



BOSCH

Stvořeno pro život

Projekční podklady pro parní kotle

Bosch průmyslové kotle

Profesionální plánování
a efektivní provedení

Předmluva

Nápoje, potraviny, pneumatiky, papír, dálkové teplo nebo léky – téměř každý produkt našeho moderního každodenního života je vyráběn za pomoci procesního tepla. V mnoha případech probíhá dodávka tepla ve formě páry z kotlů Bosch. Protože se jedná o „srdce“ celé výroby, jsou vysoká spolehlivost a dlouhá životnost našich kotlových systémů zcela zásadní a toho dosahujeme díky našim nejvyšším nárokům na kvalitu.

V časech globálního oteplování a tenčících se zdrojů je naším cílem vytvářet společně s našimi ceněnými partnery - projektanty, strojaři a instalačními firmami - systémy na výrobu procesního tepla s nejvyšší efektivitou. Díky systémovým komponentům ke zpětnému získávání tepla, k automatizaci a integraci obnovitelných zdrojů společně přispíváme k šetrnému zacházení se životním prostředím a zdroji. Z dosažených úspor se přídavné komponenty v průběhu nejkratší doby samy financují a motivují tak následně realizovanými úsporami nákladů provozovatele a investory.

Plánování a správné dimenzování stále komplexnějších systémů je náročné a co možná nejlépe střížené na míru návazným procesům, zátěžovým křivkám a odběrům páry. Tyto plánovací podklady nejen zprostředkovávají podklad pro plánování kotlových parních systémů, nýbrž jsou ještě spíše interaktivním nástrojem, který ulehčuje plánování a má pomoci zabránit při něm chybám. Pro provozovatele navíc podklad obsahuje pokyny pro bezpečný a efektivní provoz a vysokou životnost zařízení.

Zvláštní dík patří Tobiasi Lüpfertovi a Sebastianu Weegerovi za technické vypracování, jakož i Lutzi Ehemannovi a Kristin Heininger za realizaci.



Dipl.-Ing. (FH) Daniel Gosse MBA
vedení marketingu a akademie

Bosch ThermoTechnik
Commercial and Industrial Heat and Power

Obsah

Předmluva	3
Úvod	7
Plánování	11
1 Základní data plánování a dotazy v průběhu plánování	17
2 Tlak	27
3 Parní výkon	35
4 Palivo	53
5 Instalace	59
6 Právo	63
Zabránění chybám	75
1 V plánování	77
2 Při instalaci	81
3 V provozu	89
Technika	102
1 Pára	107
2 Kotel	119
3 Komponenty	137
4 Kotelna	179
5 Periferie	215
6 Výroba	239
Efektivita	247
1 Základy	249
2 Zvyšování efektivity na straně spalovacího zařízení	267
3 Zvyšování efektivity na straně vody a kondenzátu	283
4 Zvyšování efektivity na kotli a zařízení	293
5 Kombinace procesů	309

Produkty	312
1 Přehled produktů parních kotlů	315
2 Parní kotle	317
3 Spalinové kotle a zpětné získávání tepla	339
4 Moduly pro parní kotle	347
5 Moduly k napájení kotlů	367
6 Systémová řízení	373
Nástroje	383
1 Symboly	385
2 Přepočty	393
3 Paliva	397
4 Základy voda – pára	403
5 Parní zařízení	411
6 Ostatní	425

Úvod	Plánování	Zabránění chybám	Technika	Efektivita	Produkt	Nástroje
Navigace	Informace na pozadí	Support - výpočty	Support - dimenzování	Tabulky a hodnoty	Vyloučení odpovědnosti	

Úvod

Navigace

K ulehčení orientace a navigace v souboru se nahoře na každé stránce nachází aktivní plochy, které umožní kliknutím na myš rychlou navigaci do hlavních kapitol a podkapitol. Podkapitoly se Vám zobrazí, jakmile kliknete na příslušnou hlavní kapitolu.

Uživatelé tištěné verze mohou přes přehledný obsah na začátku strany rychle najít kapitolu, před kterou se vždy nachází detailní přehled příslušné podkapitoly.

Úvod	Plánování	Zabránění chybám	Technika	Efektivita	Produkty	Nástroje
Navigace	Informace na pozadí	Support výpočty	Support dimenzování	Tabulky a hodnoty	Vyloučení odpovědnosti	

Obr. 1 Hlavní kapitola a podkapitola

Úvod	Plánování	Zabránění chybám	Technika	Efektivita	Produkty	Nástroje
Navigace	Informace na pozadí	Support výpočty	Support dimenzování	Tabulky a hodnoty	Vyloučení odpovědnosti	

Obr. 2 Navigace v hlavní kapitole a podkapitole

Informace na pozadí

Na mnoha místech v tomto podkladu se nachází na okraji stránky odkazy na detailnější informace nebo vysvětlení k použitým pojmům. V digitální verzi se k informaci dostanete jedním kliknutím – uživatelé tištěné verze naleznou v odkazu číslo stránky.

→ Kapitola: Nástroje, strana 387

Úvod Plánování Zabránění chybám Technika Efektivita Produkt Tools		
Symboly	Příklady	Paliva
Vlastní pára Parní zařízení Ostatní		
1.2 Poměrné veličiny		
Symbol	Název	Jednotka
a	míra odlehu = m _h /m _{tot}	kg/kg
c	míra kondenzace = m _{h,w} /m _h	kg/kg
x	míra p'ídatné vody = m _{h,w} /m _h	kg/kg
x	hmotnostní podíl	kg/kg
y	objemový podíl, resp. Molanteil	m ³ /m ³
Tab. 43 Poměrné veličiny		
1.3 Operátory		
Symbol	Název	Jednotka
Δ	rozdíl	
·	tok / proud	z.B. kg/h; kg/s...
Tab. 44 Operátory		
1.4 Indexy		
Všeobecné		
Symbol	Název	
min	minimum	
max	maximum	
m	st'ední	
p _{st}	p'ítlustný	
p _{st}	celkový	
s	záchrometrický	
abs	absolutní	
n	norma (v normovaném stavu)	
b	provoz (v provozním stavu)	
v	zrůstka	
Tab. 45 Všeobecné		

Obr. 3 Box s odkazy

Na některých místech se odkazuje na odborné zprávy – ty naleznete on-line na:

www.bosch-industrial.com/fachberichte

Odpovídající technické informace zde on-line naleznete pod:

www.bosch-industrial.com/Planungsunterlagen

Support při výpočtech

Vzorce potřebné pro dimenzování zařízení jsou v digitální verzi interaktivní. Při zadání hodnot Vašeho zařízení se ihned vypočítá a zobrazí výsledek. Odpadá obtěžující opisování vzorců, které je náchylné k chybám.

$$p_m = (10, + 1,5 + 1,5) \text{ [bar]} \cdot \frac{83 \%}{(75 \%)} = 14,39 \text{ [bar]} \approx 14 \text{ [bar]}$$

-

+

=

Obr. 4 Interaktivní vzorec

Podpora „Support“ při dimenzování ze strany odborníků Bosch

Na začátku kapitoly Plánování se nachází formuláře – jeden pro rychlé poptávky se základními daty a jeden pro rozšířené odborné poptávky, který již umožní detailní technickou a cenovou informaci. Formuláře můžete zaslat e-mailem jedním kliknutím na příslušné tlačítko, vytisknout nebo uložit jako soubor PDF. Poté, co formulář obdržíme, dostanete v nejkratší době závaznou nabídku nebo potřebné technické informace od našich odborníků na kotlovou techniku.

→ Plánování – Kapitola 1: Základní data plánování a otázky k průběhu plánování, strana 17

Tabulky a hodnoty

V kapitole Tools (nástroje) plánovací příručky je zahrnuto velké množství užitečných tabulek a grafů s hodnotami, které jsou při plánování často potřeba. Jsou propojeny linkem v příslušné kapitole v příslušném vzorci, aby Vám to umožnilo pohodlnou práci s těmito hodnotami.

→ Nástroje, strana 383

Vyloučení odpovědnosti

Technické informace v těchto podkladech byly získány rešeršemi s nejlepším vědomím a svědomím. Pokud byste přesto narazili na nějakou chybu nebo měli poznámky k obsahu, potěší nás Vaše zpětná vazba. Bosch však nepřebírá žádnou odpovědnost za správnost obsahů těchto podkladů a za škody vyplývající z jejich použití. V případě pochybností je vždy rozhodující návod výrobce k obsluze kotle. Pokud byste snad návod k obsluze pro Vaše kotlové zařízení Bosch/Loos ztratili, rádi Vám poskytneme náhradu z našeho archivu:

prumyslove-kotle@cz.bosch.com



Plánování

1	Základní data plánování a dotazy k průběhu plánování	17
1.1	Otázky při plánování	17
1.2	Zaznamenání základních dat pro parní kotle	20
1.3	Zaznamenání rozšířených dat pro systém parních kotlů	22
2	Tlak	27
2.1	Střední provozní přetlak	27
2.2	Maximální přípustný provozní přetlak	31
3	Parní výkon	35
3.1	Zjišťování spotřeby	36
3.2	Hodnocení spotřeby	47
3.3	Stanovení výkonu kotle	49
4	Palivo	53
4.1	Topný olej	54
4.2	Zemní plyn	55
4.3	Kritéria pro volbu paliva mezi topným olejem nebo zemním plynem	56
4.4	Další paliva	57
5	Instalace	59
5.1	Prostor/ místo instalace	59
5.2	Podmínky pro instalaci	62
6	Právo	63
6.1	Výroba	65
6.2	Emise a imise	67
6.3	Spalovací zařízení	68
6.4	Povolení	70
6.5	Provoz	72

Plánování

Nejdůležitějším předpokladem pro navržení a dimenzování zařízení parního kotle je, aby byly zaevidovány, zdokumentovány a především pak také zhodnoceny všechny relevantní parametry ve svých maximálních a minimálních charakteristikách. Vedle záznamu a vyhodnocení dat stávajícího zařízení je zde pro plánování žádoucí zejména výhled budoucího vývoje. Tato činnost zaměřená na budoucnost, která by měla pokud možno probíhat společně s provozovatelem zařízení, projektantem, výrobcem zařízení a také s výrobcem kotle, je základním kamenem pro dlouholetý úspěšný provoz parních kotlových zařízení. Rozhodnutí, která jsou zde přijata pro jednotlivé komponenty kotelny, by měla představovat vyvážený poměr mezi investičními náklady a pozdějšími provozními náklady parního kotlového zařízení. Obzvláště důležité je přitom dbát na to, aby budoucí provozní změny byly v té době stávajícími komponenty zařízení kotelny pokryty a nové komponenty mohly být co možná nejjednodušeji integrovány do stávajících částí zařízení.

V této kapitole by měly být osvětleny nejdůležitější rámcové parametry pro parní kotlová zařízení, co se týká tlaku páry, parního výkonu, paliva a právních podmínek.

Vedle těchto technických rámcových podmínek je pro volbu a zřizování rozhodujícím kritériem samozřejmě ekonomický a ekologický provoz parního kotle. O komponentech kotle a zařízení, které jsou k dispozici pro zlepšení účinnosti, pojednává kapitola Efektivita.

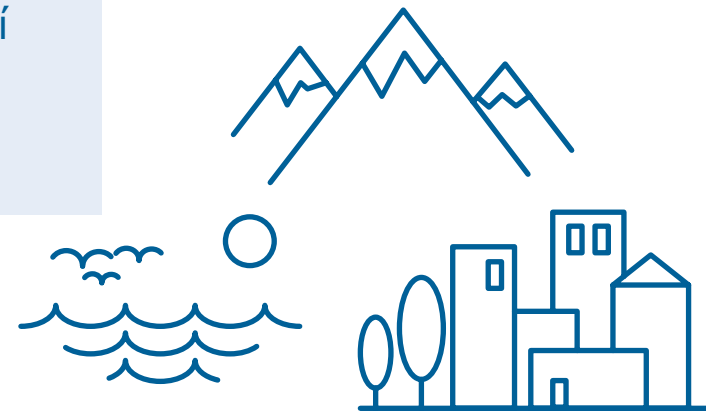


Faktory vlivu na plánování

- voda
- kondenzát
- palivo
- spotřebitel/ spotřebič
- provozovatel
- životní prostředí
- instalace
- právní předpisy

Vlivy na životní prostředí

- venkovní teplota
- vlhkost vzduchu

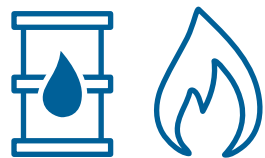


Právní předpisy

- země instalace
- povolení
- provoz
- emise
 - oxidy dusíku
 - hluk

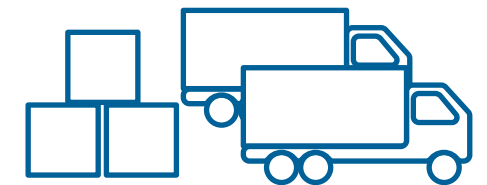
Palivo

- dostupnost
- vlastnosti
- bezpečnost/ jistota dodávek



Spotřebitel

- provozní tlak
- parní výkon
 - minimální výkon
 - normální výkon
 - špičkový výkon
 - změny výkonu
- kvalita páry
 - zbytková vlhkost
 - přehřívání



Kondenzát

- množství
- teplota
- tlak
- hodnota pH
- kontaminace

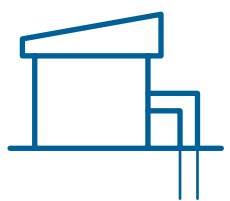
Zákazník/ provozovatel

- bezpečnost dodávek
- možnost rozšíření zařízení
- energetická efektivita
- požadavky na emise
- nenáročná údržba
- procesní kontrola
 - napojení na řídicí techniku
 - dálkový monitoring
 - evidence naměřených hodnot
 - kontrola zařízení



Přídavná voda

- tvrdost
- obsah minerálů a solí





1 Základní data plánování a otázky při postupu plánování

1.1 Otázky při plánování

Následující přehled otázek je pomůckou při plánování a dimenzování zásobování párou. Slouží k orientaci na počátku plánovacího procesu a ke zpětné reflexi před ukončením plánování. Seznam si přitom nečiní nároky na úplnost, přesto je možno díky důslednému a systematickému zodpovězení otázek zabránit chybám, které jinak často nastávají.

Pokud by byla na konci plánování určitého komplexu témat nějaká otázka nevyjasněná, nebo i více otázek zůstávalo nezodpovědných, pak Vás mohou při vyjasnění podpořit detailnější informace v kapitolách, na které je za otázkami odkazováno.

1.1.1 Tlak páry

- Jsou při stanovování průměrného provozního přetlaku zohledněny zbytečně vysoké rezervy? Větší rezervy v oblasti tlaku by měly být aplikovány pouze ke stanovení maximálního přípustného provozního přetlaku.

→ Plánování – Kapitola 2: Tlak, strana 27

1.1.2 Potřeba páry

- Jsou všechny spotřebiče (stávající a střednědobě plánované spotřebiče, vlastní spotřeba kotlového zařízení) zohledněny a tepelné ztráty (potrubí, armatury, zásobníky) odhadnuty, resp. zjištěny?
- Jsou plánované rezervy parního výkonu transparentní? Je třeba zabránit multiplikaci rezerv na různých místech zařízení.
- Bylo provedeno vyhodnocení spotřeby? Je známo, jaký je souběh činnosti spotřebičů? Jaký je skutečný maximální současný potřebný parní výkon spotřebičů?
- Je z hodnocení spotřeby viditelné jak a proč probíhá rozdělení jednotek výroby páry?
- Má projektované kotlové zařízení dostatečně velký regulační rozsah, aby pokryl všechny požadavky odběru páry, aniž by docházelo k častému spínání hořáku?
- Jaký je výkonový profil, resp. jaké jsou roční odběry páry (k přesnému výpočtu amortizace přídatných opatření na zpětné získávání tepla)?

→ Plánování – Kapitola 3: Parní výkon, strana 35

1.1.3 Kvalita páry

- Existují zvláštní požadavky na páru (např. zbytková vlhkost, kontakt s potravinami, přehřátá pára)?

→ Technika – Kapitola 1: Pára, strana 107

1.1.4 Voda a kondenzát

- Je k dispozici analýza vody? Je například nutné počítat s výkyvy v kvalitě vody v různých ročních obdobích?
- Bylo analyzováno, jaká úprava vody by byla nejmýsluplnější? Byla porovnána ekonomičnost čistě demineralizačního zařízení s úpravou vody osmózou? Je smýsluplné nasazení automatického zařízení na analýzu vody?
- Je vhodnější částečné nebo úplné odplynění napájecí vody?
- Jaká je návratnost kondenzátu a jeho kvalita?
- Existuje riziko kontaminace kondenzátu tuky/ oleji nebo jinými médii škodlivými pro kotlové zařízení (např. prostřednictvím netěsných tepelných výměníků)? Pokud ano, je třeba hlídání kondenzátu.

→ Technika – Kapitola 4: Kotelna, strana 179

1.1.5 Palivo

- Jaká paliva mohou být v daném místě použita?
- Jsou známy kvalita paliva a rozptýl výkyvů v kvalitě?
- Je zajištěn tlak plynu? Ztráta tlaku plynu při vyšších odběrech plynu může vést k problémům. Odchyly dimenzované hodnoty a reálného tlaku plynu mohou způsobit následné náklady.
- Mají být používány těžký topný olej nebo jiná vysoce viskózní paliva nebo paliva s obsahem síry? Za určitých okolností bude třeba odpovídající zvláštní výstroj (např. přehřev oleje nebo ekonomizér v provedení Stand-Alone se spalínovým bypassem).

→ Plánování – Kapitola 4: Palivo, strana 53

1.1.6 Efektivita

- Jak velký je význam energetické efektivity a do jaké doby amortizace přichází energeticky úsporná opatření v úvahu?
- Jsou plánována opatření na zvýšení efektivity a zpětného využití odpadního tepla v projektu smýsluplná? Byly prověřeny jejich ekonomičnost a úspory zdrojů?

→ Efektivita – Kapitola 1: Basics, strana 249

1.1.7 Provozovatel

- Jak vysoké jsou požadavky na jistotu dodávek? Je požadována redundance kotlů, pokud ano – částečná či plná? Mělo by být možné spalování alternativního paliva přes spalovací zařízení pomocí hořáků pro více paliv?
- Je pravděpodobné dodatečné rozšíření dodávek páry v nadcházejících letech? Pokud ano, musí být například kapacita zásobování napájecí vodou dimenzována již na budoucí potřebu a musí být naplánován odpovídající prostor v kotelně?
- Jak vysoká je disponibilita a kvalifikace personálu obsluhy? Jaká automatizace je smýsluplná?
- Má proběhnout napojení na centrální řídicí techniku?

→ Plánování – Kapitola 3: Parní výkon, strana 35

1.1.8 Místo instalace

- Je místo instalace v blízkosti pobřeží?
- Nachází se místo instalace v zóně zeměřesení (v DE např. Rheingraben) a musí být kotel zvlášť ukotven/ zajištěn?
- Existují zvláštní požadavky na hlukové emise a emise škodlivin (např. z důvodu blízkosti obytné zóny nebo polohy v chráněné oblasti z hlediska ochrany ovzduší nebo ochrany vod)?

→ Plánování – Kapitola 5: Instalace, strana 59

1.1.9 Kotelna

- Jsou k dispozici dostatečně velké otvory pro nastěhování kotle na místo?
- Je základ dostatečně nosný pro systém naplněný vodou?
- Jsou v dostatečném počtu a dostatečné velikosti na vhodném místě naplánovány přírodní otvory vzduchu a větrací otvory?
- Jsou naplánovány potřebné nouzové vypínače uvnitř a vně kotelny?
- Je k dispozici dostatek místa? Například pro přístup k revizním otvorům (ze strany vody a spalín), k pochozím částem kotle, k obslužným plošinám, nebo k demontáži komponentů (hořák)?

→ Plánování – Kapitola 5: Instalace, strana 59

1.1.10 Potrubní propojení

- Jsou stěny a stropy dostatečně nosné, aby pojmuly potrubní vedení?
- Jsou všechna potrubí naplánována v dostatečné velikosti? Zejména potrubí odfuku bezpečnostních ventilů, odvzdušňovací potrubí, potrubí brýdové páry a potrubí kondenzátu?
- Je zabráněno nepřípustným svodům?
- Jsou parní potrubí položena se spádem a správně odvodněna?
- Jsou možné prvky k provedení akustického oddělení?

→ Technika – Kapitola 5: Periferie, strana 215



1.1.11 Právo

- Byly při plánování v plném rozsahu v projektování zohledněny zákony, vyhlášky a předpisy?
 - Ve vztahu k legislativě v oblasti emisí a imisí, zejména spalin a vody.
 - Ve vztahu k povolovací legislativě, resp. povolení k provozu. Je povolovací úřad včas zapojen a je včas zažádáno o povolení? Jsou informovány úřady provádějící přejímku/ kolaudaci?
 - Ve vztahu k povinnostem provozovatele, zejména ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu. Je pro kotlové zařízení vypracováno posouzení ohrožení?
- Ve vztahu k včasnému zapojení příslušných monitorovacích/ dozorových míst (ZÜS).

→ Plánování – Kapitola 6: Právo, strana 63

1.2 Evidence provozních dat pro systém parního kotle

Při plánování zařízení se velice často stává, že ještě před detailním zpracováním projektu je nutné dodat hrubé indikace nákladů nebo 3D-modely. K tomu Vám dáváme k dispozici formulář, s nímž můžete rychle a nekomplikovaně zaslat poptávku našim technikům z prodeje.

Jednoduše nám k tomuto účelu, prosím, zašlete vyplněný formulář:

- e-mailem na vytapani@cz.bosch.com

Kotlová zařízení – Plánování – Basic

Přehled nejdůležitějších parametrů

Parní výkon: udává, kolik kilo nebo tun páry za hodinu je třeba. Pozor: často se při dimenzování parního zařízení zapomíná na jeho vlastní spotřebu.

Výkon zařízení = výkon kotle – vlastní spotřeba

Potřebný výkon zařízení: kg/hodinu

Vlastní spotřeba činí díky úpravě napájecí vody zpravidla mezi 5 a 20 %. Využíváním odpadního tepla je možno vlastní spotřebu silně zredukovat.

Nastávají špičkové výkony pouze přiležitostně nebo za delší dobu na plný výkon?

Velikost kotle je případně možno zredukovat parním zásobníkem (úspora nákladů).

- ☐ z hlediska špičkového výkonu
☐ delší časy špičkového výkonu

Tlak: Důležitým kritériem pro dimenzování je střední provozní tlak. Pojistný tlak kotle je stále vyšší než provozní tlak.

Střední provozní tlak: bar

Palivo: dle příslušného paliva a rámcových podmínek se hodí různé kombinace hořáku/ spalovacího prostoru. Při vysokých požadavcích na dostupnost zařízení nebo při dostupnosti například bioplynu, jsou vícepalivové hořáky výhodou.

Hlavní palivo:

- ☐ Zemní plyn ☐ LTO ☐ Etanol
☐ H ☐ L ☐ TTO ☐ Živočišné tuky
☐ Bioplyn ☐ Nafta

Externí zdroje odpadního tepla:

- ☐ ano ☐ ne

Odeslat poptávku

Tisk



1.3 Evidence rozšířených dat pro systémy parních kotlů

Čím přesněji je potřebný systém popsán, tím přesněji je možno stanovit také cenu a technický rozsah. Proto jsme Vám dali vedle zjednodušené verze formuláře k dispozici i rozsáhlejší variantu pro odborníky. S informacemi, které jsou v něm obsažené, Vám můžeme spolu s nabídkou zaslat k rozšířené dokumentaci také 3D-data.

Jednoduše nám zašlete vyplněný formulář:

- e-mailem na **vytapani@cz.bosch.com**

Rozšířené plánování kotl. zařízení - plánování I

Množství páry: při dimenzování parních kotlových zařízení musí být zohledněna vlastní spotřeba pro ohřev napájecí vody a odplynění, aby bylo do zařízení dodáváno dostatečné množství páry. Ve většině případů jsou však kotle předimenzované – vznikají tak zbytečné náklady. Díky akumulátorům páry stačí v některých případech zřetelně menší (cenově příznivější) kotel.

Potřebné max. množství páry: kg/hodinu
alternativně: BTU

Opce: množství páry včetně vlastní spotřeby: kg/hodinu

Krátkodobé špičkové výkony, které může akumulátor páry kompenzovat? ☐ ano, detaily:
☐ ne

Pára: není pára jako pára. Dle příslušného použití musí být dodrženy chemické požadavky nebo definovaná zbytková vlhkost.

Parametry páry: Střední provozní tlak: bar

☐ sytá pára Zbytková: %
☐ Demistr je žádoucí (od zbytkové vlhkosti < 3 %)

☐ přehřátá pára Teplota: °C

Pára např. v kontaktu s potravinami? ☐ ano, detaily:
☐ ne

Instalace a provozní podmínky: Místní předpisy v zemi instalace a obecní prostorové podmínky při provozu kotle ovlivňují rozhodujícím způsobem dimenzování kotle a hořáku. Znáte detaily?

Země instalace: Nadmořská výška: m

Teplota min. (zima): °C max. (léto): °C

Venkovní instalace? ☐ ano ☐ ne ☐ instalace v kontejneru
(nezbytná izolace odolná vůči vodě a povětrnostním podmínkám)

Elektr. napětí fáze frekvence Hz



Rozšířené plánování kotlových zařízení II

Nižší pořizovací náklady, vyšší efektivita a vyšší spolehlivost jsou pouze některé z výhod detailního dimenzování zařízení.

Spaliny:Připustná hodnota NO_x

mg/m_n³

Hodnota není známa

Palivo:

Zemní plyn

Zemní plyn H

Zemní plyn L

LPG,oktanové číslo

Propan

Butan

Propan-Butan

Tlak plynu:

mbar

Výhřevnost:

kWh/m_n³

Cena plynu:

€/m³

Olej

topný olej extra lehký (EL)

topný olej s nízkým obsahem síry (SA)

středně těžký/ těžký topný

Obsah síry:

%

Výhřevnost:

kWh/kg

Je k dispozici předeřev oleje

Viskozita oleje:

mm²/s

Při teplotě:

°C

Cena oleje:

€/kg

Ostatní

Zvířecí tuk

Rybí olej

Etanol

Bioplyn

Kalový plyn

Ostatní:

Vícepalivová spalovací zařízení: další palivo jako příměs

Bioplyn

Sírovodík:

mg/m_n³

Metan:

%

Kal. pl.

Ostatní paliv. plyny

Vlastnosti:

Ostatní oleje/tuky/...

Název:

Kontinuálně k dispozici

Množství:

celoročně k dispozici

Využití odp. tepla: ze spalín kogenerace, plynových turbín, procesního tepla

spaliny kogen.

spaliny plyn. turbín

ostatní spaliny

Hmotn.

kg/h

Teplota:

°C

Připustná ztráta tlaku:

mbar

Využití kondenzátu při plném výkonu (jmen.)

bez kyslíku

s obs. kyslíku

vysokotlaký kondenzát

Množství:

kg/h

Množství:

kg/h

Množství:

kg/h

Tlak:

bar

Tlak:

bar

Tlak:

bar

Teplota:

°C

Teplota:

°C

Teplota:

°C

Rozšířené plánování kotl. zařízení III

Využitím odpadního tepla je možné silně zredukovat vlastní spotřebu zařízení.

Zpětné získávání tepla: Je možno získávat zpět velká množství tepla. Látkové proudy vydávající teplo jsou zpravidla spaliny, horké odpadní vody a brýdové páry. Teplo přijímají např. napájecí voda, přídavná voda, užitková voda nebo spalovací vzduch. Jsou k tomu k dispozici následující opatření:

Ekonomizér (spalinový tep. výměník)

Tepelný výměník odluhu

Kondenzační ekonomizér

Chladič brýd

Chladič napájecí vody (zvyšuje efektivitu ekonomizéru)

Regulace spalování O₂/CO (snižuje spalínové ztráty)

Systém předeřevu vzduchu (předeřívá spalovací vzduch)

Snížit náklady na el. proud: u starších zařízení jsou ventilátory hořáků a čerpadla často provozovány konstantně při plném i při částečném výkonu kotle. S regulací otáček je možno uspořit až 75 % spotřeby proudu.

Ventilátor spalovacího vzduchu s říz. otáčkami:

ano

ne

Čerpadla s říz. otáčkami:

ano

ne

Vlastnosti čerstvé vody: kvalita čerstvé vody je rozhodující pro míru odluhu parního kotle. Redukce míry odluhu na technicky nezbytné minimum může značně přispět k redukci nákladů na energie.

Kys. křemič.:

mg/l

Vodivost:

µS/cm

Tvrdost:

°dH

Odeslat poptávku

Tisk

24

25



2 Tlak

Přetlak a absolutní tlak

V technice parních kotlů je běžné všechny údaje o tlaku uvádět jako relativní přetlak vůči atmosférickému tlaku ve výši 1 bar.

Na těchto místech se používá jednotka [bar] resp. [barg].

Přepočet přetlaku k absolutnímu tlaku tedy odpovídá:

$$p_{\text{absolut}} = p + 1,01325 \text{ bar}$$



F1. Přepočet přetlaku k absolutnímu tlaku

Normovaný stav a standardní stav

Normovaný stav (dle DIN 1343):

$$p_n = 101\,325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar} = 1 \text{ atm}$$
$$T_n = 273,15 \text{ K} = 0 \text{ °C}$$

Standardní stav (STP, IUPAC):

$$p^\circ = 100\,000 \text{ Pa} = 1,0 \text{ bar}$$
$$T^\circ = 273,15 \text{ K} = 0 \text{ °C}$$

Standardní prostorový stav (SATP, IUPAC):

$$p^\circ = 100\,000 \text{ Pa} = 1,0 \text{ bar}$$
$$T^\circ = 298,15 \text{ K} = 25 \text{ °C}$$



F2. Normovaný stav a standardní stav

2.1 Střední provozní přetlak

Provozní přetlak kotlového zařízení není konstantní hodnota, nýbrž tato hodnota kolísá okolo středního provozního přetlaku p_m . To vyplývá ze skutečnosti, že provozní přetlak v parním kotli je používán jako vstupní veličina pro regulaci výkonu zařízení parních kotlů a tak vždy podléhá rozsahu výkyvů zhruba $\pm 10 \%$ středního provozního přetlaku nastaveného jako plánovaná hodnota.



Tlakové ztráty

Přidavně musí být zohledněny tlakové ztráty v parním potrubí mezi parním kotlem a spotřebiči, tlakové ztráty armatur v parním potrubí a tlakové ztráty eventuální redukční tlakové stanice.

Nástroje – Kapitola 5.4.4: Tlaková ztráta – normované hodnoty pro koeficient ztráty tlaku ζ, strana 417

Pokud je rozdíl tlakové úrovně jednotlivých spotřebičů velký (> 3 bar) nebo spotřebič vyžaduje konstantní tlak páry s malým rozptylem kolísání, než jakého je možno regulací výkonu na parním kotli dosáhnout, měl by být tlak páry na spotřebičích nastaven přes redukční tlakovou stanici mezi parním kotlem a spotřebiči. Vestavbou redukční tlakové stanice je také realizováno oddělení regulačních okruhů pro regulaci výkonu na parním kotli a tlakové regulace na spotřebiči.

Zjištění středního provozního přetlaku

Střední provozní přetlak p_m parního kotle se zjišťuje při zohlednění maximální regulační odchylky následovně:

$$p_m = (p_{max,V} + \Delta p_L + \Delta p_A) \cdot \frac{83 \%}{(75 \%)}$$



F4. Vzorec ke zjišťování středního provozního přetlaku

p _m	střední provozní přetlak [bar]
p _{max, v}	maximální potřebný tlak na spotřebiči [bar]
Δp _L	tlakové ztráty v potrubí [bar]
Δp _A	tlakové ztráty armatur a redukčních stanic [bar]
75 %	spodní regulační úroveň pro regulaci výkonu ve vztahu k maximálnímu přípustnému tlaku kotle
83 %	střední regulační úroveň pro regulaci výkonu ve vztahu k maximálnímu přípustnému tlaku kotle

$$p_m = (20,0 + 2,0 + 3,0) [bar] \cdot \frac{83 \%}{(75 \%)} = 27,67 [bar] \approx 28 [bar]$$



B1. Příklad výpočtu ke zjištění středního provozního přetlaku

Nastavení a změna středního provozního přetlaku

Střední provozní přetlak p_m parního kotlového zařízení může být při uvádění zařízení do provozu a během provozu zařízení nastaven na panelu rozvaděče kotle nebo zadán z nadřazené regulace.



Obr. 5 Znáznornění časového průběhu tlaku (řízení kotle BCO)

Předpoklady pro zjištění středního provozního přetlaku

Ke zjištění potřebného středního provozního přetlaku p_m musí být zohledněny následující aspekty:

Potřebná hladina tlaku/ teploty na parních spotřebičích

Aby byl stanoven střední provozní přetlak p_m, musí být určena potřebná hladina tlaku, resp. teploty parních spotřebičů. K dimenzování středního provozního přetlaku zařízení parního kotle musí být zohledněna maximální hladina tlaku p_{max,V} u spotřebičů.
Přes spojení tlaku při varu s teplotou je možno z parní tabulky zjistit potřebnou hladinu tlaku spotřebičů při známé ohřívací teplotě.

→ Obr. 37, Strana 113

$$p_{max,V} = p_s(T_{max,V})$$



F3. Maximální potřebný tlak a teplota na spotřebiči

p _{max,V}	maximální potřebný tlak na spotřebiči
p _s (T _{max,V})	tlak při varu při maximální potřebné teplotě
T _{max,V}	maximální potřebná teplota na spotřebiči



Rezervy při dimenzování

Při dimenzování zařízení se doporučuje pracovat bez rezerv, aby zařízení odpovídalo skutečným provozním podmínkám.

Zadání příliš vysokých provozních přetlaků páry může z důvodu vyšší hustoty nasycené páry vést kromě jiného k tomu, že parní potrubí a parní armatury budou poddimenzovány.

Pokud mají být pro dimenzování u tlaku zohledněny rezervy, pak tak může být učiněno u stanovení maximálního přípustného provozního přetlaku.

i

Snížený provozní přetlak

Z důvodů energetické efektivity by neměl být nastavován vyšší provozní přetlak, než je nutné. Typický případ aplikace sníženého provozního přetlaku je víkendový provoz ke snížení ztrát saláním kotle.

Provozní přetlak však není možno redukovat libovolně. Pokud se provozní přetlak zredukuje příliš, může to vést k následujícím negativním vlivům:

- Čerpadla mohou při nedostatečném přiškrcení kavitovat.
- Čerpadla mohou běžet v nestabilním úseku charakteristiky.
- Čerpadla mohou běžet s nižší účinnosti.

Vysoké rychlosti páry, které vznikají sníženou hustotou, mohou taktéž vést k negativním vlivům:

- erozím na armaturách a v obloucích potrubí
- silnému hluku proudění
- hojnějšímu strhávání kapiček vody při výstupu z parního kotle.

V továrním nastavení od výrobce je proto minimální přípustný provozní přetlak omezen na polovinu projektovaného provozního přetlaku.

Minimální střední provozní přetlak středotlakého parního kotlového zařízení by neměl podkročit 5 barů, protože větší specifický objem páry při nižším tlaku znamená velké dimenze parního potrubí a armatur.

2.2 Maximální přípustný provozní přetlak

Maximální přípustný provozní přetlak kotle je přetlak podmíněný konstrukcí a pevností použitých materiálů kotle.

Tento údaj se nachází na štítku výrobce kotle, v dokumentaci dodávané společně se zařízením a v podkladech z přejímky zařízení. Přetlak musí být omezen pojistným ventilem na parním kotli. Pojistný ventil se otevře při dosažení maximálního přípustného tlaku, aby zabránil dalšímu nárůstu tlaku v tělese kotle. Poté, co se pojistný ventil aktivoval, při redukci tlaku v kotli se opět zavře.

Aby byla dána spolehlivá funkce pojistného ventilu, že se ventil během provozu neaktivuje nebo nebude netěsný, jsou tlaky v parním kotli odstupňovány následovně.

Druh tlaku	Vzorec	Hodnota	Jedn.
Maximální přípustný provozní přetlak (pojistný tlak/ tlak aktivace pojistného ventilu)	$p_{\text{max,zul}} = p_{\text{SIV}} \triangleq 100 \%$	$\geq$ 12,0	[bar]
Omezovač tlaku	$p_{\text{DB}} \triangleq p_{\text{max,zul}} \cdot 95 \%$	= 11,4	[bar]
Bod vypnutí hořáku	$p_{\text{F,aus}} \triangleq p_{\text{max,zul}} \cdot 91 \%$	= 11,0	[bar]
Střední provozní přetlak	$p_{\text{m}} \triangleq p_{\text{max,zul}} \cdot 83 \%$	= 10,0	[bar]
Bod zapnutí hořáku	$p_{\text{F,ein}} \triangleq p_{\text{max,zul}} \cdot 75 \%$	= 9,0	[bar]
Standardní hodnota pro udržování teploty přes topného hada = střední provozní přetlak / 2	$p_{\text{Warm,h}} \triangleq p_{\text{m}} \cdot \sim 50 \% \cong 42 \%$	= 5,1	[bar]

Tab. 1 Odstupňování provozních přetlaků (procentuálně z maximálního přípustného provozního přetlaku)

Z toho vyplývá:

- Nejmenší potřebný maximální přípustný provozní $p_{\text{max,zul}}$ kotle ze středního provozního přetlaku p_{m} , který byl odvozen z provozních požadavků.

$$p_{\text{max,zul}} = p_{\text{SIV}} \geq \frac{p_{\text{m}}}{83 \%}$$

F5. Vzorec pro zjišťování nejmenšího potřebného maximálního přípustného provozního přetlaku

$$p_{\text{max,zul}} = p_{\text{SIV}} \geq \frac{10,0 \text{ [bar]}}{83 \%} = 12,0 \text{ [bar]}$$

B2. Příklad výpočtu ke zjišťování nejmenšího potřebného maximálního přípustného provozního přetlaku

- Nejvyšší střední provozní přetlak $p_{\text{m,max}}$ kotle z maximálního přípustného maximálního provozního přetlaku $p_{\text{max,zul}}$ kotle:

$$p_{\text{m,max}} \leq p_{\text{max,zul}} \cdot 83 \% = p_{\text{SIV}} \cdot 83 \%$$

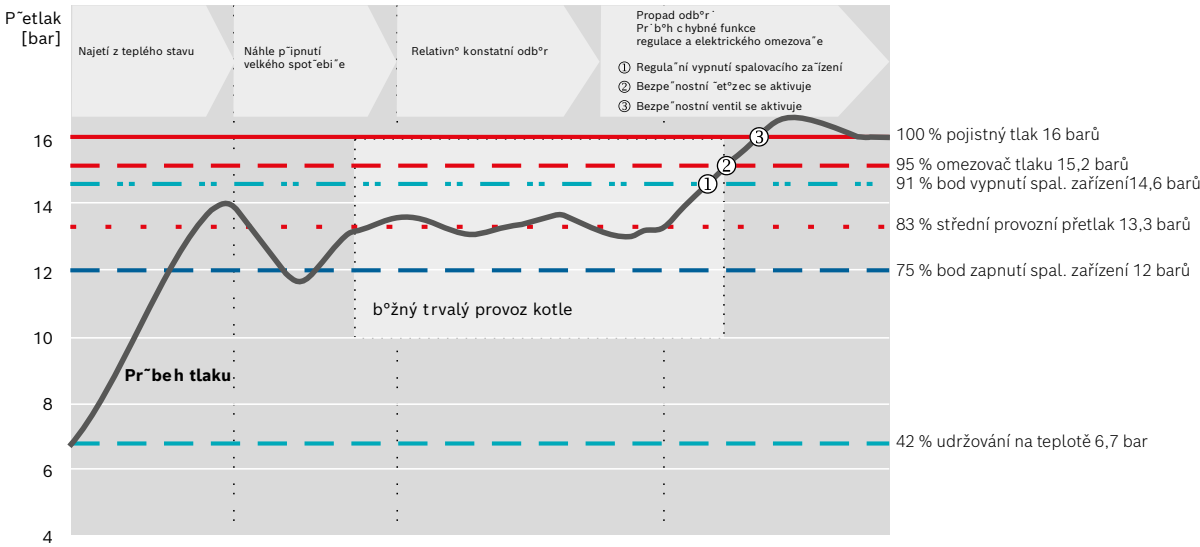
F6. Vzorec pro zjišťování nejvyššího středního provozního přetlaku



$$p_{m,max} \leq 16,0 \text{ [bar]} \cdot 83 \% = 13,3 \text{ [bar]}$$



B3. *příklad výpočtu ke zjišťování nejvyššího středního provozního přetlaku*



Obr. 6 *Schéma průběhu tlaku se spínacími body u parních kotlů se středním provozním přetlakem 13,3 barů*

V řízení kotle mohou být v určitých limitech pro střední provozní přetlak zvolena i jiná odstupňování.

Zbylé části zařízení

Vedle samotného tělesa kotle musí být zohledněn i maximální přípustný provozní přetlak a maximální přípustná teplota všech dílů a konstrukčních celků připojených ke kotli (např. armatur, čidel, potrubí, těsnění, aparátů).

Rezervy při dimenzování

Rozdíl mezi zjištěným $p_{max,zul}$ a maximálním přípustným přetlakem nejbližšího vyššího tlakového stupně kotle může být již posuzován jako rezerva při dimenzování zařízení. Pokud by byla pro rozsah tlaku ještě navíc třeba přídavná rezerva při dimenzování, může být dosažena zvolením odpovídajícího vyššího tlakového stupně kotle.



Když jsou v parním systému připojeny spotřebiče, které mají nižší přípustný provozní přetlak než parní kotel, musí být vybaveny vlastními pojistnými ventily nebo mezi ně musí být zařazeny redukční tlakové stanice s pojistnými ventily.

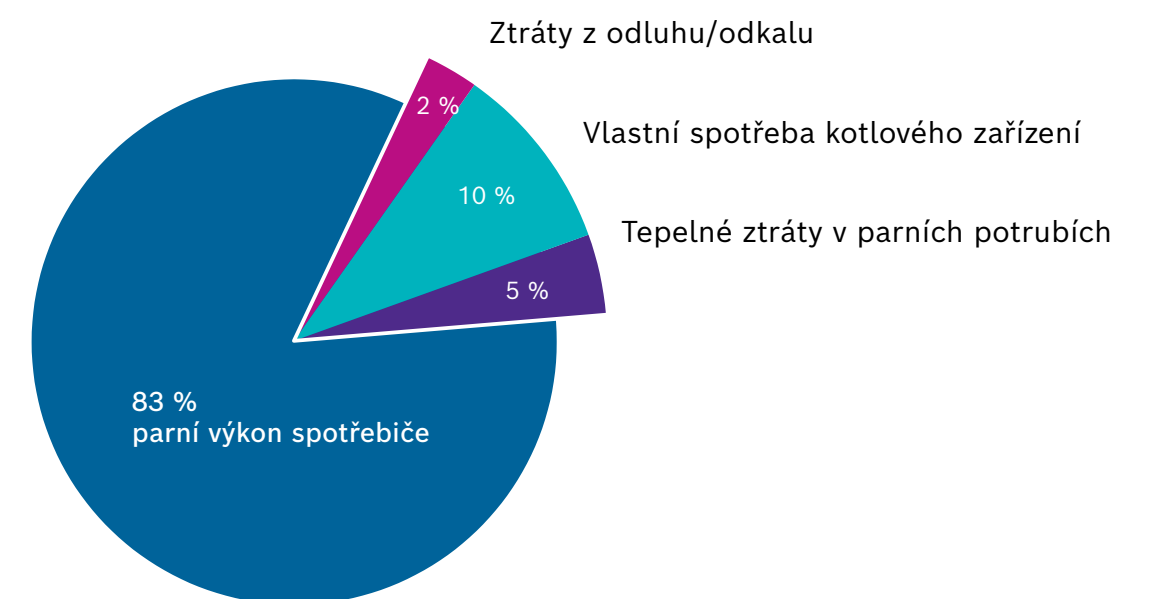


3 Parní výkon

Nejdůležitější data pochází z výkonových dat jednotlivých parních spotřebičů. Je však třeba zohlednit i vlastní spotřebu parního kotlového zařízení, především k ohřevu a odplyňování přídavné vody a kondenzátu, odluh a tepelné ztráty v potrubích.

Při zjišťování nezbytného parního výkonu kotlového zařízení k tomu přistupují ještě další faktory, jako soudobost maximálního výkonu jednotlivých spotřebičů, maximální rychlost změny výkonu a čistě technicky často jen těžko zaznamatelná hlediska, jako jsou jistota dodávek a možné rozšíření zařízení/ odběrů.

Následující zobrazení ukazuje typické rozložení parního výkonu. Zjišťování přesných spotřeb specifických pro projekt je popsáno v následující kapitole.



Obr. 7 Znáznornění souvislosti mezi jmenovitým parním výkonem kotle a parním výkonem na spotřebiči (hodnoty jako příklad)



Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
$\dot{m}_D$	[kg/h]	parní výkon; množství páry
$\dot{m}_{D,dV}$	[kg/h]	množství páry pro přímé spotřebiče
$\dot{m}_{D,iV}$	[kg/h]	množství páry pro nepřímé spotřebiče
$\dot{m}_{D,vR}$	[kg/h]	množství expandované páry
$\dot{m}_{D,EB}$	[kg/h]	vlastní spotřeba kotlového zařízení
$\dot{m}_{D,K}$	[kg/h]	parní výkon kotle
$\dot{Q}$	[kW]; [MW]	tepelný výkon
$\dot{Q}_{WT}$	[kW]; [MW]	tepelný výkon tepelného výměníku
r	[kJ/kg]	entalpie odparu při příslušném tlaku
c_p	[kJ/kgK]	specifická tepelná kapacita vody (do 250 °C je možno počítat s minimální chybou s konstantní $c_p = 4,19$ kJ/kgK)
ΔT	[K]	teplotní rozdíl

Tab. 2 Seznam symbolů

3.1 Zjišťování spotřeby

Při zjišťování nezbytného parního výkonu parního kotlového zařízení musí být všechny parní spotřebiče v parní síti nejlépe shrnuty do tabulky se svým minimálním a maximálním výkonem a poté musí být výkon všech spotřebičů sečten.

Přitom je třeba rozlišovat mezi následujícími spotřebiči:

- přímé spotřebiče (např. autokláv)
- nepřímé spotřebiče (např. tepelný výměník)
- parní ztráty expandované páry (např. na beztlakém zásobníku kondenzátu)
- tepelné ztráty v parních potrubích
- vlastní spotřeba kotlového zařízení (např. ohřívací pára pro zásobník napájecí vody)

Přímé spotřebiče

$$\dot{m}_{D,dV} \text{ [kg/h]} = \text{množství páry pro přímé spotřebiče}$$



U přímých parních spotřebičů je pára uváděna do přímého kontaktu s ohřívávanými médii a tam kondenzuje. Vznikající kondenzát je odváděn s produktem (nebo zůstává na produktu) a není parnímu okruhu již k dispozici. Tato spotřeba vody musí být v parním okruhu jako přídavná voda zařízením na úpravu vody opět nahrazena.

→ Technika – Kapitola 4.1: Úprava vody, strana 181

Přídavná voda musí být k odplynění zahřáta v nádrži napájecí vody, čímž se zvyšuje vlastní potřeba parního kotlového zařízení.

Přímé spotřebiče se nacházejí například u sušicích procesů, u zvlhčování vzduchu, u zahřívání varných lázní nebo u sterilizace.

Parní výkon potřebný u přímých spotřebičů páry je v potřebné formě uváděn jako hmotnostní proud $\dot{m}_{D,dV}$ (množství páry pro přímé spotřebiče) v [kg/h]. Pokud je pro tyto parní spotřebiče uváděn tepelný výkon, pak platí stejné vzorce pro přepočet tepelného výkonu na parní výkon jako u nepřímých spotřebičů.

Nepřímé spotřebiče

Nepřímé parní spotřebiče jsou tepelné výměníky všeho druhu, v nichž pára při odevzdávání tepla kondenzuje a naproti tomu se médium (např. voda) ohřívá. Vznikající kondenzát má přitom nejprve teplotu varu, způsobem odpovídajícím tlaku páry na vstupu do tepelného výměníku, může však být v důsledku protiproudého média ještě dále ochlazován pod teplotu varu. Takový kondenzát je pak označován jako podchlazený kondenzát. Kondenzát je dopraven zpět do nádrže napájecí vody přes odplynovák.

Tepelný výkon tepelného výměníku je většinou uváděn v [kW] nebo [MW]. Aby byl zjištěn potřebný parní výkon syté páry v [kg/h], musí být tepelný výkon tepelného výměníku přepočítán na výkon syté páry.

Pro první rychlé evidování potřeby syté páry na tepelném výměníku je možno počítat s následujícím jednoduchým vzorcem:

$$\dot{m}_{D,iV} = \dot{Q}_{WT} \cdot 1,8$$



F7. Vzorec k orientačnímu výpočtu potřeby syté páry u nepřímých spotřebičů

$\dot{m}_{D,iV}$	množství páry pro nepřímé spotřebiče [kg/h]
$\dot{Q}_{WT}$	tepelný výkon tepelného výměníku [kW]
1,8	faktor odhadu pro přepočet

$$\dot{m}_{D,iV} = 1500 \text{ [kW]} \cdot 1,8 = 2700 \text{ [kg/h]}$$



B4. Příklad výpočtu pro orientační výpočet potřeby syté páry u nepřímých spotřebičů

Pro tlak páry 5 ... 18 barů činí rozdíl vůči skutečnému parnímu výkonu < 5 %. Možné podchlazení kondenzátu přitom není zohledněno.

K přesnému zjištění parního výkonu z tepelného výkonu tepelného výměníku musí být zjištěna entalpie odparu při skutečném provozním přetlaku tepelného výměníku z tabulky syté páry.

→ Nástroje – Kapitola 4.2: Tabulka vody-páry, strana 404



Tepelný výkon tepelného výměníku může být následujícím způsobem přepočten na výkon syté páry:

$$\dot{m}_{D,IV} = \dot{Q}_{WT} \cdot \frac{3\,600}{r}$$

F8. Vzorec k přepočtu tepelného výkonu na parní výkon

- $\dot{m}_{D,IV}$ Množství páry pro nepřímé spotřebiče [kg/h]
- $\dot{Q}_{WT}$ Tepelný výkon tepelného výměníku [kW]
- r Entalpie odparu při příslušném tlaku [kJ/kg]

$$\dot{m}_{D,IV} = 1000 \text{ [kW]} \cdot \frac{3\,600 \left[\frac{\text{S}}{\text{h}} \right]}{1700 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]} = 2118 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

B5. Příklad k přepočtu tepelného výkonu na parní výkon

Pokud je vznikající kondenzát ve všech provozních stavech podchlazován, tedy zchlazován pod teplotu varu, pak je možno se zohledněním tepelného výkonu pro podchlazení kondenzátu parní výkon vypočítat následujícím vzorcem:

$$\dot{m}_{D,IV} = \dot{Q}_{WT} \cdot \frac{3\,600}{r + c_p \cdot \Delta T} = \dot{Q}_{WT} \cdot \frac{3\,600}{h'' - h_{Ko,Aus}}$$

F9. Vzorec ke zjištění množství páry pro nepřímé spotřebiče včetně podchlazení kondenzátu

- $\dot{m}_{D,IV}$ Množství páry pro nepřímé spotřebiče [kg/h] $\dot{Q}$
- $\dot{Q}_{WT}$ Tepelný výkon tepelného výměníku [kW]
- r Entalpie odparu při příslušném tlaku [kJ/kg]
- c_p Specifická tepelná kapacita vody [kJ/kgK] (do 250 °C je možno s minimální chybou počítat s konstantní $c_p = 4,19$ [kJ/kgK])
- ΔT Podchlazení kondenzátu, teplotní rozdíl $T_S - T_{Ko,Aus}$ [K]
- h'' Entalpie syté páry [kJ/kg]
- $h_{Ko,Aus}$ Entalpie kondenzátu přímo před výstupem na tepelném výměníku

Ztráty expandované páry

$$\dot{m}_{D,ED} \text{ [kg/h]} = \text{expandované množství páry}$$

Expandovaná pára vzniká, když horký kondenzát pod tlakem expanduje na tlak pod bodem varu. To je např. i při proudění skrz odváděče kondenzátu nebo ventily a při proudění kondenzátu do otevřené sběrné nádrže kondenzátu, která je pod atmosférickým tlakem. Čím vyšší je teplota kondenzátu, tím více expandované páry vzniká.

Množství vznikající expandované páry je možno vyčíst z diagramu nebo vypočíst z tabulky voda-pára.

→ Nástroje – Kapitola 4.2: Tabulka voda - pára, strana 404

Přitom musí být zohledněno, že podchlazením kondenzátu již může být zredukováno expandované množství páry. Pokud je expandovaná pára předávána do okolí, musí být parní ztráta kotlového zařízení opět doplněna jako přídavná voda, analogicky tak, jako tomu je u vodních ztrát u přímých spotřebičů.

Expandovaná pára může být také využívána opatřeními na zpětné získávání tepla a vracena přímo zpět do vodního okruhu.

→ Technika – Kapitola 3.3: Ekonomizér, strana 152

Tepelné ztráty v parních potrubích

$$\dot{m}_{D,vR} \text{ [kg/h]} = \text{Množství páry k vyrovnaní tepelných ztrát ve parních potrubích}$$

Pro vyrovnaní parního výkonu musí být zohledněna i tepelná ztráta v parních potrubích. Pokud je k dispozici dobře izolovaná potrubní síť, pak může být odhadována potřeba tepla se zhruba 10 kg páry za hodinu a potrubí (10 kg_D / (h · 100 m)).

Pro přesnější výpočet tepelných ztrát musí být pro každou potrubní větev proveden výpočet na základě jmenovité světlosti, délky potrubí a tloušťky izolace.

Stejně tak musí být odpovídajícím způsobem zohledněny tepelné ztráty na armaturách, přírubových spojích a zásobnících/ nádržích. Orientační směrné hodnoty k tomu naleznete v kapitole Efektivita.

→ Efektivita – Kapitola 4.1: Izolace, strana 293

Bohužel jsou tepelné ztráty přes špatně nebo pouze částečně izolovaná potrubí, zásobníky a armatury stále ještě podceňovány. Především i během trvání provozu příslušných částí zařízení jsou izolace k účelům revize a kontroly často odstraňovány a nejsou vraceny zpět. Izolace potrubí (jak v systému páry, tak i kondenzátu) představuje jedno z neekonomičtějších úsporných opatření na stávajících zařízeních.



Pokud je tepelná ztráta prostřednictvím potrubí přímo vypočtena, pak musí být potřeba páry pro tyto ztráty určena jako potřeba páry pro nepřímý spotřebič.

$$\dot{m}_{D,VR} = \dot{Q}_{VR} \cdot 1,8 = \dot{Q}_{VR} \cdot \frac{3\,600}{r}$$



F10. Vzorec pro výpočet tepelného výkonu v potrubích

$\dot{m}_{D,VR}$	Množství páry pro tepelné ztráty v potrubích [kg/h]
Q_{VR}	Tepelný výkon potrubních ztrát [kW]
1,8	Odhadovaný faktor pro přepočet
r	Entalpie odparu při příslušném tlaku [kJ/kg]

$$\dot{m}_{D,VR} = 20,0 \text{ [kW]} \cdot 1,8 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = 36,00 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$
$$\dot{m}_{D,VR} = 5,0 \text{ [kW]} \cdot \frac{3\,600 \left[\frac{\text{s}}{\text{h}} \right]}{1700,0 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right]} = 10,6 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$



B6. Příklad výpočtu k vypočtení tepelného výkonu v potrubích

→ Nástroje – Kapitola 4: Podklady voda – pára, strana 403

→ Nástroje – Kapitola 4.2: Tabulka voda – pára, strana 404

Vlastní spotřeba parního kotlového zařízení

Pro provoz parního kotlového zařízení je nezbytný i podíl vlastní spotřeby na parním výkonu. Skutečný parní výkon potřebný pro vlastní spotřebu může být zjištěn pouze s přesnou znalostí způsobu provozu kompletního zařízení parního kotle. Rozhodující je vlastní potřeba páry ohřívacího množství páry určená pro nádrž napájecí vody.

→ Technika – Kapitola 4.1: Úprava vody, strana 181

Pára ohřevu na nádrži napájecí vody je zase závislá na množství vratného kondenzátu z parních spotřebičů s příslušnými teplotami kondenzátu, na spotřebě přídavné vody a vodních ztrátách na kotli na odluh a odkal.

Množství páry pro vlastní spotřebu je nutné určit proto, aby byly obslouženy následující spotřebiče tepla. Pro získání přibližné orientační hodnoty k prvnímu nadimenzování parního výkonu je možno vlastní spotřebu páry odhadnout následovně:

$\dot{m}_{EB}$ [kg/h] = vlastní spotřeba kotlového zařízení:



- Ohřev přídavné vody (~5 ... ~15 % parního výkonu zařízení)
- Ohřev kondenzátu s obsahem kyslíku (~1 ... ~3 % parního výkonu zařízení)
- Brýdová pára při odplynění (~0,5 % jmenovitého parního výkonu zařízení)

Jako vlastní spotřeba páry musí tedy být použito 6 ... 16 % celkového parního výkonu kotle. K přesnému výpočtu vlastní spotřeby páry musí být k dispozici přesná data o potřebě přídavné vody, způsobu úpravy a chemickém způsobu provozu kotle, vratu kondenzátu s teplotami kondenzátu a popř. o předeřevu paliva.

Vlastní spotřebu páry je však možné značně zredukovat opatřeními na zpětné získávání tepla jako chladičem brýdových pár, expandérem odluhu, chladičem odluhu a chladičem napájecí vody a provozem s demineralizovanou vodou upravenou osmózou.

→ Technika – Kapitola 3.3: Ekonomizér, strana 152

Pro přesný výpočet množství vlastní spotřeby páry musí být vypočtena následující množství pro ohřev páry. Společně dávají dohromady množství páry pro ohřev nádrže napájecí vody.

Ohřev přídavné vody

Aby byly vyrovnány parní ztráty v parním okruhu, např. prostřednictvím přímých spotřebičů, musí být doplňována přídavná voda.

→ Technika – Kapitola 4.1: Úprava vody, strana 181

V odplynění musí být zahřívána studená přídavná voda z cca 10 °C na 103 °C. Tepelný výkon, který je k tomu nezbytný jako vlastní spotřeba páry, je odebírán přímo z parního výkonu kotle.

$$\dot{m}_{EB,ZW} = \frac{\dot{m}_{ZW} \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot \frac{3\,600 \text{ s}}{\text{h}}}{r}$$



F11. Vzorec pro výpočet vlastní spotřeby páry pro ohřev přídavné vody

$\dot{m}_{EB,ZW}$	Vlastní spotřeba páry k ohřevu přídavné vody [kg/h]
$\dot{m}_{ZW}$	Přídavná voda k úpravě napájecí vody [kg/h]
r	Entalpie odparu při příslušném tlaku [kJ/kg]
c_p	Specifická tepelná kapacita vody [kJ/kgK] (do 250 °C je možno s minimální chybou počítat s konstantní $c_p = 4,19$ [kJ/kgK])
ΔT	Teplotní rozdíl mezi teplotou napájecí vody a teplotou přídavné vody $T_{Entg} - T_{ZW}$ [K]



Potřebu přídavné vody je přitom možno vypočítat z parního výkonu, odluhu, brýdové páry a vratu kondenzátu:

$$\dot{m}_{ZW} = \dot{m}_{D,Anl} + \dot{m}_{AS} + \dot{m}_{BD} - \dot{m}_{Ko,ges}$$
$$\dot{m}_{ZW} = \dot{m}_{D,Anl} \cdot z$$
$$\dot{m}_{ZW} \approx \dot{m}_{D,Anl} \cdot (1 + a + 0,5 \% - c)$$

F12. Vzorec pro výpočet potřeby přídavné vody

$\dot{m}_{ZW}$	Potřeba přídavné vody [kg/h]
$\dot{m}_{D,Anl}$	Parní výkon zařízení [kg/h]
$\dot{m}_{AS}$	Hmotnostní proud odluh [kg/h]
$\dot{m}_{BD}$	Hmotnostní proud brýdové páry [kg/h]
$\dot{m}_{Ko,ges}$	Hmotnostní proud kondenzátu celkem [kg/h]
a	Míra odluhu = $\dot{m}_{AS} / \dot{m}_{D,Kes}$ [kg/kg]
c	Míra kondenzátu = $\dot{m}_{Ko,ges} / \dot{m}_{D,Anl}$ [kg/kg]
z	Míra přídavné vody = $\dot{m}_{ZW} / \dot{m}_{D,Anl}$ [kg/kg]

Ohřev kondenzátu s obsahem kyslíku

Vedle ohřevu přídavné vody musí být i kondenzát s obsahem kyslíku, který se shromažďuje v otevřených nádržích kondenzátu a tím je studenější než 103 °C, opět ohříván na teplotu napájecí vody. Teplota kondenzátu s obsahem kyslíku je často mezi 50 ... 90 °C.

Tepelný výkon, který je k tomu nutný, je odebírán jako vlastní spotřeba páry přímo z parního výkonu kotle.

$$\dot{m}_{EB,hKo} = \frac{\dot{m}_{hKo} \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot \frac{3\,600\,s}{h}}{r}$$

F13. Vzorec k výpočtu vlastní spotřeby páry k ohřevu kondenzátu

$\dot{m}_{EB,hKo}$	Vlastní spotřeba páry k ohřevu kondenzátu [kg/h]
$\dot{m}_{hKo}$	Množství kondenzátu s obsahem kyslíku [kg/h]
r	Entalpie odparu při příslušném tlaku [kJ/kg]
c_p	Specifická tepelná kapacita vody [kJ/kgK] (do 250 °C je možno s minimální chybou počítat s konstantní $c_p = 4,19$ [kJ/kgK])
ΔT	Teplotní rozdíl mezi teplotou napájecí vody a teplotou kondenzátu $T_{Entg} - T_{hKo}$ [K]

Brýdová pára při odplynění

Aby bylo možné odplynovákem odvádět z přídavné vody a kondenzátu obsahující kyslík uvolněné plyny, jako kyslík a CO₂, musí být přibližně 0,5 % hmotnostního toku přídavné vody a kondenzátu odvedeno ve formě brýdových pár do volného prostoru. Brýdové páry přitom přepravují kyslík, dusík a vyloučenou kyselinu uhličitou z vody ven do volného prostoru.

$$\dot{m}_{BD} \approx (\dot{m}_{hKo} + \dot{m}_{ZW}) \cdot 0,5 \%$$

$\dot{m}_{BD}$	Hmotnostní proud brýdové páry [kg/h]
$\dot{m}_{hKo}$	Množství kondenzátu s obsahem kyslíku [kg/h]
$\dot{m}_{ZW}$	Spotřeba přídavné vody [kg/h]

Jako opatření na zpětné získávání tepla může být teplo obsažené v brýdové páře kondenzované chladičem brýdy a příslušná vznikající tepelná energie může být používána k ohřevu přídavné vody.

→ Efektivita – Kapitola 3.2: Brýdová pára, strana 286

Množství páry k ohřevu pro nádrž napájecí vody

Vlastní spotřeba páry k ohřevu nádrže napájecí vody může být shrnuta do následujícího vzorce:

$$\dot{m}_{AD} = \dot{m}_{EB} = \dot{m}_{EB,ZW} + \dot{m}_{hKo} + \dot{m}_{BD}$$

F14. Vzorec pro výpočet vlastní spotřeby páry k ohřevu nádrže napájecí vody

$\dot{m}_{AD}$	Množství páry ohřevu [kg/h]
$\dot{m}_{EB}$	Vlastní spotřeba páry [kg/h]
$\dot{m}_{EB,ZW}$	Vlastní spotřeba páry k ohřevu přídavné vody [kg/h]
$\dot{m}_{hKo}$	Množství kondenzátu s obsahem kyslíku [kg/h]
$\dot{m}_{BD}$	Hmotnostní proud brýdové páry [kg/h]



Jmenovitá spotřeba páry při dimenzování kotlového zařízení

Aby byla zjištěna celková spotřeba páry zařízení, musí být spotřebiče páry sečteny:

$$\dot{m}_{D,K} = \dot{m}_{D,Anl} + \dot{m}_{EB} = \dot{m}_{D,dV} + \dot{m}_{D,iV} + \dot{m}_{D,vR} + \dot{m}_{EB}$$



F15. Vzorec k výpočtu celkové spotřeby páry daného zařízení

- $\dot{m}_{D,K}$ Parní výkon kotle [kg/h]
- $\dot{m}_{D,Anl}$ Parní výkon zařízení [kg/h]
- $\dot{m}_{D,dV}$ Množství páry pro přímé spotřebiče [kg/h]
- $\dot{m}_{D,iV}$ Množství páry pro nepřímé spotřebiče [kg/h]
- $\dot{m}_{D,vR}$ Množství páry k vyrovnání tepelných ztrát v potrubích [kg/h]
- $\dot{m}_{EB}$ Vlastní spotřeba kotlového zařízení [kg/h]

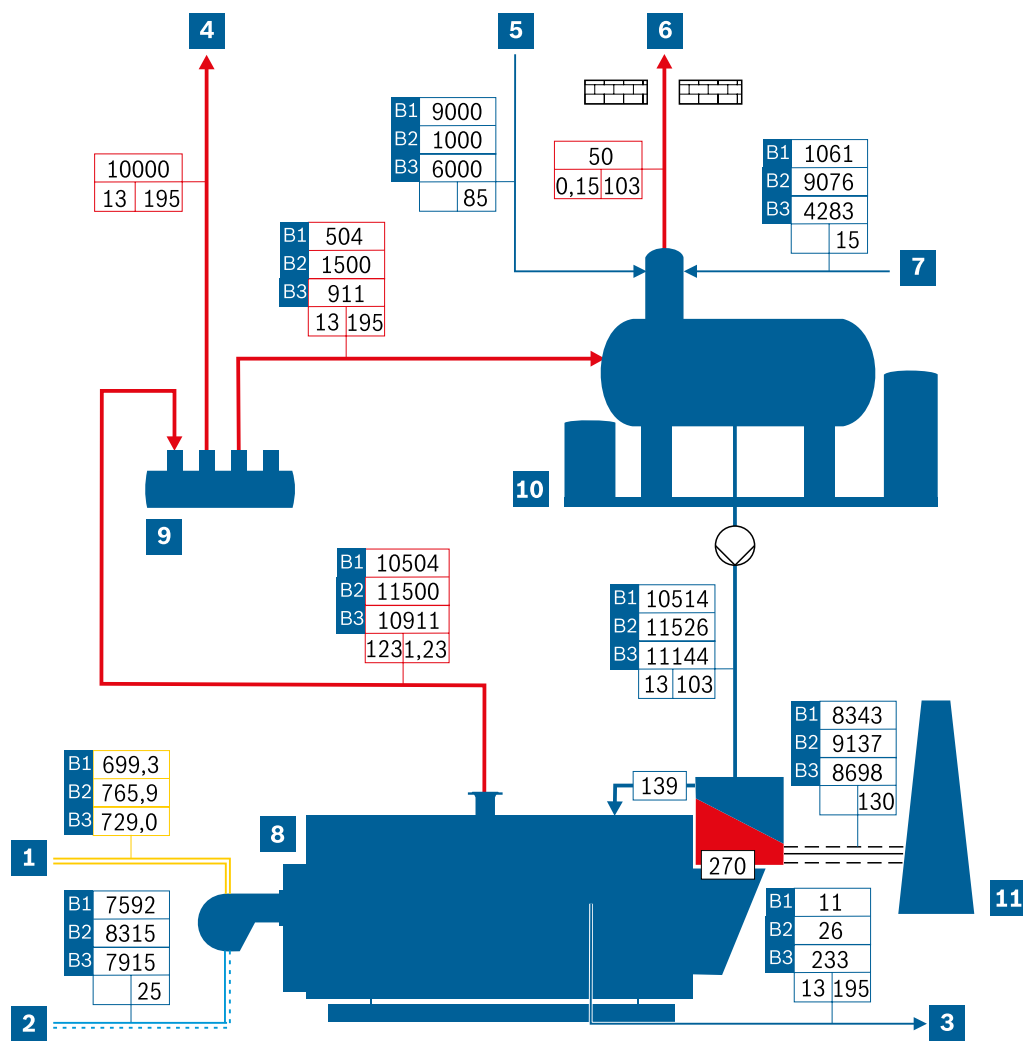
Příklad výpočtu hmotnostních/ objemových a energetických bilancí

Následně představíme hmotnostní a energetické bilance zařízení parního kotle na jednoduchém příkladu s malým počtem komponentů.

Příklady pracují se změnou vratného množství kondenzátu a způsobu úpravy vody, aby byla pokud možno zachována jeho přehlednost. Účinnost je ve všech třech případech okolo cca 95 %.

Příklad B1	Příklad B2	Příklad B3
Parní zařízení zejména s nepřímými spotřebiči (c = 90 %) a s malým podílem přímých spotřebičů (10 %). Přídavná voda se doplňuje z úpravy vody pomocí osmózy a kotel jede v režimu s nízkým obsahem solí.	Parní zařízení zejména s přímými spotřebiči (90 %) a s malým podílem nepřímých spotřebičů (c = 10 %), takže se téměř nevrací kondenzát s obsahem kyslíku. Přídavná voda se, stejně jako je tomu v příkladu č. 1, doplňuje z úpravy vody pomocí osmózy a kotel jede v režimu s nízkým obsahem solí.	Parní zařízení s přímými (60 %) a nepřímými spotřebiči (c = 40 %). Přídavná voda je doplňována ze změkčovacího zařízení a kotel jede v režimu s obsahem solí.
Příklad pro zařízení, v nichž je pára použita do tepelných výměníků, ale pouze malá část kondenzátu se vrací zpět (např. z důvodu velmi dlouhých tras potrubí ke spotřebičům).	Příklad pro zařízení, ve kterých je pára třeba výhradně pro přímé spotřebiče, jako např. při výrobě zvířecích krmiv nebo v autoklávech. Kondenzát je odváděn zpět pouze z odvodnění potrubí a z některých vedlejších agregátů.	Příklad pro zařízení, ve kterých je odváděna, resp. může být odváděna, pouze část kondenzátu, jako např. v nápojovém průmyslu s přímými spotřebiči (čištění lahví).
Shrnutí: Díky vysoce kvalitní úpravě vody a velmi vysoké míře kondenzace je třeba pouze velmi málo ohřívací páry. Tak může být téměř celá pára vyrobená kotlem využita ve spotřebičích. Specifická potřeba paliva je nízká.	Díky vysoce kvalitní úpravě vody zůstává množství odluhu i přes nízké množství kondenzátu velmi nízké. Protože je ovšem třeba ohřát velmi mnoho přídavné vody, je specifická spotřeba paliva zřetelně vyšší.	Díky vyšší míře odluhu a vysokým tepelným ztrátám (bez zpětného získávání tepla z odluhu), jakož i značnému množství přídavné vody taktéž vzniká vyšší specifická spotřeba paliva.
Potřebná energie paliva na kg páry ke spotřebiči:		
0,724 [kWh/kg]	0,793 [kWh/kg] (+ 9,5 %)	0,755 [kWh/kg] (+ 4,3 %)

Tab. 3 Příklad výpočtu hmotnostní a energetické bilance různých parních zařízení



Obr. 8 Znázornění hmotnostní a energetické bilance ve zjednodušeném schématu (znázornění silně zjednodušené)

- | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------------|
| 1 Palivo | 7 Přídavná voda | — voda |
| 2 Vzduch | 8 Parní kotel | — pára |
| 3 Odluh | 9 Parní rozvaděč | — palivo |
| 4 Sytá pára | 10 Modul tepel. úpravy vody | --- vzduch |
| 5 Kondenzát s obsahem kyslíku | 11 Komín | === spaliny |
| 6 Brýdová pára | | |

Tok látky	
Tlak	Teplota

3.2 Hodnocení spotřeby

Když je známe jmenovité množství páry, musí být v rámci plánování kotelny stanoven parní výkon jednotlivých kotlů. Přitom platí, že se zjišťuje požadavek maximální potřeby páry během provozu, tak také minimální odběry. Dále musí být při dimenzování zohledněny eventuální bezpečné rezervy nebo rozšíření kotlového zařízení.

3.2.1 Maximální parní výkon

Maximální výkon, resp. jmenovitý výkon, odpovídá sumě jednotlivých spotřebičů, které mohou být v provozu současně ve stejnou dobu.

Aby nebyl maximální parní výkon zvolen příliš velký, mělo by být prověřeno, zda všechny tepelné spotřebiče jsou nebo musí být v provozu se svým maximálním výkonem současně. Zpravidla tomu tak není, nebo je tomu možno interními provozními procesy zabránit. Tak je např. možno zredukovat maximální výkon tím, že se provádí procesy najíždění částí zařízení a tepelných výměníků odstupňovaně, čímž je možno se kompletně vyhnout problémům z předimenzování zařízení ve fázích slabého výkonu nebo tyto problémy alespoň zredukovat.

Bezpečnostní rezervy při dimenzování zařízení

Samozřejmě je smysluplné při maximálním parním výkonu také zohlednit odpovídající jistotu.

Aby bylo zabráněno silnému předimenzování, měly by být při stanovení jistot a rezerv zohledněny následující aspekty:

- Spolupráce s provozovatelem zařízení
- Zohlednění budoucího rozvoje provozovatele
- Výsledné znázornění bezpečnostních rezerv při koncepci zařízení:
 - Zabránění multiplikaci bezpečnostních rezerv na různých místech
 - Na tepelných výměnících a parních spotřebičích jsou zpravidla bezpečnostní rezervy již zohledněny

Problémy z důvodu předimenzování

- Zvýšené investiční náklady
- Zvýšené provozní náklady, zejména častým spínáním hořáku a tepelnými ztrátami
- Redukce životnosti kotle a ostatních částí zařízení

Najížděcí provoz

V najížděcím režimu, zejména když jsou nádrž napájecí vody, potrubí nebo tepelné výměníky ještě studené, je potřeba dodatečné teplo k tomu, aby se systém zahřál na provozní teplotu.

Teprve když je systém na provozní teplotě, je pro spotřebiče k dispozici plný parní výkon.



Přetížení

Přetížení jednotlivých spotřebičů nebo celkového zařízení nad maximální výkon kotle vede k velmi vysokému odběru páry z kotle. Vedle snížení tlaku v kotli to vede také k vyšší vlhkosti páry a k pění kotlové vody.

Proto by mělo být přetížení kotle zabráněno např. použitím tlakové redukční stanice u spotřebičů nebo ochranou kotle motorickým ventilem odběru páry (SUCcess.)

Problém přetížení na parním kotli může nastat i u správně dimenzovaných tepelných výměníků. Výkon uváděný na tepelných výměnících se vztahuje ke stavu jejich dimenzování a uvnitř tepelných výměníků je většinou obsažena rezerva teplosměnných ploch 10 ... 30 %. Pokud jsou tepelné výměníky nové, pak dosahují také odpovídajícím způsobem vyššího výkonu s vyšší spotřebou páry.

Vývoj spotřeby páry při změnách provozu

Zvláštní pozornost by měla být věnována také možným budoucím změnám v provozu. Pokud jsou rozšíření již plánována nebo zamýšlena, je třeba to zohlednit při očekávaném maximálním parním výkonu. Přitom je většinou možné uspořádat celkovou koncepci zařízení, co se parního výkonu týká, flexibilně pro pozdější rozšíření tak, aby bylo ve stávajícím provozu možné zabránit nevýhodám z důvodu silného předimenzování.

3.2.2 Minimální výkon a fáze nízkého výkonu

Minimální výkon nastává většinou během odstávky výroby v noci nebo o víkendech. Vedle provozních spotřebičů zde musí být zohledněny především takzvané ztráty z odstávek. Ty jsou nezávislé na aktuální potřebě páry pro zařízení a nastávají kdykoliv.

V podstatě jsou to:

- tepelné ztráty sáláním tepla na parním kotli
- tepelné ztráty v potrubích
- tepelné ztráty na komponentech
- brýdové ztráty na odplynění

Je třeba zabránit zejména fázím nízkého výkonu, při nichž je nezbytný parní výkon pod regulačním rozsahem hořáku.

Jakmile hořák příliš často spíná (> 4 spuštění hořáku/h), trpí značně ekonomika díky vznikajícím ztrátám z provětrání.

→ Efektivita – Kapitola 2.2.4: Provětrání, strana 279

Kromě toho termická zátěž při spouštění hořáku negativně ovlivňuje celkovou životnost zařízení.

Těmto stavům částečného výkonu se dá často zabránit nadřazenými regulacemi a provozními systémy energetického managementu, nebo se dají alespoň snížit, když je to zohledněno již při plánování zařízení.

3.3 Stanovení výkonu kotle

Jako výsledek hodnocení spotřeby jsou definovány následující údaje:

- maximální parní výkon
- minimální parní výkon
- zdokumentování bezpečnostních rezerv
- koncepce pro budoucí provozní změny potřeby parního výkonu
- možnost časového průběhu parního výkonu

S těmito daty může proběhnout stanovení jednotlivých výkonů kotlů.

3.3.1 Jednokotlová zařízení

Při volbě velikosti výkonu kotle by se mělo dbát na to, aby se pozdější provoz kotlového zařízení pohyboval převážně v rozsahu mezi 40 ... 90 % maximálního výkonu parního kotle, neboť účinnost je zde pak obzvláště vysoká.

Se stanovením minimálního a maximálního parního výkonu je také jasně stanoven nezbytný regulační rozsah zařízení.

$$\text{Pot ebný regulační rozsah} = \frac{\text{Minimální parní výkon}}{\text{Maximální parní výkon}}$$



Nasazení jednokotlového zařízení se nabízí tehdy, když se regulační rozsah v normálním provozu v týdnu pohybuje mezi následujícími hodnotami:

- Jednoplamencový kotel: 1 až 0,125 (regulační rozsah 1:8)
- Dvoupplamencový kotel: 1 až 0,061 (regulační rozsah 1:16)

K dispozici jsou následující velikosti výkonu:

- Jednoplamencový kotel: 175 ... 28000 kg/h
- Dvoupplamencový kotel: 18000 ... 55000 kg/h

3.3.2 Vícekotlová zařízení

Vícekotlové zařízení může být smysluplné z několika důvodů. Různé důvody pro rozdělení jmenovitého parního výkonu jsou popsány dále. Není zde však možné uvést rozsáhlé posouzení zahrnující úplně všechna hlediska, neboť pro rozdělení může existovat velké množství různých variací. Rozhodnutí pro jednokotlové zařízení nebo rozdělení na více kotlů je vždy jednotlivé rozhodnutí vztahující se ke konkrétnímu projektu, které by mělo být učiněno provozovatelem a projektantem za podpory výrobce zařízení a výrobce kotle.

Jistota dodávek a redundance

Rozdělení výkonu kotle na více výrobních jednotek je třeba tehdy, když musí být jistota dodávek zaručena i při výpadku jedné kotlové jednotky. To znamená tak, jak je tomu například v nemocnicích nebo ve farmaceutickém průmyslu.

Zde musí být díky rezervní jednotce k dispozici minimální výkon k zachování provozu.



Často je výpadek zdroje páry v potravinářských podnicích, jako například v mlékárnách, cukrovařech nebo některých průmyslových podnicích, jako například v papírenském a tiskařském průmyslu, ekonomicky neúnosný. Provoz s částečným výkonem a regulační poměr parních zařízení

Důvody pro rozdělení celkového výkonu na více jednotek jsou:

- odstupňování mezi nejmenším a největším tepelným spotřebičem
- cyklicky kolísající potřeba páry, např. mezi dnem a nocí
- rozdílná potřeba páry v pracovních dnech a o víkendech

Nejnižší potřeba páry je často pod nejmenším výkonem jednotlivé kotlové jednotky, takže je smysluplné rozdělení výkonu přizpůsobené malému výkonu. Zabrání se tak ztrátovému provozu s častým vypínáním/zapínáním hořáků, které zatěžuje životní prostředí a také se předchází předčasnému opotřebení zařízení.

U velkých zařízení určuje hranici výkonu zdrojů tepla počet jednotek. Optimální je rozdělení celkového výkonu do jednotek stejného výkonu. Dostatečnými důvody pro to jsou menší množství náhradních dílů a jejich zaměnitelnost. Pouze v případě, že u takového rozdělení se nedosáhne ekonomického provozu v oblasti nejmenších požadovaných výkonů, doporučuje se nasazení kotle s menším výkonem.

Doba najíždění ze studeného stavu/ udržování v teplém stavu

Rychlá disponibilita maximálního parního výkonu je kromě jiného také pádným důvodem pro vícekotlová zařízení. Zatímco studený kotel potřebuje zhruba hodinu času do plné provozní připravenosti při plném výkonu, může kotel, který je v pohotovosti v teplém stavu, být v provozu během pouhých 5 minut. Efektivnější a šetrnější než udržování v teplém stavu přes spalovací zařízení je přitom udržování v teplém stavu přes párou vyhřívaného topného hada.

→ Technika – Kapitola 3.2: Udržování v teplém stavu, strana 149

Optimalizované provozní náklady

Otázka, kolik kotlů a s jakým výkonem má být do zařízení jedné kotelny instalováno, musí být prověřena při zohlednění nejnižších možných provozních nákladů. Obzvláště při cyklicky kolísající potřebě páry, např. týdenní výkon versus víkendový výkon, nebo při topném výkonu kolísajícím v závislosti na ročním období, je smysluplné nezvolit výkon jednotlivých kotlových jednotek hned příliš vysoký.

Nasazení kaskádového řízení

Rozdělením kotlů na kotel pro základní výkon a kotel pro špičkový výkon a nasazením moderního kaskádového řízení mohou být zátěže pro kotel a provozní náklady optimalizovány.

→ Technika – Kapitola 4.6: Systém řídicího systému kotelny SCO, strana 210

Prostorové podmínky – požadavky na instalaci

Většina kotlových zařízení je zřizována ve vlastní kotelně nebo alespoň ve vlastní části budovy, neboť z důvodu potenciálu nebezpečí při provozu kotlového zařízení musí být dodrženy zvláštní podmínky pro instalaci a provoz.

V Německu smí být parní kotle při zohlednění zvláštní bezpečnostní výbavy umístěny pod a nad pracovními prostory, obytnými prostory a sociálními prostory, v nich a vedle nich pouze, když splňují následující požadavky:

Požadavek	Maximální hodnota
Maximální parní výkon kotle	2 000 kg/h
Maximální přípustný provozní přetlak	32 bar
Maximální objem vody do nízké hladiny vody	10 000 l
Maximální součin obsahu vody a přípustného provozního přetlaku	20 000 l · bar

Tab. 4 Parní kotel se zjednodušenými podmínkami instalace

Podmínky instalace mohou být dodrženy u některých zařízení na základě rozdělení potřebného celkového parního výkonu na více malých kotlů, které odpovídají výše uvedeným podmínkám. Tyto často zjednodušené instalace využívají nemocnice, malé prádelny nebo výroby potravin, když není k dispozici oddělená kotelna a kotle mohou být nainstalovány například ve sklepech.

Smysluplné rozdělení výkonu kotle

V následující tabulce jsou jako příklad uvedeny některé požadavky na jistotu provozu při výpadku a na potřebný regulační rozsah, jakož i smysluplné rozdělení výkonu kotle na více kotlů tak, aby byly splněny požadavky:

Požadavek	Rozdělení výkonu kotle
Jistota při výpadku 100 % parního výkonu	100:100, na 2 kotle
Jistota při výpadku 80 % parního výkonu	80:80, na 2 kotle
Jistota při výpadku 50 % parního výkonu	50:50:50, na 3 kotle
Regulační rozsah > 1:8	50:50, na 2 kotle nebo 1 dvouplamencový kotel
Regulační rozsah > 1:20	30:70, na 2 kotle
Regulační rozsah ≤1:20 + jistota při výpadku 80 %	40:40:40, na 3 kotle

Tab. 5 Rozdělení výkonu kotle ke splnění uvedených požadavků v příkladu

Jsou možné i další kombinace rozdělení výkonu kotlového zařízení na více kotlů. Při rozhodnutí pro rozdělení parního výkonu by měly být zohledněny investiční a provozní náklady a náklady na údržbu.

Při rozdělení celkového výkonu na více kotlů je nezbytné použití kaskádového řízení. To přebírá logiku spínání/ odpínání parních kotlů a jejich udržování v teplém stavu.

→ Technika – Kapitola 4.6: Řídicí systém kotelny SCO, strana 210



4 Palivo

Ve velké části parních kotlových zařízení jsou používána následující paliva:

- zemní plyn
- topný olej

Paliva jsou k dispozici téměř všude a z důvodu rozsáhlé regulace normami mají vysokou kvalitu.

Pro výrobu páry však mohou být použita ještě další paliva:

- těžký topný olej nebo lehký topný olej
- ostatní topné plyny (např. vodík, kapalný plyn LNG)
- biogenní paliva (např. chudé plyny, kalové plyny a bioplyny)
- znečištěné vedlejší produkty z chemického průmyslu (např. styren, toluen)
- vedlejší produkty z jiných průmyslů (např. živočišný tuk, rybí olej)

Volba paliva se nejprve řídí jeho disponibilitou v plánovaném místě instalace. Olej je dopravován cisternovými nákladními vozy, zatímco pro plyn musí být k dispozici plynová předávací stanice z plynovodní sítě.

Při vysokých požadavcích na jistotu dodávek mohou být na jednom kotli použita i dvě paliva. Většinou se tak používají plyn jako hlavní palivo a topný olej jako alternativní palivo.

Jako další důležité kritérium pro volbu paliva musí být posouzena ekonomičnost. Zde je třeba dbát při porovnání nákladů na přesnou srovnatelnost. U plynu jako paliva může být srovnávací cena převzata přímo z vyúčtování plynu nebo být poptána u distributora plynu. Ceny dodávek topných olejů se zveřejňují na internetu.

→ Plánování – Kapitola 4.3: Kritéria pro volbu paliva mezi topným olejem a zemním plynem, strana 56

Kromě palivových nákladů musí být posuzovány vedlejší náklady na provoz, údržba a revize kotlových zařízení a eventuálně náklady na prostor vedlejší budovy.

V celkovém hodnocení z hlediska nákladů zpravidla o něco příznivěji vycházejí plynové kotle, protože v posledním desetiletí i hodně stávajících zařízení bylo předěláno z oleje na plyn nebo na duální hořáky.

Vedle nákladů musí být zohledněny také vlivy na životní prostředí při spalování použitého paliva. Zde hrají především velkou roli povolené emise v příslušném místě instalace zařízení. Palivo zemní plyn má přitom nižší emise škodlivin, co se týká emisí CO₂, NO_x a SO₂.

4.1 Topný olej

Při používání minerálních olejů jako paliva musí být zejména při jeho dodávkách, skladování a distribuci dodržovány různé dodatečné požadavky vyplývající z ustanovení ochrany vod a požární ochrany.

Důležité požadavky na spalovací zařízení jsou obsaženy ve specifických relevantních vyhláškách dané země. Požadavky na skladování topných olejů a přepravu topných olejů jsou obsaženy ve vyhlášce o zařízeních k nakládání s látkami ohrožujícími vody a o odborných provozovatelích (VAWS).

Topný olej EL

Druh topného oleje EL, extra lehký (kapalný), je všude spolehlivě k dispozici a je většinou dodáván cisternovými nákladními vozy.

Topný olej EL je v Německu nabízen v následujících druzích:

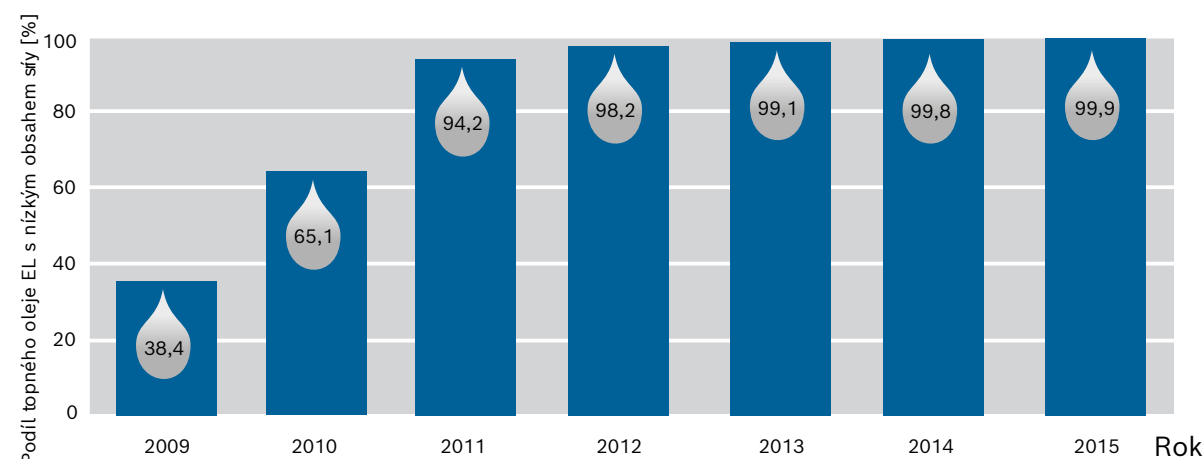
- topný olej EL Standard
- topný olej EL s nízkým obsahem síry
- topný olej EL Bio

Nejčastěji používaným druhem topného oleje je topný olej EL s nízkým obsahem síry s maximálním podílem síry 50 mg/kg. Z důvodu nižšího zdanění dosáhl v mezichase podílu na trhu téměř 100 %. Je pro kondenzační tepelnou techniku také nejlépe vhodný, neboť vykazuje ještě menší tendence ke znečišťování než topný olej EL.

→ Technika – Kapitola 3.4: Kondenzační ekonomizér, strana 156

Topný olej EL Bio je topný olej s nízkým obsahem síry, do kterého je přimícháváno až 5, 10 nebo 15 % kapalných paliv z obnovitelných zdrojů. To je v současné době zpravidla bionafta.

Minimální požadavky a kontroly týkající se topného oleje EL jsou stanoveny v DIN 51603-1.



Obr. 9 Podíl topného oleje s nízkým obsahem síry na celkové spotřebě v Německu 1)

1) IWO – Institut pro teplo a olejovou techniku

Topný olej T

Druh topného oleje T, těžký, se u parních kotlů používá téměř výhradně ve velkých průmyslových zařízeních. Vzniká při rafinaci ropy ve spodní části destilačních kolon, kde se stahují složky ropy s vysokým bodem varu. Obsahuje převážně velké, relativně těžké, molekuly jako delší řetězce alkanů (parafinických uhlovodíků) a alkenů (olefinických uhlovodíků), cykloalkany a různé aromatické uhlovodíky. K tomu přistupují různé sloučeniny dusíku a síry.

Těžký topný olej je vysoce viskózní a musí být při přepravě potrubími zahřátý přes 60 °C. Rozprašovací teplota nezbytná pro hoření se pohybuje dokonce mezi 100 ... 160 °C. Přitom jsou požadavky na viskozitu rozprašování u hořáků s tlakovým rozprašovačem zřetelně vyšší než u hořáků s rotačními rozprašovači, protože musí být topný olej předeřhříván na vyšší teploty.

Těžký topný olej obsahuje až 3,5 hmotn.-% síry, má sklony k silnějším usazeninám ve spalínových cestách a spaliny by neměly být zchlazovány pod teplotu rosného bodu spalin cca 120 ... 150 °C.

Kromě toho jsou mimo jiné nezbytná zvláštní opatření k dodržování emisí spalin (např. vhněti močoviny).

Mnoho nevýhod topného oleje EL oproti zemnímu plynu není zpravidla možno vykompenzovat jeho nižší cenou.

4.2 Zemní plyn

Když je v plánovaném místě instalace kotle k dispozici zásobování zemním plynem, doporučuje se často právě použití zemního plynu. Díky připojení na distribuční síť není třeba vytváření žádných zásob paliva a na liberalizovaném trhu s plynem je bez problému možná změna dodavatele. Potřeba místa pro předávací plynové stanice je v porovnání s nádrží na skladování oleje včetně vedlejších zařízení zřetelně nižší. Navíc se zemní plyn z veřejné distribuční sítě neomezeně hodí k nasazení kondenzační techniky.

→ Technika – Kapitola 3.4: Kondenzační ekonomizér, strana 156

Pro plyn jako palivo mluví také to, že regulační rozsah je při provozu s částečným výkonem zřetelně větší než u oleje. Zatímco olejové hořáky dosáhnou většinou pouze rozsah částečného výkonu 1:5, moderní plynové hořáky mohou pokrýt dvojnásobný rozsah částečného výkonu, tedy regulační rozsah až 1:10.

Pro účely dimenzování zásobování palivem je v případě plynu třeba znát výhřevnost plynu, tlak plynu, který je v místě instalace kotle k dispozici a údaj o maximálních množstvích energie, která jsou k dispozici přes danou plynovou přípojku. Tyto údaje získáte od místního provozovatele plynovodní sítě.



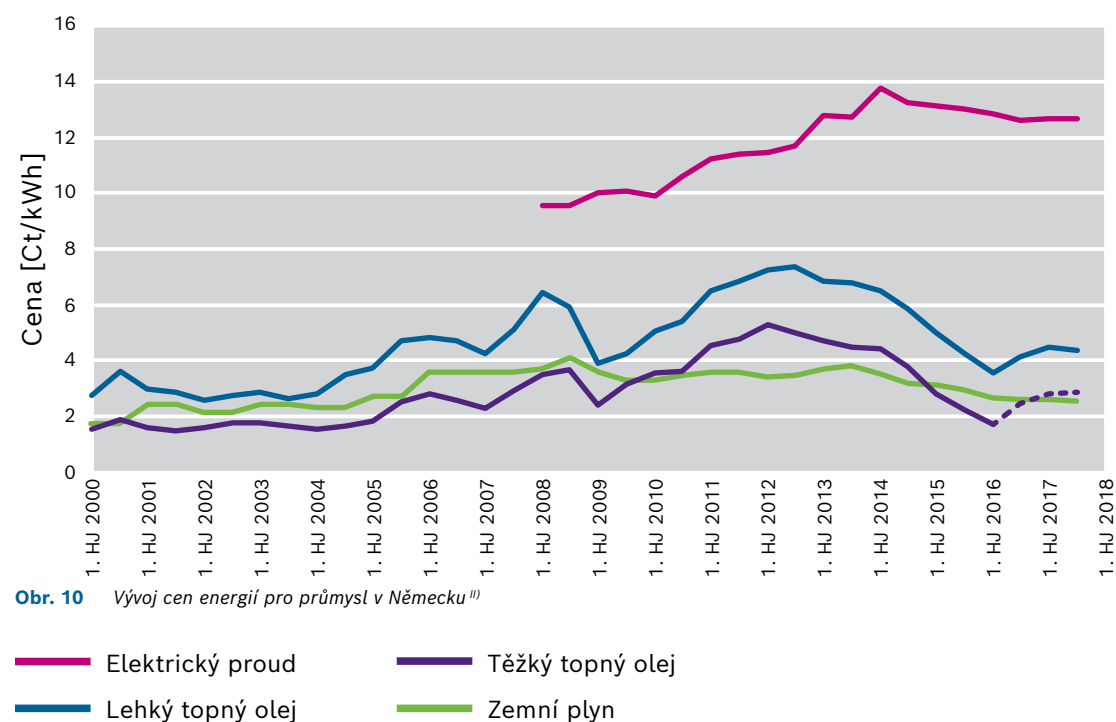
4.3 Kritéria pro volbu paliva mezi topným olejem a zemním plynem

V následující tabulce jsou shrnuty nejúčelnější faktory, které mají vliv na volbu paliva:

Kritérium	Topný olej EL	Zemní plyn	Výhoda/ nevýhoda u plynu
Sklad paliva	ano	ne	+
Přípojka	ne	ano	-
Všude k dispozici	ano	ne	-
Cenová stabilita	ne	omezeně ano (obr. 10)	+
Předfinancování	ano (zásoba)	ne	+
Náklady na hořák	neutrální	zvýšené	-
Regulační rozsah	až 1:5	až 1:8	+
Znečištění teplosměnných ploch	nízké	žádné	+
Využití spalného tepla	dobré (účinnost ≤ 99 %)	velmi dobré (účinnost ≤ 104 %)	+
Přeprava paliva	nutná	není nutná	+
Emise škodlivin	nízké	velmi nízké	+
Produkce CO ₂	~266 g CO ₂ /kWh	~200 g CO ₂ /kWh	+

Tab. 6 Kritéria pro volbu paliva mezi topným olejem a zemním plynem ^{II)}

Cenový vývoj energetických médií pro průmysl (Německo)



Obr. 10 Vývoj cen energií pro průmysl v Německu ^{II)}

— Elektrický proud — Těžký topný olej
— Lehký topný olej — Zemní plyn

II) Spolkový statistický úřad

Upozornění ^{III)}:

- Plyn, elektrický proud: údaje pro průmysl, ceny včetně spotřebních daní, bez DPH
- Topný olej: údaje pro velkoobchod, ceny včetně spotřební daně z minerálních olejů a příplatku za skladování ropy (EBV), bez daně z přidané hodnoty
- Přepočet cen u topného oleje EL s hustotou 0,84 kg/l a kalorickou hodnotou 11,89 kWh/kg
- Přepočet cen u topného oleje T 11 kWh/kg
- Těžký olej: konkrétní data jsou k dispozici pouze do prosince 2016, poté extrapolace přes cenové indexy

4.4 Další paliva

Pokud mají být vedle zemního plynu nebo topného oleje nasazena další paliva, je třeba tomu věnovat zvláštní pozornost.

Mohou být nasazena tato další paliva:

- Ostatní topné plyny (např. vodík, tekutý plyn LNG)
- Biogenní paliva (např. chudé plyny, bionafta, rostlinné poleje, kalové plyny a bioplyny)
- Znečištěné vedlejší produkty z chemického průmyslu (např. styren, toluen)
- Vedlejší produkty z jiných průmyslů (např. živočišné tuky, rybí olej)

Vlastnosti paliva přitom musí být zohledněny zejména při dimenzování hořáků, vedlejších agregátů, kotle a vhodných opatření ke zpětnému získávání tepla.

Zvlášť musí být v této souvislosti posouzeny následující vlastnosti:

- paliva s vysokým obsahem síry (např. bioplyn)
- paliva s obsahem chloru (např. vedlejší produkty z chemického průmyslu)
- paliva, která způsobují silné usazeniny na teplosměnných plochách (např. takzvané re-rafináty)
- paliva s obzvláště vysokou kalorickou hodnotou a tím i vysokými tepelnými zátěžemi plamence (např. vodík)



5 Instalace

Při umístění kotelny v areálu podniku musí být kromě jiného zohledněny následující požadavky a aspekty:

- přívod a skladování paliva
- nezbytná potřeba prostoru kotelny a komínu
- možnost rozšíření zařízení
- vznikající hlukové emise (zejména pro sousední zástavbu)
- poloha výrobních provozů v areálu závodu (pokud možno krátké trasy ke spotřebičům)
- požární úseky
- architektonické aspekty

Některé z těchto požadavků se nedají současně plně splnit, a to zejména u provozů s dlouhou historií. Místo instalace tudíž nebude splňovat všechny požadavky, nýbrž se bude jednat o kompromis provozně a technicky nezbytných požadavků a ekonomicky optimální polohy.

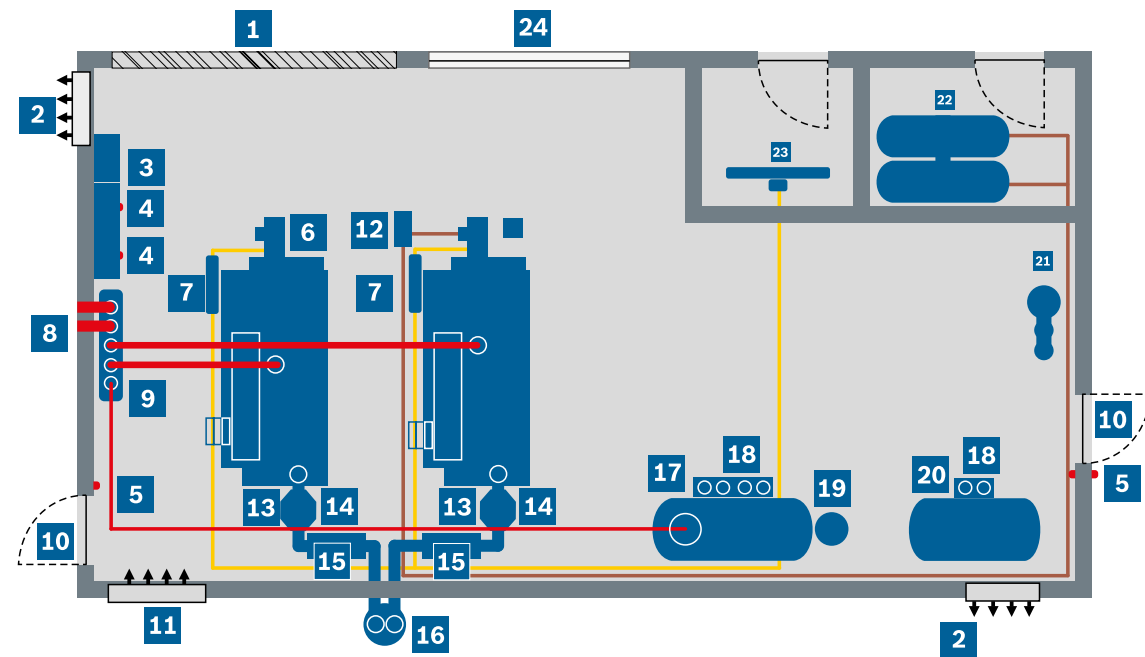
5.1 Místo instalace

V následujících odstavcích je pojednáváno o některých základních požadavcích na prostor instalace kotle. Údaje slouží pouze jako pomůcka pro plánování. Nad jejich rámec musí být dodrženy všechny relevantní národní a lokální předpisy, jakož i příslušné platné normy.

Základní požadavky

Na prostor instalace kotle jsou kladeny následující požadavky:

- Prostor instalace musí být udržován čistý, bez prachu a odkapávající vody.
- Vnitřní teplota musí být mezi 5 °C a 40 °C.
- Nepovolaným osobám musí být přístup do prostoru, kde je umístěn kotel, zakázán.
- Požadavky na ochranu před hlukem musí být splněny dle místních předpisů.
- Montáž rozvaděčů musí být provedena tak, aby nemohlo docházet k přenosu vibrací nebo otřesů komponentů zařízení na rozvaděče.
- Umístění musí být provedeno v oblastech, kde jsou rozvaděče chráněny před nepřipustným vyzařováním tepla a je bezpečně zajištěn přístup při stavech, kdy hrozí nebezpečí.
- Mělo by být k dispozici napájení stlačeným vzduchem pro odkalování a eventuálně další pneumatické servopohony.
- Musí být k dispozici pokud možno vzájemně protilehlé možnosti úniku s nouzovými tlačítky STOP.
- Je třeba dbát na dostatečné osvětlení zejména v oblasti armatur a bezpečnostních zařízení.
- Na stěnách a stropě by měly být k dispozici možnosti fixace potrubí.
- Každý prostor pro ustavení kotle by měl mít pokud možno související volnou plochu vnější stěny nebo plochu stropu minimálně 1/10 základové plochy (resp. odpovídající místním požadavkům), která při přetlaku v místě instalace kotle povolí podstatně lehčeji než zbylé obvodové stěny. Při stanovení plochy pro expanzi tlaku musí být respektovány národní a místní předpisy, jakož i příslušné platné normy.



Obr. 11 Příklad zobrazení kotelny (zjednodušené znázornění)

- 1** Stěhovací otvor
- 2** Odpadní vzduch (nahore)
- 3** Systémové řízení SCO
- 4** Řízení kotle BCO
- 5** Tlačítko nouzového vypnutí
- 6** Kotel
- 7** Modul regulace plynu GRM
- 8** Parní potrubí - spotřebič
- 9** Parní rozdělovač SD
- 10** Úniková cesta
- 11** Přívodní vzduch (dole)
- 12** Modul napájení oleje OSM

- 13** Integrovaný ekonomizér ECO
- 14** Kondenzační tepelný výměník
- 15** Tlumič
- 16** Komín
- 17** Modul tepelné úpravy vody WSM
- 18** Moduly čerpadel PM
- 19** Expandér BEM
- 20** Kondenzátní modul CSM
- 21** Modul úpravy vody WTM
- 22** Olejové nádrže
- 23** Předávací stanice plynu
- 24** Výfuková plocha

- pára
- plyn
- olej

Značení potrubí dle DIN 2403
→ Tools – tab. 79, strana 420

Přístupnost

Kotel a komponenty zařízení by měly být uspořádány tak, aby zůstaly zabudované armatury, senzorka a všechny revizní otvory přístupné. Umístění bezprostředně na jedné stěně je pro kotel a také některé komponenty zařízení smysluplné pouze podmíněně. Zejména na straně obsluhy kotle a komponentů by se mělo dbát na volný průchod o šíři minimálně 1 m. Navíc je třeba dbát na dostatečnou výšku pochozích ploch.

Základy a instalace/ usazení na místo

Musí být zaručeno splnění následujících požadavků na základy a instalaci:

- Musí být zajištěno, aby byla podlaha v místě instalace naprosto rovná (tolerance rovinnosti v návaznosti na DIN 18202) a dostatečně zatížitelná.
- Při výpočtu nosnosti základu musí být zohledněna maximální provozní hmotnost dotčených komponentů. Při zjišťování provozní hmotnosti musí být odpovídajícím způsobem zohledněny přípustné nástavby (např. rozvaděč, hořák, tlumiče, kouřovody) a jejich hmotnosti musí být ke kotli přičteny. Provozní hmotnost odpovídá hmotnosti komponentů v naplněném stavu.
- Existující podlahové kanály musí být zakryty a vybaveny odvodňovacími zařízeními.
- Stěhovací otvor do místa instalace v kotelně musí být proveden dle rozměrů jednotlivých komponentů. K pohybu těžkých zařízení musí být v místě instalace kotle naplánovány vhodné zdvihací prostředky.
- Pokud je z hlukových důvodů nutné oddělení tělesa kotle od konstrukce základů, musí se před usazením kotle podložit na základ tlumící pásy.

Otvory pro přívod a odvod vzduchu

Přívodní vzduch musí být bez cizích částic, nesmí obsahovat prach ani korozivní nebo explozivní složky, jako například rozpouštědla nebo chladiva. U spalinových kotlů ve spojení s agregátem vyvíjejícím odpadní teplo (kogenerační jednotkou resp. plynovou turbínou) musí být dodržovány pokyny výrobce agregátu generujícího odpadní teplo.

Pokud není v kotelně k dispozici dostatečné větrání, resp. pokud je spalovací vzduch pro spalovací zařízení přisáván nezávisle na prostorovém vzduchu (např. přes vzduchové kanály z ostatních prostor nebo zvenku), musí být v kotelně naplánováno několik zařízení na monitoring CO.

Umístění přívodních otvorů vzduchu by se mělo v ideálním případě nacházet v oblasti zadní části kotle. Pokud to není ze stavebně-technických důvodů možné, musí být uvnitř prostoru kotelny k přesměrování přisávaného vzduchu nainstalovány vodící plechy, resp. plechové kanály. Při plánování otvorů přívodního vzduchu musí být zohledněno i umístění komponentů zařízení náchylných na mráz (např. úpravny vody), které nesmí být instalovány v bezprostředním proudu přívodního vzduchu.

Musí být také naplánovány otvory pro odvod odpadního vzduchu. Ty slouží k odvádění nahromaděného tepla, které v kotelně vzniká a hromadí se pod stropem i při nízkých tepelných ztrátách.

Otvory přívodního vzduchu by měly být umístěny 500 mm nad podlahou kotelny, otvory pro odvádění odpadního vzduchu v nejvyšším místě instalačního prostoru. Přitom je třeba zajistit příčné větrání.

Otvory pro přívod čerstvého vzduchu a odvádění odpadního vzduchu musí být dimenzovány tak, aby byl v místě instalace kotle tlak ± 0 mbar. Níže uvedené vzorce pro výpočet platí jako nezávislé doporučení. Je nezbytně nutné odsouhlasení zřizovatelem zařízení s příslušnými povoloovacími orgány nebo se stavebním úřadem. Přídavné spotřebiče přívodního vzduchu (např. kompresory) musí být při stanovování velikosti zohledněny.



Skupina	Limitní hodnoty	Průřezy potrubí větracího vzduchu (vzorec)
GR 1	$\dot{Q} \leq 2\,000\text{ kW}$	$A_{GR\ 1} = 300 + (\dot{Q} - 50) \cdot 2,5$
GR 2	$2\,000\text{ kW} < \dot{Q} \leq 20\,000\text{ kW}$	$A_{GR\ 2} = 5\,175 + (\dot{Q} - 2\,000) \cdot 1,75$
GR 3	$20\,000\text{ kW} < \dot{Q}$	$A_{GR\ 3} = 36\,675 + (\dot{Q} - 20\,000) \cdot 0,88$

A_{GR} volný průřez [cm²]
 Q tepelný výkon

Poměr stran má činit maximálně 1:2. Potřebné průřezy odvětrání odpadního vzduchu vždy odpovídají 60 % průřezů přívodního vzduchu.

Uvedené průřezy musí být naplánovány jako volné otvory (netto průřezy). Musí být zohledněna zastínění mřížkami nebo lamelami.

Pokud je spalovací vzduch veden k hořáku přes nasávací kanály vzduchu, je třeba dbát na potrubí vhodné pro proudění a dostatečné dimenzování, co se týká tlakových ztrát. Tlaková ztráta musí být zohledněna při dimenzování hořáku. Eventuálně vznikající kondenzát v nasávacích vzduchových kanálech musí být bezpečně odveden ještě před ventilátorem spalovacího vzduchu.

Potrubí

Potrubí musí být dimenzována způsobem odpovídajícím národním a místním předpisům, jakož i příslušným platným normám při zohlednění vznikajících tlakových ztrát a rychlostí proudění.

Orientační hodnoty pro dimenzování, volbu materiálů a mnoho dalších aspektů naleznete v kapitole Technika.

→ Technika – Kapitola 5.1: Potrubí, strana 215

5.2 Podmínky instalace

Podmínky instalace jako nadmořská výška instalace, blízkost pobřeží, stavebně-technické rámcové podmínky a/nebo elektrické napájení mají značný vliv na dimenzování parního kotle.

Nadmořská výška instalace v důsledku tlaku a hustoty vzduchu má vliv na dimenzování ventilátoru spalovacího vzduchu. Při velmi vysokých výškách instalace > 1 000 m musí být zohledněny ještě aspekty jako například snížené chlazení motorů u čerpadel.

Instalace v blízkosti pobřeží má díky vzduchu s obsahem soli, který přeje korozi, např. vliv na materiály použité na hořák a na komín.

Elektrické napájení (napětí a frekvence) musí být u rozvaděče a motorů taktéž zohledněno (např. na ventilátorech, čerpadlech a ventilech).

6 Právo

Parní kotlová zařízení jsou většinou zařízení s povinným monitoringem a podléhají různým právním rámcovým podmínkám, které musí být při výrobě komponentů, plánování a konstrukci, jakož i při provozu zařízení respektovány a dodržovány. Následující požadavky přitom přichází ze všech úrovní legislativy (a monitoringu):

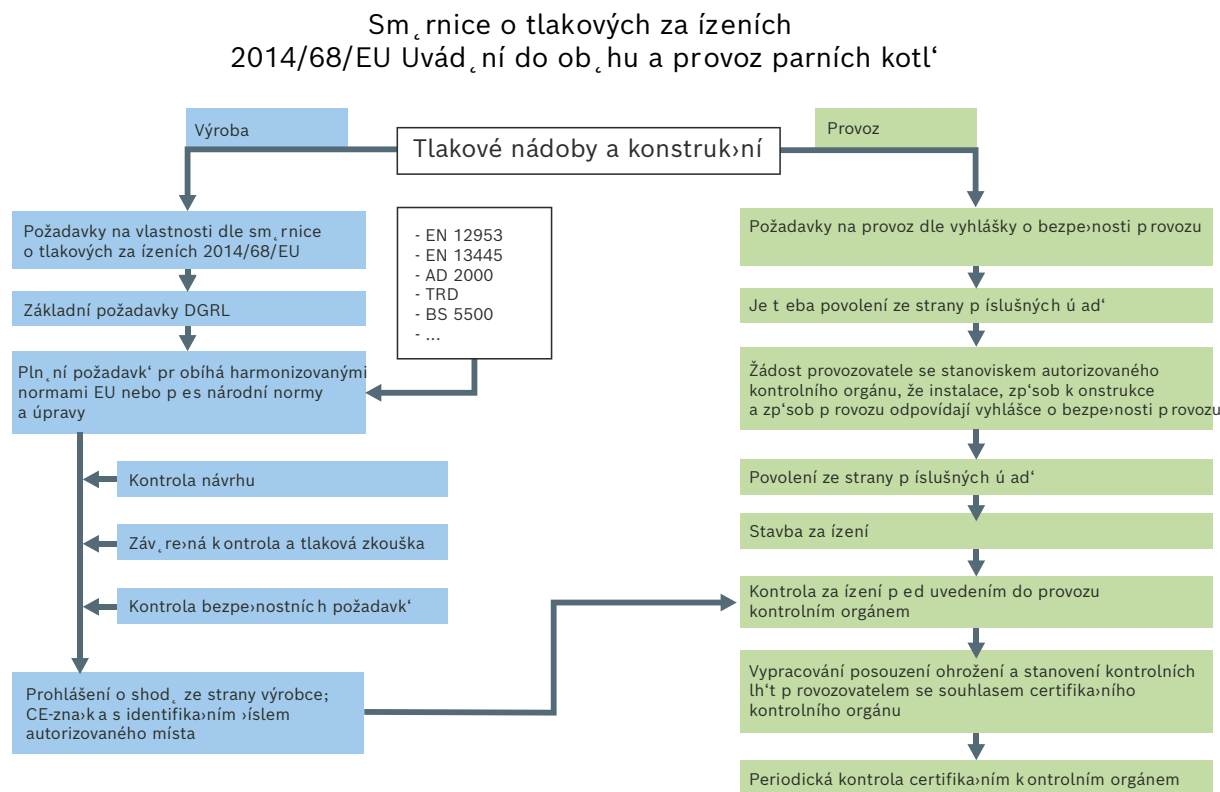
- **Evropské směrnice a vyhlášky**, jako např. směrnice o tlakových zařízeních, směrnice o strojích, směrnice o nízkém napětí, směrnice o plynových zařízeních, směrnice pro elektromagnetickou snesitelnost, směrnice o nebezpečných látkách a směrnice na ochranu před explozí
- **Národní zákony a vyhlášky**, jako např. vyhláška o bezpečnosti provozu, zákony o emisích a imisích (BImSchG, BImSchV, TA-Luft), zákon o bezpečnosti práce (ArbSchG), vyhláška o nebezpečných látkách (GefStofV), zákon o vodách (WHG)
- **Regionální a lokální předpisy**, jako např. stavební zákon, zákon o vodách/ o ochraně vod (VAwS), požární ochrana, doplňující emisní požadavky

Níže jsou popsány zákony, směrnice, vyhlášky a normy důležité pro instalaci a provoz zařízení parního kotle. Ty jsou přitom rozčleněny do následujících skupin:

- výroba kotlových zařízení
- zákony na ochranu před emisemi a imisemi
- právo v oblasti povolení/ povolení provozu
- provoz kotlových zařízení



Přitom je třeba respektovat, že platí i další směrnice EU nebo národní zákony a předpisy dané země. Následující diagram zobrazuje zásadní postup odděleně dle výroby, pro kterou platí evropské právo a provozu, pro nějž se aplikuje převážně dané národní právo.



Obr. 12 Způsob při výrobě a provozu na základě směrnice o tlakových zařízeních 2014/68/EU ¹⁰⁾

DGRL: Směrnice 2014/68/EU o tlakových zařízeních

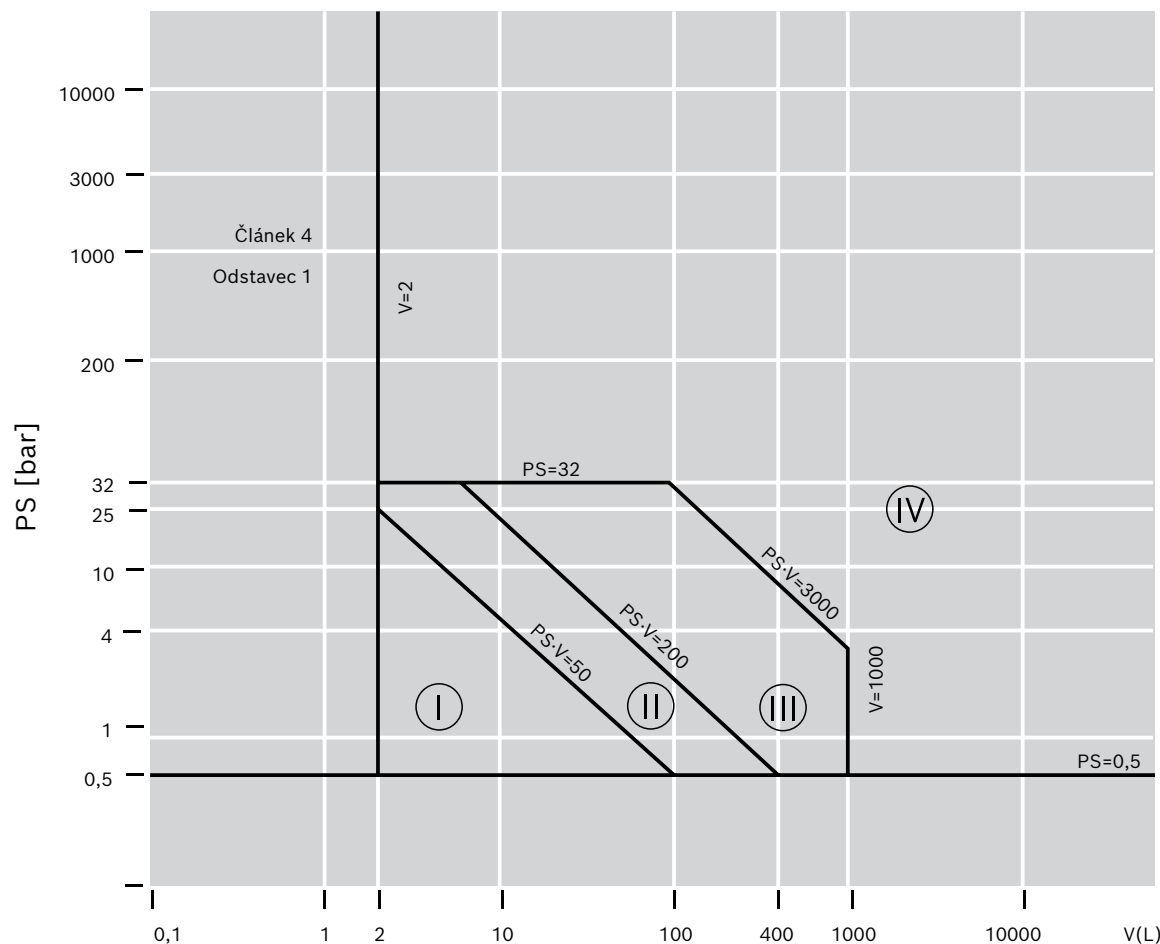
BetrSichV: Vyhláška o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci při používání pracovních prostředků

ZÜS: Autorizovaný kontrolní/ monitorovací orgán

6.1 Výroba

Výroba a prodej kotlových zařízení jsou v národním právu dané země upraveny harmonizací směrnice o tlakových zařízeních (směrnice EU 2014/68/EU) do národního práva. V Německu se tak děje 14. vyhláškou k zákonu o bezpečnosti zařízení a výrobků (vyhláškou o tlakových zařízeních). V ní jsou popsány dimenzování, výroba, materiál, kontrola a vypracování prohlášení o shodě tlakových zařízení a v rámci EU jsou tak stanoveny platné jednotné požadavky na jejich vlastnosti, které umožňují volné uvádění zařízení do oběhu a tím volný obchod se zbožím a první uvedení do provozu. Výrobci kotlových zařízení musí své produkty podrobit hodnocení shody a mohou pak jako výsledek vystavit osvědčení o shodě a na zařízení umístit značku CE.

Důležitou hranicí pro to, zda kotel nebo tlaková nádoba vůbec pod směrnici o tlakových zařízeních spadají, je maximální přípustný provozní přetlak 0,5 barů. Pokud není maximální přípustný přetlak vyšší, jako je tomu například u nízkotlakých kotlů, pak platí pro výrobu takzvaná osvědčená praxe. Všechny ostatní parní kotle jsou ve směrnici o tlakových zařízeních zařazeny do kategorií dle rostoucího potenciálu ohrožení způsobem odpovídajícím příloze II. Rozhodující pro zařazení je přitom součin objemu vody a přípustného provozního přetlaku. Pro většinu parních kotlů probíhá zařazení do kategorie IV.



Obr. 13 Zařazení parních kotlů dle směrnice o tlakových zařízeních do modulových kategorií

¹⁰⁾ TÜV Rheinland

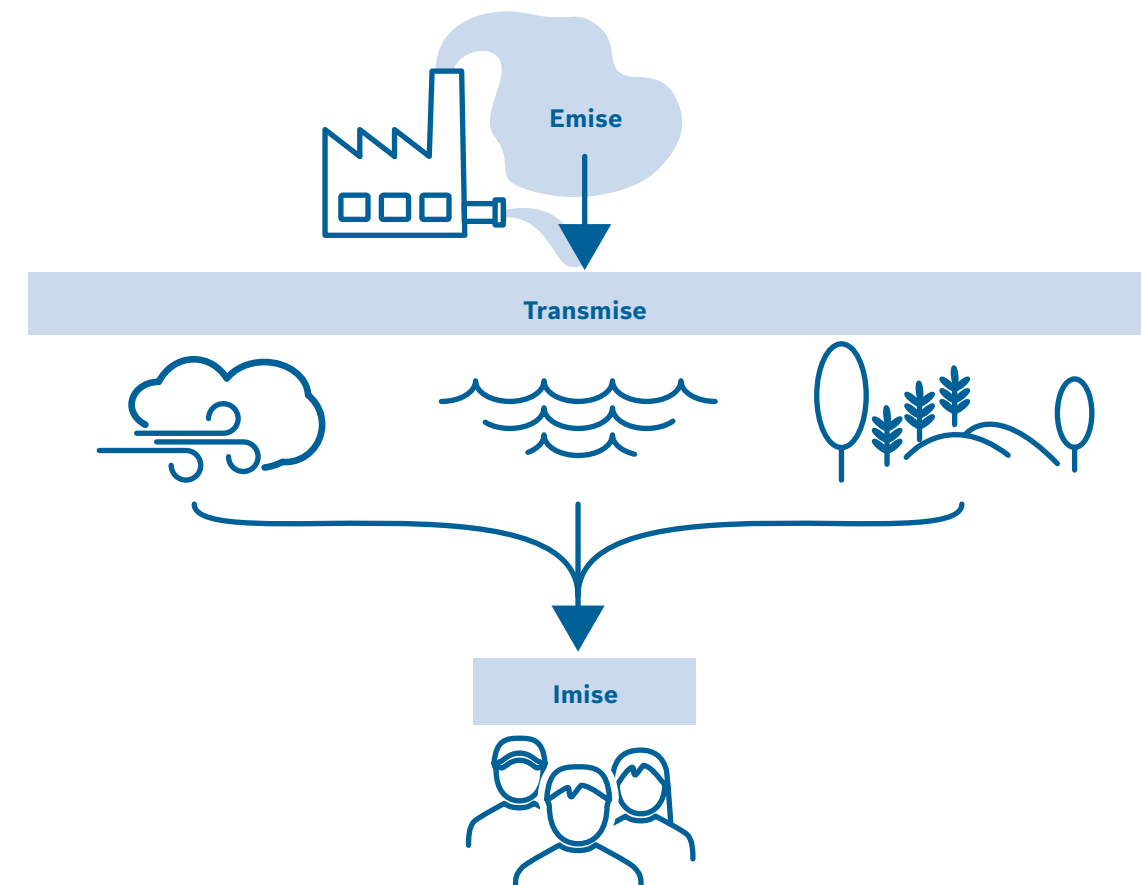
Četné certifikáty a homologace našich produktů ve více než 140 zemích celého světa svědčí o vysokých kvalitativních a výrobních standardech Bosch Industriekessel GmbH. Všechny kotle, komponenty kotlů a komponenty kotlen Bosch odpovídají platným evropským směrnicím s certifikací CE, zejména směrnici o tlakových a plynových zařízeních, na základě technických standardů (mj. TRD, AD 2000 a norem EN jako např. EN 12953). Většina našich produktů a komponentů je homologována v ES. Individuální zákaznická řešení obdrží přímo ze závodu od výrobce jednotlivé schválení oficiálním zkušebním ústavem.

Provedení našich produktů odpovídá aktuálním národním standardům, např. EAC (Euroasijská celní unie), TSG G0001 (Čína), SVGW/VKF (Švýcarsko), SI 4280 (Izrael) a mnoha dalším. Naše vybavení pro kotlové systémy dle EN 12953 jsou schválená pro provoz s občasnou obsluhou (BOSB 72h).

Výrobní závody Bosch Industriekessel disponují potřebnými certifikovanými systémy managementu kvality, např. EN ISO 9001, EN ISO 14001, Modul D dle směrnice o tlakových zařízeních, SI 430 (Izrael), MLSE (Čína). Navíc je Bosch Industriekessel certifikovaným výrobcem nejvyššího stupně kvalitativních požadavků pro svary EN ISO 3834 (část 2). Pro vlnité plamence je k dispozici schválená technologie dle TRD a směrnice o tlakových zařízeních. Autorizace firmy k provádění údržby kotlových zařízení a mezinárodní servisní síť nám umožňují provádět servis ve více než 140 zemích celého světa, částečně s dostupností 24/7.

6.2 Emise a imise

Ve většině zemí světa existují na ochranu životního prostředí a člověka emisní a/ nebo imisní předpisy, které jsou relevantní pro provoz zařízení parního kotle a musí být zohledněny při plánování.



Obr. 14 Rozlišení emise, transmise, imise

- **Emise** je vypouštění škodlivin do životního prostředí. Vznikají například provozem elektráren, průmyslových zařízení, motorových vozidel. Osoba nebo předmět vydávající emise se označují jako zdroj emisí.
- **Transmise** je distribuce emisí do ovzduší, vod nebo půdy.
- **Imise** je znečištění z ovzduší, vod nebo půdy, které působí na člověka nebo jiné organismy.

Pro kotlová zařízení jsou stanovené následující emise:

- Emise v ovzduší (spaliny ze spalovacích zařízení)
 - oxidy dusíku (NO_x)
 - sloučeniny síry (SO_2)
 - oxid uhelnatý (CO)
- Hluk
- Odpadní vody a ochrana vod
 - Dodávky, skladování a distribuce látek ohrožujících vody (např. topného oleje)
 - Vypouštění odpadních vod s požadavky na obsahové látky (např. hodnota pH, teplota)



6.3 Spalovací zařízení

6.3.1 Evropské předpisy a směrnice

V Evropě tvoří následující směrnice právní rámec a definují minimální požadavky, které mohou být na národní nebo regionální úrovni formulovány ještě přísněji.

Oblast platnosti/ výkon spalov. zař.	Směrnice
≤ 400 kW	EuP směrnice 2005/32/EG Energy-using Products Directive
1 ... 50 MW	MCPD směrnice EU 2015/2193 Medium Combustion Plant Directive
> 50 MW	IED směrnice 2010/75/EU Industrial Emissions Directive

Tab. 7 Oblast platnosti evropských směrnic pro spalovací zařízení

Mezi 400 kW a 1 MW tak vzniká mezera, kterou vyplňuje národní právo bez předepsaných regulací ze strany EU. Kromě toho není důležité téma vyhodnocování emisí ve směrnicích EU definováno a může tak být mezi jednotlivými státy pojato rozdílně.

Výkony spalovacích zařízení s více jednotkami výroby energie se také sčítají, základem pro to je dle směrnice MCPD a IED to, zda jsou spaliny odváděny přes společný komín nebo po schválení příslušným úřadem tak můžou být odváděny. I zde vzniká prostor pro úpravy národní legislativou a regionálními předpisy, čímž mohou být zařízení v různých částech Evropy hodnocena rozdílně.

6.3.2 Německé předpisy¹⁾

V německém právu toto upravuje zákon na ochranu před škodlivými vlivy na životní prostředí zněčištěním ovzduší, hlukem, otřesy a podobnými jevy (Spolkový zákon na ochranu před imisemi, BImSchG). Konkrétní předepsané emisní a imisní hodnoty vztahující se k jednotlivým látkám jsou pak závazně stanoveny v příslušných Spolkových vyhláškách na ochranu před imisemi (BImSchV) a v Technickém návodu k udržování čistoty ovzduší (TA-Luft). Dále jsou předepsány odpovídající postupy pro měření a výpočty. TA-Luft se zaměřuje na povolovací orgány pro průmyslová a živnostenská zařízení podléhající povolovací povinnosti a je pro ně závazná.

Paliva	1. BImSchV „Malá a střední spalovací zařízení“	4. BImSchV „Zařízení podléhající povinnému povolení“	13. BImSchV „Velká spalovací zařízení“
		Odstavec 1	Odstavec 2
Topný olej EL, rostlinný olej, metylestery rostlinných olejů	< 20 MW	–	≥ 20 < 50 MW ≥ 50 MW
Zemní plyn, kapalný plyn, vodík, plyny z veřejné distribuční sítě	< 20 MW	≥ 50 MW	≥ 20 < 50 MW ≥ 50 MW
Kalové plyny, bioplyn, koksárenský plyn, důlní plyn, vysokopecní plyn, rafinační plyn, syntézní plyn	< 10 MW	–	≥ 10 < 50 MW ≥ 50 MW
Topné oleje, kromě EL(Těžký topný olej, stř. lehký TO)	–	–	≥ 1 < 50 MW ≥ 50 MW

Tab. 8 Limitní hranice dle BImSchV, přiřazení dle celkového výkonu spalovacího zařízení

¹⁾ Obsahy se zakládají na německých předpisech, stav k 15.06.2018. Aktuální požadavky najdete vždy aktuálně online v našich odborných zprávách.



6.4 Povolení

V této kapitole se věnujeme zejména instalaci, povolování, provozování a monitoringu parních kotlových zařízení, přičemž o předpisech pro stavbu kotlových zařízení a komponentů kotlových zařízení a jejich uvádění do oběhu se pojednává pouze tehdy, když je to pro provoz kotlového zařízení relevantní.

Při plánování a stavbě kotlového zařízení se doporučuje si včas s úřady odsouhlasit plánovaná opatření, podklady nezbytné pro povolení a obsah povolení. Mnoho úřadů nabízí jako servis předjednání žádosti.

Nejprve musí být pro kotlové zařízení prověřeno, zda je třeba povolovací řízení dle Spolkového zákona na ochranu před imisemi (BImSchG) nebo zjednodušené povolovací řízení.

Ve vyhlášce o zařízeních podléhajících povolovací povinnosti (4. BImSchV) je popsáno, pro která zařízení je nezbytné povolení ke zřizování a provozu dle Spolkového zákona na ochranu před imisemi. Zde se může povolovací řízení týkat jak kotlového zařízení, tak i samotného provozu podniku, v němž je kotlové zařízení zřizováno.

Zařízení podléhající povinnému povolení jsou následně uvedena v příloze 4. BImSchV. Jedná se o průmyslová zařízení všeho druhu, z nichž mohou vycházet podstatné negativní vlivy na životní prostředí. Pouze zařízení uvedená v této příloze vyžadují při novostavbě nebo při podstatné změně (již existujícího zařízení) povolení dle BImSchG (novostavba dle §4 BImSchG, podstatná změna dle §16 BImSchG).

Pokud parní kotlové zařízení nebo provoz nespadají pod 4. BImSchV, pak je nezbytné povolovací řízení.

Povolovací řízení

Dle § 18 odst. 1 č. 1 vyhlášky o bezpečnosti provozu (BetrSichV 2015) je k zřizování a provozu, jakož i ke změnám konstrukce nebo způsobu provozu, které ovlivňují bezpečnost, třeba povolení příslušného úřadu. Do této kategorie spadají všechny parní kotle skupiny 4 (odpovídá kategorii 4 staré vyhlášky). Povolení přitom zahrnuje celé zařízení parního kotle se všemi zařízeními nezbytnými pro provoz:

- parní kotel
- spalovací zařízení se všemi zařízeními k zásobování vzduchem a předehřev vzduchu
- všechna zařízení pro přívod paliv
- přehřívák a ekonomizér
- nosnou konstrukcí pro kotel
- izolaci a vyzdívku
- všechny díly patřící ke spalinovým cestám jako kouřovody, tlumiče a komín
- parní potrubí a horkovodní potrubí s armaturami
- všechna monitorovací a bezpečnostní zařízení
- všechny další části zařízení, které slouží k provozu parního kotlového zařízení
- místnost/ prostor instalace kotlového zařízení

Žádost o povolení musí být podána u příslušného úřadu (dle místa zařízení). V závislosti na dané spolkové zemi je to:

- krajský úřad
- živnostenský úřad
- zemský správní úřad
- zemský úřad pro bezpečnost práce, ochranu zdraví při práci a technickou bezpečnost (LAGetSi)

K žádosti musí být přiloženy všechny podklady, které jsou k posouzení žádosti nezbytné. Spolkové země k tomuto účelu vypracovaly kontrolní checklisty.

Pokud jsou podklady žádosti úplné, je povolení uděleno během tří měsíců.

Vedle povolení dle BetrSichV jsou třeba také potřebná stavební povolení, resp. eventuálně vodoprávní rozhodnutí a další povolení. Ta nejsou součástí povolovacího řízení.

V žádosti o povolení jsou popsány technické údaje ve formě příloh.

Pro detailnější informace:

- **Pomůcka pro povolovací řízení dle § 18 Vyhlášky o bezpečnosti provozu**
Vysvětlení a pracovní pokyny zemského úřadu pro bezpečnost práce, ochranu zdraví při práci a technickou bezpečnost Berlín, Referát I A
- **Zařízení podléhající povinnému dohledu**
Bezpečně provozovat zařízení a pracovní prostředky od Ministerstva práce, zdraví a sociálních věcí země Severní Porýní - Westfálsko
- **Přílohy pro povolovací řízení pro parní kotle dle § 18 BetrSichV od svazu TÜV e.V.**



Jako výrobce parních kotlových zařízení Vás podpoříme s příslušnými udaji, které se týkají našeho rozsahu dodávky, v již předvyplněných formulářích.

Kontrolní zpráva vypracovaná autorizovaným kontrolním místem (ZÜS)

Se žádostí o povolení musí být v rámci povolovacího řízení dle § 18 BetrSichV odevzdána kontrolní zpráva vypracovaná autorizovaným kontrolním místem (ZÜS).

V rámci zprávy jsou komplexně posouzena ohrožení spojená s provozem parního kotlového zařízení. K žádosti musí být žadatelem přiloženy všechny podklady nezbytné k posouzení zařízení. Podklady žádosti musí být úplné, vztažené k místu a natolik vypovídající, aby bylo možné závěrečné posouzení.

Při pozitivním výsledku bude v kontrolní zprávě potvrzeno, že instalace, konstrukce a způsob provozování zařízení odpovídají požadavkům BetrSichV. Pro zřízení a provoz parního kotlového zařízení mohou být stanoveny závazné povinnosti, které pak budou převzaty příslušnými úřady a ty se opět objeví v usnesení o rozhodnutí.



6.5 Provoz

Zřízení, provoz a monitorování kotlových zařízení jsou v Německu upraveny ve Vyhlášce o bezpečnosti provozu (BetrSichV) a v k nim zveřejněných Technických pravidlech bezpečnosti provozu (TRBS).
Doplňkově mohou být použity ještě věstníky VdTÜV jako Směrnice pro instalace parních kotlových zařízení; výfukových ploch; parních kotlů V-DK-007.

Vyhláška o bezpečnosti provozu platí pro poskytování pracovních prostředků zaměstnavatelem, jakož i pro používání pracovních prostředků zaměstnanci při práci.

Musí zde být kromě jiného dodržovány následující body:

- vytvoření posouzení ohrožení a jeho pravidelná prověrka
- zjišťování kontrolních lhůt částí zařízení a celkového zařízení, pověření ZÜS, potvrzování zjištěných kontrolních lhůt
- školení personálu obsluhy
- dostupnost provozních návodů
- realizace pokynů pro nebezpečí z provozních návodů a pokynů
- vypracování kontrolních checklistů pro obsluhu kotle
- vedení provozního deníku kotle
- pravidelná údržba kotlového zařízení personálem obsluhy a personálem údržby, jakož i odbornou osobou
- provádění periodických kontrol kotle



Zabránění chybám



1	V plánování	77
1.1	Parní výkon	77
1.2	Zásobování palivem	78
1.3	Místo/ prostor instalace	79
2	Při instalaci	81
2.1	Potrubí	81
2.2	Držáky / závěsy	87
3	V provozu	89
3.1	Monitoring kvality vody	90
3.2	Kavitace na čerpadlech	93
3.3	Nastavení spalovacího zařízení	94
3.4	Znečištění a zbytky v potrubích	96
3.5	Překlemování bezpečnostních zařízení	100
3.6	Nebezpečné práce	101



Učit se z chyb

„Chytrý člověk nedělá všechny chyby sám. Dá šanci i druhým.“
Winston Churchill ^{IV)}

Tato kapitola má přispět k tomu, aby Vás na základě některých příkladů upozornila na možné chyby při plánování, instalaci a provozu parních kotlových zařízení.

Přitom byste si měli být vždy vědomi:

- Počet možných chyb je nekonečný, zatímco pro optimální zařízení existuje jen jedno řešení.
- Každé chyby, která je možná, se také dopustíme.

Kapitola se člení dle častých chyb, které nastávají

- při plánování,
- při instalaci (resp. detailním plánování)
- při provozu

parních kotlových zařízení. Tyto chyby vedou krátkodobě nebo dlouhodobě ke škodám na kotlovém zařízení, k potenciálně nebezpečným situacím, snižují efektivitu zařízení nebo způsobují jiné provozní problémy. Výčet však nemůže a ani nechce zcela pokrýt všechny možné chyby.

Největší chyba, které je možné se dopustit, je o tom neinformovat. Budeme rádi, když také přispějete k tomu, abychom pomocí příkladů zabránili dalším chybám.

1 V plánování

K chybám v plánování často dochází na základě nedostatečné znalosti pozdějšího provozu nebo tím, že nezbytné požadavky kotlového zařízení nebyly správně zohledněny. Přitom je velmi užitečné data, která jsou již k dispozici, prověřit z hlediska jejich plauzibility se všemi osobami, které se na plánování podílí. Zejména při delší době trvání projektu mohou nastat značné odchylky oproti prvotnímu zjišťování.

1.1 Parní výkon

1.1.1 Předimenzování

Předimenzování samo o sobě nepředstavuje problém pro udržení provozu parního kotlového zařízení. Pravděpodobnost neekonomického způsobu provozu zařízení se však zvyšuje a díky častému spínání, tzv. taktování hořáku, mohou vznikat vysoké termické zátěže na plamenci, které mohou snižovat jeho životnost.

Předimenzování pak často nastává, když jsou naplánovány bezpečnostní rezervy na více místech. Provozovatel již plánuje s dalším rozšířením svých zařízení, projektant se jistí a přitom v mnoha komponentech je bezpečnostní rezerva již zahrnuta v dimenzování ze strany výrobce.

- Problémy:**
- neekonomický provoz
 - velké zatížení vzniklé častým spínáním spalovacího zařízení
- Příčina:**
- instalovaný parní výkon je vyšší než skutečná potřeba
- Náprava:**
- správné plánování parního výkonu
 - dimenzovat zařízení pokud možno na pokrytí malého částečného výkonu
 - stanovit koncept provozu v částečném výkonu
 - instalovat menší výkon hořáku

→ Plánování – Kapitola 3.2.1: Maximální parní výkon, strana 47

IV) Citáty pro manažery: Über 2.600 Sinnsprüche, die Ihre Botschaft auf den Punkt bringen, 2018



1.1.2 Poddimenzování

Poddimenzování představuje značný provozní problém. Kotle bez odpovídajících ochranných funkcí padají hluboko pod běžný provozní přetlak. Přitom je do parního potrubí vnášeno stále více vody a nastávají poruchy z důvodu enormních výkyvů hladiny vody.

- Problémy:**
- tlak páry klesá
 - vlhkost páry stoupá
 - nelze dosáhnout požadovaného tepelného výkonu
- Příčina:**
- instalovaný parní výkon je menší než skutečná spotřeba/ potřeba
- Náprava:**
- správné plánování parního výkonu
 - zohlednění velkých skoků ve výkonech
 - návrh kaskádového řízení kotle

1.2 Zásobování palivem

Při zásobování plynového spalovacího zařízení palivem je třeba dbát zejména na tlak proudění plynu při plném výkonu. Pokud je tlak proudění plynu příliš nízký, dochází k poruchám na spalovacím zařízení. Někdy je nezbytný tlak proudění na regulační plynové řadě předáván přímo distributorovi plynu, aniž by byl zohledněn odpor v plynovém potrubí mezi předávací stanicí plynu a plynovou regulační řadou. Stejně tak je třeba dbát na to, aby byl dostatečný odstup mezi tlakem proudění plynu nezbytným pro provoz a nastavenými hodnotami pro tlaková redukční a bezpečnostní zařízení tak, aby se ani při zavření dvojítych magnetických ventilů spalovacího zařízení neaktivovala.

- Problémy:**
- není dosažen plný parní výkon
 - časté poruchy hořáku
- Příčina:**
- hydraulický tlak plynu na plynové regulační řadě je příliš nízký
 - silně kolísající tlak plynu
 - znečištěný plynový filtr
- Náprava:**
- správné plánování plynového potrubí
 - vyčištění plynového filtru
 - zohlednění všech odporů mezi plynovou předávací stanicí a plynovou regulační řadou kotle při maximálním výkonu

1.3 Místnost/ prostor instalace

Aby bylo zaručeno bezpečné spalování, je nezbytně nutné, aby byly otvory přírodního vzduchu v kotelně dimenzovány dostatečně velké a byly během provozu hořáku zcela otevřené. Pokud není dostatečně zajištěno zásobování přírodním vzduchem, může docházet z důvodu nedostatku spalovacího vzduchu k tvorbě sazí až ke vznícení s nejtěžším poškozením kotle.

Pokud se v oblasti otvorů přírodního vzduchu nachází potrubí ohrožená zámrzem, jako například potrubí čerstvé vody, je třeba v zimě dbát na nebezpečí mrazu.

Aby bylo zabráněno zátěži způsobované hromadícím se teplem pod stropem kotelny, musí být navíc naplánovány odvětrávací otvory. Izolace kotlů, potrubí a armatur jsou sice stále lepší a tepelný výkon vydávaný směrem do kotelny klesá, přesto musí být zbývající teplo z kotelny odváděno. Zejména elektronická spínací zařízení mohou při příliš vysokých okolních prostorových teplotách selhávat.

- Problémy:**
- nedostatek vzduchu při spalování (tvorba CO)
 - podtlak v kotelně
 - hromadící se teplo v kotelně
 - nebezpečí zamrzání u otvorů přírodního vzduchu
- Příčina:**
- příliš malé otvory přírodního vzduchu
 - otvory pro odvětrávání
- Náprava:**
- správné plánování otvorů přírodního vzduchu a otvorů pro odvětrání kotelny
 - zabránění nebezpečí zamrznutí potrubí



2 Při instalaci

Stále znovu vznikají chyby při instalaci a montáži, neboť na větších projektech většinou spolu poprvé spolupracuje více firem a existuje zde mnoho rozhraní, ale také musí být dodrženo mnoho specifických montážních návodů výrobců. Vedle toho často hraje rozhodující roli časový tlak. Dost často nejsou zkoordinovány potrubní trasy různých profesí a kdo je na místě první, montuje nejdříve bez ohledu na následné instalace.

Přitom vznikají problematické chyby jako např. chybný směr proudění vestavěných měřících přístrojů nebo chybné přípojky na tepelném výměníku či na bezpečnostních ventilech, které se projeví až při uvedení do provozu a musí být opraveny.

Bohužel se zas a znovu najdou zařízení a potrubí, která jsou špatně nebo neoptimálně nainstalována. Níže uvedené problémy nejsou při uvádění do provozu a převímce zařízení rozpoznány, nebo jsou rozpoznány pouze částečně a mají za následek trvale horší provozní stavy.

Projevují se v:

- příliš vysokých investičních nákladech (příliš kolen, potrubí není vedené rovně)
- odpovídajících provozních nákladech (vysoké tlakové a tepelné ztráty)
- špatné obslužnosti a možnosti údržby



Obr. 15 Vypouštění odpadních vod nad 100 °C na odpadní jímce pod hladinou vody (na hrdle pro < 100 °C)

2.1 Potrubí

Potrubí je často z různých důvodů na mnoha místech vedeno v různých výškových úrovních, přičemž vznikají výškové skoky. Přitom platí, že musí být dodržována dvě jednoduchá základní pravidla.

- potrubí odvodňovat v nejnižším místě
- potrubí odvzdušňovat v nejvyšším místě

2.1.1 Parní potrubí

U parních potrubí je třeba respektovat obzvláště to, že při najíždění vzniká kondenzát ve velkém rozsahu procesem zahřívání, ale i během trvalého provozu tepelnými ztrátami potrubí. Tento kondenzát musí být z parního potrubí odveden, neboť jinak mohou vznikat kapky vody, které jsou proudem páry ve velké rychlosti strhávány s sebou, což pak může vést k vodním rázům, které mají za následek škody na potrubích, armaturách nebo na závěsech. Při vedení parních potrubí je třeba dodržovat následující body.

Naplánovat odvodňovací místa

- bezprostředně před všemi regulačními ventily a tlakovými redukcemi, aby bylo zabráněno hromadění kondenzátu v zavřeném stavu
- před ručními a motorovými ventily, které zůstávají po delší dobu zavřené
- ve všech nejnižších bodech kolmých úseků potrubí a před výškovými skoky
- na konci potrubí

Respektovat sklon potrubí

Kondenzát vznikající v jednom úseku potrubí musí mít možnost odtéci k dalšímu odvodu kondenzátu. Ve směru proudění je to podporováno rychlostí proudění panující v daném potrubí. Proto by měla být snaha o sklon ve směru proudění. Odvodňovací místa by měla být k dispozici v rozestupu 25 ... 50 m.

Sklon by přitom neměl být nižší než 1 ... 3 %, přičemž v ideálním případě sklon se vzdáleností k poslednímu odvodňovacímu místu lehce narůstá, neboť tam musí být také odváděno větší množství kondenzátu.

Krátké kusy potrubí mohou být při vyšším sklonu > 5 % odvodňovány odpovídajícím způsobem i proti směru proudění.

Důležité je pouze, aby kondenzát mohl nerušeně odtékat a na žádném místě v potrubí se nemohly tvořit vodní kapsy.

Sběrné hrdlo kondenzátu

Odvaděče kondenzátu k odvodnění potrubí jsou z důvodu tlakového spádu často dostačující pouze v malé jmenovité světlosti připojení (DN 15 ... 25). Pokud je však jmenovitá světlost přípojky pro přímé připojení na parní potrubí provedena příliš malá, je kondenzát proudící do potrubí vysokou rychlostí přes odvodňovací místo částečně spláchnut pryč, takže odváděč kondenzátu téměř nemá účinek. Proto by mělo být vždy naplánováno dostatečně velké sběrné hrdlo kondenzátu, které zajistí efektivní odvodnění. Stejně tak je třeba dbát na to, aby byl ve sběrném hrdle kondenzátu k dispozici dostatečný objem pro usazení nečistot, aby bylo zabráněno výpadkům funkce na odvaděčích kondenzátu.

Sběrné hrdlo působí zejména při najíždění zařízení, ale i jako akumulací objem, když zahříváním potrubí vznikají velká množství kondenzátu. Přípojka odvaděče kondenzátu by měla odbočovat zhruba 50 ... 100 mm nad dnem sběrného hrdla tak, aby se nečistoty a usazeniny nedostaly přímo do odvaděče.

→ Technika - Kapitola 5.2, Parní potrubí, strana 223

- Příčina:**
- vodní rázy se škodami na potrubích, armaturách a závěsech
 - díky špatnému odvodnění se tvoří v potrubí vodní kapky s vysokou rychlostí
- Náprava:**
- správně zvolený odvaděč kondenzátu namontovaný ve vhodném místě

2.1.2 Spojení potrubí

Svedení potrubí se stejnou funkcí je ve stavbě zařízení běžný postup. Samozřejmě jsou tak například parní potrubí z více kotlových zařízení sloučena do zásobovacího potrubí s odpovídající jmenovitou světlostí. To je však možné pouze tehdy, když tím není negativně ovlivněna funkce. Zejména u odfukovacích potrubí pojistných ventilů to může vést k závažným problémům.

Odfukovací potrubí pojistných ventilů musí být vedena vždy odděleně a pokud možno přímou cestou do volného prostoru. Svedení potrubí dohromady ovlivňuje funkci pojistného ventilu a nezbytná vyfukovací množství jsou podkročena. Díky vysokým reakčním silám, které při aktivaci vznikají, by se mohlo potrubí dokonce utrhnout.

- Problémy:**
- možné nepřipustné zvýšení tlaku v kotli
 - bezpečnostní funkce již není dána
 - porušení předpisů
 - možné utržení potrubí
- Příčina:**
- příliš vysoký odpor proudění v potrubí
 - zpětné působení na bezpečnostní ventil (kmitání)
- Náprava:**
- odfuk bezpečnostních ventilů vést vždy odděleně



Obr. 16 Nepřipustné svedení potrubí bezpečnostního ventilu a potrubí expandované páry dohromady

2.1.3 Redukce jmenovité světlosti a příliš dlouhá potrubí

Odvzdušňovací potrubí

Pokud nejsou odvzdušňovací potrubí, jako například na expandéru odkalu, dále vedena tak, jak je předepsáno, ve stejné jmenovité světlosti, existuje nebezpečí nepřipustného nárůstu tlaku. Následkem je zabránění odtoku a může vést ke zničení zásobníku konstruovaného pro beztlaké využívání ($\leq 0,5$ bar).



Obr. 17 Redukce potrubí expandované páry může vést k nárůstu tlaku v zásobníku a tím k jeho roztržení

Potrubí brýdové páry

Při redukci potrubí brýdové páry odplyňováku může být odvádění kyslíku a oxidu uhličitého bráněno do takové míry, že už vůbec nedochází k úplnému odplynění. Následek toho je pak koroze v kotli a potrubích. Pokud navíc k tomu není kvalita vody pravidelně kontrolována tak, jak je to předepsáno, může to způsobit poškození velkých dílů kotlového zařízení a jejich následnou výměnu.

Problémy:

- nepřipustné zvýšení tlaku
- omezená funkce

Příčina:

- redukce jmenovité světlosti potrubí a tím příliš vysoký odpor proudění v potrubí

Náprava:

- potrubí v předepsané jmenovité světlosti a z předepsaného materiálu odvádět pokud možno přímo do volného prostoru



Obr. 18 Zúžení (1) potrubí expandované páry na odkalovací nádrži. Svedení (2) potrubí expandované páry od pojistného ventilu a potrubí brýdových par. Provedení potrubí brýdových par není v nerez(3).

2.1.4 Bezpečné vyvedení

Všechna potrubí, zejména však odfuk pojistných ventilů, která odvádí páru ven do volného prostoru, musí být vedena tak, aby tím nevznikalo žádné další nebezpečí pro člověka, zařízení nebo budovu. Pára proudí ven většinou velmi vysokou rychlostí a s vysokou teplotou. Vývody proto nesmí křížit žádné komunikace a nesmí být namířeny na části zařízení, které jsou citlivé na teploty.

- Škody:**
- světlíky budov zničené horkou párou odfuku pojistných ventilů (levý obr.)
 - ohrožení personálu obsluhy a škody na elektronických komponentech (pravý obr.)

- Příčina:**
- potenciál nebezpečí není rozpoznán
 - vyústění odfuku namířené přímo na světlík nebo uvnitř kotelny

- Náprava:**
- potrubí musí končit ve venkovním prostoru bez jakéhokoliv nebezpečí



Obr. 19 Odfuk pojistného ventilu

2.1.5 Chybně namontované armatury

Často se vyskytují chybně namontované armatury vzhledem ke směru proudění. Často je tento problém díky vadné funkci také okamžitě rozpoznán. Zejména u zpětných klapek se to však vždy rozpoznat nedá. V daném případě byla zpětná klapka chybně namontována na volnoběh regulačního modulu napájecí vody, takže minimální množství nezbytné pro čerpadlo již nemohlo téci zpět do zásobníku napájecí vody. To vedlo k tomu, že nejprve selhalo první čerpadlo napájecí vody. Další šetření příčin neprobíhalo, neboť napájecí čerpadlo bylo vyměněno v rámci záruky. Protože však chyba nebyla odstraněna, selhalo i druhé a třetí čerpadlo. Teprve poté se hledala vlastní příčina a ta byla následně odstraněna.

- Škody:**
- tři defekty, zadřená napájecí čerpadla
- Příčina:**
- žádné přivádění minimálních množství, neboť zpětná klapka byla na volnoběhu namontována v chybném směru průtoku
- Náprava:**
- použít předmontované moduly
 - prověřit všechny provozní podmínky při uvádění do provozu
 - prověřit příčiny škody

2.2 Závěsy/ držáky

U závěsů potrubních vedení je, bohužel, možno stále znovu pozorovat výrazné vady, jako například:

- závěsy jsou poddimenzované
- rozestupy mezi závěsy jsou příliš velké
- není respektována tepelná roztažnost v provozu
- stěna nebo strop jsou příliš slabé na to, aby mohly pojmout vznikající síly

Ani pojistný ventil ani plechová střecha nemohou pojmout síly, které se uvolňují při aktivaci pojistného ventilu. Zde nepomůže, že by se měla potrubí odfuku vzájemně podepírat. Naštěstí byla chyba rozpoznána před prvním testem, neboť by jinak hrozilo utržení potrubí.

- Problém:**
- možné výrazné škody na stavbě a nebezpečí pro personál obsluhy

- Příčina:**
- žádné závěsy či držáky potrubí

- Náprava:**
- vhodné závěsy/ držáky naplánovat pro všechny vznikající síly



Obr. 20 Chybějící fixační závěsy/držáky potrubí odfuku pojistných ventilů



Obr. 21 Tepelná roztažnost potrubí odfuku bezpečnostních ventilů není možná



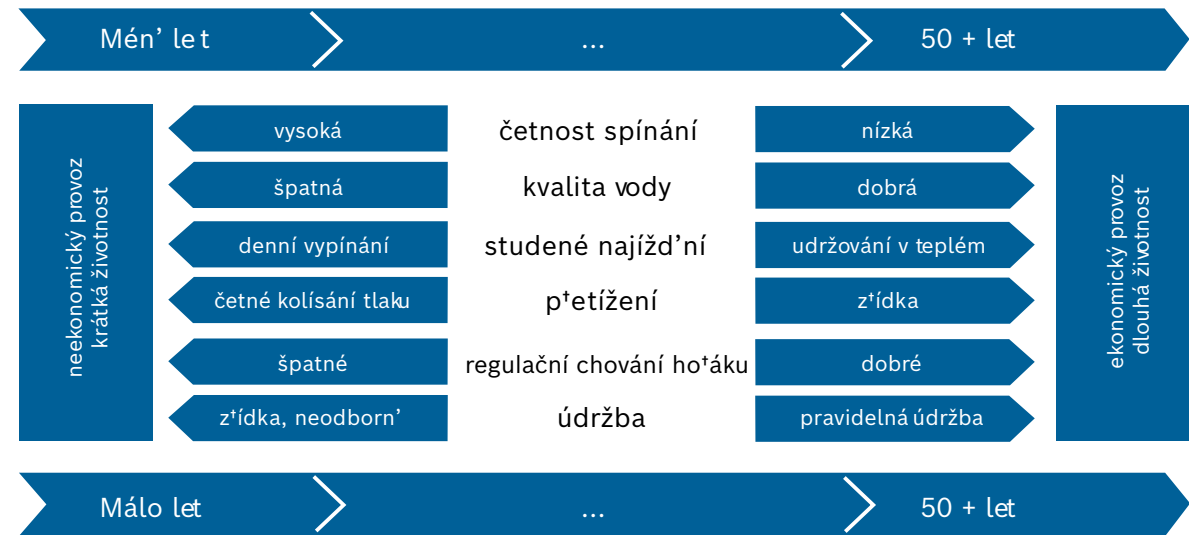
3 V provozu

Životnost tělesa kotle je při dobré péči přes 50 let. V praxi však na kotlové zařízení působí mnoho různých faktorů, které mohou životnost kotle značně zkrátit. V této kapitole chceme, především na základě jednotlivých případů, na toto téma upozornit provozovatele. Přitom nemohou být, samozřejmě, detailně reprodukovány všechny možné příčiny škod. Obecně však platí, že vzniklé škody také vždy mají odpovídající příčiny. Vedle odborného odstranění škody a obnovení provozní pohotovosti kotle platí, že tyto příčiny musí být nalezeny a pro další provoz eliminovány.

Životnost elektronických a elektrických komponentů je zpravidla zřetelně nižší než životnost tělesa kotle. Zejména u bezpečnostně relevantních komponentů musí jejich výměna probíhat před uplynutím jejich životnosti. Funkce digitálního asistenta efektivity MEC Optimize je přitom podporou provozovateli při tomto úkolu a při preventivní údržbě obecně.

→ Produkty – Kapitola 6.4: MEC Optimize, strana 377

Často mohou být škody již předem rozpoznány a jejich příčiny odstraněny. K tomu je však základním předpokladem otevřená výměna informací mezi provozovatelem, výrobcem zařízení a zákaznickým servisem.



Obr. 22 Vlivy způsobu provozování kotle na jeho životnost



3.1 Hlídání kvality vody

3.1.1 Tvrdost vody/ vápenaté usazeniny

V surové vodě jsou kromě jiných škodlivých obsahových látek obsaženy také alkalické zeminy, často označované jako tvrdost. Známe je také z usazenin v rychlovarné konvici nebo v kávovaru. Již vrstva o síle pouhého 1 mm vápenatých usazenin vede ke značně redukovanému přechodu tepla na straně vody. Především na termicky vysoce namáhaných konstrukčních prvcích, jako jsou plamenec nebo trubkovnice vnitřní obrátové komory, to může vést ke značným škodám.

V daném případě bylo díky dalším přidaným spotřebičům stávající změkčovací úprava vody stále znovu přetěžována. Hlídání tvrdosti chybělo, čímž nebylo přetížení rozpoznáno.

Tím se dostávala zbytková tvrdost i do kotle, v němž se na straně vody vytvořily povlaky. Tyto povlaky vedly k redukovanému přechodu tepla s lokálním přehříváním a v důsledku toho k trhlinám na trubkovnici.

Věděli byste to?

Při tvrdosti vody 10°dH (střední rozsah tvrdosti) je přepravováno na m³ vody až 70 g vápenatých usazenin.

V přepočtu na kotel s parním výkonem 10 t/h a s nepřetržitým provozem po dobu 10 dnů tak v kotli vznikne téměř 500 kg vápenatých usazenin.



- Škody:
- trhliny na trubkovnici z důvodu přehřívání v této oblasti
- Příčiny:
- vznik tvrdosti a usazenin ve vodním prostoru
- Náprava:
- vedení provozního deníku kotle s pravidelnými zápisy o kvalitě vody a kontrolách, že je dodržována směrnice pro vlastnosti vody
 - nasazení hlídání zbytkové tvrdosti

→ Technika – Kapitola 4.5: Hlídání kvality vody, strana 207



Obr. 23 Vápenaté usazeniny na straně vody na trubkovém poli a trubkovnici kotle



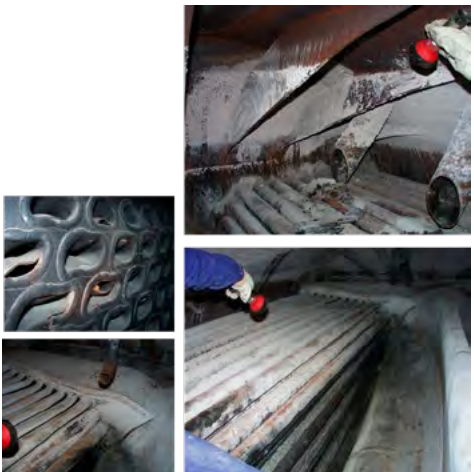
Obr. 24 Spalinová strana s trhlinami v trubkovnici obrátové komory

3.1.2 Výskyt cizích látek v kondenzátu

Energeticky a ekonomicky je veskrze smysluplné vznikající kondenzát z provozu odvádět zpět do vodního/ parního okruhu. Kondenzát však může být znečištěný výrobním procesem. V tomto příkladu byl díky netěsným tepelným výměníkům ve výrobě kondenzát znečištěn tuky. V kotli se tuk ukládal na teplosměnných plochách a také zabezpečení proti nedostatku vody, což vedlo k přehřívání teplosměnných ploch.

- Škody:
- totální poškození tělesa kotle z důvodu přehřátí
 - vboulený plamenec a kouřové trubky
- Příčina:
- žádné hlídání kondenzátu vzhledem k průniku cizích látek
- Náprava:
- prověřit, zda je možné znečištění kondenzátu
 - naplánovat hlídání kondenzátu

→ Technika – Kapitola 4.5: Hlídání kvality vody, strana 207



Obr. 25 Vrstva tuku a nečistot v kotli jako příčina deformace plamenice a vnitřní obrátové komory



3.1.3 Dávkování chemikálií k úpravě vody

V podstatě musí dávkování plnit dva úkoly. Na jedné straně musí být navázány možné podíly zbytkového kyslíku nebo zbytkové tvrdosti, na druhé straně musí být hodnota pH v napájecí vodě a v kotli udržována v přípustných limitech. Často jsou dávkovací čerpadla spínána paralelně s napájecími čerpadly kotle nebo s regulací přídavné vody, což umožňuje množstevně proporcionální dávkování. Dávkovací výkon se přizpůsobuje hodnotám naměřeným v kotlové vodě, aby tak byla koncentrace dávkovaných prostředků udržována v rozsahu orientačních hodnot. Smysluplné je nastavení v rozsahu 30 ... 100 % výkonu dávkovacích čerpadel. Pokud by to nedostačovalo, pak se musí koncentrace dávkovaného prostředku změnit.

Jak podlimitní dávkování, tak i nadměrné dávkování, může vést k negativnímu ovlivnění bezproblémového provozu kotle nebo k závažným škodám.

Časté, opakující se problémy s kvalitou vody však většinou není třeba hledat v dávkování samém, nýbrž se často skrývají v předřazené úpravě vody a v jejím hlídání. Dávkování pak již není schopné normální výkyvy vyrovnávat.

Problém: • dodržování limitních hodnot vody

Příčina: • nastavení dávkování
• problémy na úpravě vody

Náprava: • pravidelné kontroly vody
• kontrola nastavení dávkování
• kontrola úpravy vody
• kontrola hlídání kondenzátu
• automatizovaná kontrola vody

3.2 Kavitace čerpadel

Pod kavitací se rozumí tvorba a uvolňování bublin páry v kapalinách. Přitom dochází k odpařování poklesem statického tlaku, např. při zrychlení média na vstupu do čerpadla na oběžném kole. Bubliny páry se zase v průběhu proudění zvýšením vnějšího tlaku implozí bublin shlukují (mikroskopický parní ráz). Přitom mohou nastat značná poškození čerpadel až po úplné zničení vnitřních součástí čerpadel.

Kavitace na čerpadlech mají více příčin. Příliš nízkou výšku instalace, kolísající tlaky na straně sání nebo kolísající teplotu médií. Často, stejně jako v tomto případě poškození, nebylo napájecí čerpadlo správně přiškrceno. Na začátku provozu ještě v kotli nepanuje žádný protitlak nebo pouze protitlak malý. Čerpadlo proto dopravuje podstatně větší množství vody. Tím dochází na vstupu do oběžného kola čerpadla ke zřetelně vyššímu zrychlení a dochází k velkému poklesu statického tlaku. Pokud je napájecí voda již horká, může nastat kavitace. Již po několika minutách dochází ke zničení čerpadla.

Kavitaci může každý slyšet:

Počínající kavitace je slyšet jako déšť na plechové střeše, úplná kavitace pak jako kroupy na plechové střeše.



Problém: • kavitace na čerpadlech

Příčina: • čerpadla nejsou tlumena/ škrcena

Náprava: • čerpadla přiškrtit dle provozního návodu
• respektovat podmínky instalace



Obr. 26 Poškození čerpadel kavitací

- 1** vyboulení na oběžném kole čerpadla
2 ulomené lopatky oběžného kola čerpadla

- 3** poškození/ zničení dalších dílů čerpadel díky ulomeným lopatkám obežného kola čerpadla



3.3 Nastavení spalovacího zařízení

Nastavení spalovacího zařízení jsou vedle úpravy vody dalším rozhodujícím faktorem pro ekonomický provoz a dlouhou životnost kotle. Proto by měla být tato nastavení pravidelně kontrolována v rámci preventivní údržby. Přitom je třeba nejen dbát na správnou funkci, nýbrž také prověřit, zda se skutečný provoz ještě shoduje s plánovaným provozem.

3.3.1 Spínání hořáku

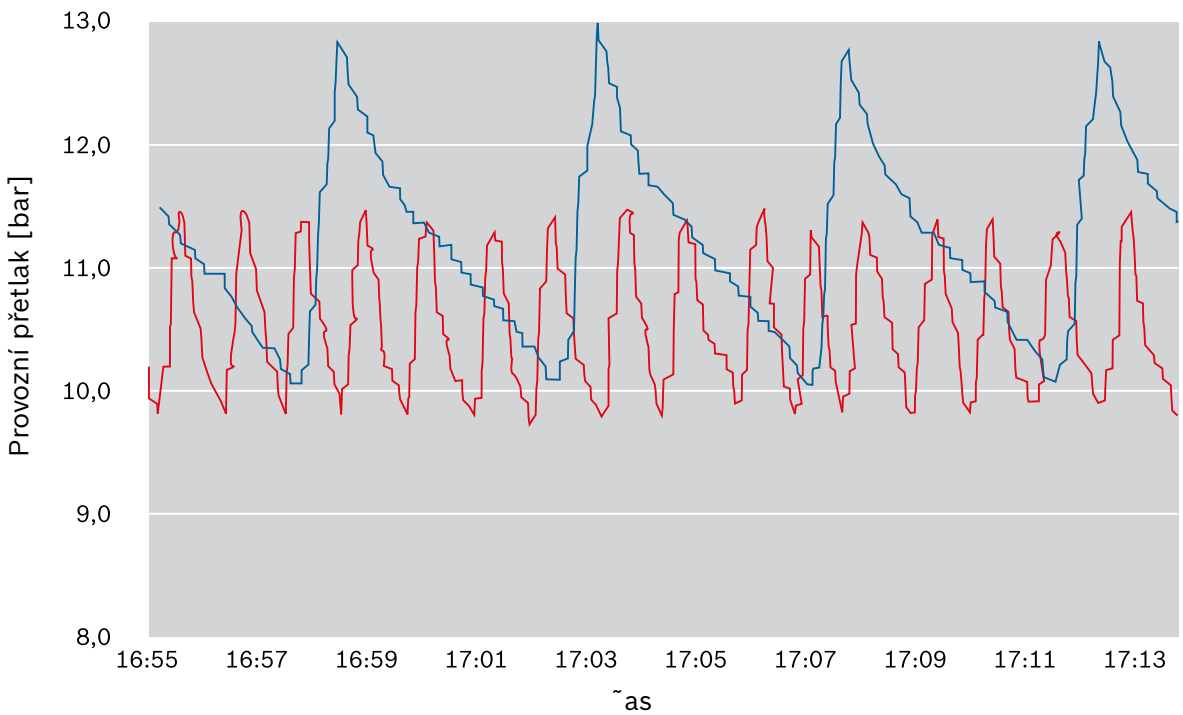
Časté spínání hořáku (taktování) je stále znovu se vyskytující problém. Příčiny přitom mohou být rozmanité, jako např. příliš velké nadimenzování, klesající spotřeba, změněné provozní podmínky nebo také nedostatečná regulační nastavení.

Obecně ale přitom pro všechna zařízení platí, že je třeba se taktování hořáku vyhnout, jak jen to je možné. Při přivádění vzduchu je kotlem veden studený vzduch. To vede ke zvýšeným termickým napětím a tím k redukci životnosti a ke zvýšeným tepelným ztrátám. Často je taktování možno zřetelně zredukovat už jen optimalizovaným nastavením regulace výkonu.

Pokud je v zařízení příliš velký hořák pro potřebný parní výkon, je nezbytná výměna hořáku.

→ Efektivita – Kapitola 2.2.3: Úprava výkonu, strana 278

→ Efektivita – Kapitola 4.4.1: Údržba, strana 305



Obr. 27 Redukce taktování hořáku optimalizovaným nastavením

- taktování hořáku v rozsahu minut
- taktování hořáku po novém nastavení regulačního rozsahu

- Problém:** • extrémně časté spínání hořáku a tím tepelná pnutí se zvýšeným opotřebením a tepelnými ztrátami při provětrání
- Příčina:** • nastavení regulace výkonu
• regulační rozsah hořáku příliš malý
- Náprava:** • nastavení většího tlakového regulačního rozsahu
• úprava řízení v malých výkonech
• nasazení hořáků s vysokým regulačním rozsahem nebo upravení výkonu hořáku na skutečné požadavky

3.3.2 Přetížení kotle

Žárotrubné kotle jsou, což je podmíněno konstrukcí, relativně nenáchylné vůči kolísání výkonu spotřebičů. Možný krátkodobě zvýšený odběr páry až 20 % nad dimenzovaný výkon z důvodu poklesu tlaku v kotli tak většinou nepředstavuje žádný problém. Požadavky výkonu nad tento rámec vedou v zařízení a v kotli ke značným problémům. V kotli může docházet k silnému kolísání hladiny vody. Následné strhávání vody z kotle vede k extrémně vysokým vlhkostem páry, které způsobují parní rázy.

- Problém:** • strhávání vody do parního potrubí a tím velmi vysoká vlhkost páry a parní rázy v potrubích
- Příčina:** • přetížení kotle
- Náprava:** • vestavba omezení výkonu motorickým ventilem na odběru páry



3.4 Znečištění a zbytky v potrubích

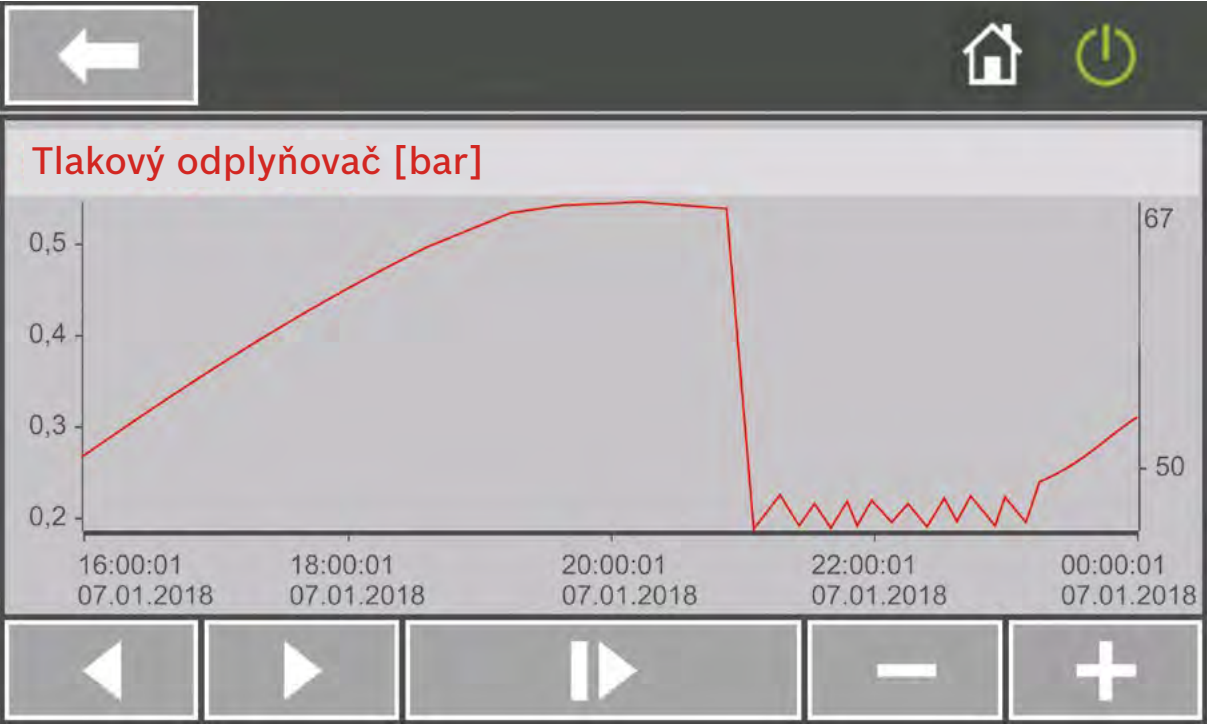
Znečištění a zbytky v potrubích, nádržích a armaturách vedou vždy znovu k negativnímu ovlivňování provozu a k poškozením. Mohou nastat již při uvádění do provozu, například nedostatečným proplachem potrubí nebo teprve během provozu kontinuálním znečišťováním. Pozvolné znečišťování je přitom částečně ještě rozpoznáno, chybí však povědomí pro ekonomickou škodu, která tím může nastat.

3.4.1 Defektní odvaděč kondenzátu

Odvaděče kondenzátu jsou v každém parním kotlovém zařízení. Dle celkové velikosti parní sítě může být namontováno přes 100 kusů. Pokud je jen jeden jediný netěsný, může pára unikat přímo a bez využití tepelné energie proudit do systému kondenzátu. To vede k ekonomickým škodám. Vedle toho mohou, jako v tomto případě, trpět i následné konstrukční díly.

Defektní odvaděč kondenzátu v odvodnění parního potrubního vedení vedl k tomu, že pronikáním páry do systému kondenzátu byl zásobník napájecí vody trvale ohříván. To mělo za následek nárůst tlaku v zásobníku napájecí vody, dokud se v opakovaných cyklech neaktivoval pojistný ventil a sám se nepoškodil.

- Škoda:
- defektní pojistný ventil a neekonomický provoz
- Příčina:
- defektní odvaděč kondenzátu
- Náprava:
- pravidelná kontrola odvaděčů kondenzátu



Obr. 28 Kontinuální nárůst tlaku v nádrži napájecí vody z důvodu defektního odvaděče kondenzátu

Příklad výpočtu:

Parní ztráty [D] = A · K

A	počet defektních odvaděčů kondenzátu	10
B	roční provozní hodiny	8 000 h/a
D	parní ztráty	
E	výrobní náklady na tunu páry	30 Euro/t
K	ztráta na každém odvaděči kondenzátu	2 kg/h

Způsobené náklady [€/a]= $\frac{B \cdot D \cdot E}{1\,000}$

F16. Výpočet nákladů způsobených defektním odvaděčem kondenzátu

Počet defektních odvaděčů kondenzátu

2

Ztráta na každý odvaděč kondenzátu [kg/h]

2

Parní ztráty [kg/h]

4

Provozní hodiny (h/a)

1000

Náklady na výrobu páry (€/1 000 kg)

10,0

Způsobené náklady(€/a)

40

B7. Příklad výpočtu ke zjištění způsobených nákladů defektním odvaděčem kondenzátu

3.4.2 Znečištění v ekonomizéru

Díky sazím vznikajícím při spalování, ale i díky špatné kvalitě paliva mohou vznikat usazeniny ve spalinových cestách. Často je přitom nejvíce postižen studený konec, tedy ekonomizér. Žebra ekonomizéru jsou zanesena usazeninami. To má na jedné straně za následek, že spaliny již není možné tak dobře zchlazovat a účinnost klesá, na druhé straně se zvyšuje protitlak spalín, což může vést k nedostatku vzduchu při spalování, až po nebezpečí exploze.

- Problém:
- znečištění na ekonomizéru
- Příčina:
- špatné nastavení spalování
- Náprava:
- pravidelná údržba a kontrola nastavení spalovacího zařízení
 - čištění spalinových cest
 - správné dimenzování



Obr. 29 Usazeniny na žebrech ekonomizéru

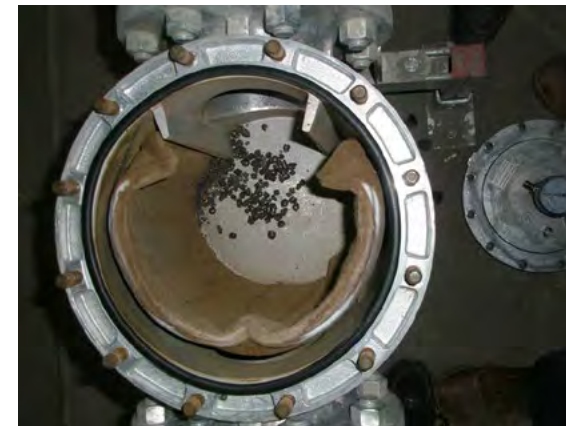


Obr. 30 Nebezpečí nedostatku vzduchu zablokováním otvorů přívodu vzduchu

3.4.3 Znečištění plynového filtru

Při montáži se vždy vyskytují nečistoty v potrubí. Ty však mohou být vhodnou kvalitou při výrobě omezeny na minimální míru. Zbytky pak jsou odstraněny z potrubí proplachem. V tomto případě vedlo extrémní znečištění plynového potrubí již při uvádění do provozu k příliš vysokému poklesu tlaku v plynovém filtru a k problémům při uvádění spalovacího zařízení do provozu.

- Problém:**
- Znečištění plynového filtru při uvádění do provozu
- Příčina:**
- Špatná kvalita svarů plynového potrubí
 - Nebyl proveden proplach plynového potrubí před uvedením do provozu
- Náprava:**
- Proplach potrubí před uvedením do provozu



Obr. 31 Okuje ze svařování a nálet rzi v plynovém filtru

3.4.4 Vápenné usazeniny ve vypouštěcím, expanzním a chladicím modulu (BEM)

V BEM se shromažďují všechny odpadní vody a zchlazují se na přípustnou teplotní úroveň pro vypouštění do kanalizační sítě. Pokud je teplotní úroveň pro zchlazování nastavena příliš nízkou, chladí se trvale čerstvou vodou, což vede k ekonomickým ztrátám. V daném případě měla čerstvá voda používaná ke zchlazování navíc extrémně vysoký stupeň tvrdosti v rozsahu 20° dH. To vedlo k silným vápenným usazeninám v modulu BEM, dokud se přepad kompletně nezanesl.

- Škody:**
- Modul vypouštění vody, expanze a chlazení zcela zanesený vápennými usazeninami
 - Výměna nezbytná
- Příčina:**
- Chybně nastavená regulace teploty a příliš tvrdá chladicí voda
- Odstranění:**
- Pro chlazení dbát na maximální tvrdost 10° dH (případně použít částečně změkčenou vodu)



Obr. 32 Zdemontovaný přepad na modulu BEM; úplné zanesení BEM vápennými usazeninami



3.5 Překlemování bezpečnostních zařízení

Bezpečnostní zařízení jsou předepisována z dobrého důvodu. Mají při chybách v běžném provozu zabránit katastrofálnímu selhání s potenciálně ničivými důsledky pro člověka, stroj a životní prostředí. Tato bezpečnostní zařízení jsou, pokud je to možné, testována již v závodě výrobce. Konečná kabeláž, montáž a funkční zkouška však probíhají teprve při uvedení do provozu. Často panuje při uvádění do provozu velký časový tlak. To však nikdy nesmí vést k tomu, aby nebyla respektována zásadní bezpečnostní zařízení a byla jako v následujícím příkladu překlemována.

- Škody:**
- Totální poškození tělesa kotle přehřátím
 - Plamenec a spalínové trubky
- Příčina:**
- Překlemovaná pojistka nedostatku vody
- Odstranění:**
- Uvádění kotle do provozu výhradně kvalifikovaným odborným personálem
 - Nikdy nevyřazovat z provozu bezpečnostní zařízení nebo omezovat jejich účinek



Obr. 33 Deformace z důvodu přehřátí díky nedostatku vody

3.6 Nebezpečné práce

Instalace všech zařízení nezbytných pro řízení provozu, armatur a měřicích zařízení by měla být pokud možno jednoduše proveditelná. Přitom však často musí být učiněn kompromis mezi optimální obsluhou a údržbou a danými prostorovými poměry. Většinou zdravý selský rozum postačuje k tomu, aby byly rozpoznány potenciály nebezpečí. Posouzení rizik požadované pro provoz však také poskytuje informace pro bezpečný provoz. Zejména před přejímkou zařízení může ještě provozovatel působit na montážní organizaci, aby byla možná bezproblémová obsluha zařízení.

- Problém:**
- Odběr vzorků vody v nebezpečné poloze bez zchlazovacího zařízení a nad elektrickými spínacími zařízeními
- Příčina:**
- Chybějící pochopení provozu parního kotlového zařízení
- Odstranění:**
- Potrubí odběru vzorků vést směrem dolů
 - Instalace chladiče vzorků vody



Obr. 34 Odběr vzorků vody bez vhodného chladiče a s nevhodnou nádobou

Technika

1 Pára	107
1.1 Druhy páry	107
1.2 Tlak a teplota	113
1.3 Entalpie	114
1.4 Výhody a nevýhody parních zařízení	116
2 Kotel	119
2.1 Druhy konstrukce	120
2.2 Výstroj a regulace	125
3 Komponenty	137
3.1 Spalovací zařízení – hořák a ohřev	137
3.2 Udržování v teplém stavu	149
3.3 Ekonomizér	152
3.4 Kondenzační ekonomizér	156
3.5 Předehřívák vzduchu	158
3.6 Chladič napájecí vody	159
3.7 Předehřívák napájecí vody	160
3.8 Přehřívák	161
3.9 Napájecí čerpadla kotle	164
3.10 Řízení kotle	171
3.11 Řízení kotle BCO	173
3.12 Kompaktní řízení parního kotle CSC	176
4 Kotelna	179
4.1 Úprava vody	181
4.2 Likvidace vody	195
4.3 Ošetření páry, distribuce páry a akumulace páry	196
4.4 Kondenzační hospodářství	203
4.5 Hlídání kvality vody	207
4.6 Systém řízení kotelny SCO	210

5 Periferie	215
5.1 Vedení potrubí	215
5.2 Parní potrubí	223
5.3 Vodní potrubí	224
5.4 Potrubí kondenzátu	226
5.5 Odfuk pojistného ventilu	228
5.6 Spalinový systém	230
6 Výroba	239
6.1 Optimální konstrukce kotle	239
6.2 Správné svaření plamence a kouřových trubek	240
6.3 Preciznost provedení	241
6.4 Nasazení svářecích robotů	242
6.5 Málo svarů, vyšší kvalita	243





1 Pára

Zahřívání a ohřev produktů jsou nezbytné pro mnoho průmyslových procesů a aplikací. Přitom je nezbytná hladina teploty často mezi 100 °C a 250 °C. Sytá pára nebo nepatrně přehřátá pára jsou přitom optimálními nositeli tepla s mnoha výhodami:

- vysokou hustotou energie
- vynikajícím přenosem tepla při kondenzaci
- vhodností pro přímé a nepřímé vytápění
- dobrou regulovatelností
- voda/ pára je nejedovatá a všude použitelná
- k přepravě páry nejsou zapotřebí žádná čerpadla

1.1 Druhy páry

Rozlišují se následující druhy páry:

Druh páry	Zvláštnost	Aplikace	Zbytková vlhkost
Mokrá pára	Může způsobovat erozi v parních potrubích	–	> 3 %
Pára sytá - středotlaká	Nejčastěji používané druhy páry	procesní teplo < ~230°C	0 ... 3 %
Přehřátá pára	Snížené tepelné ztráty v parním potrubí	parní turbíny	0 % (teplota páry > teplota nasycení)
Nízkotlaká pára	Nespadá pod směrnici o tlakových zařízeních. Zjednodušené podmínky instalace a provozu	procesní teplo ≤ 110 °C, prádelny	0 ... 3 %
Kulinářská pára	Používání netěkavých dávkovaných prostředků	potravinářský průmysl	0 ... 1 %
Čistá pára	Výroba prostřednictvím nerezových vyvíječů čisté páry za pomoci syté páry	farmaceutický průmysl, nemocnice	0 ... 3 %
Expandovaná pára	Vzniká expanzí tlaku pod teplotu varu horké vody	parní zásobník (chtěný)po odkalení / odluhu (nuceně)	0 ... 5 % (v parním zásobníku)

Tab. 9 Rozdíly mezi jednotlivými druhy páry

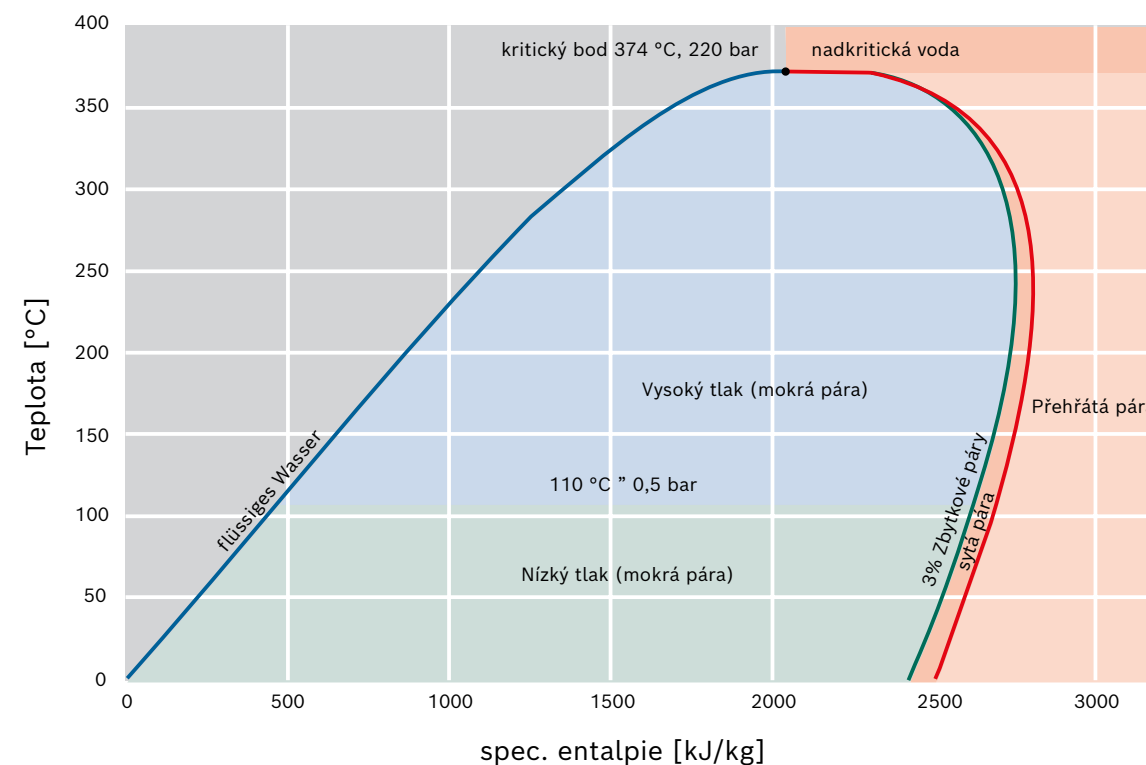
1.1.1 Sytá pára nebo suchá nasycená pára

Pára na hranici mezi mokrou a přehřátou párou se nazývá sytá pára, také nasycená pára nebo suchá nasycená pára, příležitostně pro oddělení od mokré páry taky „suchá pára“. Tabulkové hodnoty uváděné v tabulkách páry se vztahují přesně k tomuto stavu.

→ Nástroje – Kapitola 4.2: Tabulka vodní páry, strana 404

V praktickém dimenzování pro tepelné výměníky nebo při výpočtu potřeby páry termických procesů se téměř vždy kalkuluje s látkovými hodnotami syté páry.

Reálně se sytá pára však vyskytuje pouze přesně na hranici skupenství. Již minimální ochlazení při stejném tlaku vede k mokré páře nebo minimální zahřátí k přehřáté páře. Jsou-li však stavy páry blízko hranice skupenství, může být při dimenzování parního zařízení kalkulováno s látkovými hodnotami pro sytou páru.



Obr. 35 Stavový diagram pro vodu, resp. páru v grafu teplotní entalpie (T-h-diagram) s označeními ploch v technickém smyslu

1.1.2 Mokrý pára

Mokrý pára je směs z kapalného a plynného skupenství vody. U páry s velmi nízkým hmotnostním podílem vody do cca 3 % se v technice dále mluví o syté páře. Je to nejčastěji se vyskytující stav páry používaný v průmyslových zařízeních k ohřevu produktů.

Již při proudění z parního kotle jsou nejmenší kapičky vody sthávány proudem páry tak, že je v páře obsažena zbytková vlhkost, tedy kapalný podíl (1 až 3 % celkové hmoty.) Tato zbytková vlhkost může být na výstupu z kotle zredukována vestavbou na zachycení kapiček vody například až na cca 0,5 % množství páry.

Obvykle se mluví v technice při zbytkové vlhkosti $\leq 3 \%$ stále ještě o syté páře a ne o mokré páře.

Zbytková vlhkost je podíl hmoty vody vztažený k celkové hmotě směsi z vody a páry. Vedle zbytkové vlhkosti existuje ještě pojem podílu páry x, který odpovídá podílu páry ve směsi vody a páry.

Vyždřeno vzorcem:

podíl páry = 100 % – zbytková vlhkost

Příklad na hranici technické syté páry: 100 % – 3 % zbytkové vlhkosti = 97 % podílu páry

→ Obr. 35, strana 108

Díky tepelným ztrátám vznikajícím ve všech parních potrubích do okolního prostředí část páry opět zkondenzuje, takže je zde v potrubích také stále vlhčí pára s malým podílem vody. Tento podíl vody musí být ve vhodných rozestupech a před regulačními armaturami, jakož i kolmými úseky potrubí z páry odstraňován (např. odvaděči kondenzátu.)

Mokrý pára s velmi nízkým podílem objemu páry se vyskytuje například při odvodňujícím odpařování za plovákovými odvaděči kondenzátu. Přitom je třeba respektovat především to, že nárůst objemu při odvodňujícím odpařování je velmi velký. Při dimenzování potrubí kondenzátu to musí být zohledněno.

→ Technika – Kapitola 5.4: Potrubí kondenzátu, strana 226

1.1.3 Přehřátá pára

Pokud je syté páře dále přiváděno teplo, pak se zvýší při stejném tlaku teplota páry. Mluvíme pak o horké páře nebo přehřáté páře. Přehřátá pára může být generována v žárotrubných kotlích s přídavným modulem přehříváku. Přitom může dosahovat teplot $\leq 100 \text{ K}$ nad teplotou syté páry.

Přehřátá pára se používá jako pohon plynových turbín nebo k distribuci páry na velmi velké vzdálenosti, protože přes tepelnou ztrátu ještě nedochází ke kondenzaci.

Je však třeba respektovat, že přechod tepla z přehřáté páry až do nasazení kondenzace je menší. Proto je přehřátá pára také trochu hůře vhodná k ohřevu nosičů tepla než sytá pára.



1.1.4 Vysokotlaká nebo nízkotlaká pára

Pára s tlakem $p \leq 0,5$ bar (1,5 bar, 110 °C) je označována jako nízkotlaká pára. Pára s tlakem $p > 0,5$ bar je označována jako středotlaká pára. Rozdíl pochází výhradně z předpisů pro instalaci a provoz parních kotlových zařízení, neboť pro středotlakou páru platí zvláštní podmínky pro provoz, instalaci a monitoring. Protože nízkotlaká pára vykazuje velmi nízkou hustotu a proto musí být potrubí, armatury a aparáty dimenzovány příliš velké, používá se tento typ páry obvykle pouze pro malé parní výkony (asi do 3 t/h) a krátké vzdálenosti.

→ Plánování – Kapitola 5.5: Odfuk pojistného ventilu, strana 228

1.1.5 Kulinářská pára

Kulinářská pára odpovídá technické syté páře s přídatným požadavkem, že nejsou nasazovány žádné parní těkavé dávkovací prostředky k alkalizaci a navázání zbytkového kyslíku.

Používá se, jak již název napovídá, při zpracování potravin pro člověka a zvíře. Pára přitom může být přiváděná do přímého kontaktu s potravinami (např. při loupání brambor).

1.1.6 Čistá pára

Čistá pára nebo také nejčistší pára je vyráběna ve speciálních nerezových odparkách, které jsou vyhřívané obyčejnou sytou párou.

Používá se zejména tam, kde jsou kladeny velmi vysoké požadavky na sterilitu páry (např. v nemocnicích ke sterilizaci operačních nástrojů nebo ve farmaceutickém průmyslu).

1.1.7 Expandovaná pára

Expandovaná pára vzniká na mnoha místech parního kotlového zařízení a musí být odpovídajícím způsobem zohledněna.

Tak je tomu mimo jiné u expandéru odkalu nebo u otevřených nádrží na kondenzát, kde expandovaná pára vede k tepelným ztrátám. Ztráty expandované páry mohou být sníženy odpovídajícími opatřeními na zpětné získávání tepla.

Na parním zásobníku je zcela vědomě využíváno následné odpařování vroucí vody, aby bylo možno krátkodobě dávat k dispozici obzvláště vysoké množství páry.

→ Efektivita – Kapitola 3.1: Odluh a odkal, strana 283

→ Technika – Kapitola 4.3.4: Akumulace páry, strana 198

Expandovaná pára / následné odpařování:

Pokud se zredukuje tlak horké kapalně vody pod tlak varu, odpaří se část vody a oddělí se na kapalně a parní skupenství. Teplota vody a páry se přitom sníží na teplotu varu daného tlaku.

Fyzikální efekt se často nazývá následné odpařování.



Příklad:

Voda o teplotě $T = 195$ °C se expanduje na tlak $p = 4$ bar. Entalpie (energie) systému zůstane při expanzi konstantní. Současně zůstává hmota v systému taktéž konstantní, může být tedy sestavena energetická bilance ve formě bilance entalpie.

Energie v systému před expanzí = energie v systému po expanzi



$$h = (1 - x) \cdot h' + x \cdot h''$$



F17. Rovnice energetické bilance při expanzi



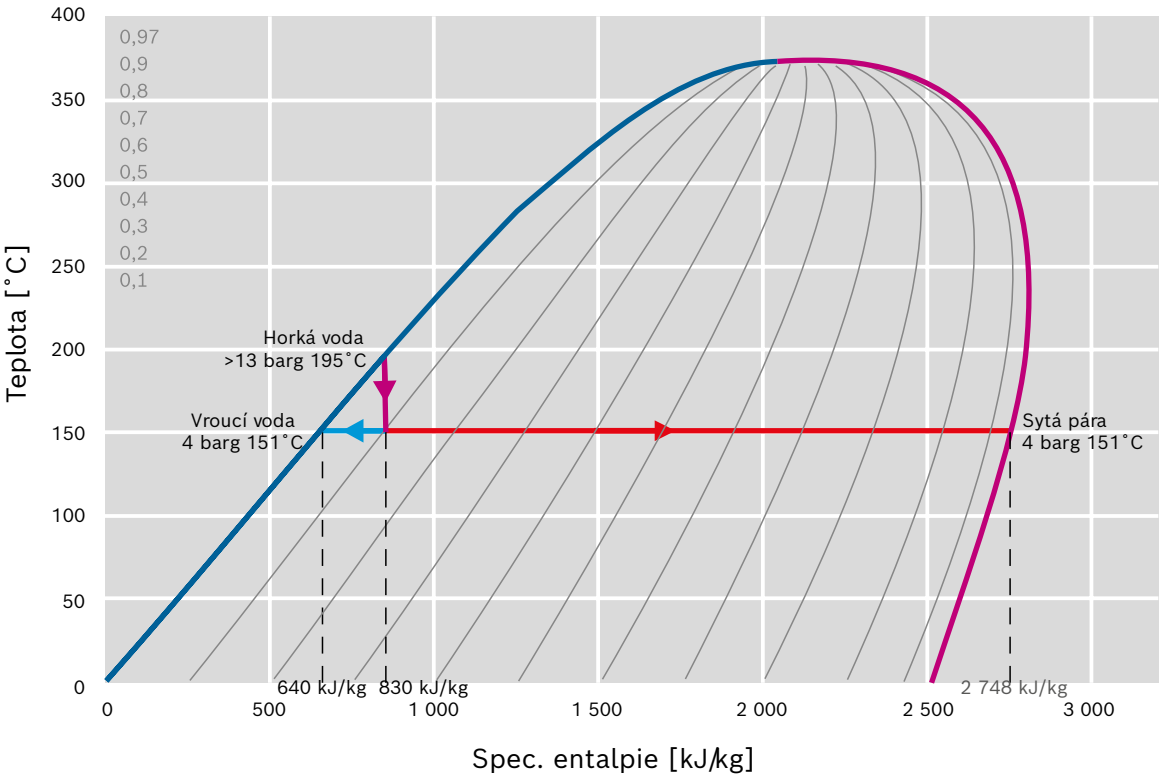
$$x = \frac{h - h'}{h'' - h'} = \frac{h - h'}{r}$$

F18. Rovnice pro výpočet podílu hmoty expandované páry

- x Podíl hmoty expandované páry [%]
- h' Entalpie vroucí vody [kJ/kg]
- r Entalpie odparu [kJ/kg]
- h'' Entalpie syté páry [kJ/kg]
- r Entalpie odparu [kJ/kg]

$$x = \frac{1000,0 \text{ [kJ/kg]} - 782,0 \text{ [kJ/kg]}}{100,0 \text{ [kJ/kg]} - 10,0 \text{ [kJ/kg]}} = 242,2\%$$

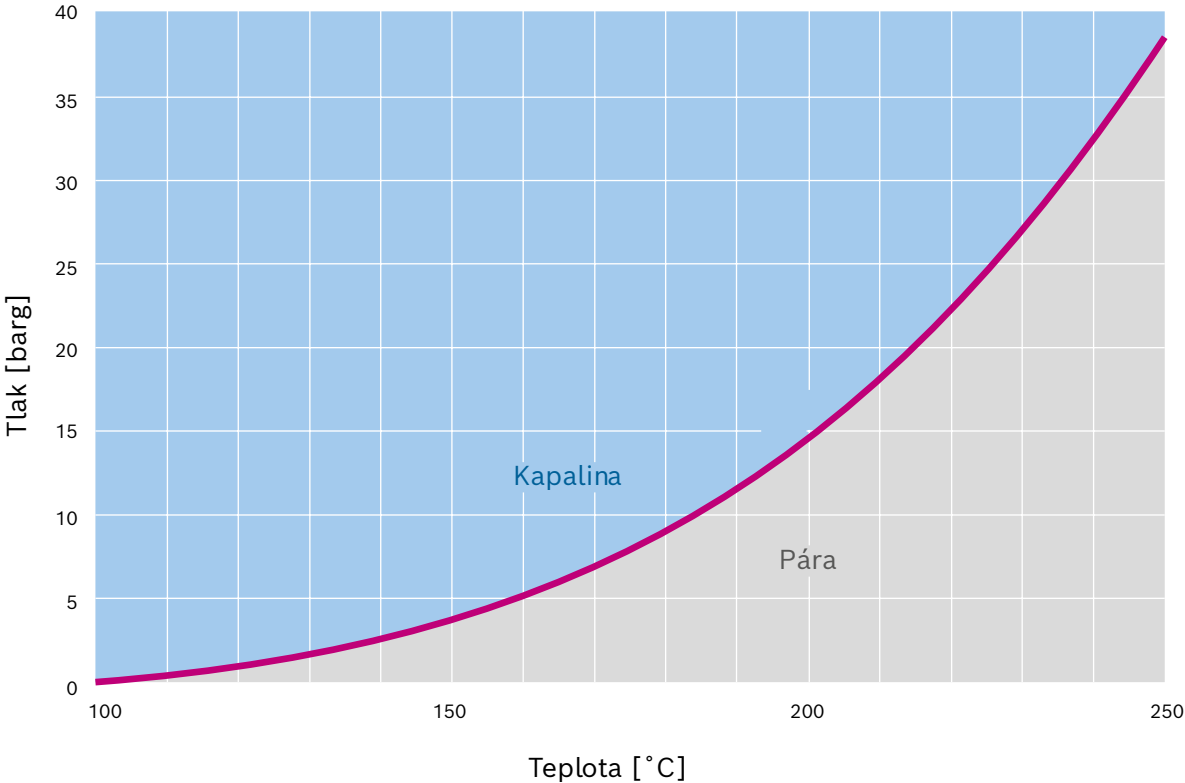
B8. Příklad výpočtu ke zjištění podílu hmoty expandované páry



Obr. 36 Odvodňující odpařování v grafu teplotní entalpie (T-h-diagram)

1.2 Tlak a teplota

U kotlů se sytou párou existuje fyzikální souvislost mezi teplotou a tlakem. To se graficky znázorňuje za pomoci takzvané křivky bodů varu.



Obr. 37 Křivka varu čisté vody v grafu tlaku a teploty (rozsah < 40 bar)

To znamená, že k naměřenému tlaku je v zařízení na sytou páru vždy známa také teplota. Tato korelace je na jedné straně velmi důležitá pro vytápění/ ohřev, neboť teplota zůstává konstantní, dokud není pára zcela zkondenzovaná (např. v tepelném výměníku.) Teprve když již není k dispozici žádná pára, dochází ke zchlazení vody, která je již pak výhradně k dispozici. Tato souvislost se používá i k regulaci parních zařízení. S jednoduše a především velmi rychle a velmi přesně měřitelným tlakem může proto být i přesně určena teplota.



1.3 Entalpie

Specifická entalpie h [kJ/kg] představuje celkové množství tepla obsaženého v páře.

Entalpie se přitom rozděluje na citelný podíl, při němž dochází ke změně teploty, a latentní („skrytý“) podíl, u nějž se při konstantní teplotě podíl páry variabilně mění mezi 0 ... 100 %.

Při natápění dochází až do dosažení křivky bodů varu k ohřevu vody. Jakmile je křivky bodů varu dosaženo, stoupá při dalším přivádění energie podíl ve skupenství páry až do chvíle, kdy se voda zcela odpaří.

Specifická entalpie odparu vody v [kJ/kg] je to množství tepla, které musí být přivedeno do 1 kg vody, aby se dostala z kapalného do parního skupenství/ stavu. Protože k přivádění tepla v kotli dochází při konstantním tlaku a proto také neprobíhá žádné zvyšování teploty, označuje se toto množství tepla také jako latentní = „skryté“ teplo.

Naopak probíhá stejný proces při odevzdávání tepla. Nejprve pára díky odevzdání latentního tepla do produktu kondenzuje, dokud z ní už není pouze kapalná voda. Teprve poté dochází ke zchlazování kondenzátu. Toto zchlazení v kondenzátu se často označuje také jako podchlazení na teplotu křivky bodů varu příslušející k tlaku páry.

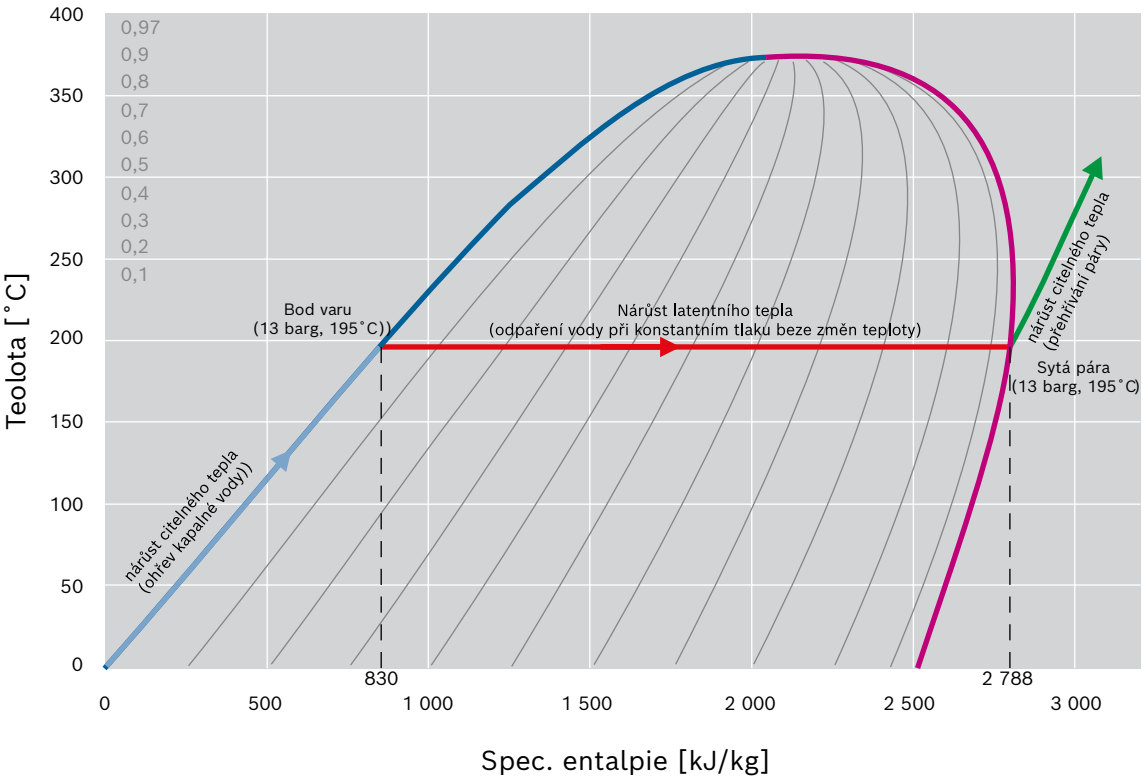
Citelné teplo

Přivádění nebo odvádění tepla má za následek změnu teploty, např. ohřátí vody nebo přehřátí páry.

Latentní teplo

Přivádění nebo odvádění tepla nemá za následek změnu teploty. Teplo je skryté ve změně skupenství, např. z vody na páru.

i



Obr. 38 Koncept citelného a latentního tepla v grafu teplotní entalpie (T-h-diagram)

Nasycená kapalina

Tlaková voda

Přehřátá pára

Sytá pára

Mokrý pára

1.4 Výhody a nevýhody parních zařízení

1.4.1 Výhody a nevýhody parních zařízení oproti horkovodním zařízením

Výhody

- Menší objemový proud při stejném přenášeném množství tepla (o faktor 10 ... 50)
- Nejsou nutná žádná oběhová čerpadla
- Menší průřezy potrubních vedení
- Je možné velmi rychlé a rovnoměrné ohřívání spotřebičů tepla
- Možná rychlá a přesná regulace teploty prostřednictvím nastavení tlaku páry
- Možné uvolnění velkých množství energií při konstantní teplotě
- Velmi vysoký koeficient přenosu tepla při kondenzaci. Tím jsou možné menší teplosměnné plochy a nižší náklady zařízení na procesní teplo.
- Vhodné k přímému ohřevu produktů (např. u potravin, autoklávů.)
- Je možné jednoduché modulární rozšíření zařízení.
- Nekritické chování při netěsnostech na těsnění nebo armaturách

Nevýhody

- nezbytný kvalifikovaný personál pro provoz ¹⁾
- nezbytná kontinuální úprava vody

1) U topných zařízení ≤ 110 °C nižší požadavky

1.4.2 Výhody a nevýhody parních zařízení oproti zařízením na termoolej

Výhody

- Menší objemový proud při stejném množství přenášeného tepla (o faktor 20 ... 80)
- Nejsou nutná žádná cirkulační čerpadla
- Zřetelně lepší vlastnosti přenosu tepla u páry
- Teplonosné oleje zařízení na termoolej ohrožují životní prostředí, proto:
 - Nezbytné nasazování bezpečnostních tepelných výměníků
 - Nutné záchytné vany na úniky s monitoringem netěsností na všech těsnících místech
 - Nezbytná zvláštní těsnění hřídelí na čerpadlech a ventilech
- Teplonosné oleje jsou nebezpečné z hlediska možného vzniku požáru
- Nižší provozní náklady na procesní teplo, zejména vyšším dosažitelným stupněm účinnosti a využití

Nevýhody

- Není vhodné k chlazení
- Teploty ohřevu ≤ 230 °C (zařízení na sytou páru) resp. ≤ 300 °C (zařízení na přehřátou páru)



2 Kotel

K výrobě páry jsou k dispozici dva různé typy kotlů lišící se svou konstrukcí:

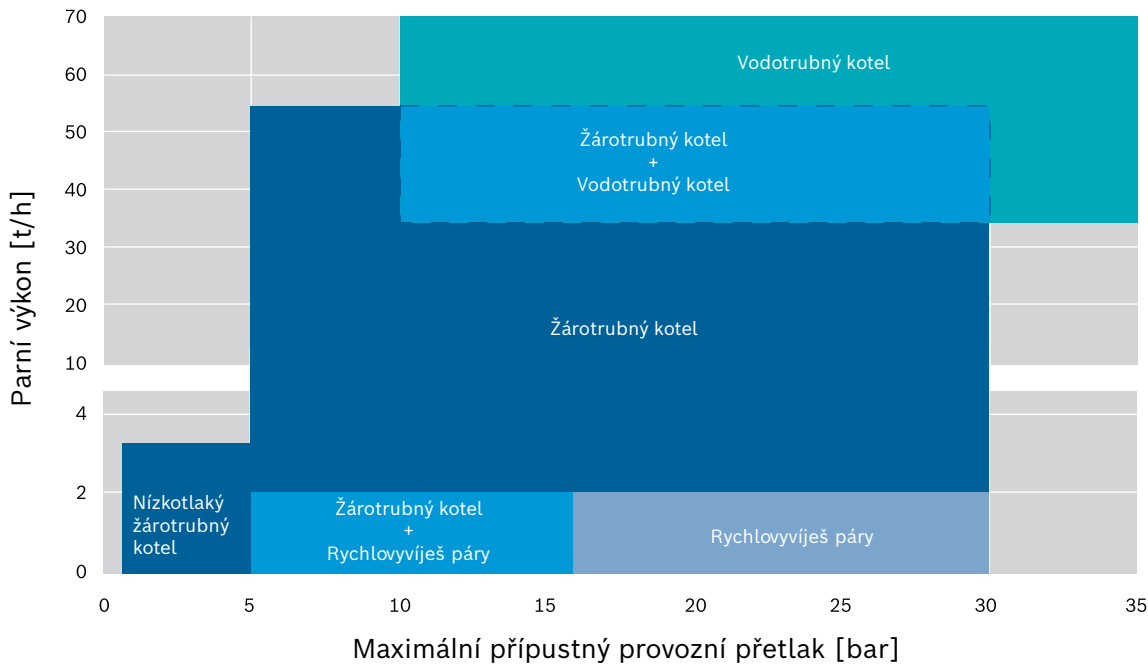
Vodotrubný kotel

Ve vodotrubných kotlech proudí voda trubkami, zatímco ohřev probíhá zvenku. Tento typ konstrukce kotle je používán především při velmi velkých parních výkonech > 100 t/h a vysokých tlacích páry > 32 bar. Ve vodotrubném kotli mohou být spalovány i pevné látky, neboť spalovací komora může být libovolně vytvořena uspořádáním trubkovnic.

Kotel s velkým vodním prostorem (žárotrubný kotel)

U žárotrubných kotlů proudí spaliny sloužící k ohřevu trubkami a odevzdávají svoji energii do okolního vodního prostoru. Spalování probíhá v plamenci ležícím ve vodním prostoru. Další ochlazení spalin probíhá v kouřových trubkách.

Proto jsou tyto kotle také označovány jako plamencové žárotrubné kotle.



Obr. 39 Obvyklé oblasti použití konstrukčních typů kotlů – žárotrubných kotlů, rychlovývěšů páry a vodotrubných kotlů.

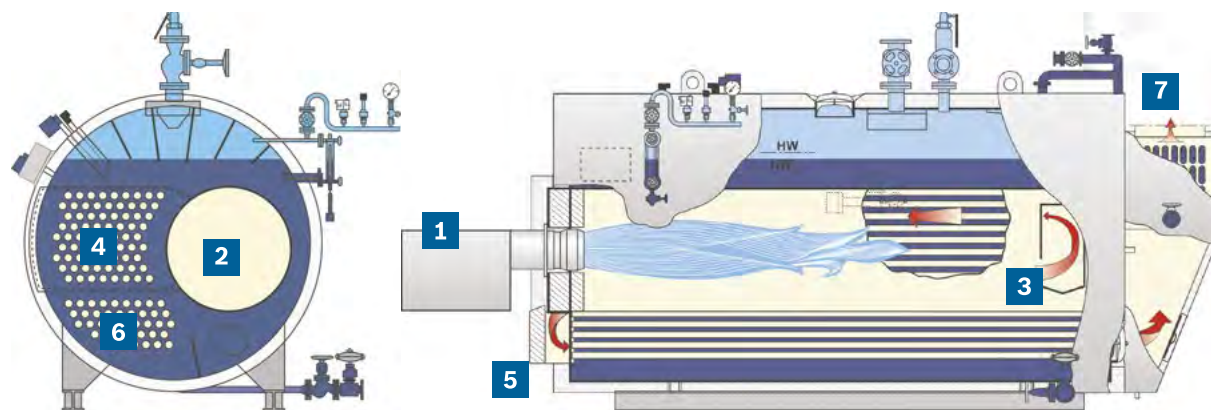
2.1 Konstrukční typy

Díky následujícím požadavkům na parní kotle vznikly různé konstrukční typy:

- instalace
- provoz
- tlak páry a parní výkon
- nízkoemisní hořáky
- vysoká účinnost

2.1.1 3 tahový kotel

3 tahový kotel se skládá ze tří ležících tahů, které jsou zabudovány do velkého válcovitého tlakového tělesa a jsou uzavřeny dvěma rovnými dny. Všechny tahy přitom leží ve vodním prostoru, který zabírá přibližně 75 % plochy. Nad ním se nachází parní prostor. Tyto kotle se nazývají žárotrubné kotle (kotle s velkým vodním prostorem), neboť v kotli je k dispozici velký vodní objem.



Obr. 40 3 tahový žárotrubný kotel (kotel s velkým vodním prostorem)

- | | |
|---------------------------|--|
| 1 Hořák | 5 Přední obratová komora |
| 2 Plamenec (tah 1) | 6 Třetí tah (tah 3) |
| 3 Vnitřní obratová komora | 7 Připojení spalínových cest do komína |
| 4 Druhý tah (tah 2) | |

V tahu 1, plamenci, dochází ke spalování. Zde je také již dobrá polovina tepla přenášena převážně vyzařováním tepla na stěny plamenec. Na konci plamenec je spalování ukončeno a spaliny jsou ve vnitřní vodou chlazené obratové komoře přesměrovány do 2. tahu.

V trubkovém poli 2. tahu je pak přenášeno přibližně 35 % tepelného výkonu. Poté vstupují spaliny o teplotě ~ 400 °C do přední, vně ležící, obratové komory, kde probíhá přesměrování do tahu 3.

Po 3. tahu mají plyny dle teploty média ve vodním prostoru kotle běžně ještě teplotu 200 ... 280 °C.

Tento tepelný potenciál může být následně ještě dále využíván v integrovaném ekonomizéru, takže je na spalínovém hrdle dosahováno teploty 90 ... 140 °C.

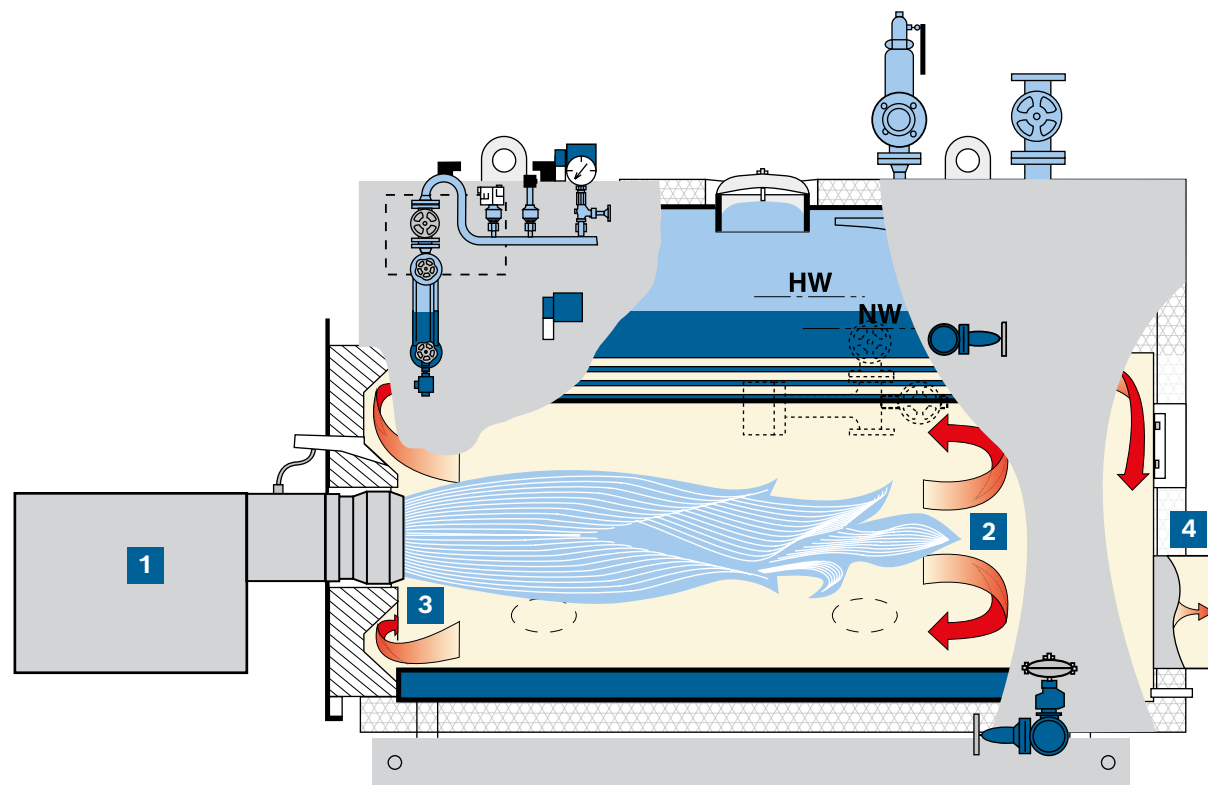
Jednoplamencové kotle přitom dosahují parního výkonu až 28 000 kg/h.

Pro větší výkony jsou k dispozici dvouplamencové kotle. Zde jsou dva paralelně uspořádané plamence s odděleným druhým a třetím tahem ve vodním prostoru. Tak mohou být vyráběny kotle s parním výkonem až 55 000 kg/h. Díky neomezenému jednoplamencovému provozu se zvyšuje jistota provozu při výpadku. Regulační rozsah celého kotle je pak dvojnásobný.



Obr. 41 3 tahový žárotrubný kotel (kotel s velkým vodním prostorem) v dvouplamencovém designu

2.1.2 Kotel s vnitřní obratovou spalovací komorou



Obr. 42 Kotel s vnitřní obratovou spalovací komorou

- 1 Hořák
- 2 Vnitřní obratová komora
- 3 Přední obratová komora
- 4 Připojení spalínového systému pro ekonomizér

Kotel s vnitřní obratovou spalovací komorou byl vyvinut jako parní kotel pro malé výkony 175 ... 3 200 kg/h. Plamenec je přitom uspořádán centrálně a směr proudění spalin se na konci plamence obrací tak, že spalin uvnitř plamence opět proudí směrem dopředu. Proto také označení kotel s vnitřní obratovou spalovací komorou. V přední obratové komoře jsou spalin pak vedeny do trubkového pole nacházejícího se okolo plamence. Tento konstrukční typ se vyznačuje velmi kompaktní konstrukcí. Jako palivo je možné použít olej nebo plyn.



Obr. 43 Kotel s vnitřní obratovou spalovací komorou

2.1.3 Kotel s využitím odpadního tepla

Zvláštní konstrukční typy pro využívání odpadního tepla k výrobě páry jsou takzvané 4 tahové kotle nebo čistě spalínové kotle. U 4 tahového kotle se část 3. tahu používá jako zvláštní tah k potrubí horkých spalin a dodává až 15 % přiváděné energie. U čistě spalínového kotle se jedná o zařízení kompletně bez hořáku. Kotel svoji energii odebírá plně z horkých spalin (např. z kogenerací nebo plynových turbín).

→ Efektivita – Kapitola 5.1: Kogenerace, strana 309

→ Produkty – Kapitola 3: Spalínové kotle a využívání odpadního tepla, strana 339



2.1.4 Rychlovyvíječe páry

Rychlovyvíječe páry patří z důvodu své konstrukce k vodotrubním kotlům, jejichž tlakový systém se skládá z jednoho nebo více trubkových hadů. Voda přitom proudí trubkovými hady a je z vnějšku ohřívána spaliny. Rychlovyvíječe páry pracují na principu nuceného průtoku tak, že se voda kompletně vypaří v jednom průtoku. Ve vodním prostoru je naakumulováno pouze málo energie. Proto mohou být tyto kotle během několika minut spuštěny ze studeného startu až na plný výkon a jsou proto označovány jako rychlovyvíječe páry. Hořáky na olej nebo plyn se společně s ventilátory starají o ohřev, přičemž výkonu hořáku odpovídá množství protlačované vody.

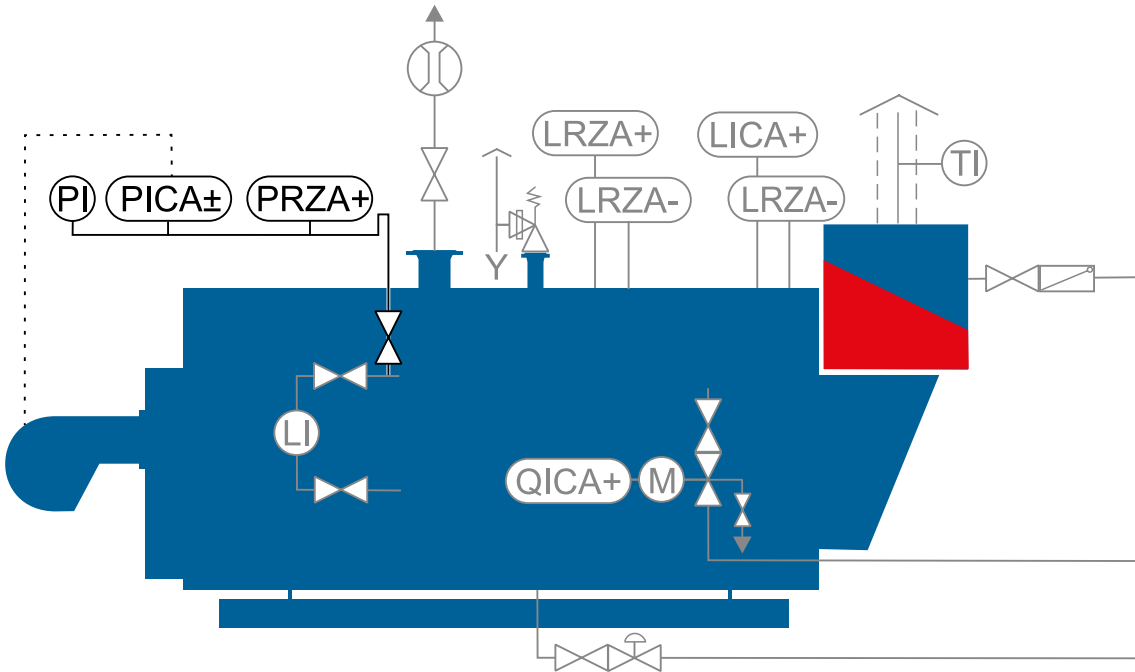
	Žárotrubné kotle	Rychlovyvíječe páry
Vodní obsah	Velký vodní obsah	Malý vodní obsah
Doba nahřívání	Delší	Studený start během několika málo minut
Chování při výkyvech výkonu	Tlumení výkyvů ve výkonu spotřebičů Možné silné krátkodobé přetížení při nasazení parních zásobníků	Vysoké kolísání tlaku již při malé změně výkonu na spotřebiči
Mokrost páry	Suchá pára	Nezbytná sušička páry
Povolení instalace a povinný dohled ¹⁾	Většinou podléhá povolovací povinnosti a povinnému dohledu	Ve velmi malém rozsahu výkonu částečně zjednodušené podmínky pro instalaci a dohled
Pořizovací náklady	Trochu vyšší	Nižší
Personál obsluhy ¹⁾	Nezbytná kvalifikovaná obsluha kotlů ¹⁾	Nezbytný školený personál obsluhy ¹⁾
Maximální parní výkon	≤ 55 000 kg/h na kotel	≤ 2 000 kg/h na kotel
Účinnost	94 ... 105 % nejlépe vhodný k nepřetržitému provozu	< 90 % vhodný pouze k rychlým a krátkodobým dodávkám páry
Roční stupeň využití	≤ 95 %	často < 75 %
Náklady na údržbu	nižší	vyšší
Životnost	robustní, malé opotřebení, proto dlouhá životnost	nízká

Tab. 10 Porovnání rychlovyvíječů páry a žárotrubných kotlů

1) Vztahuje se k Německu

2.2 Výstroj a regulace

Minimální požadavky na provoz a bezpečnostní výstroj parních kotlů jsou upraveny v DIN EN 12953-6. K tomu patří hlavní uzavírací armatury na potrubích, bezpečnostní zařízení proti překročení tlaku a nedostatku vody, zařízení pro ohřev/ vytápění a všechny armatury a měřicí zařízení nezbytná pro provoz a regulaci. Všechna tato zařízení výstroje kotle vyžadují homologaci dle směrnice o tlakových zařízeních.



Obr. 44 Výstroj parního kotle

Výstroj parního kotle obsahuje hlavně následující komponenty:

- uzavírací armaturu odběru páry s množstevním měřením
- pojistný ventil (jištění proti přetlaku)
- uzavírací armaturu napájecí vody se zpětnou armaturou
- manometr – manostat s uzavírací armaturou, omezovač tlaku (**PRZA+**), tlakový převodník pro měření tlaku (**PICA±**) a manometr (**PI**)
- zařízení pro přímé zobrazování hladiny s uzavírací armaturou
- zařízení měření hladiny s chráničkou 1 s omezovačem hladiny nízké hladiny vody 1 (**LRZA-**) a s převodníkem měření hladiny (**LICA+**)
- zařízení měření hladiny s chráničkou 2 s omezovačem hladiny nízké hladiny vody 2 (**LRZA-**) a s omezovačem hladiny vysoké hladiny vody (**LRZA+**)
- zařízení na měření vodivosti (**QICA+**)
- regulační armaturu odluhu s uzavírací armaturou
- armaturu na odběry vzorků vody
- rychlouzavírací armaturu odkalování s uzavírací armaturou
- zobrazování teploty spalin (**TI**)

Pro optimalizaci provozu a možný energetický management lze zařízení vybavit dalšími komponenty jako měřicí zařízení na množství paliva, páry, napájecí vody a teploty spalin.

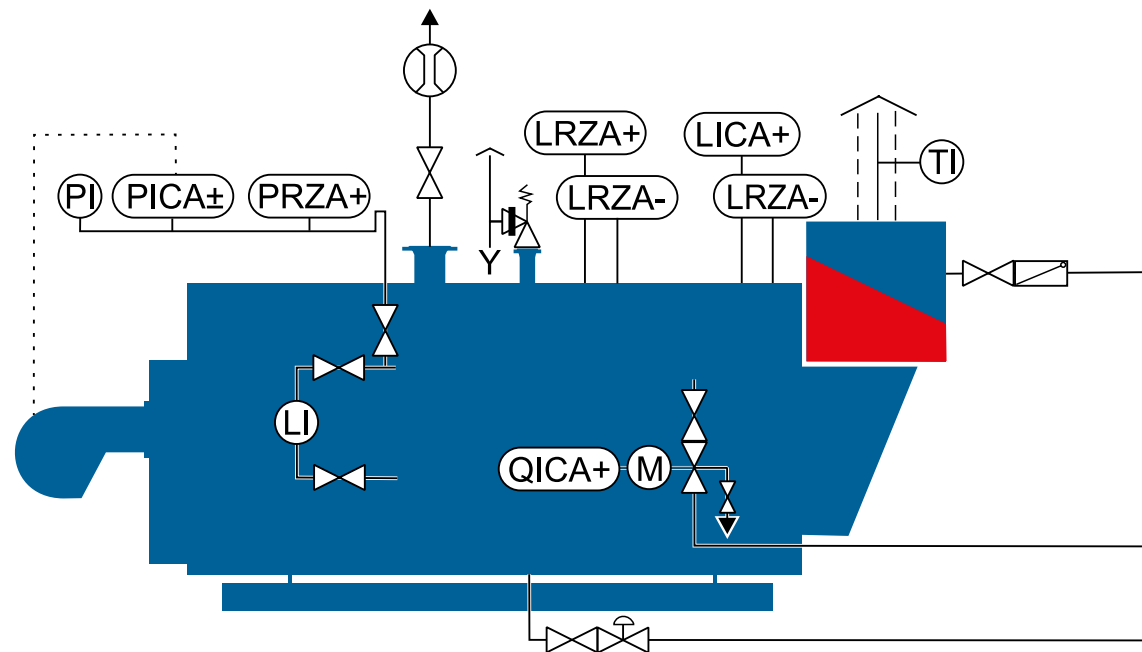
2.2.1 Regulace výkonu

Regulace parního výkonu kotlů probíhá na základě tlaku v kotlích. Tlak v kotli přitom slouží jako náhradní veličina pro množství páry. Pokud je ze strany spotřebičů větší odběr páry, klesá tlak v kotli a regulace výkonu zvyšuje přívod tepla, resp. výkon hořáku. Zásadně je přitom třeba dbát na to, že systém hořák/ kotel je pozvolna reagující systém. Všechny regulační přístroje a akční členy, které jsou s tímto systémem spojeny, jsou na toto chování odladěny. V žádném případě byste se neměli pokoušet regulovat tlak na spotřebičích přes opatření na kotli, neboť to může vést k oscilacím v regulaci a zbytečným zátěžím a poruchám na kotli. Při rovnoměrném odběru výkonu, správně nastavené regulaci a plynule regulovaném hořáku se nastaví na hořáku výkon nezbytný pro právě potřebný odběr páry a v kotli bude v rámci akceptovatelných limitů s odchylkou $\pm 10\%$ od nastavené požadované hodnoty udržován konstantní tlak.

→ Odborná zpráva FB001: Regulace výkonu parních kotlů

→ Plánování – Kapitola 2.1: Střední provozní přetlak, strana 27

Na manometru (**PI**) je možné přímo odečíst tlak panující v kotli. S tlakovým převodníkem (**PICA+**) je měřen tlak v kotli a převáděn na normovaný elektrický signál (4 ... 20 mA). Tento signál je zpracováván v řízení kotle a vyhodnocován v závislosti na zvoleném způsobu regulace. Přes nastavitelné spínací body a nastavené plánované hodnoty se aktivuje hořák. Regulace hořáku přitom přebírá nastavení správného poměru paliva a vzduchu.



Obr. 45 Tlakem řízená regulace výkonu parního kotle

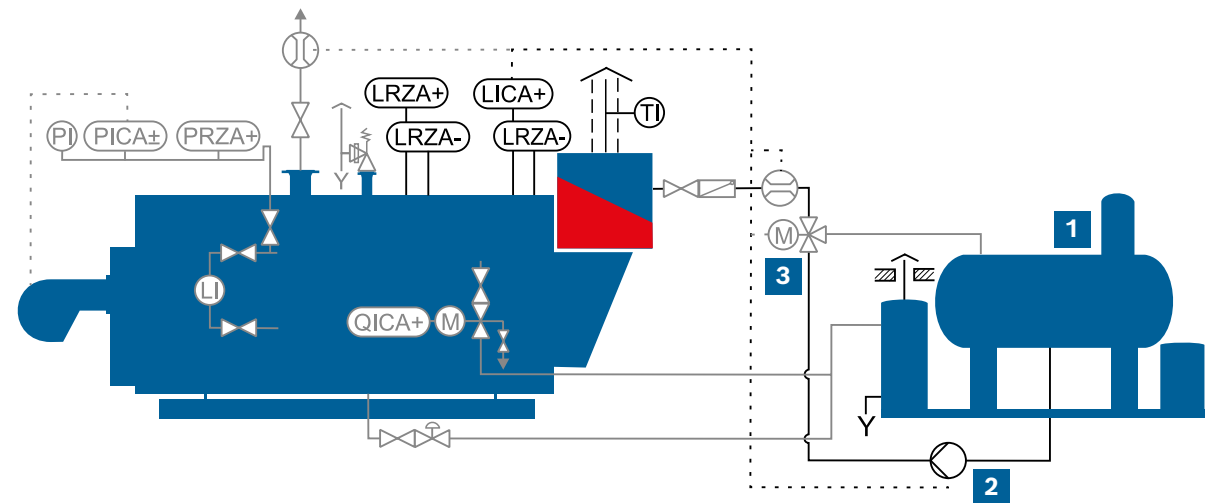
PI	Manometr
PICA±	Tlakový převodník
PRZA+	Omezovač tlaku

2.2.2 Regulace hladiny

Úkolem regulace hladiny v kotli je udržovat stav vody pokud možno konstantní. Maximální rozsah kolísání stavu vody je v závislosti na konstrukci většinou okolo 80 ... 120 mm. Směrem dolů je stav vody viditelně omezen znakem nízké hladiny vody (**NW**), neboť teplosměnné plochy musí být vždy pod vodou, aby byly dostatečně chlazeny. Směrem nahoru je stav hladiny vody omezen znakem pro vysoký stav vody (**HW**). Parní prostor nesmí být příliš malý, neboť jinak může docházet ke strhávání vody do parního potrubí a kvalita páry se zhorší. Aby bylo zabráněno provozním poruchám a škodám na kotli nebo následných spotřebičích, jsou ze strany výrobce v regulátoru hladiny vody možnosti nastavení omezeny na střední stav vody. Hodnota může být nastavena pouze v rámci přípustného rozsahu.

Převodníkem měření hladiny (**LICA+**) je stále měřena hladina vody v kotli a převáděna na elektrický normovaný signál (4 ... 20 mA). Tento signál je zpracováván řízením kotle BCO a aktivuje v závislosti na zvolené výstroji regulační ventil napájecí vody nebo napájecí čerpadlo.

Na vstupu do kotle nebo ekonomizéru se nachází jedna uzavírací armatura a jedna zpětná klapka, které zabráňují tomu, aby mohla být voda z kotle tlačena zpět do napájecího potrubí. K přímému zobrazení stavu vody je na kotli umístěn stavoznak. (**LI**).



Obr. 46 Regulace hladiny u parního kotle

LICA+	Převodník měření hladiny	1	Zásobník napájecí vody
LRZA+	Omezovač hladiny – vysoká voda	2	Napájecí čerpadlo
LRZA-	Omezovač hladiny – nízká voda	3	Regulační ventil napájecí vody
TI	Zobrazení teploty spalín		

Vedle regulace hladiny probíhá i omezování hladiny vody přes bezpečnostní řetězec.

→ Technika – Kapitola 2.2.4: Bezpečnost, strana 131



	Zpětné získávání tepla s ECO	Požadavek na regulační chování	Vysoká rychlost změny výkonu procesu	Investiční náklady
Plynule s regulačním ventilem	+++++	+++++	++	mírně
Sběrnice s regulačním ventilem¹⁾	+++++	+++++	++	nízké
Plynule s FM²⁾	++++	+++	++	nízké
3-komponentová regulace s regulačním ventilem	+++++	+++++	+++++	velmi vysoké
3-komponentová regulace s FM na čerpadle²⁾	++++	+++	+++++	vysoké
ZAP/VYP	není aplikovatelné		+	velmi nízké

Tab. 11 Výhody a možnosti nasazení různých druhů regulace hladiny

1) Aplikovatelné pouze u vícekotlových zařízení
2) FM = Frekvenční měnič

Plynulá regulace s regulačním ventilem

Plynulá regulace hladiny regulačním ventilem je stále nejčastější variantou, neboť zde je výhoda rychlé, spolehlivé a jednoduché regulace.

→ Produkty – Kapitola 4.10: Regulační modul napájecí vody RM, strana 357

Sběrníkové schéma s regulačním ventilem

U sběrníkového schématu je napájeno více parních kotlů přes jedno napájecí čerpadlo. Přitom je stav vody každého kotle regulován samostatně přes přívodní regulační ventil.

Plynulá regulace s frekvenčním měničem

Pro výkony kotle ≤ 10 t/h je regulace hladiny přes regulaci otáček na napájecím čerpadle nejekonomičtější variantou jak z pohledu investičních nákladů, tak i provozních nákladů.

Navíc je tento způsob regulace hladiny smysluplný především tehdy, když mají být na kotli provozovány různé provozní tlaky (např. pokles tlaku o víkend), neboť je možno plně využít výhod regulace otáček s jejím přizpůsobením charakteristické křivce čerpadel.

U výstroje kotle s ekonomizérem ke zpětnému získávání tepla je však třeba respektovat, aby regulační rozsah minimálního výkonu hořáku mohl být pokryt i nejmenším frekvenčním regulačním rozsahem napájecího čerpadla, neboť jinak v malém výkonu již neprobíhá proudění v ekonomizéru a nedochází pak k žádnému zpětnému získávání tepla.

3-komponentová regulace

Při rychlých změnách výkonu existuje problém, že stav vody napětím kotlové vody zdánlivě nejprve stoupne a tím nedojde ke zvýšení množství napájecí vody tak, jak je to ve skutečnosti nutné.

Stálým porovnáváním aktuálně naměřených množství páry a napájecí vody reaguje 3komponentová regulace na změny stavu podstatně lépe.

Regulace zap/ vyp

Aktivace čerpadla zap/ vyp je používána pouze v několika málo výjimečných případech a u malých parních výkonů do ~ 1 t/h.

Protože je výhoda investičních nákladů oproti ostatním variantám regulace relativně malá a díky častému spínání čerpadel zpětné získávání tepla v ekonomizéru značně horší, amortizuje se plynulá regulace díky vysokým úsporám provozních nákladů často již za méně než dva měsíce.

2.2.3 Kvalita vody

V závislosti na různých fyzikálních a chemických postupech úpravy vod, chemickém dávkování k vázání zbytkové tvrdosti a zbytkového kyslíku a nezbytné alkalizaci (zvýšení hodnoty pH v nádrži napájecí vody) jsou v napájecí vodě obsaženy rozpuštěné soli a jiné obsahové látky.

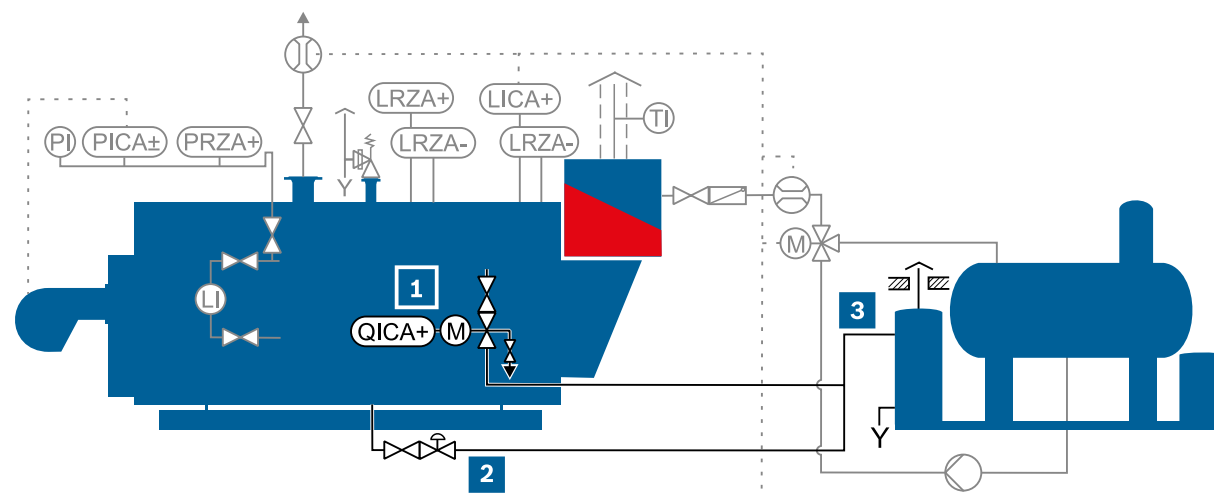
→ Technika – Kapitola 4.1: Úprava vody, strana 181

V běžném provozu kotle se stálým odpařováním zvyšuje koncentrace zbylých obsahových látek v napájecí vodě. Zkoncentrování rušivých látek v kotlové vodě je měřitelné především díky nárůstu vodivosti kotlové vody.

Abychom preventivně předcházeli níže uvedeným negativním důsledkům příliš vysokého obsahu solí v kotlové vodě, nesmí být předepsané limitní hodnoty překračovány.

- pění kotlové vody
- strhávání vody do parního potrubí
- kolísání hladiny vody
- usazeniny v kotli
- koroze v kotli a potrubích

Proto je určité množství vody z kotle odebíráno kontinuálním odluhováním a odkalováním.



Obr. 47 Regulace kvality kotlové vody s odvodem do expandéru odluhu a odkalu

- QICA+** Převodník měření vodivosti
- 1** odluhovací armatura
 - 2** odkalovací armatura
 - 3** expandér odluhu a odkalu

Regulace vodivosti

Převodníkem měření vodivosti (**QICA+**) je měřena vodivost kotlové vody a převáděna na normovaný elektrický signál (4 ... 20 mA). Tento signál je zpracováván v řízení kotle BCO, naměřená vodivost je zobrazována v rozvaděči a vytváří ovládací signál pro otevírání motorového ventilu odluhu. K vizuální kontrole je za armaturou odluhu často namontováno na potrubí průhledové sklíčko se zpětnou armaturou.

Protože kvalita kotlové vody je důležitou veličinou pro řádný a bezporuchový provoz, musí být pravidelně kontrolována a dokumentována v provozním deníku kotle.

Obsah energie vroucího odluhu může být využit opatřeními ke zpětnému získávání tepla.

→ Efektivita – Kapitola 3.1: Odluhování a odkalování, strana 283

Vodivost naměřená v kotli při provozní teplotě je díky elektrolytické disociaci trochu vyšší. Sonda vodivosti interně přepočítává na referenční teplotu 25 °C. Tato již korigovaná vodivost je zobrazována v řízení kotle.

Vedle elektrické vodivosti jsou veličinami důležitými pro kvalitu kotlové vody také obsah kyseliny křemičité (SiO_2) a KS hodnota 8,2 (phodnota). Jakmile je dosaženo přípustné limitní hodnoty některé z těchto veličin z důvodu zahuštění kotlové vody, pak je tato veličina rozhodující pro odluh. Protože je v kotlové vodě však měřena pouze vodivost, musí se nastavená hodnota vodivosti v kotlové vodě redukovat, až na hodnotu, která umožní dodržet všechny limitní hodnoty.

→ Nástroje – Kapitola 5.2: Odluh a odkal, strana 411

Regulace odkalu

Regulace odkalu odstraňuje suspendované látky usazující se na dně kotle z kotlové vody. Odkalovací rychlouzavírací armatura se k tomuto účelu v periodických intervalech na několik sekund otevírá. Rázovým otevřením ventilu vzniká díky lokálnímu podtlaku sání, které odstraňuje z kotle usazeniny, které se nashromáždily v oblasti dna (např. soli, usazené dávkované prostředky).

Časy otevření ventilu by přitom měly být velmi krátké a zůstat v rozsahu několika málo sekund. Delší časy otevření odkalovacích armatur pouze zvyšují ztráty vody a energetické ztráty kotle a nezlepšují odkalování. Odkalování může probíhat manuálně nebo u provozu bez stálé obsluhy automaticky.

Před rychlouzavírací odkalovací armaturou je namontovaná ruční uzavírací armatura. Aby byl podpořen sací účinek a mohl být odváděn odpar kotlové vody, mělo by být další potrubí k expandéru odkalu přímo za ventilem provedeno o 2 jmenovité světlosti větší. Aby bylo zabráněno parním rázům v tomto potrubí, mělo by být potrubí k expandéru odkalu položeno pokud možno bez výškových skoků nebo vodních kapes.

U většiny kotlů probíhá také vypouštění kotle přes odkalovací armaturu..

2.2.4 Bezpečnost

Bezpečnost zařízení je zaručena řádným provozem, bezvadnou funkcí a údržbou výstroje a regulačních zařízení parních kotlů.

Aby byla zaručena bezpečnost vždy, tedy i při selhání normálních regulačních zařízení, jsou na všech parních kotlech předepsaná omezovací zařízení. Společně s tlačítky nouzového vypínání na rozvaděči a únikovými východy jsou sériově zapojeny do bezpečnostního řetězce v rozvaděči kotle, takže je při aktivaci některého z těchto spouštěčů provoz kotle vypnut.

Jakmile se aktivuje některý z omezovačů, je spalovací zařízení (a tím i ohřev kotle) vypnuto a zablokováno. U spalinových parních kotlů to probíhá přepnutím spalinových klapek na bypass nebo vypnutím agregátu vyvíjejícího teplo. Tato blokace může být opětovně uvolněna pouze manuálně přímo v místě na kotli. Tím má být zajištěno, že obsluha kotle po mimořádných provozních stavech zjistí příčinu poruchy a odstraní ji dříve, než je kotel opět uveden do provozu.

Bezpečnostní omezovač tlaku

Bezpečnostní omezovač tlaku (**PRZA+**) se aktivuje nejpozději při 95 % přípustného maximálního provozního přetlaku a vypíná ohřev kotle.



Pojistný ventil

Pojistný ventil musí při selhání bezpečnostních omezovačů tlaku spolehlivě zabránit překročení maximálního přípustného tlaku v kotli.

Pro žárotrubné kotle jsou přitom používány přímé pružinové plnozdvížné pojistné ventily s otevřenou pružinou.

Po aktivaci pojistného ventilu musí tlak v kotli klesnout zhruba 10 % pod maximální přípustný tlak, aby byl pojistný ventil samočinně opět silou pružiny zavřen. Výfukové potrubí musí být pokud možno vyvedeno přímo ven do volného prostoru.

→ Technika – Kapitola 5.5: Odfuk pojistných ventilů, strana 228

Omezovač hladiny – nízká hladina vody

Teplosměnné plochy kotle musí vždy být oplachovány vodou, aby bylo zaručeno dostatečné chlazení. Pokud by stav vody v kotli poklesl natolik, že by teplosměnné plochy již neležely ve vodním prostoru, existuje velké nebezpečí přehřátí a tím za určitých okolností i zničení kotle.

Aby se spolehlivě zabránilo nutné výměně teplosměnných ploch, jsou v kotli namontovány dva na sobě nezávislé schválené omezovače minimální hladiny vody. U parních kotlů probíhá vestavba elektrody omezovače hladiny v chrániče, aby bylo zabráněno nebezpečným chybným spínáním z důvodu tvorby pěny v kotlové vodě.

Omezovač hladiny – vysoká hladina vody

U kotlových zařízení pro 72 h bezobslužný provoz je nezbytný přídavný omezovač maximální hladiny vody, aby se při překročení nejvyššího přípustného stavu vody v kotli nemohla dostat voda do navazujících parních potrubí.

Omezení vodivosti

U kotlových zařízení pro 72h bezobslužný provoz je také omezena maximální přípustná vodivost, aby nemohlo v kotli docházet k nekontrolovanému pění a usazeninám. Při překročení limitní hodnoty je i zde vypnuto spalovací zařízení.

Další bezpečnostní zařízení

Vedle omezovačů umístěných přímo na parním kotli vedou k vypnutí spalovacího zařízení i další provozní poruchy. Přesné požadavky pro příslušné palivo a různou výstroj jsou uvedeny v normě EN 12953 část 9.

Nouzové vypínače

Tlačítka nouzového vypnutí jsou umístěna na všech únikových cestách a na kotlovém rozvaděči. Aktivací tlačítka nouzového vypínání se spustí bezpečnostní řetězec kotle. Doplnkově se doporučuje tlačítko nouzového vypnutí mimo kotelnu.

Hlídání hořáku – hlídání plamene

Pokud není při přívodu paliva v provozu rozpoznán ve spalovacím zařízení plamen, vede to po několika málo sekundách k vypnutí kotle do poruchového stavu. Tím se zabrání, aby ve spalinovém systému vznikala díky nespálenému palivu zápalná směs, která by při pozdějším startu hořáku mohla explodovat.

Hlídání hořáku – přívod paliva

Těsnost uzavírací armatury plynu a minimální a maximální tlak přívodu paliva jsou taktéž monitorovány, aby bylo zajištěno, že se v kotli nebo ve spalinových cestách nemůže vytvořit žádná zápalná směs.

→ Obr. 59, strana 146

Hlídání hořáku – pojistka proti nedostatku vzduchu

Provoz a funkce ventilátoru spalovacího vzduchu jsou hlídány pomocí takzvané pojistky proti nedostatku vzduchu. Děje se tak přes omezovač minimálního tlaku vzduchu (PZA) mezi ventilátorem a hlavou hořáku.

Odběr páry

Na horní části kotle je umístěno hrdlo odběru páry s uzavíracím ventilem. Odtud je sytá pára napájena do navazující parní sítě. Aby byla omezena tvorba hluku, je hrdlo odběru páry dimenzováno tak, aby nenastávaly rychlosti proudění ≥ 40 m/s. Přitom je třeba dbát na to, že průměr hrdla musí být dimenzován s ohledem na minimální plánovaný provozní přetlak, neboť zde je dán nejvyšší specifický objem páry.

Pod hrdlem je uvnitř kotle umístěn nárazový plech, aby malé kapičky vynášené prouděním zůstávaly v kotli a kotel opouštěla pokud možno suchá pára. Zbytková vlhkost může přesto činit až 3 %.

Aby se zlepšila kvalita páry, je zde možno také umístit demistr z drátěného pletiva. Tak je možno zredukovat zbytkovou vlhkost na zhruba 0,1 %.

→ Technika – Kapitola 4.3.1: Sušení páry, strana 196

2.2.5 Volitelná měřicí zařízení

Další měřicí zařízení jako měření množství a teploty zlepšují informace o provozu kotle. Jednak mohou být napojena na regulaci kotle, aby byly realizovány zvýšené požadavky na kvalitu regulace, na druhé straně jsou důležitou pomůckou, aby bylo možno posuzovat efektivitu provozu kotle. Sběrem, záznamem a vyhodnocováním těchto dat se dá provoz kotle kdykoliv optimalizovat i po uvedení do provozu (např. při změnách provozu). Dále tak mohou být pokryty i požadavky z případného vnitropodnikového systému energetického managementu. Nejčastěji používané metody měření jsou popsány níže.

Měření množství páry

Pomocí měření množství páry je měřen objemový proud páry dodávaný do parní sítě. Společně s měřením tlaku a teploty u syté páry, resp. měřením tlaku a teploty u přehřáté páry, může být objem páry přepočítán na hmotnostní proud páry a na užitný tepelný výkon vydávaný kotlem.

Měření množství napájecí vody

Měřením množství napájecí vody je měřena napájecí voda přiváděná do kotle..

Měření množství paliva

Pro každé jednotlivé kotlové zařízení je nutné měření množství paliva, aby bylo možno při uvádění do provozu nastavit maximální přípustný výkon spalovacího zařízení.

U kapalných paliv probíhá měření vždy přímo přiřazené ke kotli. Objemový proud paliva se měří v [l/min] nebo [l/h].

U plyných paliv se také důrazně doporučuje měření přímo přiřazené danému kotli. Z nákladových důvodů se měření tímto způsobem příležitostně nerealizuje a za základ se bere měření distributora energií v plynové předávací stanici. Měření objemového proudu plynu v [m³/h] musí být pro vyhodnocení ještě přepočítáno společně s měřením tlaku a teploty na [m³/h].

Společně s údaji o výhřevnosti v [kWh/kg] nebo [kWh/l] pro kapalná a v [kWh/m³] pro plyná paliva je pak možno tyto údaje přepočítat na množství energie přiváděné kotli a tím vytvořit výchozí bázi pro výpočet účinnosti nebo určení ročního stupně využití.

Měření teploty spalin

Měření teploty spalin je důležitým indikátorem pro aktuální způsob provozu kotle. Tímto jednoduchým a nákladově příznivým měřením a kontinuálními záznamy a vyhodnocováním teploty spalin mohou již být rozpoznány četné možnosti optimalizace, neekonomický způsob provozu kotle nebo také znečištění teplosměnných ploch.



3 Komponenty

3.1 Spalovací zařízení a ohřev

Úkolem spalovacího zařízení je uhlík, vodík a eventuální síru, které jsou obsažené v palivu, zcela spálit na CO_2 , H_2O a SO_2 . Aby to mohlo probíhat pokud možno bez škodlivin, musí být především palivo a spalovací vzduch v čase a místě ve spalovacím prostoru k dispozici ve správném směšovací poměru.

Pro žárotrubný kotel jsou k tomuto účelu používána téměř výhradně přetlaková spalovací zařízení. To znamená, že ventilátor spalovacího vzduchu musí dávat k dispozici přetlak odporu $5 \dots \leq 50 \text{ mbar}$ způsobovaný kotlem a popř. následně zařazeným tepelným výměníkem. Ve spalovacím zařízení proto stále existuje malý přetlak.

3.1.1 Paliva

Zemní plyn a topný olej jsou i nadále nejčastěji používanými palivy. Dle způsobu provozu parního kotle, potřebného výkonu nebo požadavků na emisní hodnoty přináší každé z těchto standardních paliv různé výhody a hodí se pro různé aplikace.

→ Plánování – Kapitola 4.3: Kritéria pro volbu paliva mezi topným olejem a zemním plynem, strana 56

Především pro spalování pokud možno bez škodlivin je rozhodující správná kombinace paliva a spalovacího vzduchu.

Vedle standardizovaných paliv mohou být používána v žárotrubném kotli i nejrůznější plynná a kapalná paliva. Druh paliva určuje realizaci - buď umožňuje jednoduchou realizaci, nebo to naopak vyžaduje větší vícenáklady. V každém případě by mělo být nasazení těchto paliv přesně posouzeno již ve fázi projektu, neboť to vyžaduje vedle zvýšených investic mimo jiné také přísný monitoring a údržbu v provozu.

→ Plánování – Kapitola 4.4: Další paliva, strana 57

Příklady mimořádných kapalných paliv:

- bionafta
- zvířecí tuk
- řepkový olej
- sojový olej
- palmový olej/ tuk

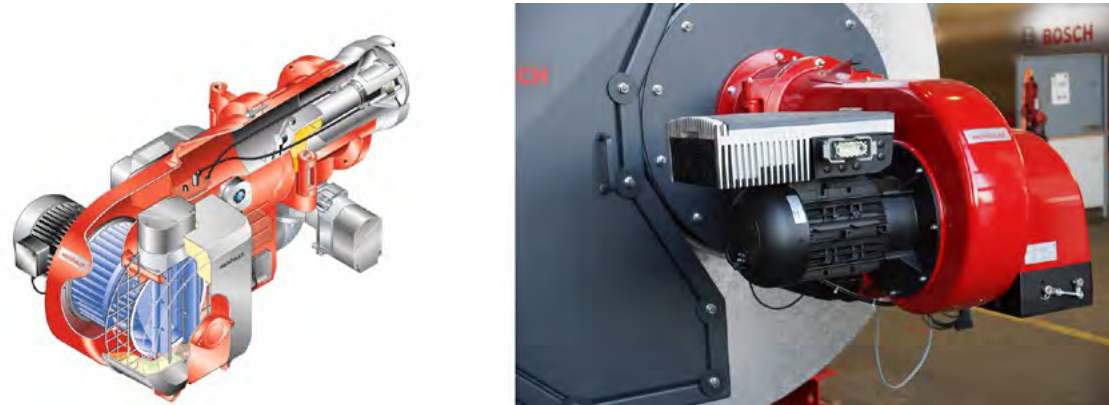
Příklady mimořádných plyných paliv:

- bioplyn
- bio zemní plyn
- kalový plyn
- plyn ze zplyňování biomasy
- zemní plyny bohaté na vodík

Spalování těchto paliv přitom může probíhat jako samostatné přídavné palivo, např. při použití dvoupalivového hořáku se zemním plynem a kapalným mimořádným palivem, nebo jako příměsné spalování, např. zemního plynu s bioplynem.

3.1.2 Varianty ventilátorů spalovacích zařízení

Monoblokový hořák



Obr. 48 Monoblokový hořák v řezu (Weishaupt)

Jako monoblokové nebo ventilátorové hořáky označujeme spalovací systémy, u nichž je ventilátor spalovacího vzduchu přímo integrovaný v těle hořáku. Tento systém hořáků se hodí pro topný olej, plyná paliva a také jako kombinovaný systém, u něhož je možný jednoduchý přechod mezi spalováním plynu a oleje. Výhody monoblokových hořáků spočívají zejména v jejich kompaktní a tím i cenově příznivé konstrukci a v možnosti montáže přímo na kotel, čím se šetří místo. Monoblokové hořáky mohou být používány až do výkonu spalovacího zařízení zhruba 10 MW. Nehodí se však k použití pro předehřev vzduchu.

Duoblokové hořáky



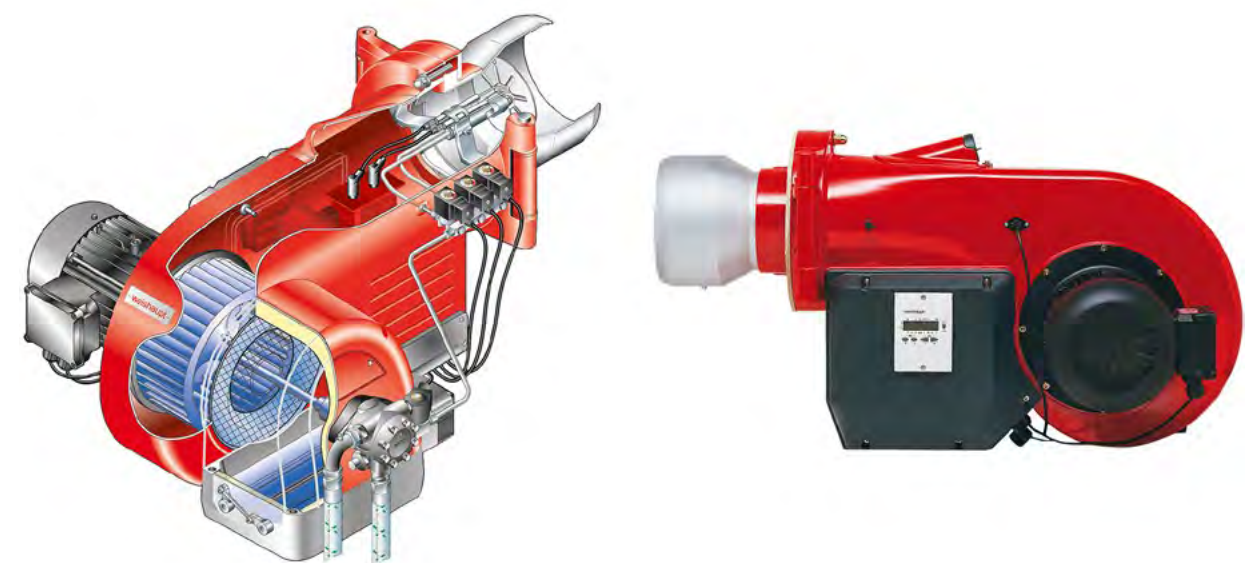
Obr. 49 Duoblokové hořáky s ventilátorem na pochozí lávce a potrubí spalovacího vzduchu (Saacke)

Jako duoblokové hořáky se označují hořáky, u nichž je ventilátor spalovacího vzduchu (na obrázku namontovaný na kotli) umístěn odděleně od spalovací jednotky. Spojení ventilátoru spalovacího vzduchu s hořákem probíhá přes potrubí spalovacího vzduchu. Duoblokové hořáky se používají speciálně u velkých výkonů spalovacích zařízení a při nasazení předehřevu vzduchu.

3.1.3 Spalovací zařízení pro kapalná paliva

Níže jsou popsány nejdůležitější pojmy a rozlišující znaky pro spalovací zařízení a nezbytné příslušenství.

Tlakový rozprašovač



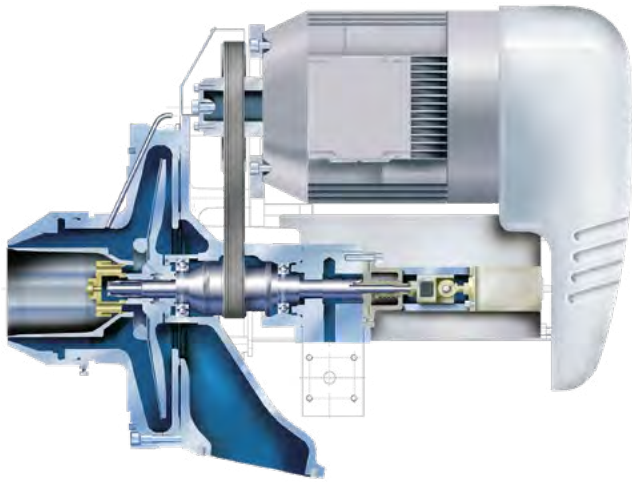
Obr. 50 Olejový hořák jako obrázek a znázorněn v řezu (Weishaupt)

Při rozprašování tlakem je olej veden tryskou a při výstupu do spalovacího prostoru se jemně rozpráší. Nezbytné vstupní tlaky v přívodu oleje se pohybují mezi 6 ... 30 bary. Při výstupu paprsku oleje z trysky se tvoří jemné kapičky oleje, které tvoří velký reakční průřez. Předpokladem pro to je, aby se viskozita paliva pohybovala v rozmezí 5 ... 8 mm²/s. Pokud tomu tak při dané prostorové teplotě není, musí být olej předeřhíván.

Regulace hořáku může probíhat různými způsoby. U stupňových hořáků je v hlavě hořáku namontováno několik trysek. Dle požadavku na výkon jsou přes aktivaci magnetických ventilů trysky spínány nebo vypínány. K dispozici jsou hořáky až se třemi tryskami.

K plynulé regulaci výkonu jsou používány hořáky s regulací množství paliva. Množství paliva přiváděné do spalovacího prostoru reguluje ventil na vratu topného oleje. Tento ventil je řízen v závislosti na poloze klapky spalovacího vzduchu.

Rotační rozprašovač



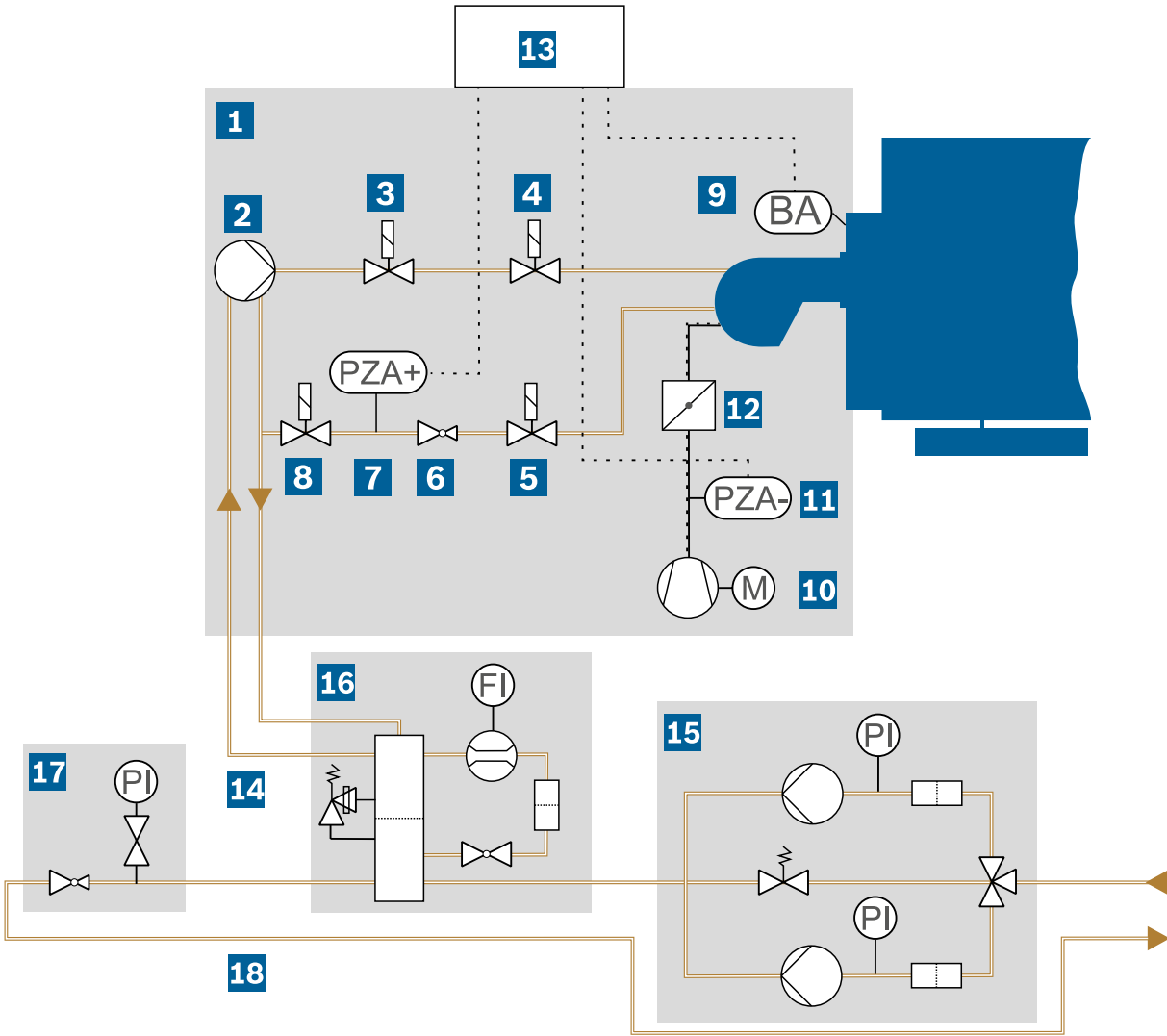
Obr. 51 Obrázek rotačního rozprašovače v řezu (Saacke)

Kapalné palivo je přes rychle rotující dutou hřídel při nízkém tlaku přiváděno do kónického rozprašovacího hrnce. Na něm se pohybuje tvořící se olejový film až k hraně hrnce, který se směrem ke spalovacímu zařízení rozšiřuje. Odstředivou silou se olejový film odtrhne od hrany hrnce a tvoří jemné kapičky oleje, které jsou vymršťovány vírem do prostoru spalovacího zařízení.

Část spalovacího vzduchu je vedena do hrnce, druhá část proudí v kruhové šterbině okolo hrnce, většinou protisměrným vírem. Přidáváním a distribucí spalovacího vzduchu je ovlivňován obraz plamene. Tím vzniká intenzivní směřování oleje se spalovacím vzduchem.

Velkou výhodou rotačního rozprašovače je velká nezávislost na vlastnostech viskozity paliva v porovnání s tlakovým rozprašovačem. Tak mohou být bezpečně spalována i paliva kolísající kvality. Rotace hrnce může být přidavně hlídána, aby bylo zaručeno nízkoemisní spalování bez tvorby CO a sazí.

Napájení olejem



Obr. 52 Příklad znázornění spalovacího zařízení na lehký topný olej s hořákem s tlakovým rozprašovačem

BA	Hlídač plamene	PZA-	Pojistka proti nedostatku vzduchu
FI	Ukazatel průtoku	PZA+	Omezovač maximálního tlaku
PI	Ukazatel tlaku (manometr)		

Zařízení spalovacího zařízení

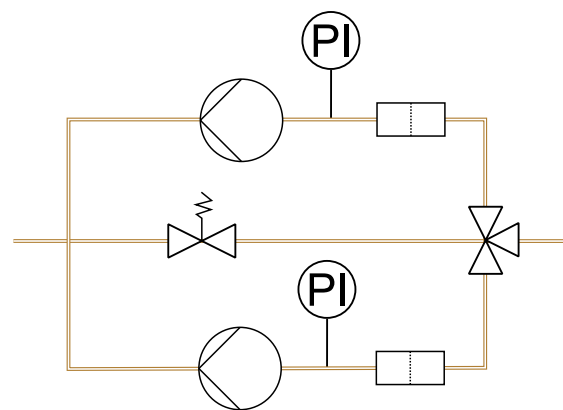
- 1** Hořák
- 2** Olejové čerpadlo hořáku: vytváří tlak 12 ... 30 barů nezbytný k rozprašování
- 3** Magnetický ventil: první uzávěr zásobování paliva na vstupu oleje
- 4** Magnetický ventil: druhý uzávěr zásobování paliva na vstupu oleje
- 5** Magnetický ventil: první uzávěr
- 6** Regulace tlaku oleje: nastavení tlaku oleje na vratné trysce hořáku dle požadovaného výkonu
- 7** Omezovač maximálního tlaku: vypínání spalovacího zařízení, když je tlak oleje příliš vysoký
- 8** Magnetický ventil: druhý uzávěr na vratu oleje

- 9** Hlídač plamene: vypíná spalovací zařízení, když v prostoru spalovací komory není po časovém intervalu pro najetí stabilní spalování
- 10** Ventilátor: zásobování spalovacím vzduchem
- 11** Jištění proti nedostatku vzduchu: vypínání spalovacího zařízení při nízkém podávacím tlaku ventilátoru spalovacího vzduchu
- 12** Vzduchová klapka: regulace poměru paliva/ vzduchu
- 13** Řízení spalovacího zařízení/ bezpečnostní řetězec
- 14** Olejové potrubí

Napájení olejem

- 15** Olejový napájecí modul OSM
- 16** Olejový cirkulační modul OCM
- 17** Modul regulace tlaku oleje ORM
- 18** Olejový okruh

Olejový napájecí modul OSM

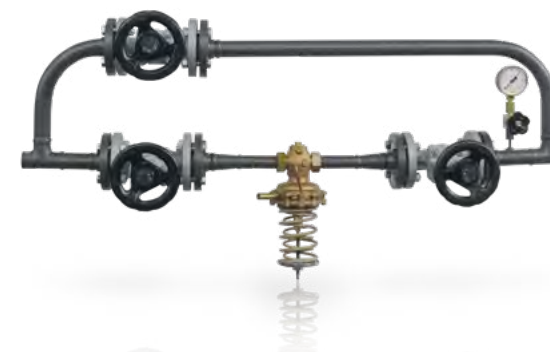


Obr. 53 Olejový napájecí modul

PI Manometr

Olejový napájecí modul čerpá palivo ze skladovací olejové nádrže umístěné mimo kotelnu přes okružní potrubí k jednotlivým olejovým cirkulačním modulům, které zásobují každý olejový hořák jednotlivě. Je předmontován jako jednotlivá nebo dvojitá stanice se 100 % rezervou pro jistotu zásobování i při výměně olejového filtru, se všemi armaturami v záchytné olejové vaně pro jednoduchou vestavbu do okružního potrubí.

Modul regulace tlaku oleje ORM

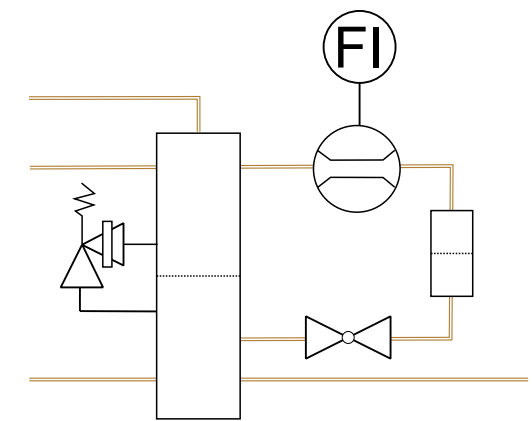


Obr. 54 Modul regulace tlaku oleje

PI Manometr

Regulační tlakový modul oleje slouží k nastavení konstantního tlaku oleje na vstupu do okružního potrubí. Skládá se z regulátoru tlaku oleje, předřazených a následných uzavíracích armatur, které umožňují demontáž regulátoru tlaku, ukazatele tlaku (**PI**) a bypasseové armatury. Napojení se provádí vždy po posledním zaregulování k napájení hořáku.

Olejový cirkulační modul OCM



Obr. 55 Olejový cirkulační modul

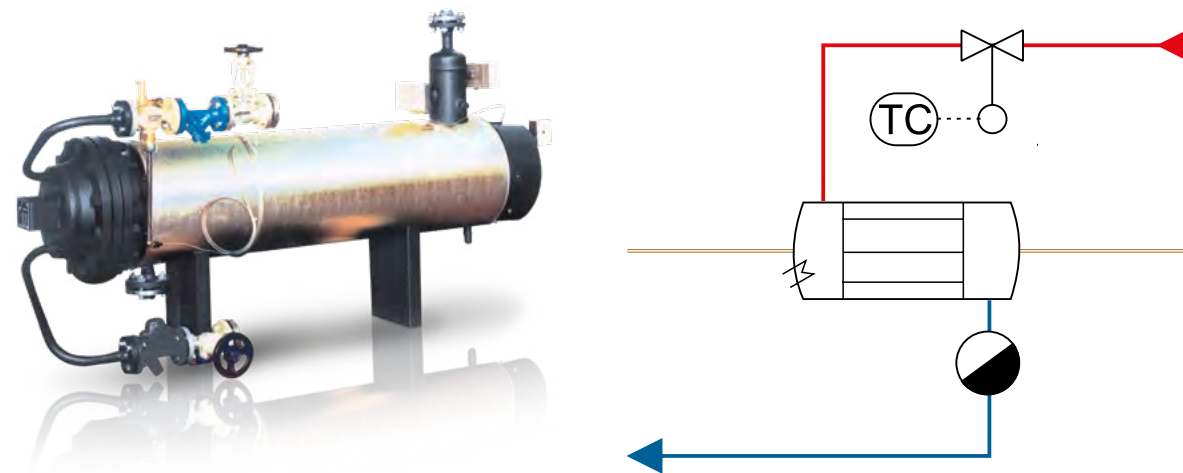
FI Armatura filtru

Olejový cirkulační modul upravuje kapalná paliva filtrováním a odlučováním vzduchu a eviduje průtok množství oleje. Je dimenzovaný na tlakové rozprašovací hořáky na lehký topný olej a těžký topný olej se systémem vratných trysek a je montován jako hotově předmontovaná jednotka k připojení včetně opláštění pro každý hořák do okružního vedení se vstupním tlakem $\geq 1,5$ baru.

Modul obsahuje dvoukomorový zásobník oleje pro přímé napájení hořáku olejem a zachycování vratného množství z hořáku. Potrubí mohou být napojena přímo na olejové hadice hořáku.

Jsou zde obsaženy filtrační armatura (**FI**), měření množství oleje, uzavírací armatury, přetlaková pojistná armatura, odvzdušňovací uzavírací armatura, jakož i vypouštěcí armatura. Při provozu na těžký topný olej je přidavně umístěna pod plechovým opláštěním izolace.

Modul předehřevu oleje OPM



Obr. 56 Modul předehřevu oleje

TC Regulační ventil teploty

Pro středně lehké a těžké topné oleje jako palivo je nezbytný předehřev oleje, neboť tato paliva při okolní prostorové teplotě nevykazují vlastnosti tečení nezbytné pro rozprašování. Olej musí být předehříván, aby se snížila jeho viskozita. Dle značky hořáku a paliva je třeba předehřev na 100 ... 180 °C, aby bylo zaručeno bezpečné spalování.

Ohřev přitom probíhá přes tepelný výměník se svazkem trubek a může být provozován na páru nebo jako kombinovaný ohřev pára / elektrický proud. Je třeba dbát na to, aby byla všechna potrubí a armatury vybaveny doprovodným ohřevem. Ve stavu najíždění se olej nejprve nahřeje elektricky a v trvalém provozu zařízení se pak ohřívá na plynulou teplotu párou přes teplotní regulační ventil (**TC**). Modul je předmontovaný ve stavu hotovém k připojení včetně regulace ohřevu, tepelné izolace a všech armatur.

3.1.4 Spalovací zařízení na plyná paliva

Zemní plyn je dnes k dispozici ve většině lokalit a většinou jsou jeho dodávky cenově příznivější než dodávky oleje. Proto v posledních letech stále stoupal podíl plynových spalovacích zařízení.

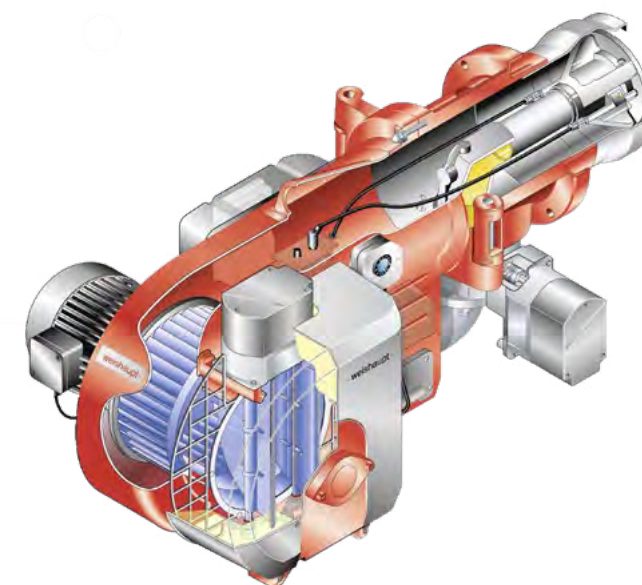
→ Plánování – Kapitola 4.3: Kritéria pro volbu paliva mezi topným olejem nebo zemním plynem, strana 56

Vedle ekonomické výhody mluví pro plyn jako palivo další výhody:

- žádné skladování paliva
- menší znečišťování teplosměnných ploch
- méně náchylné na poruchy
- nižší emise NO_x a CO₂
- jednodušší využití kondenzační techniky

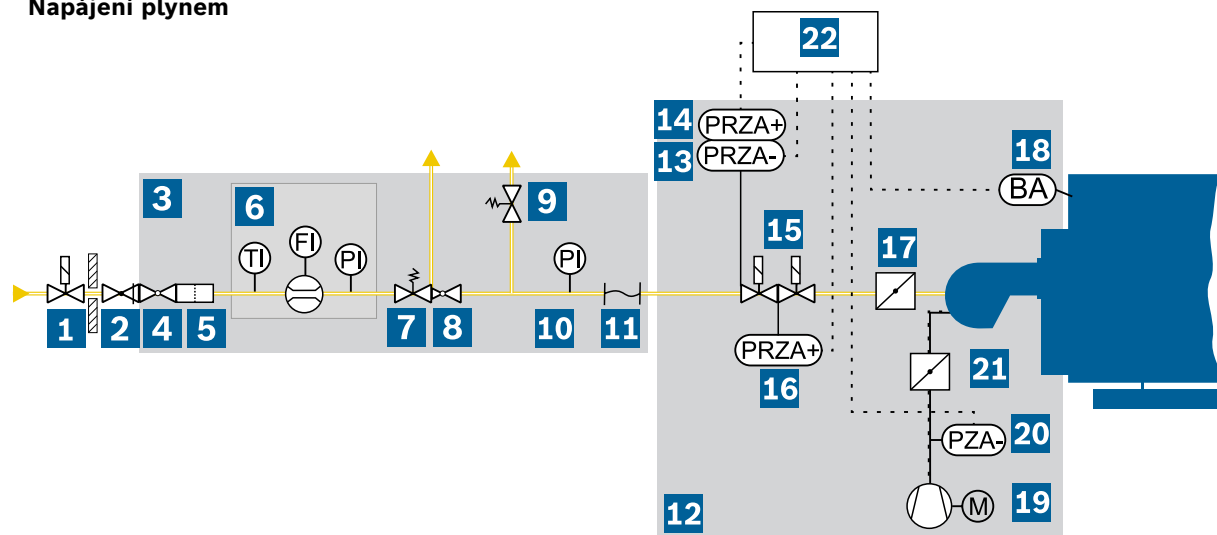


Obr. 57 Plynový hořák v konstrukčním provedení jako monoblok (Dreizler)



Obr. 58 Plynový hořák znázorněný v řezu (Weishaupt)

Napájení plynem



Obr. 59 Systematické znázornění plynového spalovacího zařízení jako příklad (vysokotlaké napájení)

Napájení plynem

BA	Hlídač plamene	PRZA-	Omezovač minimálního tlaku plynu
FI	Ukazatel průtoku	PRZA+	Omezovač maximálního tlaku plynu
PI	Ukazatel tlaku (manometr)	TI	Ukazatel teplot
PZA-	Pojistka proti nedostatku vzduchu		

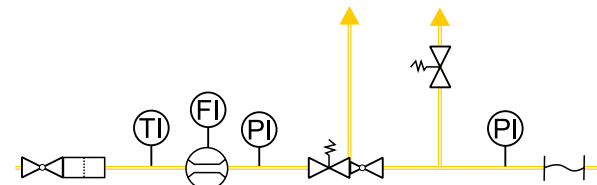
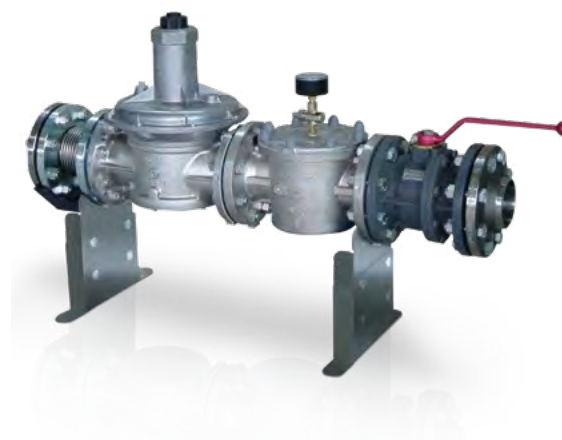
- 1** Bezpečnostní uzavírací ventil: uzavírání zásobování plynem při poruchách a nouzovém vypnutí (instalace mimo kotelnu)
- 2** Termické uzavírací zařízení: uzavření zásobování plynem při požáru v kotelně
- 3** Plynová regulační řada
- 4** Uzavírací kohout: pro manuální uzavření
- 5** Plynový filtr: ochrana citlivých částí před znečištěním
- 6** Modul plynoměru: plynoměr s měřením teploty a tlaku k množstevnímu přepočtu z provozních m³/h na normované m³/h
- 7** Bezpečnostní uzavírací ventil: uzavírání přívodu plynu při nepřípustném nárůstu tlaku plynu
- 8** Tlakový regulátor plynu: zaručuje konstantní tlak plynu pro spalování
- 9** Pojistný odfukový ventil: aktivuje se při nepřípustném přetlaku za regulátorem tlaku plynu
- 10** Zařízení ukazatele tlaku (**PI**)
- 11** Kompenzátor: vyrovnání roztažnosti potrubí

Zařízení spalovacího zařízení

- 12** Hořák
- 13** Omezovač minimálního tlaku (**PRZA-**): vypínání spalovacího zařízení, když je tlak plynu příliš nízký
- 14** Omezovač maximálního tlaku (**PRZA+**): vypínání spalovacího zařízení, když je tlak plynu příliš vysoký
- 15** Dvojitý magnetický ventil: dvojitý uzávěr napájení plynem, když je hořák mimo provoz
- 16** Kontrola těsnosti (**PRZA+**): kontrola těsnosti magnetických ventilů
- 17** Regulační klapka plynu: regulace množství plynu

- 18** Hlídač plamene (**BA**): vypíná spalovací zařízení, když po časovém intervalu najetí není v prostoru spalovacího zařízení stabilní spalování
- 19** Ventilátor: zásobování spalovacím vzduchem
- 20** Pojistka proti nedostatku vzduchu (**PZA-**): vypínání spalovacího zařízení při nízkém přepravním tlaku ventilátoru spalovacího vzduchu
- 21** Vzduchová klapka: regulace poměru paliva - vzduchu
- 22** Manažer spalovacího zařízení/ bezpečnostní řetězec

Plynová regulační řada GRM



Obr. 60 Plynová regulační řada

FI	Ukazatel průtoku
PI	Ukazatel tlaku (manometr)
TI	Ukazatel teploty

Plynová regulační řada obsahuje všechna regulační a bezpečnostní zařízení, která jsou nezbytná pro bezpečný a bezporuchový provoz spalování. Především přívod plynu a vzduchu jsou přes elektronickou a pneumatickou spojitou regulaci nastaveny tak, že je ve všech bodech výkonu k dispozici správný poměr paliva/ vzduchu pro úplné, bezpečné a efektivní spalování ve spalovacím prostoru.

Regulátor plynu je namontovaný, aby nezávisle na měnících se vstupních tlacích zajišťoval konstantní tlak plynu na hořáku. Při změně tlaku plynu by se změnil poměr plynu/ vzduchu na hořáku a v důsledku toho by mohl nastat buď nestabilní plamen, nebo spalování se silnou tvorbou sazí a CO. Když může být jistě vstupní tlak plynu větší než přípustný provozní přetlak komponentů plynové regulační řady, pak musí být bezpečnostní uzavírací ventil (SAV) a pojistný odpouštěcí ventil (SBV) nainstalovány před regulátorem.

Tlaková čidla monitorují minimální a maximální přípustný tlak plynu, pokud regulátor tlaku plynu vykazuje defekt. Při odstávce nebo při provětrání se nesmí do prostoru spalovacího zařízení dostat žádný plyn, neboť jinak může dojít k zahoření a výbuchu. Proto musí magnetické ventily v plynové regulační řadě bezpečně zavírat. Z bezpečnostních důvodů jsou plynové magnetické ventily ve zdvojeném provedení a v programu startu hořáku je před každým spuštěním hořáku kontrolováno, zda jsou ventily těsné (kontrola těsnosti plynu).

3.1.5 Ohřev spaliny

Teplo horkých spalín z předřazených procesů jako například kogenerace z kogeneračních jednotek nebo plynových turbín, průmyslových výrobních procesů z výroby zpracování kovů nebo termického využití surovin, se hodí k výrobě páry v žárotrubných kotlech.

→ Efektivita - Kapitola 5.1, Kogenerace, strana 309

Možný parní výkon ze spalín se přitom v podstatě řídí dle tří kritérií:

- **Teplotní hladiny, ve které jsou spaliny k dispozici**

Čím vyšší je teplotní hladina spalín, tím vyšší je dosažitelný parní výkon. Teplotní hladina může být až cca 300 °C u plynových mikroturbín, až zhruba 360 ... 550 °C u spalín z motorů nebo až do 1000°C u průmyslových procesů jako tavení nebo kování obrobků nebo z termického využití.

- **Množství spalín a doby trvání, kdy jsou spaliny k dispozici**

Je třeba dbát na to, zda jsou spaliny k dispozici kontinuálně nebo pouze v určitých provozních časech. Přídavně je třeba respektovat množství spalín. Tak je u kogenerace s plynovou turbínou z důvodu vysokého přebytku vzduchu při spalování k dispozici až 5 krát více spalín než u spalovacího motoru o stejném elektrickém výkonu.

- **Hladiny tlaku, na kterých může být pára dávana k dispozici**

Čím vyšší musí být hladina tlaku a tím i teplota syté páry v parním kotli, tím menší je disponibilní teplotní spád pro přenos tepla ze spalín na páru. Pro teploty spalín ≤ 330 °C se proto nejlépe hodí provozní přetlak < 5 barů. Při vyšších teplotách spalín může být realizován také odpovídajícím způsobem vyšší tlak páry.

Další rámcové parametry při volbě vhodného kotle jsou příslušný obsah síry, obsah pevných částic nebo ostatní korozivně působící substance, jako například obsah chloru ve spalínách.

Z důvodu četných možných variací odpadního tepla se zde vždy doporučuje provést podrobný inženýring parního zařízení na využití odpadního tepla, aby bylo dosaženo jeho optimálního využití.



Obr. 61 Kogenerace se 4 tahovým spalínovým kotlem

3.2 Udržování v teplém stavu

Pokud nejsou parní kotle na krátkou dobu, např. o víkendech nebo během odstávky výroby v noci potřeba, pak se pro tyto kotle nabízí udržování v teplém stavu. Přitom je kotel udržován na sníženém tlaku. Díky nižšímu tlaku v kotli a tím také nižší teplotě média klesají tepelné ztráty v dobách odstávek.

Udržování kotle v teplém stavu má v podstatě tři výhody:

- rychlou disponibilitu plného parního výkonu během několika málo minut
- zabránění průniku kyslíku a tím korozi při klidovém stavu
- zabránění nejvyššímu mechanickému namáhání při najíždění kotlového zařízení ze studeného stavu

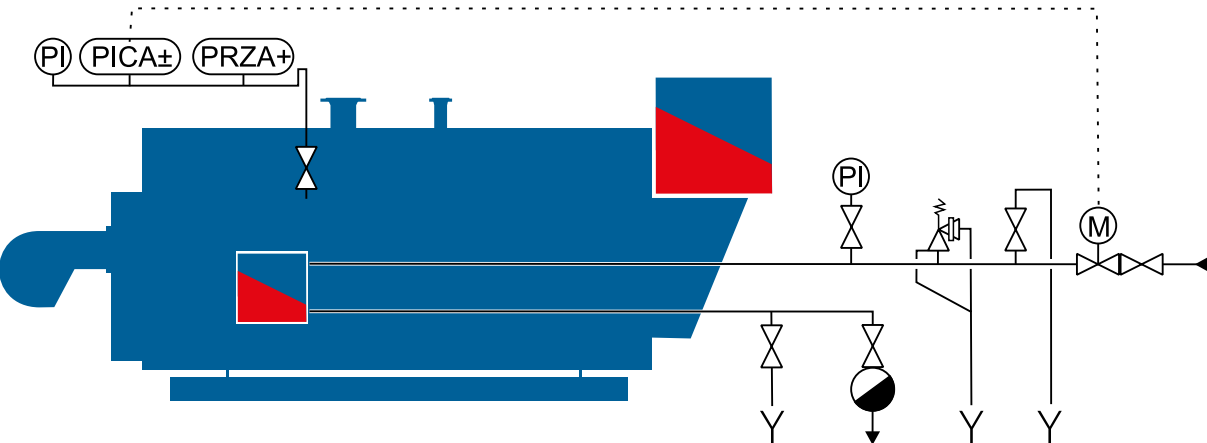


Obr. 62 Topný had namontovaný ve dně kotle pro udržování v teplém stavu

Udržování v teplém stavu prostřednictvím topného hada

Ve vícekotlových zařízeních nebo v zařízeních, v nichž je k dispozici k ohřevu topného hada sytá pára z cizí parní sítě, probíhá udržování v teplém stavu prostřednictvím topného hada zabudovaného ve dně kotle. Udržování v teplém stavu přitom může probíhat regulovaně za pomoci regulačního ventilu na přívodu páry na požadovaný tlak nebo i neregulovaně.

Výhoda této varianty spočívá zejména v rovnoměrném rozložení teplot uvnitř kotle. Spolehlivě se tak zabrání tvorbě vrstvení teploty. Tím se enormně snižují tepelná napětí při přechodu z udržovacího provozu do normálního provozu.



Obr. 63 Udržování kotle v teplém stavu přes topného hada

- PI** Ukazatel tlaku (manometr)
- PICA±** Převodník naměřeného tlaku
- PRZA+** Omezovač tlaku

Udržování v teplém stavu přes prostor spalovacího zařízení

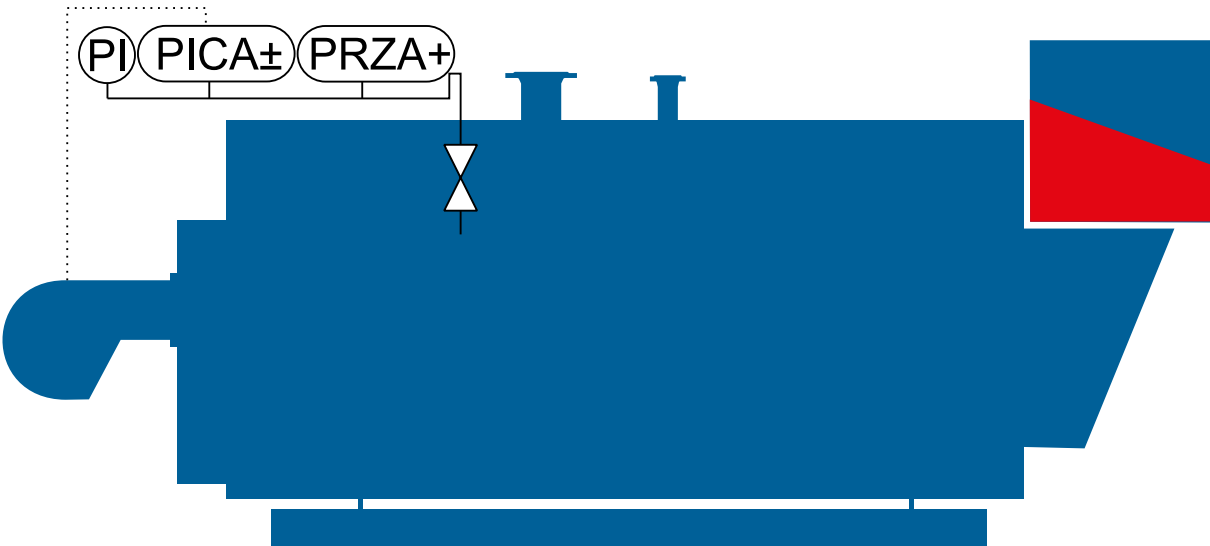
Jednotlivá kotlová zařízení nebo řídicí kotel vícekotlového zařízení, pro které není k dispozici pára ze sítě, musí být udržovány v teplém stavu vlastním spalovacím zařízením.

Protože musí tepelný výkon spalovacího zařízení hořáku v tomto provozním režimu vyrovnávat pouze tepelné ztráty zařízení, je regulace výkonu spalovacího zařízení nastavena na minimální výkon. U dobře izolovaných zařízení spíná spalovací zařízení pouze jednou za několik hodin. Udržování v teplém stavu přitom často probíhá na zhruba 50 % středního provozního přetlaku kotle, aby to umožňovalo obzvláště rychlé najetí.

S udržováním v teplém stavu hořákem jsou však spojeny vždy všechny nevýhody častějšího spínání (taktování) hořáku, jako např. ztráty z provětrání a mechanická zátěž.

→ Efektivita - Kapitola 2.2.4 Provětrání, strana 279

Navíc se při udržování v teplém stavu bez odběru páry po delší dobu (několika dnů) vytváří v kotli teplotní vrstvy, které při opětovném spuštění způsobují přídavná mechanická a termická zatížení.



Obr. 64 Udržování v teplém stavu přes spalovací zařízení

- PI** Ukazatel tlaku (manometr)
- PICA±** Převodník naměřeného tlaku
- PRZA+** Omezovač maximálního tlaku

3.3 Ekonomizér

Ekonomizér, také nazývaný spalínový tepelný výměník v mečiase již patří k základní výbavě parního kotlového zařízení, neboť je možné jej použít téměř v každém zařízení.

Investiční náklady integrovaného ekonomizéru činí zhruba 7 ... 15 % kotle, avšak současně ekonomizér zvyšuje účinnost zařízení až o 7 %, čímž se většinou amortizuje již během několika málo měsíců provozu.

→ Efektivita – Kapitola 2.1: Teplota spalin vs. spalínové ztráty, strana 267

Proud spalin vycházející z parního kotle má ještě teplotu 200 ... 280 °C. Tento tepelný potenciál na vysoké teplotní úrovni využívá ekonomizér se svými vysoce efektivními dodatkovými teplosměnnými plochami k suchému zpětnému získávání tepla ze spalin. Teplo odebrané spalinám se většinou používá k ohřevu napájecí vody a zlepšuje tak účinnost kotle.

Pro další zvýšení efektivity mohou být spalínové tepelné výměníky používány ke kondenzaci spalin, předehřev vzduchu nebo chladič napájecí vody.

→ Efektivita – Kapitola 2.1.2: Kondenzační ekonomizér, strana 269

→ Efektivita – Kapitola 2.1.3: Předehřívák vzduchu, strana 271

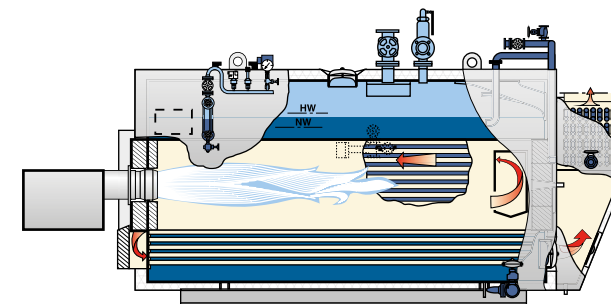
→ Efektivita – Kapitola 2.1.4: Chladič napájecí vody, strana 273

Pro provoz spalínových výměníků tak, aby byl optimalizovaný na každý technologický způsob provozu, jsou k dispozici různá konstrukční provedení ekonomizérů.

Integrovaný ekonomizér

Obzvláštní výhody poskytuje u nových kotlových zařízení přímo na kotli namontovaný plně integrovaný ekonomizér. Co do velikosti variabilní, speciálně vyvinutá výměníková vložka s vysoce efektivními žebrovými trubkami je namontovaná hotově předizolovaná a ze strany vody přímo s kotlem spojená jako součást kotle ve spalínové sběrné komoře. Integrované ekonomizéry mohou být dodávány pro konstrukční řady kotlů U-MB, CSB, UL-S, ZFR a HRSB.

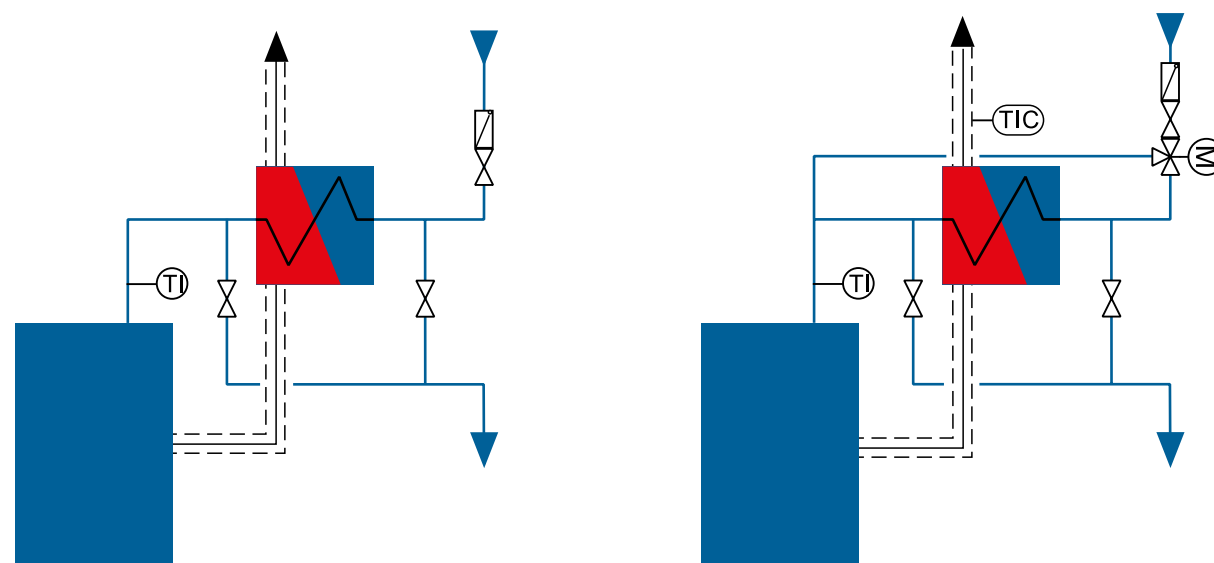
U integrovaných ekonomizérů vznikají v porovnání s běžným kotlem s odděleným ekonomizérem značné výhody.



Obr. 65 Integrovaný ekonomizér na UL-S

Výhody:

- vysoce efektivní spirálový systém žebrovaných trubek na plyn a topný olej „EL“
- integrovaný ve spalínové sběrné komoře na kotli
- zvýšení účinnosti až o 7 %
- namontovaný v závodě u výrobce, kompletně propojené potrubí připravené k připojení, zkontrolované a tepelně izolované
- menší potřeba prostoru
- žádný přídavný základ
- žádná nezbytná montáž přímo v místě



Obr. 66 Ekonomizér neuzavíratelný, neregulovaný (obr. vlevo) a ekonomizér neuzavíratelný, regulovaný na straně vody (obr. vpravo)

TI Ukazatel teploty
TIC Regulátor teploty
M Motor

V neregulované variantě proudí spaliny vždy kompletně přes trubky tepelného výměníku, takže je v každém stavu výkonu dosahováno maximálního získávání zpětného tepla z energie ze spalin. Vedle nejlepší účinnosti je to také nejpříznivější varianta, a proto je i nejčastěji využívána.

→ Obr. 66, strana 154, vlevo

Aby bylo zabráněno přílišnému poklesu teploty spalin za ekonomizérem, například při požadavcích na minimální teplotu spalin u zděných komínů, používá se varianta s regulací ze strany vody. Přitom se dílčí množství nebo celkové množství proudu napájecí vody vede prostřednictvím třícestné regulační armatury okolo ekonomizéru, dokud není dosaženo nastavené teploty spalin za ekonomizérem.

→ Obr. 66, strana 154, vpravo

Samostatně stojící ekonomizéry typu „stand-alone“

Ekonomizéry StandAlone mohou být instalovány nezávisle na kotli a jsou proto zajímavé zejména k dovybavování stávajících zařízení. Kromě toho jsou používány, když je třeba občas ze strany spalin ekonomizér obcházet, což je nutné při nasazení druhých paliv s obsahem síry (např. těžkého topného oleje).

Ve spodní části ekonomizéru spaliny vstupují a proudí v horní části tepelným výměníkem ke zpětnému získávání tepla, který se tam nachází. Spalinový bypass včetně motorické spalinové klapky, přípojného potrubí a armatur jsou hotově předmontované a patří, stejně jako tepelná izolace, k rozsahu dodávky přímo ze závodu výrobce. Vybavený speciální dvojitou žebrovanou trubkou pro lehčí čištění teplosměnných ploch je samostatně stojící StandAlone ekonomizér vhodný i pro těžký topný olej nebo paliva se sklonem k vyššímu znečištění.

Ekonomizér StandAlone může být dodáván pro všechny konstrukční řady kotlů CSB, UM-B, UL-S, ZFR, HRSB i pro fabrikáty cizích firem.



Obr. 67 Ekonomizér Stand-Alone ve spojení s duálním spalovacím zařízením (plyn/ těžký topný olej)



3.4 Kondenzační ekonomizér

Při využívání kondenzace je ze spalin odváděno nejen citelné teplo přímo navázané na teplotu, nýbrž je částečně odváděno i kondenzační teplo vázané ve vodní páře (latentní teplo.)

→ Technika – Kapitola 1.3: Entalpie, strana 114

Přitom vzniká kyselý spalinový kondenzát, který je třeba neutralizovat. Materiály odolné vůči korozi jsou proto v těchto tepelných výměnících, následných spalinových cestách a v komíně nezbytné.

→ Technika – Kapitola 4.2.2: Likvidace vody – spalinový kondenzát, strana 196

Samostatné nerezové spalinové tepelné výměníky jsou dodávány jako hotové moduly. Hodí se proto jak pro nová zařízení, tak i k bezproblémovému dovybavování stávajících celků.

→ Efektivita – Kapitola 2.1.2: Kondenzační ekonomizér strana 269

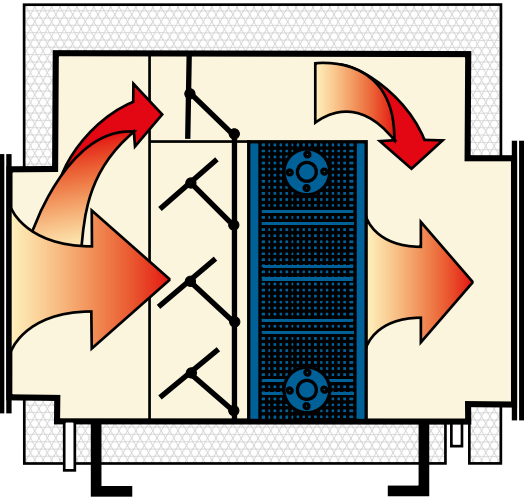
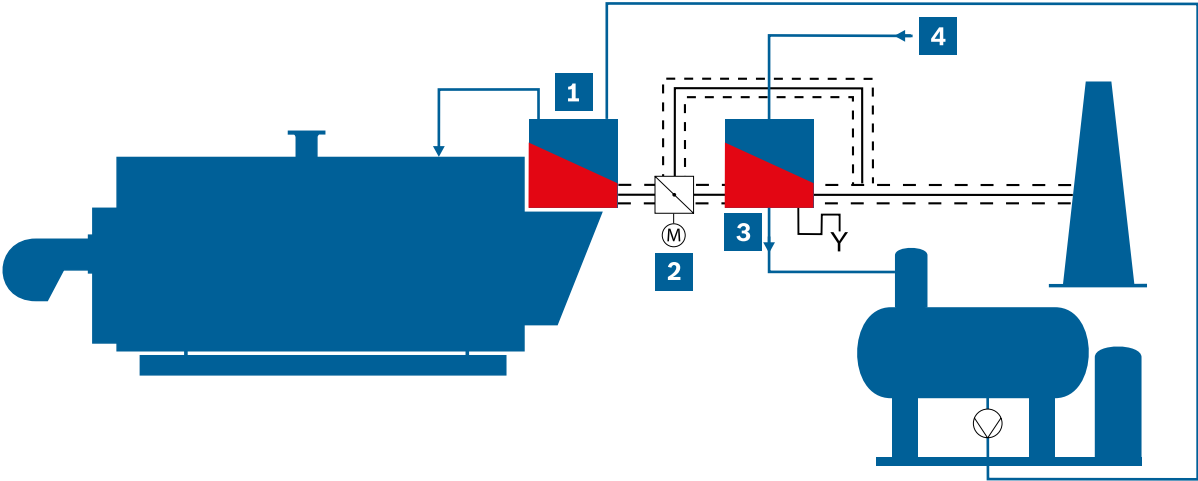


Abb. 68 Kondenzační ekonomizér



Obr. 69 Zjednodušený vývojový diagram parního kotlového zařízení s integrovaným ekonomizérem a následným kondenzačním ekonomizérem

- | | |
|--|---|
| 1 Integrovaný ekonomizér (ocel) | 3 Kondenzační ekonomizér (nerezová ocel) |
| 2 Bypassová spalinová klapka | 4 Přídavná voda |



3.5 Předehřívák vzduchu

Předehřívák vzduchu využívá horkou napájecí vodu, aby předehříval spalovací vzduch a v protiproudu získal chladnější vodu. Tento chladný proud vody může být využíván pouze v přídavném výměníku, aby byla dále snižována teplota spalin. Tím vzniká zisk účinnosti ve výši 2 %, resp. zhruba o 40 K nižší teploty spalin.

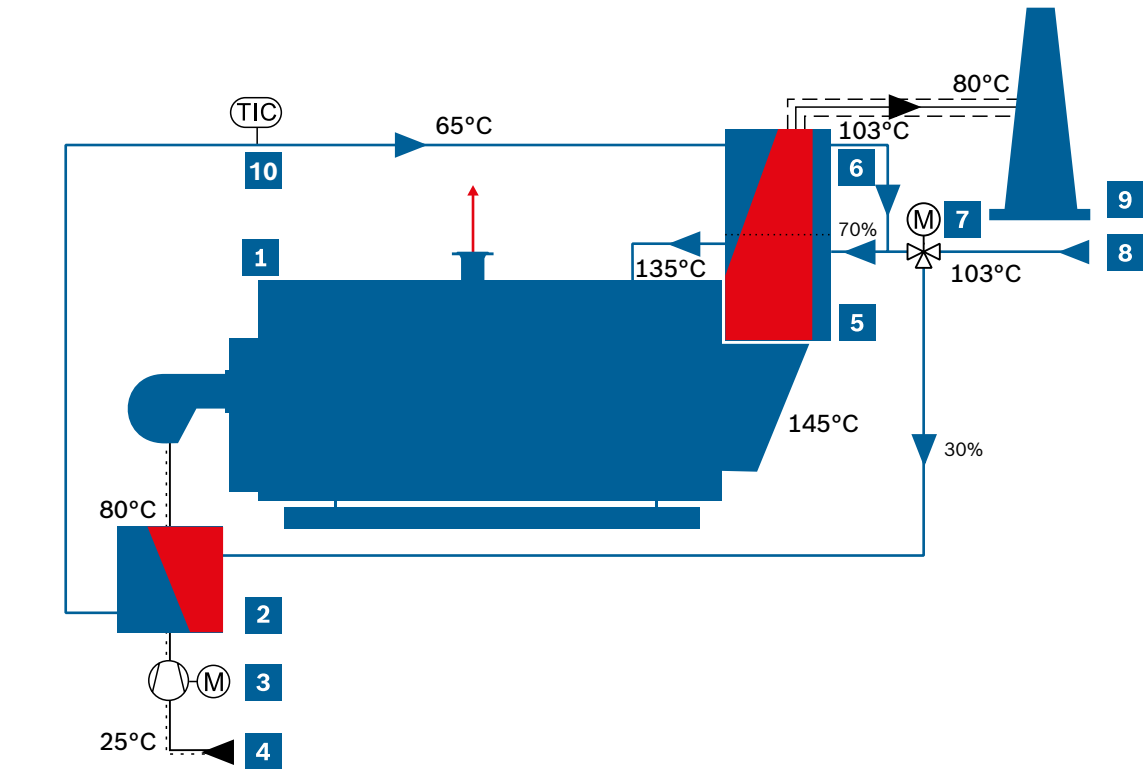
Protože předehřev vzduchu využívá spalovací vzduch jako interní jímač tepla, odráží se zisk účinnosti 1:1 ve snížení ročních palivových nákladů.

→ Efektivita – Kapitola 2.1.3: Předehřívák vzduchu, strana 271

Konstrukce

Systém předehřevu vzduchu Bosch se skládá z::

- druhého svazku ekonomizéru, který je v závislosti na přepravních rozměrech již namontován na kotli nebo dodáván samostatně
- tepelného výměníku k předehřevu vzduchu
- nezbytných armatur a senzorů k uzavření a regulaci systému



Obr. 70 Systém předehřevu vzduchu Bosch

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1 Parní kotel | 6 Spalinový tepelný výměník 2 |
| 2 Tepelný výměník spalovacího vzduchu | 7 3-cestný ventil |
| 3 Ventilátor | 8 Napájecí voda |
| 4 Spalovací vzduch | 9 Komín |
| 5 Spalinový tepelný výměník 1 | 10 Regulátor teploty |

3.6 Chladič napájecí vody

V modulu chlazení napájecí vody (FWM) se studená přídavná voda ohřívá v tepelném výměníku za pomoci horké napájecí vody. Z důvodu zchlazení napájecí vody vzniká větší teplotní rozdíl mezi vodou a spalinami v ekonomizéru. Díky lepšímu přechodu tepla v ekonomizéru klesá výstupní teplota spalin.

Účinnost z hlediska techniky spalování tak stoupá až o 1,8 % nebo až o 3 % u kotlů se 4. tahem.

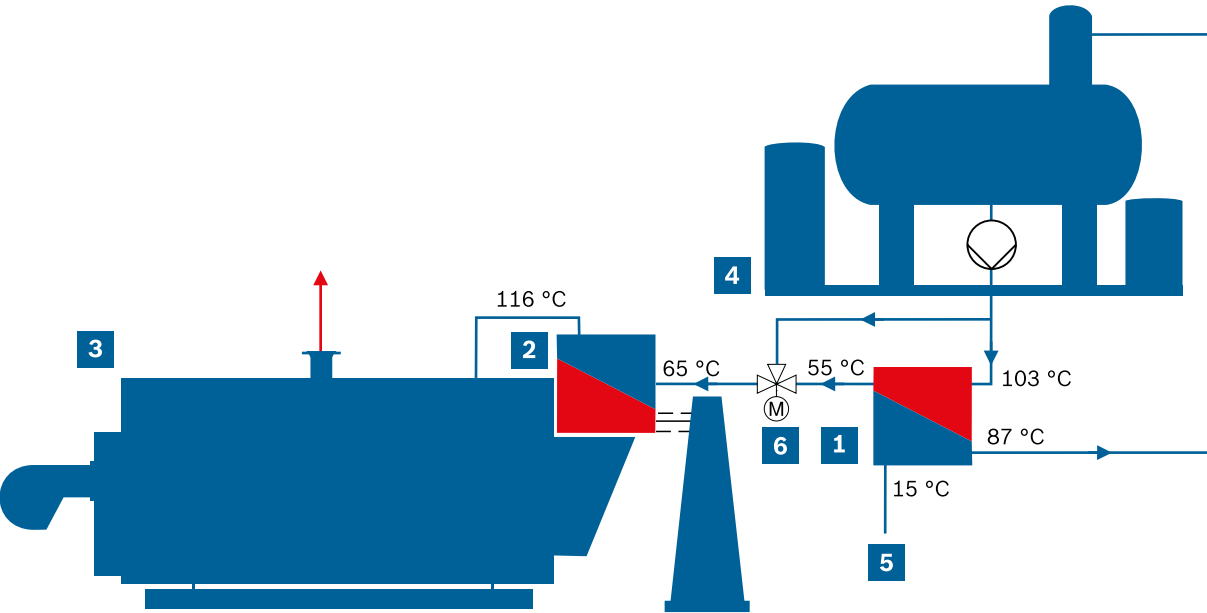
Regulace vstupní teploty napájecí vody do ekonomizéru přitom brání kondenzaci spalin a chrání tak ocelový ekonomizér před korozí.

Chladicí modul napájecí vody je účinným a spolehlivým opatřením ke snížení energetických nákladů.

→ Efektivita – Kapitola 2.1.4: Chladič napájecí vody, strana 273

Konstrukce

Modul chlazení napájecí vody se skládá z deskového tepelného výměníku včetně izolace, armatur, mezikusů potrubí a teplotních čidel a je dodáván hotový předmontovaný na základním rámu ve stavu připraveném k připojení. Dimenzování modulu a parametrizace regulace probíhají specificky dle dané zakázky – tak, aby to bylo přizpůsobeno na míru způsobu provozování zařízení.



Obr. 71 Napojení chladiče napájecí vody do parního kotlového zařízení

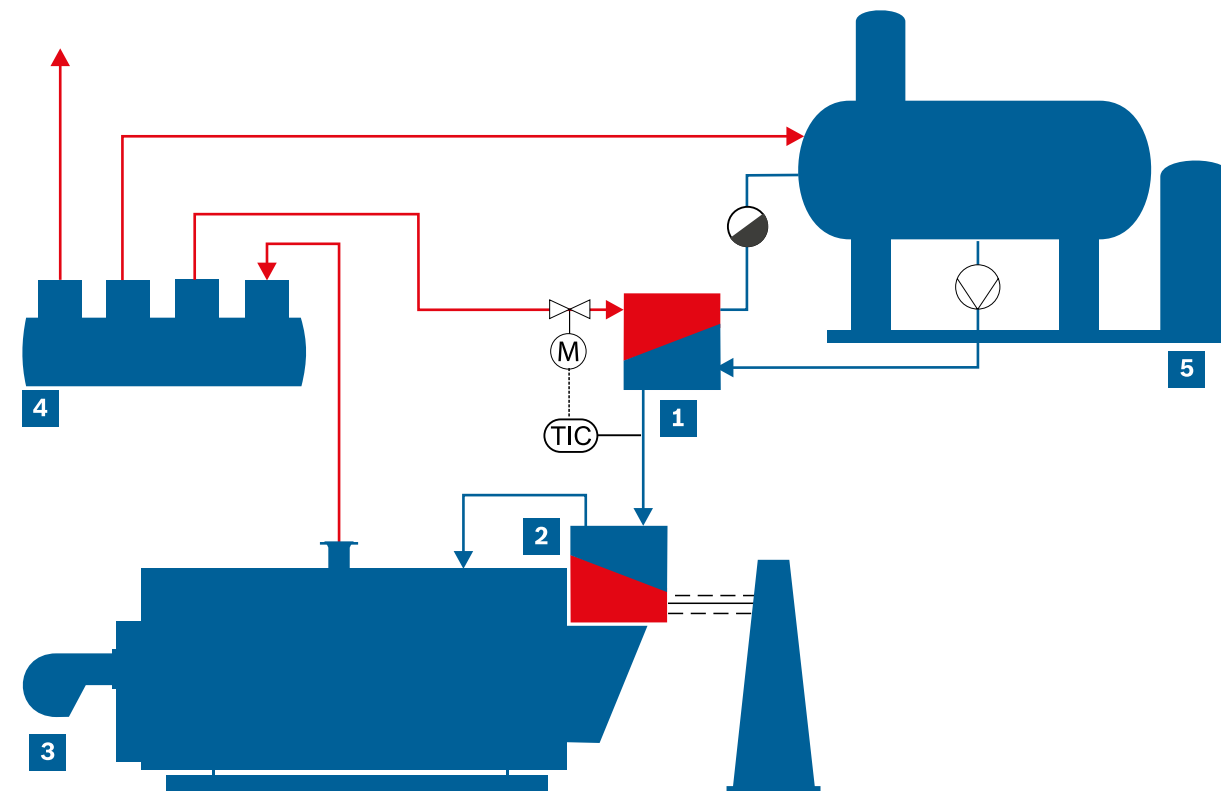
- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| 1 Modul chlazení napájecí vody | 4 Modul úpravy vody |
| 2 Ekonomizér | 5 Přídavná voda |
| 3 Parní kotel | 6 3-cestný ventil |

3.7 Přeohřívák napájecí vody

Přeohřívák napájecí vody se používá, když jsou ve spojení s ekonomizérem používána paliva s obsahem síry. Aby bylo zabráněno kondenzaci kyseliny sírové na trubkách ekonomizéru, zahřívá se napájecí voda po odplynění na teploty nad teplotou rosného bodu spalin. Dle obsahu síry v palivu jsou nutné teploty 120 ... 140 °C.

→ Tools – Kapitola 3.2: Rosný bod spalin, strana 399

Přeohřívák napájecí vody je v provedení plášťovo-trubkového tepelného výměníku s parním ohřevem, který je vybaven nezbytnými regulačními, bezpečnostními a zobrazovacími prvky.



Obr. 72 Zjednodušené schéma zařízení s napojením přeohříváku napájecí vody

- 1 Přeohřívák napájecí vody
- 2 Ekonomizér
- 3 Kotel
- 4 Parní rozdělovač
- 5 Zásobník napájecí vody

3.8 Přehřívák

Přehřívákem je vodní pára dále zahřívána nad svoji odpařovací teplotu. Tuto páru nahříváme přehřátou párou nebo horkou párou. Teplota páry je nad teplotou nasycení.

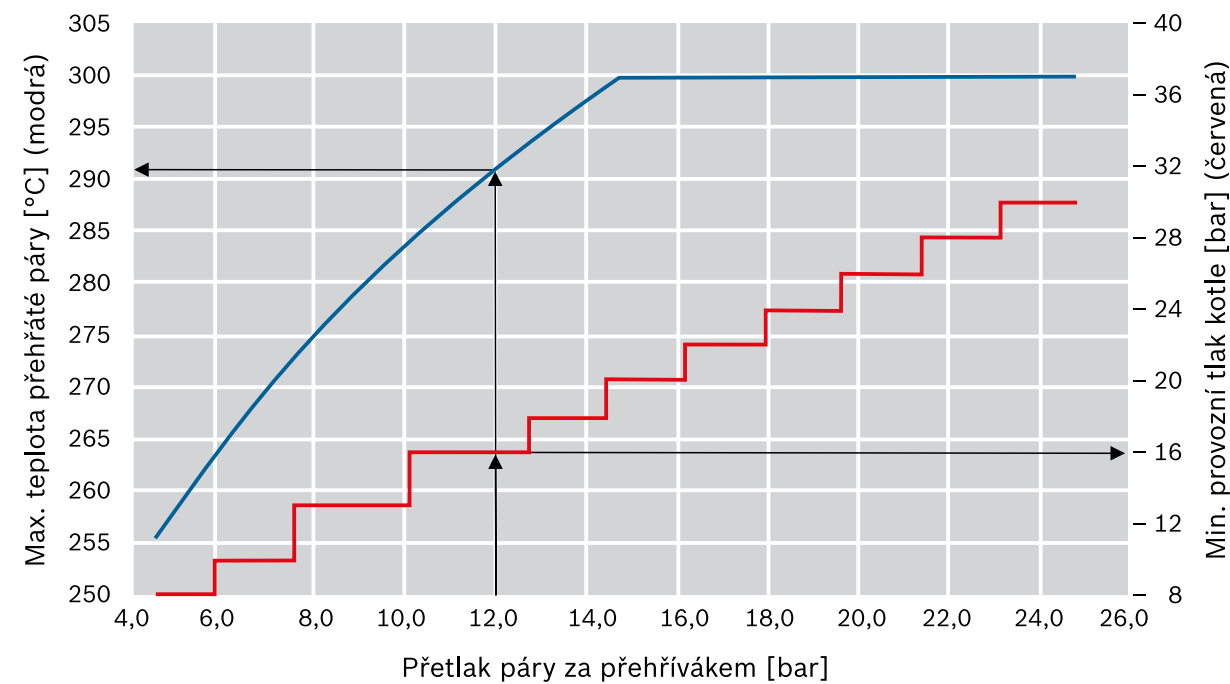
Přehřátá pára je používána především pro komplexní rozsáhlé parní sítě, k pohonu parních motorů a parních turbín k výrobě elektřiny nebo k ohřevu zařízení elektráren. U žárotrubných kotlů je přehřívák montován za druhým tahem na přední obrátovou komoru. Dle tlakového stupně kotle může být dosahováno teplot přehřáté páry 100 K nad teplotu syté páry a maximálně 300 °C.

→ Obr. 35, strana 108

→ Technika - Kapitola 1.1.3, Přehřátá pára, strana 109



Obr. 73 Dvouplamencový kotel s namontovaným přehřívákem



Obr. 74 Možné teploty přehřáté páry a minimálně potřebný tlak v závislosti na požadovaném tlaku páry za přehřívákem

Příklad:

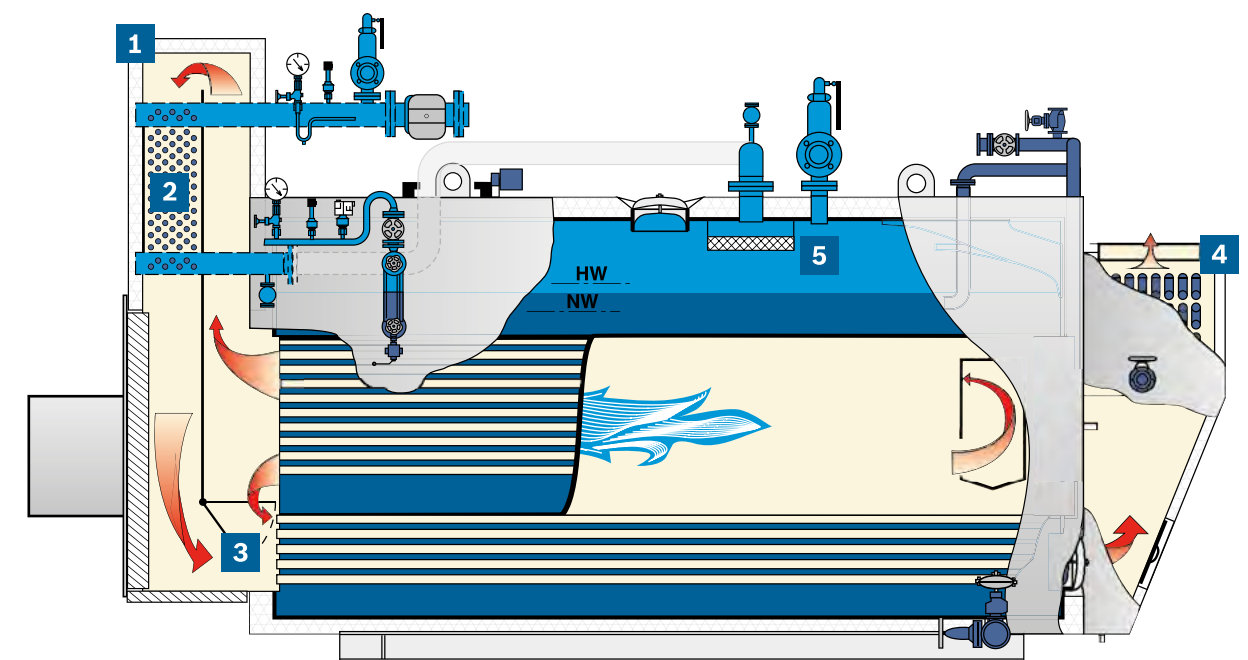
Tlak páry za přehřívákem = 12 barů. Z toho vyplývá: maximální možná teplota přehřáté páry 291 °C a minimální tlakový stupeň kotle 16 barů.

Konstrukce

Modul přehříváku se nasazuje na přední obratovou komoru. V přední obratové komoře je namontovaná příčka s regulační klapkou spalin pro bypass spalin z druhého do třetího tahu. Tím probíhá plně automatický provoz, který zajišťuje teplotu přehřáté páry regulovanou ze strany spalin. Přehříváky jsou dimenzovány specificky pro zákazníky tak, aby bylo dosaženo teploty přehřáté páry v předem stanoveném rozsahu výkonu kotle (např. 50 ... 100 %).

Kotel se najíždí nasucho s nejmenším výkonem. Výkon spalovacího zařízení se krokově zvyšuje, jakmile proběhne dílčí proudění páry skrz přehřívák. Po uvolnění regulací teploty přehřáté páry a regulací spalovacího zařízení probíhá provoz. Aby bylo možno zaručit teplotu přehřáté páry a zabránit usazeninám v přehříváku na straně vody, jsou k zredukování zbytkové vlhkosti páry nasazeny demistry.

→ Obr. 103, strana 196



Obr. 75 UL-S s namontovaným přehřívákem

- 1 Modul přehříváku
- 2 Svazek trubek přehříváku
- 3 Regulační klapka teploty přehřáté páry
- 4 Ekonomizér
- 5 Odběr syté páry kotle s demistrem

3.9 Kotlová napájecí čerpadla

Úkol napájecích čerpadel spočívá v tom, aby odpovídajícím množstvím napájecí vody opět vyrovnala odevzané množství páry a ztráty vody vzniklé odluhem a odkalem. K tomu je hladina vody v parním kotli udržována konstantní s rozptylem zhruba 100 mm. Na dimenzování kotlových napájecích čerpadel jsou již v předpisech pro provoz parních kotlů kladeny mimořádné požadavky, neboť nedostatek vody v kotli je velmi kritický provozní stav, kterému je bezpodmínečně třeba zabránit.

V EN 12953-6 nejsou kladeny žádné zvláštní požadavky na výkon a tlak čerpadel, když jsou k dispozici dva spolehlivé omezovače stavu hladiny zvláštní konstrukce, které při podkročení nízkého stavu vody (NW) v kotli vypnou ohřev. Přídatně musí být dodržen maximální rozestup mezi nejvýše položenými kouřovými trubkami a značkou nízké hladiny vody (NW), a to alespoň 50 mm, aby dodatečné odpařování díky tepelné energii v kouřových trubkách nemohlo vést k vynoření teplosměnných ploch.

U všech parních žárotrubných kotlů Bosch jsou tyto podmínky splněny, takže na napájecí čerpadla nejsou kladeny žádné mimořádné požadavky.

Vedle požadavků vyplývajících z předpisů musí napájecí čerpadla odpovídat také požadavkům na ekonomický provoz. K tomu patří zejména udržovat hladinu vody v kotli pokud možno konstantní a proudění napájecí vody ekonomizéry rovnoměrné, aby mohlo být teplo spalin také kontinuálně odevzdáváno do napájecí vody.

Stejně tak platí udržovat přiváděný elektrický výkon pro pohon čerpadla pokud možno nízko a minimalizovat ztráty škrcením regulačních ventilů.

Aby byly tyto požadavky splněny, jsou k dispozici různá provedení čerpacího modulu. Nasazená čerpadla jsou vertikální, vícestupňová vysokotlaká oběhová čerpadla s kompletně zapouzdřeným vzduchem chlazeným motorem. Až do výkonu pohonu 22 kW mohou být čerpadla vybavena integrovaným frekvenčním měničem k regulaci otáček. Jsou dimenzována speciálně pro nasazení u žárotrubných kotlů.

Charakteristika čerpadel a charakteristika zařízení

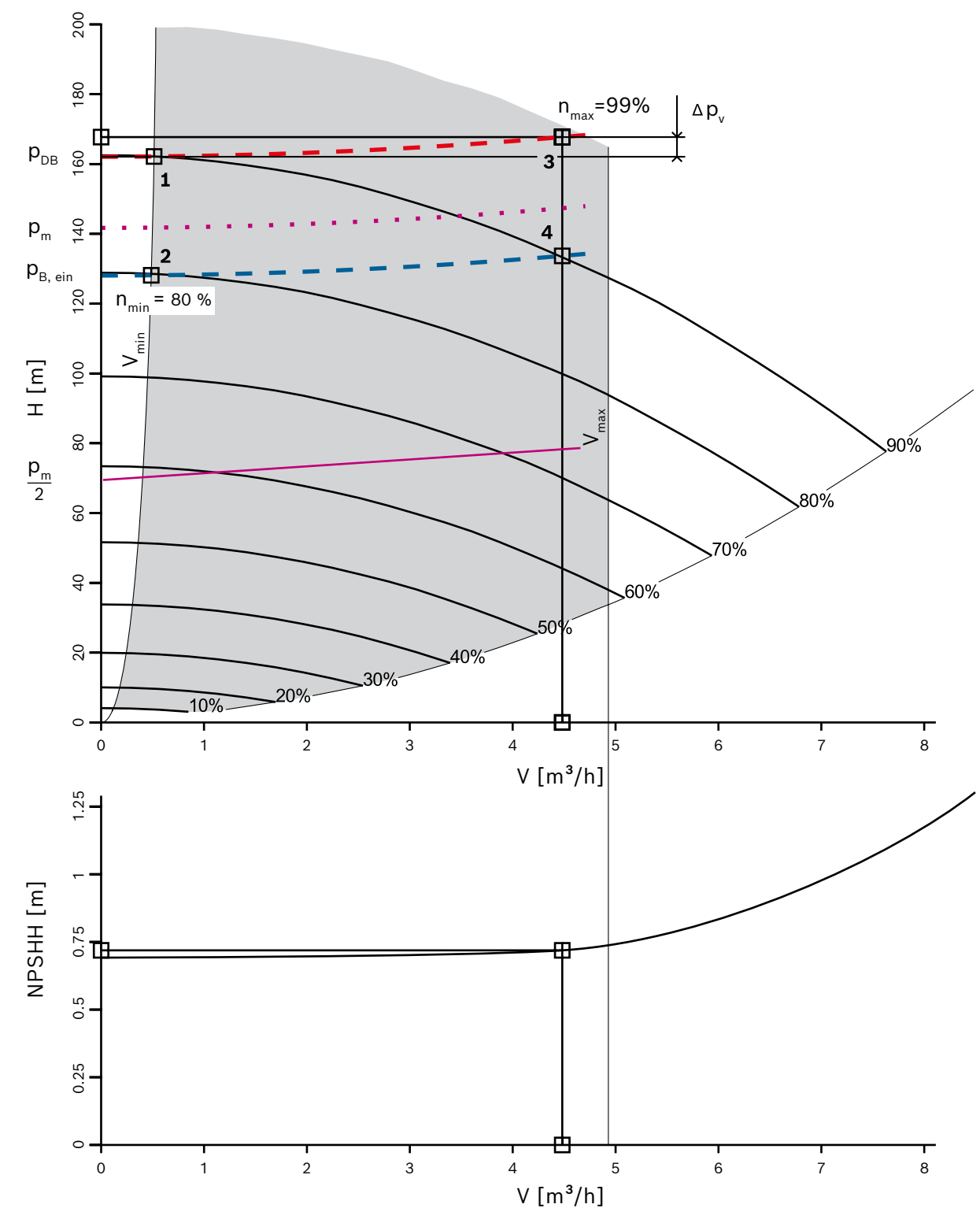
Jako příklad pro vysvětlení charakteristiky otáčkami řízeného napájecího čerpadla kotle je použit kotel s ekonomizérem o jmenovitém parním výkonu $m_D = 4\,000\text{ kg/h}$ a středním provozním přetlaku $p_m = 13,3\text{ bar}$.

→ Obr. 76, strana 165

Přípustný rozsah charakteristiky čerpadla (znázorněno v tmavě šedé barvě) je vlevo omezen křivkou minimálního dopravovaného množství V_{min} . Ta vychází z minimálního množství, které je třeba k chlazení čerpadel.

Směrem doprava je charakteristika čerpadel omezena maximálním dopravovaným množstvím V_{max} , směrem nahoru 100 % křivkou otáček a směrem dolů minimálními dopravními výškami jednotlivých křivek otáček.

Čtyři zakreslené charakteristiky zařízení (pestře šrafované) zobrazují statický tlak při různém provozním přetlaku v kotli, který musí být čerpadlem překonán a dynamický podíl tlaku z důvodu tlakových ztrát proudění potrubími, armaturami a ekonomizérem. Protože musí být v kotelně překonávány většinou pouze krátké potrubní trasy, pouze málo armatur a malý odpor proudění ekonomizéru, je dynamický podíl tlaku na charakteristice zařízení velmi malý. Pohybuje se okolo maximálního objemového proudu pro tento kotel $4,4\text{ m}^3/\text{h}$ při pouze $\Delta p_v = 0,53\text{ bar}$. Naproti tomu činí statický podíl tlaku, který je dán tlakem převládajícím v parním kotli, $p_m = 13,3\text{ bar}$. Statický podíl má tedy zdaleka převahu. Kolísá přitom ještě mezi minimálním spínacím tlakem hořáku $p_{B,ein} = 12\text{ bar}$ a maximálním tlakem, který je předepsaný omezovačem tlaku $p_{DB} = 15\text{ bar}$.



Obr. 76 Příklad křivky charakteristiky kotlového napájecího čerpadla řízeného otáčkami

Úspora energie

Protože je potřebný objemový proud u čerpadla regulovaného otáčkami a čerpadla zap/ vyp s regulačním ventilem stejný, probíhá úspora energie pouze přes nižší dopravní tlak a ne přes nižší dopravní množství tak, jak je tomu u horkovodních zařízení.

Tak kolísá úspora energie dle vytížení zařízení a skutečného provozního přetlaku:

- o několik procent při vysokém vytížení a provozu při projektovaném tlaku
- až o 60 % při častém provozu se sníženým provozním přetlakem a nízkém vytížení

Regulace otáček

Regulace otáček musí z důvodu dominance statického protitlaku omezit maximální a minimální otáčky čerpadla v závislosti na tlaku kotle a tak aktuální provozní bod udržovat v rozsahu charakteristiky čerpadla (rozsah zabarvený šedou barvou).

→ Obr. 76, strana 165

Jak obtížné to může být, ukazuje porovnání bodů 1 a 4. Zatímco při 90 % otáček čerpadla při $p_{DB} = 15$ barů je dopravováno tak akorát minimální množství (bod 1), dopravuje se při stejných otáčkách při $p(B, \text{ein}) = 12$ barů již plné jmenovité množství napájecí vody (bod 4.)

Ještě silněji se to ukazuje u charakteristické křivky zařízení pro snížený provozní přetlak $p_{m/2}$.

Hodnota NPSH (Net positive suction head)

Hodnota NPSH udává minimální statický tlak na sacím hrdle čerpadla, při němž ještě nedochází ke kavitaci. Tato hodnota předurčená konstrukcí čerpadla je závislá na dopravovaném množství a při velkých dopravovaných množstvích strmě stoupá. Proto nemůže být rozsah vpravo od maximálního dopravovaného množství $4,9 \text{ m}^3/\text{h}$ využít, aniž by byly riskovány škody na čerpadle způsobené kavitací.

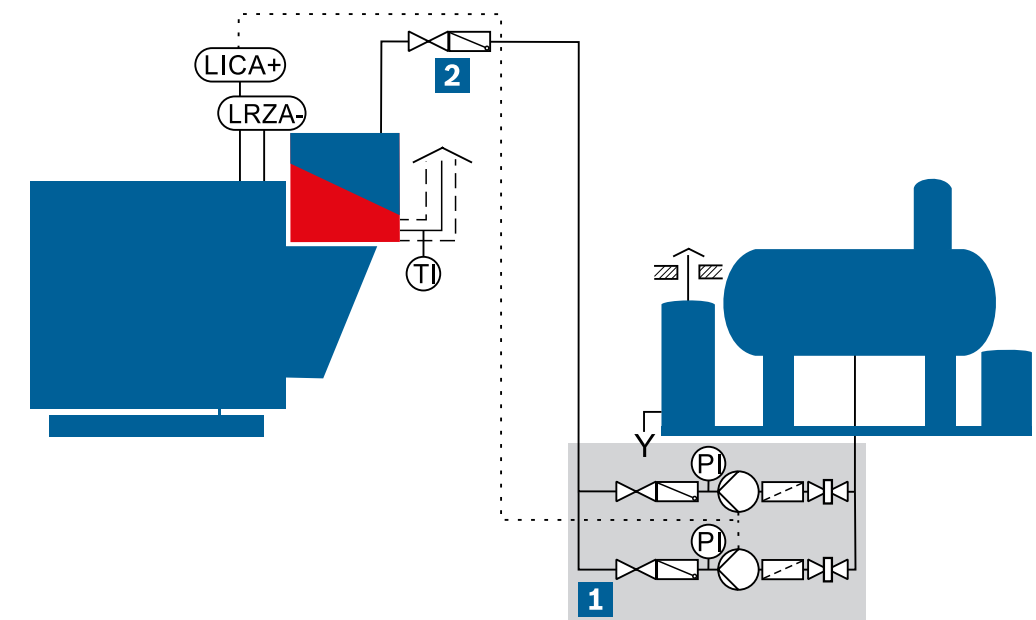
Čerpací modul PM

U čerpacího modulu je napájecí čerpadlo kotle namontováno přímo ze závodu od výrobce na konzoli s ukazatelem tlaku, uzavíracími, filtračními a vratnými armaturami. Aby byla při poruchách na napájecím čerpadle zajištěna provozní disponibilita parního kotlového zařízení, jsou často montovány dva čerpací moduly s přepínáním v případě poruchy.

Čerpací modul s regulací otáček

Napájecí čerpadla jsou přidavně vybavena frekvenčním měničem. Díky frekvenční regulaci odladěné na provoz kotle mohou být otáčky motoru čerpadla plynule regulovány. Tím se mění charakteristická křivka čerpadel a tak se může objemový proud čerpadla přizpůsobit aktuálním provozním podmínkám v kotli, co se týká provozního přetlaku a hladiny vody.

Přitom se především při sníženém tlaku v kotli a v dílčím výkonu uspoří elektrická energie pohonu.



Obr. 77 Schéma čerpacího modulu se všemi armaturami

- | | |
|--------------|-------------------------------|
| 1 | Regulační modul napájecí vody |
| 2 | Uzavírací skupina před kotlem |
| PI | Ukazatel tlaku (manometr) |
| TI | Ukazatel teploty |
| LICA+ | Převodník měření hladiny |
| LRZA- | Omezovač nízké hladiny vody |



Obr. 78 Čerpací modul a dvojitý modul

Výhody:

- obzvláště nízké investiční náklady
- obzvláště nízké provozní náklady
- úprava charakteristické křivky čerpadel na různé provozní tlaky
- pozvolný nájezd a tím žádné tlakové rázy při zapínání a vypínání čerpadla
- nižší nebezpečí kavitace v provozu díky menším objemovým proudům

Je třeba respektovat/ dodržet:

- Regulační poměr mezi V_{min} und V_{max} by měl činit minimálně 1:4
- Při nasazení ekonomizérů by měl být pokud možno regulační rozsah dílčího výkonu hořáku také pokryt nejmenším frekvenčním regulačním rozsahem napájecího čerpadla. Popřípadě je možno napájecí čerpadlo s regulací otáček kombinovat i s regulačním ventilem napájecí vody.

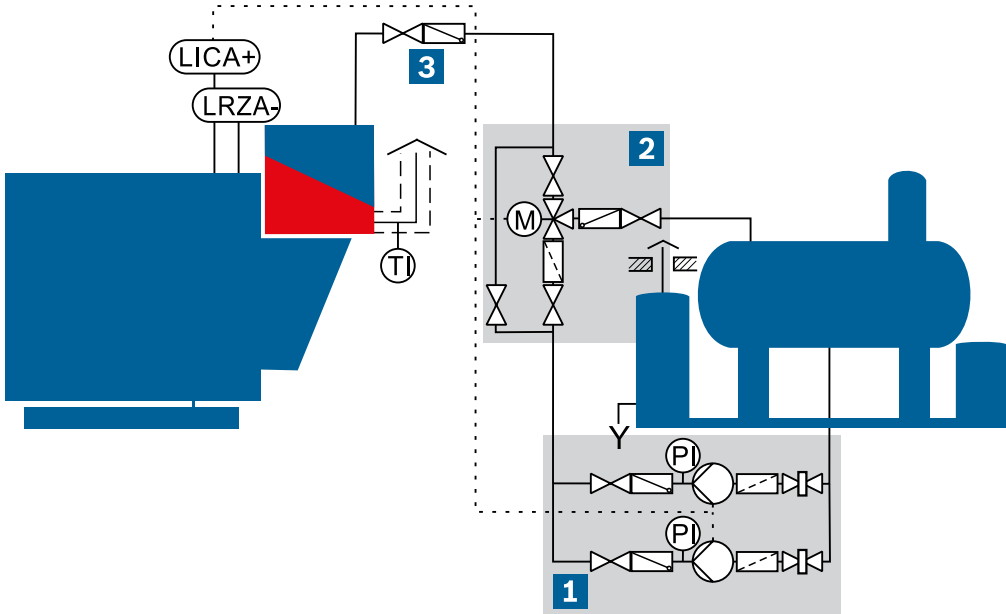
Příklad a vysvětlení k charakteristice kotlového napájecího čerpadla s regulací otáček

Jako příklad je použito kotlové napájecí čerpadlo s regulací otáček u kotle s ekonomizérem, s jmenovitým parním výkonem $m_D = 4\,000\text{ kg/h}$ a středním provozním přetlakem $p_m = 13,3\text{ bar}$.

Čerpací modul s regulací otáček/ bez regulace otáček a s regulací/ bez regulace přívodu

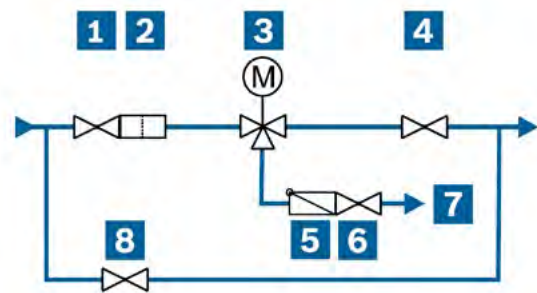
Pokud není k dispozici žádné napájecí čerpadlo s regulací otáček, nebo pokud nemůže čerpadlo s regulací otáček pokrýt nezbytný regulační rozsah, doporučuje se pro všechny kotle, které jsou vybaveny modulačními hořáky a spalinovými tepelnými výměníky, plynulá regulace regulačním modulem napájecí vody RM. Modul zajišťuje delší časy proudění skrz spalinový tepelný výměník a tak i optimální zpětné získávání tepla ze spalín kotle. Současně je minimální množství, které je třeba k chlazení napájecích čerpadel, jištěno přes regulační modul napájecí vody. Prefabrikovaný modul je nasazen na vhodné místo do tlakového potrubí napájecí vody.

Regulační modul napájecí vody k plynulému napájení kotle se skládá z regulačního ventilu napájecí vody, odtokového zařízení, zařízení na zachytávání nečistot a obtoku s příslušnými uzavíracími ventily.



Obr. 79 Schéma čerpacího modulu a regulačního modulu napájecí vody se všemi armaturami

1	Čerpací modul	PI	Ukazatel tlaku (manometr)
2	Regulační modul napájecí vody	TI	Ukazatel teploty
3	Uzavírací skupina před kotlem	LICA+	Převodník měření hladiny
		LRZA-	Omezovač nízké hladiny vody



Obr. 80 Regulační modul napájení vody

- | | |
|--|--|
| 1 Uzavírací ventil | 5 Zpětná klapka |
| 2 Filtř | 6 Uzavírací ventil |
| 3 Regulační ventil napájecí vody s přepouštěním | 7 Přepouštění k zásobníku napájecí vody |
| 4 Uzavírací ventil | 8 Bypassový uzavírací ventil |

Výhody:

- Bezpečné minimální průtokové množství k chlazení napájecího čerpadla
- Zvýšení efektivity spalínového tepelného výměníku
- Redukce spínání čerpadel
- Konstantní hladina vody v kotli

3.10 Řízení kotle

Řízení kotle má i nadále rozhodující význam pro bezpečný, spolehlivý a ekonomický provoz.

Musí být dodržovány bezpečnostně technické požadavky z příslušných předpisů pro zřizování a bezpečný provoz kotlových zařízení. Vedle bezpečnosti a spolehlivého provozu jsou však dnes také důležité další požadavky z oblasti energetického managementu jako záznam dat a stálá optimalizace provozu kotle. Navíc by zde mělo být umožněno řízení provozu z nadřazeného řídicího systému, neboť pouze prostřednictvím vnitřní komunikace mezi parními spotřebiči a výrobou páry je možný celkově ekonomicky optimalizovaný způsob provozu.

Základními úkoly rozvaděče jsou:

- bezpečnostní funkce
- regulační funkce
- provozní a poruchová hlášení
- evidence/ záznam dat a vyhodnocování
- napojení na nadřazený řídicí systém
- vzdálený dohled

Od roku 2001 nasadila společnost Bosch Industriekessel GmbH jako první výrobce kotlů u žárotrubných kotlových zařízení (kotlů s velkým vodním prostorem) sériově řízení na bázi SPS. Tento koncept byl průlomovým úspěchem na trhu a v mezinárodním měřítku patří ke standardnímu vybavení.

Systémy řízení jsou kontinuálně dále rozvíjeny. Díky graficky vedeným displejům s dotykovou obrazovkou a intuitivní obsluhou je ve spojení s řízeními s programovatelnou pamětí dosahováno nejvyšší transparentnosti provozních dat a konektivity.

Vedle řízení kotle existují v parním kotlovém zařízení v oblasti řízení ještě další úkoly. Těm se věnujeme společně s propojením řízení v kapitole Řízení zařízení.

→ Technika - Kapitola 4.6, Řídicí systém kotelny SCO, strana 210

Systémy řízení



Obr. 81 Rozvaděče Bosch

Téměř všude je dnes v moderních řídicích systémech pro regulace kotlů a kotelen používán osvědčený průmyslový hardware z oblasti řízení s programovatelnou pamětí.

Přístroje přebírají všechny řídicí a regulační funkce kotle, respektive kotlového zařízení a mohou přes sběrnice systémy nebo sítě komunikovat s ostatními řízeními (např. systémy managementu hořáků, oddělenými řízeními modulů kotelny a nadřazenými systémy řízení.) Bezpečnostní řetězec je z důvodu velmi vysokých požadavků na spolehlivost většinou ještě v provedení konvenční techniky jištění a relé.

Veškerý řídicí software se ukládá na paměťovou kartu Micro Memory Card. Tím je možno vynechat podpůrné baterie nebo EPROMy k zajištění proti výpadkům napětí. Zařízení jsou prostorově úsporná, modulární a jsou na profilové liště smontována do robustní konstrukce vyhovující požadavkům elektromagnetické tolerance a ochrany. Dle potřeby mohou být kombinovány volitelné přístroje jako například přídavné vstupy a výstupy nebo komunikační procesor, např. pro sběrnici Profibus DP, k napojení na centrální řídicí techniku. Síť Industrial Ethernet k propojení více řídicích modulů nebo k přípravě na dálkový přístup MEC Remote jsou dalším volitelným příslušenstvím..

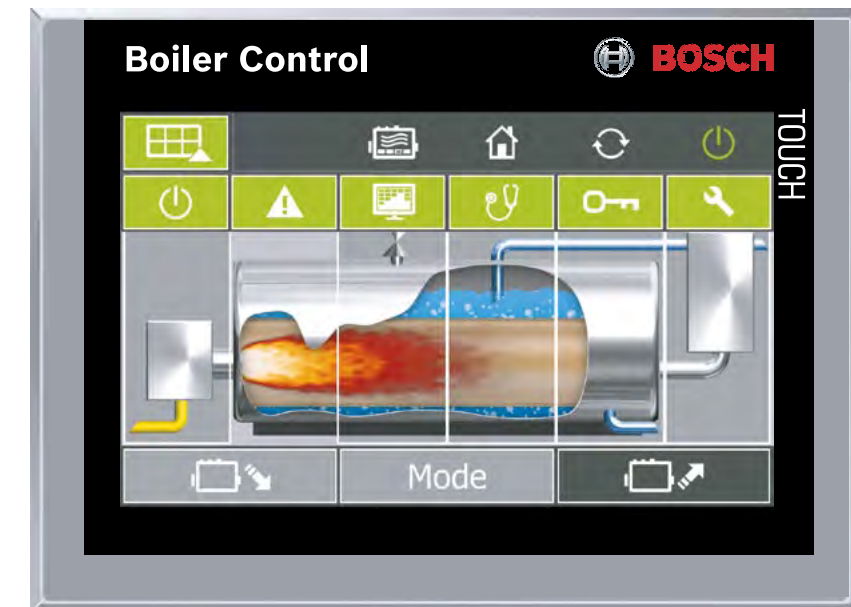
→ Produkty – Kapitola 6.6: MEC Remote, strana 380

→ Produkty – Kapitola 6.4: MEC Optimize, strana 377

→ Technika - Kapitola 4.6, Řídicí systém kotelny SCO, strana 210

Se softwarovými funkčními prvky speciálně stříženými na míru příslušným regulacím kotlů a kotlových zařízení a testovanými od výrobce jsou plněny komplexní a vysoké požadavky na bezpečný provoz kotle. Zákazník profituje ze zařízení bohatých na varianty, u nichž byly jednotlivé softwarové stavební prvky již mnohokrát použity a otestovány v praxi. Speciální jednotlivá programování probíhají pouze zřídka ve výjimečných případech.

3.11 Řízení kotle BCO



Obr. 82 Řízení kotle BCO – příklad ukazatele na displeji u parního kotle

K zobrazování a obsluze se používá grafický TFT displej s citlivou dotykovou obrazovkou. Díky své extrémně vysoké životnosti, síle světla a kontrastu je předurčen k nejtvrděmu průmyslovému nasazení. Grafické struktury menu, jakož i provozní hlášení a archiv procesních hodnot jsou ukládány na kartu MultiMediaCard MMC, která je zasunuta do obslužné jednotky.

Grafické vedení uživatele s nejvyšší transparentností provozních dat



Obr. 83 Příklady pro řízení uživatele na kotlovém řízení BCO

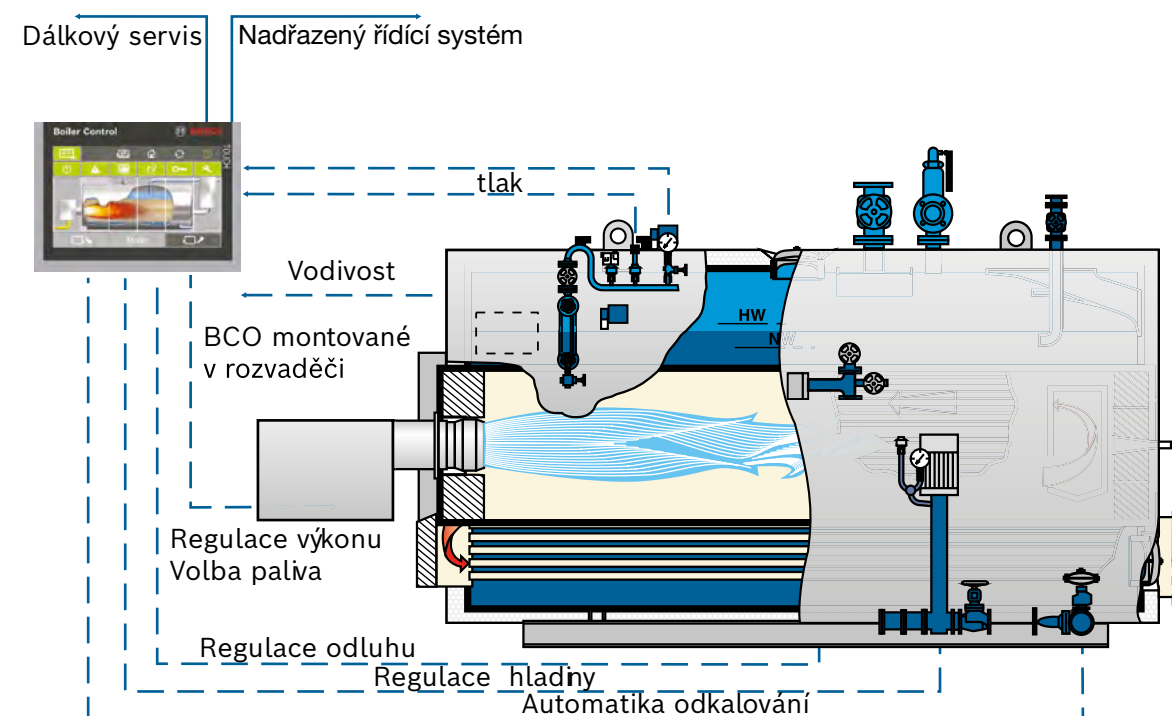
Pro jednoduchou obsluhu jsou symboly, grafická znázornění a vedení uživatele na dotykové obrazovce uspořádány dle nejnovějších poznatků ergonomie a obslužnosti. Intuitivně mohou být vyvolávány všechny řídicí a regulační funkce, skutečné a nastavené hodnoty znázorňovány nebo měněny na barevném displeji.

S kotlovým řízením BCO je již v základní výbavě znázorněno mnoho provozních stavů, provozních dat a naměřených hodnot zařízení na grafickém displeji. K tomu patří například vždy provozní hodiny kotle i hořáku a počet startů hořáku. Všechny nastavené spínací body, spínací rozdíly a koncové kontakty je možno znázornit. Důležitá procesní data zde jsou během stanoveného intervalu ukládána na paměťové kartě řízení kotle, resp. zařízení.

Archiv je strukturován na průběžné záznamy: jakmile je dosaženo plné kapacity paměti, nejstarší procesní data se mažou a nejnovější se archivují. Ta mohou být následně vyvolána na displeji ve formě grafického znázornění ve křivkách. Je možné i načítání archivů procesních hodnot techniky zákaznického servisu.

Data mohou být libovolně v rámci textového nebo tabulkového zpracovávání dále upravována a zpracovávána. Analýzy spotřeby paliva, parních křivek nebo teplotních průběhů jsou tak jednoduše znázornitelné. Vysoká transparentnost provozních dat umožňuje jednoduchou optimalizaci regulačních parametrů, snižuje tak spotřebu energie, emise škodlivin a opotřebení kotlového zařízení.

Funkce u parních kotlových zařízení



Obr. 84 Základní funkce řízení kotle BCO pro parní kotel

Řízení kotle BCO pro parní kotlová zařízení

Vedle základních funkcí k regulaci výkonu, regulaci hladiny, regulaci kvality vody, regulaci odkalu a k bezpečnostnímu řetězci, jimiž je vybaven každý moderní parní kotel, může být kotlové řízení BCO rozšířeno o následující přídatné volitelné příslušenství a funkce:

- automatické najíždění ze studeného stavu
- měření a regulaci teploty spalin pro kotel s ekonomizérem
- měření a regulaci teploty přehřáté páry pro kotel a přehřívák
- měření množstevních toků páry, napájecí vody a paliva
- automatické přepínání napájecích čerpadel přes tlak, čas nebo poruchu
- proces udržování v teplém stavu s poklesem tlaku řízený časem
- zobrazení provozních hodin, četnosti startů, počtu studených startů v čase
- rozpoznávání nepříznivých najížděcích stavů
- rozpoznávání znečištění na straně vody a spalin, resp. nežádoucí kondenzace
- generování hlášení pro údržbu dle potřeby
- znázorňování energetických ztrát na základě odkalu a odluhu

- zobrazování spotřeby paliva a vody v čase
- znázorňování množství odběru páry v čase
- zobrazování profilu páry v čase
- napojení do nadřazených řídicích systémů
- vzdálený přístup přes MEC-Remote
- napojení na centrální řídicí techniku

→ Technika - Kapitola 3.2, Udržování v teplém stavu, strana 149

Condition Monitoring (CM)

CM poskytuje zákazníkovi možnost monitorovat jak efektivitu, tak i řádný provoz svého zařízení. K tomu jsou data zařízení analyzována, hodnocena a prostřednictvím semaforového modelu transparentně znázorňována:

→ Efektivita – Kapitola 4.3.2: Monitoring stavu (Condition Monitoring), strana 302

3.12 Kompaktní řízení parního kotle CSC

Řízení pro menší rozsah parního výkonu do 4 000 kg/h páry přesvědčí svou jednoduchou obsluhou a přináší s sebou už ze závodu od výrobce všechny důležité funkce pro částečně automatizovaný provoz kotle.



Obr. 85 Kompaktní rozvaděč CSC pro parní kotel s menším rozsahem výkonu

Kompaktní řízení CSC s programovatelnou pamětí je ideálním řešením pro parní kotle o výkonu až 4 000 kg/h páry. Disponuje všemi podstatnými základními funkcemi pro komfortní řízení a obsluhu. Oproti řízení kotlů BCO určenému pro komplexnější zařízení, je CSC cenově příznivou alternativou pro jednotlivé parní kotle.

Výhody:

- Atraktivní poměr ceny a kvality pro parní kotle do 4 000 kg/h páry
- Barevný dotykový displej pro jednoduchou obsluhu a názornou vizualizaci provozních stavů
- Flexibilní montáž a malá potřeba místa, neboť CSC je již ze závodu od výrobce nainstalováno na kotli nebo od výrobce hotově zapojeno a z hlediska funkce otestováno v provedení jako nástěnný rozvaděč
- Výkonová elektronika pro napájení paliva, čerpadlo napájecí vody, odkal a odluh
- Ideální vodní podmínky díky plně automatickému odluhu a odkalu řízenému hodnotou vodivosti

Vybavení základních funkcí:

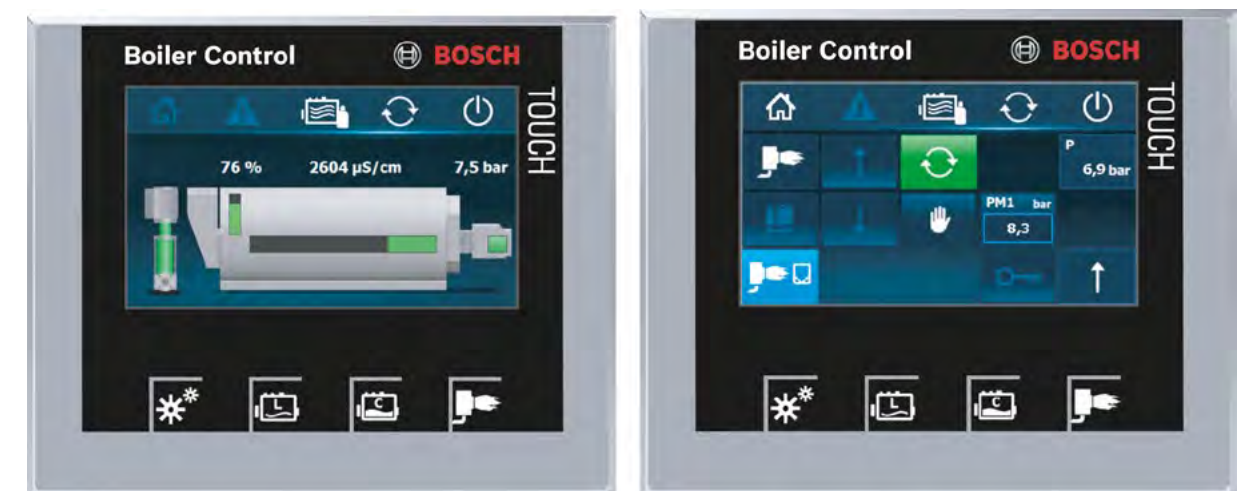
- Omezovač hladiny pro nízkou a vysokou hladinu vody
- Omezovač tlaku pro maximální přetlak
- Regulace hladiny vody 2stupňová nebo plynulá
- Ochrana napájecího čerpadla před během nasucho
- Regulace výkonu 2 stupňová nebo plynulá
- Alarmová a poruchová hlášení, s pamětí na ukládání hlášení

Volitelné přídatné vybavení::

- Externí funkce vysoké hladiny vody
- Náhradní řízení čerpadel
- Regulace a omezení vodivosti
- Automatický odkal a odluh
- Udržování v teplém stavu přes spalovací zařízení
- Regulace výkonu se dvěma palivy

Konstrukce:

Řízení s programovatelnou pamětí disponuje intuitivní dotykovou obrazovkou. Ta je integrována v řídicím panelu kotle a pevně namontována na kotli s kompletní kabeláží k senzorům, aktorům a hořáku. Jako volitelná opce je možná dodávka řídicího panelu v provedení pro nástěnnou montáž.



Obr. 86 Příklady pro uživatelské ovládání řízení kotle CSC



4 Kotelny

Jako kotelna je označována budova nebo část budovy, v níž je instalován jeden nebo více parních kotlů. Obvykle jsou v téže místnosti instalována i vedlejší zařízení, která jsou pro provoz parního kotle nezbytná.

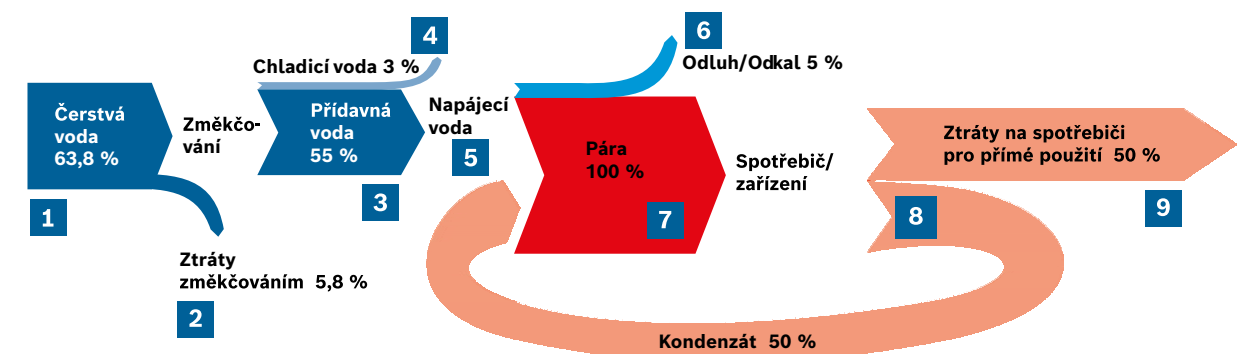
Jsou to zejména zařízení k:

- úpravě vody
- likvidaci odpadních vod
- nakládání s párou a kondenzátem, k jejich distribuci a akumulaci
- hlídání kvality vody
- automatizační a řídicí technice
- zpětnému získávání tepla

Tato oblast podléhá zvláštním předpisům.

→ Plánování – Kapitola 6: Právo, strana 63

V následujícím grafu je jako příklad znázorněna bilance vody a páry. Hmotnostní toky musí být dle použitých komponentů zařízení a provozních podmínek pro každou kotelnu nastaveny individuálně a jsou při plánování zcela zásadní.



Obr. 87 Objemová bilance v systému parních zařízení (hodnoty jako příklad)

- 1 Čerstvá (surová) voda ke změkčení/ demineralizaci
- 2 Ztráty při změkčení/ demineralizaci díky regeneraci
- 3 Přídavná voda k odplynění
- 4 Chladicí voda pro odkalovací nádrž
- 5 Napájecí voda k parnímu kotli
- 6 Ztráty díky odkalu/ odluhu
- 7 Pára ke spotřebičům
- 8 Kondenzát
- 9 Ztráty na spotřebičích (např. přímým použitím)



4.1 Úprava vody

Správná úprava vody je jedním z nejdůležitějších základních předpokladů pro bezpečný a dlouholetý provoz parního kotlového zařízení. Vlastnosti vody pro parní kotlová zařízení proto podléhají přísným požadavkům.

Pojmy používané v parních kotlových zařízeních a jejich synonyma pro různé toky vody jsou krátce vysvětleny níže.

Pojem	Vysvětlení
Čerstvá voda (surová voda)	Neupravená voda, která je odebírána z následujících zdrojů: • z veřejné vodovodní sítě (městská voda) • z vlastní studně • z pramene Tato voda je přiváděna do zařízení k doplnění a nahrazení ztrát vody a obvykle vstupuje s teplotou okolo 10 °C.
Změkčená voda (měkká voda, změkčená voda)	Voda, u které jsou z vody odváděny pomocí měniče iontů ionty vápníku (Ca2+) a hořčíku (Mg2+)..
Částečně demineralizovaná voda (permeát nebo demineralizovaná voda)	Voda, která neobsahuje již téměř žádné soli. Tato voda má vodivost < 50 µS/cm a většinou je získávána ze změkčené vody reverzní osmózou.
Plně demineralizovaná voda (demivoda, deionizovaná v.)	Voda, která již neobsahuje žádné soli. Tato voda má vodivost < 1 µS/cm a většinou je získávána kombinací měničů anionů a kationů.
Přídavná voda	Změkčená, částečně nebo plně demineralizovaná voda, která je přiváděna do nádrže napájecí vody k odplynění.
Kondenzát bez kyslíku (vysokotlaký kondenzát)	Kondenzát, který se sbírá v uzavřených nádobách při tlacích > 0,2 bar.
Napájecí voda	Změkčená, odplyněná a chemicky upravená voda, která je do kotle přiváděna přes napájecí čerpadla.

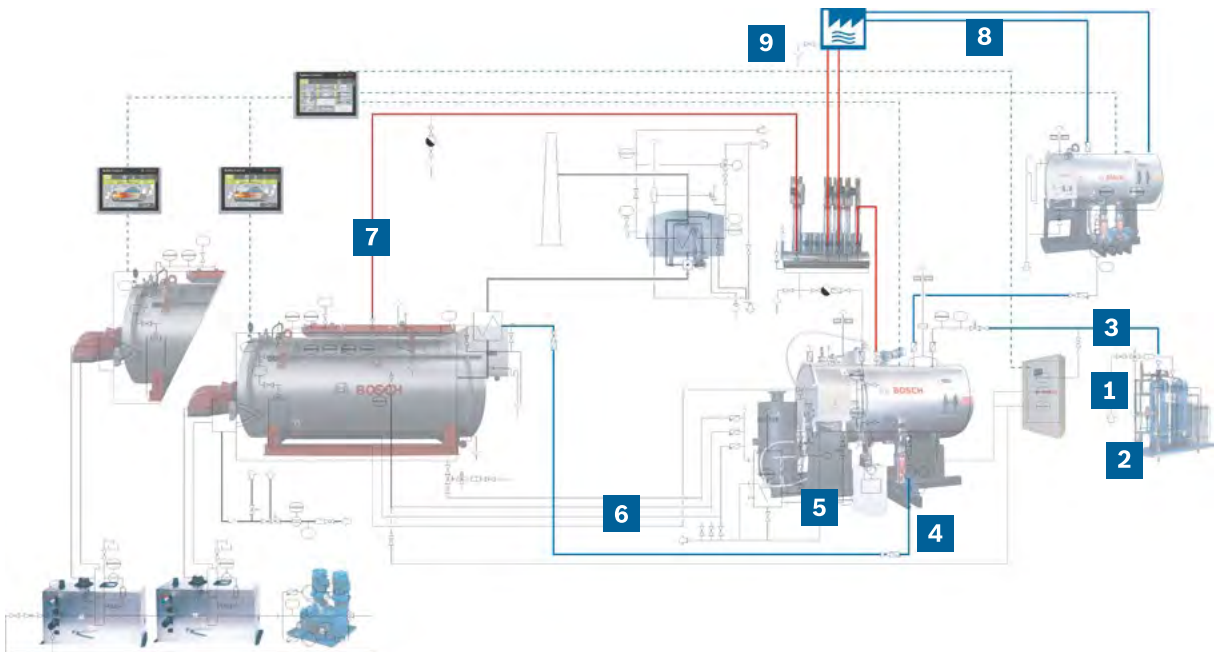
Tab. 12 Pojmy pro různé toky/ proudy vody a jejich vysvětlení

Chyby v úpravě vody, analytice k úpravě vody a nedostatečné hlídání kvality vody jsou nejčastějšími příčinami provozních poruch nebo dokonce škod na parním kotlovém zařízení.

Z tohoto důvodu byla na evropské úrovni přijata rozsáhlá norma, která vyžaduje dodržování přesně definovaných kvalit vody pro napájecí a kotlovou vodu.

V normě DIN EN 12953-10 jsou předepsány konkrétní standardy, co se týká vzhledu, vodivosti, hodnoty pH, celkové tvrdosti, kyselinové kapacity jakož i koncentrace železa, mědi, kyseliny křemičité, oleje/ tuku, fosfátů a kyslíku. Stejně tak by měla být voda bez organických substancí.

i



Obr. 88 Příklad kotelny

- 1 Čerstvá (surová) voda ke změkčení/ demineralizaci
- 2 Ztráty při změkčení/ demineralizaci díky regeneraci
- 3 Přídavná voda k odplynění
- 4 Napájecí voda k parnímu kotli
- 5 Chladicí voda pro odkalovací nádrž
- 6 Ztráty odkalem/ odluhem
- 7 Pára ke spotřebičům
- 8 Kondenzát
- 9 Ztráty na spotřebičích (např. přímým použitím)



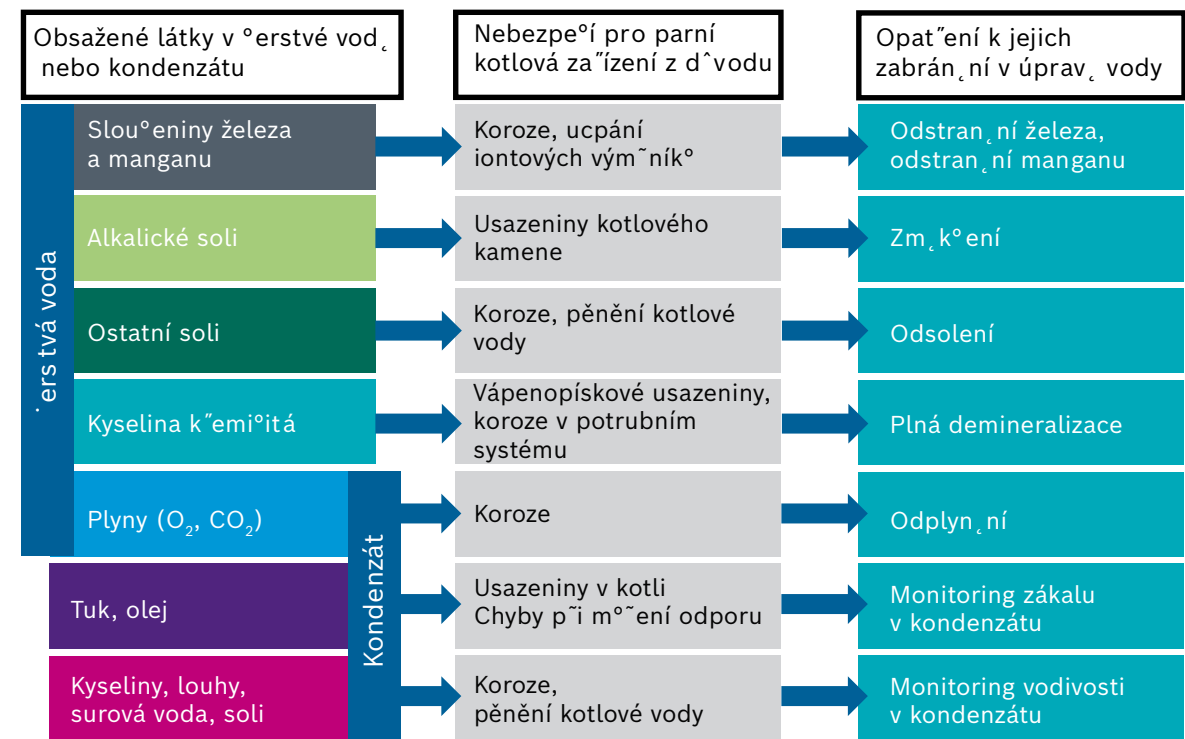
Díky těmto požadavkům na napájecí vodu přiváděnou do parních kotlů a na kotlovou vodu, jsou redukovány následující příčiny škod a chyb, nebo jim je dokonce zabráňováno:

- koroze
- usazeniny na straně vody
- pěnovost kotlové vody
- tvorba kalu

Aby byly požadované hodnoty vody dodrženy a tak bylo zabráněno škodám z důvodu zvýšené koncentrace problematických obsahových látek ve vodě, musí být čerstvá voda upravována.

K tomu jsou v závislosti na výkonu kotlového zařízení, míře kondenzátu a obsažených látkách v čerstvé vodě, která je k dispozici, používána různá opatření úpravy vody, aby byla voda upravena pro nasazení v kotlovém provozu.

Následující zobrazení nám poskytuje přehled obsažených látek v čerstvé vodě nebo kondenzátu, nebezpečí pro parní kotel a parní kotlová zařízení, která z nich vyplývají, opatření, která musí být přijata v oblasti úpravy vody.



Obr. 89 Obsahové látky čerstvé vody a kondenzátu

Základem pro dimenzování zařízení úpravy vody by měla vždy být detailní analýza kvality čerstvé vody.

4.1.1 Zbavení vody železa a hořčíku

Při zbavování vody železa a hořčíku jsou ionty železa (II) (Fe²⁺) a manganu (II)-ionen (Mn²⁺) rozpuštěné ve vodě nejprve zoxidovány na hodnotnější ionty. Oxidace může probíhat kyslíkem (O₂), jinými oxidujícími chemikáliemi jako manganistanem draselným (KMnO₄) nebo katalýzou. Vznikající produkty mohou být následně odfiltrovány přes filtrační granulát.

4.1.2 Změkčování

Mezi látkami rozpuštěnými ve vodě je pro provoz kotlového zařízení obzvláště škodlivá tvrdost. Pod tvrdost jsou zahrnovány zejména ionty vápníku a hořčíku (Ca²⁺; Mg²⁺) Když se v napájecí vodě nachází tyto takzvané kovy alkalických zemin, mohou se při ohřevu v kotli vylučovat a tvoří pak kotlový kámen, který se usazuje jako povlak na teplosměnných plochách.



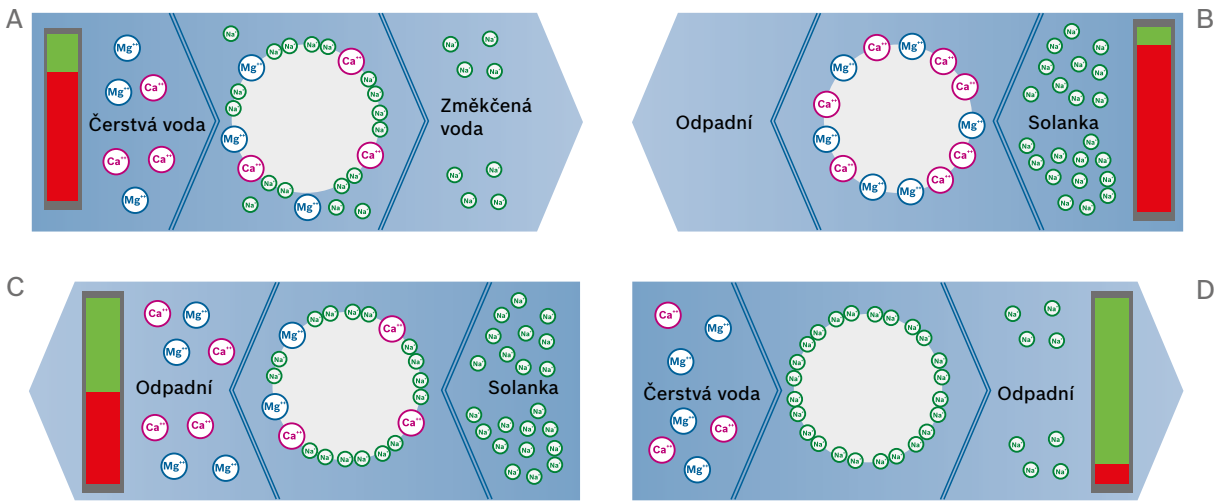
Obr. 90 Tvorba povlaku v kotli se škodami na plamenci

Pokud není tvorba vrstev a povlaků včas rozpoznána, dochází zabraňováním přechodu tepla ke zhoršení účinnosti. Pokud tloušťka vrstvy dále narůstá, může to vést k přehřívání teplosměnných ploch a k následným těžkým škodám až k totálnímu poškození kotle.

Aby se těmto škodám zabránilo, musí být tvrdost z vody odstraňována.

Funkční princip iontoměničů

Iontová výměna je nejčastěji používaný postup ke změkčování vody. Přitom jsou látky tvořící tvrdost, vápník a hořčík, vyměňovány za neškodný sodík. Iontová výměna je jednoduchý a efektivní proces ke změkčování vody, při němž vznikají pouze malé náklady na spotřebu speciální regenerační soli.



Obr. 91 Funkční princip iontového měniče ke změkčování vody

Provozní stav A: Změkčování vody

Při změkčování vody výměnou iontů probíhá chemická rovnovážná reakce. Na iontoměničové pryskyřici v tlakové nádobě ulpívají ionty sodíku. Jakmile proudí voda s obsahem vápníku zařízením na změkčování vody, naváží se ionty vápníku a hořčíku obsažené v čerstvé vodě na pryskyřičný měnič iontů. Ten výměnou vyloučí ionty sodíku.

Provozní stav B: Začátek regenerace

Pryskyřičný měnič iontů tak dlouho pojímá nové látky způsobující tvrdost, dokud není nasycený. Pak musí být pryskyřičný měnič iontů regenerován. K tomu je třeba speciální změkčovací sůl, která se ve vodě rozpustí na solanku.

Při regeneraci se pryskyřičný měnič iontů proplachuje solankou. Přebytkem sodíku v solance pryskyřice opět odevzdá ionty vápníku a hořčíku a pojme ionty sodíku.

Provozní stav C: Konec regenerace

Protože na sebe pryskyřice váže převážně ionty vápníku a hořčíku, není ji možno kompletně regenerovat. Proto se doporučuje používat pouze změkčovačla vody s takzvaným úsporným solením.

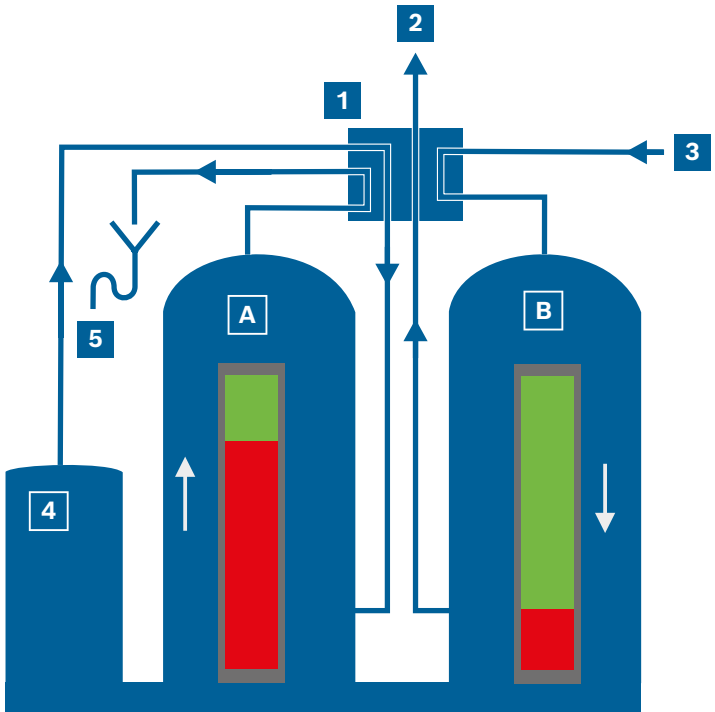
Provozní stav D: Opakovaný začátek změkčování vody

Jakmile je proces regenerace ukončen, propláchne se iontoměnič vodou a je připraven pro další cyklus změkčování vody.

U větších zařízení na změkčování vody se doporučuje použít dvojité zařízení. U nich je pak možný střídavý provoz.

→ Obr. 92, strana 185

Přitom pak může jeden iontoměnič produkovat změkčenou vodu, zatímco v druhém probíhá regenerace. Tak může být zaručena stálá disponibilita změkčené vody.



Obr. 92 Schematické a obrazové znázornění dvojitého zařízení na změkčování vody



- A** Provozní stav A: iontoměnič je regenerován v protiproudu
- B** Provozní stav B: iontoměnič v provozu
- 1** Přepínací armatura: znázornění s aktuálním prouděním
- 2** Změkčená přídavná voda
- 3** Čerstvá (surová) voda
- 4** Zásobník na regenerační roztok
- 5** Odpadní voda

4.1.3 Demineralizace

V kotli se voda odpařuje bez solí, které jsou v ní rozpuštěny, takže koncentrace solí ve zbylé kotlové vodě stoupá. Aby nedocházelo k překračování přípustné koncentrace soli, musí se kontinuálně „odsolovat“, resp. demineralizovat, přičemž vznikají ztráty energie a vody.

Aby se míra demineralizace snížila, je zejména u nižší míry kondenzátu < 50 % a vysoké vodivosti v čerstvé vodě smysluplná demineralizace čerstvé vody. Demineralizace je přitom zařazena po změkčování. Jako nejběžnější postup zde musíme jmenovat reverzní osmózu.



Výpočet množství odluhu

Množství odluhu lze vypočítat na základě naměřené vodivosti v napájecí vodě nebo za pomoci parametrů přídavné vody a množství kondenzátu (kondenzát zpravidla obsahuje zanedbatelně malou vodivost) následovně:

$$a = \frac{L_{SPW}}{L_K - L_{SPW}} \approx \frac{L_{ZW} \cdot (1 - c)}{L_K - L_{ZW} \cdot (1 - c)}$$

F19. Rovnice pro výpočet množství odluhu

a	Množství odluhu z množství napájecí vody [%]
L _{SPW}	Vodivost napájecí vody [μS/cm]
L _{ZW}	Vodivost přídavné vody [μS/cm]
L _K	Přípustná vodivost kotlové vody [μS/cm]
c	Množství kondenzátu

Vedle vodivosti mohou množství odluhu určovat i další parametry vody jako obsah kyseliny křemičité SiO₂ nebo (karbonátová) tvrdost s limitní hodnotou Ks 8,2. Přitom je pro velikost odluhu rozhodující vždy nejvyšší vypočtená hodnota.

Tyto parametry mohou být vypočteny analogicky jako výše uvedený vzorec pro vodivost:

	Jednotka	Vodivost	SiO ₂	Ks 8,2
Množství páry	[kg/h]	10 000	10 000	10 000
Množství odluhu (na množství páry) ¹⁾	[%]	3,27	2,56	3,00
Podíl kondenzátu c	[%]	50	50	50
Podíl čerstvé vody	[%]	50	50	50
Hodnota v čerstvé vodě	[μS/cm]	380	7,5 [mg/l]	0,7 [mmol/l]
Limitní hodnota kotlové vody	[μS/cm]	6 000	150 [mg/l]	12 [mmol/l]
Hodnota v napájecí vodě	[μS/cm]	190	3,75	0,35
Množství odluhu	[kg/h]	327	256	300
Množství napájecí vody	[kg/h]	10 327	10 256	10 300

Tab. 13 Výpočet množství odluhu

1) Míra odluhu vyplývá z nejvyšší hodnoty. V tomto případě z vodivosti 3,27 %.

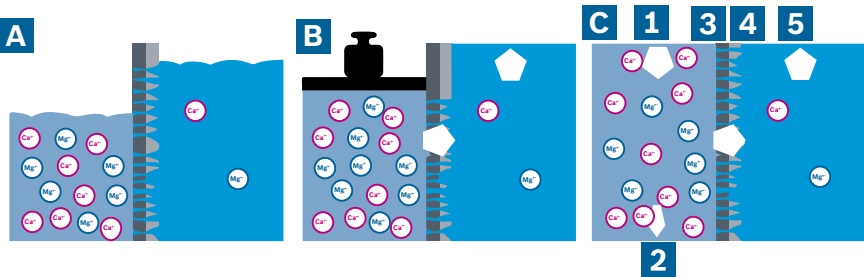
Reverzní osmóza

Princip reverzní osmózy spočívá v tom, že difuzní odpor pórů používané oddělovací membrány pro menší molekuly vody je podstatně menší, než odpor pórů větších iontů rozpuštěných ve vodě. Pokud je systém v rovnováze, je tlak na straně koncentrátu (retentátu) vyšší než na straně čisté vody (permeátu.) To se označuje také jako osmotický tlak a je viditelný jako výškový rozdíl.

→ Obr. 93, strana 187, [A]

Technické využití k demineralizaci vody probíhá za pomoci umělých membrán, přičemž přirozený průběh osmózy je obrácen zvýšením tlaku na straně koncentrátu.Tím se téměř úplně zadržují rozpuštěné soli, ale i organické látky.

→ Obr. 93, strana 187, [B]



Obr. 93 Znázornění osmotického tlaku (A) reverzní osmózy tlakovým zatížením na straně kondenzátu (B) a procesu kontinuální reverzní osmózy (C)

- A
- Znázornění osmotického tlaku
- B
- Reverzní osmóza zvýšením tlaku na straně koncentrátu
- C
- Kontinuální proces reverzní osmózy
- 1
- Čerstvá voda
- 2
- Retentát
- 3
- Semipermeabilní (částečně propustná) membrána
- 4
- Nosná vrstva
- 5
- Permeát



Postup separace	Filtrace sítím	Jemná filtrace	Filtrace částic	Mikro filtrace	Ultra filtrace (UF)	Nano filtrace (NF)	Reverzní osmóza (RO)
Hranice separace	> 500 µm	5 ... 500 µm	1 ... 10 µm	0,1 ... 1 µm	0,01 ... 0,1 µm	0,001 ... 0,01 µm	< 0,001 µm
Oddělitelné látky	zrnka, písek, vlákna	větší částice, řasy	malé částice, zárodky, bakterie, viry	nejmenší částice, zárodky, bakterie, viry	viry a molekulární substance	nízkomolekulární substance a huminové látky	ionty
Procesy ve vodě	sítování, cyklóny, sedimentace, čerání	tkaninové filtry,	vícevrstvé rychlofiltry,	vícevrstvé pomalé filtry,	membránová filtrace (UF)	membránová filtrace (NF)	reverzní osmóza (RO)
Technika	> 1 mm	500 µm	10 µm	1 µm	100 nm	10 nm	1 nm

Tab. 14 Obecný přehled separačních hranic a separačních postupů v úpravě vody

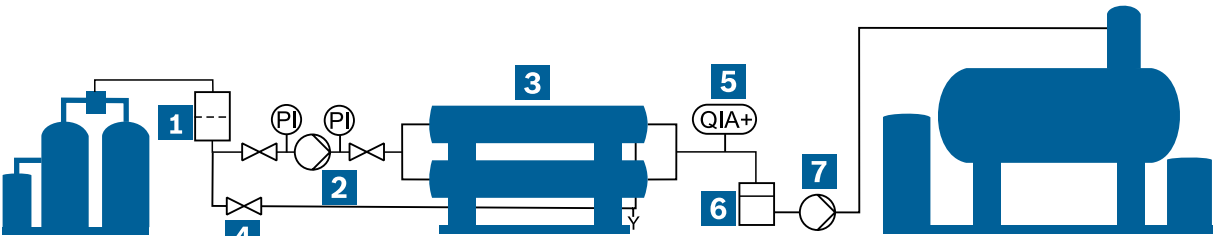
Upravená vyčištěná voda je kontinuálně k dispozici a vzniklý koncentrát může být bez další úpravy odveden do kanalizace.

Předpokladem pro nasazení zařízení reverzní osmózy je předřazené změkčování vody. Stejně tak musí být voda čistá a bez rozpustných cizích látek, zejména bez organických znečištění, aby bylo zabráněno zanesení membrán.

Změkčená voda je tlakem < 40 barů odváděna do modulů vybavených membránou. Vyčištěná voda a minimální podíl malých iontů soli difundují membránou a tvoří permeát (latinsky: permeare = proniknout), který je k dispozici jako částečně odsolená voda. Podíl permeátu nasazené vody činí 80 ... 95 %. Zbytek (5 ... 20 %) původního množství vody je koncentrát bohatý na sůl, také nazývaný retentát (latinsky: retinere = zadržet), který se likviduje.

Proces reverzní osmózy probíhá v kontinuálním provozu zařízení téměř bez nasazení chemikálií a je zadržováno zhruba 98 % solí, takže je v permeátu vodivost menší než 15 µS/cm. Správná funkce zařízení je přitom monitorována přes měření vodivosti v permeátu.

Aby bylo možno zařízení reverzní osmózy dimenzovat co možná nejmenší, je smysluplný sběrný zásobník permeátu. Z toho pak probíhá doplňování vody do odplynováku zásobníku napájecí vody.



Obr. 94 Schematické znázornění úpravy vody reverzní osmózou se zásobníkem na permeát

- 1
- Filtr
- 2
- Vysokotlaké čerpadlo
- 3
- Moduly reverzní osmózy
- 4
- Bypass
- 5
- Monitoring vodivosti (QIA+)
- 6
- Zásobník na permeát
- 7
- Čerpadlo permeátu

Plná demineralizace

Demineralizace vody s vodivostí < 0,2 µS/cm je dosaženo úplnou iontovou výměnou s mezizařazeným skrápěním CO₂, když za výměníkem aniontů je přídatně instalován ještě směsný ionexový filtr. V tomto filtru jsou nakombinovány kationty a anionty. Pro optimalizaci plné demineralizace a redukované spotřeby regeneračních prostředků jsou krokům úpravy vody přídatně předřazeny slabě kyselé a slabě zásadité měniče aniontů před silně kyselými, resp. silně zásaditými měniči. Plně demineralizovaná voda je také označována jako demi-voda.

4.1.4 Termické odplynění

Díky korozivním složkám v napájecí vodě nebo kondenzátu mohou zásobníky napájecí vody, kotle, ekonomizéry nebo potrubí utrpět škody. Ty jsou převážně způsobovány korozí kyslíkem nebo kyselinou uhličitou.

Koroze kyslíkem vede přitom k částečným dírám ve tvaru jizev v základním materiálu. Koroze se zažírá stále hlouběji do materiálu. Vykazuje typický obraz poškození „vyžraných děr“.



Obr. 95 Poškození korozí kyslíkem v kotli a na potrubích

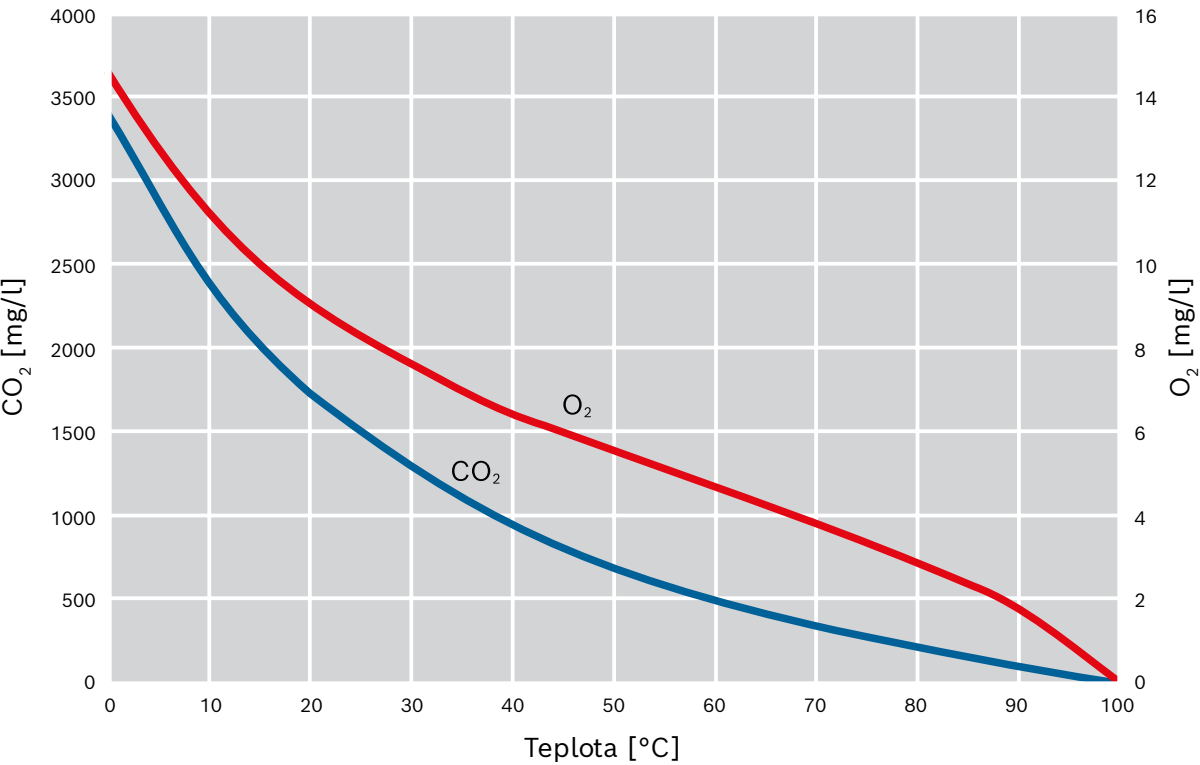
Vnější projev koroze kyselinou uhličitou (koroze CO₂) je naproti tomu téměř vždy relativně rovnoměrný, plošný úbytek materiálu.

Termické odplynění je nejlépe vhodný postup k tomu, aby byly koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého v napájecí vodě trvale udržovány pod škodlivou mírou. Přitom se využívá klesající rozpustnosti plynů ve vodě při stoupající teplotě. Tak tato rozpustnost při 100 °C klesá téměř k nule.



Hodnoty se vztahují k rovnováze rozpustnosti. Aby bylo dosaženo skutečného odplynění, musí být umožněna intenzivní výměna mezi plyny rozpuštěnými ve vodě a parním prostorem zásobníku napájecí vody, což se děje v kaskádových nebo tryskových odplyňovacích. Vytváří se zde velká hranice skupenství, aby pak bylo dosaženo rychlého transportu látky do plynného skupenství.

Dále je nutná určitá doba setrvání vody v zásobníku, aby došlo k dokonalému odplynění.



Obr. 96 Rozpustnost kyslíku a oxidu uhličitého ve vodě



Obr. 97 Zobrazení modulu úpravy vody skládajícího se z nádrže napájecí vody s kaskádovým odplyňovákem, modulů napájecích čerpadel, expandéru, dávkovacích zásobníků a příslušného rozvaděče

Čerstvá voda nebo kondenzát s obsahem kyslíku jsou nahoře odváděny do odplyňovacího domu a buď tryskami, nebo kaskádově skrápěcími plechy jsou jemně rozprašovány. Ohřev na teplotu varu probíhá prostřednictvím topné páry, která proudí odplyňovákem v opačném směru nahoru. Plyny, které se uvolní ohřevem, jsou odvedeny společně s nezbytnými brýdovými párami na vrcholku odplyňovacího domu.

Velkou část tepla z brýdových par je možno nasazením tepelného výměníku brýdových par (VC) přenést do přídavné vody a toto teplo tak zůstane v parním zařízení zachováno.

→ Efektivita – Kapitola 3.2: Brýdové páry, strana 286

→ Produkty – Kapitola 4.8: Chladič brýdových par VC, strana 356

Úplné odplynění

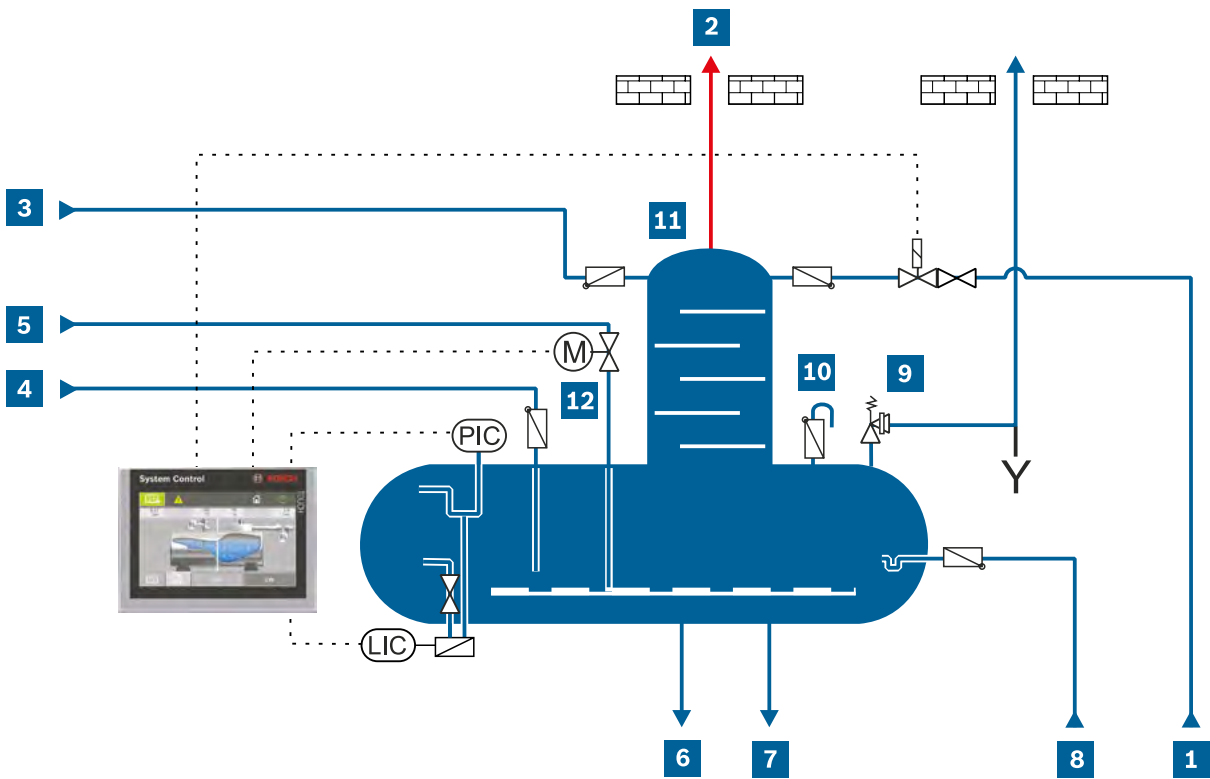
Při provozním tlaku 0,1 ... 0,3 barů a tak při teplotách přes 100 °C může být spolehlivě dodržován obsah kyslíku ve vodě maximálně 0,02 mg O₂/l a obsah CO₂ maximálně 1 mg CO₂/l takže se mluví o úplném odplynění.

Chemické prostředky vážící kyslík jsou zde nasazovány pouze v malé míře, aby zajišťovaly, že v napájecí vodě nebude přítomen žádný zbytkový kyslík.

	Tryskový odplyňovák	Kaskádový odplyňovák
Výška prostoru	++ velmi kompaktní	– Odplyňovací dóm formou nástavce směrem nahoru
Investiční náklady	+ trochu nižší	– trochu vyšší
Provozní podmínky se liší v závislosti na podmínkách navrhování / dimenzování (tok kondenzátu)	– dílčí výkon téměř není možný	++ velmi dobré chování při dílčím výkonu
Nasazení plynulé regulace přídavné vody ¹⁾	– Dílčí výkon téměř není možný	++ velmi dobré chování při dílčím výkonu

Tab. 15 Porovnání tryskových a kaskádových odplyňováků

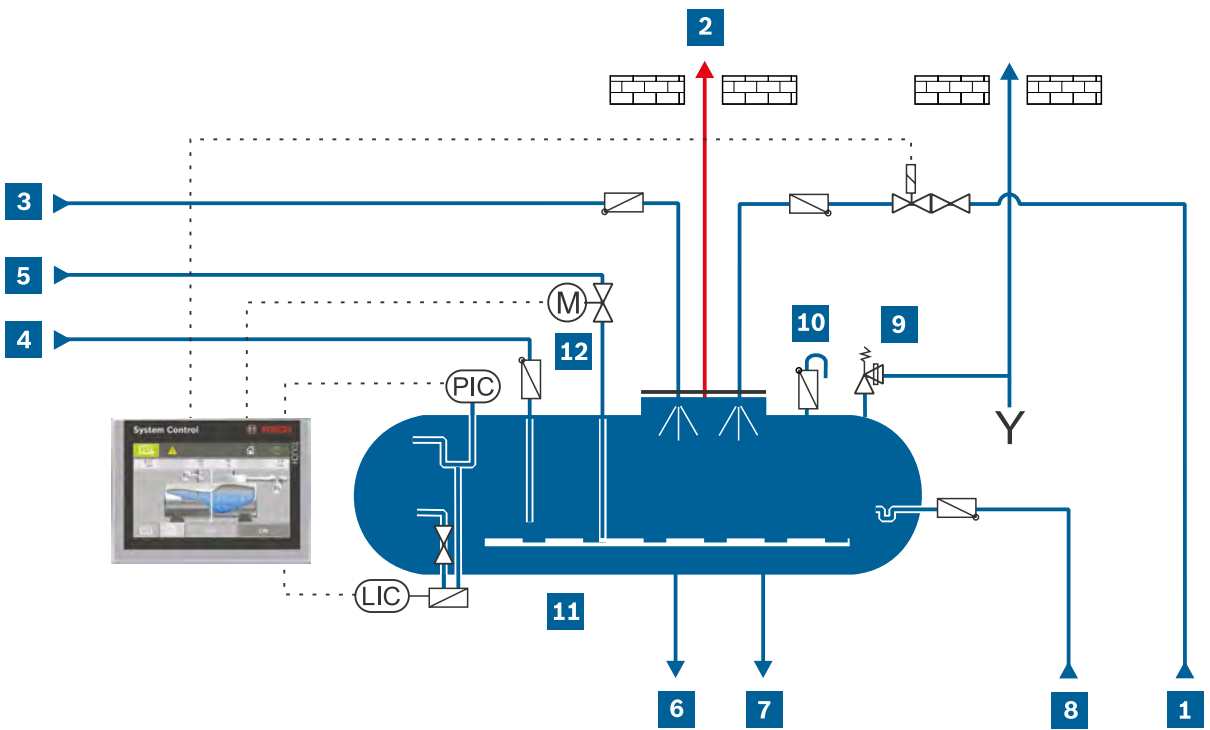
1) Doporučeno ke zpětnému získání tepla s přídavnou vodou



Obr. 98 Schéma potrubí a zařízení k plnému odplynění s kaskádovým odplyňovákem

LIC převodník měření hladiny
PIC převodník měření tlaku

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1 Přídavná voda | 7 Vypouštění |
| 2 Brýdová pára | 8 Dávkování |
| 3 Kondenzát s obsahem kyslíku | 9 Pojistný ventil |
| 4 Kondenzát bez obsahu kyslíku | 10 Ochrana proti vakuu |
| 5 Ohřívací pára | 11 Kaskádový odplyňovák |
| 6 Napájecí voda | 12 Regulační ventil ohřívací páry |



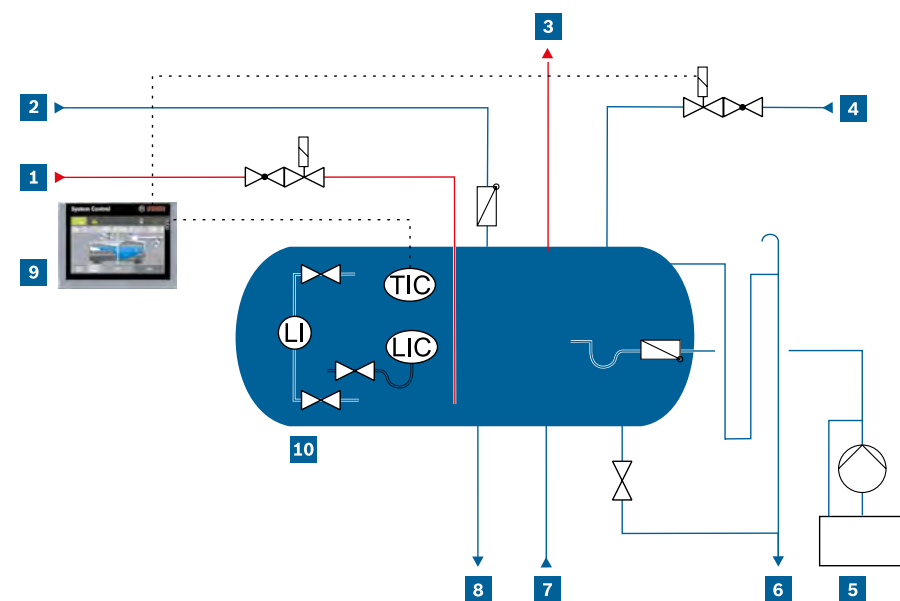
Obr. 99 Schéma potrubí a zařízení k plnému odplynění s tryskovým odplyňovákem

LIC převodník měření hladiny
PIC převodník měření tlaku

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1 Přídavná voda | 7 Vypouštění |
| 2 Brýdová pára | 8 Dávkování |
| 3 Kondenzát s obsahem kyslíku | 9 Pojistný ventil |
| 4 Kondenzát bez obsahu kyslíku | 10 Vakuový ventil (otevřející přívod vzduchu do kondenzátoru) |
| 5 Ohřívací pára | 11 Tryskový odplyňovák |
| 6 Napájecí voda | 12 Regulační ventil ohřívací páry |

Částečné odplynění

Pokud odplynění probíhá pouze při zhruba 90 °C, mluví se o částečném odplynění, neboť zbytek vázaných plynů ještě může zůstat ve vodě. Zde je pak nezbytné zvýšené nasazení chemických prostředků vážících kyslík, aby byl chemicky navázán především zbytkový kyslík a nemohl tak způsobovat korozi v kotli a ve zbytku parního kotlového zařízení.



Obr. 100 Zásobování napájecí vodou – částečné odplynění

LI ukazatel hladiny
LIC regulátor hladiny
TIC regulátor teploty

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1 Potrubí ohřívací páry | 6 Odtokové potrubí a přepad |
| 2 Přívodní potrubí kondenzátu | 7 Přepouštění od regul. ventilu napájecí vody |
| 3 Potrubí brýdové páry | 8 Potrubí napájecí vody |
| 4 Přídavná voda | 9 Řídící systém |
| 5 Dávkování chemikálií | 10 Zásobník napájecí vody |

4.1.5 Chemické dávkování

Aby bylo možné spolehlivě zajišťovat a monitorovat požadovanou kvalitu vody, musí být vlastnosti napájecí a kotlové vody přídatně vylepšovány ošetřením chemikáliemi.

Toto chemické dávkování podporuje zajišťování následujících bodů:

- vázání zbytkového kyslíku
- snižování koroze nastavením hodnoty pH
- stabilizace zbytkové tvrdosti
- zabraňování usazeninám a tvorbě kotlového kamene

Dávkovací prostředky jsou přitom v zásobníku napájecí vody dávkovány tak, aby byl dán dostatečný čas reakce ve vodě zhruba 30 min.

Běžně je k vázání kyslíku používán siřičitan sodný a k vázání zbytkové tvrdosti a zvýšení hodnoty pH fosforečnan sodný.

4.2 Likvidace odpadních vod

Podmínky pro vypouštění odpadních vod do veřejné kanalizační sítě jsou obvykle upraveny příslušnými obcemi. V Německu jsou běžné hodnoty pH mezi 6,5 ... 10 a vstupní teploty do kanalizace 35 °C.

4.2.1 Horké odpadní vody

Odpadní vody kotle z odkalu a odluhu, které jsou horké a pod tlakem, musí být před vypuštěním do kanalizační sítě zchlazeny. To se děje v takzvaném odkalovacím zásobníku, do kterého jsou přiváděny horké odpadní vody přes dvě přípojná hrdla (vždy jedno hrdlo pro odpadní vody přes / pod 100 °C.) V zásobníku vzniká expandovaná pára, která je odváděna přes střechu do volného venkovního prostoru. Zbývající odpadní voda je před vypuštěním do kanalizační sítě zchlazována na přípustnou vstupní teplotu do kanalizace přimícháváním chladné vody.



Obr. 101 Modul odpadních vod, expandér a chladicí modul BEM

- | |
|---|
| 1 Potrubí expandované páry přes střechu |
| 2 Snímač měření teploty |
| 3 Přípojka pro chladicí vodu (včetně regulační armatury teploty) |
| 4 Vypouštěcí armatura |
| 5 Přípojka pro odpadní vody < 100 °C |
| 6 Odtok do kanálu |
| 7 Přípojka pro odpadní vody > 100 °C |

Protože s sebou odpadní vody nesou mnoho energií, které mohou být na teplotách zhruba 100 °C využívány, měla by být z důvodu krátké doby amortizace věnována pozornost možnosti nasazení modulu ke zpětnému získávání tepla.

→ Efektivita – Kapitola 3.1: Odluh a odkal, strana 283

4.2.2 Likvidace odpadní vody – spalinový kondenzát

Kondenzát ze spalin přechodně vzniká při najíždění kotlového zařízení ze studeného stavu a stále při využívání spalného tepla prostřednictvím kondenzačního ekonomizéru. Tento kondenzát je kyselý (hodnota pH < 4) a musí být před vypouštěním do kanalizační sítě neutralizován, aby byly dodrženy podmínky pro vypouštění odpadních vod do veřejné kanalizační sítě.

V závislosti na vznikajícím množství kondenzátu jsou používána neutralizační zařízení na bázi granulátu nebo na kapalné bázi.



Obr. 102 Neutralizační zařízení na spalinový kondenzát (vlevo neutralizace granulátem, vpravo kapalná neutralizace)

4.3 Ošetření, distribuce a akumulace páry

4.3.1 Sušení páry

Takzvaná kvalita páry se určuje podle zbytkové vlhkosti obsažené v proudu páry. Výhodou je přitom co možná nejmenší podíl vody. Parní sušičky mohou malé kapičky vody strhávající párou s sebou odlučovat. Tím jsou z páry odstraňovány i v ní obsažené soli a nečistoty.

Parní kotle jsou k tomuto účelu již na hrdle pro odběr páry vybaveny nárazovým plechem. Přesměrováním proudu páry se kapičky vody odlučují a padají zpět do vodního prostoru. Tak se zbytková vlhkost v normálním provozu již redukuje na 1 ... 3 %. Pro většinu aplikací je to dostačující.

Pouze při rychlých výkyvech výkonu na straně spotřebičů, nebo při nasazení modulu přehříváku, je nezbytná další redukce vlhkosti páry. Toho může být dosaženo prostřednictvím demistru, který je opatřený speciálním drátěným pletivem a taktéž zařazený pod hrdlo odběru páry. Zbytková vlhkost se pak dá zredukovat zhruba na 0,1 %.



Obr. 103 Demistr tak, jak je zařazený v parním kotli pod odběrem páry

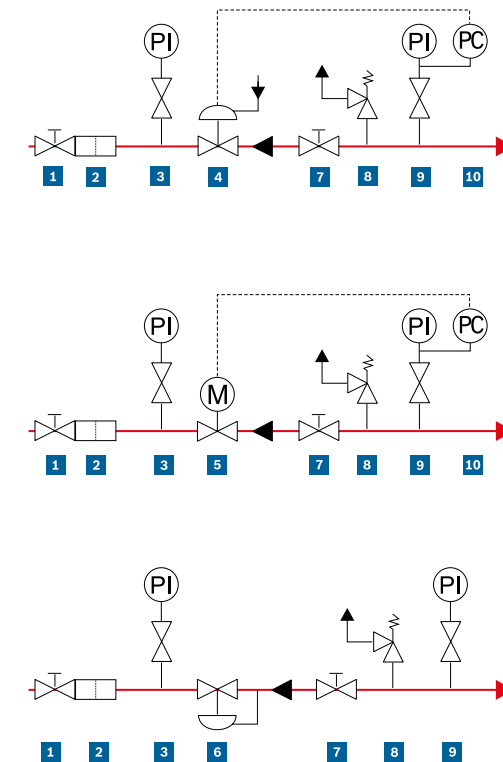
Díky tepelným ztrátám v parním potrubí se zvyšuje mokrost páry podél potrubí, protože může být i přímo před parními spotřebiči, zejména u nasazení páry k účelům sušení, předřazena sušička páry. V sušičce páry je mokrá pára tangenciálně odváděna do sušičky a těžké kapičky jsou odstředivými silami vytlačovány směrem ven a na stěně odlučovány. Ve spodní části pak probíhá přesměrování o 180°, přičemž jsou odloučeny menší kapičky vody a pára proudí ven se zbytkovou vlhkostí < 0,5 %.

4.3.2 Redukce tlaku páry

Redukce tlaku páry může probíhat z více důvodů:

- vyrovnávání výkyvů tlaku v parním kotli a tak dosažení velmi konstantní hladiny tlaku pro parní spotřebiče
- oddělení silných výkonových skoků na spotřebiči od regulace výkonu kotle
- spotřebiče potřebují různé hladiny tlaku
- spotřebiče s nižším maximálním přípustným přetlakem než parní kotel

Redukce tlaku páry probíhá přes takzvané redukční tlakové stanice, které jsou řízeny buď motoricky, pneumaticky nebo přes médium. Redukční stanice řízené médiem si vystačí bez pomocné energie a elektrických komponentů, ale mají tak horší jakost regulace než motoricky nebo pneumaticky řízené ventily.



Obr. 104 Redukční tlaková stanice páry (řízená pneumaticky, motoricky, médiem)

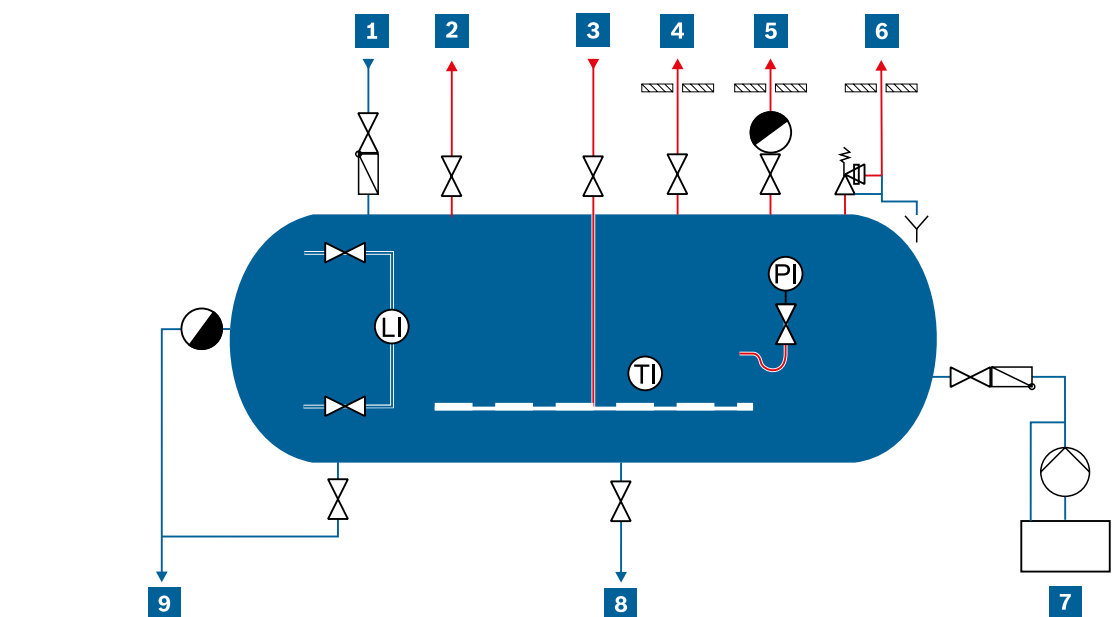
- | | |
|---|--|
| 1 Uzavírací ventil (strana vstupního tlaku) | 6 Regulační ventil (řízený médiem) |
| 2 Filtér | 7 Uzavírací ventil (strana výstupního tlaku) |
| 3 Ukazatel tlaku (strana vstupního tlaku) | 8 Pojistný ventil |
| 4 Regulační ventil (pneumatický) | 9 Ukazatel tlaku (strana výstupního tlaku) |
| 5 Regulační ventil (motorický) | 10 Tlakový snímač |

Oblast nasazení parního zásobníku je:

- Pokrývání špičkových výkonů při krátkodobém překročení kapacity instalovaného parního zdroje (např. při procesech najíždění spotřebičů, autoklávů, méně velkých procesů šarží.)
- Tlumení rychlých výkyvů výkonů u spotřebičů se silnou cyklickou potřebou páry (např. u krátkých periodických parních špiček spotřeby, mnoha malých procesů jednotlivých šarží).



Obr. 106 Zobrazení parního zásobníku



Obr. 107 Potrubní schéma modulu parního zásobníku SAM

- LI Ukazatel hladiny
PI Ukazatel tlaku
TI Ukazatel teploty

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Napájecí potrubí | 6 Odfuk pojistného potrubí přetlaku |
| 2 Parní potrubí ke spotřebičům | 7 Dávkování chemikálií |
| 3 Zahřívací parní potrubí | 8 Potrubí odběru vzorků |
| 4 Najížděcí potrubí | 9 Vypouštěcí potrubí a přepad |
| 5 Odvzdušňovací potrubí | |

4.3.3 Distribuce páry

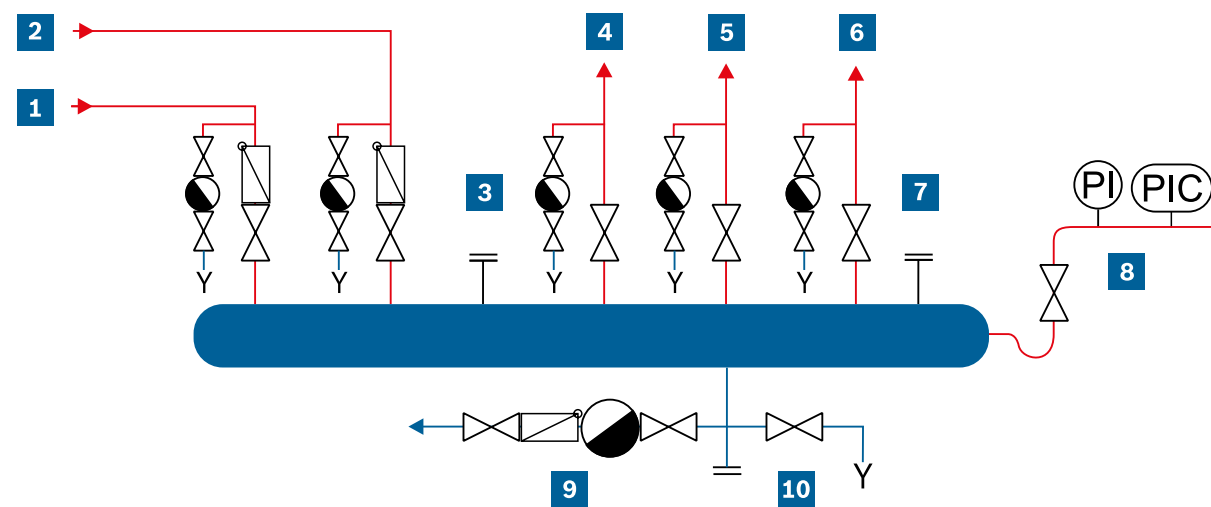
Rozdělovače páry jsou nasazovány, aby na centrálním místě (většinou v kotelně) byla pára vyrobená jedním nebo více kotli svedena dohromady a následně distribuována k různým spotřebičům v provozu, jakož i k ohřevu napájecí vody.

Díky přesměrování páry ze zdroje ke spotřebiči o 180° se pára navíc ještě vysušuje, takže se redukuje zbytková vlhkost.

Běžně se na rozdělovači páry také měří tlak pro kaskádové řízení kotle tlakem.

Výhody:

- sloučení páry od zdrojů páry
- distribuce ke spotřebičům
- regulace kaskádového řízení kotle
- sušení páry a odvodnění



Obr. 105 Schematické znázornění rozdělovače páry

- | | |
|--|--|
| 1 Přívodní parní potrubí od kotle 1 | 7 Rezervní hrdlo pro další spotřebič |
| 2 Přívodní parní potrubí od kotle 2 | 8 Trubice manostatu s ukazatelem tlaku (PI) a převodníkem měření tlaku (PIC) |
| 3 Rezervní hrdlo pro další kotel | 9 Potrubí kondenzátu k zásobníku kondenzátu |
| 4 Odváděcí parní potrubí ke spotřebiči 1 | 10 Vypouštění |
| 5 Odváděcí parní potrubí ke spotřebiči 2 | |
| 6 Odváděcí parní potrubí k odplynění napájecí vody | |

4.3.4 Akumulace – ukládání páry

Parní zásobník slouží k akumulaci omezeného obsahu energie, který je při poklesu tlaku k dispozici jako expandovaná pára.

→ Technika – Kapitola 1.1.7: Expandovaná pára, strana 110



Správným použitím parního zásobníku vznikají následující výhody:

Pro kotel:

- Redukované výkyvy tlaku kotle. Tím snížení mechanického zatížení a vyšší životnost tělesa kotle.
- Redukce četnosti spínání spalovacího zařízení. Tím snížené ztráty z provětrání a zvýšená životnost kotle.

Pro spotřebiče:

- Pokrytí obzvláště vysokých tlakových špiček. Tím je možné použití menšího parního kotle.
- Méně strhávání vody s párou. Tím i lepší kvalita páry.

Parní zásobník je silnostěnná nádoba, speciálně dimenzovaná na silné namáhání změnami tlaku. Stejně jako parní kotel podléhá pravidelné kontrole a tlakové zkoušce autorizovaným kontrolním místem.

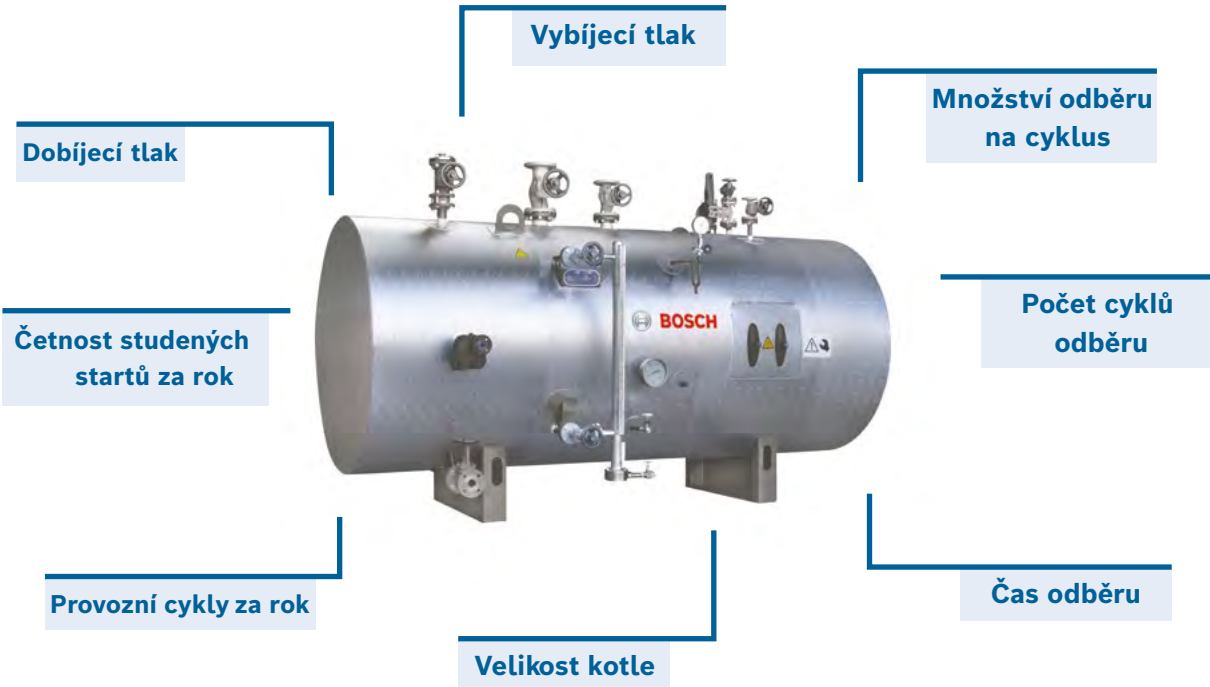
Parní zásobník je zhruba z 50 % naplněn vroucí vodou a je párou z kotle zahříván na nabíjecí tlak.

Otevřením uzavíracích zařízení na straně spotřebičů je zásobník vybitý. Přitom se redukuje tlak v zásobníku. Díky redukci tlaku se část vroucí vody odpaří, vzniká tedy takzvaná expandovaná pára. Množství je přitom o to větší, čím větší je vodní obsah zásobníku a čím hlubší pokles tlaku proběhne.

→ Technika – Kapitola 1.1.7: Expandovaná pára, strana 110

Při opětovném zahřátí je do zásobníku přivedeno stejné množství páry, jaké bylo předtím odebráno. Tak zpravidla není potřeba do parního zásobníku během provozu přivádět přídatnou napájecí vodu.

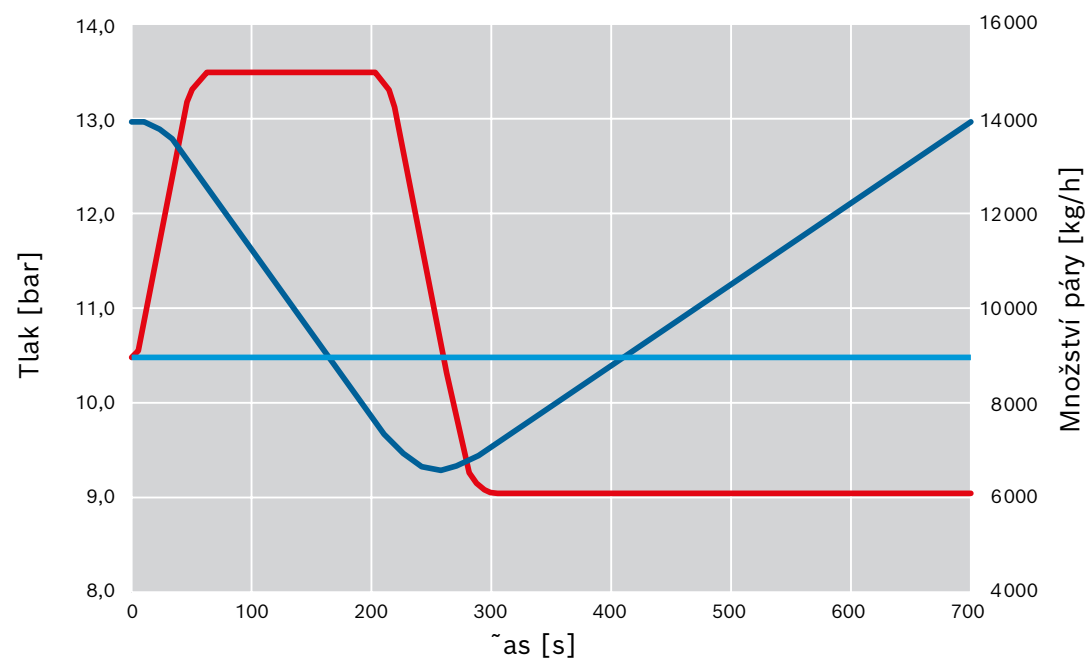
Možné nasazení parního zásobníku může být prověřeno jak již při novém plánování kotlových zařízení, tak i při jejich dovybavování ke zlepšení ve stávajících procesech. Při nasazení parních zásobníků je obzvláště důležité napojení do celého parního systému parního kotle až ke spotřebiči, neboť pouze při optimální souhře všech komponentů se všechny výhody správně uplatní. Parametry procesu a zařízení rozhodující pro parní zásobník jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obr. 108 Parametry mající vliv při plánování a dimenzování parního zásobníku

Překročení instalovaného výkonu parních vyvíječů (příklad 1)	Tlumení cyklické potřeby páry (příklad 2)
• Kotel 9 000 kg/h	• Kotel 9 000 kg/h
• Špička spotřeby 15 000 kg/h, celkem zhruba 350 kg po dobu 260 s	• Špička spotřeby 11 500 kg/h, celkem zhruba 28 kg na špičku po dobu 51 s, opakovaně každých 92 s
• Parní zásobník 20 m³ se 65 % vodní náplně	• Parní zásobník 5 m³ s 50 % vodní náplně
• Zbytková vlhkost v páře povolená až 5 %	• Zbytková vlhkost v páře < 2 %
• Nádoba nabita po 700 s	–
• Tlak v zásobníku 13 barů a vybíjení • ≤ 9,3 baru	• Tlak v zásobníku 12 barů a vybíjení • ≤ 10,5 baru
Zjednodušený a idealizovaný výpočet	Zjednodušený a idealizovaný výpočet

Tab. 16 Příklad nasazení parního zásobníku



Obr. 109 Průběh tlaku v parním zásobníku (příklad 1)

- Tlak v parním zásobníku
- Odběr páry spotřebičem
- Parní výkon kotle

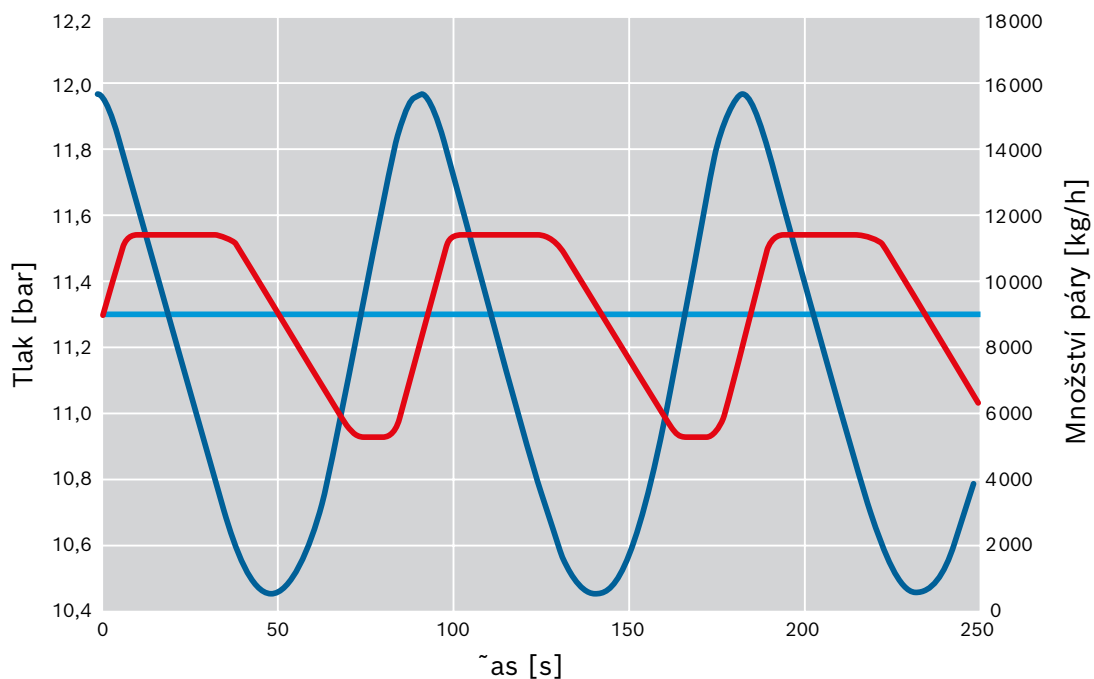


Abb. 110 Průběh tlaku v parním zásobníku (příklad 2)

- Tlak v parním zásobníku
- Odběr páry spotřebičem
- Parní výkon kotle

4.4 Kondenzátní hospodářství

Všude tam, kde se pára používá k nepřímému ohřevu v tepelných výměnících, vzniká kondenzát, který by měl být dle možností odváděn zpět do okruhu parního kotle nebo jinak využíván.

Opětovné použití vzniklého kondenzátu je jedním z nejdůležitějších opatření pro cenově příznivý a energeticky efektivní provoz parního kotlového zařízení.

Dvě vlastnosti dělají kondenzát obzvláště cenným:

- **Vysoké teploty**
Kondenzát je za tepelnými výměníky obvykle k dispozici pouze lehce zchlazený, tedy s vysokými teplotami. Díky vracení zpět zůstává tento obsah energie v systému a nemusí být opětovně vynaložen.
- **Upravená voda**
Kondenzát je již upravená voda bez tvrdosti s nižší vodivostí. Vracení zpět do parního okruhu tedy šetří přídavnou vodu. Tak musí změkčování, resp. demineralizace upravovat méně vody, čímž se používá méně energie a chemikálií a tak mohou být tyto prvky také dimenzovány menší.

Kondenzát může být opětovně využit různým způsobem:

- **Jako předehřátá napájecí voda kotle**
je kondenzát přes potrubí a zásobník kondenzátu odveden zpět do zásobníku napájecí vody nebo přímo doplněn do kotle.
- **Jako horká voda**
k ohřevu procesů na nízké teplotní hladině, např. k čištění.
- **Jako pára**
použitím expandované páry v sekundární nízkotlaké parní síti pro spotřebiče, které potřebují nízké teploty.

Před dalším použitím musí být kondenzát nejprve zkontrolován z hlediska znečištění a shromážděn v zásobníku. To může probíhat buď v otevřeném, nebo uzavřeném sběrném systému kondenzátu.

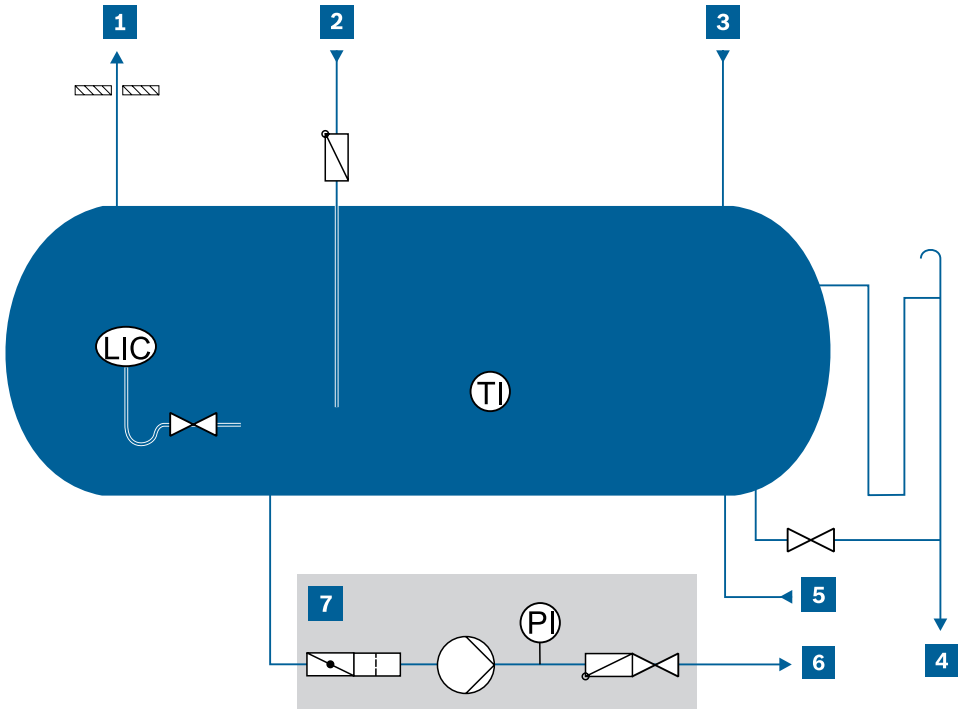
→ Technika - Kapitola 4.5, Hlídání kvality vody, strana 207



Rozdíly obou systémů jsou osvětleny v následující tabulce:

	Otevřený systém nízkotlaký kondenzát	Uzavřený systém vysokotlaký kondenzát
Druh zásobníku	Nízkotlaký zásobník (0,5 ... 1 barů) ve spojení s atmosférou přes odvzdušňovací potrubí	Vysokotlaký zásobník Udržování tlaku zásobníku díky ohřívací páře nebo přepouštění
Kyslík v kondenzátu	Kondenzát s obsahem kyslíku (v kontaktu se vzdušným kyslíkem je třeba opětovně odplynění)	Kondenzát bez kyslíku
Teplota kondenzátu při vracení zpět do systému	≤ 100 °C	> 100 °C
Odvádění zpět do syst.	Přes zásobník napájecí vody	Vysokoteplotní napájecí čerpadla
Doprava kondenzátu	Čerpadla kondenzátu	Není třeba
Odpařování	Možné (především při vysoké teplotě kondenzátu u spotřebičů)	Žádné
Napojení do systému	Jednoduché	Náročnější
Investiční náklady	Nízké	Vyšší
Úspora energie	Malá	Vysoká
Materiál potrubí	Nerezové potrubí	Ocel
Používání kondenzátu	Napájecí voda kotle (zpětné napájení do zásobníku napájecí vody k odplynění)	Napájecí voda kotle (Přímé napájení zpět do kotle) Horká voda
Používání expandované páry	Často nevyužitá V tepelném výměníku brýdy k předehřevu přídavné nebo užitkové vody	V nízkotlaké parní síti K ohřevu zásobníku napájecí vody

Tab. 17 Porovnání různých sběrných systémů kondenzátu



Obr. 111 Schéma zásobníku kondenzátu – nízkotlak

- LIC

Regulátor hladiny
- TI

Ukazatel teploty
- PI

Ukazatel tlaku
- 1

Odvzdušňovací potrubí
- 2

Potrubí tlakového kondenzátu
- 3

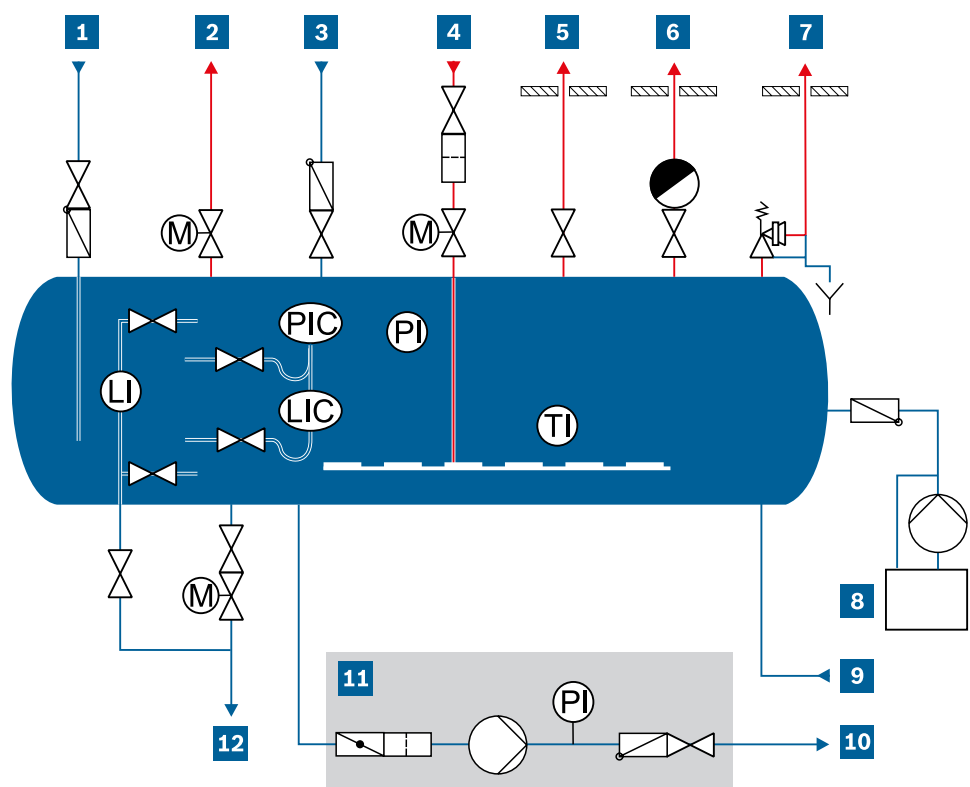
Potrubí kondenzátu bez tlaku
- 4

Vypouštěcí potrubí a přepad
- 5

Přepouštění od regulačního ventilu napájení
- 6

Potrubí ke kotli
- 7

Čerpací modul kondenzátu



Obr. 112 Schéma zásobník kondenzátu - vysokotlak

- LI** Ukazatel hladiny
LIC Regulátor hladiny
M Motor
PI Ukazatel tlaku
PIC Regulátor tlaku

- | | |
|--|--|
| 1 Přívodní potrubí vysokotlakého kondenzátu | 7 Pojistné odfukové potrubí přetlaku |
| 2 Přepouštěcí potrubí páry | 8 Dávkování chemikálií |
| 3 Přívodní potrubí přídavné vody | 9 Přepouštění od regulačního ventilu napájení |
| 4 Parní potrubí ohřevu | 10 Potrubí ke kotli |
| 5 Najížděcí potrubí | 11 Čerpací modul vysokotlakého kondenzátu |
| 6 Odvzdušňovací potrubí | 12 Vypouštěcí potrubí |

4.5 Hlídání kvality vody

Kvalita vody je rozhodujícím parametrem pro bezporuchový a bezpečný provoz parního kotlového zařízení.

Musí být hlídána v následujících oblastech:

- kotel
- napájecí voda
- přídavná voda
- kondenzát

Proto jsou prováděna jak kontinuální hlídání v procesu, tak i periodické kontroly kvality vody na různých místech zařízení:

- v kotli (přes analýzy pH, vodivost, kyslík)
- v napájecí vodě (přes analýzy pH, vodivost, kyslík)
- v přídavné vodě (přes analýzy kyseliny křemičité, tvrdost kontinuálně)

→ Technika – Kapitola 2.2: Výstroj a regulace, strana 125

4.5.1 Kondenzát

Při vratu kondenzátu do systému existuje nebezpečí, že se do kotle dostanou v kondenzátu znečištění díky pronikání produktů na tepelných výměnících. Ta zde mohou způsobit značné škody, čemuž se má hlídáním kvality vody zabránit. Přitom se rozlišuje mezi látkami:

- látkami, které ovlivňují elektrickou vodivost kondenzátu a jsou hlídány přes elektrody vodivosti
- látkami, které způsobují zakalení, resp. lom světla a jsou hlídány přes tzv. hlásič zákalu

4.5.2 Hlídání vodivosti

Pronikání cizích látek, které zvyšují vodivost, do systému kondenzátu je rychle a spolehlivě rozpoznáno a signalizováno hlídáním vodivosti (např. louhy, kyseliny, čerstvá voda, voda z varných lázní). Nezbytná opatření jsou spouštěna automaticky. Systémy pracují s automatickou teplotní kompenzací, takže výkyvy teplot nevedou k chybovým hlášením.

Používá se v parních kotlových zařízeních např. k hlídání kondenzátu nebo napájecí vody.

Pokud vodivost byla v kondenzátu překročena nad zhruba 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, měl by být kondenzát ihned odveden (např. pomocí 3-cestného ventilu.) Tím může být ohrožení napájecí vody a následně parního kotle vyloučeno již před vstupem do nádrže napájecí vody. Samotný provoz kotle tedy nemusí být přerušen a hledání závady v systému kondenzátu nebo v tepelných výměnících může probíhat bez časového tlaku. Je však třeba dbát na to, aby sonda vodivosti také zaznamenávala všechny proudy kondenzátu.

4.5.3 Hlídaní zbytkové tvrdosti

Hlídaní demineralizované vody se provádí kontrolním přístrojem na zbytkovou tvrdost. Díky nedostatečné regeneraci nebo při přetížení změkčovacího zařízení by mohlo dojít k průniku tvrdosti do následných částí zařízení. Aby se tomu zabránilo, hlídá se zbytková tvrdost kontinuálně nebo i diskontinuálně. Pokud je po určitou dobu překračována limitní hodnota 0,01 mmol/l, probíhá automatické alarmové hlášení tak, aby mohly být ochráněny následné části zařízení.

4.5.4 Hlídaní zákalu

Pokud existuje nebezpečí, že mohou do systému kondenzátu proniknout i oleje, tuky nebo jiné emulze, musí být přídatně k hlídání vodivosti namontováno i hlídání zákalu. Pomocí optických měření se kontinuálně monitoruje obsah částic v cizích látkách. Namontování by mělo, pokud je to možné, proběhnout již před sběrným zásobníkem kondenzátu, neboť čerstvou párou nebo odvodňujícím odpařováním může být měření ovlivněno. Pokud by byla překročena nastavená předepsaná hodnota, pak je i zde smysluplné odvádění kondenzátu, dokud naměřená hodnota zákalu opět nepodkročí nastavenou předepsanou hodnotu.

4.5.5 Kontinuální analýza vody



Obr. 113 Přístroj na analýzu vody WA

Bezporuchový provoz kotle je závislý na dobré kvalitě vody. Zařízení na analýzu vody přebírá kontinuální měření a monitoring následujících parametrů:

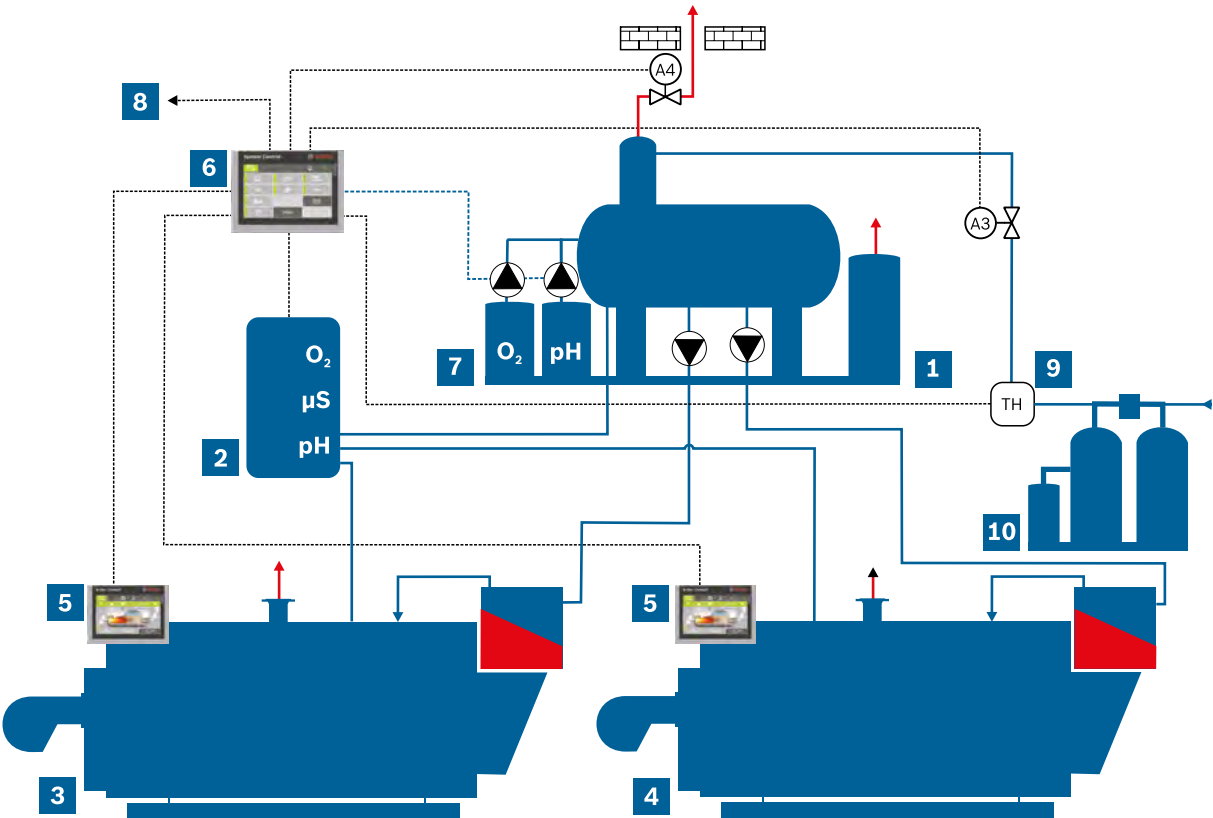
- hodnoty pH v kotlové vodě
- hodnoty pH, obsahu kyslíku a vodivosti v napájecí vodě kotle
- hodnoty pH a vodivosti kondenzátu nebo vody obsažené v parním zásobníku

Všechna data jsou prostřednictvím sběrníkového systému přenášena do nadřazeného řídicího systému kotelny SCO. Společně s vodivostí kotlové vody a vodivostmi jednotlivých proudů kondenzátu jsou tak v řídicím systému kotelny SCO k dispozici všechny relevantní parametry vody. Řídicí a regulační úkoly přizpůsobené potřebám provozu mohou být prováděny plně automaticky. Při překročení stanovených limitních hodnot probíhá přenos všech parametrů do paměti poruchových hlášení řídicího systému SCO kotlového zařízení. Také je možné kontinuální protokolování dat.

Ta mohou být přes sběrníkový systém přenášena do nadřazeného řídicího místa a tam dále zpracovávána.

Funkce analyzátoru vody jsou:

- plynulé spouštění dávkovacího zařízení pro prostředky na vázání kyslíku
- plynulé spouštění dávkovacího zařízení pro alkalizaci
- aktivace brýdové armatury včetně zobrazení uspořené energie brýdových par [kWh]



Obr. 114 Schematické znázornění způsobu funkce úpravy vody

- | | |
|--------------------------|--|
| 1 Modul úpravy vody WSMV | 6 Řídicí systém kotelny SCO |
| 2 Analyzátor vody WA | 7 Chemické dávkovací zařízení |
| 3 Parní kotel 1 | 8 Řídicí technika |
| 4 Parní kotel 2 | 9 Softcontrol TH (volitelné příslušenství) |
| 5 Řízení kotle BCO | 10 Modul úpravy vody |

→ Technika - Kapitola 4.15, Analyzátor vody WA, strana 363

4.6 Řídicí systém kotelny SCO

System Control SCO k řízení parních kotlových zařízení

Řídicí systém kotelny SCO slučuje řízení parních kotlů a/nebo horkovodních kotlů, jakož i řízení jednotlivých modulů do jednoho nadřazeného řídicího systému a otevírá celou řadu nových možností. Komunikace mezi jednotlivými kotlovými regulacemi BCO, možnými dalšími řízeními a SCO probíhá přes výkonný sběrníkový systém. Náročné práce s hardwarovým propojením kabeláží a oddělením signálů jsou tak přebytečné. Napojení na nadřazené vizualizační a řídicí systémy může probíhat přes různé protokoly řídicí techniky, jako např. Profibus, Modbus TCP/IP a BACnet. Volitelné vzdálené připojení přes MEC Remote umožňuje vzdálený monitoring zařízení.

Konstrukce

Výkonné řízení s programovatelnou pamětí s obslužným monitorem v provedení jako TFT barevný displej s citlivým dotykovým povrchem.

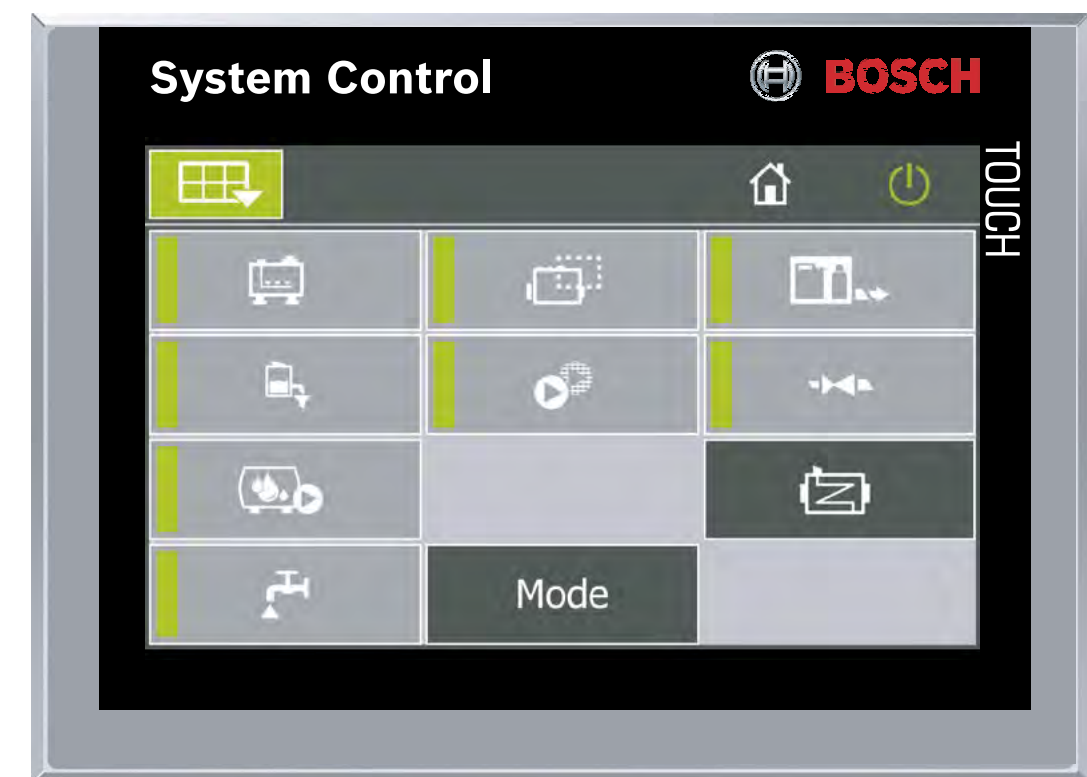
Vybavení

- Kaskádové řízení vícekotlových zařízení
- Integrace analýz vody
- Integrace odplyňovacích zařízení
- Integrace zařízení na kondenzát
- Napojení monitoringu cizích látek
- Napojení napájecích zařízení oleje
- Nejrůznější tlakové a teplotní regulace
- Řízení záložních čerpadel s automatickým přepínáním pro více kotlů

Přehled výhod

- Jednoduché napojení na nadřazené vizualizační a řídicí systémy
- Integrované funkce monitoringu a ochranné funkce před chybnou obsluhou
- Rozsáhlé ukládání provozních parametrů a provozních hlášení
- Napojení na MEC Remote možné: přes volitelný VPN router je možný přístup do provozních parametrů a provozních hlášení
- Intuitivní obsluha používáním grafických symbolů a znázornění na dotykových displejích

→ Produkty - Kapitola 6.4: MEC Optimize, str. 377



Obr. 115 Řídicí systém kotelny SCO nad rámec jednotlivých komponentů – příklad zobrazení na displeji

Water Control WCO k řízení modulu tepelné úpravy vody

Obzvláště cenově příznivé řízení pro modul úpravy vody poskytuje všechny základní funkce k řízení zařízení pro plné či částečné odplynění.

Konstrukce

Řízení s programovatelnou pamětí disponuje jednoduše ovladatelným textovým a grafickým displejem s klávesovou obsluhou. Je integrováno do rozvaděče řízení a pevně namontováno na modul úpravy vody s kompletní kabeláží k senzorům a ovladačům.

Vybavení základních funkcí

- Regulace tlaku a teploty odplyňováku
- Regulace hladiny odplyňováku (vícestupňová nebo plynulá, včetně ochrany proti chodu nasucho a funkce vysoké vody)
- Zobrazení křivek naměřených hodnot (tlaku, resp. teploty, hladiny)

Volitelné vybavení

- Regulace teploty zásobníku odpadní vody, expandéru a chladicího zásobníku BEM
- Monitoring rozstříkovacího tlaku pro zařízení s tryskovým odplyňováním
- Zobrazení teplot zásobníku napájecí vody
- Aktivace brýdové armatury k zabránění ztrátám brýdových par v pohotovostním provozním režimu standby

Přehled výhod

- Atraktivní poměr ceny a výkonu k řízení celého modulu tepelné úpravy vody
- Jednoduchá obsluha přes textový a grafický displej s klávesovou obsluhou
- Přenos dat přes ethernet nebo přes sběrnici Profibus DP

Master Energy Control MEC Remote pro vzdálený přístup

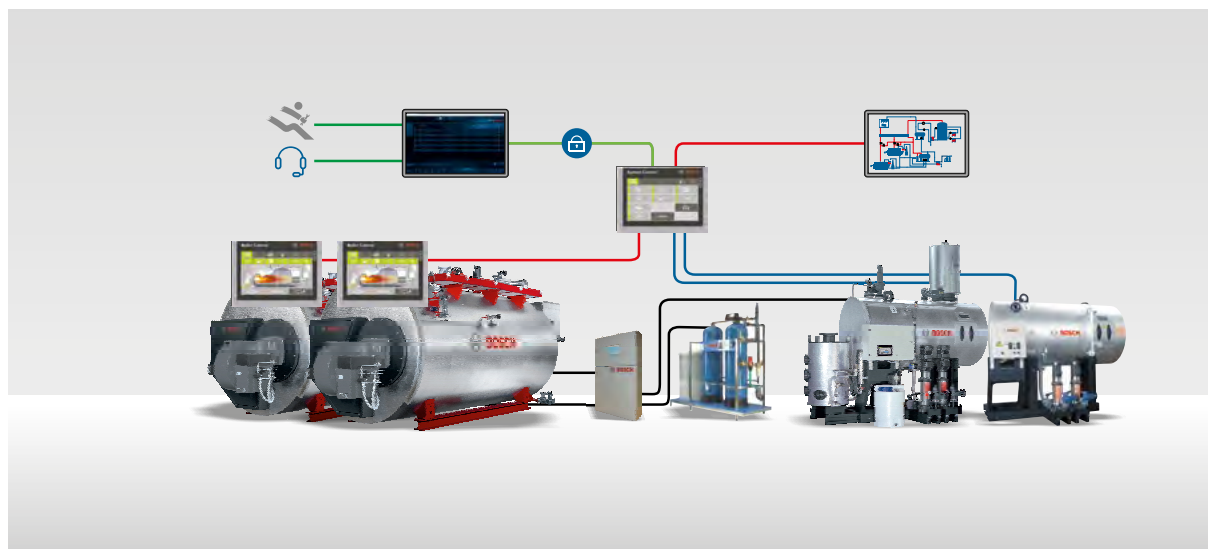
Systém vzdáleného přístupu Bosch MEC Remote (Master Energy Control) nahrazuje dosavadní Teleservis pro průmyslové kotle. Ten poskytoval Bosch-Industrieservice přímý přístup do kotlových zařízení pro účely podpory.

Nový MEC Remote nyní umožňuje i provozovatelům, aby svá zařízení monitorovali přes všechna běžná koncová zařízení s připojením k internetu – pohodlně a bezpečně z dálky.

MEC Remote je tak ideálním řešením pro provozy:

- v nichž nemůže být personál obsluhy stále přítomen přímo v místě
- s vícekotlovým zařízením s povinným dohledem
- s pohotovostní službou o víkendech

Kotlová řízení Bosch jsou kompatibilní se všemi běžně dostupnými systémy řídicí techniky. MEC Remote může být používán i u zařízení bez napojení na řídicí techniku.



Obr. 116 MEC Remote – dálkový přístup monitorování a vizualizaci dat zařízení

Díky přehledné mapě je možné současně monitorovat i více zařízení po celém světě. Na přání je provozovatel o nápadných změnách na zařízení a poruchách automaticky informován přes SMSmodul krátkou zprávou na mobilní telefon. To značně redukuje náklady na monitoring pro zařízení s vysokými nároky na spolehlivost (např. v nepřetržitém provozu).

Další výhodou pro provozovatele je volitelná dálková podpora ze strany Bosch-Industrieservice.

Odborníci firmy Bosch mohou přímo přes systém dálkové údržby provádět rozšířenou parametrizaci, programování (SPS) a analýzy chyb. Při výpadku komponentů mohou odborníci ze servisu již díky dálkové analýze ohraničit příčinu a vyjždět k servisu zařízení s odpovídajícím vybavením. Prostoje kotlového zařízení a náklady na servis tak mohou být redukovány na minimum.

Jedním z nejdůležitějších požadavků na dálkové připojení je jeho maximální bezpečnost. To zajišťuje promyšlený koncept rolí, který řídí přístupová oprávnění, jakož i schválené zásahy do regulace. Dálkový přístup sám disponuje víceúrovňovou bezpečnostní koncepcí. Datové připojení směrem ven může být kdykoliv v kotelně hardwarově zapnuto/ vypnuto prostřednictvím klíče.

Přídavně k loginu s uživatelským jménem a heslem přes šifrovaný přenos dat (https) dochází k nasazení procesu mobilních PINů (TAN). Stejně jako u online-bankovníctví jsou přístupová data odesílána na mobilní telefon provozovatele. Zaznamenávaná provozní data průmyslových kotlů nejsou ukládána v úložišti Cloud, nýbrž výhradně lokálně na zařízení. Pro vzdálený přístup MEC Remote byly vytvořeny bezpečnostní koncepty firmy ESCRYPT GmbH. Pravidelný bezpečnostní audit je prováděn firmou Cirosec GmbH.



Obr. 117 Rozvaděče řídicího systému kotelny SCO a MEC System

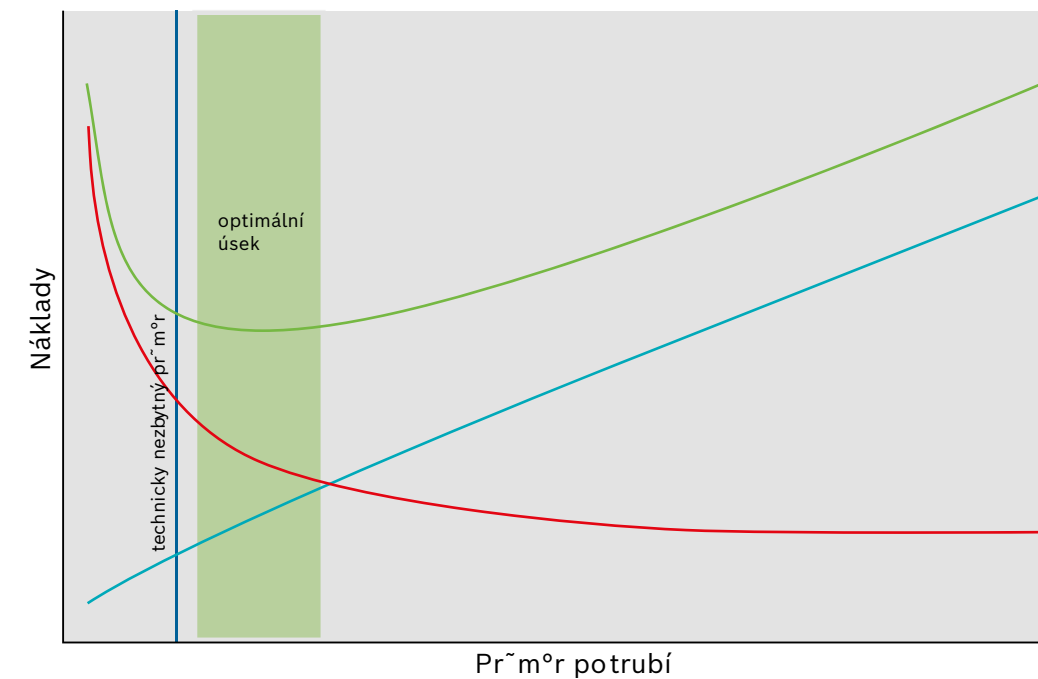


5 Periférie

5.1 Potrubí

U instalací potrubních systémů se používají pojmy jmenovitá světlost (DN) a jmenovitý tlak (PN) potrubí jako charakteristické znaky pro to, aby k sobě byly definovány pasující díly jako například přírubové spoje. Jmenovitá světlost a jmenovitý tlak jsou vždy normované.

Dimenzování potrubí, tedy stanovení jmenovité světlosti a jmenovitého tlaku pro potrubí a armatury je přitom vždy otázkou zvážení technicky nezbytných požadavků, jako např. udržování co nejnižších tlakových nebo tepelných ztrát vůči nezbytným investičním a provozním nákladům. Přitom vznikne pro každé potrubí a každé zařízení různé optimum celkových nákladů s ohledem na investiční a provozní náklady. Díky většinou plochému průběhu křivek v oblasti minima celkových nákladů jsou často v optimálním úseku dvě jmenovité světlosti.



Obr. 118 Vzorový schematický průběh nákladů u dimenzování potrubních vedení

- Celkové náklady
- Provozní náklady
- Investiční náklady

Pro dimenzování potrubí musí být dodrženy následující kroky:

- stanovení jmen. světl.
- stanovení jmen. tlaku
- volba materiálu
- stanovení vzdál. podpěr
- respektovat tepel. roztažnost
- respektovat při montáži zvláštnosti média



Protože je však třeba k detailnímu posouzení zvážit mnoho jednotlivých specifických parametrů zařízení, technických a obchodních parametrů, jsou potrubní vedení většinou ze zkušeností dimenzována dle ekonomicky smysluplných a technicky nezbytných hodnot pro přípustnou rychlost proudění. V závislosti na médiu a použití se orientační hodnoty v mnoha zařízeních osvědčily jako konformní s praxí.

Médium	Oblast aplikace	Orientační rychlost
Pára	0 ... 1 bar	20 ... 25 m/s
	1 ... 40 bar	30 ... 40 m/s
Voda	sací potrubí	0,4 (0,25 ... 0,6) m/s
	tlakové potrubí	2 (1,5 ... 3) m/s
Kondenzát	podíl páry	15 m/s
	podíl vody	2 m/s
Spaliny		16,5 m/s
Olej	lehký olej strana sání	0,5 m/s
	lehký olej tlaková strana	1 m/s
	těžký olej strana sání	0,3 m/s
	těžký olej tlaková strana	0,5 m/s
Zemní plyn	Žádné stanovené standardy (dimenzování přes ztrátu tlaku)	

Tab. 18 Obvyklé rychlosti (orientační rychlosti) k účelům dimenzování potrubí

Stanovení jmenovité světlosti DN

Jmenovité světlosti následující tabulky nemají žádnou jednotku. Odpovídají pouze přibližně vnitřnímu průměru potrubí v mm. Je to podmíněno výrobou, neboť nástroje na výrobu potrubí jsou stanovovány přes vnější průměr a proto světlý průměr dle tloušťky stěny kolísá. Pro hrubý návrh většinou stačí použít jako veličinu vnitřního průměru pro výpočet jmenovitý průměr.

Jmenovitá světlost	Vnější průměr d ₁ [mm]	Jmenovitá světlost	Vnější průměr d ₁ [mm]
6	10,2	250	273,0
8	13,5	300	323,9
10	17,2	350	355,6
15	21,3	400	406,4
20	26,9	450	457,0
25	33,7	500	508,0
32	42,4	600	610,0
40	48,3	700	711,0
50	60,3	800	813,0
65	76,1	900	914,0
80	88,9	1 000	1 016,0
100	114,3	1 200	1 219,0
125	139,7	1 400	1 422,0
150	168,3	1 600	1 626,0
200	219,1		

Tab. 19 Průměr potrubí (EN 10255:2004+A1:2007, EN 1092-1:2013-04, tabulka A.1)

Potřebná jmenovitá světlost může být vypočtena následovně:

$$DN \geq \sqrt{\frac{\dot{V} \cdot 4}{\pi \cdot u}} = \sqrt{\frac{\dot{m} \cdot 4}{\pi \cdot \rho \cdot u}}$$

F20. Přizpůsobení výpočtu potřebné jmenovité světlosti

- DN
- jmenovitá šíře potrubí [mm]
- $\dot{V}$
- objemový proud [m³/s]
- $\dot{m}$
- hmotnostní proud [kg/h]
- ρ
- hustota [kg/m³]
- u
- orientační rychlost dle tabulky [m/s]

$$\sqrt{\frac{\frac{500 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \cdot 4}{\pi \cdot 10,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}} = 42 \text{ mm} \leq \text{DN } 50$$

B9. Příklad výpočtu ke zjišťování potřebné jmenovité světlosti

Pro optimalizaci jmenovitých světlostí dimenzovaných pouze dle přípustné orientační rychlosti může být v jednotlivých případech smysluplné např. u obzvláště dlouhých potrubí provést za pomoci speciálních programů následný výpočet a optimalizaci jmenovité světlosti potrubí.



Stanovení jmenovitého tlaku PN

Jmenovitý tlak je normovaný tlakový stupeň pro potrubí a armatury. Představuje veličinu pro mechanické a rozměrové vlastnosti daného dílu/ prvku. Konstrukční prvky stejné jmenovité světlosti a se stejným jmenovitým tlakem se k sobě vzájemně hodí. Jmenovitý tlak odpovídá maximálnímu přípustnému přetlaku [bar] při referenční teplotě 20 °C.

Maximální přípustný přetlak konstrukčního prvku však vedle materiálu závisí především také na teplotě. Při vyšších teplotách klesá maximální přípustný přetlak pod jmenovitý tlak. Potrubní vedení nebo armatury pak nesmí být provozovány na jmenovitém tlaku.

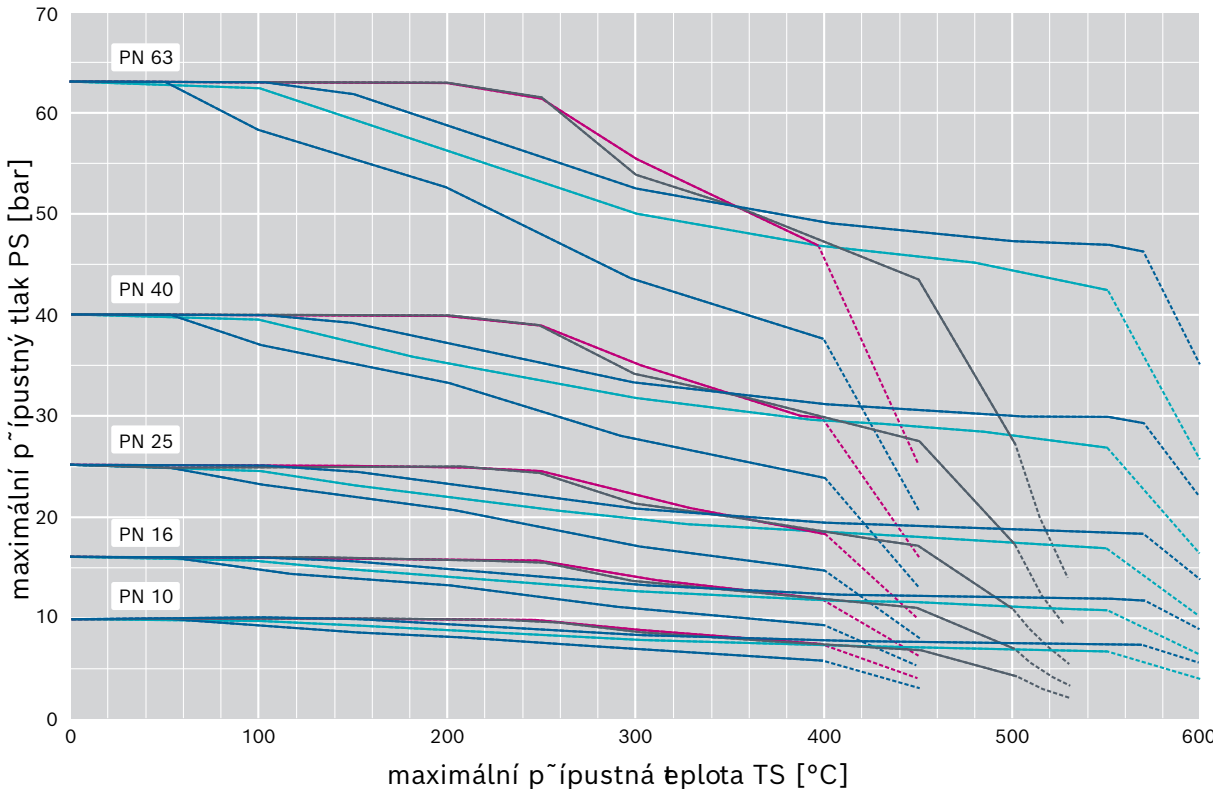
Přiřazení tlaku a teploty u přírub probíhá dle skupin materiálů. V oblasti parních kotlů jsou běžné následující materiály a skupiny:

Skupina materiálu	Druh materiálu	Mat. číslo	Materiál
3E0	Nelegované oceli s garantovanými pevnostními vlastnostmi při zvýšených teplotách	1.0352	P245GH
3E1	Nelegované oceli se stanovenými vlastnostmi ≤ 400 °C, horní mez průtažnosti > 265 N/mm ²	1.0460	P250GH
4E0	Nízkolegované oceli s 0,3 % molybdenu	1.0426	P280GH
12E0	Standardní obsah uhlíku, stabilizované Ti resp. Nb	1.4541	X6CrNiTi18-10
		1.4550	X6CrNiNb18-10
		1.4941	X6CrNiTiB18-10
15E0	Standardní obsah uhlíku, legované molybdenem, stabilizované Ti resp. Nb	1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2
		1.4580	X6CrNiMoNb17-12-2

Tab. 20 Skupiny materiálů dle EN 1092-1:2013-04 tabulky 9, G.2.2, G.3.2, tabulky D.1

Následující diagram zobrazuje průběhy tlaku a teploty pro různé jmenovité tlakové stupně. Prosíme, respektujte zde pokyn z kapitoly Tools – Přiřazení tlaku – teploty, v němž se nachází tabulky k diagramu.

→ Nástroje – Kapitola 5.4.2: Přiřazení tlaku – teploty, strana 414



Obr. 119 Přiřazení tlaku – teploty pro příruby dle EN 1092-1

- 3E0
- 3E1
- 4E0
- 12E0
- 15E0

Stanovení materiálu

Následující tabulka uvádí pouze minimální požadavky na výběr materiálu. Při mimořádných podmínkách instalace, zákaznických požadavcích nebo národních či místních předpisech mohou být použity i odlišné materiály.

U všech přívodních a odtokových potrubí parního kotle v oblasti kondenzátu a přídavné vody je třeba se vyhnout materiálům potrubí s obsahem mědi.





Oblast použití	Materiál potrubí
Parní potrubí	ocel nebo nerezová ocel s přejímacím atestem
Potrubí napájecí vody	ocel
Odfuk pojistného ventilu	ocel
Odvzdušňovací a odvodňovací potrubí	ocel
Odvodnění sedla ventilu (bezpečnostní ventily)	měď nebo nerezová ocel
Změkčená voda	plast (studený) nebo nerez (po zahřátí)
Voda z osmózy	nerezová ocel

Tab. 21 Minimální požadavky na volbu materiálu

Stanovení vzdálenosti podpěrných prvků

Dostatečným počtem a správným provedením držáků a závěsů musí být zajištěno, aby se potrubí tíhou (vlastní hmotnosti, obsahu, armatur a izolace) a jinými působeními sil (např. na ohybech) nepřípustně nedeformovala.

Požadavky na potrubní držáky jsou vysvětleny v EN 13480-3.

Potrubí a příruby pro vodu a páru

DN	ØA	PN 40 S	Max. opěr. vzdál L1 ¹⁾
10	17,2	2,0	–
15	21,3	2,0	–
20	26,9	2,3	–
25	33,7	2,6	2,9
32	42,4	2,6	3,2
40	48,3	2,6	3,5
50	60,3	2,9	3,9
65	76,1	2,9	4,7
80	88,9	3,2	5,4
100	114,3	3,6	6,2
125	139,7	4,0	6,9
150	168,3	4,5	7,5
200	219,1	6,3	8,6
250	273	7,1	9,7
300	323,9	8,0	10,6
350	355,6	8,8	11,1
400	406,4	11,0	11,8
500	508	14,2	12,5
600	610	16,0	13,2

Tab. 22 Opěrná vzdálenost potrubí (rozestup od držáku k držáku/ závěsu k závěsu)

1) Požadavky na opěrnou vzdálenost L1:
– Dle EN 13480-3:2014 – naplněné vodou, tloušťka izolace 80 mm
– S doplněním interpolací
– L1 omezení prohnutí, do DN 50 = 3 mm prohnutí, od DN 65 = 5 mm prohnutí
– Detaily viz EN 13480-3

Tepelná roztažnost

Při ohřívání pevných látek se tyto látky roztahují a při zchlazení opět stahují.

Tento efekt musí být na mnoha místech parního kotlového zařízení zohledněn, zejména na místech, na nichž se mohou v provozu vyskytnout vysoké teploty.

Například zde musí být pro plánování a instalaci uvedené následující body:



Místo	Nasazení čeho ... k absorbování roztažnosti
Potrubí • Pára • Spaliny • Odluh/ odkal • ...	kompenzátory potrubí • kompenzační rameno (L-rameno) • kompenzační kolena • tvarovky U (u dlouhých, rovných vedení) • kluzná ložiska
Kotel a zásobník	kluzná ložiska na patkách a základním rámu kompenzátory a kompenzační rameno u přívodních a odtokových potrubí

Tab. 23 Poloha a druh opatření k absorbování teplotních roztažností

K výpočtu lineární tepelné roztažnosti může být použita následující rovnice:

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad \text{bzw.} \quad \frac{\Delta l}{l} = \alpha \cdot \Delta T$$



F21. Rovnice pro výpočet lineární tepelné roztažnosti

Δl	Lineární tepelná roztažnost [mm]
l	Délka [mm]
α	Koeficient roztažnosti [mm/m]
ΔT	Teplotní rozdíl [K]

Koeficient roztažnosti různých ocelí

Nízkolegovaná ocel (feritická):
 $\alpha \approx 1 \dots 1,3 \text{ [mm/m} \cdot 100\text{K]} = 10 \dots 13 \cdot 10^{-6} \text{ [1/K]}$

Nerezové oceli (austenitické):
 $\alpha \approx 1 \dots 1,8 \text{ [mm/m} \cdot 100\text{K]} = 10 \dots 18 \cdot 10^{-6} \text{ [1/K]}$

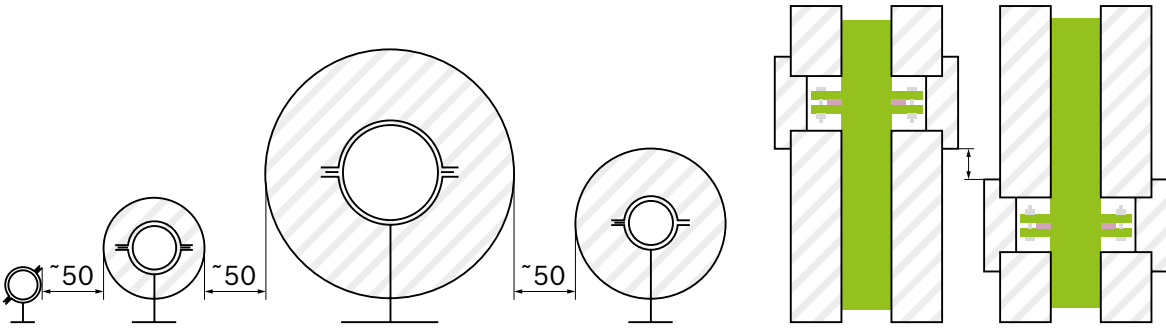


Potřebné délky kompenzačních ramen k absorpci tepelné roztažnosti musí být zjištěny dle všeobecně uznávaných pravidel techniky.

Minimální rozestup od staveb a sousedních potrubí

Pro montáž potrubních vedení a izolací, jakož i k účelům údržby by měl být dodržen meziprostor minimálně 50 ... 100 mm. Často používaná technická norma pro izolační práce DIN 4140 doporučuje minimální rozestup 100 mm.

K minimalizaci rozestupů by měly být přírubové spoje na potrubních mostech namontovány přesazeně.



Obr. 120 Funkční rozestupy potrubních vedení na potrubních mostech a přesazené uspořádání přírubových spojů

5.2 Parní potrubí

Parní rázy a rázy kondenzátu

Pokud nejsou parní potrubí nebo zařízení jako tepelné výměníky dostatečně odvodňovány, mohou vznikat značné škody parními rázy.

Pokud přehřátá pára nebo horký kondenzát narazí na studenou vodu, rázově praskají velké bubliny páry. Díky implozi proudem dotéká voda, která na sebe naráží a způsobuje vysoké tlakové špičky.

Parní rázy jsou způsobovány především nedostatečným odvodem kondenzátu, neúčelnou izolací nebo defektními zařízeními a chybnou obsluhou.



Odvodnění

Díky tepelné ztrátě potrubí vzniká v potrubí syté páry kondenzát, který musí být sbírán a odváděn. Ve směru proudění by proto měl být naplánován lehký spád 5 ... 10 mm na m délky potrubí, tedy 0,5 ... 1 %, aby mohl kondenzát téci k odvodňovacímu hrdlu.

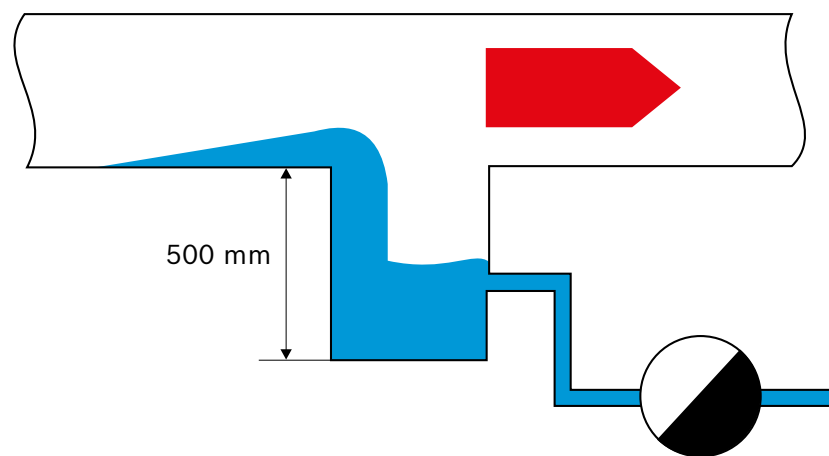
Odvodňovací potrubí jsou pak instalována následovně:

- V rovných potrubích pravidelně každých 30 ... 50 m
- Před každým bodem zahlcení (např. armatury nebo kolmé úseky potrubí)

Musí být možno bezpečně jímat a sbírat kondenzát z potrubí, aby mohl být efektivně odveden odváděčem kondenzátu. Až do jmenovité světlosti DN 100 by měla být odvodňovací hrdla provedena ve stejné jmenovité světlosti jako parní potrubí, aby bylo možno sbírat i kondenzát vznikající při najíždění. U větších jmenovitých světlostí pak může být sběrné hrdlo v provedení menším než jmenovitá světlost parního potrubí. Sběrná hrdla by měla přitom mít délku zhruba 500 mm a odvod kondenzátu by měl být umístěn bočně, aby nečistoty negativně neovlivňovaly funkčnost odváděče kondenzátu. Obecně by neměl být kondenzát odváděn do volného prostoru, neboť obsah tepla je značný, nýbrž by měl být přes sběrné potrubí dopravován do zásobníku napájecí vody, kde může být znovu použit.

Odváděné množství kondenzátu je přes entalpii odparu navázáno na tepelnou ztrátu potrubí, armatur a ostatních vestavěných prvků pro daný úsek potrubí. Odhad množství kondenzátu může proběhnout na základě rovnic v kapitole Plánování – Tepelné ztráty v parních potrubích.

→ Plánování – Kapitola 3.1: Zjišťování spotřeby, strana 36



Obr. 121 Odvodňovací hrdlo

5.3 Vodní potrubí

Tlaková potrubí

Pro tlaková potrubí často není třeba zohlednit žádné zvláštní požadavky. Kromě toho může být pro krátká potrubí akceptována i rychlost proudění $\leq 5 \text{ m/s}$, pokud může být nebezpečí vodních rázů vyloučeno jinými opatřeními.

Vodní rázy

Vodní rázy nastávají především při zavírání armatur v potrubích vedoucích kapalinu. Zabržděním pohybujícího se vodního sloupce a nízkou stlačitelností kapalin dochází k tlakovým špičkám takzvaným Žukovského vodním rázům.

Silné rázy vody mohou být zmírněny resp. vyloučeny zvýšením času zavírání ventilů a snížením rychlosti proudění.

Pokud jsou používány elektrické servopohony (čas zavírání běžně $> 30 \text{ sekund}$) a doporučené rychlosti v potrubí ($\rightarrow$ tab. 18, strana 216) jsou dodrženy, nevznikají žádné nepřipustné tlakové špičky vodními rázy.

Sací potrubí

Jako sací potrubí jsou označována potrubí na vstupní straně čerpadel. Zde je třeba dbát především na malou tlakovou ztrátu, aby bylo zabráněno možným kavitacím na čerpadle. To platí zejména pro potrubí, v nichž je přepravována horká voda těsně pod hranicí varu (např. voda ze zásobníků napájecí vody nebo zásobníků kondenzátu). Tato potrubí jsou dimenzována s nízkou rychlostí proudění a udržována pokud možno krátká (několik málo metrů), aby byly tlakové ztráty udržovány nízké.

Kavitace

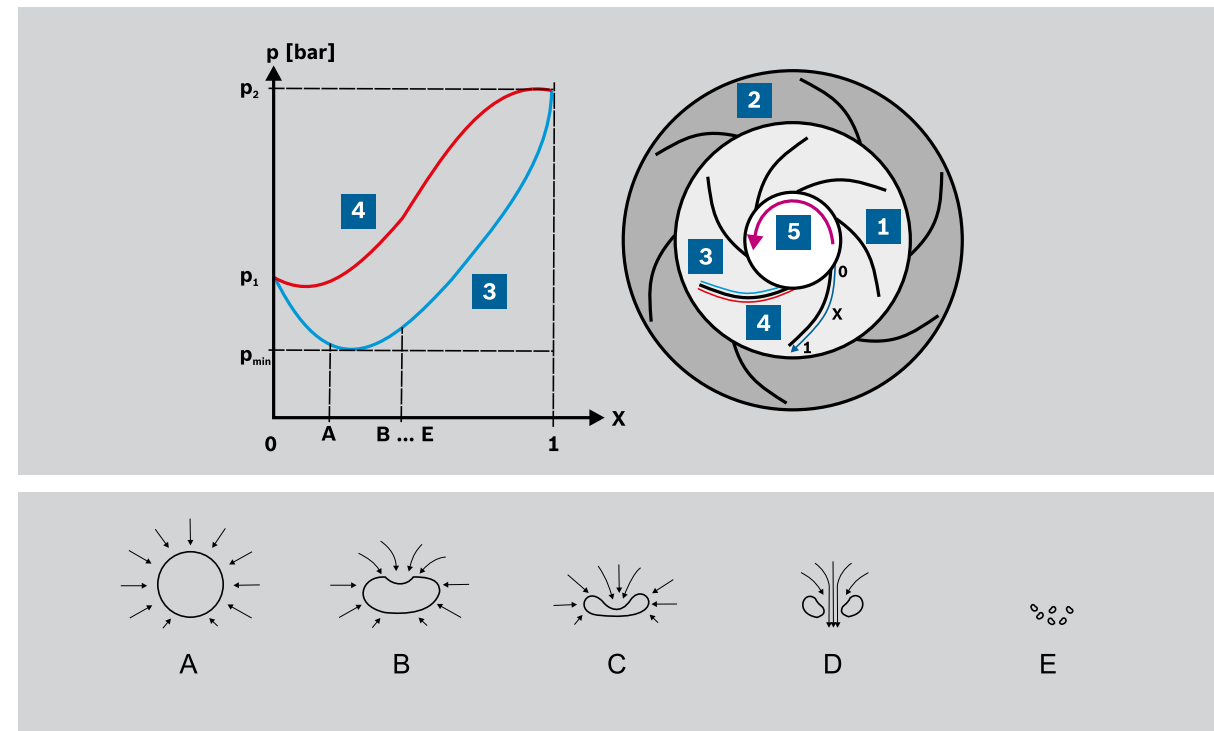
Kavitace (lat. cavitare „vyhloubit dutinu“) vzniká tvorbou a praskáním malých bublin páry v kapalinách.

Bubliny páry přitom vznikají na místech nízkého statického tlaku, která se vyskytují například na zadní straně oběžných kol čerpadel v odstředivých čerpadlech. Pokud statický tlak podkročí tlak páry kapaliny, tvoří se bubliny, které krátce nato implodují.

Při implozi vzniká paprsek vody, který velmi vysokými rychlostmi narazí na lopatku čerpadla. Díky vysokému namáhání tlakem se nejprve zhuťní materiál, což nakonec vede k odprýskávání ve tvaru kráterů, které se zařítají stále dál do lopatky, dokud není zcela zničená.

Takzvaná hodnota NPSH (Net Positive Suction Head) odstředivého čerpadla uvádí potřebnou přítokovou výšku vroucí vody, při které ještě nedochází ke kavitaci na oběžných kolech. Napájecí čerpadla průmyslových parních kotlů jsou zpravidla vybavována „Low-NPSH“ čerpadly, která potřebují v pracovním rozsahu přítokovou výšku zhruba $0,4 \dots 1,2 \text{ m}$.

Kromě toho by mělo být pro každé čerpadlo využíváno vlastní potrubí, aby bylo zabráněno vzájemnému ovlivňování.



Obr. 122 Kavitace – proudění podél lopatek čerpadla a kolabování bublin plynu

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 Oběžné kolo | 4 Tlaková strana oběžného kola |
| 2 Rozváděcí kolo | 5 Směr otáčení |
| 3 Sací strana oběžného kola | |
| A Jednotlivá bublina | D Mikropaprsek |
| B Počínající zploštění | E Zkolabovaná bublina plynu |
| C Kolabující plynová bublina | |



5.4 Potrubí kondenzátu

Potrubí

Doporučuje se pokládat potrubí kondenzátu se sklonem minimálně 1 % ve směru proudění, aby mohl kapalný kondenzát bez problému odtékat a tepelný výměník a potrubí mohly být vyprázdněny. To zjednodušuje proces najíždění tepelných výměníků a snižuje nebezpečí koroze.

Zejména je třeba zabránit vodním kapsám, neboť ty by mohly vést k parním rázům, zejména při najíždění tepelných výměníků.

Vertikální úseky potrubí kondenzátu jsou možné. Přídavně k hydrostatické tlakové ztrátě zde musí být také zohledněny zvýšené tlakové ztráty proudění. Horizontální úseky musí být nadále opatřeny sklonem a v nejhlubších bodech musí být naplánováno vhodné vypouštění za studena, resp. odvodnění při najíždění.

Protože kondenzát obvykle nevzniká v dostatečné výšce nad zásobníkem napájecí vody, měl by se sbírat v zásobnících kondenzátu a přes čerpadla/ sání kondenzátu být odváděn zpět.

Dimenzování

S potrubími kondenzátu v každém případě není možno zacházet jako s potrubími vody. Díky silnému nárůstu objemu při odvodňujícím odpařování musí být při dimenzování zohledněn jak podíl páry, tak i podíl vody.

Pokud je silně podkročena potřebná průtočná plocha, může dojít vysokými rychlostmi proudění k erozi kapek na armaturách a trubkových kolenech.

Potřebné plochy pro podíl páry a podíl vody vyplynou z odpovídajících hustot, hmotnostních proudů a orientačních rychlostí.

Eroze kapek

Jako eroze kapek nebo narážení kapek se označuje erozní opotřebení prostřednictvím kapiček kapaliny. Eroze kapek je mikroskopický vodní ráz.

Tento efekt nastává, když kapky dopadají na povrch vysokou rychlostí. Ačkoliv je voda coby kapalina zdánlivě „měkká“, mají kapky z důvodu nestlačitelnosti kapaliny, vysokého impulsu a setrvačnosti hmoty abrazivní a erozivní účinek. To vede při trvalém působení k opotřebení povrchu.



$$A_{\text{erf,D}} = \frac{\dot{m}_{\text{Ko}} \cdot x_{\text{ED}}}{\rho'' \cdot u_{\text{Ko,D}}}$$
$$A_{\text{erf,W}} = \frac{\dot{m}_{\text{Ko}} \cdot (1 - x_{\text{ED}})}{\rho' \cdot u_{\text{Ko,W}}}$$



F22. Rovnice pro výpočet potřebné průtočné plochy potrubí

Rozloženo na průměr to znamená:

$$DN \geq \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot A_{\text{erf}}}$$
$$DN = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \dot{m}_{\text{Ko}} \cdot \left(\frac{x_{\text{ED}}}{\rho'' \cdot u_{\text{zul,D}}} + \frac{(1 - x_{\text{ED}})}{\rho' \cdot u_{\text{zul,W}}} \right)}$$



F23. Rovnice pro výpočet potřebné jmenovité světlosti potrubí

DN	jmenovitá světlost potrubí
$\dot{m}_{\text{Ko}}$	hmotnostní proud kondenzátu [kg/s]
x_{ED}	podíl expandované páry při expanzi na tlak zásobníku [kg/kg]
ρ''	hustota syté páry při tlaku v zásobníku [kg/m³]
ρ'	hustota vroucí vody při tlaku v zásobníku [kg/m³]
$u_{\text{Ko,D}}$	orientační rychlost parní části [15 m/s]
$u_{\text{Ko,W}}$	orientační rychlost vodní části [2 m/s]
A_{erf}	potřebná průtočná plocha potrubí [m²]
$A_{\text{erf,D}}$	potřebná průtočná plocha potrubí parní části
$A_{\text{erf,W}}$	potřebná průtočná plocha potrubí vodní části

Příklad:

$T_{\text{Ko}} = 130 \text{ °C}$	Teplota kondenzátu před expanzí
$p_{\text{Ko-Behälter}} = 0,2 \text{ bar}$	Tlak po expanzi (tlak v zásobníku)
$x_{\text{ED}} = 5,0 \text{ %}$	Zjištěný podíl expandované páry
$\dot{m}_{\text{Ko}} = 1\,000 \text{ kg/h}$	Hmotnostní proud kondenzátu

→ Nástroje – kapitola 4.2.2: Expandovaná pára, strana 408

$$A_{\text{erf,D}} = \frac{2\,000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 5,0 \text{ %}}{1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} \cdot \left(\frac{1\,000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \right)^2 = 1852 \text{ mm}^2$$
$$A_{\text{erf,W}} = \frac{2\,000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot (1 - 5,0 \text{ %})}{100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} \cdot \left(\frac{1\,000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \right)^2 = 2639 \text{ mm}^2$$



B10. Příklad výpočtu ke zjištění potřebné průtočné plochy potrubí

$$DN \geq \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot (1\,852 + 2\,639) \text{ mm}^2} = 75,6$$

→ DN 80



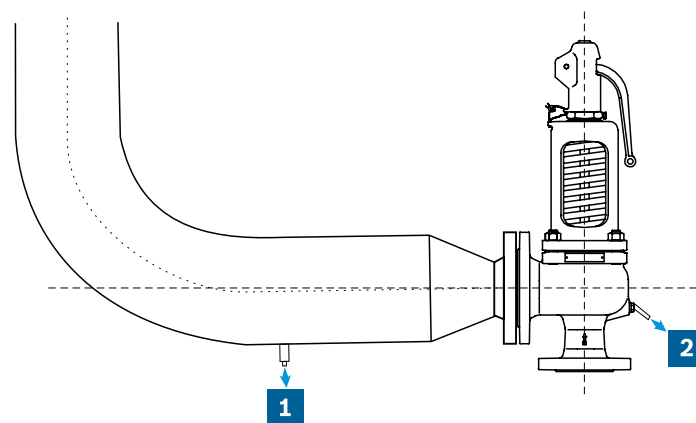
B11. Příklad výpočtu ke zjištění potřebné jmenovité světlosti potrubí

5.5 Potrubí odfuku pojistného ventilu

5.5.1 Potrubí odfuku v oblasti páry

Při instalaci potrubí odfuku pojistného ventilu páry musí být respektována následující kritéria:

- Potrubí odfuku musí být dimenzováno tak, aby nebyl při odfuku překročen vlastní protitlak 10 % spouštěcího tlaku.
- Až do délky potrubí 10 m a maximálně 5 kolen: o 2 DN větší než výstupní jmenovitá světlost pojistného ventilu.
- U delších potrubí nebo většího množství kolen se doporučuje detailní výpočet tlakové ztráty potrubí.
- Na výstupu ventilu musí být nejprve namontován kus trubky se sklonem ($\geq 0,5\%$) tak, aby vznikl v potrubí odfuku nejnížší bod, který bude odvodňován neuzavíratelným zařízením.
- Pokud je v sedle pojistného ventilu odvodňovací vrtání, mělo by být provedeno přídavné odvodnění.
- Potrubí odfuku musí být oddělené od ostatních potrubí (např. od vzdušňovacího, expanzního, odfuku potrubí pojistných ventilů) a zajištěné proti zámru.
- Musí být zabráněno ucpání odvodnění nečistotou nebo cizími tělesy.
- Musí být zajištěn bezpečný výstup kondenzátu.
- Potrubí odfuku musí být položeno a připevněno tak, aby byly smykové, ohýbací a torzní síly v bezpečné vzdálenosti od pojistného ventilu (např. podpěrami, odpruženými závěsy). Musí být zohledněny reakční síly při odfuku.
- Potrubí odfuku musí mít vyústění bez nebezpečí pro své okolí.



Obr. 123 Odvodnění potrubí odfuku a pojistného ventilu

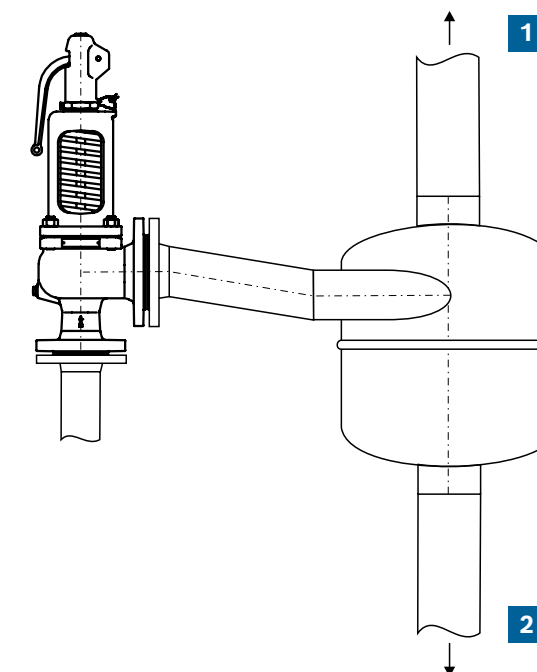
- 1 Odvodnění potrubí odfuku pojistného ventilu
- 2 Odvodnění sedla pojistného ventilu

Funkčnost pojistného ventilu a potrubí odfuku je testována při přejímce parního kotle přímo v místě autorizovaným kontrolním úřadem většinou při plném výkonu spalovacího zařízení v reálném provozu.

5.5.2 Potrubí odfuku v oblasti kapaliny

Při instalaci potrubí odfuku pojistného ventilu pro kapaliny musí být respektována následující kritéria:

- Potrubí odfuku pojistného ventilu, které je připojené k vodnímu prostoru, musí být opatřeno uvolňovací nádobou.
- Systém strany odfuku pojistného ventilu musí být dimenzován tak, aby při odfuku nebyl překročen vlastní protitlak 10 % aktivačního tlaku.
- Potrubí mezi výstupem pojistného ventilu a odlučovačem a uvolňovací nádobou musí být provedeno se sklonem ($\geq 0,5\%$).
- Pokud je k dispozici odvodňovací vrtání na sedle pojistného ventilu, mělo by být provedeno přídavné odvodnění.
- Přitom musí být odvodňovací potrubí provedeno bez přiškrcení a se sklonem.
- Musí být zabráněno ucpání odvodnění nečistotou a cizími tělesy.
- Vznikající kondenzát v uvolňovací nádobě musí být bezpečně odveden a zchlazen.
- Potrubí mezi výstupem pojistného ventilu a uvolňovací nádobou musí být položeno a fixováno tak, aby byly smykové, ohýbací a torzní síly udržovány v bezpečné vzdálenosti od pojistného ventilu (např. podpěrami, odpruženými závěsy). Musí být zohledněny reakční síly při odfuku.
- Při odfuku vznikají vysoké teploty, rychlosti proudění a hluk z proudění. Potrubí odfuku na uvolňovací nádobě proto musí ústít do volného prostoru, aby tak nemohla vzniknout žádná nebezpečí.
- Potrubí odfuku na uvolňovací nádobě musí být odděleno od ostatních potrubí (např. od vzdušňovacího, expanzního, vyfukovacích vedení bezpečnostních ventilů) a zajištěna proti zámru



Obr. 124 Pojistný ventil s uvolňovací nádobou

- 1 Potrubí odfuku bezpečně nad střechu
- 2 Odvodňovací potrubí bezpečně odvést a zchlazit



5.6 Spalinový systém

Zařízení na odvod spalin začíná na výstupu z kotle a má za úkol spaliny vzniklé při spalování bezpečně odvést do okolního prostředí. K tomu patří spalinové cesty uvnitř a vně prostoru kotle, komín a případné vestavěné prvky jako kompenzátory, tlumiče nebo kouřové klapky.

Všechny komponenty spalovacího zařízení počínaje hořákem a příslušným ventilátorem přes kotel, ekonomizér, spalinové cesty, tlumiče až po komín, musí být na sebe vzájemně pečlivě odladěny. Teprve pak je ve všech provozních stavech a trvale zaručen bezvadný provoz. Chybějící odladění nebo chybné provedení jednotlivých komponentů vedou v celém systému k vibracím, hlukům, zvýšeným emisím nebo nestabilnímu spalování.

Spalinový systém musí být dimenzován způsobem odpovídajícím národním a místním předpisům, stejně jako příslušným normám.

Všeobecné požadavky na zařízení na odvod spalin a na budovy jsou stanoveny v DIN EN 1443. Provedení zařízení na odvod spalin musí odpovídat místnímu platnému stavebnímu právu, jakož i DIN V 18160.

Pro volně stojící komíny platí vedle stavebního práva DIN 1056, DIN 4133 a DIN EN 13084-1.

Stanovené technické předpisy týkající se proudění je možno získat v normách DIN EN 13384 pro zařízení na odvod spalin na budovách, resp. DIN EN 13084-1 pro volně stojící komíny.

Spalinové cesty musí být v provedení z nehořlavých materiálů a být odolné vůči působení spalin a tepla. Materiál kompletního spalinového systému pro parní kotle musí být vhodný pro teploty do 350 °C. Pokud je kotel vybaven čtvrtým tahem, resp. u spalinových kotlů k využívání odpadního tepla spalin z kogenerace, resp. plynové turbíny, musí být spalinový systém vhodný pro příslušnou nejvyšší teplotu.

Na dimenzování spalinového systému a výšky komínu jsou často kladeny specifické požadavky dané země. Proto jsou zde popsány pouze nejdůležitější funkční zásady pro plánování.

Spalinové cesty

Spalinová cesta představuje spojení mezi koncem kotle a vstupem do komína. Měla by být pokud možno přímá, příznivá z hlediska proudění a s co nejmeně koleny, aby byly tlakové a tepelné ztráty udržovány co nejmenší. Redukce nebo také rozšíření nemají být skokové, nýbrž vždy s přechodovým úhlem maximálně 30°. Napojení spalinové cesty na komín by mělo být mimo to provedeno napojením v úhlu 30 ... 45°.

Požadavky	Provedení
Konstantní podm. ve spalovacím zařízení	dimenzování na +0/-1 mbar na výstupu z kotle Doporučen jeden komínový tah na jeden kotel
Nízká tlaková ztráta	Krátké, málo kolen a příznivé proudění
Nízká tepelná ztráta	Naplánovat izolaci
Odvod kondenzátu	Odvodňovací hrdlo kondenzátu a neutralizace
Zajištění volného průchodu	Naplánovat inspekční a čistící otvory
Měření emisí	Naplánovat měřicí hrdla emisí
Čištění a prohlídka	Naplánovat čistící a inspekční otvory na všech změnách směru
Vyrovnání tepelné roztažnosti	Naplánovat kompenzátory
Odolnost	Odolnost vůči teplotám (do 350 °C), kondenzátu, korozi
Odolnost vůči tlaku	Přetlak a podtlak
Neprodyšnost pro plyny	Plynotěsnost dle EN 1856
Ohrožení nedostatkem vzduchu	Napojit spalinové klapky a klapky přívodního vzduchu s bezpečnostním spínačem koncové polohy

Tab. 24 Všeobecné požadavky na spalinové cesty

Dimenzování

Spalinové cesty se všemi komponenty jako spalinovými klapkami, kompenzátory a tlumiči mohou většinou pokračovat ke komínu ve stejné jmenovité světlosti přípojného spalinového hrdla na kotli.

Při dimenzování by přitom neměla být překročena orientační rychlost 16,5 m/s ve vztahu k výstupní teplotě z kotle. Protože se orientační rychlost vztahuje k provoznímu objemovému proudu, musí být většinou uváděný hmotnostní proud spalin ještě přepočítán na provozní objemový proud.

Pro přepočet může být použita ideální stavová rovnice plynu.

$$\rho_b = \rho_n \cdot \frac{T_n}{T_b} \cdot \frac{p_b}{p_n}$$

F24. Převedená ideální stavová rovnice plynu pro výpočet provozní hustoty plynů

ρ_b	Provozní hustota
ρ_n	Normovaná hustota
T_b	Provozní teplota [K]
T_n	Teplota - normované podmínky (273,15 K)
p_b	Provozí přetlak [bar]
p_n	Tlak - normované podmínky (1,01325 bar)

→ F2: Normovaný stav a standardní stav, strana 27



Příklad zemní plyn H:

$\lambda = 1,15$

$\dot{m}_{AG} = 10\,000$

$p_{n,AG} = 1,244$

$T_b = 250 / 523,15$

$p_b = p_n = 1,01325$
zanedbatelná)

Přebytek vzduchu

Hmotnostní proud spalín [kg/h]

Normovaná hustota spalín [kg/m³n]

Teplota spalín [°C]/[K], za kotlem a před ekonomizérem

Okolní prostorový tlak [bar] (odchylka od normovaných podmínek je

$$\rho_b = 9,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{273,15 \text{ K}}{250,00 \text{ K}} \cdot 1 = 4,699 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

-

+

=

B12. Příklad výpočtu ke zjištění provozní hustoty spalín

$$DN \geq \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot u}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot \rho \cdot u}}$$

x

√

F25. Vzorec pro výpočet potřebné jmenovité světlosti spalínových cest

DN

V

m

ρ

u

Jmenovitá světlost potrubí

Objemový proud [kg/h]

Hmotnostní proud [kg/s]

Hustota [kg/m³]

Orientační rychlost dle tabulky [m/s]

$$DN \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 10000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{\pi \cdot 1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 16,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} \cdot \left(\frac{1\,000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}\right)^2 = 463,0 \text{ mm}$$

DN 500

-

+

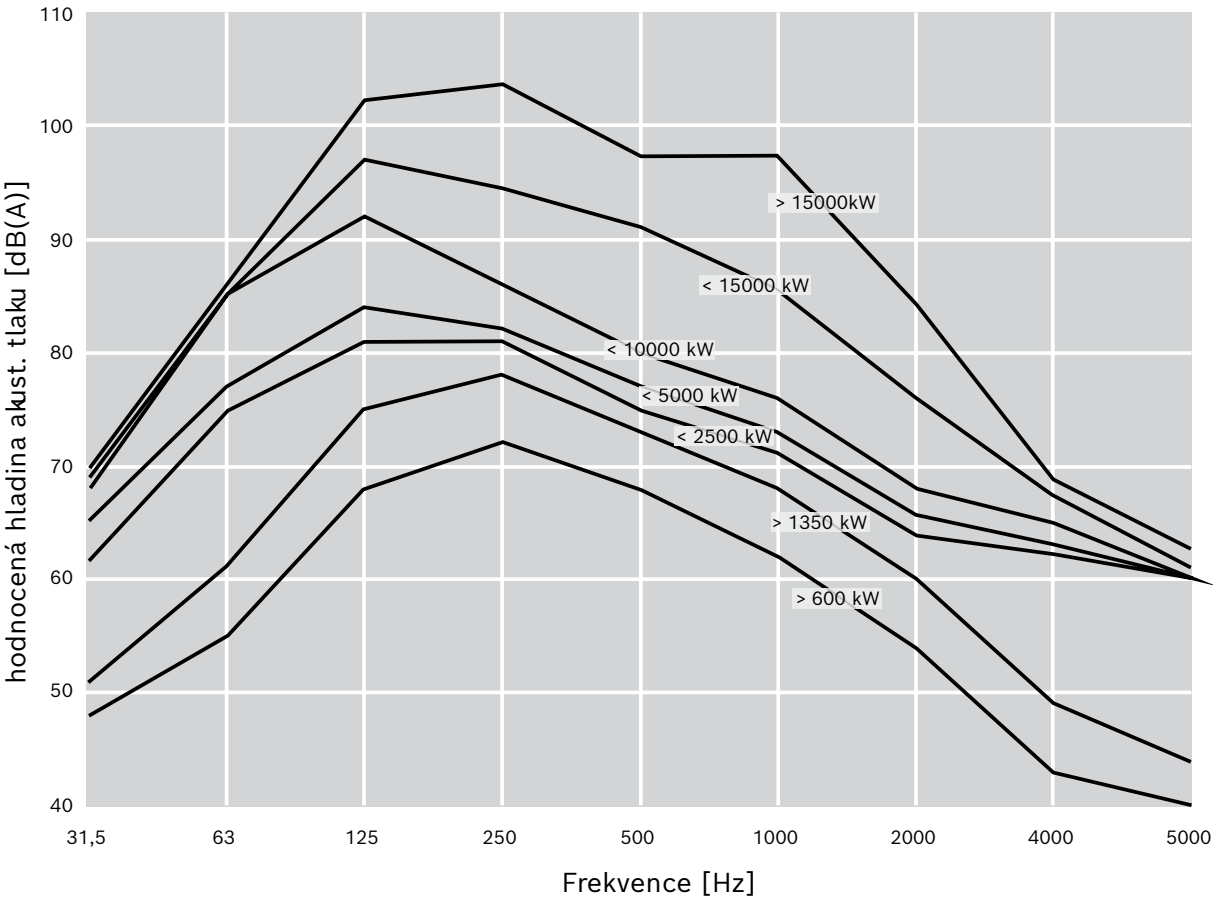
=

B13. Příklad výpočtu ke zjišťování potřebné jmenovité světlosti spalínových cest

Především u malých výšek komínů a dlouhých spalínových cest může výpočet tahu výrobce komína vyžadovat i větší jmenovitou světlost.

5.6.1 Tlumič spalín

Tlumiče spalín mají za úkol redukovat hlukové emise spalování. Aby byla zaručena účinnost, musí být tlumič dimenzován na frekvence emitované hořákem, výkon kotle a předepsané přípustné emise hluku.



Obr. 125 A-hodnocená analýza frekvence a odpovídající celková hladina akustického tlaku v závislosti na tepelném výkonu kotle

Tepelný výkon kotle	[kW]	≤ 600	≤ 1 350	≤ 2 500	≤ 5 000	≤ 10 000	≤ 15 000	> 15 000
Očekávaná hodnota pro celkovou hladinu akustického tlaku	[dB(A)]	75	81	85	87	94	100	107

Hodnoty znázorněné na obr. 125 jsou pouze předpokládané orientační hodnoty, které se vztahují na jednotlivý kotel bez tlumiče spalín. Měřeno bylo na zaústění komína v rozestupu 1 m pod úhlem 45°.



Hluk vznikající při spalování je vyzařován jako zvuk šířící se vzduchem po povrchu spalínového systému a vystupuje na hlavě komína. Zvuky kotlového zařízení obsahují převážně nízkofrekvenční složky zvuku.

Tyto hlukové emise je možno účinně snížit tlumičem spalín. Aby byly předepsané hlukové emise dodrženy, musí být k dimenzování spalínového tlumiče zohledněno frekvenční spektrum hluku spalín na zaústění do komína kotlového zařízení.



Znázorněný diagram na obrázku 125 představuje průměrnou hladinu akustického tlaku kotle měřenou na zaústění komína bez tlumiče spalin ve spalinovém systému. Protože spalovací systém (např. konstrukce hořáku nebo nastavený profil proudění v prostoru hořáku) a spalinový systém (např. počet kolen, délka a průměr spalinových cest) mají značný vliv na vzniklé hodnoty, mohou zde být uvedeny pro hladinu akustického tlaku pouze orientační hodnoty. V případě vícekotlového zařízení musí být hlukové hodnoty všech kotlů sečteny.

Při plánování spalinových cest je třeba respektovat, že k redukci hlukových emisí dle příslušných požadavků je nezbytná značná délka tlumiče, který musí být umístěn v kotelně nebo mimo kotelnu před vstupem do komína.

Při vysokých požadavcích na hlukové emise, např. v oblasti nemocnic, se z důvodu komplexnosti tematiky doporučuje do konkrétního dimenzování tlumiče spalin zapojit znalce.

Komín

Komín má za úkol odvádět spaliny a v nich obsažené škodliviny bez nebezpečí do okolního prostředí tak, aby bylo zajištěno nerušené odvádění volným prouděním vzduchu a dostatečné naředění škodlivin. Měl by se nacházet v bezprostřední blízkosti kotelny, aby bylo zabráněno dlouhým spalinovým cestám a odvádění spalin by mělo probíhat kolmo směrem vzhůru. Omezení volného proudění tvarovkami nebo ochranami proti dešti není přípustné.

Výška komína

Minimální potřebná výška pro komín vyplývá z národních požadavků na ochranu ovzduší.

V Německu je to stanoveno v Technickém návodu k ochraně ovzduší (TALuft). K tomu je pro určení výšky komína mimo jiné vytvořen kvocient z hmotnostního proudu emisí Q [kg/h] a faktoru S dle přílohy 7 TALuft pro určování výšek komínů.

Látky znečišťující ovzduší	Faktor S
Oxid uhelnatý CO	7,5
Oxidy síry (oxid siřičitý SO ₂ a oxid sírový SO ₃), uváděné jako oxid siřičitý	0,14
Oxidy dusíku (NO _x), uváděné jako oxid dusičitý	0,1

Tab. 25 Hodnoty pro S dle přílohy 7 TA-Luft

Q	Hmotnostní proud spalin emitované látky znečišťující ovzduší ze zdroje emisí [kg/h]
S	Faktor pro určení výšky komínu

Pro parní kotle jsou pro výpočet výšky komínu téměř vždy rozhodující oxidy dusíku.

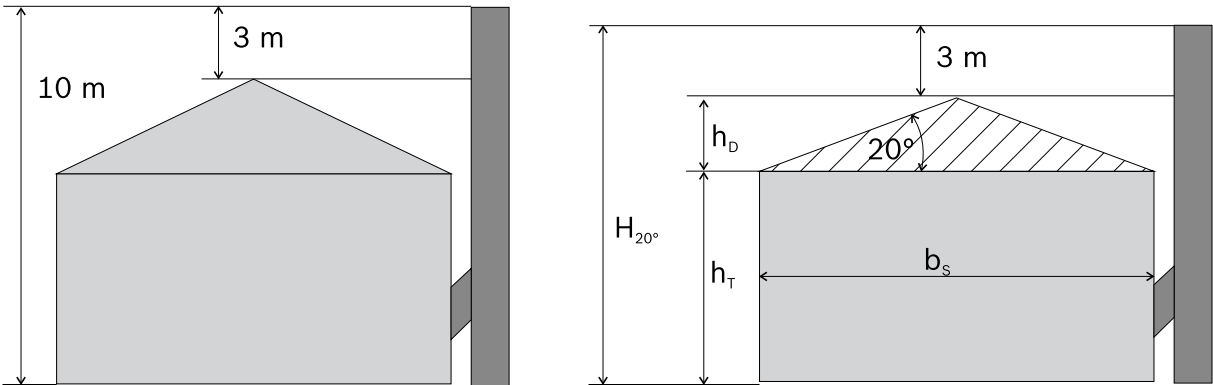
Pokud je hodnota Q/S > 10 [kg/h], pak musí být výška komína stanovena normogramem dle TA-Luft 5.5.4 a 5.5.5. Při malých hmotnostních proudech emisí s hodnotou Q/S < 10 [kg/h] je možné nezbytnou minimální výšku pro komín zjistit zjednodušeným postupem dle směrnice VDI 2280 nebo VDI 3781 list 4.

Pro palivo plyn s limitní hodnotou emisí NO_x ve výši 0,1 [g/Nm³] dle TALuft toto platí do výkonu spalovacího zařízení zhruba 10 400 kW.

Pro palivo topný olej s limitní hodnotou emisí NO_x ve výši 0,17 [g/Nm³] pro kotle s maximálním provozním přetlakem 18 barů dle TALuft toto platí až do výkonu spalovacího zařízení zhruba 6 600 kW.

Výška komína pak může být určena dle následujících pravidel:

- Minimálně 10 m nad zemí
- Minimálně 3 m nad hřebenem budovy
- Pro ploché střechy se vypočte virtuální hřeben s 20° sklonem střechy na úzké straně budovy
- K lepšímu rozložení spalin je snaha o výstupní rychlost minimálně 6 m/s kolmo směrem vzhůru.



Obr. 126 Minimální výška komína dle TA-Luft pro spalovací zařízení s nízkými emisemi škodlivin, sedlovou střechou (vlevo), plochou střechou s „virtuálním hřebenem“ (vpravo)

Pro ploché střechy musí být aplikováno takzvané 20° pravidlo. Vytvoří se výška střechy s virtuálním hřebenem střechy s 20° sklonem střechy pro úzkou stranu budovy.

$$H_{20^{\circ}} = h_T + h_D + 3 \text{ [m]}$$
$$h_D = \frac{b_S}{2} \cdot \tan 20^{\circ}$$

F26. Rovnice pro výpočet potřebné výšky komína

H _{20°}	Minimální potřebná výška komína [m]
h _T	Výška po okap [m]
h _D	Výška střechy (virtuální výška střechy přes pravidlo 20°) [m]
b _S	Šířka budovy (úzká strana) [m]

**Průřez komína a komínový tah**

Spaliny v komíně mají vyšší teplotu než vzduch ve volném prostoru. Tím vzniká v komíně a ve stoupajících částech spalinových cest vztlak, takzvaný komínový tah. Ten podporuje odvod spalin a vytváří v komíně a částech spalinových cest podtlak. Velikost komínového tahu je přes hustotu propojena také na teplotní rozdíl vůči okolnímu prostředí.

Průřez komína přitom musí být zvolen tak velký, aby odpor proudění v komíně mohl být od konce kotle překonán vztlakem. Na druhé straně by neměl být průřez zvolen příliš velký, aby rychlost výstupu spalin na ústí komína činila ještě minimálně 6 m/s a nevytvářel se příliš vysoký podtlak na výstupu z kotle, především pak u velmi vysokých komínů.

Výpočet spalinových cest by měl být v každém případě prováděn odborníkem na konstrukce spalinových systémů, resp. výrobcem.

6 Výroba

6.1 Optimální konstrukce kotle

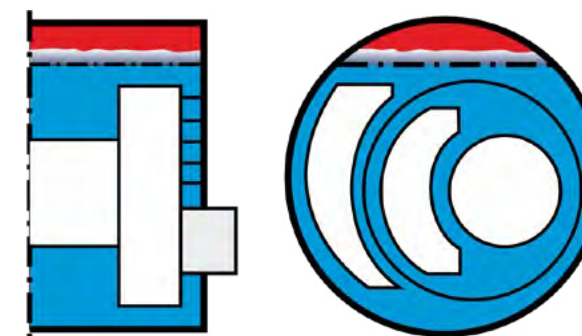
Optimalizovaný design pro moderní dodávky páry

Moderní parní kotle musí nejen efektivně pracovat, nýbrž také musí zvládat dynamické požadavky na tlak s trvale stabilně vysokou kvalitou páry. Často jsou přitom diskutovány vodní obsah a velikost parního prostoru, ačkoliv jiné faktory mají ještě vyšší relevantnost. Mnohem více rozhodující pro výkonovou rezervu a dynamiku při stabilní kvalitě páry jsou kvalita vody, kvalita regulace a výška parního prostoru. Špatná kvalita vody vede k „neklidnému“ stavu vody a tvorbě pěny, existuje nebezpečí strhávání a vynášení vody.

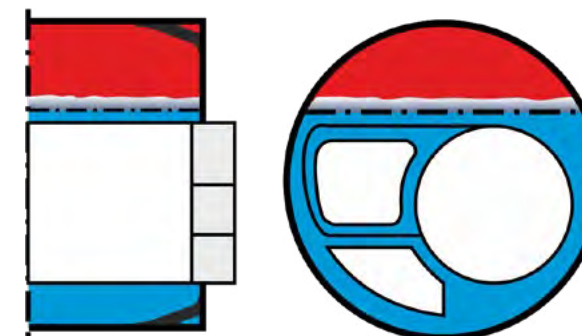
Patentované uspořádání plamence a tahů kotlů Bosch (obr. 128) je proto optimální pro maximální parní prostor při malém obsahu vody. Při spontánních výkonových špičkách stoupá hladina vody v kotli zvýšenou produkcí bublin páry. Vysoký parní prostor zde poskytuje největší jistotu proti vypínání z důvodu vysoké hladiny vody a minimalizuje strhávání vody. Navíc jsou spolehlivě umožněny obzvláště rychlé reakce na špičkové výkony díky naší inteligentní tříprvkové regulaci, pilotním signálům od velkých spotřebičů a zabraňování provětrávání (startu hořáku.) Nejrůznější metody dimenzování jako Design by Rules a Design by Analysis (např. FEM) poskytují jistotu při navrhování kotlových zařízení.

Další výhody jsou:

- Vyšší kvalita páry zejména při dynamických požadavcích
- Menší obsah vody umožňuje rychlejší nahřátí
- Nejkompaktnější konstrukce redukuje potřebu místa, ztráty sáláním a ztráty z prostojů
- Menší zátěž spalovací komory a nižší emise NOx



Obr. 127 Konstrukce kotle s tahy ležícími vedle sebe



Obr. 128 Konstrukce kotle s optimalizovaným parním prostorem od firmy Bosch

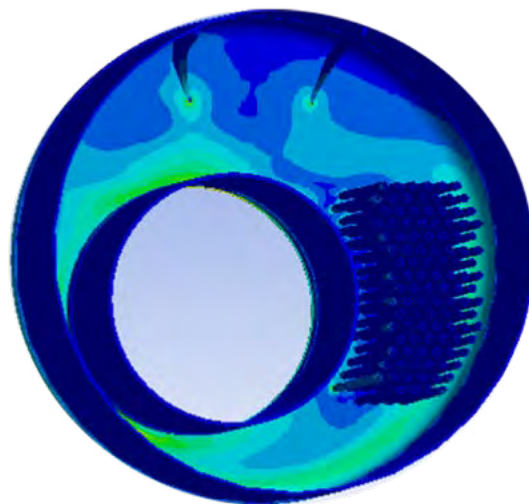
Rohová kotva namísto podpěr

U jiných konstrukcí kotlů je obratová komora připevněna ke dnu kotle pomocí kotevního čepu a neexistuje žádné oboustranné přímé spojení mezi plamencem a dnem kotle. Zejména při nahřívání kotle působí mezi studeným tělem kotle a teplým plamencem díky teplotnímu rozdílu velké síly. Stojaté čepy mohou tuto sílu přenášet pouze bodově, což má za následek nepříznivé špičky pnutí.

Další nevýhody konstrukce s kotevními čepy jsou:

- Kotevní čepy jsou kritické při ohybovém napětí
- Strhávání čepů zejména při častých změnách teplot

U průmyslových kotlů od Bosch byl dále vyvinut princip konstrukce a stojaté čepy jsou v konstrukci vynechány. Plamenec je ukotven na obou koncích na těle kotle a může vznikající napětí rovnoměrně roznášet přes dno kotle a rohové kotvy. K zabránění přídavného sálání tepla se pro kotlové kameny používají vícevrstvé kompozitní izolace Bosch s obzvláště vysokým izolačním účinkem. Další výhodou je při řádném provozu a uvedení do provozu bezúdržbový provoz po celou dobu životnosti. Tato konstrukce UNIVERSAL UL-S se za více než 60 let osvědčila u více než 80 000 kotlových zařízení. Některé z prvních těchto kotlů z ranných padesátých let jsou prokazatelně ještě dnes v provozu.



Obr. 129 Rohové kotvy zajišťují na rozdíl od tažných kotvení rovnoměrné rozložení pnutí a dlouhou životnost

6.2 Správné svaření plamenců a kouřových trubek

Připojení plamence a kouřových trubek ke dnu patří u středotlakých kotlů k citlivým oblastem. Tyto spoje musí odolávat vysokým zátěžím pnutí a teplot. U firmy Bosch jsou proto kouřové trubky svařovány moderními roboty a plamenec poloautomatickými svařovacími zařízeními. Plně automatické a poloautomatické svařování umožňuje obzvláště homogenní a robustní spoje. Navíc se u termicky silně namáhaných svarů aplikují ze strany vody chladicí drážky. U velkých tloušťek materiálů může tak být i při plném výkonu kotle zajištěno velmi dobré chlazení.

U hořákových prostupů naproti tomu se chlazení vodou ve prospěch delší životnosti neaplikuje. Je tak možno zabránit nákladným opravám a opětovné tlakové zkoušce. Díky vlastnímu izolačnímu konceptu Bosch v oblasti hořákových prostupů je možno u našich průmyslových kotlů minimalizovat přestup tepla a ztráty sáláním tepla. Navíc se zvyšuje robustnost kotle a kotel je i příznivější z hlediska údržby, neboť vyzdívka je dimenzovaná na celou životnost kotle.



Obr. 130 Svař na nasazených kouřových trubkách

6.3 Preciznost provedení



Obr. 131 Ležící a stojící těleso kotle ve výrobě v Gunzenhausenu, Německo

S našimi extra nosnými jeřáby a vysokou výrobní halou je možno bezpečně, rychle a šetrně otáčet, stavět a v ideální poloze zpracovávat kotle až do 120 tun. V zastaralých výrobních zařízeních jsou naproti tomu kotle např. o hmotnosti více než 60 tun často nuceně svářeny v šikmé poloze. To může vést u svarů ke kvalitativním problémům.

Vodorovné svařování umožňuje homogenní strukturu, zvýšenou hloubku závaru, geometrii bez vrubů, nejvyšší kvalitu svaru a tím celkově rovnoměrnější proces svařování.

U individuálního vybavení kotle s přírubami a příslušenstvím dle přání zákazníka jsou konstrukční prvky manuálně spojeny MAG svařováním.

Pro svary bez pórů je zásadní, aby ochranný plyn při sváření nebyl odvátl. To zajišťujeme na našich pracovištích chráněných proti přívodnímu vzduchu, speciálními odsávacími zařízeními a topením přes stropní sálavé panely namísto konvenčních fukarů teplého vzduchu.

Naším celosvětově jedinečným, vlastními silami vyvinutým zařízením na vlnovcové plamence můžeme plně automaticky vyrábět vlnovcové plamence až do délky devět metrů v kuse. Stroj disponuje dvanácti servomotory a třemi lasery k monitoringu a řízení. Díky laserové technice vyrábí vlnovcové plamence na milimetr přesně. Vlnovcové plamence jsou jedním z hlavních produktů při výrobě kotle a představují nejvíce namáhaný díl.



Obr. 132 Plně automatické zařízení vlastní konstrukce na vlnovcové plamence

6.4 Nasazení svařovacích robotů

Pro zvláště vysokou a stabilní kvalitu probíhá navařování kouřových trubek u většiny našich kotlů plně automaticky pěti robotickými zařízeními. V porovnání s konvenčními nasazovanými svářecími roboty s sebou speciální robot ve výrobě průmyslových kotlů Bosch (viz obr. 133, strana 243) přináší mnoho výhod. Díky plně automatickému měření jednotlivých trubek bez výměny nástrojů nedochází k žádným chybám v polohování. Robot je prostřednictvím jeřábu flexibilně použitelný a je možné jej jednoduše a rychle umístit ke každému kotli. Jakost svarů je rozhodující pro dlouhou životnost kotlů, neboť svary kouřových trubek jsou vystaveny silnému zatížení.



Obr. 133 Mobilní svařovací robot ve výrobě průmyslových kotlů Bosch

6.5 Méně svarů, vyšší kvalita

Výrobní zařízení Bosch jsou dimenzována na obzvláště široké plechy až do 3,5 metrů. Tím potřebují naše tělesa kotlů méně svarů, než je běžné. Ať je svar proveden sebeskvěleji – průchozí plný materiál bez pnutí stejně poskytuje nejvyšší robustnost.

Materiál bez pnutí zvyšuje životnost

Nasazení laserových a plazmových řezacích zařízení při výrobě přířezů částí zásobníků a tlakových nádob umožňuje obzvláště úzké tolerance. Přesný úhel a minimalizované vnášení tepla jsou dalšími výhodami v porovnání s běžnými autogenovými řezacími zařízeními.

Řezání CNC řízenými plazmovými zařízeními zajišťuje redukované vnášení energie do místa řezu. Nastavitelné řezací hlavy až do úhlu 45 stupňů umožňují současnou přípravu svaru. U Bosch jsou proto všechna tělesa kotlů a díly pro dna zpracovávány touto technologií.

Menší plechové díly pro kotlové komponenty a menší tělesa kotlů jsou na míru řezány na plně automatických CNC řízených laserových řezacích zařízeních. S nejmenšími spárami a hranami bez otřepů mohou být rychle, přesně a bez pnutí nařezané díly dodány bez dalších úprav a oprav do dalších procesů.



Obr. 134 Možné ohýbání plechů až do šíře 3,5 m



Efektivita

1	Basics	249
1.1	Výhřevnost, spalné teplo a kondenzační teplo	249
1.2	Přehled opatření na zvyšování efektivity	251
1.3	Účinnost	252
1.4	Účinnost z hlediska spalovacího zařízení	252
1.5	Účinnost kotle	257
1.6	Stupeň využití	259
1.7	Roční stupeň využití	259
1.8	Posouzení provozních nákladů	264
2	Zvyšování efektivity spalovacího zařízení	267
2.1	Teplota spalin, resp. spalinové ztráty	267
2.2	Zvyšování efektivity na hořákovém systému	276
3	Zvyšování efektivity na straně vody a kondenzátu	283
3.1	Odluh a odkal	283
3.2	Brýdové páry	286
3.3	Demineralizace	288
3.4	Kondenzátní hospodářství	288
4	Zvyšování efektivity na kotli a zařízení	293
4.1	Izolace	293
4.2	Regulace	301
4.3	Automatické hlídání	302
4.4	Servis	304
5	Kombinace procesů	309
5.1	Kogenerace	309
5.2	Podpora solární techniky	311



1 Basics - Základy

Palivové náklady tvoří hlavní část provozních nákladů kotlového zařízení. Aby bylo možno posoudit energetickou efektivitu parních kotlových zařízení, je relevantní nejen jeho účinnost, ale zejména také skutečný stupeň využití.

Vedle palivových nákladů je třeba monitorovat a optimalizovat i náklady na elektřinu, chemikálie, vodu a náklady na odpadní vody, náhradní díly a prostoje.

1.1 Výhřevnost, spalné teplo a kondenzační teplo

Výhřevnost („spodní výhřevnost“; H_u nebo H_i) je energie, která je vydávána při úplném spálení, když jsou spaliny při konstantním tlaku zchlazeny zpět až na výchozí teplotu. Vodní pára vzniklá ze spalování zde přitom zůstane v plynném skupenství. Výhřevnost tak udává pouze citelné množství tepla obsažené ve spalínách a přímo závislé na teplotě, ne však množství kondenzačního tepla vázané ve vodní páře.

Spalné teplo („horní výhřevnost“; H_o nebo H_s) je energie, která je vydávána při úplném spálení, když jsou spaliny při konstantním tlaku zchlazeny zpět až na výchozí teplotu a celkové vzniklé množství vody zkondenzuje. Spalné teplo tak navíc obsahuje kondenzační teplo, které je označováno také jako „latentní teplo.“

→ Technika – Kapitola 1.3: Entalpie, strana 114

Spalné teplo je dle paliva asi o 6,8 % (topný olej) a 10,8 % (zemní plyn H) vyšší než výhřevnost.

Látková hodnota	Symbol	Jednotka	Zemní plyn L	Zemní plyn H	Propan	Butan	Topný olej	Topný olej EL nízký obs. síry
Spodní výhřevnost	H_i	kWh/m ³ kWh/kg	8,83	10,35	25,89	34,39	11,89	11,89
Horní výhřevnost	H_s	kWh/m ³ kWh/kg	9,78	11,46	28,12	37,23	12,70	12,70
Poměr	H_i / H_s	%	110,8	110,7	108,6	108,3	106,8	106,8
Rosný bod	t_{kond}	°C	56,9	57,0	53,1	52,4	48,6	48,6
Rosný bod kysel.	t_{kond}	°C	–	–	–	–	124	97
Tvorba vody ¹⁾	wW_{spec, H_2O}	gH ₂ O/kWh	159,4	158,5	126,9	122,0	100,5	100,5
Hodnota pH	pH	–	2,8 ... 4,9	2,8 ... 4,9	2,8 ... 4,9	2,8 ... 4,9	1,8 ... 3,7	2,3 ... 4,5

Tab. 26 Parametry různých paliv

1) vztaženo k H_i

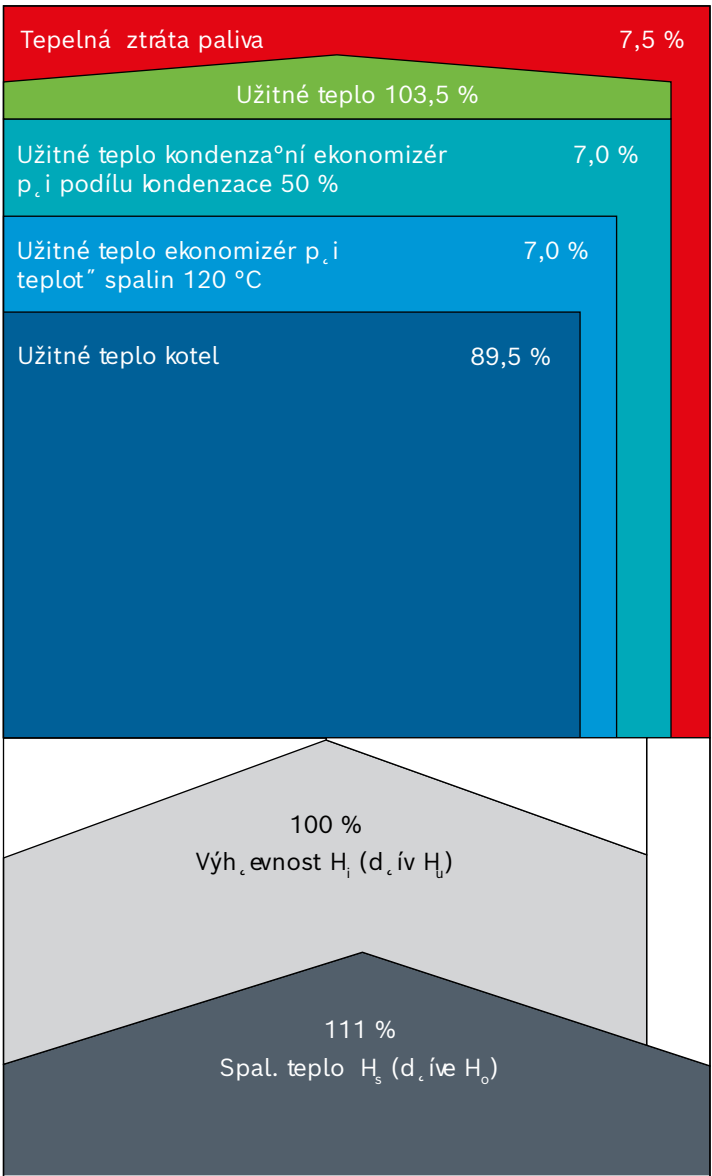


Díky moderním systémům zpětného získávání tepla a spalínovým systémům z materiálů odolných vůči korozi (např. vhodných nerezových ocelí), může být vodní pára ze spalín částečně kondenzována. Využitím této kondenzační technologie je pak možné účinnost, která je vztažena k nižší výhřevnosti, zvýšit i nad 100 %.

→ Efektivita – Kapitola 2.1.2: Kondenzační ekonomizér, strana 269

Výpočet účinnosti stále probíhá ve vztahu k výhřevnosti paliva, neboť bylo v dřívějších dobách nezbytně nutné vodní páru ve spalínách ponechat v plynném stavu, aby bylo zabráněno kondenzaci spalín a možné korozi kotle, resp. spalínového systému nebo zanesení komína.

Ke smysluplnému využívání kondenzační techniky je však třeba studené médium s $\geq 10\text{ K}$ pod teplotou rosného bodu spalín, tedy u zemního plynu maximálně $45\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. 135 Tepelná bilance parního kotle s kondenzační technikou a plynovým spalovacím zařízením (hodnoty jako příklad)

1.2 Přehled opatření na zvyšování efektivity

Pokud provádíme bilanci parního kotle při zadaném výkonu přes vstupní a výstupní látkové toky a toky energií, je rychle viditelný podíl nevyužitelné energie. Přivádí se palivo, spalovací vzduch, napájecí voda a elektrický výkon např. pro čerpadla a ventilátory.

Jako odváděné veličiny bilance musí být vedle využitelné tepelné energie, která je obsažena v páře, zohledněny ztrátové podíly pro spaliny, odluh, resp. odkal a tepelné ztráty vyzařováním a vedením.

Vhodnými opatřeními je možné vznikající ztráty minimalizovat. Při volbě optimalizačních opatření by mělo být postupováno v pořadí dle nejlepšího poměru nákladů a užitku. Toto pořadí opatření dle poměru nákladů a užitku je však specifické pro příslušné zařízení a velmi silně závisí na způsobu provozu celého kotlového zařízení. Následující tabulka představuje přehled opatření ke zvyšování efektivity. Přitom se dá většina opatření i kombinovat.

Opatření na úsporu energie	Potenciál úspor	→ Strana
Ekonomizér	≤ 7 % paliva	→ Strana 267
Kondenzační ekonomizér	≤ 7 % paliva	→ Strana 269
Přehřev vzduchu	≤ 2,5 % paliva	→ Strana 271
Chlazení napájecí vody	≤ 1,8 % paliva ≤ 3 % paliva na 4 tahovém kotli	→ Strana 273
Expanze odluhů a zpětné získávání tepla	≤ 2 % paliva, čerstvá voda, odpadní voda	→ Strana 283
Regulace kyslíku /nebo CO	≤ 0,5 % paliva	→ Strana 276
Řízení otáček ventilátorů	≤ 75 % nákladů na elektřinu	→ Strana 276
Tepelný výměník brýdových par	≤ 0,5 % paliva	→ Strana 286
Vysokotlaký systém kondenzátu	≤ 12 % paliva, čerstvá voda	→ Strana 290
Automatizovaná a kontinuální analýza vody	≤ 0,5 % paliva, chemikálie, personální náklady	→ Strana 302
Optimalizace regulačních parametrů, pravidelný servis, údržba, čištění	≤ 3 % paliva, prodloužená životnost, bezpečnost procesu	→ Strana 304
Úprava vody osmózou	≤ 3 % paliva, čerstvá voda, chemikálie	→ Strana 288

Tab. 27 Energetická úsporná opatření a z toho vyplývající potenciál úspor



1.3 Účinnost

Účinnost je poměr užitku vůči nákladům tvořený z energetických výkonů. Pro parní kotel je tak účinnost kvocientem z vydaného tepelného výkonu ve formě páry vůči přiváděnému tepelnému výkonu ve formě paliva. Účinnost je měřítkem pro efektivitu při přeměně energie v kotli. U parních kotlových zařízení se určuje účinnost z účinnosti spalovacího zařízení a tepelných ztrát sáláním a odváděním na povrch kotle. Důležité přitom je, že účinnost je definována pouze pro nová zařízení při jmenovitém parním výkonu nebo pro určité parní výkony při dílčím výkonu v ustáleném stavu.

Ztráty najížděním a odstavováním, odluhováním a odkalováním, znečištěním teplosměnných ploch, úpravou napájecí vody a tepelné ztráty v dalších potrubích do hodnocení nevstupují.

$$\text{Účinnost } \eta = \frac{\text{výstupní výkon}}{\text{vstupní výkon}} = \frac{\text{tepelný výkon páry}}{\text{tepelný výkon paliva}}$$



$$\eta = \frac{\dot{Q}_D}{\dot{Q}_F}$$



F27. Vzorec pro výpočet účinnosti

- $\dot{Q}_D$ Tepelný výkon páry [kW]
- $\dot{Q}_F$ Tepelný výkon paliva [kW]

1.4 Účinnost z hlediska spalovacího zařízení

Účinnost spalovacího zařízení η_f popisuje výtěžnost citelného tepla vznikajícího při spalování paliva. Je určena výpočtem termických ztrát q_A ve spalínách vztažených k úrovni teplot v okolním prostředí. Nespálené zbytky paliva zůstávají v olejových a plynových spalovacích zařízeních nezohledněny, neboť v praxi nesmí nastávat v množství, které by bylo pro posuzování relevantní.

→ Efektivita – Kapitola 1.1: Výhřevnost, spalné teplo a kondenzační teplo, strana 249

Účinnost spalovací techniky se vztahuje k výhřevnosti paliva a počítá se tak, že se spalinové ztráty odečtou z maximálně dosažitelných 100 %.

$$\eta_f = 100 \% - q_A$$



F28. Vzorec pro výpočet účinnosti spalovací techniky

Přebytek vzduchu

Přebytek vzduchu je kvocient ze skutečně přiváděného a stechiometricky potřebného množství vzduchu.

$$\lambda = \frac{m_L}{m_{L,st}}$$

Zjednodušená rovnice pro přepočet obsahu kyslíku ve spalínách platí pouze pro poměr spalín – vzduchu ~ 1.

$$\lambda \approx \frac{21\%}{21\% - O_2}$$

→ Obr. 136, strana 255

- λ Přebytek vzduchu
- m_L Skutečné teplo
- $m_{L, st}$ Stechiometrické teplo
- O_2 Obsah kyslíku [obj-%]

Pro výpočet spalinových ztrát jsou určeny podíly CO_2 nebo O_2 ve spalínách a teplotní rozdíl mezi spalínami a okolní prostorovou teplotou. Navíc jsou třeba maximální podíly CO_2 ve spalínách závislé na příslušném palivu a Siegertův faktor f závisející na naměřeném obsahu O_2 .

$$q_A = \frac{f}{CO_{2,max}} \cdot \frac{21\%}{21\% - O_2} \cdot (t_{AG} - t_L)$$



F29. Vzorec pro výpočet spalinové ztráty

- q_A Spalinová ztráta vztažená k výkonu spalovacího zařízení a spodní výhřevnost [%]
- f Siegertův faktor, lineární závislost na přebytku vzduchu λ [bar]
- $CO_{2,max}$ Maximální obsah oxidu uhličitého v suchých spalínách [obj. %]
- O_2 Naměřený obsah kyslíku v suchých spalínách [obj. %]
- t_A Naměřená teplota spalín [°C]
- t_L Referenční a spalovací teplota vzduchu dle EN 12953 část 11 konstantně 25 °C



Pokud se měří pouze obsah oxidu uhličitého v suchých spalínách, platí následující přepoččet:

$$O_{2,r} = 21\% \cdot \left(1 - \frac{CO_{2,}}{CO_{2,max}}\right)$$

F30. Vzorec pro výpočet obsahu zbytkového kyslíku z obsahu oxidu uhličitého

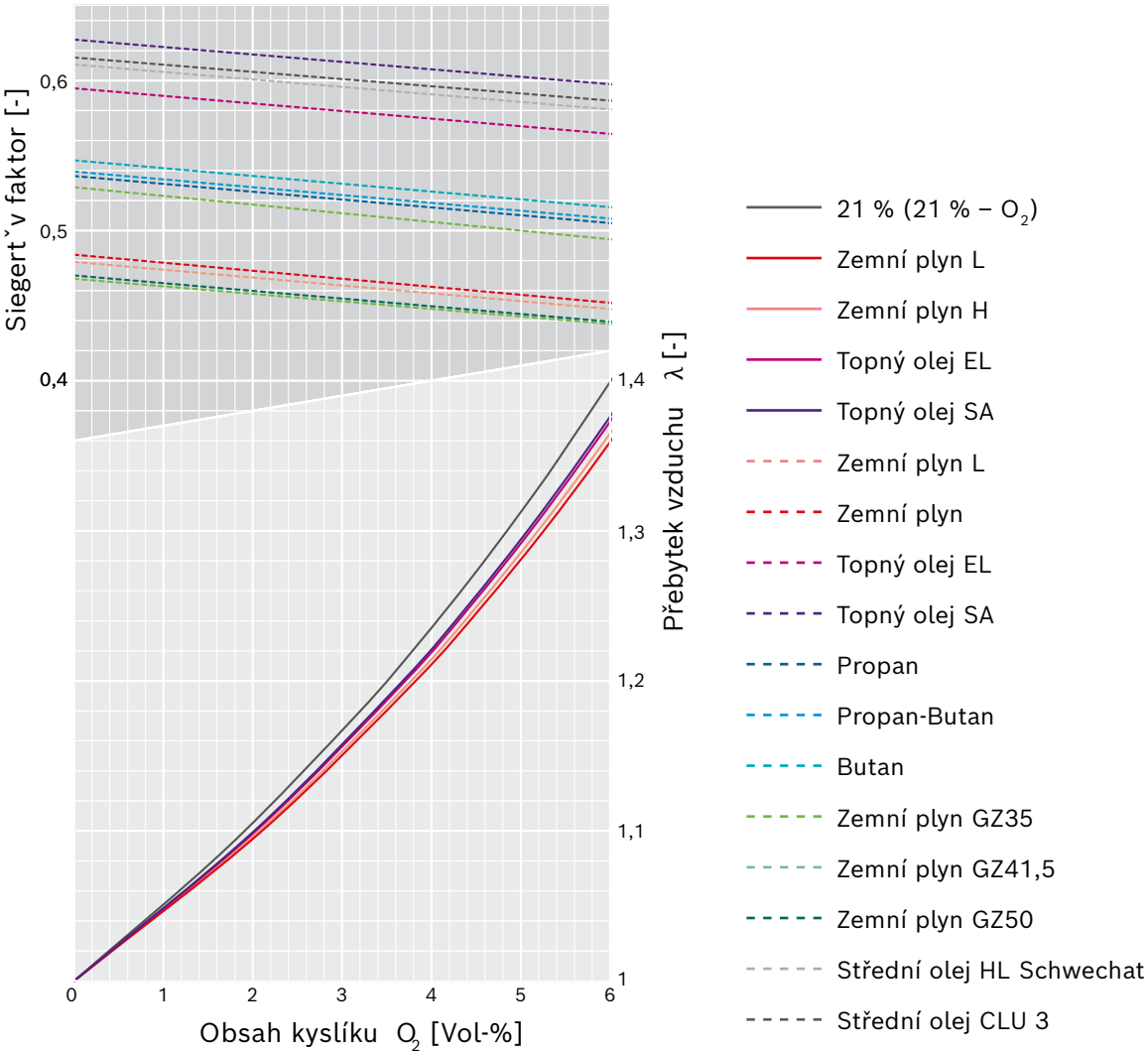
- O_{2,r}Vypočtený obsah kyslíku v suchých spalínách [obj. %]
- CO₂Naměřený obsah oxidu uhličitého v suchých spalínách [obj. %]
- CO_{2,max}Maximální obsah oxidu uhličitého v suchých spalínách [obj. %]

Palivo	CO _{2,max}	Siegertův faktor	
		f ₁ = f (O ₂ = 0 %)	f ₂ = f (O ₂ = 5 %)
Zemní plyn L	11,67 %	0,4792	0,4530
Zemní plyn H	11,94 %	0,4731	0,4469
Topný olej EL	15,31 %	0,4535	0,4342
Topný olej SA	16,02 %	0,4570	0,4389
Propan	13,69 %	0,4575	0,4352
Propan-Butan	13,78 %	0,4570	0,4349
Butan	13,99 %	0,4563	0,4346
Zemní plyn GZ35	11,12 %	0,4871	0,4611
Zemní plyn GZ41,5	11,67 %	0,4604	0,4358
Zemní plyn GZ50	11,67 %	0,4835	0,4569
Střední olej HL Schwechat	15,72 %	0,4534	0,4348
Střední olej CLU 3	16,11 %	0,4458	0,4285

Tab. 28 Siegertův faktor různých paliv

Výpočet Siegertova faktoru pro libovolný obsah kyslíku v suchých spalínách O₂:

$$f(O_2) = f_1 + \frac{f_2 - f_1}{5\% - 0\%} \cdot O_2$$



Obr. 136 Souvislosti mezi obsahem kyslíku v suchých spalínách, přebytkem vzduchu a Siegertovým faktorem

Upozornění:

- K přebytku vzduchu: zemní plyn GZ 41,5/50, propan, butan, propan-butan téměř stejný se zemním plynem L, proto není znázorněn.
- Střední olej CLU 3 a střední olej HL Schwechat mezi křivkami topný olej EL a SA, proto není znázorněn.



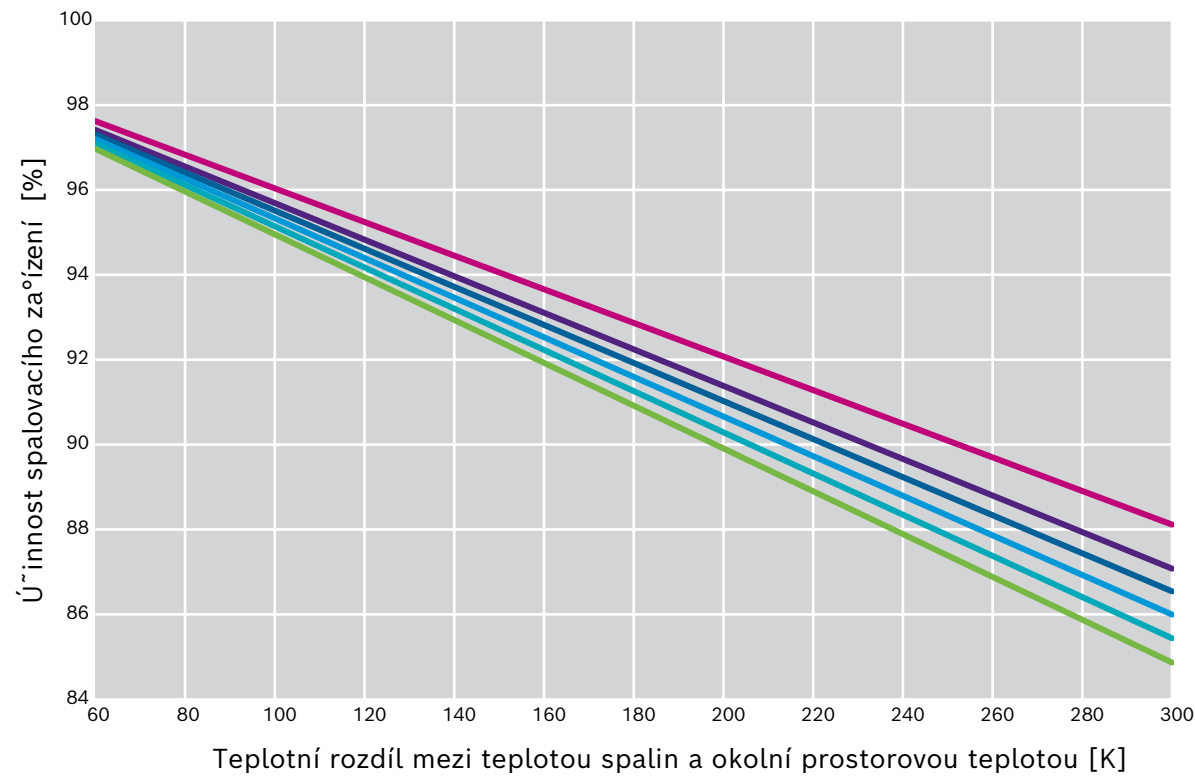
Účinnost spalovacího zařízení z plného výkonu do zhruba 35 % částečného výkonu parního kotlového zařízení stoupá. Přebytek vzduchu a tím i obsah CO₂ naměřený v suchých spalínách se zvyšuje pouze nepatrně, zatímco teplota spalin díky lepšímu využití teplosměnné plochy v kotli klesá. Při částečném výkonu < 35 % pak převažuje zde nezbytný vyšší přebytek vzduchu a účinnost spalovacího zařízení opět klesá.

→ Obr. 145, strana 269

Účinnost spalovacího zařízení zjišťuje například při měření emisí kominík nebo zákaznický servis. Tepelné ztráty sáláním a odváděním na povrch kotle zde nejsou zohledněny.

V následujícím diagramu je palivo zemní plyn H znázorněno v závislosti na účinnosti spalovacího zařízení na teplotě spalin při různém přebytku vzduchu. Čím vyšší je teplota spalin, tím nižší je účinnost.

Z diagramu je také možno jednoduše rozpoznat, že speciálně při vysokých teplotách spalin je nárůst účinnosti díky nízkému přebytku vzduchu, tedy nízkým hodnotám λ, obzvláště vysoký.



Obr. 137 Průběh účinnosti v závislosti na přebytku vzduchu λ bez kondenzace, jako příklad pro zemní plyn H

- λ = 1 (O₂ = 0 %)
- λ = 1,1 (O₂ = 2,14 %)
- λ = 1,15 (O₂ = 3,09 %)
- λ = 1,2 (O₂ = 3,96 %)
- λ = 1,25 (O₂ = 4,77 %)
- λ = 1,3 (O₂ = 5,52 %)

1.5 Účinnost kotle

Účinnost kotle η_k odpovídá účinnosti spalovacího zařízení po odečtu tepelných ztrát na povrchu kotle do okolního prostředí v místě instalace během doby běhu hořáku. Může být vypočten následovně:

$$\eta_k = 100 \% - q_A - \frac{\dot{Q}_{v,K}}{\dot{Q}_F}$$

oder

$$\eta_k = \frac{(\dot{Q}_F - q_A) \cdot (\dot{Q}_F - \dot{Q}_{v,K})}{\dot{Q}_F}$$

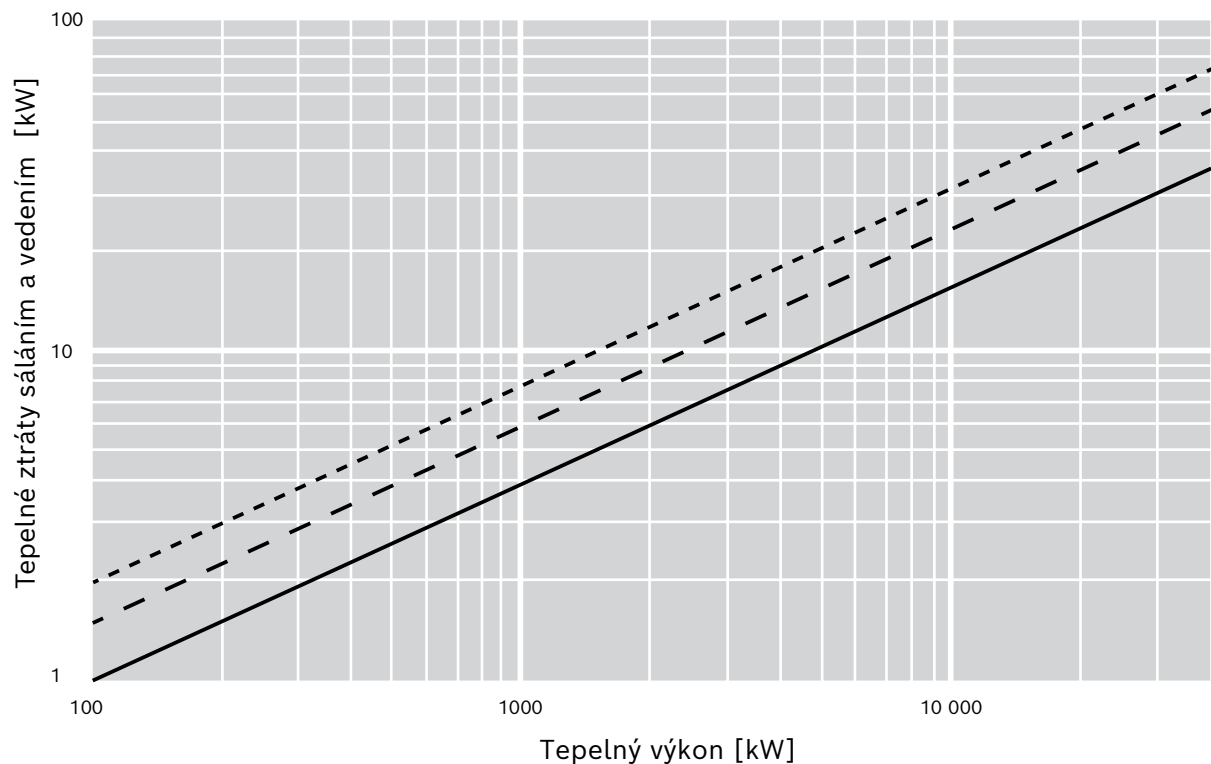


F31. Vzorec k výpočtu účinnosti kotle

η _k	Účinnost kotle
q _A	Spalinové ztráty vztažené k výkonu spalovacího zařízení a spodní hodnotě výhřevnosti [%]
Q̇ _{v,K}	Tepelné ztráty kotle [kW]
Q̇ _F	Aktuální tepelný výkon spalovacího zařízení kotle [kW]

Tepelné ztráty sáláním a vedením Q̇_{v,K} obecně nemohou být změřeny nebo vypočteny jednoduchým způsobem, proto jsou použity hodnoty ze zkušenosti dle EN 12953 část 11. Ty jsou závislé jednak na jmenovitém tepelném výkonu daného typu kotle a na druhé straně také na teplotě média na straně vody/páry uvnitř kotle a tím na provozním přetlaku.

Tyto tepelné ztráty jsou nezávislé na aktuálním výkonu kotle a provozu hořáku a vznikají při stejném provozním přetlaku vždy ve stejné výši. Pro účinnost kotle to znamená, že čím menší je aktuální výkon hořáku, tím výraznější význam tepelná ztráta má. Tepelná ztráta nastává i v časech odstávek hořáku. Během odstávky provozu, např. o víkendu nebo přes noc se mohou tyto ztráty zmenšit snížením provozního tlaku a tak i provozní teploty.



Obr. 138 Tepelné ztráty sáláním a vedením v závislosti na jmenovitém tepelném výkonu kotle a na teplotě média v kotli při tloušťce izolace 100 mm

- Střední teplota média 100 °C
- - - - Střední teplota média 150 °C
- Střední teplota média 200 °C

U účinnosti spalovacího zařízení a u účinnosti kotle jsou v podkladech výrobce uvedeny hodnoty jmenovitého výkonu a eventuálně ještě konkrétní stavy částečného výkonu např. při 75 %, 50 % a 25 % výkonu kotle. Zařízení parního kotle však normálně pracuje ve všech oblastech částečného výkonu. Při velmi nízkých odběrech páry přechází kotlové zařízení dokonce do provozu s delšími fázemi odstávek hořáku.

Účinnost kotle tedy nemůže být používána jako výhradní měřítko energetické efektivity. Aby byly lépe zohledněny odpovídající časy, které tráví kotlové zařízení v klidovém stavu a v provozu s hořákem, musí být jako hodnotící kritérium zjištěn stupeň využití.

1.6 Stupeň využití

Stupeň využití kotlového zařízení je kvocient vytvořený z množství tepla za určité časové období (většinou jeden rok). Pro kotlové zařízení je to využitá tepelná energie vztažená k topné energii dodané palivem.

$$\text{Stupeň využití } \eta = \frac{\text{výstupní energie}}{\text{vstupní energie}}$$



$$\eta = \frac{\int \dot{Q}_D dt}{\int \dot{Q}_F dt}$$



F32. Vzorec pro výpočet stupně využití

- η stupeň využití [%]
- $\int \dot{Q}_D dt$ kumulovaný parní tepelný výkon za daný čas [MWh]
- $\int \dot{Q}_F dt$ kumulovaný tepelný výkon spalovacího zařízení za daný čas [MWh]

Stupeň využití je rozhodujícím ukazatelem pro ekonomičnost celého zařízení. V něm jsou obsaženy všechny ztráty, tedy také ztráty, které vznikají v klidovém stavu, při najíždění a vypínání zařízení, při změnách výkonu, při odluhu a odkalu, v potrubích a v zásobnících (např. při termické úpravě vody).

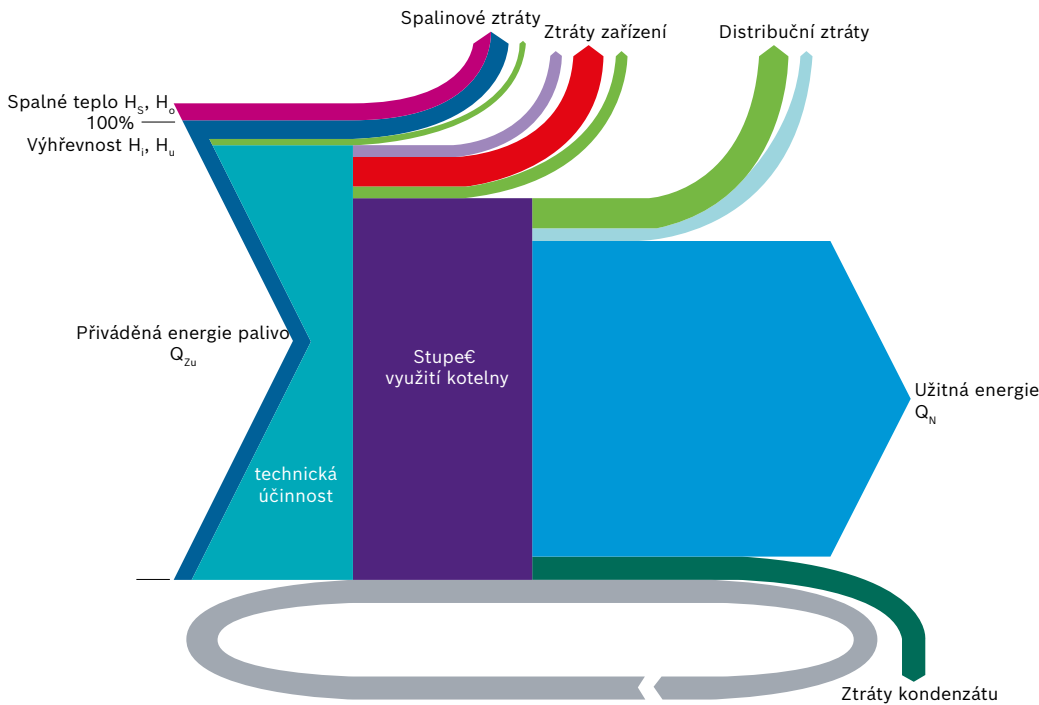
Tato důležitá veličina se však dá správně měřit pouze s měřením množství tepla na spotřebičích a měřením množství paliva a je většinou skutečně evidována pouze v rozsáhlých systémech energetického managementu.

1.7 Roční stupeň využití

$$\eta_a = \text{roční stupeň využití } [\%]$$



Přivedená topná energie $\dot{Q}_{zu,a}$ daného roku se určuje ze skutečně spotřebované palivové energie. K tomu se množství paliva měří plynoměry a průtokoměry oleje a násobí výhřevností.



Obr. 139 Diagram Sankey (diagram proudu energií) zařízení parního kotle

- Latentní teplo spalin
- Citelné teplo spalin
- Sálání a vedení (včetně ztrát v klidovém stavu)
- Ztráty provětráním
- Odluh a odkal, brýdové páry
- Netěsnosti (na odvaděčích kondenzátu, potrubích)
- Chybějící vrat kondenzátu a brýdové páry
- Vratný kondenzát

Množství energie $Q_{N,a}$ skutečně využívané v provozu se zjišťuje prostřednictvím měření množství páry a přepočtu množství tepla. Z množství páry a tlaku páry a popř. teploty páry se vypočítá množství tepla obsaženého v páře.

Měřeno a sečteno za dobu jednoho roku a vyděleno množstvím energie obsažené v palivu dostaneme roční stupeň využití zařízení.

V ročním stupni využití parního kotlového zařízení jsou tak obsaženy všechny ztráty parního kotlového zařízení podmíněné provozem, jako spalinové ztráty, ztráty zařízení, distribuční ztráty a ztráty kondenzátu.

Proti účinnosti kotle ve výši 95 % může být skutečný roční stupeň využití pouhých 60 %. Zejména když je průměrný výkon kotle velmi nízký, jsou ztráty vedením a sáláním, které jsou obecně na výkonu kotle nezávislé, v poměru k nasazenému teplu paliva velmi vysoké. Navíc k tomu přistupují ještě ztráty z provětrávání kotlového zařízení při taktování hořáku a ztráty na úpravu vody.

Pokud je zařízení velmi často provozováno pouze na částečný výkon, může připadat 20 ... 40 % potřeby paliva na provozní ztráty.

Roční stupeň využití $\eta_a = \frac{\text{výstupní energ.}}{\text{vstupní energ.}}$



$$\eta_a = \frac{Q_{N,a}}{Q_{Zu,a}}$$



F33. Vzorec k výpočtu ročního stupně využití

- a vztaženo na jeden rok (stupně účinnosti mohou být určovány také měsíčně nebo týdně)
- $Q_{N,a}$ užitná energie za rok [MWh]
- $Q_{Zu,a}$ přiváděná energie za rok [MWh]

Účinnost kotle s využitím kondenzačního tepla

Při spalování uhlovodíkových řetězců tak, jak se vyskytují ve většině kapalných nebo plyných paliv, vzniká ve spalinách vedle CO_2 také H_2O , tedy voda. Při vysokých teplotách spalin je tato voda ve formě páry.

Pokud je však možno teplotu spalin lokálně v místě zchladit pod kondenzační teplotu, pak vodní pára ve spalinách částečně kondenzuje na studených teplosměnných plochách a teplo, které je přitom odevzdáváno, může být využito.

Oproti vzorci pro kotel bez kondenzace je vzorec pro účinnost kotle rozšířen o podíl kondenzace:

$$\eta_{K, \text{spalné}} = \eta_{K, \text{suché}} + \frac{H_s - H_i}{H_s} \cdot \alpha$$



F34. Vzorec pro výpočet stupně účinnosti kotle s využitím kondenzace

- $\eta_{K, \text{spalné}}$ účinnost kotle s využitím kondenzace
- $\eta_{K, \text{suché}}$ účinnost kotle bez kondenzace
- H_s horní hranice výhřevnosti (spalné teplo) [kWh/kg]
- H_i spodní hranice výhřevnosti [kWh/kg]
- α podíl kondenzátu

Podíl kondenzátu udává poměr mezi prakticky vznikajícím a teoreticky možným množstvím kondenzátu ve spalinách a má hodnotu dle dimenzování většinou 0,3 ... 0,6.

Účinnost nad 100 % při účinnosti kondenzační techniky nejsou žádné perpetuum mobile, nýbrž se dají přičítat pouze k referenční bázi výhřevnosti H_i .

Pokud bychom nasazenou energii vztáhli k fyzikálně správné hodnotě spalného tepla H_s , byla by účinnost dosažitelná bez jakýchkoliv ztrát 100 %. Z důvodů srovnatelnosti s konvenčními zařízeními však bylo definováno, že bude i u kondenzačních zařízení ponechána jako referenční vztažná veličina výhřevnost.

→ Obr. 135, strana 250

Rozdíl mezi výhřevností a spalným teplem je latentní teplo ve spalínách a představuje maximální podíl tepla, který může být přidavne získán kondenzací vodního podílu ve spalínách.

Následující diagram má zřetelně znázornit zisk účinnosti z kondenzace spalín a ekonomickou optimalizaci.

U paliva plynu až do začátku kondenzace spalín (při teplotě teplosměnných ploch zhruba 56 °C) stoupá účinnost lineárně s redukcí teploty spalín. Při počínající kondenzaci ve spalínách však již není rozhodující redukce teploty, nýbrž především míra kondenzace α vodní páry obsažené ve spalínách. V diagramu jsou modrou barvou čárkovaně znázorněny různé míry kondenzace 25, 50, 75 a 100 %. Při odpovídající vysoké míře kondenzace účinnost dále skokově stoupá.

Speciální konstrukce kondenzačního tepelného výměníku přitom umožňuje, aby při velmi nízkých vstupních teplotách vody (například přidavné vody o teplotě 15 °C) i u teploty spalín měřené v komíně zřetelně nad rosným bodem spalín již kondenzovala značná množství vody obsažené ve spalínách.

Například je v diagramu k zemnímu plynu H dosaženo účinnosti 100,9 % při míře kondenzace 34 % a měřené průměrné teplotě spalín 75 °C.

→ Obr. 140, strana 263

Rozhodující pro výši míry kondenzace α je vedle množství vody především pokud možno velký odstup vstupní teploty vody od minimální teploty kondenzace, která je v diagramu znázorněna křivkou míry účinnosti závislou pouze na teplotě, a to červenou (zemní plyn H) nebo fialovou (topný olej EL.)

Modře znázorněná oblast představuje technicky dosažitelnou oblast kondenzace spalín pro parní kotlová zařízení.

1 Příklad 1:

- Ekonomizér
- Přebytek vzduchu $\lambda = 1,1$
- Teplota napájecí vody na vstupu Eco 103 °C
- Výstupní teplota spalín 126 °C

Zemní plyn H:

- Výstupní teplota spalín 126 °C
- Účinnost 95,4 %

Topný olej EL:

- Výstupní teplota spalín 126 °C
- Účinnost 95,6 %

2 Příklad 2:

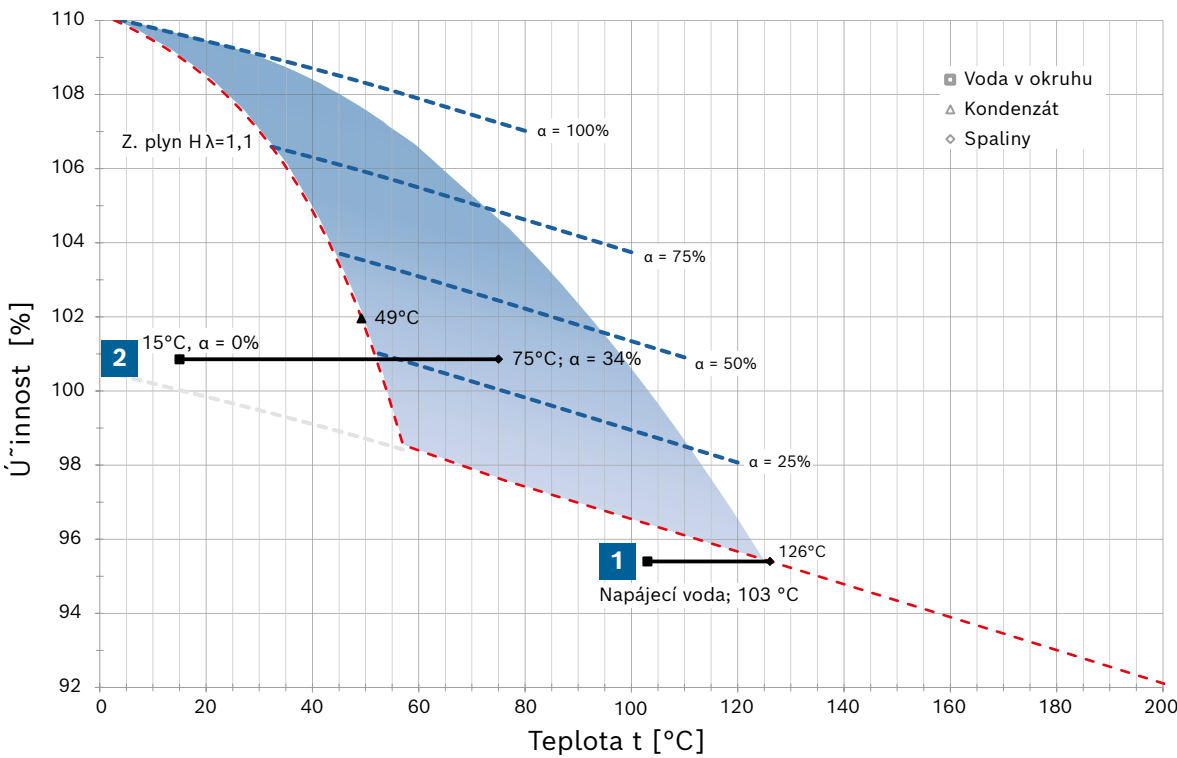
- Kondenzační ekonomizér
- Přebytek vzduchu $\lambda = 1,1$
- Vstupní teplota přidavné vody 15 °C

Zemní plyn H:

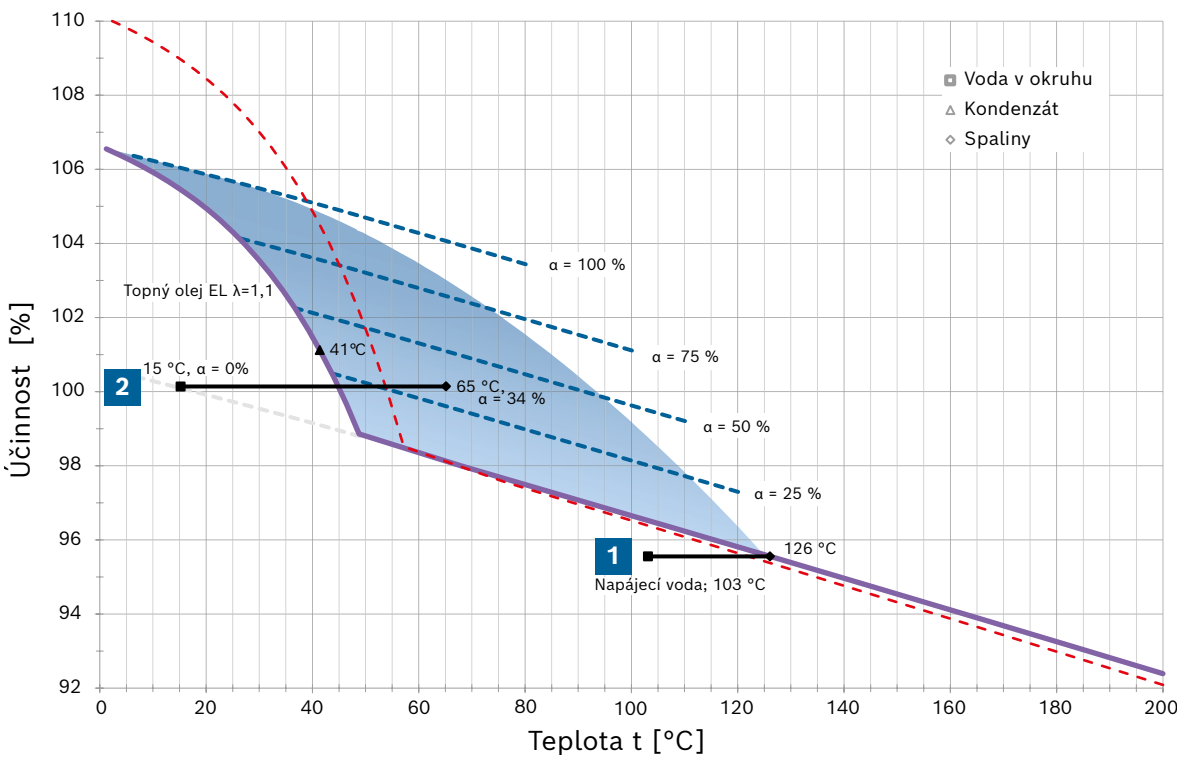
- Výstupní teplota spalín 75 °C
- Podíl kondenzátu kondenzační ekonomizér $\alpha = 34 \%$
- Teplota kondenzátu 49 °C
- Účinnost 100,9 %

Topný olej EL:

- Výstupní teplota spalín 65 °C
- Podíl kondenzátu kondenzační ekonomizér $\alpha = 34 \%$
- Teplota kondenzátu 41 °C
- Účinnost 100,2 %



Obr. 140 Průběh účinnosti spalovacího zařízení v závislosti na teplotě spalín u zemního plynu H ($H_i = 10,35 \text{ kWh/m}_n^3$, $T_L = 20 \text{ °C}$)



Obr. 141 Průběh účinnosti spalovacího zařízení v závislosti na teplotě spalín u topného oleje ($H_i = 11,89 \text{ kWh/kg}$, $T_L = 20 \text{ °C}$)



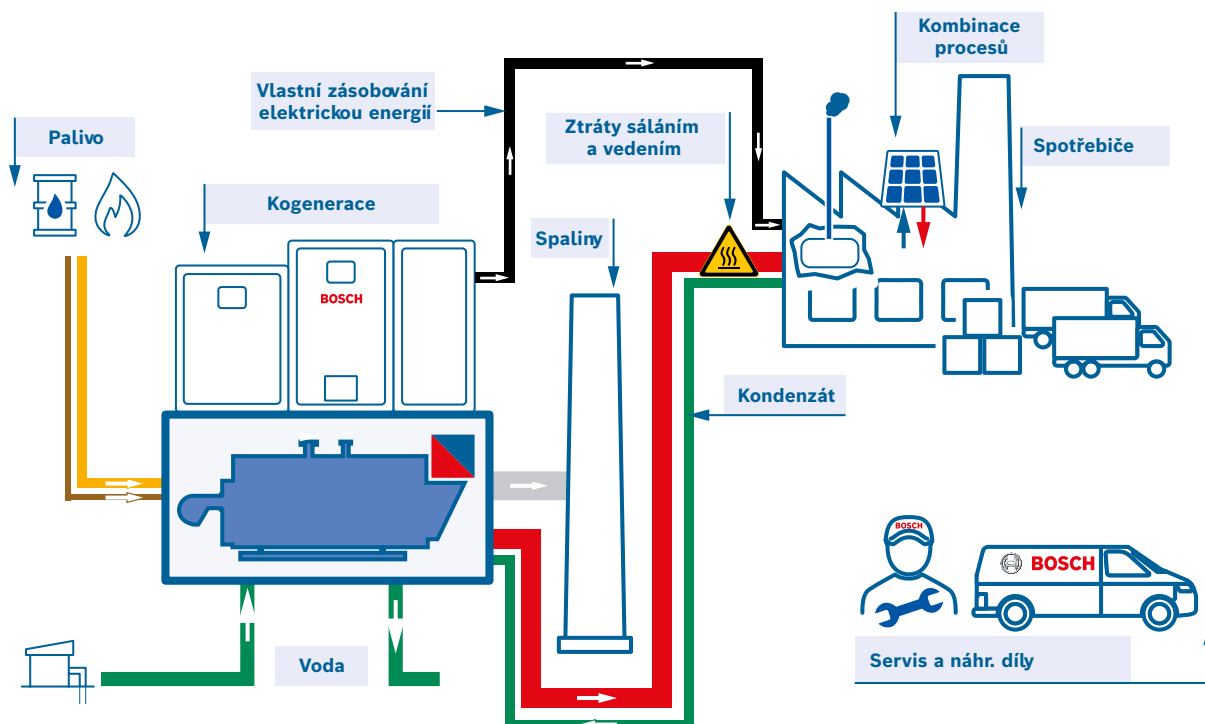
Zejména u paliva olej je třeba z důvodu rozdílného složení paliva než u plynu respektovat, že podíl vodní páry ve spalinách je podstatně nižší a tím je odpovídajícím způsobem nižší i zisk účinnosti z kondenzace.

1.8 Posouzení provozních nákladů

Aby byly palivové náklady kotlového zařízení udržovány co nejnižší, má význam roční stupeň využití dosažený v praxi. A aby bylo možno vyjádřit se k celkovým provozním nákladům, musí být do posouzení zahrnuty přídatně ještě náklady na elektrickou energii ventilátoru a čerpadel, náklady na odpadní vody a napájení vodou a v neposlední řadě i výdaje na obsluhu, údržbu a kontroly.

K celkovému posouzení by měla být zhodnocena i následující témata:

- Energetická a látková bilance kotle
- Energetická a látková bilance kompletního parního systému s úpravou vody, se všemi potrubími, všemi spotřebiči a systémem kondenzátu
- Vlivy na zařízení podmíněné údržbou a provozem
- Možnosti optimalizace kombinací s dalšími technologiemi jako jsou kogenerace nebo solární energie



Obr. 142 Vlivy na celkové posouzení provozních nákladů parního kotlového zařízení



2 Zvyšování efektivity spalovacího zařízení

2.1 Teplota spalin, resp. spalinová ztráta

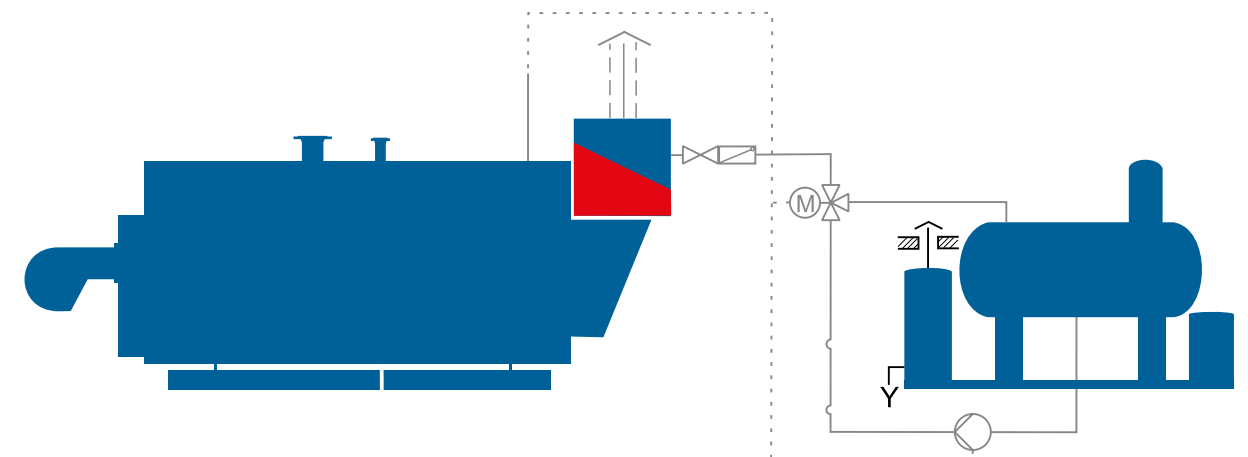
2.1.1 Ekonomizér

Teplota spalin na výstupu z kotle se běžně pohybuje zhruba okolo 60 K nad teplotou média, která je uvnitř parního kotle.

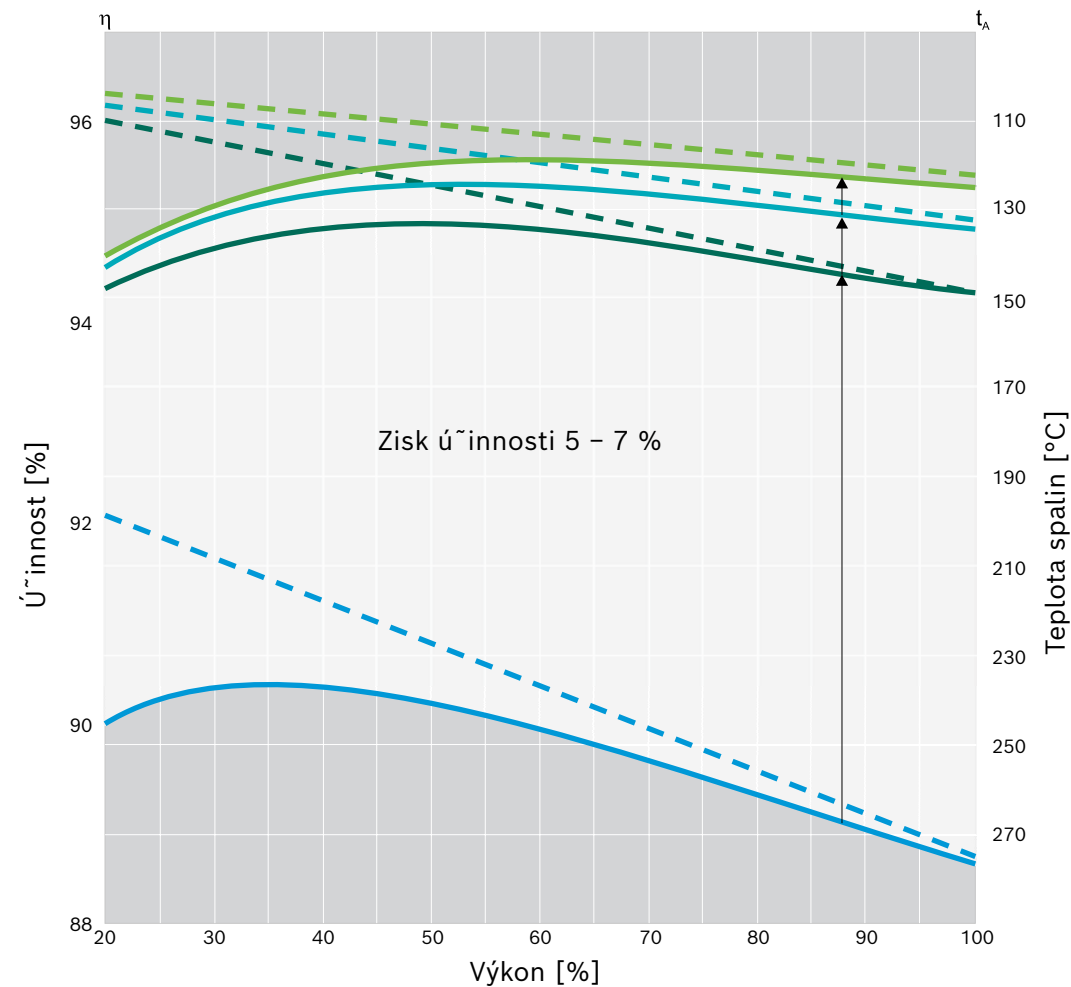
→ Obr. 65, strana 153

Při provozním přetlaku 10 bar, odpovídajícím teplotě syté páry 185 °C, je tedy teplota spalin zhruba na 245 °C. To odpovídá spalinovým ztrátám zhruba 11 %. Jak je znázorněno v grafickém přehledu (obr. 144, strana 268), snižuje se poklesem teploty spalin vždy o 20 °C spalinová ztráta zhruba o 1 %, resp. účinnost kotle se odpovídajícím způsobem zvyšuje.

S použitím integrovaného nebo následně zařazeného ekonomizéru je možno teplotu spalin zchladit dle dimenzování ekonomizéru na 120 ... 140 °C a tak značně zredukovat spalinové ztráty. Spaliny přitom odevzdávají teplo do napájecí vody kotle vedené protiproudem. Teplo odebrané proudy spalin je do kotle přiváděno ohřátou napájecí vodou. Tím se technicky zvýší účinnost spalovacího zařízení o 5 ... 7 %.



Obr. 143 Zjednodušené schéma parního kotlového zařízení s integrovaným ekonomizérem



Obr. 144 Zisk účinnosti pro různé příklady velikosti ekonomizérů (vzestupně od 1 do 3)

η	ECO 3	t_A	ECO 3
	ECO 2		ECO 2
	ECO 1		ECO 1
	bez		bez

Optimálního zisku účinnosti přitom dosahují neregulované ekonomizéry, neboť je při částečném výkonu disponibilní teplosměnná plocha optimálně využita ke zchlazení spalin.

→ Technika – Kapitola 3.3: Ekonomizér, strana 152

Pokud ovšem musí být brán ohled na přípustnou minimální teplotu komína, mohou být ekonomizéry individuálně dimenzovány na různé vstupní a výstupní teploty.

Aby bylo na jedné straně dosaženo vysoké ekonomičnosti nízkou teplotou spalin a na druhé straně byla dodržena minimální přípustná teplota spalin pro komín, jsou nezbytnými komponenty kotle plynulá regulace napájecí vody a bypassová regulace na straně vody. Integrovaný ekonomizér dnes patří ke standardní výstroji parního kotle téměř ve všech případech aplikace. Většinou se amortizuje již za několik málo měsíců.

2.1.2 Kondenzační ekonomizér

Při využití spalného tepla je ze spalin částečně odebíráno nejen citelné teplo navázané na teplotu, ale i kondenzační teplo vázané ve vodní páře.

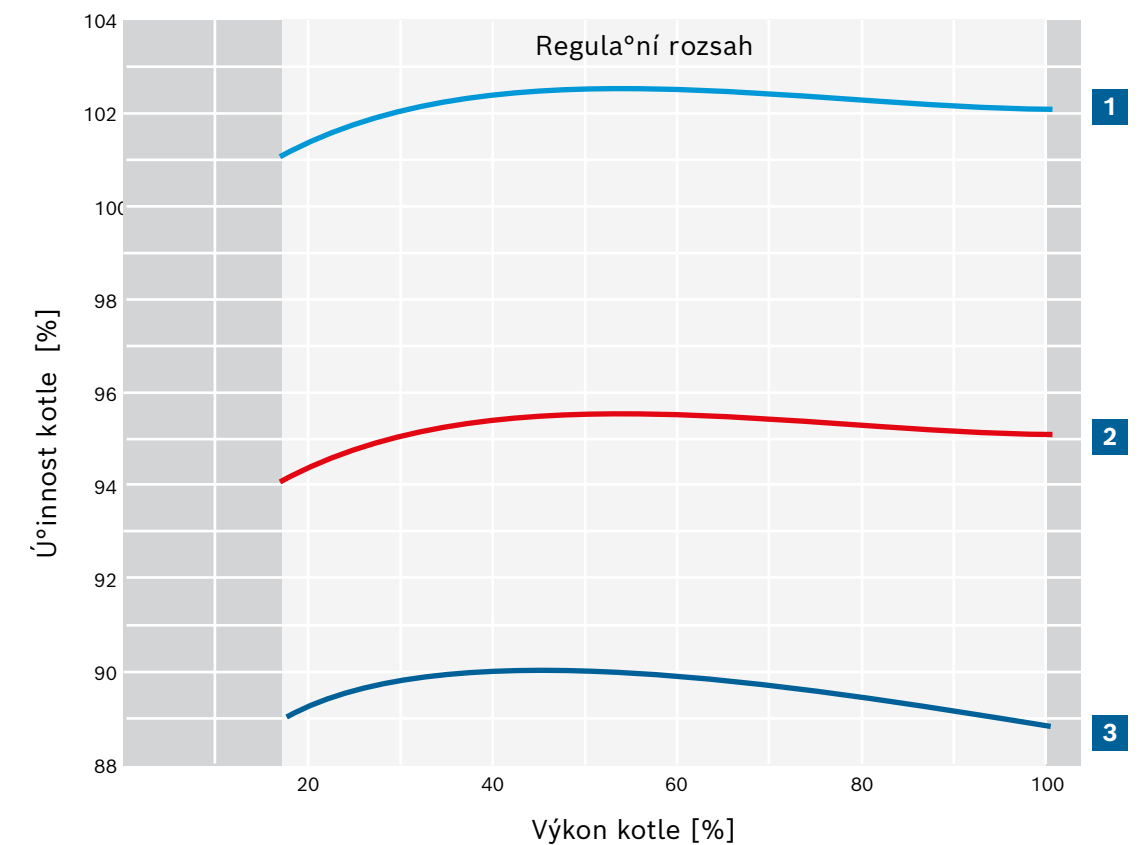
Tak vzniká kapalný spalinový kondenzát, který musí být odveden ze spalinových cest, zneutralizován a vypuštěn do kanalizace.

Materiály odolné vůči korozi v tepelných výměnících, spalinové systémy nenáchylné na vlhkost a komíny z nerezové oceli to umožňují, aniž by to dlouhodobě způsobovalo poškození korozí.

Za správných rámcových podmínek je možné zlepšení účinnosti až o 7 %. Kondenzační ekonomizér je přitom vždy zařazen následně za suchým ekonomizérem na straně spalin.

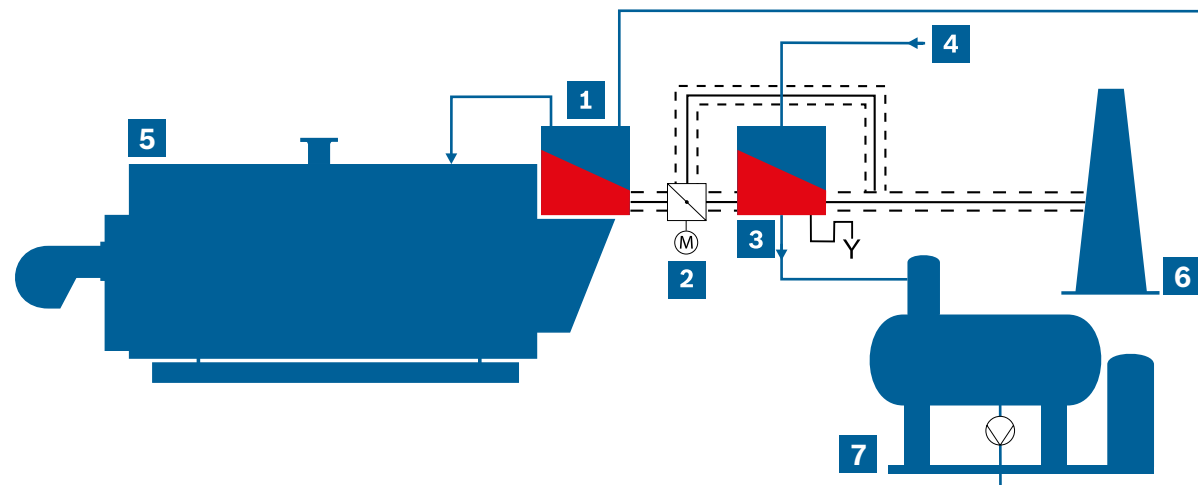
→ Obr. 145, strana 269

V následujícím grafu je jako příklad znázorněna účinnost kotle přes výkon kotle.



Obr. 145 Průběh účinnosti ve výkonu kotle s kotlem bez ekonomizéru, kotlem s ekonomizérem a s přidavným kondenzačním tepelným výměníkem

- 1 Parní kotel s ekonomizérem a s kondenzačním tepelným výměníkem
- 2 Parní kotel s ekonomizérem
- 3 Parní kotel bez ekonomizéru



Obr. 146 Zjednodušené schéma parního kotlového zařízení s integrovaným ekonomizérem a následně zařazeným kondenzačním ekonomizérem

- | | |
|---|--|
| 1 Integrovaný ekonomizér (ocel) | 5 Parní kotel |
| 2 Bypassová spalínová klapka | 6 Komín |
| 3 Kondenzační ekonomizér (nerezová ocel) | 7 Modul tepelné úpravy vody WSM-V |
| 4 Přídavná voda | |

K ekonomickému provozu kondenzačního ekonomizéru je třeba dostatečně velký (> 30 % výkonu parního kotle) a chladný (teplota < 35 °C) proud vody, který slouží jako nízkoteplotní jímač tepla. Kromě toho by měl být k dispozici během provozu parního kotle.

→ Obr. 146, strana 270

U parních kotlových zařízení to může být přídavná voda k doplňování zásobníku napájecí vody.

Zvláště to platí pro zařízení, u nichž je přímým ohřevem páry získáváno zpět pouze velmi málo kondenzátu (< 50 % parního výkonu) nebo není získáván kondenzát žádný (např. při výrobě polystyrenu nebo chleba, jakož i u zvlhčování vzduchu nebo sušení). Přídavně musí být vždy vyrovnávány ztráty vody odluhem, odkalem, odvodňujícím odpařováním a netěsnostmi v parním systému.

Tato ztrátová množství jsou specificky dle daných zařízení velmi rozdílná. Mohou být daleko nad polovinou vyrobeného množství páry a musí tak být také nahrazena přídavnou vodou. Přídavná voda je po úpravě vody k dispozici většinou maximálně s 15 °C a hodí se velmi dobře k předehřevu v kondenzačním tepelném výměníku.

Nízká vstupní teplota vody umožňuje rozsáhlou kondenzaci spalin a tím i optimální využití spalného tepla. Při této aplikaci je v pravidelném provozu taktéž dán součinitel soudobosti mezi disponibilitou odpadního tepla a potřebou tepla, takže je užítka vždycky dosaženo.

U vysoké míry vratu kondenzátu je však potřebný objemový proud přídavné vody malý, takže není kondenzační ekonomizér vždy ekonomický.

Pokud je však k dispozici vhodný nízkoteplotní okruh vody, může být kondenzační technika přesto využita. Uvolněné kondenzační teplo může být používáno například k ohřevu užitkové vody, především v potravinářském průmyslu, nebo také k podpoře topení.

Na rozdíl od topných systémů budov s jasně definovatelnými systémovými a vratnými teplotami se v průmyslu najdou nejrůznější systémy aplikace páry a ohřevu. Tím si vzájemně konkurují nejrůznější systémy úspory energií a zpětného získávání tepla.

Aby bylo nalezeno nejekonomičtější řešení, je třeba řádná analýza všech zdrojů odpadního tepla a tepelných spotřebičů. Zejména k optimálnímu využití kondenzační techniky je nezbytná úzká součinnost mezi provozovatelem, projektantem a výrobcem kotle, aby bylo možno z celé řady možností vybrat ta nejefektivnější opatření.

Pokud by pro kondenzační teplo ve spalinách nebyl k dispozici žádný vhodný tepelný spotřebič, může být jako opatření ke zvýšení efektivity nasazen předehřev vzduchu popsany v následující kapitole.

2.1.3 Předehřívák vzduchu

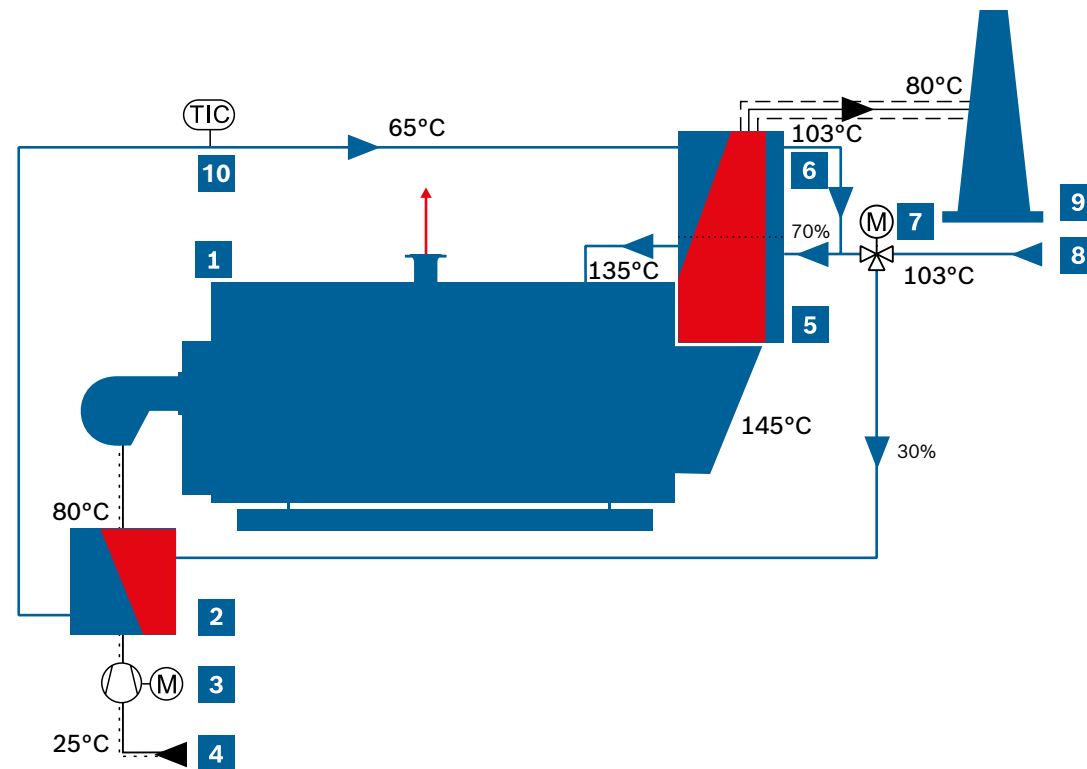


Obr. 147 Předehřívák vzduchu

U nově zřizovaných zařízení s ekonomizérem se jako opatření ke zvýšení účinnosti nabízí i předehřívák vzduchu.

Přitom se spalovací vzduch ohřeje v tepelném výměníku předřazeném hořáku z okolní prostorové teploty až zhruba na 80 °C. Nyní proudí napájecí voda zchlazená na zhruba 65 °C druhou vložkou ekonomizéru, čímž se teplota spalin sníží přibližně na 80 °C.

Bosch nabízí systémy předehřevu vzduchu pro jednoplamencové a dvouplamencové kotle s hořáky Duoblock. Protože je hořák speciálně dimenzovaný a musí být zohledněny náklady na instalaci tepelných výměníků spalovacího vzduchu, přídatný ekonomizér a potrubí, je předehřev vzduchu ekonomicky velmi zajímavý buď při vysokých provozních hodinách zhruba 4000 h/ rok při plném výkonu nebo od výkonů kotle zhruba 5 tun páry/ hodinu. Doba amortizace vícenákladů předehřevu vzduchu pak často činí pouze 1,5 ... 2 roky. Ale také dovybavení stávajících zařízení je při vysokých ročních provozních hodinách zhruba 6 000 h/rok většinou ekonomicky smysluplné.



Obr. 148 Předehřev spalovacího vzduchu u parního kotle dle patentu Bosch

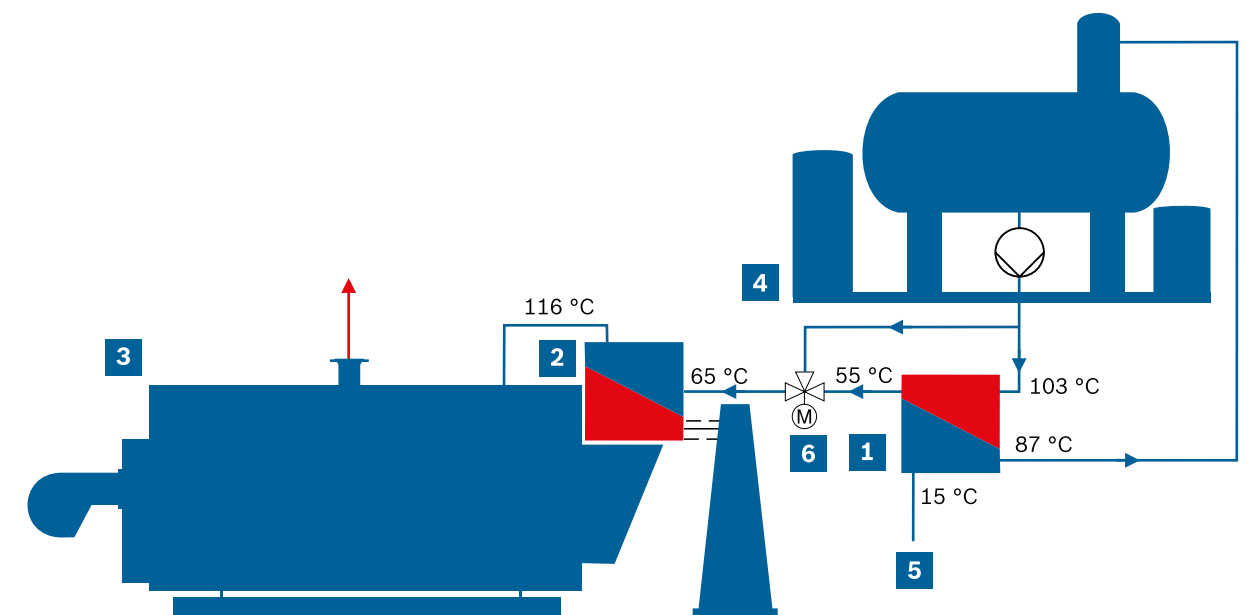
- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Parní kotel | 6 Spalinový tepelný výměník stupeň 2 |
| 2 Tepelný výměník spalovacího vzduchu | 7 3-cestný ventil |
| 3 Ventilátor | 8 Napájecí voda |
| 4 Spalovací vzduch | 9 Komín |
| 5 Spalinový tepelný výměník stupeň 1 | 10 Regulátor teploty (TIC) |

2.1.4 Chladič napájecí vody



Obr. 149 Modul chlazení napájecí vody

Rozhodující veličinou pro účinnost spalovacího zařízení na parním kotli bez kondenzace spalin je teplota spalin. Napájecí voda použitá v ekonomizéru ke zchlazení spalin však u zařízení s termickým odplyněním není chladnější než 103 °C. Tím může být teplota spalin v ekonomizéru ekonomicky zchlazena pouze zhruba na 120 °C.



Obr. 150 Modul chlazení napájecí vody

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 Modul chlazení napájecí vody | 4 Modul tepelné úpravy vody |
| 2 Ekonomizér | 5 Přídavná voda |
| 3 Parní kotel | 6 3-cestný ventil |



Když však bude v celkovém zařízení tepelný spotřebič s teplotní hladinou pod 100 °C, jako např. ohřev přídavné vody parního kotlového zařízení, vytápění budovy nebo ohřev užitkové vody, pak je možné zredukovat teplotu napájecí vody ze 103 °C až na 65 °C pomocí jednoduchého a cenově příznivého deskového tepelného výměníku. Bez přídavné investice do ekonomizéru je tak nyní možné díky většímu rozptýlu mezi teplotou spalin a teplotou napájecí vody i spaliny zchladit dále zhruba na 85 °C. Tím se zvýší účinnost spalovacího zařízení a je možné dosáhnout úspor paliva ve výši až 1,8 %.

Toto opatření ke zvýšení efektivity může být také realizováno pro stávající zařízení jako dovybavení s relativně nízkými investičními náklady.

2.1.5 Shrnutí

Optimalizovat snížení spalinových ztrát je prvořadým úkolem při plánování a také při provozu parních kotlových zařízení. Přitom se často klade otázka:

Jaká opatření nebo kombinace opatření vedou ke zpětnému získávání tepla?

V následujícím diagramu jsou jako příklad znázorněna opatření na redukcí spalinových ztrát na parním kotli, která byla v předchozích odstavcích popsána.

Nejvhodnější technologie pro optimální ekonomičnost parního kotlového zařízení je závislá na příslušném konkrétním případě aplikace. Pro volbu opatření na zvýšení účinnosti jsou rozhodující zejména „velikost“ a teplotní úroveň nízkoteplotního jímáče tepla.

Příklad:

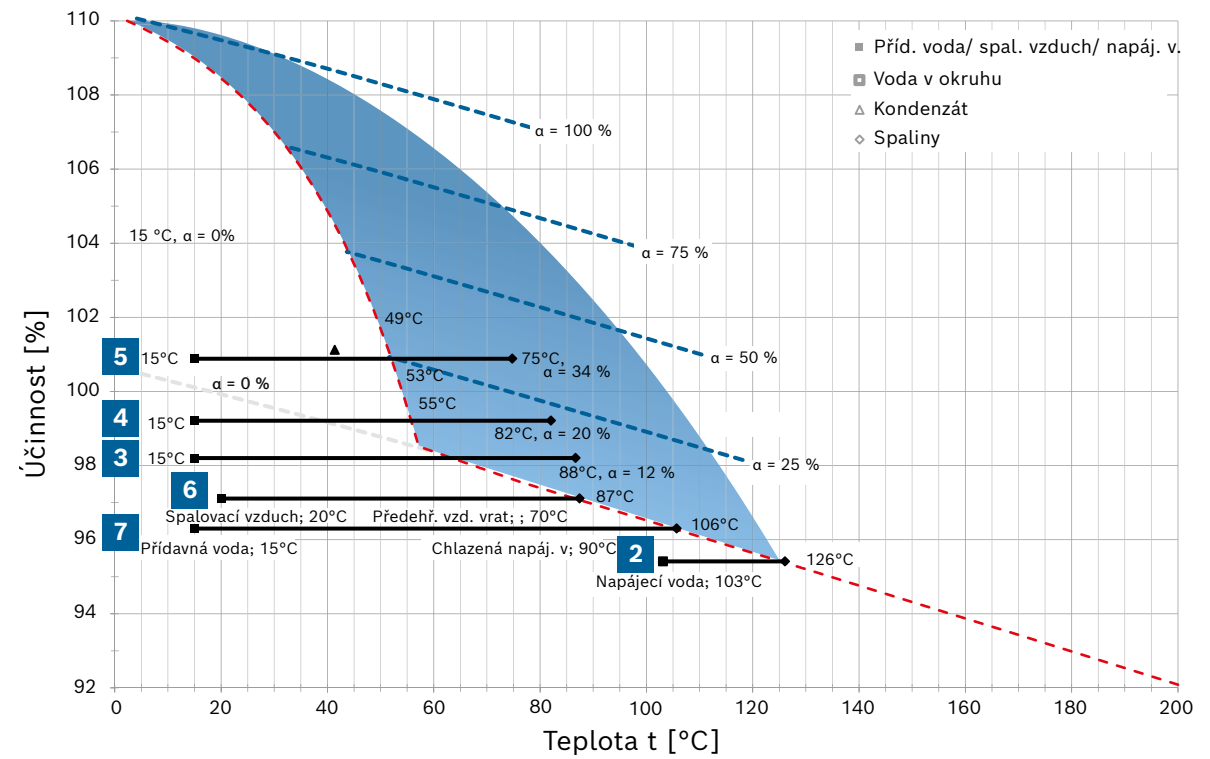
Míra kondenzátu	$c = \dot{m}_{Ko} / \dot{m}_D$
Míra přídavné vody	$z = 1 - c$
UL-S	10 000 x 16
Parní výkon zařízení	10 000 kg/h při $p_m = 13 \text{ bar}$
Míra odluhu	5 %

Případ	Komponent	Účinnost	
		Komponenty	Celkem
1	Kotel	88,9 %	---
2	Kotel + ekonomizér	88,9 % + 6,5 %	95,4 %
3	Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 0,3 / \alpha = 12 \%$)	88,9 % + 6,5 % + 2,8 %	98,2 %
4	Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 0,5 / \alpha = 20 \%$)	88,9 % + 6,5 % + 3,8 %	99,2 %
5	Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 1 / \alpha = 34 \%$)	88,9 % + 6,5 % + 7,6 %	100,9 %
6	Kotel + ekonomizér + předehřev vzduchu (20 °C na 65 °C)	88,9 % + 6,5 % + 1,7 %	97,1 %
7	Kotel + ekonomizér + chlazení napájecí vody (se $z = 0,3$)	88,9 % + 6,5 % + 0,6 %	96,0 %

Tab. 29 Příklady pro kombinaci opatření k nejlepšímu zpětnému získávání tepla

Jímače používané pro kondenzační tepelný výměník jsou zpravidla přídavná voda pro výrobu páry, podporu topení nebo ohřev užitkové vody. Totéž platí pro chladič napájecí vody, který je vysoce příznivou alternativou ke kondenzačnímu ekonomizéru obzvláště tehdy, když je proud vody, který má být ohříván, relativně malý nebo jako v případě topení, kdy teplo nemůže být využíváno kontinuálně po celý rok.

Pokud není žádný jímač tepla k dispozici (nebo je k dispozici pouze časově velmi kolísavý jímač), je smysluplné použít předehřev vzduchu.



Obř. 151 Diagram teploty a účinnosti u parních kotlových zařízení s opatřeními na zvýšení účinnosti

- 1 Kotel (není znázorněno)
- 2 Kotel + ekonomizér
- 3 Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 0,3 / \alpha = 12 \%$)
- 4 Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 0,5 / \alpha = 20 \%$)
- 5 Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 1 / \alpha = 34 \%$)
- 6 Kotel + ekonomizér + předehřev vzduchu (20 °C na 65 °C)
- 7 Kotel + ekonomizér + chlazení napájecí vody (se $z = 0,3$)

2.2 Zvyšování efektivity na systému hořáku

2.2.1 Ventilátor spalovacího vzduchu

K úplnému spalování je nezbytná optimální směs paliva a vzduchu. Průmyslová kotlová zařízení jsou však často provozována i v rozsahu částečného výkonu. Zde se redukuje jak přívod paliva, tak i přívod vzduchu.

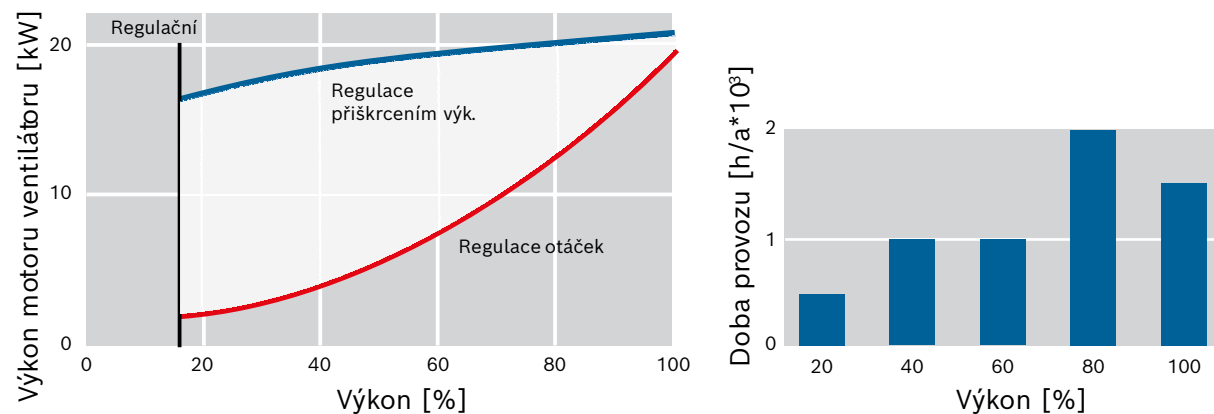
Ventilátor spalovacího vzduchu bez regulace otáček běží i při částečném výkonu na jmenovité otáčky, neboť v takovém případě je množství vzduchu přiváděné ke spalování zaškrsováno čistě přes zavírání vzduchových klapek. Ventilátor přitom odebírá vysoký elektrický výkon, který je zaškrcením spotřebován bez užítu. Pokud se množství vzduchu mění převážně modulací otáček ventilátoru, pak je odebíraný výkon v rozsahu částečného výkonu mnohem menší.

Analogicky k redukci odebíraného výkonu se chová i hlučnost. Všechna zařízení, která jsou často a dlouho provozována v úseku částečného výkonu, by měla být vybavena ventilátory s regulací otáček.

U profilu výkonu hořáku se středním výkonem se tak dá uspořit již okolo 40 % elektrické energie. To dělá zpravidla čtyřmístnou částku ročních úspor v Eurech, čímž se hořák s regulací otáček většinou amortizuje za jeden rok.

Příklad:

Výkon kotle	10 t/h
Ventilátor hořáku	22 kW
Úspora elektřiny	zhruba 48 000 kWh/a (42 %)
Úspora nákladů	zhruba 6 720 €/a (při ceně elektřiny 0,14 €/kWh)



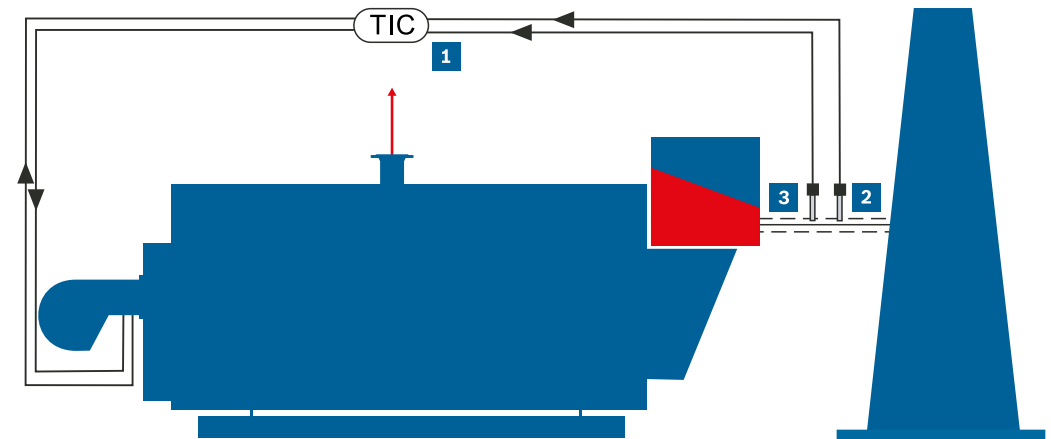
Obr. 152 Úspora energie díky ventilátoru hořáku s regulovanými otáčkami

2.2.2 Přebytek vzduchu

Ideálem ve spalovací technice je stechiometrické spalování. To je případ, kdy všechny molekuly paliva plně zreagují se vzdušným kyslíkem, aniž by zůstaly zbytky nespáleného paliva nebo kyslíku.

Pokud je během spalovacího procesu přiváděno příliš málo vzdušného kyslíku, pak může proběhnout pouze neúplná spalovací reakce. Negativním důsledkem by byl vznik oxidu uhelnatého, vysoce jedovatého plynu. Pokud se množství vzduchu příliš silně zvýší, znamená to, že všechny molekuly paliva s molekulami kyslíku již zreagovaly. Zbylé molekuly kyslíku tvoří nepotřebný přebytek. Protože se jako spalovací vzduch obvykle používá studený okolní prostorový vzduch, pak se zbytečně vysokým přebytkem vzduchu pouze ohřívá tento studený spalovací vzduch, který je společně se spaliny odváděn do atmosféry.

Optimální nastavení spalovacího vzduchu je tak důležité pro efektivitu a bezpečný nízkoemisní provoz. Podmíněně tlakem vzduchu, teplotou vzduchu a kolísáním vlhkosti vzduchu na jedné straně a kolísáním kvality paliva, které v Německu bude v příštích letech díky další liberalizaci trhu s plynem dále narůstat, na straně druhé, musí být v porovnání s teoretickým optimem jako jistota nastaven určitý přebytek vzduchu. Vzniku jedovatého a výbušného oxidu uhelnatého musí být za všech okolností zabráněno. Tato nastavení jsou v normálním případě prováděna při uvádění kotlového zařízení do provozu nebo během čtvrtletní či pololetní údržby.

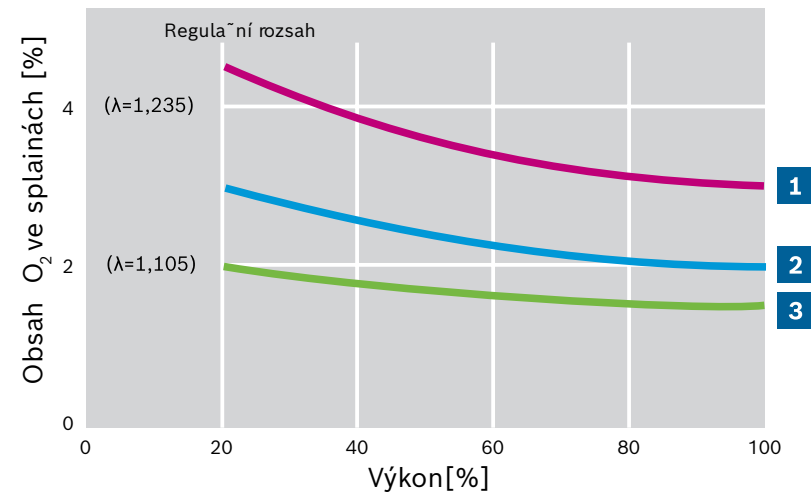


Obr. 153 Regulace O_2 a CO na parním kotli (zjednodušené znázornění)

- | | |
|----------------------|-------------|
| 1 Regulace | — Pára |
| 2 Měřicí sonda O_2 | --- Spaliny |
| 3 Měřicí sonda CO | |

Aby bylo možno zařízení i při proměnlivých podmínkách provozovat blíže optimálnímu bodu provozu, jsou nezbytná kontinuální měřicí a regulační zařízení. Regulace O_2 se skládá z podstatné části ze sondy na měření kyslíku nainstalované ve spalinovém proudu včetně regulace. Zaznamenává přitom kontinuálně obsah zbytkového kyslíku ve spalínách a dává signál dál řízení hořáku, které si doreguluje potřebné množství vzduchu.

Již několik let jsou k dispozici kombinované elektrody (O_2 a CO). V kombinaci s měřením CO může být přebytek vzduchu ještě lépe umístěn na hranici CO. Použitím regulace O_2 a CO je možné přebytek vzduchu obvykle nastavovaný při plném výkonu 3 ... 4 obj.-% kyslíku ve spalínách zredukovat na 0,5 ... 1,0 obj.-% kyslíku. Při stejné teplotě spalin to odpovídá snížení spalínové ztráty zhruba o 1 procento. U paliva olej není regulace CO použitelná.



Obr. 154 Obsah zbytkového kyslíku a přebytek vzduchu u regulace O_2 a CO přes výkon hořáku

- 1** Bez regulace
- 2** S regulací O_2
- 3** S regulací CO

2.2.3 Úprava výkonu

Ve stávajících zařízeních, ale příležitostně i v nových zařízeních je někdy příliš velký výkon kotle v poměru ke skutečně potřebnému parnímu výkonu.

Příčiny jsou často:

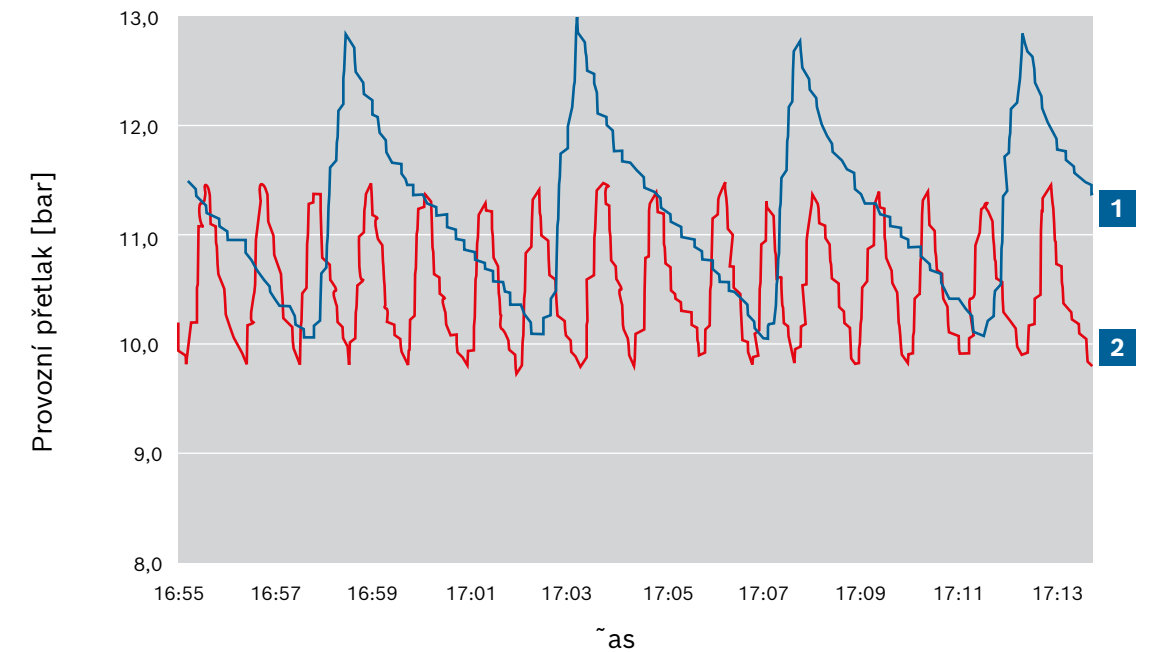
- **Snížení spotřeby stávajících zařízení**, např. úbytkem spotřebičů nebo dodatečným využitím potenciálů zpětného získávání tepla
- **Předimenzování v plánování u nových zařízení**, např. díky chybnému vyhodnocení faktorů soudobosti spotřebičů, zohlednění příliš hojných výkonových rezerv nebo dosud nerealizovanému, avšak již zohledněnému rozšíření spotřebičů

Následkem je příliš nízký odběr páry ve vztahu k výkonu kotle a tak velký počet zapínání a vypínání hořáku. Tím jsou způsobovány ztráty z provětrání a také pnutí díky změnám teplot, která mohou být zejména při dlouhých časech provětrávání extrémní.

→ Efektivita – Kapitola 2.2.4: Provětrání, strana 279

Aby byl příliš velký výkon kotle vyrovnán, mohou být přijata následující opatření:

- Vestavba řízení pro nízký výkon, která umožní časovou prodlevu okamžité regulace na vysoký výkon po startu hořáku
- Nasazení regulátorů výkonu, které umožňují hořák časově neomezeně udržovat ve stupni malého výkonu
- Nasazení hořáků s vysokým regulačním rozsahem
- Přizpůsobení výkonu kotle skutečným požadavkům. To pak podmiňuje odpovídající modifikaci hořáku nebo také namontování hořáku s menším rozsahem výkonu.



Obr. 155 Průběh tlaku před a po úpravě výkonu hořáku

- 1** Průběh tlaku před úpravou výkonu hořáku
- 2** Průběh tlaku po úpravě výkonu hořáku

2.2.4 Provětrání

Před každým startem hořáku musí být zajištěno, že se ve spalinových cestách nebudou nacházet žádné zápalné směsi. V praxi se toho dosahuje provětráním. Dříve, než hořák zapálí plamen, naběhne ventilátor spalovacího vzduchu a tlačí studený okolní prostorový vzduch skrz horké spalinové cesty, které jsou ještě na teplotě varu. Studený vzduch se přitom ohřívá a odebírá kotli teplo.

Je předepsaná dostatečná výměna vzduchu, což zejména při častých startech hořáku může představovat nemalou energetickou ztrátu.

Doba provětrání musí být zpravidla dimenzována tak, aby proběhla 2 ... 3-násobná výměna vzduchu ve vztahu k celému spalinovému systému. Dimenzování přitom musí být odsouhlaseno s technickým kontrolním orgánem. Vedle špatné ekonomičnosti častých startů hořáků tyto příliš časté starty také negativně ovlivňují životnost. Měla by být snaha v ideálním případě o 1 ... 2 zapínací cykly hořáků za hodinu. Při více než 4 zapínacích cyklech hořáku za hodinu by měla být přijata opatření ke snížení počtu zapínacích cyklů hořáku, jako např. úprava výkonu hořáku.

→ Efektivita – Kapitola 2.2.3: Úprava výkonu, strana 278



$$Q_{v,provětrání} = 1,26 \cdot Q_F \cdot \Delta T \cdot t \cdot 10^{-7}$$



F35. *Rovnice pro hrubý propočet ztrát provětrání*

$Q_{v,provětrání}$	Ztráta z provětrání zařízení [kWh]
Q_F	Výkon spalovacího zařízení [kW]
ΔT	Teplotní rozdíl mezi médiem v kotli a nasávaným okolním prostorovým vzduchem [K]
t	Celková suma otevíracích a zavíracích časů servopohonu a časů provětrání

$$\dot{Q}_F \approx \dot{m}_D \cdot \frac{0,65}{\eta}$$



F36. *Rovnice pro hrubý propočet výkonu spalovacího zařízení*

Q_F	Výkon spalovacího zařízení [kW]
$\dot{m}_D$	Parní výkon [kg/h]
η	Účinnost kotle včetně ekonomizéru [%]

$$\Delta T = T_K - T_L = T_s (p_m=13 \text{ bar}) - T_L$$



F37. *Rovnice pro výpočet teplotního rozdílu mezi médiem v kotli a nasávaným okolním prostorovým vzduchem*

ΔT	Teplotní rozdíl mezi médiem v kotli a okolním prostorovým nasávaným vzduchem [K]
T_K	Teploty média v kotli [K]
T_L	Teploty nasávaného okolního prostorového vzduchu [K]
T_s	Teplota varu média v kotli při určitém tlaku p_m [K]

$$t = t_1 + t_2 + t_v$$



F38. *Rovnice pro výpočet celkové sumy otevíracích a zavíracích časů servopohonů a času provětrání*

t	Suma z otevíracích a zavíracích časů servopohonu a času provětrání [s]
t_1	Otevírací čas servopohonu (zhruba 30 ... 60 s) [s]
t_2	Zavírací čas servopohonu (zhruba 30 ... 60 s) [s]
t_v	Čas provětrání (≤ 120 s) [s]

$$t = 10 \text{ [s]} + 20 \text{ [s]} + 20 \text{ [s]} = 50 \text{ [s]}$$



B14. *Příklad výpočtu ke zjištění sumy času otevření a zavření servopohonu a času provětrání*

$$\Delta T = 100 \text{ [}^\circ\text{C]} - 30 \text{ [}^\circ\text{C]} = 70 \text{ [K]}$$



B15. *Příklad výpočtu ke zjišťování teplotních rozdílů mezi médiem v kotli a nasávaným okolním prostorovým vzduchem*

$$\dot{Q}_F \approx 3\,000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot \frac{0,65}{93 \text{ \%}} \approx 2\,100 \text{ [kW]}$$



B16. *Příklad výpočtu k hrubému zjištění výkonu spalovacího zařízení*

$$Q_{v,provětrání} = 1,26 \cdot 2100 \text{ [kW]} \cdot 70 \text{ [K]} \cdot 50 \text{ [s]} \cdot 10^{-7} = 0,9 \text{ [kWh]}$$



B17. *Příklad výpočtu k hrubému zjištění ztrát z provětrání*

Při průměrně 4 startech hořáku za hodinu a průměrném výkonu kotle 20 % vzniká tepelná ztráta 6 % tepelného výkonu kotle.

Přepočteno na dobu provozu 4 000 h/a dostaneme celkovou tepelnou ztrátu okolo 300 MWh/a, což znamená ztrátu zhruba 13 500 €/rok.

$$0,9 \text{ [kWh]} \cdot 3000 \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right] \cdot 8,0 \left[\frac{1}{\text{h}} \right] = 22,0 \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]$$



B18. *Příklad výpočtu k hrubému zjištění roční ztráty provětráním [MWh]*

$$22 \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right] \cdot 60,0 \left[\frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right] = 1320 \left[\frac{\text{€}}{\text{a}} \right]$$



B19. *Příklad výpočtu k hrubému zjištění roční ztráty provětráním [€]*



3 Zvýšení efektivity na straně vody a kondenzátu

3.1 Odluh a odkal

Napájecí voda kotle pro parní kotle obsahuje dle způsobu úpravy vody stále ještě škodlivé, resp. rušivé obsahové látky pro provoz, které se v kotlové vodě obohacují v důsledku odpařování v kotli.

→ Obr. 89, strana 182

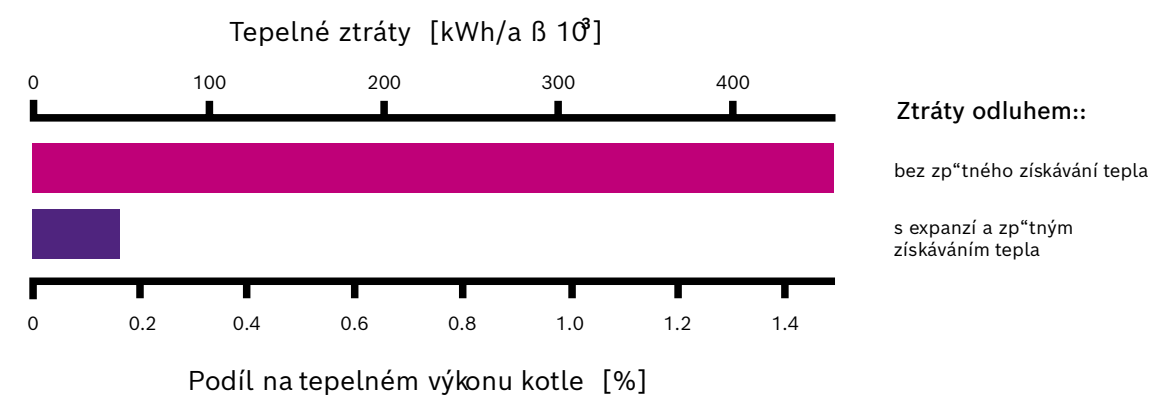
Proto musí být část napájecí vody odváděna přes ventil odluhu a odkalu. Obvykle činí míra odluhu a ve vztahu k množství napájecí vody mezi 3 ... 5 %.

Aby byla kvalita kotlové vody stále udržována na úrovni akceptovatelné pro zařízení a bylo zabráněno zbytečně vysokým množstvím odluhu, měl by být ventil odluhu a odkalu v řízeném provedení.

Protože odváděná voda je v kotli na teplotě varu (např. při 13 barech na 195 °C), dochází zde, pokud není nainstalováno žádné zpětné získávání energie, ke ztrátě značných množství energie.

Použitím expandéru a modulu zpětného získávání tepla je možno až 90 % této energie vrátit zpět do systému kotle a přidavně ušetřit velká množství chladicí vody.

Při středním provozním tlaku 13 bar a míře odluhu 5 % odpovídá energetická ztráta bez zpětného získávání tepla zhruba 1,4 % tepelného výkonu kotle. Zpětné získávání tepla může v tomto případě uspořit okolo 400 000 kWh/a (při 4 200 provozních hodinách plného výkonu 10-t/h-kotle za rok).



Obr. 156 Potenciál úspor expanze a zpětného získávání tepla (EHM resp. EHB)

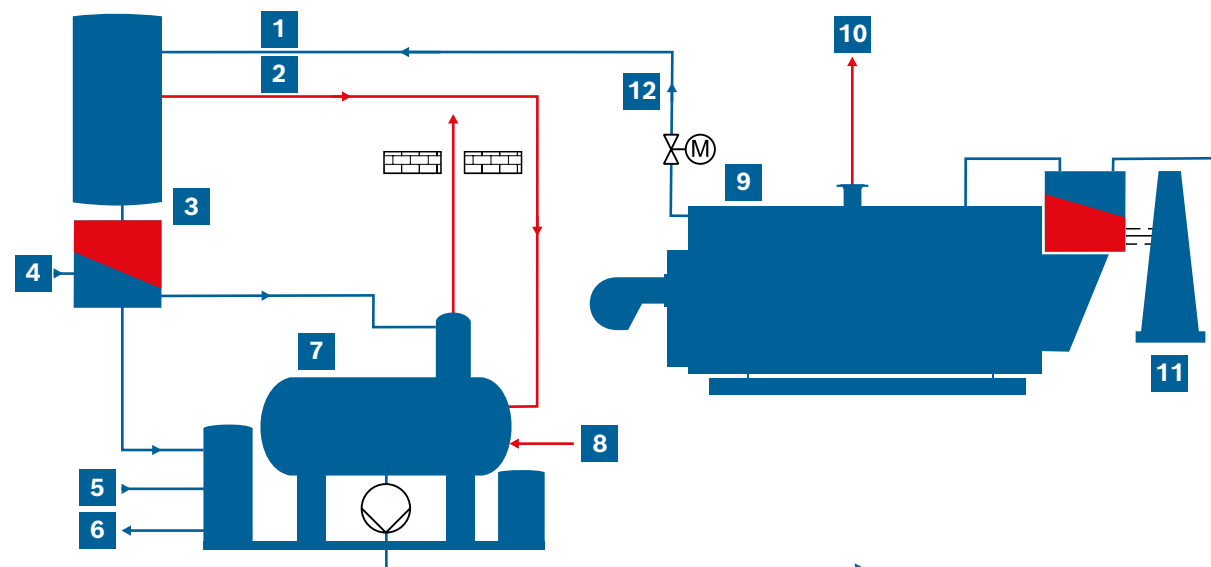


V modulu zpětného získávání tepla (EHM resp. EHB) jsou odpadní vody z odluhu expandovány na tlak v zásobníku napájecí vody a odvedeny zpět do EHM resp. EHB, čímž je možno uspořit páru ohřevu. Deskový tepelný výměník zařazený následně za expandérem dále zchlazuje zbylý odluh. Teplo, které přitom vzniká, se používá k předehřevu přídatné vody, čímž se také ušetří ohřívací pára k odplynění.

→ Produkty – Kapitola 4.6: Expandér a modul zpětného získávání tepla EHM, strana 354

→ Produkty – Kapitola 4.7: Expandér a modul zpětného získávání tepla a chladič modul EHB, strana 355

Pouze voda z odkalu zde nemůže být využívána, neboť pevné látky, které jsou v ní obsaženy, by vedly k problémům v expandéru a v tepelném výměníku.



Obr. 157 Schematické znázornění expanze a zpětného získávání tepla

- | | | | |
|----------|---|-----------|------------------------|
| 1 | Odluh | 7 | Zásobník napájecí vody |
| 2 | Expandovaná pára | 8 | Pára ohřevu |
| 3 | Expandér a modul zpětného získávání tepla | 9 | Parní kotel |
| 4 | Přídavná voda | 10 | Pára |
| 5 | Chladicí voda | 11 | Komín |
| 6 | Odtok do kanálu | 12 | Ventil odluhu |



Obr. 158 Expandér a modul zpětného získávání tepla EHB

Odpovídající modul je k dispozici jak pro nová zařízení s integrovanou odkalovací nádrží, tak i jako řešení k dovybavení stávající odkalovací nádrže.

3.2 Brýdové páry

U termických zařízení k plnému odplynění už z principu vznikají brýdové páry, nazývané také brýdy. Brýdové páry jsou nezbytné k tomu, aby mohly být ze zásobníku napájecí vody odváděny plyny škodlivé pro kotel, jako jsou kyslík (O_2) a oxid uhličitý (CO_2). V mnoha kotelnách je to možno rozpoznat podle stálého proudu páry odváděného nad střechu.

Protože je zásobník napájecí vody k zabránění pronikání kyslíku a s tím spojené korozi normálně po celý rok udržován na tlaku, stále vznikají brýdové páry. Brýdové páry vznikají i tehdy, když kotel zrovna není v pohotovosti.

Ke snížení ztrát brýdových par jsou k dispozici dvě možnosti:

- **Řízená odváděcí armatura brýdových par**

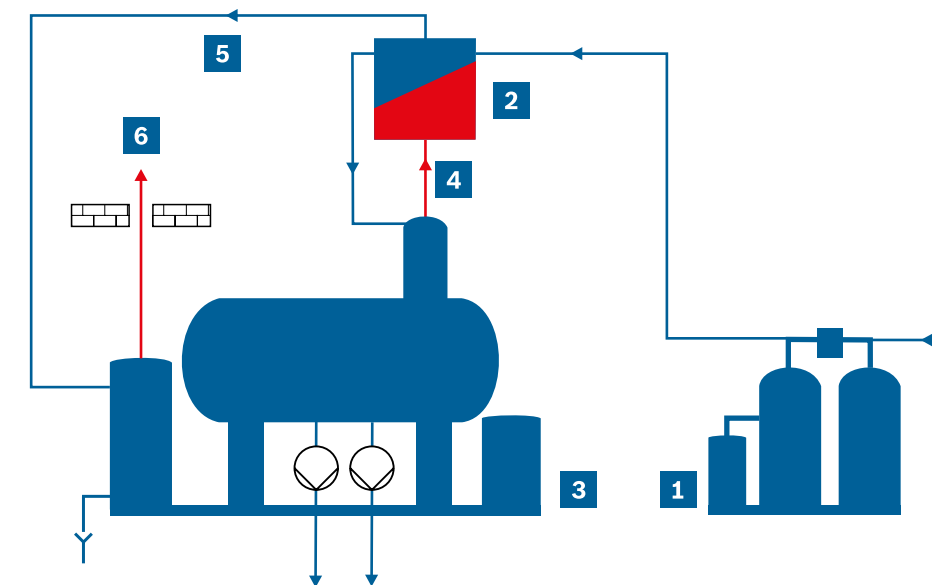
Řízená armatura k odvodu brýdových par zabraňuje proudění brýdových par pryč během fází, v nichž není žádné odplynění třeba.

- Tím je možno uspořit enormní množství energie zejména u zařízení s velkým podílem odstávek, např. při dvousměnném provozu. Nasazením kontinuální analýzy vody s měřením koncentrace kyslíku v napájecí vodě může být doba trvání otevření armatury na odvod brýdových par ještě lépe přizpůsobena skutečným potřebám. Tak se přidavně snižují ztráty.

- **Chladič brýd**

V chladiči brýd kondenzuje voda obsažená v brýdových parách. Tepelná energie vznikající při kondenzaci a zchlazování brýdy na $\leq 35\text{ °C}$ se používá k ohřevu přídavné vody a redukuje tak množství páry nezbytné k ohřevu zásobníku napájecí vody. Vzniklý kondenzát v chladiči brýd je odveden přes odkalovací nádrž do kanálu, neboť je velmi silně obohacený kyslíkem a oxidem uhličitým a má velmi nízkou hodnotu pH. Vedle ohřevu přídavné vody je možné také použití k ohřevu teplé užitkové vody nebo na podporu topení. Protože je odplynovací zařízení v provozu téměř nepřetržitě, je téměř vždy doba amortizace kratší než jeden rok. I dodatečné napojení chladiče brýd do stávajících zařízení je možné bez problému realizovat.

→ Produkty – Kapitola 4.8: Chladič brýd VC, strana 356



Obr. 159 Schematické znázornění chladiče brýd na termickém plném odplynění (znázornění je silně zjednodušené)

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 Modul úpravy vody WTM | 4 Brýdové páry (103 °C) |
| 2 Chladič brýdových par VC | 5 Brýdový kondenzát (zhruba 35 °C) |
| 3 Modul úpravy vody WSM-V | 6 Nad střechu do volného prostoru |



Obr. 160 Chladič brýd

3.3 Demineralizace

Následně po zařízení na změkčování vody nezbytném u všech parních kotlů může být zařazeno zařízení na demineralizaci čerstvé (surové) vody.

→ Technika – Kapitola 4.1.3: Demineralizace, strana 185

Tím je možno snížit zejména odluh a tak ztráty tepla a vody z kotle. Díky zredukované vodivosti v kotlové vodě se však také zlepšuje kvalita páry. Jako obvyklá technologie je používána reverzní osmóza s modulem membrán.

→ Technika – Kapitola 4.1.3: Demineralizace – reverzní osmóza, strana 187

3.4 Kondenzátní hospodářství

Kondenzát vzniká všude tam, kde je odevzdáváno teplo z parního systému. Sytá pára odevzdává teplo přechodem mezi skupenstvími z plynného do kapalného tak, že kondenzuje.

→ Technika – Kapitola 4.4: Kondenzátní hospodářství, strana 203

Vznikající kondenzát se přitom vyskytuje na teplotě varu (např. u odvodnění parních potrubí) nebo podchlazený (např. u tepelných výměníků.)

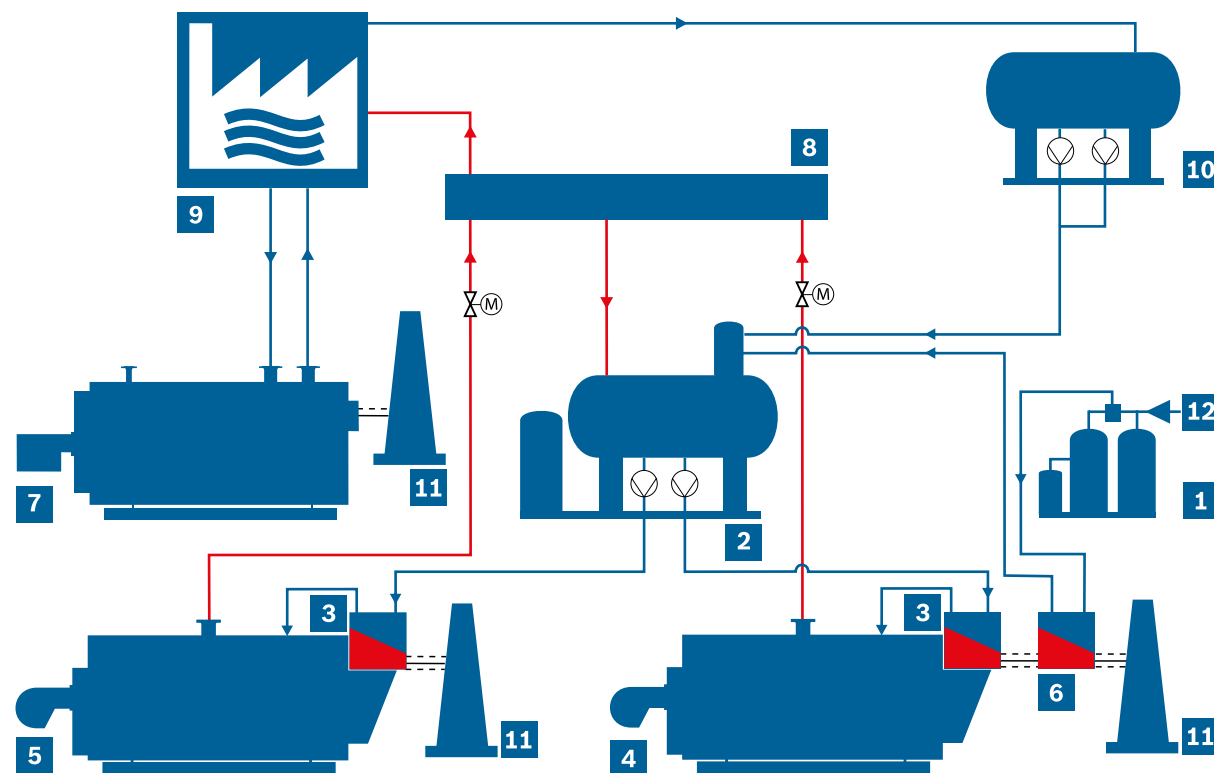
U tepelných výměníků je podchlazení závislé na způsobu regulace tepelných výměníků, často se však pohybuje v rozsahu 10 ... 30 K.

Téměř ve všech případech je smysluplné a ekonomické kondenzát vznikající u kotle, nebo tepelných spotřebičů sbírat a odvádět zpět do okruhu nebo jej jinak využívat.

Úspory nákladů vznikají díky tepelnému obsahu, který je ještě v kondenzátu k dispozici, nižším potřebným množstvím čerstvé vody a tím také nižším ztrátám odluhem a odkalem.

Při dimenzování velikosti sběrné nádrže kondenzátu a příslušných čerpadel kondenzátu musí být zohledněna maximální množství kondenzátu z parních spotřebičů. Stejně tak je třeba zohlednit, že kondenzát odtéká do zásobníku kondenzátu s časovou prodlevou. Velikost sběrné nádrže na kondenzát by měla být dimenzována minimálně tak, aby bylo možno v něm meziskladovat vzniklý kondenzát mezi nejnižším a nejvyšším stavem vody po dobu zhruba půl hodiny. Dopravní množství čerpadel na kondenzát by přitom mělo odpovídat 3 násobku hodinového množství kondenzátu za normálního provozu. Zvláštní pozornost je třeba zaměřit také na najížděcí provoz tepelných spotřebičů, neboť zde mohou vznikat díky procesu nahřívání největší množství kondenzátu.

Dle úrovně tlaku a teploty má kondenzát při běžných teplotách ve výši 80 ... 140 °C ještě značný obsah tepla v porovnání s většinou studenou přídatnou vodou o teplotě zhruba 15 °C. Díky odvádění kondenzátu zpět do zásobníku napájecí vody je možné ušetřit ohřev čerstvé vody. Kromě toho nemusí být kondenzát chemicky upravován, nýbrž může být odveden přímo zpět do zásobníku napájecí vody.



Obr. 161 Schematické znázornění otevřeného systému kondenzátu

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1 Modul úpravy vody | 7 Teplovodní kotel UT-L |
| 2 Modul úpravy vody WSM-V | 8 Parní rozdělovač |
| 3 Ekonomizér ECO | 9 Spotřebič |
| 4 Parní kotel UL-S | 10 Kondenzátní modul CSM |
| 5 Parní kotel UL-S | 11 Komín |
| 6 Kondenzační tepelný výměník | 12 Čerstvá (surová) voda |

3.4.1 Expandovaná pára

Pokud se kondenzát sbírá v beztlakém zásobníku, mluvíme o otevřeném zařízení na kondenzát. Teplotní úroveň kondenzátu leží pak vždy $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a může docházet k přijímání kyslíku kondenzátem. Čerpadlo na kondenzát dopravuje kondenzát při příslušné potřebě vody v závislosti na hladině zpět do zařízení na odplyňování napájecí vody.

Protože se kondenzát shromažďuje většinou z více parních spotřebičů s různými teplotními a tlakovými úrovněmi, stává se, že je i kondenzát s teplotní hladinou $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ odváděn do otevřené sběrné nádoby kondenzátu. Přitom vzniká expandovaná pára, která je přes potrubí brýdových par odváděna do volného prostoru a představuje tepelnou ztrátu. Tyto brýdové páry mohou být modulem podobným modulu brýdy získávány v zásobníku napájecí vody zpět a dávány k dispozici nízkoteplotnímu spotřebiči, jako např. topnému zařízení nebo zařízení na tepelnou úpravu vody.

3.4.2 Vysokotlaká nádoba na kondenzát

Pokud je více parních spotřebičů s teplosměnnými plochami dimenzováno přibližně na stejný tlak páry v rozsahu vyššího tlaku ($> 1,5\text{ barg}$), může být kondenzát všech tepelných spotřebičů odváděn do společného vysokotlakého zařízení na kondenzát.

→ Technika – Kapitola 4.4: Kondenzátní hospodářství, strana 203

Nedochází pak k žádným ztrátám expandované páry, neboť se pracuje s uzavřeným systémem. Protože se zde v normálním provozu nedostane žádný kyslík do kondenzátu, odvádí se kondenzát zpět do kotle nebo ekonomizéru. Tím se snižuje i množství čerstvé (surové) vody a chemické dávkování. S tímto systémem je možno dosáhnout oproti otevřeným systémům kondenzátu se stejnou strukturou spotřebičů podstatně vyšších úspor.

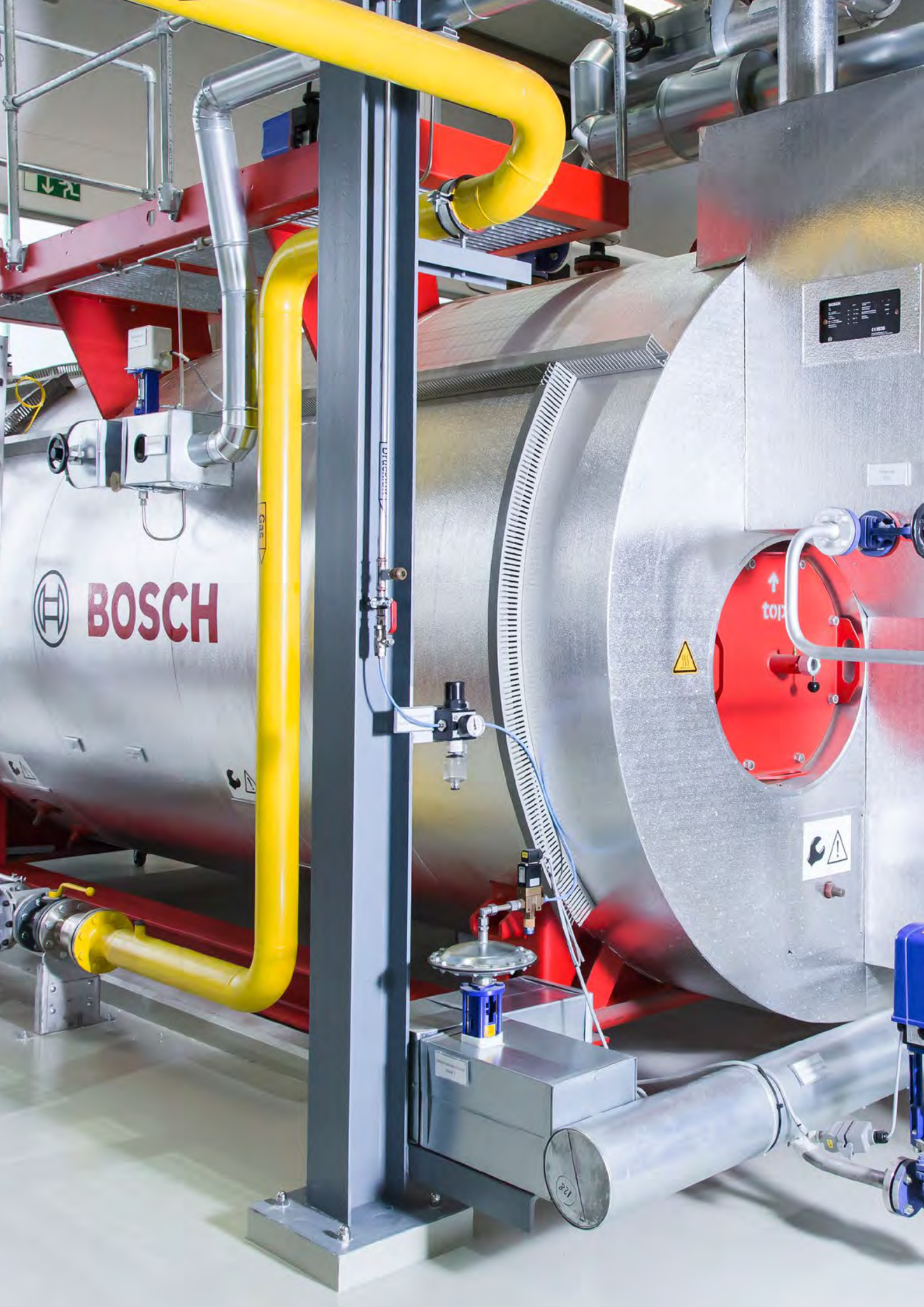
Uzavřeným vysokotlakým systémem kondenzátu je možno dosáhnout až 12 % úspory paliva. Musí být doplňováno pouze málo čerstvé vody a vzniká menší potřeba tepla k nahřívání a odplyňování. Navíc se redukuje díky minimálním obsahům solí ve vysokotlakém kondenzátu množství odluhu a odkalu. Další výhodou uzavřených vysokotlakých systémů kondenzátu je snížená koroze v systému kondenzátu.

Vysokotlaké systémy kondenzátu by měly být používány vždy tehdy, když by z důvodu vysokých teplot kondenzátu při odvádění do sběrné nádoby kondenzátu nebo napájecího zásobníku vznikaly velké ztráty expandované páry. Typické oblasti použití jsou pivovary, papírny a kartonážky – ale i mnoho různých jiných oblastí.

Je však třeba zohlednit, že se vyššími teplotami kondenzátu může zvýšit teplota spalin.



Obr. 162 Vysokotlaká nádoba kondenzátu včetně výstroje a řízení



4 Zvyšování efektivity na kotli a zařízení

4.1 Izolace

Ztráty vedením a zářením vznikají teplotním rozdílem média v parních kotlích, potrubích a armaturách a okolního prostředí.

Výše tepelných ztrát je podstatně ovlivňována velikostí povrchu, teplotou média a okolního prostoru a provedením izolace.

Protože tyto ztráty nejsou závislé na výkonu a nastávají vždy, tedy i ve fázích odstávky, vznikají tak u neodstavených zařízení nebo částí zařízení 365 dní v roce.

Zejména u zařízení, která jsou často provozována v částečném výkonu, mají negativní vliv na roční stupeň využití kotlového zařízení.

→ Efektivita – Kapitola 1.7: Roční stupeň využití, strana 259

Vedle náročnějších šetření za pomoci termokamery mohou být většinou tzv. „Hot Spots“ s největšími tepelnými ztrátami rozpoznány i pouhým pocitem horkých ploch, vizuální kontrolou izolace nebo povrchovými či radiačními teploměry a na základě toho odstraněny.

Povrchová teplota je však měřítkem pro vysoké tepelné ztráty pouze podmíněně. Zejména tehdy, když se vzájemně porovnávají různé povrchové materiály, mluví nižší povrchová teplota kromě jiného pro vyšší tepelné ztráty.

Důvod spočívá v koeficientu záření povrchu izolace. Vysoký koeficient zvyšuje tepelné ztráty, snižuje však současně povrchovou teplotu. Výhodou proto je nasazení materiálu s nižším emisním koeficientem.

Příklad:

Zásobník napájecí vody L = 3 600 mm, Ø = 1 700 mm

Izolace D = 100 mm

Teplota média 103 °C

Povrchový materiál ¹⁾	Emisní koeficient ε	Tepelné ztráty přes plášť zásobníku	Povrchová teplota
Hliník válcovaný bez úpravy	0,05	627,5 W	30,0 °C
Hliník oxidovaný	0,13	635,5 W	29,0 °C
Poznikovaný plech bez úpravy	0,26	645,5 W	27,6 °C
Poznikovaný plech práškově	0,44	655,5 W	26,3 °C
Austenitická ocel	0,15	637,2 W	28,7 °C
Al-Zn plech lehce oxidovaný	0,18	639,7 W	28,4 °C
Nekovový povrch	0,94	671,2 W	24,2 °C

Tab. 30 Výčet emisních koeficientů, tepelných ztrát a povrchových teplot u různých povrchů

1) dle VDI 2055 list 1 příloha A8



Ve stávajících zařízeních vznikají největší tepelné ztráty většinou neizolovanými armaturami, neobnovenými izolacemi částí zařízení po jejich revizi nebo opravě nebo tepelnými můstky tvořícími se při posunutí povrchu izolace.

Odstraněním těchto „Hot Spots“ ve stávajících zařízeních je možno zabránit již velké části ztrát vedením a sáláním, aniž by musela být prováděna kompletní nová izolace. Opatření na neizolovaných úsecích celého zařízení (např. kotli, potrubí páry a kondenzátu, armaturách, nádobách) představují jedno z neekonomičtějších úsporných opatření ve stávajících systémech.

Tepelná ztráta samotného kotle může být zjištěna jednoduchým způsobem v klidovém stavu. Po odstavení kotle z provozu (např. o víkendu) může být zjištěn pokles tlaku při zavřených parních ventilech, ventilech odluhu a odkalu. Počínaje tlakem páry v kotli 10 bar by neměl pokles tlaku činit více než 0,2 bar/h. Je třeba dbát na to, že musí být zohledněny nejen ztráty sáláním a vedením, nýbrž také případné ventilační ztráty vznikající tahem komína. Stejně tak může být výsledek ovlivňován i ventily, které těsně nedovírají.

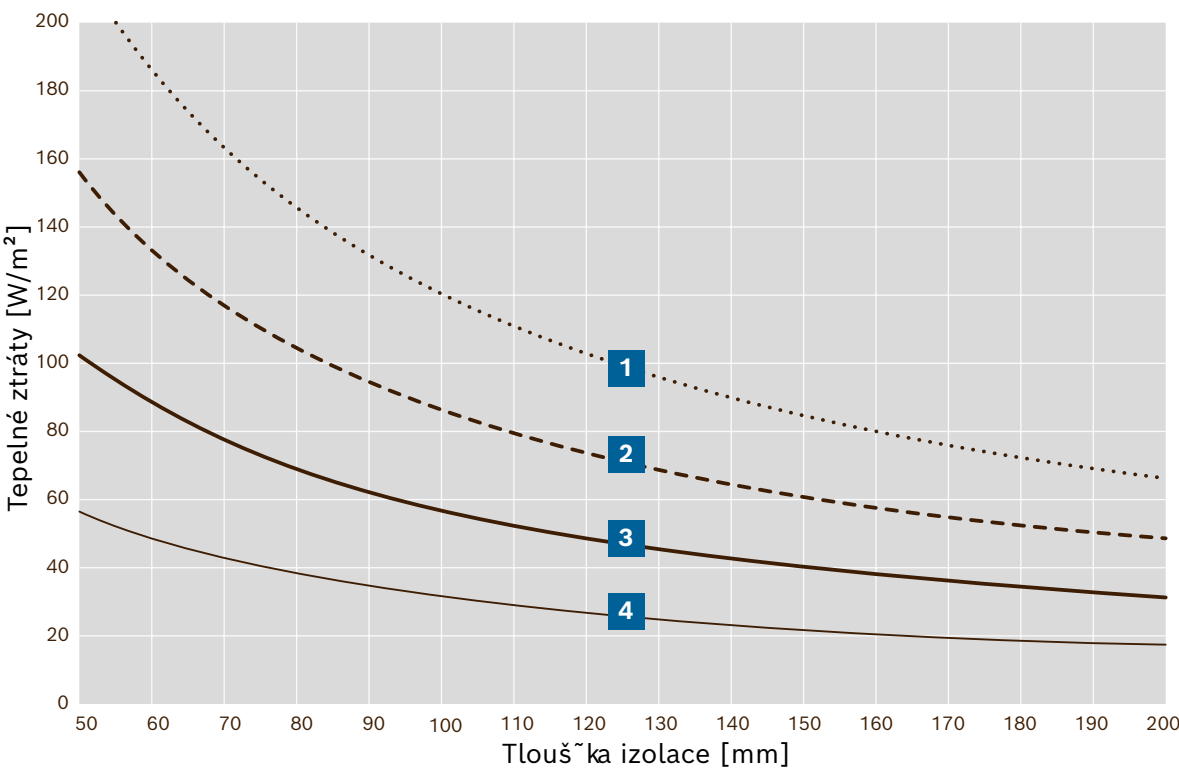
Tepelná ztráta naměřená nepřímo poklesem tlaku je však dána nezávisle na příčině a mělo by jí být zabráněno.

Efektivitu izolace je přitom možné zlepšit následujícími body.

4.1.1 Tloušťka a povrch izolace

Zvýšením tloušťky izolace mohou být povrchová teplota a tepelná ztráta redukovány. Zde však platí potřeba zvolit rozumnou a ekonomickou izolaci, neboť zdvojnásobení tloušťky izolace v žádném případě neznamená poloviční snížení povrchových ztrát.

Pro celkovou tepelnou ztrátu hraje vedle tloušťky izolace rozhodující roli i velikost povrchu. Zde jsou výhodou kompaktní konstrukce kotlů, např. v asymetrickém designu, jakož i integrované ekonomizéry a z toho vyplývající menší izolované povrchy.



Obr. 163 Tepelné ztráty na izolovaném úseku povrchu nádob a kotle

- 1

Teplota média: 250 °C (·····)
- 2

Teplota média: 200 °C (----)
- 3

Teplota média: 150 °C (—)
- 4

Teplota média: 100 °C (—)

Schéma (obr. 163) ukazuje, že při tloušťce izolace 100 mm a teplotě média 150 °C vzniká tepelná ztráta zhruba 57 W/m².

Při tloušťce izolace 150 mm se snižuje zhruba o 30 % na hodnotu okolo 40 W/m². Pokud se tloušťka izolace zvýší na 200 mm, redukuje se tepelná ztráta oproti 100 mm izolaci o 44 % na 32 W/m².

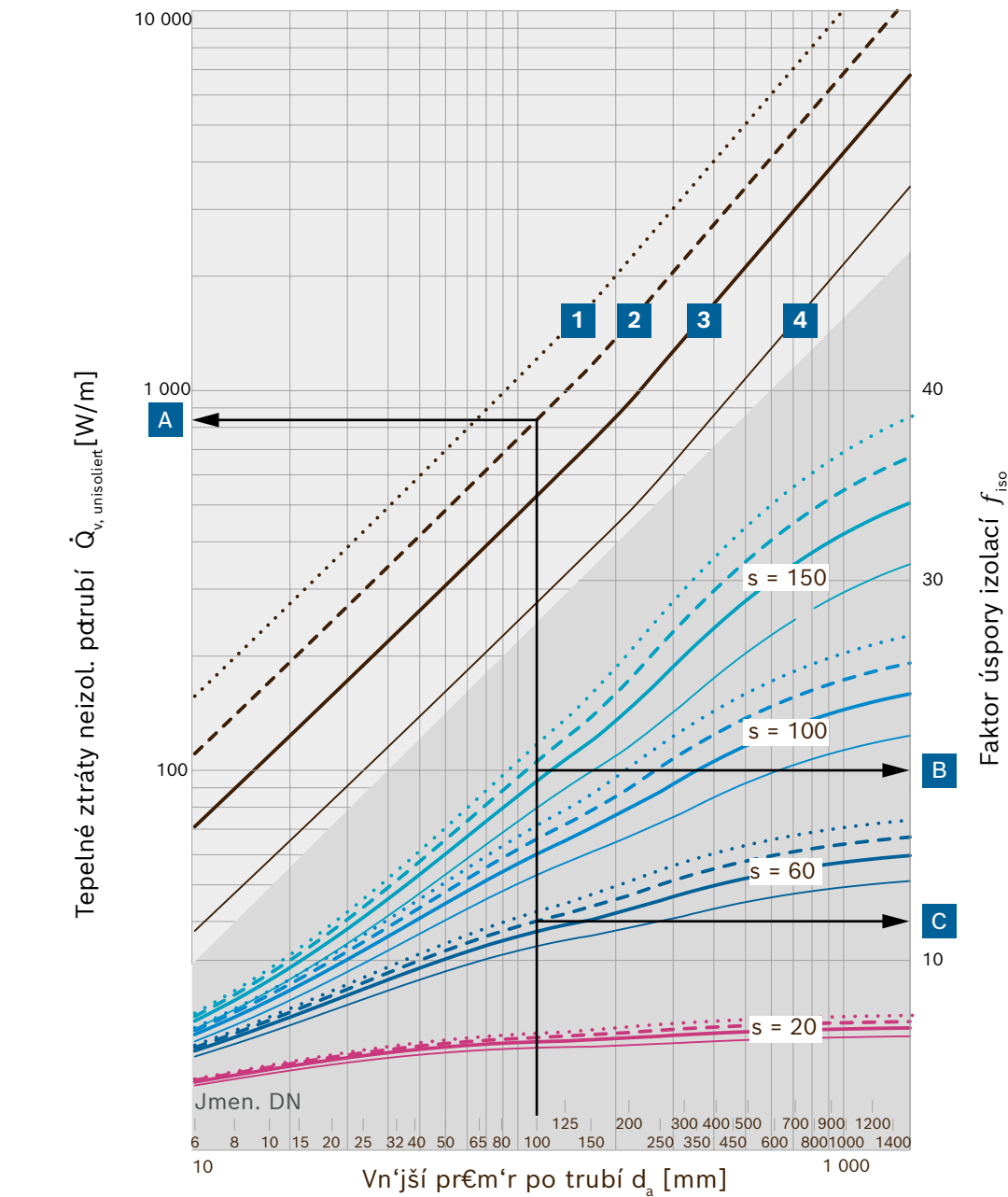
To platí vždy pouze pro izolované úseky bez tepelných můstků. Protože ztráty těchto tepelných můstků mohou rychle překročit ztráty v dobře izolovaném zylindrickém úseku, musí být stále posuzovány a pokud možno minimalizovány.

4.1.2 Izolace potrubí

Průběžná izolace potrubí s horkým médiem je v mezičase ve všech částech zařízení pro úsporu energie a bezpečnost práce závazně předepsaná (např. vyhláškou na úsporu energií). Při rozhodování pro určitou tloušťku izolace by však neměly být rozhodující pouze předpisy, nýbrž především hospodárnost.



Na základě následujícího grafu je možno v závislosti na teplotě média, průměru potrubí a tloušťce izolace určit jak absolutní tepelnou ztrátu na metr neizolovaného potrubí (levá souřadnice), tak i faktor úspory izolovaného potrubí (pravá souřadnice).



Obr. 164 Faktor úspory izolací a tepelné ztráty na potrubí

- 1

Teplota média: 250 °C (·····)
- 2

Teplota média: 200 °C (- - - -)
- 3

Teplota média: 150 °C (—)
- 4

Teplota média: 100 °C (—)
- Tloušťka izolace s = 150 mm
- Tloušťka izolace s = 100 mm
- Tloušťka izolace s = 60 mm
- Tloušťka izolace s = 20 mm

Výpočty pro graf na obr. 164 probíhají v návaznosti na VDI 2055 list 1: neizolovaná lakovaná ocelová trubka, izolace minerální vatou, izolační opláštění hliníkový válcovaný plech, horizontální potrubí, okolní prostorová teplota 20 °C.

Příklad: ((odvozeno z grafu obr. 164):
Průměr parního potrubí DN 100
Teplota páry 200 °C

A Tepelná ztráta v neizolovaném stavu (levá souřadnice)

$\dot{Q}_{v,unisoliert} = 837 \left[\frac{W}{m} \right]$

B Úspora díky izolaci (pravá souřadnice)
(Tloušťka izolace s = 60 mm; f_{iso} = 12,6)

$\dot{Q}_{v,isoliert} = \frac{837 \left[\frac{W}{m} \right]}{12,6} = 66,4 \left[\frac{W}{m} \right]$

C Úspora díky izolaci (pravá souřadnice)
(Tloušťka izolace s = 150 mm; f_{iso} = 20,5)

$\dot{Q}_{v,isoliert} = \frac{837 \left[\frac{W}{m} \right]}{20,5} = 40,8 \left[\frac{W}{m} \right]$

Pro parní potrubí o délce 100 m vznikne zvýšením tloušťky izolace z 60 mm na 150 mm úspora okolo 920 € za rok (při předpokládaných 8 000 provozních hodinách a 4,5 ct/kWh energetických nákladů).

Každý metr neizolovaného potrubí zde stojí přes 300 € za rok.

Příklad	Tloušťka izolace [mm]	Tepelná ztráta potrubí [W/m]	Celková tepelná ztráta ¹⁾ [kWh]	Úspora absolutně ²⁾ [kWh]	Úspora procentuálně ²⁾ [%]	Uspořené náklady ²⁾ [€]
A	bez izolace	837,0	669 600	---	---	---
B	s = 60	66,4	53 120	---	---	---
C	s = 150	40,8	32 640	20 480	38,6	921,60

Tab. 31 Potenciál úspor zvýšením tloušťky izolace na příkladu parního potrubí

1 Při 100 m délky potrubí a 8 000 provozních hodinách/ rok

2) Ve vztahu k tloušťce izolace s = 60 mm

Minimalizace tepelných můstků

Tepelné můstky nastávají vždy tehdy, když kovové spoje s velmi dobrou tepelnou vodivostí prostupují izolací. Tak tomu je například u hrdel, podpěr kotle nebo konzolí pochozích lávek.

Zejména v oblasti ochranného pláště izolace je třeba dbát na to, aby funkčně podmíněné prostupy neměly žádný přímý kontakt k plášti izolace, neboť jinak na těchto místech vznikají tepelné můstky a ty mohou vést ke ztrátě energie. Již jednoduché ovinutí hrdla izolační tkaninou tomu může spolehlivě zabránit. Prvky, které slouží k zlepšení statiky a tuhosti, by měly být uvnitř izolace a tak také neodvádět žádné teplo směrem ven k ochrannému plášti izolace.

Stejně tak by neměly být u válcových plášťů používány žádné distanční držáky, neboť ty také působí jako tepelné můstky. Pokud tomu tak je, odvádění tepla z horkých bubnů kotle k ochrannému plášti izolace je zabráněno a tepelná izolace izolační rohože je celoplošně účinná.



Obr. 165 Zabránění tepelným můstkům izolací bez distančních držáků na cylindrickém plášti kotle a zásobníků

4.1.3 Izolované revizní otvory

Parní kotle podléhají periodickým vnitřním kontrolám a revizím příslušnými dozorovými orgány. K tomu jsou potřebné prostupy v izolačním plášti pro revizní otvory pro ruce, hlavu a průlezné otvory. Tyto prostupy se izolují a uzavírají odnímatelnými izolačními rohožemi.

I revizní a čisticí otvory na sběrných spalinových komorách a tělesech ekonomizérů jsou uzavírány stejnou izolační technikou tak, aby nedocházelo u revizních otvorů ke zvýšeným ztrátám sáláním tepla. Na revizní otvory nacházející se pod izolací odkazují popisky.

Zejména po revizích, nebo když bylo izolační víko odejmuto z jiných důvodů, je třeba dbát na to, aby byly revizní otvory také opět zaizolovány.

Tepelná ztráta opětovně nezaizolovaného revizního otvoru s plochou cca 0,5 m² znamená při provozním tlaku 10 barů a teplotě 185 °C ztrátu energie zhruba 15 kWh za den.



Obr. 166 Odnímatelné izolace na revizních otvorech (UL-S s integrovaným ekonomizérem)



4.1.4 Izolované armatury

U parních kotlů se nachází na mnoha místech armatury, které jsou nezbytné k obsluze a údržbě zařízení. Z důvodů montáže a z nákladových důvodů nebo z důvodů různých rozhraní dodávek jsou často i u nových zařízení stále ještě izolace armatur nebo přechodových přírub vynechávány. Stejně tak i u stávajících zařízení často najdeme neizolované armatury.

Tyto neizolované oblasti však způsobují velmi vysokou ztrátu energie. K odhadu energetické ztráty neizolované armatury může sloužit následující tabulka.

Jmenovitá světlost potrubí		DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250
Délka dle EN 558 řada 1	[mm]	230	290	310	350	400	480	600	730
Tepelná ztráta bez izolace	[W]	224	343	419	586	795	1 119	1 800	2 728
Tepelná ztráta s izolací	[W]	21	27	29	33	43	58	88	127
Úspora	[W]	202	316	390	553	752	1 061	1 712	2 601
Tepelná ztráta při 8 000 Bh/a	[kWh/a]	1 619	2 527	3 117	4 425	6 018	8 489	13 693	20 810
Úspora při 4,5 Ct/kWh	[€/a]	73	114	140	199	270	382	616	936

Tab. 32 Tepelné ztráty a provozní náklady neizolovaných armatur (teplota média 200 °C)

Upozornění k tabulce:

- Teplota média 200 °C
- Výpočet tepelných ztrát potrubí v návaznosti na VDI 2055 list 1
- Přepočet tepelných ztrát potrubí na tepelné ztráty armatur s délkovým faktorem 1,6 pro izolované armatury a faktorem délky 2 pro neizolované armatury. (Z toho vyplývají zřetelně konzervativnější tepelné ztráty pro neizolované armatury a nižší úspory než při výpočtu kompletně dle VDI 2055 list 1.)
- Délky armatur dle DIN EN 558 řada 1

Redukce tepelných ztrát izolací armatur činí při teplotě média 200 °C a armatuře s jmenovitou světlostí DN 100 zhruba 550 W. Při jmenovité světlosti DN 150 zhruba 1 060 W. Při nákladech na izolaci armatury 100 ... 200 € se tato izolace amortizuje do jednoho roku.

Protože jsou v kompletním parním systému armatury třeba na mnoha místech, činí celkový potenciál izolací armatur systému páry a kondenzátu průměrně zhruba 1 ... 5 % spotřeby paliva.

4.2 Regulace

Velký potenciál úspor spočívá také v optimalizaci a přizpůsobení regulace parních kotlových zařízení na skutečný provoz. Tato optimalizace je vždy smysluplná, neboť stav při dimenzování a skutečné provozní požadavky kotlových zařízení se vždy liší. Tak tomu může být už i u nových zařízení, když jsou např. dodatečně instalovány přídatné spotřebiče nebo u stávajících zařízení, když se přestavbou a rozšířením výroby aktuální provoz změnil.

4.2.1 Snížení provozního přetlaku

Při koncepci a dimenzování parního kotlového zařízení se stanovuje střední provozní přetlak na základě potřebné teplotní úrovně a tlakových ztrát ke spotřebiči.

Často však toto dimenzování probíhá velmi konzervativně, čímž by ve skutečném provozu dostatočoval provozní přetlak i trochu nižší.

Pro energetickou optimalizaci v provozu je proto smysluplné zjistit skutečný potřebný střední provozní přetlak a nastavit jej na řízení kotle. Snížením provozního přetlaku klesá teplota v kotli a v parních potrubích, čímž jsou redukovány ztráty sáláním a vedením.

Při každé změně provozního přetlaku musí být zohledněny dané podmínky na zařízení.

→ Plánování – Kapitola 2.1: Střední provozní přetlak, strana 27

Snížení středního provozního přetlaku z 8 bar (≙ 175 °C teplota syté páry) na 6 bar (≙ 165 °C teplota syté páry) má za následek, že se tepelné ztráty vedením a sáláním sníží již o 7 % a tím může být dosaženo úspory paliva v řádu zhruba 0,2 %.

Vedle tepelných ztrát se také lehce snižuje teplota spalin, čímž se navíc zlepší roční stupeň využití.

Také mimo hlavních provozních časů parního kotlového zařízení (např. o víkendu) není vždy třeba plný provozní přetlak. V těchto časech je často smysluplné nastavit provozní přetlak na nižší úroveň.

4.2.2 Kaskádové řízení kotlů

Pokud je v jednom provozu instalováno více parních kotlů, pak je možné příslušný provoz jednotlivých kotlů optimalizovat díky kaskádovému řízení.

Úkolem kaskádového řízení je, aby bylo aktivováno pouze tolik kotlů, kolik je k pokrytí aktuálního výkonu třeba. Tohoto přizpůsobení se výkonu je dosaženo automatickým spínáním a odepínáním následného kotle dle kritérií kaskádového řízení. Úsporný a šetrný způsob provozu kotlového zařízení je tak zaručen. S optimalizací sledu kotlů přizpůsobeného skutečným potřebám výkonu se redukuje ztráty provětráváním, kotel je automaticky přebírán do udržovacího provozu v teplém stavu a je možno dosahovat provozu s optimalizovanou účinností kotlů. Těmito úpravami a tím sníženými tepelnými ztrátami je dosaženo zlepšení ročního stupně využití.

4.3 Automatický monitoring

Díky automatickému monitoringu a vizualizaci provozních parametrů parního kotlového zařízení je možno rychleji odhalit chyby a lehčeji identifikovat potenciál optimalizace.

Například mohou být monitorovány a vyhodnocovány následující hodnoty:

- teplota spalin
- střední provozní přetlak
- hladina, spouštění čerpadel, doba běhu čerpadel
- výkon hořáku, starty hořáku a provětrání, hodnota O_2 ve spalinách
- vodivost a míra odluhu
- hodnoty vody

4.3.1 Kontinuální analýza vody

Díky kontinuální analýze vody může být dosaženo následujících úspor v oblasti úpravy vody:

- Energie (minimalizace ztrát brýdových par)
- Nasazení chemikálií (dávkování upravené potřebám)

→ Technika – Kapitola 4.5.5: Kontinuální analýza vody, strana 208

4.3.2 Monitoring stavu (Condition Monitoring)

V běžném provozu je žádoucí se odpovídajícím monitoringem provozu a údržbou o dosažení optimálního ročního stupně využití parního kotlového systému. Přitom je důležité příslušné parametry kotlového zařízení po delší dobu pozorovat a porovnávat, aby pak bylo možno při zhoršení provozních podmínek nebo při změnách způsobu provozu kotle podmíněných provozem odpovídajícím způsobem reagovat.

Monitoring a analýza výroby energie a spotřeby energie jsou v mnoha provozech vyžadovány v rámci energetického managementu celého podniku a představují potenciál úspory paliva nebo elektrické energie, který by se neměl podceňovat, protože často je možné bez přídatných investičních nákladů, pouze díky úpravě provozních dat, dosáhnout úspory.

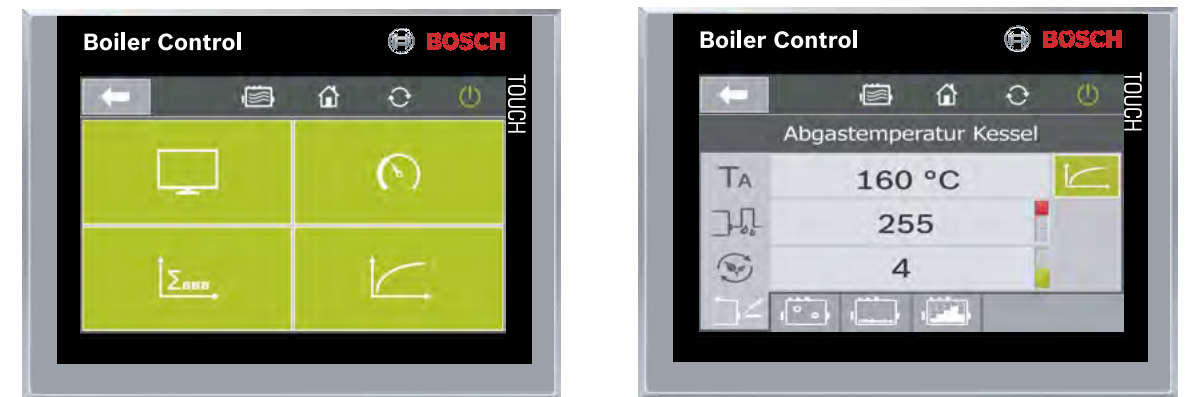
→ Technika – Kapitola 3.10: Řízení kotle, strana 171

Tento úkol může částečně přebrat automatizovaný Condition Monitoring. Přitom jsou sbírána a vyhodnocována následující provozní data:

- Ukazatel provozních hodin, četnosti startů, počty studených startů v časovém průběhu
- Zjištění nepříznivých najížděcích stavů
- Zjištění znečištění na straně vody a spalin, resp. nežádoucí kondenzace
- Generování údržbových hlášení dle potřeby
- Znázornění energetických ztrát odkalem a odluhem
- Ukazatel spotřeby paliva a vody v časovém průběhu
- Znázornění množství odběru páry v časovém průběhu
- Zobrazení výkonového profilu kotle v časovém průběhu

Data zařízení jsou analyzována softwarem, vyhodnocována a prostřednictvím semaforového modelu pro provozní personál vizualizována: zelená znamená vše v pořádku, oranžová a červená upozorňují na rostoucí odchylku ve způsobu provozu kotle nebo na neekonomický provoz. Tak mohou být způsoby provozu, které mají za následek neekonomičnost, zvýšené opotřebení nebo neplánované výpadky provozu, včas zjištěny a odstraněny.

Vysoká transparentnost dat navíc ulehčuje energeticky optimální provoz kotle. Eventuální možnosti optimalizace jsou zřetelně znázorněny zjištěním a zobrazením vypovídajících dat zařízení, jako například profilu výkonu kotle, počtu zapínání hořáku nebo tepelných ztrát odluhem a odkalem.



Obr. 167 Condition Monitoring řízení kotle BCO

4.3.3 MEC Optimize

Digitální asistent efektivity MEC Optimize je dalším vývojem Condition Monitoring. Je integrován v řízení kotle a zahrnuje veškerá data parního kotle, úpravy vody, zařízení zpětného získávání tepla a ostatních navázaných komponentů zařízení.

Provozní data jsou po leta lokálně ukládána a prostřednictvím analýz trendů vyhodnocována. Pokud například naroste spotřeba paliva z důvodu vysoké míry odluhu nebo znečištění v kotli, identifikuje a hlásí asistent efektivity možné příčiny. Volitelně existuje možnost zasílat hlášení pro definované případy přímo přes systém dálkové údržby MEC Remote na mobilní telefon provozovatele.

→ Produkty – Kapitola 6.4: MEC Optimize, strana 377

4.4 Servis



Obr. 168 Servis průmyslových kotlů

Povinnost provozovatele týkající se pravidelné údržby a oprav parního kotlového zařízení vyplývá z právních předpisů k provozu parních kotlových zařízení a z předpisů výrobce.

Bohužel je denní nebo každých 72 h prováděná obchůzka k účelům monitoringu zařízení často vnímána pouze jako nepříjemná povinnost. Údržba a servis by neměly být v žádném případě zanedbávány nejen z důvodu aspektů bezpečnosti práce, nýbrž by měly být mnohem spíše chápány i jako důležitý úkol k optimalizaci zařízení.

Přitom se dá mnoho optimalizací provozu často provést pouze díky pozornému sledování reálného provozu. Již malé změny v průběhu provozu, v týdenním využití zařízení, v potřebném tlaku nebo úrovni teplot mohou vést k tomu, že zařízení nepracuje v optimálním provozním rozsahu. Některé úpravy, které jsou tak nezbytné, aby bylo zařízení opět optimalizováno, se dají realizovat bez velkých investičních nákladů.

Doporučuje se v pravidelných intervalech provádět energetickou prověrku stávajících zařízení. Často je možno již nejjednoduššími opatřeními, jako např. změnou řídicích parametrů, dosáhnout enormního účinku.

Doporučuje se provádět údržbu a nové nastavení zařízení čtvrtletně nebo minimálně pololetně. Provozovatel profituje z následujících zlepšených vlastností svého zařízení:

- Setrvalé energetické efektivity
- Dlouhé životnosti
- Vysoké jistoty odolnosti vůči výpadkům

4.4.1 Údržba

Parní kotlová zařízení musí být během 24 h nebo 72 h analyzována a kontrolována personálem obsluhy. Vedle pravidelné údržby obsluhou kotle musí být parní kotel ročně podroben jedné velké a jedné malé inspekci.

V rámci smlouvy o údržbě přebírají naši technici ze zákaznického servisu 2x nebo 4x za rok kontrolu a údržbu kotlového, spalovacího, regulačního zařízení a zařízení na úpravu vody až po kompletní kotelnu. Bezpečnost provozu a disponibilita zařízení se zvyšují, spotřeba paliva se optimalizuje a odstávkám výroby se zabráňuje. Na přání přebírá servis Bosch všechny nezbytné dohledové práce v rámci předepsaných 72-h-kontrol. Individuálně dle příslušných požadavků, buď jako jednotlivé pověření nebo jako trvalé pověření v rámci smlouvy o údržbě.

4.4.2 Modernizace



Obr. 169 Modernizace stávajícího zařízení dle nejnovějších standardů

Při dobré údržbě jsou parní kotlová zařízení často spolehlivě v provozu ≥ 30 let. Díky níže uvedenému dalšímu vývoji existuje téměř u všech parních kotlových zařízení, která jsou starší 15 let, potřeba modernizace zařízení:

- Komponenty zařízení a kotle (např. řízení regulace, regulace O_2 a CO, chlazení napájecí vody, kondenzační techniky)
- Regulační a řídicí technika (např. senzorika, řízení s programovatelnou pamětí, regulační a monitorovací logika, přenosová technika a technika dálkového přístupu)



Přídavná potřeba modernizace vzniká zvyšováním požadavků v následujících oblastech:

- ochrana životního prostředí
- efektivita zařízení
- předpisy a zákony (např. emise spalovacích zařízení, povinnost energetického managementu, resp. energetických auditů)

Navíc se i provozy a jejich parní spotřebiče v průběhu času tak silně vyvinuly dál, že je dnešní způsob provozu kotlových zařízení většinou od původního dimenzování velmi vzdálený. Dle šetření Spolkového svazu topenářského průmyslu BDH^v) je možno v oblasti zařízení na výrobu tepla a páry zjistit značné ustrnutí v modernizaci. Více než 80 % stávajících zařízení je v Německu provozováno neefektivně. Vhodnými opatřeními může být energetická efektivita zvýšena o 20 ... 30 %.

S našimi modulárními systémovými komponenty se dají jednoduše a efektivně dovybavit i stávající zařízení. V mnoha případech se modernizační opatření amortizují již v průběhu 1 ... 2 let. V zásadě se dají dodatečně dovybavit i všechna popsaná opatření na zvýšení energetické efektivity.

Následující tabulka poskytuje informaci, která opatření se k dovybavení obzvláště hodí, neboť je jejich napojení jednoduché a proveditelné bez velkého přerušení provozu. Kromě toho tabulka upozorňuje na to, která opatření mohou vést k jakým úsporám. Při dobrém plánování mohou vznikat kombinací jednotlivých opatření i přídavné synergické efekty.

- Velmi jednoduché:** malá náročnost plánování, beze změny stávajícího řízení a většinou realizovatelné během probíhajícího provozu nebo pouze s velmi krátkým přerušením provozu
- Jednoduché:** s trochu náročnějším plánováním, dovybavení v rozvaděči a realizovatelné s krátkými přerušeními provozu
- Náročné:** realizovatelné s většími přestavbami a s přerušeními provozu

Obzvláště vhodné k dovybavení	Potenciál. úspory	Náročnost realizace
Nahrazení defektní nebo chybějící izolace (např. armatury, revizní otvory)	3 ... 8 % paliva	velmi jednoduchá
Chladič brýdových par	≤ 0,5 % paliva	jednoduchá
Chlazení napájecí vody	≤ 1,8 % paliva	jednoduchá
Expandér a modul zpětného získávání tepla	≤ 1,0 % paliva, úspora čerstvé vody, redukce odpadních vod	jednoduchá
Plná demineralizace	1 ... 5 % paliva	jednoduchá
Řízený ventil brýdových par	0,5 ... 1 % paliva	jednoduchá
Výměna hořáku k úpravě výkonu	≤ 8 % paliva	jednoduchá
Regulace spalování, regulace O ₂ a CO	≤ 1,0 % paliva	jednoduchá
Regulace otáček ventilátoru	≤ 75 % náklady na el.	jednoduchá
Automatizovaný monitoring stavu a optimalizace regulátorů	1 ... 3 % paliva	jednoduchá
Expandovaná pára v kondenzátu	1 ... 3 % paliva	jednoduchá
Spalinový tepelný výměník	5 ... 7 % paliva	jednoduchá
Kondenzační tepelný výměník	5 ... 7 % paliva	jednoduchá
Přehřev vzduchu	1 ... 3 % paliva	náročná
Přestavba z provozu na olej na provoz na plyn, nasazení spalovacích zařízení na více paliv	≤ 25 % nákladů,, ≤ 30 % CO ₂ emisí	náročná
Vysokotlaký systém kondenzátu	5 ... 12 % paliva	náročná

Tab. 33 Opatření k dovybavení s příslušným potenciálem úspor



5 Kombinace procesů

5.1 Kogenerace

V průmyslové oblasti může nasazení kogeneračních zařízení na výrobu tepla a elektrické energie představovat rentabilní alternativu k výrobě pouze procesního nebo topného tepla.

Plynová turbína nebo kogenerační jednotka přitom vyvíjí mechanickou energii (sílu), která je přes generátor přeměňována na elektrický proud. Horké spaliny s teplotou obvykle 300 ... 600 °C jsou dále používány ve spalinovém nebo 4 tahovém kotli, aby byla vyrobena pára nebo horká voda (teplo.)

U 4 tahového kotle se jedná o konvenční 3-tahový kotel se spalovacím zařízením a integrovaným přídatným čtvrtým tahem, který může být v provedení jak parního, tak i horkovodního kotle.

→ Produkty – Kapitola 3.2: 4 tahový kotel s hořákem, strana 342

Kotlů na špičkový výkon, které jsou u čistě spalínových kotlů nezbytné, je možné se díky vlastnímu spalovacímu zařízení obvykle vzdát. Investiční náklady, potřeba místa a náročnost výstroje se tak enormně redukuje. Tepelný výkon přinesený odpadním teplem přitom dosahuje až 15 % celkového tepelného výkonu kotle. To je často optimální k pokrytí základního výkonu tepelné potřeby.

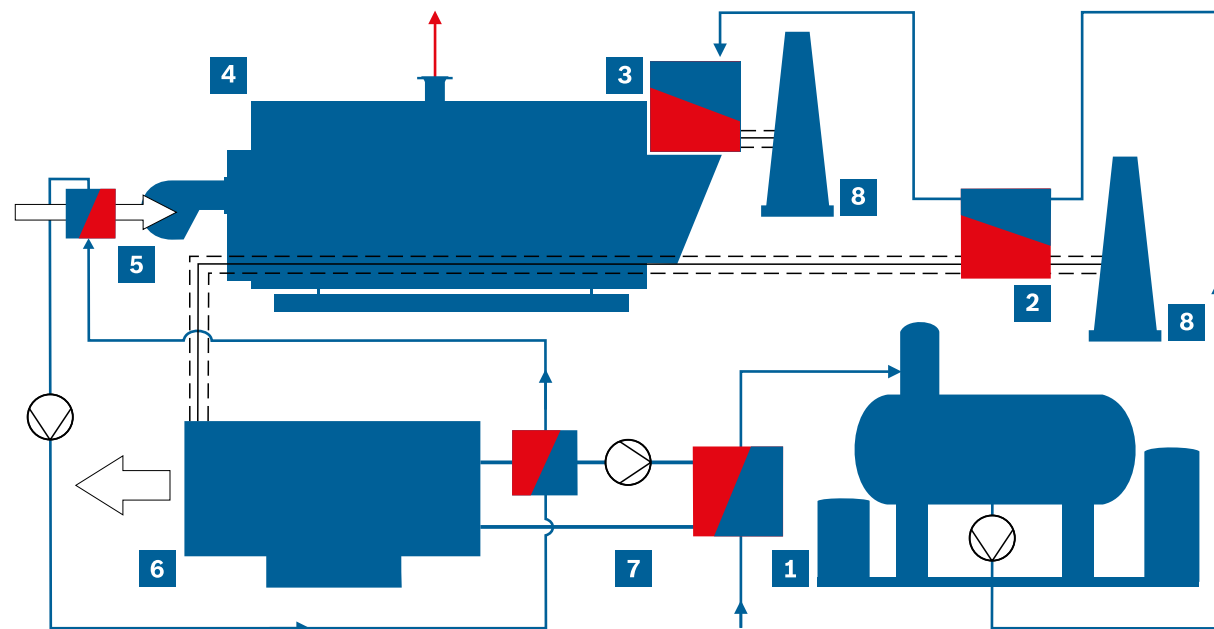
→ Produkty – Kapitola 3.1: UNIVERSAL spalínové parní kotle HRSB, strana 339

Pokud je však základní výkon signifikantně vyšší, může být nasazení kotle pro špičkový výkon ve spojení s čistě spalínovým kotlem lepší alternativou.

V každém případě se doporučuje velikost výkonu agregátu generujícího odpadní teplo (plynové turbíny/ kogenerační jednotky) zvolit tak, že tepelná energie získaná ze spalín nepřekročí základní výkon tepelných spotřebičů. Tím je zajištěno, že bude možno výrobu energie provozovat kontinuálně v ekonomicky optimálním provozním bodě, aniž by teplo spalín muselo být přechodně nevyužité odváděno do okolního prostředí.



Obr. 170 Bosch spalínový kotel HRSB



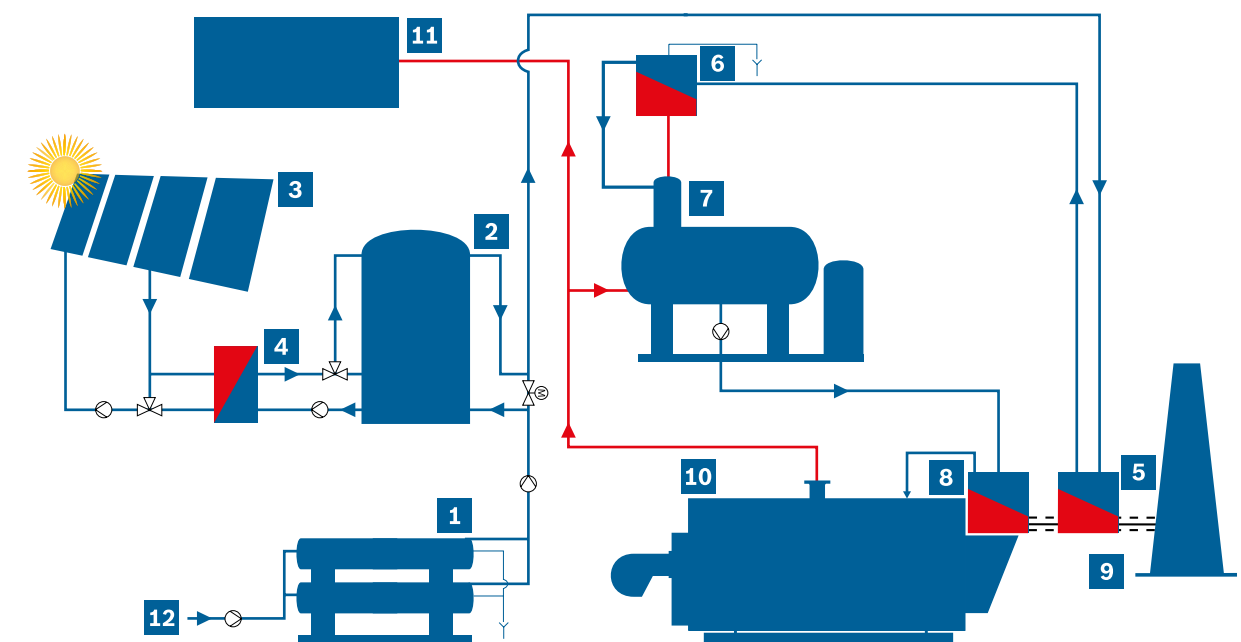
Obr. 171 Příklad hydraulického napojení kogenerace na výrobu procesního tepla s žárotrubným parním kotlem

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1 Modul úpravy vody WSM-V | 5 Předehřívák spalovacího vzduchu |
| 2 Spalínový tepelný výměník | 6 Kogenerační jednotka |
| 3 Ekonomizér | 7 Chladicí voda motoru |
| 4 4 tahový parní kotel | 8 Komín |

5.2 Podpora solární techniky

Pro parní kotlová zařízení s vysokou potřebou přídavné vody jsou smysluplné kombinace se solární energií. Upravená přídavná voda může být solární energií předehřívána a generována středotlaká sytá pára. Tato energie je pak přiváděná do parního kotle.

Za správných rámcových podmínek je možné s takovouto kombinací systémů zajistit ekonomické a ekologické zásobování energií.



Obr. 172 Příklad hydraulického napojení solárního zařízení do výroby procesní páry (znázornění silně zjednodušené)

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1 Zařízení osmózy | 7 Modul úpravy vody WSM-V |
| 2 Akumulátor tepla | 8 Ekonomizér ECO |
| 3 Solární termické zařízení | 9 Komín |
| 4 Tepelný výměník | 10 Parní kotel UL-S |
| 5 Kondenzační tepelný výměník ECO | 11 Spotřebič |
| 6 Chladič brýdových par VC | 12 Čerstvá (surová) voda |



Produkty

1	Přehled produktů parních kotlů	315
2	Parní kotel	317
2.1	UNIVERSAL parní kotel CSB	317
2.2	UNIVERSAL parní kotel U-MB	322
2.3	UNIVERSAL parní kotel UL-S/UL-SX	327
2.4	UNIVERSAL parní kotel ZFR/ZFRX	332
2.5	Modul přehříváku	337
3	Spalinové kotle a zpětné získávání tepla	339
3.1	UNIVERSAL spalinový parní kotel HRSB	339
3.2	4 tahový kotel s hořákem	342
3.3	Šetření energií se systémem	344
4	Moduly pro parní kotle	347
4.1	Modul tepelné úpravy vody WSM	347
4.2	Parní rozdělovač SD	349
4.3	Modul akumulace páry SAM	350
4.4	Kondenzátní modul CSM, tlakový kondenzátní modul CHP	351
4.5	Modul odpadní vody, expandér a chladicí modul BEM	353
4.6	Expandér se zpětným získáváním tepla EHM	354
4.7	Expandér, modul zpětného získávání tepla a odpadních vod EHB	355
4.8	Chladič brýdových par VC	356
4.9	Čerpací modul PM	356
4.10	Modul regulace napájecí vody RM	357
4.11	Samostatně stojící spalinový tepelný výměník ECO StandAlone	358
4.12	Spalinový tepelný výměník s kondenzací spalin StandAlone	359
4.13	Systém přehřevu vzduchu APH	360
4.14	Modul chlazení napájecí vody FWM	362
4.15	Analyzátor vody WA	363

5	Moduly napájení kotle	367
5.1	Modul chemické úpravy vody WTM	367
5.2	Plynová regulační řada GRM	368
5.3	Olejový cirkulační modul OCM	368
5.4	Olejový napájecí modul OSM	369
5.5	Modul regulace tlaku oleje ORM	369
5.6	Modul přehřevu oleje OPM	370
6	Systémová řízení	373
6.1	Kotlová regulace BCO	373
6.2	Kompaktní regulace parních kotlů CSC	375
6.3	Nadřazený řídicí systém kotelny SCO	376
6.4	MEC Optimize	377
6.5	MEC System	379
6.6	MEC Remote	380



1 Přehled produktů parních kotlů

Parní kotel

	CSB*		U-MB	UL-S(X)	ZFR(X)
					
Výkon t/h	0,3–4,8	0,3–5,2	0,2–2	1,2–28	18–55
Teplota max. °C	110	204	204	300	300
Tlak max. bar	0,5	16	16	30	30

Tab. 34 Parní kotle

Spalinové a odpadní teplo

Spalin. kotle	HRSB	4 tahový kotel s hořákem	3 tahový kotel bez hořáku	Zpětné získávání a využívání tepla
				
Spalinový parní kotel		Spalinový kotel pára/horká voda		Odpadní teplo

Tab. 35 Spalinové a odpadní teplo

Komponenty

Kotlové/ systémové řízení	Voda	Pára/kondenzát	Zásobování palivem
			
Řízení	Moduly	Moduly	Spalovací zařízení

Tab. 36 Komponenty

*UNIVERSAL parní kotel CSB je dostupný jak v nízkotlaké variantě (levý sloupeček), tak i jako varianta středotlaká (pravý sloupec.)



2 Parní kotle

2.1 UNIVERSAL parní kotel CSB

Obzvláště kompaktní parní kotel pro menší rozsah výkonu. Umožňuje do budoucna zajistit požadavky na nízké emise a vysokou energetickou efektivitu. Perfektní řešení pro potravinářský a nápojový průmysl, živnostenské výrobní provozy, nemocnice, prádelny a hotely.



Obr. 173 Parní kotel CSB

Technická data CSB		
Nosič tepla	nízkotlaká sytá pára	středotlaká sytá pára
Konstrukce	kotel s velkým vodním prostorem	kotel s velkým vodním prostorem
Výkon v kg/h	300 až 4 800	300 až 5 200
Pojistný tlak v bar	až 0,5	až 16
Max. teplota v °C	110	204
Palivo	olej, plyn, vícepalivové spalovací zařízení	olej, plyn, vícepalivové spalovací zařízení



Vysoká efektivita pro redukované provozní náklady

Integrovaný ekonomizér využívá vznikající teplo spalin, aby snižoval spotřebu paliva a teplotu spalin. Společně s inovativním konceptem izolace a kompozitními izolačními materiály Bosch to umožňuje obzvláště vysokou energetickou efektivitu.

- Vysoká účinnost až přes 95 % s integrovaným ekonomizérem
- Redukovaná spotřeba elektrické energie ventilátoru hořáku díky nižšímu odporu na straně spalin
- Fit do budoucna: již dnes podkračuje limitní hodnoty EU MCPD pro rok 2025 díky hořáku s nízkými emisemi Low-NO_x a velkému plamenci



Uživatelsky optimalizovaný koncept obsluhy

- Na kotli namontované kompaktní řízení CSC s dotykovým displejem
- Alternativně kotlové řízení BCO s rozsáhlými přídatnými funkcemi jako jsou vzdálený přístup MEC Remote, napojení na řídicí techniku a asistenci efektivitu MEC Optimize

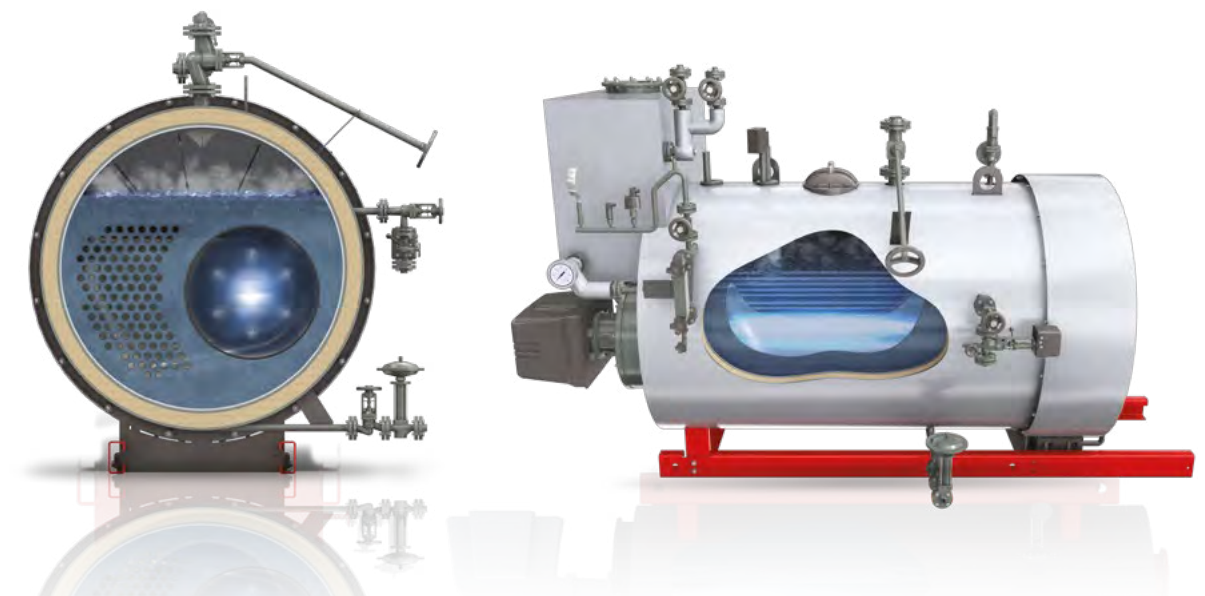
Spolehlivý výkon a specifická zákaznická výstroj

Zařízení na odvlhčení páry a velký parní prostor konstrukce Universal-CSB zajišťují vysokou kvalitu páry vhodnou pro Vaše procesy.

- K dostání jako středotlaká a nízkotlaká varianta
- Flexibilní výstroj kotle s odladěným spalovacím zařízením, zpětným získáváním tepla, úpravou vody a řízením
- Univerzálně použitelný s různými palivy a jako vícepalivové spalování (olej, plyn, bioplyn)
- Přejímka dle evropské směrnice o tlakových zařízeních (vysokotlaká kotlová zařízení), mezinárodně použitelné zařízení s bezpečnostním vybavením specifickým pro danou zemi určení

Rychlá instalace a efektivní údržba

- Optimalizované konstrukční velikosti pro výhodnou přepravu a umístění do místa instalace
- Bezproblémové uvádění do provozu díky kompletně propojenému kompaktnímu řízení a předmontovaným modulům
- Lehce vysunutelná obratová komora pro jednoduché čištění, údržbu a inspekci
- Žádné vložky v trubkách tepelného výměníku pro dobrou přístupnost



Obr. 174 Řez CSB

Konstrukce

Zařízení na odvlhčení páry a velký parní prostor konstrukce Universal-CSB zajišťují vysokou kvalitu páry vhodnou pro Vaše procesy. Vysoc kvalitní výroba pomocí nejmodernějších svářecích robotů na celém tělese kotle umožňuje obzvláště vysokou robustnost a dlouhou životnost.

Díky speciálním spirálovitým trubkám tepelného výměníku se zřetelně zlepšuje výměna tepla na m² teplosměnné plochy. Přitom je možno vynechat vložky ve trubkách spalin, což značně ulehčuje čištění. Navíc to snižuje potřebu energie ventilátoru hořáku díky menšímu odporu na straně spalin.

Mimořádný komfort údržby a inspekce poskytuje vysunutelná obratová komora parního kotle. Tu je možno bez výrazné potřeby prostoru bezpečně otevřít pomocí výsuvného systému. Stejně tak je plně přístupná celá zadní trubkovnice.



Příslušné komponenty kotelny

- Integrovaný ekonomizér ECO
- Modul chlazení napájecí vody FWM
- Kondenzátní modul CSM
- Modul tepelné úpravy vody WSM-V, WSM-T
- Modul úpravy vody WTM
- Čerpací modul PM
- Analyzátor vody WA
- Regulační modul napájecí vody RM
- Modul odpadních vod, expandér a chladicí modul BEM
- Expandér se zpětným získáváním tepla EHM
- Expandér, modul zpětného získávání tepla a odpadní modul EHB
- Chladič brýdových par VC
- Plynová regulační řada GRM
- Olejový napájecí modul OSM
- Olejový cirkulační modul OCM
- Modul regulace tlaku oleje ORM
- Model přehřevu oleje OPM
- Parní rozdělovač SD
- Modul akumulace páry SAM
- Regulace s optimalizací spalování
- Kompaktní řízení parních kotlů CSC
- Řízení kotle BCO
- Systémové řízení SCO
- Vzdálený přístup MEC Remote
- Asistence efektivy MEC Optimize
- Regulace velkých zařízení MEC System



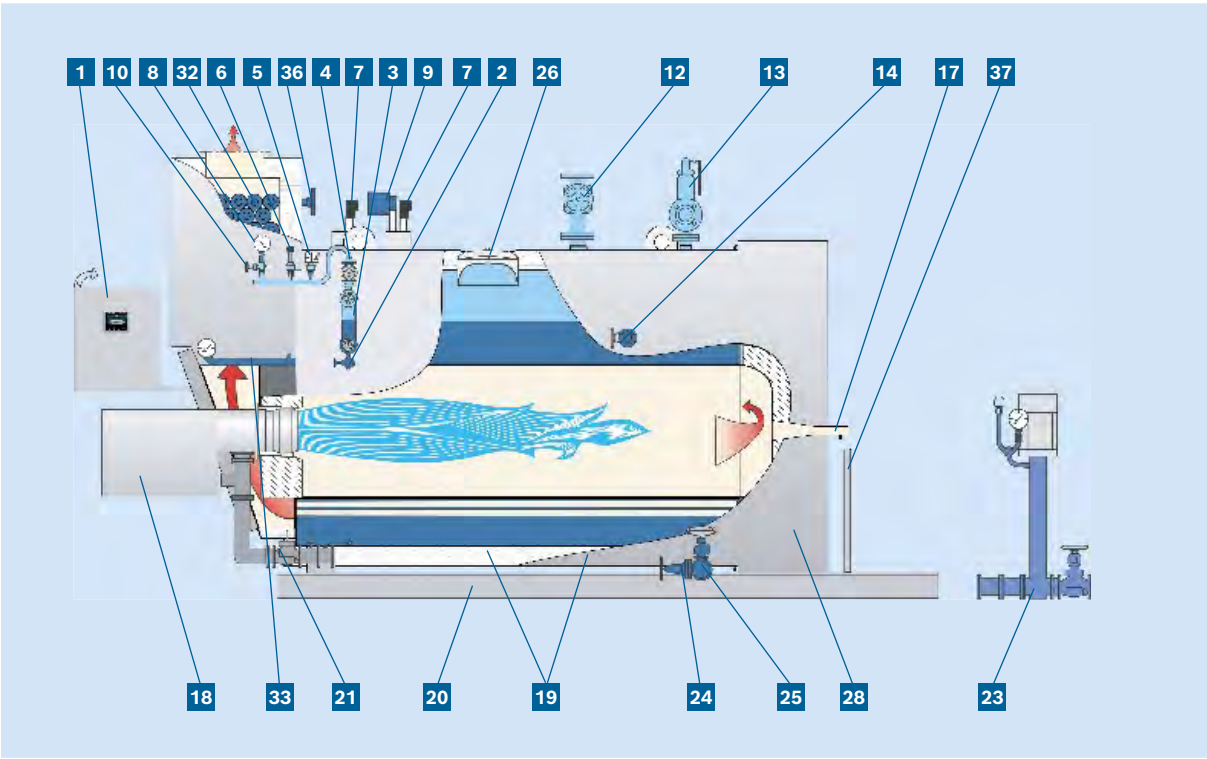
Obr. 175 Kompaktní řízení pro parní kotel CSC

→ Produkty – Kapitola 4: Moduly pro parní kotle, strana 347

→ Produkty – Kapitola 5: Moduly k napájení kotle, strana 367

Výstroj

Parní kotel UNIVERSAL CSB nabízíme včetně výstroje* jako kompletní kotlový systém. Základní výstroj zahrnuje tlakové těleso kotle, regulační a bezpečnostní techniku, hořák, svorkovou skříň a kompaktní řízení CSC namontované na kotli. Alternativně můžete zvolit kotlové řízení BCO s možností napojení na řídicí techniku. Senzory, ovladače a bezpečnostní výstroj kotle specifická dle země určení jsou již předem propojeny kabeláží a svedeny do svorkové skříně. Předpřipravené kabelové svazky opatřené konektory a kódy zjednodušují při instalaci propojení mezi rozvaděčem kotle a svorkovou skříň.



Obr. 176 Znáznornění U-ND/U-HD

- | | |
|---|--|
| 1 Otočná skříň rozváděče s kompaktním ovládáním páry CSC (alternativně regulace kotle BCO) | 17 Průhledítko plamence |
| 2 Vypouštěcí kohout stavoznaku | 18 Hořák |
| 3 Reflexní indikátor hladiny vody | 19 Izolace s ochranným pláštěm |
| 4 Uzavírací bezúdržbový ventil manostatové trubice | 20 Základový rám |
| 5 Omezovač tlaku | 21 Modul regulace plynu |
| 6 Převodník tlaku (4–20 mA) | 23 Modul čerpadla |
| 7 Elektroda omezovače nízké úrovně | 24 Vypouštěcí bezúdržbový uzavírací ventil |
| 8 Manometr | 25 Rychlouzavírací odkalovací ventil |
| 9 Převodník hladiny (4–20 mA) | 26 Kontrolní otvor, strana páry |
| 10 Uzavírací ventil tlakoměru s testovací funkcí | 28 Teleskopická zadní reverzní komora pro snadné inspekce |
| 12 Ventil odběru páry | 32 Tepelný výměník spalin ECO |
| 13 Plnozdvíhový pojistný ventil | 33 Připojovací potrubí ECO / kotel |
| 14 Odruh a převodník měření vodivosti (zde není viditelné) | 36 Připojení přívodu vody ECO |
| | 37 Madlo pro reverzní komoru |



2.2 **UNIVERSAL parní kotel U-MB**

Označení produktu U-MB znamená “UNIVERSAL Modular Boiler” (3 tahový parní kotel v modulárním konstrukčním provedení). Typ U-MB se skládá z více modulů, které perfektně splňují individuální požadavky. Klasické oblasti použití jsou nápojový a potravinářský průmysl, prádelny a čistírny, jakož i menší průmyslové podniky.



Obr. 177 Foto zařízení U-MB

Technická data	Typ U-MB
Nosič tepla	středotlaká sytá pára
Typ konstrukce	3 tahový žárotrubný plamencový kotel
Výkon v kg/h	200 až 2 000
Pojistný tlak v bar	do 16
Max. teplota v °C	204
Palivo	olej, plyn, vícepalivové spalovací zařízení



Vysoká efektivita pro redukované provozní náklady

Odpovídající prvky kotle jsou konfigurovány se zaměřením na nižší emise, vysokou kvalitu páry a optimální energetickou efektivitu.

- Vyšší účinnost díky integrovanému ekonomizéru
- Maximalizace účinnosti díky modulárním modulům zpětného získávání tepla

Uživatelsky optimalizovaný koncept obsluhy

- Intuitivní obsluha s dotykovou obrazovkou a řízením SPS
- Řízení s možností vzdáleného napojení a výstroj parního kotle jsou identické s konstrukčními řadami velkých průmyslových kotlů
- Automatické najížděcí, pohotovostní a vypínací zařízení SUC

Spolehlivý výkon a specifická zákaznická výstroj

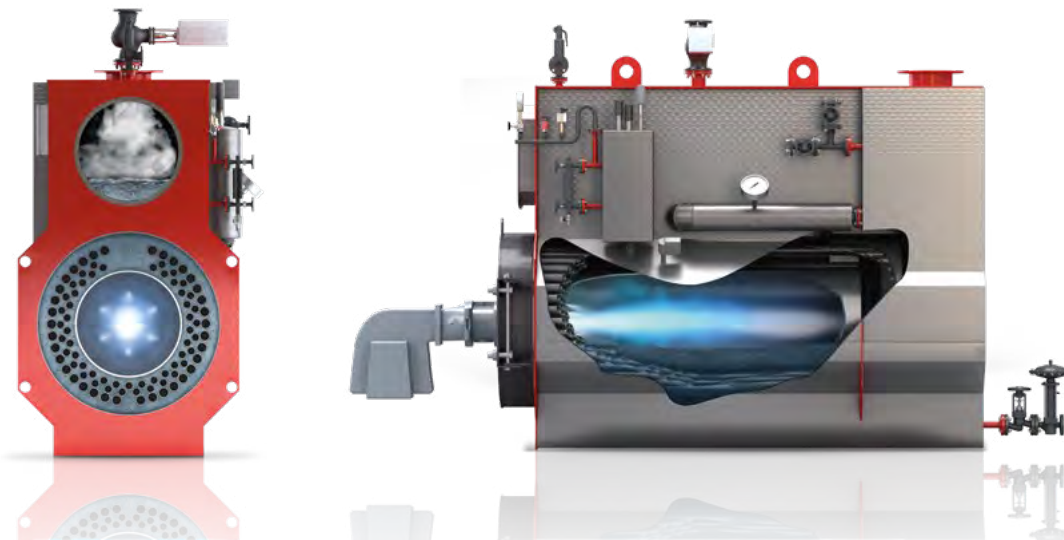
3 tahový parní kotel je univerzálně použitelný pro všechny aplikace. Samozřejmě může být kombinován se všemi ostatními dostupnými komponenty zařízení z našeho stavebnicového systému modulů k napájení paliva a vody, likvidaci odpadní vody, analýze vody a zpětnému získávání tepla.

- Rozsáhlá sériová základní výbava
- Velký vodní prostor a 3 tahová technika
- Menší potřeba místa díky kompaktní základové ploše
- Modulární konstrukce s důsledným používáním konstrukčních prvků a stejných dílů jiných konstrukčních řad zajišťuje obzvláště atraktivní poměr ceny a výkonu

Rychlá instalace a efektivní údržba

- Snížené požadavky na instalaci díky dodávce předmontovaných jednotek již ze závodu výrobce – výstroje, spalovacího zařízení a ekonomizéru
- Úzké konstrukční provedení pro jednoduché nastěhování na místo ve stísněných prostorových podmínkách
- Bezproblémové uvedení do provozu díky předem nastaveným parametrům kotlového řízení
- Zjednodušená kabeláž v místě instalace díky konektorovým připojením

→ Tabulka 4, parní kotel s ulehčenými podmínkami usazení/ instalace, strana 51



Obr. 178 U-MB v řezu

Konstrukce

Parní kotel U-MB je konstruován jako 3 tahový plamencový žárotrubný kotel. Skládá se z více modulů, části vyvíjení tepla v 3 tahové konstrukci, nad tím ležícího parního prostoru a integrovaného ekonomizéru. Jako pravý třítahový kotel se obejde bez usměrňování proudění spalin v spalinových trubkách.

Teplosměnná část kotle U-MB je založena na kotlové konstrukci UNIMAT – desetiletími a tisíceronásobně osvědčené v nasazení v praxi. Velkoryse dimenzovaná geometrie plamence umožňuje efektivní proces spalování.

Volba parní části rozhodujícím způsobem ovlivňuje kvalitu páry. Velkorysé dimenzování má velmi pozitivní vliv na zbytkovou vlhkost páry.

Integrovaný ekonomizér má přímý vliv na energetickou efektivitu. Teplo obsažené ve spalinách se používá k předehřevu napájecí vody kotle a tím se z velké části získává zpět. To redukuje spotřebu paliva a emise.

Zdroj páry je schválený konstrukční vzor a vyrábí se dle přísných směrnic systému zajišťování kvality dle modulu D směrnice o tlakových zařízeních.

Příslušné komponenty kotelny

- Modul chemické úpravy vody WTM
- Modul tepelné úpravy vody WSM
- Kondenzátní modul CSM
- Modul odpadních vod, expandér a chladicí modul BEM
- Expandér a modul zpětného získávní tepla EHM
- Čerpací modul PM
- Expandér, modul zpětného získávání tepla a odpadních vod EHB
- Plynová regulační řada GRM
- Olejový cirkulační modul OCM
- Olejový napájecí modul OSM
- Řídicí systém kotelny SCO
- Parní rozdělovač SD



Obr. 179 Modul tepelné úpravy vody WSM

→ Produkty – Kapitola 4: Moduly pro parní kotle, strana 347

→ Produkty – Kapitola 5: Moduly k napájení kotle, strana 367

Výstroj

Parní kotel UNIVERSAL U-MB nabízíme včetně výstroje* jako kompletní kotlový systém. Základní výstroj obsahuje tlakovou část parního kotle, regulační a bezpečnostní techniku, hořák, integrovaný ekonomizér, čerpací modul, svorkovnici a rozvaděč včetně pohodlné kotlové regulace BCO. Čidla, aktory a bezpečnostní výstroj kotle jsou již propojené a svedené do svorkovnice.

Předpřipravené, kódované kabelové svazky s konektory zjednodušují při instalaci propojení mezi rozvaděčem kotle a svorkovnicí. Stojací nebo nástěnný rozvaděč tak může být optimálně přizpůsoben požadavkům v místě instalace.

*Výstroj je variabilní a volně konfigurovatelná dle přání zákazníka.



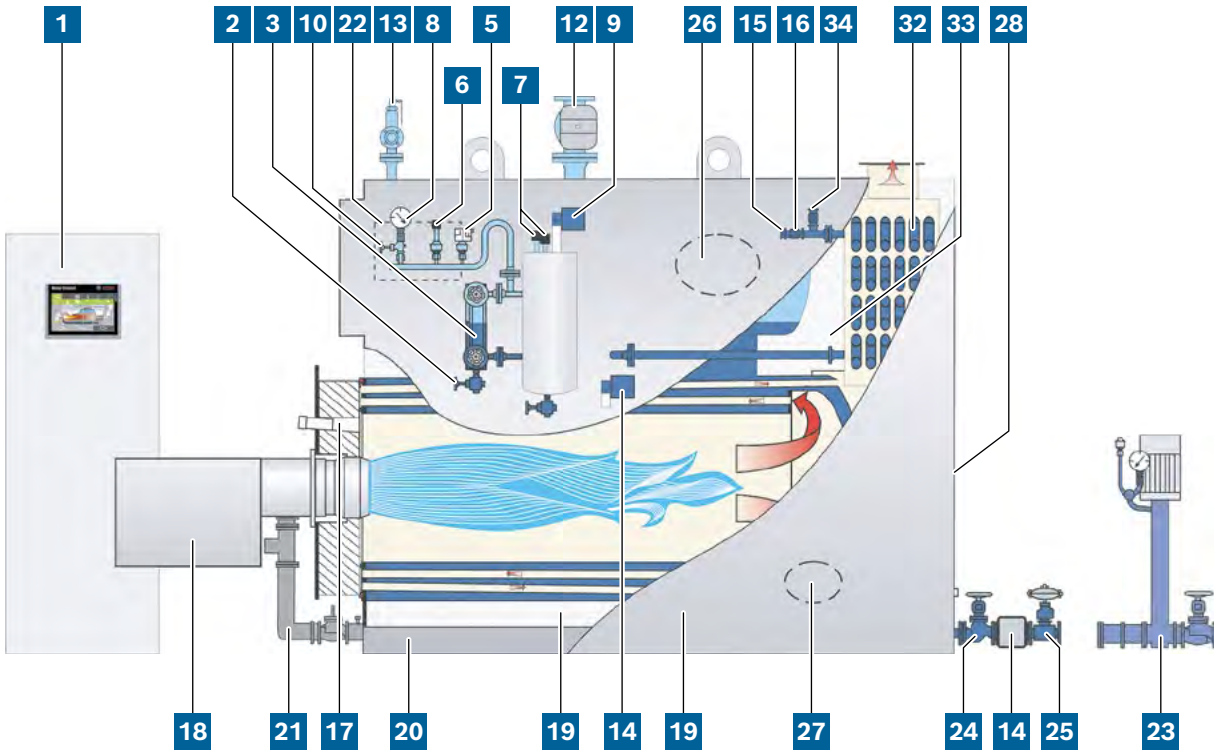
2.3 Parní kotel UNIVERSAL UL-S/UL-SX

Typ kotle UNIVERSAL UL-S je 3 tahový žárotrubný kotel, který splňuje všechny požadavky v oblasti středního a vysokého výkonu. Klasická místa použití jsou zpracovatelský průmysl, živnostenské oblasti a komunální zařízení.



Obr. 181 Foto zařízení UL-S/UL-SX

Technická data	Typ UL-S	Typ UL-SX
Nosič tepla	středotlaká sytá pára	středotlaká přehřátá pára
Typ konstrukce	3 tahový plamencový žárotrubný kotel	3 tahový plamencový žárotrubný kotel
Výkon v kg/h	1 250 až 28 000	2 600 až 28 000
Pojistný přetlak v bar	do 30	do 30
Max. teplota v °C	235	300
Palivo	olej, plyn, vícepalivové spalování	olej, plyn, vícepalivové spalování



Obr. 180 Znáznornění U-MB

- 1 Rozvaděč s kotlovou regulací BCO

2 Vypouštěcí kohout stavoznaku

3 Reflexní ukazatel stavu vody

5 Omezovač tlaku

6 Převodník tlaku (4–20 mA)

7 Elektroda omezovače nízké hladiny vody

8 Manometr

9 Převodník měření hladiny (4–20 mA)

10 Uzavírací ventil manometru s kontrolní funkcí

12 Ventil odběru páry

13 Plnozdvižný pojistný ventil

14 Plně automatické měření vodivosti a odluh

15 Zpětný ventil napájecí vody

16 Uzavírací ventil napájecí vody, bezúdržbový

17 Průhledítko
- 18 Hořák

19 Izolace s ochranným opláštěním

20 Základní rám

21 Plynová regulační řada

22 Svorkovnice

23 Čerpací modul

24 Vypouštěcí uzavírací ventil, bezúdržbový

25 Rychlouzavírací odkalovací ventil

26 Revizní otvor, na straně páry

27 Revizní otvor, na straně vody

28 Revizní otvor, na straně spalín

32 Spalinový tepelný výměník ECO

33 Propojovací potrubí ECO/ kotel

34 Odvzdušňovací uzavírací armatura ECO



Vysoká efektivita pro redukované provozní náklady

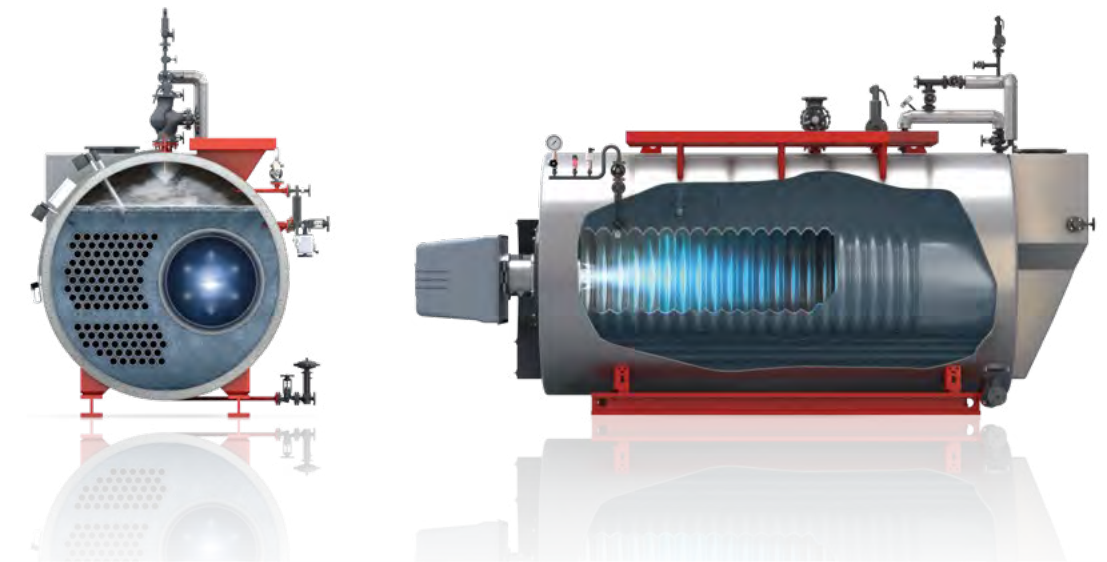
Spalinové proudy parního kotle obsahují značný tepelný potenciál. Pro zvýšení účinnosti kotle se proto tato konstrukční řada kotlů nabízí také s integrovaným ekonomizérem ke zpětnému získávání tepla. Přídavně doporučujeme využít i volitelné moduly pro plynulou regulaci napájecí vody, ventilátor hořáku regulovaný otáčkami a regulaci O_2 / CO , aby byl umožněn ještě efektivnější a ekologičtější provoz.

- Vysoká účinnost díky 3 tahové technice, integrovanému ekonomizéru a efektivnímu konceptu tepelné izolace
- Teploty spalin nižší než 50 °C možné při využívání kondenzace
- Kotel může být vybaven odděleným čtvrtým tahem k využívání odpadního tepla (např. od kogenerace)
- Nízkoemisní spalování díky nasazení vysoce vyvinutých spalovacích zařízení a pečlivému odladění nejlepší kombinace kotle/ hořáku až pod 50 mg NO_x



Rychlá instalace a efektivní údržba

- Zjednodušené uvedení do provozu díky předmontovaným modulům a předem nastaveným parametrům řízení kotle
- Jednoduché dodatečné rozšíření a modernizace
- Zjednodušená kabeláž v místě instalace díky konektorovým připojením
- Příznivé z hlediska údržby – jak na straně spalin, tak i na straně vody jednoduchá možnost přístupu/ prohlídky



Obr. 182 Řez UL-S/UL-SX

Konstrukce

Náš 3 tahový patent z roku 1952 tvoří základ pro vynikající a dodnes trvající úspěch této konstrukční řady. Bočně ležící plamenec (1. tah) a dva vedle toho ležící svazky žárových trubek (2. a 3. tah) jsou s vodou chlazenou zadní obratovou komorou ideálním způsobem integrovány v tělese kotle. Toto uspořádání má za výsledek velkou teplosměnnou plochu při nejmenších vnějších rozměrech. Současně tak disponuje kotel UL-S maximalizovaným parním prostorem – obzvláště výhodným při dynamické potřebě páry. Dna jsou stabilně ukotvena velkým průchozím plamencem a k rovnoměrnému rozložení zátěže s pláštěm kotle promyšleně spojena za použití rohových kotev. Oproti zastaralé konstrukci s čepy je zde výsledkem vyšší robustnost a odolnost – a to i při dynamické zátěži.

Uživatelsky optimalizovaný koncept obsluhy

- Intuitivní řízení kotle na bázi programovatelné paměti SPS s nejvyšší transparentností provozních dat
- Automatické najížděcí, pohotovostní a vypínací zařízení SUC
- Kompatibilní s dálkovým napojením přes vzdálený přístup MEC Remote

Spolehlivý výkon a specifická zákaznická výstroj

V ležícím válcovém tlakovém tělese jsou z hlediska proudění optimálně uspořádány plamenec, vnitřní vodou chlazená zadní spalinová obratová komora, 1. tah a 2. tah. Sálavé výhřevné plochy a konvekční teplosměnné plochy vytváří ve vzájemném působení razantní cirkulaci vody a urychlují tak odvádění bublin páry do parního prostoru. Přiváděné teplo paliva je přeměňováno rovnoměrným přenosem tepla rychle a bez namáhání materiálu na páru.

- Vysoká konstantnost tlaku a kvalita páry i při kolísající potřebě páry díky vysokému parnímu prostoru a tříprvkové regulaci
- Velká plocha pro vznik páry díky asymetrickému designu
- Vhodný téměř pro všechny hořákové systémy
- Těleso kotle použitelné i jako čistě spalinový kotel bez hořáku za kogenerací nebo plynovými turbínami
- Tisícronásobně osvědčená konstrukce v praxi s dlouhou životností



Příslušné komponenty kotelny

- Modul chemické úpravy vody WTM
- Modul tepelné úpravy vody WSM
- Kondenzátní modul CSM
- Modul odpadních vod, expandér a a chladicí modul BEM
- Analyzátor vody WA
- Spalinový tepelný výměník ECO 1 samostatně stojící
- Spalinový tepelný výměník ECO 6 k využití kondenzace
- Expandér a modul se zpětným získáváním tepla EHM
- Čerpací modul PM
- Expandér, modul zpětného získávání tepla a odpadních vod EHB
- Chladič brýdových par VC
- Plynová regulační řada GRM
- Olejový cirkulační modul OC, Olejový napájecí modul OS a Modul předehřevu oleje OPM
- Řídicí systém kotelny SCO
- Modul chlazení napájecí vody FWM
- Systém předehřevu vzduchu APH
- Přehřívák
- Parní rozdělovač SD



Obr. 183 Parní rozdělovač SD

→ Produkty – Kapitola 4: Moduly pro parní kotle, strana 347

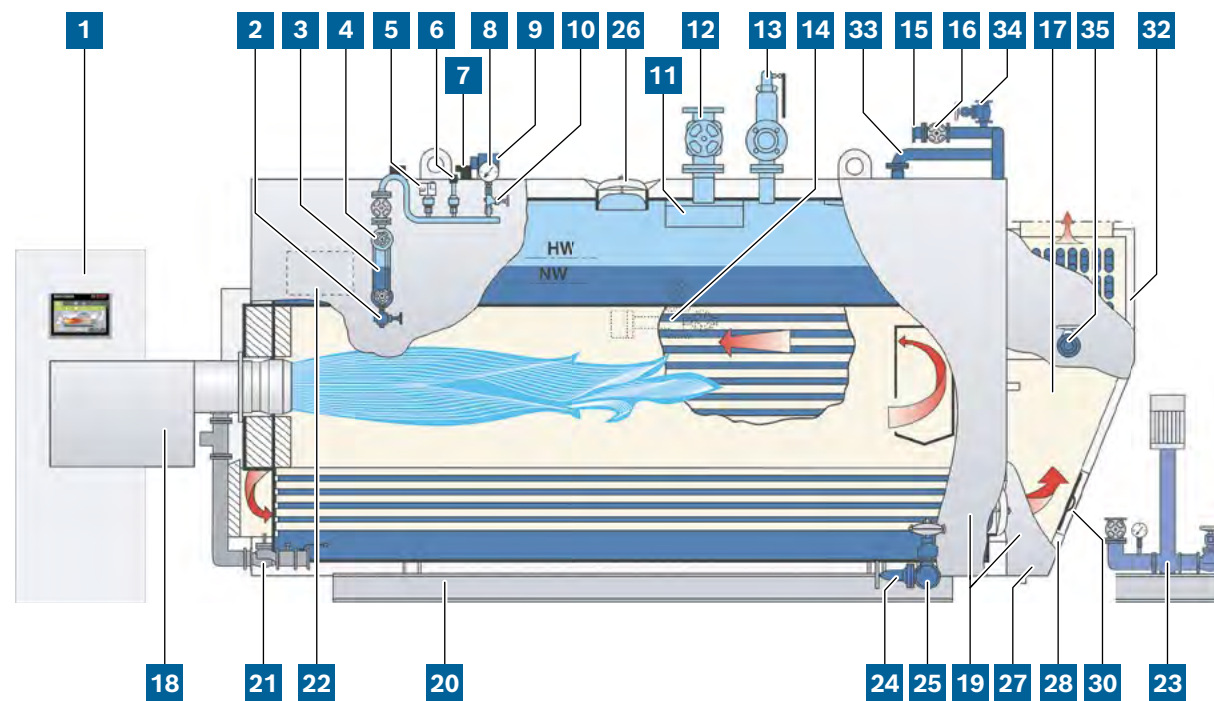
→ Produkty – Kapitola 5: Moduly k napájení kotle, strana 367

Výstroj

Parní kotel UNIVERSAL UL-S/UL-SX nabízíme včetně výstroje* jako kompletní kotlový systém. Základní výstroj obsahuje tlakové těleso kotle, regulační a bezpečnostní techniku, hořák, čerpací modul, svorkovnice, integrovaný ekonomizér a rozvaděč včetně našeho pohodlného kotlového řízení BCO. Pro kotle UL-S do 4 000 kg/h výkonu může být alternativně použita nákladově příznivější varianta řízení CSC. Čidla, aktry a bezpečnostní výstroj kotle jsou již propojené a svedené do svorkovnice.

Předpřipravené, kódované kabelové svazky s konektory zjednodušují při instalaci propojení mezi rozvaděčem kotle a svorkovnicí. Stojací nebo nástěnný rozvaděč tak může být optimálně přizpůsoben požadavkům v místě instalace.

*Výstroj je variabilní a volně konfigurovatelná dle přání zákazníka.



Obr. 184 Znáznornění UL-S/UL-SX

- | | |
|---|--|
| 1 Rozvaděč s kotlovou regulací BCO (alternativně i varianta řízení CSC pro kotle do 4 000 kg/h výkonu) | 17 Průhledítko |
| 2 Vypouštěcí kohout stavoznaku | 18 Hořák |
| 3 Reflexní ukazatel stavu vody | 19 Izolace s ochranným opláštěním |
| 4 Uzavírací ventil manostatové trubice, bezúdržbový | 20 Základní rám |
| 5 Omezovač tlaku | 21 Plynová regulační řada |
| 6 Převodník měření tlaku (4 ... 20 mA) | 22 Svorkovnice |
| 7 Elektroda omezovače nízké hladiny vody | 23 Čerpací modul |
| 8 Manometr | 24 Vypouštěcí uzavírací ventil, bezúdržbový |
| 9 Převodník měření hladiny (4 ... 20 mA) | 25 Rychlouzavírací odkalovací ventil |
| 10 Uzavírací ventil manometru s kontrolní funkcí | 26 Revizní otvor, na straně páry |
| 11 Odlučovač vody z páry | 27 Revizní otvor, na straně vody |
| 12 Ventil odběru páry | 28 Revizní otvor, na straně spalin |
| 13 Plnozdvíhový bezpečnostní ventil | 30 Spalinová sběrná komora |
| 14 Plně automatické měření vodivosti a odluhu | 32 Spalinový tepelný výměník ECO |
| 15 Zpětný ventil napájecí vody | 33 Propojovací potrubí ECO/ kotel |
| 16 Uzavírací ventil napájecí vody, bezúdržbový | 34 Odvzdušňovací uzavírací armatura ECO |
| | 35 Vypouštěcí uzavírací armatura ECO (vypouštění) |



2.4 Parní kotel UNIVERSAL ZFR/ZFR-X

Parní kotel UNIVERSAL ZFR je žárotrubný kotel v 3 tahovém provedení se dvěma plamenci a zcela oddělenými spalinovými cestami. Pokrývá téměř každou potřebu páry a tepla v úseku velkého výkonu. Klasické oblasti použití jsou komunální a teplárenské zdroje tepla, komunální zařízení, zpracovatelský průmysl a živnostenské provozy všech hospodářských odvětví.



Obr. 184 Foto zařízení parního kotle ZFR/ZFR-X

Technická data	Typ ZFR	Typ ZFR-X
Nosič tepla	Středotlaká sytá pára	Středotlaká přehřátá pára
Typ konstrukce	3 tahový dvouplamencový žárotrubný kotel	3 tahový dvouplamencový žárotrubný kotel
Výkon v kg/h	18 000 až 55 000	18 000 až 55 000
Pojistný přetlak v bar	do 30	do 30
Max. teplota v °C	235	300
Palivo	olej, plyn, vícepalivové spalování	olej, plyn, vícepalivové spalování



Vysoká efektivita pro redukované provozní náklady

Pro parní kotel UNIVERSAL ZFR je povinná modulovaná regulace výkonu pro „neomezený“ jednoplamencový a dvouplamencový provoz a plynulou regulaci napájecí vody. Aby bylo možno dosáhnout přídatných potenciálů úspor, nabízíme Vám při zohlednění systémových podmínek volitelné moduly ke zvyšování efektivity, např. ventilátory hořáku řízené otáčkami a regulaci spalování prostřednictvím dosahovaných hodnot O₂ nebo CO.

- Vysoká účinnost díky 3 tahové technice a integrovanému ekonomizéru
- Efektivní koncept tepelné izolace
- Spalování s redukcí škodlivin díky nasazení vysoce vyvinutých spalovacích systémů a pečlivému odladění nejlepší kombinace kotle/ hořáku a geometrie plamence

Uživatelsky optimalizovaný koncept obsluhy

- Intuitivní řízení kotle na bázi programovatelné paměti SPS s nejvyšší transparentností provozních dat
- Automatické zařízení pro najíždění, pohotovost a vypínání SUC
- Připravený pro napojení na automatizační systémy
- Digitální asistent efektivity MEC Optimize
- Kompatibilní s dálkovým napojením MEC Remote

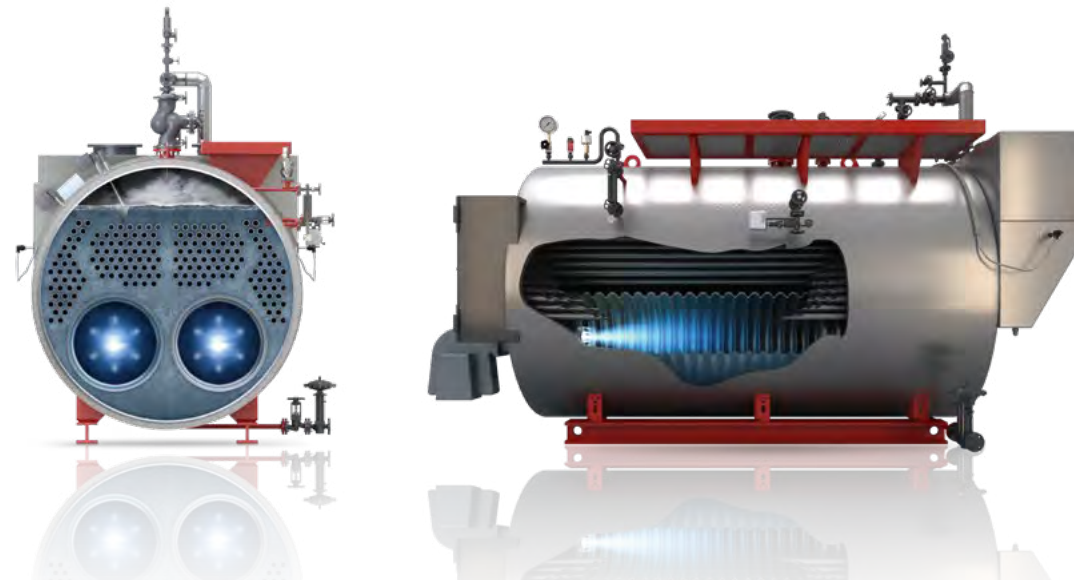
Spolehlivý výkon a specifická zákaznická výstroj

Dvouplamencový žárotrubní kotel je se svými oddělenými spalinovými cestami vhodný i pouze pro provoz s jedním hořákem. Z toho vyplývá vysoká flexibilita výkonu. Ekonomizér a přehřívák mohou být doplněny jednoduchým způsobem díky modulové konstrukci.

- Vysoká konstantnost tlaku a kvalita páry i při silně kolísající potřebě páry
- Vhodný téměř pro všechny hořákové systémy
- Možný extrémně vysoký regulační rozsah díky jednoplamencovému provozu
- Přejímka dle evropské směrnice o tlakových zařízeních, celosvětově použitelná
- V praxi tisícírovnobně osvědčená konstrukce – dlouhá životnost a spolehlivost

Rychlá instalace a efektivní údržba

- Bezproblémové uvádění do provozu díky předmontovaným modulům a řízení kotle s přednastavenými parametry
- Jednoduché dodatečné rozšíření a modernizace
- Zjednodušená kabeláž v místě instalace díky hotovým konektorovým spojmům
- Provedení příznivé z hlediska údržby – jak na straně spalín, tak i na straně vody lehký přístup



Obr. 185 Řez ZFR/ZFR-X

Konstrukce

Vhodnost pro neomezený paralelní nebo jednotlivý provoz hořáků není zajištěna pouze stabilním oddělením na straně spalin. Pro trvalou stabilitu jsou rozhodující zvláštní konstrukční opatření k neutralizaci sil pnutí při jednoplamencovém provozu. Plamence jsou prostrčeny v předním a zadním dnu a kolem dokola pevně provařeny. Oproti kotlovým konstrukcím s čepy je takto zabráněno nepřípustným zátěžím v ohybu. Integrovaná zadní spalinová obrátová komora tak poskytuje výhody vodou oplachovaného chlazení při současně redukované mechanické zátěži. Cirkulace vody a přenos tepla jsou účinně dynamizovány díky vodicím profilům na patě kotle.

Dráhy proudění mezi plamenci a vedle sebe ležícími trubkovými poli přidavně urychlují cirkulaci.

Díky schválenému jednoplamencovému provozu je neomezeně možný plně automatický provoz s jedním nebo oběma hořáky. Ani rozdílná paliva obou spalovacích zařízení nepředstavují žádnou překážku. Regulační rozsah se zdvojnásobí a jakákoliv fáze slabého výkonu je hořákem vykryta se ziskem účinnosti.

Příslušné komponenty kotelny

- Modul chemické úpravy vody WTM
- Modul tepelné úpravy vody WSM
- Kondenzátní modul CSM
- Modul odpadních vod, expandér a chladicí modul BEM
- Čerpací modul PM
- Expandér, modul zpětného získávání tepla a odpadních vod EHB
- Chladič brýdových par VC
- Analyzátor vody WA
- Expandér a modul zpětného získávání tepla EHM
- Plynová regulační řada GRM
- Olejový cirkulační modul OC
- Olejový napájecí modul OSM
- Modul předehřevu oleje OPM
- Řídicí systém kotelny SCO
- Spalinový tepelný výměník ECO 1 k samostatnému ustavení
- Spalinový tepelný výměník ECO 6 k využití kondenzace
- Systém předehřevu vzduchu APH
- Přehřívák
- Parní rozdělovač SD



Obr. 186 Spalinový tepelný výměník ECO 6 k využití kondenzace

→ Produkty – Kapitola 4: Moduly pro parní kotle, strana 347

→ Produkty – Kapitola 5: Moduly k napájení kotle, strana 367

Výstroj

Parní kotel UNIVERSAL ZFR/ZFRX nabízíme včetně výstroje* jako kompletní kotlový systém. Základní výstroj obsahuje tlakové těleso kotle, regulační a bezpečnostní techniku, hořáky, čerpací modul, svorkovnici, integrovaný ekonomizér a rozvaděč včetně naší komfortní kotlové regulace BCO. Čidla, aktory a bezpečnostní výstroj kotle jsou již propojené a svedené do svorkovnice.

Předpřipravené, kódované kabelové svazky s konektory zjednodušují při instalaci propojení mezi rozvaděčem kotle a svorkovnicí. Stojací nebo nástěnný rozvaděč tak může být optimálně přizpůsoben požadavkům v místě instalace.

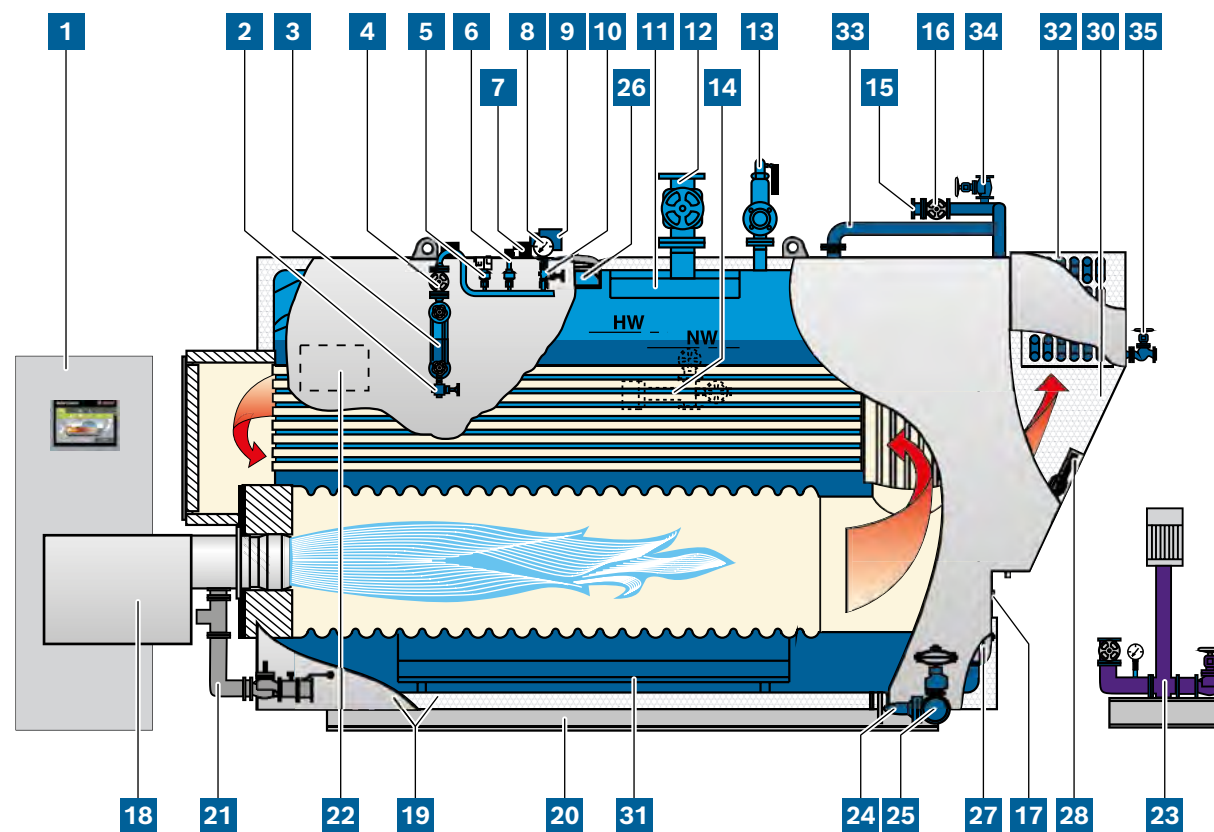
*Výstroj je variabilní a volně konfigurovatelná dle přání zákazníka.

2.5 Přehřívák

Jednoplamencové a dvouplamencové žárotrubné kotle s přehřívákem k výrobě přehřáté páry.

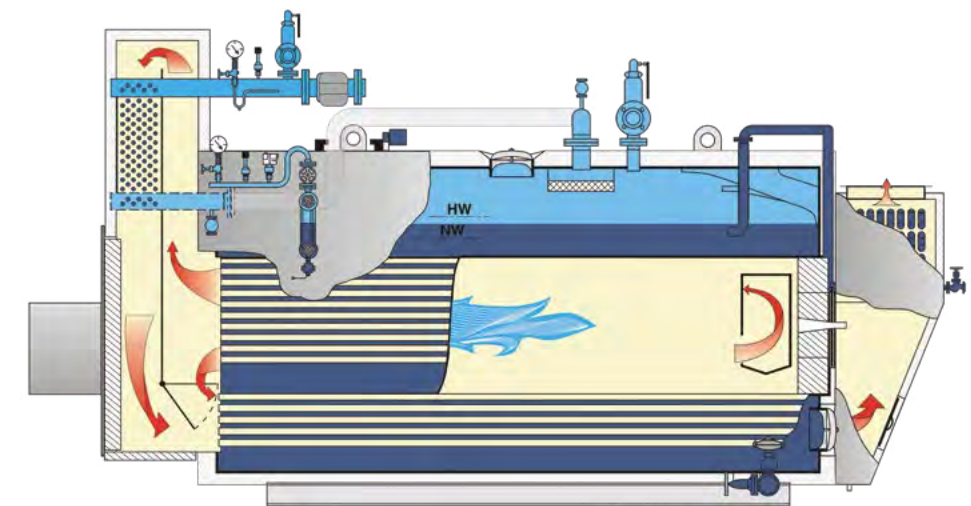
Pokud je místo syté páry požadována přehřátá pára, může být na přední obratovou komoru nasazen modul přehříváku. Bypassová klapka reguluje teplotu přehřáté páry konstatně přes velký rozsah výkonu. Spalinové trubky pole zůstávají díky výklopným dvířkům obratové komory pohodlně přístupné.

- Modulární systém regulovaný na straně spalin – k regulaci teploty přehřáté páry není třeba žádná vstříkovaná voda
- Příznivý z hlediska údržby a montáže – jednoduchá možnost čištění 2. a 3. tahu kotle
- Vysoká životnost díky nízké termické zátěži svazku trubek tepelného výměníku přehříváku

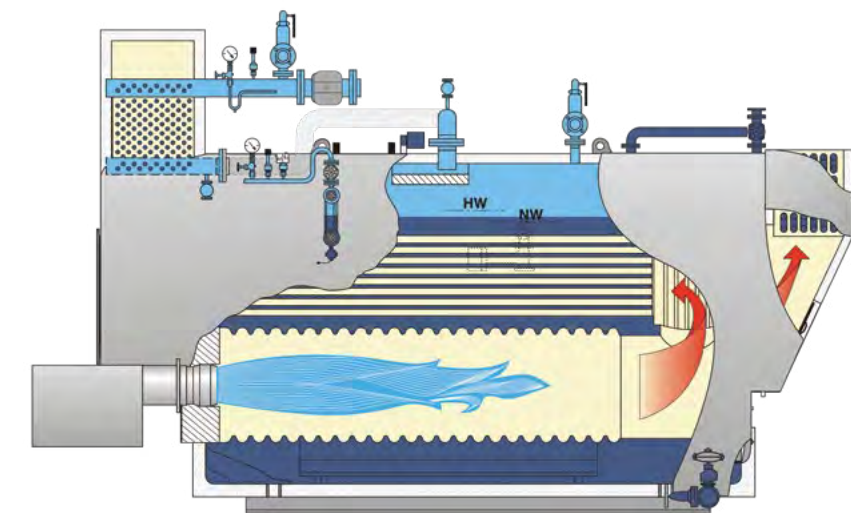


Obr. 187 Znáznornění ZFR/ZFR-X

- | | |
|---|---|
| 1 Rozvaděč s kotlovou regulací BCO | 18 Hořák |
| 2 Vypouštěcí kohout stavoznaku | 19 Izolace s ochranným opláštěním |
| 3 Reflexní ukazatel hladiny vody | 20 Základní rám |
| 4 Uzavírací ventil trubice manostatu, bezúdržbový | 21 Plynová regulační řada |
| 5 Omezovač tlaku | 22 Svorkovnice |
| 6 Převodník měření tlaku (4–20 mA) | 23 Čerpací modul |
| 7 Elektroda omezovače nízké hladiny vody | 24 Uzavírací ventil, bezúdržbový |
| 8 Manometr | 25 Rychlouzavírací odkalovací ventil |
| 9 Převodník měření hladiny (4–20 mA) | 26 Revizní otvor, na straně páry |
| 10 Uzavírací ventil manometru s kontrolní funkcí | 27 Revizní otvor, na straně vody |
| 11 Odlučovač vody z páry | 28 Revizní otvor, na straně spalin |
| 12 Ventil odběru páry | 30 Spalinová sběrná komora |
| 13 Plnozdvíhý pojistný ventil | 31 Vodící profily oběhu vody |
| 14 Plně automatické měření vodivosti a odluh | 32 Spalinový tepelný výměník ECO |
| 15 Zpětný ventil napájecí vody | 33 Propojovací potrubí ECO/ kotel |
| 16 Uzavírací ventil napájecí vody, bezúdržbový | 34 Odvzdušňovací uzavírací armatura ECO |
| 17 Průhledítko | 35 Vypouštěcí uzavírací armatura ECO (vypouštění) |



Obr. 188 Znáznornění v řezu UL-SX



Obr. 189 Znáznornění v řezu ZFR-X



3 Spalinové kotle a zpětné získávání tepla

3.1 UNIVERSAL spalinový parní kotel HRSB

Spalinový kotel využívá vznikajícího tepla ze spalin k vyvíjení procesní páry.



Obr. 191 Zařízení spalinového kotle UNIVERSAL HRSB

Technická data	Typ HRSB
Nosič tepla	Středotlaká sytá pára
Typ konstrukce	spalinový žárotrubný kotel
Výkon v kg/h	400 až 4 100
Pojistný přetlak v bar	10 až 16
Max. teplota spalin zdroje spalin z °C	550
Min. množství spalin zdroje spalin v kg/h	500
Max. množství spalin zdroje spalin v kg/h	23 500
Palivo zdroje spalin	zemní plyn (další druhy spalin na vyžádání)
Výkonové rozpětí kombinovatelných kogenerací v MWel	zhruba 0,5 až 4

V kombinaci s kogenerací spalinový parní kotel HRSB účinně přispívá k efektivnímu využívání primární energie. Kotel zhodnocuje horké proudy spalin z předřazených spalovacích procesů a vyrábí z nich procesní páru. Díky modulární konstrukci a kompaktním rozměrům je vhodný jak pro nově zřizovaná zařízení, tak i pro projekty modernizace.



Obr. 190 Dvouplamencový kotel s modulem přehříváku

Konstrukce

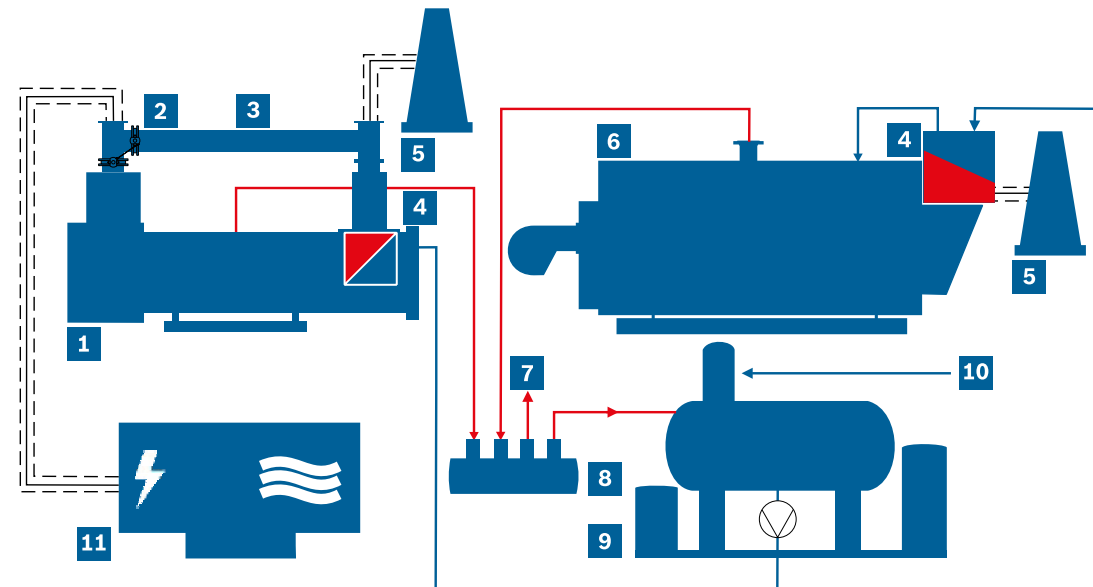
Spalinový parní kotel certifikovaný dle směrnice o tlakových zařízeních je k dispozici v osmi standardizovaných provedeních. Skládá se z vysoce efektivního svazku trubek pro přenos tepla, jehož účinnost může být ještě zvýšená o volitelně integrovaný ekonomizér. V případě potřeby může být doplněn spalínový bypass. Pokud právě neprobíhá odběr páry, je tak kotel na straně spalin obejit. Kogenerační jednotky nebo jiné zdroje odpadního tepla tak zůstávají nepřetržitě v provozu.

Výstroj

Spalinový parní kotel je izolovaný a vybavený moderním bezpečnostním vybavením. Spalinový bypass se dodává z dopravních důvodů zvlášť, montáž a izolace probíhá přímo v místě instalace. Kotlová regulace BCO na bázi programovatelné paměti SPS ovladatelná přes dotykovou obrazovku je umístěna v odděleném stojácím nebo nástěnném rozvaděči.

Přehled výhod

- Zvyšování efektivity a ekologičnosti díky využívání zdrojů odpadního tepla
- Vysoká účinnost díky efektivnímu svazku trubek pro přenos tepla a dobré tepelné izolaci
- Vysoká účinnost díky volitelně integrovatelnému ekonomizéru
- Odladěný modulární systém pro jednoduché plánování a rychlou montáž
- Na přání celý systém včetně kogenerace
- Intuitivní řízení kotle na bázi programovatelné paměti SPS s nejvyšší transparentností provozních dat
- Jednoduché uvádění do provozu díky řízení kotle s přednastavenými parametry
- Zjednodušená kabeláž ze strany stavby díky hotovým přípojkám s konektory
- Robustní, spolehlivý a s dlouhou životností
- Redukovaná rozmanitost dílů, co se týká náhradních dílů skladem
- Servis „z jedné ruky“
- Je možné systémové řízení přes SCO s BCO spalínových kotlů a parních kotlů



Obr. 192 Funkční schéma spalínového parního kotle UNIVERSAL HRSB (silně zjednodušené znázornění)

- | | |
|---|---|
| 1 Spalinový kotel | 7 Spotřebiče |
| 2 Bypassové klapky | 8 Rozdělovač |
| 3 Bypass spalin | 9 Modul tepelné úpravy vody WSMV |
| 4 Ekonomizér | 10 Přídavná voda |
| 5 Komín | 11 Kogenerace |
| 6 Parní kotel pro špičkový výkon | |

Konstrukční řada UL-S jako 3 tahový spalínový kotel

- Konstrukční řada kotlů UL-S je také použitelná jako čistě spalínový kotel
- K použití při vysokých teplotách spalin
- K použití v kombinaci s kogeneračními jednotkami nebo plynovými turbínami
- Využívání odpadního tepla k výrobě páry



Obr. 193 Čelní pohled na 3 tahový spalínový kotel bez hořáku



3.2 4 tahový kotel s hořákem

Konvenčně vytápěný kotel vytváří procesní teplo při současném využívání tepelného potenciálu ze zdrojů odpadního tepla.



Obr. 194 4 tahový kotel s hořákem

Technická data	4 tahový kotel, typ UL-S
Nosič tepla	Středotlaká sytá pára
Typ konstrukce	3 tahový plamencový žárotrubný kotel se čtvrtým tahem
Výkon v kg/h	700 až 28 000
Pojistný přetlak v bar	do 30
Max. teplota spalin zdroje odpadního tepla v °C	550
Min. množství spalin zdroje odpadního tepla v kg/h	500
Max. množství spalin zdroje odpadního tepla v kg/h	23 500
Palivo zdroje odpadního tepla	zemní plyn (další druhy spalin na vyžádání)
Rozpětí výkonu kombinovatelných kogenerací v MWel	zhruba 0,2 až 4
Palivo spalovacího zařízení kotle	plyn, olej, vícepalivové spalovací zařízení

Tyto varianty parních kotlů jsou konvenčně vytápěné 3 tahové kotle s přidavně integrovaným tahem k využívání odpadního tepla. Používají se převážně v kombinaci s kogeneračními jednotkami nebo plynovými turbínami. Ve spalinové větvi se využívají horké spaliny z předřazených spalovacích procesů k tomu, aby podpořily výrobu procesního tepla.

Nasazení spalinových kotlů bez přidavného spalovacího zařízení normálně vyžaduje přidavný kotel pro špičkový výkon. Tato nutnost odpadá v mnoha případech u konstrukční varianty s vlastním spalovacím zařízením. Navíc se redukuje nasazení tepelných výměníků ve spalinové větvi kogenerace.

Pro provozovatele zařízení to znamená méně investičních nákladů, menší potřebu místa a nižší náročnost výstroje.

Konstrukce

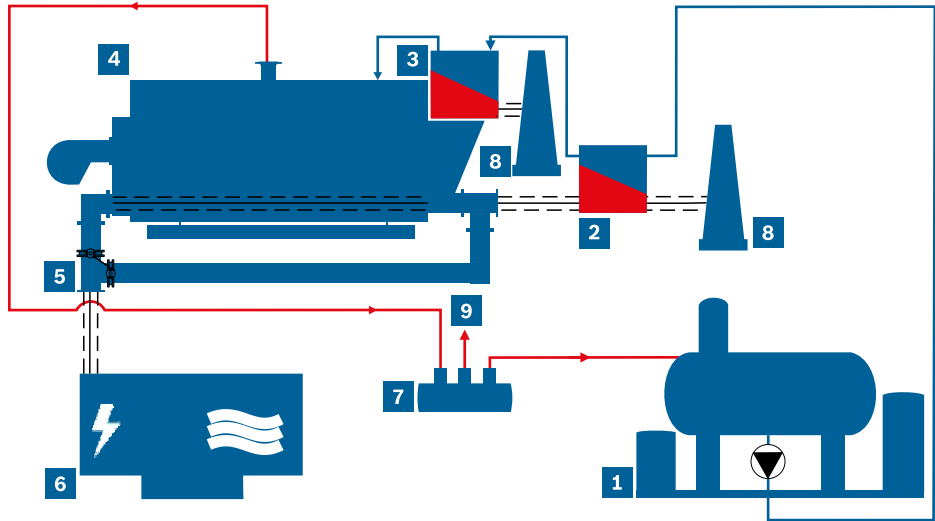
Konstrukce našich spalinových kotlů s hořákem odpovídá základní konstrukci konstrukční řady UL-S. Kotel je vybaven přidavně integrovaným tahem (4. tah) k využívání odpadního tepla.

Výstroj

Výstroj, která je k dispozici, je identická s možnostmi vybavení kotlové řady parních kotlů UNIVERSAL UL-S.

Přehled výhod

- Zvyšování efektivity a ekologičnosti díky využívání zdrojů odpadního tepla
- Vysoká jistota dodávek díky vlastnímu spalovacímu zařízení
- Odladěný modulární systém pro jednoduché plánování a rychlou montáž
- Na přání celý systém včetně kogenerace a integrovaného systémového řízení
- Intuitivní řízení kotle na bázi programovatelné paměti SPS s nejvyšší transparentností provozních dat
- Jednoduché uvádění do provozu díky řízení kotle s přednastavenými parametry
- Zjednodušená kabeláž ze strany stavby díky hotovým přípojkám s konektory
- Robustní, spolehlivý a s dlouhou životností
- Redukovaná rozmanitost dílů, co se týká náhradních dílů skladem
- Servis „z jedné ruky“

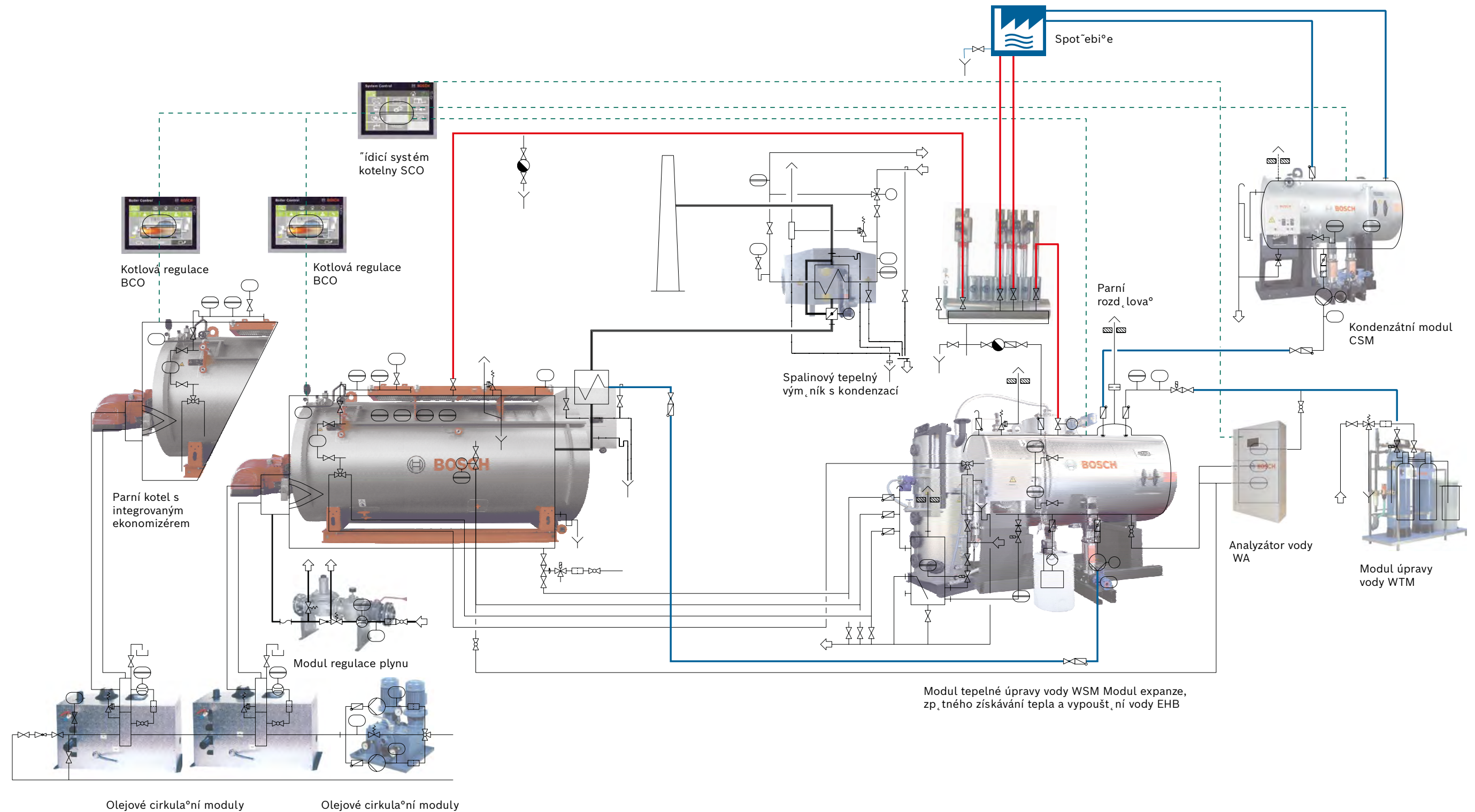


Obr. 195 Funkční schéma 4 tahového kotle s hořákem (silně zjednodušené znázornění)

- | | |
|----------------------------------|--------------|
| 1 Modul tepelné úpravy vody WSMV | 6 Kogenerace |
| 2 Spalinový tepelný výměník | 7 Rozdělovač |
| 3 Ekonomizér | 8 Komín |
| 4 4 tahový parní kotel | 9 Spotřebič |
| 5 Spalinový bypass | |

3.3 Úspora energie se systémem

Vysoce efektivní kotlová zařízení s optimálně odladěnými komponenty kotelny zajišťují nízkou spotřebu energie a nízké emise.



Obr. 196 Funkční schéma komponentů kotelny



4 Moduly pro parní kotle

Naše moduly pro parní kotle umožňují výstroj Vašeho zařízení dle Vašich požadavků. Zajišťují maximální jistotu provozu, jakož i dlouhou životnost a vysokou efektivitu za specifických provozních podmínek.

4.1 Modul tepelné úpravy vody WSM

Modul tepelné úpravy vody zásobuje parní kotel odplyněnou a chemicky upravenou napájecí vodou a likviduje odluh a odpadní vodu.

- Přivedení a skladování kondenzátu a přídavné vody
- Modul částečného odplynění napájecí vody s WSM-T
- Modul úplného odplynění napájecí vody s WSM-V
- Chemická úprava napájecí vody
- Expanze a chlazení odluhu a odpadní vody
- Chlazení vzorků vody
- SPS řízení a zobrazování
 - hladiny vody v zásobníku
 - teploty napájecí vody u WSM-T
 - tlaku v zásobníku u WSM-V
 - teploty odpadní vody
- Řízení dávkování chemikálií
- Ochrana modulu napájecích čerpadel proti běhu nasucho
- Pojistka proti přehřívání



Obr. 197 Modul tepelné úpravy vody WSM-V k plnému odplynění pro všechny parní kotle s výkonem 2 000 až zhruba 100 000 kg/h

Konstrukce

Všechny komponenty jsou v nejvyšší kvalitě provedení hydraulicky propojeny do jedné multifunkční montážní jednotky, tepelně izolovány a propojeny elektricky. Náročné konstrukce nejsou třeba: kompaktní modul je namontovaný na stabilním nosném rámu a dimenzovaný k usazení na rovné podlaze. Všechny funkce jsou podporovány počítačově přes řízení s programovatelnou pamětí a dotykovým panelem a samočinně řízeny.

Vybavení

Modul se skládá ze zásobníku napájecí vody s parním ohřevem, zařízením na dávkování chemikálií, expandéru odkalu, chladiče vzorků vody a příslušných armatur, jakož i rozvaděče.

Volitelně jsou k dispozici přídatné komponenty jako např. zařízení ke zpětnému získávání tepla z odluhu, druhé dávkování chemikálií nebo moduly napájecích čerpadel. U WSM-V je na zásobníku napájecí vody namontován tryskový nebo kaskádový odplyňovač.

Přehled výhod

- Rychlé a jednoduché plánování, montáž a přejímka
- Žádné požadavky na nátokovou výšku, místa instalace
- Pouze několik připojení a připraven k provozu
- Jednoduché uvedení do provozu, obsluha a údržba
- Kompletní jednotka se zárukou
- Jednoduchá přeprava a změna místa
- Vysoký odplyňovací účinek s WSM-T
- Nejvyšší odplyňovací účinek s WSM-V
- Redukovaná spotřeba chemikálií s WSM-V



Obr. 198 Modul tepelné úpravy vody WSM-T k částečnému odplynění pro všechny parní kotle s výkonem až 8000 kg/h

4.2 Parní rozdělovač SD

V rozdělovači dochází k rozdělování objemového proudu páry na spotřebiče, odlučování zbytkové vlhkosti a odvodnění.

Konstrukce

Parní rozdělovač s počtem odboček páry dle příslušné zakázky je hotově smontovaný s přírubovými spoji a všemi nezbytnými armaturami do jedné modulové jednotky.

Vybavení

Rozdělovače jsou dodávány s tlakoměrem, vybavené uzavíracími armaturami, zpětnými armaturami a armaturami na odvod kondenzátu dle rozsahu dodávky a tepelně izolovány.

Přehled výhod

- Snížení ztrát v síti díky centrální distribuci u zařízení s komplexními strukturami spotřebičů
- Úspory díky centrální obsluze a údržbě



Obr. 199 Parní rozdělovač SD ve stávajícím zařízení

4.3 Modul akumulace páry SAM

Modul slouží k ukládání definovaného obsahu energie, který je při poklesu tlaku k dispozici jako expandovaná pára. Oblastí použití je pokrytí špičkových výkonů, např. při krátkodobém překročení kapacity parního kotle. Teplo odvodňujícího odpařování je o to větší, čím větší je vodní obsah zásobníku. Parní zásobník je z 50 % naplněný vodou a je pomocí páry ohříván na plnicí tlak. Díky otevření uzavíracích zařízení na straně spotřebičů se nádoba vybíjí. Do zásobníku je přiváděno vždy přesně stejné množství páry, které bylo předtím odebráno. Tím zpravidla není třeba dodávat do parního zásobníku během provozu přídavnou napájecí vodu. Aby bylo zabráněno stoupající hladině vody, k tomu slouží plovákový odváděč kondenzátu.

Konstrukce

Parní zásobník se skládá z ležícího válcového zásobníku s vestavěnou parní barbotážní trubicou.

Vybavení

Modul je tepelně izolovaný a je dodáván funkční s namontovanou výstrojí. Modul je vybaven odvzdušňovací, uzavírací vypouštěcí, uzavírací plnicí, vstupní parní a parní odebírací armaturou, pojistkou přeplnění a přetlaku, přímým ukazatelem teploty, jakož i zařízením ukazatele stavu vody.

Přehled výhod

- Vyrovnávání krátkodobých výkonových špiček
- Redukce strhávání vody a jeho negativních důsledků
- Redukce četnosti spínání vyvíječe páry
- Redukce spotřeby energie a opotřebení



Obr. 200 Modul akumulace páry SAM

4.4 Kondenzátní modul CSM, tlakový kondenzátní modul CHP

Do kondenzátního modulu je odváděn kondenzát od parních spotřebičů a tam je sbírán a meziskladován. Čerpadlo kondenzátu dopravuje kondenzát při odpovídající potřebě vody v závislosti na stavu hladiny zpět do odplyňovacího zařízení napájecí vody. Beztlaké kondenzátní moduly jsou obvykle umísťovány v blízkosti spotřebičů.

U vysokotlakého kondenzátního modulu se kondenzát udržuje na tlaku a teplotě, aby bylo zabráněno ztrátám expandované páry, respektive aby byly tyto ztráty silně zredukovány. V případě potřeby je kondenzát přes čerpadlo kondenzátu přiváděn přímo do parního kotle. Opětovné odplynění vysokotlakého kondenzátu není nutné. Tlakové kondenzátní moduly mají být používány vždy tehdy, když by z důvodu parametrů kondenzátu vypouštění do zásobníku napájecí vody nebo do beztlakého kondenzátního modulu bylo spojeno s vysokými ztrátami expandované páry.

Konstrukce

Všechny komponenty jsou v nejvyšší kvalitě provedení hydraulicky propojeny do jedné multifunkční montážní jednotky, tepelně izolovány a elektricky propojeny. Beztlaký kondenzátní modul je namontován na stabilním nosném rámu a dimenzovaný k usazení na rovné podlaze. Tlakový kondenzátní modul je připraven na samostatnou montáž a potřebuje výšku přítoku minimálně 1,5 metru. Všechny funkce jsou podporovány počítačově přes řízení s programovatelnou pamětí a dotykovým panelem a samočinně řízeny.

Vybavení

Zařízení se skládá z komponentů zásobníku kondenzátu, čerpacího modulu kondenzátu, rozvaděče a částí výstroje. Zařízení je od výrobce propojeno potrubím a tepelně izolováno.

Přehled výhod

- Snížení spotřeby energie a vody k redukci množství přídavné vody.
- Minimalizace ztrát expandované páry, množství odluhu a odkalu, menší spotřeba chemikálií a snížený potenciál koroze v systému páry – kondenzátu při nasazení tlakových kondenzátních modulů.
- S vysokotlakým systémem kondenzátu je možno dosáhnout úspory paliva a čerstvé vody až 12 %



Obr. 201 Beztlaký kondenzátní modul sbírá proudy kondenzátu a odvádí je přes odplyňovací zařízení do okruhu vody/ páry



Obr. 202 Množství paliva, potřeba přídavné vody a použití dávkovaných chemických prostředků k úpravě vody se tlakovým kondenzátním modulem drasticky redukuje

4.5 Modul odpadních vod, expandér a chladicí modul BEM

Modul odpadních vod, expandér a a chladicí modul slouží k pojmání všech teplých odpadních vod kotlového zařízení. Tyto odpadní vody se sbírají v modulu, expandují a zchlazují na přípustnou nastavenou teplotu k vypouštění do kanalizace. Modul je koncipován pro vícekotlová zařízení s maximálně třemi parními kotli.

Konstrukce

Uzavřený stojatý zásobník namontovaný na nosné konstrukci, s různými přívodními a odtokovými hrdly. Dolní polovina je během provozu naplněna vodou, horní polovina je expanzní prostor. S měřicím převodníkem teplot v dolní části se zaznamenává panující teplota média a je přeměňována na elektrický signál. Přes napájení studené přídavné vody bez tvrdosti je dosaženo směsného chlazení a odpadní vody jsou při dosažení povolené teploty pro vstup do kanalizace bezpečně odváděny. Regulace vypouštěcí teploty odpadní vody probíhá přes řízení modulu tepelné úpravy vody.

Vybavení

Modul se skládá ze stojatého válce, z obou stran uzavřeného dny a kolem dokola opatřeného ochranou proti dotyku. Je vybaven všemi nezbytnými armaturami, hotově namontovaný a tepelně izolovaný přímo ze závodu od výrobce.

Přehled výhod

- Rychlá a jednoduchá montáž s malým množstvím přípojek, ihned připravené k provozu
- Přesné dodržování úředních předpisů díky automatickému provozu



Obr. 203 Modul odpadní vody, expandér a chladicí modul BEM



4.6 Expandér se zpětným získáváním tepla EHM

Modul získává zpět velkou část obsažené tepelné energie z teplých odpadních kotlových vod (odluh/kondenzát). V expandéru jsou vody pod tlakem expandovány. Vznikající expandovaná pára podporuje ohřev zásobníku napájecí vody. V následně zařazeném tepelném výměníku se přídavná voda kotlového zařízení předehtívá a odluh/kondenzát se zchladuje na teplotu zhruba 35 °C.

Konstrukce

Modul se skládá z expandéru, integrovaného tepelného výměníku k získávání zpětného tepla, nosné konstrukce a potřebného příslušenství.

Vybavení

Modul je ze závodu od výrobce nabízen hotově namontovaný se všemi nezbytnými armaturami a tepelně izolovaný.

Přehled výhod

- Rychlá a jednoduchá montáž, s malým množstvím přípojek, rychlá připravenost k provozu
- Zvyšování účinnosti zařízení
- Redukce palivových nákladů, nákladů na chladicí a odpadní vody až 2%



Obr. 204 Expandér a modul zpětného získávání tepla EHM

4.7 Expandér, modul zpětného získávání tepla a chladicí modul EHB

Modul se skládá z kombinace expandéru a modulu zpětného získávání tepla EHM s modulem odpadní vody, expandéru a chladicího modulu BEM. Slouží tak ke zpětnému získávání tepla obsažené tepelné energie z teplých odpadních vod (odluh/kondenzát) a k odvádění odpadních vod při dodržení přípustné teploty pro vypouštění do kanálu vypouštěcí teploty do kanálu.

Konstrukce

Modul se skládá z expandéru a modulu odpadní vody a chladicího zásobníku. Ke zpětnému získávání tepla je integrován tepelný výměník s příslušnými armaturami.

Vybavení

Dva nad sebou uspořádané válce s oboustranně uzavřenými dny, vstupní část, všechny nezbytné armatury, potrubní propojení a tepelná izolace patří k rozsahu dodávky a jsou nabízeny ze závodu od výrobce hotově namontované.

Přehled výhod

- Rychlá a jednoduchá montáž s malým množstvím přípojek, rychlá připravenost k provozu
- Přesné dodržení úředních předpisů díky automatickému provozu
- Zvýšení účinnosti zařízení
- Redukované náklady na palivo, náklady na chladicí vodu a odpadní vody až 2%



Obr. 205 Modul expandéru, zpětného získávání tepla odpadní vody EHB

4.8 Chladič brýdových par VC

U termických odplyňovacích zařízení již z principu vznikají brýdové páry. Bez chladiče brýd by byly brýdové páry nevyužité odváděny do volného prostranství. V chladiči brýdových par naproti tomu páry zkondenzují prostřednictvím tepelného výměníku. Tepelná energie vznikající při zchlazení brýdových par se využívá k ohřevu přídavné vody.

Konstrukce

Deskový tepelný výměník se závitovým připojením, části přicházející do styku s médii v provedení z nerezové oceli.

Vybavení

Modul se skládá z tepelného výměníku a z k tomu příslušejících armatur.

Přehled výhod

- Zpětné získávání tepla a tak zlepšení účinnosti
- Využitelná energie pro ohřev přídavné vody nebo do odděleného vodního okruhu



Obr. 206 Chladič brýdových par VC

4.9 Čerpací modul PM

Modul se používá k přepravě napájecí vody ze zásobníku napájecí vody do žárotrubného kotle nebo k přepravě kondenzátu ze zásobníku kondenzátu do odplyňovacího zařízení. Modul čerpadel má volitelně motor s frekvenčním měničem pro plynulou regulaci množství vody v souladu se spotřebou.

Konstrukce

Dodávaná čerpadla jsou vertikální vícestupňová vysokotlaká rotační čerpadla s kompletně opláštěným vzduchem chlazeným motorem. Jsou dimenzována speciálně pro nasazení u žárotrubných kotlů, tedy kotlů s velkým vodním prostorem.

Vybavení

Čerpací modul je dodáván hotový od výrobce namontovaný na konzole s ukazatelem tlaku, s uzavírací, filtrační a zpětnou armaturou.

Přehled výhod

- Smontovaný modul připravený k montáži
- Varianta s frekvenčním měničem otáček ke zvýšení efektivity spalínového tepelného výměníku
- Snížení příkonu a zvýšení komfortu obsluhy



Obr. 207 Čerpací modul PM

4.10 Regulační modul napájecí vody RM

Pokud není k dispozici napájecí čerpadlo řízené otáčkami, doporučuje se pro všechny kotle, které jsou vybaveny modulačními hořáky a spalínovými tepelnými výměníky, alternativně plynulá regulace regulačním modulem napájecí vody. Modul zajišťuje delší časy průtoku spalínovým tepelným výměníkem a tak optimální zpětné získávání tepla ze spalín kotle.

Současně zajišťuje regulační modul napájecí vody minimální průtok, nutný k chlazení čerpadel.

Prefabrikovaný modul je namontován na vhodné místo v tlakovém potrubí napájecí vody. Je řízen jako regulace přívodu vody.



Obr. 208 Regulační modul napájecí vody RM

Vybavení

Regulační modul napájecí vody pro plynulou regulaci se skládá z regulačního ventilu napájecí vody, vypouštěcího ventilu, filtru a dvou uzavíracích armatur, jakož i bypasu.

Přehled výhod

- Zvyšování efektivity spalínových tepelných výměníků
- Redukce spínání čerpadel
- Konstantní hladina vody v kotli
- Bezpečné minimální průtokové množství k chlazení napájecího čerpadla

4.11 Samostatně stojící spalínový tepelný výměník ECO Stand-Alone

Spalínový tepelný výměník slouží k úsporám energie pomocí snížení teploty spalín prostřednictvím ohřevu vratné vody ze sítě.

Proudý spalín obsahují značný tepelný potenciál na vysoké teplotní úrovni. Moduly ekonomizérů se svými vysoce účinnými dodatkovými teplosměnnými plochami tento tepelný potenciál využívají a zvyšují tak podstatným způsobem účinnost kotle u nových nebo stávajících parních kotlových zařízení. Spalínový tepelný výměník zařazený za kotlem je používán k „suchému“ provozu ohřevu napájecí vody. Aby bylo možno využívat kondenzační techniku, může v dalším následném modulu tepelného výměníku spalín proběhnout kondenzace spalín a být ohřívána přídavná voda. Dodatečné zabudování do stávajících jednoplamencových parních kotlových zařízení probíhá pomocí těchto modulů velmi jednoduše.

Konstrukce

Ve spodní části se shromažďují spaliny a proudí ke zpětnému získávání tepla v horní části skrz integrovaný tepelný výměník.

Vybavení

Modul je namontovaný na stabilním základním rámu a má na zadní straně transportní kolejničky pro přepravu. Servopohon, potrubní propojení přípojek, regulační armatury spalín a vypouštěcí uzavírací armatury jsou hotově namontovány a patří stejně jako tepelná izolace k rozsahu dodávky ze závodu od výrobce.

Přehled výhod

- Zvýšení účinnosti kotle
- Redukce spotřeby paliva až 7%
- Jednoduché dovybavení stávajících zařízení



Obr. 209 Spalínový tepelný výměník ECO Stand-Alone

4.12 Samostatně stojící kondenzační tepelný výměník s kondenzací spalín Stand-Alone

V tomto spalínovém tepelném výměníku je ze zbytkového tepla ze spalín kotle za pomoci kondenzační techniky získáváno zpět další teplo.

Způsob fungování odpovídá normálnímu ekonomizéru, ve spalínovém tepelném výměníku se zpětně získává teplo z horkých spalín kotle tak, že chladnější voda proudí trubkami tepelného výměníku a teplota spalín se redukuje. Energie získaná kondenzací spalín vede ke zvýšení účinnosti kotle a tak k redukci spotřeby paliva, jakož i emisí spalín.

Konstrukce

Výměník tepla z nerezové oceli ve svařovaném provedení k instalaci za kotlem s přípojným hrdlem pro vstup vody, výstup vody a odvodnění včetně revizních otvorů na straně spalín. U varianty s bypassem jsou horké spaliny řízeny regulačními klapkami.

Vybavení

Modul je dodáván hotový, smontován, vybavený přepravními zdvihacími oky a nožičkami, s regulační armaturou spalín a tepelnou izolací.

Přehled výhod

- Zlepšení účinnosti
- Úspora paliva až 7%
- Jednoduché dovybavení stávajících zařízení
- Použitelné u parních a horkovodních zařízení



Obr. 210 Spalínový tepelný výměník s kondenzací spalín v samostatně stojícím provedení Stand-Alone

4.13 Systém předehřevu vzduchu APH

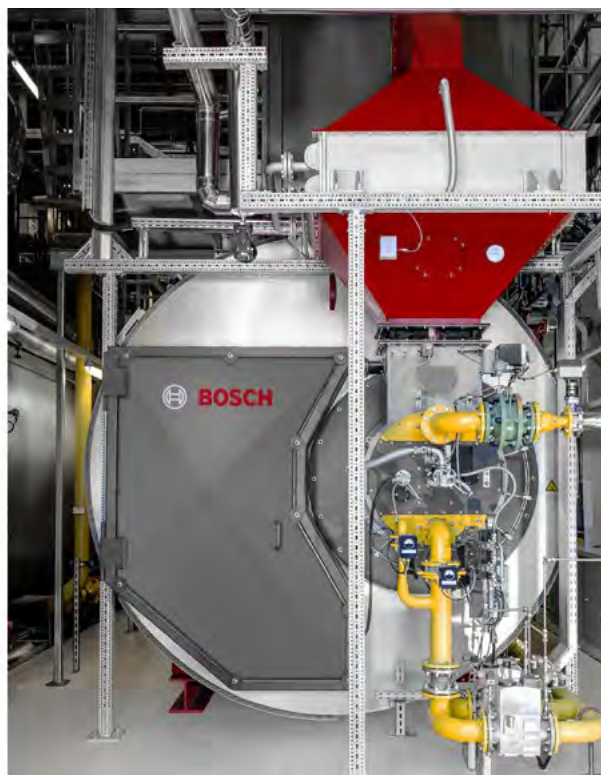
Tímto systémem je předehříván spalovací vzduch a snižována teplota spalin. Účinnost se tak zvyšuje. U nově pořizovaných parních kotlových zařízení s ekonomizérem se předehřev vzduchu nabízí jako opatření zvyšující účinnost zařízení, když není z důvodu podmínek procesu smysluplné napojení kondenzátoru spalin. Systém předehříváku vzduchu se nabízí standardizovaně pro jednoplamencové nebo dvouplamencové parní kotle Bosch s hořáky v duoblokovém provedení. Ekonomicky smysluplný je tento systém od výkonu kotle zhruba pět tun páry za hodinu. Díky možnosti instalace ventilátoru na obslužnou lávku je tak realizován vysoce kompaktní systém s malou instalační plochou. Návratnost investice běžně činí mezi 1,5 až 2 lety.

Konstrukce

U systému Bosch se dílčí proud ohřáté napájecí vody použije ke zvýšení teploty spalovacího vzduchu. Takto zchlazený dílčí proud napájecí vody zvyšuje efektivitu dalším snížením teploty spalin v následně zařazeném kombinovaném spalinovém tepelném výměníku.

Vybavení

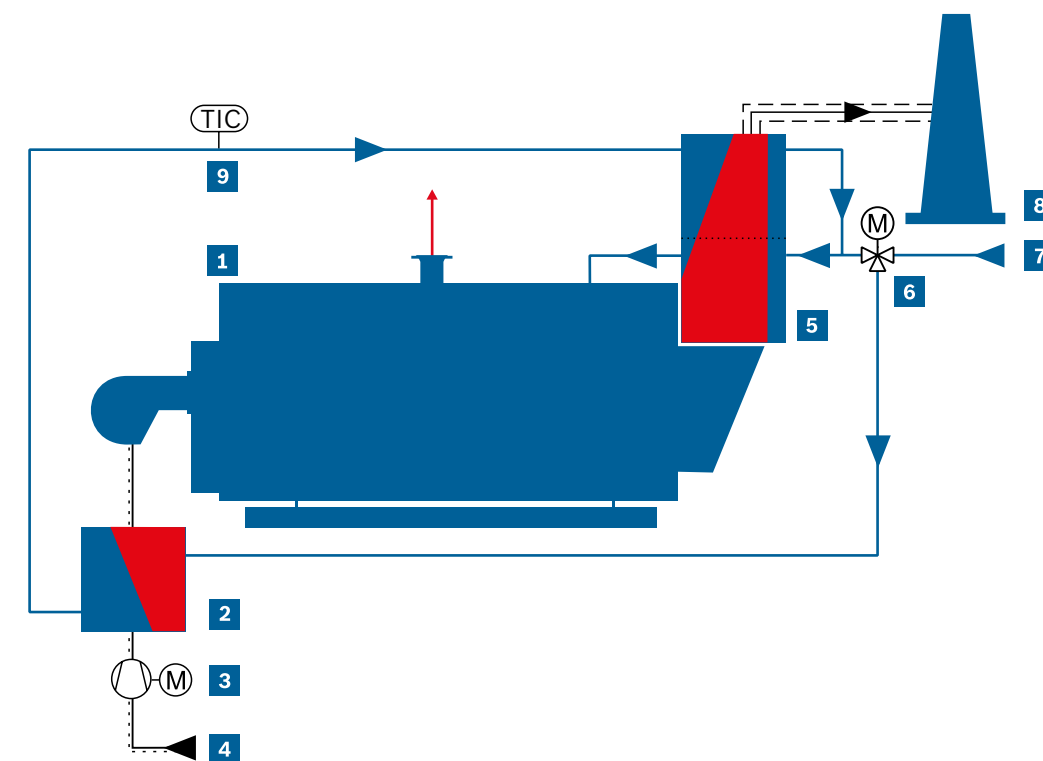
Systém předehřevu vzduchu se skládá z 3cestného ventilu, kombinovaného tepelného výměníku spalin a tepelného výměníku na straně vzduchu. V porovnání s dvouokruhovými systémy běžně dostupnými na trhu zde není třeba aplikovat cirkulační čerpadlo, expanzní nádobu a různá elektronická bezpečnostní a regulační zařízení. Jak investiční náklady, tak i běžné náklady na údržbu a náhradní díly se tak redukuje.



Obr. 211 Systém předehřevu vzduchu APH na kotli

Přehled výhod

- Zvýšení efektivity systému
- Redukce spotřeby paliva až 2,5%
- Redukce emisí
- Nízké investice v porovnání s konvenčními řešeními
- Nízké náklady na údržbu a opravy
- Krátká doba amortizace
- Standardizovaný systém firmy Bosch v nejvyšší kvalitě



Obr. 212 Znáznornění systému předehřevu vzduchu na parním kotli (znázornění silně zjednodušené)

- | | |
|---|---------------------|
| 1 Parní kotel | 6 Třícestný ventil |
| 2 Tepelný výměník spalovacího vzduchu | 7 Napájecí voda |
| 3 Ventilátor | 8 Komín |
| 4 Spalovací vzduch | 9 Regulátor teploty |
| 5 Kombinovaný spalinový tepelný výměník | |

4.14 Modul chlazení napájecí vody FWM

Teplota spalin je důležitým hodnoticím kritériem pro efektivitu parního kotlového zařízení. Starší a menší zařízení často vykazují relativně vysoké teploty spalin. Z toho vyplývají zbytečně vysoké palivové náklady. Technická řešení k redukci ztrát na straně spalin jako palivové tepelné výměníky a systém předehřevu vzduchu, se rychle vyplatí u zařízení se středními až vysokými dobami chodu. U nižších týdenních dob provozu je naproti tomu modul chlazení napájecí vody nákladově příznivou a jednoduše dovybavitelnou alternativou zejména pro:

- kotle s malým až středním vratem kondenzátu
- zařízení bez modulů k předehřevu přídavné vody
- zařízení s kontinuální potřebou teplé vody, např. pro kancelářské budovy nebo procesy
- kotlová zařízení s ekonomizéry bez následně zařazeného kondenzačního tepelného výměníku
- kotle s nízkou dobou provozu, např. u výroby v jednosměnném provozu
- kotle s výkonem < 10 t/h

Konstrukce

V modulu chlazení napájecí vody se studená přídavná voda ohřívá za pomoci teplé napájecí vody v tepelném výměníku. Zchlazením napájecí vody vznikne větší teplotní rozdíl mezi vodou a spaliny v ekonomizéru. Díky lepšímu přechodu tepla v ekonomizéru klesá výstupní teplota spalin. Technický stupeň účinnosti spalovacího zařízení tak stoupne až o 1,8 %. Regulace modulu zajišťuje, že jsou teploty a průtoky stále v přípustném rozsahu. Tím se zabraňuje:

- vzniku termického prnutí díky vstupu příliš studené napájecí vody do kotle
- korozi díky nežádoucí kondenzaci spalin při příliš vysokém zchlazení

Modul chlazení napájecí vody je účinným a spolehlivým opatřením ke snížení energetických nákladů.

Výstroj

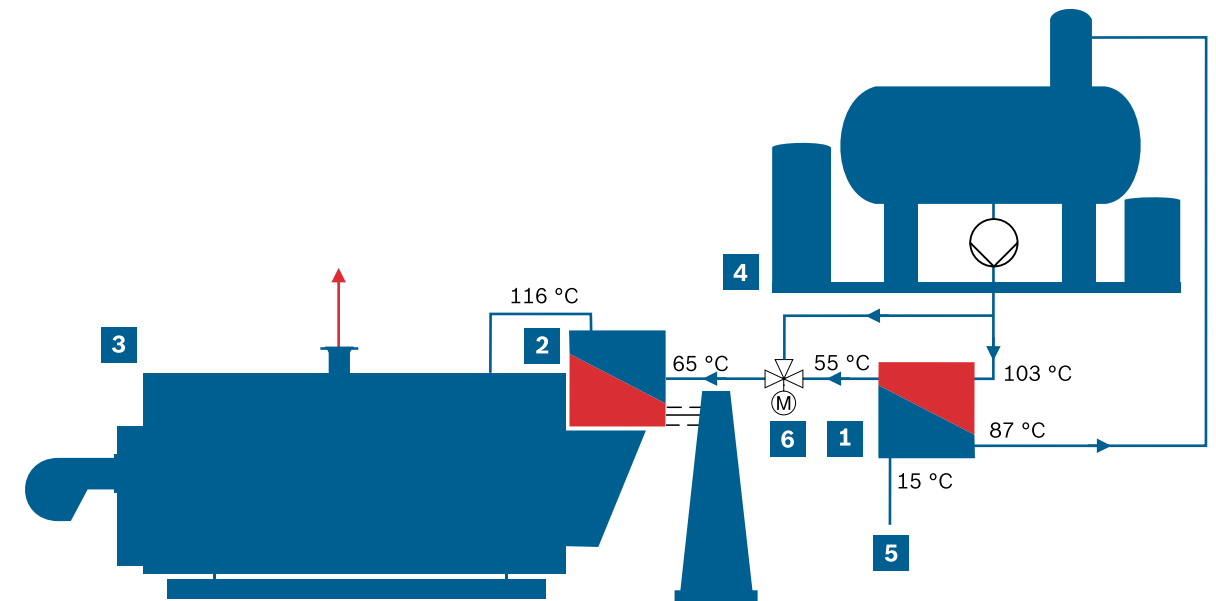
Modul chlazení napájecí vody se skládá z deskového tepelného výměníku včetně izolace, armatur, mezikusů potrubí a teplotních čidel a je dodáván hotový připravený k zapojení na základním rámu. Dimenzování modulu a parametrizace regulace probíhá specificky pro příslušnou zakázku – tak, aby to odpovídalo způsobu provozu zařízení.

Přehled výhod

- Úspora až 1,8 % palivových nákladů
- Jednoduché dovybavení u starších zařízení díky malé potřebě místa a jednoduchému potrubnímu propojení
- Odladěná regulace pro bezpečný provoz kotle a komponentů
- Rychlá amortizace i u zařízení s málo provozními hodinami
- Připraveno k provozu s několika málo připojeními
- Jednoduché uvedení do provozu, obsluha a údržba



Obr. 213 Modul chlazení napájecí vody FWM



Obr. 214 Znárodnění systému parního kotle s modulem chlazení napájecí vody (znárodnění silně zjednodušené)

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 Modul chlazení napájecí vody | 4 Modul tepelné úpravy vody |
| 2 Ekonomizér | 5 Přídavná voda |
| 3 Parní kotel | 6 3-cestný ventil |

4.15 Analyzátor vody WA

Bezproblémový provoz kotle je založený na dobré kvalitě vody. Analyzátor vody přebírá kontinuální měření a monitoring:

- hodnoty pH v kotlové vodě
- hodnoty pH, obsahu kyslíku a vodivosti v napájecí vodě kotle
- hodnoty pH a vodivosti kondenzátu nebo vody obsažené v parním akumulátoru

Všechna data jsou pomocí sběrníkového systému přenášena do řídicího systému kotelny SCO. Společně s vodivostí kotlové vody a vodivostmi jednotlivých proudů kondenzátu jsou tak v řídicím systému kotelny SCO k dispozici všechny relevantní parametry vody. Řídicí a regulační funkce mohou být v souladu s potřebou prováděny plně automaticky. Při překročení stanovených limitních hodnot probíhá přenos všech parametrů do paměti chybových hlášení zařízení řídicího systému kotelny SCO. Možná je i kontinuální protokolace dat. Ta mohou být přes sběrníkový systém přenášena do nadřazeného řídicího místa/ střediska a tam být dále zpracovávána.

Funkce analyzátoru vody jsou:

- plynulá aktivace dávkovacího zařízení na prostředek vážící kyslík
- plynulá aktivace dávkovacího zařízení pro alkalizaci
- aktivace armatury brýdových par včetně ukazatele uspořené energie brýdových par v kWh



Konstrukce

Analyzátor vody se skládá z analytické a z elektronické části, které jsou umístěny ze závodu od výrobce ve dvou vzájemně propojených nástěnných skříních.

Výstroj

Analytická část obsahuje měřicí moduly:

- pH-Control k měření hodnoty pH v kotlové vodě pro maximálně tři kotle a v napájecí vodě kotle
- O₂ Control k měření obsahu O₂ v napájecí vodě kotle
- senzor vodivosti k měření hodnoty vodivosti v napájecí vodě kotle
- k přípravě vzorků, průtokový chladič pro
 - kotlovou vodu a napájecí vodu kotle
 - řídicí armatury k napouštění a distribuci jednotlivých médií
- ukazatel průtoku k vizuální kontrole

Elektronická část obsahuje:

- řídicí jednotku včetně dotykového panelu
- zásobování napětím
- elektroniku měřicích modulů
- komunikační procesory pro výměnu dat mezi analyzátozem vody WA a řídicím systémem kotelny SCO

Přehled výhod

- Zvýšení jistoty provozu díky kontinuálnímu monitoringu hodnot vody
- Automatizovaný monitoring díky stálému měření hodnoty pH, obsahu kyslíku a vodivosti
- Úspora chemikálií díky dávkování přídavných látek v souladu s potřebou
- Zvýšení účinnosti zařízení díky redukováným ztrátám odluhem a úspoře energie brýdových par
- Jeden analyzátor vody může monitorovat až tři kotle
- Všechny naměřené hodnoty mohou být přenášeny přes ethernet do řídicího systému kotelny SCO, resp. nadřazené řídicí techniky zákazníka a vizualizovány



Obr. 215 Analyzátor vody WA



5 Další obslužné kotlové moduly

Provoz parních kotlů můžete vybavit dle Vašich potřeb našimi hotovými namontovanými moduly k napájení kotlů. Naše technika Vám přitom poskytuje možnost optimalizovat Váš řídicí systém zařízení, jakož i zařízení chránit před rušivými provozními vlivy.

5.1 Modul chemické úpravy vody WTM

K zabránění tvorbě kotlového kamene je přípustný provoz kotlových zařízení pouze s napájecí vodou bez tvrdosti. Ve směrnici Bosch B002 týkající se vlastností vody je ohraničena přípustná celková tvrdost vody pro různé konstrukční typy kotlů a způsoby provozování. Pro změkčení vody je surová voda filtrována a procesem úpravy vody měniči iontů vytvářena přídatná voda. Ionty vápníku a hořčíku tvořící tvrdost jsou zaměňovány za ionty sodíku.

Plně automatická provedení ušetří obsluhu, vyloučí chyby v obsluze, umožní nepřetržitý provoz a zajistí při stabilní tvrdosti surové vody zvýšené využití kapacity.

Konstrukce

Na nosné konstrukci jsou přehledně a funkčně uspořádané a hotově všechny prvky zařízení na změkčování vody. Modul úpravy vody je vhodný pro všechny velikosti kotlů.

Výstroj

Modul úpravy vody se skládá ze zařízení na změkčování vody a zásobníku solanky. Modul je kompletně vybaven přípojkou na vypouštění vody, kohoutem k odběru vzorků, ukazatelem tlaku, jakož i regulačními, uzavíracími a filtračními armaturami.

Přehled výhod

- Napájecí voda bez tvrdosti k prevenci před vápenatými usazeninami na teplosměnných plochách kotle je stále k dispozici
- Dobrý přenos tepla, vysoká hospodárnost a dlouhá životnost kotle
- Vysoká jistota provozu
- Při provedení s regulací podle kvality vody odpadá nutnost externího monitoringu tvrdosti– např. pro zlepšené využití kapacity a bezobslužný provoz i při kolísající tvrdosti surové vody



Obr. 216 Modul úpravy vody WTM



5.2 Plynová regulační řada GRM

Modul reguluje konstantní tlak plynu před hořákem – v příslušném rozsahu tlaku a průtoku nezávisle na výšce vstupního tlaku a množství průtoku plynu. Jistí tak zařízení proti nepřipustnému přetlaku a nepřipustnému průtoku plynu a disponuje rychlouzavíracím ventilem plynu.

Konstrukce

Na nosné konstrukci jsou dodávány hotově namontované všechny prvky náležící k rozsahu dodávky v potřebném pořadí.

Výstroj

Plynová regulační řada zahrnuje všechny armatury jako filtry, kulový uzávěr, uzavírací armaturu atd., které jsou nezbytné k zásobování hořáku palivem ze strany plynu.

Přehled výhod

- Kompletně předmontovaný pro rychlou montáž
- Přesné dodržení norem a předpisů
- Zvýšení bezpečnosti provozu

5.3 Olejový cirkulační modul OCM

Olejový cirkulační modul upravuje kapalné palivo a eviduje průtokové množství. Jako kompletně zapojený odběrový modul se používá pro každý hořák a vyznačuje se jednoduchou montáží do cirkulačního potrubí se vstupním tlakem minimálně 1,5 bar. Dvoukomorový olejový zásobník je dimenzovaný pro rozprašovací hořáky na lehký a těžký topný olej se systémem vratných trysek a disponuje hlídáním úniků/ netěsností oleje.

Konstrukce

Olejový cirkulační modul je namontovaný hotový jako kompaktní jednotka na nosné desce a je dodáván s krycím opláštěním.

Výstroj

Modul obsahuje dvoukomorový olejový zásobník, filtrační armaturu, ukazatel množství oleje, uzavírací armaturu, přetlakovou pojistnou armaturu, odvzdušňovací uzavírací armaturu, jakož i dvě vypouštěcí zátky. Při provozu s těžkým topným olejem přídatně ohřev pro filtr a zásobník.

Přehled výhod

- Hotový předmontovaný modul pro rychlou montáž
- Jistá evidence množství průtoku oleje



Obr. 218 Modul cirkulace oleje OCM

5.4 Olejový napájecí modul OSM

Olejový napájecí modul je používán k přepravě a filtraci kapalných paliv v okružním vedení k napájení jednoho nebo více hořáků.

Konstrukce

Je předmontovaný jako jednotlivá nebo dvojitá stanice se všemi armaturami v záchytné olejové vaně pro jednoduchou vestavbu do cirkulačního potrubí a má kontrolu úniku oleje.

Výstroj

Dvojitě stanice umožňují čištění filtrů bez přerušení provozu a poskytují 100% rezervu. Dopravní modul na těžký topný olej je vybaven elektrickým nebo kombinovaným ohřevem párou nebo teplou vodou.

Přehled výhod

- Použitelný pro všechny kotlové systémy Bosch se spalovacím zařízením na olej a zásobováním oleje cirkulačním potrubím
- Hotový předmontovaný pro rychlou vestavbu



Obr. 219 Olejový napájecí modul OSM

5.5 Modul regulace tlaku oleje ORM

Zařízení na regulaci tlaku k udržování konstantního tlaku v olejovém okruhu.

Konstrukce

Modul regulace tlaku oleje se skládá z regulátoru včetně přípojných dílů jako manometru, ventilu manometru a obtokové armatury.

Přehled výhod

- Hotový předmontovaný pro rychlou montáž
- Zvýšení jistoty provozu



Obr. 220 Modul regulace tlaku oleje ORM



5.6 Modul přehřevu oleje OPM

S modulem pro přehřev oleje se čerpatelný těžký topný olej přehřívá na rozprašovací teplotu příslušného hořáku.

Konstrukce

Válcovitý tepelný výměník je s armaturami namontován do jedné kompaktní jednotky a dodáván na stabilní nosné konstrukci.

Výstroj

Tepelný výměník s vyjmutelným svazkem trubek je volitelně vybaven ohřevem párou nebo parním/elektro-ohřevem. Modul je hotový předmontovaný včetně regulace ohřevu, tepelné izolace a všech armatur.

Přehled výhod

- Použitelný pro všechny kotlové systémy Bosch s olejovým spalovacím zařízením a cirkulačním potrubím
- Zvýšení jistoty provozu



Obr. 221 Modul přehřevu oleje OPM



6 Regulační systémy

6.1 Kotlová regulace BCO

Intuitivní kotlová regulace na bázi SPS poskytuje nejvyšší transparentnost provozních dat k optimálnímu provozu kotle.



Obr. 222 Základní obrazovka kotlové regulace BCO pro parní kotlová zařízení

Přes kotlovou regulaci BCO jsou k dispozici všechny relevantní funkce pro optimální provoz parních nebo horkovodních kotlových zařízení přizpůsobený potřebám odběřů. Na dotykovém displeji mohou být zobrazovány rozmanité informace jako provozní stavy, provozní data a naměřené hodnoty. Integrovaným Software Condition Monitoring jsou analyzována, hodnocena a prostřednictvím semaforového modelu transparentně znázorňována nejrůznější data zařízení. Je možno včas zjistit způsoby provozu, které mají za následek neekonomičnost, zvýšené opotřebení nebo neplánované výpadky zařízení a zabránit jim. Docílí se tak stabilně vysoké efektivity a disponibility kotlových zařízení. Sériově montovaná funkce diagnózy je provozovateli kotle nebo odborným pracovníkům servisu podporou při rychlé lokalizaci a rychlém odstraňování provozních poruch. To vede k dalšímu zvýšení transparentnosti a bezpečnosti obsluhy.

Volitelně je přes kotlovou regulaci BCO k dispozici automatické zařízení k najíždění, pohotovosti, vypínání SUC pro středotlaké parní kotle. Se SUC probíhá proces najíždění a vypínání plně automaticky prostřednictvím stisknutí tlačítka nebo přes externí signál požadavku. Automatické funkce chrání zařízení před zbytečnými zátěžemi při studeném startu, během udržovacího provozu kotle a v normálním provozu.

Základní výbava

- Dotyková obrazovka v provedení 9, 12, 15 nebo 19 palců
- Regulace výkonu
- Regulace stavu hladiny
- Řízení nízkého výkonu
- „Condition Monitoring“ hlídající stavy a efektivitu



- Počítadlo provozních hodin pro kotel, čerpadla a hořák
- Funkce diagnózy
- Registrace počtu startů hořáku
- Zobrazení provozních a poruchových hlášení v nešifrovaném plném textu
- Historie hlášení
- Zobrazení a meziukládání všech provozně relevantních naměřených hodnot a stavů
- U parních kotlových zařízení: regulace odluhu a automatika odkalu

Vedle základních funkcí k regulaci výkonu, regulaci hladiny, regulaci kvality vody, regulaci odluhu, regulaci odkalu a funkcí bezpečnostního řetězce, jimiž je každý moderní parní kotel vybaven, může být řízení kotle BCO rozšířeno o následující přídatné volitelné opce a funkce:

- Automatické najíždění ze studeného stavu
- Měření a regulaci teploty spalin pro kotel a ekonomizér
- Měření a regulaci teploty přehřáté páry pro kotel s přehřívákem
- Měření hmotnostních proudů páry, napájecí vody a paliva
- Automatické přepínání napájecích čerpadel přes tlak, čas nebo poruchy
- Udržovací provoz s poklesem tlaku řízený časem
- Zobrazení provozních hodin, četnosti startů, počtu studených startů v průběhu času
- Rozpoznávání nepříznivých najížděcích stavů
- Rozpoznávání znečištění, resp. nežádoucí kondenzace na straně vody a spalin
- Generování hlášení údržby dle potřeby
- Znázornění energetických ztrát odkalem a odluhem
- Znázornění spotřeby paliva a vody v čase
- Znázornění množství odběru páry v čase
- Zobrazení profilu výkonu kotle v čase
- Napojení na nadřazené řídicí systémy
- Dálková údržba přes MECRemote
- Napojení na centrální řídicí techniku

Přehled výhod

- Intuitivní obsluha používáním grafických symbolů a znázorněním na funkčním dotykovém displeji
- Jednoduchá optimalizace všech měřicích a regulačních funkcí
- Nejvyšší bezpečnost napájení a provozu díky integrovaným funkcím monitoringu a ochrany
- Jednoduché napojení na nadřazené vizualizační a řídicí systémy
- Možné napojení na systém dálkové údržby MEC Remote: vizualizace uživatelského rozhraní
- Monitoring stavu Condition Monitoring pro stabilně vysokou systémovou efektivitu a disponibilitu kotlových zařízení
- Plně automatický provoz parního kotlového zařízení díky zařízení SUC pro najíždění, pohotovostní stavy a vypínání

6.2 Kompaktní regulace parních kotlů CSC



Obr. 223 CSC regulace k montáži na kotli nebo jako nástěnný rozvaděč

Regulace pro menší rozsah parních výkonů do 4 000 kg/h páry přesvědčí svou jednoduchou manipulací a přináší s sebou přímo od výrobce všechny důležité funkce pro částečně automatizovaný provoz kotle.

Přehled

Kompaktní regulace CSC s programovatelnou pamětí je ideálním řešením pro parní kotle s výkonem do 4000 kg/h páry. Disponuje všemi podstatnými základními funkcemi k pohodlnému řízení a obsluze. Oproti regulaci kotle BCO pro komplexnější zařízení je CSC cenově příznivější varianta pro jednotlivé parní kotle.

Konstrukce

Regulace s programovatelnou pamětí disponuje intuitivní dotykovou obrazovkou. Je integrovaná v rozvaděči kotle a pevně namontovaná na kotli s kompletní kabeláží k senzorům, aktorům a k hořáku. Jako volitelná opce je možná dodávka rozvaděče určeného k nástěnné montáži.

Vybavení základních funkcí

- Omezení hladiny pro nízkou hladinu vody a vysokou hladinu vody
- Omezení tlaku pro maximální přetlak
- Regulace hladiny vody, 2 stupňová nebo plynulá
- Ochrana napájecího čerpadla před během na sucho
- Regulace výkonu, 2 stupňová nebo plynulá
- Poplachová a poruchová hlášení s pamětí hlášení

Vedle základních funkcí může být CSC rozšířena o přídatné funkce, jako například regulaci vodivosti nebo automatické odkalování.



Přehled výhod

- Atraktivní poměr ceny a výkonu pro parní kotle do 4 000 kg/h páry
- Barevný dotykový displej pro jednoduchou obsluhu a jasnou vizualizaci provozních stavů
- Flexibilní montáž a malá potřeba prostoru: přímo od výrobce ze závodu nainstalovaná na kotli nebo jako nástěnný rozvaděč
- Hotová kabeláž a funkční zkouška ze závodu od výrobce
- Výkonová elektronika pro napájení paliva, čerpadlo napájecí vody, odkalování a odluh
- Ideální vodní podmínky díky plně automatickému odluhování a odkalování řízenému vodivostí

6.3 Řídicí systém kotelny SCO



Obr. 224 Homescreen řídicího systému kotelny System Control SCO

SCO slučuje řízení parních a/ nebo horkovodních kotlů, jakož i jednotlivá řízení modulů do jednoho nadřazeného řídicího systému kotelny a otvírá nespočet nových možností. Komunikace mezi jednotlivými regulacemi kotlů BCO, možnými dalšími řízeními a SCO probíhá přes výkonný sběrníkový systém. Odpadají tak náročné kabelážní práce a oddělení signálů. Napojení na nadřazené vizualizační a řídicí systémy může probíhat přes různé protokoly, jako např. Modbus nebo BACnet.

Konstrukce

Výkonné řízení s programovatelnou pamětí s displejem obsluhy v provedení barevného TFT displeje s citlivou dotykovou obrazovkou.

Vybavení

- Kaskádové řízení vícekotlových zařízení
- Integrace analýzy vody
- Integrace odplyňovacích zařízení a zařízení na kondenzát
- Integrace aktivace různých komponentů v jednom rozvaděči
- Napojení monitoringu cizích látek
- Napojení zařízení na zásobování olejem

- Nejružnější regulace tlaku a teploty
- Řízení rezervních čerpadel s automatickým přepínáním pro více kotlů (u páry)
- Integrace dávkovacích čerpadel

Volitelné vybavení

- Integrovaná klimatizace pro tropické regiony
- Rozvaděč v provedení z nerezové oceli
- Externí aktivace přes řídicí techniku

Přehled výhod

- Jednoduché napojení do nadřazených vizualizačních systémů a systémů řízení
- Integrované funkce monitoringu a ochrany proti chybné obsluze
- Rozsáhlé ukládání provozních parametrů a provozních hlášení
- Možné napojení na systém vzdálené údržby MEC Remote: vizualizace uživatelského rozhraní
- Intuitivní obsluha používáním grafických symbolů a znázornění na moderních dotykových obrazovkách

6.4 MEC Optimize



Obr. 225 Efektivita a dostupnost pod kontrolou: MEC Optimize ukládá, hodnotí a vizualizuje data všech komponentů zařízení

S řízením MEC Optimize poskytuje Bosch inteligentní systém k monitoringu a optimalizaci průmyslových kotlových zařízení. MEC Optimize přitom eviduje a analyzuje veškerá data kotlového zařízení, jakož i všechny připojené komponenty zařízení a po léta tato data ukládá. Systém upozorňuje přehlednou formou na zvýšenou spotřebu energie a hodnotí způsob provozu zařízení. Systém vydává i prognózy opotřebení při zohlednění individuálního způsobu provozu a umožňuje zlepšené plánování údržby, jakož i zvýšení dostupnosti zařízení.

Pro jednoduchou manipulaci s dokumentací zařízení jsou již od výrobce ze závodu všechny důležité podklady kotlového zařízení jako provozní návody v systému uloženy v digitální formě.



Přes digitální provozní deník kotle mohou obsluhy kotle po každém intervalu kontroly zanést naměřené hodnoty a v případě potřeby je přes funkci exportu vytisknout, aby byly dokumenty podepsány nebo zvlášť archivovány.

Přídavně inteligentní provozní deník kotle prověřuje zanesená data, porovnává je s předepsanými údaji výrobce a dává doporučení při odchylkách.

Vizualizace uživatelského rozhraní MEC Optimize může probíhat přes běžné stolní počítače nebo tablety a ve spojení s MEC Remote dokonce celosvětově přes jakýkoliv koncový přístroj způsobilý k práci v internetu. Tak mají odpovědné osoby spotřebu energie a disponibilitu zařízení vždy pod kontrolou.

Volitelně přenáší MEC Optimize aktuální stav zařízení do nástroje pro vzdálenou správu Bosch MEC Remote a hlásí důležitá data přes sms nebo e-mail provozovateli. Pro přesnější analýzu dat zařízení může být uživatelské rozhraní pohodlně vizualizováno přes zabezpečený vzdálený přístup.

Přehled výhod

- Zlepšená energetická efektivita – rozpoznání zvýšených energetických ztrát díky inteligentnímu vyhodnocování dat
- Kotelová zařízení s dlouhou životností – automatický monitoring provozního chování zabraňuje chybám v obsluze
- Zvýšená disponibilita zařízení – prognózy opotřebení umožňují optimalizovaný koncept údržby
- Zvýšená bezpečnost provozu díky inteligentnímu provoznímu deníku kotle s automatickým hodnocením kontrolních dat
- Historická provozní data – souvislá evidence dat ulehčuje optimalizaci zařízení a hledání chyb
- Digitální ukládání dokumentů – všechny důležité dokumenty zařízení lokálně uloženy a kdykoliv k dispozici
- Volitelně napojený na vzdálený přístup MEC Remote – přenáší aktuální status zařízení a hlásí důležité události přes sms nebo e-mail provozovateli
- Předem nakonfigurovaná rozhraní k řídicí technice přes běžné protokoly (např. Modbus, BACnet, OPC UA) pro jednoduché a cenově příznivé připojení

6.5 MEC System



Obr. 226 Systém MEC k barevné a přehledné vizualizaci provozu a provozních stavů, teplot a zařízení

Se systémovou regulací nad rámec jednotlivých technologií Master Energy Control MEC System pro velká zařízení můžete různé části systémů jako např. kotel, kogenerační jednotku a zásobník kombinovat do efektivního energetického systému a řídit přes intuitivní uživatelské rozhraní. Master Energy Control v sobě snoubí inteligentní funkce samostatné diagnózy a optimalizace s bezpečnou telemechanikou. Integrované funkce energetického monitoringu přitom kontinuálně monitorují toky energií a energetické náklady. Četná protokolovaná data a vypovídající prognózy vytváří transparentnost pro energeticky optimální provoz.

Konstrukce

- Technologie standardního webového vyhledávače pro přístup přes všechny běžně dostupné tablety, stolní počítače a smartphony
- Bezpečný přístup, kdykoliv a všude
- Individuální zákaznická řešení s malou náročností na inženýring
- Napojení na řídicí techniku budovy, systémy energetického managementu a systémy VirtualPower-Plant

Vybavení

- Monitoring energetické efektivity pro EN 50001
- Schválený nástroj v rámci systému energetického managementu (BASF, dena)
- Funkce hlídání a omezení výkonu
- Prognóza běhu kogenerací k dodržování dotačních podmínek
- Provozní monitoring a Condition Monitoring



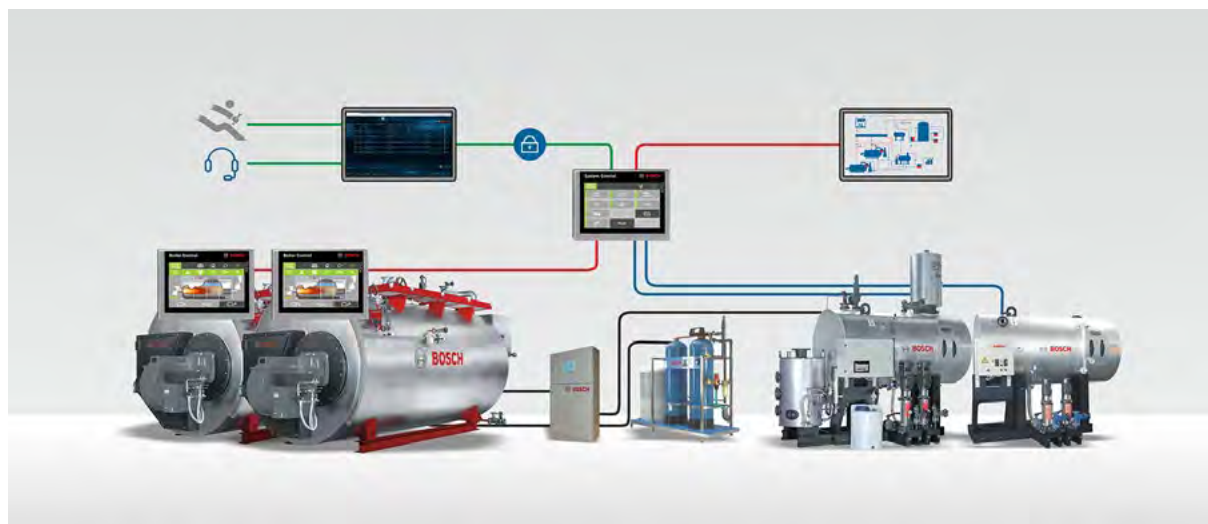
Rozsah funkce

- Barevná a přehledná vizualizace provozu a provozních stavů, teplot a výkonů zařízení
- Management uživatelů usermanagement a koncept obsluhy odladěný na konfiguraci systému
- Management alarmů a hlášení e-mailem a sms
- Nastavování parametrů přes systém panelu obsluhy (HMI)
- Monitoring energie a dat, dashboard, vyhledávací funkce

Přehled výhod

- Efektivní a ekonomický provoz Vašich zařízení a celkového systému
- Transparentnost díky monitoringu energií a dat
- Optimální řízení a regulace Vašich systémů na výrobu energií a distribuce energií
- Moderní a intuitivně ovládané uživatelské rozhraní
- Schopnost multiprotokolace
- Systém MEC pro barevnou a přehlednou vizualizaci provozu a provozních stavů, teplot a výkonů zařízení

6.6 MEC Remote



Obr. 227 Zjednodušené znázornění toků dat v zařízení s různými řízeními a MEC Remote

Prostřednictvím vzdáleného přístupu MEC Remote může provozovatel pohodlně a bezpečně zasahovat do svých horkovodních a parních kotlových zařízení. Díky vzdálenému přístupu je možno vizualizovat řízení kotle a celé technologie přes běžná koncová zařízení, která jsou způsobilá pro provoz v internetu.

MEC Remote je tak ideálním řešením pro provoz:

- V nichž nemůže být personál obsluhy stále přítomen přímo v místě
- S vícekotlovým zařízením podléhajícím povinnému dohledu
- S pohotovostní službou o víkendech

Kotlová řízení Bosch jsou kompatibilní se systémy řídicí techniky běžně dostupnými na trhu. MEC Remote může být použito i u zařízení bez napojení na řídicí techniku.

Díky přehledné kartě je možné současně monitorovat i více zařízení na celém světě. Na přání je provozovatel informován sms nebo e-mailem o nápadných změnách nebo poruchách. To značně redukuje náklady na monitoring pro zařízení s vysokými požadavky na spolehlivost, jako například v nepřetržitém provozu.

Další výhodou pro provozovatele je volitelná podpora přes vzdálený přístup ze strany servisu Bosch-Industrieservice. Odborníci Bosch mohou provádět rozšířené nastavování parametrů, programování (SPS) a analýzu chyb/ poruch přímo přes systém dálkové údržby. Při výpadku komponentů mohou odborníci ze servisu díky dálkové analýze již určit příčinu a vyjet k zařízení na servis již s potřebnými náhradními díly. Časy odstávek kotle a servisní náklady tak mohou být zredukovány na minimum.

Jedním z nejdůležitějších požadavků na dálkové připojení je jeho maximální bezpečnost. To zajišťuje sofistikovaný koncept rolí, který řídí přístupová oprávnění, jakož i povolené regulační zásahy. Dálkový přístup sám disponuje víceúrovňovým bezpečnostním konceptem. Datové připojení směrem ven je možné v kotelně kdykoliv prostřednictvím klíče hardwarově spustit nebo vypnout. Přidavne k loginu s uživatelským jménem a heslem přes šifrovaný přenos dat (https) je používán systém mobilního kódu TAN. Stejně jako u online bankovníctví jsou přístupová data zasílána na mobilní telefon provozovatele. Evidovaná provozní data průmyslových kotlů nejsou ukládána v Cloudu, nýbrž výhradně lokálně v zařízení. Pro MEC Remote byly vytvořeny bezpečnostní koncepty firmy ESCRYPT GmbH. Pravidelný bezpečnostní audit je prováděn firmou Cirosec GmbH.

Přehled výhod

- Přístup k provozním datům, vždy a všude
- Kotlová zařízení a kogenerační jednotky všech provozů v jednom přehledu
- Rychlý, pohodlný a cenově příznivý monitoring dat zařízení
- Bezpečný přenos díky víceúrovňovému bezpečnostnímu konceptu
- Volitelná dálková podpora ze strany servisu BoschIndustrieservice
- Na přání informování o definovaných událostech prostřednictvím sms nebo e-mailu



Nástroje

1	Symboly	385
1.1	Fyzikální symboly	385
1.2	Poměrné veličiny	387
1.3	Operátory	387
1.4	Indexy	387
1.5	Označení potrubních rozvodů a přístrojů	389
2	Přepočet	393
2.1	Mocniny deseti	393
2.2	Hmotnost	393
2.3	Délky, plochy a objemy	394
2.4	Tlak	395
2.5	Teplota	395
2.6	Energie	395
3	Paliva	397
3.1	Charakteristiky paliva	397
3.2	Rosný bod spalin	399
3.3	Pinch-Point Diagram kotlového zařízení	400
4	Základní principy ve vztahu voda – pára	403
4.1	Tlak při varu a teplota	403
4.2	Tabulka voda – pára	404
4.3	Hustota	409
5	Parní zařízení	411
5.1	Parní výkon kotle a výkon spalovacího zařízení	411
5.2	Odluh a odkal	411
5.3	Výškový vzorec	412
5.4	Potrubí	412
5.5	Značení	420
5.6	Tepelné ztráty	421
5.7	Hluk	423
6	Ostatní	425
6.1	Druh krytí/ ochrany těles	425



1 Symboly

1.1 Fyzikální symboly

Základní fyzikální veličiny

Symbol	Označení/ název	Jednotka
n	Počet	
l	Délka	mm; m
r	Rádus	mm
d	Průměr	mm
s	Tloušťka stěny	mm
u	Rychlost	m/s
A	Plocha	mm ² ; m ²
V	Objem	m ³
Ṡ	Objemový proud	m ³ /h
Ṡ _n	Normovaný objemový proud	m _n ³ /h
m	Hmotnost	kg; t
ṡ	Hmotnostní proud	kg/h; t/h
Q	Množství tepla	kJ; kWh; MJ; MWh
Q̇	Tepelný proud	kW; MW
t	Čas	s; h; a
T	Teplota	K; °C
p	Přetlak	Pa; mbar; bar
p _{abs}	Absolutní tlak	bara
ρ	Hustota	kg/m ³
ρ _n	Normovaná hustota	kg/m _n ³
h	Specifická entalpie	kJ/kg
r	Specifická výparná entalpie	kJ/kg
c _p	Specifická tepelná kapacita	kJ/kgK

Tab. 37 *Základní fyzikální veličiny*



Spalování

Symbol	Název	Jednotka
H_i	Spodní výhřevnost	kWh/kg; kWh/m ³ _n
H_s	Horní výhřevnost (kalorická hodnota)	kWh/kg; kWh/m ³ _n
α	Koeficient kondenzátu	kg/kg
λ	Přebytek vzduchu	kg/kg

Tab. 38 Spalování

Účinnost

Symbol	Název	Jednotka
η	Účinnost	%
q_A	Spalinová ztráta vztahující se k H_i	%
η_a	Roční stupeň využití	%

Tab. 39 Účinnost

Přenos tepla

Symbol	Název	Jednotka
λ	Tepelná vodivost	W/mK
α	Koeficient přenosu tepla	W/m ² K
k	Koeficient prostupu tepla	W/m ² K

Tab. 40 Přenos tepla

Mechanika proudění

Symbol	Název	Jednotka
ζ	Koeficient ztráty tlaku	
λ	Součinitel tření v potrubí	

Tab. 41 Mechanika proudění

Ostatní

Symbol	Název	Jednotka
α	Koeficient tepelné roztažnosti	mm/(m • 100K)
L	Elektrická vodivost	μS/cm

Tab. 42 Ostatní

1.2 Poměrné veličiny

Symbol	Název	Jednotka
α	míra spalinového kondenzátu	kg/kg
a	míra odluhu = $m_{AS}/m_{D,Kes}$	kg/kg
c	míra kondenzace = $m_{Ko,ges}/m_D$	kg/kg
z	míra přídavné vody = m_{ZW}/m_D	kg/kg
x	hmotnostní podíl	kg/kg
y	objemový podíl, resp. molární zlomek	m ³ /m ³

Tab. 43 Poměrové veličiny

1.3 Operátory

Symbol	Název	Jednotka
Δ	rozdíl	
$\cdot$	tok/ proud	např. : kg/h; kg/s; ...

Tab. 44 Operátory

1.4 Indexy

Všeobecné

Symbol	Název
min	minimum
max	maximum
m	střední
zul	přípustný
ges	celkový
st	stechiometricky
abs	absolutně
n	norma (v normovaném stavu)
b	provoz (v provozním stavu)
v	ztráta

Tab. 45 Všeobecně



Stav vody/ páry

Symbol	Název
S	nasycení (stav varu)
‘	kapalná nasycená, vroucí voda
”	nasycená ve formě páry, sytá pára

Tab. 46 Stav vody/ páry

Místo/aparát/část zařízení

Symbol	Název
SIV	Pojistný ventil
DB	Omezovač tlaku
K	Kotel
Anl	Zařízení (parního kotle)
F	Spalovací zařízení
RL	Vedení (potrubní)
A	Armatury
V	Spotřebiče
dV	Přímé spotřebiče
iV	Nepřímé spotřebiče
EB	Vlastní potřeba/ spotřeba
Entg	Odplynění
WV	Tepelné ztráty
ED	Ztráty expanzí/ expandovaná pára
WT	Tepelný výměník
Umg	Okolní prostředí

Tab. 47 Místo/aparát/část zařízení

Média

Symbol	Název
L	Vzduch
AG	Spaliny
ZW	Přídavná voda
BW	Užitková voda
SPW	Napájecí voda

Symbol	Název
D	Pára
AD	Ohřívací pára (zásobník napájecí vody)
AS	Odluh
BD	Brýdová pára
Ko	Kondenzát
hKo	Kondenzát s obsahem kyslíku
fKo	Kondenzát bez obsahu kyslíku
B	Palivo

Tab. 48 Média

1.5 Označení potrubních rozvodů a přístrojů

Písmeno	Kategorie	Funkce zpracování
A	Analýza	Alarm, hlášení
B	Optické měření (např. hlídání plamene)	Omezení
C	–	Regulace
D	Hustota	Rozdíl
E	Elektrické napětí	– (nesmí být používáno)
F	Průtok	Poměr
G	Rozestup, délka, poloha	– (nesmí být používáno)
H	Ruční zadávání, ruční zásah	Horní limitní hodnota, zap., otevřeno
I	Elektrický proud	Analogový ukazatel
J	Elektrický výkon	– (nesmí být používáno)
K	Funkce založená na čase	Míra změn v čase, např. pro zrychlení nebo výpočet vypouštění
L	Stav hladiny	Dolní limitní hodnota, vyp., zavřeno
M	Vlhkost	– (nesmí být používáno)
N	Elektrická aktivace (všechny elektronické spotřebiče jako např. motory, topení)	– (nesmí být používáno)
O	–	Lokální nebo PCS stavové zobrazení binárních signálů
P	Tlak	Bodové (kontrolní) spojení



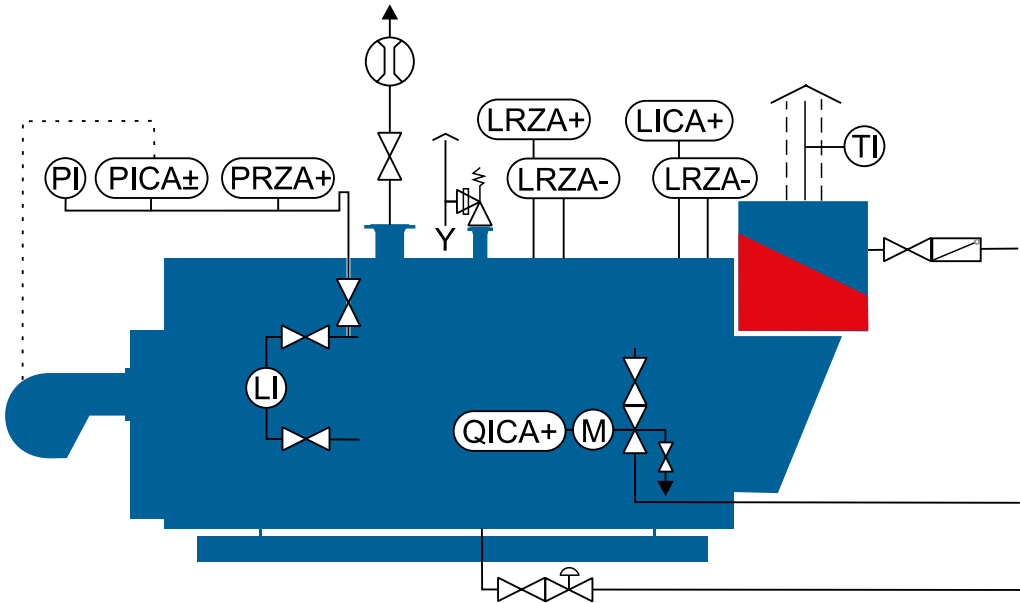
Písmeno	Kategorie	Funkce zpracování
Q	Množství nebo počet, vlastnosti látky*, kvalitativní veličiny*, analýza* (kromě D, M, V)	Integrál, množství nebo suma
R	Veličiny vyzařování	Zaznamenaná hodnota
S	Rychlost nebo frekvence (včetně zrychlení)	Binární řídicí funkce nebo spínací funkce (nejsou bezpečnostně relevantní)
T	Teplota	– (nesmí být používáno)
U	–	– (nesmí být používáno)
V	Chvění/ kmitání, mechanická analýza, točivý moment	– (nesmí být používáno)
W	Hmotnost, hmota, síla	– (nesmí být používáno)
X	– (pro významy, které nejsou ve výčtu)	– (pro významy, které nejsou ve výčtu)
Y	Hydraulická nebo pneumatická aktivace (spínání, změna, omezení např. ovládacím ventilem)	Početní funkce
Z	–	Binární řídicí funkce nebo spínací funkce (bezpečnostně relevantní)

Tab. 49 Označení potrubí nebo přístrojů

Jsou používána rozlišovací písmena pro techniku měření a regulace dle DIN EN 62424:2014-05.

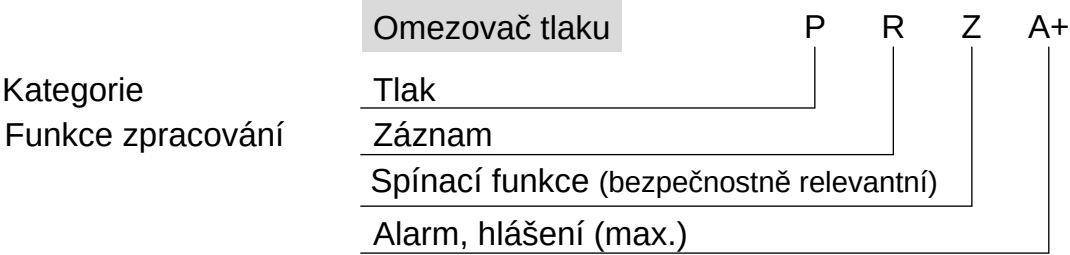
* význam pro Q je převzat z předchozí DIN 19227-1 1993-10.

Příklad aplikace nomenklatury výstroje parního kotle:

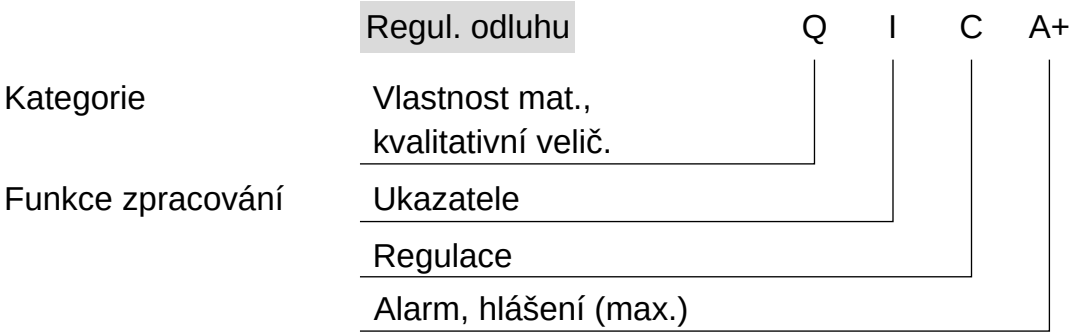


Obr. 228 Výstroj parního kotle

Příklad 1:



Příklad 2:





2 Přepočet

2.1 Mocniny deseti

Předpona	Mocnina	Krátké označení	
Exa	10 ¹⁸	E	x 1 000 000 000 000 000 000
Peta	10 ¹⁵	P	x 1 000 000 000 000 000
Tera	10 ¹²	T	x 1 000 000 000 000
Giga	10 ⁹	G	x 1 000 000 000
Mega	10 ⁶	M	x 1 000 000
Kilo	10 ³	k	x 1 000
Hekto	10 ²	h	x 100
Deka	10 ¹	da	x 10
Dezi	10 ⁻¹	d	/ 10
Zenti	10 ⁻²	c	/ 100
Milli	10 ⁻³	m	/ 1 000
Mikro	10 ⁻⁶	μ	/ 1 000 000
Nano	10 ⁻⁹	n	/ 1 000 000 000
Piko	10 ⁻¹²	p	/ 1 000 000 000 000
Femto	10 ⁻¹⁵	f	/ 1 000 000 000 000 000
Atto	10 ⁻¹⁸	a	/ 1 000 000 000 000 000 000

Tab. 50 Mocniny deseti

2.2 Hmotnost

Tabulka pro přepočet - hmotnosti

Z	Na	kg	t	lb
kg	20		0,02	44,0924
t	1	1 000		2 204,62
lb	1	0,4535929	0,0004535	

Tab. 51 Tabulka přepočtu hmotnosti



2.3 Délky, plochy a objemy

Tabulka pro přepočet délek

Z \ Na	m	in	ft	yd
m 20		787,4015800	65,6167980	21,8722660
in 20	0,5079980		1,6666660	0,5555540
ft 20	6,0959980	240		6,6666660
yd 1	0,9143999	36	3	

Tab. 52 Tabulka přepočtu

Tabulka pro přepočet ploch

Z \ Na	m²	in²	ft²	yd²
m² 20		31000,0620	215,2782	23,9198000
in² 1	0,0006451		0,0069444	0,0007716
ft²	0,0000000	0		0,0000000
yd²	0,0000000	0	0	

Tab. 53 Tabulka pro přepočet ploch

Tabulka pro přepočet objemů

Z \ Na	m³	in³	ft³	yd³
m³		0,000	0,000000	0,0000000
in³			0,0000000	
ft³	0,0000000	0		0,0000000
yd³	0,0000000	0	0	

Tab. 54 Tabulka pro přepočet objemů

Faktory pro přepočet

- Délka = faktor pro přepočet x
- Plocha = faktor pro přepočet x²
- Objem = faktor pro přepočet x³

2.4 Tlak

Tabulka pro přepočet tlaků

Z \ Na	bar	atm	m WS	m Hg	psi	kgf/cm²
bar		0,0000 0,9869	0,00 10,20	0,0000 0,7502	0,000 14,503	0,0000 1,0194
atm	0,0000 1,0133		0,00 10,33	0,0000 0,7601	0,000 14,695	0,0000 1,0329
m WS	0,00000 0,09807	0,000000 0,096784		0,000000 0,073568	0,0000 1,4223	0,00000 0,09997
m Hg	0,0000 1,3330	0,0000 1,3156	0,000 13,593		0,000 19,333	0,0000 1,3588
psi 20	1,37900 0,06895	1,36100 0,06805	14,0620 0,7031	1,03460 0,05173		1,4058 0,07029
kgf/cm² 1	0,981 0,981	0,96817 0,96817	10,003 10,003	0,73593 0,73593	14,228 14,228	

Tab. 55 Tabulka pro přepočet tlaků

Souvislost odvozených jednotek SI:

bar = 1 000 mbar = 10⁵ Pa (N/mm²)

i

2.5 Teplota

Tabulka pro přepočet teplot

Z \ Na	K	°C	°F
K 1		-272,15	-457,60
°C 20	293,15		68,0
°F 100	310,9278	37,8	

Tab. 56 Tabulka pro přepočet teplot

2.6 Energie

Tabulka pro přepočet energie

Z \ Na	kJ	kWh	kcal	PSH	BTU	t SKE
kJ 100,0		0,0277699999	23,90100 0,23901	0,0377400	94,78700 0,94787	0,000000000 10 ⁻⁸



Z \ Na		kJ	kWh	kcal	PSh	BTU	t SKE
kWh	1	860,436		860,436	1,35864	3412,332	0,0001228
kcal		0,0000000	0,0000000		0,0000000	0,0	0,0
PSh		0,0	0,0000000	0,00000		0,0000	0,000
BTU	1	1,0549969	0,0002930	0,2521548	0,0003981		3,6
t SKE	1	2,9	8141,2009	3600,0	11060,961	2,778	

Tab. 57 Tabulka pro přepočet energie

3 Paliva

3.1 Charakteristiky paliva

3.1.1 Plynná paliva

Přebytek vzduchu λ 7,00
Norm. hustota $\rho_{n,L}$ [kg/m³_{n,L}] 1,293
vzd.

Látkové		Jednot.	Z. plyn L	Z. plyn H	Propan	Propan Butan	Butan	Z. plyn GZ35	Z. plyn GZ41,5	Z. plyn GZ50
Spodní výhřevn.	H _i	$\frac{kWh}{kg_B}$	10,65	13,20	12,87	12,83	12,70	7,98	9,65	10,86
	H _i	$\frac{kWh}{m^3_{n,B}}$	8,83	10,35	25,89	27,96	34,39	7	8	9
Horní výhřevn.	H _S	$\frac{kWh}{kg_B}$	11,80	14,62	13,98	13,92	13,75	8,86	10,80	12,01
	H _S	$\frac{kWh}{m^3_{n,B}}$	9,78	11,46	28,12	30,34	37,23	7,77	8,95	9,95
Norm. hust. paliva	$\rho_{n,B}$	$\frac{kg}{m^3_{n,B}}$	0,829	0,784	2,011	2,18	2,708	0,877	0,829	0,829
Potřeba vzduchu (such.)	L _{ST}	$\frac{kg_L}{kg_B}$	13,10	16,24	15,57	15,51	15,36	9,84	13,10	13,10
Norm. hust. spalin	$\rho_{n,AG,st}$ ($\lambda=1$)	$\frac{kg}{m^3_{n,AG}}$	1,2366	1,2374	1,2650	1,2664	1,2699	1,2346	1,2366	1,2366
Norm hust. spalin	$\rho_{n,AG,}$	$\frac{kg}{m^3_{n,AG}}$	1,2841	1,2843	1,2887	1,2889	1,2895	1,2836	1,2841	1,2841
Wobbe-Index	W _i	$\frac{kWh}{m^3}$	11,03	13,29	20,76	21,53	23,76	8,50	9,99	11,24
Rosný b.	t _{Kond}	°C	56,9	57,0	53,1	52,9	52,4	56,7	56,9	56,9
Tvorba vody ¹⁾	W _{spec,H2O}	$\frac{g_{H2O}}{kWh}$	159,4	158,5	126,9	125,4	122,0	161,8	176,0	156,4
Emise CO ₂ ¹⁾	W _{spec,CO2}	$\frac{g_{CO2}}{kWh}$	201,3	202,6	232,6	234,3	238,5	197,6	222,2	197,5
Emise SO ₂ ¹⁾	W _{spec,SO2}	$\frac{mg_{SO2}}{kWh}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Objemový proud spalin ¹⁾	m _{spec}	$\frac{kg_{AG}}{kWh}$	8,7046	8,6887	8,5440	8,5414	8,5440	8,7581	9,6077	8,5402

Tab. 58 Plynná paliva

¹⁾ vztaženo k H_i



3.1.2 Kapalná paliva

Přebytek vzduchu λ 7,00
Norm. hust. vzd. ρ_{n,L} [kg/m³_{n,L}] 1,293

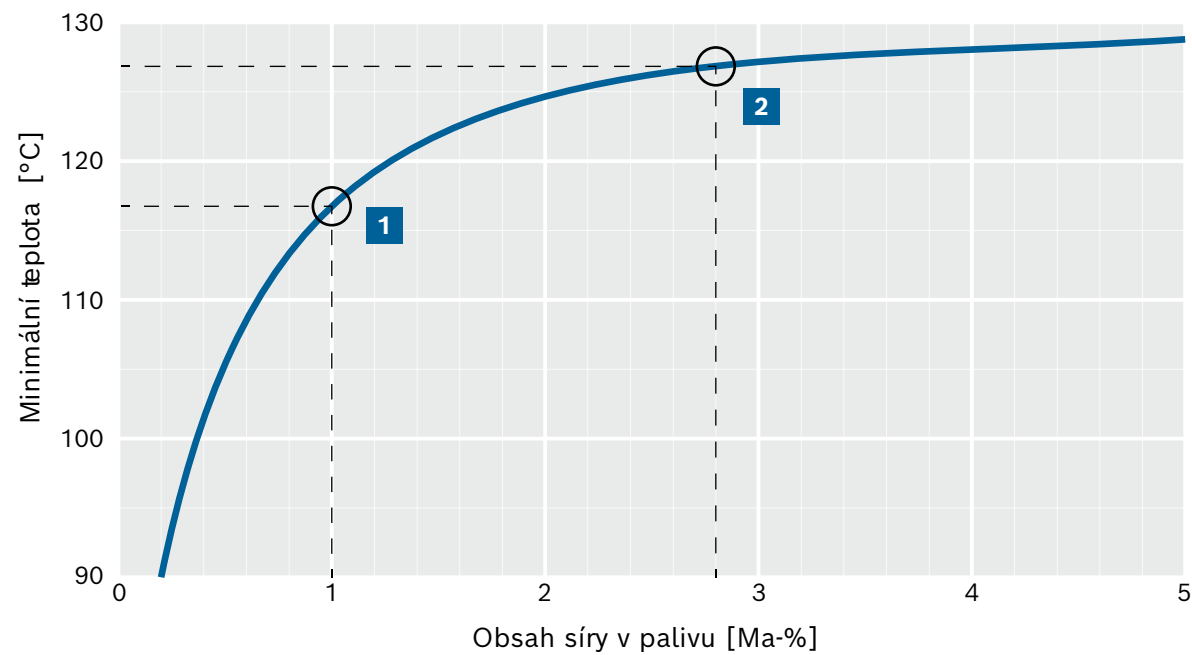
ZadáníVýsledek

Látková		Jednot.	Topný olej EL	Top. olej nízk. obs. S	Top. olej SA	Střední HL Schwechat	Stř. olej CLU3
Spodní výhřevnost	H _i	$\frac{\text{kWh}}{\text{kg}_B}$	11,89	11,89	11,28	11,64	11,40
	H _i	$\frac{\text{kWh}}{\text{l}}$	9,91	9,91	10,98	9,70	10,59
Horní výhřevnost	H _S	$\frac{\text{kWh}}{\text{kg}_B}$	12,70	12,70	11,96	12,38	12,05
	H _S	$\frac{\text{kWh}}{\text{l}}$	10,59	10,59	11,64	10,32	11,19
Norm. hust. paliva	ρ _{n,B}	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	833,6	833,6	973,6	833,6	928,6
Potř.vzduchu (such.)	L _{ST}	$\frac{\text{kg}_L}{\text{kg}_B}$	14,45	14,46	13,89	14,19	13,71
Norm. hust spalín	ρ _{n,AG,st} (λ=1)	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3_{n,AG}}$	1,2923	1,2923	1,3063	1,2996	1,3097
Norm. hust spalín	ρ _{n,AG,}	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3_{n,AG}}$	1,2929	1,2929	1,2950	1,2940	1,2955
Rosný bod	t _{Kond}	°C	48,6	48,6	46,0	47,2	45,4
Ros. bod kyselý	t _{kond kyselý}	°C	124,0	97,3	136,4	123,2	141,5
Tvorba vody ¹⁾	w _{spec,H2O}	$\frac{\text{g}_{\text{H2O}}}{\text{kWh}}$	100,5	100,5	88,7	93,7	83,9
Emise CO ₂ ¹⁾	w _{spec,CO2}	$\frac{\text{g}_{\text{CO2}}}{\text{kWh}}$	266,4	266,9	285,2	275,8	280,6
Emise SO ₂ ¹⁾	w _{spec,SO2}		108,4	2,6	597,9	99,2	1 213,8
Objem. proud spalín ¹⁾	ṁ _{spec}	$\frac{\text{kg}_{AG}}{\text{kWh}}$	8,5887	8,5965	8,7111	8,6172	8,5074

Tab. 59 Kapalná paliva

¹⁾ vztaženo k H_i

3.2 Rosný bod spalín



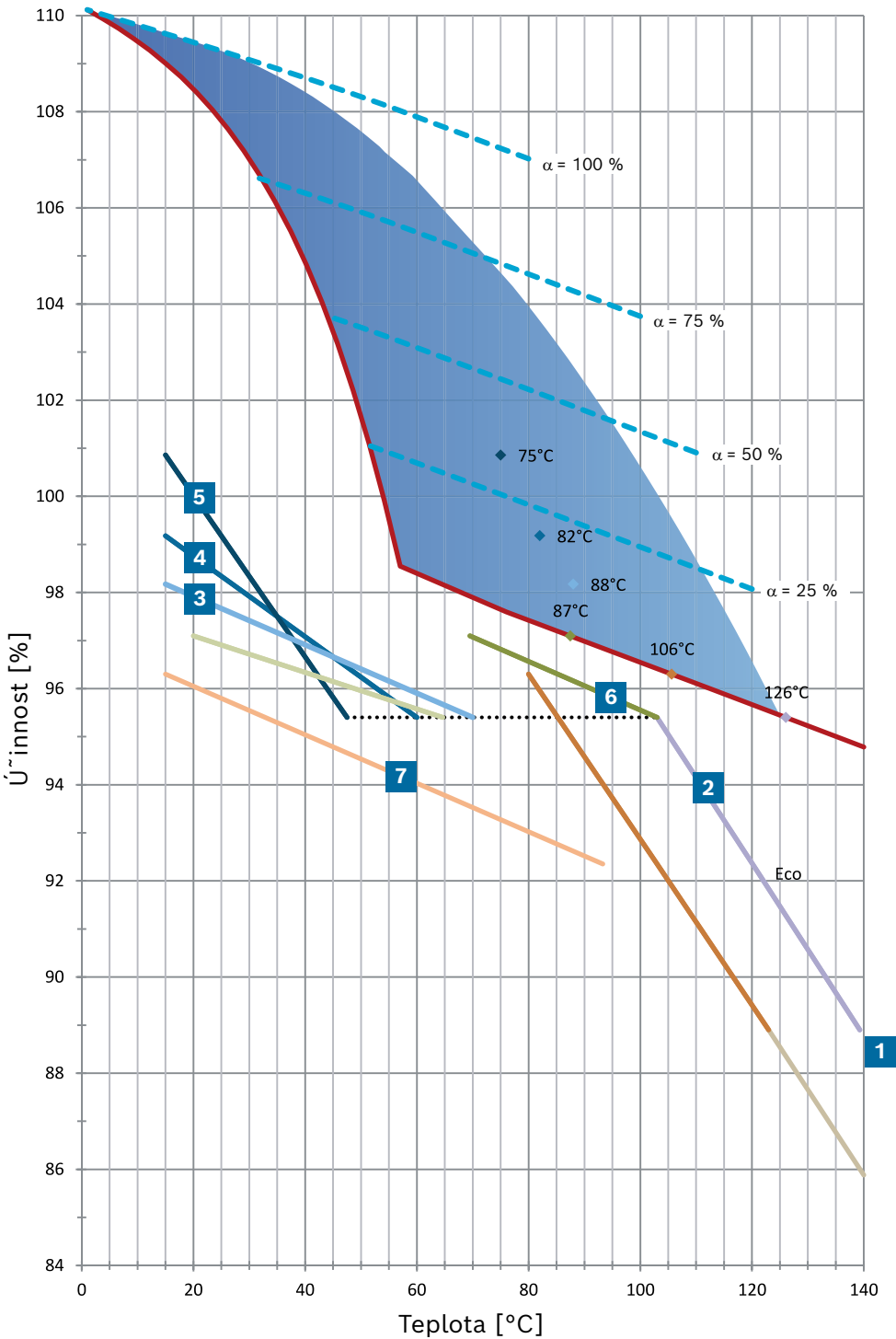
Obr. 229 Minimální teplota napájecí vody v závislosti na obsahu síry v palivu

- 1
- Topný olej SA
- 2
- Topný olej S



3.3 Pinch-Point Diagram kotlového zařízení

3.3.1 Pinch-Point diagram pro plyn



Obr. 230 Pinch-Point diagram pro plyn

- 1 Kotel
- 2 Kotel + ekonomizér
- 3 Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 0,3$ / $\alpha = 12$ %)

- 4 Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 0,5$ / $\alpha = 20$ %)
- 5 Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 1$ / $\alpha = 34$ %)
- 6 Kotel + ekonomizér + předehřev vzduchu (20 °C na 65 °C)
- 7 Kotel + ekonomizér + chlazení napájecí (se $z = 0,3$)

Příklad:

Míra kondenzace $c = \dot{m}_{ko} / \dot{m}_D$
Přídavná voda $z = 1 - c$
UL-S 10 000 x 16
Parní výkon zařízení 10 000 kg/h při $p_m = 13$ bar
Míra odluhu 5 %

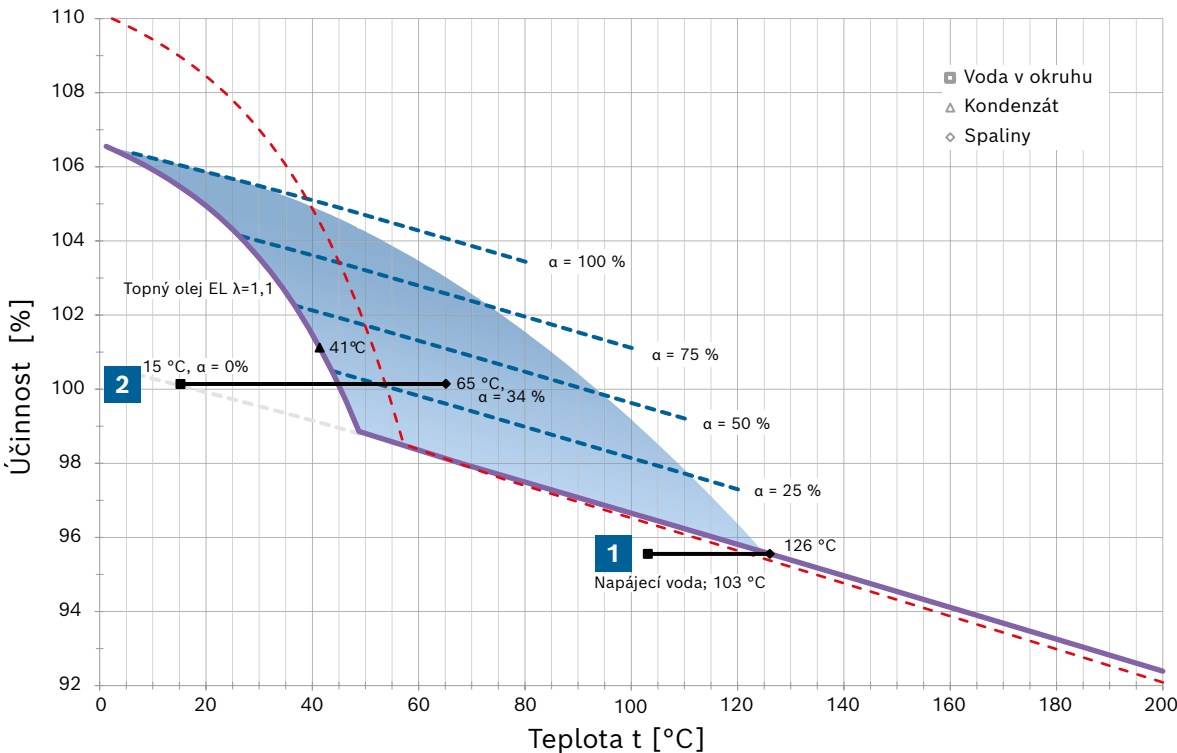
Případ	Komponenty	Účinnost	
		Komponenty	Celkem
1	Kotel	88,9 %	---
2	Kotel + ekonomizér	88,9 % + 6,5 %	95,4 %
3	Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z^{1)} = 0,3$ / $\alpha^{2)} = 12$ %)	88,9 % + 6,5 % + 2,8 %	98,2 %
4	Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 0,5$ / $\alpha = 20$ %)	88,9 % + 6,5 % + 3,8 %	99,2 %
5	Kotel + ekonomizér + kondenzační ekonomizér (se $z = 1$ / $\alpha = 34$ %)	88,9 % + 6,5 % + 7,6 %	100,9 %
6	Kotel + ekonomizér + předehřev vzduchu (20 °C na 65 °C)	88,9 % + 6,5 % + 1,7 %	97,1 %
7	Kotel + ekonomizér + chlazení napájecí vody (se $z = 0,3$)	88,9 % + 6,5 % + 0,6 %	96,0 %

Tab. 60 Příklady případů pro kombinaci opatření k nejlepšímu zpětnému získávání tepla

¹⁾ z = míra přídavné vody
²⁾ α = míra kondenzátu



3.3.2 Pinch-Point Diagramm pro olej



Obr. 231 Pinch-Point diagramm pro olej

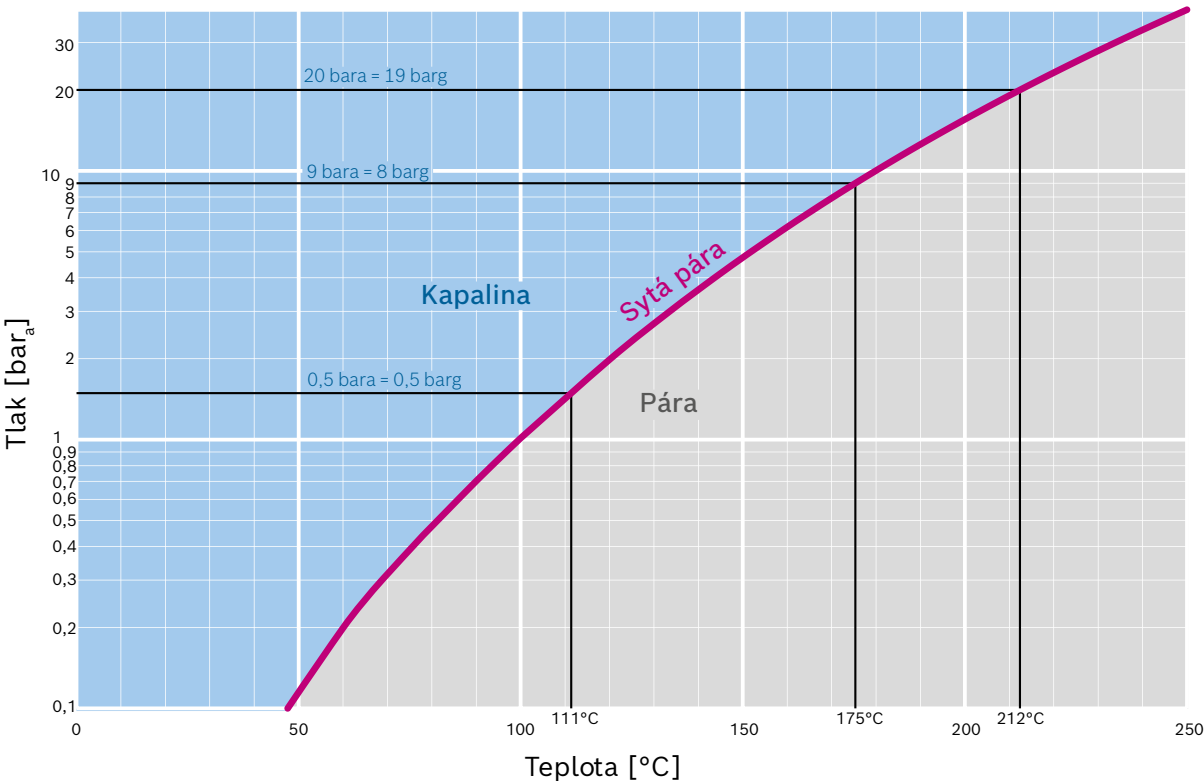
- 1** Kotel
- 2** Kotel + Ekonomizér

4 Základní principy ve vztahu voda – pára

4.1 Tlak při varu a teplota

Diagram ukazuje průběh křivek tlaku a teploty s křivkou bodu varu. Prosíme, respektujte k těmto účelům pokyny týkající se odečtu logaritmických grafů.

→ Nástroje – Kapitola 4.3.1: Odečet logaritmických grafů, strana 410



Obr. 232 Graf tlaku – teploty vody s křivkou varu a úseky páry a vody (logaritmické znázornění)



4.2 Tabulka voda – pára

4.2.1 Látkové hodnoty pro vodu a páru dle IAPWS IF-97

Přetlak	Absolut- ní tlak	Teplota varu	Entalpie			Hustota	
			Voda	Sytá pára	Odpar	Voda	Sytá pára
p [bar _g]	p [bar _a]	t [°C]	h' [kJ/kgK]	h'' [kJ/kgK]	r [kJ/kgK]	ρ' [kg/m³]	ρ'' [kg/m³]
– 0,9	0,1	45,8	191,8	2 583,9	2 392,1	989,8	0,0682
– 0,8	0,2	60,1	251,4	2 608,9	2 357,5	983,1	0,1308
– 0,7	0,3	69,1	289,2	2 624,6	2 335,3	978,3	0,1913
– 0,6	0,4	75,9	317,6	2 636,1	2 318,5	974,3	0,2504
– 0,5	0,5	81,3	340,5	2 645,2	2 304,7	971,0	0,3086
– 0,4	0,6	85,9	359,8	2 652,9	2 293,0	968,0	0,3661
– 0,3	0,7	89,9	376,7	2 659,4	2 282,7	965,4	0,4229
– 0,2	0,8	93,5	391,6	2 665,2	2 273,5	962,9	0,4791
– 0,1	0,9	96,7	405,1	2 670,3	2 265,2	960,7	0,5349
0,0	1,0	99,6	417,4	2 674,9	2 257,5	958,6	0,5903
0,1	1,1	102,3	428,8	2 679,2	2 250,4	956,7	0,6453
0,2	1,2	104,8	439,3	2 683,1	2 243,8	954,9	0,7001
0,3	1,3	107,1	449,1	2 686,6	2 237,5	953,1	0,7545
0,4	1,4	109,3	458,4	2 690,0	2 231,6	951,5	0,8086
0,5	1,5	111,4	467,1	2 693,1	2 226,0	949,9	0,8625
0,6	1,6	113,3	475,3	2 696,0	2 220,7	948,4	0,9162
0,7	1,7	115,1	483,2	2 698,8	2 215,6	947,0	0,9697
0,8	1,8	116,9	490,7	2 701,4	2 210,7	945,6	1,0230
0,9	1,9	118,6	497,8	2 703,9	2 206,1	944,2	1,0761
1,0	2,0	120,2	504,7	2 706,2	2 201,6	942,9	1,1290
1,5	2,5	127,4	535,4	2 716,5	2 181,2	937,0	1,3914
2,0	3,0	133,5	561,5	2 724,9	2 163,4	931,8	1,6507
2,5	3,5	138,9	584,3	2 732,0	2 147,7	927,1	1,9077
3,0	4,0	143,6	604,7	2 738,1	2 133,3	922,9	2,1627
3,5	4,5	147,9	623,2	2 743,4	2 120,2	919,0	2,4160
4,0	5,0	151,8	640,2	2 748,1	2 107,9	915,3	2,6681
4,5	5,5	155,5	655,9	2 752,3	2 096,5	911,8	2,9189
5,0	6,0	158,8	670,5	2 756,1	2 085,6	908,6	3,1688

Přetlak	Absolut- ní tlak	Teplota varu	Entalpie			Hustota	
			Voda	Sytá pára	Odpar	Voda	Sytá pára
p [bar _g]	p [bar _a]	t [°C]	h' [kJ/kgK]	h'' [kJ/kgK]	r [kJ/kgK]	ρ' [kg/m³]	ρ'' [kg/m³]
6,0	7,0	165,0	697,1	2 762,7	2 065,6	902,6	3,6662
7,0	8,0	170,4	721,0	2 768,3	2 047,3	897,0	4,1610
8,0	9,0	175,4	742,7	2 773,0	2 030,3	891,9	4,6539
9,0	10,0	179,9	762,7	2 777,1	2 014,4	887,1	5,1454
10,0	11,0	184,1	781,2	2 780,7	1 999,5	882,6	5,6358
11,0	12,0	188,0	798,5	2 783,8	1 985,3	878,3	6,1256
12,0	13,0	191,6	814,8	2 786,5	1 971,7	874,3	6,6149
13,0	14,0	195,0	830,1	2 788,9	1 958,8	870,4	7,1039
14,0	15,0	198,3	844,7	2 791,0	1 946,3	866,6	7,5929
15,0	16,0	201,4	858,6	2 792,9	1 934,3	863,1	8,0820
16,0	17,0	204,3	871,9	2 794,5	1 922,6	859,6	8,5713
17,0	18,0	207,1	884,6	2 796,0	1 911,4	856,2	9,0611
18,0	19,0	209,8	896,8	2 797,3	1 900,4	853,0	9,5513
19,0	20,0	212,4	908,6	2 798,4	1 889,8	849,8	10,0421
20,0	21,0	214,9	920,0	2 799,4	1 879,4	846,7	10,5336
21,0	22,0	217,3	931,0	2 800,2	1 869,2	843,7	11,0259
22,0	23,0	219,6	941,6	2 800,9	1 859,3	840,8	11,5191
23,0	24,0	221,8	952,0	2 801,5	1 849,6	837,9	12,0132
24,0	25,0	224,0	962,0	2 802,0	1 840,1	835,1	12,5082
25,0	26,0	226,1	971,7	2 802,5	1 830,7	832,4	13,0044
26,0	27,0	228,1	981,2	2 802,8	1 821,5	829,7	13,5016
27,0	28,0	230,1	990,5	2 803,0	1 812,5	827,0	14,0000
28,0	29,0	232,0	999,5	2 803,2	1 803,6	824,4	14,4997
29,0	30,0	233,9	1 008,4	2 803,3	1 794,9	821,9	15,0006
30,0	31,0	235,7	1 017,0	2 803,3	1 786,3	819,4	15,5028
31,0	32,0	237,5	1 025,5	2 803,2	1 777,8	816,9	16,0064
32,0	33,0	239,2	1 033,7	2 803,1	1 769,4	814,5	16,5115
33,0	34,0	240,9	1 041,8	2 803,0	1 761,1	812,1	17,0180
34,0	35,0	242,6	1 049,8	2 802,7	1 753,0	809,7	17,5260

Tab. 61 Látkové hodnoty pro vodu a páru dle IAPWS IF-97¹⁾

1) Zdroj: <http://www.iapws.org/relguide/IF97-rev.pdf>



Přetlak	Teplota varu	Dynamická viskozita		Tepelná vodivost	
		Voda	Sytá pára	Voda	Sytá pára
p [bar _g]	t °C	η' [μPas]	η'' [μPas]	λ' [W/mK]	λ'' [W/mK]
– 0,9	45,8	587,5	10,49	0,6357	0,0199
– 0,8	60,1	465,9	10,94	0,6508	0,0211
– 0,7	69,1	408,9	11,23	0,6588	0,0219
– 0,6	75,9	373,5	11,45	0,6641	0,0225
– 0,5	81,3	348,6	11,64	0,6678	0,0230
– 0,4	85,9	329,7	11,79	0,6707	0,0234
– 0,3	89,9	314,7	11,93	0,6730	0,0238
– 0,2	93,5	302,3	12,05	0,6748	0,0241
– 0,1	96,7	291,9	12,16	0,6763	0,0245
0,0	99,6	282,9	12,26	0,6776	0,0248
0,1	102,3	275,1	12,35	0,6787	0,0250
0,2	104,8	268,2	12,43	0,6796	0,0253
0,3	107,1	262,0	12,51	0,6804	0,0255
0,4	109,3	256,4	12,59	0,6811	0,0258
0,5	111,4	251,4	12,66	0,6817	0,0260
0,6	113,3	246,8	12,73	0,6822	0,0262
0,7	115,1	242,5	12,79	0,6826	0,0264
0,8	116,9	238,6	12,85	0,6830	0,0266
0,9	118,6	235,0	12,91	0,6834	0,0268
1,0	120,2	231,6	12,96	0,6836	0,0270
1,5	127,4	217,5	13,21	0,6846	0,0278
2,0	133,5	206,8	13,42	0,6849	0,0286
2,5	138,9	198,3	13,61	0,6849	0,0293
3,0	143,6	191,2	13,77	0,6846	0,0299
3,5	147,9	185,2	13,92	0,6842	0,0305
4,0	151,8	180,1	14,05	0,6836	0,0310
4,5	155,5	175,5	14,18	0,6829	0,0316
5,0	158,8	171,6	14,30	0,6821	0,0320
6,0	165,0	164,7	14,51	0,6804	0,0330
7,0	170,4	159,1	14,70	0,6786	0,0338
8,0	175,4	154,3	14,87	0,6766	0,0346
9,0	179,9	150,2	15,02	0,6747	0,0354

Přetlak	Teplota varu	Dynamická viskozita		Tepelná vodivost	
		Voda	Sytá pára	Voda	Sytá pára
p [bar _g]	t °C	η' [μPas]	η'' [μPas]	λ' [W/mK]	λ'' [W/mK]
10,0	184,1	146,6	15,17	0,6726	0,0361
11,0	188,0	143,4	15,30	0,6706	0,0368
12,0	191,6	140,5	15,43	0,6686	0,0375
13,0	195,0	137,9	15,54	0,6665	0,0381
14,0	198,3	135,5	15,66	0,6645	0,0388
15,0	201,4	133,3	15,76	0,6625	0,0394
16,0	204,3	131,3	15,86	0,6604	0,0400
17,0	207,1	129,5	15,96	0,6584	0,0405
18,0	209,8	127,7	16,05	0,6564	0,0411
19,0	212,4	126,1	16,14	0,6544	0,0416
20,0	214,9	124,6	16,23	0,6525	0,0422
21,0	217,3	123,1	16,31	0,6505	0,0427
22,0	219,6	121,8	16,40	0,6486	0,0432
23,0	221,8	120,5	16,47	0,6466	0,0438
24,0	224,0	119,3	16,55	0,6447	0,0443
25,0	226,1	118,1	16,62	0,6428	0,0448
26,0	228,1	117,0	16,70	0,6409	0,0453
27,0	230,1	115,9	16,77	0,6390	0,0457
28,0	232,0	114,9	16,84	0,6372	0,0462
29,0	233,9	114,0	16,90	0,6353	0,0467
30,0	235,7	113,0	16,97	0,6335	0,0472
31,0	237,5	112,1	17,03	0,6316	0,0476
32,0	239,2	111,3	17,10	0,6298	0,0481
33,0	240,9	110,4	17,16	0,6280	0,0486
34,0	242,6	109,6	17,22	0,6262	0,0490

Tab. 62 Látkové hodnoty pro vodu a páru dle IAPWS IF-97¹⁾

1) Zdroj: <http://www.iapws.org/relguide/IF97-rev.pdf>



4.2.2 Expandovaná pára

$$x = \frac{h - h'}{h'' - h'} = \frac{h - h'}{r}$$

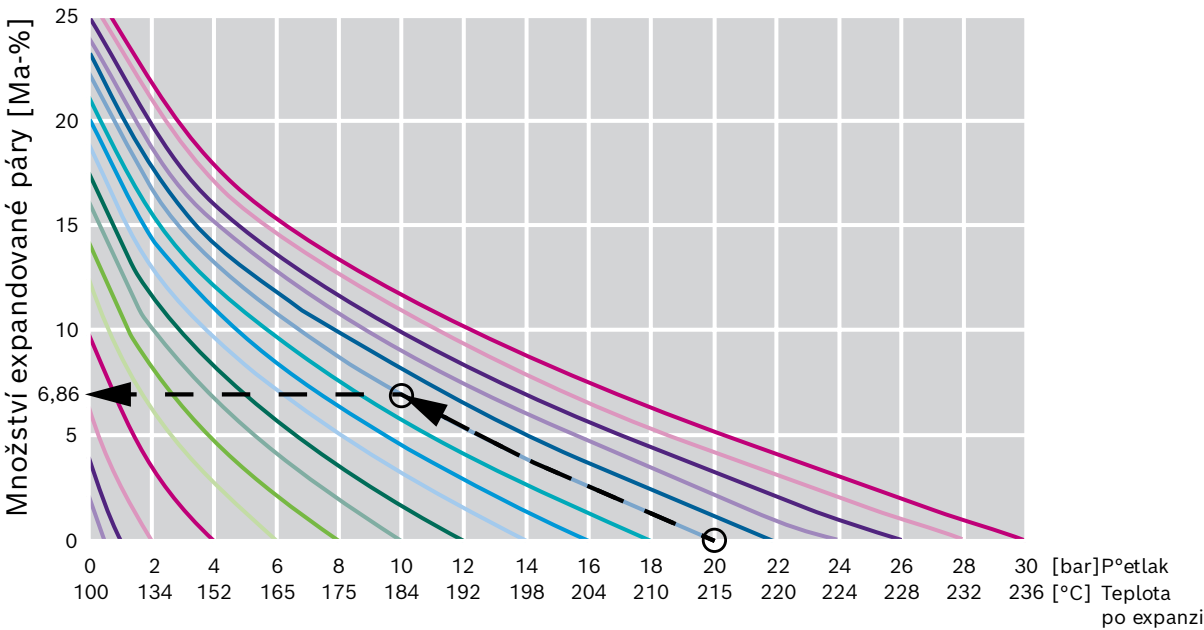
F39. Rovnice pro výpočet hmotnostního podílu expandované páry

- x Hmotnostní podíl expandované páry [%]
- h Entalpie [kJ/kg]
- h' Entalpie vroucí vody [kJ/kg]
- h'' Entalpie syté páry [kJ/kg]
- r Výparná entalpie [kJ/kg]

$$x = \frac{100 \text{ [kJ/kg]} - 800 \text{ [kJ/kg]}}{3\,000 \text{ [kJ/kg]} - 500 \text{ [kJ/kg]}} = -28,0\%$$

B20. Příklad výpočtu ke zjištění hmotnostního podílu expandované páry

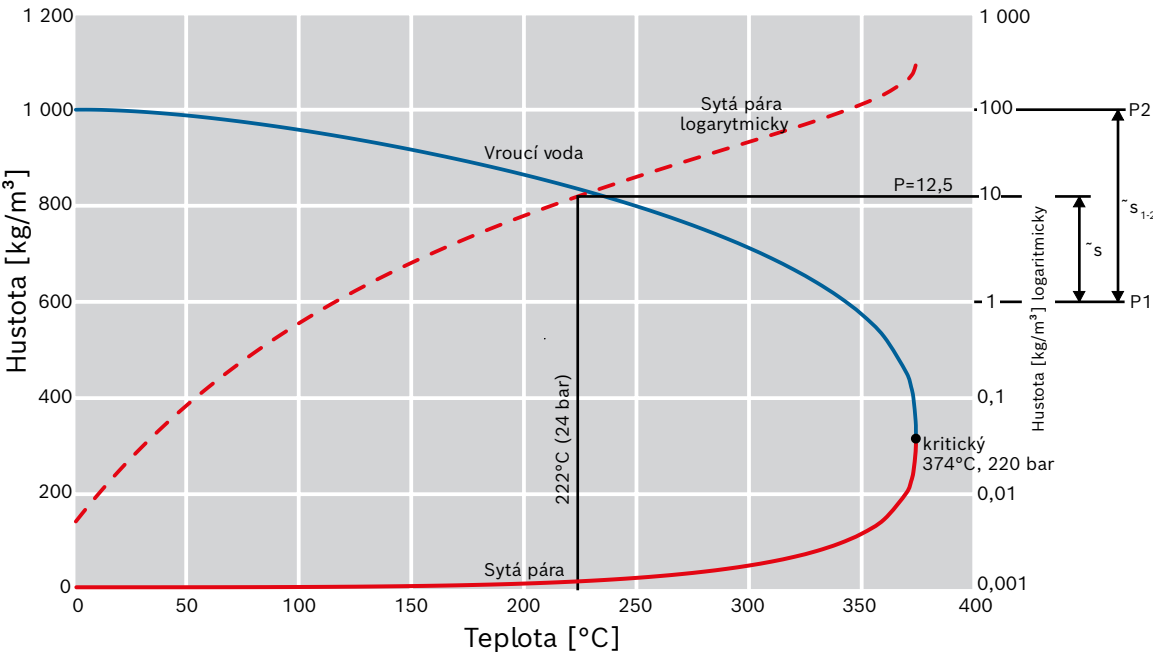
Tlak před expanzí	Teplota média	Entalpie	Tlak po expanzi	Teplota média	Entalpie vroucí vody	Entalpie syté páry	Množství expandované páry
[barg]	[°C]	[kJ/kg]	[barg]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[%]
80,0	295,7	1 311,3	50,0	265,9	1 159,1	2 793,5	9,31
	Teplota média	Entalpie	Tlak po expanzi	Teplota média	Entalpie vroucí vody	Entalpie syté páry	Množství expandované páry
	[°C]	[kJ/kg]	[barg]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[%]
	165,0	696,7	2,00	133,2	559,7	2 725,1	6,33
Zadání	Výsledek						



Obr. 233 Expandovaná pára

Příklad: Pokud se tlak sníží z 20 na 10 barů, vytvoří se množství expandované páry ve výši 6,86 %.

4.3 Hustota



Obr. 234 Hustota syté páry a vody v závislosti na teplotě

- Vroucí voda
- Sytá pára
- Sytá pára logaritmicky



4.3.1 Odečet logaritmických grafů

Přepočet tras a číselných hodnot

Příklad hustota syté páry

Od hodnoty k linii v diagramu

První bod na logaritmické stupnici

Druhý bod na logaritmické stupnici

Trasa mezi oběma body

Hledaný bod

Hledaný bod trasy mezi P1 a P

$$\Delta s = \frac{(\ln(P) - \ln(P_1))}{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

Od linie v diagramu k hodnotě

První bod na logaritmické stupnici

Druhý bod na logaritmické stupnici

Trasa mezi oběma body

Hledaný bod

Hledaný bod na trase mezi P1 a P

$$P = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\Delta s}{\Delta s_{1,2}}} \cdot P_1$$

		Jednotky v příkladu ¹⁾ :
P1	10,0000	kg/m ³
P2	100,0000	kg/m ³
Δs ₁₋₂	27,100	mm
P	12,5000	kg/m ³
Δs	2,626	mm

P1	5,0000	kg/m ³
P2	100,0000	kg/m ³
Δs ₁₋₂	27,100	mm
P	25,8164	kg/m ³
Δs	14,850	mm

1) Přepočet je použitelný nezávisle na jednotkách pro všechny logaritmické grafy/ diagramy

5 Parní zařízení

5.1 Výkon parního kotle a výkon spalovacího zařízení

	Zadání	Výsledek
$\dot{Q}_K \approx \dot{m}_D \cdot 0,65$		
Parní výkon	5 kg/h	830 kJ/kg
Střední provozní přetlak	13,00 bar	2 789 kJ/kg
Teplota napájecí vody	90,0 °C	377 kJ/kg
$\dot{Q}_K = \dot{m}_D \cdot (h'' - h_{SPW}) \cdot \frac{1h}{3\,600s}$		
Tepelný výkon kotle	3 kW	Účinnost kotle (z hled. spal. zařízení) 50,0 %
$\dot{Q}_F = \frac{\dot{Q}_K}{\eta_F}$		
Výkon spalovacího zař.	6 kW	Výhřevnost paliva 10,4 kWh/kg (kWh/m ³ n)
$\dot{m}_B = \frac{\dot{Q}_F}{H_i}$		
Množství paliva	0,6 kg/h (m ³ n/h)	

5.2 Odluh a odkal

	Zadání	Výsledek
Parametry vody		
	V přídavné vodě	L _{zw} 15
	Míra kondenzátu	c 90 %
V napájecí vodě (přes analýzu vody)	L _{SPW} 50 2 000	V napájecí vodě L _{SPW} ≈ L _{zw} · (1 - c) 1,500
Limitní hodnota kotl.	L _k 2 000	Limitní hodnota kotlové vody L _k 2 000
$a = \frac{L_{SPW}}{L_k - L_{SPW}}$		
Potřebná míra odluhu	2,6 %	Potřebná míra odluhu 0,1 %
Potřebný odluh	0,1 kg/h 269,3	Potřebný odluh 0,0 kg/h



Z toho 5 % přes odkalování

0,0

kg/h

Z toho 5 % přes odkalování

0,0

kg/h

Absolutně

0

kW

Absolutně %-tepelný výkon kotle

0,0

kW

% - tepelný výkon kotle

0,8

%

0,9

%

5.3 Výškový vzorec

Zadání

Výsledek

Mezinárodní výškový vzorec

Výška

300

m

Tlak

0,97773

bar

Teplota

13,05

°C

Hustota

1,191

kg/m³

$$p(h) = p_0 \cdot \left(1 - \frac{0,0065 \frac{K}{m} \cdot h}{T}\right)^{\frac{K}{K-1}} = 1,01325 \text{ bar} \cdot \left(1 - \frac{0,0065 \frac{K}{m} \cdot h}{288,15 \text{ K}}\right)^{5,255}$$

$$T(h) = 15 - 0,0065 \frac{K}{m} \cdot h$$

$$\rho = 1,293 \frac{K}{m^3} \cdot \frac{p}{1,01325 \text{ bar}}$$

Norm. hust.vzduchu $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$ při 0°C a 1,01325 bar

S teplotním přepočtem

Výška

300

m

Tlak

0,97773

bar

Teplota

40,00

°C

Hustota

1,088

kg/m³

5.4 Potrubí

5.4.1 Rozměry

Tloušťky stěn potrubí pro předvařované příruby (EN 1092-1:2013-04)

A	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	PN 25	PN 40	PN 63	PN 100
Ø	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
17,2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
21,3	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
26,9	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,6	2,6
33,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
42,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,9	2,9
48,3	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,9	2,9

A	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	PN 25	PN 40	PN 63	PN 100
Ø	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
60,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,2
76,1	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,2	3,6
88,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,6	4,0
114,3	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,0	5,0
139,7	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	6,3
168,3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,6	7,1
219,1	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	7,1	10,0
273,0	6,3	6,3	6,3	6,3	7,1	7,1	8,8	12,5
323,9	7,1	7,1	7,1	7,1	8,0	8,0	11,0	14,2
355,6	7,1	7,1	7,1	8,0	8,0	8,8	12,5	16,0
406,4	7,1	7,1	7,1	8,0	8,8	11,0	14,2	
457	7,1	7,1	7,1	8,0	8,8	12,5		
508	7,1	7,1	7,1	8,0	10,0	14,2		
610	7,1	7,1	7,1	8,8	11,0	16,0		
711	7,1	7,1	8,0	8,8	12,5			
813	7,1	7,1	8,0	10,0	14,2			
914	7,1	7,1	10,0	10,0	16,0			
1 016	7,1	7,1	10,0	10,0	17,5			
1 219	7,1	8,0	11,0	12,5				
1 422	7,1	8,0	12,5	14,2				
1 626	8,0	9,0	14,2	16,0				

Tab. 63 Výřez z tabulky A.1 z EN 1092-1:2013-0 – Tloušťka stěny pro typ 11

A Ø

Vnější průměr

Sp

Tloušťka stěny

PN

Jmenovitý tlakový stupeň

412

413



5.4.2 Přiřazení tlaku - teploty¹⁾

Přiřazení tlaku a teplot přírub probíhá dle skupin materiálů. V oblasti parních kotlů jsou běžné následující materiály a skupiny:

Skupina materiálu	Označení	Číslo materiálu
3E0	Nelegované oceli s garantovanými pevnostními vlastnostmi při zvýšených teplotách	1.0352 P245GH
		1.0460 P250GH
3E1	Nelegované oceli se stanovenými vlastnostmi do 400 °C, horní mez průtažnosti > 265 N/mm ²	1.0426 P280GH
4E0	Nízkolegované oceli s 0,3 % molybdenu	1.5415 16Mo3
12E0	Standardní obsah uhlíku, stabilizovaný titanem, resp. niobem	1.4541 X6CrNiTi18-10
		1.4550 X6CrNiNb18-10
		1.4941 X6CrNiTiB18-10
15E0	Standardní obsah uhlíku, legovaný molybdenem, stabilizovaný titanem, resp. niobem	1.4571 X6CrNiMoTi17-12-2
		1.4580 X6CrNiMoNb17-12-2

Tab. 64 Přiřazení tlaku a teplot

1) Zdroj: EN 1092-1:2013-04 tabulka 9, G.2.2, G.3.2, tabulka D.1

Pokyny k níže uvedeným tabulkám a grafům:

- Dle normy pro příruby EN 1092-1:2013-04
- Jako referenční hodnota pro tloušťku vR jsou brány výhradně spodní rozsah a tím i nejvyšší tlaky, u větších rozměrů příruby a tím silnějšího výchozího materiálu musí být eventuálně použity nižší přípustné tlaky PS.
- U austenitických materiálů se nerozlišuje pouze skupina materiálu, nýbrž částečně také jednotlivé materiály. Následně jsou jako standardní materiály používány:
 - 12E0 > 1.4541
 - 15E0 > 1.4571
- RT (prostorová teplota) = – 10 °C ... 50 °C
- Musí být aplikována lineární interpolace mezi tabulkovými hodnotami
- PN jmenovitý stupeň tlaku
- PS přípustný tlak [bar]
- TS přípustná teplota [°C]



PN10

TS [°C]		RT	100	150	200	250	300	350	400	450	460	470	480	490	500	510	520	530
PS [bar]	3E0	10,0	9,2	8,8	8,3	7,6	6,9	6,4	5,9	3,2	–	–	–	–	–	–	–	–
	3E1	10,0	10,0	10,0	10,0	9,7	8,8	8,0	7,3	4,0	–	–	–	–	–	–	–	–
	4E0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,7	8,5	8,0	7,4	6,9	6,4	5,9	5,4	4,9	4,4	3,5	2,8	2,2

Tab. 65 Výřez z tabulky G.2.1–3 – PN 10 pro feritické materiály

TS [°C]		RT	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	560	570	580	590	600
PS [bar]	12E0	10,0	9,9	9,3	8,8	8,4	7,9	7,6	7,4	7,2	7,0	6,7	6,1	5,6	5,0	4,5	4,0
	15E0	10,0	10,0	9,8	9,3	8,8	8,3	8,0	7,8	7,6	7,5	7,4	7,4	7,3	6,7	6,0	5,5

Tab. 66 Výřez z tabulky G.4.1–3 – PN 10 pro austenitické materiály

PN16

TS [°C]		RT	100	150	200	250	300	350	400	450	460	470	480	490	500	510	520	530
PS [bar]	3E0	16,0	14,8	14,0	13,3	12,1	11,0	10,2	9,5	5,2	–	–	–	–	–	–	–	–
	3E1	16,0	16,0	16,0	16,0	15,6	14,0	12,9	11,8	6,4	–	–	–	–	–	–	–	–
	4E0	16,0	16,0	16,0	16,0	15,6	13,7	12,9	11,9	11,0	10,2	9,4	8,6	7,8	7,0	5,6	4,4	3,5

Tab. 67 Výřez z tabulky G.2.1–4 – PN 16 pro feritické materiály

TS [°C]		RT	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	560	570	580	590	600
PS [bar]	12E0	16,0	15,8	14,9	14,1	13,4	12,7	12,2	11,8	11,6	11,3	10,8	9,8	8,9	8,1	7,3	6,5
	15E0	16,0	16,0	15,6	14,9	14,1	13,3	12,8	12,4	12,2	12,0	11,9	11,8	11,7	10,7	9,7	8,8

Tab. 68 Výřez z tabulky G.4.1–4 – PN 16 pro austenitické materiály

PN 25

TS [°C]		RT	100	150	200	250	300	350	400	450	460	470	480	490	500	510	520	530
PS [bar]	3E0	25,0	23,2	22,0	20,8	19,0	17,2	16,0	14,8	8,2	–	–	–	–	–	–	–	–
	3E1	25,0	25,0	25,0	25,0	24,4	22,0	20,2	18,4	10,1	–	–	–	–	–	–	–	–
	4E0	25,0	25,0	25,0	25,0	24,4	21,4	20,2	18,6	17,2	16,0	14,7	13,5	12,3	11,0	8,8	7,0	5,5

Tab. 69 Výřez z tabulky G.2.1–5 – PN 25 pro feritické materiály

TS [°C]		RT	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	560	570	580	590	600
PS [bar]	12E0	25,0	24,7	23,3	22,1	21,0	19,8	19,1	18,5	18,1	17,7	16,9	15,3	14,0	12,7	11,4	10,2
	15E0	25,0	25,0	24,5	23,3	22,1	20,8	20,1	19,5	19,1	18,8	18,6	18,5	18,3	16,7	15,2	13,8

Tab. 70 Výřez z tabulky G.4.1–5 – PN 25 pro austenitické materiály



PN 40

TS [°C]	RT	100	150	200	250	300	350	400	450	460	470	480	490	500	510	520	530
	3E0	40,0	37,1	35,2	33,3	30,4	27,6	25,7	23,8	13,1	–	–	–	–	–	–	–
PS [bar]	3E1	40,0	40,0	40,0	40,0	39,0	35,2	32,3	29,5	16,1	–	–	–	–	–	–	–
	4E0	40,0	40,0	40,0	40,0	39,0	34,2	32,3	29,9	27,6	25,6	23,6	21,6	19,7	17,7	14,0	8,9

Tab. 71 Výřez z tabulky G.2.1–6 – PN 40 pro feritické materiály

TS [°C]		RT	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	560	570	580	590	600
PS [bar]	12E0	40,0	39,6	37,3	35,4	33,7	31,8	30,6	29,7	29,0	28,3	27,0	24,5	22,4	20,3	18,2	16,3
	15E0	40,0	40,0	39,2	37,3	35,4	33,3	32,1	31,2	30,6	30,0	29,9	29,6	29,3	26,8	24,3	22,0

Tab. 72 Výřez z tabulky G.4.1–6 – PN 40 pro austenitické materiály

PN 63

TS [°C]	RT	100	150	200	250	300	350	400	450	460	470	480	490	500	510	520	530
	3E0	63,0	58,5	55,5	52,5	48,0	43,5	40,5	37,5	20,7	–	–	–	–	–	–	–
PS [bar]	3E1	63,0	63,0	63,0	63,0	61,5	55,5	51,0	46,5	25,5	–	–	–	–	–	–	–
	4E0	63,0	63,0	63,0	63,0	61,5	54,0	51,0	47,1	43,5	40,3	37,2	34,1	31,0	27,9	22,2	14,1

Tab. 73 Výřez z tabulky G.2.1–7 – PN 63 pro feritické materiály

TS [°C]		RT	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	560	570	580	590	600
PS [bar]	12E0	63,0	62,4	58,8	55,8	53,1	50,1	48,3	46,8	45,7	44,7	42,6	38,7	35,4	32,1	28,8	25,8
	15E0	63,0	63,0	61,8	58,8	55,8	52,5	50,7	49,2	48,3	47,4	47,1	46,6	46,2	42,3	38,4	34,8

Tab. 74 Výřez z tabulky G.4.1-7 – PN 63 pro austenitické materiály

5.4.3 Rychlost proudění

Médium	Oblast aplikace	Orientační rychlost
Pára	0...1 bar	20...25 m/s
	1...40 bar	30...40 m/s
Voda	sací potrubí	0,4 (0,25...0,6) m/s
	tlakové potrubí	2 (1,5...3) m/s
Kondenzát	podíl páry	15 m/s
	podíl vody	2 m/s
Spaliny		16,5 m/s

Médium	Oblast aplikace	Orientační rychlost
Olej	Lehký olej – strana sání	0,5 m/s
	Lehký olej – strana tlaku	1 m/s
	Těžký olej – strana sání	0,3 m/s
	Těžký olej – strana tlaku	0,5 m/s
Zemní plyn		žádné údaje dimenzování přes tlakovou ztrátu

Tab. 75 Běžné rychlosti dimenzování zařízení (orientační rychlosti) pro dimenzování potrubí

5.4.4 Tlaková ztráta – orientační hodnoty pro koeficient tlakových ztrát ζ

Uzavírací ventil, ovládací ventil, uzavírací klapka

DN	Kvs–hodnota			Koeficient tlakové ztráty ζ ¹⁾		
	Uzavírací ventil	Ovládací ventil	Uzavírací klapka	Uzavírací ventil	Ovládací ventil	Uzavírací klapka
15	5,3	4	–	2,9	5,1	0,9
20	7,2	6,3	–	4,9	6,4	2,4
25	12	10	26	4,3	6,2	1,7
32	16	16	26,5	6,5	6,5	0,7
40	28,5	25	49,6	5	6,5	0,4
50	43	40	116	5,4	6,2	0,5
65	75	63	259	5,1	7,2	0,3
80	105	100	377	5,9	6,5	0,4
100	170	160	763	5,5	6,2	0,3
125	270	250	1 030	5,3	6,2	0,2
150	405	400	1 790	4,9	5,1	0,2
200	675	–	3 460	5,6	–	0,2
250	1 090	–	5 070	5,2	–	0,2
300	1 460	–	7 430	6,1	–	0,2
350	2 010	–	10 320	5,9	–	0,3
400	2 640	–	13 290	5,9	–	0,2

Tab. 76 Uzavírací ventil, ovládací ventil, uzavírací klapka

1) Koeficient tlakové ztráty ζ se vztahuje na jmenovité světlosti DN.



Mezipřírubový zpětný ventil, zpětný ventil, lapač nečistot

DN	Kvs–hodnota			Koeficient tlakové ztráty ζ ¹⁾		
	Mezipřírubový zpětný ventil	Zpětný ventil	Lapač nečistot	Mezipřírubový zpětný ventil	Zpětný ventil	Lapač nečistot
15	4,4	5,7	6,9	4,2	2,5	1,7
20	7,1	7,8	10,8	5,1	4,2	2,2
25	12	11,8	17,8	4,3	4,5	2,0
32	19,5	17,9	26,1	4,4	5,2	2,5
40	25	27,5	36,7	6,5	5,4	3,0
50	46	48	61	4,7	4,3	2,7
65	69	77,6	98,6	6,0	4,7	2,9
80	87	109	146	8,7	5,5	3,1
100	122	168	234	10,7	5,7	2,9
125	–	251	376	–	6,2	2,8
150	–	389	394	–	5,3	5,2
200	–	664	652	–	5,8	6,0
250	–	1 017	1 225	–	6,0	4,2
300	–	1 446	1 873	–	6,2	3,7
350	–	2 042	–	–	5,8	–
400	–	2 725	–	–	5,5	–
500	–	4 167	–	–	5,8	–

Tab. 77 Mezipřírubový zpětný ventil, zpětný ventil, lapač nečistot

1) Koeficient tlakové ztráty ζ se vztahuje na jmenovitou světlost DN.

Tlaková ztráta vodní páry a ostatních plynů:

$$\frac{p_1^2 - p_2^2}{2 \cdot p_1} = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho \cdot u^2}{2} \text{ při izotermním proudění } T_2 = T_1$$
$$\frac{p_1^2 - p_2^2}{2 \cdot p_1} = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot u^2}{2} \text{ při izotermním proudění } T_2 = T_1$$

F40. Tlaková ztráta vodní páry a ostatních plynů při izotermním proudění

- p₁

Tlak před daným úsekem potrubí [Pa]
- p₂

Tlak za daným úsekem potrubím [Pa]
- λ

Součinitel tření v potrubí
- l

Délka potrubí [m]
- d

Průměr potrubí [m]
- ζ

Koeficient tlakové ztráty

Pro výpočet tlakové ztráty až ke spotřebiči ζ =

- ζ odběr páry

→ tab. 76 uzavírací ventil, ovládací ventil, uzavírací klapka, strana 419
- + ζ rozšíření/dispozice

zpravidla rozšíření po odběru páry
- + n trubkové koleno · ζ

předepsaná hodnota - koleno ζ_{90° Bogen} ≈ 0,5
- + λ · $\frac{l}{d}$
- + ζ ventily
- + ζ vstup do spotřebiče

pokud platí (zpravidla zanedbatelné)

- ρ

hustota proudícího média v kg/m³
- u

střední rychlost na vstupu do potrubí
- T₁

teplota média na vstupu do potrubí
- T₂

teplota média na vstupu do potrubí

Chyba/ odchylka oproti adiabatnímu proudění je zpravidla zanedbatelná.

Tlaková ztráta kapalin

Přepočet Kv-hodnoty, koeficient tlakové ztráty ζ a flow coefficient Cv

Přepočet hodnoty Kv ventilu na koeficient tlakové ztráty ζ:

$$\zeta = 2 \cdot \frac{A^2}{\left(\frac{K_v}{3\,600}\right)^2} \cdot 100 = 2 \cdot \frac{\left(\frac{\pi}{4} \cdot d_l^2\right)^2}{\left(\frac{K_v}{3\,600}\right)^2} \cdot 100$$

F41. Přepočet KV hodnoty ventilu na koeficient tlakové ztráty ζ

Přepočet koeficientu tlakové ztráty ζ ventilu na hodnotu Kv:

$$K_v = \frac{A \cdot 3\,600}{\sqrt{\frac{\zeta}{2 \cdot 100}}} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot d_l^2 \cdot 3\,600}{\sqrt{\frac{\zeta}{2 \cdot 100}}}$$

F42. Přepočet koeficientu tlakové ztráty ζ ventilu na hodnotu Kv

Přepočet hodnoty Cv (flow coefficient) v metrických systémech na hodnotu Kv:

$$K_v = C_v \cdot 0,865$$

F43. Přepočet hodnoty Cv (flow coefficient) v metrických systémech na hodnotu Kv



5.5 Značení

5.5.1 Potrubí

Značení potrubí probíhá v Německu dle normy DIN 2403. Značení musí být umístěno v přiměřených rozestupech v provozně důležitých a nebezpečných bodech a musí zahrnovat následující prvky:

- směrovou šipku směru toku
- látku průtoku (slovo, chemický vzorec, ukazatel nebo krátkou značku)
- piktogram s upozorněním na nebezpečí, pokud je relevantní (např. u hořlavých plynů/ kapalin, kyselin a louhů)

→ Nástroje – Kapitola 5.5.2: Nebezpečné látky, strana 421

Látka průtoku	Skupina	Barva skupiny	Přídavná barva	Písmo/šipka/ barva okraje
Voda	1	zelená	–	bílá
Vodní pára	2	červená	–	bílá
Vzduch	3	šedá	–	černá
Hořlavé plyny	4	žlutá	červená	černá
Nehořlavé plyny	5	žlutá	černá	černá
Kyseliny	6	oranžová	–	černá
Louhy	7	fialová	–	bílá
Hořlavé kapaliny a pevné látky	8	hnědá	červená	bílá
Nehořlavé kapaliny a pevné látky	9	hnědá	černá	bílá
Kyslík	0	modrá	–	bílá

Tab. 78 Označování potrubí dle DIN 2403

Skupinová barva/ přídavná barva	Rozlišovací barvy dle DIN 5381
Zelená	RAL 6032 signální zelená
Červená	RAL 3001 signální červená
Šedá	RAL 7004 signální šedá
Žlutá	RAL 1003 signální žlutá
Oranžová	RAL 2010 signální oranžová
Fialová	RAL 4008 signální fialová
Hnědá	RAL 8002 signální hnědá
Modrá	RAL 5005 signální modrá
Černá	RAL 9004 signální černá
Bílá	RAL 9003 signální bílá

Tab. 79 Rozlišovací barvy dle DIN 5381

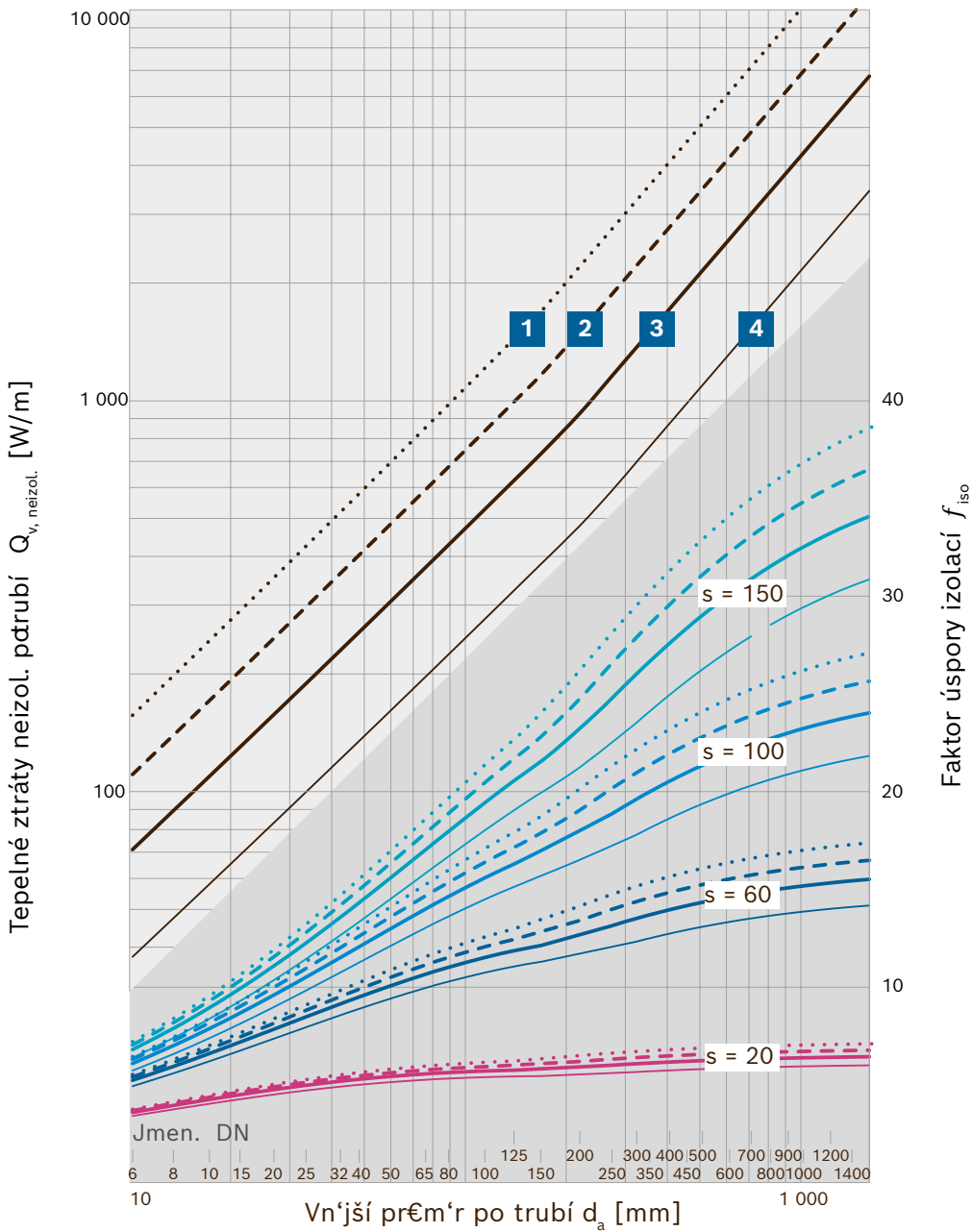
5.5.2 Nebezpečné látky

Piktogramy pro označení nebezpečí (označení nebezpečných látek) musí být realizovány dle evropské vyhlášky CLP.

Vyhláška (ES) č. 1272/2008 o zařazení, označování a balení látek a směsí (vyhláška CLP) upravuje právní předpisy EU na globálně harmonizovaný systém pro zařazování a označování chemikálií (GHS).

5.6 Tepelné ztráty

5.6.1 Potrubí a armatury



Obr. 235 Faktor úspory díky izolaci a tepelným ztrátám na potrubích



- 1

Teplota média: 250 °C (·····)
- 2

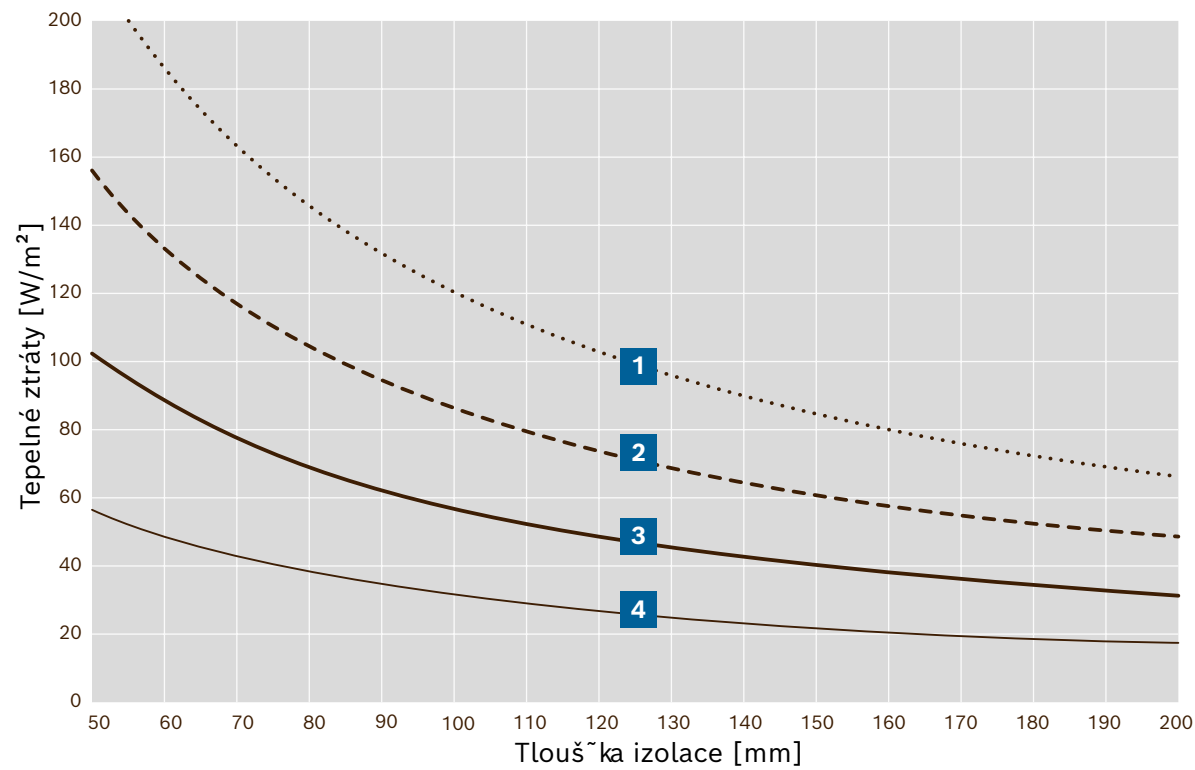
Teplota média: 200 °C (----)
- 3

Teplota média: 150 °C (— — —)
- 4

Teplota média: 100 °C (——)
- Tloušťka izolace s = 150 mm
- Tloušťka izolace s = 100 mm
- Tloušťka izolace s = 60 mm
- Tloušťka izolace s = 20 mm

→ Efektivita Kapitola 4.1.2: Izolace potrubí, strana 295

5.6.2 Zásobníky



Obr. 236 Tepelná ztráta přes izolovanou oblast povrchu zásobníků/ nádob nebo kotlů

- 1 Teplota média 250 °C
- 2 Teplota média 200 °C
- 3 Teplota média 150 °C
- 4 Teplota média 100 °C

5.7 Hluk

Součet hladin akustického tlaku

$$L_{p,ges} = 10 \cdot \text{LOG}_{10} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{p,i}}{10}}$$



F44. Vzorec pro výpočet celkové hladiny akustického tlaku

Hodnocení frekvence a hladiny akustického tlaku

	Frekvence f [Hz]										Π
	31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000	
dB(A)	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,6	
dB(C)	-3	-0,8	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	-3	-8,5	

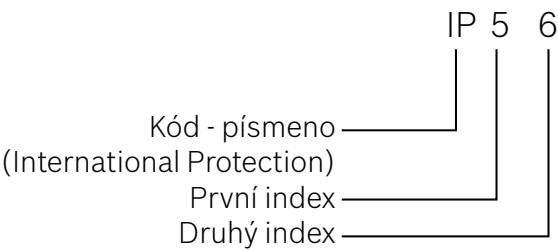
dB	1,0	112,7	118,2	20,0	100,6	97,3	83,1	67,7	63,7	100,0	119,4
dB(A)	-38,4	86,5	102,1	11,4	97,4	97,3	84,3	68,7	62,6	93,4	104,8
dB(C)	-2,0	111,9	118,0	20,0	100,6	97,3	82,9	66,9	60,7	91,5	119,1



6 Ostatní

6.1 Druhy krytí/ ochrany těles

Dle EN 60529 (VDE 0470-1):2014-09



První index	
Proti průniku pevných cizích těles:	Proti přístupu k nebezpečným částem:
0 (nechráněno)	(nechráněno)
1 ≥ 50 mm průměr	hřbetem ruky
2 ≥ 12,5 mm průměr	prsty
3 ≥ 2,5 mm průměr	nástrojem
4 ≥ 1,0 mm průměr	drátem
5 Chráněno proti prachu	drátem
6 Těsné vůči prachu	drátem

Tab. 80 *Způsoby ochrany těles – první index*

Druhý index
0 (nechráněno)
1 Kolmé kapání
2 Kapání sklon (15°)
3 Stříkající voda
4 Rozstříkovaná voda
5 Proud vody
6 Silný proud vody
7 Občasné ponoření
8 Trvalé ponoření
9 Vysoký tlak a vysoká teplota paprsku vody

Tab. 81 *Způsoby ochrany těles – druhý index*

Seznam hesel

Symboly

3 tahový princip	333
------------------	-----

B

BCO (řízení kotle)	173, 174, 373
Bezpečnostní řetězec	131, 133, 172
Bezpečnostní ventil	132, 228, 229
Brýdová pára	43, 84, 286, 356

C

Condition Monitoring	175, 302, 373
CSC (řízení kotle)	176, 375
Částečné odplynění	193, 194
Čerpadla	93, 166, 168, 356
Čerstvá voda	90, 182

D

Dávkování (chemické)	92, 129, 194, 290
Demineralizace	185, 288
Demineralizovaná voda (voda, plně demineralizovaná)	189
Dimenzování	30, 32, 47, 55, 57, 62, 108, 164, 182, 215, 231, 279, 301
Dvouplamencový kotel	121, 161, 272

E

Efektivita	247, 251, 276
Ekonomizér	97, 152, 267
Kondenzační ekonomizér	156, 269
Integrovaný ekonomizér	153
Samostatně stojící ekonomizér „stand alone“	155
Emise	67
Energie	
Výroba energie	302
Energetický management	302

Spotřeba energie	344
Entalpie	114
Expandovaná pára	110, 290, 408
Ztráty expandované páry	39
Expandovaná pára	39, 110, 290, 408

H

Hořák	
Výkon hořáku	95, 279
Systém hořáku	276
Tlakový rozprašovač	141
Duoblokový hořák	139
Monoblokový hořák	138

I

Imise	67
Instalace	51, 59, 61
Iontoměnič	183, 184
Izolace	39, 293, 298, 300
Tloušťka izolace	258, 295

J

Jmenovitá světlost (potrubí)	84, 215, 216
------------------------------	--------------

K

Kavitace	93, 225
Kogenerace	61, 123, 148, 230
Kogenerace	309
Kolísání výkonu	95, 196
Komponenty	129, 137, 315
Kondenzát	
Vysokotlaký kondenzát	204
Potrubí kondenzátu	109, 203, 226, 294
Vrat kondenzátu	40, 41, 42
Sběrný zásobník kondenzátu	39, 208, 290
Systém kondenzátu	39, 96, 207, 290, 351

Podchlazování kondenzátu	38
Vysokotlaký kondenzát bez kyslíku	204
Kotel	
Prostor instalace kotle	59
Kaskádové řízení kotle	78, 198, 301
Kotelna	51, 172, 179, 180
Komponenty kotelny	59, 344
Výkon kotle	49, 50, 51, 278
Napájecí kotlová čerpadla	92, 164
Řízení kotle (BCO)	28, 173, 373
Napájení kotle	367
Kouřová trubka	240, 241, 319

L

Lehký olej	141, 216
------------	----------

M

Materiály	269, 414
MEC Optimize	89, 303, 377
MEC Remote	380
MEC System	213, 379
Měkká voda	181
Míra odluhu	185, 186, 283, 288
Modbus	210, 376
Mokrý pára	108
Montáž	59, 81, 98

N

Napájecí voda	
Zásobník napájecí vody	37, 43, 96, 129
Chladicí modul napájecí vody	273, 362
Normy	59, 63, 230

O

Obratová komora	91
Odkal	40, 131, 164, 195, 251, 270, 303
Odluh	35, 130, 164, 195, 270

Odpadní teplo	
Využití odpadního tepla	230, 342
Zpětné získávání odpadního tepla	339
Odpadní teplo	315
Odpadní vzduch	61, 79
Odplynění	43
Částečné odplynění	193, 194
Termické odplynění	189
Plné odplynění	191
Odvodnění	82, 223
Ohřívací pára	36, 40, 43, 284, 286

P

Palivo	53, 56, 57, 69, 78, 133, 134, 137, 139, 144, 145, 249, 254, 276, 397
Pára	
Parní zařízení	116, 411
Druhy páry	107
Tlak páry	197
Parní kotel	174, 315, 390
Parní okruh	36, 352
Parní výkon	35, 77
Parní potrubí	39, 81, 223
Množství páry	126, 134, 164
Parní rázy	95, 131, 223
Parní zásobník	198, 350
Parní systém	32, 200
Permeát (voda, částečně demineralizovaná)	187, 188
Plamenec	120, 183, 240
Plánování	17, 77
Plný výkon	256
Plyn	53, 55, 145
Potrubí	96, 412, 420, 421
Potřeba	40
Právo	63
Produkty	312
Profibus	172, 210

Provětrání	279
Provoz	89
Provozní náklady	50, 264, 318, 323, 328, 333
Způsob provozu	77, 89, 318
Provozní stav	184
Provozní přetlak	301
Snížený provozní přetlak	30
Maximální přípustný provozní přetlak	31, 51, 65, 218
Střední provozní přetlak	27, 28
Přídavná voda	36, 39, 41, 43
Potřeba přídavné vody	42, 311
Přívodní vzduch	61, 79, 98
Přebytek vzduchu	255, 256, 276, 278
Předpisy	63, 68, 69, 304
Přehřev oleje	144
Přehřev vzduchu	139, 152, 158, 271
Přehřívák	161–245, 337
R	
Regulace	125, 130, 277, 278, 301
Regulace O ₂	277
Regulační rozsah	49, 55
Roční stupeň využití	259, 264, 293
Řídicí technika	171
Protokoly řídicí techniky	210
Řídicí technika budovy	171
Řízení	172, 176, 210, 211, 315, 373
S	
SCO (řídicí systém kotelny)	211, 213, 376
Servis	304
Směrnice	63, 68
Solární tepelná technika	311
Spaliny	
Spalinový kotel	61, 123, 148, 230, 309, 310, 315, 328
Spalinový tepelný výměník (Economizér)	152, 156, 358, 359, 360
Spalovací zařízení	133, 137

Spalovací zařízení	137, 141, 146
Spalovací prostor	147
Spalování (stechiometrické)	276
Stupeň účinnosti	249, 252, 386
Surová voda (čerstvá voda)	367
Systémové řízení	315, 373
Sytá pára	108, 409
Špičkový výkon	341

T

Tepelné hospodářství	50, 149
Teplo	
Tepelné můstky	298
Tepelná roztažnost	221, 222
Tepelný výkon	37, 38, 42, 252
Zpětné získávání tepla	39, 41, 128, 168, 191, 274, 283
Tepelný výměník	37, 48, 81, 144
Tepelné ztráty	39, 149, 197, 257, 293
Teplota	395, 403
Teplotní rozdíl	253, 293
Teplota varu	191, 279, 403
Těžký topný olej	53, 144
Tlak	27, 113, 395, 403
Tlak při varu	403
Topný olej	53, 54, 55, 56, 137
Transmise	67

U

Údržba	305
Úplné odplynění	191, 287

V

Vlastní spotřeba	40
Voda	
demineralizovaná	181
změkčená	184, 208

zbavená tvrdosti	181, 203, 208, 367
částečně demineralizovaná	181, 188
plně demineralizovaná	189
Úprava vody	179, 181, 194
• chemická	92, 129, 194
• termická	259
Likvidace odpadní vody	179, 195, 196
Okruh vody	39
Kvalita vody	90, 129, 179, 207, 239, 363
Vodní rázy	81, 224
Vodivost	130, 132, 207
Vyfukovací vedení bezpečnostního ventilu	83, 86, 228
Vysoký tlak	
Vysokotlaká pára	110, 311
Vysokotlaký kondenzát	290, 351
Výhřevnost	249
Kondenzační ekonomizér	156, 269, 270
Výkon	35, 36, 47
Vzdálená údržba (MEC Remote)	212, 303, 380

Z

Základní výkon	309
Zařízení	
Řídicí systém kotelny (SCO)	208, 210, 363, 367, 376
Zemní plyn	55, 56
Změkčování	183, 184
Způsob provozu	134
s nízkým obsahem solí	45
odsolený	41
s obsahem solí	45
Ztráty sáláním	30

Seznam literatury

I)	
IWO – Institut pro teplo a olejovou techniku, 2017	54
II), III)	
Statistický spolkový úřad – Data k vývoji cen energií, 2018	56, 57
IV)	
Směrnice o tlakových zařízeních 2014/68/EU, TÜV Rheinland, 2016	64
V)	
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH (vyd.), 4. kor. vydání, 2018: Citáty pro manažery: Přes 2.600 duchaplných průpovědek, které jdou svým poselstvím přímo k věci, s. 106	76
VI)	
Spolkový svaz německého topného průmyslu, 2007	306

Robert Bosch, spol. s r.o.

Ambrušova 4
821 04 Bratislava
Slovenská republika
Tel. +421 2 4870 3200

industrial.slovakia@bosch.com
www.bosch-industrial.com/sk

© Bosch Industriekessel GmbH | Vyobrazenia slúžia len ako príklad |
Právo na zmeny je vyhradené | 07/2019 | TT/MKT-CH_de_Planungshandbuch_Dampf_01

