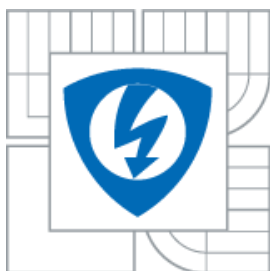




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

ANALÝZA KVALITY OVZDUŠÍ V BLÍZKOSTI
VYBRANÝCH ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ
ANALYSIS OF AIR QUALITY AROUND SELECTED ENERGY DEVICES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK PÁLL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL PTÁČEK, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Marek Páll

ID: 154825

Ročník: 3

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Analýza kvality ovzduší v blízkosti vybraných energetických zařízení

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Provedení rešerše současného stavu legislativy a souvisejících předpisů, jež jsou relevantní s problematikou analýzy kvality v ovzduší.
2. Souhrn teorie hodnocení kvality ovzduší vnitřních a venkovních prostorů. Shrnutí podstatných faktů.
3. Uskutečnění výběru prostorů a energetických zařízení vhodných pro provedení analýzy.
4. Návrh a příprava experimentů (pro různá zařízení, odlišné provozní podmínky atp.).
5. Realizace měření a zpracování výsledků.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Je vhodné využít českých předpisů a legislativy, resp. odborných článků databází IEEE, Web of Science, SCOPUS a jiné. Další literatura je stanovena dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 28.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA PRÁCE

PÁLL, M. *Analýza kvality ovzduší v blízkosti vybraných energetických zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 55 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Ptáček, Ph.D..

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, predovšetkým som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia §11 a nasledujúceho autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení časti druhej, hlavy IV. Díl 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Sb.

.....

POĎAKOVANIE

„Rád by som sa poďakoval môjmu vedúcemu Ing. Michalovi Ptáčkovi Ph.D., za jeho odbornú pomoc a cenné rady pri spracovaní bakalárskej práce. Ďalej ďakujem Ing. Ľuděkovi Ondrouškovi za jeho ochotu a odborné konzultácie. V neposlednom rade ďakujem mojej rodine a najbližším za podporu pri mojom štúdiu.“

Marek Páll



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

Analýza kvality ovzduší v blízkosti vybraných energetických zařízení

Marek Páll

vedoucí: Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2015

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Bachelor's Thesis

Analysis of air quality around selected energy devices

by

Marek Páll

Supervisor: Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

Brno University of Technology, 2015

Brno

ABSTRAKT

Práca sa zaoberá analýzou kvality ovzdušia v blízkosti energetických zariadení a hodnotením emisií spôsobovaných energetickými zariadeniami. V práci sú uvedené zákony a právne predpisy, ktoré súvisia s hodnotením kvality vnútorného a vonkajšieho ovzdušia. Ďalej je stručne objasnená problematika znečisťovania a znečistenia vonkajšieho ovzdušia a spôsob merania znečisťujúcich látok. Sú klasifikované a charakterizované hlavné znaky klimatických podmienok na pracovisku a ich prípustné limity. Ďalej sú špecifikované priestory v ktorých prebiehala analýza a je uvedený stručný priebeh merania. V ďalších častiach sú uvedené výsledky realizovaných meraní v blízkosti kotla spaľujúceho zemný plyn a kotla spaľujúceho drevnú štiepku. Posledná časť je venovaná zhodnoteniu výsledkov merania emisií.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: emisie; imisie; kvalita ovzdušia; mikroklimatické podmienky; znečisťovanie ovzdušia

ABSTRACT

My thesis deals with analysis of air quality close to power devices and with rating of emissions caused by these devices. In the work there are listed laws and regulations, which relate to the rating of indoor and outdoor air quality. Further, there is a briefly clarified problem of pollution, outdoor air pollution and methods of measurement of pollutants. Main characteristics of workplace climatic conditions and their permissible limits are classified and characterized. Areas where the analysis was done are specified and there is mentioned a brief course of the measurement. In further parts are stated results of measurements done close to the boiler, where natural gas is burned, and a boiler, where wood chips are burned. The last part is dedicated to evaluation of emissions measurement results.

KEY WORDS: air pollution; air quality; emissions; immissions; microclimatic conditions

OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV	11
ZOZNAM TABULIEK	12
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK	13
1 ÚVOD	15
2 LEGISLATÍVA	17
2.1 VONKAJŠIE PROSTREDIE	17
2.2 VNÚTORNÉ PROSTREDIE	17
3 HODNOTENIE KVALITY VONKAJŠIEHO OVZDUŠIA	18
3.1 ZNEČISTENIE OVZDUŠIA – IMISIE	18
3.2 ZNEČISŤOVANIE OVZDUŠIA – EMISIE	18
3.2.1 JEDNORAZOVÉ MERANIE EMISÍ.....	19
3.2.1.1 Intervaly jednorazového merania	20
3.2.1.2 Doba merania emisií.....	20
3.2.1.3 Princíp merania.....	20
3.3 METÓDY ZNIŽOVANIA EMISÍ DO OVZDUŠIA	20
4 KVALITA OVZDUŠIA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA	21
4.1 FAKTORY PRACOVNÉHO PROSTREDIA	21
4.1.1 FYZIKÁLNE FAKTORY PRACOVNÉHO PROSTREDIA	21
4.2 KLIMATICKÉ PODMIENKY NA PRACOVISKU	21
4.2.1 TEPLOTA VZDUCHU	22
4.2.2 RÝCHLOSŤ PRÚDENIA VZDUCHU	25
4.2.3 VLHKOSŤ VZDUCHU.....	25
4.2.4 ČISTOTA VZDUCHU NA PRACOVISKU	25
4.3 BUDOVA KOTOLNE	26
5 SPAĽOVANIE PALÍV V KOTLOCH	28
5.1 PRIESTORY VHODNÉ PRE ANALÝZU	28
6 NÁVRH A REALIZÁCIA EXPERIMENTU	29
6.1 PRÍSTROJOVÉ VYBAVENIE	29
6.1.1 MERACÍ PRÍSTROJ FLUKE 975.....	30
6.1.2 VIZUÁLNY INFRAČERVENÝ TEPLOMER FLUKE VT02.....	30
7 ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV	31
7.1 KOTOL SPAĽUJÚCI ZEMNÝ PLYN	31
7.2 KOTOL SPAĽUJÚCI DREVNÚ ŠTIEPKU	34
7.3 JEDNORAZOVÉ MERANIE EMISÍ KOTLOV SPAĽUJÚCICH ZEMNÝ PLYN	37
8 ZÁVER	41
POUŽITÁ LITERATÚRA	42
PRÍLOHY	44

A KOTOL SPAJUJÚCI ZEMNÝ PLYN	44
B KOTLY SPAJUJÚCE DREVNÚ ŠTIEPKU	49
C MERANIE EMISÍI	54

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obr. 7-1 Teplota prostredia zaznamenaná v priestore pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 7-2 Relatívna vlhkosť v prostredí pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 7-3 Koncentrácia oxidu uhličitého v prostredí pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 7-4 Rýchlosť prúdenia vzduchu v prostredí pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu.....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 7-5 Teplota rosného bodu v prostredí pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu.....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 7-6 Teplota zaznamenaná v blízkosti pred kotlom vyššieho výkonu, nižšieho výkonu a medzi týmito kotlami</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 7-7 Relatívna vlhkosť v prostredí pred kotlom nižšieho výkonu, pred kotlom vyššieho výkonu a medzi kotlami.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 7-8 Koncentrácia oxidu uhličitého vyjadrená v jednotách ppm pred kotlom vyššieho výkonu, pred kotlom nižšieho výkonu a medzi kotlami</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 7-9 Teplota rosného bodu pri meraní pred kotlom vyššieho výkonu, pred kotlom nižšieho výkonu a medzi kotlami</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 7-10 Rýchlosť prúdenia vzduchu pred kotlom vyššieho výkonu, pred kotlom nižšieho výkonu, medzi kotlami.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 7-11 Koncentrácia oxidu dusičitého pre kotol K1 a K2 z nameraných hodnôt prepočítaných na vzťažné podmienky A</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 7-12 Koncentrácia oxidu siričitého pre kotol K1 a K2 z nameraných hodnôt prepočítaných na vzťažné podmienky A</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 7-13 Koncentrácia oxidu uhoľnatého pre kotol K1 a K2 z nameraných hodnôt prepočítaných na vzťažné podmienky A</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 7-14 Nameraný obsah kyslíka v spalínach v percentách objemu pre kotol K1 a K2.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. A-1 Termografický snímok časti konštrukcie kotla spaľujúceho zemný plyn, ktorý zobrazuje maximálnu povrchovú teplotu počas merania.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. A-2 Detail zvýšenia tepelného výkonu počas merania.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. B-1 Termografický snímok časti konštrukcie kotla nižšieho výkonu spaľujúceho drevnú štiepku, ktorý zobrazuje maximálnu povrchovú teplotu počas merania</i>	<i>49</i>
<i>Obr. B-2 Termografický snímok časti konštrukcie kotla vyššieho výkonu spaľujúceho drevnú štiepku, ktorý zobrazuje maximálnu povrchovú teplotu počas merania</i>	<i>49</i>

ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. 4-1 Triedy práce podľa nariadenia vlády č. 361/2007 Sb., príloha č.1 (prevzaté z [12])....</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 4-2 Prípustné mikroklimatické podmienky podľa nariadenia vlády č. 361/2007Sb., príloha č.1 (prevzaté z [12]).....</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 4-3 Mikroklimatické podmienky pre klimatizované pracovisko triedy I a IIa podľa nariadenia vlády č. 361/2007 Sb. (prevzaté z [12]).....</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 4-4 Zoznam chemických látok a ich prípustné expozičné limity (PEL) a najvyššia prípustná koncentrácia (NPK-K) (prevzaté z [12]).....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 7-1 Namerané hodnoty koncentrácie tuhých znečisťujúcich látok TZL pre kotol K1 a K2 prepočítané na vzťažné podmienky A.....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 7-2 Prehľad emisií prevádzok spaľujúcich ako palivo zemný plyn alebo biomasu vyjadrených v tonách za obdobie jedného roka (prevzaté z [19]).....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. A-1 Namerané hodnoty pred kotlom spaľujúceho zemný plyn.....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. A-2 Namerané hodnoty nad kotlom spaľujúceho zemný plyn.....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. A-3 Namerané hodnoty pred kotlom spaľujúceho zemný plyn pri zvýšenom výkone.....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. B-1 Namerané hodnoty pred kotlom vyššieho výkonu spaľujúceho drevnú štiepku.....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. B-2 Namerané hodnoty pred kotlom nižšieho výkonu spaľujúceho drevnú štiepku.....</i>	<i>51</i>
<i>Tab. B-3 Namerané hodnoty medzi kotlami spaľujúcimi drevnú štiepku.....</i>	<i>52</i>
<i>Tab. C-1 Namerané hodnoty koncentrácie oxidu dusičitého pre kotol K1 a K2 prepočítané na vzťažné podmienky A.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. C-2 Namerané hodnoty koncentrácie oxidu siričitého pre kotol K1 a K2 prepočítané na vzťažné podmienky A.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. C-3 Namerané hodnoty koncentrácie oxidu uhoľnatého pre kotol K1 a K2 prepočítané na vzťažné podmienky A.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. C-4 Nameraný obsah kyslíka v spalinách v percentách objemu pre kotol K1 a K2.....</i>	<i>55</i>

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

Značka	Popis	Jednotka
<i>C</i>	koncentrácia látky prepočítaná na vzťahné podmienky	mg·m ⁻³
<i>C_c</i>	koncentrácia látky	ppm
<i>C_d</i>	dovolená koncentrácia látky	mg·m ⁻³
<i>C_n</i>	koncentrácia látky pri prevádzkových podmienkach	mg·m ⁻³
<i>DP</i>	rosný bod	°C
<i>M</i>	energetický výdaj zamestnanca	W·m ⁻²
<i>NPK-P</i>	najvyššia prípustná koncentrácia	mg·m ⁻³
<i>o_r</i>	referenčný obsah kyslíka v spalinách	%
<i>o_p</i>	nameraný obsah kyslíka v spalinách	%
<i>p</i>	tlak nosného plynu	Pa
<i>PEL</i>	prípustný expozičný limit chemickej látky	mg·m ⁻³
<i>RH</i>	relatívna vlhkosť	%
<i>T</i>	teplota	°C
<i>t</i>	čas	s
<i>t_g</i>	výsledná teplota guľového teplomera	°C
<i>v</i>	rýchlosť prúdenia vzduchu	m·s ⁻¹
<i>w</i>	obsah vodnej pary v spalinách	%

Skratka	Popis
A	vzťahné podmienky pre prepočet koncentrácie
As	arzén
BAT	najlepšie dostupné techniky (Best Available Techniques)
BREF	referenčné dokumenty o najlepších technikách (Best Available Techniques Reference Document)
Cd	kadmium
CO	oxid uhoľnatý
CO ₂	oxid uhličitý
C ₇ H ₈	toluén
C ₃ H ₆ O	acetón
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
D	pri expozícií sa uplatňuje prenikanie látky kožou

EÚ	Európska únia
I	látka dráždi sliznicu, oči, kožu
IKO	Index kvality ovzdušia
ISKO	Informačný systém kvality ovzdušia
MŽP	Ministerstvo životného prostredia
Ni	nikel
NO _x	oxidy dusíka
NO ₂	oxid dusičitý
NPSE	Národný program znižovania emisií
O ₃	ozón
P	nemožno vylúčiť závažné neskoré účinky látky
ppm	výraz pre jednu milióntinu celku
REZZO	Register emisií zdrojov znečisťovania ovzdušia
SO ₂	oxid siričitý
TZL	tuhá znečisťujúca látka
ŽP	životné prostredie

1 ÚVOD

V dôsledku neustálej modernizácie a zlepšovania pracovných postupov sa zvyšujú požiadavky na tvorbu a úpravu pracovného prostredia. Kvalita ovzdušia vnútorného prostredia je úzko spätá s kvalitou vonkajšieho prostredia, keďže nedokážeme vytvoriť kvalitné prostredie v interiéroch ak sa v životnom prostredí (ŽP) bude nachádzať množstvo imisí a nebudú sa skvalitňovať procesy pre elimináciu emisií vplyvom výrobných procesov.

Vypúšťanie emisií do ovzdušia patrí v súčasnosti vo svete k jedným z najväčších problémov. Znečistené ovzdušie poškodzuje nielen ľudské zdravie ale aj životné prostredie. Dlhodobým cieľom Európskej únie (EÚ) je dosiahnuť také úrovne kvality ovzdušia, ktoré nevedú k neprijateľným vplyvom na ľudské zdravie a životné prostredie.

Fosílna palivá patria k vyčerpatelným, neobnoviteľným zdrojom energie, preto je nutné riešiť znižujúcu sa zásobu týchto energetických zdrojov. Medzi fosílna palivá patria uhlie, ropa, zemný plyn a iné. Pri spaľovaní fosílnych palív dochádza k emisiám znečisťujúcich látok do ovzdušia. Tieto látky predstavujú riziko pre obyvateľstvo ale taktiež v ich dôsledku dochádza k značnému ovplyvňovaniu globálnej zmeny klímy. Z týchto dôvodov je nutné hľadať alternatívne zdroje energie.

Hlavným zákonom Českej republiky (ČR), ktorý sa týka energetiky je Zákon č. 458/2000 Sb., o podmienkach podnikania a o výkone správy v energetických odvetviach tzv. energetický zákon. Tento zákon upravuje podmienky pre odvetvia elektroenergetiky, plynárenstva a teplárenstva. V ČR sa na výrobe energie podieľajú jadrové, tepelné, vodné a v malom rozsahu prispievajú k výrobe elektrickej energie aj fotovoltaické a veterné elektrárne.

O výhodnosti použitia obnoviteľných zdrojov nemožno pochybovať. Podľa Zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojoch energie sa sem zaradzujú obnoviteľné nefosílna prírodné zdroje energie, ktorými sú energia vetra, energia slnečného žiarenia, geotermálna energia, energia vody, energia vzduchu, energia biomasy, energia skládkového plynu, energia kalového plynu z čistiarní odpadových vôd a energia bioplynu. Aj keď v súčasnosti nie sú tieto zdroje schopné v plnom rozsahu zabezpečiť energetické potreby krajiny, je nutné ich používať v čo najväčšom rozsahu.

Hlavným európskym trendom v oblasti energetiky sú úsporné opatrenia spojené s novými inovačnými energetickými technológiami. V rámci týchto energetických technológií sa hospodársky vyspelé štáty riadia Kjótskym protokolom, ktorý zaväzuje tieto štáty k tomu aby znížili celkové množstvo emisií šiestich druhov skleníkových plynov v porovnaní s ich úrovňou v roku 1990 o najmenej 5 % [1].

V súčasnej dobe výrobcovia energetickej a tepelnej techniky pri výrobe kotlov ponúkajú riešenia k znižovaniu emisií a rekonštrukciu zdrojov a kotlov aby boli šetrnejšie k ŽP. Zavádzajú sa nízko emisné práškové horáky a je zabezpečené prerozdelenie prívodu spaľovacieho vzduchu tak, aby spaľovanie prebiehalo optimálne s ohľadom na tvorbu oxidov dusíka a oxidu uhoľnatého aj s riešením

Hlavnou úlohou práce bude zoznámenie sa s hodnotením kvality vnútorného a vonkajšieho ovzdušia prostredníctvom zákonov a prípustných hodnôt hodnotených látok, ktoré je nutné sledovať a udržiavať ich v limitných rozmedziach. Praktická časť je tvorená vytvorením postupu a následným zanalyzovaním výsledkov merania mikroklimatických podmienok v blízkosti kotlov

spaľujúcich zemný plyn a biomasu. V tejto časti je taktiež prevedené vyhodnotenie nameraných koncentrácií znečisťujúcich látok.

Používanie biomasy je na vzostupe, keďže je to lokálny zdroj energie a nie je nutné ho dovážať z iných štátov. Drevo a drevný odpad vzniká hlavne v ťažobných závodoch a drevospracujúcom priemysle. Odpady z poľnohospodárskej produkcie ako je slama z obilnín, kukurice či repky olejnej je tiež jedným z hodnotných a obnoviteľných zdrojov elektrickej energie. Nevýhodou biomasy je jej nižšia výhrevnosť oproti kotlom spaľujúcim fosílnu palivá. Taktiež skladovanie biomasy z dôvodu nutného veľkého prísunu biomasy. Takýto kotol musí mať teda aj väčšie rozmery než kotol spaľujúci zemný plyn s rovnakou účinnosťou. Je nutné taktiež likvidovať zostatkový popol keďže spaľovanie štiepky a drevného odpadu nie je 100% [2].

Výhodou zemného plynu je vysoká výhrevnosť, pri spaľovaní vzniká najmenší podiel oxidu uhličitého v porovnaní s ostatnými fosílnymi palivami. Patri k primárnym palivám, ktoré je možné priviesť k spotrebiteľom bez nákladných úprav. Nevýhodou je, že dodávku zemného plynu je nutné zabezpečiť z iných susedných štátov a musí byť vybudovaná veľká infraštruktúra čiže plynové potrubia, keďže ČR nedisponuje jeho náleziskami. Často dochádza aj k zastaveniu dodávky zemného plynu z ekonomických či politických dôvodov. Zemný plyn je vyčerpatel'ny zdroj a jeho svetové zásoby sú vyčerpatel'ne [2].

2 LEGISLATÍVA

Hlavným cieľom kontroly ovzdušia vychádzajúcich zo zákonov a jednotlivých vyhlášok je udržať kvalitu ovzdušia na miestach kde je dobrá, a v ostatných prípadoch zlepšiť túto kvalitu ovzdušia.

2.1 Vonkajšie prostredie

Česká legislatíva sa riadi aj požiadavkami EÚ. V roku 2008 prijal Európsky parlament smernicu č. 2008/50/ES o kvalite vonkajšieho ovzdušia a čistejším ovzduším pre Európu [1].

Pri hodnotení kvality vonkajšieho ovzdušia sa vychádza z požiadaviek zákona o ochrane ovzduší č. 201/2012 Sb. a jeho súvisiacich predpisov. Tento zákon definuje ochranu ovzdušia nasledovne:

„Ochranou ovzdušia sa rozumie predchádzanie znečisťovania ovzdušia a znižovania úrovne znečisťovania tak, aby boli obmedzené riziká pre ľudské zdravie spôsobené znečistením ovzdušia, zníženie záťaže životného prostredia látkami vnášanými do ovzdušia a poškodzujúcimi ekosystémy a vytvorenie predpokladov pre regeneráciu zložiek životného prostredia postihnutých v dôsledku znečistenia ovzdušia [3].“

- Vyhláška č. 415/2012 Sb., o prípustnej úrovni znečisťovania, jej zisťovaním a o prevedení niektorých ďalších ustanovení zákona o ochrane ovzdušia
- Vyhláška č. 330/2012 Sb., o spôsobe posudzovania a vyhodnocovania úrovne znečistenia, rozsahu informovania verejnosti o úrovni znečistenia a pri smogových situáciách
- Vyhláška č. 351/2012 Sb., nariadenie vlády o kritériách udržateľnosti biopalív

2.2 Vnútorne prostredie

Na pracovisku má byť zaistená bezpečnosť a ochrana zdravia zamestnancov pred možnými rizikami ich zdravia a života.

Legislatíva ČR pre vnútorné prostredie sa riadi Európskou smernicou č. 89/391/EHS, ktorá zaručuje minimálne požiadavky na bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci v celej Európe.

Hlavé zásady o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci vychádzajú zo zákonníka práce č. 262/2006 Sb., konkrétne § 101 - § 108 pojednáva o tejto časti.

- Zákon č. 309/2006 Sb., ktorým sa upravujú ďalšie požiadavky bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci v pracovnoprávných vzťahoch a o zaistení bezpečnosti a ochrany zdravia
- Nariadenie vlády č. 361/2007 Sb., ktorým sa stanovujú podmienky ochrany zdravia pri práci
- Nariadenie vlády č. 272/2011 Sb., o ochrane zdravia pred nepriaznivými účinkami hluku a vibrácií
- Nariadenie vlády č. 21/2003 Sb., ktorým sa stanovujú technické požiadavky na osobné ochranné prostriedky
- Nariadenie vlády č. 101/2005 Sb., o podrobnejších požiadavkách na pracovisko a pracovné prostredie

3 HODNOTENIE KVALITY VONKAJŠIEHO OVZDUŠIA

Vonkajším ovzduším sa rozumie ovzdušie najnižšej vrstvy atmosféry čiže troposféry okrem ovzdušia pracovných priestoroch. Výškové rozpätie troposféry 0 – 12 km. Pojem znečisťovanie ovzdušia charakterizuje látky, ktoré sa z rôznych znečisťujúcich zdrojov dostali do ovzdušia tzv. emisie. Znečisťujúce látky, ktoré negatívne pôsobia na ŽP a ktoré sa už v ovzduší usadili sú imisie. Prípustná úroveň znečisťovania je určená emisnými limitmi a prípustná úroveň znečistenia je určená imisnými limitmi.

3.1 Znečistenie ovzdušia – imisie

Imisné limity sú stanovené legislatívou a sú sledované štátnou imisnou sieťou, z ktorej sú výsledky zaznamenané v Informačnom systéme kvality ovzdušia (ISKO). Výsledky sú verejne prístupné na internetovej stránke Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) [1].

Znečisťujúce látky, ktoré majú škodlivé účinky na populáciu, ekosystém, vegetáciu a pre ktoré sú stanovené imisné limity sú: častice PM_{10} a $PM_{2,5}$, olovo, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén, kadmium, arzén, nikel, benzo(a)pyren [3].

Index kvality ovzdušia (IKO) slúži na hodnotenie stavu ovzdušia a delí kvalitu ovzdušia na: veľmi dobrú, dobrú, uspokojivú, vyhovujúcu, zlú a veľmi zlú. Pre určenie IKO je nutné poznať hodinové dáta znečisťujúcich látok [4].

Podľa vyhlášky č. 330/2012 Sb. sa úroveň znečistenia posudzuje [1]:

- stacionárnym meraním v zónach kde úroveň znečistenia presahuje hornú medzu danej znečisťujúcej látky,
- kombinácia stacionárneho merania a modelovacích techník v zónach v ktorých je úroveň znečistenia ovzdušia nižšia ako horná medza a vyššia ako dolná medza,
- výpočtom prostredníctvom modelovania v zónach kde úroveň znečistenia nepresahuje dolnú medzu.

V prílohe č.1 zákona 201/2012 Sb., sú imisné limity rozdelené do týchto skupín [1]:

- ochrana zdravia ľudí pre znečisťujúce látky SO_2 , NO_2 , CO, benzen, olovo a častice PM_{10} a $PM_{2,5}$,
- ochrana ekosystému a vegetáciu pre znečisťujúce látky SO_2 , NO_x ,
- limity pre celkový obsah znečisťujúcej látky v časticiach PM_{10} pre ochranu zdravia ľudí u As, Cd, Ni, a benzo(a)pyrenu,
- troposferický ozón pre ochranu zdravia ľudí a vegetácie.

3.2 Znečisťovanie ovzdušia – emisie

Sledovaním znečisťovania ovzdušia sa zaoberá ČHMÚ, ktorý bol poverený Ministerstvom životného prostredia (MŽP).

Ministerstvo vyhláškou stanoví všeobecné a špecifické emisné limity a technické podmienky prevádzky stacionárnych zdrojov [3].

Zdroje znečisťovania ovzdušia [1]:

- Stacionárny zdroj – objekt, ktorý znečisťuje ovzdušie (sklad palív, surovín, produktov, skládka odpadov),
- Mobilný zdroj – pohyblivé zariadenie s hnacím motorom, ktorý znečisťuje ovzdušie.

Údaje o stacionárnych a mobilných zdrojov znečisťovania ovzdušia, ktoré vnášajú znečisťujúce látky do ovzdušia sú zaznamenané v Registri emisií zdrojov znečisťovania ovzdušia (REZZO), ktorý je súčasťou ISKO. Tieto údaje sú taktiež vedené v Integrovanom registri znečisťovania a Európskom registri úniku a prenosu. Zdroje znečisťovania ovzdušia delíme na zdroje sledované jednotlivo a zdroje sledované hromadne. V prílohe č. 2 zákona č. 201/2012 Sb., sú vymenované jednotlivé sledované zdroje. Nameraná dáta sú zaznamenané v databáze REZZO 1, ktorá zahŕňa spaľovacie zdroje s tepelným výkonom vyšším ako 5 MW [1].

Pre spaľovacie zdroje s tepelným výkonom 0,2 – 5 MW sú dáta vedené v databáze REZZO 2. Hromadne sledované stacionárne zdroje sú zdroje, pri ktorých nie je praktické vykonávať meranie a viesť záznamy pre každý zdroj zvlášť, záznamy sú evidované v registri REZZO 3. V databáze REZZO 4 sú vedené hromadne sledované mobilné zdroje (cestná, železničná, vodná, letecká doprava) [1].

Podľa vyhlášky č. 415/2012 Sb., sa zisťuje úroveň znečisťovania [1]:

- jednorazovým meraním emisií
- kontinuálnym meraním emisií, ktoré je prevádzané pri spaľovacom stacionárnom zdroji o menovitom tepelnom príkone 50 - 100 MW a vyšším pre tuhé znečisťujúce látky (TZL) podľa § 4 odst. 7 alebo 8 zákona č. 201/2012.

3.2.1 Jednorazové meranie emisií

Prevádzkovateľ zdroja znečisťovania ovzdušia zaisťuje jednorazové meranie emisií prostredníctvom osoby autorizovanej MŽP. Rozhodnutie o autorizácii obsahuje vymenovanie znečisťujúcich látok a spôsob ich stanovenia. Meranie prevádzame na mieste kde už nedochádza k zmene zloženia odpadného plynu odchádzajúceho do vonkajšieho ovzdušia [1].

Emisný limit sa považuje za dodržaný ak priemer výsledkov jednotlivých meraní koncentrácie znečisťujúcej látky za celé jednorazové meranie je menší alebo rovný hodnote emisného limitu a súčasne každá nameraná koncentrácia znečisťujúcej látky je menšia ako 120 % emisného limitu tejto látky [5].

Aplikácia emisných stropov za účelom dodržiavania prípustnej úrovne znečisťovania ovzdušia je rozdelená na rôzne úrovne. Stropy sú určené pre jeden stacionárny zdroj, skupinu stacionárnych zdrojov, prevádzku alebo vymedzené územie. Emisným stropom sa rozumie najvyššie prípustné množstvo znečisťujúcej látky vnesené do ovzdušia za kalendárny rok. Národný program znižovania emisií ČR (NPSE) predstavuje najvyššie postavený programový dokument v oblasti ochrany ovzdušia. NPSE je vypracovaný za účelom stanovenia komplexných a systémových nástrojov pre znižovanie emisií znečisťujúcich látok a znižovanie úrovne znečistenia ovzdušia [1].

Vyhodnocovanie jednorazového merania zahŕňa hmotnostnú koncentráciu znečisťujúcej látky, hmotnostný tok a mernú výrobnú emisiu. Výsledky jednorazového merania musia byť prepočítané na stanovené vzťažné podmienky pri ktorých sú stanovené emisné limity. Zahŕňujúce stavové podmienky odpadného plynu, teplota, tlak, vlhkosť a obsah referenčnej zložky [1].

3.2.1.1 Intervaly jednorazového merania

Jednorazové meranie emisií sa vykonáva po prvom uvedení zdroja do prevádzky, pri každej zmene paliva a pri každom zásahu do konštrukcie alebo vybavenia stacionárneho zdroja. Merania musia byť prevedené do troch mesiacov od vzniku týchto skutočností. Okrem týchto meraní sa uskutočňujú jednorazové merania v týchto intervaloch [5]:

- a) jedenkrát za kalendárny rok pri stacionárnych zdrojov ktoré nie sú uvedené v nasledujúcich písmenách b) a c),
- b) jedenkrát za tri kalendárne roky pri spaľovacích stacionárnych zdrojoch o tepelnom menovitom príkone 1 – 5 MW,
- c) dvakrát za kalendárny rok pri zdrojoch spracúvajúcich odpad ťažkých kovov a pri spaľovacích stacionárnych zdrojoch o menovitom tepelnom príkone 50 MW a vyšším.

3.2.1.2 Doba merania emisií

Pre meranie emisií manuálnymi metódami je stanovená minimálna doba na 6 hodín pri bežných prevádzkových podmienkach zdroja. Pri použití analyzátorov pre kontinuálne meranie je základná doba merania taktiež 6 hodín a zariadenie zaznamenáva aktuálne hodnoty každých 30 minút. Minimálna doba merania pri použití analyzátorov s elektrochemickými článkami je 45 minút, pričom meranie musí zahŕňať aspoň 3 merania po 15 minútach pri stabilnej prevádzke [5].

3.2.1.3 Princíp merania

Meranie plyných zložiek emisií prevádzame:

- automatickými analyzátormi, ktorých meracia metóda je založená na meraní optických vlastností plynov, ktoré sa prejavujú v ultrafialovej alebo infračervenej oblasti spektra,
- manuálnym spôsobom odberu vzorky kedy je na mieste merania odobratá vzorka a následne analyzovaná v laboratóriu.

Meranie TZL sa najčastejšie prevádza gravimetrickou metódou, pri ktorej sa pomocou odberovej sondy, odoberú vzorky z prúdiacich spalín v potrubí. Hmotnostná koncentrácia TZL je určená z rozdielu hmotností suchého filtra pred odberom a filtra po odbere vzorky.

3.3 Metódy znižovania emisií do ovzdušia

V rámci EÚ vzniklo niekoľko dokumentov, ktoré sa zaoberajú aktuálnou situáciou a možnosťou vylepšenia technického poznania v oblastiach klasickej energetiky, prípravou palív. Výsledky informácií o najlepších dostupných technikách sú zahrnuté do tzv. referenčných dokumentov o najlepších dostupných technikách (BREF). Tieto dokumenty sú spracované pre jednotlivé priemyselné odvetvia a podávajú informácie o priemyselných procesoch, používaných technikách a o monitoringu. Dokumenty zhrňujú najlepšie dostupné techniky (BAT). Technická úroveň zariadení hlavne z pohľadu dosahovania výšky emisií a množstva odpadov, energetickej náročnosti sa porovnávajú s BAT [1].

BAT zahŕňa najúčinnnejšie a najpokročilejšie štádium vývoja činnosti a jej prevádzkových metód, ktoré dokladá vhodnosťou určitej techniky pre stanovenie emisných limitov a k zníženiu emisií a negatívnych vplyvov na ŽP, pri dodržaní technickej a ekonomickej dostupnosti [6].

4 KVALITA OVZDUŠIA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Práca a pracovné prostredie patria k významným činiteľom zdravotného stavu jednotlivca a celej populácie [7]. Každá práca človeka prebieha v určitom pracovnom prostredí. V širšom slova zmysle je to súhrn vecných podmienok práce a vonkajších prírodných síl, v ich strede vynakladá človek pri práci na pracovisku svoju pracovnú silu, týmito podmienkami je pri práci ovplyvňovaný a pôsobí na nich spätne tým, že ovplyvňuje ich úroveň a rozvoj [8].

4.1 Faktory pracovného prostredia

Faktory pracovného prostredia majú vplyv na zdravie a psychologický dopad na psychiku, na pohodu a pracovný výkon osobnosti [8]. Tieto faktory tvoria jednu z podstatných častí štruktúry pracovného prostredia a môžeme nimi hodnotiť jednotlivé nedostatky a určiť tak kvalitu pracoviska [9]. Patria sem materiálne podmienky, riešenie pracovných priestorov, estetická úroveň interiérov a exteriérov, čistota priestorov, osvetlenie, farebná úprava, hluk [8].

Rizikové faktory pracovného prostredia sa delia na [10]:

- fyzikálne
- chemické
- biologické
- ergonomické, psychologické a sociálne

4.1.1 Fyzikálne faktory pracovného prostredia

Fyzikálne faktory, ktoré na človeka v pracovnom prostredí pôsobia sú rôznorodé. Výrazne ovplyvňujú a zaťažujú nervovú sústavu človeka. Ich narastajúci výskyt na pracovisku je výsledkom najmä prudkého rozvoja priemyslu napr. technických zariadení kedy adaptácia človeka na tieto vplyvy nie je dostačujúca. Medzi fyzikálne faktory ovplyvňujúce pracovné prostredie môžeme teda zaradiť [10]:

- mikroklimatické podmienky
- prach a prašnosť na pracovisku
- hluk
- vibrácie
- osvetlenie
- elektromagnetické žiarenie

4.2 Klimatické podmienky na pracovisku

Charakterizujú stav ovzdušia obklopujúceho pracovného prostredia, kde človek pracuje. Hlavné znaky sú [8]:

- a) teplota vzduchu
- b) rýchlosť prúdenia vzduchu
- c) vlhkosť vzduchu
- d) čistota vzduchu

Záťaž teplom pri práci je určená množstvom metabolického tepla vznikajúceho svalovou prácou a faktormi prostredia, ktorými sa rozumie teplota vzduchu, výsledná teplota guľového teplomera, rýchlosť prúdenia vzduchu, relatívna vlhkosť a stereoteplota [11]. Sú navzájom závislé, zmena jednej z nich vyvolá zmenu ďalších. Tieto fyzikálne veličiny charakterizujú pocit pohody resp. nepohody zamestnancov pri práci. Rozhodujúce pre tepelný stav človeka je jeho tepelná bilancia to znamená vzťah medzi množstvom tepla nim produkovaného a množstvom tepla odvádzaného z organizmu do okolitého prostredia [7].

Tieto klimatické podmienky sa hodnotia objektívnou a subjektívnou metódou. Subjektívna metóda je založená na názoroch pracujúcich v danom priestore a objektívna metóda je založená na výsledkoch fyzikálnych meraní. Pri posudzovaní subjektívnou metódou je používaná normatívna stupnica ČSN EN ISO 7730 [7]:

Pohoda (0), resp. tepelne neutrálne pocity človeka nastávajú vtedy ak nie je pociťované ani teplo, ani chlad, nie je pociťované prúdenie vzduchu, odev nie je neprijemne pociťovaný, vzduch v miestnosti pripadá ako vyhovujúci, tj. ani suchý, ani vlhký.

Mierna nepohoda (1), resp. mierne chladno alebo teplo, sú spojené s nevýrazným pocitom chladu alebo tepla, prúdenie vzduchu je pociťované, odev je pociťovaný, avšak nie je snaha ich zmeniť, niektoré osoby uvádzajú smerom k chladnu pocit vlhka, smerom k teplu pocit sucha.

Nepohoda (2), resp. chladno alebo teplo, je obvykle spojené s výrazným pocitom chladu alebo tepla s miernym potením, prúdenie vzduchu v chladnu je vnímané ako prievan, v teple naopak vnímané veľmi príjemne, odev je v chlade pociťovaný ako príliš ľahký alebo v teple príliš ťažký a je snaha ho zmeniť, podľa relatívnej vlhkosti vzduchu dochádza väčšinou k pocitom vlhka v chladne alebo naopak sucha či dusna v teple.

Značná nepohoda (3), resp. zima alebo horúco, je spojená s výrazným pocitom zimy (často triasom) alebo horúca s potením, prúdenie vzduchu je pociťované ako závan zimy alebo v horúčave tiež neprijemne pretože spôsobuje nadmerné ochladzovanie časti tela s prepoteným odevom. Odev je väčšinou pociťovaný ako nevyhovujúci, podľa relatívnej vlhkosti vzduchu dochádza k pocitom vlhka v zime alebo značného sucha či ťaživého dusna v horúčave.

4.2.1 Teplota vzduchu

Vypovedá o tepelnej záťaži alebo subjektívnom pocite tepelnej pohody človeka. Tepelná pohoda je jedným z faktorov zaisťujúcich optimálne prostredie pre pobyt človeka. Je možné ju charakterizovať ako stav rovnováhy medzi subjektom a okolím bez zaťažovania termoregulačného systému. Existujú doporučené hodnoty teplôt vzduchu pre pracovné prostredia v závislostiach na triedach práce, tj. energetickom výdaji vzhľadom k druhu činnosti a odevu, ktoré by mali zaisťiť vhodné tepelné podmienky pre väčšinu osôb. Vždy je však nutné počítať s určitým počtom nespokojných s týmito tepelnými vlhkosťnými podmienkami. Prípustné množstvo nespokojných pracovníkov je najviac 10 % z celkového počtu pracovníkov. Pri splnení tohto počtu je pracovné prostredie považované za optimálne [7].

Mikroklimatické podmienky v pracovnom prostredí s neudržiavanou teplotou prirodzene vetranom, na pracovisku v ktorom je k vetraniu použité kombinované alebo nútené vetranie a na pracovisku s udržiavanou teplotou ako technologickou požiadavkou sú uvedené v Tab. 4-2, ktoré sú stanovené v prílohe č.1 tohto zákona [12].

Tab. 4-1 Triedy práce podľa nariadenia vlády č. 361/2007 Sb., príloha č.1 (prevzaté z [12])

Trieda práce	Druh práce
I	Práca v sede s minimálnou celotelovou pohybovou aktivitou. (práca s PC, laboratórna práca, triedenie drobných predmetov).
IIa	Práca prevažne v sede spojená s ľahkou manuálnou prácou rukou a pažou. (riadenie osobného vozidla, práca pri pokladni, automatizované strojné opracovanie a montáž malých ľahkých dielcov)
IIb	Prevažujúce práce v stoji s trvalým zapojením oboch rúk, paží a nôh. (strojné opracovanie a montáž stredne ťažkých dielcov, práca na ručnom lise, práca v stoji s trvalým zapojením oboch rúk, paží a nôh spojená s prenášaním bremien do 10 kg).
IIIa	Práca v stoji s trvalým zapojením oboch horných končatín občas v predklone alebo v kľaku, chôdza. (údržba strojov, mechanici, skladníci s občasným prenášaním bremien do 15 kg, spracovanie mäsa, maliari izieb, operátori poloautomatických strojov).
IIIb	Práca v stoji s trvalým zapojením oboch horných končatín, trupu, chôdze. (práca v stavebníctve pri tradičnej výstavbe, čistenie menších odliatkov zbijačkou a brúsením, príprava foriem 15 – 50 kg odliatkov, fúkači skla pri výrobe veľkých kusov).

Tab. 4-2 Prípustné mikroklimatické podmienky podľa nariadenia vlády č. 361/2007Sb., príloha č.1 (prevzaté z [12])

Trieda práce	M	t_{gmin}	t_{gmax}	v	RH
	($W \cdot m^{-2}$)	($^{\circ}C$)	($^{\circ}C$)	($m \cdot s^{-1}$)	(%)
I	≤ 80	20	27	0,01 – 0,2	30 -70
IIa	81 – 105	18	26	0,05 – 0,3	
IIb	106 – 130	14	32		
IIIa	131 – 160	10	30	0,1 – 0,5	
IIIb	161 - 200	10	26		

t_g – výsledná teplota guľového teplomera ($^{\circ}C$)

M – energetický výdaj zamestnanca ($W \cdot m^{-2}$)

v – rýchlosť prúdenia vzduchu ($m \cdot s^{-1}$)

RH – relatívna vlhkosť (%)

Hodnoty t_{gmin} pre prirodzené vetrané pracovisko vyžadujú oblek o tepelnom odpore 1,0 clo. Hodnoty alebo t_{gmax} pre prirodzené vetrané pracovisko vyžadujú oblek o tepelnom odpore 0,5 clo [12].

Izolácia oblečenia sa vyjadruje v jednotkách clo. Tepelný odpor jednotlivých častí oblečenia sa určuje podľa normy ČSN EN ISO 7730 kde sú stanovené hodnoty pre jednotlivé oblečenie. Celková hodnota izolácie súboru oblečenia je súčet jednotlivých častí oblečenia. Ak zisťujeme clo hodnotu pre človeka, ktorý sedí je nutné započítať aj izoláciu kresla alebo stoličky [13].

Minimálne hodnoty teplôt uvedené v stĺpci t_{min} nemajú byť nikdy nižšie pretože hrozí podchladenie osôb. Maximálne teploty t_{gmax} sú v pracovnom prostredí niekedy prekročené, väčšinou z dôvodu sálavého technologického tepla. Potom musia nasledovať ďalšie podmienky ochrany zamestnancov pred vysokými teplotami [14]. Zťažnosť teplotom pri práci na pracovisku sa hodnotí podľa priemernej operatívnej teploty, čo je teplota vypočítaná ako časovo vážený priemer z jednotlivých meraných časových intervalov v priebehu celej smeny [8].

V klimatizovaných priestoroch tento zákon tiež stanovuje prípustné hodnoty nastavenia mikroklimatických podmienok.

Tab. 4-3 Mikroklimatické podmienky pre klimatizované pracovisko triedy I a IIa podľa nariadenia vlády č. 361/2007 Sb. (prevzaté z [12])

Trieda práce	Kategórie	Vytápanie		Chladenie		v ($m \cdot s^{-1}$)	RH (%)
		t_{gmin}		t_{gmin}			
		(°C)		(°C)			
I	A	22	±1,0	24,5	±1,0	0,05 – 0,2	30 – 70
	B		±1,5		+1,5 -1,0		
	C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0		
IIa	A	20	±1,0	23	±1,0	0,05 – 0,2	30 – 70
	B		±1,5		+1,5 -1,0		
	C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0		

Informácie k jednotlivým kategóriám [12]:

Kategória A platí pre klimatizované pracovisko s požadovanou vysokou kvalitou prostredia, na ktorých je vykonávaná práca náročná na pozornosť a sústredenie.

Kategória B platí pre klimatizované pracovisko s požadovanou strednou kvalitou prostredia pri práci vyžadujúcu priebežnú pozornosť a sústredenie, napríklad písanie na počítači.

Kategória C platí pre ostatné klimatizované pracoviská.

4.2.2 Rýchlosť prúdenia vzduchu

Tepelná pohoda na pracovisku je rovnako ovplyvňovaná aj prúdením vzduchu. Človek je citlivý na prúdenie vzduchu a v určitých prípadoch najmä pri nižších teplotách môže byť nepriaznivá rýchlosť zdrojom diskomfortu. Vyššia rýchlosť prúdenia zlepšuje tepelnú pohodu pri vyšších teplotách, zároveň už však môže viesť až k zdravotným ťažkostiam. Pokiaľ sa povrch tela vplyvom prúdiaceho vzduchu nadmerne ochladzuje rýchlym odparovaním potu, dochádza k prechladeniu organizmu. Veľmi nepríjemne býva pociťovaný prúd chladného vzduchu tzv. prievan. K tejto situácii dochádza nie len pri vetraní priestorov ale aj v klimatizovaných priestoroch [7]. Hodnoty rýchlosti prúdenia vzduchu pre pracovné prostredia sú uvedené v tabuľkách Tab. 4-2, v ktorej sú uvedené celoročné údaje s prirodzeným vetraním a Tab. 4-3 kde sú uvedené hodnoty pre klimatizované priestory.

4.2.3 Vlhkosť vzduchu

Relatívnu vlhkosť vzduchu RH udávame v % z maximálneho možného nasýtenia z daných podmienok [8]. Vlhkosť vzduchu vnútorného prostredia závisí na vonkajšej vlhkosti, technologických alebo iných zdrojoch a množstva ľudí. Vyhovujúce hodnoty sú v rozmedzí 30 - 70 % RH . So stúpajúcou vlhkosťou sa sťažuje vyparovanie potu (vplyv veľkého tlaku vodnej pary). V zimnom období dochádza pri vytápaní k poklesu RH na 20 % a menej. Vtedy sa vo vzduchu vznáša veľké množstvo prachu, ktoré sa môže dostať do pľúc, dochádza k vysušeniu sliznice a horných dýchacích ciest. V týchto prípadoch je v zime vhodné umelo vlhkosť zvyšovať zvlhčovačmi vzduchu, ale najviac na hodnoty okolo 40 % [7]. Konkrétne hodnoty stanovené zákonom sú uvedené v tabuľkách Tab. 4-2 a Tab. 4-3, v ktorých sa nachádzajú údaje relatívnej vlhkosti podľa triedy práce.

4.2.4 Čistota vzduchu na pracovisku

Plyny a pary unikajúce z výrobných zariadení tvoria veľkú skupinu priemyslových škodlivín. K odstraňovaniu plyných škodlivín je najvýhodnejšie odsávanie priamo v mieste ich vzniku. Aj v tomto prípade musíme však počítať s istým únikom škodlivín do pracovného prostredia a celkovým vetraním potom musíme udržiavať ich koncentráciu pod najvyššou prípustnou hodnotou. V interiéroch kde sa pohybujú ľudia prichádza do ovzdušia pri dýchaní oxid uhličitý a vodná para. Vydychovaný vzduch obsahuje približne objemovo 4 % oxidu uhličitého, 5 % vodnej pary, 16 % kyslíka a 75 % dusíku [15].

Obsah škodlivín sa vyjadruje [15]:

- počtom častíc v jednotke objemu (pri prachu)
- objemovo (%) alebo v ppm
- hmotnostne ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)

Chemické látky a ich hygienické limity stanovuje zákona č. 361/2007 Sb. príloha č. 2, ktorým sa upravujú ďalšie požiadavky bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci.

Tab. 4-4 Zoznam chemických látok a ich prípustné expozičné limity (PEL) a najvyššia prípustná koncentrácia (NPK-K) (prevzaté z [12])

Látka	Sumárny vzorec	PEL	NPK-P	Poznámky	Faktor prepočtu na ppm
		(mg·m ⁻³)			
Acetón	C ₃ H ₆ O	800	1500	I	0,421
Oxid uhoľnatý	CO	30	150	P	0,873
Oxid uhličitý	CO ₂	9000	45000		0,556
Ozón	O ₃	0,1	0,2		0,509
Toluén	C ₇ H ₈	200	500	D, I	0,266

Termíny *PEL* a *NPK-P* sú definované vo vyššie uvedenom zákone § 9, kde odstavce 2 a 4 definuje prístupný expozičný limit a najvyššie prípustné koncentrácie v pracovnom ovzduší [11]:

PEL – prípustný expozičný limit chemickej látky alebo prachu je celozmenový časový priemer koncentrácie plynu, par alebo aerosóly v pracovnom ovzduší v ktorom môže byť zamestnanec v osem hodinovej alebo kratšej zmene týždennej pracovnej doby, bez toho aby u neho došlo k poškodeniu zdravia, k ohrozeniu jeho pracovnej schopnosti a výkonnosti. Koncentrácia chemickej látky alebo prachu v pracovnom ovzduší, ktorej zdrojom nie je technologický proces nesmie prekročiť 1/3 jej prípustných expozičných limitov. Pre vyjadrenie koncentrácie C_c v jednotkách ppm látok z tejto tabuľky teda platí vzťah

$$C_c = \frac{PEL}{3} \cdot faktor\ prepočtu \quad (4.1)$$

NPK-P – najvyššia prístupná koncentrácia je taká koncentrácia chemickej látky, ktorej nesmie byť zamestnanec v žiadnom úseku zmeny vystavený. Pri hodnotení pracovného ovzdušia možno porovnávať s najvyššou prípustnou koncentráciou danej chemickej látky časovo vážený priemer koncentrácie tejto látky meranej počas maximálne 15 minút.

D – pri expozícií sa významne uplatňuje prenikanie látky kožou

I – dráždi sliznicu, oči, dýchacie cesty, kožu

P – u látky nemožno vylúčiť závažné neskoré účinky

ppm – skratka z anglického „parts per million“, používa sa k vyjadreniu veľmi nízkych koncentrácií najmä v problematike životného prostredia. 1 ppm vyjadruje jednu milióntinu celku.

4.3 Budova kotolne

Priestory kotolne musia byť vetrané. Odvod vzduchu z kotolne musí byť zaistený otvorom v strepe kotolne alebo musí byť inštalované odvádzacie potrubie do vonkajšieho priestoru tak aby sa zaistil odvod spalín a aby sa predišlo negatívnejmu ovplyvňovaniu funkcie horákov [16]. Mikroklimatické podmienky sa riadia podľa nariadenia vlády č. 361/2007, ktoré sú podrobne spracované vyššie v tejto kapitole.

Pre kotolne musí byť písomne spracovaný prevádzkový poriadok kotolne, ktorý obsahuje [16]:

- popis zariadenia kotolne a spôsob obsluhy,
- spôsob zaistenia a vybavenia kotolne (kotlov) ochrannými bezpečnostnými systémami, bezpečnostnej výstroje, stanovenie spôsobu a lehoty kontrol a funkčných skúšok,
- spôsob a rozsah údržby kotlov, lehoty čistenia kotlov a odborných prehliadok kotolne,
- počet a prevedenie únikových ciest a východov,
- povinnosti obsluhy kotolne,
- určenie osoby poverenej vedením prevádzkového denníka kotolne,
- stanovenie spôsobov a lehôt zaistovania prítomnosti oxidu uhoľnatého.

5 SPAĽOVANIE PALÍV V KOTLOCH

Spaľovanie palív prebieha v kotloch, ktoré sa delia podľa stavu média na teplovodné, horúcovodné a parné kotly. Kotel je zariadenie v ktorom sa teplo získané spaľovaním odovzdáva pracovnému médiu. Pri spaľovacom procese dochádza k uvoľneniu tepelnej energie pomocou ktorej dochádza k zvýšeniu tepelného potenciálu vody alebo pary [1].

Horúcovodný kotel je zariadenie, ktoré prevažne slúži v systéme centralizovaného zásobovania tepla. Podľa úrovne maximálnych výhrevných teplôt sú kotly teplovodné s teplotou pod 110 °C a horúcovodné nad 110 °C [1].

Parný kotel je zariadenie, ktoré slúži na výrobu prehriatej pary požadovaného tlaku a teploty pre energetické alebo priemyselné účely. Pozostáva zo spaľovacieho zariadenia a z parného generátora.

5.1 Priestory vhodné pre analýzu

Pre analýzu boli zvolené dva priestory v blízkosti, ktorých sa nachádzajú energetické zariadenia. Tieto energetické zariadenia reprezentuje kotel spaľujúci zemný plyn a kotel spaľujúci drevnú štiepku. Tieto kotly slúžia k výrobe horúcej vody za účelom vytápania a prípravy teplej úžitkovej vody. Jednotlivé kotly sa nachádzajú v samostatných veľkých kotolniach. Priestory nie sú vybavené klimatizačným systémom.

Prípustné hodnoty nastavenia mikroklimatických podmienok pre oba tieto prirodzene vetrané priestory sa riadia podľa predpisu č. 361/2007 Sb., uvedené v Tab. 4-2, kde pre tieto priestory bola stanovená trieda práce IIa podľa Tab. 4-1.

Špecifikácia priestorov:

1. Samostatná budova kotolne, v ktorej sa nachádzajú dva kotly spaľujúce zemný plyn, ktoré vyrábajú teplo a elektrinu v paroplynovom cykle. Menovité tepelné výkony kotlov sa pohybujú do 30 MW. Produkovalé spaliny obsahujú výrazne menšie množstvo TZL v porovnaní s biomasou. Zemný plyn je najšetrnejší k ŽP zo všetkých neobnoviteľných zdrojov elektrickej energie.
2. Samostatná budova, v ktorej sa nachádza zdroj na biomasu. Tento zdroj reprezentujú dva kotly spaľujúce drevnú štiepku. Použitie štiepky ako paliva patrí k najekologickejšim spôsobom výroby tepla. Oba kotly využívajú k spaľovaniu piliny a zbytky dreva z lesnej ťažby. Za deň sa pri plnej prevádzke spáli až 30 ton dreva. Samozrejme dôležitým faktorom je aj kvalita spaľujúcej štiepky. Najkvalitnejšie je suché drevo čo sa následne odzrkadľuje aj na účinnosti spaľovania. Menovité tepelné výkony sú v rozmedzí 1 – 5 MW.

6 NÁVRH A REALIZÁCIA EXPERIMENTU

Pred samotnou realizáciou merania je prevedená obhliadka vybraných priestorov. Po obhliadke sú stanovené najvhodnejšia miesta pre uloženie prístroja a príslušnej sondy v danom priestore. Všetky merania prebiehajú v intervale štyroch minút, pričom merací prístroj zaznamenáva aktuálnu hodnotu každých päť sekúnd. Dlhší interval merania nemôže byť zvolený z dôvodu trvalej prevádzky a muselo by sa zabezpečiť potvrdenie pre dlhodobý pobyt v týchto priestoroch. Napriek tomu výsledky merania sú postačujúce pre zhodnotenie a porovnanie s hodnotami ustanovenými zákonom. Samotné meranie prebieha dňa 3.4.2015 o 11.00 hod. a to v budove kde sa nachádza kotol spaľujúci zemný plyn. Vonkajšia teplota je 5,8 °C, vietor fúka severozápadný rýchlosťou 28 km·h⁻¹. Následne o 13.00 hod. v priestoroch kde sa nachádzajú kotly spaľujúce drewnú štiepku, vonkajšia teplota je 6,2 °C a vietor fúka severozápadný rýchlosťou 36 km·h⁻¹. Počas meraní sa v priestoroch pohybujú dve osoby z ktorých jedna prevádza merania a druhá dohliada na bezpečnosť.

Prístroj je vybavený samostatným statívom, ktorý je vždy položený na pevnú časť povrchu a to buď na podlahe pred daným kotlom alebo na určitej konštrukčnej časti ktorá sa nachádza v priestore. Sonda meracieho prístroja pre zaznamenanie prúdenia rýchlosti vzduchu je opretá pri každom meraní o prístroj aby nedošlo k jej kývaniu čím by mohlo dôjsť k nepresným výsledkom pomocou tejto sondy.

Pri meraní kvality ovzdušia v budove kotolne kde sa nachádzajú dva kotly spaľujúce zemný plyn, je jeden v prevádzke a druhý je počas tohto merania mimo prevádzky z dôvodu dostačujúcej výroby tepla v tomto období len jedným kotlom. Meranie prebieha v dvoch prípadoch. V prvom prípade je prístroj položený priamo na podlahe a sonda vo výške 0,2 m nad podlahou. V druhom prípade meranie prebieha vo výške 3 m nad kotlom pri vstupe obehovej vody do kotla. V tejto výške sa nachádza plošina, na ktorej je možné stáť a kde sa je možné dostať rebríkom, ktorý sa nachádza medzi kotlami. Prístroj je umiestnený na zábradlí, ktoré sa nachádza v priestore nad kotlom. V tejto výške meranie prebieha z dôvodu následného porovnania nameraných hodnôt v oboch prípadoch a zhodnotenia dosiahnutých výsledkov.

Meranie emisií je realizované pre horúcovodné kotly spaľujúce zemný plyn, ktoré sa nachádzajú v priestoroch spomenutých v odstavci vyššie. Jednorazové meranie emisií je prevedené pre kotol K1 aj pre kotol K2 samostatne. Počas merania boli oba kotle v prevádzke.

Počas realizácie merania v budove kotolne kde sa nachádzajú dva kotly spaľujúce drewnú štiepku sú oba v prevádzke. Jeden kotol s menovitým výkonom o 50 % nižším ako druhý. Vstup do kotolne je zabezpečený veľkými dvermi o výške asi 3,5 m a šírke 2 m. Meranie je prevedené v priestore pred kotlom vyššieho a nižšieho výkonu kedy je prístroj v oboch prípadoch položený priamo na podlahe. V ďalšom prípade je prístroj umiestnený medzi kotlami vo výške 1 m na konštrukčnej časti, ktorá sa nachádza v budove. Toto umiestnenie prístroja je z dôvodu aby bola zaznamenaná iná rýchlosť prúdenia vzduchu v danom priestore ako 0,2 m nad podlahou.

6.1 Prístrojové vybavenie

Prístrojové vybavenie zastupoval merací prístroj Fluke 975 a vizuálny infračervený teplomer Fluke VT02. Obe prístroje zabezpečil a v deň realizácie merania vypožičal Ústav elektroenergetiky VUT FEKT v Brne.

6.1.1 Merací prístroj Fluke 975

Kombinovaný prístroj kompletnej kontroly kvality vzduchu. Merač vzduchu Fluke 975 spojuje päť prístrojov pre sledovanie ovzdušia v kvalitný a ľahko ovládateľný ručný prístroj. Možnosť použitia ku kontrole účinnosti výhrevných, ventilačných, a klimatizačných systémov. Rovnako tak je možno kontrolovať prítomnosť nebezpečného oxidu uhľnatého vo všetkých typoch budov. Funkcie prístroja [17]:

- Súčasne meria, zaznamenáva a zobrazuje teplotu, vlhkosť, oxid uhličitý a oxid uhľnatý.
- Meria prietoky vzduchu a rýchlosť prúdenia vzduchu pomocou sondy.
- Vypočítava minimálnu a maximálnu priemernú hodnotu všetkých meraných a kalkulovaných údajov.
- Akustická a optická signalizácia prahových hodnôt.
- Rozsiahla kapacita pamäte pre krátkodobý alebo dlhodobý záznam dát, možnosť stiahnutia dát do PC.

6.1.2 Vizuálny infračervený teplomer Fluke VT02

Prístroj, ktorý ponúka infračervenú detekciu s teplým a studeným bodovým ukazovateľom. Funkcie prístroja:

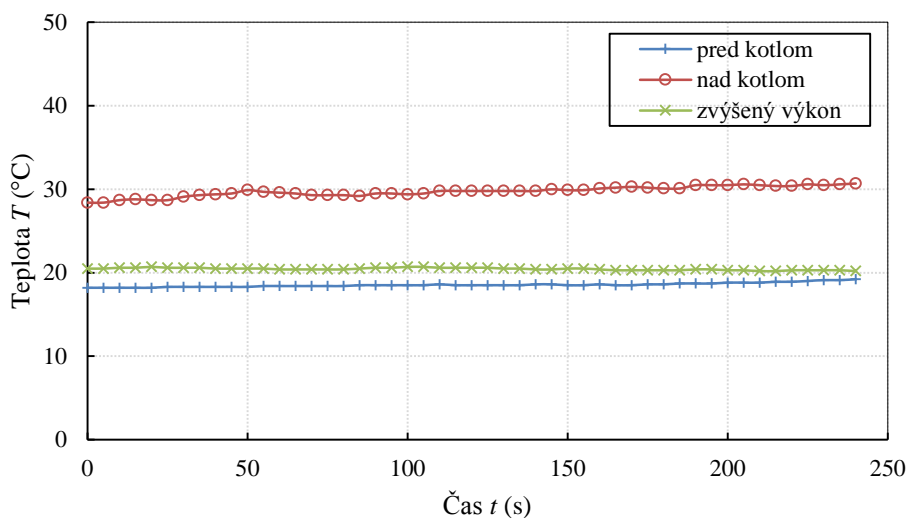
- Zachytáva teplotnú mapu aj vizuálny snímok.
- Nastaviteľná emisivita a kompenzácia odrazu pozadia pre zlepšenie presnosti merania na poloodrazivých plochách.
- Výber farebnej palety.
- Vytvorenie protokolu pomocou softvéru Fluke SmartView.

7 ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV

V kapitole sú vyhodnotené namerané hodnoty mikroklimatických veličín v blízkosti kotla spaľujúceho zemný plyn a dvoch kotlov rozličného výkonu spaľujúcich drevnú štiepku. Taktiež sú zhodnotené výsledky jednorazového merania emisií kotlov spaľujúcich zemný plyn.

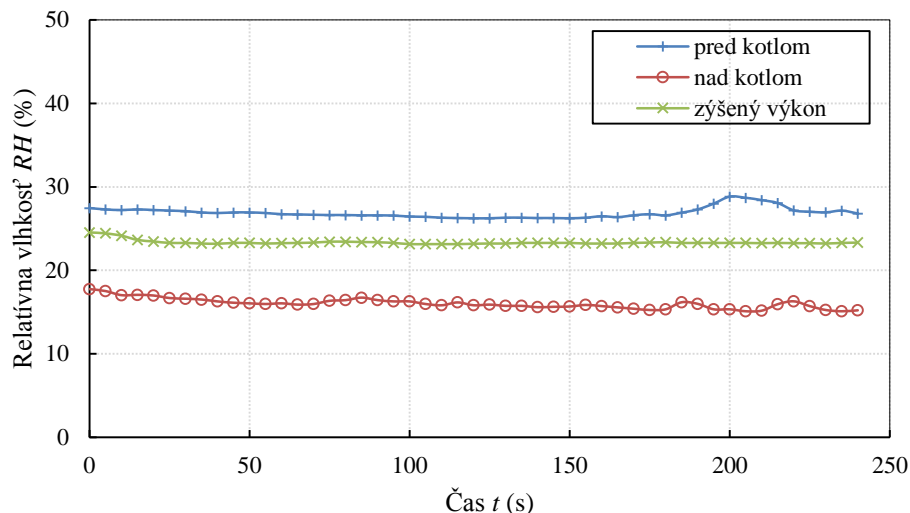
7.1 Kotel spaľujúci zemný plyn

Hodnoty jednotlivých veličín sú zaznamenané na dvoch miestach a to na podlahe pred horákmi kotla a nad kotlom pri vstupe obehovej vody do kotla vo výške 3 m. Taktiež sú zaznamenané hodnoty pred horákmi v priebehu zvyšovania tepelného výkonu kotla. Tepelný výkon kotla bol zvýšený o cca. 44 % pôvodnej hodnoty výkonu. Priebeh výkonu zobrazuje Obr. A-2, ktorý je súčasťou prílohy A. Hodnota koncentrácia oxidu uhoľnatého, ktorá bola taktiež jednou z meraných veličín nie je zobrazená v žiadnom grafe, pretože pri každom meraní bola zaznamenaná hodnota 0 ppm čo je ideálne a zhoduje sa to s teoretickou hodnotou vyplývajúcou zo zákona. Namerané hodnoty jednotlivých veličín sú uvedené v prílohe A. Hodnoty namerané pred kotlom sú uvedené v Tab. A-1, nad kotlom v Tab. A-2 a pred kotlom pri zvýšenom výkone v Tab. A-3.



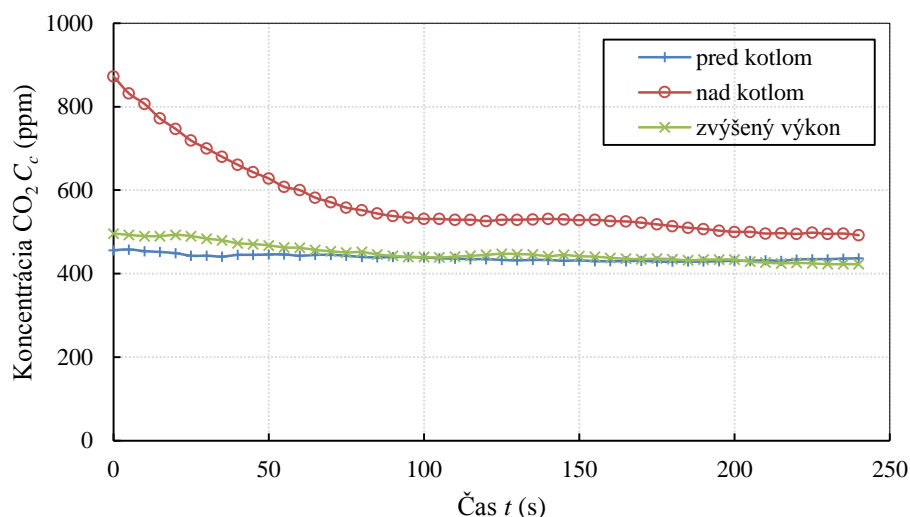
Obr. 7-1 Teplota prostredia zaznamenaná v priestore pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu

Nameranú teplotu v troch rôznych situáciách zachytáva Obr. 7-1. Teplota pred zdrojom dosahuje maximálnu hodnotu 19,2 °C. Priemerná hodnota činí 18,5 °C. Meranie pri zvýšenom výkone vykazuje mierny nárast teploty a to na maximálnu hodnotu 20,7 °C. Tento nárast mohol byť spôsobený zvýšením výkonu a teda aj teploty v kotle, ktorý ovplyvňuje teplotu vonkajšieho prostredia. Namerané hodnoty sa v porovnaní s normatívnymi hodnotami nachádzajú v prípustných limitoch. Teplota pri meraní nad kotlom dosahuje maximálne 30,7 °C. Táto hodnota už prekračuje prípustný limit. Na Obr. A-1, ktorý je súčasťou prílohy A je zaznamenaný termosnímkom, na ktorom je možné vidieť miesto s maximálnou povrchovou teplotou konštrukcie kotla. Táto teplota dosahuje 47 °C. Teplota bola zaznamenaná pred horákom kotla.



Obr. 7-2 Relatívna vlhkosť v prostredí pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu

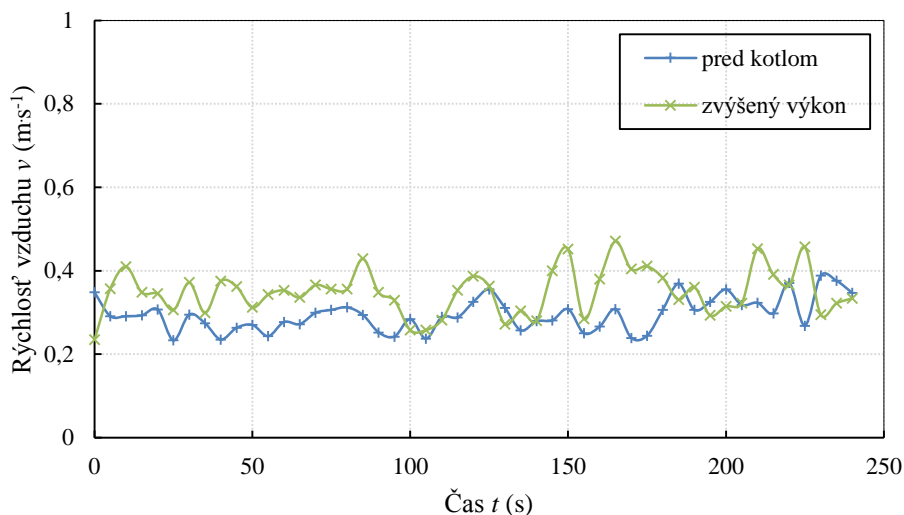
Na Obr. 7-2 je zaznamenaný priebeh relatívnej vlhkosti. Relatívna vlhkosť pred kotlom bez zvýšenia výkonu dosahuje maximálnu hodnotu 28,83 % a vypočítaná priemerná hodnota dosahuje 26,89 %. Po zvýšení výkonu je zaznamenaná priemerná relatívna vlhkosť 23,33 %. V priestore nad kotlom je vypočítaná priemerná hodnota 16,01 %. Relatívna vlhkosť sa samozrejme znižuje s vyššou teplotou vzduchu. Minimálna hodnota relatívnej vlhkosti, ktorú stanovuje zákon je 30 %. Namerané hodnoty sa pohybujú pod touto hodnotou čiže v priestoroch by nemohla byť vykonávaná trvalá práca v dobe niekoľkých hodín alebo by muselo byť zabezpečené umelé zvlhčovanie vzduchu.



Obr. 7-3 Koncentrácia oxidu uhličitého v prostredí pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu

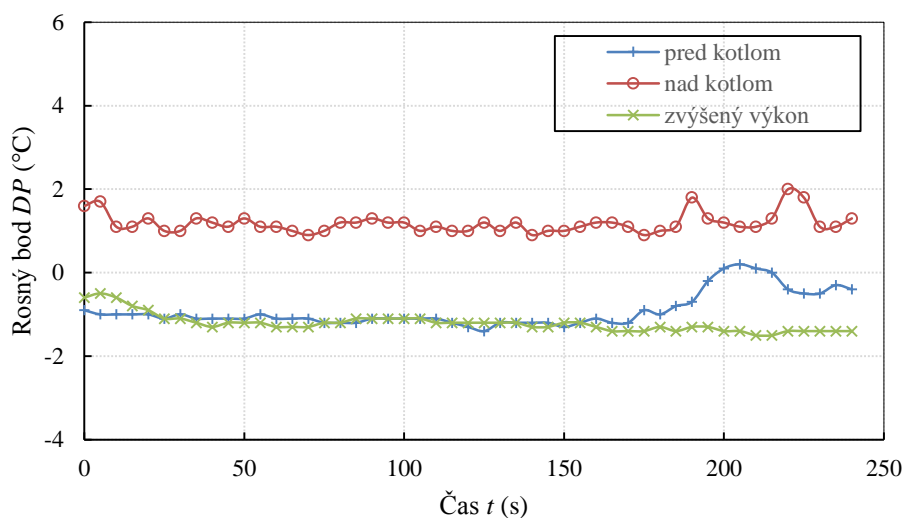
Koncentrácia oxidu uhličitého v jednotkách ppm je zaznamenaná na Obr. 7-3. Hodnota pred zdrojom sa pri meraní pred a po zvýšení výkonu veľmi nelíši. Rozdiel je zaznamenaný len na začiatku merania kedy maximálna hodnota pred zvýšením výkonu je 458 ppm a po zvýšení výkonu 496 ppm. Potom sa hodnota počas jedného aj druhého merania stabilizovala a priemerná hodnota činí 438 ppm. Hodnota oxidu uhličitého pri meraní nad kotlom z dôvodu neustálenia prístroja v danom prostredí dosahuje pri začatí merania hodnotu 873 ppm. Z obrázku je však jasne vidieť,

že už po prvej minúte sa tento stav zmenil a hodnota rapídne klesla na hodnotu 525 ppm a ďalej sa pohybuje s menšou odchýlkou v blízkosti tejto hodnoty. Najvyššia prípustná koncentrácia CO₂ podľa zákona po prepočte podľa vzťahu 4.1 činí 1668 ppm. Zákon ďalej definuje, že koncentrácia chemickej látky alebo prachu v pracovnom ovzduší nesmie prekročiť 1/3 jej prípustných expozičných limitov. Hodnota PEL pre CO₂ je 9000 mg·m⁻³, čo je priamo deklarované v Tab. 4-4.



Obr. 7-4 Rýchlosť prúdenia vzduchu v prostredí pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu

Nameranú rýchlosť prúdenia vzduchu zachytáva Obr. 7-4. Priemerná hodnota rýchlosti vzduchu pred kotlom bez zvýšenia výkonu dosahuje hodnotu 0,295 m·s⁻¹, po zvýšení výkonu táto hodnota narástla na 0,353 m·s⁻¹. Maximálna hodnota pri tomto meraní činí až 0,482 m·s⁻¹. Objekt nezodpovedá predpísaným limitom keďže maximálna hodnota môže byť 0,3 m·s⁻¹. V prípade merania rýchlosti prúdenia vzduchu nad kotlom hodnota je zaznamenaná v každom bode 0 m·s⁻¹ pretože meranie prebehlo vo výške 3 m kde už nevznikal žiadny prívian.



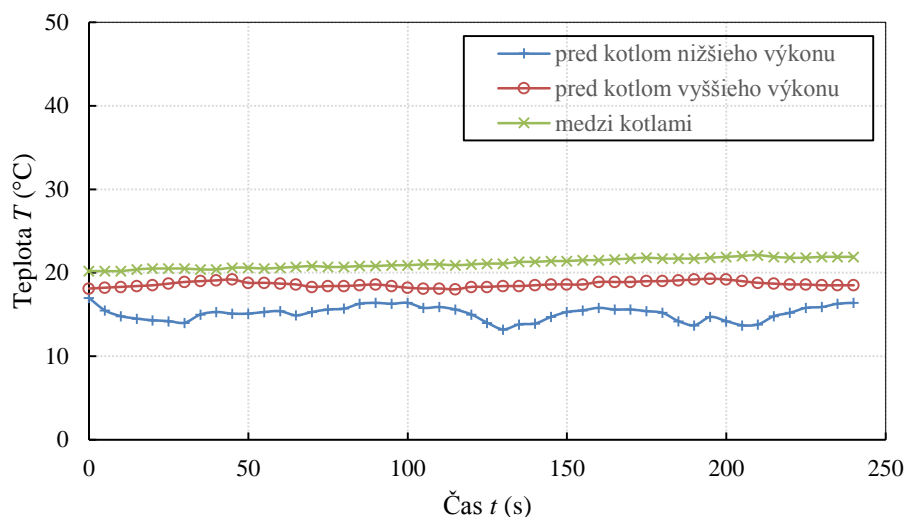
Obr. 7-5 Teplota rosného bodu v prostredí pred kotlom, nad kotlom a pred kotlom pri zvýšení výkonu

Na Obr. 7-5 je grafický záznam priebehu teploty rosného bodu. Hodnoty namerané pred zdrojom pred a po zvýšení výkonu sú dlhšiu dobu takmer rovnaké až na konci merania je

zaznamenaný výkyv hodnoty rosného bodu pri meraní pred kotlom bez zvýšenia výkonu z hodnoty $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ na hodnotu $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Priemerná hodnota pri meraní nad kotlom činí $1,18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pri tomto meraní sú všetky hodnoty kladné čo je spôsobené zvýšenou teplotou resp. nižšou relatívnou vlhkosťou.

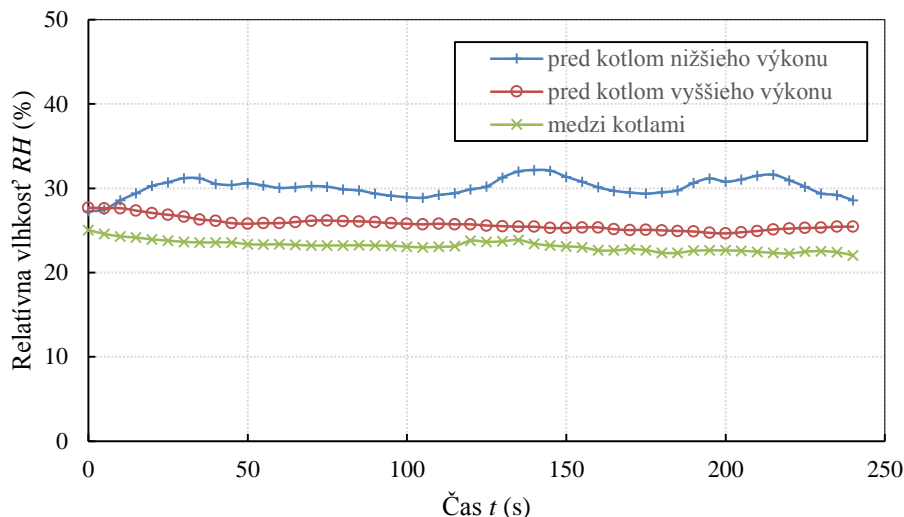
7.2 Kotel spaľujúci drevnú štiepku

Namerané hodnoty sú zaznamenané v blízkosti dvoch kotlov, z ktorých má jeden o 50 % menší menovitý výkon ako druhý. Oba kotly sú umiestnené v jednej budove, kde boli počas merania otvorené hlavné prístupové dvere. Meranie prebehlo pred kotlom vyššieho výkonu, pred kotlom nižšieho výkonu a medzi týmito kotlami. Počas týchto troch meraní bol merací prístroj umiestnený na podlahe. Meranie pred kotlom nižšieho výkonu bolo prevedené v blízkosti týchto dverí čiže výkyvy určitých hodnôt mohli byť spôsobené práve týmto faktom. Namerané hodnoty jednotlivých veličín sú uvedené v prílohe B. Hodnoty namerané pred kotlom vyššieho výkonu sú uvedené v Tab. B-1, pred kotlom nižšieho výkonu v Tab. B-2 a medzi kotlami v Tab. B-3.



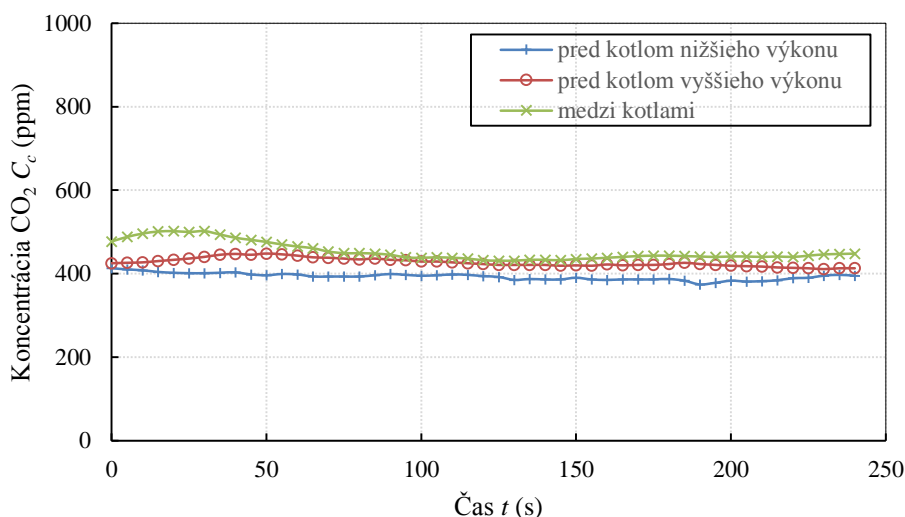
Obr. 7-6 Teplota zaznamenaná v blízkosti pred kotlom vyššieho výkonu, nižšieho výkonu a medzi týmito kotlami

Nameraná teplota v troch rôznych prípadoch merania je zaznamenaná na Obr. 7-6. Najvyššie teploty sú zaznamenané pri meraní medzi kotlami a ich priemer dosahuje $21,13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota pred kotlom nižšieho výkonu značne kolíše čo bolo spôsobené vetraním daného priestoru a vzduch miestnosti sa vplyvom vonkajšieho vetra zmiešaval s vnútorným. Nameraná teplota pred kotlom vyššieho výkonu je takmer konštantná a jej priemerná hodnota činí $18,63\text{ }^{\circ}\text{C}$. Všetky namerané hodnoty sa nachádzajú v prípustných hodnotách, ktoré stanovuje zákon a prostredie je z tohto hľadiska spôsobilé pre vykonávanie pracovnej činnosti. V prílohe B sú zobrazené zaznamenané termosnímkery na ktorých je vidieť miesto s maximálnou povrchovou hodnotou teploty konštrukcie kotlov počas prebiehajúceho merania. Maximálna povrchová teplota konštrukcie kotla nižšieho výkonu je $44,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zobrazuje to Obr. B-1 uvedený v prílohe B. Na Obr. B-2 tejto prílohy je zaznamenaná maximálna povrchová teplota kotla vyššieho výkonu. Teplota dosahuje $82,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z tejto skutočnosti je taktiež zjavné, že tento kotel vyvíjal vyššie teploty spaľovaním drevnjej štiepky.



Obr. 7-7 Relatívna vlhkosť v prostredí pred kotlom nižšieho výkonu, pred kotlom vyššieho výkonu a medzi kotlami

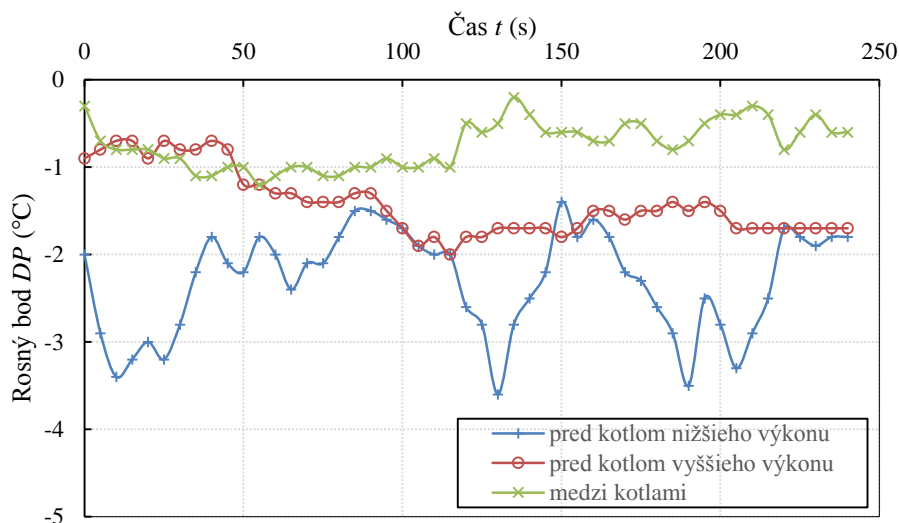
Na Obr. 7-7 je znázornený priebeh relatívnej vlhkosti. V priestore pred kotlom nižšieho výkonu je priemerná relatívna vlhkosť 30,12 %. Pred kotlom vyššieho výkonu dosahuje priemerná hodnota 25,77 %. Medzi kotlami kde je zaznamenaná najvyššia teplota prostredia poklesla vypočítaná priemerná hodnota na 23,17 %. Z dosiahnutých výsledkov je zjavné, že prostredie nevyhovuje trvalému pobytu osôb v danom prostredí, keďže hodnota relatívnej vlhkosti vyplývajúca zo zákona (Tab. 4-2) musí byť minimálne 30 %. Aj v tomto prostredí by muselo byť zabezpečené umelé zvlhčovanie vzduchu pre vykonávanie trvalej pracovnej činnosti.



Obr. 7-8 Koncentrácia oxidu uhličitého vyjadrená v jednotkách ppm pred kotlom vyššieho výkonu, pred kotlom nižšieho výkonu a medzi kotlami

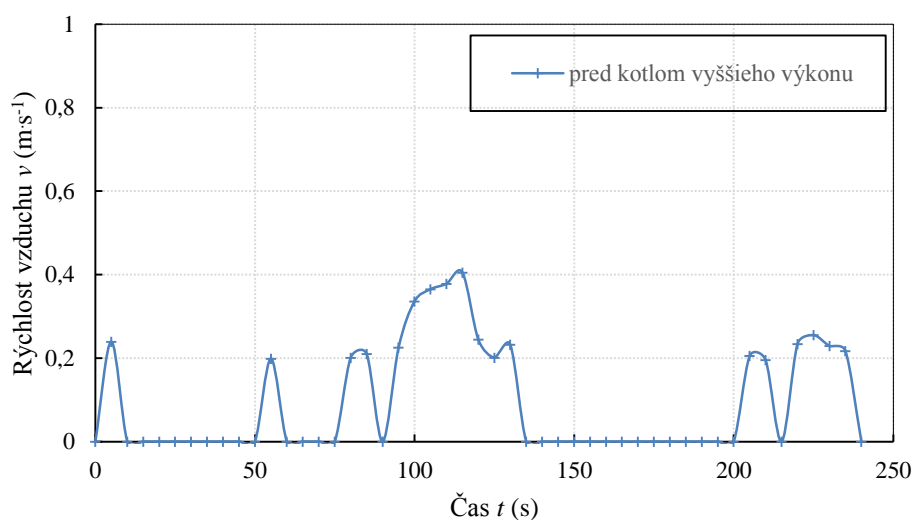
Koncentráciu oxidu uhličitého zachytáva Obr. 7-8. Hodnota koncentrácie sa v oblasti pred kotlom vyššieho a kotlom nižšieho výkonu správala takmer stabilne. Priemerná hodnota pred kotlom vyššieho výkonu činí 427 ppm a pred kotlom nižšieho výkonu 393 ppm. Výkyvy sú zaznamenané len na začiatku merania kedy prístroj nebol stabilizovaný v danom prostredí z dôvodu časovej tiesne. Hodnota koncentrácie oxidu uhličitého medzi kotlami sa z počiatočnej maximálnej hodnoty 502 ppm po prvej minúte viac ustálila a pohybovala sa okolo 435 ppm. Všetky namerané

koncentrácie oxidu uhličitého sa nachádzajú pod maximálnou hodnotou koncentrácie 1668 ppm, ktorú stanovuje zákon a priestor z tohto hľadiska vyhovuje požiadavkám.



Obr. 7-9 Teplota rosného bodu pri meraní pred kotlom vyššieho výkonu, pred kotlom nižšieho výkonu a medzi kotlami

Grafický záznam priebehu teploty rosného bodu pred kotlom vyššieho výkonu, pred kotlom nižšieho výkonu a medzi kotlami je na Obr. 7-9. Teplota rosného bodu narastá s teplotou prostredia. Ak tento priebeh porovnáme s priebehom teploty Obr. 7-6 je zjavné, že teplota rosného bodu sa blíži ku kladným resp. k nulovej hodnote pri meraní medzi kotlami kde je nameraná najvyššia teplota. Priemerná hodnota rosného bodu medzi kotlami činí $-0,7$ °C. Výkyvy teploty rosného bodu pred kotlom nižšieho výkonu sú spôsobené vetraním priestoru ako už bolo spomenuté na začiatku kapitoly 7.2, priemerná hodnota dosahuje $-2,3$ °C. Pred kotlom vyššieho výkonu je zaznamenaný výkyv o 1 °C, dôvodom môže byť taktiež prievan a nedostatočná časová stabilizácia prístroja v priestore.



Obr. 7-10 Rýchlosť prúdenia vzduchu pred kotlom vyššieho výkonu, pred kotlom nižšieho výkonu, medzi kotlami

Na Obr. 7-10 je zachytený priebeh rýchlosti vzduchu pred kotlom vyššieho výkonu. Počas merania došlo k chybnému uloženiu meracej sondy, ktorá slúži na meranie rýchlosti prúdenia

vzduchu. Senzor sondy nebol nastavený v smere aby ním prechádzal prúdiaci vzduch. Priebek ktorý je znázornený na obrázku je výsledkom odrazeného vzduchu od podlahy. K zisteniu tohto faktu došlo až pri spracovávaní výsledkov nie počas realizácie merania. Z tohto dôvodu by bolo najideálnejšie meranie v tomto priestore znovu opakovať. Pred kotlom nižšieho výkonu a medzi kotlami bola zaznamenaná len nulová hodnota takže nie sú ani znázornené v tomto obrázku.

7.3 Jednorazové meranie emisií kotlov spaľujúcich zemný plyn

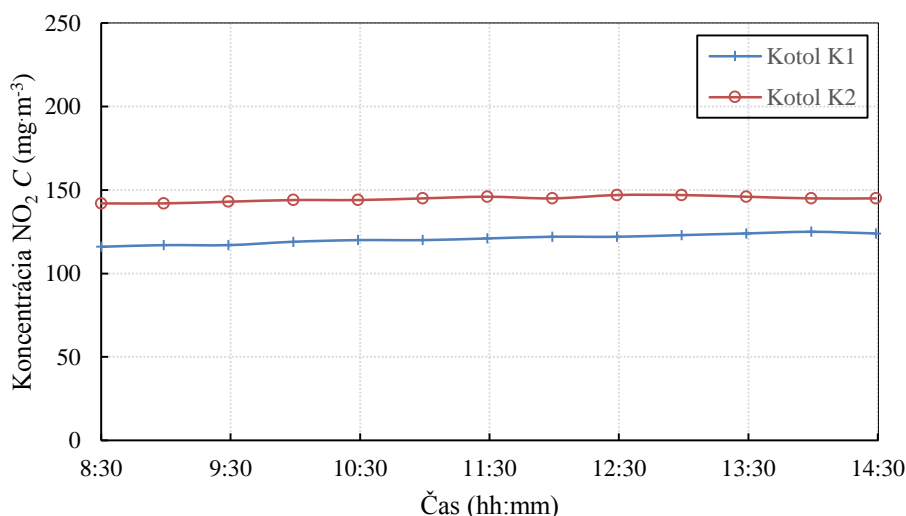
Účelom jednorazového merania emisií bolo stanovenie hmotnostných emisných koncentrácií, hmotnostných emisných tokov a merných výrobných emisií znečisťujúcich látok. Meranie bolo prevedené podľa zákona o ochrane ovzdušia č. 201/2012 Sb. a vyhlášky č. 415/2015 Sb., ktorá sa zaoberá prípustnou úrovňou znečisťovania a jej zisťovaním. Podľa tohto zákona a príslušnej vyhlášky, ktorá je podrobnejšie špecifikovaná v kapitole 3.2 sa zdroj zaradzuje k zvlášť veľkým spaľovacím stacionárnym zdrojom, pre ktorý je nutné vykonávanie jednorazového merania raz za kalendárny rok. Namerané prepočítané koncentrácie emisných látok sú uvedené v tabuľkách prílohy C a v Tab. 7-1. Koncentrácie sú prepočítané na vzťažné podmienky A pomocou nasledujúceho vzťahu

$$C = \frac{273,15 + T}{273,15} \cdot \frac{101325}{101325 + p} \cdot \frac{100}{100 - w} \cdot \frac{21 - o_r}{21 - o_p} \cdot C_n \quad (7.1)$$

kde C je nameraný obsah škodlivín v 1 m^3 spalín pri normálnych podmienkach a pre referenčný obsah kyslíka v spalínach (mg m^{-3}), T je teplota nosného plynu ($^{\circ}\text{C}$), p je tlak no nosného plynu (Pa), w je obsah vodnej pary v spalínach (% obj.), o_r je referenčný obsah kyslíka v spalínach (% obj.), o_p je obsah kyslíka v spalínach odpovedajúci prevádzkovým podmienkam (zmeraný), C_n je nameraný obsah škodlivín v 1 m^3 pri prevádzkových podmienkach (mg m^{-3}) [18].

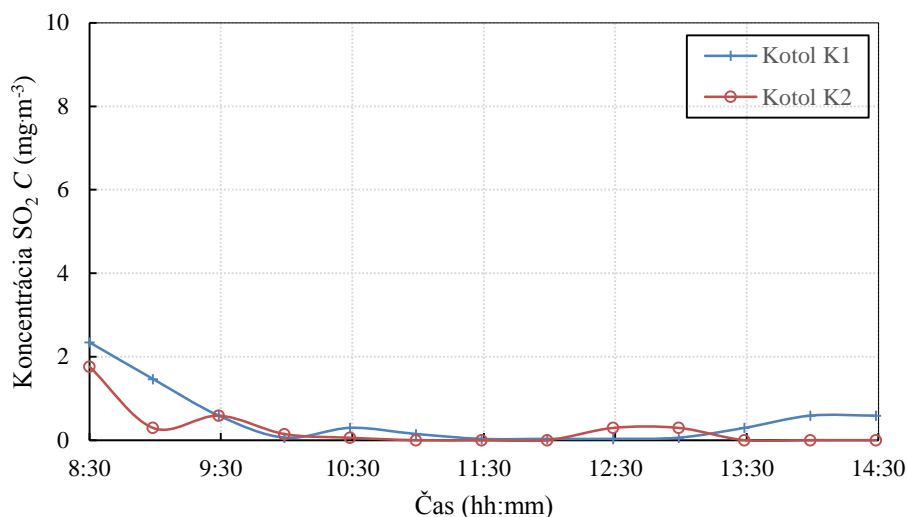
Vzťažné podmienky A:

- Suchý plyn, normálne podmienky (tlak 101,325 kPa, teplota 0°C)
- Referenčný obsah kyslíka 3 %



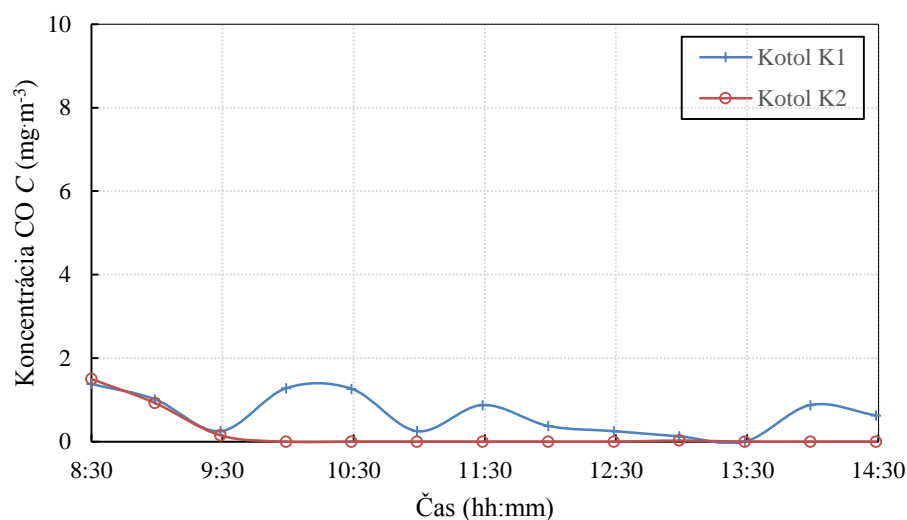
Obr. 7-11 Koncentrácia oxidu dusičitého pre kotol K1 a K2 z nameraných hodnôt prepočítaných na vzťažné podmienky A

Na Obr. 7-11 sú zaznamenané namerané hodnoty koncentrácie NO_x pre kotol K1 a K2 vyjadrené ako NO_2 . Maximálna hodnota koncentrácie pre kotol K1 je zaznamenaná v čase 14.00 hod. a číni $125 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Pre kotol K2 je najvyššia koncentrácia $147 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, ktorá je zaznamenaná v čase 12.30 – 13.00 hod.. Obe maximálne hodnoty sa nachádzajú pod emisným limitom NO_2 čo je $150 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Hodnoty nameraných koncentrácií tejto látky sú uvedené v prílohe C, konkrétne v Tab. C-1.



Obr. 7-12 Koncentrácia oxidu siričitého pre kotol K1 a K2 z nameraných hodnôt prepočítaných na vzťažné podmienky A

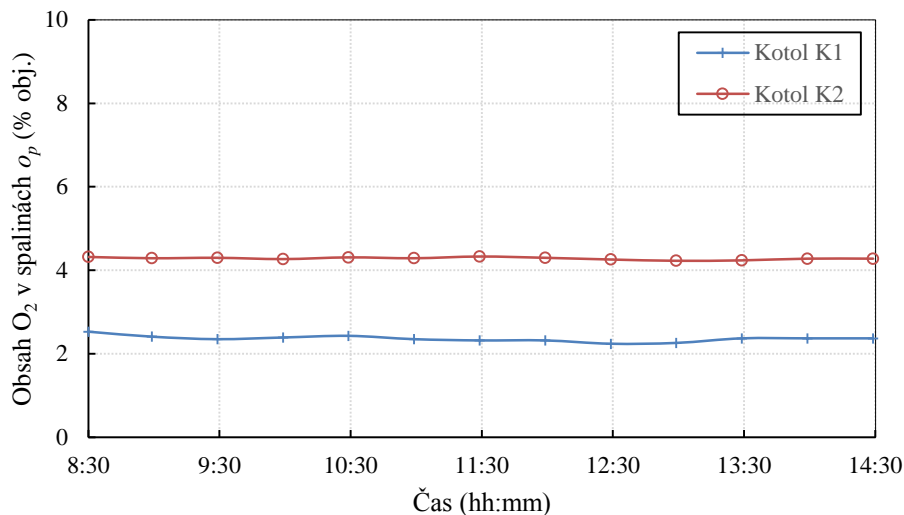
Namerané hodnoty koncentrácie SO_2 zachytáva Obr. 7-12. Najvyššia koncentrácie pre oba kotly je zaznamenaná na začiatku merania a dosahuje hodnotu okolo $2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. V priebehu ďalšieho merania sú zaznamenané už len nižšie koncentrácie. Všetky namerané hodnoty sa nachádzajú pod emisným limitom, ktorý pre túto látku číni $20 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Jednotlivé namerané hodnoty koncentrácie sú uvedené v Tab. C-2 prílohy C.



Obr. 7-13 Koncentrácia oxidu uhoľnatého pre kotol K1 a K2 z nameraných hodnôt prepočítaných na vzťažné podmienky A

Grafický záznam nameranej koncentrácie CO počas 6 hodinového merania je zobrazený na Obr. 7-13. Hodnota koncentrácie pre kotol K1 sa v čase 09.30 hod. znížila na nulovú a po celú

dobu prebiehajúceho merania bola už konštantne nulová. Pre kotol K2 sú namerané určité koncentrácie s maximálnou hodnotou $1,8 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, ale tento fakt je zanedbateľný, pretože všetky hodnoty sa pohybujú hlboko pod emisným limitom, ktorý je pre túto látku $50 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Prehľad nameraných koncentrácií je uvedený v Tab. C-3, ktorá je súčasťou prílohy C.



Obr. 7-14 Nameraný obsah kyslíka v spalinách v percentách objemu pre kotol K1 a K2

Nameraný obsah kyslíka v spalinách počas merania zachytáva Obr. 7-14. Obsah kyslíka vyjadrený v % objemu je pri meraní všetkých znečisťujúcich látok pre daný kotol rovnaký. Hodnoty sú uvedené v tabuľke Tab. C-4 prílohy C.

Tab. 7-1 Namerané hodnoty koncentrácie tuhých znečisťujúcich látok TZL pre kotol K1 a K2 prepočítané na vzťažné podmienky A

Znečisťujúca látka	Tuhé znečisťujúce látky TZL		
Emisný limit	Koncentrácia $C_d = 10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$		
Odoberaná vzorka	1	2	3
Jednotlivé namerané koncentrácie C ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)			
Kotol K1	0,39	0,42	0,37
Kotol K2	<0,29	<0,3	<0,28

Koncentrácie jednotlivých odoberaných vzoriek TZL pre horúcovodné kotly K1 a K2 sú uvedené v Tab. 7-1. Všetky odoberané vzorky sú výrazne pod prípustným emisným limitom koncentrácie, ktorá pre tento typ kotlov činí $10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Tab. 7-2 Prehľad emisií prevádzok spaľujúcich ako palivo zemný plyn alebo biomasu vyjadrených v tonách za obdobie jedného roka (prevzaté z [19])

Palivo	Emisie (t)			
	Tuhé emisie	Oxid siričitý	Oxidy dusíka	Oxid uhoľnatý
Zemný plyn	0,184	8,608	57,059	32,202
Biomasa	3,967	0,573	9,914	6,011

V Tab. 7-2 je porovnanie emisií, ktoré vyprodukujú zdroje za rok, ktoré boli podrobené analýze v tejto práci. Zdroj využívajúci zemný plyn vyprodukuje menej TZL ako zdroj, ktorý spaľuje biomasu. Z porovnania emisií ostatných znečisťujúcich látok vyplýva, že využívanie zemného plynu na výrobu elektrickej energie a tepla má škodlivejšie účinky na ovzdušie ako využívanie biomasy.

8 ZÁVER

Cieľom práce bola analýza kvality vnútorného ovzdušia v blízkosti vybraných energetických zariadení a vyhodnotenie nameraných emisií daných zariadení. Boli uvedené základné mikroklimatické podmienky, ktoré musia byť nastavené v pracovných prostrediach, ktoré sa delia podľa triedy práce.

Bol vytvorený návrh a spôsob merania v daných priestoroch s vybraním najideálnejších miest pre uloženie prístroja v priestore. Vybrané energetické zariadenia sú dva odlišné kotly v iných prevádzkach a to kotol spaľujúci zemný plyn a kotol spaľujúci drewnú štiepku.

Prvým analyzovaným priestorom je priestor, v ktorom sa nachádza kotol spaľujúci zemný plyn. Teplota v tomto priestore nevyhovuje len pri meraní nad kotlom, kedy hodnota presahuje dovolenú teplotu o 4,7 °C. Túto hodnotu však môžeme považovať za adekvátnu v porovnaní s teplotou, ktorú kotol sám vyvíja a odvádza do okolitého prostredia. Pri meraní pred kotlom sa teplota pohybuje v dovolenom rozsahu. Relatívna vlhkosť v tomto priestore nevyhovuje predpísaným limitným hodnotám. Namerané hodnoty sa pohybujú pod spodnou hranicou relatívnej vlhkosti o 3 – 14 %. Koncentrácia oxidu uhličitého v tomto priestore neprekračuje dovolenú koncentráciu a z tohto hľadiska priestor vyhovuje. Priemerná rýchlosť prúdenia vzduchu pred kotlom bez zvýšenia výkonu je vyhovujúca a neprekračuje maximálnu hodnotu. Pri zvýšenom výkone je už však zaznamenaná priemerná hodnota vyššia a presahuje dovolenú hodnotu o 0,05 m·s⁻¹. Nameraná hodnota nad kotlom je 0 m·s⁻¹ z dôvodu, že v tomto priestore je už vysoká teplota a nevzniká žiadny prievan.

Druhým analyzovaným priestorom je priestor, v ktorom sa nachádzajú dva kotly spaľujúce drewnú štiepku. Teploty pri meraní pred kotlom vyššieho výkonu a medzi kotlami vyhovujú požiadavkám. Teploty namerané pred kotlom nižšieho výkonu nevyhovujú požiadavkám, ktoré stanovuje zákon a pohybujú sa o 2 – 4 °C pod spodnou hranicou minimálnej dovolenej teploty. Vplyv na to má aj vetranie priestoru kedy do vnútorného priestoru prúdi chladný vonkajší vzduch a prístroj bol položený v blízkosti otvorených dverí preto nemôžeme z tohto hľadiska presne určiť či je prostredie vhodné pre vykonávanie trvalej pracovnej činnosti. Relatívna vlhkosť je vyhovujúca len v priestore pred kotlom nižšieho výkonu. V priestore pred kotlom vyššieho výkonu je hodnota relatívnej vlhkosti pod dolnou limitnou hodnotou o 4,23 % a medzi kotlami o 6,83 %. Z tohto hľadiska priestor nevyhovuje požiadavkám. Koncentrácia oxidu uhličitého nepresahuje ani pri jednom meraní maximálnu hodnotu a priestor taktiež tejto kontrole vyhovuje. Rýchlosť prúdenia vzduchu v tomto priestore nebola meraná správne čiže nie je možné ani adekvátne vyhodnotiť tento priestor z tohto hľadiska.

Koncentrácia oxidu uhoľnatého pre oba priestory bola počas celého merania zaznamenaná 0 ppm čo je ideálne a zhoduje sa s teoretickou hodnotou vyplývajúcou zo zákona.

Tieto priestory po celkovom zhodnotení z vyššie spomenutých nameraných hodnôt sú nevyhovujúce pre trvalú pracovnú činnosť. Energetické zariadenie, ktoré sa v daných objektoch čiže kotolniach nachádzajú sú plne automatizované a riadené z riadiacich centier čiže v kotolniach nemusia byť mikroklimatické podmienky nastavené na vyhovujúce, lebo pracovníci tam nevykonávajú trvalú pracovnú činnosť.

V ďalšom bode išlo o vyhodnotenie emisií, spôsobených horúcovodnými kotlami spaľujúcimi zemný plyn. Z výsledkov je zrejmé, že žiadna koncentrácia znečisťujúcich látok nepresahuje svoj emisný limit. Prevádzka kotlov vyhovuje a jednotlivé kotly sú zabezpečené dostatočným zachytávaním a eliminovaním znečisťujúcich látok unikajúcich do ovzdušia.

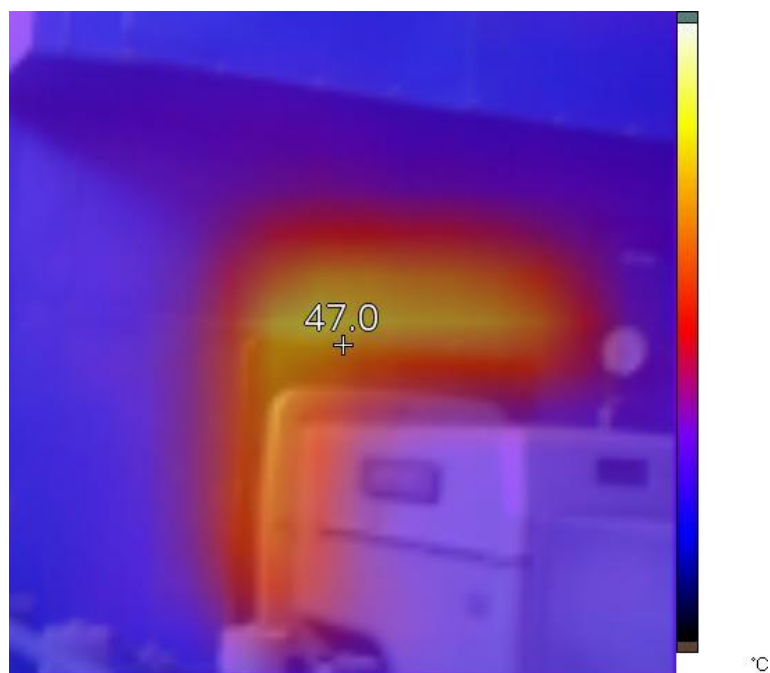
POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] BRAUN, P., a iní. *PŘÍRUČKA OCHRANY KVALITY OVZDUŠÍ*. Praha : IREAS centrum, 2013. 978-80-86832-77-7.
- [2] Zdroje energie. *EKOFONDplus*. [Online] [Datum: 24. 05. 2015]
<http://www.platforma.ekofondplus.sk/moderne-vyucovanie/zdroje-energie>.
- [3] Zákon 201/2012 Sb. *Zákony pro lidi*. [Online] [Datum: 07. 05. 2015]
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201#cast1>.
- [4] Informace o kvalitě ovzduší v ČR. *Český hydrometeorologický ústav*. [Online]
[Datum: 09. 05. 2015]
http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/actual_hour_data_CZ.html#legend.
- [5] Vyhláška č. 415/2012 Sb. *Zákony pro lidi*. [Online] [Datum: 09. 05. 2015]
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-415>.
- [6] Nejlepší dostupné techniky. *Ekonet*. [Online] [Datum: 19. 05. 2015]
<http://eko-net.cir.cz/nejlepsi-dostupne-techniky-bat>.
- [7] Státní zdravotní ústav. *Pracovní prostředí a zdraví*. [Online] [Datum: 16. 11. 2014]
<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>.
- [8] ČECH, P. *Dokazování škodlivin v pracovním prostředí a ergonomie*. Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2014. 978-80-7375-941-4.
- [9] LORKO, M., LAJČINOVÁ, R. Bezpečnost a hygiena při práci. *Štátny inštitút odborného vzdelávania*. [Online] [Datum: 19. 11. 2014]
www.siov.sk/index/open_file.php?ext_dok=16352.
- [10] MALÝ, S. BOZPinfo. *Rizikové faktory pracovních systémů - část 1*. [Online]
[Datum: 17. 11. 2014]
http://bozpinfo.cz/win/knihovna-bozp/citarna/clanky/ochrana_zdravi/rizika_1020308.html.
- [11] Předpis č. 361/2007Sb. *Zákony pro lidi*. [Online] [Datum: 11. 12. 2014]
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>.
- [12] Předpis č. 361/2007 Sb. *Zákony pro lidi*. [Online] [Datum: 09. 12. 2014]
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361#prilohy>.
- [13] CENTNEROVÁ, L. technická zařízení budov. *TZB - izolace obléčení*. [Online]
[Datum: 2. 12. 2014.] <http://www.tzb-info.cz/576-izolace-obleceni>.
- [14] MATHAUSEROVÁ, Z. Mikroklimatické podmínky a větrání. *Technická zařízení budov*. [Online] [Datum: 11. 12. 2014.] <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/5593-pozadavky-na-kvalitu-vnitriho-prostredi-budov-mikroklimaticke-podminky-a-vetrani>.
- [15] JANOTKOVÁ, E. *TECHNIKA PROSTŘEDÍ*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2010.
- [16] Předpis č. 101/2005. *Zákony pro lidi*. [Online] [Datum: 16. 05. 2015]
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-101>.
- [17] Fluke Corporation. Fluke 975 AirMeter. [Online] [Datum: 30. 12. 2014]
http://media.fluke.com/documents/975____umeng0100.pdf.
- [18] PTÁČEK, M. *Vliv energetiky na ŽP*. Brno : VUT FEKT v Brně, 15. 10. 2014. Učební text.

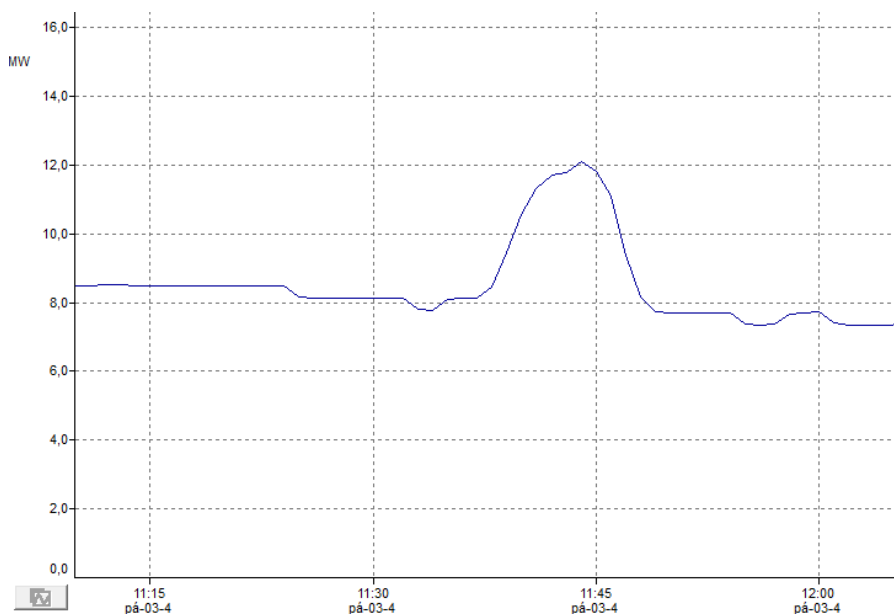
-
- [19] Historická data o stavu ovzduší. *Český hydrometeorologický ústav*. [Online]
[Datum: 14. 05. 2015]
http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_3_Ovzdusi&last=false.
- [20] Předpis č. 361/2007Sb. *Zákony pro lidi*. [Online] [Datum: 07. 12. 2014]
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361#f3824743>.
- [21] KOUDELKOVÁ, D. Regulace větrání podle kvality vnitřního vzduchu. *Technická zařízení budov*. [Online] [Datum: 11. 12. 2014]
<http://vetrani.tzb-info.cz/regulace-vetrani-klimatizace/7602-regulace-vetrani-podle-kvality-vnitřního-vzduchu>.

PRÍLOHY

A Kotel spaľujúci zemný plyn



Obr. A-1 Termografický snímok časti konštrukcie kotla spaľujúceho zemný plyn, ktorý zobrazuje maximálnu povrchovú teplotu počas merania



Obr. A-2 Detail zvýšenia tepelného výkonu počas merania

Tab. A-1 Namerané hodnoty pred kotlom spaľujúceho zemný plyn

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)	<i>v</i>
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)	(m·s ⁻¹)
0	18,2	-0,9	27,46	0	456	0,348
5	18,2	-1,0	27,29	0	458	0,291
10	18,2	-1,0	27,22	0	454	0,291
15	18,2	-1,0	27,29	0	452	0,293
20	18,2	-1,0	27,22	0	449	0,307
25	18,3	-1,1	27,15	0	443	0,233
30	18,3	-1,0	27,08	0	443	0,295
35	18,3	-1,1	26,93	0	441	0,274
40	18,3	-1,1	26,86	0	445	0,235
45	18,3	-1,1	26,93	0	445	0,263
50	18,3	-1,1	26,93	0	446	0,270
55	18,4	-1,0	26,86	0	446	0,243
60	18,4	-1,1	26,72	0	443	0,277
65	18,4	-1,1	26,69	0	445	0,272
70	18,4	-1,1	26,65	0	445	0,299
75	18,4	-1,2	26,62	0	443	0,306
80	18,4	-1,2	26,62	0	440	0,312
85	18,5	-1,2	26,58	0	439	0,294
90	18,5	-1,1	26,58	0	440	0,252
95	18,5	-1,1	26,55	0	440	0,242
100	18,5	-1,1	26,44	0	439	0,284
105	18,5	-1,1	26,40	0	437	0,237
110	18,6	-1,1	26,30	0	436	0,289
115	18,5	-1,2	26,26	0	435	0,288
120	18,5	-1,3	26,23	0	435	0,325
125	18,5	-1,4	26,23	0	433	0,355
130	18,5	-1,2	26,30	0	432	0,311
135	18,5	-1,2	26,30	0	433	0,257
140	18,6	-1,2	26,26	0	433	0,279
145	18,6	-1,2	26,26	0	431	0,281
150	18,5	-1,3	26,23	0	432	0,308
155	18,5	-1,2	26,30	0	430	0,250
160	18,6	-1,1	26,47	0	430	0,266
165	18,5	-1,2	26,37	0	430	0,308
170	18,5	-1,2	26,58	0	431	0,239
175	18,6	-0,9	26,72	0	429	0,244
180	18,6	-1,0	26,58	0	429	0,306
185	18,7	-0,8	26,90	0	429	0,369
190	18,7	-0,7	27,29	0	429	0,306
195	18,7	-0,2	27,99	0	430	0,325
200	18,8	0,1	28,83	0	431	0,355

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)	<i>v</i>
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)	(m·s ⁻¹)
205	18,8	0,2	28,69	0	431	0,318
210	18,8	0,1	28,41	0	432	0,323
215	18,9	0,0	28,06	0	431	0,298
220	18,9	-0,4	27,18	0	434	0,371
225	19,0	-0,5	27,01	0	435	0,268
230	19,1	-0,5	26,94	0	435	0,388
235	19,1	-0,3	27,15	0	436	0,376
240	19,2	-0,4	26,80	0	437	0,347

Tab. A-2 Namerané hodnoty nad kotlom spaľujúceho zemný plyn

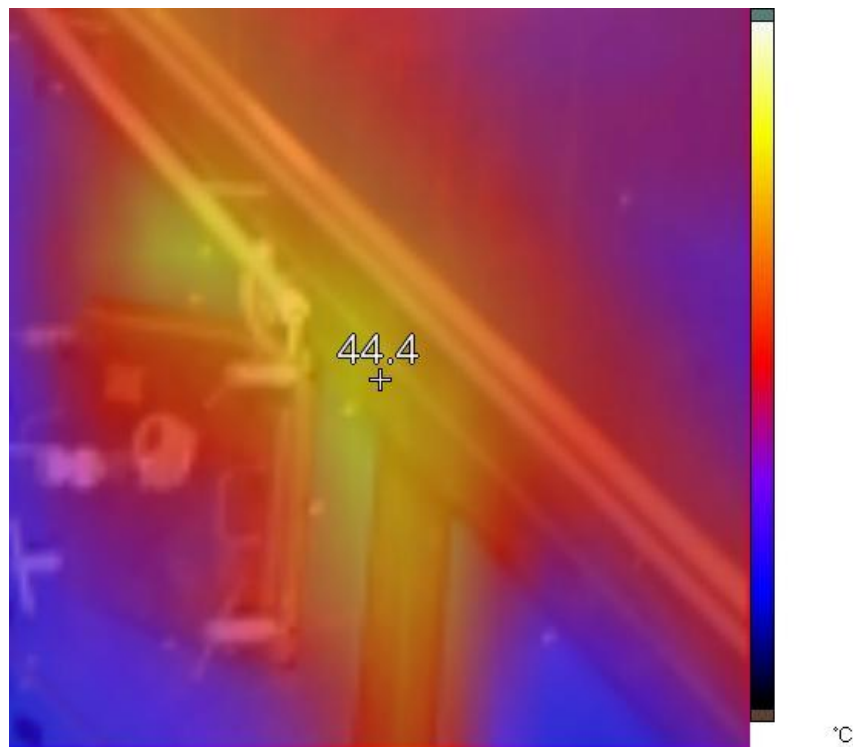
<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)	<i>v</i>
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)	(m·s ⁻¹)
0	28,4	1,6	17,74	0	873	0
5	28,4	1,7	17,51	0	832	0
10	28,7	1,1	17,02	0	807	0
15	28,8	1,1	17,06	0	772	0
20	28,7	1,3	16,98	0	747	0
25	28,7	1,0	16,68	0	719	0
30	29,1	1,0	16,60	0	700	0
35	29,3	1,3	16,50	0	680	0
40	29,4	1,2	16,28	0	661	0
45	29,5	1,1	16,12	0	643	0
50	29,9	1,3	16,05	0	628	0
55	29,7	1,1	15,97	0	608	0
60	29,6	1,1	16,05	0	600	0
65	29,5	1,0	15,90	0	582	0
70	29,3	0,9	15,97	0	571	0
75	29,3	1,0	16,35	0	558	0
80	29,3	1,2	16,43	0	552	0
85	29,2	1,2	16,73	0	544	0
90	29,5	1,3	16,43	0	538	0
95	29,5	1,2	16,28	0	534	0
100	29,4	1,2	16,28	0	531	0
105	29,5	1,0	15,97	0	531	0
110	29,8	1,1	15,82	0	529	0
115	29,8	1,0	16,16	0	529	0
120	29,8	1,0	15,82	0	526	0
125	29,8	1,2	15,90	0	529	0
130	29,8	1,0	15,75	0	529	0
135	29,8	1,2	15,75	0	530	0
140	29,8	0,9	15,59	0	531	0

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)	<i>v</i>
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)	(m·s ⁻¹)
145	30,0	1,0	15,64	0	530	0
150	29,9	1,0	15,67	0	528	0
155	29,9	1,1	15,86	0	529	0
160	30,1	1,2	15,72	0	526	0
165	30,2	1,2	15,57	0	525	0
170	30,3	1,1	15,41	0	522	0
175	30,2	0,9	15,26	0	518	0
180	30,1	1,0	15,34	0	514	0
185	30,1	1,1	16,18	0	510	0
190	30,5	1,8	15,99	0	507	0
195	30,5	1,3	15,34	0	503	0
200	30,5	1,2	15,34	0	500	0
205	30,6	1,1	15,11	0	500	0
210	30,5	1,1	15,18	0	496	0
215	30,4	1,3	15,95	0	497	0
220	30,4	2,0	16,29	0	495	0
225	30,6	1,8	15,72	0	498	0
230	30,5	1,1	15,26	0	495	0
235	30,6	1,1	15,11	0	496	0
240	30,7	1,3	15,22	0	492	0

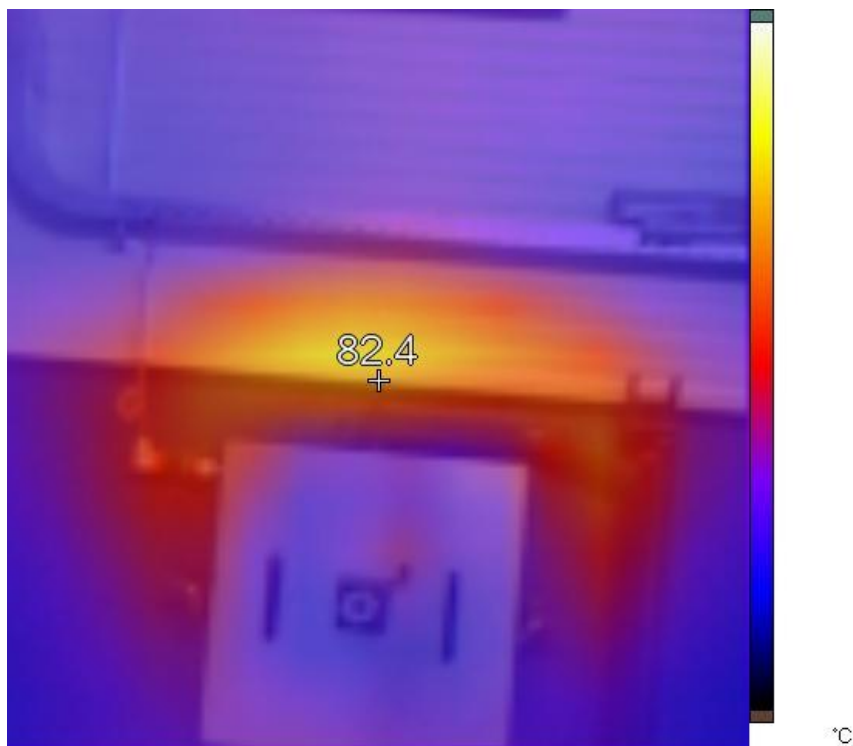
Tab. A-3 Namerané hodnoty pred kotlom spalujúceho zemný plyn pri zvýšenom výkone

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)	<i>v</i>
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)	(m·s ⁻¹)
0	20,5	-0,6	24,55	0	496	0,235
5	20,5	-0,5	24,44	0	493	0,357
10	20,6	-0,6	24,16	0	490	0,410
15	20,6	-0,8	23,65	0	490	0,348
20	20,7	-0,9	23,47	0	493	0,345
25	20,6	-1,1	23,29	0	490	0,306
30	20,6	-1,1	23,29	0	484	0,372
35	20,6	-1,2	23,22	0	480	0,299
40	20,5	-1,3	23,19	0	473	0,375
45	20,5	-1,2	23,29	0	471	0,362
50	20,5	-1,2	23,29	0	468	0,312
55	20,5	-1,2	23,22	0	463	0,343
60	20,4	-1,3	23,26	0	462	0,353
65	20,4	-1,3	23,29	0	457	0,336
70	20,4	-1,3	23,33	0	454	0,366
75	20,4	-1,2	23,44	0	451	0,356
80	20,4	-1,2	23,44	0	452	0,356

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c (CO)</i>	<i>C_c (CO₂)</i>	<i>v</i>
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)	(m·s ⁻¹)
85	20,5	-1,1	23,40	0	446	0,429
90	20,6	-1,1	23,37	0	443	0,348
95	20,6	-1,1	23,29	0	440	0,329
100	20,7	-1,1	23,15	0	440	0,258
105	20,7	-1,1	23,15	0	439	0,258
110	20,6	-1,2	23,15	0	441	0,282
115	20,6	-1,2	23,15	0	443	0,353
120	20,6	-1,2	23,19	0	445	0,387
125	20,6	-1,2	23,22	0	448	0,363
130	20,5	-1,2	23,22	0	447	0,272
135	20,5	-1,2	23,29	0	446	0,304
140	20,4	-1,3	23,29	0	442	0,280
145	20,4	-1,3	23,29	0	445	0,400
150	20,5	-1,2	23,29	0	442	0,452
155	20,5	-1,2	23,22	0	441	0,285
160	20,4	-1,3	23,22	0	438	0,380
165	20,3	-1,4	23,22	0	436	0,471
170	20,3	-1,4	23,29	0	435	0,404
175	20,3	-1,4	23,33	0	436	0,411
180	20,3	-1,3	23,37	0	435	0,383
185	20,3	-1,4	23,29	0	432	0,331
190	20,4	-1,3	23,29	0	434	0,361
195	20,4	-1,3	23,29	0	434	0,293
200	20,3	-1,4	23,29	0	434	0,315
205	20,3	-1,4	23,29	0	429	0,322
210	20,2	-1,5	23,26	0	427	0,453
215	20,2	-1,5	23,29	0	425	0,391
220	20,3	-1,4	23,26	0	426	0,366
225	20,3	-1,4	23,26	0	425	0,457
230	20,3	-1,4	23,22	0	423	0,295
235	20,3	-1,4	23,29	0	423	0,322
240	20,2	-1,4	23,33	0	423	0,334

B Kotly spaľujúce drevnú štiepku

Obr. B-1 Termografický snímok časti konštrukcie kotla nižšieho výkonu spaľujúceho drevnú štiepku, ktorý zobrazuje maximálnu povrchovú teplotu počas merania



Obr. B-2 Termografický snímok časti konštrukcie kotla vyššieho výkonu spaľujúceho drevnú štiepku, ktorý zobrazuje maximálnu povrchovú teplotu počas merania

Tab. B-1 Namerané hodnoty pred kotlom vyššieho výkonu spaľujúceho drevnú štiepku

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)	<i>v</i>
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)	(m·s ⁻¹)
0	18,1	-0,9	27,71	0	425	0,000
5	18,2	-0,8	27,64	0	426	0,239
10	18,3	-0,7	27,64	0	427	0,000
15	18,4	-0,7	27,36	0	430	0,000
20	18,5	-0,9	27,08	0	433	0,000
25	18,7	-0,7	26,86	0	436	0,000
30	18,9	-0,8	26,65	0	440	0,000
35	19,0	-0,8	26,30	0	445	0,000
40	19,1	-0,7	26,16	0	447	0,000
45	19,2	-0,8	25,87	0	445	0,000
50	18,8	-1,2	25,80	0	448	0,000
55	18,8	-1,2	25,87	0	446	0,198
60	18,7	-1,3	25,87	0	443	0,000
65	18,6	-1,3	26,01	0	439	0,000
70	18,3	-1,4	26,16	0	438	0,000
75	18,4	-1,4	26,19	0	436	0,000
80	18,4	-1,4	26,12	0	434	0,201
85	18,5	-1,3	26,08	0	436	0,210
90	18,6	-1,3	26,01	0	433	0,000
95	18,4	-1,5	25,87	0	432	0,225
100	18,2	-1,7	25,80	0	429	0,336
105	18,1	-1,9	25,73	0	429	0,365
110	18,1	-1,8	25,80	0	427	0,378
115	18,0	-2,0	25,73	0	425	0,405
120	18,3	-1,8	25,73	0	423	0,244
125	18,3	-1,8	25,59	0	421	0,201
130	18,4	-1,7	25,52	0	421	0,232
135	18,4	-1,7	25,45	0	421	0,000
140	18,5	-1,7	25,45	0	421	0,000
145	18,6	-1,7	25,30	0	419	0,000
150	18,6	-1,8	25,30	0	420	0,000
155	18,6	-1,7	25,37	0	419	0,000
160	18,9	-1,5	25,37	0	422	0,000
165	18,9	-1,5	25,16	0	420	0,000
170	18,9	-1,6	25,05	0	421	0,000
175	19,0	-1,5	25,09	0	421	0,000
180	19,0	-1,5	25,02	0	423	0,000
185	19,1	-1,4	24,95	0	426	0,000
190	19,2	-1,5	24,88	0	423	0,000
195	19,3	-1,4	24,73	0	421	0,000
200	19,2	-1,5	24,66	0	419	0,000

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)	<i>v</i>
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)	(m·s ⁻¹)
205	19,0	-1,7	24,80	0	418	0,205
210	18,8	-1,7	24,95	0	417	0,195
215	18,7	-1,7	25,13	0	415	0,000
220	18,6	-1,7	25,23	0	414	0,234
225	18,6	-1,7	25,30	0	413	0,255
230	18,5	-1,7	25,34	0	411	0,229
235	18,5	-1,7	25,45	0	413	0,217
240	18,5	-1,7	25,45	0	413	0,000

Tab. B-2 Namerané hodnoty pred kotlom nižšieho výkonu spaľujúceho drevnú štiepku

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)
0	17,0	-2,0	27,28	0	413
5	15,5	-2,9	27,48	0	410
10	14,8	-3,4	28,58	0	408
15	14,5	-3,2	29,41	0	404
20	14,3	-3,0	30,28	0	402
25	14,2	-3,2	30,71	0	401
30	14,0	-2,8	31,20	0	401
35	15,0	-2,2	31,17	0	402
40	15,3	-1,8	30,53	0	403
45	15,1	-2,1	30,39	0	398
50	15,1	-2,2	30,60	0	396
55	15,3	-1,8	30,33	0	399
60	15,4	-2,0	30,05	0	398
65	14,9	-2,4	30,12	0	393
70	15,3	-2,1	30,26	0	393
75	15,6	-2,1	30,19	0	393
80	15,7	-1,8	29,88	0	393
85	16,3	-1,5	29,75	0	396
90	16,4	-1,5	29,37	0	399
95	16,3	-1,6	29,13	0	397
100	16,4	-1,7	28,95	0	395
105	15,8	-1,9	28,88	0	396
110	15,9	-2,0	29,22	0	398
115	15,6	-2,0	29,43	0	397
120	15,0	-2,6	29,88	0	394
125	14,0	-2,8	30,21	0	392
130	13,2	-3,6	31,29	0	385
135	13,8	-2,8	32,00	0	387
140	13,9	-2,5	32,17	0	386

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)
145	14,7	-2,2	32,09	0	386
150	15,3	-1,4	31,36	0	390
155	15,5	-1,8	30,77	0	386
160	15,8	-1,6	30,12	0	385
165	15,6	-1,8	29,70	0	386
170	15,6	-2,2	29,50	0	386
175	15,4	-2,3	29,36	0	386
180	15,2	-2,6	29,53	0	387
185	14,2	-2,9	29,76	0	383
190	13,7	-3,5	30,64	0	374
195	14,7	-2,5	31,17	0	378
200	14,2	-2,8	30,79	0	383
205	13,7	-3,3	31,05	0	381
210	13,8	-2,9	31,49	0	382
215	14,8	-2,5	31,61	0	384
220	15,2	-1,7	30,95	0	389
225	15,8	-1,8	30,19	0	390
230	15,9	-1,9	29,39	0	395
235	16,3	-1,8	29,20	0	397
240	16,4	-1,8	28,60	0	395

Tab. B-3 Namerané hodnoty medzi kotlami spaľujúcimi drevnú štiepku

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)
0	20,2	-0,3	25,05	0	477
5	20,2	-0,7	24,59	0	488
10	20,2	-0,8	24,30	0	496
15	20,4	-0,8	24,16	0	501
20	20,5	-0,8	23,94	1	502
25	20,5	-0,9	23,80	0	500
30	20,5	-0,9	23,65	0	502
35	20,4	-1,1	23,58	0	494
40	20,4	-1,1	23,58	0	486
45	20,6	-1,0	23,58	0	481
50	20,6	-1,0	23,37	0	476
55	20,5	-1,2	23,33	1	470
60	20,6	-1,1	23,37	0	465
65	20,7	-1,0	23,29	0	461
70	20,8	-1,0	23,22	0	453
75	20,7	-1,1	23,22	0	449
80	20,7	-1,1	23,22	0	449

<i>t</i>	<i>T</i>	<i>DP</i>	<i>RH</i>	<i>C_c</i> (CO)	<i>C_c</i> (CO ₂)
(s)	(°C)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)
85	20,8	-1,0	23,26	0	448
90	20,8	-1,0	23,22	0	445
95	20,9	-0,9	23,19	0	439
100	20,9	-1,0	23,08	0	438
105	21,0	-1,0	23,00	0	439
110	21,0	-0,9	23,07	0	438
115	20,9	-1,0	23,15	0	436
120	21,0	-0,5	23,79	1	432
125	21,1	-0,6	23,65	0	431
130	21,1	-0,5	23,72	0	431
135	21,3	-0,2	23,87	0	433
140	21,3	-0,4	23,43	1	433
145	21,4	-0,6	23,22	0	432
150	21,4	-0,6	23,11	0	435
155	21,5	-0,6	23,00	0	436
160	21,5	-0,7	22,64	0	438
165	21,6	-0,7	22,64	1	440
170	21,7	-0,5	22,78	0	442
175	21,8	-0,5	22,67	0	443
180	21,7	-0,7	22,35	0	443
185	21,7	-0,8	22,35	0	442
190	21,7	-0,7	22,60	1	441
195	21,8	-0,5	22,64	0	440
200	21,9	-0,4	22,64	0	441
205	22,0	-0,4	22,59	0	441
210	22,1	-0,3	22,48	0	440
215	21,9	-0,4	22,34	0	441
220	21,8	-0,8	22,27	0	440
225	21,8	-0,6	22,49	0	443
230	21,9	-0,4	22,56	0	446
235	21,9	-0,6	22,42	0	447
240	21,9	-0,6	22,06	0	448

Tab. C-4 Nameraný obsah kyslíka v spalinách v percentách objemu pre kotol K1 a K2

Číslo polhodiny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nameraný obsah kyslíka v spalinách o_p (% obj.)												
Kotol K1	2,53	2,41	2,35	2,39	2,43	2,35	2,32	2,32	2,24	2,26	2,37	2,37
Kotol K2	4,32	4,29	4,30	4,27	4,31	4,29	4,33	4,30	4,26	4,23	4,24	4,28