

Indeklimaundersøgelse hos Københavns Energi

foretaget i perioden 1. juli 2005 - 30. juni 2006

Larsen, Tine Steen; Jensen, Rasmus Lund; Kalyanova, Olena; Heiselberg, Per

Publication date:
2006

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Larsen, T. S., Jensen, R. L., Kalyanova, O., & Heiselberg, P. (2006). *Indeklimaundersøgelse hos Københavns Energi: foretaget i perioden 1. juli 2005 - 30. juni 2006*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports No. 13

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Indeklimaundersøgelse hos Københavns Energi

Foretaget i perioden 1.juli 2005 – 30. juni 2006

Tine S. Larsen
Rasmus Lund Jensen
O. Kalyanova
P. Heiselberg

Aalborg University
Department of Civil Engineering
Indoor Environmental Engineering

DCE Technical Report No. 013

Indeklimaundersøgelse hos Københavns Energi

Foretaget i perioden 1. juli 2005 – 30. juni 2006

by

O. Kalyanova
P. Heiselberg

August 2006

© Aalborg University

Scientific Publications at the Department of Civil Engineering

Technical Reports are published for timely dissemination of research results and scientific work carried out at the Department of Civil Engineering (DCE) at Aalborg University. This medium allows publication of more detailed explanations and results than typically allowed in scientific journals.

Technical Memoranda are produced to enable the preliminary dissemination of scientific work by the personnel of the DCE where such release is deemed to be appropriate. Documents of this kind may be incomplete or temporary versions of papers—or part of continuing work. This should be kept in mind when references are given to publications of this kind.

Contract Reports are produced to report scientific work carried out under contract. Publications of this kind contain confidential matter and are reserved for the sponsors and the DCE. Therefore, Contract Reports are generally not available for public circulation.

Lecture Notes contain material produced by the lecturers at the DCE for educational purposes. This may be scientific notes, lecture books, example problems or manuals for laboratory work, or computer programs developed at the DCE.

Theses are monographs or collections of papers published to report the scientific work carried out at the DCE to obtain a degree as either PhD or Doctor of Technology. The thesis is publicly available after the defence of the degree.

Latest News is published to enable rapid communication of information about scientific work carried out at the DCE. This includes the status of research projects, developments in the laboratories, information about collaborative work and recent research results.

Published 2006 by
Aalborg University
Department of Civil Engineering
Sohngaardsholmsvej 57,
DK-9000 Aalborg, Denmark

Printed in Denmark at Aalborg University

ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 013

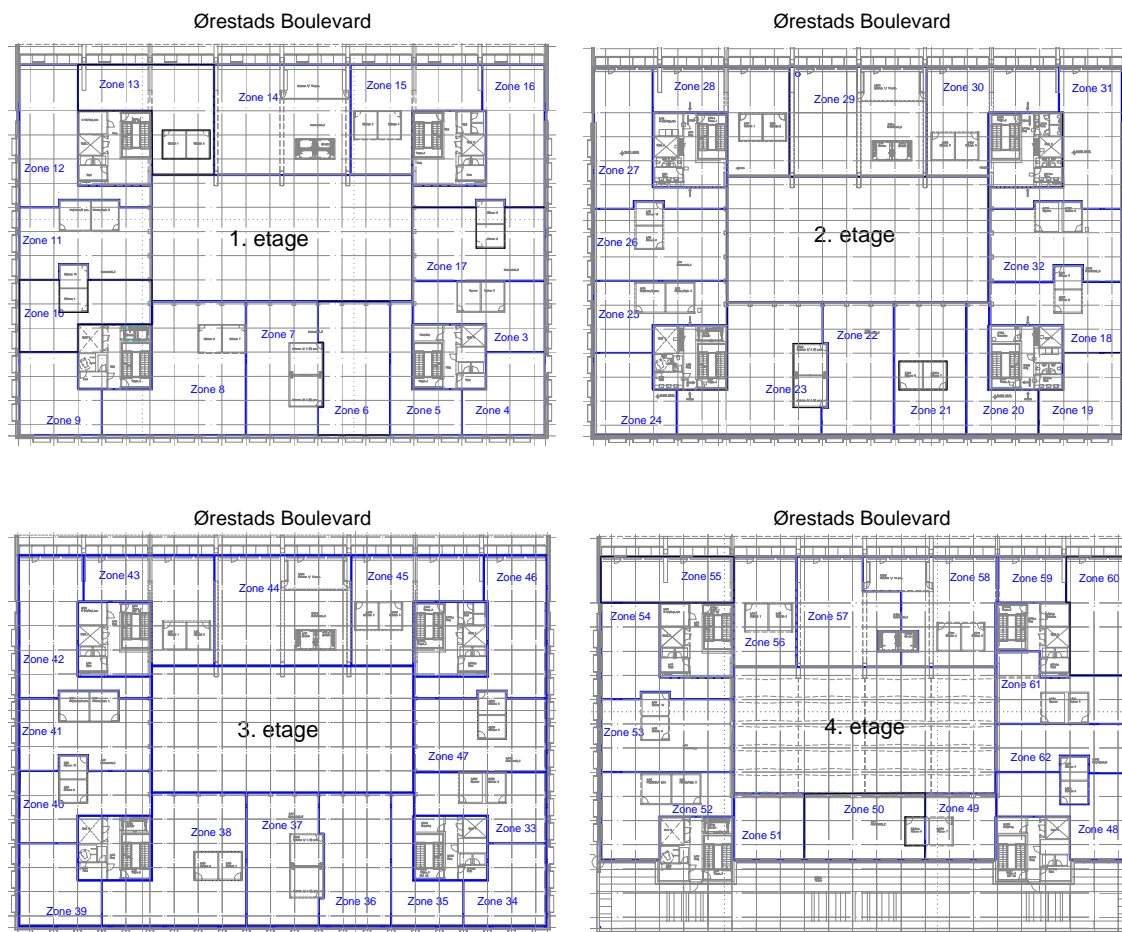
FORORD

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med måleprogrammet for kontorbygningen Københavns Energi. Måledata anvendes til at dokumentere ventilationsanlæggets funktion og ydeevne med hensyn til termisk indeklime, atmosfærisk indeklime, luftskifte og luftfordeling. Målingerne gennemføres i perioden juli 2005 – juni 2006.

Arbejdet er rekvireret af Byggefelt 1A Aps, c/o Sjælsø Gruppen A/S, Ny Allerødgård, Sortemosevej 15, 3450 Allerød og udføres af Aalborg Universitet, Institutet for Bygningsteknik, Klimalaboratoriet, Sohngårdsholmsvej 57, 9000 Aalborg.

Med til rapporten hører en dokumentations-CD, som forefindes bagerst på rapportens omslag.

I rapporten benyttes ofte henvisning til zonenumre i bygningen. Nummerering af zonerne er foretaget ud fra følgende planer udleveret fra WindowMaster:



Indhold

1.	KRAV OPSTILLET TIL INDEKLIMAET I BYGNINGEN	6
1.1	TEMPERATUR.....	6
1.2	LUFTHASTIGHEDER (TRÆK).....	6
1.3	ATMOSFÆRISK INDEKLIMA.....	7
2.	LANGTIDSMÅLINGER	8
2.1	TEMPERATURMÅLINGER.....	8
2.2	CO ₂ -MÅLINGER	9
2.3	KONKLUSION PÅ LANGTIDSMÅLINGER.....	10
3.	KORTTIDSMÅLINGER.....	11
3.1	SOMMERSITUATION: MÅLT I PERIODEN 22. – 26. AUGUST 2005.....	12
3.2	VINTERSITUATION: MÅLT I PERIODEN 6.-10. FEBRUAR 2006	22
3.3	FORÅRS-/EFTERÅRSSITUATION: MÅLT I PERIODEN 2.- 4. MAJ 2006.....	32
4.	SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE	42
4.1	GENEREL VURDERING.....	42
4.2	VURDERING UD FRA ZONEOPDELING.....	43
4.3	KONKLUSION PÅ SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE	50
5.	KONKLUSION – SAMLET VURDERING AF INDEKLIMAET	52
	BILAG A: BEREGNINGSEKSEMPEL, LANGTIDSMÅLINGER.....	53
	BILAG B: BESTEMMELSE AF BYGNINGSVOLUMEN.....	56
	BILAG C: MÅLING AF LOKALE LUFTHASTIGHEDER (TRÆK), SOMMER	57
	BILAG D: BESTEMMELSE AF LOKALE LUFTSKIFTER	60
	BILAG E: BESTEMMELSE AF GENNEMSNITSLUFTSKIFTE I BYGNINGEN.....	61
	BILAG F: BESTEMMELSE AF INFILTRATIONS LUFTSKIFTE	62
	BILAG G: SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE.....	63

Krav opstillet til indeklimaet i bygningen

Succeskriteriet for både kort- og langtidsmålingerne foretaget i bygningen er, at disse opfylder kravene i DS474. Uddrag herfra vil i afsnit 0 og 0 kort blive ridset op. Da DS474 ikke omhandler det atmosfæriske indeklima gennemgås arbejdstilsynets anbefalinger på dette område i afsnit 0 for senere at kunne sammenligne forholdene hos Københavns Energi med disse.

Temperatur

Som vejledning er der i DS474 angivet nogle grænser for temperaturintervaller, temperaturdifferencer og middellufthastighed for en siddende person, som vil sikre, at 80% af personerne i rummet vil være tilfredse

Operativ temperatur i opholdszonen:

- Sommer (belædning = 0,5 clo) 23°C-26°C
- Vinter (belædning = 1,0 clo) 20°C-24°C

Lokale påvirkninger (uddrag fra DS474):

- Lodret temperaturforskel mellem ankel- og hovedhøjde $\Delta t_a < 3^\circ\text{C}$
- Overfladetemperatur af gulv
 $19^\circ\text{C} < t_g < 26^\circ\text{C}$
- Strålingstemperaturassymetri mellem vindue og rum $\Delta t_{pr} < 10^\circ\text{C}$

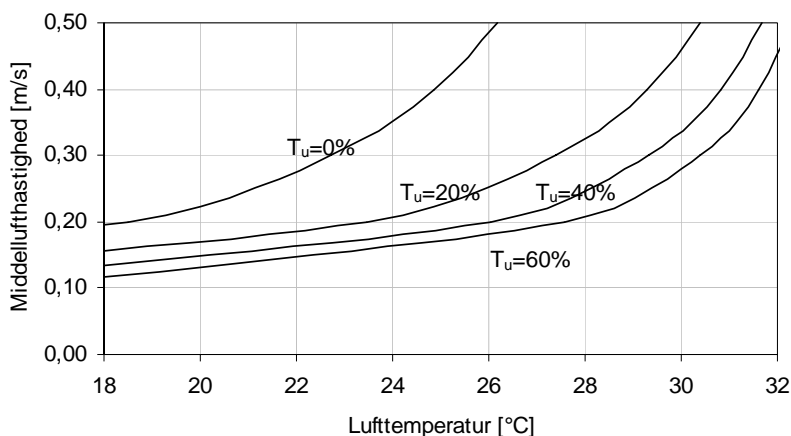
1.1.1.1 Toleranceoverskridelse

I perioder hvor udetemperaturen eller andre forhold er ekstreme og overskrider projekteringsforudsætningerne, kan det længerevarende tillades at kravene til termisk indeklima overskrides. I DS474 gives følgende vejledende krav:

- Timer med temperatur over 26°C: 100
- Timer med temperatur over 27°C: 25

Lufthastigheder (træk)

Vurderingen af, om en given lufthastighed opfattes som træk er afhængig af lufttemperaturen samt turbulensintensiteten i luftens bevægelse, dvs. hvor meget hastigheden varierer over tiden. DS474 anbefaler højst 15% utilfredse med træk. Dette er illustreret i Figur 0.1.



Figur 0.1. Tilladelig middellufthastighed som funktion af lufttemperatur og turbulensintensitet ved højst 15% utilfredse.

Atmosfærisk indeklima

Ved vurdering af det atmosfæriske indeklima ses på luftens indhold af CO₂ samt den relative luftfugtighed. Denne vurdering foretages ud fra At-vejledning A.1.2, hvor der står følgende:

”Hvis personerne i lokalet er den største forureningskilde, måles luftens indhold af kuldioxid (CO₂), som ikke bør være større end 1000 ppm. Hvis luftens indhold overstiger 2000 ppm i mere end korte perioder af en dag, anses ventilationen for at være utilstrækkelig.”

”Luftfugtigheden giver normalt ikke gener, hvis den relative fugtighed er mellem 25 og 60 pct. Mikrosvampe og husstøvmider lever dog bedst ved høj fugtighed. Det er normalt ikke nødvendigt at befugte luften. Hvis det af særlige årsager er nødvendigt at fugte luften, bør der vælges et befugtningsanlæg, som ikke giver risiko for vækst af mikroorganismer. Oplevelsen af at luften er tør, skyldes ofte høje temperaturer eller støv og kemiske stoffer i luften.”

Langtidsmålinger

Langtidsmålingerne registreres via de interne følere hos KE. For hver zone i bygningen er der opsat en temperaturføler. Herudover er der i fire zoner på hver etage opsat en CO₂-måler. Det er målingerne fra disse følere, der samles og analyseres. De udvalgte zoner er dels fundet ud fra tidligere udført spørgeskemaundersøgelse hos KE samt ud fra ønske om, at der som minimum logges på én CO₂-føler pr. etage.

De valgte zoner er (zoner med kursiv indeholder også CO₂-føler):

- 1. etage: 6, 10, 13, 17
- 2. etage: 21, 23, 27, 29, 31
- 3. etage: 38, 39, 40, 41, 47
- 4. etage: 48, 50, 55, 60

For at give et overblik over resultaterne af langtidsmålingerne og samtidig lette arbejdet med at sammenligne med kravene opstillet i kapitel 0, foretages der for hver måned en opsummering af timeværdierne for henholdsvis temperatur og CO₂. Desuden vil eventuelle problemer blive gennemgået, hvis det bliver nødvendigt.

I "Bilag A: Beregningseksempel, langtidsmålinger" er der lavet en gennemgang af resultaterne for zone 41 i august måned. Optegningerne, der vises her, er foretaget for alle måneder og alle udvalgte zoner, og øvrige optegninger kan findes på den medfølgende CD i mappen "log-data". Zone 41 er blevet udvalgt som "eksempel-zone" ud fra orienteringen mod syd, placeringen på 3. etage i bygningen og den tætte placering af medarbejdere, da disse parametre alle bidrager til høje temperaturer. Desuden er der registreret både temperatur og CO₂-niveau i denne zone.

Temperaturmålinger

Ved vurdering af temperaturmålingerne i forhold til DS474 opsummeres der for hver måned. Da DS474 angiver hele timer over 26°C eller 27°C er værdierne bestemt som middelværdier over en hel time. Desuden omfatter opsummeringen kun perioden fra kl. 8.00 til kl. 16.00, som her er defineret som arbejdstid. Resultaterne af opsummeringen for temperaturmålingerne ses i Tabel 0.1 og Tabel 0.2.

<i>Zone</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>13</i>	<i>17</i>	<i>21</i>	<i>23</i>	<i>27</i>	<i>29</i>	<i>31</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>47</i>	<i>48</i>	<i>50</i>	<i>55</i>	<i>60</i>
Juli	81	25	10	3	38	23	20	5	22	27	64	37	42	11	30	58	25	10
Aug	8	2	0	0	0	0	8	0	3	0	11	3	8	0	0	8	4	0
Sep	17	5	0	0	1	3	7	0	0	0	16	1	7	0	1	1	0	0
Okt	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	3	9	0	0	13	0	0
Nov	6	0	0	0	0	0	2	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
Dec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feb	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Juni	29	14	3	0	12	12	13	0	34	0	13	1	3	1	20	39	19	2
Total	153	46	13	3	51	39	54	5	59	27	122	45	73	12	51	119	48	12

Tabel 0.1. Antal time-intervaller mellem kl. 8 og 16, hvor temperaturen er over 26°C

<i>Zone</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>13</i>	<i>17</i>	<i>21</i>	<i>23</i>	<i>27</i>	<i>29</i>	<i>31</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>47</i>	<i>48</i>	<i>50</i>	<i>55</i>	<i>60</i>
-------------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Juli	20	6	0	0	10	5	9	0	4	7	15	11	9	2	6	17	6	1
Aug	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	4	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	2	8	0	0
Total	24	6	0	0	10	5	9	0	11	7	15	11	9	2	8	25	6	1

Tabel 0.2. Antal time-intervaller mellem kl. 8 og 16, hvor temperaturen er over 27°C

Ud fra resultaterne af temperaturanalysen fremgår det, at der i zone 6 er væsentlige problemer med for høje temperaturer. Årsagen til de højere temperaturer i zone 6 er blevet undersøgt under en måleperiode i bygningen, og her blev det konstateret, at føleren i denne zone er placeret over en kopimaskine. Resultaterne fra denne zone medtages derfor ikke i den endelige vurdering af langtidsmålingerne. Desuden anbefales det at flytte føleren, da vinduerne i zonen reguleres efter den kunstigt høje temperatur. Der er desuden registreret et forøget antal timer over 26°C i zone 39 og 50, som begge har en høj belastning pr. areal (se yderligere detaljer om zone 39 under korttidsmålingerne). I bygningen som helhed er temperaturniveauet acceptabelt med en middelværdi på 52 timer over 26°C.

Alle zoner overholder anbefalingen om maksimalt 25 timer over 27°C.

CO₂-målinger

Ved vurdering af CO₂-målingerne er samtlige CO₂-målinger i bygningen medtaget. Her er succeskriteriet, at målingerne skal ligge under 1000 ppm. Dette bliver i perioden mellem kl. 8 og 16 stort set overholdt for samtlige zoner, jf Tabel 0.3.

Zone	7	11	14	17	22	26	29	32	37	41	44	47	50	53	57	62
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aug	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okt	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Nov	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4
Dec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	4	3	3
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	7	1	0
Feb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0
Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	3	0	0	0	0	0	0	0	7	0	12	0	14	4	7

Tabel 0.3. Antal time-intervaller mellem kl. 8 og 16, hvor CO₂-niveauet er over 1000 ppm.

For at illustrere den gode luftkvalitet i bygningen er også antallet af timer over 750 ppm medtaget. Disse er vist i Tabel 0.4.

<i>Zone</i>	<i>7</i>	<i>11</i>	<i>14</i>	<i>17</i>	<i>22</i>	<i>26</i>	<i>29</i>	<i>32</i>	<i>37</i>	<i>41</i>	<i>44</i>	<i>47</i>	<i>50</i>	<i>53</i>	<i>57</i>	<i>62</i>
Juli	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	1	0	1	0
Aug	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	1	2	5	1
Sep	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	8	4	4	16	5	7
Okt	1	5	0	2	2	5	7	5	14	15	4	33	18	34	43	32
Nov	12	21	12	15	39	47	65	51	54	85	33	112	86	82	108	105
Dec	8	14	9	19	32	39	52	23	41	80	39	71	58	55	75	60
Jan	15	10	9	6	34	42	70	47	80	121	70	74	71	62	112	52
Feb	0	3	1	0	4	17	27	32	27	59	20	66	43	38	80	51
Mar	0	2	6	0	8	29	50	37	33	80	29	94	58	78	97	72
April	0	0	2	1	0	3	12	5	10	46	6	26	13	36	36	24
Maj	0	2	2	3	0	4	4	2	0	22	3	4	12	9	18	7
Juni	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	36	57	41	50	119	186	288	203	260	512	216	485	365	412	580	411

Tabel 0.4. Antal time-intervaller mellem kl. 8 og 16, hvor CO₂-niveauet er over 750 ppm.

Konklusion på langtidsmålinger

Der er i to zoner (begge med høj belastning pr. areal) registreret et forøget antal timer over 26°C. I bygningen som helhed er temperaturniveauet acceptabelt med en middelværdi på 52 timer over 26°C. Alle zoner overholder anbefalingen om maksimalt 25 timer over 27°C.

CO₂-niveauet i bygningen er under det anbefalede, og det konkluderes derfor, at luftkvaliteten, vurderet ud fra CO₂-målingerne, er god.

Korttidsmålinger

Disse målinger blev foretaget over tre perioder for at sikre, at der blev målt på en typisk sommersituation, vintersituation og forårs-/efterårssituation. Målingerne foretaget i en enkelt måleperiode er opstillet i Tabel 0.1:

<i>Parameter</i>	<i>Målinger</i>
Termisk komfort	Niveau af rumtemperatur, herunder bestemmelse af om komfortforhold fra DS474 er opfyldt. Trækforhold Intern varmelast Solafskærmning
Atmosfærisk komfort	Niveau af luftkvalitet – målt via CO ₂
Ventilationskapacitet	Infiltration Bygningens luftsifte i drift Lokalt luftsifte Luftfordeling imellem etager og trykzoner

Tabel 0.1. Parametre målt under korttidsmålingerne.

Efter aftale med Københavns Energi måles der intensivt på zone 13 (1. etage vestfacade) og zone 39 (3. etage hjørnekontor mod sydøst) i de tre måleperioder. Begrundelsen for valg af zoner er, at der i zone 13 ofte er klager over træk, og at der i zone 39 er høj personbelastning.

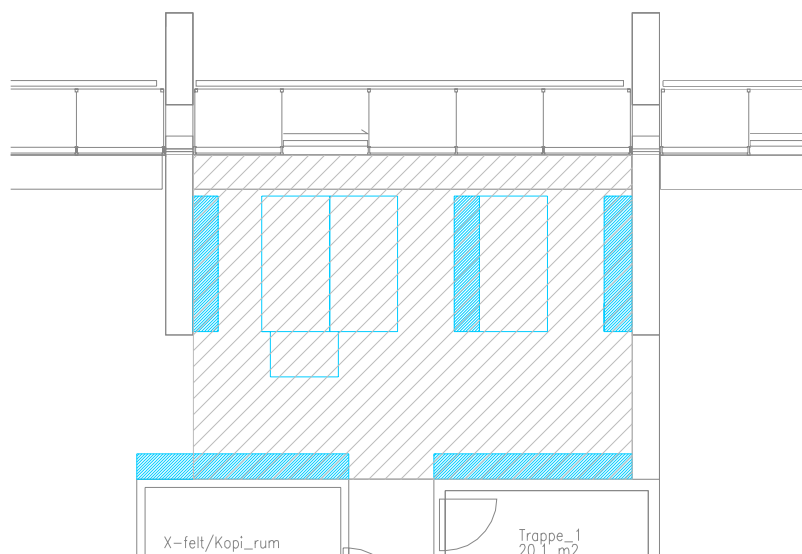
1.1.1.2 Beskrivelse af måleområderne i zone 13 og 39

I begge måleområder blev der dele af zonen udvalgt til intense målinger af temperatur, CO₂ og træk. Måleområderne er angivet som skravering på Figur 0.1 og Figur 0.2. Dog er måleområdet ændret ved vurdering af det lokale luftsifte i zone 39. Dette er beskrevet nærmere i afsnit 0.

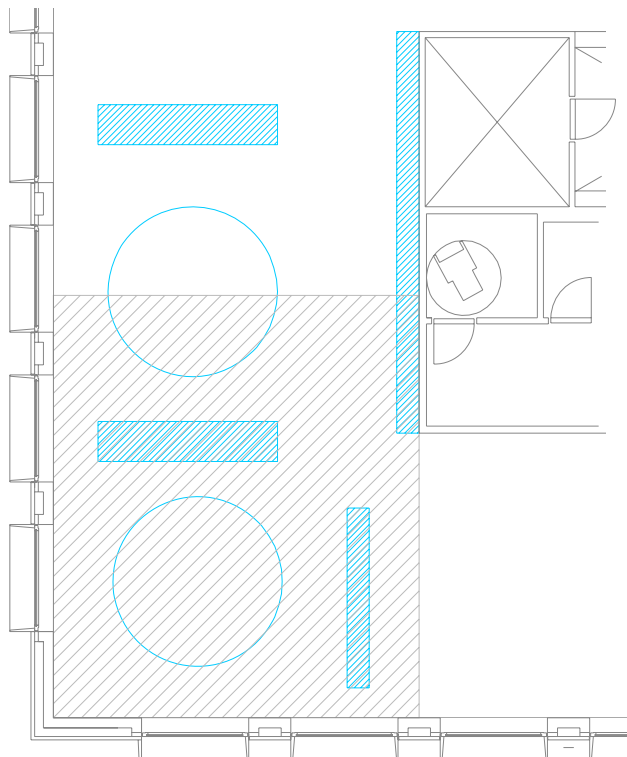
I måleområdet i zone 13 er der tre arbejdsplader (3 personer x 100W) med tilhørende PC og fladskærm (50W) samt skrivebordslampe (20W). Desuden er der opsat 6 lysstofrør (i alt 4 W/m²). Beregnes den totale varmebelastning i området, som er 44 m² giver dette 15,6 W/m².

I zone 39 er der seks arbejdsplader (6 personer x 100W) med tilhørende PC og fladskærm (50W) samt skrivebordslampe (20W). Desuden er der opsat 4 lysstofrør (i alt 4 W/m²). Beregnes den totale varmebelastning i området, som er 34 m², giver dette 34 W/m².

Sammenlignes den interne varmebelastning med vejledningen i By og Byg anvisning 202 ses, at varmebelastningen i zone 13 vurderes som egnet til naturlig ventilation, men at varmebelastningen i zone 39 kræver særlige overvejelser i forbindelse med naturlig ventilation.



Figur 0.1. Møbleri af måleområdet i zone 13. Måleområdet er skraveret. Vinduer vender mod vest.



Figur 0.2. Møbleri af måleområdet i zone 39. Måleområdet er skraveret. Vinduer vender mod syd og øst.

Resultaterne fra de tre måleperioder vil blive gennemgået i afsnit 0-0. Til slut foretages en samlet vurdering af målingernes resultat.

Sommersituation: Målt i perioden 22. – 26. august 2005

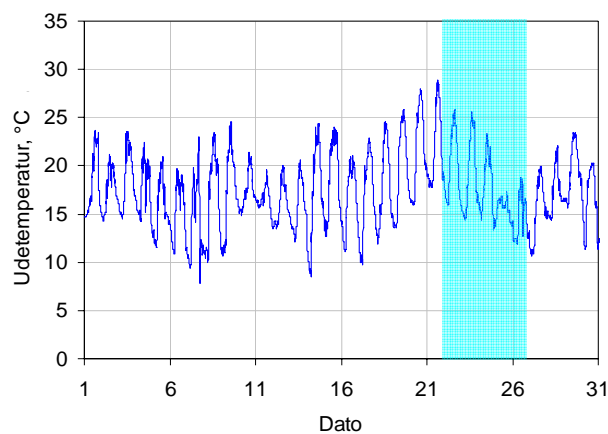
Udover målingerne i zone 13 og 39 ønskede Københavns Energi, at trækgener i zone 36, 38, 47 og 52 blev undersøgt. Dette blev accepteret hvis tiden tillod det, selvom det er udenfor

kontrakten. Desuden blev det oplyst, at der køres med varme på i flere zoner på første sal, fordi folk klager over træk og kulde. Især i zone 13 er dette et problem.

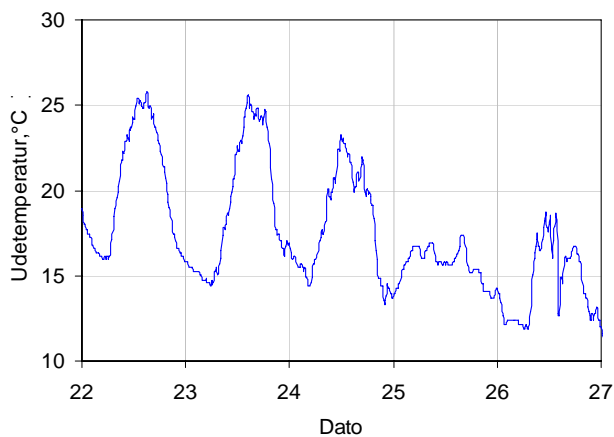
Vejrdata for perioden

Vejrdata er opsamlet med KE's egne følere. Det var ønsket, at sommersituationen skulle repræsentere en længerevarende varm periode, men på grund af det lunefulde danske sommervejr viste det sig svært at opnå. Mandag til onsdag i måleperioden var vejret let diset men lunt med svag vind. Torsdag var præget af højere vindhastigheder og regn indtil sidst på dagen. Fredag var der overskyet men tørvejr.

Udetemperaturen for hele august måned er vist i Figur 0.3. Det fremgår af figuren, at ugen inden måleperioden var rimelig varm med temperaturer mellem 23°C og 28°C, men at temperaturen tre dage inde i måleperioden faldt fra omkring 24-25°C til 16-17°C. Udetemperaturen i måleperioden er vist i Figur 0.4.

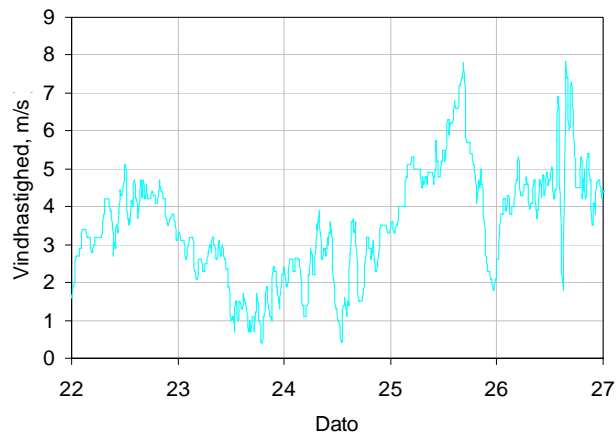


Figur 0.3. Udetemperaturen i august måned 2005. Måleperioden er markeret med turkis.

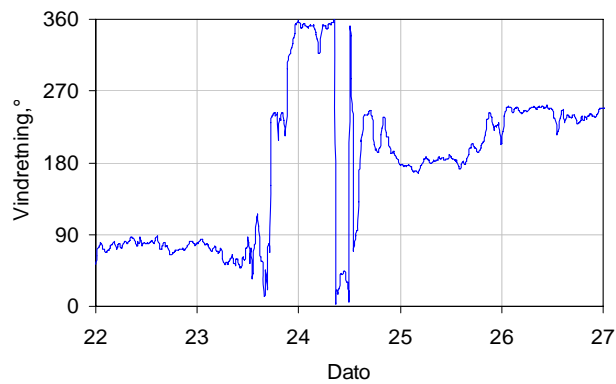


Figur 0.4. Udetemperaturen i måleperioden.

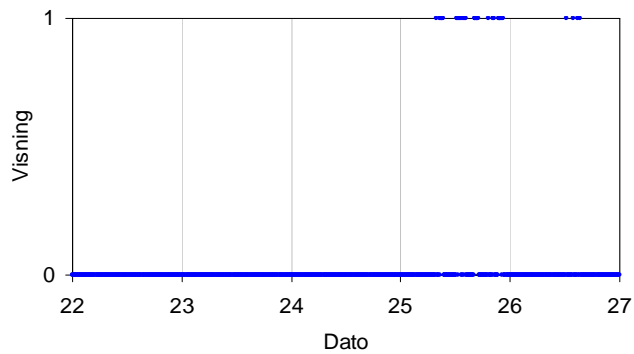
Ved vejrskiftet onsdag aften blev vindhastighederne højere. Desuden ændredes vindretningen fra øst over nord til sydvest og det begyndte at regne. Dette er illustreret i Figur 0.5, Figur 0.6 og Figur 0.7.



Figur 0.5. Vindhastigheden i måleperioden.



Figur 0.6. Vindretningen i måleperioden.



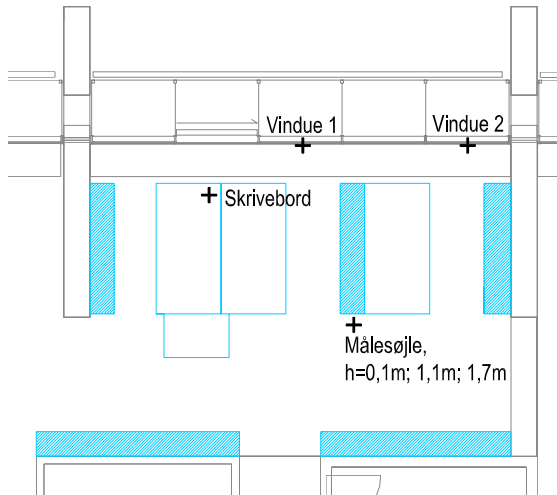
Figur 0.7. Visning af regn og tørvej i måleperioden. 0=tørvej, 1=regn.

Termisk komfort

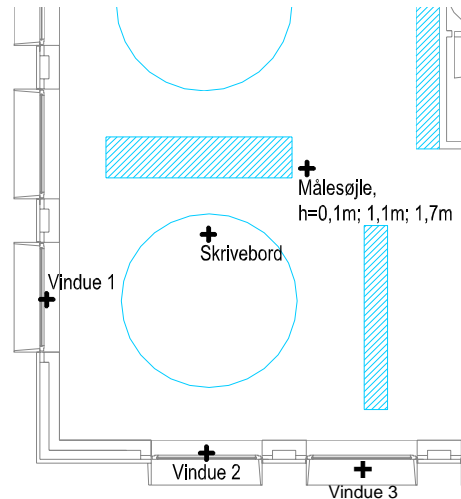
Måling af temperaturer i kontorzonerne

Der blev i både zone 13 og 39 målt temperaturer i vinduesåbningerne, på et skrivebord samt på en målesøjle i højderne 0,1 m, 1,1 m og 1,7 m.

Placering af målingerne er angivet på Figur 0.8 og Figur 0.9.

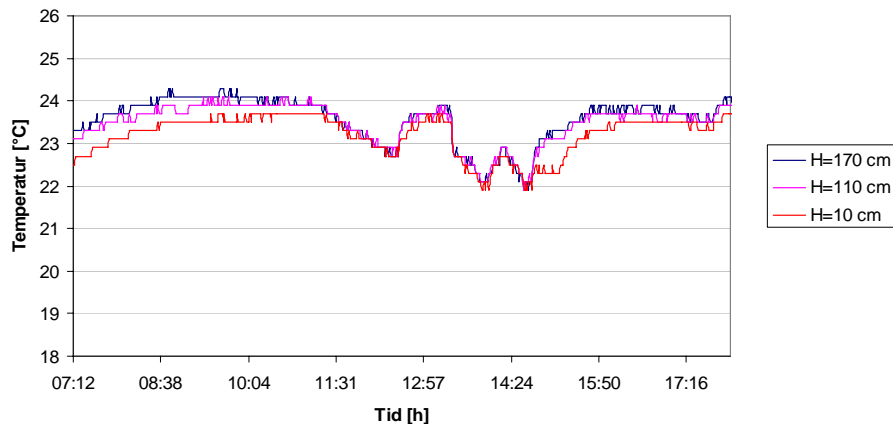


Figur 0.8. Placering af temperaturmålinger i zone 13

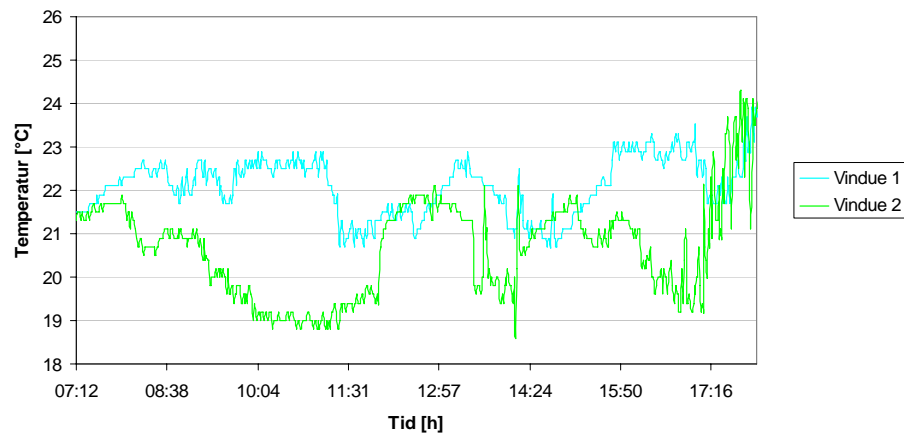


Figur 0.9. Placering af temperaturmålinger i zone 39

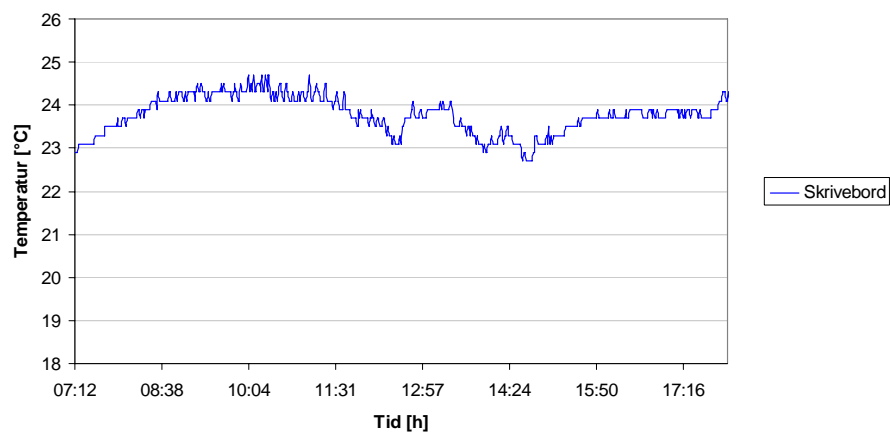
Et eksempel på temperaturerne målt onsdag i zone 13 ses i Figur 0.10 - Figur 0.12. Øvrige måledata for denne zone findes på den medfølgende CD i mappen ”sommer”



Figur 0.10. Temperaturer målt på målesøjle i zone 13 onsdag d. 24. august.



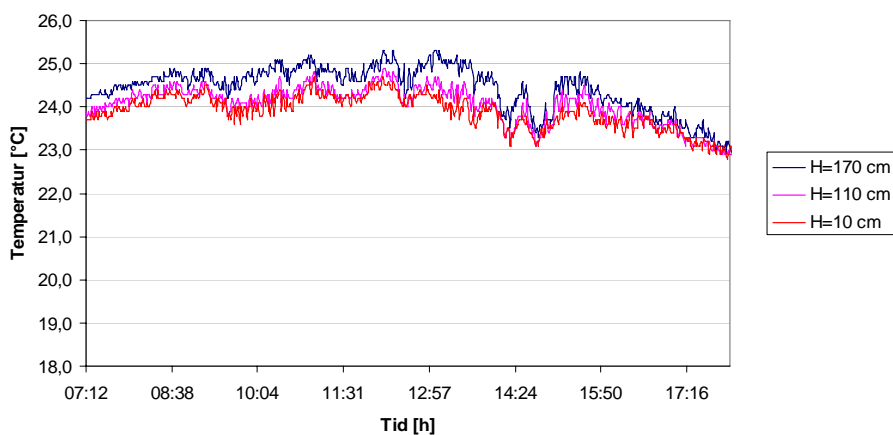
Figur 0.11. Temperaturer målt i indtaget ved vinduerne i zone 13 onsdag d. 24. august.



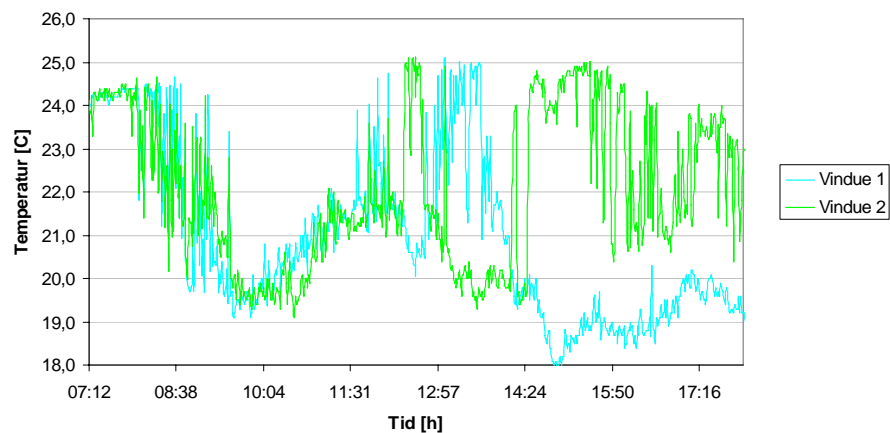
Figur 0.12. Temperatur målt på skrivebord i zone 13 onsdag d. 24. august.

Ud fra målingerne kan det konstateres, at temperaturerne i zone 13 ligger mellem 22°C og 25°C indenfor arbejdstiden, hvilken er et acceptabelt komfortområde. Dette er gældende i alle målingerne. Desuden er temperaturgradienten mellem 0,1 m og 1,1 m kun omkring 0,5°C, hvilket er fuldt ud acceptabelt.

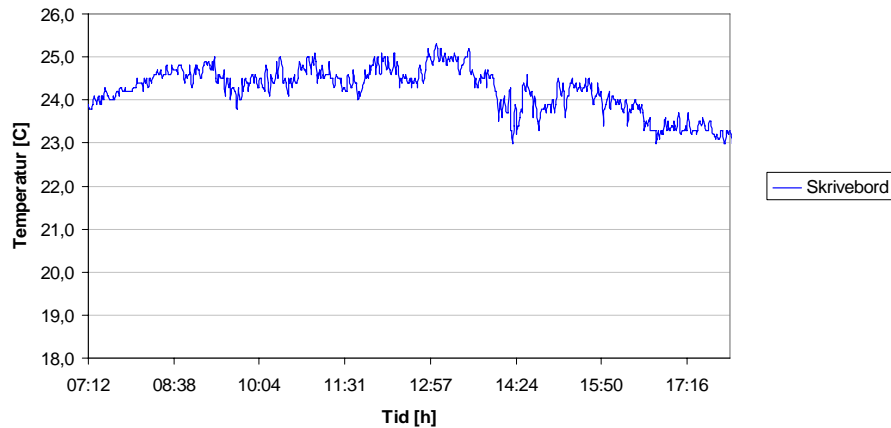
Temperaturerne målt onsdag i zone 39 ses i Figur 0.13 - Figur 0.15. Øvrige måledata for denne zone findes i samme dokument som for zone 13.



Figur 0.13. Temperaturer målt på målesøjle i zone 39 onsdag d. 24. august.



Figur 0.14. Temperaturer målt i indtaget ved vinduerne i zone 39 onsdag d. 24. august.



Figur 0.15. Temperatur målt på skrivebord i zone 39 onsdag d. 24. august.

Også i zone 39 er der fundet gode temperaturmæssige forhold, som alle overholder kravene i DS474. Dog når temperaturen tirsdag eftermiddag op på 26,5°C (er kun medtaget på CD), men dette skyldes, at vi pga infiltrationsforsøg fik lukket alle vinduer i bygningen kl. 15 denne dag. Der bør derfor ses bort fra disse kortvarige høje temperaturer.

De meget varierende temperaturer målt i vindue 1 må skyldes, at dette vindue både bliver brugt som indtag og udsugning for luften afhængigt af vindens påvirkning på bygningen.

Måling af lokale lufthastigheder (træk)

Hastighederne i zone 13 og 39 blev målt på tre forskellige dage for at opnå forskellige situationer. Røgpipette blev brugt til at visualisere luftbevægelserne og finde frem til kritiske områder. Samtlige måleresultater er opgivet i ”Bilag C: Måling af lokale lufthastigheder (træk), sommer”.



Figur 0.16. Måling af lokale hastigheder.

Zone 13:

Målingerne i zone 13 blev tirsdag og torsdag foretaget under normale driftssituationer. Om onsdagen åbnede brugerne manuelt vinduerne helt op under målingerne. Vinduerne er derfor i denne måling ikke styret af styringssystemet, men af brugerne, og de høje hastigheder der er målt er derfor i det tilfælde, hvor brugerne selv åbner vinduerne op. Ventilationssystemet ville ikke åbne så meget men bliver styret af vindhastighed, retning, temperatur mm. Der ses derfor bort fra resultaterne af onsdagens målinger i analysen af lufthastigheder.

I den normale driftssituation blev der målt hastigheder mellem 2,6 og 18,2 cm/s og turbulensintensitet er vurderet til omkring 45%. Disse værdier er fundet som middelværdier over 1 minut. Bruges en turbulensintensitet på 45% og en

rumtemperatur på 23°C (fundet ved målingerne) kan det ud fra Figur 0.1 vurderes, hvad niveauet af hastighederne i opholdszonen skal være for at have mindre end 15% utilfredse med træk. Her findes det frem til, at hastighederne skal være mindre end 16 cm/s, hvilket i dette tilfælde ikke er opfyldt. Regnes der derimod den anden vej medfører 18,2 cm/s ca. 20% utilfredse.

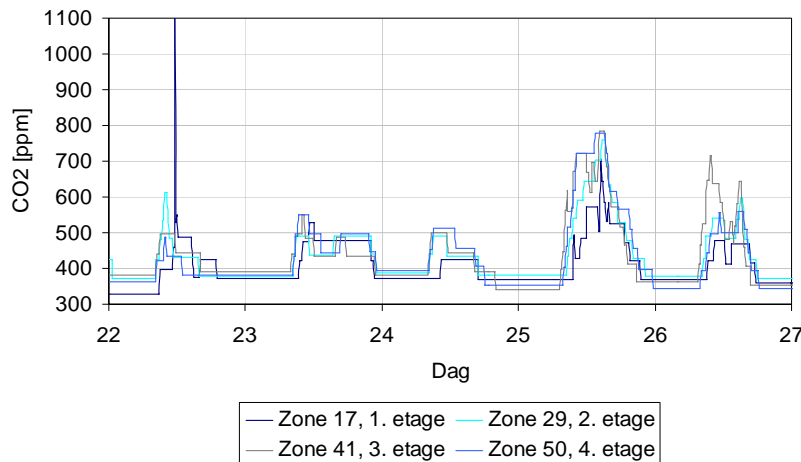
Zone 39:

Alle målinger i zone 39 er foretaget under normale driftssituationer med åbne vinduer. Lufthastighederne blev, på opfordring fra brugerne, målt på tre forskellige arbejdspladser indenfor zonen. Der blev målt hastigheder mellem 3,1 og 25,1 cm/s og igen bruges en turbulensintensitet på 45%.

For at opfylde det vejledende krav om højst 15% utilfredse bør der i denne zone ikke være hastigheder højere end 17 cm/s (turbulensintensitet på 45% og lufttemperatur på 24°C). Dette er ikke opfyldt, da der her er målt hastigheder på 25,1 cm/s, hvilket svarer til 27% utilfredse.

Atmosfærisk komfort

For at vurdere den atmosfæriske komfort optegnes CO₂-niveauet målt på hver af de fire øverste etager. Dette ses i Figur 0.17.



Figur 0.17. CO₂-niveauet målt op gennem bygningen.

Det fremgår af optegningen, at der er en svag lagdeling op gennem bygningen, men at det generelle niveau er langt under arbejdstilsynets krav. Det kan derfor konkluderes, at det atmosfæriske indeklima i bygningen er godt.

Ventilationskapacitet

Ventilationskapaciteten i bygningen vurderes både lokalt i zone 13 og 39 og som et gennemsnit for hele bygningen. I denne sammenhæng vurderes også, om der forefindes en temperaturgradient op gennem bygningen.

Desuden vurderes bygningens tæthed ved at måle infiltrationen i bygningen en aften efter arbejdstid.

Bestemmelse af lokale luftskifter i zone 13 og 39:

For at vurdere ventilationen i de enkelte zoner blev der registreret personer i zonen i et givent tidsinterval samtidig med, at CO₂-niveauet blev registreret med tvangsskriver. Beregningerne

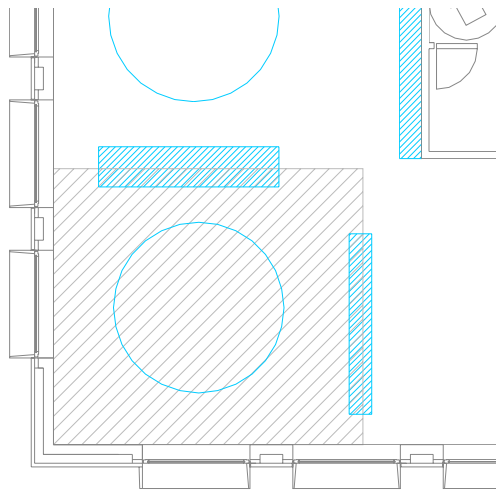
er foretaget ud fra metoden med konstant tilførsel af gas (CO₂) og kan ses i ”Bilag D: Bestemmelse af lokale luftskifter”.

Zone 13:

Luftskiftet i zone 13 blev vurderet i området mellem de to skillevægge, som har tre ventilationsstyrede vinduer, se Figur 0.1. Under målingerne åbnede brugerne vinduerne helt op – vinduerne er derfor i denne måling ikke styret af styringssystemet, men af brugerne. Middelluftskiftet i perioden er bestemt til 6h⁻¹ med en gennemsnitsbelastning i zonen på 1,9 personer. Til sammenligning kan nævnes, at det minimalt nødvendige luftskifte i zonen ved opretholdelse af et CO₂-niveau på 1000 ppm skal være 1,1 h⁻¹, så dette luftskifte er fuldt ud tilstrækkeligt.

Zone 39:

Luftskiftet i denne zone blev vurderet ud fra et område i hjørnet indenfor reolerne (se Figur 0.18).



Figur 0.18. Område brugt ved beregningerne af lokalt luftskifte i zone 39.

Der blev registreret personer i zonen fra kl. 9.00 til 11.30 samtidig med at CO₂-niveauet blev registreret med skriver. Alle vinduer i zonen stod åbne. Ud fra målingerne blev luftskiftet vurderet til at ligge omkring 5h⁻¹ med en gennemsnitsbelastning i zonen på 5,0 personer. Her er det minimalt nødvendige luftskifte i zonen ved opretholdelse af et CO₂-niveau på 1000 ppm beregnet til 1,5 h⁻¹, så også dette luftskifte er fuldt ud tilstrækkeligt.

Måling af gennemsnitsluftskifte for bygningen

Middelluftskiftet i bygningen blev vurderet over en måleperiode på 4 timer fra kl. 10.00 til kl. 14.00, hvor vi antog at bygningen var i fuld drift. Under måleperioden blev antallet af personer i bygningen løbende talt. Vejret var denne dag tørt så bygningen kører med normal drift. Dog kører flere zoner ifølge Thomas Casmore på vinterdrift, og ventilationskapaciteten vil reelt være lidt højere hvis alle zoner kører efter sommerdrift. Luftskiftet som er nødvendigt for at opretholde et CO₂-niveau på 1000 ppm er beregnet til 0,53 h⁻¹. Dette er beregnet for 312 personer, som var det gennemsnitlige antal der befandt sig i bygningen i perioden hvor målingen blev foretaget.

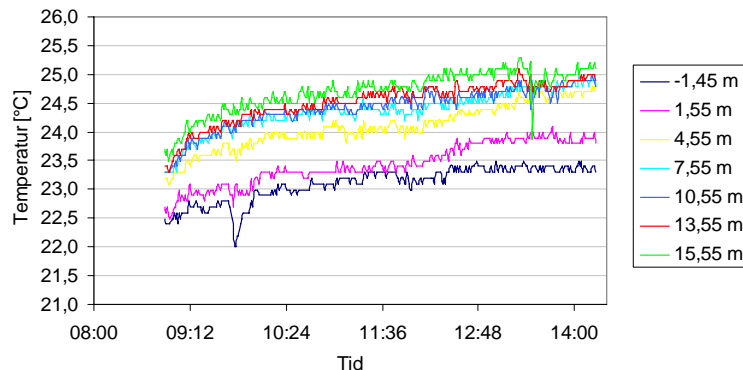
Beregninger af luftskiftet foretaget med samme metode som ved beregning af lokale luftskifter viser, at middelluftskiftet i måleperioden har været på 3,2 h⁻¹. Beregningerne er

gennemført i ”Bilag B: Bestemmelse af bygningsvolumen” og ”Bilag E: Bestemmelse af gennemsnitsluftskifte i bygningen”. Usikkerheden på denne type beregning er forholdsvis stor, da antallet af personer i bygningen hele tiden varierer. Desuden er volumenet brugt i beregningerne ikke korrigeret for møbler i bygningen, hvilket vil sige, at det reelle volumen er mindre end det beregnede og luftskiftet dermed en anelse højere. Sammenlignes med det minimalt nødvendige luftskifte kan det konkluderes, at det gennemsnitlige luftskifte i bygningen er godt.

Temperaturgradient i bygningen

En anden metode til vurdering af ventileringen i bygningen er at registrere temperaturgradienten op gennem bygningen. Dette blev gjort ved at ophænge et kabel ned gennem atriet (se foto til højre) med 7 termoelementer fordelt med en afstand på 3 m. Dog er der af pladshensyn kun 2 m mellem de øverste to termoelementer. Resultatet er vist i Figur 0.19.

Som det fremgår af målingerne er temperaturgradienten op gennem bygningen kun på ca. $1,7^{\circ}\text{C}$, hvilket svarer til ca. $0,1^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Dette må betegnes som godt, og da målingerne desuden er foretaget torsdag, hvor bygningen en stor del af dagen var delvist lukket pga regn, kan det ud fra dette konkluderes, at opblandingen i bygningen er god.



Figur 0.19. Måling af temperaturer op gennem atriet. Højder angiver placering i forhold til gulvet i stueplan. Dvs målingen placeret i -1,45 m er placeret over trappen på ved ned i kælderetagen.

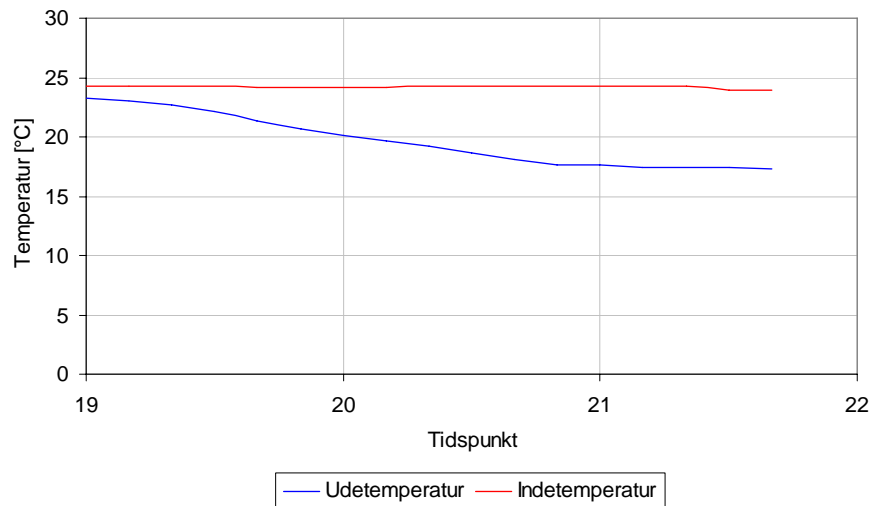
Vurdering af infiltrationsluftskifte

Vurderingen af infiltrationsluftskiftet blev foretaget i en tom bygning, hvor alle åbninger var lukkede. For at forøge CO_2 -koncentrationen i bygningen inden forsøgets start blev alle vinduer lukket kl. 15.00 på forsøgsdagen. Dette blev gjort for at sikre flere målinger til en afklingningskurve, da CO_2 -koncentrationen generelt er meget lav i bygningen, og vi på denne måde kunne forøge antallet af målinger.

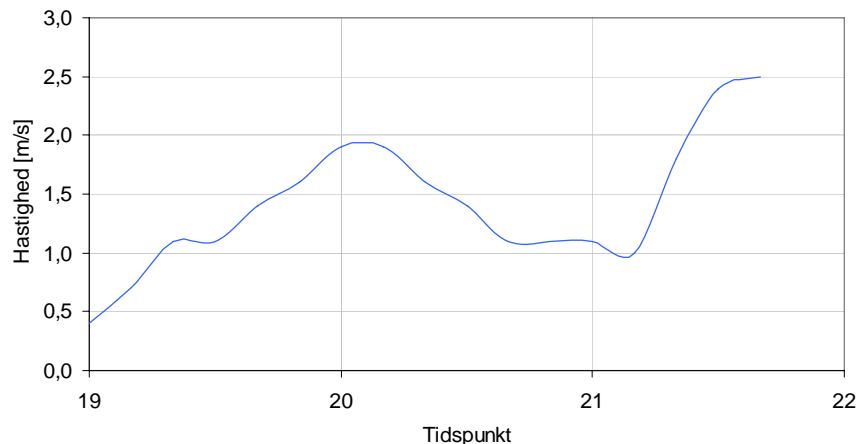
Kl. 18.10 blev bygningen gennemgået for at sikre, at alle åbninger var lukkede. Alle medarbejdere havde forladt bygningen kl. 19.00 og målingerne er derfor fra denne periode og fremefter.

Infiltrationsluftskiftet vurderes både ud fra en afklingningskurve målt med AAU's CO₂-føler og skriver samt ud fra et gennemsnit af de målinger der er foretaget i bygningen med KE's følere. Beregninger er foretaget i "Bilag F: Bestemmelse af infiltrationsluftskifte"

Resultatet af målingen med AAU's måler har givet et infiltrationsluftskifte på 0,06 h⁻¹. Målingerne med KE-følerne, som er foretaget som en middelværdi for hele bygningen angiver et infiltrationsluftskifte på 0,03 h⁻¹. Resultatet af begge måleserier er, at bygningens infiltrationsluftskifte er meget lavt. Med til dette resultat hører en vurdering af temperaturforskellen mellem ude og inde samt vindens hastighed i perioden, da disse parametre også vil have indflydelse på infiltrationen i bygningen. Disse parametre er optegnet i Figur 0.20 og Figur 0.21.



Figur 0.20. Ude- og indetemperatur i måleperioden for infiltrationsluftskifte.



Figur 0.21. Vindens hastighed i måleperioden for infiltrationsluftskifte.

Ud fra optegningerne ses, at temperaturforskellen mellem ude og inde i bygningen er moderat i perioden og vindens hastighed lav. Ud fra disse parametre vurderes, at et minimalt

infiltrationsluftskifte er registreret, da større temperaturforskelle samt højere vindhastighed vil forøge luftskiftet, som dog stadig antages at ville være meget lavt.

Vurdering af luftfordeling mellem etagerne

Pga røgdetektorerne i bygningen kunne det ikke lade sig gøre at bruge røggasgenerator i bygningen for at spore luftfordelingen i bygningen. Da alle øvrige målinger tyder på en god opblanding af luften i bygningen blev det derfor vedtaget, at dette punkt ikke gennemføres. Dog skal det under dette punkt bemærkes, at der ofte fornemmes madduft i bygningen fra kantinen. Om dette transporteres udefra og ind gennem vinduerne eller op gennem bygningen er dog ikke undersøgt.

Generel vurdering af indeklimaet i en sommersituation

Ud fra de foretagne undersøgelser af indeklimaet i bygningen kan følgende overordnede forhold konkluderes ved målingerne i en sommersituation.

Termisk komfort

Der er ikke problemer med for høje eller lave temperaturer i bygningen. Alle de målte temperaturer holder sig indenfor det anbefalede komfortinterval fra DS474.

Træk

Der er registreret højere hastigheder i opholdszonerne end anbefalet i DS474, hvis der accepteres højst 15% utilfredse. Desuden kan vi også fra brugerne høre, at de ofte føler træk på arbejdspladserne.

Atmosfærisk komfort

CO₂-niveauet i bygningen ligger omkring 500-700 ppm, hvilket er langt under arbejdstilsynets krav på 1000 ppm. Det kan derfor konkluderes, at det atmosfæriske indeklima i bygningen er godt.

Ventilationskapacitet

I forbindelse med vurderingen af ventilationen i bygningen blev både det lokale luftskifte i måleområderne og det totale luftskifte for hele bygningen vurderet. Disse lå begge højere end det nødvendige luftskifte, og det kan derfor konkluderes, at luftskifterne vurderet i forhold til den atmosfæriske komfort er gode. Selvom disse er væsentligt højere end nødvendigt kan det ikke anbefales at nedsætte disse, da temperaturen så vil stige i bygningen hvilket ikke vil være hensigtsmæssigt i sommerperioden.

Bygningens tæthed blev også vurderet og her blev der fundet frem til et infiltrationsluftskifte på 0,03-0,06 h⁻¹, hvilket vil sige, at bygningen er må betragtes som værende meget tæt. Dog blev målingen foretaget i en periode med lav temperaturforskelle mellem ude og inde samt lav vindhastighed. Forøges disse faktorer vil infiltrationsluftskiftet sandsynligvis også forøges en anelse.

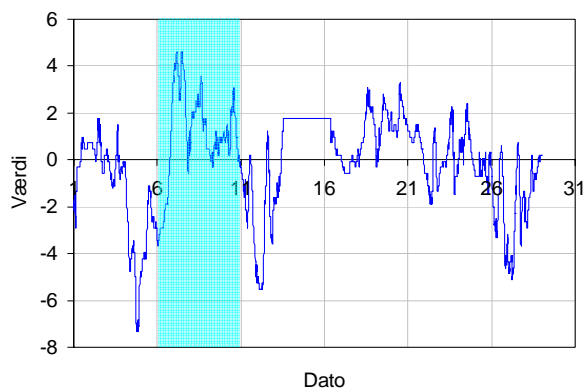
Vintersituation: Målt i perioden 6.-10. februar 2006

Ligesom sidste periode måles der intensivt på zone 13 (1. etage vestfacade) og zone 39 (3. etage hjørnekontor mod sydøst) i denne måleperiode. Desuden er der i denne periode også målt relativ luft fugtighed efter aftale på projektmødet hos KE d. 14. oktober 2005. Detaljer og beskrivelser for måleområderne ses først i dette kapitel.

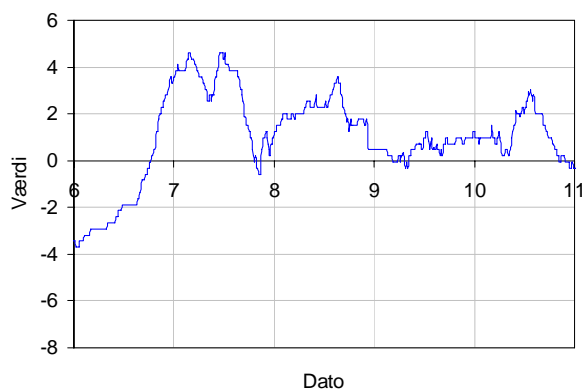
Vejrdata for perioden

Vejrdata er opsamlet med KE's egne følere. Der var overskyet og regn alle dage på nær tirsdag, hvor solen skinnede.

Udetemperaturen for hele februar måned er vist i Figur 0.22. Udetemperaturen i måleperioden er vist i Figur 0.23.

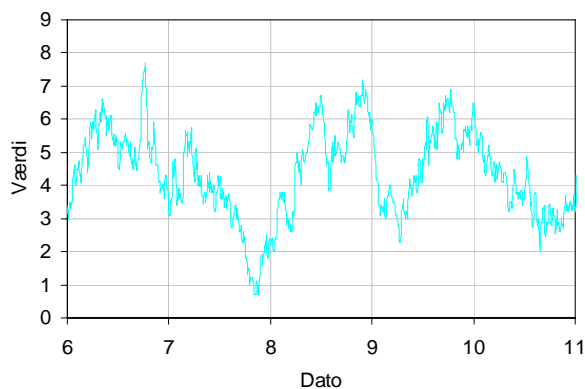


Figur 0.22. Udetemperaturen i februar måned 2006. Måleperioden er markeret med turkis.

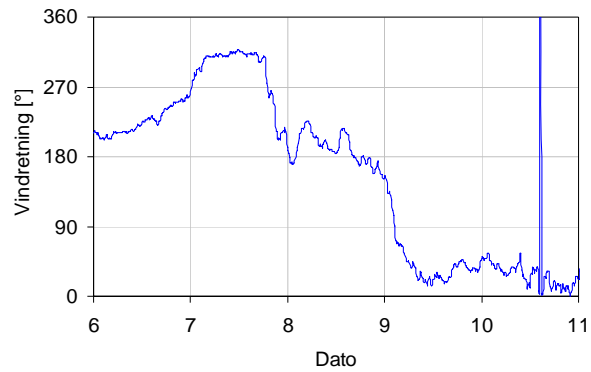


Figur 0.23. Udetemperaturen i måleperioden.

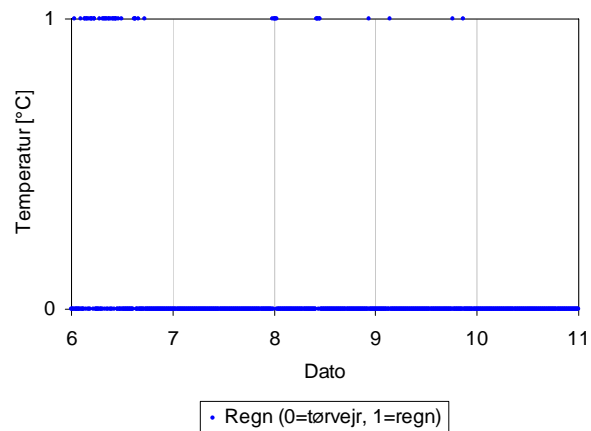
Vindhastighederne lå gennem hele måleperioden mellem 1 og 7 m/s. Der ses forholdsvis stor variation i løbet af dagen. Stort set alle vindretninger har også været repræsenteret i måleperioden. Dette ses i Figur 0.24 og Figur 0.25. Nedbøren i perioden ses i Figur 0.26.



Figur 0.24. Vindhastigheden i måleperioden.



Figur 0.25. Vindretningen i måleperioden.



Figur 0.26. Visning af regn og tørvejr i måleperioden. 0=tørvejr, 1=regn.

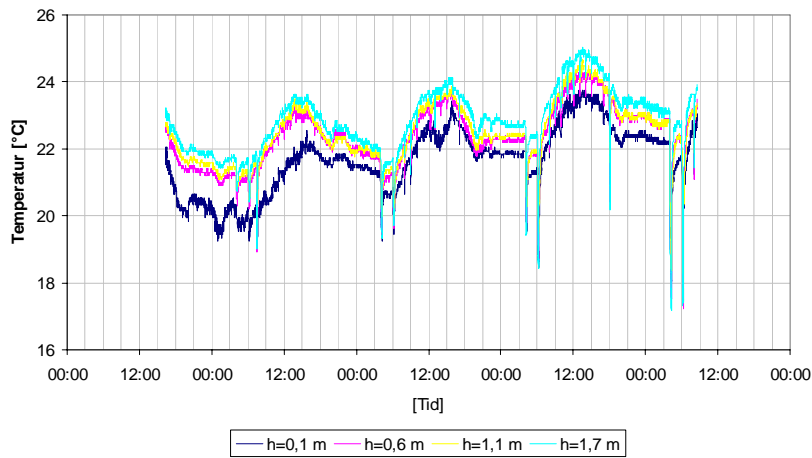
Termisk komfort

Måling af temperaturer i kontorzonerne

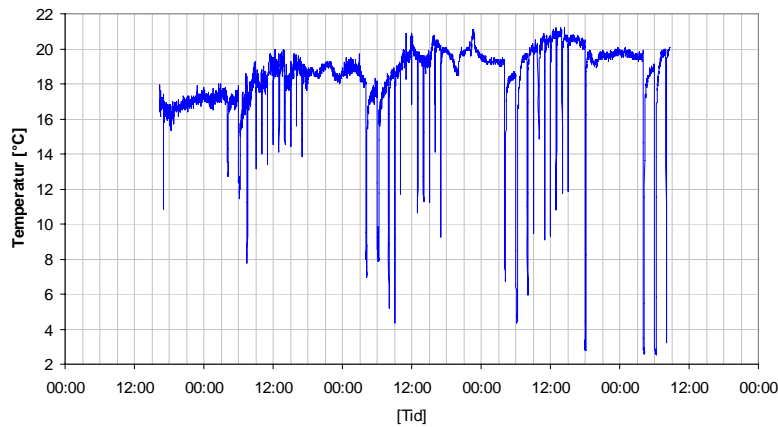
Temperaturmålingerne i zone 13 og 39 blev foretaget i samme målepunkter som i den første måleperiode. Placering af målingerne er angivet på Figur 0.8 og Figur 0.9.

Resultatet af målingerne foretaget fra mandag eftermiddag til fredag middag ses i Figur 0.27 - Figur 0.29.

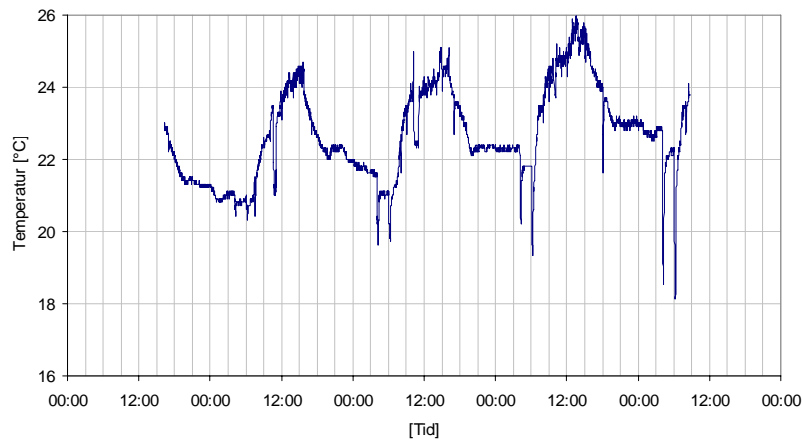
Måledata for denne periode findes desuden på den medfølgende CD i mappen "vinter"



Figur 0.27. Temperaturer målt på målesøjle i zone 13.



Figur 0.28. Temperaturer målt i indtaget ved vindue 2 i zone 13.

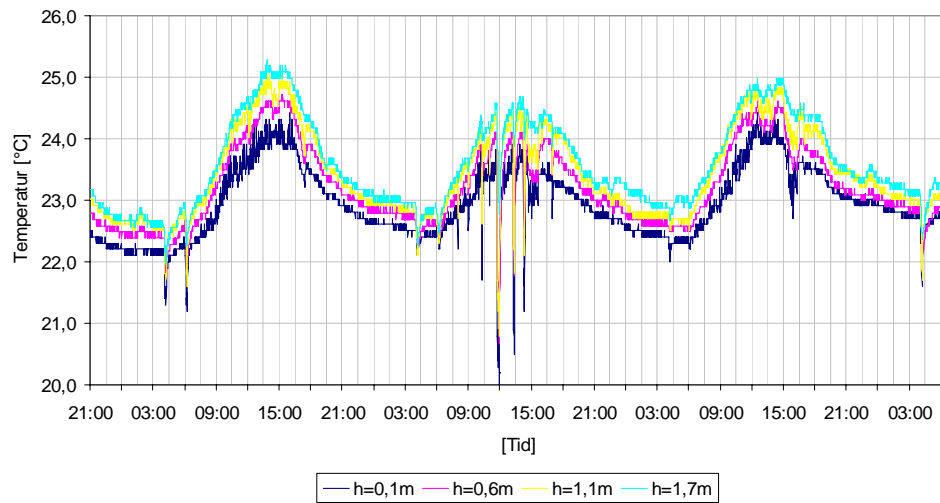


Figur 0.29. Temperatur målt på skrivebord i zone 13.

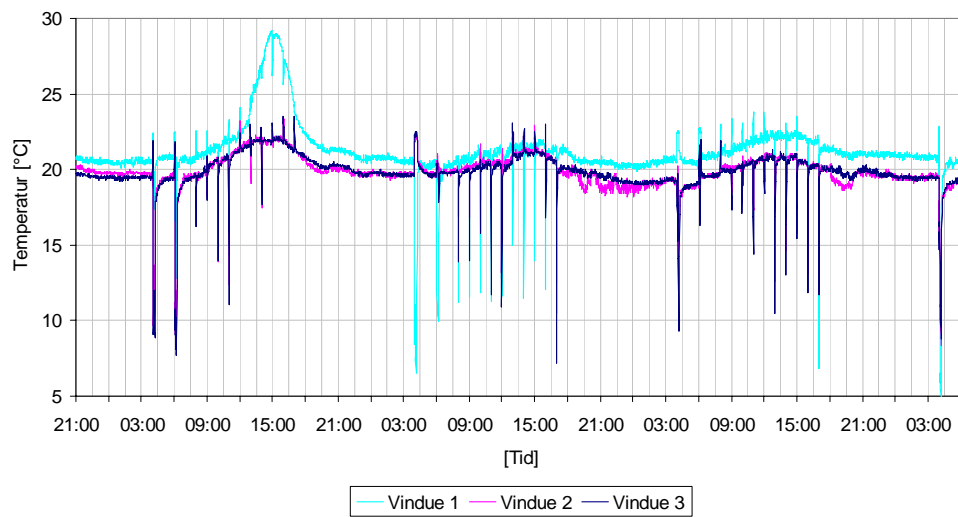
Ud fra målingerne kan det konstateres, at temperaturerne i zone 13 ligger mellem 20°C og 25°C indenfor arbejdstiden. De 25°C er lige i overkanten i vinterperioden, men da brugerne selv har mulighed for at nedregulere temperaturen, og dette desuden kun forekommer i ca. 3 timer en enkelt dag må det alligevel anses for acceptabelt.

Temperaturgradienten mellem 0,1 m og 1,1 m er ca. 1°C, hvilket også er acceptabelt.

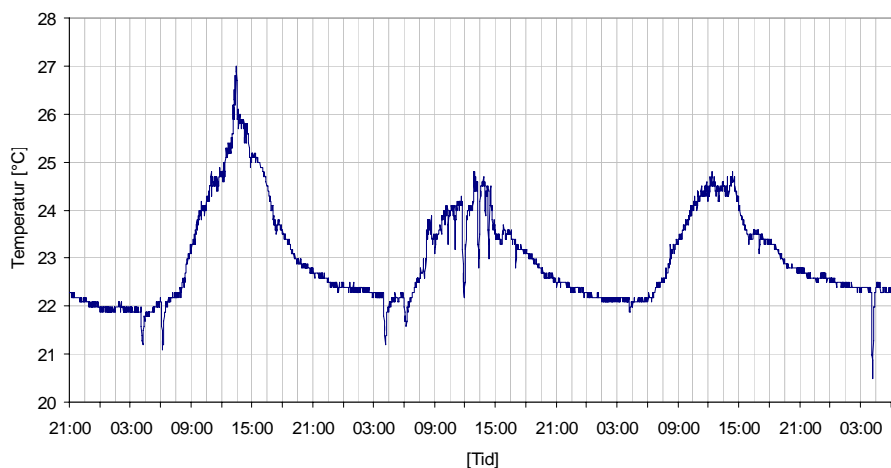
Temperaturerne målt i zone 39 ses i Figur 0.30 - Figur 0.32. Målingerne er foretaget fra mandag aften til fredag morgen. Samtlige måledata for denne zone findes i samme dokument som for zone 13.



Figur 0.30. Temperaturer målt på målesøjle i zone 39.



Figur 0.31. Temperaturer målt i indtaget ved vinduerne i zone 39.



Figur 0.32. Temperatur målt på skrivebord i zone 39.

Også i zone 39 er der fundet rimelige temperaturmæssige forhold. Dog når temperaturen tirsdag eftermiddag op på 27°C på skrivebordet, men det vurderes, at føleren er ramt af sol, da temperaturen i samme periode stiger kraftigt i vindue 1 (mod syd), og der netop denne dag var solskin.

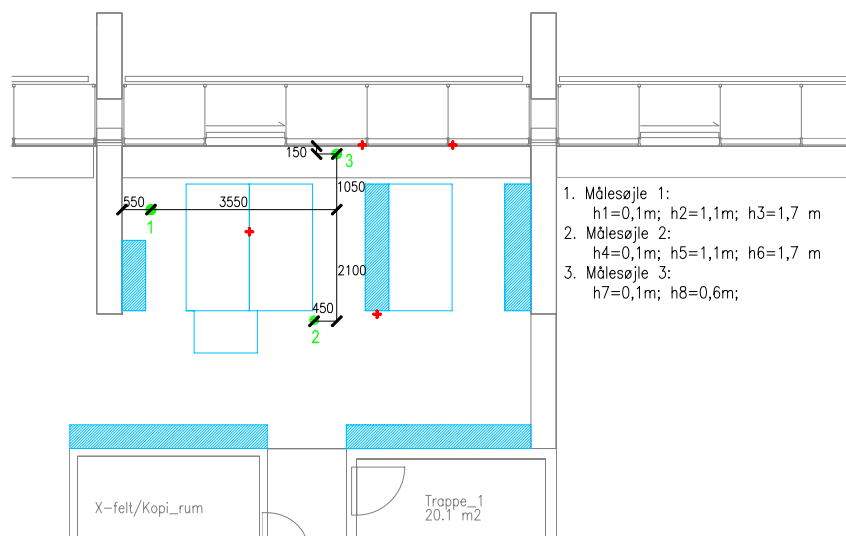
Ligesom for zone 13 ses der på temperaturkurven for vinduesåbningerne, at der i denne periode benyttes pulsventilation.

Måling af lokale lufthastigheder (træk)

Hastighederne i begge zoner blev i denne måleperiode målt kontinuert i ca. et døgn. Målingerne består af middelværdier for 3 minutter ad gangen som løbende er registreret af dataloggeren.

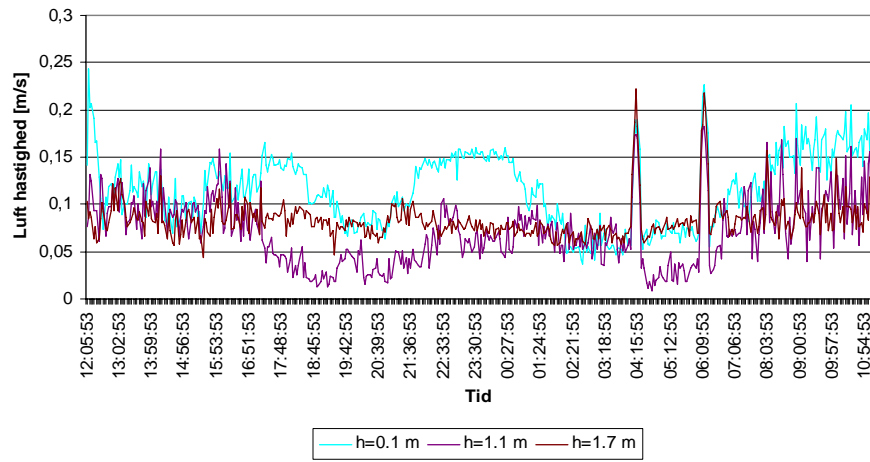
Zone 13:

Hastighederne i zone 13 blev målt fra onsdag middag til torsdag formiddag. Placeringen af målepunkterne er vist i Figur 0.33. Det bør bemærkes, at målesøjle 3 er placeret nær vinduet udenfor opholdszonen, og der derfor kan accepteres højere hastigheder i dette punkt.



Figur 0.33. Målesøjler til måling af lokale lufthastigheder i zone 13.

Med en turbulensintensitet på 45% og en rumtemperatur på 24°C kan det ud fra Figur 0.1 ses, at hastighederne i opholdszonen skal være mindre end 17 cm/s for at overholde max. 15% utilfredse med træk. Ud fra målingerne i målesøjle 2 ses, at dette også er overholdt en stor del af tiden. Dog er der registreret 0,19-0,20 m/s tirsdag formiddag ved h=0,1 m, hvilket svarer til ca. 20 % utilfredse.

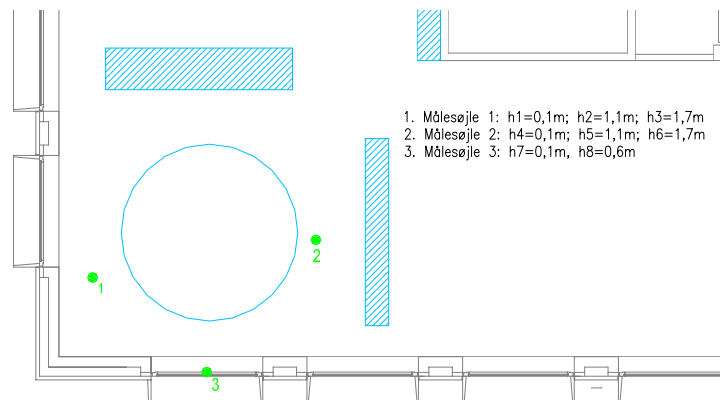


Figur 0.34. Lufthastigheder målt i målesøjle 2 i zone 13.

Øvrige måleresultater af lufthastigheder ses i filen Hastighed_Turbulens i mappen ”vinter”.

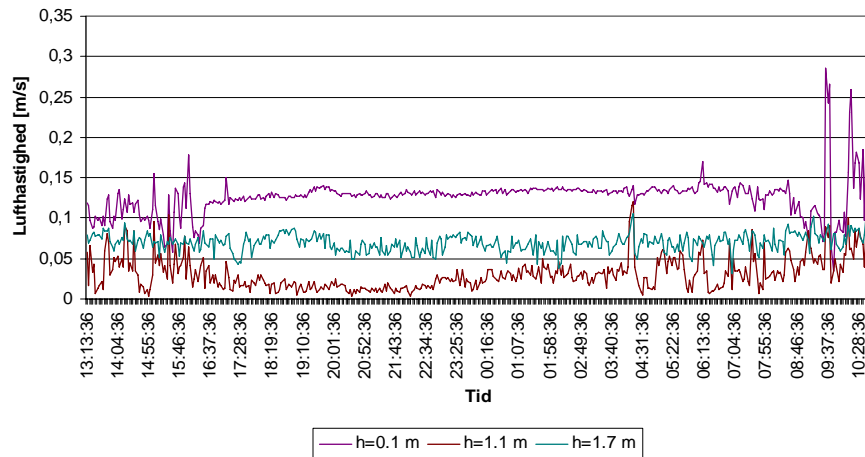
Zone 39:

Målingerne i zone 39 er også foretaget i tre målesøjler hvoraf den ene (søjle 3) er placeret udenfor opholdszonen. Målingerne blev foretaget fra torsdag middag til fredag formiddag. Placeringen af målesøjlerne ses i Figur 0.35.



Figur 0.35. Placering af hastighedsmålinger i zone 39.

Resultatet af målingerne ses i Figur 0.36. Her ses, at hastigheden den største del af tiden er under 0,17 m/s. Fredag formiddag ses dog en påvirkning af hastigheden nær gulvet i forbindelse med pulsventilationen.



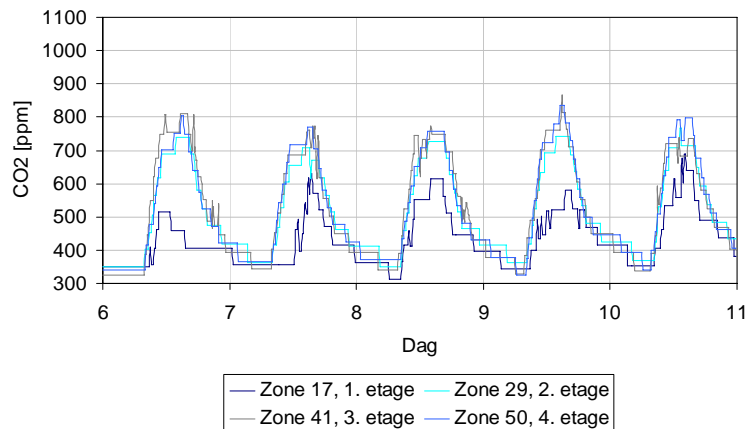
Figur 0.36. Lufthastigheder målt i målesøjle 2, zone 39.

Atmosfærisk komfort

Ved vurdering af det atmosfæriske indeklima indgår dels en vurdering af CO₂-koncentrationen i bygningen men i både vinter- og forårsmålingerne også den relative luftfugtighed.

CO₂-koncentrationen i bygningen

CO₂-niveauet målt på hver af de fire øverste etager ses i Figur 0.37.

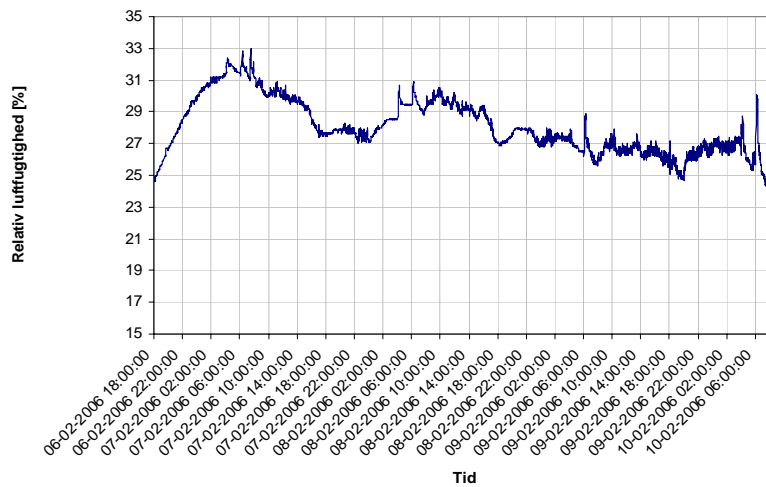


Figur 0.37. CO₂-niveauet målt op gennem bygningen i uge 6.

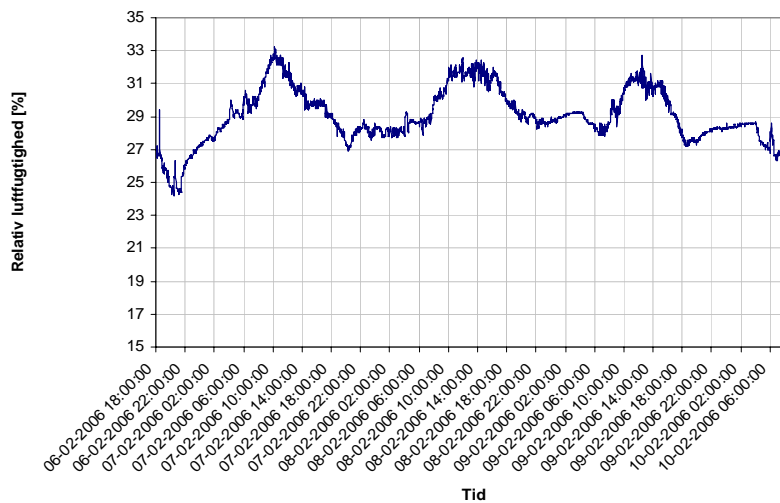
Det fremgår af optegningen, at der er på denne årstid er en lagdeling i bygningen mellem 1. etage og de øvrige tre etager. Lagdelingen skyldes enten øget ventilation på denne etage eller en lagdeling forårsaget af stor temperaturlagdeling i bygningen. Dette vil kunne ses på målingerne af temperatur foretaget i atriet. CO₂-niveauet er stadig under arbejdstilsynets krav. Det kan derfor konkluderes, at det luftkvaliteten i bygningen er god.

Relativ luftfugtighed

Den relative luftfugtighed blev målt i zone 13 og 39. Resultaterne af målingerne ses i Figur 0.38 og Figur 0.39.



Figur 0.38. Den relative luftfugtighed målt i zone 13.



Figur 0.39. Den relative luftfugtighed målt i zone 39.

Det ses af målingerne at den relative luftfugtighed i bygningen varierer mellem 25%-33%. Dette ligger indenfor den anbefalede interval angivet i afsnit 0. Årsagen til den lave luftfugtighed kan findes i udetemperaturen i perioden, som også er meget lav. Det vil derfor være svært at opnå en højere fugtighed i bygningen.

Ventilationskapacitet

Ventilationskapaciteten i bygningen vurderes både lokalt i zone 13 og 39 og som et gennemsnit for hele bygningen. I denne sammenhæng vurderes også om der forefindes en temperaturgradient op gennem bygningen.

Bestemmelse af lokale luftsifter i zone 13 og 39:

Bestemmelse af lokale luftsifter blev foretaget på samme måde som i sommer-målingerne. Udeluftkoncentrationen er målt til ca. 380 ppm.

Zone 13:

Luftskiftet i zone 13 blev vurderet onsdag eftermiddag. Middelluftskiftet i perioden er bestemt omkring $2,3 \text{ h}^{-1}$ med en gennemsnitsbelastning i zonen på 4,4 personer. Til sammenligning kan nævnes, at det minimalt nødvendige luftskifte i zonen ved opretholdelse af et CO_2 -niveau på 1000 ppm skal være $1,5 \text{ h}^{-1}$, så det fundne luftskifte er tilstrækkeligt.

Zone 39:

Luftskiftet i zone 39 blev registreret onsdag eftermiddag. Luftskiftet blev bestemt til at ligge omkring $2,6 \text{ h}^{-1}$ med en gennemsnitsbelastning i zonen på 3,2 personer. Her er det minimalt nødvendige luftskifte i zonen ved opretholdelse af et CO_2 -niveau på 1000 ppm beregnet til $2,3 \text{ h}^{-1}$.

Måling af gennemsnitsluftskifte for bygningen

Middelluftskiftet i bygningen blev vurderet over en måleperiode på $2\frac{1}{2}$ time fra kl. 7.00 til kl. 9.30, hvor vi antog at bygningen var i fuld drift. Under måleperioden blev antallet af personer i bygningen løbende talt.

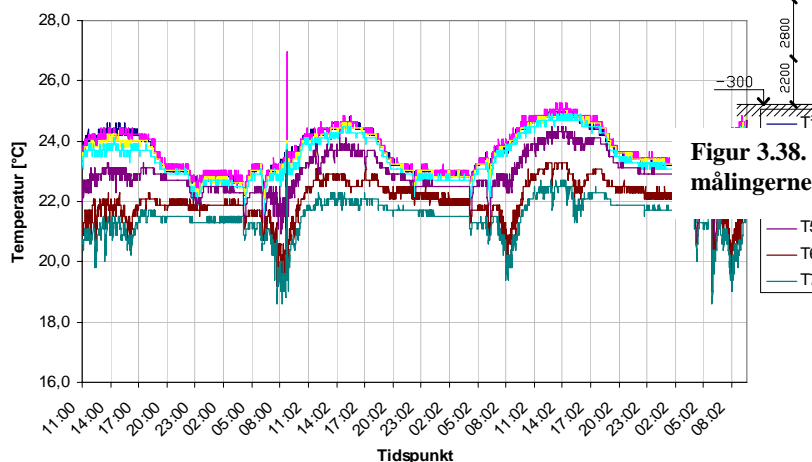
Luftskiftet som er nødvendigt for at opretholde et CO_2 -niveau på 1000 ppm er beregnet til ca. $0,5 \text{ h}^{-1}$. Dette er beregnet for 277 personer, som var det gennemsnitlige antal, der befandt sig i bygningen i perioden hvor målingen blev foretaget.

Middelluftskiftet i måleperioden var været på $4,9 \text{ h}^{-1}$. Beregningerne er gennemført på samme måde som i sommersituationen og resultaterne findes i regnearket "Middel luftskifte i bygningen februar", som findes på CD'en i mappen "vinter"

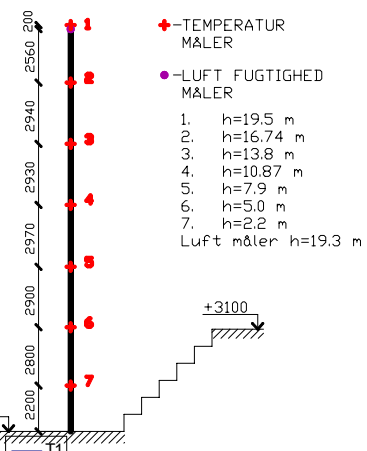
Temperaturgradient i bygningen

Ligesom sidst blev temperaturgradienten op gennem bygningen målt på en line lodret gennem atriet.

Som det fremgår af målingerne er den største registrerede temperaturgradient op gennem bygningen kun på ca. 3°C , hvilket svarer til ca. $0,2^\circ\text{C}/\text{m}$. Ud fra dette resultat kan det konkluderes, at der er god opblanding af luft i bygningen.



Figur 0.40a. Måling af temperaturer op gennem atriet. Placeringen af målingerne er angivet på Figur 3.38.



Figur 3.38. Placering af temperaturmålingerne i atriet.

Generel vurdering af indeklimaet i en vintersituation

Ud fra de foretagne undersøgelser af indeklimaet i bygningen kan følgende overordnede forhold konkluderes ved målingerne i en vintersituation.

Termisk komfort

Der er i enkelte kortvarige perioder målt temperaturer på 25°C, hvilket kan være lige i overkanten i en vintersituation (vurderet ud fra det anbefalede komfortinterval i DS474). Der er ikke problemer med for lave temperaturer i bygningen og generelt set er det termiske indeklima i orden.

Træk

Der er kortvarigt registreret højere hastigheder i opholdszonerne end anbefalet i DS474, hvis der accepteres højst 15% utilfredse. Registreringerne svarer til ca. 20% utilfredse.

Atmosfærisk komfort

CO₂-niveauet i bygningen ligger i vintersituationen, hvor der reguleres efter CO₂ omkring 500-800 ppm, hvilket er under arbejdstilsynets anbefaling på 1000 ppm. Det kan derfor konkluderes, at luftkvaliteten i bygningen er god.

Den relative luftfugtighed er målt til 25%-33%, hvilket er indenfor det anbefale interval.

Ventilationskapacitet

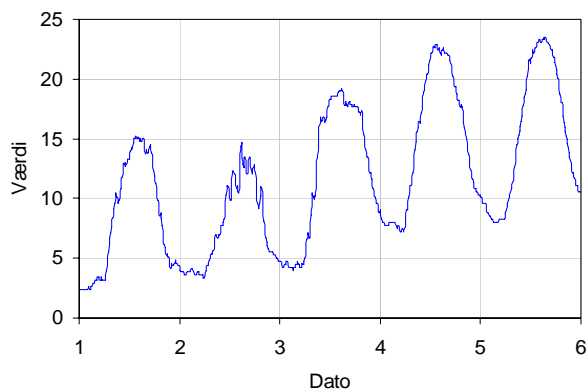
De lokale luftskifter i måleområderne og det totale luftskifte for hele bygningen lå i alle tilfælde højere end det nødvendige luftskifte, og det kan derfor konkluderes, at luftskifterne vurderet i forhold til den atmosfæriske komfort er gode. Dette ses også på den forholdsvis lave værdi af CO₂-indholdet i bygningen. Også i vintersituationen frarådes det at nedsætte luftskiftet i bygningen, da temperaturen så vil stige, og denne ligger tæt på den øvre grænse af, hvad der er acceptabelt.

Forårs-/efterårssituation: Målt i perioden 2.- 4. maj 2006

Som i de to foregående perioder måles der intensivt på zone 13 (1. etage vestfacade) og zone 39 (3. etage hjørnekontor mod sydøst). Detaljer og beskrivelser for måleområderne ses først i dette kapitel.

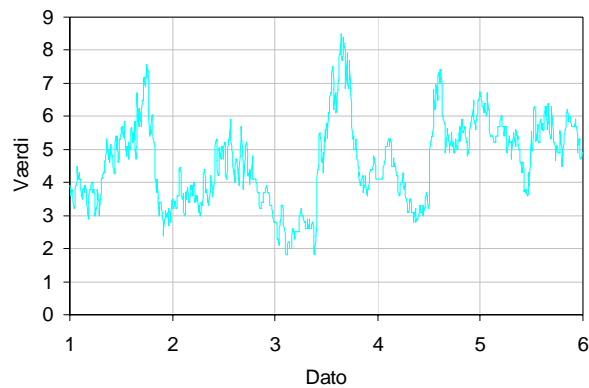
Vejrdata for perioden

Vejrdata er opsamlet med KE's egne følere. Der var overskyet og regn tirsdag formiddag men de øvrige dage var der sol fra en skyfri himmel. Udetemperaturen i måleperioden er vist i Figur 0.41.

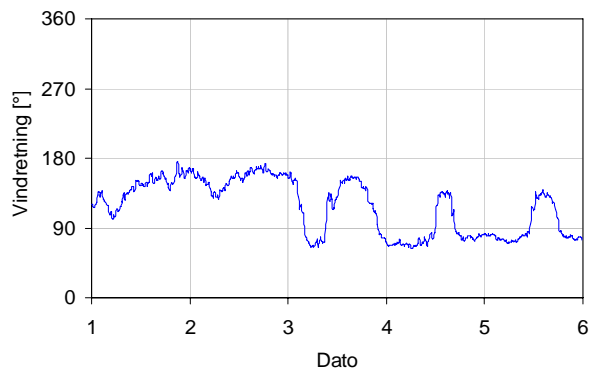


Figur 0.41. Udetemperaturen i måleperioden.

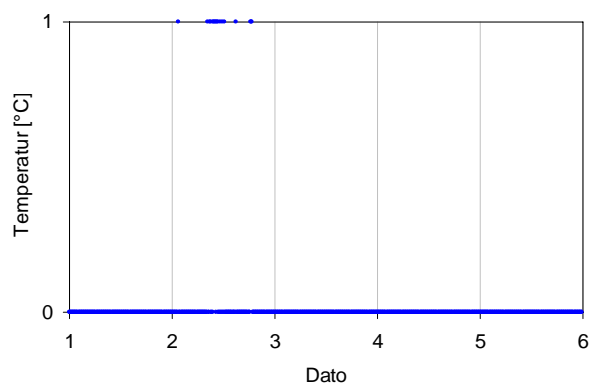
Vindhastighederne lå gennem hele måleperioden mellem 2 og 9 m/s med de højeste hastigheder i løbet af onsdagen. Vindretningen varierede mellem øst og sydøst i måleperioden. Vindhastigheder samt -retning ses i Figur 0.42 og Figur 0.43. Nedbøren i perioden ses i Figur 0.44.



Figur 0.42. Vindhastigheden i måleperioden.



Figur 0.43. Vindretningen i måleperioden.



Figur 0.44. Visning af regn og tørvejr i måleperioden. 0=tørvejr, 1=regn.

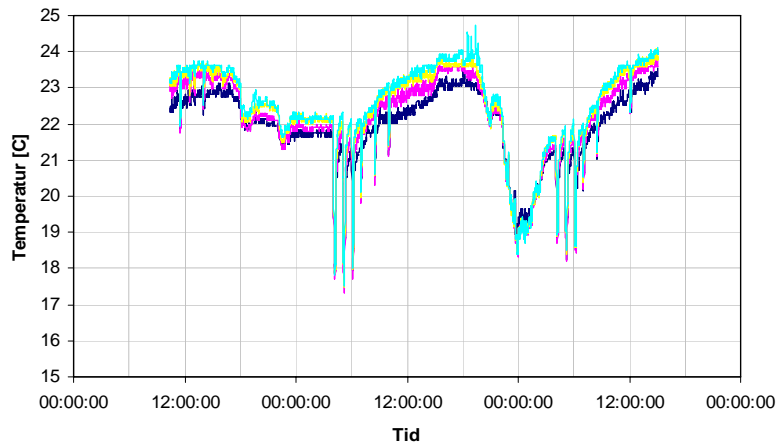
Termisk komfort

Måling af temperaturer i kontorzonerne

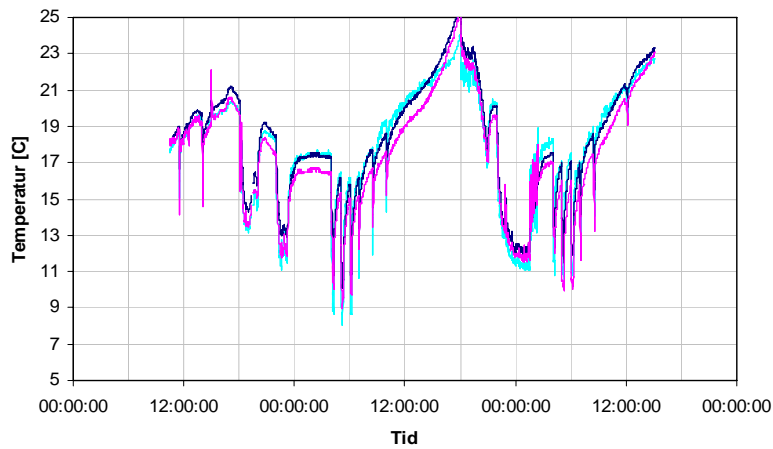
Temperaturmålingerne i zone 13 og 39 blev foretaget i samme målepunkter som i den første måleperiode. Placering af målingerne er angivet på Figur 0.8 og Figur 0.9.

Resultatet af målingerne foretaget i zone 13 fra tirsdag morgen til torsdag aften ses i Figur 0.45 - Figur 0.47.

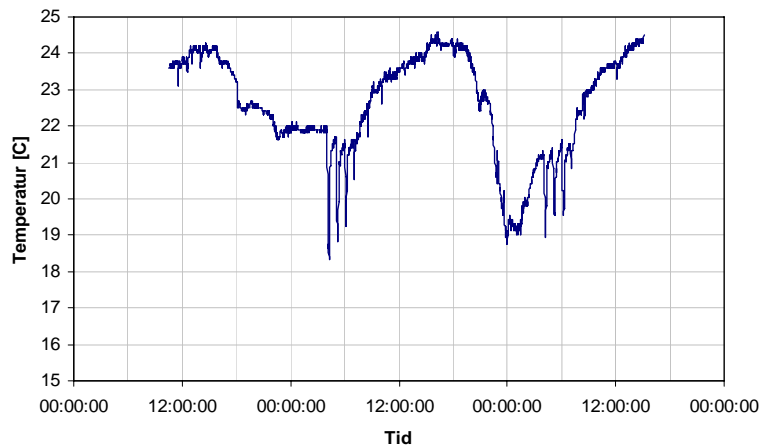
Måledata for denne periode findes desuden på den medfølgende CD i mappen ”forår”



Figur 0.45. Temperaturer målt på målesøjle i zone 13.



Figur 0.46. Temperaturer målt i vinduesåbningerne i zone 13.

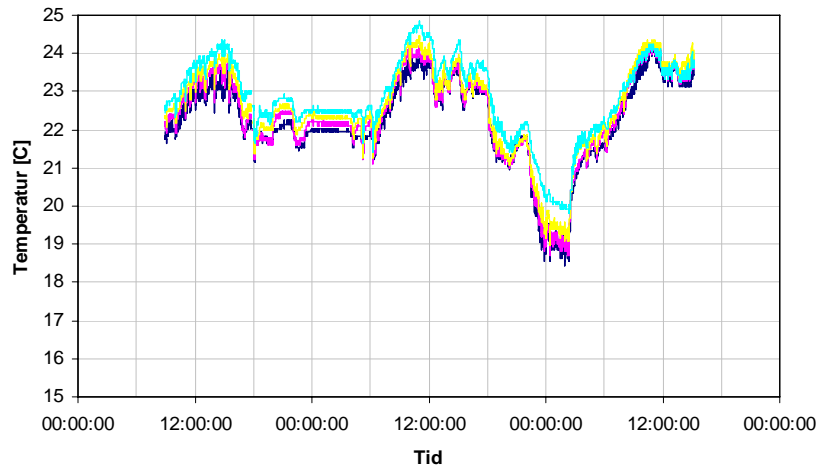


Figur 0.47. Temperatur målt på skrivebord i zone 13.

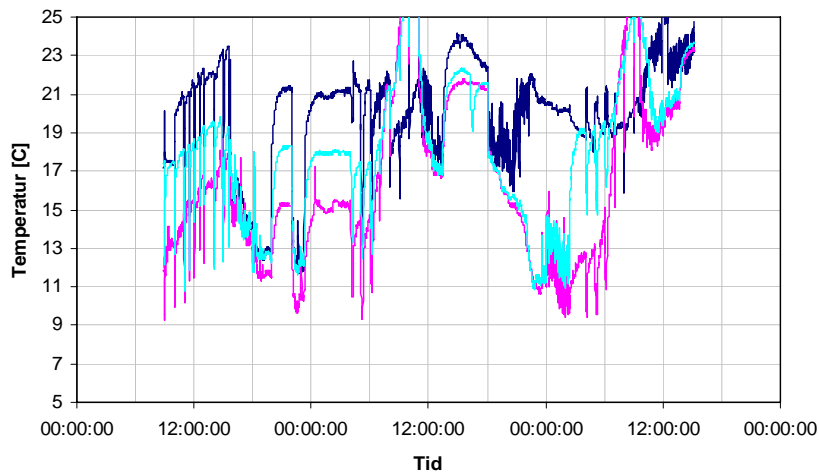
Ud fra målingerne kan det konstateres, at temperaturerne i zone 13 ligger mellem 21°C og 24°C indenfor arbejdstiden. De høje temperaturer registreret i vinduerne onsdag aften skyldes, at følerne blev ramt af den lave sol.

Temperaturgradienten mellem 0,1 m og 1,1 m er også i denne måleperiode ca. 1°C, hvilket er acceptabelt.

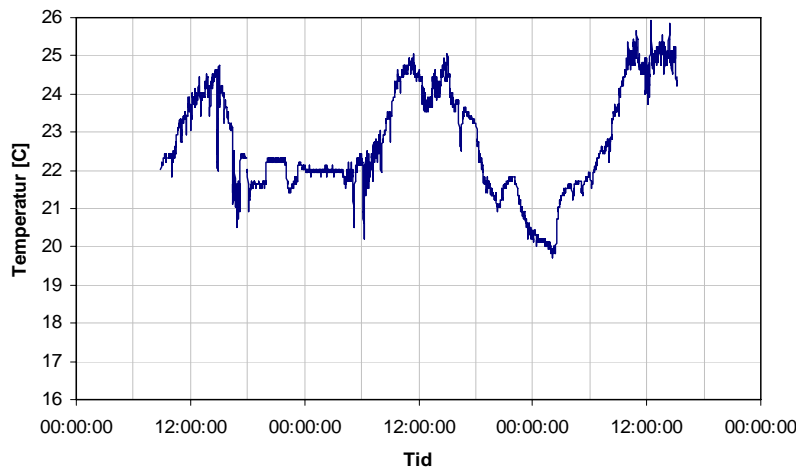
Temperaturerne målt i zone 39 ses i Figur 0.48 - Figur 0.50. Målingerne er foretaget fra tirsdag morgen til torsdag aften. Samtlige måledata for denne zone findes i samme dokument som for zone 13.



Figur 0.48. Temperaturer målt på målesøjle i zone 39.



Figur 0.49. Temperaturer målt i indtaget ved vinduerne i zone 39.



Figur 0.50. Temperatur målt på skrivebord i zone 39.

Temperaturene målt på målesøjlen i zone 39 ligger mellem 21°C og 25°C, hvilket er et fint interval. På skrivebordet er der torsdag eftermiddag målt op til 26°C, hvilket er i den øvre ende af komfortintervallet i en sommarsituation, men dog stadig acceptabelt.

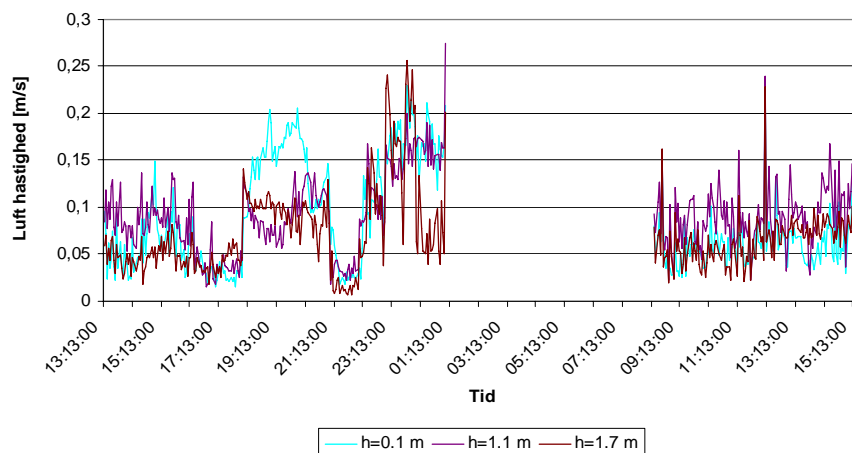
På temperaturkurven for vinduesåbningerne ses, at der luftes ud i længere perioder i dagstimerne. Dette genspejles også i rumtemperaturen. Desuden ses, at natkølingen er aktiveret i en længerevarende periode natten mellem onsdag og torsdag. Årsagen til, at denne ikke er aktiveret i et tilsvarende tidsrum natten mellem tirsdag og onsdag er, at alle åbninger blev holdt lukkede i løbet af aftenen for at foretage en måling af infiltrationsluftskiftet.

Måling af lokale lufthastigheder (træk)

Hastighederne i begge zoner blev målt kontinuert i ca. et døgn. Målingerne består af middelværdier for 3 minutter ad gangen som løbende er registreret af dataloggeren. Der regnes med en turbulensintensitet på 45% og en rumtemperatur på 24°C. Ud fra dette kan det i Figur 1.1 ses, at hastighederne i opholdszonen skal være mindre end 17 cm/s for at overholde max. 15% utilfredse med træk.

Zone 13:

Hastighederne i zone 13 blev målt fra onsdag middag til torsdag eftermiddag, dog med afbræk torsdag nat, hvilket ikke har betydning for resultatet. Placeringen af målepunkterne var den samme som under vintermålingerne, dog er målesøjle 3 udeladt, da denne ikke er placeret i opholdszonen. Resultatet af målingerne i målesøjle 2 ses i Figur 0.51.



Figur 0.51. Lufthastigheder målt i målesøjle 2 i zone 13.

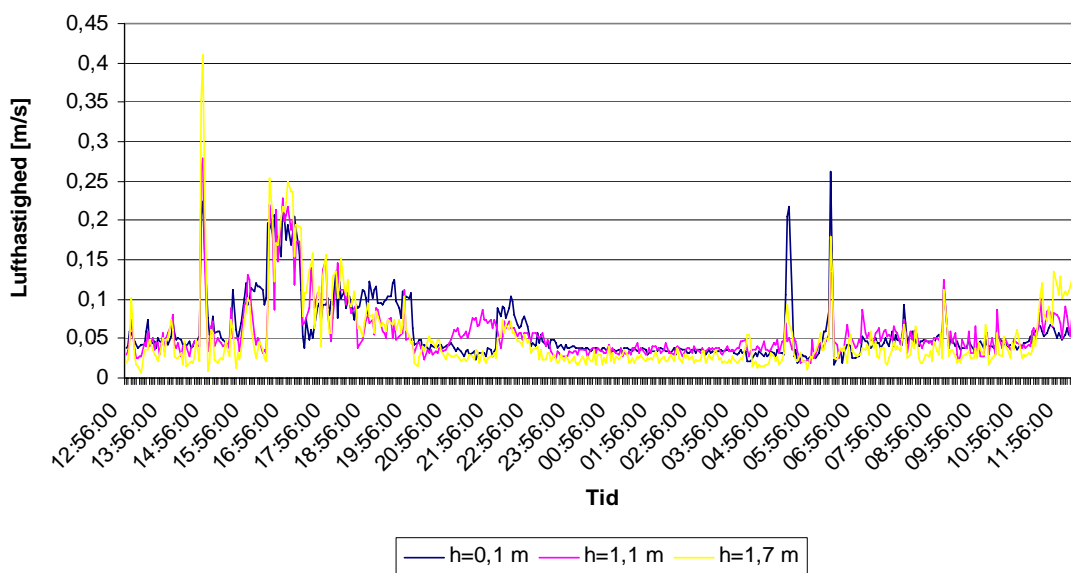
Ud fra målingerne i målesøjle 2 ses, at de målte hastigheder overholder kravet på 0,17 m/s i arbejdstiden.

Øvrige måleresultater af lufthastigheder ses i filen Hastighed_Turbulens i mappen "forår".

Zone 39:

Målingerne i zone 39 blev denne gang foretaget i de to målesøjler placeret i opholdszonen (målesøjle 1 og 2 på Figur 0.35). Målingerne blev foretaget fra tirsdag formiddag til onsdag middag.

Resultatet af målinger ses i Figur 0.52. Her ses, at hastigheden den største del af tiden er under 0,15 m/s i arbejdstiden. Dog er der i en periode på 10 minutter tirsdag eftermiddag omkring kl. 15 målt hastigheder op til 0,4 m/s, men dette antages at skyldes en manuel åbning af et vindue for udluftning.



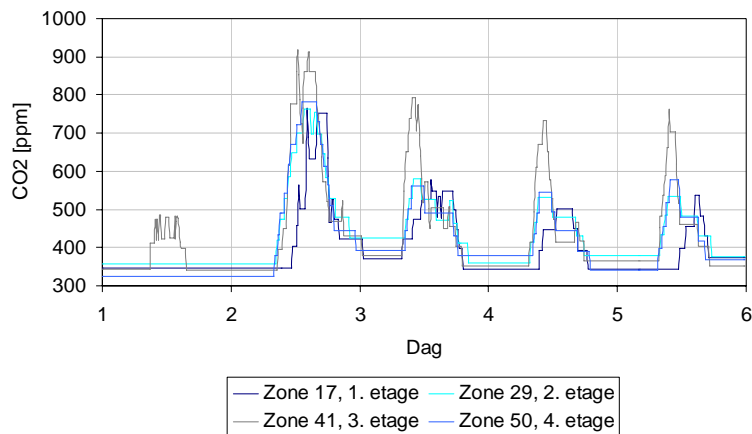
Figur 0.52. Lufthastigheder målt i målesøjle 1, zone 39.

Atmosfærisk komfort

Ved vurdering af det atmosfæriske indeklima indgår dels en vurdering af CO₂-koncentrationen i bygningen og den relative luftfugtighed målt i zone 13 og 39.

CO₂-koncentrationen i bygningen

CO₂-niveauet målt på hver af de fire øverste etager ses i Figur 0.53.



Figur 0.53. CO₂-niveauet målt op gennem bygningen.

I samtlige målinger er det registrerede CO₂-niveau under 1000 ppm. Det ses på målingerne, at ventilationen tirsdag var begrænset pga regnvejr. Der er på 3. etage registreret højere niveauer end på de øvrige etager, men dette skyldes sandsynligvis den større mængde af medarbejdere på etagen i forhold til de øvrige etager i denne måleperiode.

Relativ luftfugtighed

Den relative luftfugtighed blev målt i zone 13 og 39. RF er i måleperioden blev målt til 45%-53%, hvilket passer fint med det anbefalede interval.

Ventilationskapacitet

Ventilationskapaciteten i bygningen vurderes både lokalt i zone 13 og 39 og som et gennemsnit for hele bygningen. I denne sammenhæng vurderes også om der forefindes en temperaturgradient op gennem bygningen.

Desuden vurderes bygningens tæthed ved at måle infiltrationen i bygningen. Dette blev gjort tirsdag aften.

Bestemmelse af lokale luftskifter i zone 13 og 39:

Bestemmelse af lokale luftskifter blev foretaget på samme måde som i sommer-målingerne. De lokale luftskifter blev vurderet onsdag formiddag i begge zoner. I denne periode blev middel-udeluftkoncentrationen målt til 367 ppm.

Zone 13:

Middelluftskiftet i perioden er bestemt omkring 1 h^{-1} med en gennemsnitsbelastning i zonen på 3,4 personer. Til sammenligning kan nævnes, at det minimalt nødvendige luftskifte med samme belastning i zonen og opretholdelse af et CO₂-niveau på 1000 ppm skal være $0,7 \text{ h}^{-1}$, så det fundne luftskifte er tilstrækkeligt.

Zone 39:

Luftskiftet blev bestemt til at ligge omkring 4 h^{-1} med en gennemsnitsbelastning i zonen på 4,4 personer. Her er det minimalt nødvendige luftskifte i zonen ved opretholdelse af et CO₂-niveau på 1000 ppm beregnet til $2,6 \text{ h}^{-1}$.

Måling af gennemsnitsluftskifte for bygningen

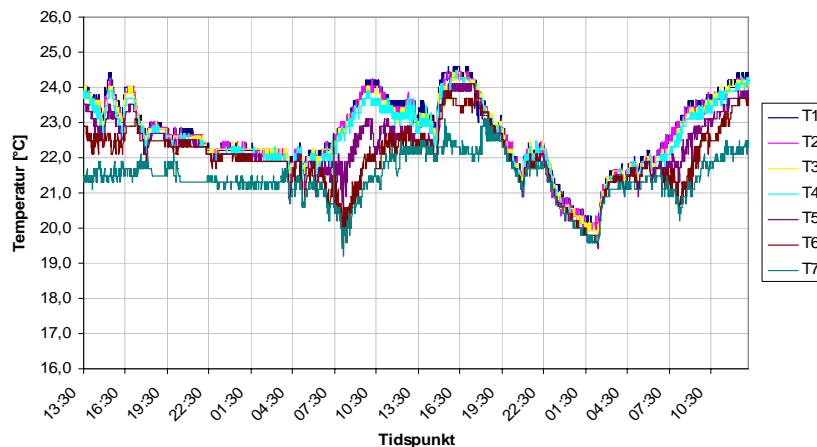
Middelluftskiftet i bygningen blev vurderet over en måleperiode på 2½ time fra kl. 7.00 til kl. 9.40 onsdag formiddag, hvor vi antog at bygningen var i fuld drift. Under måleperioden blev antallet af personer i bygningen løbende talt.

Luftskiftet som er nødvendigt for at opretholde et CO₂-niveau på 1000 ppm er beregnet til ca. 0,5 h⁻¹. Dette er beregnet for 257 personer, som var det gennemsnitlige antal der befandt sig i bygningen i perioden hvor målingen blev foretaget.

Middelluftskiftet i måleperioden var på 4,9 h⁻¹. Beregningerne er gennemført på samme måde som i sommersituationen og resultaterne findes i regnearket ”Middel luftskifte i bygningen maj”, som findes på CD’en i mappen ”forår”.

Temperaturgradient i bygningen

Resultaterne af temperaturmålingerne i atriet er vist i Figur 0.54. Det fremgår af målingerne, at den største registrerede temperaturgradient op gennem bygningen kun er ca. 3°C. Dette svarer til ca. 0,2°C/m, og der er derfor også i forårssituationen god opblanding af luft i bygningen.



Figur 0.54. Måling af temperaturer op gennem atriet. Placeringen af målingerne er angivet på Figur 3.38.

Vurdering af infiltrationsluftskifte

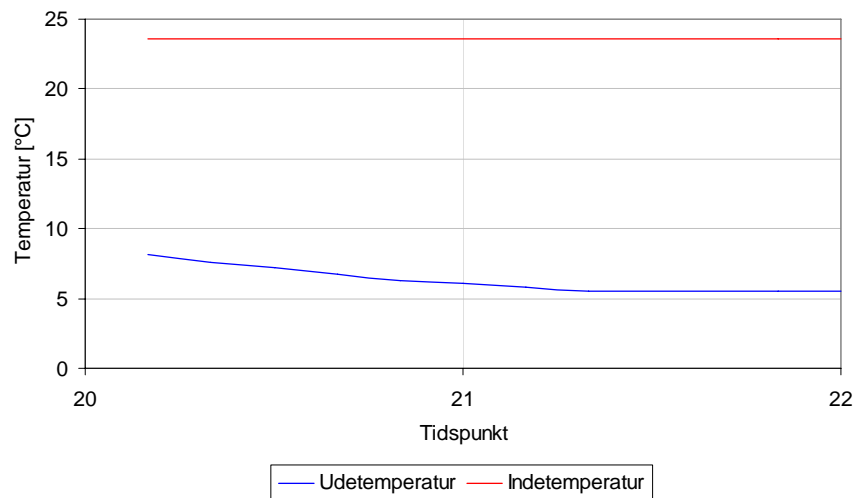
Vurderingen af infiltrationsluftskiftet blev foretaget i en tom bygning, hvor alle åbninger er lukkede. Alle vinduer blev lukket kl. 16.00 på forsøgsdagen for at forøge CO₂-koncentrationen i bygningen, men pga af fejl i programmeringen af vinduerne åbnedes disse kl. 19.30 – 20.00 og igen kl. 22. Beregningerne er derfor kun foretaget for en begrænset periode mellem kl. 20 og 22.

Infiltrationsluftskiftet vurderes både ud fra afklingningskurver målt med AAU’s CO₂-følere i zone 13 og 39 samt ud fra et gennemsnit af de målinger, der er foretaget i bygningen med KE’s følere. Beregninger er foretaget på samme måde som i sommermålingerne.

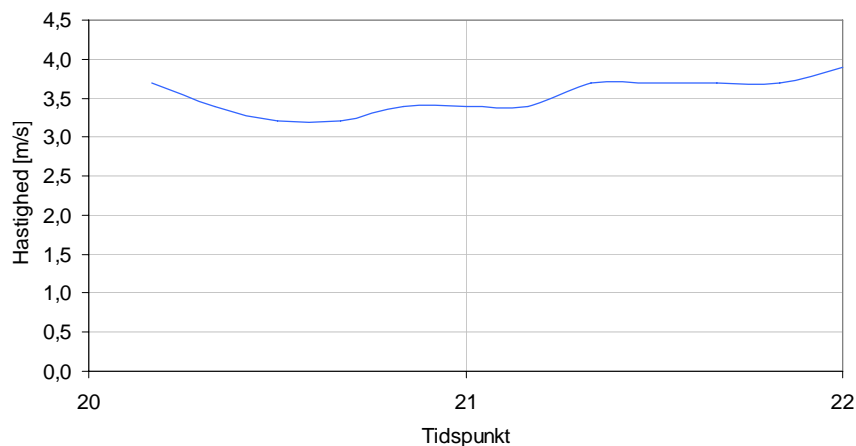
Resultatet af målingerne i zone 13 og 39 giver et infiltrationsluftskifte på ca. 0,16 h⁻¹. Målingerne med KE-følerne, som er foretaget som en middelværdi for hele bygningen angiver et infiltrationsluftskifte på 0,1 h⁻¹. Ligesom de forrige målinger giver dette et lavt

infiltrationsluftskifte i bygningen, men dog en anelse højere end infiltrationsluftskiftet målt i sommerperioden.

Til vurdering af temperaturforskellen mellem ude og inde samt vindens hastighed i perioden, optegnes kurverne i Figur 0.55 og Figur 0.56.



Figur 0.55. Ude- og indetemperatur i måleperioden for infiltrationsluftskifte.



Figur 0.56. Vindens hastighed i måleperioden for infiltrationsluftskifte.

Det fremgår af både temperaturforskellen mellem ude og inde i bygningen samt vindens hastighed at disse parametre er højere end ved de foregående målinger, hvilket også ses i det lidt højere infiltrationsluftskifte. Dog må bygningens infiltrationsluftskifte stadig betragtes som lavt.

Generel vurdering af indeklimaet i en forårssituation

Ud fra de foretagne undersøgelser af indeklimaet i bygningen kan følgende overordnede forhold konkluderes ved målingerne i en forårssituation.

Termisk komfort

Der er målt temperaturer mellem 21°C og 26°C, hvilket er et stort spænd vurderet ud fra det anbefalede komfortinterval i DS474. Ud fra de skiftende udetemperaturer i perioden, hvor vejret stort set skiftede om fra vinter til sommer, er dette dog acceptabelt.

Temperaturgradienterne i kontorerne er alle under det anbefalede.

Træk

Det generelle niveau af de lokale hastigheder målt i opholdszonerne i zone 13 og 39 giver ikke anledning til træk. Dog er der i zone 39 målt højere hastigheder i forbindelse med en manuel vinduesåbning, men dette bør ikke inddrages i måleresultaterne, som skal vurdere effekten fra den automatiske åbning af vinduerne.

Atmosfærisk komfort

CO₂-niveauet i bygningen ligger i også i forårssituationen mellem 500-800 ppm, hvilket er under arbejdstilsynets anbefaling på 1000 ppm. Det kan derfor konkluderes, at det luftkvaliteten i bygningen er god. Desuden blev den relative luftfugtighed målt til 45%-53%, hvilket også passer fint med det anbefalingen.

Ventilationskapacitet

De lokale luftskifter i måleområderne og det totale luftskifte for hele bygningen lå ligesom de tidligere målinger alle højere end det nødvendige luftskifte. Det konkluderes, at luftskifterne vurderet i forhold til den atmosfæriske komfort er gode.

Da temperaturerne i zonerne er tæt på den øvre grænse anbefales det heller ikke i denne periode at nedsætte luftskiftet i bygningen, da temperaturen så vil stige og hermed give diskomfort.

Bygningens infiltrationsluftskifte blev vurderet til at ligge mellem 0,1 og 0,16 h⁻¹. Bygningen kan derfor betragtes som værende tæt.

Spørgeskemaundersøgelse

For at undersøge hvad brugerne af bygningen mener om bygningens indeklime blev der i perioden 22/8-16/9 foretaget en spørgeskemaundersøgelse, hvor spørgeskemaer blev omdelt til samtlige 650 medarbejdere i bygningen. Der er returneret 366 besvarelser (56%) og en summering af resultaterne er indskrevet i spørgeskemaet i ”Bilag G: Spørgeskemaundersøgelse”.

Ved vurdering af svar, der er foretaget på linierne i skemaerne, er der givet point fra 0-10 således, at 0 altid angiver svarmuligheden længst mod venstre. Skalaen fremgår af Figur 0.1.



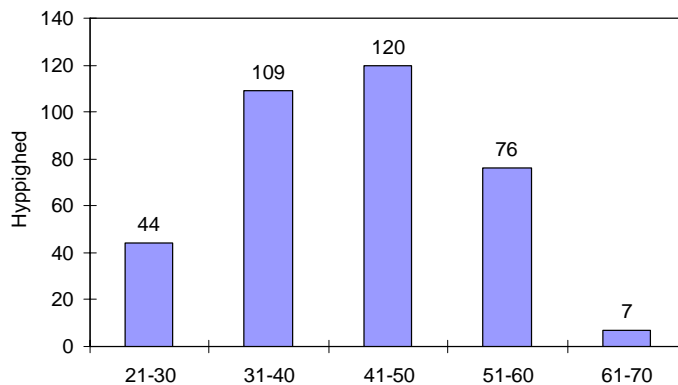
Figur 0.1. Skala brugt til vurdering af besvarelser i spørgeskema.

Skalaen er tidligere brugt i spørgeskemaundersøgelser foretaget af SBI, hvor der er opnået gode erfaringer med denne type skala, da den adspurgte skal forholde sig til forholdene på en mere aktiv måde end hvis der bare sættes kryds i en kasse.

Inden der foretages en vurdering af bygningen opdelt i forskellige zoner (afsnit 0) opsummeres i afsnit 0 de generelle resultater fra spørgeskemaet.

Generel vurdering

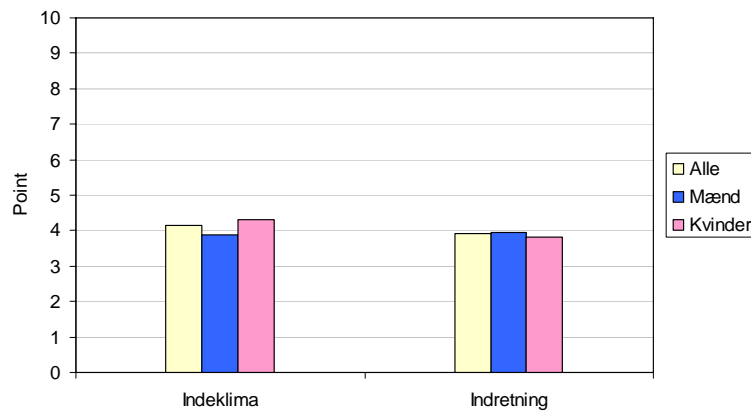
Der er som før nævnt afleveret 366 besvarelser, hvoraf 190 er fra mænd og 174 fra kvinder. To personer har ikke angivet køn. Aldersfordelingen af angivet i Figur 0.2. 10 personer har ikke angivet alder.



Figur 0.2. Aldersfordeling i de afleverede spørgeskemaer.

1.1.1.3 Helhedsindtryk

Indledningsvist i spørgeskemaet er der spurgt om en generel vurdering af indeklime og komfort i bygningen samt om indretningen af kontoret imødekommer brugerens behov. Svarene på dette er angivet i Figur 0.3, hvor svarene er opdelt i alle, mænd og kvinder. Her fremgår det, at kvinderne er lidt mere utilfredse med indeklimeet i bygningen end mændene, og at det generelle indtryk af indeklimeet i bygningen ligger på 4,1, hvilket snarer til en positiv vurdering. Vurderingen af indretningen i bygningen er en anelse mere positiv, da denne har fået 3,93 point. Her er der ikke samme spredning mellem mænd og kvinder.



Figur 0.3. Generel vurdering af indeklima og indretning (0: tilfredsstillende, 10: ikke tilfredsstillende).

1.1.1.4 Vurdering af den automatiske regulering i bygningen

Ved vurdering af den automatiske regulering i bygningen er følgende bl.a. nævnt ved de skriftlige tilkendegivelser i spørgeskemaet.

- Der bliver ofte varmt om eftermiddagen
- Det trækker
- Dårlig luft i mødelokaler/stillerum
- Dårlig udsugning i rygerum
- Det føles som om vinduerne åbner og lukker som de vil
- Det ville være rart at kunne tænde/slukke lyset selv i stedet for at skulle blafre med armene

Mht rygerummene blev det også noteret under måle-besøget i bygningen, at dørene ofte står åbne ind til disse rum. Dette gør at hele området omkring rygerummet lugter af røg.

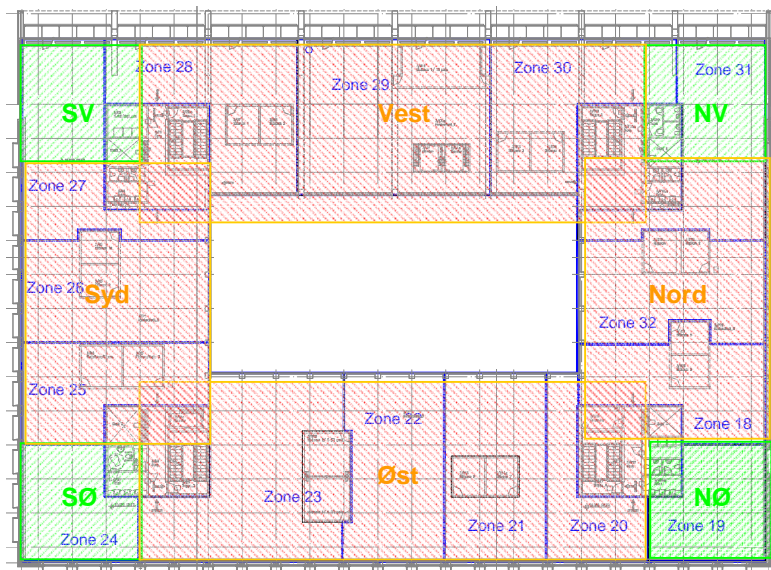
1.1.1.5 Vurdering af information og opfølgning

Som det sidste i spørgeskemaet blev der spurgt, om medarbejderne har modtaget information om, hvordan de automatiske reguleringssystemer fungerer, og hvad de kan gøre for at forbedre indeklimaforholdene i kontoret, hvis de synes, de er utilfredsstillende. Til dette svarede kun ca 1/3 ”ja” (110 personer) til trods for, at WindowMaster har udarbejdet en brugervejledning til systemet. Hvordan er denne vejledning uddelt? Meningen hos ja-sigerne om informationen er næsten neutral (4,6 point).

Under samme punkt spørges der, om der nogensinde er udtrykt ønske om af få ændret på styringen af den naturlige ventilation eller belysningen. Til dette svarer 236 personer ”ja”, men herefter svarer 127, at forespørgslen ikke har givet noget resultat. 109 personer mener det har givet resultat, men vurderingen af ændringen er neutral (5,0 point).

Vurdering ud fra zoneopdeling

Da nogle gener vil være dominerende efter hvor i bygningen man befinder sig, opdeles bygningen i 9 zoner. Stueetagen ses som én zone, da denne hovedsageligt er mekanisk ventileret og langt de fleste personer befinder sig i den nordlige ende. På de øvrige etager foretages en retningsbestemt opdeling, som ses på Figur 0.4.



Figur 0.4. Opdeling af zoner på 1. til 4. etage.

Ved denne opdeling fås følgende fordeling af besvarelserne:

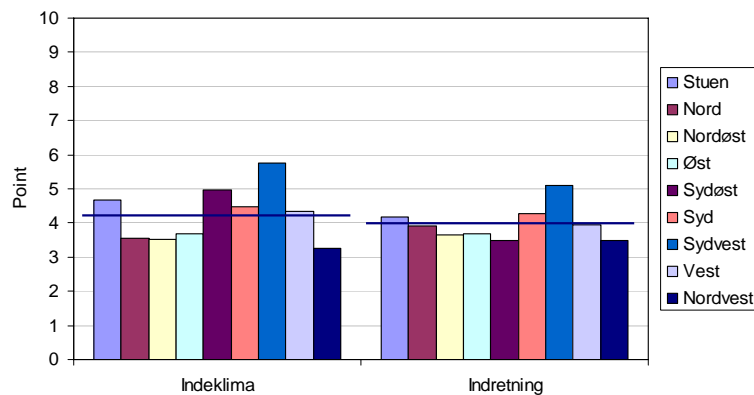
Zone	Stuen	Nord	Nordøst	Øst	Sydøst	Syd	Sydvest	Vest	Nordvest
Antal	26	48	23	96	20	47	24	55	21

Helhedsindtryk

Besvarelserne ved vurderingen af indeklimate og komfort samt indretningen af kontoret er angivet i Figur 0.5 for de 9 forskellige zoner i bygningen. Spørgsmålene var som følger:

Spørgsmål 2.1: *Alt taget i betragtning, hvordan vil du generelt set vurdere indeklimaet og den almene komfort i bygningen på denne årstid?*

Spørgsmål 2.2: *Imødekommer kontorets indretning generelt set dine behov?*

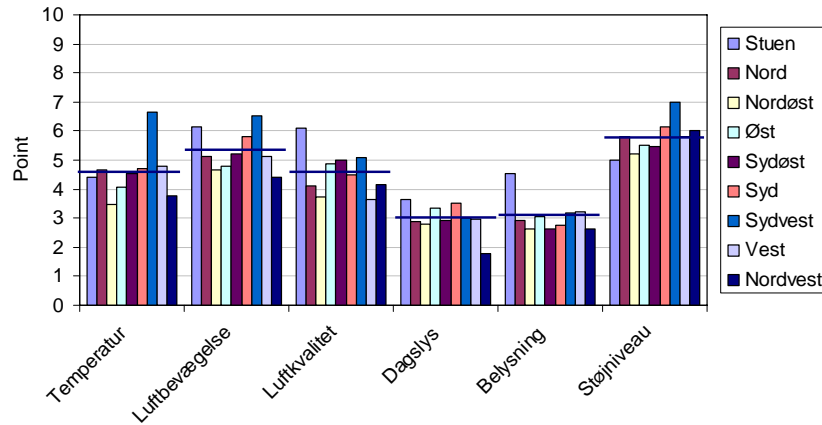


Figur 0.5. Den generelle vurdering af indeklimate og komfort (2.1) samt indretningen af kontoret (2.2) (0: tilfredsstillende, 10: ikke tilfredsstillende)

Af vurderingen ses, at der i samtlige zoner på nær sydvest er en positiv indstilling til indeklimaet og indretningen. Da 5 point må angives som neutral er vurderingen ikke helt i top, hvilket også bekræftes i de kommende spørgsmål.

Indeklimaet i kontoret på denne årstid

I denne rubrik skulle der tages stilling til de typiske indeklimate mæssige tilstande på kontoret på denne årstid. Besvarelsene er inddelt i en generel vurdering, og herunder en vurdering af de gener der kan fremkomme ved de forskellige faktorer. Fx ved temperatur underinddeles i for varmt, for koldt og for varierende. De overordnede svar er angivet i Figur 0.6. Besvarelsene gennemgås i de følgende afsnit.

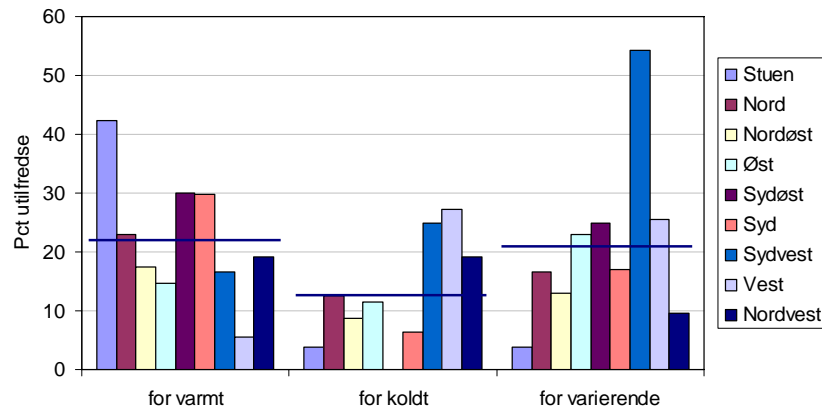


Figur 0.6. Vurdering af indeklimaet i kontoret (0: tilfredsstillende, 10: ikke tilfredsstillende).

1.1.1.6

1.1.1.7 Temperatur

Ved den overordnede vurdering ses, at områderne mod sydvest er væsentligt mere utilfredse med temperaturen i kontoret end de øvrige. Forklaringen på dette må være, at området er eksponeret for sol en stor del af dagen, da der både er vinduesarealer mod syd og vest. Ved at se på markeringerne under temperatur fås resultatet i Figur 0.7.



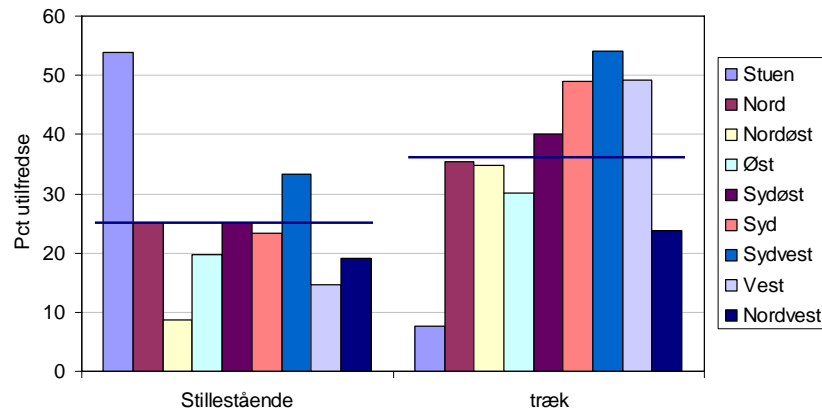
Figur 0.7. Svarangivelser ved vurdering af temperaturen.

I Figur 0.7 ses, at over halvdelen af medarbejderne i zonerne mod sydvest klager over varierende temperaturer, hvilket udskiller sig meget fra besvarelsene i resten af bygningen. Årsagen til dette må netop være placeringen i hjørnet af bygningen, som nemt kan give høje temperaturer op ad dagen. En løsning på problemet kan være øget brug af solafskærmning. Ved måle-opholdet virkede det ikke som om, at den manuelle solafskærmning blev brugt med mindre medarbejderne direkte fik solen i ansigtet. Afskærmningen bør også bruges i de tilfælde, hvor solen står ind uden at genere nogen.

I stueetagen ses det, at mange af medarbejderne synes der er for varmt i deres zone. Denne zone er hovedsageligt mekanisk ventileret, og en ændring af dette bør være forholdsvis nem.

1.1.1.8 Luftbevægelse

Også ved dette punkt udskiller stueetagen samt zonerne mod sydvest sig lidt fra de øvrige zoner. Den detaljerede vurdering af dette punkt er angivet i Figur 0.8.

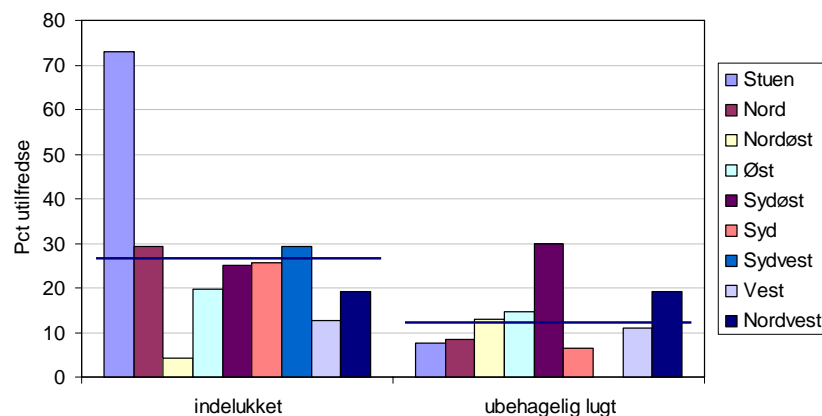


Figur 0.8. Vurdering af luftbevægelse i kontorerne.

Ved vurderingen af luftbevægelse i kontorerne ses der tydeligt forskel mellem området med mekanisk ventilation (stueetagen) og de øvrige zoner, som alle er naturligt ventilerede. I det mekanisk ventilerede område er 54% utilfredse med stillestående luft, hvilket stemmer godt overens med angivelserne i samme zone af for høje temperaturer. I de øvrige zoner er der en del klager over træk. Dette angives også skriftligt i en stor del af spørgeskemaerne. Problemerne er især udtalte i de zoner man kan betegne som varme zoner pga det større solindfald (SØ, S, SV, V). I disse zoner vil der typisk blive ventileret mere pga højere temperaturer og dermed også være større risiko for træk.

1.1.1.9 Luftkvalitet

Ved vurderingen af luftkvaliteten ses igen en stor forskel mellem det mekanisk og naturligt ventilerede område, se Figur 0.9.



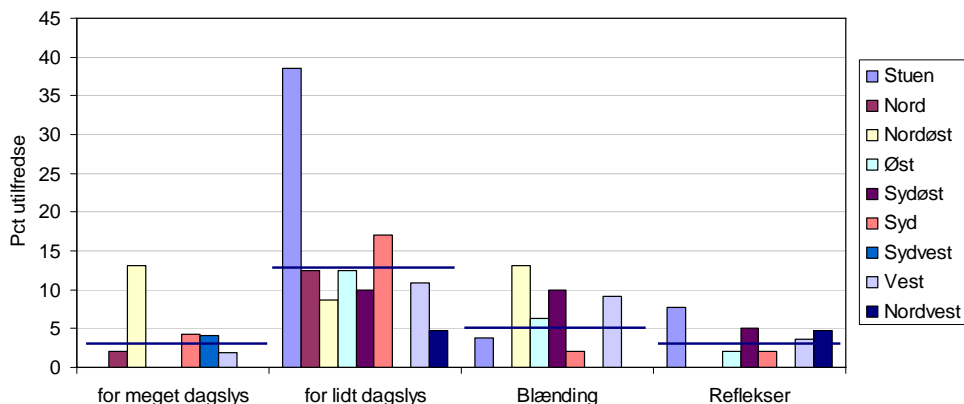
Figur 0.9. Vurdering af luftkvalitet.

I det mekanisk ventilerede område føler 73% luften som indelukket. Igen kan dette forklares med et evt lavt luftskifte og høje temperaturer. I de naturligt ventilerede zoner er der stort set ingen klager over luftkvaliteten. Dog klager 30% i sydøst-zonerne over ubehagelig lugt. Dette kan forklares med madlugten fra køkkenet, som spredes op i bygningen, og som især er

dominerende i dette område. Denne kilde til lugten er også angivet i flere af de skriftlige besvarelser.

1.1.1.10 Dagslys

Dagslysniveauet i bygningen opfattes generelt som værende godt, se Figur 0.10. Dog er der i stueetagen 38% utilfredse pga for lidt dagslys. Dette må skyldes placeringen af det nordvendte kontorareal.

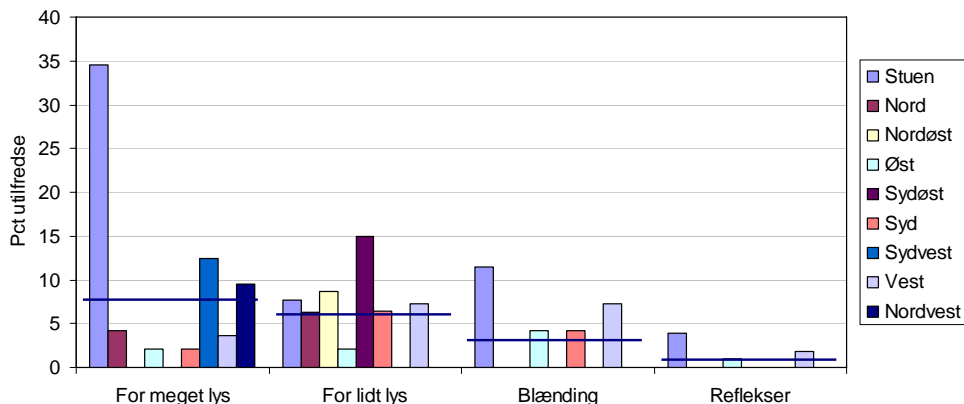


Figur 0.10. Vurdering af gener fra dagslys i kontorerne.

1.1.1.11

1.1.1.12 Belysning

Ved vurderingen af den elektriske belysning er der også generelt en positiv opfattelse, se Figur 0.11. Igen er der lidt flere der klager i stueetagen, hvor 34% mener der er for meget belysning. Dette stemmer ikke helt overens med svarerne ved daglyset, men det kan skyldes at belysningen i området virker generende.

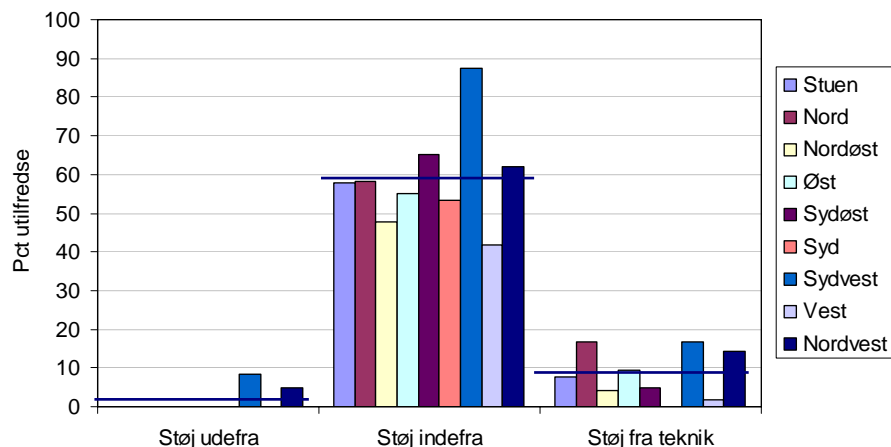


Figur 0.11. Vurdering af gener fra belysningen i kontorerne.

Under de skriftlige besvarelser i spørgeskemaet er der flere der har angivet problemer med belysningen udenfor "normal" arbejdstid. Her slukker lyset automatisk, hvis der ikke er aktivitet i zonen, men ved stille kontorarbejde registreres medarbejderne heller ikke, og de skal derfor af og til blaffe med armene for at tænde lyset igen.

1.1.1.13 Støjniveau

Vurderingen af støjniveauet i bygningen er overordnet set vurderet negativt med en middelværdi på 5,7. Opdeles kilderne til støj fås resultatet i Figur 0.12.



Figur 0.12. Vurdering af gener fra støj i bygningen.

Ved vurderingen af gener fra støj ses det, at det hovedsageligt er støj indefra bygningen der generer. Generelt set er ca 55% utilfredse med støj indefra bygningen. Dog er det i sydvest-zonerne 88%. Kilderne til støjen inde i bygningen er kollegers snakken med hinanden men også støj fra atriet, støj fra sofaområder, telefonsamtaler og ringetoner fra mobiltelefoner bliver nævnt som kilder til støj.

Desuden nævnes det, at væggene mellem stillerummene er meget dårligt lydisolerede.

Regulering af indeklimaet på denne årstid

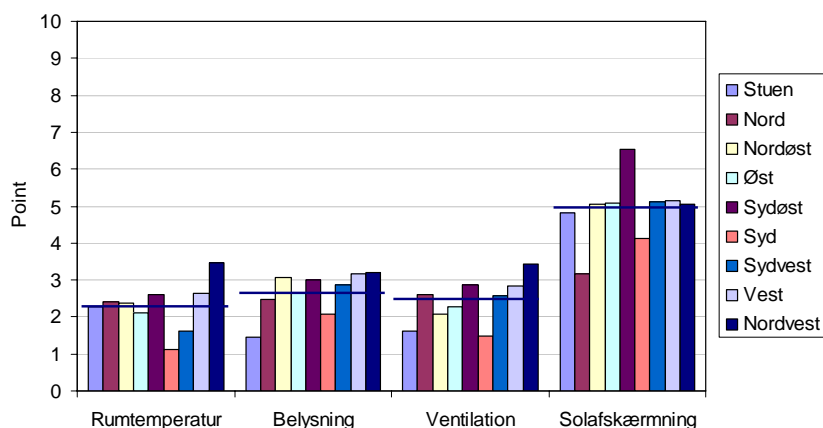
Besvarelsenerne til dette spørgsmål er inddelt i *mulighed for at regulere*, *behov for at regulere* og endelig *hvor hurtigt der sker en ændring ved regulering*. Resultaterne af disse gennemgås i det følgende:

1.1.1.14 Dine personlige muligheder for at regulere

Ved vurdering af de personlige muligheder for at regulere rumtemperaturen og ventilationen er der en negativ vurdering i alle zoner. 0 point angiver i denne sammenhæng ingen personlig mulighed og 10 angiver fuld personlig mulighed, se Figur 0.13. Denne vurdering bør ses sammen med den generelle utilfredshed der er med træk i kontorerne (jf Figur 0.8).

Muligheden for at regulere belysningen er heller ikke vurderet særligt højt, hvilket også passer godt sammen med almenbelysningen, som ikke kan reguleres. Dog har alle mulighed for at tænde en lampe på sin egen skrivebordsplads.

Ved mulighederne for at regulere solafskærmningen er vurderingen omkring neutral, hvilket dog strider imod, at der er manuel solafskærmning i alle vinduer. Bliver denne sjældent brugt? Dette kunne også være årsag til de mange klager over temperaturen i zonen mod sydvest (jf Figur 0.7).



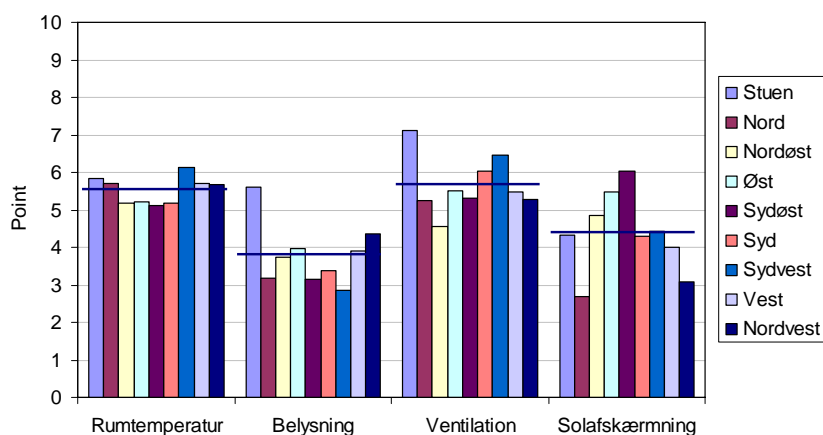
Figur 0.13. Vurdering af personlig mulighed for at regulere og tilpasse de nævnte faktorer (0: ingen mulighed, 10: fuld mulighed)

I de skriftlige tilkendegivelser i spørgeskemaerne er der flere der skriver, at de er utilfredse med deres muligheder for at kunne foretage reguleringer. Desuden nævnes også ofte uenighed blandt kollegerne om, hvordan reguleringen skal foretages, da det er svært at gøre alle tilfredse.

1.1.1.15 Dit behov for at kunne regulere

Ved vurderingen af behovet for selv at kunne regulere angiver 0 point intet behov og 10 point, at man ofte har behov for at kunne regulere. Ved dette spørgsmål er det især stueetagen der udskiller sig fra de andre, se Figur 0.14. I denne zone er behovet for at kunne regulere på belysningen samt ventilationen større end i de øvrige zoner. Dette er igen et udtryk for utilfredsheden med både belysning og ventilation i denne zone (jf tidligere afsnit om dette). I de øvrige zoner er der ikke så stort et behov for at ændre på belysningen, hvilket også stemmer overens med tilfredsheden med belysningen her.

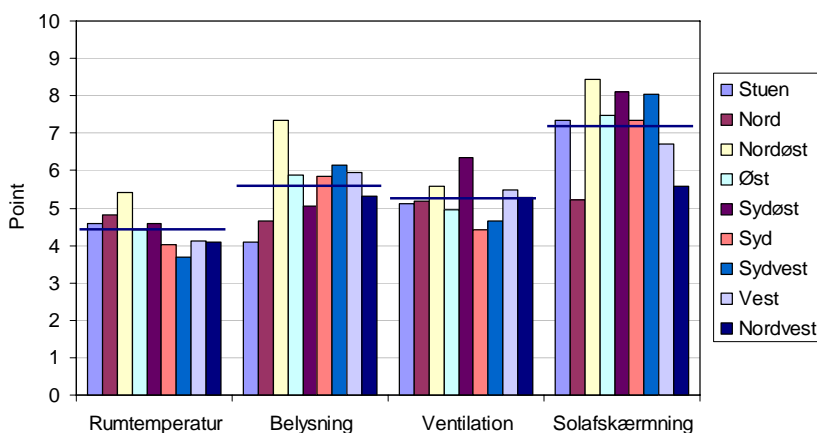
Det er hovedsageligt zonerne der rammes af den lave morgensol (NØ, Ø, SØ), som føler de har behov for at regulere på solafskærmningen.



Figur 0.14. Vurdering af behovet for at kunne regulere de nævnte faktorer (0: aldrig, 10: ofte).

1.1.1.16 Hvor hurtigt sker dine ændringer, når du regulerer

Til dette spørgsmål er der kun kommet 166 besvarelser, da en del mener, de ikke har mulighed for at regulere. Resultaterne er optegnet i Figur 0.15. Her er det angivet, at den hurtigste effekt fås ved regulering med solafskærmningen.



Figur 0.15. Vurdering af, hvor hurtigt en ændring sker, når der er ændret på de nævnte faktorer (0: meget langsomt, 10: meget hurtigt)

Konklusion på spørgeskemaundersøgelse

Ud fra spørgeskemaundersøgelsen kan følgende konkluderes

1.1.1.17 Helhedsindtryk

Overordnet set er der en positiv vurdering af indeklimaet i bygningen.

1.1.1.18 Temperatur

Temperaturen i bygningen vurderes også overordnet positivt. Dog er der problemer med for høje temperaturer i den mekanisk ventilerede zone i stueetagen og varierende temperaturer i zonerne mod sydvest.

1.1.1.19

1.1.1.20 Luftbevægelse

Ved vurdering af luftbevægelse er der stor forskel på de naturligt ventilerede zoner og den mekanisk ventilerede zone i stueetagen. De afgivne vurderinger som helhed ligger omkring neutral (5,2 point). Vurderes de gener der nævnes findes, at op mod halvdelen af medarbejderne i de naturligt ventilerede zoner har problemer med træk. Dette er ikke noget problem i stueetagen, hvor der i stedet nævnes problemer med stillestående luft.

1.1.1.21 Luftkvalitet

Den generelle opfattelse af luftkvaliteten i de naturligt ventilerede områder er god og må betragtes som meget positiv. Dog er der madlugt i bygningen fra kantinen. Dette blev også registreret under den første måleperiode i bygningen. Desuden nævnes det, at de mekanisk ventilerede områder (kontorarealer i stuen samt møderum, stillerum og rygerum) ikke bliver ventileret tilstrækkeligt.

1.1.1.22 Dagslys og belysning

I forbindelse med vurdering af belysningen i bygningen er alle zoner på nær stueetagen positive på dette område. Dog nævnes det, at der er problemer med den automatiske regulering af lyset i weekender og efter fyraften, hvor lyset hurtigt slukker, når der ikke er registreret bevægelse i zonen. Dette opfattes af flere medarbejdere som generende.

1.1.1.23 Støjniveau

Støjniveauet er overordnet vurderet til 5,7 point, hvilket er en negativ vurdering. Støjen kommer indefra bygningen og kilder er kollegers snak, mobiltelefoner og støj i atriet.

Konklusion – samlet vurdering af indeklimaet

Ud fra kort- og langtidsmålingerne samt spørgeskemaundersøgelsen foretaget i kontorbygningen hos Københavns Energi kan følgende punkter trækkes frem fra de enkelte delkonklusioner i rapporten:

1.1.1.24 Termisk indeklima

Temperaturniveauet i bygningen ligger indenfor de vejledende komfortintervaller i DS474. Desuden er de lodrette gradienter i kontorerne små (under 1°C/m).

Under langtidsmålingerne blev der fundet følgende resultat for temperaturmålingerne:

52 timer > 26°C (gennemsnit for alle zoner)

8 timer > 27°C (gennemsnit for alle zoner)

hvilket også opfylder kravene fra DS474.

I spørgeskemaundersøgelsen vurderes temperaturen i bygningen også overordnet positivt. Dog er det blevet påpeget af godt 40% af de adspurgte i stueetagen, som er mekanisk ventileret, at der er for høje temperaturer. Dette bør kunne ændres blot ved ændring af reguleringen i denne zone. Ca. 55% af brugerne i de sydvest-vendte zoner klager over varierende temperaturer. Dette kan skyldes for dårlig brug af den manuelle solafskærmning, da det under måleperioderne er blevet noteret, at solafskærmningen sjældent benyttes. Er medarbejderne bevidste om, at der også skal bruges solafskærmning selvom solen ikke direkte rammer en person og hermed generer?

Ved måling af lokale hastigheder i de to udvalgte målezoner blev der registreret højere lokale lufthastigheder under måleperioderne i sommer- og vinterperioden end anbefalet i DS474. I sommermålingerne blev der målt op til 0,25 m/s i en almindelig driftssituation, hvilket svarer til godt 25% utilfredse. I vinterperioden blev der målt op til 0,2 m/s, hvilket svarer til ca. 20% utilfredse.

Sammenlignes der igen med spørgeskemaundersøgelsen er der også her indikeret problemer med træk. Dette er især i zonerne mod syd, sydvest og vest, hvor op mod 50% er utilfredse.

I zonerne med høj varmebelastning pr. m² kan det være svært at undgå træk, da der er en vis mængde varme, som nødvendigvis skal transporteres væk via den naturlige ventilation. Nedsættes ventilationen for at undgå træk, vil der i stedet blive for varmt i zonen. Ses der på anbefalingen i By og Byg Anvisning 202, Naturlig ventilation i erhvervsbygninger står der her, at en intern varmebelastning på mere end 30 W/m² kræver særlige overvejelser, hvis man vil benytte naturlig ventilation. I zone 39, som indeholder et call-center, er varmebelastningen vurderet til 34 W/m². Det bør derfor overvejes, om de person-tætte zoner skal spredes over større områder for at få en mere jævn fordeling af den interne varmebelastning i bygningen.

1.1.1.25 Atmosfærisk indeklima

I forbindelse med vurdering af det atmosfæriske indeklima blev CO₂-koncentrationen i bygningen løbende målt via langtidsmålingerne. Herfra blev det konkluderet, at det atmosfæriske indeklima i bygningen er godt og der er kun registreret få timer over 1000 ppm.

Samme resultat blev også fundet ved korttidsmålingerne både i de enkelte zoner og i hele bygningen.

I forbindelse med spørgeskemaundersøgelsen blev luftkvaliteten også vurderet positivt på nær i den mekanisk ventilerede zone i stueetagen. I forbindelse med vurderingen af ubehagelig lugt udskiller zonerne mod sydøst sig fra de øvrige ved at have ca 30% utilfredse.

Dette kan skyldes madlugt fra køkkenet, som er meget dominerende i dette område af bygningen. Dog skal det her noteres, at denne lugt var væsentligt reduceret under forårsmålingerne i bygningen, men at der stadig trækker madlugt op gennem elevatorskakten i dette område.

Ved vurderingen af den relative luftfugtighed i bygningen i vinter- og forårsmålingerne blev det konstateret, at anbefalingerne fra arbejdstilsynet i begge tilfælde er overholdt.

1.1.1.26 Luftskifte

Luftskiftet i bygningen blev både målt som en gennemsnitsværdi for hele bygningen samt lokalt i de to målezoner. I alle tilfældene var det målte luftskifte højere end det nødvendige vurderet ud fra CO₂-niveauet i zonen. Det anbefales dog ikke at nedsætte luftskiftet i bygningen pga den høje interne varmebelastning, som ville medføre for høje temperaturer ved mindre luftskifter.

Et alternativ kan være at benytte natventilationen mere aktivt, og herved køle bygningen ned ved ventilation i løbet af natten. Denne nedkøling vil give en kølende effekt et stykke op ad dagen, hvilket kan give mulighed for mindre ventilation. Dette kan evt også reducere problemet med træk.

Bygningens infiltrationsluftskifte blev også vurderet i en aftenperiode, hvor alle åbninger var lukkede. Dette luftskifte er omkring 0,1 h⁻¹, hvilket indikerer en rimelig tæt bygning.

1.1.1.27 Luftfordeling

Ved vurdering af både temperatur- og CO₂-gradienter op gennem bygningen er disse fundet små, hvilket viser, at der er en god opblanding af luften i bygningen.

I spørgeskemaundersøgelse er det af flere blevet angivet, at der er røglugt udenfor rygerummene. Under måleperioderne i bygningen blev det flere gange konstateret, at dørene til rummene var åbne, hvilket bestemt ikke er hensigtsmæssigt. Disse bør holdes lukket. Problemet kan yderligere afhjælpes ved at forøge udsugningen fra rummene og hermed forøge undertrykket og mindske mængden af røg der "siver" ud fra rummet. Pga fare for at udløse brandalarmen blev der ikke foretaget røgforsøg i bygningen, og fordelingen af luft fra rygerummene er derfor ikke undersøgt visuelt med (kunstig genereret) røg.

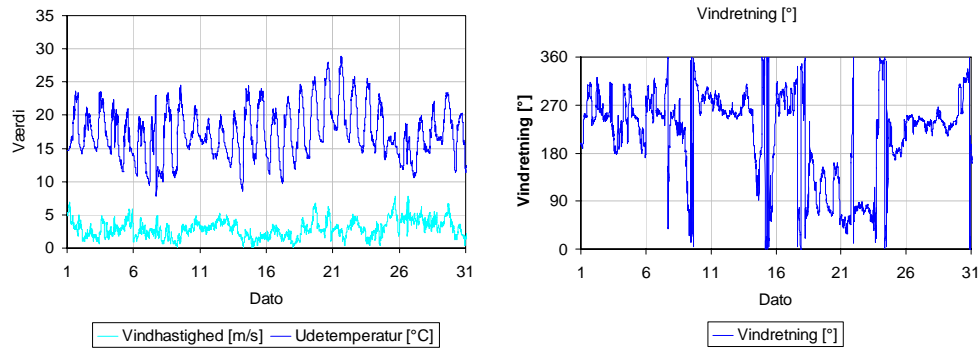
Bilag A: Beregningseksempel, langtidsmålinger

For at give indtryk af hvordan databehandlingen ved langtidsmålingerne er foretaget, er resultaterne her gennemgået for august måned i zone 41.

Optegninger findes for alle de analyserede zoner i alle måneder på den medfølgende CD i mappen "log-data".

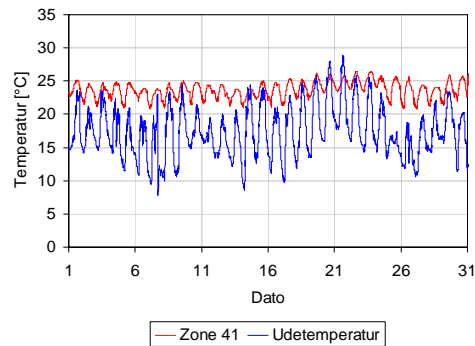
1.1.1.28 Udeklimadata

Temperatur, vindhastighed og vindretning i august måned kan ses på Figur A.1.



Figur A.1. Temperatur, vindhastighed og vindretning i august 2005.

For at kunne vurdere udetemperaturens påvirkning af indetemperaturen sammenholdes disse i Figur A.2. Her ses det, at indetemperaturen ligger jævnt omkring 23°C-25°C gennem hele august måned. Da udetemperaturen omkring den 19/8 bliver højere ses det, at der stadig opretholdes en rimelig temperatur indenfor pga bygningens høje termiske masse.

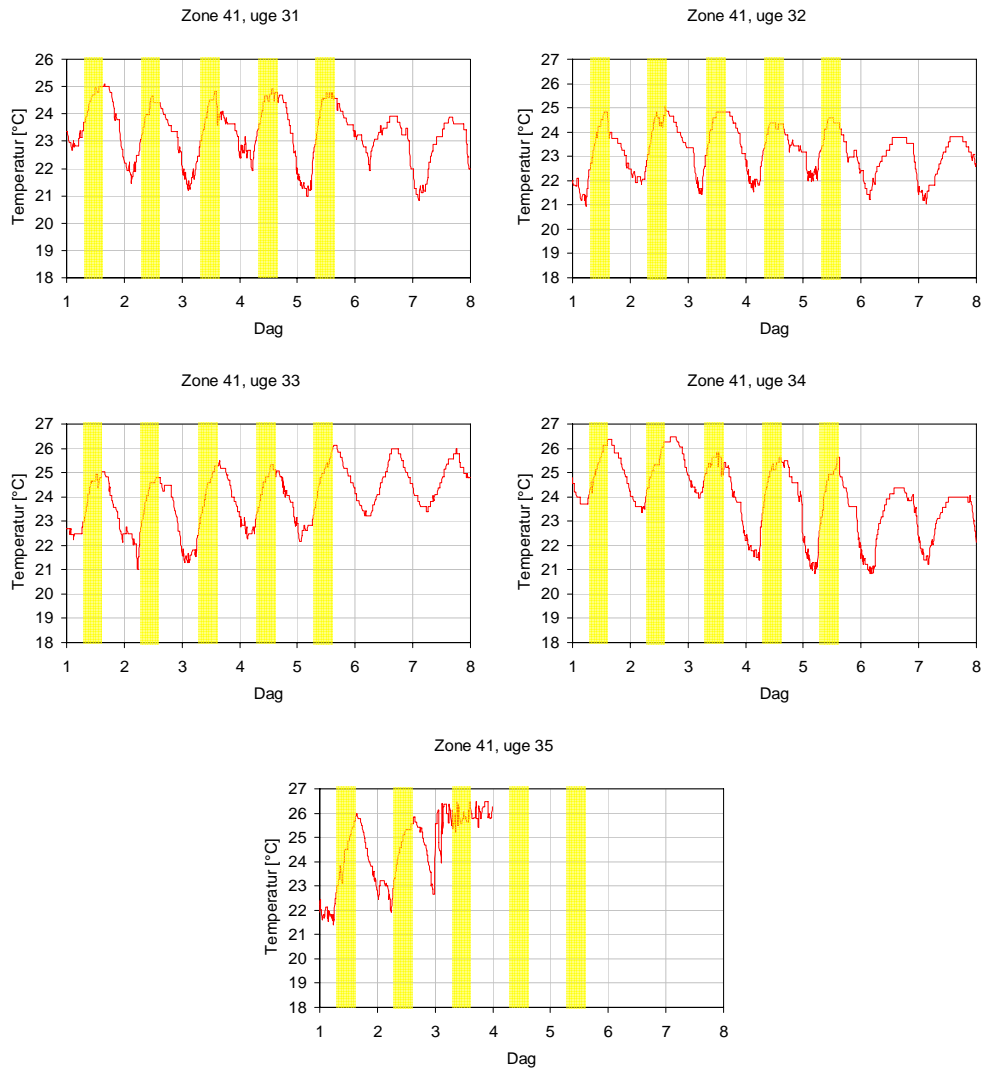


Figur A.2. Indetemperaturen sammenholdt med udetemperaturen, august 2005

1.1.1.29

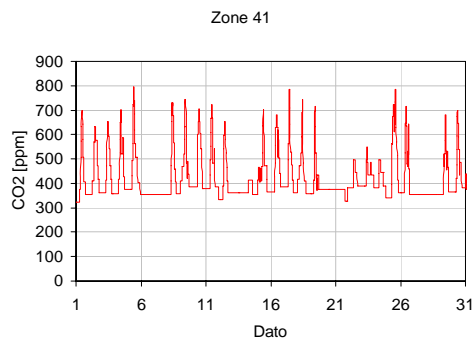
1.1.1.30 Indeklimadata

En mere detaljeret optegning af indetemperaturen er foretaget i Figur A.3. Her er tidsrummet mellem kl. 8 og 16 markeret med gult, og optegningen viser tydeligt hvordan temperaturen stiger når bygningen er i brug i dagstimerne.



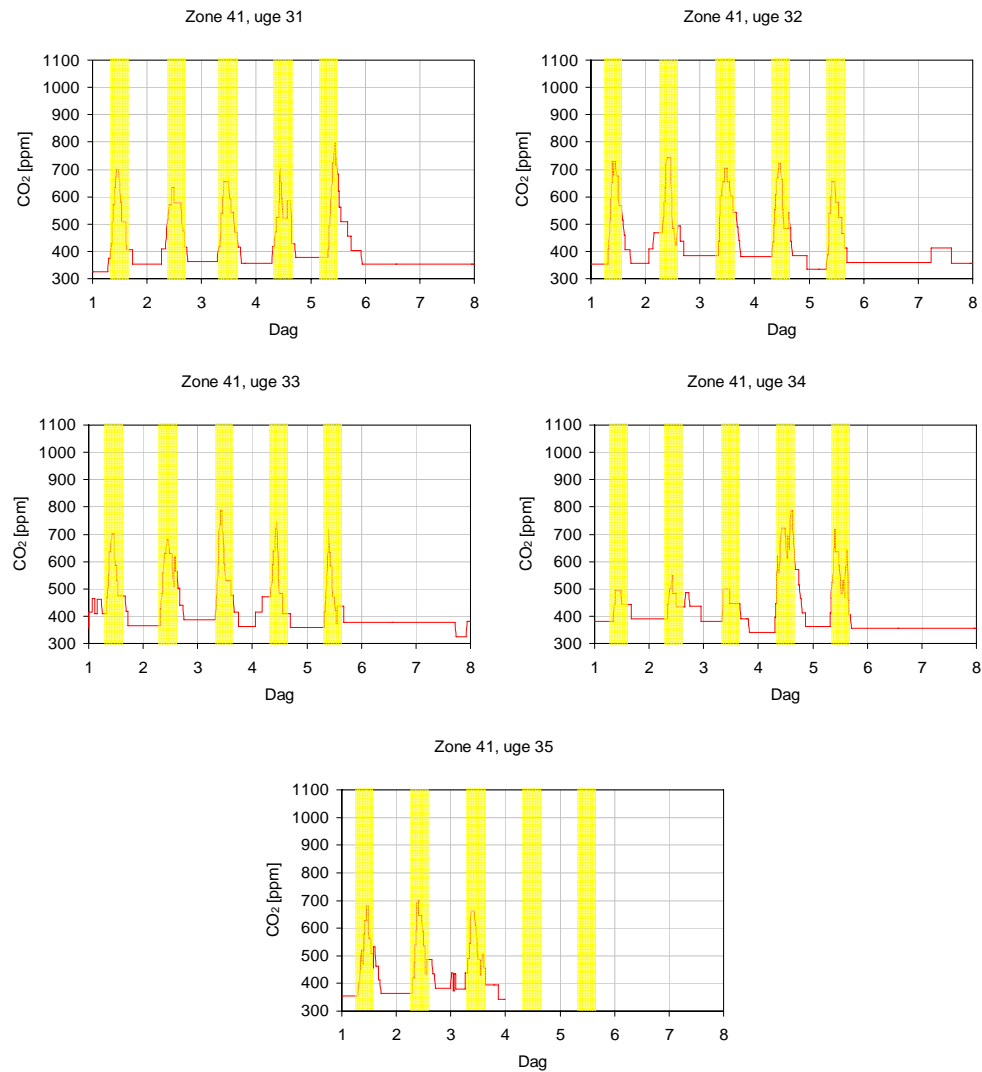
Figur A.3. Indetemperaturen i zone 41. Tidsrummet mellem kl. 8 og 16 er markeret med gult. August 2005

CO₂-niveauet i august måned i zone 41 er optegnet i Figur A.4. Det fremgår her, at der ikke på noget tidspunkt opstår problemer med for høje niveauer.



Figur A.4. CO₂-niveauet i zone 41 i juli 2005

Ved en mere detaljeret optegning af CO₂-niveauet i bygningen (se Figur A.5) ses hvorledes CO₂-niveauet stiger i løbet af dagen for efter arbejdstidens ophør atter at falde til udekonzentrationen.



Figur A.5. CO₂-niveauet i zone 41 i august. Tidsrummet mellem kl. 8 og 16 er markeret med gult.

Bilag B: Bestemmelse af bygningsvolumen

Volumenet af bygningen bruges i forbindelse med flere af beregningerne af luftskifte.

Volumenet er bestemt ud fra tegningsmaterialet. Først er grundareal bestemt og herefter er fradrag fra fx elevatorskakt, mødelokaler, trappeskakte mm og arealer med mekanisk ventilation i stueetagen beregnet.

	Areal pr etage [m ²]	Etagehøjde [m]	Volumen [m ³]
Stuen	343	3,35	1150
1,2,3. sal	1114,76	3,1	10367

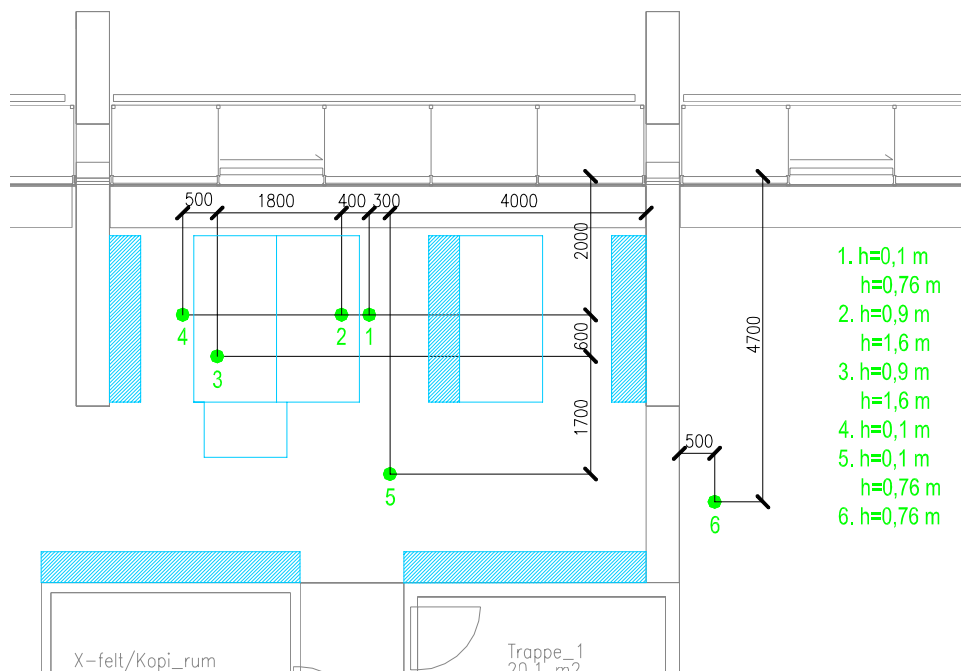
4. sal	910,66	3,1	2823
Atrium	226	3,7	4593
Total			18933

Bilag C: Måling af lokale lufthastigheder (træk), sommer

1.1.1.31 Zone 13

Der blev foretaget en undersøgelse af lufthastigheder på og omkring to skriveborde i zone 13. Luftens bevægelser blev undersøgt med røg fra pipette. Alle lufthastigheder blev målt som middelværdier over et minut. Desuden blev der i nogle tilfælde vurderet, hvad den højeste hastighed i punktet var samt hvordan turbulensintensiteten var.

Målepunkterne er vist på nedenstående tegning af zonen.



Måling af lufthastigheder i zone 13, tirsdag d. 23/8-05

Alle tre vinduer i zonen stod på klem under målingerne. Følgende målinger blev foretaget mellem 10.45 og 11.30:

Målepunkt	Højde over gulv [m]	Måling 1 [cm/s]	Måling 2 [cm/s]	Måling 3 [cm/s]
1	0,1	4,7	4,4	6,4
	0,76	12,5	6,8	
2	0,9	6,0	7,6	
	1,6	9,3	9,4	
3	0,9	6,0	6,0	
	1,6	7,7	8,9	
4	0,1	9,0	5,6	9,4
5 (gang)	0,1	14,8	18,2	16,3
	0,76	14,3	11,9	

6 (gang)	0,76	8,4	7,8
----------	------	-----	-----

Varmeanlægget i zonen var tændt under målingerne.

Måling af lufthastigheder i zone 13, onsdag d. 24/8-05

Under målingerne åbnede brugerne vinduerne helt op – vinduerne er derfor i denne måling ikke styret af styringssystemet, men af brugerne, og de høje hastigheder der er målt er derfor i det tilfælde, hvor brugerne selv åbner vinduerne op. Ventilationssystemet ville ikke åbne så meget men bliver styret af vindhastighed, retning, temperatur mm. Målinger blev foretaget fra 13.20 til 14.40.

Målepunkt	Højde over gulv [m]	Måling 1 [cm/s]	Måling 2 [cm/s]	Måling 3 [cm/s]
1	0,1	37,4	39,9	42,9
	0,76	18,7	27,1	23,1
2	0,9	21,0	26,2	18,7
	1,6	17,0	17,6	14,8
3	0,9	7,9	8,1	
	1,6	11,9	10,6	
4	0,1	11,6	6,4	8,3
5 (gang)	0,1	22,5	33,3	27,1
	0,76	19,1	12,1	19,0
6 (gang)	0,76	23,7	30,1	31,6

Måling af lufthastigheder i zone 13, torsdag d. 25/8-05

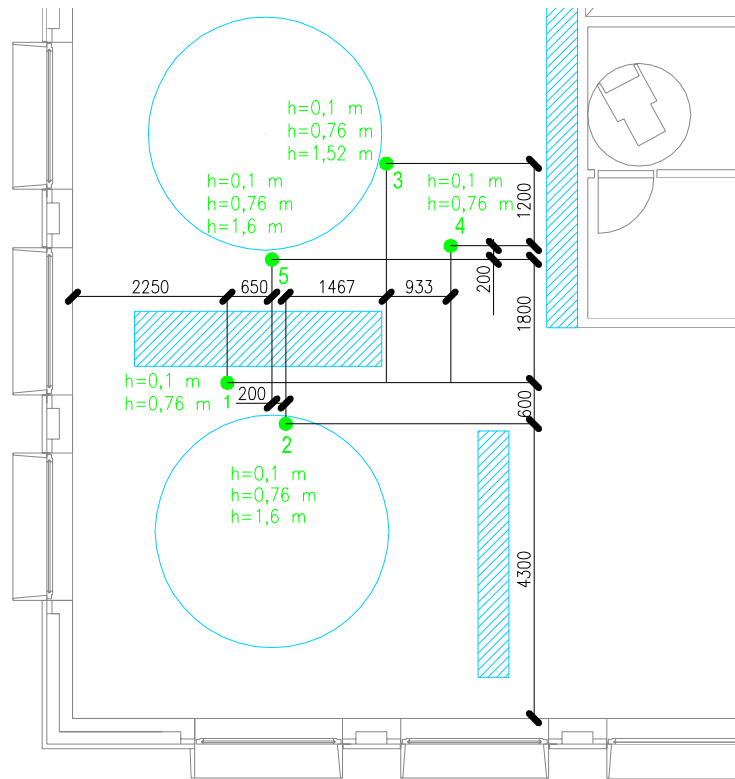
Alle tre vinduer i zonen stod på klem under målingerne (9-10% åbne). Følgende målinger af hastigheder blev foretaget torsdag eftermiddag:

Målepunkt	Højde over gulv [m]	Måling 1 [cm/s]	Måling 2 [cm/s]	Måling 3 [cm/s]
1	0,1	6,5	5,1	
	0,76	7,7	2,9	5,4
2	0,9	10,2	4,5	7,1
	1,6	5,6	2,6	
3	0,9	4,7	5,6	5,5
	1,6	5,8	2,6	
4	0,1	8,3	11,5	6,0
5 (gang)	0,1	7,9	6,1	7,4
	0,76	10,2	4,5	5,8

1.1.1.32 Zone 39

Der blev foretaget en undersøgelse af lufthastigheder på og omkring tre skrivebordspladser i zone 39. Luftens bevægelser blev undersøgt med røg fra pipette. Alle lufthastigheder er målt som middelværdier over et minut. Desuden blev der i nogle tilfælde vurderet, hvad den højeste hastighed i punktet var samt hvordan turbulensintensiteten var.

Målepunkterne er vist på nedenstående tegning af zonen.



Måling af lufthastigheder i zone 39, tirsdag d. 23/8-05

Under målingerne var alle vinduerne mod syd åbne samt det brugerstyrede vindue i hjørnet mod øst. Måledata ses i nedenstående tabel:

Målepunkt	Højde over gulv [m]	Måling 1 [cm/s]	Måling 2 [cm/s]	Måling 3 [cm/s]
1	0,76	15,9	10,9	11,6
	0,1	9,7	7,1	
	1,6	7,2	10,6	4,4
3	1,52	12,0	12,6	12,2
	0,76	13,4	11,9	9,4
4 (gang)	0,1	14,1	25,1	16,8
	0,1	10,2	7,2	
	0,76	13,7	12,0	
5	0,1	6,4	9,9	3,5
	0,76	8,9	9,7	
	1,6	5,6	5,3	

Måling af lufthastigheder i zone 39, onsdag d. 24/8-05

Lufthastighederne i zone 39 blev målt på samme arbejdspladser indenfor zonen som tirsdag. Under målingerne var alle vinduerne på klem. Måledata ses i nedenstående tabel:

Målepunkt	Højde over gulv	Måling 1	Måling 2	Måling 3
-----------	-----------------	----------	----------	----------

	[m]	[cm/s]	[cm/s]	[cm/s]
1	0,76	15,1	10,0	19,6
	0,1	14,4	14,8	15,4
2	1,6	5,6	8,9	8,9
	1,52	5,2	5,6	
3	0,76	8,9	9,7	11,9
	0,1	14,3	19,2	17,4
	0,1	17,1	20,5	13,4
	0,76	6,0	12,9	6,6
4 (gang)	0,1	9,8	6,0	
	0,76	15,1	10,0	19,6
	1,6	14,4	14,8	15,4

Måling af lufthastigheder i zone 39, torsdag d. 25/8-05

Under målingerne var alle vinduerne på klem. Målinger af hastigheder ses i nedenstående tabel:

Målepunkt	Højde over gulv [m]	Måling 1 [cm/s]	Måling 2 [cm/s]	Måling 3 [cm/s]
1	0,76	7,9	4,2	6,5
	0,1	17,0	15,8	16,2
2	0,76	9,4	9,4	10,0
	0,1	9,8	6,0	
4 (gang)	0,76	5,2	2,4	
	0,1	6,5	5,9	
	0,76	3,7	1,1	3,5
5	0,1	6,0	5,9	3,1

Bilag D: Bestemmelse af lokale luftskifter

For at vurdere ventilationen i de enkelte zoner der registreres personer i zonen i et givent tidsinterval samtidig med at CO₂-niveauet måles. Beregningerne foretages ud fra metoden med konstant tilførsel af gas, som i dette tilfælde er CO₂. Beregningerne foretages både som en middelværdi over hele perioden samt i mindre dele af perioden som kontrol af middelværdi-beregningen. Der bruges følgende beregningsudtryk:

$$Q_v = \frac{\dot{m}}{C_i - C_o}$$

hvor

Q_v : Tilført friskluftsmængde [m³/h]

\dot{m} : Tilført mængde af CO₂ [m³/h]

C_i : Koncentration af CO₂ i kontoret [m³/m³]

C_o : Koncentration af CO₂ i udeluft [m³/m³]

Som eksempel ses resultaterne af beregningerne for sommermålingerne.

<i>Zone 13</i>	<i>13:18-13:30</i>	<i>13:30-13:40</i>	<i>14:02-14:13</i>	<i>14:19-14:36</i>	<i>Middel i perioden</i>
Antal personer	3	2	1	2	1,87
Tilført CO ₂ [m ³ /h]	0,06	0,04	0,02	0,04	0,04
Middelkoncentration [ppm]	520	470	470	465	484
Udekonzentration [ppm]	380	380	380	380	380
Tilført udeluft [m ³ /h]	429	444	222	471	360
Beregnet luftskifte [h ⁻¹]	7,0	7,3	3,6	7,7	5,9

<i>Zone 39</i>	<i>9:18-9:32</i>	<i>10:06-10:19</i>	<i>10:36-10:42</i>	<i>Middel i perioden</i>
Antal personer	6	6	4	5,27
Tilført CO ₂ [m ³ /h]	0,12	0,12	0,08	0,11
Middelkoncentration [ppm]	590	580	550	570
Udekonzentration [ppm]	380	380	380	380
Tilført udeluft [m ³ /h]	571	600	471	555
Beregnet luftskifte [h ⁻¹]	5,1	5,4	4,2	5,0

1.1.1.33 Beregning af nødvendigt luftskifte

Til sammenligning for de beregnede luftskifter beregnes det luftskifte, som er nødvendigt for at opretholde et CO₂-niveau på 1000 ppm.

Dette beregnes ud fra ovenstående udtryk for følgende to situationer i sommermålingerne:

Zone 16, 2 personer: Minimalt luftskifte = 1,1 h⁻¹

Zone 39, 6 personer: Minimalt luftskifte = 1,7 h⁻¹

Bilag E: Bestemmelse af gennemsnitsluftskifte i bygningen

For at vurdere middelluftskiftet i bygningen optælles antal af personer, der befinder sig i bygningen i måleperioden.

Som eksempel gennemgås målingerne foretaget i sommerperioden. Måleperioden var her afgrænset til perioden fra kl. 10.00 til kl. 15.00, hvor vi antog at bygningen var i fuld drift. Antallet af personer blev løbende talt i måleperioden.

Målingerne blev gennemført tirsdag d. 23/8. Følgende tællinger af personer blev foretaget:

<i>Tid</i>	<i>Stuen</i>	<i>1. sal</i>	<i>2. sal</i>	<i>3. sal</i>	<i>4. sal</i>	<i>Total</i>
10.05	8	73	76	108	72	337
11.00	6	82	81	93	70	332
11.50	16	69	71	65	60	281
12.45	10	73	72	73	43	271
14.45	6	70	88	112	61	337

For at vurdere CO₂-niveauet i bygningen bruges en gennemsnitsværdi af de målinger der blev foretaget med KE's interne følere i perioden. Beregningen foretages med metoden til brug ved konstant tilførsel af gas (beskrevet i "Bilag D: Bestemmelse af lokale luftskifter"). Der medtages et passende interval på hver side af det angivne tidspunkt. Fx er intervallet for kl. 11.00 angivet som kl. 10.30-11.20. Data fra beregningerne er angivet i nedenstående tabel, hvor det fremgår, at middelluftskiftet for bygningen er beregnet til 3,2 h⁻¹.

<i>Tid</i>	<i>Personer</i>	<i>CO₂-niveau [ppm]</i>	<i>Tilført CO₂ [m³/h]</i>	<i>Tilført udeluft [m³/h]</i>	<i>Beregnet luftskifte [h⁻¹]</i>
10.05	337	496	6,74	58054	3,07
11.00	332	526	6,64	45577	2,41
11.50	281	497	5,62	48008	2,54
12.45	271	469	5,42	61139	3,23
14.45	337	455	6,74	89681	4,74
Middel i hele perioden	311,6	455	6,23	60308	3,19

1.1.1.34 Beregning af nødvendigt luftskifte

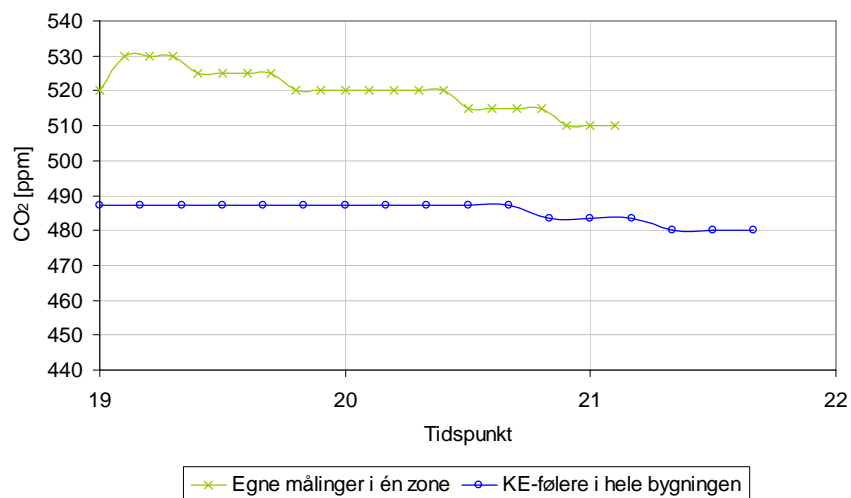
Til sammenligning for det beregnede middel luftskifte i hele bygningen beregnes det luftskifte, som er nødvendigt for at opretholde et CO₂-niveau på 1000 ppm.

Dette beregnes i sommerperioden for 312 personer i bygningen til at være 0,53 h⁻¹.

Bilag F: Bestemmelse af infiltrationsluftskifte

Infiltrationsluftskiftet bestemmes ud fra en afklingskurve optegnet for CO₂-koncentrationen i den tomme bygning. Målingerne foretages både med AAU-målere samt via en middelværdi af samtlige KE-målere i bygningen.

Målingerne af CO₂ er vist på nedenstående graf.



Infiltrationsluftskiftet kan beregnes ud fra følgende udtryk for afklingsforsøg:

$$Q_v = V \frac{\ln \frac{C_i(t_1) - C_0}{C_i(t_2) - C_0}}{(t_2 - t_1)}$$

hvor

- Q_v : Tilført friskluftsmængde [m^3/h]
 V : Volumen af bygningen [m^3]
 C_i : Koncentration af CO_2 i kontoret [m^3/m^3]
 C_0 : Koncentration af CO_2 i udeluft [m^3/m^3]
 t : Tid [h]

Ud fra beregningerne findes frem til et infiltrationsluftskifte på omkring $0,03\text{-}0,06 \text{ h}^{-1}$ i sommerperioden, hvorfra grafen er optegnet.

Bilag G: Spørgeskemaundersøgelse

