

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra energetických zařízení



TOMÁŠ STANEČKA

Chování kondenzačního kotle při ohřevu TUV v průtokovém
výměníku

(Behaviour of gas condensing boiler during heating of warm water
in the flow heat exchanger)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Novotný, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Petr Jerje

Rozsah práce: 57 stran

Počet stran: 39

Počet obrázků: 9

Počet tabulek: 5

Počet grafů: 2

Počet příloh: 3

Liberec 2005

Zadání bakalářské práce

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedených informačních zdrojů.

V Liberci, dne 27. května 2005

podpis

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy)

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.)

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 27. května 2005

podpis

Anotace

Tato práce se zabývá chováním plynového kondenzačního kotle při ohřevu teplé užitkové vody. V první části rozebírá problematiku plynových kotlů, jejich dnešní perspektivu, konstrukci, používaná technická zdokonalení, zejména kondenzační techniku. Je zde uveden i přehled parametrů a funkcí kotle Vitodens 200 firmy Viessmann. Druhá část se věnuje tepelným výměníkům, jejich rozdělení a základním výpočtovým vztahům. Třetí část je pak zaměřena na samotné měření dynamických charakteristik daného plynového kotle (Viessmann Vitodens 200) při různých průtocích ohřívané vody výměníkem.

Annotation

This work is intended on behaving of gas condensing boiler during heating of warm water. In its first part it is engaged in gas boilers, their perspectives, construction, used technical improvements, especially condensing technology. Here is outline of parameters and functions of boiler Vitodens 200 from Viessmann. The second part content problems of heat exchanger their classification and basic calculation relations. The third part is set to measurement of dynamic characteristics of exist gas boiler (Viessmann Vitodens 200) during different flow rates of warmed-over water through heat exchanger.

Obsah

Zadání bakalářské práce	3
Místopřisežné prohlášení	4
Prohlášení	5
Anotace	6
Annotation	7
Obsah	8
1 Seznam zkratk a symbolů	10
2 Úvod	12
3 Plynové kondenzační kotle	15
3.1 Složení zemního plynu	15
3.2 Spalování zemního plynu	15
3.3 Výhody vytápění zemním plynem	15
3.4 Nevýhody vytápění zemním plynem	16
3.4.1 Zásoby zemního plynu	16
3.4.2 Cena zemního plynu a jeho účtování	17
3.5 Přednosti plynových kondenzačních kotlů	20
3.6 Využití energie u kondenzačních kotlů	21
3.7 Účinnost kondenzačních kotlů a normovaný stupeň využití	22
3.8 Teplota spalin a rosný bod, teplotní spád topné vody	24
3.9 Součinitel přebytku vzduchu	25
3.10 Odvod kondenzátu	25
3.11 Odvod spalin	26
3.12 Bezpečnost plynových kotlů	26
3.13 Hořáky plynových kotlů	26
3.14 Topná plocha	27
3.15 Viessmann Vitodens 200	27
3.16 Vitotronic 100	29
3.17 Vitotronic 200	30
4 Tepelné výměníky	32
4.1 Druhy výměníků podle způsobu kontaktu médií	32

4.1.1	Rekuperační	32
4.1.2	Regenerační	33
4.1.3	Směšovací	33
4.2	Deskové výměníky	33
4.3	Sdílení tepla kondukcí	34
4.4	Sdílení tepla konvekcí	34
4.5	Sdílení tepla radiací	35
4.6	Přenos hybnosti	35
4.7	Základní rovnice výměny tepla	36
4.7.1	Rovnice tepelných bilancí	36
4.7.2	Výměna tepla	36
4.7.3	Střední teplotní rozdíl	37
5	Měření	38
5.1	Cíl měření	38
5.2	Soustava kotle a tepelného výměníku	38
5.3	Schéma uspořádání měřicí tratě	39
5.4	Měřicí přístroje a zařízení	40
5.5	Popis měření	40
5.6	Naměřená data	41
5.6.1	Měření s jednotkou kotle pro ekvitemní řízení	41
5.6.2	Měření s jednotkou pro provoz kotle s konstantní teplotou kotlové vody ..	47
6	Závěr	49
7	Použité informační zdroje	50
8	Seznam příloh	53
	Přílohy	54

1 Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Veličina	rozměr
α	součinitel přestupu tepla	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
λ	součinitel tepelné vodivosti	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
λ	součinitel přebytku vzduchu	-
A	plocha výměny tepla	m^2
b	tloušťka stěny	m
$\bar{c}_p$	střední velikosti měrné tepelné kapacity	$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
ELTO	extra lehký topný olej	
g	gas – plynná fáze	
h	hystereze regulátoru	
H_i	výhřevnost	$\text{J.m}^{-3}, \text{Wh.m}^{-3}$
H_s	spalné teplo	$\text{J.m}^{-3}, \text{Wh.m}^{-3}$
H_s^{15}	účtované objemové spalné teplo zemního plynu dodaného za vykazované období	kWh.m^{-3}
k	přepočtový objemový koeficient	-
k	součinitel prostupu tepla	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-2}$
$\dot{m}$	hmotnostní tok	kg.h^{-1}
mj	měrná jednotka	
p_b	barometrický tlak	Pa
P_n	jmenovitý výkon kotle	W
p_p	přetlak zemního plynu před plynoměrem	Pa
p_v	vztažný tlak zemního plynu	Pa
Q	energie (teplo)	J, Wh
$\dot{Q}_z$	tepelné ztráty	W
$\dot{Q}$	tepelný tok	W
$\dot{Q}$	tepelný výkon výměníku	W
$\dot{Q}_1$	výkon přiváděný do výměníku	W
$\dot{Q}_2$	výkon přenesený z výměníku	W

Zkratka	Veličina	rozměr
T	doba periody regulačního kmitu	s
T	teplota	K
$\Delta\bar{T}$	střední teplotní rozdíl	K
$\Delta T_{\max}$	větší rozdíl teplot počítaných po jedné straně výměníku	K
$\Delta T_{\min}$	menší rozdíl teplot počítaných po jedné straně výměníku	K
T_n	doba náběhu	s
T_p	provozní teplota plynu před plynoměrem	K
t_p	provozní teplota plynu před plynoměrem	°C
t_s	teplota stěny	°C
t_t	teplota tekutiny	°C
TUV	teplá užitková voda	
T_v	vztažná teplota zemního planu	K
t_{vv}	teplota vratné vody	°C
u	akční veličina	
$u_{\max}$	maximální hodnota akční veličiny	
ÚT	ústřední topení	
V_p	množství zemního plynu změřené na plynoměru odběratele	m ³
y	regulovaná veličina	
$y_{\max}$	maximální dosažitelná hodnota regulované veličiny	
z_p	kompresibilitní faktor při provozních podmínkách	-
ZP	zemní plyn	
z_v	kompresibilitní faktor při vztažných podmínkách	-

2 Úvod

Otázkou vytápění, ať už obytných či jiných prostorů, a přípravy teplé užitkové vody (TUV) se lidé zabývají od pradávna a to v důsledku toho, že teplo patří mezi základní životní podmínky pro člověka. Jen díky vytápění může žít i na místech, která by byla jinak neobyvatelná.

Již člověk vzpřímený (*Homo Erectus* – žil před 0,35 – 1,6 milionem let) dokázal využívat pro svou potřebu oheň. Jeho užívání si během tisíciletí stále více osvojoval, stejně jako jeho nástupce *Homo Sapiens Sapiens*. První rozsáhlejší systémy vytápění budov lze dokumentovat například v antice – římské lázně. Nejenže se v jejich komplexu kromě bazénků s chladnou vodou nalézaly také bazény s vodou teplou a horkou, ale místnosti byly vytápěny teplovzdušným vytápěním. Horký vzduch z ohniště (*prae-furnia*) umístěného vně místnosti proudil pod její podlahou, nesenou na pilířích z pálených cihel, a byl rozváděn dutými cihlami ve stěnách. Tento systém se nazýval *hypokaustum* a využíval se také ve veřejných a soukromých budovách.

V době renesance lze zaznamenat v nově budovaných či přestavovaných zámcích snahu oddělit místo výroby tepla od místa spotřeby. Řešení se našlo v umístění kamen (nejčastěji kachlových), která stála v místnostech určeným šlechtě k obývání, ovšem do kterých se přikládalo ze sousední místnosti. Pro obsluhu byly často vytvářeny speciální (servisní) chodby.

Největším hnacím motorem pro technologie vytápění se bezesporu staly energetické krize. První z nich lze zaznamenat již v polovině osmnáctého století. Nedostatek dřeva pocítili i drobní spotřebitelé a to nejen v kuchyni, ale i při vytápění. Tuto krizi vyvolala industrializace, zvláště pak zpracování železa v hutích, ale i plýtvání palivem v ne hospodárných domovních ohništích. Obytné prostory v 18. století vytápěla především otevřená ohniště, začala se objevovat i keramická kachlová kamna či kamna postavená z litinových (bohatě zdobených) plátů. Nejstarší kamnové pláty se odlévaly již před rokem 1500. S nedostatkem paliv se logicky objevuje snaha o co nejefektivnější využití paliva. Kolem roku 1770 byly v Anglii vyrobeny první litinové kotle. Začala se objevovat první přenosná kamna, jejichž vývoj směřoval od kombinovaných kamen k vytápění i vaření, směrem k násypovým šachtovým kamnům. Ta snižovala výdaje na vytápění díky tomu, že uhlí, případně koks bylo dost na to, aby se v nich udržoval stálý oheň. A zde již lze

narazit na jméno známé i z dnešní vytápěcí techniky. V roce 1879 totiž získal Němec J. W. Buderus patent na inovaci násypných kamen. Kamna se spodním odhoříváním patentoval společně s Lönholdtem. Jednalo se o regulovatelná stáložární kamna, v nichž mohl být při správné obsluze udržován oheň po celou zimu.

Lze také zaznamenat snahy o ústřední topení, ať už teplovzdušné (1750 zámek Sankt. Peterburk, 1755 zámek v Postupimi), o které ještě větší praktický i teoretický zájem vzbudil svým dílem „Topení zahřátým vzduchem“ Meissner, či o vytápění parou, které nepoužil nikdo jiný než James Watt (1770 vytápěl odpadní parou z parního stroje továrny na sukno). Němec Catel vybudoval v roce 1815 parní vytápění skleníku u Berlína. První evropské dálkové parní vytápění vybudovala firma Rietschel und Henneberg v roce 1901 v Drážďanech. První ústřední vytápění na teplou vodu zkonstruoval již v roce 1716 Švéd Marten Trivald pro vyhřívání skleníku v New Castle, ovšem až v průběhu devatenáctého století zesílilo přání vytápět pokud možno všechny prostory jedné budovy co nejmenším množstvím ohnišť, aby se zjednodušila obsluha, a aby se i nezbytné znečištění udrželo mimo obytný prostor. První ústřední vytápěcí systémy budované ze sériových, a tedy ekonomicky výhodných, součástek (litinových kotlů a radiátorů) se objevily v roce 1860 v USA.

Další podmínkou pro rozšíření ústředního topení byly teoretické podklady. Například Thomas Tredgold: „Principles of warming and heating“ (Principy vytápění a ohřevu), Anglie 1924, Dr. G. M. Heigelin: „Allgemeines Handbuch der Heizung“ (Všeobecná příručka pro vytápění), Německo 1827, Charles Hood: „A practical Treatise of Warming buildings by hot water“ (Praktické pojednání o vytápění budov horkou vodou), Anglie 1837 a prof. Hermann Rietschel: „Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungs Anlagen“ (Příručka pro výpočet a návrh větracích a vytápěcích zařízení), Německo 1893, kterého lze považovat za nestora moderní vytápěcí techniky.

Do počátku 20. století spadá první pokus o zavedení takzvaného „rychlouproudého topení“; konstruktérům šlo o docílení rychlejšího oběhu vytápěcí vody. Před první světovou válkou se uskutečnily první pokusy topit v kotli olejem.

Další podrobný vývoj ve vytápěcí technice je vzhledem k jejímu prudkému rozvoji těžko mapovatelný. Je závislý nejen na vývoji techniky, ale také na dostupnosti jednotlivých druhů paliv. Zatím co v období mezi světovými válkami hrálo prim hlavně uhlí, po druhé světové válce se začalo ve vyspělých zemích prosazovat topení lehkými topnými oleji pro

cenovou dostupnost a snadnou regulaci. Po energetické krizi v sedmdesátých letech se začalo přecházet na ekologické vytápění zemním plynem – objevují se nízkoteplotní kotle. V současné době se vyvíjí a rozšiřují systémy využívající obnovitelné zdroje energie. Jednotlivá vylepšení jsou dílem týmu konstruktérů a vývojových pracovníků, viz příloha 1. Přehled milníků současných firem v oblasti vytápění.

V poslední době se problematika vytápění dostává do popředí zájmu hlavně v souvislosti s úsporami a regulací. Moderní kotle musí splňovat požadavky nejen na nízkou spotřebu paliva a nízké emise, ale musí být také pro uživatele snadno ovladatelné, reagovat na změnu vnitřní, ale i vnější teploty, na množství odebírané TUV.

Ve své práci jsem se soustředil právě na to, jak se bude daný plynový kotel chovat v závislosti na topné charakteristice a při různém množství odebírané TUV.

3 Plynové kondenzační kotle

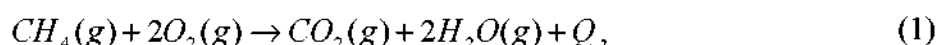
Technologie plynových kotlů prošla v posledních letech značným rozvojem, jednak díky zvýšeným ekologickým nárokům na obsah škodlivých látek (zejména CO_2 a NO_x) ve spalínách, tak i kvůli snaze neustále snižovat jejich spotřebu a to zejména v důsledku zvyšování cen zemního plynu. Za kondenzační se považuje takový kotel na plynná paliva, který je konstruován tak, aby v něm trvale docházelo ke kondenzaci velké části vodní páry obsažené ve spalínách. [23]

3.1 Složení zemního plynu

Zemní plyn je přírodní směs plynných uhlovodíků s převážujícím podílem metanu CH_4 a proměnlivým množstvím neuhlovodíkových plynů (zejména inertních plynů). Podíl jednotlivých složek v něm je přibližně (liši se podle zdroje) následující: metan CH_4 (97,9 %), etan C_2H_6 (0,8%), propan C_3H_8 (0,27%), izobutan (0,045%), N-butan C_4H_{10} (0,0486 %), Izopentan, N-pentan C_5H_{12} a vyšší uhlovodíky (zbytek).

3.2 Spalování zemního plynu

Při spalování zemního plynu (metanu CH_4) vzniká určité množství vodní páry, která spolu s oxidem uhličitým (CO_2) tvoří spaliny. Rovnice spalování zemního plynu je následující:



kde Q je reakční teplo

3.3 Výhody vytápění zemním plynem

Kotle spalující zemní plyn vynikají vysokou účinností, možností rychlého zátoku a pružným chodem.

Ve srovnání s ostatními fosilními palivy (a tedy i elektrickou energií, která je v naší republice vyráběna ze 70% v tepelných elektrárnách) má vytápění zemním plynem mnoho výhod. Mezi tu největší patří to, že při jeho spalování vzniká ve srovnání s uhlím nebo s kapalnými palivy daleko méně škodlivin – oxid siřičitý, ale i prach jsou ve spalínách

zemního plynu obsaženy v zanedbatelném množství, a také emise oxidu uhelnatého a uhlovodíků jsou ve srovnání s ostatními palivy výrazně nižší. Další předností je, že obsahuje minimum dusíkatých látek, takže oxidy dusíku vznikají při jeho spalování převážně z dusíku vzdušného.

Zemní plyn je uhlikaté palivo a proto je také zdrojem oxidu uhličitého (CO_2), který je látkou významnou měrou přispívající ke zvýšení tzv. skleníkového efektu. Ovšem ve srovnání s tuhými palivy vzniká při spalování zemního plynu na uvolněnou jednotku tepla o 40 až 50 % méně CO_2 a o 30 až 35 % méně CO_2 ve srovnání s kapalnými palivy.

Výstavba plynovodů a ostatních zařízení spojených s těžbou a transportem se také vyznačuje minimálním záborem půdy (v porovnání s rozsáhlými plochami hnědouhelných povrchových dolů), která se ve většině případů vrací původnímu účelu, protože plynovody jsou uloženy v zemi a nikterak nenarušují krajinu.

3.4 Nevýhody vytápění zemním plynem

Pokud se týká ekologických aspektů, pak největším problémem při spalování zemního plynu je vznik oxidů dusíku (NO_x). Jejich tvorba je závislá na teplotě spalování – čím je teplota vyšší, tím je větší i tvorba NO_x . Směs oxidu dusnatého a oxidu dusičitého vzniká spalováním dusíkatých látek obsažených v palivu a ze vzdušného dusíku při vysokých teplotách. Výrobci plynových spotřebičů věnují omezování vzniku NO_x velkou pozornost a konstrukčními úpravami hořáků a spalovacích komor spotřebičů se podařilo snížit emise NO_x až na 10 % původních hodnot.

Dalším argumentem proti využívání zemního plynu bývá často jeho cena či životnost zásob.

3.4.1 Zásoby zemního plynu

Otázka zásob zemního plynu není tak jednoduchá, jak by se na první pohled mohlo zdát. Starší předpovědi nebyly nikterak optimistické (v roce 1996 uváděly některé zdroje životnost zemního plynu při současné spotřebě na 20 let – 142 000 mld. m^3), a vypadalo to, že zemní plyn je pouze přechodným zdrojem energie a jeho zásoby budou velmi brzy vyčerpány. Ovšem podle posledních poznatků se zemní plyn spíše stane palivem 21.

století. Jeho celkové zásoby jsou totiž odhadovány na 511 tisíc miliard krychlových metrů, s životností až 200 let. Zásoby je totiž nutné rozlišovat do několika základních kategorií a to na prokázané, pravděpodobné a potenciální.

Prokázané (prověřené) zásoby zemního plynu jsou ekonomicky těžitelné při současné technické úrovni, dosahují 164 tisíc miliard krychlových metrů a vydrží při současné těžbě do roku 2060.

Pravděpodobné zásoby jsou zásoby objevené na ložiscích, které s velmi vysokou pravděpodobností budou vytěžitelné za stejných podmínek jako zásoby prokázané a dosahují výše 347 000 mld. m³. Pokud budeme uvažovat prokázané i pravděpodobné rezervy, mohli bychom mluvit o životnosti světových zásob zemního plynu na 136 až 156 let (podle vývoje spotřeby). [43]

Mezi potenciální zásoby (nekonvenční zdroje) patří hlavně hydrát metanu, což je pevná substance podobná sněhu, tvořená 20 % metanu a 80 % vody. Nachází se v zemské kůře pod dnem oceánů, jeho problémem je však těžba. V současné době lze tvrdit, že zásoby zemního plynu v podobě hydrátů činí cca 21 000 000 mld. m³. Dalším zdrojem tohoto druhu je tzv. Coal Bed Methan (CBM), což je metan, jehož původ je spojován se vznikem černouhelných slojí.

Jeden z nejdůležitějších důvodů, který ovlivnil objevování a osvojování nových zásob, je bezesporu zavádění nových technologií; prudký rozvoj metod geologického průzkumu na pevnině a v mořských šelfech.

3.4.2 Cena zemního plynu a jeho účtování

Předvídat cenu plynu není lehké, platí pro ni ovšem zákonitosti trhu, totiž že cena je určována poptávkou a nabídkou. V České republice došlo během devadesátých let k poměrně intenzivní plynofikaci, která byla podpořena nízkou cenou plynu; více než milion českých domácností má individuální vytápění na zemní plyn. Celosvětově se rovněž spíše očekává růst poptávky po ropě i plynu a to především díky rychlému růstu spotřeby v některých asijských zemích, především v Číně. Protože výrazný pokles poptávky nelze očekávat, ceny spíše porostou. Navíc oproti ostatním komoditám patří plyn spolu s ropou mezi suroviny, jejichž cena je ovlivněna i faktory politickými.

V současné době prodává Severočeská plynárenská a.s. domácnostem 1MWh za 692,59 Kč (stav k 1. dubnu 2005) při odběru 9,45 – 63 MWh za rok. [31]

Na tomto místě by bylo vhodné uvést, že od 1. dubna 2001 již nejsou dodávky zemního plynu odběratelům účtovány za dodaný objem plynu, ale za dodanou energii v něm obsaženou. Tato změna ve způsobu účtování vychází z požadavku, aby všichni odběratelé dostávali za stejnou cenu stejné množství energie. Česká republika, stejně jako většina evropských zemí, získává zemní plyn z několika zdrojů, které se liší složením a energetickým obsahem. Při dodávkách zemního plynu z různých zdrojů má plyn i rozdílné složení a tedy i jiné energetické obsahy.

Skutečně odebrané množství energie v zemním plynu je ovlivněno nadmořskou výškou, ve které je odběr uskutečňován, neboť barometrický tlak s rostoucí nadmořskou výškou klesá a se změnou barometrického tlaku se mění i objemové množství dodaného zemního plynu. Způsob měření spotřeby zůstává stejný – je i nadále měřena v objemových jednotkách. Objemové množství zemního plynu, naměřené na plynoměru v m^3 , se přepočte na standardní podmínky ($15^{\circ}C$ a $101\,325\,Pa$) a podle energetického obsahu dodávaného druhu zemního plynu se provádí přepočet na množství dodané energie. Pro přepočet objemu změřeného u odběratele na standardní podmínky je použit přepočtový objemový koeficient k [15]:

$$k = \frac{T_v}{T_p} \cdot \frac{p_b + \Delta p_p}{p_v} \cdot \frac{z_v}{z_p}, \quad (2)$$

kde:

$T_v = 288,16\,K$ – vztažná teplota zemního plynu

$T_p = 273,16 + t_p$ – provozní teplota zemního plynu před plynoměrem.

Pokud není měření teploty plynu instalováno, je teplota $t_p = 15^{\circ}C$.

p_b – barometrický tlak vzduchu v místě odběru plynu, závislý na nadmořské výšce místa odběru [kPa]

p_p – přetlak zemního plynu před plynoměrem [kPa]

$p_v = 101,325\,kPa$ – vztažný tlak zemního plynu

z_v – kompresibilitní faktor při vztažných podmínkách [-]

z_p – kompresibilitní faktor při provozních podmínkách [-]

Pro přetlaky zemního plynu nižší než 100 kPa je hodnota poměru $z_v / z_p = 1$

Množství energie dodané odběrateli je pak stanoveno ze změřeného objemu odebraného plynu:

$$Q = V_p \cdot k \cdot H_s^{15} \text{ [kWh]}, \quad (3)$$

kde:

V_p – množství zemního plynu změřené na plynoměru odběratele [m^3]

k – přepočtový objemový koeficient [-]

H_s^{15} – účtované objemové spalné teplo zemního plynu dodaného za vykazované období [$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3}$]. Dlouhodobé průměrné hodnoty spalného tepla tranzitního zemního plynu činí $H_s^{15} = 10,5 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ (15°C , 101 325 Pa).

Metodika výpočtu spalného tepla ze složení zemního plynu je obsažena v mezinárodní normě ISO 6976 - Natural gas - Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition. [15]

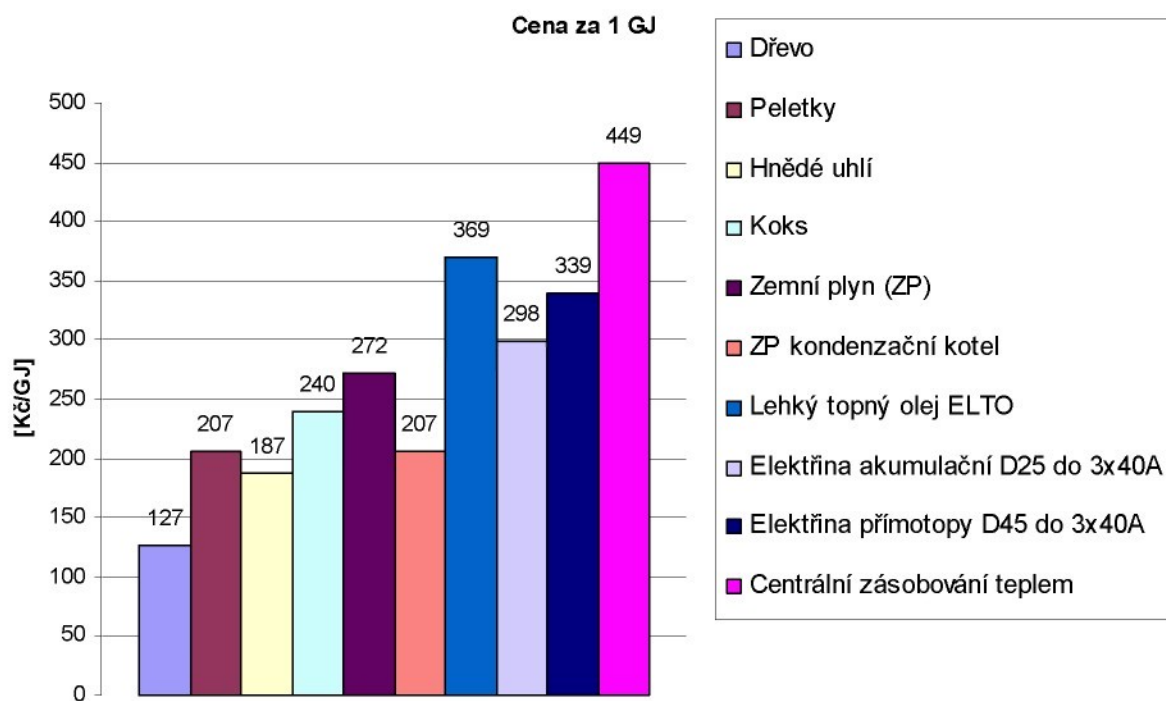
V Tab. 1 jsou pro srovnání zaznamenány výhřevnosti a ceny různých druhů paliv; hodnoty jsou vyhledávané pro Liberec (cena plynu a elektrické energie) k 10. květnu 2005. Graf 1 pak umožňuje porovnání cen za 1 GJ získaného tepla (do cen centrálního zásobování teplem si její výrobce samozřejmě započítává i náklady na pořízení a údržbu technologie, proto je tato cena v porovnání s ostatními způsoby vytápění zkreslena)

Tab. 1

DRUH PALIVA	měrná jednotka	cena za měrnou jednotku	stálá platba	výhřevnost měrné jednotky	účinnost nejběžnější technologie spalování	cena tepla	
	mj	[Kč/mj]	[Kč/měsíc]	[MJ/mj]	[-]	[Kč/kWh]	[Kč/GJ]
Dřevo	kg	0,93		14,6	0,50	0,46	127
Peletky	kg	3,25		18,5	0,85	0,74	207
Hnědé uhlí	kg	1,85		18,0	0,55	0,67	187
Koks	kg	4,09		27,5	0,62	0,86	240
Zemní plyn (ZP)	m^3	8,17	239	33,8	0,89	0,78	272
ZP kondenzační kotel	m^3	7,13	239	33,8	1,02	0,68	207
Lehký topný olej ELTO	kg	13,80		42,0	0,89	1,33	369

DRUH PALIVA	měrná jednotka	cena za měrnou jednotku	stálá platba	výhřevnost měrné jednotky	účinnost nejběžnější technologie spalování	cena tepla	
Elektřina akumulční D25 do 3x40A	kWh	1,02	312	3,6	0,95	1,07	298
Elektřina přímotopy D45 do 3x40A	kWh	1,16	736	3,6	0,95	1,22	339
Centrální zásobování teplem	GJ	440,00			0,98	1,29	449

Graf 1



3.5 Přednosti plynových kondenzačních kotlů

Plynové kondenzační kotle se v současné době jeví jako jeden z nejvýhodnějších zdrojů tepla především díky jejich vysoké energetické účinnosti, spočívající v následujících bodech:

- Při kondenzaci je zužitkována i ta část tepla, která u běžných kotlů uniká do komína. Takto dodatečně získané teplo je využito pro předehřev vratné vody z ÚT.

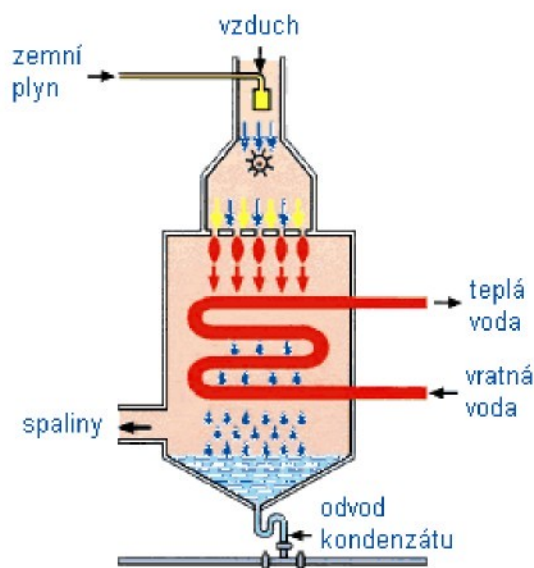
- Optimalizace procesu spalování v celém výkonovém rozsahu kotle, které je dosaženo díky moderním typům hořáků s možností předsměšováním paliva se vzduchem – konstantním poměrem vzduch/plyn lze dosáhnout maximální účinnosti spalování s minimálním obsahem škodlivin.
- Automatizace a regulace umožňují dosažení rovnoměrného vytápění objektu v rozsahu 20 – 100% výkonu kotle, což je příznivé zejména v těch částech sezóny, kdy není potřebný plný výkon kotle.
- Inteligentní řízení otáček oběhového čerpadla má za následek snížení teploty vratné vody v přechodných obdobích a tím i rozšíření pásma využití kondenzace. Nezanedbatelné je i snížení spotřeby elektrické energie.
- Ekvitermní regulace, která zabraňuje zbytečnému prochladnutí stěn vytápěného objektu, optimalizuje tepelnou pohodu v domě a zvyšuje stupeň využití kotle.

3.6 Využití energie u kondenzačních kotlů

V kondenzačních kotlích se, tak jako v kotlích klasických, přenáší tepelná energie získaná ze spalín přes primární výměník do topné vody. Takto získané teplo je označováno jako citelné teplo. Ovšem kondenzační technika využívá také energii obsaženou právě ve vodní páře, která by jinak byla odvedena do komína. Tuto energii získáme, pokud ochladíme spaliny pod teplotu jejich rosného bodu (pod 57°C), kdy dojde ke kondenzaci. Jedná se o takzvané latentní teplo, což je teplo, které se uvolní při změně skupenství, aniž by poklesla teplota dané látky.

V současné době spotřebiče spalují plyny s přibližně 20% přebytkem vzduchu, a tak po spálení jednoho metru krychlového zemního plynu vznikne 10,4 m³ suchých spalín a asi 1,63 kg vodní páry (podle toho, ze kterého zdroje plyn je) [2]. Kondenzací tohoto množství vodní páry lze získat téměř 4100 kJ tepla. Takto uvolněná energie se pomocí výměníku využívá k přehřevu vratné vody do kotle. Technicky je tato kondenzace umožněna díky velké ploše výměníku.

Obr. 1. Princip spalování zemního plynu při kondenzačním ohřevu



Zdroj: www.junkers.de

3.7 Účinnost kondenzačních kotlů a normovaný stupeň využití

Nejprve jaký je rozdíl mezi spalným teplem a výhřevností, z které se účinnost počítá.

Spalné teplo H_s (s – superior – horní)

je množství tepla, uvolněné úplným spálením jednotkového množství paliva (zemního plynu) za adiabatických podmínek a při tlaku 101 325 Pa, za předpokladu, že se spaliny ochladí na teplotu výchozích látek a vodní pára, obsažená ve spalínách, bude v kapalném stavu. Jde tedy o veškeré množství tepla vzniklé spálením jednotkového množství paliva a zahrnuje i latentní teplo ve vodní páře.

Výhřevnost H_i (i – inferior – dolní)

je množství tepla, uvolněné úplným spálením jednotkového množství plynu při tlaku 101 325 Pa v adiabatických podmínkách, za předpokladu, že se spaliny ochladí na teplotu výchozích látek a vodní pára, obsažená ve spalínách, zůstane v plynném stavu (u klasických kotlů odejde do komína)

Základními jednotkami spalného tepla a výhřevnosti jsou kJ.m^{-3} a kWh.m^{-3} ($3600 \text{ kJ.m}^{-3} = 1 \text{ kWh.m}^{-3}$).

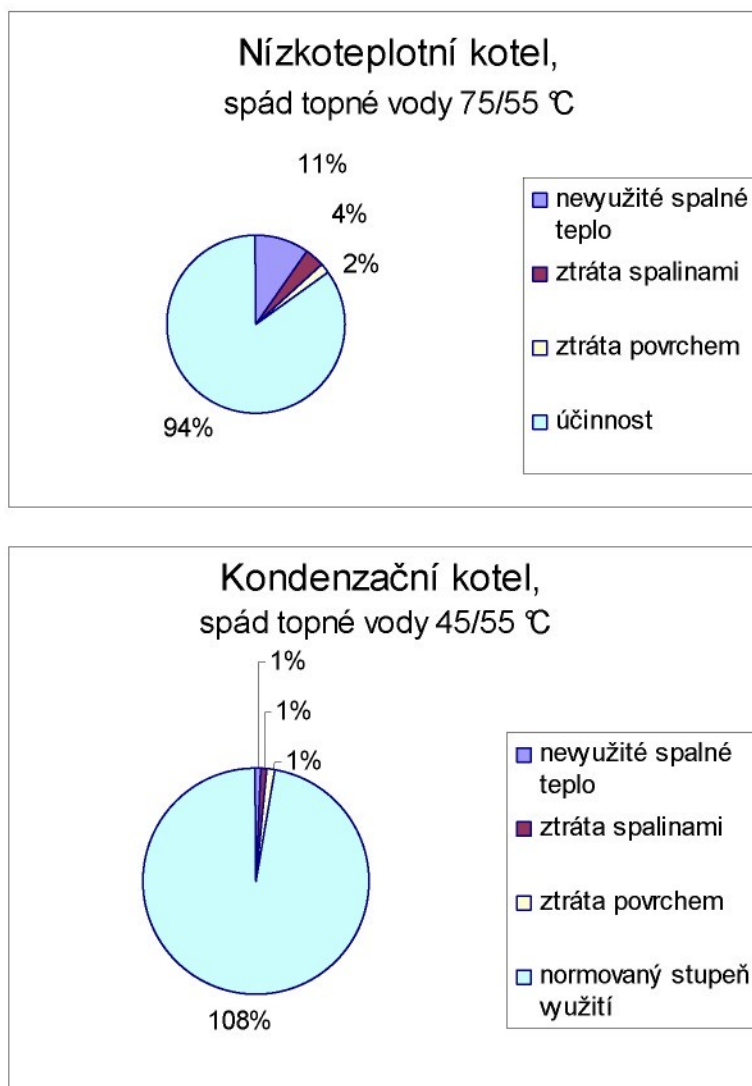
Účinnost (vyjádřeno v %) je stanovena jako poměr tepla předaného vodě v kotli za určitý časový úsek k teplu vypočtenému jako součin výhřevnosti paliva, při jeho konstantním přetlaku, a spotřeby tohoto paliva v tomtéž časovém úseku. [23]

Kondenzační technika ale využívá i latentního tepla a jeho účinnost by se správně tedy měla počítat ze spalného tepla; získali bychom tak hodnotu maximálně 97%.

Aby se však mohlo provést porovnání konvenčních a kondenzačních kotlů, byl zaveden takzvaný normovaný stupeň využití, který se stanovuje rovněž z výhřevnosti a nabývá proto hodnot nad 100%. V některých komerčních prospektech bývá často pro zjednodušení označován jako účinnost. V Tab. 2 jsou uvedeny předepsané účinnosti kotlů podle [23].

Graf 2

Využití energie u nízkoteplotního a kondenzačního kotle



Tab. 2. Předepsané účinnosti kotlů

Typ kotle	Rozsah výkonu [kW]	Účinnost při jmenovitém výkonu (P_n)		Účinnost při částečném výkonu (P_n)	
		Střední teplota vody v kotli [°C]	Požadovaná účinnost [%]	Střední teplota vody v kotli [°C]	Požadovaná účinnost [%]
Standardní kotle	4 až 400	70	$\geq 84 + 2 \cdot \log P_n$	≥ 50	$\geq 80 + 3 \cdot \log P_n$
Nízkoteplotní kotle	4 až 400	70	$\geq 87,5 + 1,5 \cdot \log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5 \cdot \log P_n$
Kondenzační kotle na plynná paliva	4 až 400	70	$\geq 91 + \log P_n$	30	$\geq 97 + \log P_n$

Tab. 3. Teoretické využití latentního tepla zemního plynu

Spalné teplo H_s [kWh/m ³]	11,06
Výhřevnost plynu H_i [kWh/m ³]	9,97
Podíl H_s/H_i [-]	1,109

Teplo, které lze získat z úplné kondenzace činí 10,9% výhřevnosti zemního plynu.

3.8 Teplota spalin a rosný bod, teplotní spád topné vody

Celková účinnost kondenzačního kotle závisí na teplotě vratné vody (t_{vv}), také teplota spalin souvisí s teplotou vratné vody přicházející do kotle.

U klasických plynových kotlů nedochází ke kondenzaci spalin, t_{vv} je minimálně 60°C a teplota spalin se pohybuje kolem 150°C, v odcházejících spalinách je asi 10% citelného a 11% latentního tepla. Celková účinnost (vztažená na výhřevnost paliva) je tedy 90%.

Jakýmsi mezistupněm mezi klasickými a kondenzačními kotli, jsou kotle nízkoteplotní, které mají nižší teplotní spád (tj. rozdíl mezi teplotou vodou odcházející z kotle a vodou vratnou) a teplota spalin je okolo 90°C. Opět se ztrácí latentní teplo (11%), ale ztráty citelného tepla klesnou na 6%. Celková účinnost se tak zvýší na 94%.

U kondenzačního kotle je při t_{vv} 30°C obvykle teplota spalin 45°C. V tomto případě je ztráta citelného tepla 2% a ztráta tepla latentního maximálně 5%. Celková účinnost kotle (normovaný stupeň využití) je pak 104%.

U kondenzační kotlů je požadováno, aby rozdíl mezi teplotou spalin a teplotou vratné vody byl 5 K při jmenovitém výkonu kotle a alespoň 2 K při výkonu minimálním [2]. Pokud je teplota vratné vody vyšší než teplota rosného bodu spalin, nedochází ke kondenzaci a uvolnění kondenzačního tepla. Kotel sice nebude využívat této své přednosti, ale stále pracuje s účinností nízkoteplotního kotle.

3.9 Součinitel přebytku vzduchu

Účinnost spalování ovlivňuje také takzvaný přebytek vzduchu ve spalinách. Je udáván součinitelem přebytku vzduchu λ [-], který je dán poměrem skutečného množství vzduchu přivedeného do spalovacího prostoru a teoretického množství, potřebného pro ideální spalování. Spaliny bez přebytku vzduchu mají tedy $\lambda=1$. Zvyšující se λ znamená horší účinnost spalování a u kondenzace způsobuje pokles teploty rosného bodu spalin. Například pro $\lambda=1$ je u zemního plynu teplota rosného bodu spalin 57°C, ale pro $\lambda=2$ je to 45°C a pro $\lambda=3$ jen 38°C [16]. Pro provoz soustavy s kondenzačním kotlem na zemní plyn jsou tak nejideálnější teplovodní nízkoteplotní systémy se spády 40/30 až 55/45°C, kdy dochází ke kondenzaci při každém zatížení kotle a po celou jeho dobu provozu tak je zaručen nejvyšší normový stupeň využití. Kondenzační techniku je možné samozřejmě efektivně využívat i u soustav s vyššími teplotami topné vody, při nízkých venkovních teplotách ale teplota vratné vody překračuje rosný bod spalin a k využití tepla z kondenzace nedojde, normovaný stupeň využití kotle se tedy sníží.

3.10 Odvod kondenzátu

Kondenzační kotle vyžadují odvod kondenzátu. Při teplotě vratné vody 45°C zkondenzuje na každých 10 kW výkonu přibližně 1 litr vody za hodinu [2]. Přestože kondenzát ze spalin zemního plynu má kyselost odpovídající pH 5 (což odpovídá kyselosti dešťové vody), napojení odvodu kondenzátu na kanalizaci může v některých lokalitách podléhat schválení správcem kanalizace. Většinou lze odvod kondenzátu z kotle napojit přímo na kanalizační síť. U větších zařízení může správce kanalizace požadovat neutralizaci kondenzátu. Chemická neutralizace se uskutečňuje průtokem kondenzátu přes odkyselovací hmoty, na které se CO₂ váže (mramor, dolomit...). Neutralizační zařízení je tvořeno nádobou z plastické hmoty s náplní neutralizačního granulátu a může být součástí příslušenství kotle.

3.11 Odvod spalin

U kondenzačních kotlů dochází v důsledku značného ochlazení spalin ke snížení komínového tahu. Je proto nutné je vybavovat odsávacími ventilátory, které umožní odvod ochlazených spalin do atmosféry. Výjimkou jsou kotle s vířivými hořáky.

Provoz kondenzačních kotlů klade zvláštní nároky na provedení celého komínového systému, který musí být odolný proti kondenzující vlhkosti, musí být dokonale těsný a správně dimenzován. Důležitá je jeho chemická a tepelná odolnost.

3.12 Bezpečnost plynových kotlů

Kotle na plyn musí být vybaveny bezpečnostním zařízením, které zabrání jejich přetopení, vyloučí možnost otravy plynem a umožní bezpečný způsob zapalování hořáků. Proto jsou kotle vybaveny pojistným samozapalovačem se zařízením, které při nedostatku plynu (např.: při poruše dodávky) uzavře jeho přívod, a zapalovací pojistkou, která zajišťuje uzavření přívodu plynu v případě zhasnutí plamene, při selhání zapalovacího plaménku nebo piezoelektrického zapalování.

3.13 Hořáky plynových kotlů

V plynových kotlích se nejčastěji vyskytují blokové (někdy též automatické) hořáky. Vyznačují se integrovanými regulačními a bezpečnostními prvky. Jsou to hořáky s volným plamenem a nuceným přívodem spalovacího vzduchu. Ve skřini hořáku je uloženo oběžné kolo radiálního ventilátoru, které vytváří přetlak vzduchu. Ke směšování plynu se vzduchem dochází až v ústí hořáku, při současném spalování vytvořené směsi. Blokové hořáky pracují s přetlaky zemního plynu obvykle 2 až 30 kPa [9].

Řízení výkonu a spalovacího poměru provádí automatika, která je konstruována na bázi mikroprocesorů. Komunikaci s automatikou je možné provádět buď přímo manuálně nebo prostřednictvím nadřazeného počítače či dálkovým ovládním. Automatika umožňuje většinou provádět řadu funkcí: startovací cyklus s provětráváním spalovacího prostoru a kontrolou těsnosti ventilů, regulaci výkonu hořáku, regulaci spalovacího poměru, zobrazení informací o okamžitém provozním stavu hořáku (větrání, kontrola těsnosti ventilů, doba do zapálení plamene, zvyšování a snižování výkonu a pod.), zobrazení

posledních poruchových stavů hořáku, uzavření sání vzduchu při provozní odstávce, zobrazení úrovně ionizačního proudu hlídače plamene. Hlídače plamene blokových hořáků jsou obvykle založeny na principu ionizace plamene nebo jsou vybaveny UV sondou, která reaguje na změny charakteru plamene.

3.14 Topná plocha

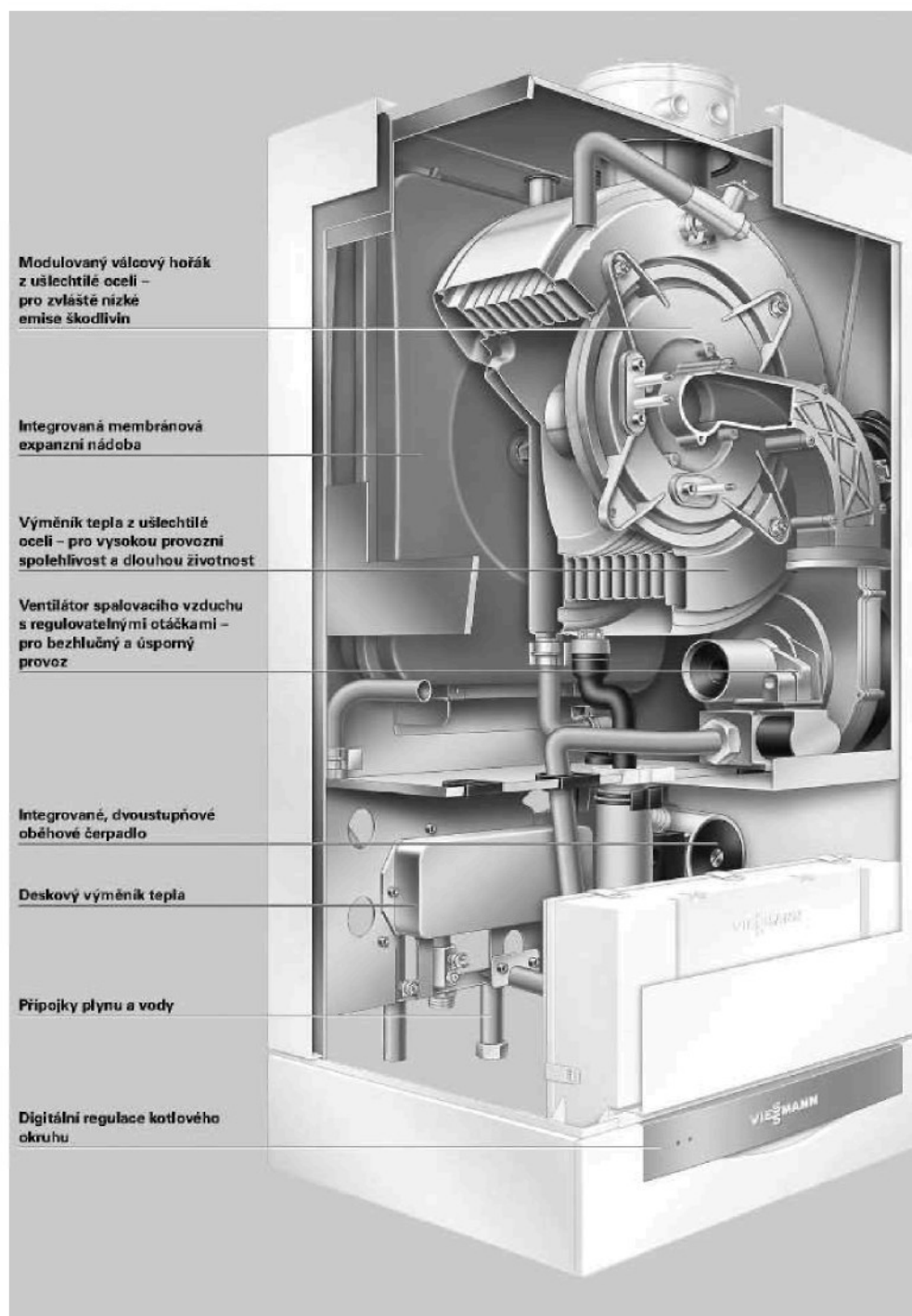
Je nejdůležitější částí kondenzačních kotlů, která určuje jejich účinnost. Jedná se o výměník, kde dochází k předávání tepla. Jeho množství je dáno právě velikostí teplosměnné plochy výměníku. Čím je tato plocha větší, tím je ale výměník a tedy i kotel dražší. Proto bylo stanoveno, aby měl kotel účinnost 95% při teplotě vratné vody 60°C (kotel pracuje jako nízkoteplotní, nedochází ke kondenzaci) a účinnost 101% při teplotě vratné vody 45°C.

3.15 Viessmann Vitodens 200

Vitodens 200 je plynový nástěnný kotel s kondenzační technikou, který má modulovaný výkon od 8,8 do 26 kW a normovaný stupeň využití 107%. Lze ho použít jak pro vytápění, tak k ohřevu pitné vody. Podle zvolené jednotky regulace (Vitotronic) lze kotel provozovat v závislosti na vnitřní nebo vnější teplotě. Vzhledem k tomu, že hlavní konstrukční prvky (hořák, výhřevná plocha) jsou vyrobeny z nerezové, ušlechtilé oceli, lze počítat s dlouhou životností kotle.

Díky modulárnímu systému komponentů umožňuje snadnou montáž, údržbu i servis, pro nějž není zapotřebí prostor po stranách. Proto je možné kotel namontovat i do rohů místností, výklenků apod.

Obr. 2. Hlavní součásti kotle



Zdroj: Vitodens 200: List technických údajů. [39]

Výhřevná plocha (výměník tepla), je vyrobena z oceli a výrobce má pro ni označení Inox-Radial. Její účinnost je díky nepřerušovanému laminárnímu proudění bez úplavů,

docíleného pravoúhlým tvarem topných spirál s definovanou mezerou, velmi dobrá. Radiální konstrukcí se docílí velké teplosměnné plochy na malém prostoru.



Obr. 3. Topná plocha Inox-Radial z ušlechtilé nerezavějící oceli

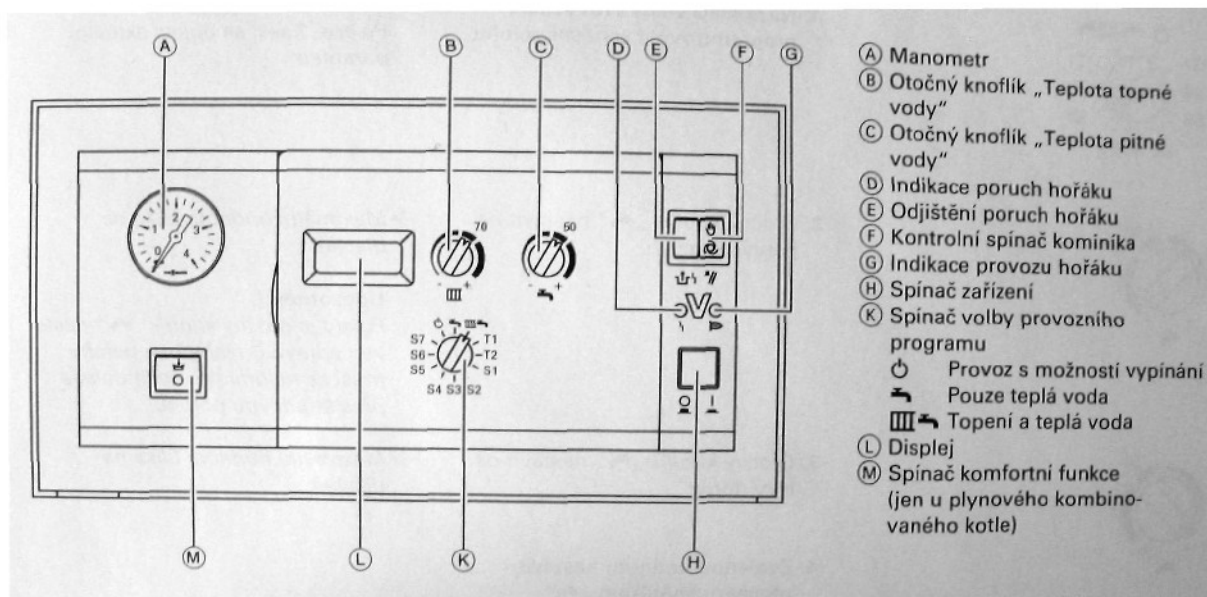
Zdroj: Viessmann: Die Unternehmenschronik [37]

Válcový hořák z ušlechtilé oceli s předsměšováním a modulačním rozsahem 1:3 spoří energii a snižuje emise škodlivin.

Ventilátor v hořáku kotle má regulovatelné otáčky, uvnitř kotle je také expanzní nádoba na 10 litrů, nechybí funkce odvzdušňování vratné vody a dvoustupňové oběhové čerpadlo topné vody.

3.16 Vitotronic 100

Obr. 4. Jednotka Vitotronic 100



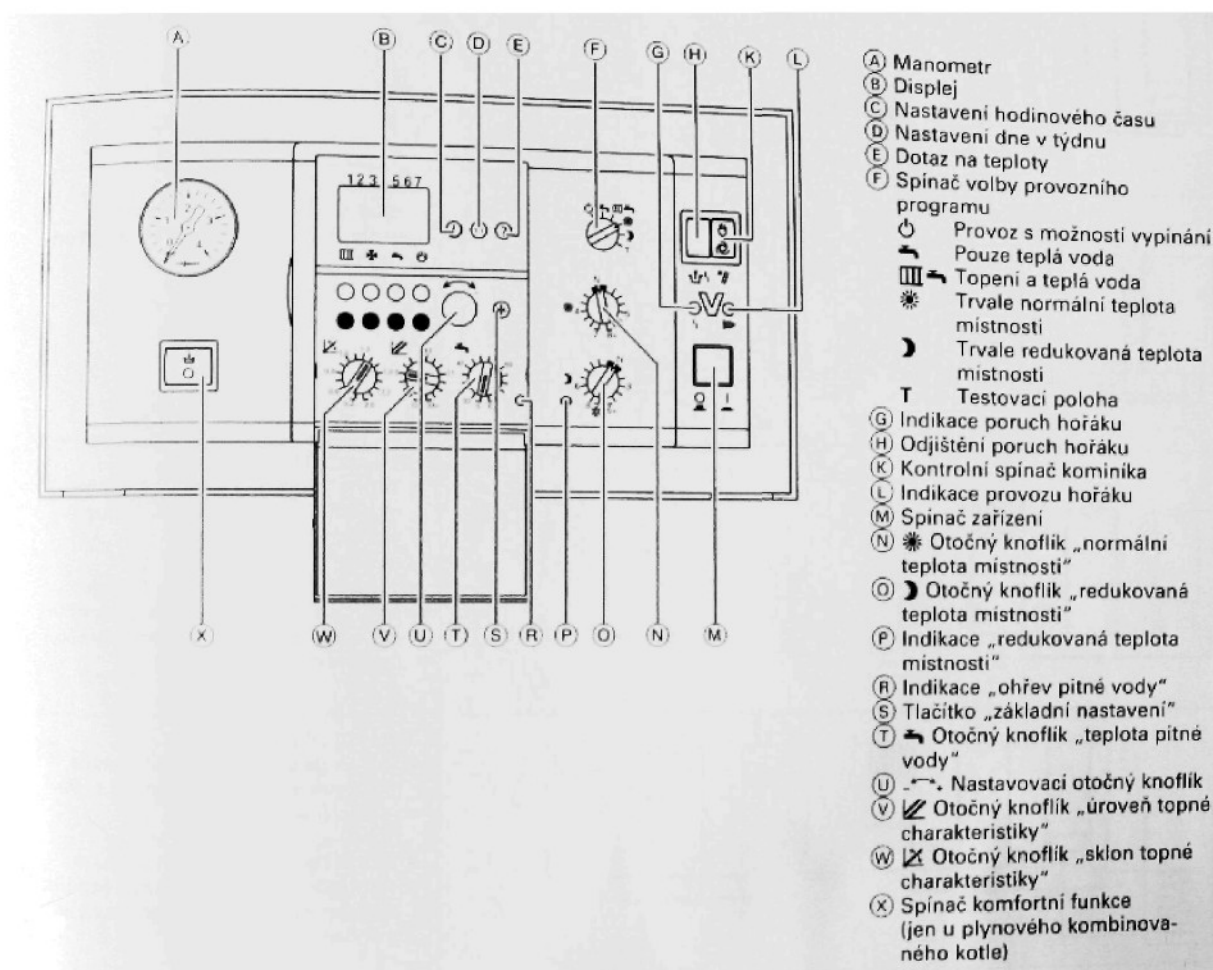
Zdroj: Vitodens 200: Servisní návod [41]

Vitotronic 100 je elektronická regulace kotlového okruhu pro provoz kotle Vitodens s konstantní teplotou kotlové vody. Pokud není nastaveno nárokování tepla, je teplota kotlové vody udržována na zadané teplotě ochrany před mrazem (5°C hořák zap., 50°C hořák vyp.). Chování čerpadla v topném okruhu po odstavení hořáku lze zvolit.

Regulace obsahuje spínač zařízení, indikační panel s digitálním zobrazováním, termostat, kotlový termostat, indikaci poruchy hořáku, integrovaný diagnostický systém, pojistky, kontrolní funkci kominíka a otočná tlačítka pro druh provozu, teplotu kotlové a pitné vody. Regulaci je možno napojit na čidlo Vitotrol 100, které umožňuje provoz řízený podle teploty místnosti.

3.17 Vitotronic 200

Obr. 5. Jednotka Vitotronic 200

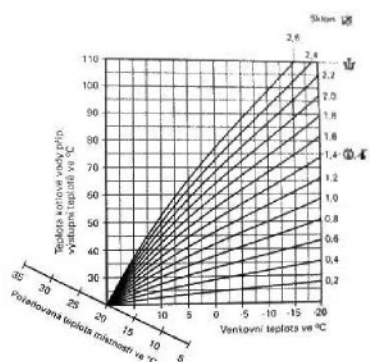


Zdroj: Vitodens 200: Servisní návod [41]

Vitotronic 200 je ekvitermně řízená digitální regulace kotlového okruhu pro provoz kotle Vitodens s plynule klesající teplotou.

Ekvitermní řízení regulace má u kondenzačních kotlů svůj význam, neboť umožňuje reagovat na venkovní teplotu a uzpůsobuje podle toho teplotu topné vratné vody.

V topném provozu se stanoví požadovaná teplota kotlové vody v závislosti na venkovní teplotě a na sklonu topné charakteristiky. Stanovená teplota kotlové vody se přenáší na automatiku hořáku, která zjišťuje z požadované a skutečné teploty kotlové vody stupeň modulace a ovládá podle toho hořák.



Obr. 6. Topné charakteristiky představují závislost kotlové vody na venkovní teplotě

*Zdroj: Vitodens 200: Servisní
návod [41]*

Regulace obsahuje spínač zařízení, elektronické omezení maximální teploty, regulátor teploty, indikační panel s digitálním zobrazováním, indikaci poruchy hořáku, integrovaný diagnostický systém, kontrolní funkci kominika a tlačítka pro druh provozu, teplotu místnosti, redukovanou teplotu místnosti, teplotu pitné vody, úroveň topné charakteristiky a sklon topné charakteristiky.

4 Tepelné výměníky

Tepelný výměník je technické zařízení umožňující přenos energie z jednoho pracovního média na druhé. Přenos se děje z míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší. Média, též označovaná jako teplotonosné látky, jsou převážně tekutinami. V některých typech výměníků může docházet k fázovým přeměnám, exotermickým nebo endotermickým reakcím. Předávání tepelné energie ve výměníku tepla může být podle druhu zařízení kontinuální nebo cyklické.

Fyzikální představu o výměníku lze převést na model takového počtu termodynamických soustav, kolik je v úloze teplotonosných médií. Společná hranice takových soustav se nazývá teplosměnná plocha.

Nutnou podmínkou funkčnosti výměníku tepla je konečný teplotní rozdíl pracovních médií v každém místě pracovní plochy výměníku.

Přenos tepla probíhá kondukcí, konvekcí, nebo radiací (přenos tepla vyzařováním).

Mezi výměníky patří například topná tělesa, ohříváče, chladiče, parní generátory, kondenzátory, chemické či jaderné reaktory.

4.1 Druhy výměníků podle způsobu kontaktu médií

4.1.1 Rekuperační

Pracovní média jsou prostorově oddělena stěnou neprostupnou pro hmotu, ale prostupnou pro teplo. Tepelný tok prochází stěnou např. trubky. Výhodou je trvalé oddělení obou médií, takže se navzájem neznečišťují.

Podle relativního směru průtoku se rozlišují tři základní schémata rekuperačních výměníků:

- a) Souproudé – paralelní proudy tekutin obtékají teplosměnnou plochu týmž směrem
- b) Protiproudé – paralelní proudy tekutin jsou orientovány proti sobě. Teplosměnná plocha je zatížena rovnoměrněji než v případě souproudého výměníku, za jinak stejných podmínek vychází menší. Proto je protiproudý výměník v praxi využíván přednostně.
- c) Křížové – navzájem kolmé proudy obtékají teplosměnnou plochu.

4.1.2 Regenerační

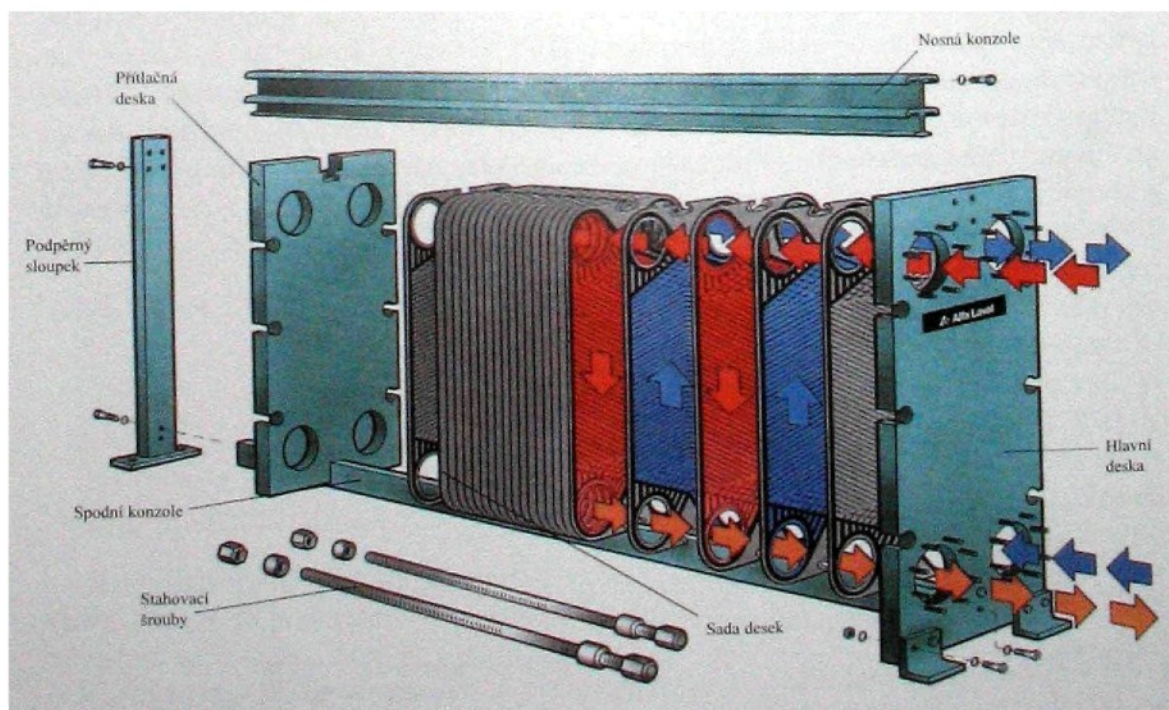
pracovní média procházejí jedním prostorem (akumulátorem zprostředkovávajícím přenos tepla) v časovém sledu po sobě a naakumulovaná energie z jednoho média se předává v následující fázi druhému médiu. Pracovní proces je tedy přerušovaný K akumulaci se používá vhodný materiál, např. plechová žebra, různé typy mříží ap.

4.1.3 Směšovací

Za účelem ohřátí nebo ochlazení se v jednom prostoru smísí obě média, ke sdílení tepla dochází přímým kontaktem obou médií. Může docházet ke směšování látek stejného druhu a skupenství (např. teplovzdušné vytápění), téhož druhu ale různého skupenství (vstříkovací kondenzátor) nebo různého druhu a skupenství (např. chladicí věže).

4.2 Deskové výměníky

Obr. 7. Rozebíratelný deskový výměník



Zdroj: Alfa Laval

Rozeznáváme deskové výměníky s rovnými deskami, se spirálovými deskami, lamelové a z desek a výplní.

Deskové výměníky se skládají ze sady desek seřazených za sebou a stažených pomocí šroubů mezi hlavní a přítlačnou desku. Každá z desek je opatřena těsněním a tak je vytvořen systém dvou oddělených mezideskových prostorů – kanálů pro průtok médií. Desky bývají prolisovány tak, aby v proudícím médiu docházelo k intenzivní turbulenci, čímž se zvyšuje prostup tepla. Obecně lze říci, že deskové výměníky mají třikrát až pětkrát větší účinnost než výměníky trubkové.

Podle spojení desek lze deskové výměníky rozdělit na:

- a) rozebíratelné – mívají problém s životností těsnění
- b) pájené – pájený spoj nahrazuje těsnění, přítlačné desky, stahovací šrouby i rám. Pájka je nejčastěji čistá měď, případně nikl
- c) svařované – určeny pro speciální aplikace s vysokými tlaky a teplotami, agresivními médii apod.

4.3 Sdílení tepla kondukcí

V případě přenosu tepla kondukcí (též vedením), přechází teplo mezi sousedními částicemi hmoty při jejich přímém styku. K přenosu tepla vedením dochází u plynů k difúzi atomů nebo molekul, u kapalin a tuhých nekovových materiálů vlněním a u kovů difúzí volných elektronů.

Pro stacionární vedení tepla platí Fourierův zákon:

$$\Phi = -\lambda \cdot \text{grad} T, \quad (4)$$

kde

λ – je součinitel tepelné vodivosti [$\text{J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$].

Φ – je tepelný tok,

T – je teplota.

4.4 Sdílení tepla konvekcí

Ke konvekci (proudění) u tekutin dochází v důsledku pohybu jejich částic, proto je průběh pochodu velmi ovlivňován charakterem proudění. Je-li proudění vyvoláno uměle, hovoříme o vynucené konvekci, pokud je způsobeno pouze teplotními rozdíly, jde o

konvekci přirozenou (někdy též označovanou jako volnou). Při konvekci dochází zároveň k vedení tepla.

Tento velmi složitý děj je charakterizován Newtonovým zákonem pro přestup tepla.

$$\Phi = \alpha \cdot (t_s - t_t), \quad (5)$$

kde:

t_s, t_t – je teplota stěny a tekutiny [$^{\circ}\text{C}, \text{K}$]

α – [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] je empirický součinitel přestupu tepla, který je závislý na všech proměnných, které ovlivňují proudění v okolí stěny (rozměr a tvar povrchu stěny, charakter proudění [laminární, turbulentní], hustota tekutiny, rychlost proudění tekutiny, dynamická viskozita, tepelná vodivost tekutiny, měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku a konstantním objemu, teplota tekutiny, teplota stěny...). V praxi, pokud není určen experimentálně, se součinitel přestupu tepla stanovuje pomocí teorie pravděpodobnosti a podobnostních čísel.

4.5 Sdílení tepla radiací

Podstatou radiace (záření, sálání) je tzv. teplotní záření. Hmotný objekt přeměňuje část své vnitřní energie na energii elektromagnetických vln, které mají schopnost procházet diatermním (průteplivým) prostředím (vakuum, kosmický prostor, čistý vzduch). Při dopadu na objekt, který má schopnost elektromagnetické vlny pohlcovat, se část energie vlnění přemění na vnitřní energii tohoto tělesa.

4.6 Přenos hybnosti

Přenos hybnosti patří mezi jevy, které doprovází jednofázový přenos tepla prouděním. Obecně platí, že čím je větší hybnost proudící tekutiny, tím je větší, respektive dokonalejší, i přenos tepla.

Přenos hybnosti se ale projevuje nevratným dějem, kdy dochází k disipaci části kinetické energie, a ta způsobí pokles potenciální energie, vznikne tlaková ztráta. Ta se promítne ve zvýšených nárocích na čerpací energii a má tedy na celý jev negativní dopad.

Hybnost tedy nejde neúměrně zvyšovat, aby bylo dosaženo zvýšení přenosu tepla.

4.7 Základní rovnice výměny tepla

Pro tyto základní rovnice platí předpoklad, že se u látky po průchodu výměníkem nezmění její fáze.

4.7.1 Rovnice tepelných bilancí

Při ustáleném stavu se podle zákona zachování energie tepelný výkon přiváděný teplejší látkou do výměníku ($\dot{Q}_1$) rovná tepelnému výkonu přenesenému do chladnější pracovní látky ($\dot{Q}_2$) a tepelným ztrátám ($\dot{Q}_z$)

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2 + \dot{Q}_z \quad (6)$$

Vzhledem k tomu, že běžné výměníky bývají dobře zaizolované a že dochází také k zanášení, je možné ztráty zanedbat.

$$\dot{Q} = \dot{m}_1 \bar{c}_{p1} (T_1^{II} - T_1^I) = \dot{m}_2 \bar{c}_{p2} (T_2^{II} - T_2^I), \quad (7)$$

kde:

$\bar{c}_p$ – jsou střední velikosti měrné tepelné kapacity pro dané intervaly teplot [J/kg.K]

$\dot{m}$ – hmotnostní toky médií [kg/h]

T – teplota média [°C, K]

indexy 1,2 značí médium, indexy I, II teplotu na vstupu resp. na výstupu

4.7.2 Výměna tepla

Pro celkový přenos tepelného výkonu výměníku platí rovnice výměny tepla ve tvaru

$$\dot{Q} = A k \Delta \bar{T}, \quad (8)$$

kde:

A – je plocha výměny tepla [m²]

$\Delta \bar{T}$ – střední teplotní rozdíl

k – součinitel prostupu tepla [W.m⁻¹.K⁻²]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{b}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (9)$$

α – [W.m⁻².K⁻¹] je empirický součinitel přestupu tepla na vstupním (index 1) a výstupním (index 2) povrchu

b – je tloušťka stěny [m]

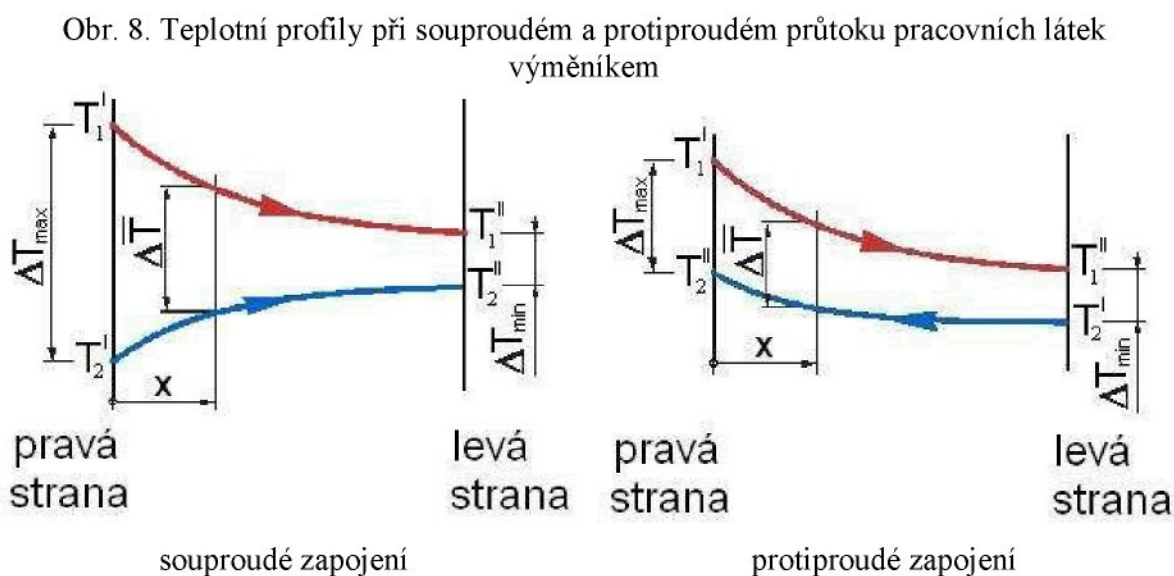
λ – je tepelná vodivost [$\text{J.s}^{-1}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}=\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$].

4.7.3 Střední teplotní rozdíl

Při průtoku pracovní látky výměníkem dochází k plynulé změně její teploty podél plochy výměny tepla, přičemž křivka tohoto průběhu je křivkou logaritmickou. Rozdíl mezi jejich středními hodnotami lze definovat jako střední logaritmický teplotní rozdíl pracovních látek ve výměníku a lze spočítat podle vzorce:

$$\Delta \bar{T} = \frac{\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min}}{\ln \frac{\Delta T_{\max}}{\Delta T_{\min}}}, \quad (10)$$

kde $\Delta T_{\max}$ je větší a $\Delta T_{\min}$ menší rozdíl teplot počítaných vždy z jedné strany výměníku (levá, pravá) – viz obrázek.



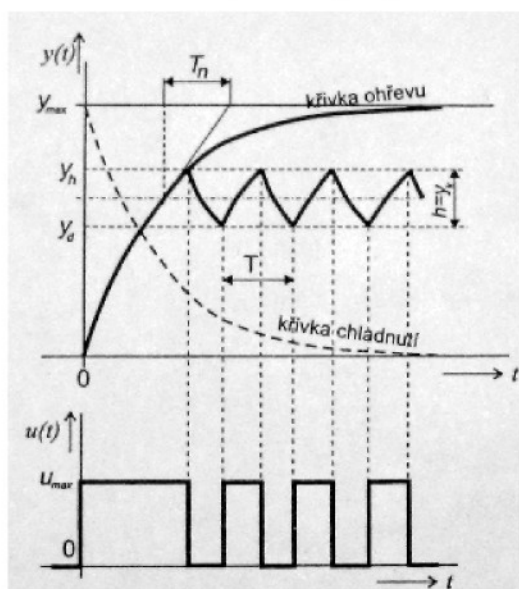
5 Měření

5.1 Cíl měření

Úkolem měření bylo určit, jak se bude chovat kondenzační kotel při ohřevu teplé užitkové vody v průtokovém výměníku, zejména pak dynamické chování kotle. Pro měření byly zvoleny různé sklony topných charakteristik kotle při různých průtocích ohřívané vody ve výměníku.

Případ regulace teploty kotlové vody lze zjednodušeně převést na případ dvupolohového regulátoru. Jedná se o nespojitou regulaci – závislost výstupního signálu (teplota) není spojitě závislá na veličině akční (hořák kotle).

Obr. 9. Dvupolohový regulátor



h – hystereze regulátoru

T – doba periody regulačního kmitu

y – regulovaná veličina

$y_{\max}$ – maximální dosažitelná hodnota regulované veličiny

u – akční veličina

$u_{\max}$ – maximální hodnota akční veličiny

T_n – doba náběhu

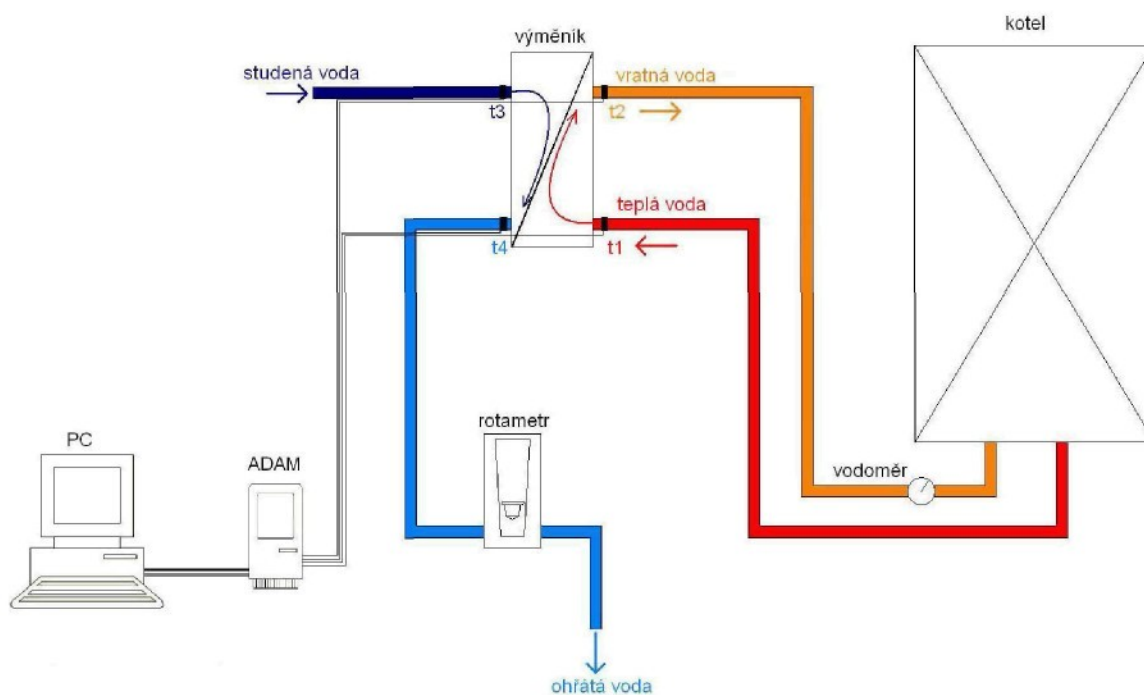
Zdroj: Automatizace a automatizační technika 2 [36]

5.2 Soustava kotle a tepelného výměníku

K nástěnnému plynovému kotli Viessmann je měděnými trubkami připojen deskový pájený tepelný výměník. Tento výměník má protiproudé zapojení. Voda v kotlovém (primárním) okruhu je poháněna oběhovým čerpadlem vestavěným v kotli. Voda ohřívána (sekundární) je přiváděna přímo z vodovodní sítě a po průchodu výměníkem přes rotametr vypouštěna do výlevky.

5.3 Schéma uspořádání měřicí tratě

Obr. 10.



Obr. 11. Deskový výměník (vlevo), kondenzační kotel Vitodens 200 (vpravo), rotametr (dole)



5.4 Měřicí přístroje a zařízení

Pro změření průtoku sekundární vody bylo zvoleno průřezové měřidlo – průtokoměr s rotujícím tělískem – rotametr. Údaj přístroje závisí na hustotě měřené látky. Rotametr byl kalibrován na vodu o teplotě 15°C. Hustota vody se v závislosti na teplotě mění pouze minimálně, proto bylo možné odečítat hodnoty přímo ze stupnice rotametru. Chyba nepřevyšuje jedno procento.

Průtok primárního okruhu byl na základě možných měření a podle [39], [40], [41] předpokládán konstantní.

Teploty vstupní i výstupní vody primárního i sekundárního okruhu byly měřeny termočlánky, jejichž měřicí spoje byly připevněné k měděným trubkám objímkami, co nejbližší výměníku; jejich umístění je znázorněno ve schématu.

Parametry termočlánků:

typ článku:	K (chromel – alumel)
typ vedení:	GHGH oval
vodiče:	2 x 0,5 mm drát
izolace:	sp. sklo / sp. sklo

Termočlánky jsou spojeny se vstupně-výstupními jednotkami ADAM a nakalibrované pomocí kalibrační pece. V této jednotce je i čip se srovnávacím koncem. Jednotka je přes sériový kabel RS232 spojena s osobním počítačem. Výrobce Adventech dodává aplikaci pro získání dat a kontrolu – Genie. Pomocí tohoto programu jsem sestavil soubor pro zpracovávání a ukládání naměřených hodnot.

5.5 Popis měření

Pro účel měření jsme stanovili počáteční podmínky – teplota kotlové vody je v rozmezí 18 – 22 °C, teplota vody z vodovodní sítě 6 – 10 °C.

Postup měření:

- 1) Bylo provedeno spuštění vody v sekundárním okruhu.
- 2) Na rotametu se nastavil průtok vody v sekundárním okruhu.
- 3) Na kotli byla nastavena křivka topné charakteristiky.
- 4) Bylo spuštěno zaznamenávání dat na počítači.
- 5) Po ustálení teploty a průtoku v primárním okruhu byl zapnut kotel.

6) Během měření se zaznamenávalo zapínání a vypínání hořáku kotle.

Měření bylo provedeno pro parametry, které jsou uvedeny v Tab. 4 a Tab. 5.

Tab. 4

Vitoltronic 200 – ekvitermní řízení	
Sklon topné charakteristiky	Průtok vody primárním okruhem [l/hod]
0,2	100
0,2	200
0,4	100
0,4	150
0,6	100
0,7	100
1,4	100
1,4	400
2,6	100
2,6	400

Tab. 5

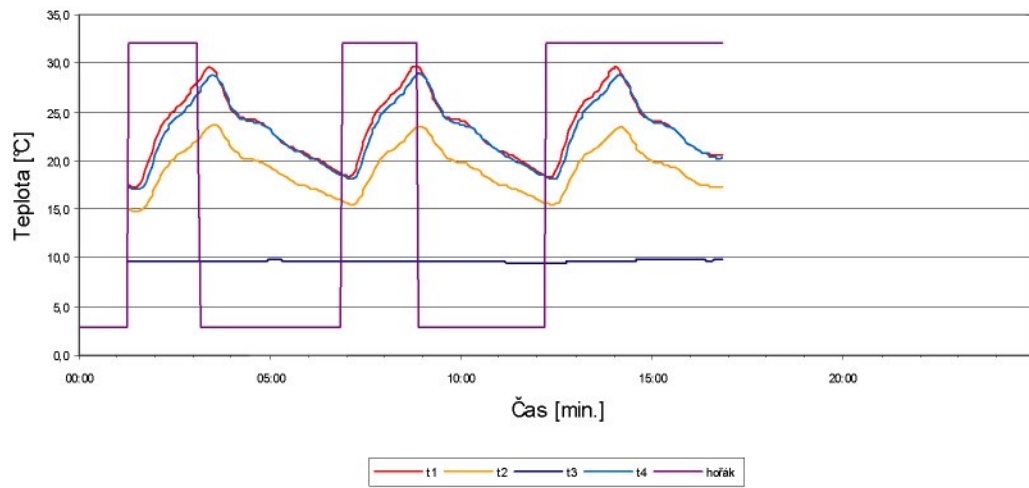
Vitoltronic 100 – konstantní teplota kotlové vody	
Teplota kotlové vody [°C]	Průtok vody primárním okruhem [l/hod]
42	100
42	400
55	100
65	100

5.6 Naměřená data

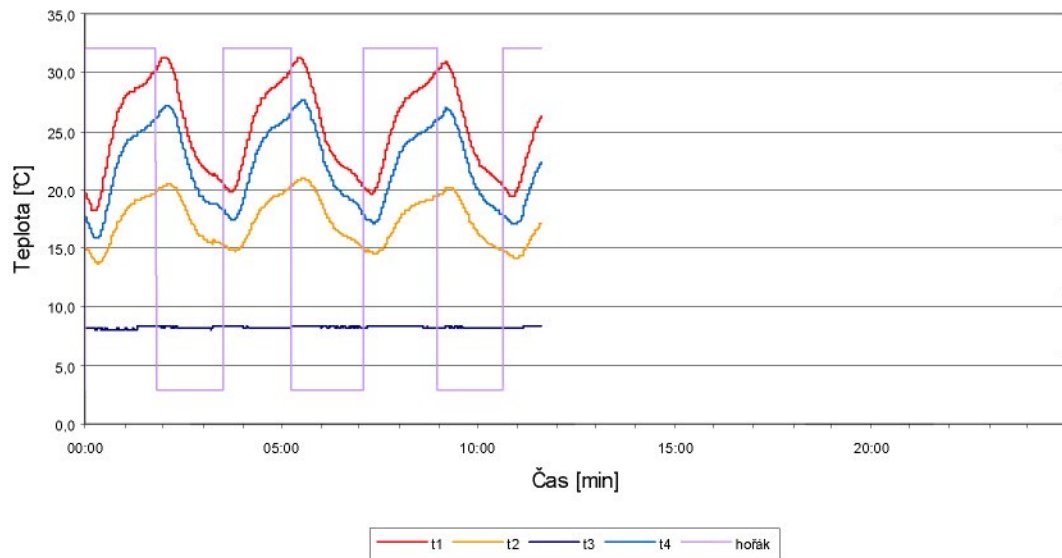
5.6.1 Měření s jednotkou kotle pro ekvitermní řízení

V kotli je vložena řídicí jednotka Vitoltronic 200. Na teplotní čidlo venkovní teploty je napojen dekádový můstek vzor MLG, němž je nastaven odpor $490\ \Omega$, což odpovídá přibližně 0°C .

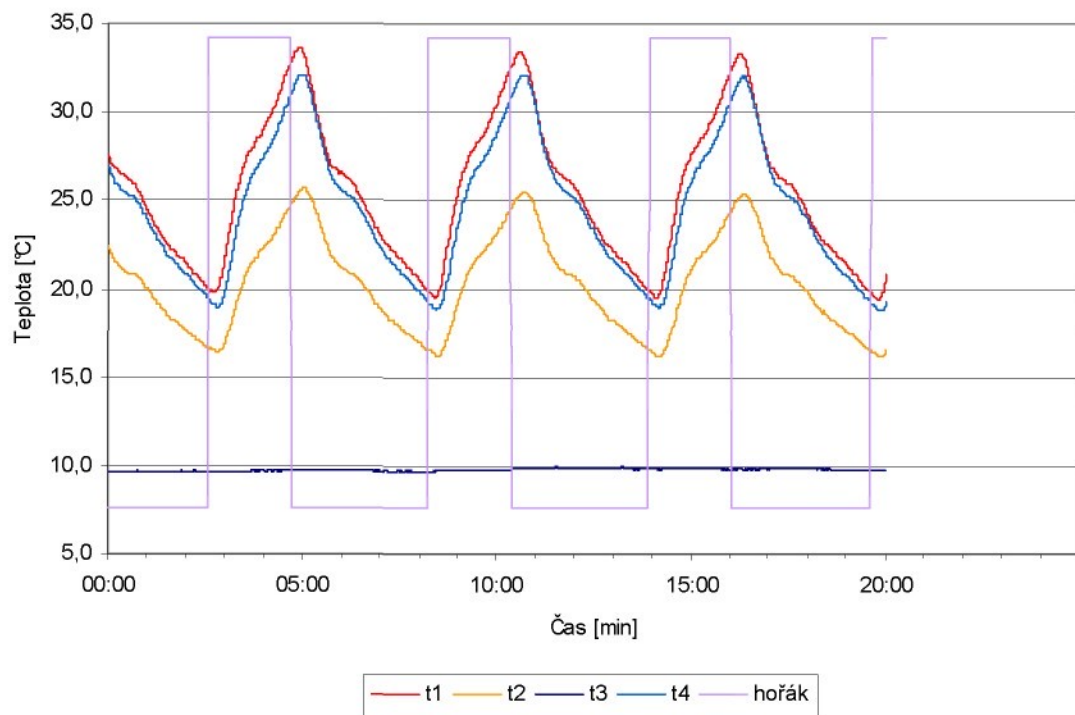
Sklon 0,2, průtok 100 l/hod



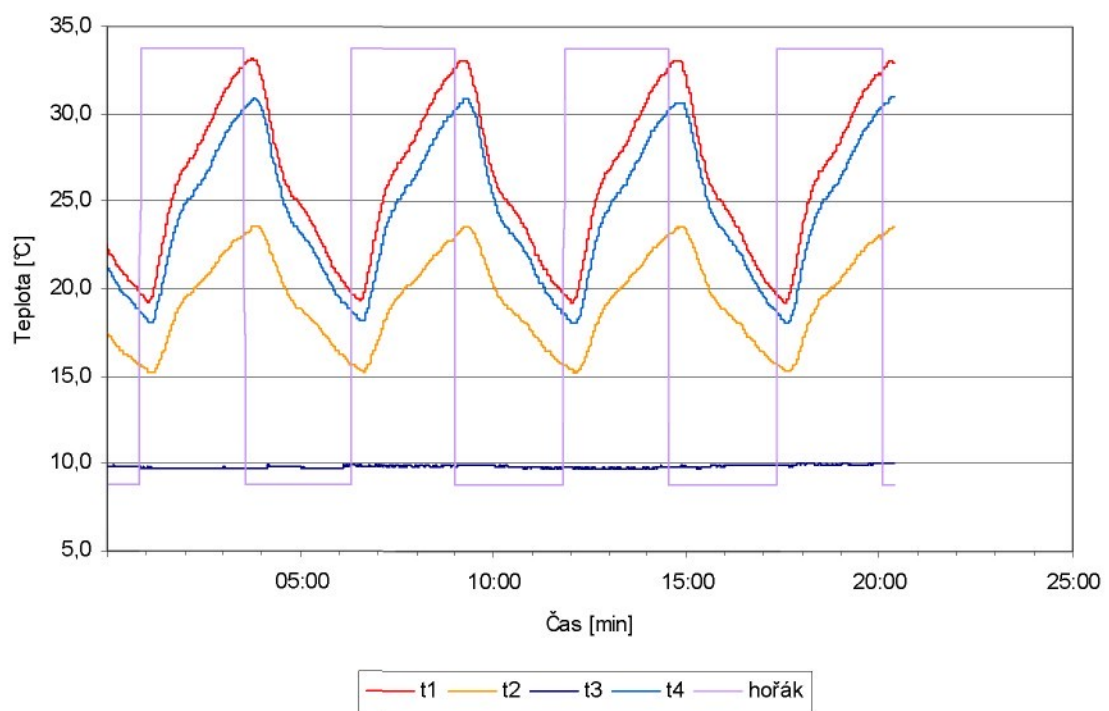
Sklon 0,2, průtok 200 l/hod



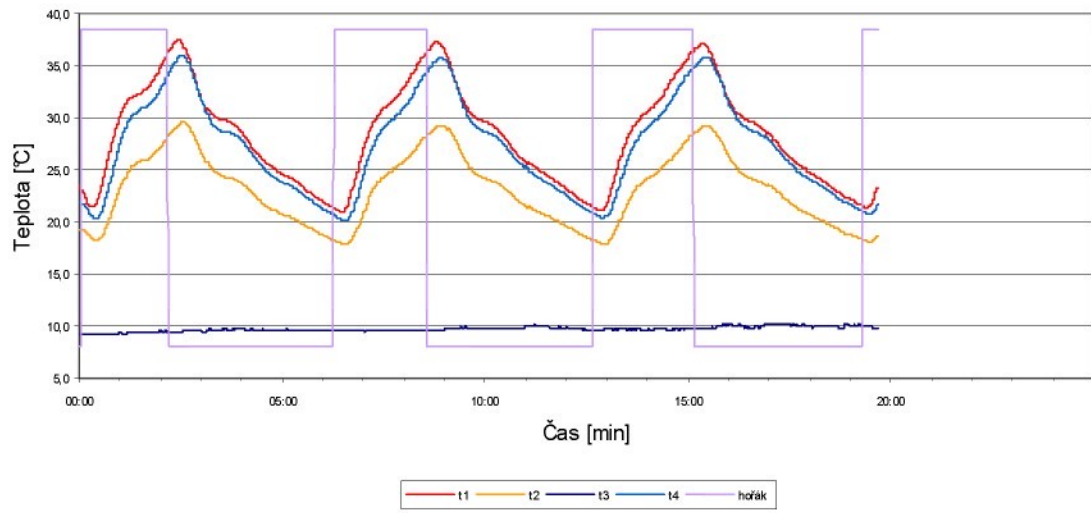
Sklon 0,4, průtok 100 l/hod



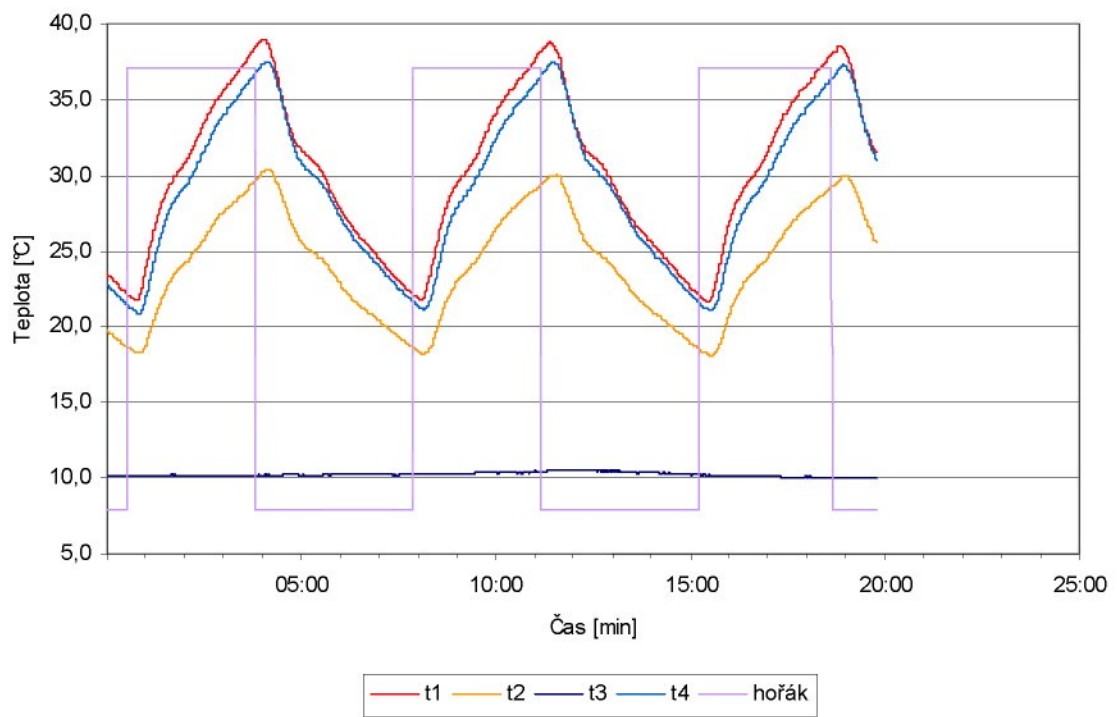
Sklon 0,4, průtok 150 l/hod



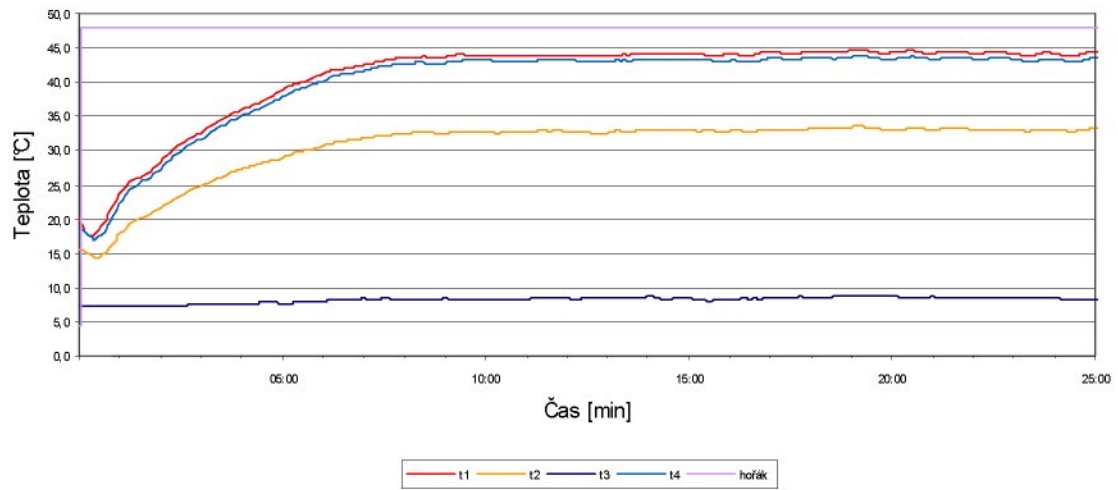
Sklon 0,6, průtok 100 l/hod



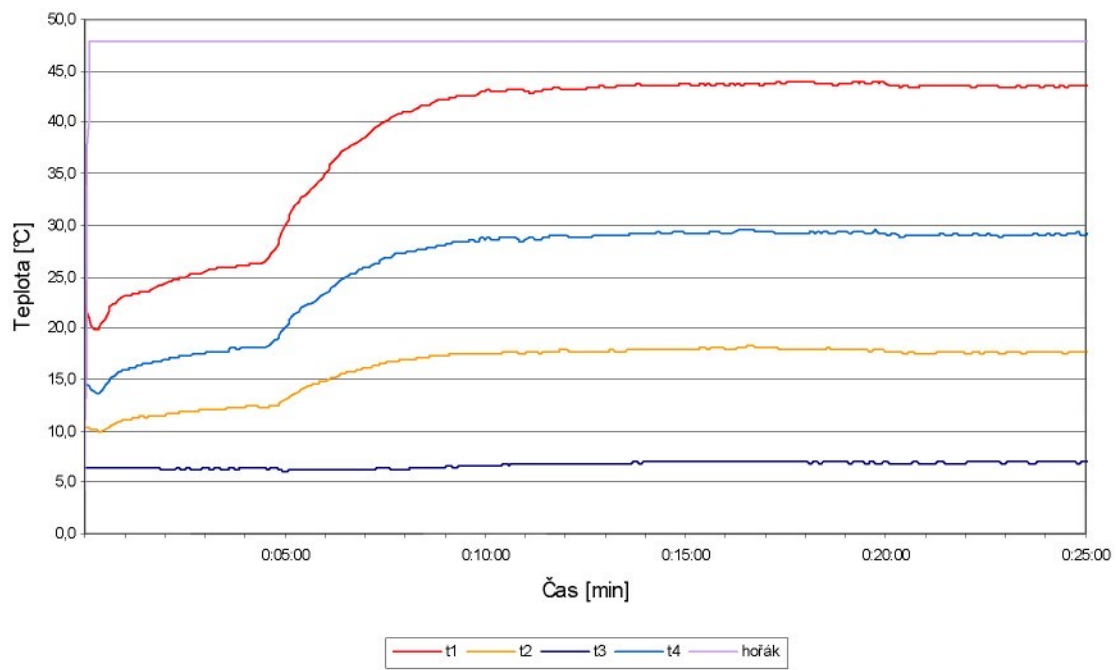
Sklon 0,7, průtok 100 l/hod



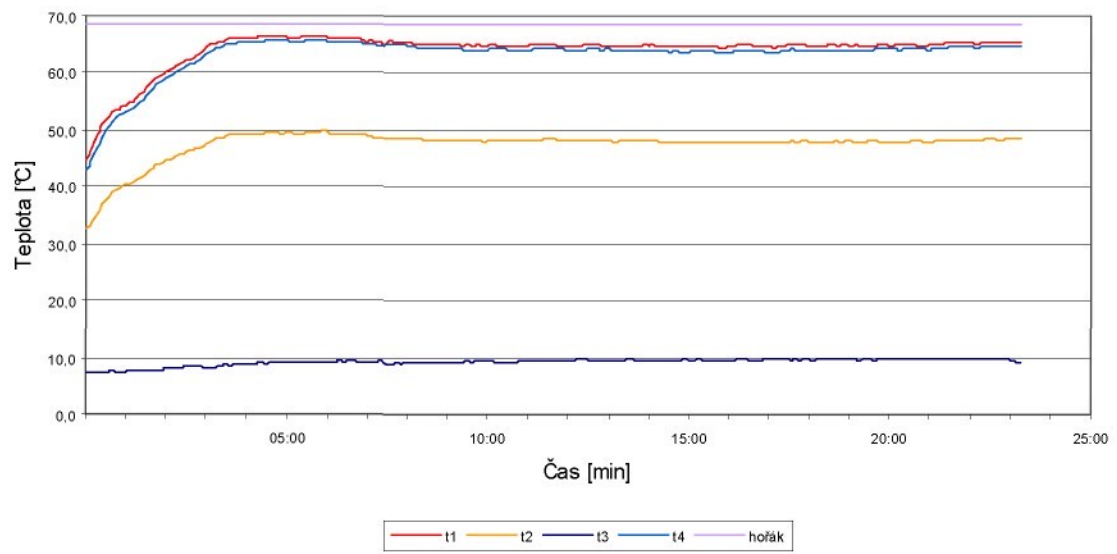
Sklon 1,4, průtok 100 l/hod



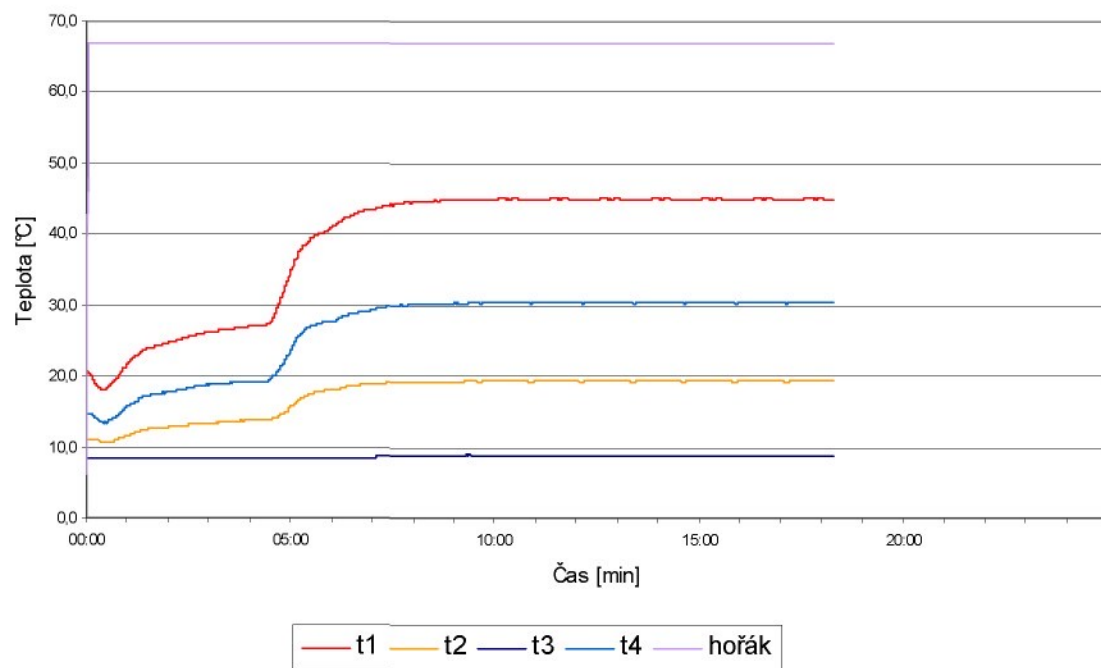
Sklon 1,4, průtok 400 l/hod



Sklon 2,6, průtok 100 l/hod



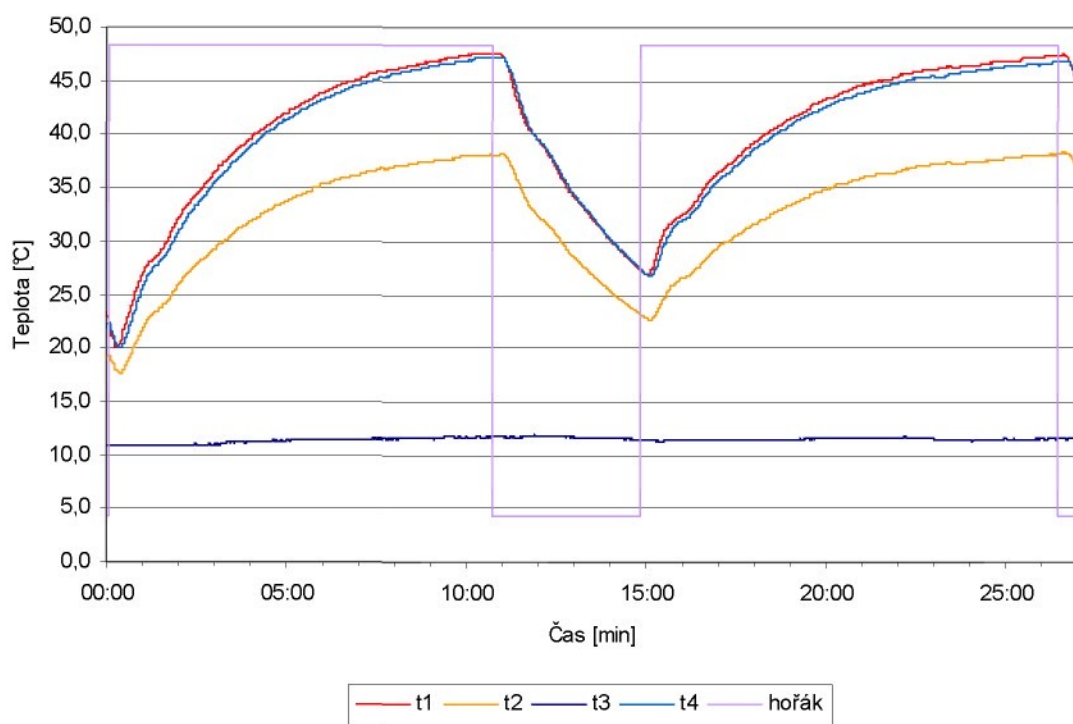
Sklon 2,6, průtok 400 l/hod



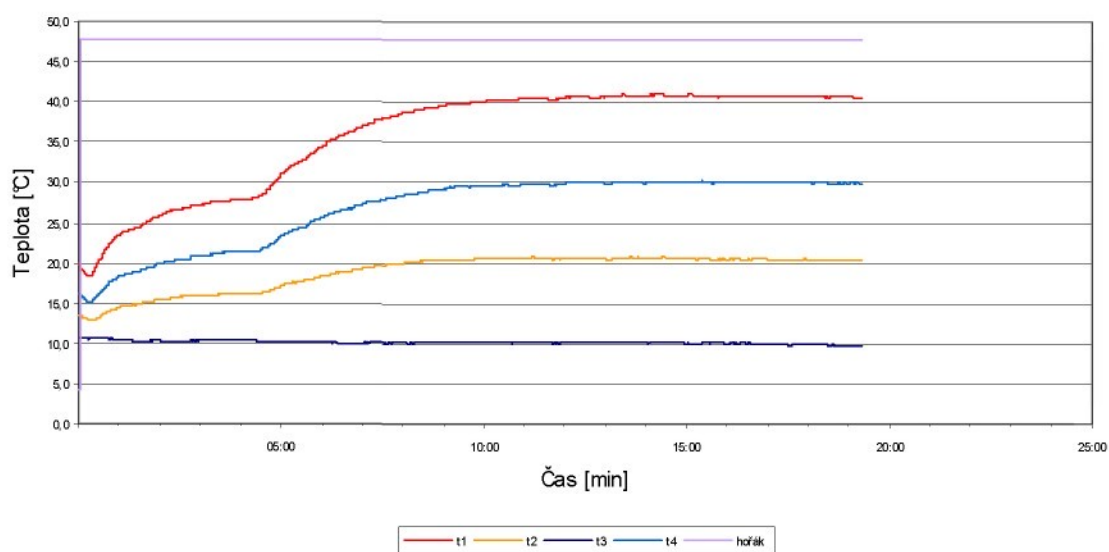
5.6.2 Měření s jednotkou pro provoz kotle s konstantní teplotou kotlové vody

V kotli je vložena jednotka Vitotronic 100, která umožňuje pouze nastavení teploty kotlové vody (v rozmezí 42 až 84°C).

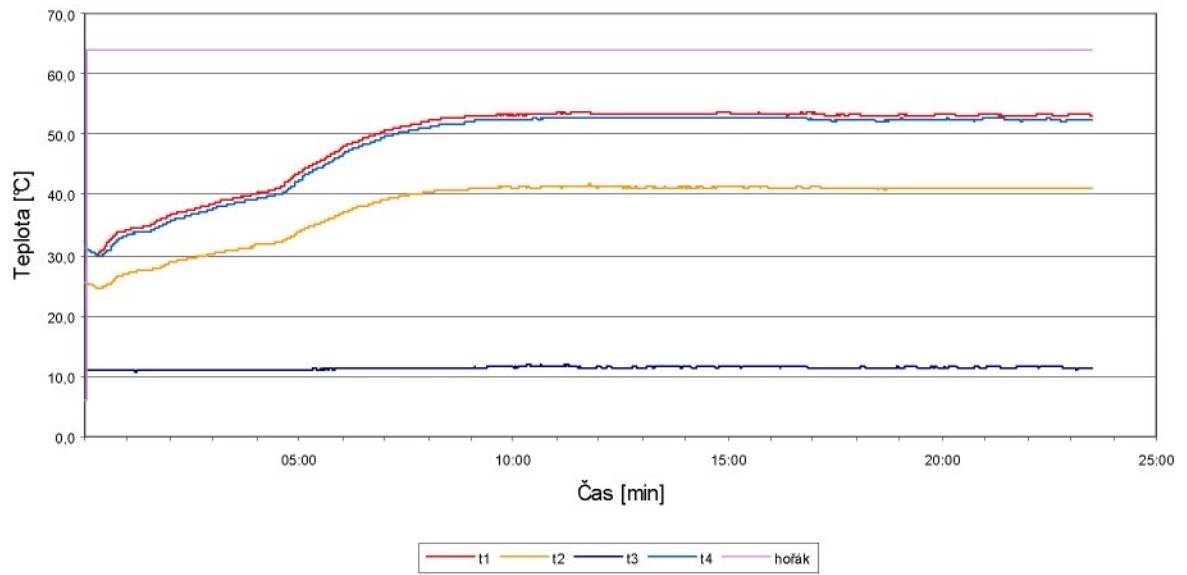
42°C, průtok 100 l/hod



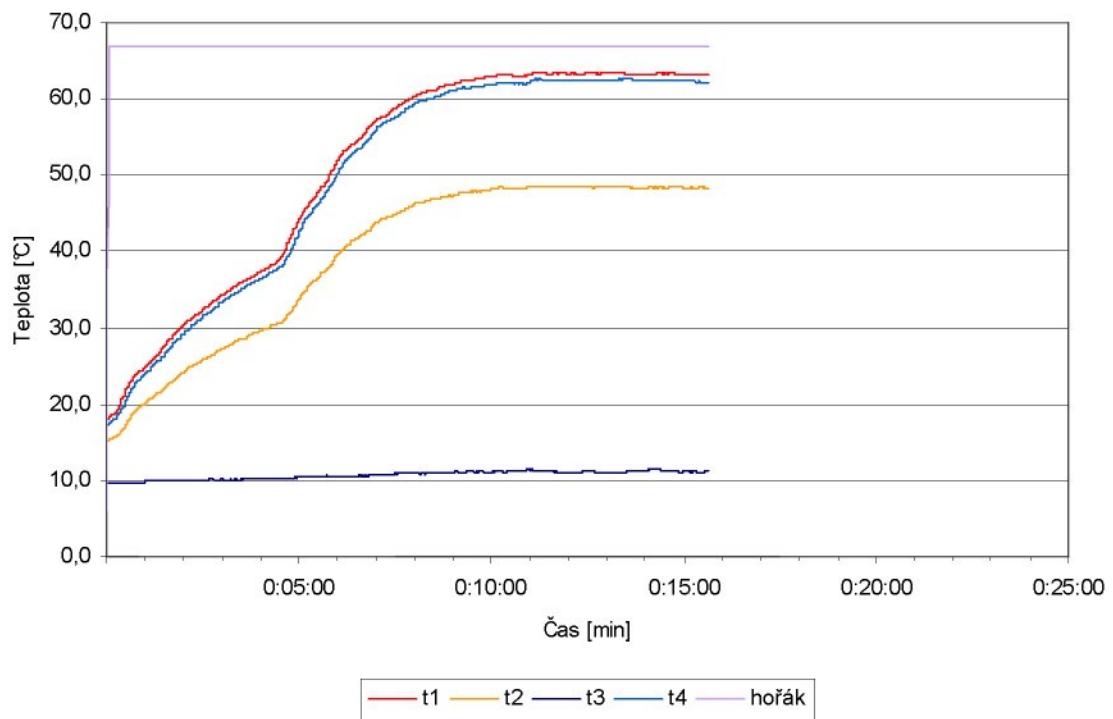
42°C, průtok 400 l/hod



55°C, 100 l/hod



65°C, 100 l/hod



6 Závěr

Z naměřených dat jsem sestavil grafy se stejnými časovými základnami, aby byly vzájemně porovnatelné. Lze z nich vyčíst několik zajímavých skutečností.

Za určitých podmínek nedojde k vypnutí hořáku kotle. K tomuto jevu dochází při vyšších průtocích vody primárním okruhem a při zvyšování sklonu topné charakteristiky (kdy dochází ke zvyšování požadované teploty kotlové vody). Příčinou je chladicí výkon výměníku, který je přímo úměrný průtočnému množství vody (7), a který je v daných případech vyšší než výkon kotle. Kotel tak nemůže dosáhnout požadované teploty kotlové vody, kdy jeho hořák vypíná.

Z ostatních případů lze určit periodu zapínání hořáku kotle, která je maximální (14:47 minut) pro konstantní teplotu kotlové vody 42°C a průtok primární vody výměníkem 100 l/hod, a minimální (3:33 minuty) pro sklon 0,2 a průtok primární vody výměníkem 200 l/hod.

Z křivek ohřevu je patrné, že teplota kotlové vody neroste plynule podle exponenciální křivky. Došli jsme k názoru, že to je způsobeno řídicí jednotkou kotle, která mění modulaci hořáku. Další příčinou by mohla být změna otáček dvoustupňového čerpadla, v tomto případě by ovšem byl mylný předpoklad, že čerpadlo kotle bude mít konstantní otáčky.

Do měření vstupovalo mnoho vnějších vlivů, kterým šlo za daných podmínek bohužel těžko zabránit. Mezi nejvýznamnější bych zařadil kolísání tlaku a teploty ve vodovodním řádu.

7 Použité informační zdroje

- [1] BAŠTA, J. *Regulace vytápění*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02582-9
- [2] BROŽ, K. *Vytápění*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02536-5
- [3] Ceny elektrické energie platné od 1.1.2005. In *TZB-info portál pro technická zařízení budov* [online]. [cit. 15. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=14>>
- [4] Ceny zemního plynu platné od 1.1.2005, 1.4.2005. In *TZB-info portál pro technická zařízení budov* [online]. [cit. 15. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=13>>
- [5] ČERNÝ, M., Termoelektrické články pro měření teploty. *Monografie ÚVP*. 2. vyd. Praha: Ústav pro výzkum a využití paliv, 1989. ISBN 80-85101-00-9
- [6] *Die Welt der Wärme Heizung und Warmwasserbereitung mit Junkers* [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.junkers.com/de/de/ek/index.html>>
- [7] FÍK, J. Hořáky pro spalování zemního plynu (I). In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 23. 9. 2004 [online]. [cit. 12. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2153>>
- [8] FÍK, J. Hořáky pro spalování zemního plynu (II). In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 6. 10. 2004 [online]. [cit. 12. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2170>>
- [9] FÍK, J. Hořáky pro spalování zemního plynu (III). In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 13. 10. 2004 [online]. [cit. 12. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2183>>
- [10] FÍK, J. Plynové spotřebiče (I). In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 9. 6. 2004 [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2019>>
- [11] FÍK, J. Plynové spotřebiče (II). In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 16. 6. 2004 [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2028>>
- [12] FÍK, J. Plynové spotřebiče (III). In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 23. 6. 2004 [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2039>>

- [13] FÍK, J. Spalovací vlastnosti ZP (I). In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 30. 4. 2004 [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1963>>
- [14] FÍK, J. Spalovací vlastnosti ZP (II). In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 11. 5. 2004 [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1980>>
- [15] FÍK, J. Účtování spotřeby zemního plynu v kilowatthodinách. In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 2. 6. 2004 [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2012>>
- [16] FUČÍK, Z. Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů. In *TZB-info portál pro technická zařízení budov*, 2. 4. 2004 [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1912>>
- [17] *Genie: User's Guide*. 1st ed. Sunnyvale: American Advantech Corporation, 1993 – 1995
- [18] History of STIEBEL ELTRON. In *STIEBEL ELTRON Technik zum Wohlfühlen* [online]. [cit. 10. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.stiebel-eltron.com/index.php/en/1/1/unternehmen/portrait/geschichte/index.php>>
- [19] Hřejivá síla ohně (1. díl). In *Buderus Magazin*. Praha: 2001, roč. V., č. 1., s. 3-5.
- [20] Hřejivá síla ohně (2. díl). In *Buderus Magazin*. Praha: 2001, roč. V., č. 2., s. 4-7.
- [21] KARTÁK, J., JANEBA, B. a ŠULA, O. *Dynamika a regulace parních kotlů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1981.
- [22] LÁZŇOVSKÝ, M., aj. *Vytápění rodinných domků*. 1. vyd. Praha: T. Malina, 1996. ISBN 80-901975-2-3
- [23] *Nařízení vlády č. 25/2003 Sb.*, kterým se stanoví technické požadavky na účinnost nových teplovodních kotlů spalujících kapalná nebo plynná paliva
- [24] NOVÝ, R., aj. *Technika prostředí*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02108-4
- [25] NOŽIČKA, J. *Základy termomechaniky*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02409-1
- [26] Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. In *TZB-info portál pro technická zařízení budov* [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=269>>

- [27] *Procom Bohemia s. r. o.: Filozofie* [online]. [cit. 10. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.geminox.cz/filozof.html>>
- [28] Přehled cen dřevní štěpky. In *TZB-info portál pro technická zařízení budov* [online]. [cit. 15. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=37>>
- [29] Přehled cen extra lehkého topného oleje. In *TZB-info portál pro technická zařízení budov* [online]. [cit. 15. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=19>>
- [30] Přehled cen peletek. In *TZB-info portál pro technická zařízení budov* [online]. [cit. 15. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=43>>
- [31] *Severočeská plynárenská, a.s.* [online]. [cit. 10. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.rwe-scp.cz>>
- [32] SOUKUP, J. Stanovení statických vlastností plováčkového průtokoměru – rotametru. In *ČVUT – FS: Ústav přístrojové a řídicí techniky*. [online]. [cit. 20. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.fsid.cvut.cz/cz/u210/tem/ulohy/rotametr.doc>>
- [33] STEHLÍK, P., KOHOUTEK, J. a NĚMČANSKÝ, J. *Tepelné pochody: Výpočet výměníku tepla*. 1. vyd. Brno: VUT, 1991. ISBN 80-214-0363-2
- [34] *Stiebel Eltron: Technika pro Vaše pohodlí* [online]. [cit. 12. 5. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.stiebel-eltron.cz/>>
- [35] URBÁŠEK, J. *Návody ke cvičením z technického měření na strojích a strojním zařízení*. 1. vyd. Liberec: VŠST, 1978.
- [36] VORÁČEK, R. *Automatizace a automatizační technika 2: Automatické řízení*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-247-5
- [37] *Viessmann: Die Unternehmenschronik*. Allendorf (Eder), Viessmann Werke, 2003
- [38] *Viessmann: Kurzportrait*. Allendorf (Eder), Viessmann Werke, 2004
- [39] *Vitodens 200: List technických údajů*. Chrastany: Viessmann spol. s r. o.
- [40] *Vitodens 200: Návod k montáži*. Chrastany: Viessmann spol. s r. o.
- [41] *Vitodens 200: Servisní návod*. Chrastany: Viessmann spol. s r. o.
- [42] *Vitodens – plynové kondenzační kotle: Projekční návod*. Chrastany: Viessmann spol. s r. o.
- [43] *Zemní plyn* [online]. [cit. 28. 4. 2005]. Dostupné z WWW: <<http://www.zemniplyn.cz/>>

8 Seznam příloh

1. Přehled milníků současných firem v oblasti vytápění – 2 strany
2. Technické údaje kotle Vitodens 200 – 1 stránka
3. Topné charakteristiky kotle Vitodens 200 – 1 stránka

Přílohy

1. Přehled milníků současných firem v oblasti vytápění

Firma, rok a místo založení	Významné milníky
Junkers, 1892, Německo	1892 zřídil Hugo Junkers výrobu plynových průtokových ohřivačů a plynového vytápění, byl mu udělen patentu na kalorimetr 1894 Junkersův kalorimetr se stal základem plynových koupelňových kamen. Přihlášení patentu na průtokový ohřivač 1932 Hugo Junkers prodal Junkers & Co firmě Robert Bosh GmbH 1968 Junkers zavedl jako první výrobce piezo-elektrická zapalování plynových zařízení 1978 zavedení kotle s plynulou (nepřerušovanou) regulací tepla 1982 zavedení kotle s automatickým zapalováním 1989 Junkers uvedl na trh jako první v Německu závěsné plynové kotle 1998 lamelový hořák 2001 hydrodynamický generátor zdrojem energie pro zapálení plamene (velice pozoruhodný systém, nepotřebuje přívod elektrické energie)
De Dietrich, 1684, Francie	1684 Jean Dietrich založil kovárnu 1905 De Dietrich zastavil výrobu automobilů a zaměřil se na produkci vybavení pro chemický průmysl a ústřední vytápění 1954 zahájení výroby litinových článkových kotlů o výkonu nad 1 MW jako první v Evropě 1960 čelní pozice v oblasti vývoje kotlů pro přetlakové spalování tekutých a plyných paliv
Stiebel Eltron, 1924, Berlín	1924 zakladatel Theodor Stiebel vyvinul první ponorný kruhový elektrický vařič 1927 vyroben první malý průtokový ohřivač vody (1kW) 1938 bylo vydáno 35 Německých a 12 mezinárodních patentů 1958 vypuštěn první nástěnný kotel EBK 5 1973 produkce se rozšiřuje o plynová zařízení 1976 vývoj tepelných čerpadel využívajících energii ze vzduchu pro domácnosti i průmysl 1987 světové prvenství v uvedení plně elektronicky ovládaného průtokového ohřivače 1977 myšlenka využití sluneční energie podnítila vývoj slunečních kolektorů
Buderus, 1731, Laubach	1731 J.W.Buderus se stává majitelem hutního závodu, který se mimo jiné zabýval výrobou kamen 1879 patent na kamna se spodním odhoříváním 1898 výroba litinových kotlů podle vlastních patentů
Viessmann, 1917 Allendorf	1917 Johann Viessmann zakládá zámečnickou dílnu na výrobu zemědělských strojů 1928 první výroba kamen vyrobených z oceli 1957 uvádí na trh kamna pro dva druhy paliv 1962 průtokový ohřivač z mědi 1965 patent na kamna s vestavěnou antikorozi nádrží užitkové vody 70. léta vývoj nízkoteplotních kotlů – topné plochy ze dvou kovů (ocel + litina) se stávají milníkem v topné technice 1972 světová premiéra – kotel z ušlechtilé oceli 1976 výroba slunečních kolektorů, zaveden modularity a unifikace dílů umožňující rychlou montáž kotlů a systém zástrček umožňující snadnou montáž regulace a regulačních prvků. spalovací komora z ušlechtilé oceli umožňující čisté spalování s vysokou účinností 1978 uvedení tepelných čerpadel na trh, použit mikroprocesor pro ovládání a řízení

Firma, rok a místo založení	Významné milníky
	90. léta vývoj kondenzačních kotlů
Vaillant, Remscheid	1894 patentuje Johann Vaillant uzavřený systém plynových koupelnových kamen 1905 „gejzír“ 1961 plynový průtokový ohřívač vody 21. století vývoj topných palivových článků

2. Technické údaje kotle Vitodens 200

Plynový kotel, provedení C3, kategorie II _{2H} 3p	Topný plynový kotel		Kombinovaný plynový kotel
Rozmezí jmenovitého tepelného výkonu $T_{y/T_R} = 50/30\text{ °C}$ $T_{y/T_R} = 80/60\text{ °C}$	kW 8,8-26,0 8-24,7		8,8-26,0 8-24,7
Jmenovité tepelné zatížení	kW 8,4-25,7		8,4-25,7
Identifikační číslo výrobku	CE-0085 BO 0342		
Připojovací tlak plynu			
Zemní plyn	mbar	20	20
Zkapalněný plyn	mbar	50	50
Max. přípust. připojovací tlak plynu ^{1,2}			
Zemní plyn	mbar	25,0	25,0
Zkapalněný plyn	mbar	57,5	57,5
Max. elektr. příkon (včetně oběhového čerpadla)	W		120
Hmotnost	kg		54
Objem výměníku tepla	litrů		5,0
Objemový tok topné vody při zbytkové dopravní výšce 200 mbar	litrů/h		1060
Max. objemový tok (mezí hod- nota pro použití hydr. rozpojení)	litrů/h		1400
Jmenovité oběhové množství vody při $\Delta T = 20\text{ K}$	litrů/h		1118
Připust. provozní přetlak	bar		3
Připojky			
Vstup a výstup kotlové vody	G (vnější závit)	3/4	3/4
Pojistný přetlakový ventil	R (vnitřní závit)	3/4	3/4
Rozměry			
Délka	mm	380	380
Šířka	mm	480	480
Výška	mm	850	850
Výška se podstaveným zásob- níkovým ohřívacem vody	mm	1925	1925
Plynová přípojka	R (vnější závit)		1/2
Průtokový ohříváč ^{3,4}			
Objem na straně pitné vody	litrů	—	0,2
na straně topné vody	litrů	—	0,2
Připojky teplé a studené vody	G (vnější závit)	—	1/2
Připust. provozní přetlak (na straně pitné vody)	bar	—	10
Výtoková teplota nastavitelná	°C	—	38-57
Trvalý výkon pitné vody	kW	—	24
při ohřevu pitné vody z 10 na 45 °C	litrů/h	—	590
Odběrné množství	litrů/min	—	3-8
Připojovací hodnoty vztahy k max. zatížení plynem			
zemní plyn H	9,45 kWh/m ³	2,65	2,65
zemní plyn LL	34,01 MJ/m ³	3,08	3,08
zkapalněný plyn	8,13 kWh/m ³ 29,25 MJ/m ³ 12,79 kWh/m ³ 46,04 MJ/m ³	1,94	1,94
Charakteristika spalín ⁴			
Skupina hodnot spalín podle G 635/G 636	G ₅₂ /G ₅₁		G ₅₂ /G ₅₁
Teplota (při vstupní teplotě 30 °C)			
– při jmenovitém tepelném výkonu	°C	55	55
– při dílčím zatížení	°C	32	32
Teplota (při vstupní teplotě 60 °C)	°C	78	78
Hmotnostní tok			
– u zemního plynu			
– při jmenovitém tepelném výkonu	kg/h	42,0	42,0
– při dílčím zatížení	kg/h	14,0	14,0
– u zkapalněného plynu			
– při jmenovitém tepelném výkonu	kg/h	46,4	46,4
– při dílčím zatížení	kg/h	15,4	15,4
Disponibilní tah	Pa mbar		100 1,0

^{1,2}Údaje podle EN 677.

²Pokud je připojovací tlak plynu vyšší než max. přípust. připojovací tlak plynu, musí se před topné zařízení zapojit samostatný regulátor tlaku plynu.

³Minimální tlak pro přípojku studené vody 1 bar.

⁴Početní hodnoty pro dimenzování odtahového systému dle EN 13384.

Teploty spalín jako naměřené hrubé hodnoty při teplotě spalovacího vzduchu 20 °C.
Údaje k dílčímu zatížení se vztahují k výkonu 30% jmenovitého tepelného výkonu. Při odlišném dílčím zatížení (v závislosti na způsobu provozu hořáku) je třeba náležitě vypočítat hmotnostní tok spalín.
Teplota spalín při vstupní teplotě 30 °C je směrodatná pro dimenzování odtahového systému.
Teplota spalín při vstupní teplotě 60 °C slouží k určení rozsahu použití kouřovodů s max. přípustnými provozními teplotami.

3. Topné charakteristiky kotle Vitodens 200