od 0 do 21 obj.%	0,1 %	Elektrochemický článek
Obsah CO	[ppm]	do 400 ppm20 ppm do 2.000 ppm 5 % do 10.000 ppm ...10 %	od 0 do 10.000 ppm	1 ppm	Elektrochemický článek
Teplota spalin	[°C]	do 99,9 °C..... 0,5°C 100°C a více 0,5 %	od -10 do + 1.000°C	0,1°C	Termočlánek
Teplota spalovacího vzduchu	[°C]	není stanovena	od + 5°C do + 40°C	není stanoveno	Termočlánek
Statický tlak ve spalinové cestě	[Pa]	3 Pa	od - 80 do + 80 HPa	1 Pa	Membránové čidlo

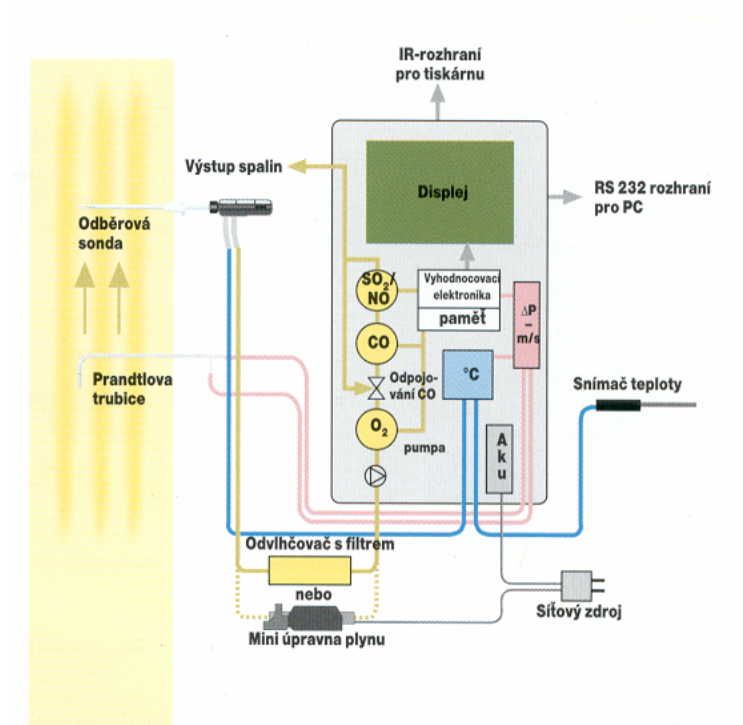
Vypočtené údaje				
Název	Jednotka	Správnost výpočtu (+, -)	Rozsah	Rozlišení
Obsah CO ₂	%	0,2 %	není stanoven	0,1 %
Komínová ztráta	%	není stanovena	0 až 120 %	0,1 %

2. Konstrukce přístroje musí umožňovat přenos naměřených a vypočtených veličin a údajů do počítače. Způsob přenosu (softwarové vybavení počítače a přístroje) musí zajistit, aby naměřené a vypočtené veličiny a údaje nebylo možno změnit. Obsluha

- přístroje a počítače může zadat pouze údaje o místě měření. K přístroji musí být připojena tiskárna. Výpis z tiskárny připojí autorizovaná osoba k protokolu o měření.
3. Údržba přenosných měřicích přístrojů pro měření malých spalovacích zdrojů a zajištění jejich správné funkce se provádí postupy a ve lhůtách stanovených jejich výrobcem. Veškeré úkony provedené v souladu s těmito postupy se zaznamenávají do provozní knihy měřicího přístroje.
 4. Přenosné měřicí přístroje pro měření malých zdrojů znečišťování musí být pravidelně kalibrovány, a to v intervalech minimálně dvakrát za kalendářní rok. O kalibraci je vystaven protokol a přístroj je na viditelném místě označen, kdy byla kalibrace provedena.
 5. Metody a způsob měření účinnosti spalování a měření množství vypouštěných látek malých spalovacích zdrojů podle § 12 odst.1) písm. f) zákona jsou uvedeny ve zvláštním právním předpisu¹⁾.

3.2 Konstrukce analyzátorů

V současné době se požaduje, aby přístroje byly malé, lehké a snadno ovladatelné. Musí umožňovat rychlé získání naměřených hodnot při nízké spotřebě energie a musí mít malé nároky na údržbu. Kromě toho musí být spolehlivé i při drsných pracovních podmínkách v kotelně a umožňovat měření bez napájecí sítě.



Obrázek 12 – Schéma analyzátoru spalín

Analyzátory spalín jsou po výrobě podrobeny testům funkce na stanovišti řízeném počítačem, kde je rovněž provedeno základní nastavení na příslušné plyny. Certifikace podle DIN 9000 zaručuje konstantní kvalitu. Samozřejmostí je komplexní zákaznická služba, která zajišťuje dlouholetou funkci přístroje.

Analyzátory spalín pracují tak, že prostřednictvím odběrové sondy jsou nasávány čerpadlem spaliny (v množství asi 0,8 l/min) do filtru. Po vyčištění a odvlhčení jsou spaliny přiváděny k elektrochemickým sensorům jednotlivých plynů, na kterých se stanoví množství jednotlivých plynů. Displej přístroje ukazuje kontinuálně naměřené hodnoty, přičemž k ustálení dochází v průběhu několika málo vteřin.

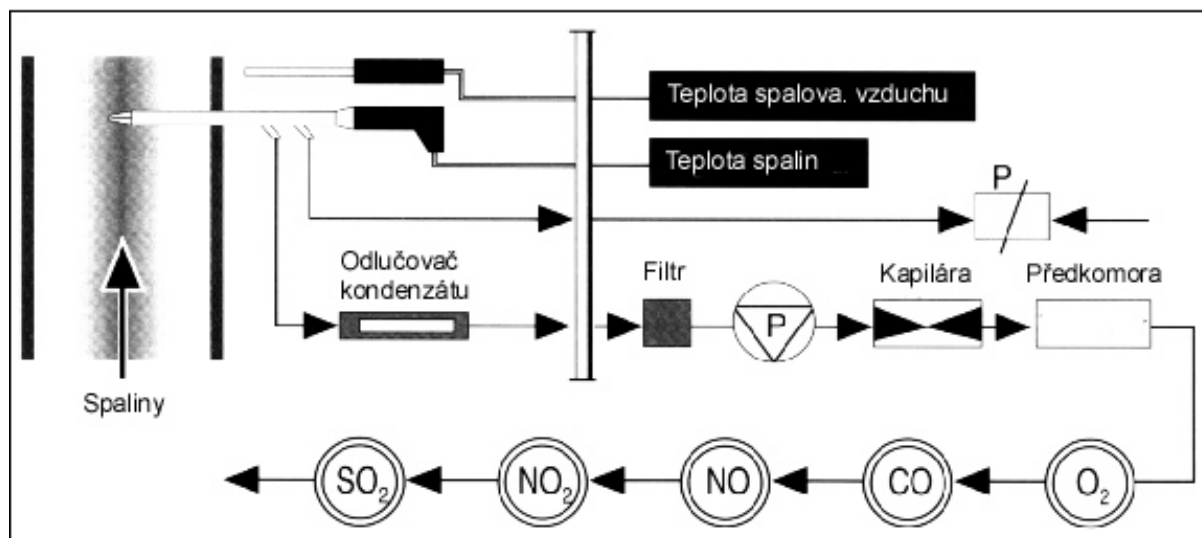
Naměřené hodnoty mohou být současně vytištěné na tiskárně s infračerveným přenosem dat a také uloženy do vnitřní paměti přístroje pro pozdější zpracování na počítači.

3.2 Funkce analyzátorů spalín

Důležitou funkcí v konstrukci přesných analyzátorů spalín má uspořádání trasy vedení plynů. Protože netěsnosti zkreslují výsledek měření, musí být spoje ve vedení absolutně těsné. Aby se ochránily senzory plynu, musí být spaliny dokonale vysušené. Součástí analyzátorů spalín musí být proto odlučovač kondenzátu, kde se jímá vlhkost ze spalín. Zjednodušené schéma uspořádání trasy vedení plynů v analyzátoru spalín je na obrázku 13.

Spaliny jsou nasávány pumpičkou **P** do odběrové sondy spalín, která se zasouvá do otvorů pro měření. V propojovací hadičce je standardně integrovaný odlučovač a filtr. Termočlánek integrovaný v ústí sondy slouží k měření teploty spalín.

Odlučovač kondenzátu a vestavěné filtry vysušují spaliny a zadržují částice prachu a sazí. Vzorek odebraných spalín prochází pumpičkou **P** a kapilárou je vtlačován do předkomory, která vyrovnává výkyvy tlaku způsobené pumpičkou. Měřené spaliny jsou přiváděny k jednotlivým měřicím článkům, které podle svého provedení měří koncentraci O_2 , CO (pro malé stacionární zdroje znečišťování), popřípadě měří ještě NO , NO_2 a SO_2 při měření středních a velkých zdrojů znečišťování.



Obrázek 13 – Zjednodušené znázornění uspořádání cest plynů v měřicím zařízení

Pro měření účinného tahu komína se nenasávají žádné spaliny. Spaliny postupují přímo s odběrové sondy vlastní cestou k tlakovému senzoru.

Teplota vzduchu přiváděného ke spalování se měří teplotním čidlem, které je součástí odběrové sondy před zahájením měření, nebo samostatným čidlem, které je spojeno kabelem s analyzátořem spalin.

3.3 Měřicí senzory

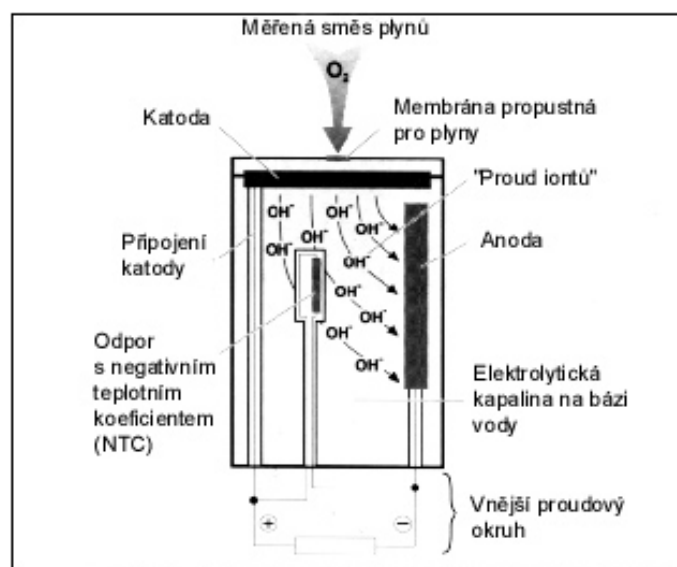
Analýza spalin se provádí na měřicích elektrochemických senzorech. Mezi jejich přednosti patří rychlá dostupnost naměřených veličin, malé nároky na pracovní prostor, snadná údržba a nízké výrobní náklady.

Popis činnosti kyslíkového senzoru (O_2)

Princip činnosti kyslíkového senzoru ($O_2\%$) je následující :

- molekuly O_2 proniknou, membránou prostupnou pro plyny, ke katodě,
- nastává chemická reakce – vznikají ionty OH (ionty jsou elektricky nabitě částice),
- ionty prostupují elektronickou kapalinou k anodě,
- pohybem iontů vzniká ve vnějším proudovém okruhu elektrický proud úměrný množství iontů O_2 ,

- z toho plyne, čím vyšší koncentrace plynu, tím vzniká větší proud,
- pokles napětí na odporu je změřen a elektronicky vyhodnocen,
- proces měření je závislý na teplotě, proto se musí současně měřit teplota spali - integrovaný odpor s negativním koeficientem kompenzuje teplotní vlivy a zajišťuje stabilní chování.



Obrázek 14 – Schéma kyslíkového senzoru

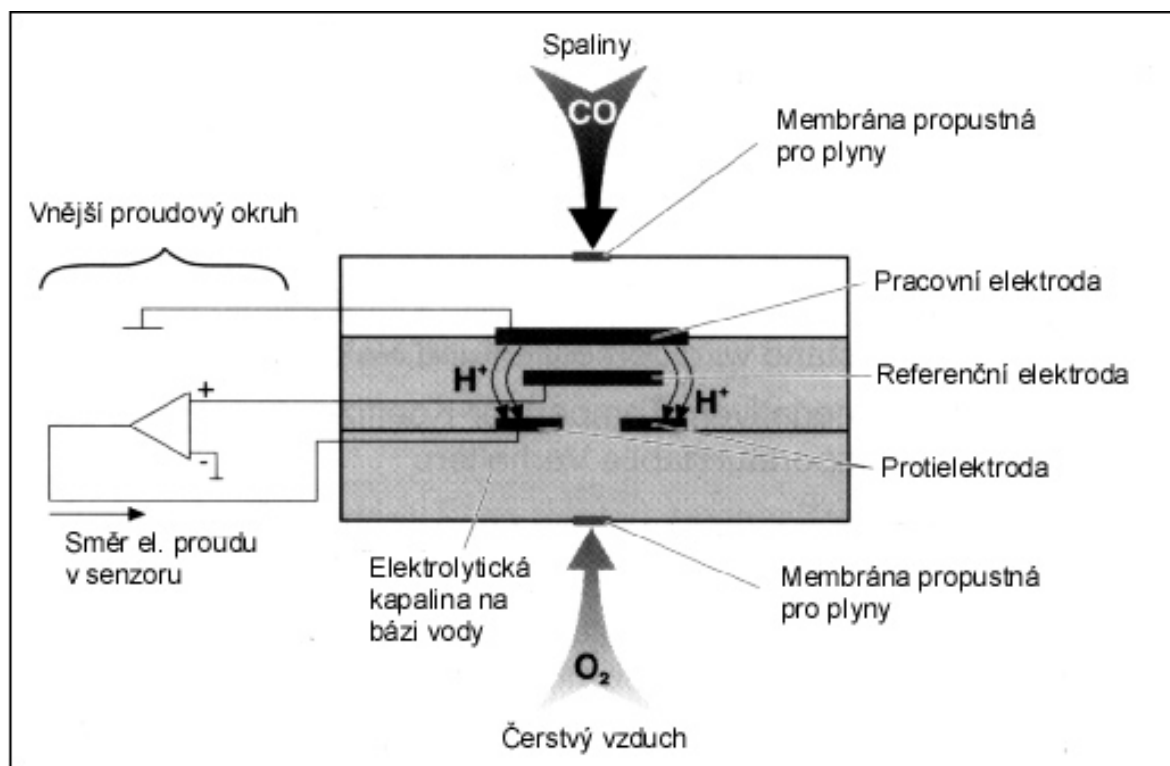
Životnost senzoru na O_2 je asi tři roky. Výměna senzorů a seřízení analyzátoru se provádí u výrobce. Senzor analyzátoru Testo si může vyměnit majitel přístroje sám. Výměnné senzory jsou již ocejchované a po výměně se může opět měřit.

Rovnice reakcí v senzorech O_2 :

Katoda		$O_2 + 2H_2O + 4e$	$4OH$
Anoda		$2Pb + 4OH$	$2PbO + 2H_2O + 4e$
Bilance		$2Pb + O_2$	$2PbO$

Princip činnosti tříelektrodeového senzoru

Pro stanovení koncentrace toxických plynů se používají tříelektrodeové senzory. Princip jejich činnosti je vysvětlen na příkladu oxidu uhelnatého (CO).



Obrázek 15 – Schéma uspořádání senzoru CO

Princip činnosti senzoru oxidu uhelnatého (CO) je následující :

- molekuly CO proniknou, membránou prostupnou pro plyny, k pracovní elektrodě,
- nastává chemická reakce – vznikají ionty H^+ (ionty jsou elektricky nabitě částice),
- ionty prostupují proti elektrodě,
- druhá chemická reakce pomocí O_2 z čerstvého vzduchu : vzniká proud na vnějším okruhu
- reference slouží ke stabilizaci signálu senzoru.

Rovnice reakcí :

Anoda		$CO + H_2O$	$CO_2 + 2H^+ + 2e$
Katoda		$O_2 + 4H^+$	$2H_2O$

Životnost senzoru na CO je cca 2 roky. Vysoká koncentrace měřených plynů zkracuje životnost senzoru.

3.4 Další možné příslušenství

Analyzátory spalin používané pro měření účinnosti spalování a měření množství vypouštěných látek malých stacionárních zdrojů musí splňovat podmínky přílohy č. 7 vyhlášky uvedené v kapitole 3.1.

V základním vybavení je vlastní analyzátor spalin s měřicími senzory pro O_2 a CO, základní odběrová sonda s propojovací hadicí, odvlhčovačem s filtrem a s vestavěným teplotním čidlem. Další součástí analyzátoru je tiskárna a kabel a softwar pro připojení analyzátoru k počítači k přenosu a zpracování naměřených dat. Součástí dodávky je také napájecí zdroj pro nabíjení akumulátorů analyzátoru a transportní kufr.

Ukazuje se, že bude vhodné později doplnit základní vybavení ještě o některé dopňky, které některou činnost usnadní, nebo rozšíří prováděnou činnost.

- pro kontrolu spalin kotlů na LTO je nutná pumpička na měření kouřivosti ($^{\circ}$ Bacharach),
- teplotní čidlo pro měření teploty vzduchu u koncentrického přívodu vzduchu u kondenzačních kotlů,
- nabíječku do auta, kterou lze nabíjet baterie v analyzátoru spalin při cestě autem na akci,
- pro přesnější měření CO ve spalinách víceotvorová sonda (není předepsaná vyhláškou),
- minisnímač teplotu okolního vzduchu, který nahradí měření vzduchu sondou před vlastním měřením,
- Co sonda pro měření obsahu CO v okolním vzduchu, zejména při zjišťování netěsností spalínové cesty nebo zjišťování vadné funkce spalínové cesty,
- měření vlhkosti spalin v přerušovači tahu pro kontrolu úniku spalin přerušovačem tahu,
- endoskop s osvětlením pro kontrolu nepřístupných míst ve spotřebiči paliv,
- pro řešení sporných případů s majiteli kotlů na dřevo měřicí přístroj pro zjišťování vlhkosti v pevném palivu (dřevo).

4 KONTROLA PŘED MĚŘENÍM

Obsah kapitoly

4	KONTROLA PŘED MĚŘENÍM	1
4.1	Kontrola v souladu se zákonem	1
4.2	Kontrola dle ČSN 73 4201:2002	2
	Tabulka A.1 – Tabulka minimálních tloušťek materiálů komínových vložek	5
	Příloha B - Vzor revizní zprávy spalinové cesty	6
	Příloha C - Vzor obsahu technické zprávy	7
4.3	Kontrola na spalinové cestě před měřením	8
4.4	Kontrola přívodu vzduchu	8

4 KONTROLA PŘED MĚŘENÍM

Při měření účinnosti malých stacionárních zdrojů znečišťování se provádí, podle § 12 Zákona č. 86 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), také kontrola spalinových cest. V následujících kapitolách je okomentován postup podle přílohy č. 7 k nařízení vlády č. 352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší a podle ČSN 73 4201:2002 Komíny a kouřovody – Navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv, na kterou zákon odvolává. Rovněž některá ustanovení této ČSN v oblastech kontroly jsou v příslušné kapitole okomentována. V závěru je popsán způsob kontroly spalinové cesty a přívodu vzduchu před měřením účinnosti spalování malých zdrojů znečišťování.

4.1 Kontrola v souladu se zákonem

Kontrolou spalinových cest prováděnou samostatně nebo při jednorázovém měření účinnosti spalování malých zdrojů znečišťování ovzduší, podle přílohy č. 7 k nařízení vlády č. 352/2002 Sb., se rozumí zda :

- a) je zajištěn dostatečný a bezpečný odvod spalin a rozptyl spalin od spotřebiče do volného ovzduší, *(Komentář : za dostatečný a bezpečný odvod spalin a rozptyl od spotřebiče do volného ovzduší se považuje splnění výpočtových podmínek podle kap. 5 ČSN 73 4201:2002 a vyústění komínů nad střechou budovy podle kap. 6.8 stejné ČSN)*
- b) je ve spalinové cestě dostatečný počet kontrolních, čistících a měřících otvorů, *(Komentář : tato podmínka se považuje za splněnou, pokud jsou dodrženy ustanovení článků 6.6.3 až 6.6.7 ČSN 73 4201:2002),*
- c) nejsou ohroženy životy a zdraví obyvatel možným únikem spalin netěsnostmi kouřovodů a komínů, *(Komentář : tuto podmínku lze splnit kontrolou spalinové cesty měřením úniku CO ve spojích, nebo zkouškou těsnosti podle čl. 9.2.3 a 9.2.4, nebo zkouškou plynotěsnosti podle čl. 9.2.6 ČSN 73 4201:2002),*
- d) je zajištěn bezpečný průchod pro vymetací a čistící nástroje v celé účinné i neúčinné výšce průduchu komína, *(Komentář : toto zjištění je možné provést pouze na místě tak, že se v průduchu komína a kouřovodu použijí odpovídající vymetací a čistící nástroje, nebo se provede předem kontrola kominíkem, televizní průmyslovou kamerou),*

- e) je zajištěn přístup k místům kontroly a čištění komínů, kouřovodů, spotřebičů paliv a větracích průduchů umožňující, aby při jejich kontrole a čištění byly dodrženy podmínky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, (*Komentář : tato podmínka se považuje za splněnou, pokud jsou dodržena ustanovení čl. 6.6.4.3 a 6.8.4.1 až 6.4.8.5 ČSN 73 4201:2002*).,

Kontrola spalinových cest se provádí podle schválených technologických postupů. Tyto postupy jsou stanoveny pro jednotlivé typy spalinových cest v závislosti na druhu připojeného spalovacího zdroje a použitého paliva. Na základě výsledků kontroly je posouzeno, zda aktuální stav spalinových cest odpovídá požadavkům stavebního zákona a příslušným technickým normám; případně je stanoven postup k odstranění zjištěných nedostatků. Kontrolou spalinových cest se zjišťuje shoda konstrukce příslušné spalinové cesty s platnými právními předpisy a technickými předpisy.

Odkazy :

Zákon č. 50/1976 Sb., o územním řízení a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
 Vyhláška č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu
 Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, ve znění pozdějších předpisů,
 Zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků,
 ČSN EN 1443 – Komínové konstrukce – všeobecné požadavky,
 ČSN 73 4201:2002 Komíny a kouřovody . Navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv,
 Platná Technická pravidla, která jsou v ČSN uvedena jako předpisy související

Lhůty pro provádění kontrol spalinových cest :

Lhůty pro provádění kontroly spalinových cest		
Palivo	Malé spalovací zdroje	
	Výkon	Perioda měření
Plynná paliva	od 11 kW	1x/2 roky
Kapalná paliva	od 11 kW	1x/2 roky
Tuhá paliva	od 15 kW	1x/2 roky

4.2 Kontrola dle ČSN 73 4201:2002

Základním kritériem správného provedení spalinové cesty je dodržení všech ustanovení platných ČSN a ČSN EN. Pokud se posuzuje a kontroluje spalinová cesta provedená podle dříve platných ČSN, posuzuje se její provedení podle těchto ČSN s tím, že jsou dodrženy podmínky přílohu č. 7 nařízení vlády č. 352/2002 Sb.

Způsob kontroly a zkoušení komínů je popsán v kapitole 9 Kontrola a čištění v ČSN 73 4201:2002 takto :

9.1 Označování komínů a komínových průduchů

9.1.1 Komínová konstrukce a komínová vložka musí být označena identifikačním štítkem podle 4.9 a 7.1 ČSN EN 1443, kde kromě těchto údajů se ještě doplní :

- název organizace která instalaci komína nebo vložky provedla;
- datum provedení konstrukce nebo vložky;
- velikost komínového průduchu;
- účinná výška komína.

Identifikační štítek se umístí na přístupném místě na spalínové cestě, např. ke kontrolnímu otvoru, k sopouchu komína nebo na zadní stranu komínových dvířek. Bez identifikačního štítku nemůže být vystavena revizní zpráva.

(Komentář : Při kontrole stávajících spalínových cest, které byly provedené v předcházejících letech se občas nepodaří některé z těchto základních údajů získat. Tuto skutečnost je nutné zaznamenat do Revizní zprávy o výsledku kontroly spalínové cesty podle ČSN 73 4201:2002)

9.1.2 U sdružených komínů vícepodlažních budov se označuje u komínových průduchů trvanlivým způsobem na krycí desce komína:

- podlaží, ve kterém je na příslušný průduch komína připojen spotřebič;
- druh paliva, jehož spaliny jsou komínovým průduchem odváděny.

Označení komínů může být nahrazeno orientačním náčrtem komínových těles s vyznačením komínových průduchů a s přílohou kde je popsán způsob a druh připojení jednotlivých spotřebičů k jednotlivým komínovým průduchům (pasport komínů).

9.1.3 Při označování komínových průduchů na místě se doporučuje vyznačit písmenem a číslicí napojené spotřebiče v jednotlivých podlažích takto :

2. podzemní podlaží	02
1. podzemní podlaží	01
1. nadzemní podlaží	1
2. nadzemní podlaží	2 atd.

9.1.4 Druh paliva připojeného spotřebiče na průduch komína se doporučuje značit schématickou značkou např. takto:

- / pro tuhá paliva
- X pro plynná paliva
- O pro kapalná paliva.

(Komentář : označení komínů a komínových podle čl. 9.1.2 až 9.1.4 by mělo na komínech být. Pokud tak není, označí se tato skutečnost jako závad s termínem na její odstranění).

9.2 Kontrola a zkoušení spalínové cesty

9.2.1 Po připojení spotřebiče na spalínovou cestu, po jeho výměně popř. po změně paliva a před uvedením spotřebiče do provozu se zejména kontroluje zda :

- komín a kouřovod zajistí za všech provozních podmínek připojených spotřebičů bezpečný odvod spalin do volného ovzduší, aby nenastalo jejich hromadění a ohrožení bezpečnosti. Spalínová cesta nesmí snižovat účinnost spotřebičů;

- konstrukce komína a komínová vložka je označena podle 9.1.1, nebo průduchy sdružených komínů jsou označeny podle 9.1.2 až 9.1.4;
- konstrukce komína nebo komínová vložka odpovídá údajům uvedeným na identifikačního štítku podle 9.1.1;
- komínová vložka nebo komínový systém má certifikát;
- připojený spotřebič odpovídá parametrům spalinové cesty;
- spalinová cesta splňuje podmínky kapitoly 5 pro připojený spotřebič;
- byly splněny technologické podmínky výrobce a dodavatele spotřebičů popř. další požadavky norem a předpisů v platném znění;
- je komín vyveden v dostatečné výšce nad střechu budovy a nejbližší okolí;
- jsou zajištěny bezpečné přístupy ke kontrole a čištění průduchu komína a kouřovodu;
- je zajištěna požární bezpečnost budovy z hlediska spalinové cesty.

Výsledek kontroly je zapsán do revizní zprávy spalinové cesty podle přílohy B, jejíž nedílnou přílohou je technická zpráva podle přílohy C této normy. Technická zpráva se doplní kontrolním výpočtem podle kapitoly 5.

(Komentář : tato kontrola se provede i před měřením malých stacionárních zdrojů znečišťování v termínech předepsaných přílohou č. 7 k nařízení vlády č. 352/2002 Sb., včetně revizní zprávy podle přílohy B a C, ve lhůtách 1 x za 2 roky)

9.2.2 Zkouška těsnosti komína, nebo zkouška tlaková se provádí zejména v těchto případech:

- a) při kolaudaci staveb a jejich změn;
- b) po požáru nebo vyhoření sazí v komínovém průduchu;
- c) při vzniku nebo podezření vzniku trhlin a netěsností komína v důsledku otřesů, sedání zdiva apod.

9.2.3 Zkouška těsnosti se provádí u komínů tlakové třídy N1 a N2. Účelem zkoušky těsnosti je zjistit netěsnosti komínové vložky a komínového pláště, kterými by mohly unikat spaliny do přilehlých prostorů a tím ohrozit zdraví a životy jejich uživatelů, nebo by mohly být příčinou tahových závad nasáváním okolního vzduchu do komínového průduchu.

9.2.4 Před zkouškou těsnosti je třeba zpřístupnit všechny prostory a místnosti přilehlé ke zkoušeným komínům, obnažit komínový plášť (např. odstranit tapety, sejmut obraz, odsunout nábytek apod.) a komínové průduchy důkladně vyčistit.

Po utěsnění všech sopouchů je třeba komínové průduchy předehtát, aby v nich vznikl dostatečný tah; potom se do vybíracích otvorů vloží dýmotvorná směs, která se zapálí. Když dým naplní celý komínový průduch a objeví se u jeho vyústění, komínový průduch se uzavře. Vývoj dýmu je třeba udržovat tak, aby komínový průduch byl trvale naplněn spaliny nejméně 10 min. Potom se vykoná kontrolní obchůzka a prohlídka všech přilehlých místností a prostorů, při které se zjišťuje zrakem, čichem nebo měřením měřicím zařízením (např. trubičkami CO) pronikání spaliny komínovým pláštěm. Přitom je třeba věnovat zvláštní pozornost vývodům instalací (např. elektrickým vypínačům, rozvodným skříním, vývodům plynu, vody apod.) a podlahám, zejména v místě komínového tělesa.

O vykonané zkoušce se sepíše protokol o zkoušce.

(Komentář : zkouška těsnosti se provede jenom v případě, že je podezření na únik spaliny ve spojích na spalinové cestě nebo v případech podle článku 9.2.2, pokud tato událost přechází bezprostředně před měřením malého stacionárního zdroje)

9.2.5 Podle požadavku a zadání objednatele, investora, stavebníka nebo příslušného stavebního úřadu se provede zkouška plynotěsnosti komína. Zkouška plynotěsnosti se provádí u komínů a komínových vložek, popř. na celé spalinové cestě tlakové třídy N1, N2, P1, P2, H1, H2.

9.2.6 Zkouška plynůstnosti se provede vzduchem nebo inertním plynem pro komíny s přirozeným tahem při zkušebním tlaku 40 Pa (pro třídu N1), nebo 20 Pa (pro třídu N2), pro přetlakové komíny při zkušebním tlaku 200 Pa (třída P1, P2) a pro vysokopřetlakové komíny při zkušebním tlaku 5000 Pa (třída H1, H2).

Před zkouškou plynůstnosti musí být všechny otvory na spalínové cestě dokonale uzavřeny. Při odpovídajícím způsobu zkoušení (doba zkoušení je 30 minut) nesmí unik plyn, v litrech za sekundu na čtvereční metr vnitřního povrchu průduchu komína nebo kouřovodu včetně spár, přesáhnout hodnoty podle tabulky 4 ČSN EN 1443.

(Komentář : zkouška plynůstnosti bude pravděpodobně ojedinělým požadavkem při kontrole spalínových cest podle přílohy 7).

Tabulka A.1 – Tabulka minimálních tloušťek materiálů komínových vložek

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Třída	Druh paliva	Vložka vícevrstvého komína s izolací a pláštěm		Jednovrstvé komíny a pevné kouřovody		Ohebné komínové vložky		Ohebné kouřovody volně přístupné ²⁾	
		Typ materiálu ¹⁾	Tloušťka (mm)	Typ materiálu ¹⁾	Tloušťka (mm)	Typ materiálu ¹⁾	Tloušťka (mm)	Typ materiálu ¹⁾	Tloušťka (mm)
D1	Suchý plyn	11(Al)	0,63	11(Al)	0,63	20	0,3	20	0,3
D1	Suchý plyn	20	0,5	20	0,5	40	0,1	40	0,1
D2	Lehký olej	40	0,5	40	0,5	40	0,3	60	0,12
D2	Dřevo	40	1,0	40	1,0	60	0,4	40	2x0,12
D3	Tuhé palivo	40	1,0	40	1,0	60	0,4	40	2x0,12
D3	Těžký olej	40	1,0	40	1,0
D3	Dřevní olej	60	1,0	60	1,0
W1	Mokrý plyn	11(Al) 40	1,5 0,5	11(Al) 40	1,5 0,5	40 40	0,3 2x0,12	40	2x0,12
W2	Mokrý olej	60	1,0	60	1,0	60	2x0,12	60	2x0,12

¹⁾ Typy materiálů

11(Al)	EN AW-1200	ENAV – Al 99,5	Není ekvivalentní ČSN
20	1.4301	x5CrNi8-10	Podle ČSN 41 7240
(30)	1.4306	x5CrNi8-10	Podle ČSN 41 7249
40	1.4401	x5CrNiMo7-12-2	Podle ČSN 41 7346
(50)	1.4404	x2CrNiMo17-12-2	Podle ČSN 41 7349
60	1.4432	x2CrNiMo17-13-3	Není ekvivalentní ČSN

Pro výrobu konstrukčních prvků se svary se použijí materiály s přibližně stejným složením, avšak vyšším typovým číslem, tj. materiály, které jsou v tabulce uvedeny v závorkách. (Například : místo materiálu 20 se použije materiál 30, místo materiálu 40 se použije materiál 50)

²⁾ Ohebné kouřovody volně přístupné jsou kouřovody od kouřového hrdla spotřebiče do sopouchu viditelně umístěné a přístupné v prostoru se spotřebičem podle 7.2.1.

Příloha B - Vzor revizní zprávy spalinové cesty

REVIZNÍ ZPRÁVA

o výsledku kontroly spalinové cesty podle ČSN 73 4201:2002

Číslo jednací :

Datum :

Místo kontroly :

Předmět kontroly :

Jméno a příjmení revizního technika komínů :

Číslo osvědčení revizního technika :

IČO a název firmy (organizace):

Objednatel :

Technické údaje spotřebiče :

Umístění spotřebiče :

Podlaží :

Technické údaje kouřovodu :

Technické údaje komína :

Výrobce komínových vložek/komínového systému :

IČO výrobce :

Doklad o posouzení shody výrobku (číslo) :

Závěr kontroly :

Nedílnou součástí této revizní zprávy je technická zpráva

Podpis a razítko

Rozdělovník : 2x objednatel

1x archiv revizního technika

Příloha C - Vzor obsahu technické zprávy

Technická zpráva

.....

Obsah technické zprávy :

A. Projektová dokumentace	I. Výpočet spalinové cesty
B. Popis stavby	J. Uzemnění komína - nástavce
C. Spotřebič	K. Požární bezpečnost
D. Kouřovod	L. Přívod vzduchu, větrání
E. Komín	M. Zjištění závady
F. Zhotovitel konstrukce komína – vložky	N. Termín odstranění závad
G . Certifikát	O. Poznámka
H. Umístění identifikačního štítku	

.....

A . Projektová dokumentace

Zpracoval :

4.3 Kontrola na spalinové cestě před měřením

Před měřením účinnosti spalování malých zdrojů znečišťování ovzduší je nutné v místě, kde je umístěn spotřebič paliv provést následující kontroly a přípravné práce :

- zevní prohlídka kouřovodu od spotřebiče do sopouchu, kontrola těsnosti spojů, zasunutí dílů, u spotřebičů na tuhá paliva kontrola zda není materiál kouřovodu narušen,
- vnitřní prohlídka kouřovodu zrcátkem nebo endoskopem. Demontáž a vyčištění kouřovodu s usazeninami sazí a zbytků spalin, zejména u spotřebičů na tuhá a kapalná paliva,
- kontrola otvorů na spalinové cestě zejména způsobu jejich uzavírání, kontrola komínových dvířek nebo jiných uzávěrů – funkce a těsnost,
- kontrola průduchu komína kontrolním otvorem. U komínových průduchů zasazených nutné před měřením průduchy komínů vyčistit, zejména u spotřebičů na tuhá a kapalná paliva,
- kontrola kondenzátní jímky, kontrola neutralizačního boxu,
- kontrola vybíracího otvoru u spotřebičů na kapalná a tuhá paliva. Vybrání sazí a tuhých zbytků z neúčinné výšky komínového průduchu.

4.4 Kontrola přívodu vzduchu

Před měřením je také nutné provést kontrolu přívodu vzduchu ke spotřebiči paliv, protože nedostatečný přívod vzduchu pro spalování může zkreslit výsledky měření.

Skutečná spotřeba vzduchu na jednotku tepla (výkonu) pro spalování v atmosférickém hořáku je uváděna hodnotou

$$V_s = (1,108 \text{ až } 1,12) \cdot \lambda = 1,16 \text{ m}^3 \cdot \text{kW}^{-1}$$

kde součinitel přebytku vzduchu λ je 1,4 až 1,45

U spotřebičů s přetlakovým hořákem je přebytek vzduchu nízký pohybuje se v hodnotách $\lambda = 1,05$ až 1,2.

U spotřebičů s atmosférickým hořákem se volí větší přebytky vzduchu $\lambda = 1,4$ až 1,5. Nutno ale uvažovat i s přívodem vzduchu u přerušovače tahu pro vyrovnání tahu komína, potom je přebytek vzduchu vyšší podle tahu komína $\lambda = 2$ až 3.

Při předimenzování komínů se pro vyrovnání účinného komínového tahu musí přivést větší množství vzduchu než je potřebné pro spalování. U stávajícího výpočtového programu se může stát, že komín je navržen s vyšším účinným tahem a k jeho vyrovnání je pak nutné zvýšit výpočtový přebytek vzduchu. Výpočet přívodního vzduchu lze provést posouzením, při kterém se snižuje zbylý účinný komínový tah až do stavu $p_z = p_{ze}$. Přívod vzduchu se musí předimenzovat na dvoj až třínásobek i více.

Vzduch na spalování se přivádí pod tlakem ve spotřebiči vyvolaném komínovým tahem. Nedostatečný tah komína pro odvod spalin může být způsoben vysokou tlakovou ztrátou z nasávání spalovacího vzduchu. Mírně specifické podmínky jsou u kotlů s přetlakovým hořákem, kde se vzduch nasává ventilátorem hořáku a u kotlů plynových s atmosférickým hořákem, kde vzduch pro spalování je nasáván vztlakem spalin ve spotřebiči a následně komínem.

Podle výpočtového schématu pro komíny se nestacionární stav v komíně – při náběhu spotřebiče řeší bezpečnostními součiniteli S_E a S_H . Při ustáleném stavu v komíně dochází pak k vyššímu tahu, než je nutný pro odvod spalin a zároveň podle teplot venkovního vzduchu je tah proměnný a v zimním období může být nadměrný. Vysoký tah komína způsobuje nadměrný průtok vzduchu spalovací komorou a způsobuje snižování účinnosti spotřebiče a to u spotřebičů s přerušovačem tahu (je-li zbylý tah na přerušovači větší než 15 až 20 Pa).

Kontrola podtlaku u spotřebiče paliv se musí provádět za podmínek, za jakých je spotřebič provozován. V kotelně se proto musí uzavřít okno a dveře. Potom se provede kontrola vstupních otvorů přívodu vzduchu, zda nejsou ucpané nebo jinak uzavřené. Provede se kontrola těsnosti oken a dveří, zejména tehdy, přivádí-li se vzduch pro spalování netěsností okenních křídel a dveří.

Odvod spalin může také ovlivnit ventilátor pro větrání. Proto je nutné zkontrolovat, zda není v blízkosti prostoru s kotlem ventilátor pro větrání a ověřit se, zda tento ventilátor neovlivňuje provoz spalínové cesty kotle.

Problémem jsou nízkoenergetické domy s utěsněnými okny a nuceným větráním!

5 MĚŘENÍ ÚČINNOSTI SPOTŘEBIČŮ PALIV

Obsah kapitoly

5	MĚŘENÍ ÚČINNOSTI SPOTŘEBIČŮ PALIV	1
5.1	Zásady měření podle vyhlášky	1
5.2	Příprava před měřením	1
5.3	Měření spalín analyzátozem spalín	2
5.3.1	Postup při měření analyzátozem spalín	3
5.3.2	Hodnoty analyzátozem spalín vypočítávané	5
5.4	Měření kondenzačních kotlů	6
5.5	Měření kotlů na olej.....	7
5.5.1	Měření tmavosti kouře metodou podle Bacharacha.....	8
5.6	Měření kotlů na tuhá paliva	9
5.6	Ukončení práce s analyzátozem spalín.....	10

5 MĚŘENÍ ÚČINNOSTI SPOTŘEBIČŮ PALIV

Měření účinnosti spalovacího procesu u malých spalovacích zdrojů a kontrola stavu spalinových cest se provádí v souladu s přílohami k vyhlášce MŽP č. 356/2002 Sb., kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavost kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů při znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování.

5.1 Zásady měření podle vyhlášky

V nařízení vlády č. 352/2002 je uvedeno v příloze 7 k nařízení vlády ke zjišťování znečišťujících látek a ke kontrole účinnosti malých zdrojů postup při měření veličin potřebných pro výpočet účinnosti spalovacího procesu takto :

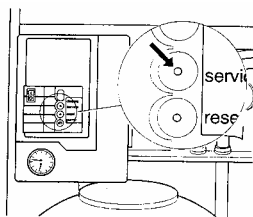
Při měření účinnosti spalovacího procesu u malých zdrojů znečišťování ovzduší se postupuje podle těchto zásad :

1. Měření je možné zahájit až v okamžiku, kdy je zdroj v setrvalém, ustáleném provozním stavu.
2. Měřicí sonda se umísťuje do otvoru, který je u nově instalovaných malých zdrojů součástí spalinového hrdla zdroje. Je nutné dodržovat zásadu, aby měřicí místo bylo v blízkosti spalinového hrdla zdroje a nedocházelo tak k ředění spalin a zkreslení naměřených hodnot. U atmosférických hořáků (zdroje s atmosférickými hořáky) může být pro měření využit otvor přerušovače tahu.
3. Vlastní měření se provádí opakovaně, minimálně 3krát při jmenovitém výkonu spalovacího zdroje.

5.2 Příprava před měřením

Před měřením musí být provedená kontrola spalinové cesty podle kapitoly 4 Kontrola před měřením. Před měřením účinnosti spalování musí být provedena prohlídka podle čl. 4.3 Kontrola na spalinové cestě před měřením.

U kotle je nutné překontrolovat, zda jsou otevřeny všechny radiátory, aby byl zajištěn odběr tepla při provozu kotle. Měření spalin se provádí u nových kotlů stisknutím tlačítka s kominíkem nebo servisního tlačítka, která vypne termoregulaci



Obrázek 14 – Servisní tlačítko na plynovém kotli Buderus

Kotel se nastaví na nejvyšší teplotu vody. Kotel nesmí být studený. Měření se má provádět za ustáleného stavu kotle, to znamená, že kotel má být v chodu nejméně 3 až 5 minut. Minimální teplota vody v kotli při měření by měla být 60 °C.

5.3 Měření spalin analyzátozem spalin

Každý elektronický přístroj, který byl po delší dobu v chladném prostředí a je přenesen do prostředí teplého, např. kotelny, je nutné pro jeho spolehlivý provoz aklimatizovat, to znamená že je nutné analyzátor vyjmout z přenosného kufru (nebo kufr otevřít) a ponechat jej volně alespoň 15 minut v místě měření, např. v kotelně.



Obrázek 15 – Aklimatizace analyzátoru spalin v kotelně před měřením

5.3.1 Postup při měření analyzátozem spalín

Po aklimatizaci překontrolujeme upevnění spojovacích hadic ve spojích a přístroj zapneme. Tím se zapne i pumpa přístroje a zahájí se nulování senzorů přístroje. Tento proces trvá 60 vteřin. Probíhá vlastně ověřování připravenosti senzorů na měření a zároveň přístroj měří teplotu vzduchu, nebo-li teplotu nasávaného vzduchu spotřebiče. Během nulovací fáze senzorů analyzátoru nesmí být odběrová sonda v kouřovodu, měla by být v místech, kde je nasáván vzduch pro spalování! Teplotu spalovacího vzduchu je možné měřit i samostatným teplotním čidlem. To je výhodnější, protože teplota nasávaného vzduchu se může v průběhu měření měnit.



Obrázek 15 – Měření teploty vzduchu přiváděného ke spalování

Po 60 vteřinách se nulovací fáze ukončí a přístroj nás vyzve k zvolení paliva, které spotřebič používá. Zvolíme palivo nastavením druhu paliva na displeji a jeho potvrzením. Správná volba paliva je důležitá pro výpočet komínové ztráty q_A .

Zasuneme odběrovou sondu do měřicího místa v kouřovodu, a poté můžeme ihned zahájit měření stisknutím tlačítka START. Termočlánek, který je na konci sondy musí být ve spalínách. Jeden z výřezů na konci sondy musí být nastaven do směru proudění spalín, aby nebyl termočlánek stíněn spojovací plechovou nožičkou ve výřezu.

Po cca 3 vteřinách se nám na displeji analyzátoru spalín objeví základní hodnoty měření. Na displeji sledujeme teplotu spalín a pohybujeme odběrovou sondou tak, abychom našli maximální teplotu spalín, nebo-li jádro spalín. V praxi to znamená, že se pohybujeme koncem sondy ve středu kouřovodu. Jakmile najdeme maximální hodnotu teploty a zajistíme sondu v kouřovodu těsnícím kónusem na odběrové sondě. Poté se podíváme na hodnoty, které nám ukazuje analyzátor spalín a které popisují stav spalování a seřízení spotřebiče.

Pokud by nastal prudký pokles teploty spalin, může to být způsobeno vytvořením kapky kondenzátu spalin na termočlánek, zejména u sondy zasunuté do kouřovodu zespoda svisle. Tuto závadu lze odstranit tak, že se sonda umístí do kouřovodu vodorovně nebo seshora, aby kondenzát mohl odkapávat.



Obrázek 16 – Způsob vložení sondy do měřicího otvoru na kouřovodu

Analyzátor spalin měří hodnotu kyslíku O_2 , hodnotu oxidu uhelnatého CO , teplotu spalin a popřípadě průběžně teplotu spalovacího vzduchu, používáme-li přídavné teplotní čidlo. Při měření sledujeme také hodnotu O_2 . Hodnota by měla být co nejmenší.

Důležitou hodnotou je obsah CO ve spalinách. Hodnota CO_{max} nesmí překročit velikost 1000 ppm. Je-li hodnota CO větší než 500 ppm u spotřebiče na plyná a kapalná paliva, mělo by se provést jeho seřízení. Větší hodnotu CO ve spalinách způsobuje špína v kotli, znečištěný hořák ale také spreje v koupelnách.

Ještě než ukončíme měření provedeme měření tahu komína. Stiskneme na analyzátoru tlačítko TAH a přístroj nás vyzve k vyjmutí odběrové sondy z měřicího otvoru v kouřovodu a po 3 vteřinách vyzve k opětovnému vložení do kouřovodu. Zasuňme sondu do stejného místa jako pro měření spalin a na výzvu přístroje stiskneme tlačítko OK. Na displeji uvidíme hodnotu tahu komína. Po chvilce cca 5 vteřinách se nám hodnota tahu ustálí a můžeme zmáčknout tlačítko KONEC. Tím jsme provedli změření tahu komína spotřebiče.

Naměřené hodnoty se mohou stisknutím tlačítka PAMĚŤ uložit do paměti přístroje a později se k nim můžeme kdykoliv vrátit.

5.3.2 Hodnoty analyzátořem spalin vypočítávané

Komínová ztráta (ztráta citelným teplem, ztráta odpadním plynem, apod.)

Po určení podílu kyslíku (O_2) a po zjištění rozdílu mezi teplotou spalin a vzduchu přiváděného ke spalování lze při znalosti specifických parametrů paliva stanovit ztrátu odváděnou spalinami. K výpočtu lze namísto podílu kyslíku rovněž použít údaj o koncentraci oxidu uhličitěho (CO_2). Teplota spalin a množství kyslíku resp. oxidu uhličitěho (CO_2) musí být měřeny současně a ve stejném místě, současně by měla být měřena teplota vzduchu přiváděného ke spalování.



Obrázek 17 – Přenos změřených a vypočtených hodnot tiskárnou na analyzátořu

Koncentrace oxidu uhličitěho (CO_2)

Z obsahu oxidu uhličitěho (CO_2) ve spalinách lze usuzovat na kvalitu (účinnost) spalování. Pokud je při malém přebytku vzduchu (dokonalé spalování) dosaženo nejvyšší možné koncentrace CO_2 , jsou ztráty způsobené spalinami (při stejné teplotě spalin) minimální. Pro každé palivo existuje maximálně dosažitelný podíl oxidu uhličitěho CO_2 (tzv. $CO_{2\max}$) ve spalinách, který je dán prvkovým složením hořlaviny paliva. Tato hodnota je ovšem u skutečných zařízení nedosažitelná.

Hodnoty $CO_{2\max}$ pro různá paliva jsou uvedené v čl. 1.2.2 Koncentrace CO_2 se určují z hodnoty $CO_{2\max}$ a podílu kyslíku O_2 ve spalinách

Součinitel přebytku vzduchu λ

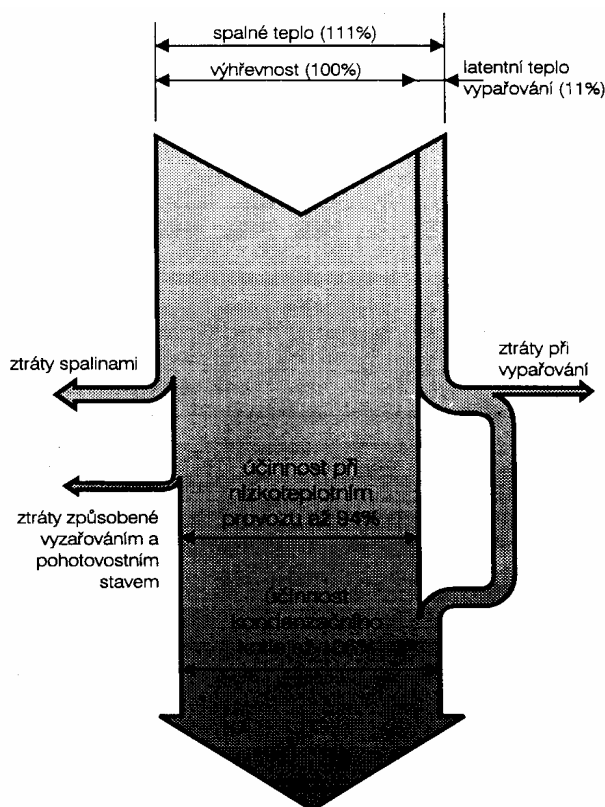
Kyslík O_2 , potřebný pro spalovací proces, je do kotle přiváděn jako součást spalovacího vzduchem. Pro dosažení dokonalého spalování je nezbytné k místu hoření přivést více vzduchu než je teoreticky nutné. Poměr mezi množstvím vzduchu přivedeného ke spalování vůči teoretické spotřebě se nazývá součinitel přebytku vzduchu λ .

Účinnost

Energetická účinnost se vztahuje k dodané energii a tedy k výhřevnosti Q_i . Účinnost se vypočte tak, že výhřevnost se prohlásí za 100 % a odečtou se ztráty odvedené spalinami a ztráty sdílením tepla kotlem do okolí. Účinnost lze zvýšit snížením ztrát odvedených spalinami, tedy využitím tepelné energie spalin k předehřevu vzduchu přiváděného ke spalování a k předehřevu paliva.

5.4 Měření kondenzačních kotlů

Kondenzační kotel umožňuje spalování paliv s využitím latentního tepla vodní páry obsažené ve spalínách. Využívá teplo spalín až pod jejich rosný bod. Ochlazování spalín v teplovodních kotlích se provádí z technických důvodů nejčastěji do 40 °C. Podíl tepla ve vodní páře znázorňuje poměr spalného tepla paliva (horní výhřevnost) k výhřevnosti (spodní výhřevnost), jak je naznačeno na obrázku 18.



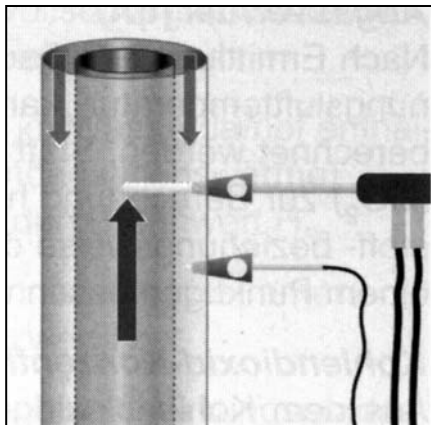
Obrázek 18 – Schéma využití kondenzace – spalné teplo, výhřevnost, využití kondenzace

Kondenzační kotle s oddělenými kondenzačními výměníky mají s ohledem na vysokoteplotní provoz základní části kotle účinnost do 106 %, vztaženo na výhřevnost plynu. Speciální konstrukce kotlů mohou pracovat až s účinností 110 %.

Při kontrole kondenzačních kotlů je nutné před měřením spalín zkontrolovat sklo v kontrolním otvoru, zda není zasazené, zašpiněné nebo mokré. Všechno to svědčí o netěsnosti nebo závadě na kotli. Nutné je prohlédnout endoskopem, zda ve vzduchovém průduchu u kotle nejsou nečistoty, hmyz, prach apod. Je také nutné zkontrolovat u odvodu kondenzátů spalín zda je voda v sifonu. Pokud by byl sifon prázdný, mohou tudy pronikat spaliny ze spotřebiče paliv.

Při měření účinnosti se musí měřit současně v průduchu kouřovodu i v průduchu vzduchovém. Pro ten účel jsou za spalínovým hrdlem kotle dva otvory (obrázek 12). Ve vzduchovém průduchu se měří teplota spalovacího vzduchu teplotním čidlem, které se

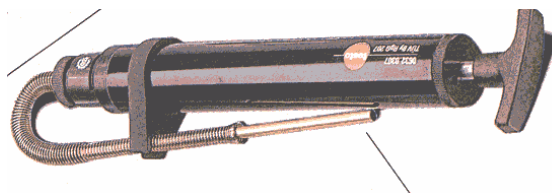
propojí s měřícím analyzátozem. Spaliny ve spalínovém průduchu se měří běžnou emisní sondou spojenou s analyzátozem spalín hadicí.



Obrázek 19 – Současné měření teploty vzduchu ve vzduchovém průduchu a spalín v průduchu kouřovodu u koncentrického přívodu vzduchu kondenzačního kotle

5.5 Měření kotlů na olej

Před zahájením měření spalín kotlů na olej (hořáky na lehké topné oleje) je nutné nejprve stanovit množství sazí ve spalínách. Měření se provádí pumpičkou pro zjištění obsahu sazí ve spalínách, shodným způsobem jako měření tmavosti kouře metodou podle Bacharacha (kapitola 5.8).



Obrázek 20 – Pumpička na zjišťování obsahu sazí ve spalínách

Při vlastním měření má být pumpička skloněna od vodorovné roviny mírně směrem dolů. Kotel musí být v ustáleném teplotním stavu, teplota vody v kotli má být nejméně 60 °C teplá. Jedno nasátí má trvat asi 10 vteřin a celkem se provede 10x nasátí spalín.

Pak se filtrační papír vyjme a posuzuje se množství zachycených sazí. Množství sazí se zjistí porovnáním stupně zčernání filtračního papírku s Bacharachovou stupnicí. Je-li zjištěno zbarvení filtračního papírku uhlovodíkovými deriváty nebo pokud papírek

při měření zvlhne zachycením kondenzátu, nelze jej pro stanovení množství sazí použít a měření musí být opakováno.

Je třeba provést tři samostatná měření, z nichž se konečné množství sazí určí jako aritmetický průměr.



Obrázek 21 – Měření sazového čísla u kotle na lehký topný olej

Další měření účinnosti spalovacího procesu u malých spalovacích zdrojů na kapalná paliva a kontrola stavu spalinových cest se provádí stejným způsobem jako o kotle na plynná paliva v souladu s kapitoly 5.2 a 5.3.

5.5.1 Měření tmavosti kouře metodou podle Bacharacha

Měření tmavosti kouře metodou podle Bacharacha stanovené přílohou č. 11 k vyhlášce č. MŽP č. 356/2002 Sb., uvádí následující postup :

1. Metoda je založena na porovnání kruhové barevné skvrny získané prosátím předepsaného množství kouřových plynů přes filtrační papír se standardními skvrnami Bacharachovy stupnice. Tmavost zbarvení kouřové vlečky přibližně odpovídá koncentraci sazí, popílku a jiných částic.
2. Zařízení pro měření se skládá z odběrové sondy o vnitřním průměru 6 mm s odchylkou 0,1 mm, filtračního papíru, odsávací pumpy o zdvihovém objemu 0,163 dm³ s odchylkou max. 0,007 dm³ a Bacharachovy stupnice.
3. Zdvihový objem odsávací pumpy a optické vlastnosti Bacharachovy stupnice použité k měření musí být ověřeny
4. Měření tmavosti kouře podle této metody se provádí odběrem kouřových plynů sondou z kouřovodu. Do zářezu v pumpě se vloží čistý filtrační papír a dotažením se zajistí těsnost spoje. Odsávací sonda se zasune do kouřovodu kolmo ke směru proudu spalin, co nejdále směrem ke středu (umístění sondy musí být takové, aby byl nasáván vzorek z hlavního proudu spalin). Deseti úplnými zdvihy pumpy se provede nasátí předepsaného vzorku spalin 1,63 dm³ s odchylkou max. 0,071 dm³. Zdvihy pumpy se provádí volně, avšak tak, aby celý vzorek byl odebrán v čase kratším než tři minuty. Po provedení odběru se uvolní a vyjme filtrační papír; vytvořená skvrna musí být kruhová o průměru 6 mm s odchylkou max. 0,1 mm. Tmavost skvrn se porovná s tmavostí skvrn Bacharachovy stupnice.
5. Při každém měření se provádí 3 odběry v pravidelných intervalech 5 minut. Měření se hodnotí jako tři samostatné odběry.

5.6 Měření kotlů na tuhá paliva

V zařízení na pevné palivo smí být použito jen takové palivo, které předpokládá výrobce a které odpovídá z hlediska kvalitativních znaků (obsah síry a výhřevnost). Přitom je třeba při instalaci dodržovat pokyny udané výrobcem. Otevřená topeniště je vhodné vzhledem k nízké účinnosti a výrazné emisi škodlivin a kouře používat jen příležitostně.

Problematické je měření tmavosti kouře. Pumpičku na měření sazového čísla podle Bacharachovy stupnice není použitelná, protože saze pro olejové topení jsou jiné nežli saze při spalování uhlí a dřeva.

Před měřením kotlů na tuhá paliva musí být kotle v provozu alespoň 1 hodinu. Před měřením má být kotel vyčištěn. Teplota vody v kotli má být nejméně 75 °C, zpátečka do kotle má mít teplotu větší než 65 °C.

Velkým problémem je někdy vysoký obsah CO ve spalínách. Pokud nemají analyzátory spalín ochranu, která zajistí automaticky vypnutí přístroje při velké koncentraci CO, může dojít k poškození měřicího senzoru na CO.

Další měření účinnosti spalovacího procesu u malých spalovacích zdrojů na tuhá paliva a kontrola stavu spalinových cest se provádí stejným způsobem jako o kotlů na plynná paliva v souladu s kapitolami 5.2 a 5.3.

5.6 Ukončení práce s analyzátořem spalín

Na závěr jenom několik poznámek k činnosti po ukončení práce při měření s analyzátořem spalín v kotelně.

Po ukončení práce je nezbytné mít všechny změřené údaje uložené v paměti analyzátořu spalín a současně mít uložené výsledky měření natištěné tiskárnou, která je v příslušenství analyzátořu spalín. Nejdůležitější je správné označení měřených kotlů a objektů zejména tehdy, provádíme-li více měření za jeden den. Změřené údaje bychom si měly uložit doma do počítače.

Při měření analyzátořem spalín je nutné poznamenat si u jednotlivých kotlů teplotu vody, aby při dalším měření byly hodnoty srovnatelné. Teplota vody v kotli částečně ovlivňuje výsledky měření. Proto by měření mělo být prováděné při teplotě vody nejméně 60 °C.

U analyzátořu spalín je nutné pravidelně dobíjet baterie a to nejméně jedenkrát za 14 dní a to i v době, kdy se přístroj nepoužívá. Před nabíjením by měly být baterie vybity a to světlem a čerpadlem analyzátořu. Pozor na baterie v tiskárně.

Po ukončení práce je nutné vysušit kabely. Praktici v Německu toto řeší tak, že po návratu z měření vyjmou hadice s měřicí sondou z analyzátořu a zavěsí ji v kanceláři nebo v pracovně a nechají do rána vyschnout. Pravidelně je nutné kontrolovat, vysušovat a čistit odvlhčovač a filtr.

Podle vyhlášky se musí nechat analyzátory spalín 2x ročně přeměřit a zkontrolovat v autorizované zkušebně.



6 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Obsah kapitoly

6.	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ.....	1
6.1	Limity znečišťujících látek.....	1
6.1	Způsob vyhodnocení naměřených údajů	2
6.2.1	Účinnost spotřebičů paliv	2
6.2.2	Koncentrace CO ve spalínách	3
6.2.3	Některé další výpočtové vzorce	4
6.3	Protokol o autorizovaném měření	5
6.3.1	Obsah protokolu podle vyhlášky	5
6.3.2	Návrh protokolu o měření.....	6
6.4	Hlášení naměřených hodnot MŽP	8

6. VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Smyslem měření účinnosti spalování, měření množství vypouštěných látek a kontroly spalinových cest malých stacionárních zdrojů znečištění je snaha o snižování množství vypouštěných znečišťujících látek do vnějšího ovzduší, které působí nepříznivě na život a zdraví lidí a zvířat a na životní prostředí v souladu se zákonem č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší.).

6.1 Limity znečišťujících látek

Limitní hodnoty znečišťujících látek jsou u malých zdrojů znečišťování jsou dány nařízením vlády č. 352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

V příloze č. 7 k nařízení vlády č. 352/2002 Sb., je pod bodem 2. Limity účinnosti spalování uvedeno :

Každý malý zdroj musí spalovat palivo alespoň s limitní účinností spalování podle § 11 tohoto nařízení uvedenou v tabulce, nebo s účinností vyšší.

Platné limitní účinnosti spalování pro spotřebiče spalující kapalná a plynná paliva pro uvedený výkonový rozsah

jmenovitý tepelný výkon	datum uvedení spotřebiče do provozu		
	do 31.12.1982	do 31.12.1985	od 1.1.1990
[kW]			
11 až 25	85 %	86 %	88 %
25 až 50	86 %	87 %	89 %
větší 50	87 %	88 %	90 %

Platné limitní účinnosti spalování pro spotřebiče spalující tuhá paliva pro uvedený výkonový rozsah

jmenovitý tepelný výkon	datum uvedení spotřebiče do provozu		
	do 31.12.1982	do 31.12.1985	od 1.1.1990
[kW]			
15 až 20	68 %	69 %	70 %
20 až 50	70 %	71 %	72 %
větší 50	72 %	73 %	74 %

Poznámka : Platné limitní účinnosti pro spotřebiče na tuhá paliva v závislosti na výkonu jsou převzaty z přílohy D.1 ČSN 070240 po změně Z8

6.1 Způsob vyhodnocení naměřených údajů

6.2.1 Účinnost spotřebičů paliv

Vyhodnocení měření účinnosti malých spalovacích zdrojů se provádí ze změřených hodnot podle kapitoly 5. Měření účinnosti spotřebičů paliv. Vyhodnocení se provádí jako rozdíl mezi ideální účinností 100 % a poměrnou ztrátou citelným teplem (komínovou ztrátou).

Mezi hlavními položkami tepelných ztrát spotřebičů paliv patří kromě již uvedené ztráty tepla spaliny, odcházejícími z pracovního prostoru spotřebiče (komínová ztráta), ještě patří ztráta tepla stěnami spotřebiče, ztráta tepla akumulací ve spotřebiči, ztráta tepla sáláním z pracovních otvorů spotřebiče a ztráta tepla chemickým nedopalem oxidu uhelnatého.

Ztráta tepla odcházejícími spaliny (komínová ztráta) je u všech typů spotřebičů paliv nejvýznamnější položkou ztrát tepla a proto se pro účely výpočtu účinnosti spalování u malých zdrojů znečišťování ovzduší ostatní ztráty zanedbávají.

Účinnost spalování se vypočte, podle nařízení vlády č. 352/2002 Sb., z následujícího vztahu :

$$\eta = 100 - \xi$$

η účinnost spalování

ξ komínová ztráta

Komínová ztráta, uvedená ve vyhlášce písmenem ξ , se v odborných publikacích označuje obvykle písmenem q_A . Stejně tak ji budeme označovat ve výpočtu.

Výpočetní vzorce pro výpočet komínové ztráty :

$$q_A = (AT - VT) \times \frac{A_2}{(21 - O_2) + B} - KK$$

kde značí :	AT	teplota spalin
	VT	teplota vzduchu přiváděného ke spalování
	A ₂ , B	parametry paliva (viz tabulka koeficientů podle firmy Testo)
	21	obsah kyslíku ve vzduchu
	O ₂	měřená hodnota O ₂ (zaokrouhlené na celé číslo)
	KK	koeficient, který při překročení bodu kondenzace způsobí zápornou hodnotu q_A (při měření kondenzačních kotlů)

Ze vzorce vyplývá, že pro výpočet komínové ztráty je důležité co nejpřesněji změřit teplotu spalín současně s teplotou spalovacího vzduchu a obsah O_2 ve spalínách.

Tabulka koeficientů

Palivo	A2	B	f	CO _{2 max}
Topný olej	0,68	0,007	-	15,4
Zemní plyn	0,65	0,009	-	11,9
Kapalný plyn	0,63	0,008	-	13,9
Koks, dřevo	0	0	0,74	20,0
Brikety	0	0	0,75	19,3
Hnědé uhlí	0	0	0,90	19,2
Černé uhlí	0	0	0,60	18,5
Generátorový plyn	0,6	0,011	-	-
Svítiplyn	0,63	0,011	-	11,6
Zkušební plyn	0	0	-	13,0

6.2.2 Koncentrace CO ve spalínách

Nařízení vlády č. 352/2002 Sb., v bodě 3) uvádí : Každý spalovací zdroj musí spalovat palivo tak, aby koncentrace CO ve spalínách nepřekročila maximální hodnotu 1000 ml/m³ (ppm) při referenčním obsahu kyslíku ($O_{2 \text{ ref}}$).

Obecně platí, že $CO_{\text{max}} = CO_{\text{nam}} \times \lambda$ kde λ je přebytek vzduchu

Hodnota koncentrace CO_{ref} (při referenčním $O_{2 \text{ ref}}$) se vypočítá z následujícího vztahu :

$$CO_{\text{ref}} = CO_{\text{nam}} \times \frac{21 - O_{2 \text{ ref}}}{21 - O_{2 \text{ měř}}}$$

Ve vzorci značí :

CO _{ref}	maximální přípustná hodnota CO [ppm]
CO _{nam}	CO naměřené při měření [ppm]
O _{2 ref}	referenční obsah kyslíku dle vyhlášky
O _{2 nam}	naměřený obsah O ₂ ve spalínách

Hodnoty referenčního obsahu kyslíku (O₂) :

Pro plynná paliva 3 %
 Pro tuhá paliva 6 %

Pro možnost vzájemného porovnávání složení spalin různých spotřebičů paliv o různém výkonu se zjištěné koncentrace jednotlivých složek zjištěných ve spalinách přepočítávají buď na tzv. stechiometrický poměr (kdy $n = 1$, nebo množství O₂ ve spalinách = 0), nebo na definovaný, tzv. referenční obsah O₂ ve spalinách. V tomto případě je předepsaný referenční obsah O₂ při výpočtu CO pro plynná paliva 3 % O₂ a pro tuhá paliva je to 6 % O₂.

6.2.3 Některé další výpočtové vzorce

Pro úplnost jsou ještě uvedeny některé další vzorce, podle kterých jsou vypočítávány údaje analyzátorů spalin z naměřených hodnot :

a) Množství vzduchu λ (kapitola 1.3)

$$\lambda = \frac{21}{21 - O_{2 \text{ měř}}}$$

kde značí : 21.....obsah kyslíku ve vzduchu
 O_{2 měř}naměřená koncentrace O₂ ve spalinách

b) Koncentrace oxidu uhličitého CO₂

$$CO_2 = \frac{CO_{2 \text{ max}} \times (21 - O_2)}{21}$$

kde značí : CO_{2 max} max. hodnota CO₂ podle druhu paliva (viz tabulka koeficientů podle firmy Testo)

6.3 Protokol o autorizovaném měření

Po ukončení měření musí být zpracován protokol o autorizovaném měření malých spalovacích zdrojů. Minimální údaje, které protokol musí obsahovat je uveden v příloze 15 k vyhlášce č. 356/2002 Sb.

6.3.1 Obsah protokolu podle vyhlášky

Protokol o autorizovaném měření malých spalovacích zdrojů musí obsahovat minimálně tyto údaje :

1. Úvod - obsahuje základní identifikační údaje autorizované osoby a provozovatele měřeného zdroje.
2. Účel měření - obsahuje údaje o účelu měření účinnosti spalování.
3. Popis zařízení – obsahuje dostupná technická data o zařízení, na kterém bylo prováděno měření.
4. Způsob měření - obsahuje podrobné údaje o použité přístrojové technice, postupech a metodikách měření, vyhodnocení měření, případně schéma měřicího místa.
5. Průběh měření - obsahuje údaje o průběhu měření, odběru vzorků, případně vlivech, které mohly působit na přesnost a správnost měření.
6. Výsledky měření účinnosti spalování – obsahuje přehledy naměřených a vypočtených hodnot, včetně tabulek a příloh, případně stručný komentář k nim.
7. Vyhodnocení výsledků měření – obsahuje porovnání naměřených a vypočtených hodnot s limitními údaje podle zvláštního právního předpisu.
8. Odkaz na technický předpis (ČSN 734201:2002 - Komíny a kouřovody – Navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv), podle kterého se postupuje při kontrole spalinových cest (viz kapitola 4 Kontrola před měřením).
9. Popis spalinových cest u zdroje, případně schéma spalinové cesty.
10. Zjištěné závady – seznam zjištěných závad včetně jejich zařazení do kategorie přímo ohrožujících bezpečnost spalinové cesty.
11. Navrhovaná opatření – obsahuje návrh , případně popis , jak je možno zjištěné závady odstranit a termíny jejich odstranění.
12. Závěr – obsahuje závěr kontroly spalinových cest.
13. Náležitosti předepsané autorizované osobě zákonem a touto vyhláškou.

Při kontrole spalinových cest se postupuje podle kapitoly 4 Kontrola před měřením.

6.3.2 Návrh protokolu o měření

Protokol o autorizovaném měření účinnosti a kontrole spalinových cest

Autorizovaná osoba:

Oprávnění:

Provozovatel:

Popis zařízení:

	kotel	hořák
Výrobce:		
Typ:		
Výrobní číslo:		
Rok výroby:		
Rok uvedení do provozu:		
Jmenovitý výkon:		
Palivo:	Zemní plyn	

Měření účinnosti

Použité měřicí přístroje:

	výrobce	typ	výrobní číslo	datum kalibrace
Analyzátor spalín	MRU	Spectra 1600 GL		

Postup měření:

Vzorek byl odebírán z kouřovodu za kotlem. Na proměřovaném kotli byla provedena tři jednotlivá měření v odstupu minimálně 10 minut. Měření bylo provedeno za běžných provozních podmínek.

Výsledky měření:

Číslo měření		1	2	3
Obsah O ₂	%			
Obsah CO	ppm			
Teplota spalín	°C			
Teplota spal. vzduchu	°C			
Tah	hPa			
Obsah CO ₂	%			
Přebytek vzduchu λ				
Komínová ztráta	%			
ÚČINNOST	%	100,00	100,00	100,00
OBSAH CO	ppm při 3%O ₂	0,00	0,00	0,00

Průměrné hodnoty:

ÚČINNOST

100,00

%

OBSAH CO

0,00

ppm při 3%O₂

Povolený limit:

%

1000 ppm při 3%O₂

Hodnoty účinnosti a koncentrace CO vyhovují limitům podle nařízení vlády 352/2002Sb.

Toto měření je provedeno podle zákona 86/2002Sb., nařízení vlády 352/2002Sb. a vyhlášky MŽPČR 356/2002Sb.

Kontrola spalinových cest

Typ a popis stavby

Místo umístění spotřebiče paliv

Kouřovod :
kontrolní (čistící) otvory – umístění :

světlost :

délka :
počet :

Komín :
umístění :
identifikační štítek :

rozměr : účinná výška :
vymetací (kontrolní) otvory :
poznámka :

Přístup ke kontrole a čištění :

Prívod vzduchu ke spotřebiči :

Poznámka :

Zjištěné závady a navrhovaná opatření :

Závěr :

Kontrola spalinových cest byla provedena v souladu s ČSN 73 4201

Měření provedl :

Datum :

Razítko a podpis :

6.4 Hlášení naměřených hodnot MŽP

Další nakládání s protokolem o měření je uveden v příloze č. 15 k vyhlášce č. 356/2002 Sb., kde je uvedeno :

S protokolem nakládá autorizovaná osoba podle § 18 odst. 2 vyhlášky č. 356/2002 Sb. Pověřenou právnickou osobou ve smyslu tohoto ustanovení je Společnost kominíků ČR, které protokoly a výsledky měření statisticky zpracovává a vyhodnocuje a roční přehledy výsledků předává ministerstvu.



Příklad souhrnného protokolu je uveden na následující stránce

Literatura, normy, předpisy

Doc. Ing. Vladimír Jelínek, Csc – Komínová technika

Vladimír Jelínek, František Jiřík – Komíny, kouřovody a odtahy spalin

Ing. Josef Fík – Spalování plynných paliv a plynové hořáky

COPZ Použití plynu

Testo – Praktická příručka analýzy kouřových plynů

Prospektové materiály firem Buderus, Hydrotherm, Therm, Werner, Testo, MRU

ČSN 73 4201:2002 Komíny a kouřovody – Navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů
(zákon o ovzduší)

Nařízení vlády č. 352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší

Vyhláška MŽP č. 356/2002 Sb., kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování.