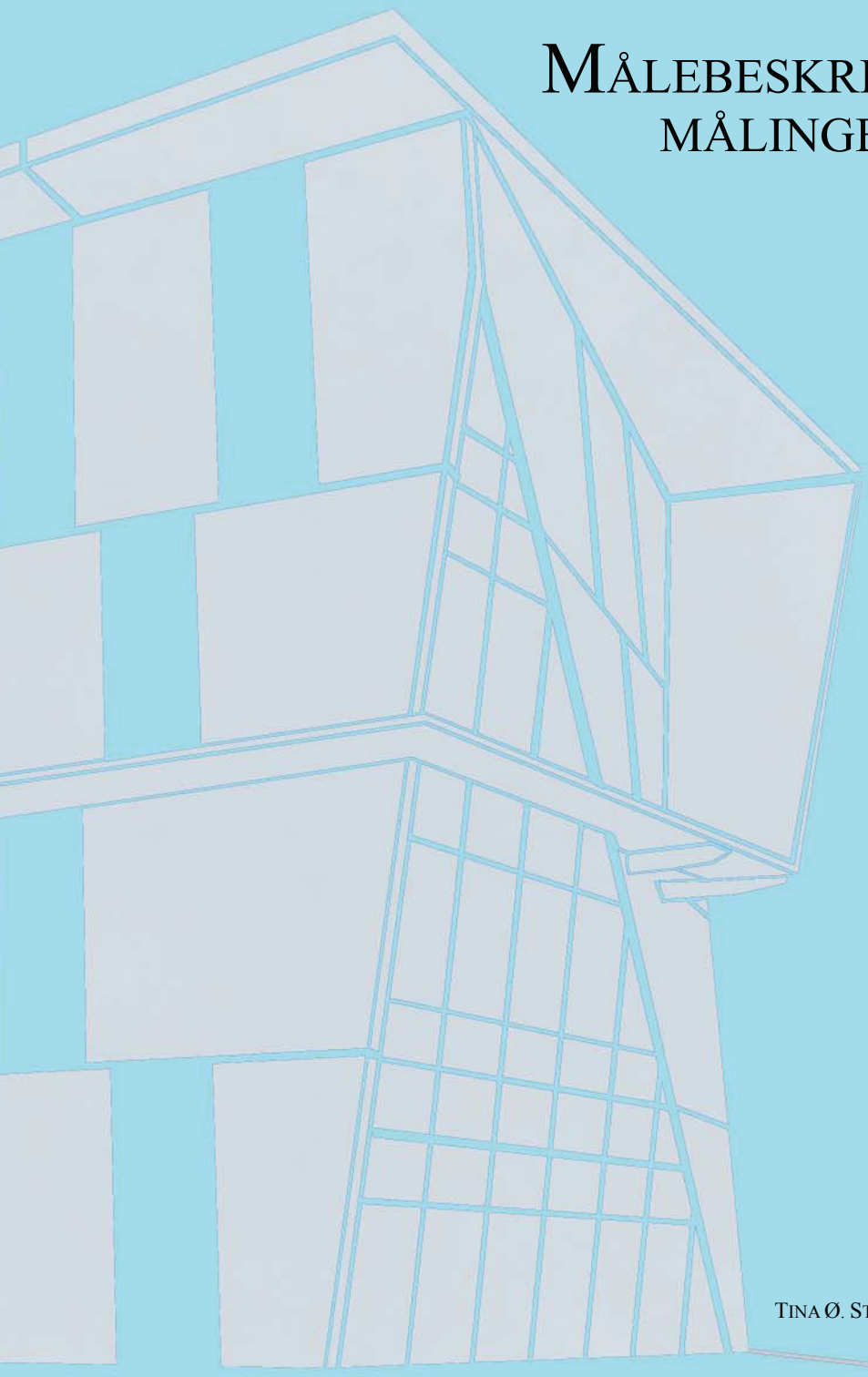
MÅLEBESKRIVELSE FOR MÅLINGER PÅ COWI



TINA Ø. STRØMKJÆR & CAMILLA H. HANSEN

INDHOLDSFORTEGNELSE

B1 Formål **1**
B1.1 Indeklima . . . 1
B1.2 Køleydelse . . . 1
B1.3 Intern belastning . . . 1

B2 Udstyr **3**
B2.1 Indeklima . . . 3
B2.2 Måling til bestemmelse af køleydelsen . . . 6
B2.3 Intern belastninger . . . 7

B3 Kalibrering **11**
B3.1 Termoelementer . . . 11
B3.2 Vandstrømsmåler . . . 13
B3.3 Temperaturføler . . . 14
B3.4 Eltek trykdifference måler . . . 16
B3.5 Pyranometre . . . 17

B4 Opsætning **21**
B4.1 Udstyr placeret på gulvplan . . . 21
B4.2 Udstyr placeret på loftplan . . . 24
B4.3 Udstyr placeret udenfor . . . 28

B5 Digital Bilag **31**
B5.1 Kalibrering af termoelementer.xlsx . . . 31
B5.2 Kalibrering af vandstrømsmåler.xlsx . . . 31
B5.3 Kalibrering af temperaturføler.xlsx . . . 31
B5.4 Kalibrering af tryktranducer.xlsx . . . 31
B5.5 Kalibrering af pyranometer.xlsx . . . 31

Litteratur **33**

B1. FORMÅL

I dette kapitel vil formålet af målingerne fremgå, og hvad der er valgt målt i bygningen.

Det overordnede formål med de forskellige målinger foretaget i kontorområdet i Visionshuset er at bestemme indeklimaet, køleydelsen samt de interne belastninger.

B1.1 INDEKLIMA

For indeklima målingerne er der taget udgangspunkt i standarderne DS/EN ISO 7730 og DS/CEN/CR 1752. Indeklimaet måles for at undersøge om det termiske indeklima er acceptabelt både med den nuværende styring men samtidig også når der foretages ændringer af styringen af de termoaktive dæk. Dette vil gøre det muligt at undersøge om den valgte styring af de termoaktive dæk, i dette tilfælde ved ændring af fremløbstemperaturen, er acceptabel i forhold til indeklimaet. Det termiske indeklima evalueres ved at måle overfladetemperaturer, lufttemperaturer, CO_2-koncentrationen og operative temperaturer.

B1.2 KØLEYDELSE

Køleydelsen bestemmes ved målinger for at kunne undersøge om energien anvendt til køling via de termoaktive dæk samt den mekaniske køling er acceptabel i forhold til den valgte styring. Køleydelsen undersøges ved at måle frem- og returløbstemperaturen samt vandmængden til de termoaktive konstruktioner samt indblæsningstemperatur, udsugningstemperatur og volumenstrømmen til den mekaniske køling.

B1.3 INTERN BELASTNING

De interne belastninger består af målinger af elforbruget til udstyr og belysning samt personer og solindstråling, som skal måles for at kunne modellere en model af selve kontoret med de korrekte interne belastninger. Yderligere skal disse målinger anvendes til at bestemme kompressor dimensionen hvor de nøjagtige interne belastninger over tid skal kendes. Elforbruget til udstyr og belysning måles med en elmåler, personbelastningen bestemmes ved at optage video af kontoret og solinstråling måles ved et pyranometer.

B2. UDSTYR

I dette kapitel beskrives udstyret anvendt til målingerne ved COWI, og hvorledes det er sammensat.

B2.1 INDEKLIMA

Udstyret til måling af overfladetemperaturer, lufttemperaturer samt operativ temperatur består af følgende:

- Tynde termoelementer
- Termopasta
- Tykke forsølvede termoelementer
- Sølvrør
- Gråmalet bordtennisbolde til operativ temperatur
- Kompensationsboks
- Ispunktsreference
- Helios datalogger + computer

Til indeklima målingerne anvendes der termoelementer af typen k, hvor to forskellige indenfor denne type anvendes, hvilket er tynde og tykke termoelementer. De tykke termoelementer er forsølvede og på de af termoelementerne der skal anvendes til måling af lufttemperatur skal et sølvrør anvendes for at få den mest nøjagtige lufttemperatur, sølvrøret er illustreret på figur B2.1(a). Ved måling af overfladetemperatur via tynde termoelementer skal termopasta anvendes for at måle den korrekte overfaldetemperatur, som illustreret på figur B2.1(b). Ved måling af den operative temperatur anvendes et tykt termoelement påført med en lysegrå bordtennisbold som kan ses på figur B2.1(c).



(a) (b) (c)

Figur B2.1: *Udstyr anvendt til indeklima målinger (a) sølvrør til beskyttelse af måling af lufttemperatur, (b) termopasta til påsættelse af tynde termoelementer og (c) grå malet bordtennis bold påsat termoelement til anvendelse af måling af operativ temperatur.*

Alle termoelementerne er koblet til en kompentationsboks, hvor der anvendes tre som i alt udgør 80 pladser til termoelementer, kompentationsboksene er derefter koblet til Helios dataloggeren der er tilkoblet en ispunktsreference. Antallet af kompentationsbokse skyldes manglende kanaler i en enkelt boks. Til samtlige kompentationsbokse anvendes ligeledes en isoleringskasse. Helios dataloggeren er tilsluttet en computer til opsamling af data. På figur B2.2 er alt dette udstyr vist samt hvordan en afskærmning er opsat omkring udstyret for at afskærme for solindstråling, således det ikke påvirker målingerne.



(a) (b)

Figur B2.2: *(a) Udstyret med kompentationsbokse, Helios datalogger, ispunktreference samt tilhørende computer. (b) Udstyret med opsat afskærmning omkring.*

Måleusikkerheden, δ, for de anvendte termoelementer afhænger af forskellige faktorer. Den samlede usikkerhed på termoelementer beregnes ud fra usikkerheden fra Helios datalogger, ispunktreferencen, sammensætningen af termoelementerne samt forskellen på kanalerne i kompensationsboksen. De forskellige usikkerheder på de ovennævnte paramtre kan ses i tabel B2.1.

Udstyr	Usikkerhed [K]
Helios datalogger	±0,075
Ispunktsreference	±0,02
Tykke termoelementer	±0,028
Tynde termoelementer	±0,023
Kanaler i kompensationsboks	±0,005

Tabel B2.1: *Usikkerheder for udstyr og termoelementer.*

Usikkerheden for de tykke reference termoelementer der går fra ispunktsreferencen til kompensationsboksen, se tabel B3.1, kan ses på formel (B2.1).

$$\delta_{\text{Tykke, ref}} = \sqrt{0,075^2 + 0,02^2 + 0,028^2} = 0,083 \text{ K} \tag{B2.1}$$

Usikkerheden for de tykke og tynde termoelementer der er isat kompensationsboksen kan ses i henholdsvis formel (B2.2) og (B2.3). Se tabel B3.1 for nummerering og angivelse af tynde og tykke termoelementer.

$$\delta_{\text{Tykke}} = \sqrt{0,075^2 + 0,02^2 + 0,028^2 + 0,005^2 + 0,028^2} = 0,087 \text{ K} \tag{B2.2}$$

$$\delta_{\text{Tynde}} = \sqrt{0,075^2 + 0,02^2 + 0,028^2 + 0,005^2 + 0,023^2} = 0,086 \text{ K} \tag{B2.3}$$

Udstyret anvendt til målingerne af CO_2-koncentration samt udetemperaturern består af følgende:

- Eltek måleudstyr
- Grant datalogger

Til indeklima målingerne anvendes eltek måleudstyr der måler CO_2-koncentration, relativ luftfugtighed samt temperatur. Måleintervallet og måleusikkerheden for de tre parametre er angivet i tabel B2.2.

Føler	Måleinterval	Måleusikkerhed
CO_2 [ppm]	0 - 5000 ppm	50 ppm + 3% af målt værdi
Relativ luftfugtighed [%]	0 - 100%	10- 90% RF ±2%, 0 - 100% RF ±4%
Temperatur [°C]	-20°C - 65°C	-5°C - 40°C ±0,4°C, -20°C - 65°C ±1,0°C

Tabel B2.2: *Usikkerheder eltek udstyr til måling af CO_2-koncentrationen, relativ luftfugtighed og temperatur. [Larsen et al. 2012]*

For at opsamle dataene fra målerne, anvendes en grant datalogger som efterfølgende tilkobles en computer så dataene kan anvendes. På figur B2.3 er både en måler samt grant dataloggeren vist.



(a) (b)

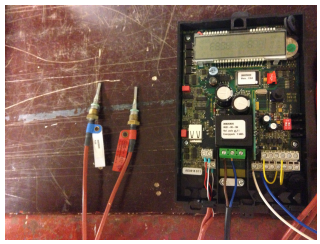
Figur B2.3: *(a) Eltek føler med tilhørende (b) datalogger.*

B2.2 MÅLING TIL BESTEMMELSE AF KØLEYDELSEN

Udstyret anvendt til målingerne anvendt til bestemmelse af køleydelsen er som følgende:

- Brunata energimåler med Mbus
- BTR datalogger + computer
- Eltek trykdifference måler
- Tykke termoelementer
- Grant datalogger + computer

Til måling parametrene til beregning af køleydelsen for de termoaktive dæk skal der som nævnt i B1 - *Formål* måles frem- og returløbstemperaturen samt vandmængden hvilket en måles med en Brunata energimåler, se figur B2.4(a) og figur B2.4(b). Temperatursensorne måler i et område fra -10 til +120°C, mens flowmåleren kan måle ned til 0,4% af det maksimale flow, der for de anvendte flowmålere er 1,2 $^{m^3}/_h$ [Brunata A/S 2006]. Måleusikkerheden på en Brunata energimåler er $\pm 8\%$, gældende for $q_s < 3^{m^3}/_h$ [Metrologi 2010]. For at opsamle dataene skal energimåleren tilkobles Mbus så en BTR datalogger, vist på figur B2.4(c), opsamle dataene til anvendelse og hentes fra en tilkoblet computer.



(a)



(b)



(c)

Figur B2.4: *(a) Energimåler hvor temperaturføler samt (b) vandstrømsføler skal tilkobles til (c) BTR dataloggeren.*

Til måling af parametrene til bestemmelse af køleydelsen for den mekaniske ventilation skal der som nævnt i B1 - *Formål* måles indblæsningstemperatur samt udsugningstemperatur hvilket gøres ved anvendelse af de tykke termoelementer som blev beskrevet i afsnit B2.1 - *Indeklima*. Ligeledes skal volumenstrømmen måles, hvilket gøres ved en eltek trykdifference måler, illustreret på figur B2.5. For at opsamle dataene kobles målerne op til grant dataloggeren, som er vist på figur B2.3. For at få dataene ud anvendes en computer, der ligeledes anvendes til Eltek følerne til måling af CO_2, relativ luftfugtighed og temperatur.



Figur B2.5: *Eltek trykdifference føler.*

B2.3 INTERN BELASTNINGER

Til måling af de interne belastninger hvilket består af elforbruget til udstyr og belysning samt personer og solindstråling som nævnt i B1 - *Formål* skal følgende udstyr anvendes:

- Elmålere
- BTR datalogger + computer
- Webcam + computer
- Pyranometer

Til måling af elforbruget samt belysning anvendes elmålere. Elmålerne anvendt til el er lavet med måling af elforbruget til EDB stik og almindelig stik i en boks som illustreret på figur B2.6(a). For belysning er der lavet en boks som er tilsluttet de to forskellige armaturer der forefindes i kontoret kan ses på figur B2.6(b). For at opsamle data anvendes BTR datalogger samt computeren som ligeledes er anvendt til at måle vandstrømme og temperaturer til bestemmelse af køleydelsen til de termoaktive dæk som beskrevet i afsnit B2.2 - *Måling til bestemmelse af køleydelsen*.



(a) (b)

Figur B2.6: *(a) Elmåler til elektrictet (b) elmåler til måling af belysning.*

Til observation af personbelastningen anvendes et webcam, se figur B2.7, til optagelse af video af hele kontoret, hvilket er tilsluttet en computer.



Figur B2.7: *Webcam til obsevering af personbelastning.*

Til måling af solstråling er pyranometre anvendt, da den totale solstrålingen på lodret og vandret samt den diffuse stråling ønskes målt. Til måling af lodret og vandret solstråling er der anvendt et pyranometer KIPP & ZONEN CM 11, se figur B2.8(a), samt et pyranometer KIPP & ZONEN CM 21, se figur B2.8(b) og til måling af diffus solstråling anvendes et pyranometer Sunshine BF3, se figur B2.8(c). Alle pyranometrene er tilsluttet en Helios dataloggeren.



(a)



(b)



(c)

Figur B2.8: *Pyranometerne til måling af solstråling (a) Kipp & Zonen CM11, (b) Kipp & Zonen CM21 og (c) Sunshine BF3.*

Måleusikkerheden for de to anvendte pyranometre kan ses i tabel B2.3.

	CM11	**CM21**
Måleusikkerhed	4,5 - 6 $^{\mu V}/_{W\,m^{-2}}$	7 - 17 $^{\mu V}/_{W\,m^{-2}}$

Tabel B2.3: *Usikkerheder for pyranometre. [Kipp & Zonen 2004] [Kipp & Zonen]*

B3. KALIBRERING

I dette kapitel vil samtlige nødvendige kalibreringer for udstyret anvendt til målinger fremgå. Disse er fremført så et præcist som muligt resultat fra målingerne kan opnåes.

B3.1 TERMOELEMENTER

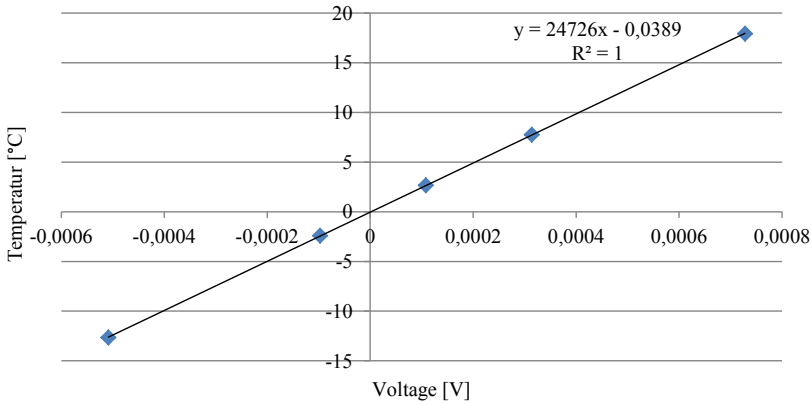
Kalibrering af termoelementer brugt i projektet indeholder både kalibrering af tykke og tynde termoelementer da fremgangsmåden er den samme. Til kalibreringen anvendes en brønd, et referencetermometer, Helios datalogger, en ispunktreference samt en computer. Kalibreringen foregår ved at sætte termoelementerne ned i brønden sammen med referencetermometeret, hvorefter volten fra termoelementerne og temperaturen fra referencetermometeret måles. Opstillingen for kalibreringen af termoelementerne med alt udstyr er illustreret på figur B3.1.



Figur B3.1: *Opstilling af kalibrering til termoelementer.*

Kalibreringen er fortaget med fem forskellige temperaturer, 10, 20, 25, 30 og 40 °C, for at få så præcist et kalibreringsudtryk som muligt. Kalibreringsudtrykket for hvert termoelement bestemmes ud fra den målte volt fra termoelementerne og den tilhørende reference temperatur. De målte volt sat op overfor de målte reference temperaturer for hver enkelt termoelement giver et kalibreringsudtryk som illustreret på figur B3.2.

Udtrykket vist på figur B3.2 for termoelement nummer 24 er foretaget for hvert termoelement. Samtlige kalibreringsudtryk for termoelementerne er angivet i tabel B3.1 med a og b værdi hvor databehandling samt alle udtrykkene med tilhørende graf forefindes i CD bilag B5.1.



Figur B3.2: *Kalibreringsudtryk for termoelemet nr. 24.*

Nr.	Type	a	b	Nr.	Type	a	b
00	Ref	24942	-0,1735	37	Tyk	24807	-0,0541
01	Ref	24683	0,0866	38	Tyk	24617	-0,0473
02	Ref	24574	0,1463	39	Tyk	24688	-0,0648
03	Ref	24621	0,1414	40	Tyk	24608	-0,0270
04	Ref	24921	-0,2037	41	Tyk	24722	-0,0279
05	Ref	24604	0,1468	42	Tyk	24732	-0,0212
24	Tyk	24726	-0,0389	43	Tyk	24751	-0,0277
25	Tyk	24910	-0,0711	44	Tyk	24649	-0,0271
26	Tyk	24634	-0,0589	45	Tyk	24626	-0,0462
27	Tyk	24656	-0,0582	47	Tyk	24601	-0,0417
28	Tyk	24713	-0,0645	77	Tynd	24942	-0,0385
29	Tyk	24712	-0,0720	78	Tynd	24621	-0,0427
30	Tyk	24924	-0,0761	79	Tynd	24620	-0,0438
31	Tyk	24808	-0,0687	80	Tynd	24916	-0,0471
32	Tyk	24821	-0,0703	81	Tynd	24603	-0,0337
33	Tyk	24761	-0,0705	87	Tynd	24926	-0,0379
34	Tyk	24805	-0,0828	88	Tynd	24852	-0,0876
35	Tyk	24715	-0,0664	89	Tynd	24596	-0,0966
36	Tyk	24627	-0,0544				

Tabel B3.1: *Kalibreringsudtryk for samtlige termoelementer.*

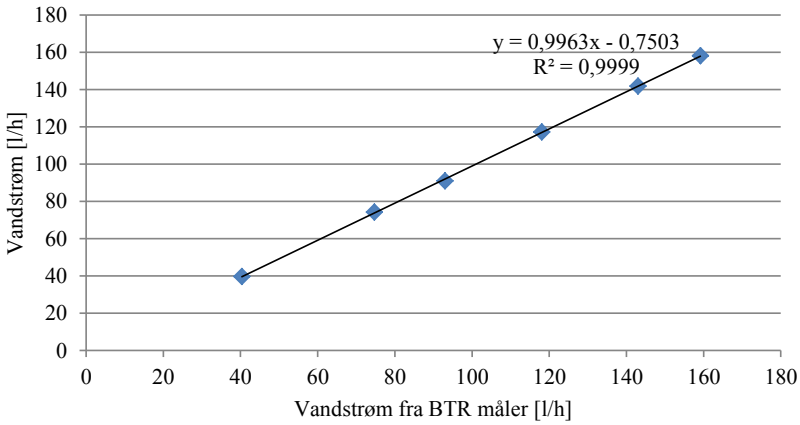
B3.2 VANDSTRØMSMÅLER

Kalibreringen af vandstrømsmålerne er udført ved brug af vandvægt, fire lodder, strain indikator og en vandpumpe. Samtlige vandstrømsmålere er tilkoblet hinanden, hvor den ene ende er tilkoblet vandpumpen der sænkes ned i et vandreservoir, og den anden ende er tilkoblet en slange der lægges i vandvægten. Lodderne lægges på vandvægten og en værdi aflæses på strain indikatoren. Lodderne løftes og et flow vælges, hvorefter der tages tid til strain indikatoren igen viser samme værdi. Opstillingen for kalibreringen af vandstrømsmålerne er illustreret på figur B3.3.



Figur B3.3: *Opstilling til kalibrering af vandstrømsmålere.*

Ud fra tiden og vægten af lodderne udregnes vandmængden og et kalibreringsudtryk opstilles for den målte vandmængde fra BTR målerne og den beregnede vandmængde. Kalibreringsudtrykket for BTR måler nummer 10 kan ses på figur B3.4.



Figur B3.4: *Kalibreringsudtryk for BTR måler nummer 10.*

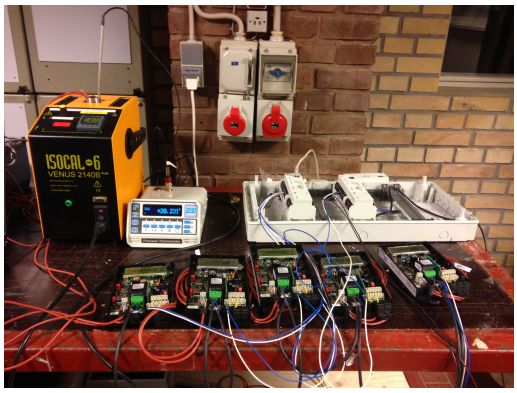
Kalibreringsudtrykket for de fire anvendte vandstrømsmålere kan ses i tabel B3.2, mens udregninger samt udtrykkene med tilhørende grafer findes i CD bilag B5.2.

Nr.	a	b
10	0.9963	-0.7503
12	1.0172	-0.8735
20	1.0089	-0.8515
41	1.0094	-1.2382

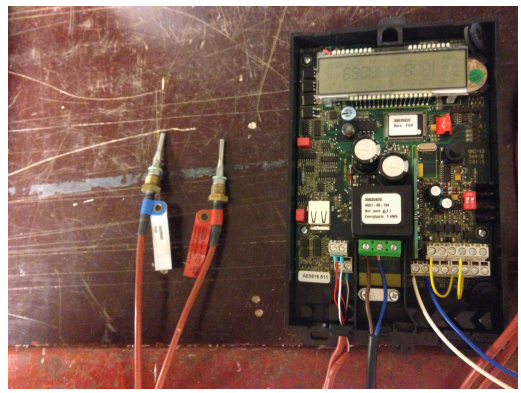
Tabel B3.2: *Kalibreringsudtryk for samtlige vandstrømsmålere.*

B3.3 TEMPERATURFØLER

Til kalibrering af temperaturfølerne tilknyttet vandstrømsmålerne benyttes en brønd og et referencetermometer. For mere præcis kalibrering tilføres vand til brønden. Opstillingen til kalibrering af temperaturfølerne er illustreret på figur B3.5, mens selve temperaturfølerne kan ses på figur B3.6.

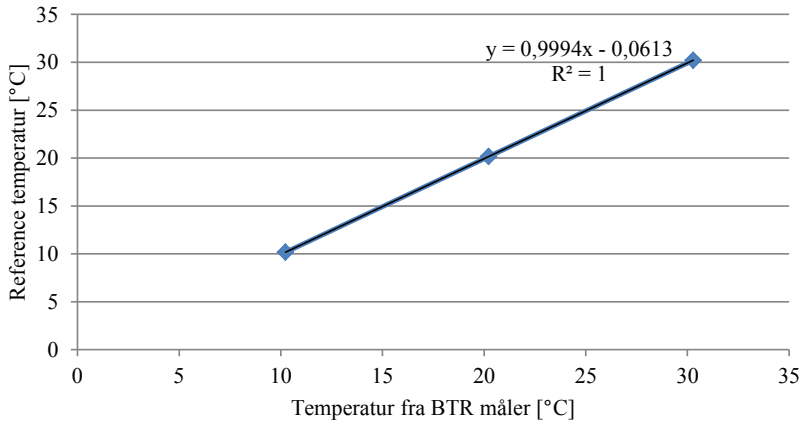


Figur B3.5: *Opstilling til kalibrering af temperaturfølere.*



Figur B3.6: *Temperaturfølere med tilhørende BTR måler.*

Der måles for tre temperaturer, 10, 20 og 30°C, hvorefter et kalibreringsudtryk opstilles for alle temperaturfølerne. Kalibreringsudtrykket for fremløbstemperaturen fra BTR måler nummer 10 kan ses på figur B3.7.



Figur B3.7: *Kalibreringsudtryk for fremløbstemperaturen fra BTR måler nummer 10.*

Kalibreringsudtrykkene for samtlige temperaturfølere kan ses i tabel B3.3 og alt databehandlingen samt grafer for alle måler forefinde i CD bilag B5.3.

Nr.	Frem		Retur	
	a	b	a	b
10	0,9994	-0,0613	0,9987	-0,0477
12	0,9994	-0,0613	1,0003	-0,0901
20	0,9994	-0,0613	1,0006	-0,0936
41	0,9994	-0,0613	1,0005	-0,0786

Tabel B3.3: *Kalibreringsudtryk for samtlige temperaturfølere.*

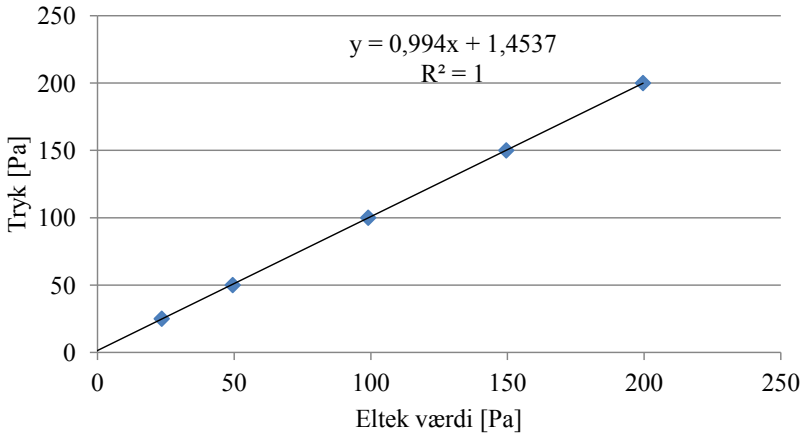
B3.4 ELTEK TRYKDIFFERENCE MÅLER

Til kalibreringen af eltek trykdifference måler benyttes et micromanometer, håndreven luftpumpe og et voltmeter. Opstillingen udføres som et åbent system og er illustreret på figur B3.8.



Figur B3.8: *Opstilling til kalibrering af tryktransducere.*

Ved brug af den håndrevne luftpumpe tilføres der luft til systemet, hvorefter en klemme sættes på slangen for at opretholde trykket. Efter aflæsning af tryk og den anvendte volt til tryktransduceren samt logning via en grant datalogger, pumpes der yderligere luft i systemet og et højere tryk opnås, hvorefter der igen aflæses og logges. For bedst mulig kalibrering måles 6 forskellige tryk fra 0 - 200 Pa. Kalibreringsudtrykket for en af de to anvendte trykdifference måler kan ses på figur B3.9, og kalibreringsudtrykket for dem begge er vist i tabel B3.4 mens databehandling samt udtrykkene med tilhørende grafer findes i CD bilag B5.4.



Figur B3.9: *Kalibreringsudtryk for eltek trykdifference måler nummer 20.*

Nr.	a	b
20	1,0061	-1,461
22	1,0107	-0,387

Tabel B3.4: *Kalibreringsudtryk for samtlige eltek trykdifference målerer.*

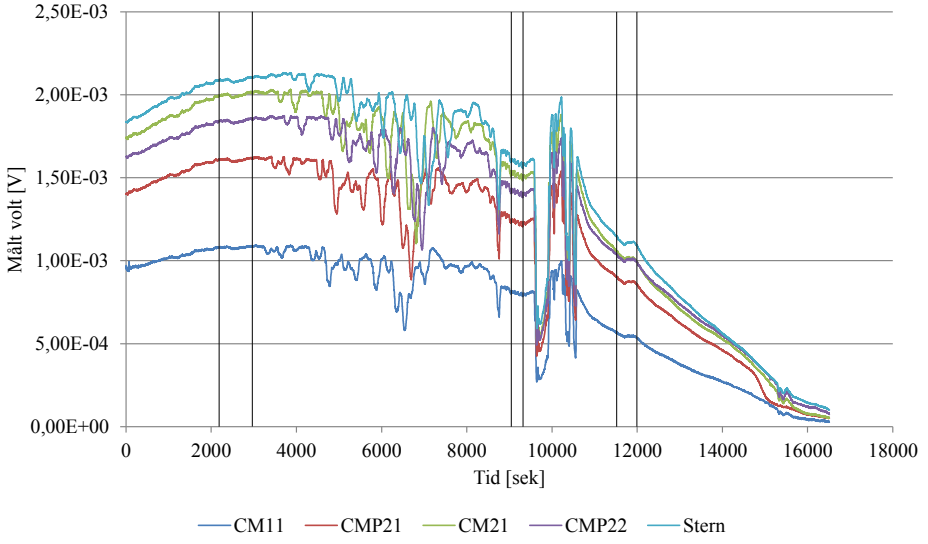
B3.5 PYRANOMETRE

Til kalibrering af pyranometrene anvendes et reference pyranometre til at korrigerer efter, pyranometrene måler en spændingsforskel i volt og denne spænding kan omsættes til et solindfald i $^{W}/_{m^2}$ ved hjælp af kalibringsudtrykket for det respektive pyranometer. Kalibreringen blev udført for fire pyranometre hvor to af dem anvendes til målinger i forbindelse med målinger på COWI, BF3 pyranometeret er ikke kalibreret da der allerede forfandtes et kalibreringsudtryk. På figur B3.10 ses opstillingen for kalibrieringen af de fire pyranometre, pyranometeret KIPP & ZONEN CMP22 er det mest nøjagtig og er derfor anvendt som reference hvilket er det fjerde pyranometer som angivet på figur B3.10.

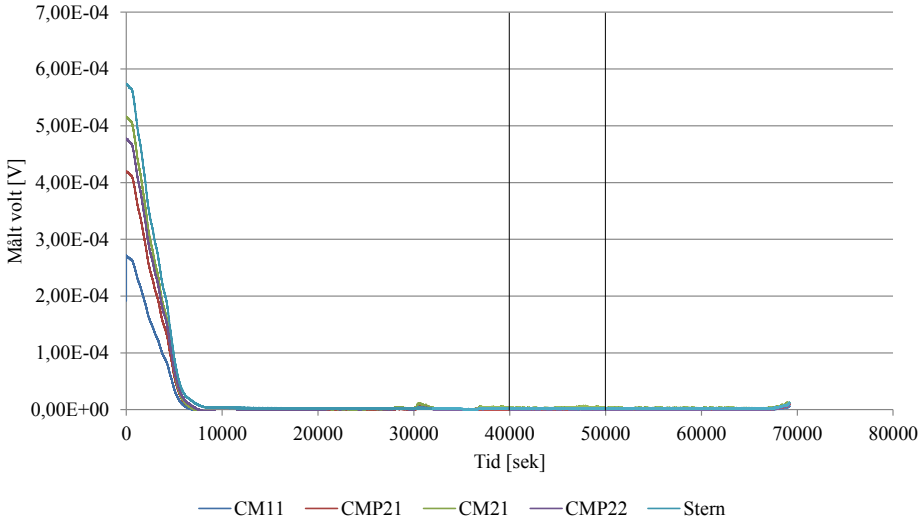


Figur B3.10: *Opstilling af pyranometrene til kalibrering.*

Pyranometerene er som illustreret på figur B3.10 placeret i en sortmalet kasse således pyranometrene ikke skygger for hinanden men alligevel er placeret så tæt at de måler samme solindfald. Kassen med pyranometrene er under kalibrering placeret på taget af universitetsbygningen på Sohngårdsholmsvej. Kalibreringen er udført d. 6.12.2012 hvilket var en næsten skyfri dag, hvor der til tider var skyfri himmel endvidere blev der udført en måling om natten d. 28.12.2012 for at opnå en periode uden nogen form for solstråling. Det skal bemærkes at jorden i måleperioden var snedækket som også er vist på figur B3.10. Den valgte periode, december, er ikke den optimale måned at foretage kalibreringen i, da kalibreringen gerne skulle udføres en sommerdag med skyfri himmel og hvor sol står højere end den gør i december. Resultatet for kalibreringen er vist på figur B3.11 og B3.12 for henholdsvis målingen foretaget om dagen og målingen foretaget om natten.



Figur B3.11: *Resultat for loggede data om dagen d. 6.12.2012 med markeret anvendt måleområde.*



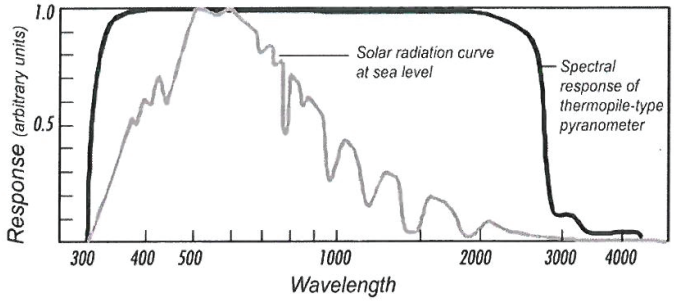
Figur B3.12: *Resultat for loggede data om natten d. 28.12.2012 med markeret anvendt måleområde.*

I tabel B3.5 er spektral området for de to anvendte pyranometer samt reference pyranometeret angivet hvilket angiver pyranometret måleområde.

	Spektral område [nm]
CM 11	305-2800
CM 21	305-2800
CMP 22	200-3600

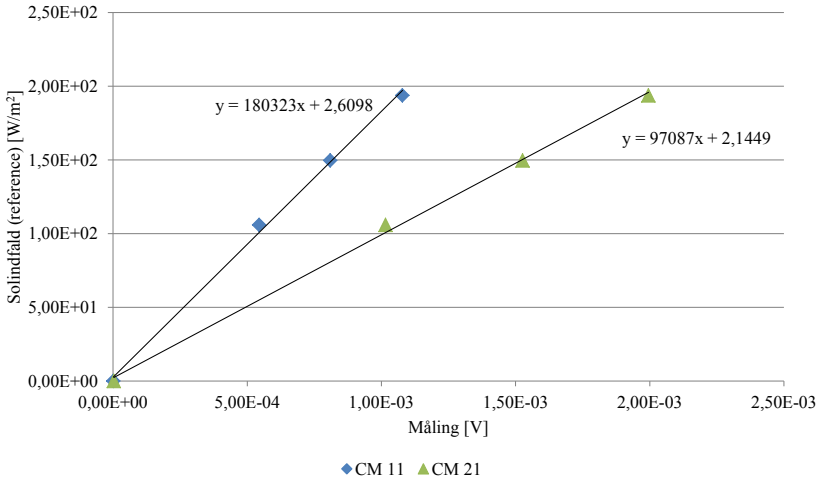
Tabel B3.5: *Spektral respons for pyranometerne for solstrånling ved hav niveau. [Kipp & Zonen 2004] [Kipp & Zonen] [Kipp & Zonen 2013]*

I tabellen ses det at spektral området for referencen er større end for de to anvendte pyranometre, men dette tages der ikke højde for på baggrund af figur B3.13 hvoraf det ses at spektral området for pyranometrene CM 11 og CM 21 måler i spektral området for solen ved hav niveau.



Figur B3.13: *Spektral respons for stråling ved hav nivea. [Kipp & Zonen 2004]*

Kalibreringsudtrykket fundet ud fra de udtaget data fra målingerne samt kendskabet til kalibreringsudtrykket for reference pyranometret kan ses på figur B3.14 for CM 11 og CM 21. Databehandlingen samt beregningen af kaliberingsudtrykket forefindes i CD bilag B5.5.



Figur B3.14: *Bestemte kalibreringsudtryk for pyranometeret CM 11 og CM 21.*

B4. OPSÆTNING

I dette kapitel vil det fremgå hvordan alt udstyret er opsat på det udvalgte kontorområde i Visionshuset.

Måleudstyret er primært placeret på gulvet eller imellem det nedhængte loft og betondækket, af den grund er placeringen af det forskellige måleudstyr beskrevet i forhold til hvad der er placeret på gulv- og loftplan.

B4.1 UDSTYR PLACERET PÅ GULVPLAN

Udstyret der er placeret på gulvplan er temperatursøjlerne hvilket består af én stang med 8 tykke termoelementer placeret i udvalgte højder, højderne 0,1, 0,6, 1,1 samt 1,7 m er bestemt ud fra DS/EN 1752, placeringen af de to søjler er markeret på figur B4.2 med henholdsvis A og B. For at opnå den korrekte lufttemperatur er et sølvrør påsat på alle termoelementerne. Et billede af en af temperatursøjlerne er vist på figur B4.1 hvor det ses at sølvrørene er påsat.



Figur B4.1: *Temperatursøjle med påsat sølvrør på termoelementerne samt termoelement med påsat tennisbold til måling af operativ temperatur.*

Termoelementerne er tilkoblet en kompentationsboks placeret i te køkkenet angivet på figur B4.2 som er uden for måleområdet. Kompentationsboksen er ligeledes tilsluttet Helios dataloggeren, hvorefter den er tilsluttet en ispunktsreference samt en computer som beskrevet i afsnit B2.1 - *Indeklima*.

Helios dataloggeren sørge for at logge dataene som kan styres og ses på computeren, ispunktsreferencen gør at en real temperatur opnås og ikke en temperaturforskel mellem kompentationsboksen og termoelementet. For at sørge for at temperaturen i kompentationsboksen holdes konstant og ikke påvirkes af omgivelserne er de isoleret via en flamingo kasser. Alt udstyret er placeret i te køkkenet som er markeret på figur B4.2 så det ikke er til gene for brugerne af kontorområdet samt for ikke at forstyrre målingerne, hvordan opstillingen er i te køkkenet er vist på figur B2.2. Termoelementerne er ført fra det angivet sted i te køkkenet, hvor alt måleudstyret til styringen er placeret, og langs gulvet hen til markering A og B for temperatursøjlen på figur B4.2. De steder på gulvet hvor brugerne af kontoret passerer termoelementerne er der anvendt lister som termoelementerne er placeret i til dels for ikke at beskadige dem samt for at brugerne ikke falder i dem. Samtlige termoelementer er nummeret for at kunne holde styr på hvilket termoelement der måler hvor, de anvendte nummerere på termoelementerne til temperaturgradienterne kan ses i tabel B4.1.

På hver temperatursøjle er der ligeledes placeret et ekstra termoelement med en gråmalet bordtennisboldt påsat til måling af operativ temperatur [Simone et al. 2007]. Termoelementet er placeret i 1,1 meters højde på de to angivet temperatursøjler på figur B4.2 og hvilke nummer disse har, er angivet i tabel B4.1.



Figur B4.2: *Markering af samtlige udstyr der er placeret på gulvet.*

Højdeplacering [m]	0,10	0,60	1,10	1,10 Op	1,70	2,00	2,30	2,60	2,88
A	33	34	35	36	37	38	39	40	41
B	32	31	30	29	28	27	26	25	24

Tabel B4.1: *Nummer for termoelementerne samt for de to operative temperaturer på temperatursøjlerne.*

Eltek følerne anvendt til måling af CO_2-koncentration er placeret på reoler i kontoret og over det nedhængte loft. Placeringen af følerne for gulvplan er markeret på figur B4.2 som sagt på reoler i kontoret, se figur B4.3. Samtlige eltek følere er sat op til at logge på en grant datalogger som logger alle målingerne placeret i te køkkenet ved alt måleudstyr til styring, se figur B4.2, hvor computeren til dataudtagning ligeledes er placeret. Hvilke eltekfølere der tilhører placeringen vist på figur B4.2 er angivet i tabel B4.2.



Figur B4.3: *Eltek følere placeret på reoler.*

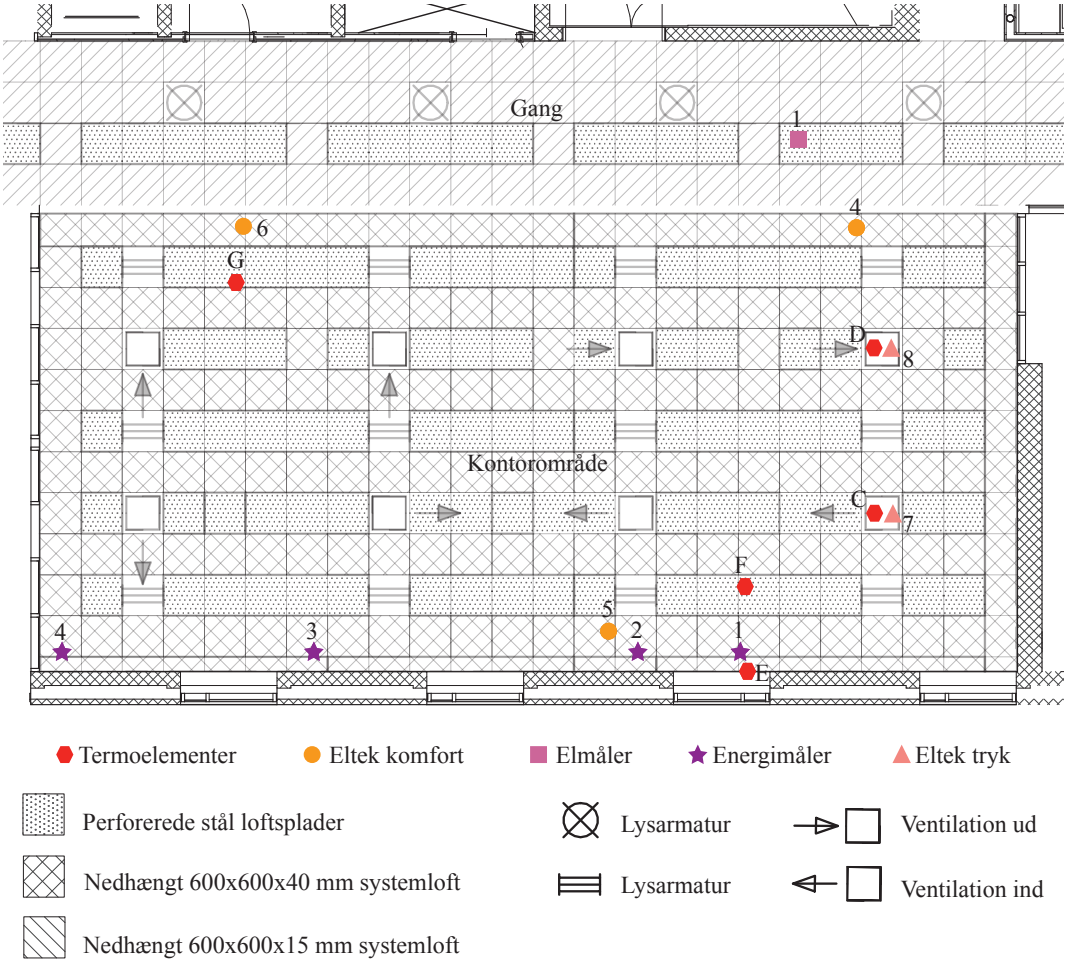
Placering	1	2	3	4	5	6	7	8
Eltek føler	13439	9305	9297	13345	13434	9275	12420	12422

Tabel B4.2: *Nummering af eltek føler til komfort på henholdsvis gulv samt loft samt til tryktab.*

Ligeså er elmålerne placeret på gulvplanen. Der er i alt 5 elmålere mellem bordene som vist på figur B4.2, hvor elmåler nummer 1, 2 og 4 er tilsluttet med alt elektricitet fra to borde, elmåler nummer 3 er kun tilsluttet for et bord og elmåler nummer 5 for tre borde. Elektricitet i bygningen er konstrueret på den måde, at der er EDB og almindelig stikkontakter, de almindelig stik slukkes om natten for at opnå strømbesparelse og EDB stikkene er tændt hele døgnet, således at computere der eventuel skal kører over natten ikke slukkes, derfor er der i hver enkelt elmåler lavet en måler til EDB og en til almindelig, se figur B2.6(a). Alle elmålere er serieforbundet, og tilsluttet BTR dataloggeren som er placeret i te køkkenet ved alt måleudstyret som vist på figur B4.2.

B4.2 UDSTYR PLACERET PÅ LOFTPLAN

Alt udstyret der er placeret over det nedhængt loft er vist på figur B4.4, dog er der få ting der er placeret under det nedhængt loft.



Figur B4.4: *Markering af samtlige udstyr der er placeret over det nedhængte loft.*

Termoelementerne der er angivet på figur B4.4 har forskellige formål, markeringerne A og B angiver placeringen af tynde termoelementer til måling af overfladetemperatur. Der er for A og B placeret 3 tynde termoelementer på underkanten af det termoaktive dæk, på oversiden og undersiden af det nedhængte loft, hvilke termoelementer der tilhører A og B er angivet i tabel B4.3. Termoelementerne er påsat med termopaste hvorefter et stykke tape er påsat, se figur B2.1(b).

Placering	A	B
Underkant af dæk	87	77
Overside af nedhængt loft	88	78
Underside af nedhængt loft	89	79

Tabel B4.3: *Nummeringen af tynde termoelementer til måling af overfladetemperatur påsat dæk samt over- og underside af det nedhængte loft.*

Markering E for termoelementer på figur B4.4 angiver tynde termoelementer placeret på henholdsvis væggen og ruden til måling af overfladetemperaturen mod det fri. Hvilket termoelement der tilhører væggen og ruden er angivet i tabel B4.4.

Rude	Væg
80	81

Tabel B4.4: *Nummering af tynde termoelementer til måling af overfladetemperatur påsat på ruden og væggen orienteret ud mod det fri.*

De sidste markeringer af termoelementer på figur B4.4 er C og D, der markerer tykke termoelementer påsat til måling af indblæsning- og udsugningstemperatur. Der er for hvert indblæsning- og udsugningsarmatur placeret to tykke termoelementer, se figur B4.5. Hvilke termoelementer der tilhører de to placeringer er angivet i tabel B4.5.



Figur B4.5: *Armatur med påsatte termoelementer, ligeledes kan ledningerne påsat trykdifference målerne ses.*

C - Indblæsning	D - Udsugning
42	44
43	45

Tabel B4.5: *Nummeringen af tykke termoelementer til måling af indblæsning- og udsugnings temperatur påsat på armaturet.*

Samtlige termoelementer angivet på figur B4.4 er ført fra det tilhørende måleudstyr placeret i te køkkenet som angivet på figur B4.2, og op over det nedhængte loft, hvor de er ført op i hjørnet af te køkkenet og mødelokalet, og derved ført hen over det nedhængte loft til de udvalgte placeringer.

På figur B4.4 er der angivet tre eltek følere som er placeret over det nedhængte loft til måling af CO_2-koncentration. Et billede af en eltek føler over det nedhængte loft kan ses på figur B4.6. Hvilke eltek følere der tilhører markeringerne på figur B4.4 er angivet i tabel B4.2.



Figur B4.6: *Eltek måler placeret over det nedhængte loft.*

Da alt elforbruget skal måles for at kunne bestemme den interne belastning skal elektricitet anvendt til belysning ligeså måles, det er valgt at måle på kun et armatur af hver type der findes i kontorområdet og derved gange det med antallet af de armaturer der er opsat. Placeringen af elmålerne til måling af elforbruget til de to armaturer kan ses på figur B2.6(b), hvor det er illustreret er der to målere, en til hver armatur. Elmålernen er placeret som vist på figur B4.4. Elmålerne er ligesom elmålerne anvendt til alt andet elektricitet som nævnt i afsnit B4.1 - *Udstyr placeret på gulvplan* koblet til BTR dataloggeren placeret i te køkkenet.

Energimålerne som er angivet på figur B4.4 består af en vandstrømsmåler samt en frem- og returløbstemperatur føler, se figur B4.7. Energimålerne er påsat hver kreds hvor der i alt er fire kredse og derved fire energimålere. For at registrere målingerne er BTR dataloggeren anvendt, alle energimålerne er seriekoblet ligesom elmålerne omtalt i afsnit B4.1 - *Udstyr placeret på gulvplan* hvorefter de er koblet til BTR dataloggeren. Seriekoblingen er lavet sådan at den går fra 4 til 1, således at energimåler nummer 1 er den der er tilsluttet BTR dataloggeren via førelse af ledning over det nedhængte loft. Hvilken energimåler der tilhører markeringerne på figur B4.4 er angivet i tabel B4.6.



Figur B4.7: *Opsat vandstrømsmåler med den ene af de to temperaturføler påsatefter vandstrømsmåleren.*

Placering	**1**	**2**	**3**	**4**
Energimåler	10	12	20	41

Tabel B4.6: *Nummeringen af energimåler påsat på hvert enkelt kredsløb placeret over det nedhængte loft.*

Til bestemmelse af køleydelsen anvendt til den mekaniske køling skal der ud over indblæsnings- og udsugningstemperatuen anvendes luftmængden derfor er der påsat en eltek trykdifference måler på hvert udvalgt armatur som er angivet på figur B4.4. Der er valgt kun at måle på et indblæsnings- og udsugningsarmatur da det antages at de gerne skulle afgive stort set samme luftmængde. Eltek trykdifference måleren består af en postiv og negativ indgang hvor slangerne fra armaturerne, en gennemsigtig og sort, er påsat med sort på positiv og gennemsigtig på negativ, se figur B4.8, ifølge Lindabs produktkatalog. Ud fra det målte tryktab over armaturerne kan en luftmængde bestemmes ud fra produktkataloget til armaturet, hvilket er et Lindab armatur RS14-H-S-200. Eltek føleren er placeret over det nedhængte loft, hvilken eltek føler der tilhører markeringerne på figur B4.4 er angivet i tabel B4.2. For at kunne logge målingerne er de tilsluttet en grant datalogger som er placeret i te køkkenet med alt det tilhørende måleudstyr som angivet på figur B4.2.



Figur B4.8: *Eltek trykdifference måler koblet til indblæasning armaturet placeret over det nedhængte loft.*

B4.3 UDSTYR PLACERET UDENFOR

Udstyret anvendt udenfor er pyranometrene til måling af solstråling, samt en eltekføler til måling af udetemperaturen. Placeringen af pyranometret til måling af den vandrette solstråling er opsat på taget af universitetsbygningen på Sognsgårdsholmsvej 57, der er ca. 1 km fra Visionshuset, se figur B4.9.



Figur B4.9: *Placering af pyranometer til måling af vandret solstråling.*

Placeringen af pyranometret til måling af den lodrette solstråling er påsat facaden på sydvest siden af Visionshuset, se figur B4.10.



(a) (b)

Figur B4.10: *(a) Placering af pyranometer på facaden set fra sydvest, Blok B er den der ligger bag ved Blok E. [COWI A/S et al. 2010] (b) Det opsatte pyranometer på vinduet på 1. sal i mødelokalet*

ELtekføleren til måling af udetemperaturen er placeret på altanen på 2. sal der vender mod sydøst, i en kasse der beskytter eltek føleren mod vejret, se figur B4.11.



(a) (b)

Figur B4.11: *Eltek føler placeret i en kasse for beskyttelse mod vejret. Føleren er placeret på altanen der vender mod sydøst.*

B5. Digital Bilag

Dette er oversigten over hvad der foreligger på bilagscden tilhørende til målebeskrivelsen for målingerne foretaget på COWI.

B5.1 Kalibrering af termoelementer.xlsx

B5.2 Kalibrering af vandstrømsmåler.xlsx

B5.3 Kalibrering af temperaturføler.xlsx

B5.4 Kalibrering af tryktranducer.xlsx

B5.5 Kalibrering af pyranometer.xlsx

LITTERATUR

Brunata A/S, **2006**. Brunata A/S. *Brunata - Technical Manual for HGQ and HGS-series*, 2006.

COWI A/S, KPF Arkitekter A/S, og Søren Enggaard A/S, **2010**. COWI A/S, KPF Arkitekter A/S, og Søren Enggaard A/S. *Tegningsmateriale*. 2010.

Kipp & Zonen. Kipp & Zonen. *Kipp & Zonen Pyranometer Solarimeter - CM 11*.

Kipp & Zonen, **2004**. Kipp & Zonen. *Instruction manual CM 21*, 2004.

Kipp & Zonen, **2013**. Kipp & Zonen. *CMP 22*, 2013. URL `http://www.kippzonen.com/?product/15112/CMP+22.aspx`. Downloaddato: 2013.05.23.

Larsen, Daniels, Jensen, Andersen, Sørensen, Jensen, og Nørgaard, **2012**. Tine S. Larsen, Ole Daniels, Rasmus L. Jensen, Mathias R. Andersen, Rasmus B. Sørensen, Lise M. Jensen, og Jesper Nørgaard. *Målinger og analyse af energiforbrug og indeklima i EnergiParcel-projektet*. 2012.

Metrologi, **2010**. Metrologi. *Varmeenergimåler*, 2010.

Simone, Babiak, Bullo, Landkilde, og Olesen, **2007**. Angela Simone, Jan Babiak, Matteo Bullo, Gunnar Landkilde, og Bjarne W. Olesen. *Operative temperature control of radiant surface heating and cooling systems*. 2007.