

Zdeněk Lyčka

MALÉ TEPLOVODNÍ KOTLE NA PEVNÁ PALIVA

spalování pevných paliv po roce 2013



Krnov 2012

Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2012 – Program EFEKT.

Vydalo: **LING Vydavatelství s.r.o.**
nám. Osvobození 2057/8
794 01 Krnov
www.lingvydavatelstvi.cz

Autor příloh č. 1 a 2:	Ing. Aleš Bufka
Odborná korektura:	Josef Žďárský, Ing. Josef Hodboď
Jazyková korektura:	PhDr. Lenka Kopencová
Sazba a grafická úprava:	STAPS, Kosmická 741, 149 00 Praha
Tisk:	GRAFOTECHNA PLUS, s.r.o., Lýskova 1594, Praha 5 – Stodůlky

© LING Vydavatelství s.r.o.
Veškerá práva vyhrazena
1. vydání

ISBN 978-80-904914-2-7

OBSAH

PŘEDMLUVA	5
ÚVOD	7
SEZNAMTE SE – KOTEL PRO ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ NA PEVNÁ PALIVA	9
Základní definice	9
Definice teplovodního kotle z pohledu legislativy	10
Kotel jako organizmus	12
KRÁTCE Z TEORIE SPALOVÁNÍ PEVNÝCH PALIV	13
Hořlavina a její zapálení	13
Spalovací vzduch	14
Produkty spalování	15
Kondenzace spalin	17
Spalné teplo a výhřevnost	17
Základní bilanční výpočty	18
PEVNÁ PALIVA	20
Základní dělení	20
Hrubý rozbor a deklarace kvality	21
Charakteristický rozměr, objemová hmotnost	22
Biomasa	24
Uhlí	26
Ostatní paliva	27
Garanční paliva dle ČSN EN 303-5:2012	27
ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE	30
Obecné pojmy	30
Základní konstrukční části a prostory kotle	32
ROZTŘÍDĚNÍ KOTLŮ DO ZÁKLADNÍCH KATEGORIÍ	37
Dělení podle způsobu přikládání paliva	37
Podle technologie spalování	38
Podle bezpečnosti provozu otopné soustavy	40
Podle druhu použitého materiálu	41
Rozdělení do tříd podle emisí a účinností	42

NORMATIVNÍ POŽADAVKY NA KOTLE	44
Základní normativní požadavky na konstrukci	44
Požadavky na provozní parametry	46
Výrobní štítek	47
Technická dokumentace dodaná s kotlem	48
PROVOZNÍ ÚČINNOST KOTLŮ	50
Ztráta citelným teplem spalin	50
Ztráta plynným nedopalem	52
Ztráta mechanickým nedopalem	52
Ztráta sdílením tepla do okolí	53
Účinnost kotle garantovaná výrobcem	53
Reálné provozní podmínky	54
Napojení na komín	54
Napojení na otopnou soustavu	56
Garanční palivo	58
Kontrola a údržba	59
SPALOVÁNÍ PEVNÝCH PALIV PO ROCE 2013	63
Co říká legislativa o prodeji a provozu kotlů	63
Legislativa a kontrola kotlů	64
Legislativa a kvalita paliv	66
Vliv nové legislativy na technologie spalování	66
Dopad na životní prostředí	71
JAK VYBÍRAT NOVÝ KOTEL	73
Před nákupem	73
Volba konkrétního kotle	73
LITERATURA	77
PŘÍLOHY	78
Příloha č. 1 Prodej teplovodních kotlů na pevná paliva	78
Příloha č. 2 Přehled a prodej tuhých paliv využívaných v ČR	80
Příloha č. 3 Porovnání nákladů na vytápění	90
Příloha č. 4 Stanovení tepelného výkonu a příkonu kotle a spotřeby paliva	91
Příloha č. 5 Měření tmavosti kouře	93
Příloha č. 6 Zapojení kotle to otopné soustavy	94

PŘEDMLUVA

Struktura vytápění domácností ovlivňuje kvalitu ovzduší v prostředí, ve kterém žijeme. Lokální topeniště na pevná paliva, a především kotle na uhlí, přispívají významným způsobem ke znečištění ovzduší, neboť produkují přes 30 % celkových emisí primárních částic PM10. Dále produkují enormní množství oxidu siřičitého, oxidu uhelnatého a oxidu dusíku.

Tato topeniště pracují s nízkou teplotou spalování, a tak nedokonale spalují. Jejich emise jsou vypouštěny v nízké výšce nad zemí, a proto nás nejvíce obtěžují. Zároveň díky nedokonalému spalování uhlí a např. i spoluspalování plastů vznikají karcinogenní polyaromatické uhlovodíky, které se podílejí na řadě zdravotních problémů obyvatel a nárůstu nemocnosti zejména ve zvýšeném výskytu nádorových onemocnění, respiračních potíží a nemocí dýchacích cest.

Za posledních cca 20 let se u nás zvýšil věk dožití o 7 let. Samozřejmě je to ovlivněno stylem života, ale nezanedbatelný vliv mělo i zlepšení životního prostředí, tedy i čistoty ovzduší. I když se situace s vypouštěním skleníkových plynů od roku 1990 podstatně zlepšila, stále ještě patříme v Evropě k velkým znečišťovatelům, a proto je třeba dále intenzivně pracovat na jeho zlepšení. Jak je uvedeno výše, patří ke znečišťovatelům ovzduší u nás i malé kotle na hnědé uhlí, které slouží pro vytápění rodinných domů. Jsme země, která ve velkém měřítku využívá pro vytápění malé kotle na hnědé uhlí a jejich produkce je u nás nejvyšší v Evropě. Je nutné konstatovat, že spalovat hnědé uhlí v tak malých zařízeních je velmi náročné. Jejich technická úroveň sice stále roste, ale požadavky na kvalitu spalování a hlavně emise, které vypouštějí, rostou rychleji. Hlavním problémem je ale používání starých zařízení, která mají velmi nízkou účinnost a emitují vysoké procento plynných i pevných škodlivin. Dále také to, že umožňují spalování různých odpadů, jejichž hořením se vytváří, a odchází do ovzduší, vysoce jedovaté zplodiny.

Od roku 1991 do roku 2001 klesl počet domácností používajících pevné palivo na cca 48 %. Od té doby se prakticky nemění, ale v posledním desetiletí pokleslo používání uhlí na úkor biopaliv asi o 50 %. Přesto je podle posledního sčítání ještě cca 330 tisíc domácností vytápěno hnědým uhlím. Tlaky na zvyšování kvality ovzduší se projevují ve všech průmyslově vyspělých zemích. Prim v tomto tren-

du má Evropská unie, i když některá opatření, zvláště ve využívání obnovitelných zdrojů, přináší i negativní dopady na ekonomiky členských států. Důležitá ale zůstává rozumná snaha o trvalé zlepšování životního prostředí.

Jak je zřejmé, je vytápění domů kotli na pevná paliva v našem životě značný problém, který je nutné důkladně pojmenovat a odborně osvětlit jeho aspekty.

Ing. Zdeněk Lyčka, jako člověk s bohatými zkušenostmi z konstrukce, zkoušení, technologie výroby i provozu malých kotlů, se rozhodl vydat tuto knihu, která důkladně a nově v devíti kapitolách definuje všechny problémy související se spalováním pevných paliv v malých kotlích, včetně posledních legislativních opatření. Kniha je velmi dobře koncipována a kvalitně rozpracovává všechny problémy související s malými kotli. Jistě bude užitečná jak pro odborníky, tak i veřejnost. Její vydání je načasováno právě do období, ve kterém dochází k revolučním změnám ve výrobě i používání teplovodních kotlů na pevná paliva.

Josef Žďárský
sekretář Asociace podniků topenářské techniky
(září 2012)

ÚVOD

Jedním z největších znečišťovatelů ovzduší u nás jsou malé zdroje tepla spalující pevná paliva. Ještě donedávna umožňovala platná legislativa spalovat v malých domovních kotelnách prakticky cokoliv v jakémkoliv zdroji za nekontrolovatelných podmínek. Do roku 2000 se na trh mohly uvádět kotle na tuhá paliva, které splnily obecné podmínky pro bezpečnost provozu a velice benevolentní limitní hodnotu emisí oxidu uhelnatého. A tomu také odpovídaly technologie spalování s nízkou provozní účinností. Špičku v technologiích představovaly tzv. zplyňovací kotle na kusové dřevo. S přijetím nové evropské normy EN 303-5 [2] se u nás, v roce 2000, zavedly pro tyto zdroje emisní limity také na tzv. organické uhlovodíky (OGC), tuhé látky (TZL). Podle úrovně emisí a účinnosti byly kotle rozděleny do 3 tříd. Na trhu se začaly pomalu prosazovat nové moderní technologie spalování a objevilo se také doslova revoluční palivo – peleta – které si vývoj moderních technologií přímo vynutilo. Již několik let po svém zavedení však nová norma neodpovídala stále přísnějším technickým a ekologickým požadavkům doby, a proto byla v roce 2012 zavedena její novela [3], která podstatně zvyšuje nároky na emisní limity a minimální účinnost je stanovena již na 75 %. V téže roce byl přijat nový zákon o ochraně ovzduší [7], který tyto hranice posunuje ještě dál, takže od roku 2018 bude možné nově uvádět na trh zdroje na pevná paliva s nesrovnatelně přísnějšími emisními limity než na počátku století a účinností minimálně 83 %. Nový zákon stanovil i přísné podmínky pro provoz těchto zdrojů a způsob jejich kontroly. V tabulce je uveden příklad vývoje minimálních požadavků na emise a účinnosti nových teplovodních kotlů na pevná paliva s ručním přikládáním do výkonů 50 kW.

	CO	OGC	prach	účinnost
	<i>mg·m⁻³ při referenčních 10 % O₂</i>			<i>%</i>
<i>do r. 2000</i>	2 % (20 000 ppm)	–	–	≈ 70
<i>2000–2013</i>	25 000	2000	180	≈ 55
<i>2014–2017</i>	5000	150	125	≈ 75
<i>od r. 2018</i>	1200	50	75	≈ 83

Kniha je tedy věnována kotlům ústředního vytápění spalujícím pevná paliva a především změnám, které nová legislativa ovlivní. Změny se týkají především malých domovních kotlen, proto se zaměřuji na kotle o jmenovitém výkonu do 50 kW. Provozní účinnost a množství produkovaných emisí jsou u těchto zdrojů tepla do značné míry závislé na konstrukčně definované úrovni řízení spalovacího procesu, technickém stavu zdroje, jeho zapojení do otopné soustavy, kvalitě obsluhy a v neposlední řadě i kvalitě paliva. Obecné znalosti této problematiky jsou u laické veřejnosti, a na nejnižších stupních státní správy, minimální. Právě těchto lidí se nové změny v legislativě nejvíce týkají a především jim je tato kniha určena.

Téma je to obsáhlé, rozhodně je nelze v této knize postihnout komplexně ve všech detailech. Ostatně to ani nebylo mým záměrem. Hlavním cílem je rozšíření obecného podvědomí o zdroji tepla, který byl až donedávna zcela neoprávněně opomíjen a dnes je často zcela neoprávněně zatracován.

Kniha volně navazuje na publikace „DŘEVNÍ PELETA“ a „DŘEVNÍ PELETA II – spalování v malých zdrojích tepla“ [5], [6], které vydalo LING Vydavatelství s.r.o. v roce 2011. Zejména v druhé z nich je podrobně popsána problematika spalování tuhých paliv – mechanismus a základní podmínky spalování, detailní popis produkovaných emisí, problematika účinnosti teplovodních kotlů. Proto se zvláště v některých kapitolách na tuto publikaci odvolávám a, pro lepší pochopení problematiky, doporučuji se seznámit s jejím obsahem.



SEZNAMTE SE – KOTEL PRO ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ NA PEVNÁ PALIVA

Základní definice

Na úvod je nutné se seznámit s „hlavní postavou“ této knihy, tedy definovat pojem „**kotel pro ústřední vytápění na pevná paliva**“, jak zní jeho přesné normativní označení [3].

- **Kotel** je zařízení určené k ohřevu teplotnosné látky tepelnou energií, získanou spalováním paliva. V této knize se zaměřuji výhradně na teplovodní kotle, ve kterých je teplotnosnou látkou voda vhodné kvality, nebo vodní roztok nemrznoucí kapaliny, a kterou dále budu jednotně nazývat otopná voda. Podle ČSN 06 0310 může teplovodní otopná soustava pracovat s nejvyšší pracovní teplotou otopné vody do 110 °C. Existují i kotle pro jiné teplotnosné látky (horkovodní, parní, teplovzdušné,...), ale těmito se v knize nezabývám.
- **Ústřední vytápění** je charakteristické tím, že teplo potřebné k vytápění většího počtu místností (celého domu nebo skupiny domů) je vyráběno ve společné domovní kotelně a teplotnosnou látkou se rozvádí do jednotlivých místností [4]. Opakem ústředního vytápění je **lokální vytápění**, při kterém je teplo, potřebné k vytápění místnosti, vyráběno přímo v této místnosti (kamna, krb). V poslední době je stále více populární kombinace těchto způsobů vytápění, kdy sálavý lokální zdroj tepla vytápí „svoji“ místnost, ale má také teplovodní výměník napojený na soustavu ústředního vytápění. Aby to ale nebylo tak jednoduché, máme tady ještě **centralizované zásobování teplem** (CZT). Zatímco je u ústředního vytápění domovní kotelna umístěna přímo ve vytápěné budově, při CZT je kotelna samostatným objektem. Pokud vyrábí pouze teplo, říká se jí výtopna, pokud vedle tepla produkuje také elektrickou energii, nese označení teplárna [4]. Zmatek do jednotného výkladu pojmů vnášejí lidé z velké energetiky, kteří používají pojem lokální vytápění pro vše, co nespadá do CZT. Tedy i pro domovní kotelny ústředního vytápění určené například pro několik blízko ležících bytových domů, neboť takové kotelny si většinou spravují majitelé

domů sami, nepotřebují k tomu licenci na dodávku tepla po tepelných sítích a v dřtivě většině tento způsob označování převzaly také sdělovací prostředky.

- A pak tu máme **pevná paliva**. Anebo tuhá paliva? Označení tuhá paliva používá opět především velká energetika a všechny normy týkající se kvality paliv. Naproti tomu normy, zabývající se malými zdroji tepla (lokální spotřebiče tepla, kotle pro ústřední vytápění) hovoří o pevných palivech. Proto se budu snažit v této knize držet pojmu pevná paliva. V každém případě se vždy jedná o dřevní či bylinnou biomasu a fosilní paliva různých forem.

Pokud vše shrneme, pak se budeme zabývat kotli o jmenovitém tepelném výkonu do 50 kW, umístěnými v domovních kotelnách, které k ohřevu otopné vody pro ústřední vytápění využívají energii získanou spalováním pevných paliv.

Definice teplovodního kotle z pohledu legislativy

Z pohledu platné legislativy je teplovodní kotel ústředního vytápění jednak **výrobkem** a jednak **zdrojem energie a emisí**. Máme tak zákonně definované povinnosti, které musí splnit výrobce při uvádění kotle na trh a povinnosti, které musí dodržovat provozovatel kotle přímo zodpovědný za míru vypouštění emisí a hospodaření s energií.

- Jako **výrobek** jsou teplovodní kotle na pevná paliva dle **zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky** [8], zařazeny mezi **stanovené stavební výrobky** a kotle s ručním přikládáním také mezi **tlaková zařízení**. Dle NV č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky (dále jen NV), musí výrobce nebo dovozce před uvedením výrobku na trh provést posouzení jeho shody se základními technickými požadavky. Pro zmíněné kotle se toto posouzení provádí ověřením shody u autorizované osoby – **certifikací**. Autorizovaná osoba dle § 7 NV při počáteční zkoušce posoudí, zda typ výrobku odpovídá určeným normám, což je v případě teplovodních kotlů nám již známá **ČSN EN 303-5**. V České republice působí Strojírenský

zkušební ústav, s.p., který získal autorizaci pro ověřování shody dle této normy od ÚNMZ. Je nutné zdůraznit, že podle zmíněné normy se neposuzuje pouze účinnost kotlů a míra produkovaných emisí, ale celá řada dalších vlastností spojených především s bezpečností provozu – použité materiály, realizace nutných bezpečnostních prvků, tlakové zkoušky kotlového tělesa, těsnost spalinových cest a podobně. Certifikovaný kotel musí být viditelně označen výrobním štítkem a být vybaven průvodní technickou dokumentací (návod k instalaci a obsluze), aby byly zajištěny jeho řádná identifikace a bezpečný a spolehlivý provoz.

Kotle s ručním přikládáním paliva musejí před uvedením na trh projít ještě posouzením bezpečnosti jako tlakové zařízení podle NV č. 26/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na tlaková zařízení.

- **Jako zdroj emisí** podléhají malé teplovodní kotle ustanovením **zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší** [7]. Jsou zařazeny mezi **stacionární spalovací zdroje o jmenovitém tepelném příkonu do 300 kW** a zákon přesně definuje povinnosti provozovatelů těchto zdrojů – minimální emisní požadavky, pravidelné kontroly, povolená paliva. Zákon o ochraně ovzduší se týká všech provozovatelů, tedy fyzických i právnických osob.
- **Jako na zdroj energie** se na malé teplovodní kotle vztahuje **zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií** [9]. Ten se týká pouze právnických a fyzických podnikajících osob, kterým nařizuje u kotlů od 20 kW do 200 kW pravidelné kontroly účinnosti a u kotlů nad 20 kW starších 15 let navíc jednorázovou kontrolu dimenzování kotle a vnitřních rozvodů. Kotle jako výrobků se týká zajímavé ustanovení §6 odst. 3): **„Dodavatel kotlů a kamen na biomasu... je povinen uvést pravdivé, nezkrácené a úplné informace o předpokládaných přínosech a ročních provozních nákladech těchto zařízení a jejich energetickou účinnost v technické dokumentaci nebo návodu k použití.“** Za porušení hrozí pokuta do výše 100 000,- Kč. Důležitost tohoto ustanovení potvrzuje běžná praxe, kdy výrobci a prodejci kotlů, v rámci konkurenčního boje, běžně prezentují značně nepřesné a „vylepšené“ údaje o svých výrobcích.

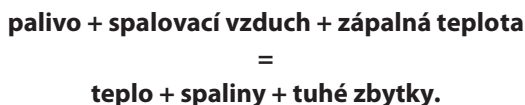
Kotel jako organizmus

Již víme, jak na kotel pohlíží naše legislativa. Ale abychom správně pochopili jeho funkci, musíme se na něj podívat jako na konstrukční celek. Z technického hlediska je kotel zařízení určené k ohřevu otopné vody tepelnou energií, získanou spalováním pevného paliva. Spíše než strohý výraz *zařízení* mne však napadá označení *organizmus*. Neboť je to celek uspořádaně a účelně složený z jednotlivých částí, uzpůsobený k jistým funkcím (tak zní definice organismu dle slovníku cizích slov) a navzájem se ovlivňují. Jeho základní funkcí je výroba energie, podobně jako je tomu u lidského těla. Stejně jako u lidského těla, je i u kotle „kvalita“ vyrobené energie závislá na správné funkci jednotlivých „orgánů“, ale také na kvalitě vstupů a vnějším prostředí. Tělo vrcholového sportovce může podávat špičkový výkon pouze v případě, že je dostatečně a vhodně živeno a udržováno (regenerace) a funguje bezvadně jako celek v prostředí, pro které je trénováno. Ve velkých nadmořských výškách s nedostatkem kyslíku se jeho výkonnost podstatně snižuje, v důsledku špatné životosprávy začne selhávat některý z jeho důležitých orgánů. Doping pro krátkodobé zvýšení výkonu organismus nezvratně poškozuje. Také špičkový kotel dosahuje vysokých provozních parametrů pouze v případě, že je instalován a provozován v podmínkách, pro které byl konstruován.

Jak funguje „organizmus“ zvaný teplovodní kotel na pevná paliva? Cílem je, aby co nejvíce hořlaviny, obsažené v palivu dodaného do kotle, dokonale vyhořelo na produkty spalování. Čím dokonalejší je toto spalování, tím více energie se uvolní, a tím větší šance je předat ji ve formě tepla otopné vodě. Aby toho dosáhl, má k tomu organizmus zvaný kotel také příslušné „orgány“, obecně nazývané konstrukční části (různé komory, rošty, prostory, regulátory, ...), které vše zabezpečují. Aby vše dobře fungovalo, musí být také z vnějšku zajištěn dostatečný přísun kvalitního paliva a kyslíku a stejně tak dostatečný odvod produktů spalování. Pokud se kotel zahltí jedním nebo druhým, kvalita ustupuje. Kotel nesmí být podchlazen přílišným odběrem tepla, protože to snižuje kvalitu spalovacího procesu a hrozí vznik kondenzace spalín. O jednotlivé konstrukční části musí být dobře pečováno pravidelnou údržbou. Krátkodobý doping, ve formě přidávání vyjetých olejů či plastů do paliva, sice může krátkodobě přinést více tepla, ale vzniklé agresivní spaliny mohou podstatně snížit životnost celého tělesa kotle.

KRÁTCE Z TEORIE SPALOVÁNÍ PEVNÝCH PALIV

Na úvod se ve zkratce seznámíme s teorií spalování pevných paliv, která je podrobně popsána v [6]. Mechanismus spalování můžeme velice zjednodušeně popsat následující spalovací rovnicí



Jedná se o oxidační proces, při kterém se uvolňuje energie chemicky vázaná v palivu, přesněji souhrn exotermických reakcí hořlavých složek paliva a okysličovadla. Hořlavými složkami jsou u pevných paliv **uhlík (C), vodík (H₂) a síra (S)** a jsou součástí tzv. **hořlaviny**. Okysličovadlem je **kyslík (O₂)**, který je přiváděn do ohniště spalovacím vzduchem. Výsledkem spalovacího procesu jsou uvolněné **teplo a produkty spalování**.

Hořlavina a její zapálení

Součástí hořlaviny jsou tedy uhlík, vodík a síra, jejichž oxidací se uvolňuje energie. Patří sem ale také dusík **N**, který je do procesu vnášen palivem a spalovacím vzduchem, jehož oxidací se naopak energie spotřebovává a „neutrální“ kyslík. Hořlavina se v pevných palivech nachází ve dvou formách. **Prchavá hořlavina** se dá zjednodušeně definovat jako plyn, který se z paliva uvolňuje při jeho zahřátí na určitou teplotu a vnějším projevem jejího spalování je plamen. **Neprchavý zbytek (pevný podíl hořlaviny)** je hořlavina, která v palivu zůstane po uvolnění prchavé hořlaviny. Je vázán v **pevném zbytku paliva** (koks, dřevěné uhlí), což je již „odplyněné“ palivo obsahující, vedle pevného podílu hořlaviny, také **popeloviny**. Vnější projevem hoření neprchavého zbytku je žhnutí (dobře známé například ze spalování dřevěného uhlí při grilování).

Pro „nastartování“ celého oxidačního procesu, tedy zapálení hořlaviny, je zapotřebí dosažení tzv. **zápalné teploty** na povrchu paliva nebo v uvolněných plynech. Pokud jde o prvotní zapálení paliva v kotli, tak se obvykle používá jiný snadno zapalitelný materiál, například pevný líh, papír aj., od něhož se palivo dostatečně ohřeje nebo lze volit dostatečně horký vzduch. Nově přiložené palivo se v kotli v počáteční fázi hoření zahřívá od **základní vrstvy paliva**, což jsou již hořící pevné zbytky z předešlého přiložení. Při teplotách okolo 100 °C dochází k vypaření vody obsažené v palivu. Při zvýšení teploty paliva nad hranici 150 °C se začíná mírně uvolňovat prchavá hořlavina. Po překročení 200 °C se proces „odplyňování“ začíná značně zrychlovat a okolo hranice 250 °C dochází ke vzplanutí prvních spalitelných složek obsažených v uvolněné prchavé hořlavině. Při překročení hranice 450 °C se zapalují vodík a uhlovodíky a teplota plamene prudce narůstá na hodnotu 900 až 1400 °C. Při teplotách okolo 500 °C dochází k zapálení pevného podílu hořlaviny. Aby došlo k dokonalému vyhoření prchavé hořlaviny, je nutné udržet plamen v teplotách nad 900 °C a přivést do něj dostatečné množství kyslíku.

Spalovací vzduch

Cílem řízeného spalovacího procesu je maximálně se přiblížit dokonalému vyhoření hořlaviny. K tomu, jak již víme, potřebujeme dostatek kyslíku a udržení vysoké reakční teploty. Kyslík je dodán spalovacím vzduchem (v menší míře palivem). Pro dokonalé vyhoření hořlaviny potřebujeme vlastnostmi paliva dané teoretické množství kyslíku. Toto množství je obsaženo v tzv. **teoretickém (stechiometrickém) množství spalovacího vzduchu**. To je teorie vycházející z dokonalého promísení hořlaviny a vzduchu a dostatku času na úplnou oxidaci. V běžném ohništi není technicky možné docílit dokonalé spálení hořlaviny při stechiometrických poměrech. Musí zde být přivedeno větší množství spalovacího vzduchu a my hovoříme o **spalování za tzv. přebytku spalovacího vzduchu**, pro který je zvoleno označení **n**, a který je číselně dán poměrem do ohniště skutečně přivedeného množství suchého vzduchu k množství stechiometrickému.

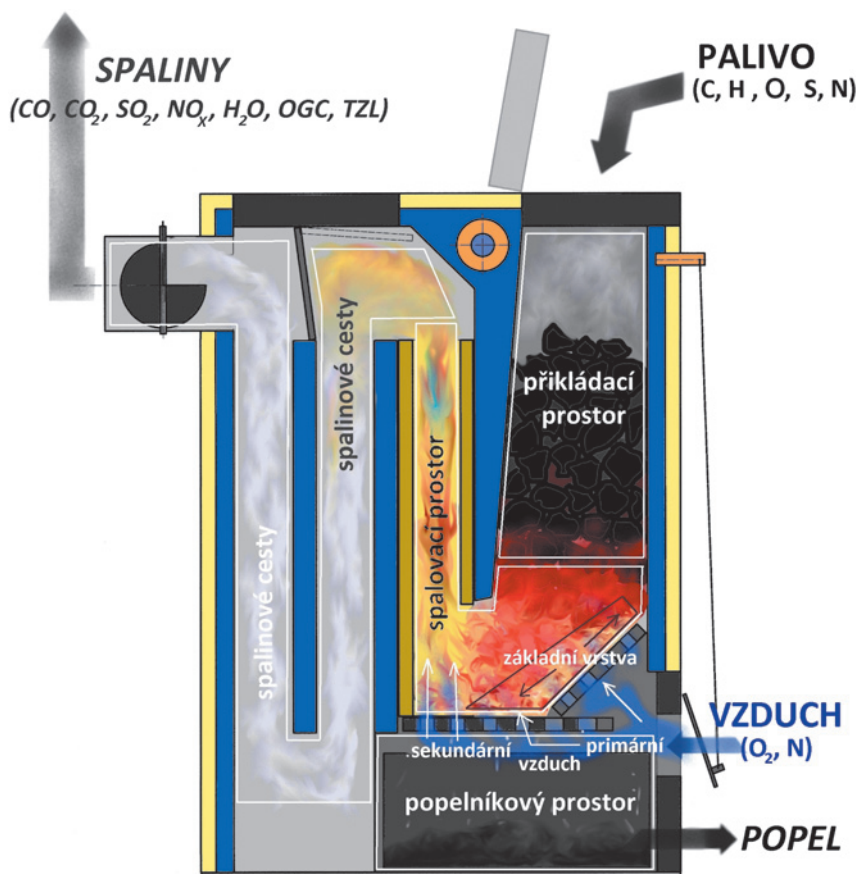
V samotném ohništi se vzduch musí optimálně rozdělit tak, aby dodal dostatečné množství kyslíku jednotlivým fázím hoření. **Primární vzduch** se přivádí

na rošt hořáku a je nutný především pro dohořívání tuhých zbytků a udržování základní vrstvy paliva. **Sekundární vzduch** se mísí s plamenem nad pevnou částí paliva a je nutný pro dohoření jednotlivých složek prchavé hořlaviny. Obecně platí, že čím více prchavé hořlaviny palivo má, tím delším plamenem hoří, a tím více je nutné přidávat do ohniště sekundárního. V případě velmi dlouhého plamene, například při spalování dřeva, se přívod vzduchu do hořící prchavé hořlaviny dělí na dva, a to sekundární a terciální. Pokud je přiváděný vzduch příliš studený, plamen ochladí a dohořívání zpomalí a může je až zastavit. Proto je nutné jej předehřát. Pokud se s plamenem dokonale nesmísí, „okyslíčí“ pouze jeho krajní vrstvy (proudnice), proto je nutné vše rozvířit a promísit. K ochlazení plamene pod kritickou hranici může také dojít v okamžiku jeho kontaktu se stěnami kotlového tělesa chlazenými otopnou vodou. Vnější projevem tohoto stavu je tmavý kouř z komína a posléze sazemí zanesené kotlové těleso a komínový průduch. Proto mají modernější kotle na pevná paliva velké spalovací komory a dlouhé dohořívací cesty s velkým množstvím žáruvzdorné vyzdívky pro stabilizaci teploty.

Produkty spalování

Plynnými produkty spalování jsou **spaliny**. Při dokonalém spálení hořlaviny jsou to **oxid uhelnatý (CO_2)** a **oxid siřičitý (SO_2)**, a dále pak **voda (H_2O)**, ta zpravidla ve formě vodní páry. Nežádoucí oxidací dusíku vznikají jedovaté plyny NO a NO_2 , které jsou obecně označovány jako **oxidy dusíku (NO_x)**. Spalování tuhých paliv v malých ohništích nikdy neprobíhá za ideálních podmínek. Je to způsobeno buď tím, že není přivedeno dostatečné množství kyslíku, nebo dojde k prudkému ochlazení v průběhu hoření. Hovoříme o **nedokonalém spalování**, kdy nedochází k ideálnímu vyhoření veškerého uhlíku v palivu na oxid uhličitý. Z části reaguje pouze na **oxid uhelnatý (CO)**, což je spojeno se ziskem menšího množství energie (přibližně 1/3 oproti dokonalému spalování). Část uhlíku se při nedokonalém spalování také váže ve spalinách ve formě různých organických látek (uhlovodíkových sloučenin), obecně nazývaných **organický plynný uhlík (OGC)**. Část se „vysráží“ ve formě sazí, a pokud tyto nezanesou stěny kotlového tělesa a komínu, pak navýší podíl popela emitovaného horkými spalinami do ovzduší ve formě **tuhých znečišťujících látek (TZL)**.

Palivo, vedle spalitelných složek, obsahuje také složky nespalitelné, kterými jsou chemicky vázané minerály, souhrnně nazývané **popeloviny**. V průběhu spalování dochází k chemické přeměně popelovin a tuhý minerální zbytek, vzniklý ideálním spálením paliva, se pak nazývá **popel**. Při nedokonalém spalování část uhlíku neshoří a množství popela je tak navýšeno o **mechanický nedopal** (uhlík nevyhořelý z dřevěného uhlí) a **saze** (uhlík vysrážený v důsledku prudkého ochlazení již hořících částic uhlíku) a to vše se souhrnně nazývá **tuhé zbytky spalování**.



Kondenzace spalin

Palivo má při vstupu do spalovacího procesu jistou vlhkost, obsahuje vodu, která se při spalování odpařuje a ve formě páry se stává součástí spalin. Množství páry ve spalinách je navýšeno o páru vzniklou spálením (oxidací) vodíku. Pokud se spaliny ochladí pod tzv. **teplotu rosného bodu spalin**, dojde k jejich kondenzaci. Tato teplota je závislá na složení paliva a kvalitě spalování. Zvyšuje ji obsah síry a vyšší přebytek spalovacího vzduchu. Při spalování biomasy je teplota rosného bodu spalin přibližně 70 °C, u uhlí až 120 °C. Složení paliva, hlavně obsah síry, dusíku a chloru, ovlivňuje také agresivitu kondenzátu, který „napadá“ zejména kovové nechráněné plochy kotlového tělesa i kouřovodu a komínového průduchu. Proto je u většiny technologií spalování nežádoucí vznik kondenzátu v kotli i za kotlem.

To, že je teplota spalin na výstupu z kotle vyšší jak rosný bod ještě neznamená, že uvnitř kotle nedochází ke vzniku kondenzátu. Spaliny totiž proudí v proudnicích a jejich teplota se měří uprostřed průřezu odtahu spalin, kde je nejvyšší. Ovšem krajní proudnice mohou být podstatně chladnější, a pokud jsou stěny kotlového tělesa příliš studené (nízká teplota vratné vody), může na jejich povrchu docházet ke kondenzaci.

Spalné teplo a výhřevnost

S problémem kondenzace spalin souvisí také definice pojmů spalné teplo a výhřevnost. Spálením paliva se uvolní energie, která je v něm chemicky vázána. Pokud ochladíme vzniklé spaliny pod teplotu kondenzace vodní páry, dojde ke kondenzaci vody vzniklé spálením vodíku a přitom je uvolněna **energie výparného tepla**. Dokonalým spálením paliva lze získat celkovou energii, která zahrnuje reakční energii uvolněnou spalováním i energii výparného tepla. Tato energie, vztažená na jednotku hmotnosti paliva, se nazývá **spalným teplem**. V běžných kotlích je nežádoucí, aby docházelo ke kondenzaci spalin. Pokud předpokládáme, že celková voda reakčních zplodin zůstává ve formě vodní páry v odcházejících spalinách (neuvolní se výparné teplo), pak celkově získaná energie, vztažená na jednotku hmotnosti suchého paliva, se nazývá **výhřevností v bezvodém stavu Q^d** .

Výhřevnost reálného paliva snižuje jiná voda, a to ta, která se do spalovacího procesu dostává s vlhkostí paliva. U paliva s konkrétní vlhkostí hovoříme o **výhřevnosti v původním stavu Q'** . Základní jednotkou, kterou se vyjadřuje výhřevnost pevných paliv, je **$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$** . Lze ji ale také vyjádřit v **$\text{kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$** . Vzájemný vztah mezi těmito jednotkami je

$$1 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1} = 0,278 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}.$$

Základní bilanční výpočty

Ke správně fungujícímu kotli musí být přivedeno dostatečné množství spalovacího vzduchu a naopak dostatečně odvedeny vzniklé spaliny. Proto je nutné znát základní bilanční výpočty pro stanovení potřebného množství spalovacího vzduchu pro spálení 1 kg paliva a objemu spalin, které tím vzniknou. V běžné praxi malých domovních kotelen není nutné provádět přesné výpočty, pro které je zapotřebí znát složení a výhřevnost paliva, ale vystačíme si s výpočty empirickými.

- **Přebytek spalovacího vzduchu n .** Pokud nemáme analyzátor spalin, je přibližné stanovení přebytku spalovacího vzduchu asi nejsložitější. Známe-li obsah kyslíku ve spalinách, lze přebytek vypočítat ze vztahu.

$$n = \frac{21}{21 - \text{O}_2}$$

kde O_2 je koncentrace kyslíku ve spalinách vyjádřená v %.

Pokud jej neznáme, musí se přebytek odhadnout podle typu spalovacího zařízení a zde rozhoduje cit a praxe. Pro kotle na pevná paliva je normativní referenční přebytek stanoven jako $n = 1,9$ (10 % O_2), ale pro každou technologii spalování jsou typické hodnoty odlišné. U automatických kotlů (viz dále) se pohybuje v celém rozsahu výkonů v rozmezí 1,5 až 2, u zplyňovacích kolísá podle fáze vyhoření paliva, ale v průměru se dá počítat s přebytkem v rozmezí 2 až 2,5, u obyčejných kotlů je přebytek závislý na tolika faktorech, že je často neodhadnutelný, ale můžeme přibližně hovořit o hodnotě 3 a více.

- **Potřeba spalovacího vzduchu.** Dle Rosina lze **minimální množství spalovacího vzduchu** $V_{V\min}$ vypočítat pro pevná paliva ze znalosti **výhřevnosti paliva** Q' [$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$] dle vztahu

$$V_{V\min} = 0,5 + 0,242 \cdot Q' \quad [\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}]$$

a **skutečné množství spalovacího vzduchu** V_V pak získáme navýšením o přebytek spalovacího vzduchu

$$V_V = V_{V\min} \cdot n \quad [\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}].$$

- **Množství vzniklých spalin.** Teoretické množství spalin $V_{S\min}$, vzniklých spálením 1 kg paliva, lze opět stanovit dle Rosina ze znalosti výhřevnosti paliva dle vztahu

$$V_{S\min} = 1,37 + 0,227 \cdot Q' \quad [\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}]$$

a **skutečné množství vzniklých spalin** V_S pak získáme navýšením o přebytek spalovacího vzduchu

$$V_S = V_{S\min} + (n-1) \cdot V_{V\min} \quad [\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}].$$



PEVNÁ PALIVA

Každý druh pevného paliva má své specifické vlastnosti, které je nutné respektovat při volbě technologie vhodné pro jeho spálení, tedy konstrukce kotle. Jedině tak lze zajistit maximálně efektivní využití energetického potenciálu s minimální tvorbou produktů spalování. Obecně platí zásada, že čím modernější je technologie spalování, tím více je „závislá“ na konkrétních vlastnostech paliva. Podstatnými vlastnostmi paliva jsou nejenom ty teplotnické (výhřevnost, obsah popelovin, vody, síry,...), ale i jeho forma (tvar, velikost). Výrobci kotlů jsou si toho vědomi, a proto v průvodní technické dokumentaci (návod k použití) zpravidla přesně definují palivo a jeho vlastnosti, pro které je kotel konstruován, a pro které jsou garantovány provozní vlastnosti kotle – tzv. garanční palivo. Podle zákona [7] navíc nelze jako palivo použít cokoliv a paliva uváděná na trh musí splňovat zákonem definované požadavky na kvalitu.

Základní dělení

Všechna pevná paliva mají svůj původ v rostlinné hmotě. Pokud tato hmota prošla za milióny let fosilizací (zkameněla), hovoříme o palivech **fosilních**, a tedy i neobnovitelných. Za našeho krátkého života je lze pouze vytěžit, ale nové nestačí vzniknout. Mezi fosilní pevná paliva řadíme **hnědé uhlí, černé uhlí a antracit**. Průmyslovým odstraněním větší části prchavé hořlaviny z černého uhlí se vyrábí **koks**. Pokud se jedná o rostlinnou hmotu z naší reálné doby, hovoříme o **biomase**, jinak také o **obnovitelných palivech**. K jejich obnově dochází v krátkém období porovnatelném s dobou života člověka. Podle původu (a vlastně také stáří) se biomasa dělí na **bylinnou a dřevní**. Mezi fosilními palivy a biomasou stojí **rašelina**, která sice ještě nez kameněla, ale má již za sebou několik tisíciletí rozkladu, a proto nelze fakticky uvažovat o jejím průběžném obnovování v reálném čase. Čím „starší“ je palivo, tím v jeho hořlavině přibývá uhlíku a ubývá vodíku a kyslíku, čímž přibývá výhřevnosti, ale naopak ubývá prchavé hořlaviny. Z následující posloupnosti

biomasa (bylinná→dřevní)→rašelina→hnědé uhlí→černé uhlí→antracit

vyplývá, že biomasa má nejnižší výhřevnost, ale nejvyšší podíl prchavé hořlaviny.

V kapitole o spalování jsem uvedl, že prchavou hořlavinu lze zjednodušeně charakterizovat jako plyn, který se uvolňuje z paliva jeho zahříváním. Plamen, který vidíme při spalování pevných paliv, je projevem hoření prchavé hořlaviny. Čím více je uvolněné hořlaviny, tím delší je plamen. „Odplyněný“ tuhý zbytek (dřevěné uhlí, koks) hoří na povrchu, žhne. **Podle podílu prchavé hořlaviny** lze proto pevná paliva rozdělit na tzv. **dlouhoplamenná a krátkoplamenná**. Má to velký význam pro konstrukci kotle, což se dozvíme v kapitole věnované konstrukci. Jako pomyslnou hranici mezi těmito kategoriemi můžeme brát velikost podílu prchavé hořlaviny v palivu 50 %.

Hrubý rozbor a deklarace kvality

Základními složkami pevného paliva jsou **hořlavina daf , popelovina A , a voda W** . Jejich vzájemný poměr vyjadřuje tzv. **hrubý rozbor**

$$daf + A + W = 1.$$

Při deklaraci kvality paliva se **obsah vody W [%] a popelovin A [%]** (běžněji udáván jako obsah popela) uvádějí jako hmotnostní podíl na složení paliva (společně s obsahem hořlaviny tvoří 100 %). Místo obsahu hořlaviny v palivu se při popisu vlastností paliva definuje spíše její **prchavý podíl V^{daf} v hořlavině [%]** (vyjádřen jako procentuální podíl z hořlaviny **daf**). Energetická hodnota paliva se nejčastěji charakterizuje jeho **výhřevností Q [MJ·kg⁻¹]**.

Kvalitu paliva lze vyjádřit ve dvou rovinách. Pokud chceme vyjádřit kvalitu v její absolutní hodnotě, tedy pouze na základě prvkového složení paliva, vztahujeme ji k tzv. **bezvodému stavu d (dry)** a parametry definované pro tento stav jsou označeny **horním indexem d ($A^d, Q^d, \dots$)**. Pro provozovatele kotle je však důležitá především reálná kvalita „vlhkého“ paliva v tzv. **původním stavu r (real)**. Ta je vyjádřena kvalitativními parametry označenými **horním indexem r ($Q^r, W^r, \dots$)**. Přepoččet pro jakostní parametry v jednotlivých stavech (vyjma výhřevnosti) je

$$r = d \cdot \frac{100 - W^r}{100}.$$

Z hrubého rozboru vyplývá, že čím nižší je podíl popelovin a vody v palivu, tím vyšší je podíl jeho hořlaviny, a tedy i jeho výhřevnost. Obsah popelovin je dán chemickým složením paliva a jeho množství a vzájemný poměr s hořlavinou nelze ovlivnit. Naproti tomu obsah vody může do značné míry regulovat provozovatel kotle přípravou paliva před spalováním – skladováním ve větrných a suchých prostorách. Výhřevnost paliva tak ale může ovlivnit pouze do určité míry. Celkový obsah vody v palivu se totiž skládá z tzv. **hrubé vody**, která se uvolňuje z paliva při běžném atmosférickém vysychání, a **vody zbytkové**, kterou lze ze struktury paliva odstranit pouze jeho zahříváním nad teploty 100 °C. Podle druhu paliva lze přirozeným atmosférickým sušením dosáhnout minimální vlhkosti paliva za běžných podmínek v rozmezí 15 až 20 %.

U uhlí zákon o ochraně ovzduší [7] reguluje obsah síry v něm obsažené, který je vyjádřen tzv. **měrnou sirnatostí** S'_m [g·MJ⁻¹], což je celkový obsah síry v původním stavu, vztažený k výhřevnosti paliva v původním stavu.

Charakteristický rozměr, objemová hmotnost

Trochu opomíjeným, ale velice důležitým kvalitativním znakem paliva je jeho **charakteristický rozměr – velikost, zrnitost**, který především předurčuje průběh spalovacího procesu. Zvláště pro dlouhoplammá paliva je důležitý jejich **měrný povrch**, což je poměr plochy vztažený k hmotnosti. Pro uvolnění prchavé hořlaviny je zapotřebí palivo zahřát, hořlavina se poté uvolňuje povrchem paliva. A tuhý zbytek také vyhořívá na jeho povrchu. Čím drobnější je palivo, tím větší má měrný povrch, a tím rychleji uvolňuje akumulovanou energii – vyhořívá. Například velké poleno dřeva se v ohništi prohřívá ke svému středu pozvolna. Postupně se z něj odpařuje voda, takže i s tím spojené snížení teploty v ohništi není tak výrazné. Stejně tak postupně se z jednotlivých vrstev od povrchu ke středu polena uvolňuje prchavá hořlavina, která povrchem polena vystupuje do ohniště, kde se zapaluje. Relativně velké odplynné kusy z polena, tedy již dřevěné uhlí, poté na povrchu pomalu vyhořívají a udržují dlouho na roštu ohniště žhavou základní vrstvu paliva. Stejně množství dřeva naštípané na jemné třísky má podstatně větší povrch. Tenké kusy se rychle prohřejí. Pokud je dřevo vlhké, rychlé odpaření vody značně ochladí ohniště, což může narušit stabilitu hoření. Tento jev znají nejen turisté, kterým se sice podaří vlhké větvičky na ohníčku zapálit, ale záhy jim uhasnou,

ale zvláště provozovatelé kotlů na štěpku. Během krátké doby se uvolní prakticky veškerá prchavá hořlavina. Pokud je v ohništi nad roštěm dostatek kyslíku a dostatečná teplota, okamžitě shoří a pokud je dostatečně velký výměník, uvolněné teplo se předá otopné vodě. Pokud však na to kotel není konstruován, větší část hořlaviny „vyletí“ komínem. Jemný pevný zbytek během krátké doby vyhoří na jemný popílek a prakticky nezanechá na roštu žádnou základní vrstvu paliva. Velké kusy dřeva jsou proto vhodné pro spalovací zařízení s ručním přikládáním, kdy je palivo dodáváno jednorázově po velkých dávkách a velikostí polen, kusů uhlí atp. můžeme regulovat rychlost jeho vyhořívání. Naopak drobné palivo je vhodné pro mechanizované přikládání (šnekové podavače) v krátkých časových intervalech po malých dávkách.

Pro logistiku spojenou s palivem (přepravu, skladování, dopravu do ohniště) je důležitá především jeho charakteristická objemová hmotnost, tedy hmotnost vztahovaná k charakteristickému objemu konkrétního paliva. Zpravidla to bývá objemová hmotnost jiná než **hustota** [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$], která udává hmotnost „čistého“ kubického metru paliva.

- **Sypná hmotnost** [$\text{kg}\cdot\text{prm}_s^{-1}$], [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]. Udává se u tzv. sypkých paliv, kterými jsou **uhlí, pelety, piliny, štěpka** – je to kilogramová hmotnost volně sypaného kubického metru paliva.
- **Hmotnost prostorového metru** [$\text{kg}\cdot\text{prm}^{-1}$]. Je to objemová hmotnost charakteristická pro **kusové dřevo** a vyjadřuje hmotnost kubického metru složeného štípaného či neštípaného kusového dřeva.
- **Hmotnost tvarových paliv**. Zde mám na mysli paliva, která mají svůj konstantní tvar a velikost dané jejich výrobou – především dřevní a uhelné **brikety**. Jejich objemová hmotnost se vyjadřuje individuálně podle tvaru, ale nejčastěji to bývá přímo hustotou, méně hmotností prostorového metru.

Biomasa

Za tímto univerzálním označením se skrývá palivo velmi široké škály vlastností. Rozhodující je původ biomasy. U většiny dřevní biomasy se předpokládá, že vznikala minimálně několik let, má již vyztřálé buněčné pletivo, vlastnosti a složení jednotlivých druhů dřevní biomasy jsou si poměrně blízké. Naproti tomu bylinná biomasa je „mladá“ hmota jedno až dvouletých bylin s nevyztřálým buněčným pletivem, na její palivářské kvalitě se významněji projevuje lokalita a způsob vypěstování (např. hnojení, postřiky, ...). Složení hořlaviny (C, H, O) mají oba typy biomasy přibližně stejné, proto se podobají i jejich výhřevnosti (dřevní má výhřevnost nepatrně vyšší). Zato se podstatně liší v podílu a složení popelovin. U dřevní hmoty je podíl popelovin závislý na „čistotě“. Čistá dřevní hmota bez příměsí kůry má A^d pod 0,5 %, s podílem kůry A^d narůstá na až 3 %. U bylinné se A^d často blíží popelnatosti hnědého uhlí (5 až 10 %). Především mají popeloviny z biomasy nižší teplotu tavení, a proto velkou tendenci se spékat a tvořit strusku (podobně jako hnědé uhlí). Proto se nedoporučuje zaměňovat pelety z kvalitní dřevní hmoty za jiné, zejména tzv. alternativní rostlinné pelety.

Popišme si stručně nejdůležitější formy pevných paliv z biomasy (v závorce je vždy uvedena příslušná norma, která je pro dané palivo platná).

- **Piliny a štěpka (ČSN 83 8250, ČSN EN 14 961-4).** Pro malé teplovodní kotle by neměla vlhkost těchto paliv překročit 30 %, kdy mají výhřevnost okolo $12,2 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Běžná objemová hmotnost pilin při této vlhkosti je $130 \text{ kg} \cdot \text{pr} \cdot \text{m}^{-1}$ a u štěpky $240 \text{ kg} \cdot \text{pr} \cdot \text{m}^{-1}$. Zvláště u štěpky je kvalita hodně závislá na příměsích kůry a nedřevního odpadu (listí, hlína, ...). U rodinných domů představuje malá objemová hmotnost problém se skladováním a manipulací. Skladování těchto paliv je spojeno s riziky zdravotními (plísně, spory) a požárními (samovznícení), proto nejsou vhodná pro skladování v objektech určených k bydlení. Piliny a štěpka jsou proto využívány především pro vytápění provozoven a dílen, ve kterých tyto odpady vznikají, respektive pro vytápění větších celků prostřednictvím CZT.
- **Kusové dřevo (ČSN EN 14 961-5).** Nejrozšířenější forma pevného paliva vůbec. Moderní (tzv. zplyňovací) kotle jsou konstruovány pro dřevo o vlhkosti do 20 % s výhřevností 14 až $15 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Běžná objemová hmotnost je $480 \text{ kg} \cdot \text{pr} \cdot \text{m}^{-1}$ pro tvrdé dřevo a $300 \text{ kg} \cdot \text{pr} \cdot \text{m}^{-1}$ pro dřevo měkké, ovšem

měkké dřevo má vyšší výhřevnost. Doba vysychání je závislá na velikosti a naštípání, ale trvá minimálně 1,5 roku, proto je nutné mít dostatek místa pro uskladnění dřeva alespoň na 2 topné sezóny. Kusové dřevo jako palivo je vhodné do většiny běžných roštových kotlů určených pro spalování dřeva s ručním přikládáním.

- **Pelety (ČSN EN 14 961-2).** Válcovité výlisky o průměru 6 až 8 mm (max. 25 mm) a délce, která by neměla překročit čtyř až pětinasobek jejich průměru. Vzniká lisováním biomasy o velikosti do 4 mm s vlhkostí max. do 14 % (po vylisování pod 10 %) a jejich výhřevnost je 15 až 17,5 MJ·kg⁻¹. Hustota pelet je vyšší jak 1100 kg·m⁻³, proto by správně vyrobená peleta neměla ve vodě plavat, což je jednoduchý test kvality. Vylisování s objemovou hmotností až 650 kg·m⁻³ zaručuje peletě vedle vysoké výhřevnosti a hustoty také velkou mechanickou odolnost. To umožňuje vysoký stupeň mechanizace celého procesu vytápění od distribuce paliva k zákazníkovi, skladování, dopravy paliva ze skladu ke kotli až po samotné spalování. Převážně se od výrobce k zákazníkovi v pytlích, vacích či cisternách. K jejich transportu ze skladu ke kotli se používají jednoduché pneumatické či šnekové dopravníky. Pro vlastnosti samotné pelety je důležitá kvalita suroviny, ze které je lisována. Více o peletách se dozvíte v [5] a o jejich spalování v [6].
- **Brikety (ČSN EN 14 961-3).** Větší příbuzný pelet, jen charakteristický rozměr je podstatně větší. Stejná je i výhřevnost 15 až 17,5 MJ·kg⁻¹ (dle suroviny) a hustota přes 1100 kg·m⁻³. Musí být skladovány podobně jako pelety minimálně pod přístřeškem, protože sice neabsorbují atmosférickou vlhkost, ale nesmí přijít do přímého kontaktu s vodou. Brikety se dají doplňovat do skladu v průběhu topné sezóny, takže pro jejich uskladnění stačí menší místnost vedle kotelny. Podobně jako dřevo nesmí být skladovány v bezprostřední blízkosti samotného kotle. K jejich spalování jsou nejvhodnější zplyňovací kotle na kusové dřevo a ostatní roštová topeniště.

Uhlí

Pokud je podstatný rozdíl mezi dřevní a bylinnou biomasou, pak ještě větší rozdíl je nejen mezi vlastnostmi hnědého a černého uhlí, ale i mezi uhlím stejné kategorie. Kvalita uhlí je obecně do značné míry závislá na lokalitě, ve které je vytěženo. Proto i mezi kvalitou uhlí z různých lomů jsou podstatné rozdíly ve složení hořlaviny, podílu popelovin, sirnatostí. Například hnědé uhlí ze Severočeské hnědouhelné pánve je podstatně kvalitnější než hnědá uhlí polská.

Snad jedině, v čem se uhlí jako palivo pro malé kotle podobá, je specifický rozměr. Do malých teplovodních kotlů lze jako palivo používat výhradně uhlí tříděné. Po vytěžení se uhlí drtí, na sítích třídí na jednotlivé frakce a rozděluje na jednotlivé obchodní druhy. Jako **tříděná uhlí** jsou označeny ty druhy, u **kterých je stanoven minimální rozměr (zpravidla 10 mm) a maximální rozměr (u paliv pro malé kotle do 100 mm)**. Tzv. prachová uhlí (minimální zrnitost 0 mm) lze používat pouze v energetice. Je to dáno technologií spalování, protože malá spalovací zařízení mají roštová topeniště, kterými prach propadne. Dělení tříděných uhlí podle velikosti frakcí je do značné míry záležitostí jednotlivých lomů a obchodních společností. Uvedu alespoň orientační rozčlenění pro tříděná uhlí: **orech 2 (10 až 20 mm), orech 1 (20 až 40 mm), kostka (40 až 100 mm)**. U černého uhlí se objevuje horní hranice zrnitosti i 200 mm a u polských výrobků se objevuje i nižší zrnitost než orech 2 – **hrášek pod 10 mm. Sypná hmotnost tříděných uhlí se pohybuje v rozmezí 700 až 720 kg·pr_m⁻¹**.

A tím podobnost končí. Mladší hnědé uhlí má nižší výhřevnost, ale vyšší podíl prchavé hořlaviny, který v průměru překračuje hranici 50 %, takže se jedná o palivo dlouhoplamenné. Naopak u výhřevnějšího černého uhlí se ^{V_{daf}} pohybuje na hranici 30 %, takže patří mezi paliva krátkoplamenná. Pokud je kotel konstruovaný pro spalování hnědého uhlí, pak v něm lze zpravidla spalovat také uhlí černé. Ovšem v kotli konstruovaném na spalování černého uhlí není vhodné hnědé uhlí spalovat, protože vzhledem ke krátké cestě spalin v kotli nedojde k úplnému vyhoření prchavé hořlaviny. Spalování probíhá za „drastických“ podmínek s minimální účinností a s obrovskými emisemi. Pro mnoho obchodníků s palivy a kotli, a také mezi provozovateli kotlů, často platí – uhlí jako uhlí. Bohužel totéž často platí i mezi provozovateli kotlů vzhledem k jejich neznalostem.

Z jemného uhelného prachu lze vyrábět brikety, které mají podobné vlastnosti jako kusové uhlí větší velikosti (kostka). Zde je ovšem důležitý zdroj, ze kterého jsou vyrobeny. Lisují se z uhelného prachu a ten, jako odpad, mívá zpravidla nižší výhřevnost. Zpravidla ale nemohou cenově konkurovat kusovému uhlí (i balenému), a přednostně jsou využívány jako příležitostné palivo.

Ostatní paliva

Antracit se jako palivo pro malé teplovodní kotle nepoužívá, stejně tak rašelina (až na minimální množství lisovaných paliv z Běloruska). Koks byl dříve hojně používán. V současnosti je to již poměrně vzácné palivo pro energetiku, a proto pro malé kotle cenově nedostupné. Na trhu se objevují pelety a brikety lisované z odpadního papíru. Jako palivo jsou velice podprůměrné, protože obsahují velký podíl popela, jejich výhřevnost je nízká a navíc už sama jejich výroba je na hranici zákona. Zvláště potištěný papír obsahuje různé prvky z barev, které do paliva rozhodně nepatří.

Garanční paliva dle ČSN EN 303-5

Norma definuje základní kategorie paliv, pro které může být kotel certifikován. Toto zkušební palivo pak musí být uvedeno na výrobním štítku. Dle [2,3] jsou to:

- **Dřevo v přírodním stavu ve formě – přířezů z kulatiny s obsahem vody nižším jak 20 %, štěpků s různým obsahem vody, slisovaného dřeva ve formě pelet, slisovaného dřeva ve formě briket, pilin s obsahem vody do 50 %, nedřevní biomasy dle EN 14961-6 (platí pro kotle certifikované podle [3])**
- **Černé uhlí, hnědé uhlí, koks, antracit**

Výrobce nemůže na výrobním štítku a v technické dokumentaci uvést obecné označení, například biomasa nebo uhlí, ale musí uvést přesný druh paliva podle výše uvedeného rozdělení.

ZKUŠEBNÍ PALIVA DLE ČSN EN 303-5:2012

takto musí být uváděna paliva na výrobním štítku u kořlů certifikovaných po roce 2012 (např. *hnědé uhlí b1*)

	Černé uhlí		Hnědé uhlí (včetně briket)		Koks		Antracit	Kulatina	Štěpky		Slisované dřevo	Piliny	Biomasa (níkoří dřevní) nebo rašelina
	a1	a2	b1	b2	c1	c2	d	A	B1	B2	C	D	E, e
Obsah vody (před zkouškou)	≤ 11 %		≤ 20 %		≤ 5 %		≤ 5 %	12 % až 20 %	20 % až 30 %	40 % až 50 %	≤ 12 %	25 % až 50 %	Podle specifikace výrobce nebo EN 14961 (všechny části)
Obsah popela (před zkouškou)	2 % až 7 %		5 % až 20 %		5 % až 15 %		5 % ± 3 %	≤ 1 %	≤ 1,5 %		≤ 0,5 %	≤ 0,5 %	
Prchavá hořlavina (před zkouškou)	15 % až 30 %	> 30 %	40 % až 50 %	50 % až 60 %	< 6 %	8 % ± 2 %	< 10 %	-	-	-	-	-	
Obsah chlóru	-		-		-		-	-	-	-	-	-	
Obsah síry	-		-		-		-	-	-	-	-	-	
Obsah dusíku	-		-		-		-	-	-	-	-	-	Podle specifikace výrobce nebo EN 14961 (všechny části)
Výhřevnost	> 28 MJ/kg		> 12,5 MJ/kg		> 28 MJ/kg		> 28 MJ/kg	> 17 MJ/kg	> 17 MJ/kg	> 17 MJ/kg	> 17 MJ/kg		
Velikost/délka	Podle pokynů výrobce - maximálně 5 % hmotnosti zkušebního paliva může mít větší nebo menší rozměr												
Obsah popela, chlóru, síry a dusíku je vyjádřen v % hmotnosti v bezvodém stavu													
Výhřevnost je vztažena na bezvodý stav													

	W [%]	Q' [MJ/kg]	V^{daf} [%]	A^d [%]	m^s [kg/m ³]	Q_m^r [GJ/m ³]	m_p^{60} [kg/GJ]	m_p^{85} [kg/GJ]
<i>pilina</i>	30	12,2	80	1,0	130	1,6	137	96
<i>štěpka</i>	30	12,2	80	1,5	240	2,9	137	96
<i>dřevo měkké</i>	20	14,5	80	1,0	320	4,6	115	81
<i>dřevo tvrdé</i>	20	14	80	1,0	500	7,0	119	84
<i>dřevní briketa</i>	8	17,1	80	0,5	700	12,0	97	69
<i>dřevní peleta</i>	8	17,1	80	0,5	650	11,1	97	69
<i>bylinná peleta</i>	10	16,1	75	6,0	600	9,7	104	73
<i>hnědé uhlí</i>	25	18	52	10	700	12,6	93	65
<i>černé uhlí</i>		29	30	6,0	700	20,3	57	41

m^s ... objemová hmotnost míněná jako sypná hmotnost, pro dřevo prostorový metr

Q_m^r ... výhřevnost vztažená na typickou objemovou hmotnost

m_p^{60} ... potřeba paliva v kg na výrobu 1 GJ energie s účinností zdroje 60 %

m_p^{85} ... potřeba paliva v kg na výrobu 1 GJ energie s účinností zdroje 85 %

Kvalitativní parametry základních druhů pevných paliv z české produkce

ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE

Základním faktorem, který určuje kvalitu teplovodního kotle, je vedle optimální konstrukce ohniště také úroveň řízení spalovacího procesu tak, aby bylo z energetického potenciálu paliva přivedeného do ohniště uvolněno co nejvíce tepla.

Druhým je schopnost v maximální míře předat uvolněné teplo otopné vodě.

Třetím faktorem je dosažitelnost této vysoké úrovně v běžném provozu, nikoliv pouze v laboratorních podmínkách certifikačního orgánu.

S tím vším se v této knížce v základních rysech seznámíme. Než ale začneme, je důležité objasnit si některé základní pojmy a definice spojené s konstrukcí kotlů a jejich provozem. Pokud to bylo možné, uvádím normalizované definice, tzn. definice citované v některé z norem platných pro tento typ zdrojů, tedy ČSN 07 0240 [1], evropské normy ČSN EN 303-5 [2] i její novelizace [3].

Obecné pojmy

- **Tepelný příkon** je množství tepla přivedeného do spalovací komory kotle palivem za jednotku času [3]. Je to teplo vyjádřené výhřevností paliva.
- **Tepelný výkon** je množství tepla předaného teplonosné látce (vodě) za jednotku času [2].
- **Jmenovitý tepelný výkon** je nejvyšší trvalý tepelný výkon stanovený výrobcem pro určitý druh paliva [3].
- **Maximální tepelný výkon** je nejvyšší nastavitelný tepelný výkon při podmínkách stanovených výrobcem [1]. Někteří výrobci udávají vedle jmenovitého výkonu také tento výkon, který lze krátkodobě nastavit na kotli,

a při kterém již nemusí být dosaženo výrobcem garantovaných parametrů pro dlouhodobý provoz (účinnost).

- **Nejmenší tepelný výkon** je nejmenší trvalý tepelný výkon stanovený výrobcem pro dané palivo [2]. Rozdíl mezi jmenovitým a nejmenším tepelným výkonem udává **rozsah tepelných výkonů**.
- **Provozní teplota** je teplotní rozsah, při kterém může být kotel provozován při běžných provozních podmínkách podle nastavení regulátoru teploty a podle specifikací výrobce [3]. Je míněna teplota otopné vody na výstupu z kotlového tělesa.
- **Provozní tah** je rozdíl mezi statickým tlakem spalovacího vzduchu v místě jeho vstupu a statickým tlakem spalin [1]. Výrobci většinou udávají **požadovaný tah** komína, který by měl být minimálně roven provoznímu tahu. Jedině tak lze zajistit dostatečný odvod spalin z ohniště přes odtahové hrdlo a kouřovod ven z kotle. Pokud je tah nižší, ohniště se zahlcuje spaliny a znemožňuje plynulé hoření nového paliva, kotel se dusí a dehtuje.
- **Nejvyšší přípustný provozní přetlak** je nejvyšší přetlak otopné vody, při kterém může být kotel provozován [2].
- **Provozní stav** je stav kotle, při kterém probíhá spalovací proces v souladu s předepsanými podmínkami [1]. Příkladem provozního stavu je například provoz kotle na jmenovitý výkon.
- **Ustálený provozní stav** je provozní stav, daný rovnováhou mezi uvolňovaným a sdíleným tepelným tokem, při kterém se teplota teplotnosné látky v °C nemění během 30 minut více než o 3 % [1].
- **Pohotovostní provoz** je provozní stav bez jakékoliv potřeby tepla, při němž se systém okamžitě spustí v požadovaném provozním stavu, jakmile nastane potřeba tepla [3]. Poněkud krkolomná definice jinak také nazývaného **útlumového režimu**. Tedy stavu kotle, kdy je uzavřen přívod spalovacího vzduchu, popřípadě i přívod paliva (u hořáků).
- **Základní vrstva paliva** je nejnížší vrstva hořícího paliva, umožňující spolehlivé a bezpečné zapálení dalšího přivedeného paliva [1].

- **Doba hoření** u kotlů s ruční dodávkou paliva je doba potřebná k vyhoření maximální náplně paliva až do dosažení základní vrstvy paliva specifikované výrobcem [3]. Je to nejdelší možná doba hoření náplně paliva, po které se nově přiložené palivo bezpečně zapálí od zbylé základní vrstvy.

Základní konstrukční části a prostory kotle

Pojďme si popsat nejdůležitější konstrukční části kotle, které rozhodující měrou ovlivňují kvalitu spalování.

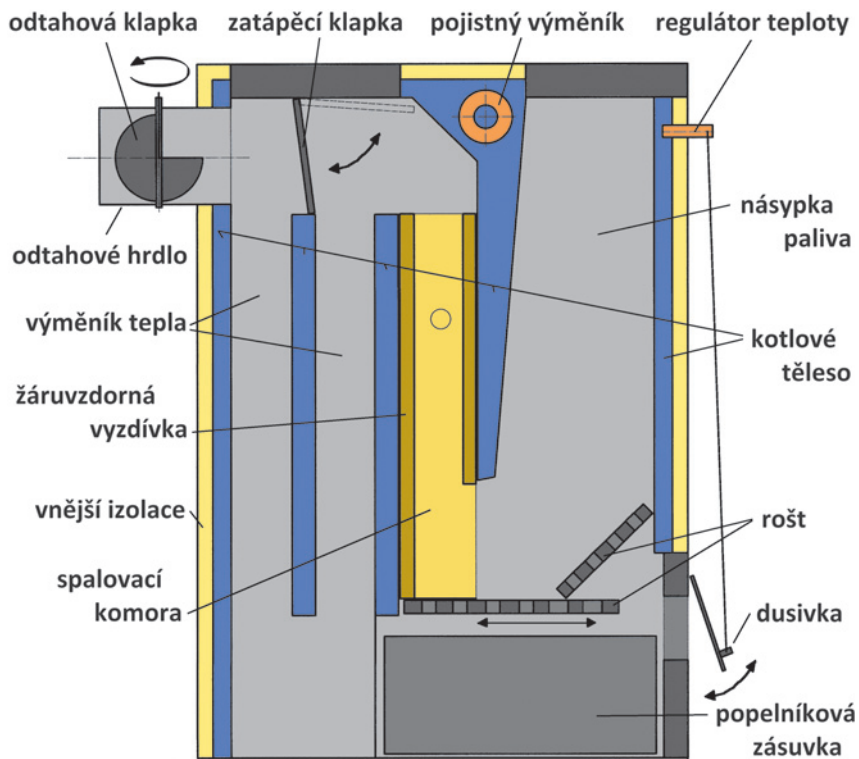
- **Kotlové těleso** je součástí kotle, v níž se ohřívá teplotonosná látka [1]. Je to základní část (ocelový nebo litinový skelet kotle), ve které proudí otopná voda. Dimenzování a konstrukce kotlového tělesa do značné míry předurčuje jeho celkové užité vlastnosti.
- **Násypka paliva** je část kotle, z níž se dodává palivo pro spalování; prostor s nezbytnou zásobou paliva zajišťující předepsanou dobu hoření [2]. Pro tento prostor se používá také označení **palivová šachta, příkladací prostor**. Je to konstrukční prostor u kotlů s ruční dodávkou paliva, do kterého se po otevření příkladacích dvířek ručně přiloží palivo, určené pro provoz kotle, na dobu v řádu několika hodin. Objem násypky je proto důležitý pro komfort obsluhy.
- **Zabudovaný zásobník paliva** je zásobník přímo spojený s kotlem na samostatnou dodávku paliva [3]. Je to prostor pro palivo, umístěný mimo samotné kotlové těleso, ve kterém je množství paliva i na několikadenní provoz, a ze kterého je palivo samočinně (pomocí podávacího zařízení bez zásahu obsluhy) dávkováno na rošt.
- **Rošt** je část kotle určená ke spalování paliva ve vrstvě [1]. Je to konstrukční část, na které leží základní vrstva paliva. Dochází zde k primárnímu hoření pevné „odplyněné“ části paliva [PII], pod rošt se musí přivádět **primární spalovací vzduch**.
- **Spalovací prostor** je část vnitřního prostoru kotle, v níž probíhá spalování paliva [1]. Je to celý prostor kotle nad roštem, ve kterém dochází k primár-

nímu hoření pevné hořlaviny i sekundárnímu vyhořívání prchavé hořlaviny. Proto se do části tohoto prostoru přivádí **sekundární spalovací vzduch**, který se směšuje s uvolněnou prchavou hořlavinou a podporuje tak její lepší vyhoření [6]. **Spalovací komora** je konstrukční část kotle, která pevně vymezuje spalovací prostor stěnami kotlového tělesa. U kotlů s ručním přikládáním paliva se spalovací prostor často prolíná s násypkou paliva, protože je umístěna nad roštem a palivo postupně nahořívá do její hloubky.

- **Ohniště** je část kotle skládající se z roštu a spalovacího prostoru [1].
- **Popelník (popelníkový prostor)** je část určená k zachycování pevných zbytků spalování (popel/škvára) [2]. Uvnitř popelníku bývá **popelníková zásuvka** – vyjímatelná nádoba určená k odstraňování pevných zbytků spalování z popelníku [1].
- **Spalinové cesty** jsou prostory uvnitř kotle, kterými proudí spaliny [1]. Navažují na spalovací prostor. Teplota zde by měla být již tak nízká, že je ukončeno spalování a v tomto prostoru dochází pouze k přenosu tepla z horlých spalin přes teplosměnnou plochu do otopné vody. Konstrukční část kotlového tělesa, která vymezuje spalinové cesty, se nazývá **výměník tepla**.
- **Odtahové hrdlo** je část kotle, určená k připojení kouřovodu [1]. Poté, co byly spaliny ochlazeny ve výměníku, „odcházejí“ z kotle přes odtahové hrdlo do komína. Spojení mezi tímto hrdlem a komínovým sopouchem (vstup do komína) obstarává **kouřovod**, ten již není součástí kotle.
- **Odtahová klapka (hradítko)** je zařízení, kterým lze měnit průtočný průřez odtahového hrdla za účelem regulace tahových podmínek v kotli [1]. Je to klapka, kterou lze jejím otočením zmenšit průřez odtahového hrdla, tedy jej „příškrtit“ v případě velkého komínového tahu odtahového hrdla. Každý kotel je konstruován pro určitou maximální hranici komínového tahu. Pokud je tato hranice překročena, může docházet k zásadnímu ovlivnění kvality spalovacího procesu přísáváním nadměrně velkého množství spalovacího vzduchu a rovněž i kvality přenosu tepla, protože spaliny jsou extrémně rychle „vysáty“ z kotle do komína. Jedním z nejjednodušších řešení u kotlů s ruční dodávkou paliva je regulace tahu odtahovou klapkou.

- **Zatápěcí klapka** je zařízení, kterým lze zkrátit spalinové cesty, například při uvádění do provozu [1]. Provoz zejména odhořivacích kotlů s ruční dodávkou paliva (viz dále) je do značné míry závislý na tahu komína a vytvoření dostatečně velké základní vrstvy nahořelého paliva na roštu. Studený komín má při zátopu minimální tah, a proto je nutné co nejvíce snížit veškeré překážky kladené volnému proudění spalovacího vzduchu do kotle a následně spalin z něj. Pokud jsou spalinové cesty dlouhé a komplikované, což je pro dokonalé vyhoření hořlaviny zpravidla nutné, je v této fázi nejlepším řešením zkrátit cestu spalin ze spalovací komory přímo do odtahového hrdla. K tomu slouží právě zatápěcí klapka, která usměrní spaliny nejčastěji zcela mimo výměník.
- **Regulátor teploty** je zařízení, které zajišťuje a reguluje teplotu vody v kotli [3]. U kotlů bez ventilátoru se jedná o mechanické zařízení, které reguluje přívod spalovacího vzduchu do ohniště na základě snímání teploty otopné vody na výstupu z kotle. Čím méně vzduchu se přivádí, tím nižší je intenzita hoření, a tím méně tepla se při spalování uvolňuje a předává otopné vodě. U mechanické regulace je v jímce v horní části kotle umístěn tzv. **regulátor tahu (výkonu, spalování)**, který snímá teplotu otopné vody a podle nastavení mechanicky (pomocí páček, řetízku a klapek – dusivek) „přiškrcuje“ otvory pro přisávání spalovacího vzduchu. U elektronické regulace spalování je spalovací vzduch dopravován do ohniště pomocí ventilátoru, takže lze jeho množství regulovat přiškrcováním sání ventilátoru, měněním jeho otáček, popřípadě jeho úplným odstavením. Tuto regulaci zajišťuje **provozní (regulační) termostat**, který podle snímané teploty vody reguluje chod ventilátoru. Běžná je i kombinace mechanické a elektronické regulace, kdy regulátor tahu mechanicky škrtí sání ventilátoru a provozní termostat ventilátor vypíná v případě dosažení požadované teploty vody v kotli. Běžná provozní teplota kotlů se pohybuje v rozmezí 60 až 90 °C a to je zpravidla i rozsah teplot, které lze nastavit na provozním termostatu. Po dosažení nastavené teploty se přívod vzduchu (i paliva u kotlů se samočinnou dodávkou paliva) přeruší. Obnoví se automaticky v okamžiku, kdy teplota vody poklesne o určitou hodnotu, které se říká **hystereze**.
- **Omezovač teploty (s ručním obnovením provozu)** je přístroj se samočinným řízením, který při dosažení nejvyšší mezní teploty vody vyvolá přerušení toku paliva nebo přívod spalovacího vzduchu; přívod může být obnoven po

ručním zásahu obsluhy pouze tehdy, když teplota vody klesne pod mezní hodnotu [2]. Je to součást kotlů s elektronickou regulací, jejíž běžnější označení je **havarijní termostat**. Provozního termostatu dohlíží na to, aby teplota vody v kotli nepřekročila maximální provozní hodnotu (zpravidla 90 °C). Pokud teplota přesto vzrůstá, „nastupuje“ havarijní termostat, který se aktivuje v okamžiku, kdy je překročena havarijní teplota vody, která zpravidla bývá 95 °C. K tomuto havarijnímu stavu by v běžném provozu nemělo dojít. Jedná se zpravidla o vážnou závadu, proto lze tento termostat odblokovat pouze mechanicky obsluhou kotle, která musí přijít ke kotli a odstranit závadu (například pootevřená dvířka, která umožňují přísávání spalovacího vzduchu i po vypnutí ventilátoru).



- **Pojistný výměník tepla** je zařízení pro odvedení přebytečného tepla z kotle, které omezí teplotu kotle na požadovanou nejvyšší hodnotu [2]. Jinak také tzv. **dochlazovací smyčka** má zabránit tomu, aby nemohlo dojít k přetopení kotle nad kritickou hranici 110 °C. Zpravidla jde o malý výměník tepla (nejčastěji trubkový) umístěný v horní části kotlového tělesa, přes termostatický ventil napojený na zdroj chladicí vody. Protože musí fungovat bez jakýchkoliv doplňkových zařízení a vnější energie, připadá jako zdroj chladicí vody prakticky jen vodovodní řad. Malé domácí vodárny jako zdroj chladicí vody jsou ohroženy možným přerušením činnosti při výpadku elektřiny. Termostatický ventil spustí ochlazování v okamžiku, kdy je překročena kritická teplota ($> 95\text{ }^{\circ}\text{C}$). Smyčkou musí být vybaveny všechny kotle s ruční dodávkou paliva s uzavřenou otopnou soustavou.
- **Hořák** je zařízení, zajišťující trvalé spalování pevného paliva a umožňující řízení spalovacího děje [1]. Jak tato definice naznačuje, kotle s hořákem představují nejvyšší stupeň spalování pevných paliv, protože hořák umožňuje kontrolu spalovacího procesu řízeným přísunem paliva i spalovacího vzduchu.
- **Žáruvzdorná vyzdívka (tvarovky, trysky)**. Jedná se o části vyrobené z keramických materiálů s vysokou akumulační schopností. Jako vyzdívky spalovací komory se zpravidla používá levnější šamot, který udržuje v ohništi vysokou teplotu nutnou pro kvalitní průběh spalování. Pokud se plamen „dotkne“ vodou chlazených stěn kotlového tělesa, ihned se ochladí a spalovací proces se přeruší, proto se vyzdívka používá k „odclocnění“ studených stěn kotlového tělesa od spalovacího prostoru. U moderních konstrukcí se používá žárobetonových dílů různých tvarů k usměrnění plamene nebo přímo ke konstrukci roštů či spalovacích a dohořivacích komor. V tomto případě je nutné použít speciálních hutných žárobetonů s vysokou pevností a vysokou pracovní teplotou ($> 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- **Vnější izolace kotle**. Každý kotel musí mít tepelnou izolaci, která musí být odolná běžným mechanickým a tepelným namáháním. Musí být zhotovena z nehořlavého materiálu a při běžných podmínkách se nesmějí uvolňovat zdraví škodlivé látky [2].

ROZTRÍDĚNÍ KOTLŮ DO ZÁKLADNÍCH KATEGORIÍ

S tím, jak se objevují neustále nové technologie spalování i nové druhy paliv, je také stále obtížnější provést jednoduché „zaškátulkování“ kotlů do jednotlivých kategorií. To co platilo před deseti lety, již neplatí dnes. Pokuším se proto o nejjednodušší rozdělení kotlů podle základních identifikačních kritérií z hlediska technologie spalování, úrovně řízení spalovacího procesu i pohledu na kotel jako součást technologického celku (kotelny, otopné soustavy).

Nejdůležitější vlastností kotle je jeho schopnost řízení spalovacího procesu, tedy kontrola přísunu paliva a spalovacího vzduchu do ohniště. Čím více je kotel sám schopen optimálně řídit tento proces bez zásahu obsluhy, tím vyšší má předpoklad pro kvalitnější spalování. To platí zvláště pro malé domovní kotelny, kde vrcholem „kvalifikace“ obsluhy bývá seznámení se s návodem k použití (což ovšem negarantuje jeho dodržování). Proto je jedním ze základních kritérií dělení kotlů právě úroveň bezobslužnosti provozu.

Dělení podle způsobu přikládání paliva

- **Kotel s ruční dodávkou paliva** – palivo je dodáváno ručně v intervalech závislejících na rychlosti hoření nebo tepelném výkonu [3]
- **Kotel se samočinnou dodávkou paliva** – palivo je dodáváno samočinně v závislosti na tepelném výkonu [3]

Kontrola nad přísunem paliva do prostoru ohniště je velice důležitá. Čím více paliva je jednorázově přiloženo, tím více se z ohniště odebere tepla, protože palivo se nejdříve ohřívá. Pokud se navíc přiloží vlhké palivo, může se díky většímu odběru tepla pro vysušení paliva odebrat z ohniště tolik tepla, že se naruší stabilita hoření. Čím více má palivo prchavé hořlaviny, tím více se jí z velkého množství nového paliva uvolní v počáteční fázi hoření. Kotel tak v jednom spalovacím cyklu (době hoření mezi přiloženími) prochází značně odlišnými fázemi spalování, kdy zpočátku hoří dlouhým plamenem prchavá hořlavina a poté vyhořívá (žhne), téměř bez plamene, delší dobu pevný zbytek hořlavi-

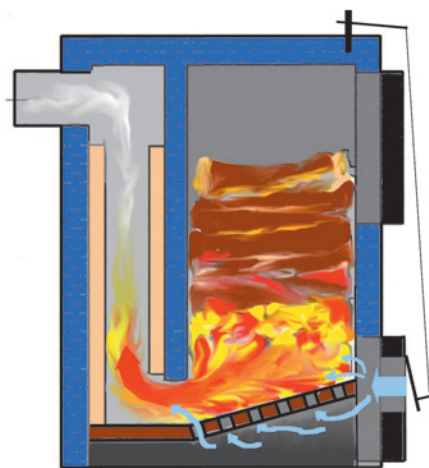
ny. Každá tato fáze má jiné nároky na rozdělení spalovacího vzduchu i jeho množství. Snahou je proto co nejpřesněji rozdělit přikládání paliva tak, aby při udržení požadovaného výkonu byly přiložením co nejméně ovlivněny podmínky již probíhajícího spalování – dosažení kontinuálního průběhu spalovacího procesu. Interval při ručním přikládání je dán velikostí násypky a ochotou obsluhy chodit do kotelny častěji přikládat. Při samočinném přikládání je palivo dávkováno mechanicky (periodicky nebo kontinuálně) „pokyny“ regulátoru kotle.

Podle technologie spalování

- **Prohořivací kotel** – kotel, v němž probíhá postupné spalování, a spaliny procházejí přes vrstvu paliva [1].
- **Odhořivací kotel** – kotel, v němž probíhá postupné spalování paliva ve vrstvě plynule doplňované, přičemž spaliny neprocházejí přes vrstvu paliva [1].



prohořivací

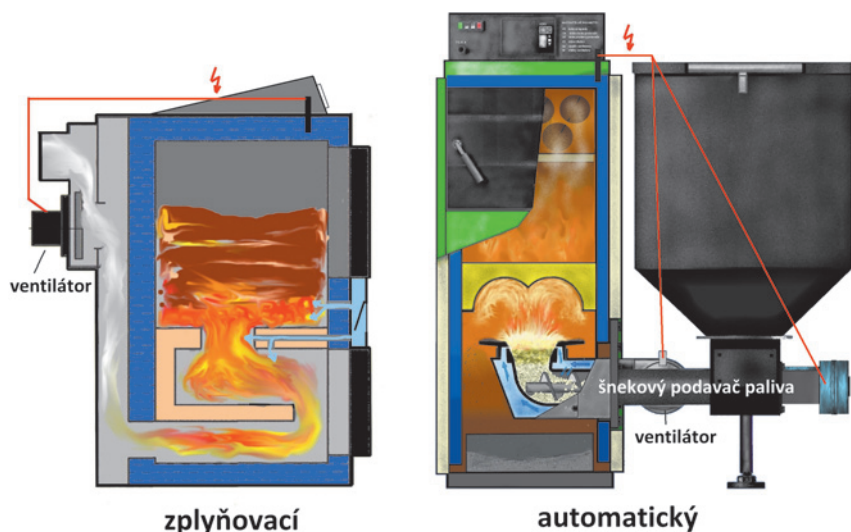


odhořivací

Klasické prohořivací a odhořivací kotle představují technologie s minimální možností řízení průběhu spalovacího procesu. Výkon je do značné míry dán množstvím a kvalitou přiloženého paliva a velikostí komínového tahu, který ovlivňuje množství přisávaného spalovacího vzduchu. U prohořivacího kotle dochází poměrně rychle k nahoření celé vsádky paliva v palivové šachtě a proto je regulace výkonu značně omezená. U odhořivacího kotle palivo odhořívá ve spodní části násypky, ovšem přibývá nutnost pravidelného odstraňování popela z roštu, jinak hrozí naopak utlumení výkonu. Kvalitní spalování je u obou technologií závislé na mnoha faktorech, z nichž většina je závislá na obsluze kotle.

To je základní normativní rozdělení, které dlouho stačilo také pro obchodní účely. Ovšem s tím, jak se objevovaly nové a účinnější technologie spalování, bylo nutné přidat také nové kategorie, které by zákazníkovi blíže přiblížily technologii spalování.

- **Zplyňovací kotel** – druh odhořivacího kotle s ručním přikládáním, ve kterém je vyšší úroveň spalování docíleno řízeným přísunem spalovacího vzduchu ventilátorem.
- **Automatický kotel** – kotel se samočinnou dodávkou paliva a ventilátorem řízeným přísunem spalovacího vzduchu



U zplyňovacích kotlů byl přidáním ventilátoru pro přívod spalovacího vzduchu do značné míry eliminován vliv komínového tahu na kvalitu spalování. Regulátor provozu kotle tak může na základě různých požadavků přesněji regulovat průběh spalování i jeho výkon. Ke zplyňování (uvolňování prchavé hořlaviny) dochází při jakémkoliv spalování paliva. U klasických technologií k němu však dochází ve větší či menší míře živelně a část prchavé hořlaviny v některých fázích hoření „prchne“ komínem bez využití. **Označení nové technologie jako zplyňovací vyjadřuje schopnost podstatně vyšší kontroly nad uvolňováním prchavé hořlaviny a nad jejím dokonalým vyhořením.**

U automatických kotlů byl vliv obsluhy navíc eliminován řízeným přísunem paliva, takže **přísun spalovacího vzduchu i paliva řídí regulátor kotle automaticky podle zadaného programu bez nutnosti obslužného zásahu.**

Podrobnější popis jednotlivých technologií spalování je uveden v [6].

Podle bezpečnosti provozu otopné soustavy

Toto rozdělení definuje schopnost kotle zabránit dosažení havarijní teploty 110 °C v otopné soustavě. Týká se otopných soustav s tlakovou expanzí.

- **Kotle pro rychle odpojitelnou otopnou soustavu** – *pro otopnou soustavu, u které může být při všech provozních podmínkách a při poruše (např. při přerušení přívodu energie nebo náhlém výpadku odběru tepla) přerušena výroba tepla tak rychle, že nemohou být buď na straně vody, nebo na straně spalování vyvolány nebezpečné provozní stavy [3].* Této definici vyhovují **automatické kotle** díky tomu, že mají řízený přísun paliva i spalovacího vzduchu, který je přerušen **provozním termostatem** v okamžiku dosažení maximální provozní teploty. Vzhledem k tomu, že v ohništi je v tom okamžiku minimální množství paliva, nehrozí přetopení i v případě přerušení cirkulace otopné vody. Pro případ poruchy provozního termostatu musí být kotle vybaveny ještě **havarijním termostatem**, nemusí však mít podle normy dochlazovací smyčku.

- **Kotle pro částečně odpojitelnou otopnou soustavu** – pro otopnou soustavu, v níž část tepelného výkonu může být krátce přerušena působením řídicích a bezpečnostních zařízení, aniž by byly vyvolány nebezpečné stavy na straně spalování [3]. Do této kategorie spadají **zplyňovací kotle**, přesněji kotle s ruční dodávkou paliva, ale řízeným přísunem spalovacího vzduchu. V případě dosažení maximální provozní teploty **provozní termostat** přeruší přívod spalovacího vzduchu, ale v násypce může být již rozhořeno velké množství paliva a mohlo by dojít k přetopení kotle, proto tyto kotle musejí být podle normy [2] mimo **havarijního termostatu** vybaveny také **dochlazovací smyčkou**, která má v krajním případě zajistit vychlazení vody v kotli.
- **Kotle pro neodpojitelnou soustavu**. Kotle s ruční dodávkou paliva a přirozeným přívodem spalovacího vzduchu (bez ventilátoru). **Regulátor teploty** sice přivíráním škrticí klapky (dusivky) s rostoucí teplotou vody v kotli omezuje přívod spalovacího vzduchu, ale v případě velkého komínového tahu a díky netěsnostem nezabrání dalšímu, i když omezenému, vyhořívání paliva v násypce. Přetopení kotle tak zpravidla v případě havárie zabrání jedině povinná **dochlazovací smyčka**.

Podle druhu použitého materiálu

- **Ocelové** – těleso kotle je vyrobeno svařením z ocelových plechů
- **Litinové** – těleso kotle je vyrobeno sestavením z článků z litých materiálů

Jako konstruktér malých teplovodních kotlů neustále „řeším“ se zákazníci problém ocel versus litina. Každý z těchto materiálů má své výhody a nevýhody. Odolnost proti propálení a kondenzátu – to jsou hlavní devizy litiny jako materiálu pro konstrukci teplovodních kotlů. Proto je litina spojena především se spalováním paliv s malým podílem prchavé hořlaviny (černým uhlím, koksem) a vlhkým kusovým dřevem. Krátkoplamenná paliva při spalování spíše žhnou, než hoří plamenem. Nejvíce tepla předávají žhavé tuhé zbytky nahořelé ve vrstvě přímo v násypce paliva. Násypka se tak současně stává spalo-

vací komorou a výměníkem (společně s vodou chlazeným roštem). Kotlová tělesa proto nevyžadují další velké dohořívací prostory pro vyhoření prchavé hořlaviny, ani velké spalínové cesty jako výměníky tepla, a proto jsou relativně malá, prostorově jednoduchá a nevadí ani větší objemová hmotnost litiny. Při spalování vlhkého dřeva je odolnost proti logicky vznikajícímu kondenzátu vykoupena za cenu strašlivých emisí jemného prachu a plynných škodlivin, což nová legislativa již neumožňuje. Je tak stále více zřejmé, že doba klasických litinových kotlů na pevná paliva pomalu končí s tím, jak končí doba prohořívacích kotlů.

Naproti tomu spalování dlouhohoplamenných paliv vyžaduje relativně velká kotlová tělesa s velkými, různě tvarovanými prostory (spalovací, dohořívací, výměníky). Při jejich konstrukci se předpokládá poměrně velká kreativita, což je u litiny bohužel spojeno s problémy.

Rozdělení do tříd podle emisí a účinnosti

Do zavedení evropské normy [2] v roce 2000 byla hlavním hodnotícím kritériem kvality kotlů jejich účinnost. Při certifikaci se z emisí ověřovala pouze průměrná koncentrace CO, která nesměla překročit 2 % (20 000 ppm). Rozhodovala ekonomika provozu a zcela mimo zájem byl dopad na životní prostředí. Nová norma však zavedla kategorizaci kotlů jednak podle dosažené účinnosti, tak také podle úrovně dosažených emisí při certifikaci kotle. Kotle byly rozděleny do tříd 1, 2 a 3, z nichž třída 3 – znamenala nejvyšší dosažitelnou kvalitu. Začaly se ověřovat emise CO, OGC, prachu a účinnost při jmenovitém výkonu a emise CO a OGC při nejmenším výkonu (u kotlů s regulovatelným rozsahem výkonů). Aby kotel mohl být zařazen do některé z uvedených tříd, musel splnit definované emisní limity i minimální dosaženou účinnost u všech sledovaných parametrů. Zhruba po 10 letech uvedené rozdělení již nevyhovovalo ekologickým požadavkům, a proto byla přijata novela evropské normy [3], ze které byly třídy 1 a 2 vyřazeny a nahrazeny podstatně přísnějšími třídami 4 a 5. Uvedené rozdělení do emisních tříd přebírá také legislativa, konkrétně zákon o ochraně ovzduší [7], který uvádí emisní požadavky pro kotle (již provozované i nově zaváděné do provozu) shodné s emisními třídami dle [3].

Dodávka paliva	Palivo	Mezní hodnoty emisí pro kotle do jmenovitého výkonu 50 kW														
		CO					OGC									
		[mg/m ³] při 10 % O ₂ (vztahuje se k suchým spalínám, 0 °C, 1013 mbar)										Prach				
		třída 1	třída 2	třída 3	třída 4	třída 5	třída 1	třída 2	třída 3	třída 4	třída 5	třída 1	třída 2	třída 3	třída 4	třída 5
ruční	biologické	25000	8000	5000	1200	700	2000	300	150	50	30	200	180	150	75	60
	fosilní	25000	8000	5000			2000	300	150			180	150	125		
samo- činná	biologické	15000	5000	3000	1000	500	1750	200	100	30	20	200	180	150	60	40
	fosilní	15000	5000	3000			1750	200	100			180	150	125		

Mezní hodnoty nesmí být překročeny při jmenovitém výkonu i minimálním výkonu.

U kotlů certifikovaných do konce r. 2012 nemusely být splněny požadavky na prach při minimálním výkonu. Pro nedřevní biomasu dle ČSN EN 14 961-6 a rašelinu může od r. 2012 hodnota prachu u kotlů třídy 3 dosáhnout maximální hranice 200 mg/m³

Třída (algorithmus výpočtu)	Minimální účinnost kotle [%] pro jmenovitý výkon Q														
	10 kW	15 kW	20 kW	25 kW	30 kW	35 kW	40 kW	45 kW	50 kW						
třída 1 ($47 + 6 \log Q$)	53	54,1	54,8	55,4	55,9	56,3	56,6	56,9	57,2						
třída 2 ($57 + 6 \log Q$)	63	64,1	64,8	65,4	65,9	66,3	66,6	66,9	67,2						
třída 3 ($67 + 6 \log Q$)	73	74,1	74,8	75,4	75,9	76,3	76,6	76,9	77,2						
třída 4 ($80 + 2 \log Q$)	82	82,3	82,6	82,8	83	83,1	83,2	83,3	83,4						
třída 5 ($87 + \log Q$)	88	88,2	88,3	88,4	88,5	88,6	88,6	88,7	88,7						

NORMATIVNÍ POŽADAVKY NA KOTLE

Jak již víme, teplovodní kotel je výrobek, který před uvedením na trh musí projít ověřením, zda jsou jeho vlastnosti (z hlediska bezpečnosti, ochrany zdraví a životního prostředí atd.) ve shodě s platnými normami a předpisy, které udávají nejen základní technické podmínky pro kotel jako výrobek, ale také přesně definují způsob, jakým mají být jeho vlastnosti deklarovány zákazníkům i kontrolním orgánům.

Mezi obecné požadavky dle [2] a [3] patří, že kotle musí být žáruvzdorné a zajistit bezpečný provoz, musí odolávat namáhání (jež mohou nastat při provozu) a přehřátí teplotnosné látky, spaliny nesmí unikat v nebezpečném množství z kotle, plameny při náležitém provozu nesmí šlehat ven a řeřavé uhlí vypadávat, musí být vyloučeno nebezpečné hromadění hořlavých plynů ($> 5\%$) ve spalovací komoře a v kouřovodu, ... Norma však definuje také konkrétní požadavky na konstrukci, provoz, zkoušení, značení a technickou dokumentaci. Uvedme si alespoň ty nejdůležitější.

Základní normativní požadavky na konstrukci

- **Materiál ocelového kotlového tělesa.** Vedle základních požadavků na provedení výkresů, svarových spojů a kontrolu výroby, je pro zákazníka asi nejdůležitější požadavek na použité materiály a nejmenší tloušťky stěn. Panuje totiž mylná představa, že ocelová kotlová tělesa musejí být vyrobena pouze z tzv. **kotlové oceli**. Tedy spíše panují mylné představy, že kotlovou ocel jsou pouze vysoce legované oceli odolávající vysokým teplotám a tlakům. Ovšem tyto pracovní podmínky v řádech stovek °C a několika MPa panují ve velkých parních kotlích. Kotlová tělesa běžných teplovodních kotlů jsou namáhána nesrovnatelně méně, a proto na jejich výrobu stačí ocel s nižší odolností, a co je pro nabídku na trhu velmi významné, podstatně levnější. Jako o kotlových ocelích lze hovořit o všech materiálech uvedených v ČSN 42 0090 Materiály pro energetická zařízení. A zde je mezi plechy uveden materiál 11 373 (S235JR dle EN 100027), který je pravděpodobně nejpoužívanější „kotlovou“ ocelí pro výrobu malých teplovodních ocelových kotlů a je uveden také v normě [2, 3] jako povolený materiál.

- **Nejmenší tloušťky stěn.** Norma povoluje nejmenší tloušťky stěn na různé konstrukční části kotlového tělesa. U kotlů z uhlíkové oceli do 100 kW to jsou:

5 mm – stěny palivové šachty a spalovací komory ve styku s plamenem a vodou (4 mm do roku 2013 u kotlů na fosilní paliva)

4 mm – konvekčně ohříváné povrchy vně spalovací komory (vyjma trubek) – vodou chlazené trubky roštů

3,2 mm – trubky kruhového průřezu v místech konvekčně ohříváných povrchů vně spalovací komory

3 mm – stěny pouze ve styku s vodou

Tloušťka stěny je důležitá nejen pro životnost kotlového tělesa z pohledu opaluvzdornosti a korozivzdornosti, ale také z hlediska tvarové stálosti stěn kotlového tělesa při vyšším provozním tlaku (vydutí stěn). Ovšem i zde jsou jisté limity. Čím menší je tloušťka stěny výměníku tepla, tím intenzivnější je také přenos tepla ze spalín do vody. Rozdíl v životnosti kotlových těles s vnitřními stěnami 6 mm a 8 mm není rozhodně tak velký, ovšem s rostoucí tloušťkou stěny se snižuje intenzita přenosu tepla, která by u správně navrženého kotle měla znamenat větší teplosměnnou plochu, a tím i těžší kotel.

- **Minimální provozní přetlak.** Nová norma již taxativně nepředepisuje minimální přetlak otopné vody, pro který by měl být kotel konstruován. Podle normy staré [1] to mělo být minimálně 200 kPa (2 bar). Tento konstrukční parametr uvádím pouze informativně. Kotel je součástí otopné soustavy a hodnota maximálního použitelného provozního přetlaku limituje celou soustavu. Hodnota konstrukčního provozního přetlaku hodně napoví o kvalitě výroby kotlového tělesa. Solidně vyrobené kotlové těleso by bez problémů mělo tlak 2 bar vydržet bez trvalých deformací stěn. Standard u kvalitních kotlů je od 2 do 3 bar. Pokud je maximální provozní přetlak nižší jak 2 bar, svědčí to zpravidla o tom, že výrobce „šetřil“ na tloušťce stěn nebo si není jistý kvalitou svarů.
- **Zabezpečení proti přetopení kotle.** Povinné vybavení kotle proti jeho přetopení jsem již popsal v kapitole o rozdělení kotlů podle bezpečnosti provozu otopné soustavy. Bezpečnostní výměník musí být napojen na zdroj chladicí vody nezávislý na vnější energii (vodovodní řád) a nesmí být

současně používán jako provozní ohřívač. Kotle se samočinnou dodávkou paliva (rychle odpojitelná soustava) tyto výměníky nepotřebují.

- **Popelník.** Objem popelníku musí při použití stanoveného paliva vydržet při jmenovitém výkonu dobu hoření nejméně 12 hodin, přitom pod roštem musí být zajištěn přístup spalovacího vzduchu.

Požadavky na provozní parametry

S mezními hodnotami emisí, jako nejdůležitějšími provozními parametry, jsme se již seznámili. Nyní si popíšeme dva další důležité parametry.

- **Teplota spalin.** *U kotlů, které jsou provozovány při jmenovitém tepelném výkonu a při nižší teplotě spalin než je 160 °C nad teplotou okolního prostředí, musí výrobce uvést doporučení pro instalaci kouřovodu, které zajistí dostatečný tah a zabrání vzniku kondenzátu a sazení v celém komíně [2].* Jinými slovy, pokud kotel při jmenovitém výkonu dosáhl teploty spalin nižší jak cca 170 °C, musí výrobce upozornit na možné problémy s nedostatečným tahem a kondenzací spalin v tělese komína. Při sníženém výkonu je teplota spalin nižší, a proto je velice problematické dosáhnout požadovaného tahu a je jisté, že dojde ke kondenzaci spalin v komíně a následnému nalepování tuhých částic na kondenzát – dehtování! Někteří výrobci v honbě za vysokou účinností „tlačí“ teplotu spalin na minimum, ovšem výrazně tím snižují provozní spolehlivost kotle.
- **Nejmenší tepelný výkon nesmí být nižší jak 30 % jmenovitého tepelného výkonu [2].** U kotlů s ruční dodávkou paliva může být nejmenší tepelný výkon vyšší jak 30 % v případě že výrobce uvede, jak se má nadbytečné teplo odvádět. Výrobce ale musí uvést, **kam s nadbytečným teplem** (například do akumulární nádrže, bojleru, pro ohřev bazénové vody,...) v žádném případě by podle normy takovýto kotel neměl být zapojen do jednoduché otopné soustavy. **Pro kotle certifikované od roku 2013 novelizovaná verze [3] dokonce uvádí, že pokud kotel nesplní požadavek minimálního výkonu 30 %, musí výrobce uvést povinnost připojení k akumulární nádrži a na výrobním štítku musí uvést minimální velikost nádrže.**

Výrobní štítek

Kotel jako stanovený stavební výrobek musí být jednoznačně identifikovatelný pro případnou kontrolu. K tomu slouží označení výrobním štítkem. **Údaje na štítku musí být uvedeny v jazyce země určení a štítek musí být upevněn na přístupném místě. Musí být zhotoven z materiálu zaručujícího jeho trvanlivost a trvalou čitelnost uvedených údajů, které musí být odolné proti otěru. Při běžných provozních podmínkách nesmí štítek změnit barvu natolik, aby údaje na něm přestaly být čitelné. Samolepicí štítky se nesmějí vlivem vlhkosti nebo teploty odlepovat [2].** Na výrobním štítku musí být uvedeny následující údaje:

		94 CZA
		• NÁZEV A ADRESA VÝROBCE
ATMOS CANKAŘ Jar. & syn BĚLÁ p. BEZDĚZEM		
TEPLOVODNÍ KOTEL ATMOS		
• TYP, POD KTERÝM SE KOTEL PRODÁVÁ	TYP KOTLE BOILER TYPE	DC25GS
• JMENOVITÝ VÝKON	VÝKON POWER OUTPUT	25 kW
PRO KAŽDÝ DRUH PALIVA	KRYTÍ INSULATION	IP 20
	PALIVO FUEL	DŘEVO/WOOD
• ELEKTRICKÁ PŘÍPOJKA (V, Hz)	VYHŘEVNÁ PLOCHA HEATING SURFACE	2,7 m ²
	BEZPEČNÁ VZDÁLENOST SECURITY DISTANCE	400 mm
	NAPĚTÍ VOLTAGE	230V / 50Hz
	ELEKTRICKÝ PŘÍKON ELECTRIC INPUT	50 W
	MAX. PRAC. PŘETLAK MAX. OPERATION PRESSURE	250 kPa
	PROVOZNÍ TAH REQUIRED NOZZLE UNDERPRESSURE	23 Pa
	TŘÍDA KOTLE BOILER CLASS	3
	HMOTNOST WEIGHT	431 kg
	OBSAH VODY WATER CAPACITY	80 l
	MAX. PROVOZNÍ TEPLOTA MAXIMUM OPERATION TEMPERATURE	95 °C
	ROK VÝROBY YEAR OF PRODUCTION	2012
		EN303-5
	• VÝROBNÍ ČÍSLO	CE 0036
	• WATOVÝ PŘÍKON	50 W
	• NEJVYŠŠÍ PROVOZNÍ PŘETLAK	250 kPa
	• TŘÍDA KOTLE PRO KAŽDÉ PALIVO	3
	• OBSAH VODY V LITRECH	80 l
	• ROK VÝROBY	2012

Pokud má kotel regulovatelný výkon, musí být na štítku uveden regulační rozsah tepelného výkonu v kW pro každý druh paliva. Na štítku tedy musí být uvedeny certifikací garantované údaje o ověřovaných výkonech a palivech (rozsah výkonů pro jednotlivá paliva). Paliva neuvedená na výrobním štítku nelze v kotli spalovat. Norma nezná výrobci často uváděné tzv. náhradní palivo.

Technická dokumentace dodaná s kotlem

Výrobní štítek slouží k základní identifikaci kotle přímo v kotelně. Ovšem pro správnou instalaci a obsluhu kotle je nutné znát ještě spoustu dalších důležitých údajů, které jsou normativně také přesně dané a jsou uvedeny v **návodu k montáži** a **návodu k obsluze**, které musí být nedílnou součástí dodávky kotle. Mimo jiné v nich **musí být uvedeno** následující:

- **Požadovaný tah v bar**
- **Obsah vody v litrech**
- **Teplotu spalin na výstupu při jmenovitém výkonu a při nejmenším výkonu**
- **Hmotnostní průtok spalin na výstupu při jmenovitém výkonu a při nejmenším výkonu v $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$**
- **Připojovací rozměr kouřovodu v mm**
- **Hydraulickou ztrátu kotle v mbar**
- **Jmenovitý výkon a regulační rozsah výkonu pro každý druh paliva v kW**
- **Duh paliva včetně obsahu vody a jeho velikosti**
- **Třídu kotle**
- **Dobu hoření v hodinách pro každý druh paliva při jmenovitém výkonu**

- *Rozsah regulace teploty ve °C*
- *Nejmenší teplotu vstupní vody na přípojce vstupní vody kotle ve °C*
- *Druh paliva, jeho obsah vody a velikost*
- *Objem palivové šachty v litrech a rozměry plnicího otvoru v mm*
- *Požadovaný akumulací zásobník v litrech, jestliže minimální výkon je vyšší jak 30 % výkonu jmenovitého (u kotlů certifikovaných od roku 2013)*
- *Požadavky na pomocný výkon ve W*
- *Teplotu studené vody a přetlak pro pojistný výměník tepla v bar*
- *Elektrické přípojky včetně vypínání kotle a síťového napájení*
- *Informace o obsluze kotle, způsobu dodávky paliva a otevírání dvířek bez rizika*
- *Čištění a intervalech mezi čištěním, včetně vybavení požadovaného pro provádění čištění*
- *Informace o opatřeních, která je nutno přijmout v případě poruchy*

JINÉ TISKOVINY (PROSPEKTY ATD.) NESMĚJÍ OBSAHOVAT INFORMACE, KTERÉ JSOU V ROZPORU S NÁVODY K OBSLUZE [2].

NÁVOD K MONTÁŽI A OBSLUZE JE ZÁKLADNÍM PRÁVNÍM DOKUMENTEM, KTERÝ JE ROZHODUJÍCÍ V PŘÍPADNÝCH SOUDNÍCH SPORECH. PROTO BY JEJ MĚL MÍT PROVOZOVATEL KOTLE NEUSTÁLE K DISPOZICI.

Norma neukládá výrobci uvádět skutečně zjištěnou účinnost kotle a emise jednotlivých škodlivin. Tyto údaje jsou „skryty“ v rozmezí daném pro konkrétní třídu kotle.

PROVOZNÍ ÚČINNOST KOTLŮ

Celkové provozní vlastnosti kotle, včetně jeho účinnosti, jsou u něj předdefinovány konstrukcí a kvalitou provedení. Ovšem tím je dán pouze jeho potenciál a na provozovateli je, jak dalece bude tohoto potenciálu využito. Vše začíná u prostředí, ve kterém je umístěn. V příliš studené, vlhké a zaprášené kotelně je nasáván nekvalitní spalovací vzduch. Do příliš „zateplené“ kotelny naopak občas nemá ani pořádný přístup. Nekvalitní palivo může degradovat úroveň spalování o několik řádů, stejně tak jako špatně fungující odtah spalin. Neodborné napojení na otopnou soustavu může způsobovat dlouhodobé „podchlazování“ kotle nebo naopak situaci, kdy kotel má výkonovou rezervu, ale rozvod tepla po vytápěném objektu vážne. Základem je samozřejmě kvalitní obsluha a údržba.

Ale začneme od základu. Ve spalovacím prostoru kotle se uvolňuje v palivu chemicky vázaná energie, která se přeměňuje na teplo předávané otopné vodě. Úspěšnost této transformace je definována účinností spalovacího zdroje. Pokud by došlo k ideální přeměně, byla by účinnost 100 %. Ovšem při spalování dochází ke ztrátám, které celkovou účinnost snižují. Podrobně se o problematice účinnosti kotlů dozvíte v [6]. Dále provedu pouze krátké shrnutí jednotlivých ztrát ověřovaných při certifikaci.

Ztráta citelným teplem spalin

První ztrátu představuje **ztráta citelným teplem spalin q_A , nebo také komínová ztráta**. Jedná se o teplo, které zahřáté spaliny odvedou kouřovým hrdlem z kotle do komína. Empiricky lze tuto ztrátu vyjádřit tzv. Siegertovým vzorcem

$$q_A = (t_s - t_v) \cdot \left(\frac{A}{21 - O_2} + B \right) \quad [\%]$$

kde t_s je teplota spalin na výstupu z kotle, t_v teplota prostředí (spalovacího vzduchu), O_2 naměřená koncentrace kyslíku ve spalinách, A a B konstanty, kte-

ré mají různé hodnoty pro různé druhy paliv (pro dřevo $A = 0,67$, $B = 0,01$, pro hnědé uhlí $A = 0,69$, $B = 0,01$). Při pohledu na vzorec je jasné, že velikost této ztráty závisí na teplotě odcházejících spalin a přebytku vzduchu, tedy objemu spalin. V tabulce je uveden vliv přebytku vzduchu n na nárůst komínové ztráty při zvýšení teploty spalin o 10 °C (údaje platné s velkou přesností pro hnědé uhlí a dřevo).

přbytek n [–]	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Δq_A na 10 °C spalin [%]	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4

Například při zvýšení teploty spalin o 10 °C se při přebytku vzduchu $n = 2$ zvýší ztráta o $0,8\text{ %}$.

Přbytek spalovacího vzduchu nelze neúměrně snižovat pod mez, při které by docházelo k nedokonalému spalování. Teplotu spalin nelze také nekontrolovaně snižovat, protože musí být s dostatečnou rezervou vyšší jak rosný bod spalin, aby nedocházelo k jejich kondenzaci uvnitř kotle i v celém komínovém tělese. Již víme, že dle normy je mezní teplotou spalin, při které ještě nedochází k jejich kondenzaci v komíně, teplota při jmenovitém výkonu 160 °C nad teplotou prostředí, tedy pro uvažovanou teplotu vzduchu 15 °C je teplota spalin přibližně 175 °C . V normě citovaná limitní teplota spalin 160 °C nad teplotou prostředí je univerzální hodnotou pro pevná paliva. Skutečná hodnota teploty rosného bodu je závislá na kvalitě spalovacího procesu a složení paliva. Dle [6] je limitní hodnotou pro „nekondenzační“ kotel na dřevní biomasu teplota spalin 145 °C . Při této teplotě ještě u většiny komínů máme jistotu, že v jeho ústí (výstupu) nedochází ke kondenzaci spalin.

Velikost teploty spalin může ovlivnit konstruktér kotle nadimenzováním tělesa výměníku, ale významně také uživatel pravidelným čištěním teplosměnných ploch. Nevycháštěný výměník může znamenat nárůst teploty i o několik desítek stupňů, a jak je vidět z tabulky, navýšení ztráty o několik procent.

U kotlů s řízeným spalováním, teplotou spalin do 200 °C a přebytkem vzduchu $n < 2$ je tato ztráta rozhodující a pohybuje se okolo hranice 10 % . U klasických roštových kotlů s přebytkem vzduchu nad $2,5$ bývá tato ztráta i okolo 20 % .

Ztráta plynným nedopalem

Tato ztráta přímo souvisí se ztrátou komínovou, což dokazuje vzorec pro vyjádření její velikosti

$$q_g = 12,6 \cdot \text{CO} \cdot \frac{V_s}{Q}.$$

Spalinami se odvádí, vedle citelného tepla, také energie chemicky vázaná ve spalinách – **plynný nedopal**. Jejím nositelem je oxid uhelnatý CO, který v sobě má ještě potenciál dohořet na oxid uhličitý CO₂ (a tím uvolnit ještě další teplo), ale „díky“ špatným reakčním podmínkám ve spalovacím zařízení (nízká teplota, málo kyslíku) mu to nebylo umožněno. Pokud budeme snižovat přebytek vzduchu pro snížení komínové ztráty, pravděpodobně zvýšíme koncentraci CO ve spalinách, a tím i ztrátu citelným teplem spalin. Ovšem přílišný přebytek vzduchu zvyšuje objem spalin V_s , a tím tuto ztrátu také navyšuje. U „bezdyých“ technologií (z komína při provozu nevychází viditelný kouř), tedy především automatických kotlů na všechny druhy paliv a zplyňovacích kotlů spalujících suché dřevo, se velikost této ztráty pohybuje do 1 %. Čím tmavší kouř z komína vychází, tím více nevyhořelého uhlíku se nachází ve spalinách, a tím je i vyšší ztráta plynným nedopalem. U klasických jednoduchých (zvláště prohořivacích litinových) kotlů dosahuje běžně výše 5 až 10 %.

Ztráta mechanickým nedopalem

Výše této ztráty popisuje míru nevyhořelého uhlíku obsaženého v popelu a sazích – tzv. **mechanický nedopal**. Velikost ztráty je do značné míry závislá na obsahu popelovin v palivu. Proto u dřevní biomasy je relativně zanedbatelná, zpravidla do 1 %. U paliv s větším podílem popelovin (uhlí,...) se pohybuje v rozsahu 2 až 5 %. U kotlů s ručním přikládáním zpravidla palivo vyhoří na roštu kvalitně vždy. U kotlů se samočinnou dodávkou paliva může někdy zvýšenou ztrátu mechanickým nedopalem zapříčinit špatné nastavení dávkování paliva.

Ztráta sdílením tepla do okolí

Energie odvedená plochou kotle do okolí. Všechny plochy kotle, jejichž teplota je vyšší jak teplota okolí, do okolí „předají“ část tepla vytvořeného spalováním, čemuž se odborně říká **sdílení tepla do okolí**. Velikost této ztráty se stanovuje z poměru tepla uvolněného povrchem kotle k tepelnému příkonu. Závisí tedy na povrchové teplotě jednotlivých ploch. Kvalitně zaizolovaný kotel vykazuje při ustáleném provozu na jmenovitý výkon ztrátu sdílením tepla do okolí na hranici 2 % a u špičkově zaizolovaného kotle se tato ztráta pohybuje do 1 %.

Účinnost kotle garantovaná výrobcem

Výrobcem deklarovaná účinnost zdroje definuje jeho potenciál, maximum dosažitelného. Většina výrobců se k této účinnosti dopracovala často až po mnohonásobně opakovaném zkoušení a testování. Pokud opět provedu srovnání kotle s organismem sportovce, pak deklarovaná účinnost je srovnatelná s časem, který zaběhne vrcholový sprintér v závodě na olympijských hrách. Několik let přípravy se odrazí v čase, který se dá zaběhnout pouze za specifických podmínek. Aby byla certifikace u všech autorizovaných osob (zkušeбен) srovnatelná a objektivní, jsou normou dány přesné postupy a provozní podmínky, které musí být během zkoušek dodrženy. Ty se ovšem liší od běžného provozu. Při certifikaci je kotel prakticky v laboratorních podmínkách umístěn na zkušební stanoviště, napojen na odtah spalín, na kterém je nastaven výrobcem přesně stanovený optimální tah, kotel se několik hodin roztápí na požadovaný ustálený výkon. Vyzdívka kotle je dokonale nahřátá a na roštu hořáku je stálá základní vrstva paliva. Profesionální obsluha kotel dokonale seřídila podle zjištěné koncentrace spalín na analyzátoru (popřípadě upravila tah podle naměřených parametrů) a je použito palivo nejvyšší kvality a přesné velikosti. Po dosažení ustáleného provozního stavu je nastaven konstantní průtok vody a ideální tepelný spád (rozdíl teploty vody na vstupu a výstupu z kotlového tělesa). Pokud vše odpovídá, začne zkouška. Ta trvá u kotlů se samočinnou dodávkou paliva 6 hodin, u kotlů s ruční dodávkou 2 doby hoření při jmenovitém a 1 dobu hoření při minimálním výkonu (viz definice základních pojmů). Pokud nestanoví výrobce, pak doba hoření pro fosilní paliva je 4 hodiny a pro biomasu 2 hodiny. Po celou dobu hoření pracuje kotel na ustálený výkon s minimální změnou provozních parametrů. Po uběh-

nutí jedné doby hoření se kotel prohrábne a přidá nové palivo. Spalovací prostor není „podchlazován“ nasáváním přehnaně studeného vzduchu, protože teplota ve zkušebně musí být minimálně 15 °C. Za těchto podmínek je dosaženo účinnosti, kterou výrobce uvádí v technické dokumentaci.

Reálné provozní podmínky

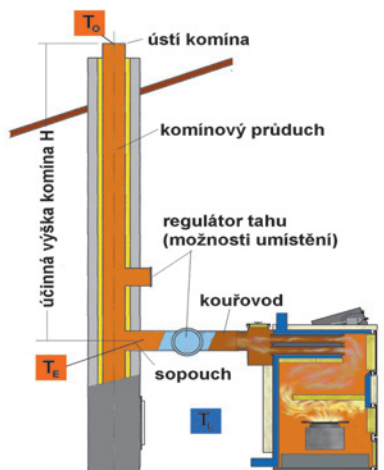
Účinnost deklarovaná výrobcem je vyjádřením technického potenciálu kotle, ale v reálném provozu ji nelze dlouhodobě prakticky dosáhnout. Lze se jí přiblížit tím, že zapojením a provozováním kotle se přiblížíme podmínkám, za kterých byl certifikován: napojením na kvalitní komín s regulovaným tahem, zapojením kotle do otopné soustavy s akumulací nádrží pro stabilizaci odběru tepla a tedy výkonu kotle, používáním garančního paliva, dostatečnou údržbou a kvalitní obsluhou. Čím více se budeme těmto podmínkám vzdalovat, tím více budeme ztrácet na účinnosti. U automatických kotlů může být skutečná účinnost nižší v řádu jednotek procent, u manuálně obsluhovaných kotlů až v řádu desítek procent.

Napojení na komín

Správný odvod spalin má zásadní vliv na kvalitu spalovacího procesu. Komín by měl mít dostatečný a stabilní tah, který by neměl překračovat výrobcem doporučenou hranici. Příliš velký tah znamená u všech kotlů nárůst teploty spalin v řádech desítek stupňů, a tím i zvýšení komínové ztráty. Pokud jsou například při výrobce požadovaném tahu 20 Pa teploty spalin při jmenovitém výkonu 160 °C, při tahu 35 Pa se navýší o 40 až 60 °C. Zvláště u kotlů s přirozeným přívodem spalovacího vzduchu (bez ventilátoru) vysoký tah znamená extrémní nárůst přebytku spalovacího vzduchu, což má za důsledek navýšení komínové ztráty i ztráty plynným nedopalem o několik procent. Naopak nedostatečný tah zapříčiňuje přisávání nedostatečného množství spalovacího vzduchu. Pokud není zajištěn dostatečný komínový tah, dochází k „přeplňování“ spalovací komory spalinami a výrazně je narušen celý spalovací proces. Radikálně se zvyšují hodnoty jinak nevýrazných ztrát plynným a mechanickým nedopalem. Nedostatečný a nestabilní tah způsobí nevyčištěný komín, ale také špatně nadimen-

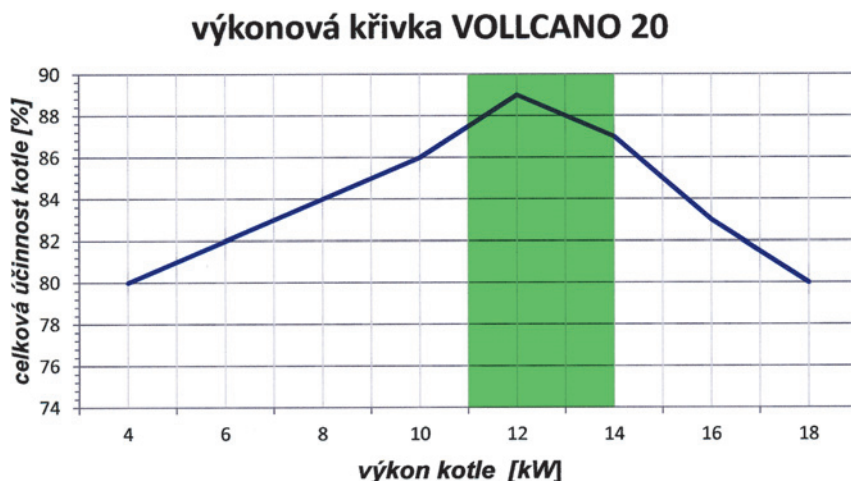
zovaný komín. Pokud je výrobcem deklarovaná teplota spalin při jmenovitém výkonu pod hranicí 140 °C, je nutné počítat s tím, že v běžných provozních podmínkách se bude pohybovat okolo hranice 100 °C. Když se k tomu navíc přidá regulace výkonu (škrceň) například v době menších požadavků na teplo, je u běžného komína prakticky nemožné docílit jeho prohřátí a dosažení optimálního tahu. Navíc se díky kondenzaci spalin komínový průduch rychle zanáší, vlhne a je nutné věnovat velkou pozornost jeho čištění.

U konstrukce komína jsou tedy důležité jeho správný průřez, dostatečná výška i dostatečné zateplení. Příliš velký průřez znamená pomalejší proudění spalin, a tím i tendence k jejich rychlejšímu chladnutí a snížení tahu. To se dá omezit dobrou izolací, která zamezí velkému ochlazování spalin. Naopak příliš malý průřez je zase spojen s rychlým prouděním spalin, a tím zvýšením tlakových ztrát. Tlakové ztráty vznikají také příliš složitým a dlouhým propojením odvodu spalin s komínem tzv. **kouřovodem**. Kouřovod by měl být co nejkratší, kvalitně zaizolovaný a především vyspádovaný (od kotle ke komínu by měl „stoupat“), aby se v něm zvláště při snížených výkonech či inverzích netvořil studený „špunt“, který brání odvodu spalin. Druhým extrémem je velký tah komína, který se dá u kotlů na pevná paliva velice elegantně řešit omezovačem tahu. Nejjednoduššími jsou omezovače pracující na principu gravitační klapky. Na té se dá nastavit horní hranice tahu, při jehož dosažení se klapka otevře a nadbytečný tah se kompenzuje přisáváním vzduchu z kotelny. Příklad gravitační klapky a možnosti jejího umístění ukazuje obrázek.



Napojení na otopnou soustavu

Podmínkou vysoké účinnosti je dlouhodobý ustálený provoz. K tomu je zapotřebí také stabilní teplota otopné vody, která by neměla příliš kolísat. Každé přehřátí či podchlazení kotlového tělesa má negativní vliv na kvalitu spalovacího procesu. Rychlý nárůst výstupní teploty vody vede k reakci regulátoru teploty, který začne „škrtit“ přívod spalovacího vzduchu, naopak při prudkém poklesu teploty se regulace kotle snaží navýšit výkon. Každá změna, a zvláště ty rychlé, se projeví narušením stability hoření a kotli nějakou dobu trvá, než se opět dostane do optimálního provozního stavu. Každý kotel má svoji **výkonovou křivku**, která udává závislost velikosti účinnosti spalování na výkonu. Na obrázku je zobrazena křivka automatického kotle na uhlí s retortovým hořákem o jmenovitém výkonu 17 kW.



Snahou by mělo být, aby byl kotel provozován ve výkonovém rozsahu, ve kterém má nejvyšší účinnost. U prezentovaného kotle je nejvhodnější rozsah 60 až 80 % jmenovitého výkonu (11 až 14 kW). A toho lze docílit prakticky pouze zapojením kotle do soustavy s akumulací nádrží. Zvláště velký význam to má u kotlů s ruční dodávkou paliva, u kterých je každé „násilné“ snižování výkonu v průběhu doby hoření, přiškrcením spalovacího vzduchu, spojeno s podstatným zhoršením spalovacích poměrů v ohništi, a tím zvýšením ztráty především plynným nedopalem. Pokud tyto kotle nemají řízen přívod spalovacího

vzduchu ventilátorem, mohou být ztráty navýšeny oproti certifikačnímu provozu o desítky procent. Automatické kotle mají relativně vysokou účinnost v celém výkonovém rozsahu a v případě potřeby mohou přejít do útlumového režimu, kdy pouze slabě žhne pevná část paliva, a nebo prakticky netopí, a kotle pouze čekají na pokyn k opětovnému rozhoření, zapálení. Krizové jsou ovšem přechody z jednotlivých provozních stavů. Pokud je kotel delší dobu v útlumu (zateplený dům, noční útlum,...), vychladne jeho vyzdívka i komín, po nastartování nějakou dobu trvá, než se na roštu vytvoří optimální základní vrstva paliva a kotel začne spalovat v optimálních podmínkách. Některé kotle si novou základní vrstvu musí vytvořit několikaminutovým spuštěním elektrického zapalování (zpravidla horkovzdušného) o příkonu často 1 kW a více, což snižuje jejich účinnost. Proto je i pro automatické kotle ekonomicky výhodnější napojení na akumulární otopnou soustavu.

Dalším důležitým faktorem je zajištění minimální teploty **vratné vody**, tedy ochlazené vody, která se vrací z otopné soustavy zpět do kotlového tělesa. Každý výrobce má tuto minimální teplotu definovanou jinak, ale neměla by být nižší jak 50 °C (zpravidla je stanovena nad 60 °C). Technicky se to řeší tzv. **směšováním**, kdy se část v kotli ohřáté vody bezprostředně za kotlem přimíchává pomocí směšovací armatury (čtyř nebo třicestný ventil) do vratné vody a zvyšuje tak její teplotu. Trochu mylně se má za to, že směšování je nutné pouze kvůli zabránění kondenzace spalin v kotlovém tělese. Jak již víme, u pevných paliv je teplota rosného bodu spalin zpravidla vyšší jak 60 °C (u uhlí i nad 100 °C) a ovlivňuje ji chemické složení spalin. Kondenzaci ovlivňuje hlavně nízká teplota spalin (především pokud se kotel „škrť“). Směšování má, podobně jako akumulace, zajistit také stabilnější teplotu otopné vody, tedy udržovat kotel nahřátý, protože díky změnám v odběru tepla (například zavíráním a otevíráním termohlavic na radiátorech) může teplota vratné vody kolísat v rozsahu několika desítek °C, s čímž souvisí negativní vliv na spalovací proces. Teplota vratné vody je důležitá také pro dosažení **dostatečného teplotního spádu otopné vody na kotli**, tedy rozdílu v teplotách vody na vstupu a výstupu z kotlového tělesa. Například u většiny automatických kotlů lze docílit maximálního spádu v rozmezí 20 až 25 °C, protože přenos tepla je zajišťován především ochlazováním spalin ve výměníku a je závislý na velikosti výměníku. Pokud bych potřeboval při zvýšených požadavcích na teplo teplotu vody na výstupu z kotle 80 °C, při teplotě zpátečky 50 °C, pak toho docílím jen zřídka a za cenu zhoršení účinnosti spalování. U kotlů s ručním přikládáním, u kterých mohu dosáhnout intenzivnější přenos tepla vytvořením velké naho-

řelé vrstvy paliva v násypce, lze docílit většího teplotního spádu, ale prudké změny teplot vratné vody podchlazují celé kotlové těleso, což se projevuje na zhoršeném spalování.

Garanční palivo

Jak jsem již uvedl, při certifikaci výrobce používá přesně definované palivo, kterému se říká garanční nebo také předepsané palivo. Pokud je spalováno palivo jiné než předepsané, je dosahováno jiných provozních parametrů a téměř s jistotou nižší účinnosti. Důležité je dodržet předepsanou vlhkost paliva, o které jsem se již několikrát zmínil. Nesmí se opomenout ovšem ani požadovaná velikost, zvláště u biomasy a hnědého uhlí. Čím drobnější je palivo, tím rychleji uvolňuje prchavou hořlavinu, a tím rychleji hoří. Velikostí se dá tedy do jisté míry „naprogramovat“ vyhořívání paliva a zvláště u kotlů s ručním příkládáním i výkon kotle. Většími kusy uhlí nebo neštípanými celými poleny dřeva lze například docílit delší doby hoření, ale nedosáhne se jmenovitého výkonu.

Velikost paliva je důležitá i pro automatické kotle. Pravidlo – shoří vše, co velikostí projde podavačem paliva – je dosti zavádějící. Kvalitní peleta odhořívá relativně pomalu po celém povrchu. Ovšem špatně vyrobená peleta se po nahoření často ihned rozpadne, čímž se razantně zvětší její měrný povrch a ihned uvolní prchavou hořlavinu. Z hořáku vychází delší plamen, je nutné zvýšit přívod sekundárního vzduchu a navíc zvýšit dodávku paliva. To je například problém většiny pelet ze zemědělského odpadu, které se hůře peletují, a proto se často rozpadají hned při nahoření. Proto hoří delším plamenem než dřevní pelety, ač mají méně prchavé hořlaviny. Stejný problém je s uhlím. Pokud je kotel stavěn na velikost ořech 2 (zrnitost 10 až 20 mm), pak drobnější hrášek v něm shoří samozřejmě také, ale za cenu horšího spalování a velkého zanášení kotlového tělesa.

Většina výrobců přesné požadavky na kvalitu garančního paliva uvádí až v podrobné technické dokumentaci a nikoliv v propagačních materiálech. O to více je proto nutné jim věnovat pozornost.

Kontrola a údržba

Při certifikaci je zkoušený nový kotel plně funkční a ideálně vyčištěný. Provozem ale ztrácí své vlastnosti díky zanášení teplosměnných ploch, opotřebením některých konstrukčních dílů nebo prostě tím, že některé díly již zcela neplní svoji funkci. Nevyčištěním teplosměnných ploch může kotel ztratit i více jak 10 % na své účinnosti. Nefunkčností některých dílů a prvků může být jeho účinnost dále snížena. Je nutné také zajistit bezpečný provoz samotného kotle (kontrola zabezpečovacích prvků) i provoz kotelny jako celku (skladování a manipulace s palivem a popelovinami). Projděme si proto nejdůležitější kroky kontroly, které by nám měly zajistit vysokou provozní účinnost, spolehlivost a bezpečnost.

- **Vnější spalinové cesty.** Kontrola kouřovodu – zda je vyspádován, jsou zatěsněny spoje mezi odtahem spalin a napojením na komín. Kontrola dimenze – průřezy kouřovodu a komínu nesmí být menší než průřez odtahu spalin. Kontrola vyčištění vnějších spalinových cest (komínový průduch, kouřovod).
- **Napojení na otopnou soustavu.** Těsnost spojů, tlak v otopné soustavě, funkčnost armatur případně regulačních orgánů (směšovacího ventilu).
- **Palivové hospodářství.** Vhodnost paliva pro daný zdroj (garanční palivo) – vizuální kontrola, popř. kontrola dokladů od dodavatele paliva, vhodnost způsobu jeho skladování pro dodržení garančních parametrů (vyloučení vlhkosti, nevhodných příměsí).
- **Přívod a regulace spalovacího vzduchu.** Je nutné ověřit průchodnost a funkčnost přívodních cest (kanálů) a regulačních prvků (klopek) primárního a sekundárního spalovacího vzduchu, funkčnost jejich regulátorů v celém rozsahu regulace (mechanické prvky, u elektronické regulace dle instrukcí výrobce). Má-li kotel ventilátor pro přívod spalovacího vzduchu, ověřit zda dodává vzduch v požadovaném regulačním rozsahu, řádné vyčištění oběžného kola, řádné uchycení a zatěsnění, funkčnost mechanických regulačních prvků (klapky) přímo na sání ventilátoru (pokud má). U odtahových ventilátorů je důležité zjistit, zda nedochází k přísávání falešného vzduchu ve spalinových cestách za spalovací komorou (např. čisticími otvory), důležitá je také kontrola, zda je do samotné kotelny umožněn přívod dostatečného množství vzduchu pro spalování.

- **Funkčnost regulace.** Kontrola funkčnosti čidel, ze kterých vychází regulace kotle (kotlový termostat, čidlo teploty spalin, optická čidla, lambda sonda), kontrola součinnosti regulátoru s regulačními prvky (např. propojení teplotního regulátoru výkonu řetízkem s dusivou, ...).
- **Keramická žárobetonová vyzdívka.** Velice důležitá je její kompletnost a správné osazení v kotlovém tělese, což má zásadní vliv na výši emisí a účinnost – usměrňuje směr plamene a spalin a rovněž odděluje spaliny od vodou chlazených stěn kotlového tělesa, čímž snižuje plynný nedopal a emise škodlivin.
- **Roštová část.** Kompletní rošt je rozhodující pro správné vytvoření základní vrstvy paliva a její vyhoření, je zde nutné proto překontrolovat kompletnost a správné osazení jednotlivých dílů, jejich funkčnost (zda případná napečená škvára a deformace nezměňují např. roštovou plochu či neznemožňují přívod primárního spalovacího vzduchu), funkčnost odpelňování (mechanické či automatické).
- **Spalinové cesty.** Udržování čistých stěn spalinových cest má vliv na přenos tepla ze spalin do vody, většina kotlů má ve spalinových cestách rozrážeče či usměrňovače, které promíchávají proud spalin, a tím zvyšují výkon výměníku. Proto je jejich přítomnost velice důležitá. U kotlů s ručním přikládáním je důležitá kontrola zatápěcí klapky – její funkčnost a těsnost na dosedací ploše. Je nutné ověřit, zda klapka při běžném provozu nezůstává zcela nebo jen z části otevřená.
- **Doplňování paliva** – správná dodávka paliva je důležitá pro plynulý ekonomický provoz kotle a pro nízkou tvorbu emisí – u kotlů se samočinnou dodávkou je důležitá kompletnost podávacího zařízení (dobrá funkce šnekového podavače, plná průchodnost palivové cesty, funkční propojení s regulací výkonu) – u kotlů s ruční dodávkou paliva je nutné překontrolovat kompletnost a funkčnost příkladací komory tak, aby nedocházelo k případnému zadržení paliva a vytváření klenby, které omezuje jeho správné odhořívání.
- **Kontrola vnější izolace kotlového tělesa.** Poškozený, nebo i jen z části chybějící, izolační plášť kotle zvyšuje tepelné ztráty z kotle do jeho okolí.

Místo aby bylo teplo odváděno otopnou vodou do obytných prostorů, tak ho zbytečně velká část zůstává v kotelně.

- **Kontrola čidla havarijního termostatu.** Čidlo správně osazené, a propojené s regulací, zabrání případnému havarijnímu stavu způsobenému přetopením kotle nad povolenou provozní teplotu.
- **Havarijní hasicí zařízení** (u kotlů s ručním přikládáním paliva v otopné soustavě s tlakovou expanzní nádobou). Je nutná kontrola správného umístění, napojení na funkční přívod chladicí vody a odvod „přepadu“ do kanalizace. V domácích podmínkách lze jeho funkčnost přezkoušet jen s vysokou mírou rizika při přetopení kotle, a proto se doporučuje, v případě pochybnosti o jeho funkčnosti, svěřit tuto činnost výrobci kotle nebo jím pověřené osobě.
- **Zařízení zabráňující případnému prohoření paliva do násypky** (u kotlů se samočinnou dodávkou paliva). Kontrola funkčnosti čidla zařízení, napojení na zdroj hasicí vody, množství hasicí vody (v případě napojení na nádrž).
- **Umístění kotle v dostatečné vzdálenosti od hořlavin (dle ČSN 06 1008).** Bezpečné vzdálenosti musí popsat v technické dokumentaci výrobce kotle.
- **Uskladnění a manipulace s palivem a popelovinami z hlediska bezpečnosti.** Překontrolovat, zda palivo není uskladněno v bezprostřední blízkosti kotle tak, aby nedošlo k jeho nahoření od kouřovodu či jiných částí kotle, popř. únikem žhavých popelovin. Dále, zda u paliv typu uhlí, piliny, štěpka nemůže dojít k samovznícení (vlhkost paliva, dostatečné provětrávání). Při vybírání, manipulaci a uskladnění žhavých popelovin nesmí dojít k možnosti styku s hořlavinami.
- **Kontrola těsnosti spalinových cest.** Vedle již zmíněné možnosti přísávání „falešného“ vzduchu do spalin a kontroly těsnosti napojení kotle na kouřovod a těleso komínu, je z bezpečnostního hlediska nutné překontrolovat, zda v průběhu hoření nedochází k úniku spalin i z ostatních částí kotle, neboť spaliny ve větší koncentraci mohou způsobit obsluze vážné zdravotní problémy, případně mohou být i příčinou výbuchu (kontrola těsnosti dvířek a čisticích otvorů).

Pro správné provedení kontroly a údržby by většinu výše uvedených kontrolních kroků měl provádět výrobcem zaškolený servisní technik, a to alespoň jednou za topnou sezónu. Správná kontrola by měla být provedena s možností roztopení kotle na jmenovitý výkon. Obsluha kotle by měla pravidelně podle instrukcí výrobce provádět jeho čištění. Rozhodně stojí za to nainstalovat na kouřovod teploměr, který ukazuje teplotu spalin. Zvláště u kotlů s ručním přikládáním je výrazný nárůst této teploty signálem k nutnosti vyčistit spalinové cesty.

Čím vyšší je úroveň řízení spalovacího procesu samotným kotlem, tím důležitější je jeho seřízení při pravidelné kontrole pomocí analyzátoru spalin. U automatických kotlů by to mělo být prakticky povinností minimálně jednou za topnou sezónu. Ovšem ani provedení kontroly analyzátozem nemusí být vždy přesné. Analyzátory většinou měří u spalin koncentrace CO , O_2 , a teplotu. Přebytek spalovacího vzduchu, koncentraci CO_2 , a především velikost komínové ztráty, poté přepočítávají podle referenčního paliva (zemní plyn, topný olej, koks, černé uhlí, hnědé uhlí, dřevo,...), které se před samotným měřením musí správně navolit podle skutečně používaného paliva. Pokud se například provede měření kotle na hnědé uhlí a na analyzátoru bude nastaveno jako referenční palivo zemní plyn, výsledky vypočtených hodnot jsou zcela nepoužitelné. Bohužel se to často stává, a proto je nutné si v protokolu zkontrolovat referenční palivo.

SPALOVÁNÍ PEVNÝCH PALIV PO ROCE 2013

V úvodu jsem napsal, že ještě relativně nedávno se v malých teplovodních kotlích mohlo spalovat prakticky cokoliv za jakýchkoliv podmínek bez možnosti kontroly. Nový zákon o ochraně ovzduší platný od 1. 9. 2012 vše výrazně změnil. Nyní jsem se dopracoval k tomu, abych popsal perspektivy vývoje v oblasti spalování pevných paliv v malých kotlích.

Co říká legislativa o prodeji a provozu kotlů

Podívejme se nejdříve na „průlomová“ znění zmíněného zákona.

- **§ 16, odst. (2):** „Osoba uvádějící na trh v České republice spalovací stacionární zdroj o jmenovitém tepelném příkonu 300 kW a nižším, který slouží jako zdroj tepla pro teplovodní soustavu ústředního vytápění, je povinna prokázat certifikátem podle jiného právního předpisu, že spalovací stacionární zdroj splňuje emisní požadavky pro tento stacionární zdroj podle přílohy č. 10 k tomuto zákonu.“ Podle přílohy č. 10 bude možné od 1. 1. 2014 uvádět na trh pouze ty zdroje, které splňují emisní požadavky minimálně třídy 3 a od 1. 1. 2018 to budou moci být pouze kotle splňující požadavky třídy 4 dle [3]. Ustanovení se netýká jenom teplovodních kotlů, ale všech zdrojů určených pro připojení na teplovodní soustavu ústředního vytápění včetně kamen a krbů s teplovodním výměníkem. Dosažení emisních požadavků musí výrobce či prodejce doložit certifikátem.
- **§ 17, odst. (1), písm. b):** „Provozovatel stacionárního zdroje je povinen dodržovat ... přípustnou tmavost kouře.“ Tmavost kouře se ověřuje podle tzv. Ringelmannovy stupnice, kdy se srovnává tmavost kouře vycházející z komína se stupnicí, ve které je 5 úrovní tmavosti (viz příloha č. 5).
- **§ 17, odst. (1), písm. g):** „Provozovatel stacionárního zdroje je povinen provozovat spalovací stacionární zdroj na pevná paliva o jmenovitém tepelném příkonu od 10 do 300 kW včetně, který slouží jako zdroj tepla pro teplovodní soustavu ústředního vytápění, v souladu s minimálními

požadavky uvedenými v příloze č. 11 k tomuto zákonu.“ V příloze č. 11 jsou uvedeny emisní požadavky odpovídající třídě 3 dle [3] a toto ustanovení platí od 1. 9. 2022. Tady je záměr zákona jednoznačný, do deseti let vyloučit z provozu kotle třídy 1 a 2.

Legislativa a kontrola kotlů

Kontrola malých teplovodních kotlů je rozdělena do 2 kategorií. První je kontrola zdrojů provozovaných právníckými a fyzickými podnikajícími osobami. Těm nařizuje kontrolu kotlů jednak zákon ochraně ovzduší [7].

- **§ 17, odst. (1), písm. e): „umožnit osobám pověřeným ministerstvem, obecním úřadem obce s rozšířenou působností a inspekci přístup ke stacionárnímu zdroji a jeho příslušenství, používaným palivům a surovinám a technologiím souvisejícím s provozem nebo zajištěním provozu stacionárního zdroje, za účelem kontroly dodržování povinností podle tohoto zákona,“**

§ 17. Odst. (2): „Povinnost uvedená v odstavci 1 písm. e) se nevztahuje na provozovatele stacionárního zdroje umístěného v rodinném domě, v bytě nebo ve stavbě pro rodinnou rekreaci, nejde-li o prostory užívané pro podnikatelskou činnost.“ Ustanovení zákona umožňuje fyzickou kontrolu kotle a jeho provozu „úředním osobám“ pouze u podnikatelů a firem, nikoliv u nepodnikajících osob.

Kontroly nařizuje také zákon o hospodaření energií [9].

- **§ 6a, odst. (1): „U provozovatelů kotlů se jmenovitým výkonem nad 20 kW a příslušných rozvodů tepelné energie je jejich vlastník nebo společenství vlastníků jednotek povinen zajistit pravidelnou kontrolu těchto kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie, jejímž výsledkem je písemná zpráva o kontrole provozování kotlů a příslušných rozvodů energie.“**

Potom tu máme povinné kontroly dle [7], které musí absolvovat všichni provozovatelé, tedy i fyzické osoby nepodnikající.

- **§ 17, odst. (1), písm. h): „Provozovatel stacionárního zdroje je povinen provádět jednou za dva kalendářní roky prostřednictvím osoby, která byla proškolená výrobcem spalovacího stacionárního zdroje a má od něj udělené oprávnění k jeho instalaci, provozu a údržbě (dále jen „odborně způsobilá osoba“), kontrolu technického stavu a provozu spalovacího stacionárního zdroje na pevná paliva o jmenovitém tepelném příkonu od 10 do 300 kW včetně, který slouží jako zdroj tepla pro teplovodní soustavu ústředního vytápění, a předkládat na vyžádání obecnímu úřadu obce s rozšířenou působností doklad o provedení této kontroly vystavený odborně způsobilou osobou potvrzující, že stacionární zdroj je instalován, provozován a udržován v souladu s pokyny výrobce a tímto zákonem.“** Provedení první kontroly, poté, co zákon nabyl účinnosti, je podle § 38, odst. (15), požadováno nejpozději do 31. 12. 2016. Opatření je srovnatelné s povinnými technickými kontrolami u aut, které všichni berou jako samozřejmost. Špatně fungující kotel na tuhá paliva dokáže znečistit ovzduší obdobně jako špatné auto, respektive, vzhledem ke skutečné spotřebě paliva, mnohem více. Je zde dosti velká nejistota v tom, jak stanovit příkon kotle. Norma totiž neukládá uvádět na výrobním štítku kotle, ani v technické dokumentaci, jeho příkon, pouze jmenovitý výkon. Navíc neukládá ani uvedení účinnosti zdroje. Ta je deklarována pouze dosaženou třídou, ve které je zahrnut požadavek na minimální účinnost. Chybu neudělá ten, kdo příkon stanoví přepočtem z uvedeného jmenovitého výkonu a minimální účinnosti. Problémy by mohla přinést zákonem striktně definovaná povinnost, že osoba kontrolující zdroj musí být zaškolená přímo výrobcem. Dle mého názoru mohla podmínku zaškolení („autorizace“ je přece něco zásadně jiného a není dobré vytvářet podmínky k následným omylům u veřejnosti) operativně řešit prováděcí vyhláška. Snadno se může stát, že po několika letech již někteří výrobci nebudou existovat a nebudou tedy proškolovat. Pokud budou jejich kotle v provozu řadu dalších let, může nastat problém s nalezením osob, které budou mít platné servisní osvědčení od již neexistujících výrobců. Nicméně každá pravidelná kontrola a seřízení kotle, pokud proběhne, má rozhodně svůj význam a přínos. Lze doufat, že když už za kontrolu lidé budou muset platit, tak ji nechají provést důkladně.

Legislativa a kvalita paliv

- **§ 17, odst. (1), písm. c): „Provozovatel stacionárního zdroje je povinen spalovat ve stacionárním zdroji pouze paliva, která splňují požadavky na kvalitu paliv stanovené prováděcím právním předpisem a jsou určena výrobcem stacionárního zdroje nebo paliva uvedená v povolení provozu.“** V době psaní knihy ještě nebyla známá ona vyhláška, která stanovuje požadavky na kvalitu paliv. Nicméně se dá předpokládat, že bude regulovat především měrnou sirnatost u uhlí, která by u kvalitního uhlí pro domácnost neměla přesáhnout $0,65 \text{ g} \cdot \text{MJ}^{-1}$.
- **§ 17, odst. (5): „Ve spalovacím stacionárním zdroji o jmenovitém tepelném příkonu 300 kW a nižším je zakázáno spalovat hnědé uhlí energetické, lignit, uhelné kaly a proplástky.“** Při běžném prostudování této pasáže zákona mi bylo zřejmé, že záměrem legislativců je zakázat nekvalitní paliva především s velkým obsahem prachu. Obecné dělení uhlí na tříděné a energetické, tj. dělení podle minimální zrnitosti (viz kapitola o palivech), je pouze zaběhnutá obchodní praxe, ale legislativně není pojem energetické uhlí nijak zakotven a ani v zákoně není nijak upřesněn. V zákoně se hovoří pouze o hnědém energetickém uhlí a nezmiňuje se černé energetické uhlí. V budoucnu by tak mohly nastat velké problémy například s dovozem polského uhlí a polských kotlů. V příhraničí se již nyní zajíždí, více či méně legálně, nakupovat do Polska černé tříděné uhlí o zrnitosti od 5 mm a na našem trhu se objevují polské automatické kotle, které mají jako garanční palivo uváděno dokonce i černouhelný prach. Zákon hovoří o povinnosti provozovatele spalovat pouze ta paliva, která jsou určena výrobcem kotle. V případě mnoha polských kotlů tak umožňuje spalovat černé uhlí, které by jako energetické mělo být pro malé zdroje zakázáno podobně jako je tomu u hnědého uhlí.

Vliv nové legislativy na technologie spalování

Od roku 2014 bude možné si koupit pouze nový kotel emisně zařazený minimálně do třídy 3 a od roku 2018 již pouze kotel třídy 4. Stávající kotle třídy 1 a 2 budou moci být provozovány do konce roku 2021 a od roku 2022 již pouze

kotle třídy 3 a vyšší. To jsou obecné informace, ale co to znamená z pohledu konstrukce kotlů?

Trída 1

Typickými představiteli kotlů třídy 1 jsou litinové prohořivací kotle, ve kterých palivo hoří ve vysoké vrstvě většinou na vodou chlazených rostech. Kotle třídy 2 reprezentují ocelové odhořivací kotle. Palivo v nich odhořívá v definované vrstvě na šikmých rostech. U obou typů je množství přiváděného spalovacího vzduchu dáno především velikostí komínového tahu, který bývá v různých kotelnách a za různých podmínek značně odlišný. Kvalita spalování je do značné míry ovlivnitelná zásahy obsluhy i technickým stavem kotle a funkcí spojení kotel – komín. Kotle třídy 3 jsou kvalitní odhořivací kotle a především kotle s řízeným přísunem spalovacího vzduchu a více či méně řízeným vyhoříváním vrstvy paliva na modifikovaných rostech, čímž se výrazně eliminuje vliv obsluhy na kvalitu spalovacího procesu. S rezervou podmínky třídy 3 splňují moderní zplyňovací kotle na kusové dřevo a automatické kotle, které mají navíc řízení i přívod paliva. U kotlů tříd 4 a 5 se předpokládá ještě dokonalejší konstrukce spalovací komory s větším podílem žáruvzdorné vyzdívky a další vyšší „automatizace a kontroly“ spalovacího procesu. Nicméně zde budou kladeny vyšší požadavky i na kvalitu paliva i technickou úroveň celé kotelny, pro kterou by akumulární provoz již měl být zásadní. Poněkud výmluvnější je pohled na tabulku, ve které jsou limitní hodnoty emisí CO, prachu a účinnosti, kterých jednotlivé technologie mohou dosáhnout v běžném provozu při spalování nejrozšířenějších paliv.

	hnědé uhlí	dřevní pelety	nedřevní pelety	kusové dřevo
	emise CO [mg/m3] při referenčních 10% O ₂			
<i>automatický</i>	200 - 1000	100 - 600	300 - 4000	-
<i>zplyňovací</i>	200 - 7000	-	-	200 - 6000
<i>odhořivací</i>	5000 - 15000	-	-	4000 - 15000
<i>prohořivací</i>	20000 - 30000	-	-	5000 - 25000
	emise TZL [mg/m3] při referenčních 10% O ₂			
<i>automatický</i>	10 - 80	10 - 100	30 - 150	-
<i>zplyňovací</i>	30 - 150	-	-	20 - 150
<i>odhořivací</i>	50 - 200	-	-	50 - 250
<i>prohořivací</i>	200 - 300	-	-	50 - 350
	účinnost [%]			
<i>automatický</i>	75 - 85	80 - 90	75 - 85	-
<i>zplyňovací</i>	70 - 80	-	-	75 - 85
<i>odhořivací</i>	60 - 75	-	-	60 - 75
<i>prohořivací</i>	40 - 60	-	-	55 - 65

Jedná se o hodnoty průměrné, protože hodně záleží na konkrétní konstrukci a provozování zdroje. Nicméně tabulka s dostatečnou přesností definuje možnosti uvedených technologií. Je z ní patrné, že téměř jistě nové legislativní podmínky přináší pozvolný konec klasických litinových prohořivacích kotlů bez ventilátorů. Díky prohořívání celé vrstvy paliva v nich dochází ke spontánnímu a těžko kontrolovatelnému uvolňování prchavé hořlaviny, proto lze emisních limitů úrovně třídy 3 dosáhnout pouze při spalování koksu, což je pro malé zdroje palivo neúměrně drahé. I když se v nich dá spalovat cokoliv, v případě kontroly musí provozovatel doložit, že spaluje palivo deklarované výrobcem, v tomto případě koks. Od 1. ledna 2014 budou tyto kotle pro klasický prohořivací provoz prakticky neprodejné a po roce 2022 nebudou moci být provozovány vůbec. Protože jsou v současnosti využívány hlavně pro spalování kusového dřeva, měly by být nahrazeny především zplyňovacími kotli, ovšem ty vyžadují pro svůj provoz dřevo podstatně vyšší kvality (a proto i ceny), především pak co se týče vlhkosti.

Třída 2

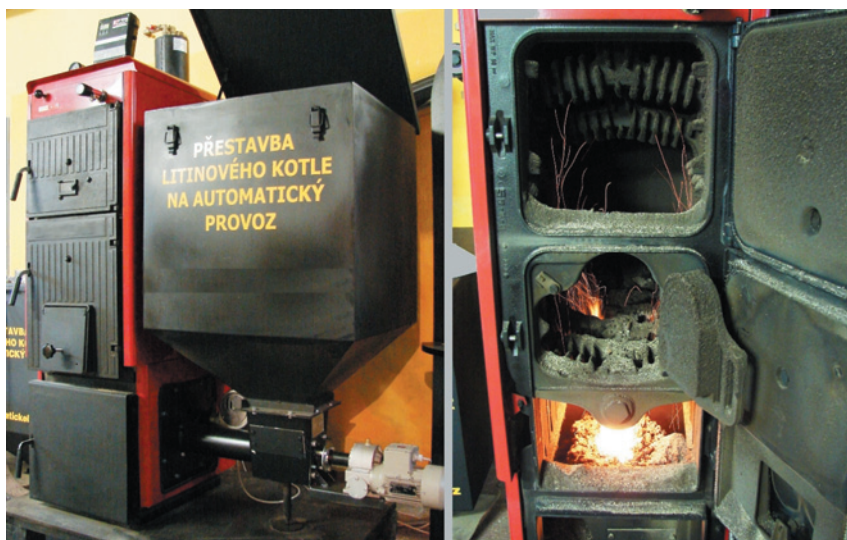
Poněkud jiná situace je u stávajících kotlů třídy 2, tedy převážně u ocelových odhořivacích kotlů. Vzhledem k tomu, že nemají řízený přísun spalovacího vzduchu elektronickou regulací s ventilátorem, je úroveň spalování v nich jen mírně vyšší, než je tomu u kotlů prohořivacích. Je to dáno tím, že palivo odhořívá z násypky přeci jen kontrolovaněji a při dobře založené základní vrstvě paliva prchavá hořlavina vždy prochází zónou vysokých teplot a dokonaleji dohořívá. Proto také tyto kotle doposud dosahovaly pouze hodnot třídy 2. Nicméně drobnou úpravou spalovací komory (přidáním vyzdívky) je lze upravit tak, aby při certifikaci ve zkušebně dosahovaly hodnot vyhovujících třídě 3. V běžném provozu se této třídě přiblíží opravdu jen při akumulacním provozu a správně nadimenzovaném komínu. Znamená to, že většina takto modifikovaných modelů původně třídy 2 bude moci být prodávána do roku 2018. Lze těžko předpokládat, že většina stávajících konstrukcí odhořivacích kotlů další úpravou dosáhne úrovně třídy 4. Takže minimálně dalších 15 až 20 let (do ukončení jejich životnosti) budou moci být tyto kotle provozovány. Vzhledem k tomu, že jejich pořizovací cena je řádově poloviční ve srovnání s kotli zplyňovacími a třetinová oproti kotlům automatickým, dá se předpokládat, že prodej těchto kotlů po zákazu prodeje kotlů tříd 1 a 2 ještě poroste. Do budoucna je tak zajištěn odbyt hnědého tříděného uhlí kvality kostka (pokud nebudou nastaveny přísné limity na měrnou sirnatost) a v menší míře kusového dřeva.

Po roce 2018 budou prodejné pouze kotle s řízeným způsobem spalování. Bude to znamenat pozvolné zvyšování technické úrovně domovních kotlen, ale také pozvolné změny požadavků na kvalitu paliva. Jak jsem již uvedl, zplyňovací kotle vyžadují suché dřevo a většina výrobců v nich nedoporučuje spalovat ani dřevo tvrdé (produkuje agresivnější kondenzát). Automatické kotle vyžadují palivo nižší zrnitosti, tedy tříděné uhlí kvality ořech 2 a pelety, v menší míře štěpku. Pokud hovořím o peletách, mám na mysli především pelety dřevní. Specifické vlastnosti rostlinných pelet u většiny z nich neumožňují dosáhnout i v moderních kotlích takové hodnoty spalovacího procesu, aby bylo dosaženo parametrů třídy 4. Ovšem do roku 2018 je ještě poměrně daleko, takže by se technické řešení i pro rostlinné nedřevní pelety mohlo najít.

Přestavby kotlů

V poslední době se dosti rozšířila úprava prohořivacích litinových kotlů zabudováním hořáku pro spalování uhlí a pelet, což umožní přebudovat kotel s ručním neřízeným spalováním na relativně moderní řízené spalování se samočinnou dodávkou paliva. Není to řešení ideální, protože takováto úprava bude vždy provizoriem, které se technickou úrovní nevyrovná kotlům, jejichž kotlové těleso je přímo konstruováno pro konkrétní typ hořáku. Pokud je instalován speciální peletový hořák přes příkládací dvířka, vytvoří se z násypné šachty dostatečně velká spalovací komora. V případě, že se sníží jmenovitý výkon řádově o 30 % a použije čistá dřevní peleta, lze získat zdroj tepla vysoké užitné hodnoty minimálně třídy 3. Větší hořáky na uhlí lze instalovat pouze pod kotel, takže plamen prochází vodou chlazeným pevným roštem kotlového tělesa. V kotli je minimum místa pro žáruvzdornou vyzdívkou, avšak hnědé uhlí potřebuje nad hořákem poměrně velký dohořivací prostor s žáruvzdornou vyzdívkou, aby mohlo dojít ke kvalitnímu vyhoření dlouhého plamene, který z hořáku při spalování vychází. To litinové kotlové těleso původně konstruované pro jiný typ spalování neumožňuje, a pokud plamen „narazí“ na studené, vodou chlazené litinové stěny, dochází ke zvýšené ztrátě plynným nedopalem, ale především nevyhořelý uhlík se ve zvýšené míře vysráží ve formě sazí. Nicméně tato úprava výrazně zvýší užitnou hodnotu původního zdroje a u většiny úprav by zdroj také emisně měl vyhovět třídě 3. Ale jak tuto úpravu technicky provést, aby odpovídala novému zákonu?

Pokud se jedná o zcela nový kompletní výrobek (kotlové těleso – hořák), musí být výrobcem certifikován jako každý jiný kotel. Pokud si zákazník nechá „přestavět“ dříve zakoupený kotel, nejedná se již o koupi nového zdroje, ale o úpravu zdroje stávajícího. Dle § 17 odst. g) zákona [7] zdroje na pevná paliva o příkonu od 10 do 300 kW lze od 1. 1. 2022 provozovat pouze tehdy, splňují-li minimální emisní požadavky třídy 3. Do této doby lze zdroj provozovat bez problémů, pokud se tak činí v souladu s pokyny dodavatele „přestavby“ a podle § 17 odst. c), jsou spalována paliva povolená zákonem a určená výrobcem zdroje. Nicméně hořák je z pohledu zákona [8] tzv. strojním zařízením a jeho výrobce musí předložit ES prohlášení o shodě platné pro tento druh zařízení. Musí být také opatřen výrobním štítkem s označením CE a v průvodní technické dokumentaci musí být uvedeno, pro jaký druh paliva je hořák určen. Nesmí chybět návod k použití.



Přestavbu by samozřejmě měla realizovat pouze firma s platným živnostenským oprávněním provádět instalaci a údržbu tepelných spotřebičů. Od roku 2022 bude muset navíc provozovatel prokázat, že zdroj provozuje v souladu s minimálními emisními požadavky odpovídajícími třídě 3. V tomto případě by měl u prodejce přestavbových sad požadovat potvrzení, že pro konkrétní kombinaci hořák – kotel o definovaném jmenovitém výkonu byly ověřeny autorizovanou osobou emise podle zákona. Teoreticky by emise mohly být ově-

řeny přímo na konkrétním zdroji u zákazníka, ovšem to nelze provést za pár set korun přenosným analyzátořem spalín, který běžně používají topenářské firmy. Tyto analyzátory totiž nejsou schopny ověřit emise TOC (celkový organický uhlík) a TZL (tuhé zbytky), což zákon požaduje. Přesnou analýzu provádějí autorizované osoby pomocí speciálních měřících vozů a to za desetitisíce korun.

Dopad na životní prostředí

Změna technologií spalování by se samozřejmě měla projevit ve zlepšení kvality ovzduší. Kotle vyšších tříd patří mezi tzv. bezdýmé technologie, což znamená, že při jejich provozu by se měl nad komínem „tetelit“ pouze teplý vzduch a v zimě stoupat pára. Tmavý dým znamená nedokonalé spalování a velké množství uhlíku vysráženého ve formě sazí, u vlhkého paliva také „nasáklých“ kondenzátem. Srovnání technologií spalování prostřednictvím emisí vyjádřených v miligramech škodliviny na metr kubický spalín, nemusí mít až tak velkou vypovídací hodnotu. Pro většinu provozovatelů je daleko srozumitelnější srovnání tzv. emisních faktorů, tedy kolik škodliviny v kilogramech zdroj vyprodukuje spálením tuny paliva. Přepočítal jsem proto hodnoty emisních limitů pro jednotlivé třídy dle [7] a zapsal do tabulky. Reálné množství je samozřejmě opět závislé na kvalitě spalování, paliva, obsluhy,... Navíc je závislé na účinnosti zdroje, takže kvalitnější zdroj spálí méně paliva než zdroj starší. Uvedené limity jsou orientační pro srovnání technologií.

Dodávka paliva		Palivo		Emisní faktory pro kotle do jmenovitého výkonu 50 kW (přepočteno z emisních limitů dle EN 303-5:2012)																	
				emisní faktor [kg/t] = emisní limit [mg/m ³] x objem suchých spalín [m ³ /kg] x 10 ⁻³																	
				CO					OGC					Prach							
				[kg/t] při 10 % O ₂ (vztahuje se k suchým spalínám, 0 °C, 1013 mbar)																	
ruční	biologické	třída 1	třída 2	třída 3	třída 4	třída 5	třída 1	třída 2	třída 3	třída 4	třída 5	třída 1	třída 2	třída 3	třída 4	třída 5					
		212,5	68	42	10	5,9	17	2,5	1,3	0,42	0,25	1,70	1,53	1,27	0,64	0,51					
		237,5	76	47,5	11,4	6,6	19	2,8	1,4	0,47	0,28	1,71	1,42	1,19	0,71	0,57					
samo- činná	biologické	142,5	47,5	28,5	9,5		4,7	16,6	1,9	0,9	0,28		0,19	1,9	1,71	1,42	0,57	0,38			
	fosilní	142,5	47,5	28,5	9,5		4,7	16,6	1,9	0,9	0,28		0,19	1,71	1,42	1,19					

Přepočet přebytku vzduchu pro referenčních O₂=10 % dle EN 303-5: $n = 1,9$ ($n = 21 / (21 - O_2)$)

Stanovení stechiometrického objemu spalovacího vzduchu: $V_{vmin} = 0,242 \cdot Q + 0,5$ [m³/kg]

Stanovení stechiometrického objemu spalín: $V_{smin} = 0,227 \cdot Q + 1,375$ [m³/kg]

Stanovení skutečného objemu suchých spalín pro $n = 1,9$: $V_s = 0,445 \cdot Q + 1,825$ [m³/kg] ($V_s = V_{smin} + (n - 1) \cdot V_{vmin}$ [m³/kg])

pro referenční výhřevnosti: hnědé uhlí, dřevní pelety $Q = 17,2$ MJ/kg $V_s = 9,5$ m³/kg (použito pro samočinnou dodávku paliva)

dřevo $Q = 15$ MJ/kg $V_s = 8,5$ m³/kg (použito pro ruční dodávka/biologické palivo)

JAK VYBÍRAT NOVÝ KOTEL

Při výběru nového kotle na pevná paliva je nutné vzít v potaz několik důležitých faktorů. Především je nutné si uvědomit, že vybíráme zdroj tepla na minimálně 10 až 15 let. Dříve kotle „vydržely“ i více než 20 let. Čím modernější technologie, tím rychleji „morálně“ stárne (za deset let budou účinnější a modernější zdroje) a ovšem má také spoustu složitějších dílů, které se opotřebovávají, takže po 15 letech bude pravděpodobně nejvyšší čas kotel vyměnit. Ovšem během té doby budeme potřebovat servis od zaškoleného odborníka (minimálně na zákonem stanovené kontroly), pravděpodobně budeme muset nakupovat náhradní díly, ale také po roce 2022 bude nutné prokazovat, že kotel splňuje emisní limity třídy 3.

Před nákupem

Předtím, než se rozhodneme pro konkrétní kotel, je nutné si ujasnit, **jaký komfort vytápění si představuji, jaké mám k tomu finanční prostředky, co mi dovolí vytápěný objekt a jaké palivo mám k dispozici.** Kusové dřevo či uhlí lze skladovat i venku pod plachtou, pelety a brikety již v suchém přístřešku a pro štěpku potřebujeme sklad velkých rozměrů a manipulační techniku. Automatický kotel je třikrát dražší než obyčejný, ale ročně může ušetřit více než 20 % paliva. Pokud mi to dovolí prostor, stojí za to uvažovat o kombinaci kotle na pevná paliva s jiným doplňkovým zdrojem tepla, především se solárními panely. V tom případě zvolit akumulární provoz. Otázek je spousta a odpovědi závisí na mnoha konkrétních faktorech, které by měl u konkrétního objektu vždy zhodnotit odborník. V první řadě by měla „proběhnout“ alešpoň **základní projektová příprava.**

Volba konkrétního kotle

Při výběru zvláště dražšího kotle se rozhodně vyplatí požádat o pomoc odborníka. Již z průvodní dokumentace ke kotli lze totiž vyčíst řadu důležitých informací o jeho kvalitě, ovšem laikovi tyto informace moc nenapoví.

- **Maximální pracovní přetlak.** Údaj, který napovídá o kvalitě kotlového tělesa. I z provozních důvodů by pro většinu otopných soustav měl být vyšší jak 1,5 bar (kvůli expanzi, dimenzování pojišťovacího ventilu,...).
- **Průměr odtahu spalin a teplota spalin při jmenovitém výkonu.** Údaje důležité pro správné nadimenzování komína. Někdy je vysoké účinnosti kotle dosaženo za extrémně nízké teploty spalin při jmenovitém výkonu. Malý průměr odtahu spalin může způsobovat velký odpor (u kotlů nad 20 kW bývá průměr běžně 145 mm a více). Konkrétní údaje by měl při revizi komína před instalací kotle vždy posoudit kominík. Nedoporučuje se vybrat si kotel s větším průměrem odtahu do komína než je průměr komína.
- **Minimální výkon.** Pokud je u automatického kotle uveden minimální výkon 50 % výkonu jmenovitého, je jasné že neprošel řádnou certifikací, protože tyto kotle musejí bezpodmínečně splnit požadavek 30 % jmenovitého výkonu a výrobce musí ve všech materiálech uvádět přesné a nezkrácené informace.
- **Údaje o garančním palivu.** U obchodníků se bohužel často setkáváme s praxí, že uvádějí obecné informace o palivu do kotle (pelety, uhlí). V technické dokumentaci by měl být uveden údaj o konkrétních vlastnostech paliva. Zvláště při reklamách výkonu či závažných poruch je nejčastějším argumentem pro jejich zamítnutí použití nevhodného paliva.
- **Doba hoření při jmenovitém výkonu – objem násypky.** Důležitý údaj pro obslužnost kotle. Vyšší hodnoty znamenají prodloužení intervalu pro přikládání, a tím vyšší komfort obsluhy. Zejména u násypek větších objemů je nutné věnovat zvýšenou pozornost kvalitě paliva, aby v násypce nevázlo.
- **Elektrický příkon kotle** je důležitý pro dimenzování elektrické přípojky, eventuálně volbu jističe. Je důležité zjistit celkový elektrický příkon všech pomocných zařízení, umístěných na kotli, a tyto údaje mají být obsaženy v technické dokumentaci kotle.
- **Výrobní štítek a návod k instalaci a provozu.** Údaje na něm musí být především v češtině a měly by být kompletní. Zejména na štítku **musí být uvedena třída kotle pro každý druh garančního paliva.** Vedle označení

CE by mělo být také číslo autorizované osoby (zkušebny), která provedla certifikaci. Také **návody musí být v češtině. Je nutné si uvědomit, že výrobní štítek a návody budou sloužit k identifikaci kotle při povinné kontrole!** Pokud uživatel postupuje přesně podle návodu k obsluze, má jistotu právní ochrany proti výrobci při případných poruchách atp., ale i z pohledu eventuálního nedodržení vlastností kotle při jeho kontrole.

- **Provozní náklady, ceny náhradních dílů.** Provozní náklady nelze stanovit pouze z nákladů na nákup paliva (objektivní zhodnocení by vydalo na samostatnou knížku). Čím složitější je kotel, tím kvalitněji (zpravidla) spáluje a má vyšší provozní účinnost. Na druhou stranu je podstatně vyšší jeho pořizovací cena a dají se předpokládat vyšší náklady na častější servis a nákup náhradních dílů. Se vzrůstající cenou elektrické energie jsou stále více důležité také náklady na pomocné energie.
- **Volba prodejce.** Na závěr asi to nejdůležitější. Nejjistější je kupovat kotel u obchodníka, který si zakládá na budování dlouhodobě dobré pověsti a spolehlivosti. Pro tyto lidi, firmy, je typický vstřícný přístup k zákazníkovi, který nezačíná a nekončí jen prodejem, ale začíná odborným poradenstvím, prezentací snadno ověřitelných referencí u zákazníků atp. a pokračuje i v případě řešení provozních problémů a servisu. Výhodný je přímý kontakt obchodníka na výrobce (autorizovaný prodejce), který zkracuje lhůty pro získání informací, dodání výrobku. Nákup u takového prodejce může být o něco dražší než nákup přes internet. Zvýšená jistota a garance u kotle, který je předmětem dlouhodobého využívání, se vyplácí a počáteční vícenáklady se rozhodně v budoucnu vrátí.

To je jen výčet těch nejdůležitějších věcí, které je nutné si prověřit před volbou kotle. Důležitý je také **rozumný nadhled při výběru**. Je dobré zvážit poměr mezi užitnou hodnotou kotle a jeho pořizovací a provozních nákladů. Někdy nepatrně menší účinnost, vlivem mírně vyšší teploty spalin, může znamenat podstatně vyšší spolehlivost provozu při citelně nižší pořizovací ceně. Čím více „přídavných“ zařízení kotel má, tím více příležitostí pro vznik problémů. Proto je kotel nutné zhodnotit komplexně a zcela jistě i v souvislosti s palivovým hospodářstvím. Jestli skutečně veškerý „nadstandard“ opravdu podstatně zvyšuje komfort obsluhy a účinnost kotle. Jestli k servisu stačí běžně zaškolený technik, nebo je nutný příjezd specialisty vyškoleného v cizině. Maximální komfort u kotlů na pevná paliva, blíží se komfortu vytápění

plynem, elektřinou, souvisí s potřebou nejrůznějších mechanických zařízení. Při jejich eventuální poruše, například i jen vlivem méně kvalitního paliva je nutné počítat s určitou dobou, kterou bude nutné překonat záložním zdrojem. V takovém případě je výhodné mít uzavřenou smlouvu se servisní firmou, která obratem zajistí náhradní zdroj tepla a poruchu odstraní v garantované době. Moderní informační technologie napojené na řídicí systém kotle umožňují nejen jednoduché nahlášení poruchy formou SMS zprávy na mobilní telefon v okamžiku jejího vzniku, ale i sofistikované řízení na dálku. V tomto ohledu odpovídajícím způsobem vybavené kotle na pevná paliva nijak nezaostávají za jinými zdroji tepla. Pokud mám peníze, vyšší komfort je možný i tam, kde „lišky dávají dobrou noc“.

Rozumný nadhled se vyplatí vždy. Kotel na pevná paliva není pouze „pojídač“ rodinných financí, ale zdroj domácí pohody. Proto je třeba mít na paměti všechny uvedené souvislosti.

LITERATURA

- [1] ČSN 07 0240 Teplovodní a nízkotlaké parní kotle – Základní ustanovení, FÚNM, Praha, 2003.
- [2] ČSN EN 303-5:2000 Kotle pro ústřední vytápění – Část 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční nebo samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 300 kW – Terminologie, požadavky, zkoušení a značení, ČNI, Praha, 2000.
- [3] ČSN EN 303-5:2012 Kotle pro ústřední vytápění – Část 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční nebo samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 300 kW – Terminologie, požadavky, zkoušení a značení, ČNI, Praha, 2012.
- [4] Cihelka J.: Vytápění I, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1972.
- [5] Lyčka Z.: Dřevní peleta – peleta mýtů zbavená, LING Vydavatelství, Krnov, 2011.
- [6] Lyčka Z.: Dřevní peleta II – spalování v malých zdrojích, LING Vydavatelství, Krnov, 2011.
- [7] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.
- [8] Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých dalších zákonů v aktuálním znění.
- [9] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.

Příloha č. 1 Prodej teplovodních kotlů na pevná paliva

Autor přílohy: Ing. Aleš Bufka

Základní statistiku prodeje teplovodních kotlů o výkonu do 50 kW zpracovává Asociace podniků topenářské techniky (APTT). Tato data, která specifikují prodeje tuzemských výrobců, jsou pro novější období doplňována a doplňována MPO především o dovozová zařízení na biomasu. Přesto je třeba počítat, že v kategoriích „ocelové, litinové a automatické na pevná paliva“ je další nezjištěné (značné) množství přímo dovozeno především z Polska a Slovenska.

Ze statistik vyplývá, že dodávka kotlů na dřevoplyn na tuzemský trh stabilně rostla až do roku 2008, kdy dosáhla svého maxima na úrovni 7813 kusů. Poté následoval pokles, který byl pravděpodobně vyvážen rostoucím zájmem o peletové kotle. Po propadu na 4365 kusů v roce 2009 následovalo mírné oživení na 4500 kotlů a opětovný pokles na 3898 kusů, prodaných v roce 2011, nepochybně vyvolaný ukončením podpory z programu Zelená úsporám. Oproti tomu prodeje peletových automatických kotlů rostly až na maximum v roce 2010. V tomto roce se také maximálně projevil dovoz těchto kotlů, oproti 3514 kusům vykázaným APTT činí celková odhadovaná hodnota prodeje (včetně dovozu) 4814 kusů. I v tomto segmentu výrobků je však znát propad v roce 2011, celková odhadovaná dodávka pro tento rok činí 2383 kusů (z toho je však značná část stále z dovozu). Také celkové prodeje tuzemských ocelových a litinových kotlů na tuhá paliva v roce 2011 poklesly na 26 416 kusů oproti roku 2010, kdy se jich prodalo 30 517. Zde je však třeba počítat, že do těchto čísel nejsou započítány dovozy, stejně jako v případě automatických kotlů na tuhá paliva (uhlí), kde vykázané prodeje činí pouze 1667 kusů.

Teplovodní kotle na tuhá paliva v domácnostech a jejich rozdělení

Zjistit přesně, jaká je současná struktura sektoru vytápění domácností, je prakticky nemožné. Zvláště při vytápění tuhými palivy se uplatňuje používání více zdrojů tepla – uhlí společně s dřevem a s občasným využíváním plynu, krbová teplovodní kamna jako doplněk k hlavnímu vytápění plynem atp. Ovšem s dostatečnou přesností se k relevantním údajům můžeme dopracovat na základě kombinace dostupných statistických zdrojů dat.

Základním a vlastně jediným dostatečně podrobným šetřením bylo ENERGO 2004, kterým byla zjišťována spotřeba domácností v roce 2003. Výběrovým šetřením bylo zjištěno cca 620 tisíc teplovodních kotlů na tuhá paliva (k roku 2003). Jejich stáří bylo rozděleno takto: 75 % kotlů (470 tisíc) bylo ve stáří do 15 let (rok výroby po 1988); 20 % kotlů (120 tisíc) bylo ve stáří 15–25 let (rok výroby 1987–1979); 5 % kotlů (30 tisíc) bylo ve stáří nad 25 let (nejstarší z konce 60. let). Počty teplovodních krbových kamen a krbů zjišťovány nebyly. Tyto zjištěné hodnoty byly následně porovnávány s výše uvedenými daty o prodeji teplovodních kotlů. Výsledkem je hrubý odhad současného počtu teplovodních kotlů, kamen a krbů v domácnostech a jejich pravděpodobná struktura. V domácnostech je v současné době instalováno 680 tisíc teplovodních zařízení, z toho je 300 tisíc ocelových a 225 tisíc litinových kotlů s ručním příkládáním. Přes 20 tisíc je kotlů automatických a 75 tisíc kotlů speciálních na spalování dřeva (ponejvíce dřevoplynových). Teplovodních krbů a kamen je v provozu zhruba 60 tisíc.

Je vhodné porovnat tento údaj s dalším zdrojem dat, a to s výsledky Sčítání lidí, domů a bytů v letech 2001 a 2011. Tato sčítání byla zaměřena výhradně na „převažující zdroj vytápění“, bez možnosti přímého vyčlenění teplovodního vytápění. Současně jsou výsledná data deformována tím, co respondent považuje za „převažující“ vytápění. Nelze opominout ani důležitý předpoklad, že řada domácností topících převážně uhlím, mohla ve sčítání uvést „pro jistotu“ ekologičtější druh vytápění, jako je zemní plyn, který ovšem používají pouze jako doplňující palivo. Data SLDB nám tedy poskytují pouze orientační hodnoty. I tak jsou výsledky zajímavé.

V roce 2001 uvedlo 742 tisíc domácností jako převažující palivo uhlí nebo dřevo (z toho 575 tisíc uhlí a 167 tisíc dřeva). O deset let později, při sčítání v roce 2011, uvedlo tuhá paliva jako převažující zdroj vytápění pouze 640 tisíc domácností. Bohužel, tato publikovaná hodnota byla pouze předběžná. Do celkového součtu nebylo dosud započteno 175 tisíc domácností, které uvedly, oproti metodice vyplnění dotazníku, paliv více. Je zřejmé, že se těchto 175 tisíc domácností ve většině rozhodovalo mezi uhlím a dřevem, nebo tuhými palivy a zemním plynem či elektřinou. A je také zřejmé, že nejméně dvě třetiny z nich mají tuhá paliva jako hlavní zdroj vytápění. Po započtení této korekce vyplývá, že v roce 2011, mělo jako převažující palivo uhlí 400 tisíc domácností a dřevo 350 tisíc domácností. Celkem se jedná o 750 tisíc domácností. Tato hodnota vcelku odpovídá výše uvedeným hodnotám počtu teplovodních kotlů, kamen a krbů, rozdíl je nepochybně možno připsat teplovzdušným systémům využívajícím palivové dřevo či lokálními topidly. Značná část domácností (převažující) bude topit uhlím a dřevem současně.

Za posledních 10 let se tedy celkový počet domácností vytápějících své příbytky pevnými palivy příliš nezměnil, mění se však struktura, uhlí je relativně rychle nahrazováno dřevem. Oproti tomu se znatelně pomaleji mění struktura teplovodních kotlů ve prospěch modernějších zařízení.

Tab. 1 Prodej kotlů na tuhá paliva do 50 kW

	Ocelové na tuhá paliva	Litínové na tuhá paliva	Automatické na pevná paliva	Speciální na dřevo	Automatické na biomasu	Celkem tuhá paliva
1996	21 356	7 119	100	3 000	0	31 575
1997	16 082	7 499	200	3 000	0	26 781
1998	16 096	6 969	400	3 000	0	26 465
1999	20 553	4 927	500	3 336	0	29 316
2000	22 500	7 955	500	4 888	0	35 843
2001	23 350	7 015	600	3 400	0	34 365
2002	18 054	6 602	600	3 948	100	29 304
2003	22 130	18 426	850	4 803	100	46 309
2004	18 457	17 484	875	3 920	300	41 036
2005	17 872	17 096	875	5 263	484	41 590
2006	21 415	21 109	900	6 557	672	50 653
2007	14 776	16 432	1 298	7 525	830	40 861
2008	14 848	17 122	1 532	7 813	1 153	42 468
2009	15 911	16 437	1 239	4 365	2 831	40 782
2010	16 063	14 454	1 014	4 501	4 814	41 159
2011	14 542	11 874	1 667	3 898	2 383	34 364

Příloha č. 2 Přehled a prodej tuhých paliv využívaných v ČR

Autor přílohy: Ing. Aleš Bufka

Nejdůležitějším spotřebitelem tříděných druhů uhlí a klasického palivového dřeva jsou malé zdroje v domácnostech. Je odhadováno, že v domácnostech je dnes umístěno 90 % všech malých kotlů a kamen na tuhá paliva. Palivové dřevo bylo až do druhé poloviny 19. století hlavním palivem používaným k otopu a přípravě teplé vody v domácnostech a menších živnostenských, zemědělských a jiných provozovnách. Postupně však bylo nahrazováno uhlím, až po druhé světové válce spotřeba uhlí zcela převýšila spotřebu dřeva. Spotřeba tříděného uhlí v domácnostech činila v roce 1990, dnes už neuvěřitelných, více jak 8,3 milionu tun. Z této úrovně klesla na současných 1,5 milionu tun v roce 2011. Naopak nový zájem o biomasu, především o palivové dříví, byl nastartován v druhé polovině 90. let 20. století z důvodu zvyšující se ceny ostatních energií a paliv. Spotřeba palivového dřeva a nověji i briket a pelet z biomasy postupně roste a z části tak nahrazuje spotřebu uhlí v domácnostech.

Návrh Státní energetické koncepce (SEK) i Národního akčního plánu pro OZE (NAP OZE) počítá s dalším postupným nahrazování spotřeby uhlí v domácnostech palivovým dřevem, briketami a peletami z biomasy. Tento trend by měl později pokračovat masivnějším nahrazováním palivového dřeva za dřevní pelety. Přesto je v návrhu SEK do budoucna počítáno i s minimálním využíváním tříděného uhlí a briket v domácnostech, a to ve výši cca 400 tisíc tun.

Na trhu je v současné době nabízeno velké množství tuhých paliv, uhlí i biomasy, od tuzemských producentů i z dovozu. Nabídka je mnohdy nepřehledná, nejsou jasně deklarovány parametry kvality a složení.

Hnědé uhlí tříděné

Tříděné hnědé uhlí je vedle palivového dřeva v současné době hlavním tuhým palivem využívaným v domácnostech. K dispozici je především tříděné uhlí od tuzemských producentů, roste ale i spotřeba uhlí polského.

Produkce tuzemského hnědého tříděného uhlí se dlouhodobě pohybuje mezi 2,5 a 3 miliony tun (v roce 2011 to bylo 2,8 milionů tun). Značná část tohoto uhlí směřuje do zahraničí (250–500 tisíc tun), současně roste jeho spotřeba ve velkých teplárenských zdrojích (z 500 tisíc tun v roce 2009 na 740 tisíc tun v roce 2011). Spotřeba hnědého uhlí v domácnostech za posledních 20 let prudce klesala. Z více jak 6 milionů tun, spotřebovaných v roce 1991 klesla spotřeba prudce na 2 miliony tun před deseti lety a poté postupně, již pomaleji, na dnešních 1200 tisíc tun v roce 2011.

V současné době je na trhu nabízen sortiment z produkce Severočeských dolů jako uhlí bílinské (podle názvu lomu) nebo ledvické (podle názvu úpravny). Jedná se o sortimenty kostka, ořech 1 a 2 o průměrné výhřevnosti $17,6 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$. Z produkce Litvínovské uhelné je nabízeno (mostecké; komořanské) uhlí – kostka ($19,9 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$), ořech 1 ($20,0 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$) a ořech 2 ($19,8 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$). Průmyslová produkce tříděného uhlí Sokolovské uhelné byla ukončena na jaře roku 2009. Přesto se sokolovské tříděné uhlí výjimečně objevuje v nabídkách uhelných skladů, jde ale pravděpodobně o vytříděné palivo z uhlí průmyslového. Ukončení produkce

hnědého tříděného uhlí ve společnosti Litvínovská uhelná je plánováno na rok 2013, Severočeské doly jej však budou nabízet dále v dlouhodobém horizontu.

Z Polska je dováženo hnědé uhlí především z lokality Bogatynia (lom Turów) u českých hranic nedaleko Liberce. Je však možné, že je dováženo i hnědé uhlí z jiných polských revírů. Udávaná výhřevnost polského tříděného uhlí (ořech 2 a kusy) z dolu Turów se pohybuje v rozmezí 11,8–14,84 GJ·t⁻¹ (většinou mezi 12 a 13 GJ·t⁻¹). V Polsku je toto tříděné uhlí deklarováno i s výhřevností nižší (okolo 10–11 GJ·t⁻¹).

Mimo uvedené sortimenty se také nabízejí tzv. kotlové směsi, tedy směs různých zrnitostí a druhů hnědého uhlí, a to i v kombinaci s uhlím černým.

Průměrná cena hnědého tříděného uhlí se již několik let pohybuje mírně nad 3000 Kč·t⁻¹ (průměr za všechny sortimenty) a jen mírně meziročně roste. Rozdílná je samozřejmě cena jednotlivých sortimentů, ořech 1 dosahuje v průměru 90 % ceny kostky a ořech 2 je v průměru o 20 % levnější než kostka (podle ceníku Severočeských dolů). Výrazné jsou cenové rozdíly regionální i rozdíly v ceně při možnosti nákupu v letní slevě. Finální ceny se tak pohybují od necelých 2 tisíc Kč·t⁻¹ polského ořechu až po více jak 3 500 Kč·t⁻¹ tuzemské kostky.

Brikety hnědouhelné

Hnědouhelné brikety jsou lisovány z hnědouhelného prachu. Do briket se nepřidávají žádná pojiva. Lze je běžně koupit v uhelných skladech jako volně ložené, balené i na paletách. V hypermarketech jsou nabízeny dražší balené 7" hranoly pro občasné užití.

Hnědouhelné brikety z části nahrazují tradiční používání hnědouhelné kostky. Lze je s úspěchem i dostatečným komfortem využít pro udržení stálého tepla přes noc a to jak v kotlích, tak v krbových kamnech s výměníkem.

Ještě v nedávné době měly v ČR výhradní postavení tuzemské brikety Triumph z briketárny Vřesová (hranol 7"; kostka 3,5") o výhřevnosti 23,75 GJ·t⁻¹ z produkce Sokolovské uhelné. Jejich výroba však byla v říjnu 2010 ukončena. V uhelných skladech se tak mohou dočasně objevovat jen zbytkové zásoby, převážně balených, českých briket. Prakticky celý trh v současné době pokrývají dovozy hnědouhelných briket z Německa.

Z lužické briketárny Schwarze Pumpe (Spremberg) jsou do České republiky dováženy brikety Rekord (rozměry 7"; 6"; 4"; 2") o výhřevnosti 19 GJ·t⁻¹. Brikety jsou označeny názvem Rekord a značkou místa výroby L.

Brikety Union o výhřevnosti 19,8 GJ·t⁻¹ jsou vyráběny v briketárně Frechen v Porýní (rozměry 7"; 6"; 3"). Brikety jsou označeny obchodním názvem Heizprofi nebo Union a značkou U.

Uhlí z Porýní je od května 2011 briketováno také v obnovené briketárně Deuben u Lipska, kde jsou vyráběny brikety o velikosti 3,5" a výhřevnosti 19,8 GJ·t⁻¹. Brikety jsou označeny obchodním názvem Heizprofi a značkou místa výroby D.

V roce 2011 bylo do České republiky dovezeno 160 tisíc tun hnědouhelných briket a dovoz stejného množství je předpokládán i v roce 2012. Spotřeba briket v domácnostech se v posledních dvaceti letech pohybuje mezi 100 a 200 tisíci tun za rok a dá se předpokládat, že v budoucnu poroste.

Ceny uhelných briket se v uhelných skladech pohybovaly na podzim roku 2012 okolo 4500 Kč·t⁻¹ (podle regionu a sortimentu). Při započtení prodejů relativně drahého zboží – 7" hranolů v hypermarketech (za 6500 Kč·t⁻¹ a více) se průměrná cena v České republice pohybuje okolo 4800 Kč·t⁻¹. Průměrné ceny rostou relativně pomalu, o cca 10 % ročně. I tak ale zůstává cena uhelných briket více než zajímavá (viz ceny dřevních briket).

Hnědouhelné brikety jsou běžně uváděny mezi schváleným palivem tuzemských výrobců teplovodních kotlů a kamen.

Černé uhlí tříděné

V současné době je na českém trhu nabízeno tuzemské černé tříděné uhlí z produkce OKD, dovozové uhlí do České republiky směřuje z Polska, Ukrajiny a Ruska. Z Ukrajiny a Ruska je také dovážen antracit – deklarovaný jako nejkvalitnější černé uhlí.

Produkce tuzemského černého tříděného uhlí se dlouhodobě pohybuje mezi 50 až 100 tisíci tun (v roce 2011 to bylo více jak 50 tisíc tun). Značná část tuzemského černého tříděného uhlí však směřuje na vývoz.

Spotřeba černého tříděného uhlí je v České republice především záležitostí malých zdrojů a to ponejvíce domácností. Z více jak 1,1 milionu tun, spotřebovaných v roce 1990, zvolna klesala jeho spotřeba na současných 100 tisíc tun v roce 2011. V této výši zůstává jeho spotřeba v domácnostech již zhruba 10 let.

Tradiční tuzemský dodavatel, OKD, vyrábí tzv. ETP – energetické tříděné prané uhlí v sortimentech oříšek, ořech 1 a kusy. Průměrná výhřevnost ETP je udávána na 30,5 GJ·t⁻¹.

Poměrně široký sortiment černého tříděného uhlí je dovážen z Polska. Rozhodující část polského tříděného uhlí je dodávána z produkce dvou významných polských těžebních společností a to v sortimentech ETP, kostka, ořech 1, (eko)hrášek. Výhřevnost tříděného uhlí z produkce KHW (Katowicki Holding Weglowy) se pohybuje v rozmezí 27–28 GJ·t⁻¹, z produkce KW (Kompanie Weglowe) v rozmezí 27–30 GJ·t⁻¹. Mimo to je další část uhlí, např. pytlovaný ekohrášek, dodávána konečným uživatelům přímo. Výhřevnost jiných dovážených sortimentů polského černého tříděného uhlí, než výše uvedených, může být i nižší, a to i pod 25 GJ·t⁻¹.

Z Ruska k nám putuje tříděné uhlí až z jižní části asijské poloviny země, z revíru Kuzbas. Sortiment zahrnuje všechny zrnitosti – kusy, kostka, ořech a hrášek. Výhřevnost se pohybuje v rozmezí 23,5–27 GJ·t⁻¹. V podobné nabídce zrnitosti je z Ruska a Ukrajiny (Donbas) dovážen antracit s výhřevností od 23,5 do 27 GJ·t⁻¹.

Menší část černého tříděného uhlí je vyráběna v tuzemsku při produkci multiprachu, případně tříděním z průmyslových sortimentů (mimo výrobu OKD).

Průměrná cena černého tříděného uhlí se v posledních dobách pohybuje pod hranicí 6000 Kč·t⁻¹ (průměr za všechny sortimenty) a jen mírně meziročně roste. Cena černého tříděného uhlí a antracitu se liší podle jednotlivých sortimentů a místa uhelného skladu. Pohybuje se od necelých 5000 Kč·t⁻¹ až po více jak 6000 Kč·t⁻¹.

Černouhelný koks

Spotřeba koksu pro otop domácností prudce poklesla v průběhu 90. let 20. století (z 560 tisíc tun v roce 1990 na 50 tisíc v roce 2000). Dnes je v domácnostech využíváno pouze 20 tisíc tun koksu ročně.

V současné době je na našem trhu nabízen tuzemský ostravský koks z produkce OKK Koksoven (Koksovna Svoboda). Jedná se o sortimenty ořech 1 a 2 a otopová směs (při výhřevnosti $26\text{--}28\text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$). Firma Arcelor-Mittal (Koksovna Nová Hut) dodává ořech 2 o výhřevnosti $26,3\text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$. Z dovozu je na trhu především koks z Polska. V nabídce jsou paliva z koksoven Przyjazń; Czenstochowa; Zdziezowice; Jadwiga; Debiensko a Bobrek. Výhřevnost jednotlivých sortimentů (ořech 1 a 2 a otopová směs) je různá a pohybuje se v rozmezí $26\text{--}28\text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$. Ze Slovenska je dovážen koks z koksoveny U. S. Steel Košice – ořech 2 o výhřevnosti $25\text{--}26\text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$.

Cena koksu pro otop je silně závislá na mezinárodní situaci, ovlivňuje ho cena koksovateľného uhlí, poptávka železáren i celosvětová ekonomická situace. Změny v jeho průměrné ceně je možno charakterizovat vývojem za posledních několik let. Při pozvolném růstu z hodnoty 6 tisíc Kč $\cdot\text{t}^{-1}$ v létě 2006 překročila průměrná konečná cena koksu pro maloodběratele na konci roku 2008 hranici 9 tisíc Kč $\cdot\text{t}^{-1}$. Následně dramaticky klesala, až do jara 2010, kdy byl koks prodáván za méně než 6500 Kč $\cdot\text{t}^{-1}$. V polovině roku 2011 jeho cena opět dosáhla maxima s více jak 9 tisíci Kč $\cdot\text{t}^{-1}$, aby následně klesala až na současnou hodnotu 8500 Kč $\cdot\text{t}^{-1}$. Ceny koksu pro maloodběr dnes závisí na lokalitě uhelného skladu a nabízeném sortimentu a pohybují se v rozmezí 7–9 tisíc Kč $\cdot\text{t}^{-1}$.

Palivové dřevo

Palivové dřevo je rozhodujícím tuhým palivem našeho venkova. Je využíváno jak v kotlích (na dřevoplyn, nebo v klasických kotlích i v kombinaci s uhlím), tak i v malých spalovacích zařízeních, jako jsou krbová kamna a krby. Je jisté, že značná část spotřebitelů má možnost si toto palivo opatřit na venkově samovýrobou či samosběrem. Jak poroste obliba přitápění dřevem např. v příměstských aglomeracích, budou však uživatelé stále více odkázáni na nákup tohoto paliva od výrobců a distributorů.

Produkce dříví všech sortimentů činila v roce 2011 celkem 15 318 tisíc plnometrů. Z jehličnatých druhů je nejvíce těžen smrk, za ním následuje se značným odstupem borovice. Z listnatých druhů se nejvíce těží buk, dub a bříza. Od poloviny 90. let roste podíl výroby palivového dříví na celkové lesní těžbě, a to z 5 % v roce 1995 na současných 12 %. Takto vysoký podíl výroby paliva byl zaznamenán naposledy v 60. letech 20. století. V roce 2011 bylo vytěženo celkem 1914 tisíc plnometrů palivového dříví, z toho bylo 1049 tisíc plnometrů dříví jehličnatého a 865 tisíc plnometrů dříví listnatého. Po přepočtu tak vychází, že v roce 2011 bylo na tuzemský trh oficiálně dodáno přes 3,5 mil. prostorových metrů, celková spotřeba v našich domácnostech (včetně samovýroby a dřeva z jiných zdrojů) je však podstatně vyšší.

Převažujícím druhům těženého dříví odpovídá i nabídka druhů dříví palivového. Z dříví tvrdého listnatého je nejvíce dodáván buk a dub, nicméně je možno koupit často i akát, jasan, javor, habr. V sortimentu měkkého listnatého dříví je nejvíce dodávána bříza, olše, lípa i topol. Z jehličnatého dříví je dodáván nejvíce smrk a borovice, méně modřín a jedle.

Palivové dřevo je možno zakoupit většinou jako štípaná polínka 25, 33 nebo 50 cm dlouhá, případně jako metrové štěpiny. Polena k vlastnímu zpracování se dodávají převážně jeden nebo dva metry dlouhá. V posledních letech je zřetelná změna orientace dodavatelských firem z prodeje prostorového metru rovnaného na prostorový metr sypaný. To je nepochybně výrobně i dopravně jednodušší (rozvíjí se používání štípacích a balících automatů), z hlediska odběratele je však v řadě případů obtížnější kontrola dodaného množství. Na pilách je možno za příznivou cenu koupit krajinky (odřezky, odkory apod.), ovšem většinou s nutností dalšího domácího zpracování.

Cena palivového dřeva je především určena cenou suroviny u lesních podniků a následně pak cenou zpracování a dopravy. Od roku 1992 stoupla cena palivového dříví na odvozním místě v lese u lesních společností pětkrát, v tom ale ještě nejsou započítány ostatní náklady, např. cena nafty vzrostla o 100 % apod. Je pozoruhodné, že v době palivové krize ve 40. letech 19. století vzrostla cena palivového dříví pouze na dvojnásobek.

Konečná cena palivového dřeva v uplynulých letech dramaticky vzrostla, z 200 Kč v roce 1993 na necelých 1300 Kč za prostorový rovnaný metr metrových tvrdých štěpin v současné době. Cena dále poroste, jak je vidět z aktuálního vývoje indexu DŘEVOPAL. V polovině roku 2012 podle tohoto indexu stál v průměru prostorový rovnaný metr metrových tvrdých štěpin 1272 Kč, rovnaný metr měkkých štěpin 987 Kč. Rovnaná tvrdá polínka stála 1517 Kč, měkká 1196 Kč. Sypaný metr tvrdých polínek stál v červnu 2012 v průměru 1177 Kč, měkkých pak 982 Kč. Meziročně se tak ceny těchto sortimentů palivového dřeva zvedly v průměru o 10 %, což není nic mimořádného a rozhodně nelze tvrdit, že se na cenách paliva promítá jeho spalování v elektrárnách a teplárnách.

Ceny palivového dřeva jsou regionálně velmi diferencované a na trhu se obchoduje i s takovými cenami polínkového dřeva, které se např. uživatelům, kteří dřevo používají jako „levnější“ doplněk k hlavnímu vytápění zemním plynem, prostě nevyplatí. Je nepochybně důležité si vybrat takového dodavatele, u kterého si je uživatel jist kvalitou a množstvím dodaného paliva a má alespoň základní povědomí, kolik energie a za jakou cenu, ve spojení s účinností kotle, krbu a kamen, nakupuje. Další zvýšení ceny je předpokládáno v následujících letech v souvislosti s úpravou DPH i nadále rostoucí poptávkou.

Brikety dřevní

Na trhu je nabízeno velké množství různých druhů dřevních briket, ne vždy odpovídá cena a kvalita uživatelskému komfortu, který je od briket očekáván. V České republice existuje velký počet tuzemských výrobců, od velkých briketáren s mezinárodní působností až po ty nejmenší, s působností lokální. Celková produkce dřevních briket se již deset let pohybuje okolo 100 tisíce tun. Značná část této výroby (60–80 tisíc tun) však již tradičně směřuje na export. Tuzemští výrobci jsou omezeni kapacitou, disponibilním množstvím a cenou vstupní suroviny.

Spotřeba dřevních briket v České republice je ovlivněna především jejich prodejní cenou. Pro toto palivo je zde vysoká konkurence německých uhelných briket, palivového dřeva i uhlí. Na druhou stranu, tak jak roste obliba krbových kamen, roste i tuzemská poptávka po dřevních briketách. Z vykázaného spotřebovaného množství ve výši 25 tisíc v roce 2003 vzrostla na 88 tisíc tun v roce 2011. V tomto množství ale není ještě započítána drobná lokální produkce a spotřeba (ve výši několika tisíců tun). K výše uvedeným kapacitám

tuzemské výroby je tak tato zvyšující se poptávka kryta především růstem dovozů v posledních třech letech. V roce 2011 bylo dovezeno 46 tisíc tun dřevních briket, především ze Slovenska a Ukrajiny.

Průměrná cena dřevních briket osciluje již několik let okolo 5000 Kč·t⁻¹ a spíše má tendenci mírně klesat pod tuto úroveň. Jejich aktuální cena, v závislosti na typu, termínu, množství a lokalitě objednávky se pohybuje od 3500 Kč·t⁻¹ malých válcových briket u výrobce až po necelých 9000 Kč·t⁻¹ briket kůrových v hypermarketech.

Pelety dřevní

Dřevní pelety jsou bezpochyby nejdynamičtější se rozšiřujícím tuhým palivem. Ačkoliv ještě na počátku 21. století byla tuzemská produkce i spotřeba prakticky nulová, v roce 2011 již bylo v České republice vyrobeno okolo 150 tisíce tun a spotřebováno bylo 55 tisíc tun dřevních pelet. Drtivá většina výroby jde na export, který se již několik let drží nad 100 tisíci tunami. Část tuzemské poptávky je tak kryta dovozy z Ukrajiny, Slovenska, Rumunska, Běloruska i Ruska. V roce 2011 bylo dovezeno 19 tisíc tun dřevních pelet.

Ceny pelet v České republice odpovídají v zásadě cenám v Německu a Rakousku a z vývoje jejich prodejních cen v těchto zemích lze konstatovat dlouhodobě vyrovnanou úroveň bez větších cenových výkyvů. Průměrná cena dřevních pelet osciluje již několik let mezi 5000 a 6000 Kč·t⁻¹. Jejich aktuální cena se však může velmi lišit podle balení, dodaného množství, kvality i místa odběru. V České republice je doposud nejvíce využíván prakticky nejdražší typ prodeje – balené pelety v 25 kg pytlích nakoupené v menším množství u obchodních firem. Budoucnost však nepochybně patří levnější a komfortnější dodávce většího množství specializovanou cisternou najednou.

Brikety rostlinné

Rostlinné brikety jsou velkým tlakem zpracované suché, drcené nebo nakrátko řezané stébelniny (sláma obilovin a olejnin, traviny a energetické byliny do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnů o průměru 40 až 100 mm. Výhřevnost je uváděna v rozmezí 12 až 19 GJ·t⁻¹; v průměru však činí 15 GJ·t⁻¹. V nabídce jsou dnes především ve formě válce s dírou vyrobené na šnekových lisech. Méně časté jsou válce bez díry, či brikety hranaté. Z dovozu jsou nabízeny slunečnicové brikety Pini & Key. Rostlinné brikety jsou zařazeny ve vyšší sazbě DPH.

O produkci rostlinných briket se již několik let snaží řada výrobců, mnohdy malých soukromníků. Jako vstupní surovina se dříve využíval šťovík, konopí, dnes spíše sláma klasických obilnin a olejnin. Část produkce se již spaluje ve velkých zdrojích. Ve větší míře jsou rostlinné brikety nabízeny v maloobchodě až od roku 2009. V té době se na trhu objevují též první dovozové (slunečnicové) brikety z Ukrajiny. Celkově je však tuzemská spotřeba, vzhledem ke konkurenčním dřevním briketám, v současné době nevýznamná a pravděpodobně nepřesáhla hodnotu 1–2 tisíce tun. O vývoji do budoucna rozhodne cena, mechanické (rozpadavost) a energetické vlastnosti (popelnatost, průběh spalování). Několik producentů ukončilo výrobu, další uvádějí potíže s odbytem (malý zájem odběratelů) i vysokou cenu vstupní suroviny.

Cena rostlinných briket se pohybuje v rozmezí cca 3–4 tisíc Kč·t⁻¹.

Pelety rostlinné

Rostlinné pelety jsou velkým tlakem zpracované suché, drcené nebo nakrátko řezané stébelniny (sláma obilovin a olejnin, traviny a energetické byliny) do tvaru válečků většinou o průměru 6 nebo 8 mm. Pelety z odpadních surovin jsou vyráběny z odpadu po čištění např. pšenice, ječmene, hrachu, máku, lnu, kukuřice, řepky apod. Výhřevnost rostlinných pelet je v průměru 15 GJ·t⁻¹. Rostlinné pelety jsou zařazeny ve vyšší sazbě DPH.

Produkce a užití rostlinných pelet započalo v roce 2004. V současné době je evidováno více jak 100 výrobců rostlinných pelet s výrobní kapacitou zařízení více 400 tisíc tun-rok⁻¹. V roce 2011 bylo v České republice využito necelých 200 tisíc tun rostlinných pelet. Prakticky veškerá spotřeba je realizována v sektoru velké energetiky, pouze menší část je spotřebována výrobními závody především v sektoru zemědělství. Lze odhadovat, že v domácnostech není využíváno více jak 2 tisíce tun pelet.

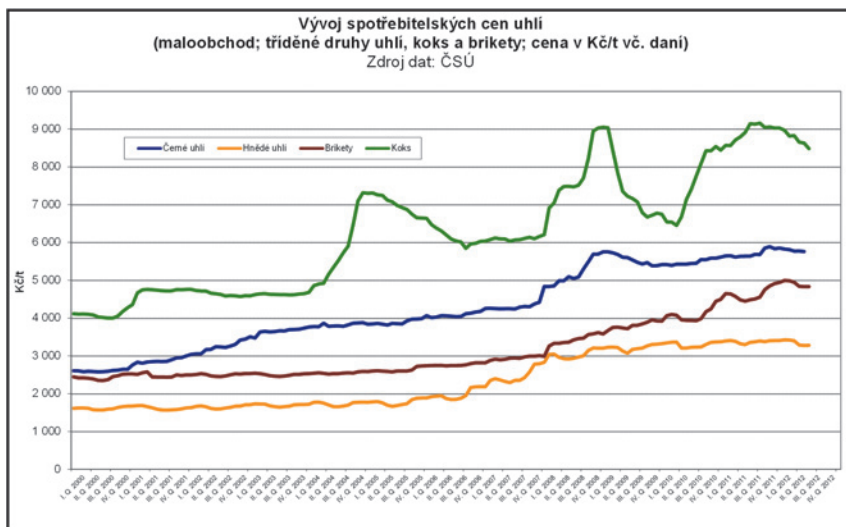
Cena rostlinných pelet se pohybuje v rozmezí cca 3000–4500 Kč·t⁻¹.

Ostatní tuhá paliva

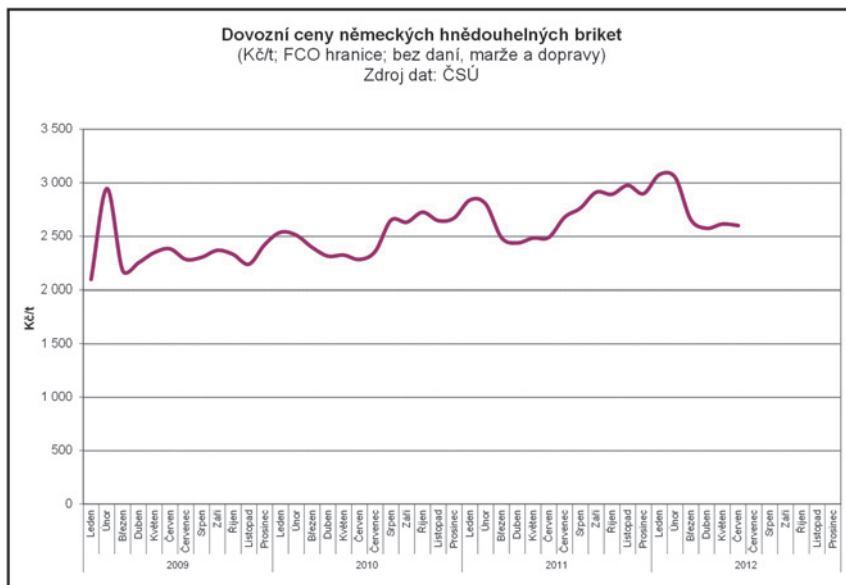
Ostatní tuhá paliva, jako například kukuřičné a obilné zrno, hořčičné a řepkové semeno, zbytky po přečištění obilí, pecky apod. mají zatím v České republice ve spalovacích zařízeních instalovaných v domácnostech jen minimální využití. Jejich spotřeba je spíše vázána na zemědělské podniky či soukromé zemědělce.

Prodej tuhých paliv v ČR v letech 2006 až 2011

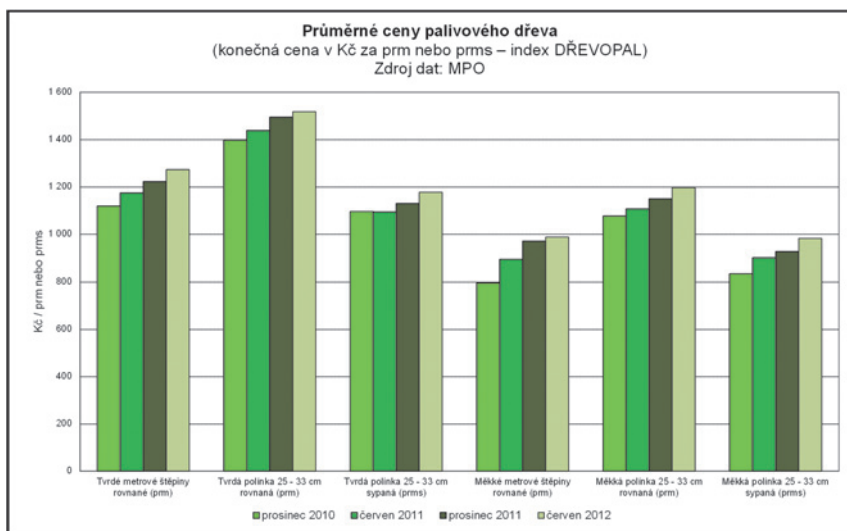
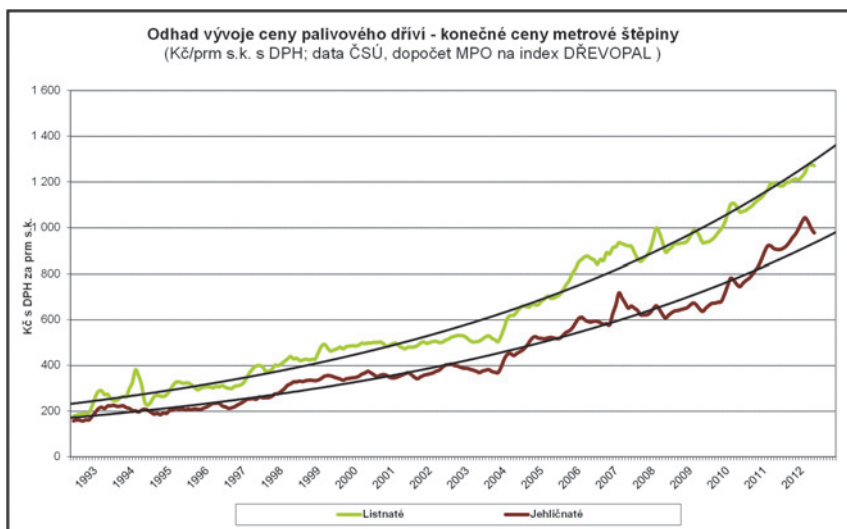
		2006	2007	2008	2009	2010	2011
<i>Hnědé uhlí tříděné</i>	tis. tun	1 715	1 250	1 150	1 100	1 200	1 200
<i>Hnědouhelné brikety</i>		133	126	150	200	200	160
<i>Lignit tříděný</i>		4	2	4	2	0	0
<i>Černé uhlí tříděné</i>		119	92	80	95	76	102
<i>Černouhelné kaly</i>		4	3	3	3	2	2
<i>Koks</i>		40	25	25	40	25	20
<i>Rašelinové brikety</i>		0	0	0	1	2	1
<i>Kusové dřevo</i>		3 049	3 519	3 339	3 254	3 595	3 420
<i>Biomasa – brikety</i>		32	52	35	63	85	88
<i>– pelety</i>		7	14	23	28	50	56



Zdroj dat: ČSÚ. **Ukazatel:** Kč·t⁻¹. Malobchod, tříděné druhy uhlí a koks, hnědouhelné brikety. Konečná cena je včetně ekologické daně a DPH. **Metodika:** Převzatá data.

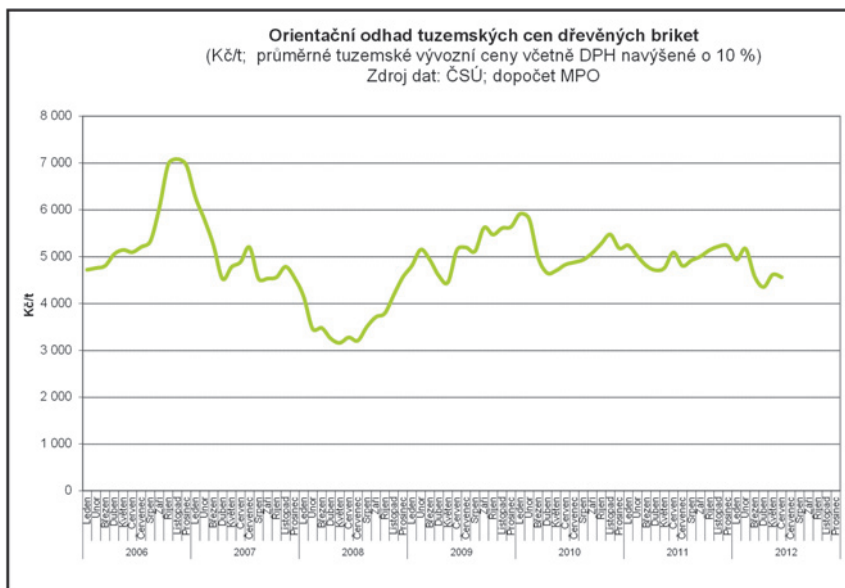


Zdroj dat: ČSÚ; přepočet MP0. **Ukazatel:** Kč·t⁻¹. FCO hranice České republiky, bez DPH, ekologické daně, dopravy a marže. **Metodika:** Převzatá verifikovaná data.



Zdroj dat: MPO. **Ukazatel:** Konečná cena v Kč za prm nebo prms včetně DPH, většinou včetně dopravy do 10–20 km.

Metodika: Nově konstruovaný cenový index s plánovanou půlroční periodou. Vzniká jako krajské průměry cen cca 150 vybraných prodejců štípaného palivového dřeva. Krajské průměrné ceny jsou dále váženy nejaktuálnějšími daty o produkci dříví v daném kraji. Kategorie „metrové štěpiny“ neobsahuje kulatinu větších průměrů. V sortimentu polínek 25–33 cm nebyly zjištěny výrazné rozdíly celkové průměrné ceny obou druhů paliva, proto byly tyto sortimenty sloučeny do jedné kategorie. V případě, že prodejce nabízí oba sortimenty je však průměrná cena 25 cm polínek o 5–10 % vyšší.



Zdroj dat: ČSÚ; dopočet MPO. **Ukazatel:** Kč·t⁻¹. Odhad kolik by stála komodita, pokud by se u nás prodávala za vývozní ceny. **Metodika:** Převzatá verifikovaná data. Cena FCO hranice České republiky, připočteno DPH. Historická data na přelomu let 2006 a 2007 neodpovídají tehdejší skutečnosti v ČR, novější data lépe popisují současný stav. Zjištěné hodnoty byly dále upraveny na základě informací odborných kruhů o 10 % směrem nahoru.

Příloha č. 3 Porovnání nákladů na vytápění

Pro orientační srovnání nákladů na vytápění jednotlivých technologií spalování provedu pouze srovnání na základě nákladů na nákup paliva. Pro orientaci uvádím pouze pořizovací ceny pro jednotlivé typy kotlů. Uvedené pořizovací ceny jsou průměrné ceny pro danou technologii, a jsou uvedeny bez DPH, protože ta se může lišit podle způsobu pořízení kotle – individuální nákup, firma s instalací).

Deklarované účinnosti jsou průměrné celoroční provozní účinnosti charakteristické pro danou technologii (proto se mohou lišit od účinností uváděných výrobci). Ceny paliv jsou průměrnými hodnotami pro topnou sezónu 2012–2013.

Roční náklady jsou stanoveny pro rodinný dům s **roční spotřebou tepla $P_R = 80 \text{ GJ}$** , ze které je vypočtena **roční spotřeba paliva m_R** v tunách pro konkrétní **provozní účinnost η** a **výhřevnost paliva Q** v $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, ze vztahu

$$m_R = \frac{P_R}{Q \cdot \eta} \cdot 100 \quad [\text{t}]$$

Technologie spalování	Pořizovací cena	Palivo (výhřevnost) [$\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$]	Provozní účinnost [%]	Cena paliva s DPH [$\text{Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$]	Roční náklady [Kč]
prohořivací	26 000,–	dřevo (14,6)	55	3,00	29 900,–
		ČU (23,1)	60	5,50	31 700,–
odhořivací	21 000,–	HU 01 (17,2)	60	3,10	24 000,–
zplynovací	40 000,–	dřevo (14,6)	80	3,00	21 000,–
automat – uhlí	60 000,–	HU 02 (17,2)	80	2,60	15 100,–
automat – pelety	80 000,–	peleta smrk (17,2)	85	5,60	30 600,–
ČU = černé uhlí kostka, HU = hnědé uhlí (ořech 1, ořech 2), dřevo do vlhkosti 20 %					

Příloha č. 4 Stanovení tepelného výkonu a příkonu kotle a spotřeby paliva

Pro stanovení **tepelného výkonu kotle** P_V potřebujeme znát hmotnostní průtok otopné vody kotlem m_v v $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ (tedy i v litrech za sekundu), teplotu otopné vody na vstupu do kotle T_1 a výstupu z kotle T_2 v $^{\circ}\text{C}$, a střední měrnou tepelnou kapacitu vody pro střední teplotu otopné vody v kotli (s velkou přesností lze uvažovat hodnotu $4\,190\,\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$). Požadovaný výkon pak získáme ze vztahu

$$P_V = m_v \cdot c_{pv} \cdot (T_2 - T_1) \quad [\text{W}]$$

Zákon o ochraně ovzduší však ve vztahu k malým zdrojům hovoří trochu nelogicky o jmenovitém tepelném příkonu, tedy hodnotě, kterou normy pro teplovodní kotle neznají a nikde v technické dokumentaci k těmto kotlům se neuvádí. **Příkon kotle při jmenovitém tepelném výkonu** P_p lze vypočítat, pokud je známá **účinnost kotle při jmenovitém výkonu** η . Potom lze příkon stanovit ze vztahu

$$P_p = \frac{P_V}{\eta} \cdot 100 \quad [\text{W}]$$

Pokud budeme předpokládat, že kotel pracuje hodinu v ustáleném provozu na ustáleném příkonu, potom ze známé **výhřevnosti paliva** Q lze stanovit **hodinovou spotřebu paliva** m_{ph} . Výhřevnost je nutné dosazovat v rozměru $\text{kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($1\,\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}=0,278\,\text{kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$) a příkon v kW do vztahu

$$m_{ph} = \frac{P_p}{Q} \quad [\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}]$$

Uvedený výpočet lze použít orientačně například pro kontrolu výkonu kotle, známe-li hodinovou spotřebu paliva a odhadem jeho výhřevnost.

Příklad 1: průtok otopné vody kotlem je $0,4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, do kotlového tělesa vstupuje voda teplá 60°C a vystupuje voda o teplotě 80°C . Jaký je výkon kotle?

Tepelný výkon kotle je

$$P_V = m_v \cdot c_{pv} \cdot (T_1 - T_2) = 0,2 \cdot 4190 \cdot (80 - 60) = 16\,760 \text{ W} = 16,76 \text{ kW}$$

Příklad 2: v automatickém kotli na pelety jsme spálili za den 32 kg kvalitních dřevních pelet. Tabulková účinnost kotle je 90 %. Jaký byl průměrný denní výkon kotle?

Nejdříve je nutné správně stanovit výhřevnost paliva. U kvalitní dřevní pelety ji lze odhadnout poměrně přesně. Obchodníky udávané výhřevnosti pro pelety $18,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ a více platí pro palivo v bezvodém stavu. Pro průměrnou vlhkost kvalitních pelet 8 % je jejich výhřevnost na hranici $17,2 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, což je $4,77 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$. Z denní spotřeby 32 kg pelet nám vychází průměrná spotřeba $1,34 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$. Po úpravě rovnice pro hodinovou spotřebu paliva lze stanovit průměrný denní příkon kotle

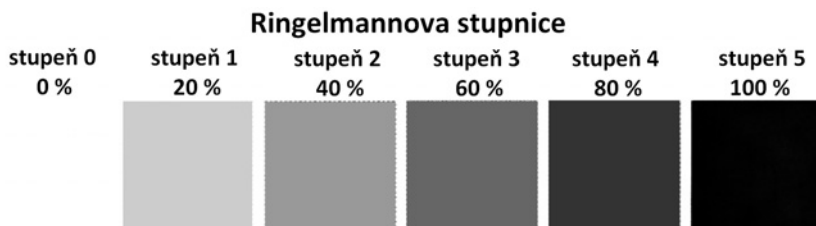
$$P_p = m_{ph} \cdot Q = 1,34 \cdot 4,77 = 6,4 \text{ kW}$$

Pokud kotel nepracuje v akumulčním provozu, lze uvažovat se sníženou provozní účinností oproti tabulkové o 4 až 5 %. Uvažujme účinnost 86 % a tu společně s příkonem dosadíme do upravené rovnice pro příkon, ze které vypočteme průměrný denní výkon kotle

$$P_V = \frac{P_p \cdot \eta}{100} = \frac{6,4 \cdot 86}{100} = 5,5 \text{ kW}$$

Příloha č. 5 Měření tmavosti kouře

Při ověřování tmavosti kouře podle § 17, odst. (1) zákona [7] se používá metody podle Ringelmann. Jedná se o srovnání tmavosti kouře (normativně řečeno kouřové vlečky) s tzv. Ringelmannovou stupnicí. Ta sestává ze šesti polí tvořených pravoúhloú sítí čar o tloušťce a hustotě, která odpovídá různým stupňům tmavosti kouře (procenta udávají podíl černé barvy na bílém podkladě).



Tuto metodu nelze použít vždy a je do značné míry závislá na subjektivním posouzení pozorovatele. Měření může být provedeno ze vzdálenosti minimálně 150 až 400 m od pozorovaného komína a kouř vystupující z komína musí být přibližně v pravém úhlu na směr pozorování. Pozadí kouřové vlečky má tvořit rozptýlené světlo oblohy během dne, měření nelze provádět proti slunci a proti zástavbě nebo okolnímu terénu. Pozorovatel při měření drží Ringelmannovu stupnici ve volně natažené paži tak, že síť jednotlivých polí se slije do rozdílných stupňů šedé barvy.

Provádí se postupně 30 měření v pravidelných půlminutových intervalech a délka jednoho odečtu činí 5 sekund. Měření se vyhodnotí jako průměrná tmavost kouře ze třiceti měření.

Přípustná tmavost kouře při spalování paliv je považována za dodrženu, pokud odcházející kouř není tmavší nebo jiné barvy než stupeň 2 Ringelmannovy stupnice. Po dobu roztápění stacionárního zdroje uváděného do provozu v trvání nejdéle 30 minut, pokud průvodní dokumentace ke stacionárnímu zdroji nestanoví jinak, může tmavost kouře dosáhnout až do úrovně stupně 3 Ringelmannovy stupnice.

Příloha č. 6 Zapojení kotle do otopné soustavy

Nechci zde uvádět konkrétní schémata zapojení kotlů. Doporučená zapojení, která uvádí ve svých materiálech výrobci kotlů, by rozhodně měla být pouze doporučená a pro konkrétní podmínky by je měl vždy definitivně upravit projektant, protože funkčnost otopné soustavy je závislá na mnoha konkrétních faktorech. Uvedu zde pouze dvě základní schémata, na kterých lze demonstrovat obecný princip, který by pro zapojení kotlů na pevná paliva do otopné soustavy měl platit.

První obrázek znázorňuje základní filozofii zapojení kotlů na pevná paliva. Ať se jedná o jakoukoliv technologii spalování, kotel by měl mít vždy svůj „vlastní“ **kotlový okruh**, který zajišťuje jeho rychlé „natopení“ na provozní teplotu, a který jej udržuje v této teplotě v maximální možné míře po celou dobu spalování. Pokud hovořím o provozní teplotě, mám na mysli teplotu „zpátečky“ (otopné vody do kotle vstupující) nad hranici 50 °C, u kotlů s ručním přikládáním by měla být vyšší jak 60 °C. Na zobrazeném schématu je toho docíleno použitím čtyřcestného ventilu. Ten rozděluje otopnou soustavu na kotlový okruh a okruh otopný (který může být rozdělen na více větví). Ventil studenou vodu, vracející se z otopného okruhu, směšuje s částí ohřáté vody vystupující z kotle tak, aby teplota zpátečky byla požadovaných 50 až 65 °C. Směšování lze provádět manuálně, nebo u vyšších stupňů regulace pomocí servopohonu. I když u většiny kotlů může kotlový okruh „pracovat“ pouze samotíží bez oběhového čerpadla, investice do čerpadla se rozhodně vyplatí, protože směšování pak probíhá daleko přesněji a pružněji. Čerpadlo se spouští při teplotě blízké požadované teplotě zpátečky a při poklesu pod tuto teplotu se vypíná, čímž je zajištěno, že při nízkých provozních teplotách se kotel zbytečně nepodchlazuje cirkulací studené otopné vody.

Druhé schéma znázorňuje zapojení zplyňovacího kotle na dřevo s vyrovnávací nádrží. Pokud kotel s ručním přikládáním paliva není regulovatelný ve výkonovém rozsahu 30 až 100 % jmenovitého výkonu, musí být zabezpečeno odvádění přebytečného tepla, které zvláště v období s vyššími venkovními teplotami není schopna „absorbovat“ otopná soustava. A typickým příkladem takového řešení je zapojení s vyrovnávací nádrží. Teplotu zpátečky zde zabezpečuje druhý možný způsob, kterým je osazení třícestného termostventilu s čerpadlem. V tomto konkrétním případě se čerpadlo kotlového okruhu spouští při teplotě otopné vody 80 °C, čímž je zajištěna dostatečná „provozní“ teplota, kterou zvláště zplyňovací kotle pro bezproblémový chod potřebují.

