

Behovsstyring av energi- og inneklimatekninger - oppfølging i praksis

Aina Eide

Master i produktutvikling og produksjon

Oppgaven levert: Juni 2009

Hovedveileder: Vojislav Novakovic, EPT

Biveileder(e): Jon Viking Thunes, SWECO Norge AS
Eivind Sælen, GK Norge AS

Oppgavetekst

1. Gjøre seg kjent med kravspesifikasjonene som er stilt for det aktuelle bygget, med beregningsgrunnlaget for dokumentasjon av energibudsjettet utviklet i prosjekteringsfasen, med den praktiske utførelsen av bygget og dets tekniske installasjoner under byggefasen samt med de relevante forhold under den daglige driften.
2. Etablere nødvendige prosedyrer og dokumentasjon for kontinuerlig funksjonskontroll for det aktuelle bygget for oppfølging av energi- og inneklimateletsen fra byggherrens kravspesifikasjon, over prosjektering, utførelse og daglig drift.
3. Vis frem gjennom vurderinger og dokumentasjon hvordan byggherrens intensjon med behovsstyring av ventilasjon, oppvarming og belysning har blitt realisert i praksis. I denne forbindelse skal det utføres innsamling av relevante data om oppnådd inneklimateletsen og realisert energibruk. Data skal innhentes både fra eksisterende utstyr for bygningsautomatisering og gjennom egne målinger.

Oppgaven gitt: 14. januar 2009

Hovedveileder: Vojislav Novakovic, EPT



Rapportnummer

Gradering

POSTADRESSE

NTNU
INSTITUTT FOR ENERGI OG
PROSESSTEKNIKK
Kolbjørn Hejes vei 1A
N-7491 Trondheim - NTNU

TELEFONER

Sentralbord NTNU: 73 59 40 00
Instituttkontor: 73 59 27 00
Vannkraftlaboratoriet: 73 59 38 57

TELEFAX

Instituttkontor: 73 59 83 90
Vannkraftlaboratoriet: 73 59 38 54

Rapportens tittel Behovsstyring av energi- og inneklimatestelser – oppfølging i praksis	Dato 08.06.2009
	Antall sider og bilag 89+72
Saksbehandler / forfatter Aina Eide	Ansv. sign.
Avdeling Institutt for energi- og prosesseteknikk	Prosjektnummer EPT-M-2009-21
ISBN nr.	Prisgruppe
Oppdragsgiver NTNU Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi	Oppdragsgivers ref. Vojislav Novakovic

Ekstrakt

Formålet med denne masteroppgaven har vært oppfølging av driften av behovsstyrt ventilasjon, lys og varme på Kaffehuset Friele i Bergen over en begrenset periode, og dokumentere den oppnådde energiytelsen i praksis. I utarbeidelsen av prosedyre for kontinuerlig funksjonskontroll er det innhentet byggeteknisk data, driftsinformasjon samt utførelse av egne feltmålinger. Prosedyren ser ut til å fungere bra i praksis, da det er gjort en del ”funn” på bygget ved bruk av prosedyren: Det kommer frem at arbeidsområdet til noen av spjeldene er for lav i forhold til minluftmengde. Avgitt effekt fra lysarmatur er vesentlig høyere enn anbefalt. Skal-verdien til CO₂ føleren er satt til 1250 ppm i kontorene er for høy. Det er registrert store avvik på trykkføler i aggregatet da det viser seg å være store avvik mellom målte og prosjekterte verdier, henholdsvis 160 Pa og 120 Pa på tilluft og 332 Pa og 160 Pa på avtrekk. Målte parametre for inneklimatestelser er generelt innenfor anbefalte grenseverdier, men de største avvikene finnes i målinger av belysningstyrken og temperatur. Temperaturen i kontor 507 er målt opp mot 30°C, analysene tyder på at det er installert effekt til belysning som er årsaken. Det er registrert støy fra spjeldmotorene, noe som er uakseptabelt og leverandør anbefaler utskiftning av de spjeldmotorene det gjelder. Målt energibehov for etasjen på 189kWh/m² er høyere enn reelt forventet og reelt beregnet som er henholdsvis 130kWh/m² og 151kWh/m². Imidlertid er verdier fra Enøk Normtall 196kWh/m². Energibehov til installert belysning på bygget er gjennomsnittlig 28kWh/m², en verdi som er vesentlig høyere enn krav i teknisk veiledning på 8kWh/m² og prosjektert energibehov på 12kWh/m².

Stikkord på norsk

Indexing Terms English

Gruppe 1		
Gruppe 2		
Egenvalgte stikkord		

Forord

Masteroppgaven er utført våren 2009 ved Institutt for energi-og prosessteknikk, NTNU. Prosjektrammen har hatt en varighet på 20 uker, og oppgaven utgjør det fjerde semesteret på 2-årig studieprogrammet produktutvikling og produksjon.

Temaet for oppgaven omhandler behovsstyring av energi- og inneklimaytelser samt kontinuerlig funksjonskontroll.

I forbindelse med funksjonskontroll er det blitt utarbeidet en prosedyre som blir omtalt og vedlagt rapporten.

Det ønskes å rette en takk til veileder Natasa Djuric ved Institutt for energi- og prosessteknikk, både for hjelp, gode innspill og bidrag med litteratur.

Driftansvarlig Roald Mathisen hos Kaffehuset Friele har vært en viktig bidragsyter i arbeidet ved å være meget imøtekommende og stille bygget til disposisjon.

Medveileder Jon Viking Thunes fra Sweco Norge AS takkes for god veiledning og oppfølging.

Takk til Ingunn Gjermundnes fra Sweco Norge AS for diskusjoner og innspill.

Spesiell takk til kjæresten min Gjert Endre Dingsør for oppmuntring og tålmodighet.

Takk rettes også til faglærer Vojislav Novakovic.

Øvrige personer i prosjekt Kaffehuset Friele som har bidratt med nødvendige opplysninger må også takkes.

Trondheim 08.juni 2009

Aina Eide

Aina Eide

Sammendrag

Energy Conservation in Building and Community Systems (ECBCS) har etablert et forskningsprosjekt (Annex 47) kalt ”Kostnadseffektiv kontinuerlig funksjonskontroll av eksisterende og lavenergi bygninger”. Målet med dette prosjektet er å muliggjøre en kostnadseffektiv drift av eksisterende og fremtidige bygg for å forbedre driftsforholdene, samt å utarbeide metoder og verktøy for å sikre at bygninger når sitt tekniske potensialet og driftes energieffektivt.

Formålet med denne masteroppgaven har vært oppfølging av driften av behovsstyrt ventilasjon, lys og varme på Kaffehuset Friele i Bergen over en begrenset periode, og dokumentere den oppnådde energiytelsen i praksis.

I utarbeidelsen av prosedyre for kontinuerlig funksjonskontroll er det innhentet byggt teknisk data, driftsinformasjon samt utførelse av egne feltmålinger. Denne informasjonen skal i denne oppgaven representere ulike faser i byggeprosjektet.

Kravspesifikasjonene er hentet fra idéfasen, prosjekterte verdier er hentet fra prosjekteringsfasen, leverte verdier er hentet fra utførelsesfasen og driftsverdier er hentet fra drift og vedlikeholdsfasen.

Informasjonen er deretter brukt i prosedyre for å sammenligne verdier fra kravspesifikasjoner med prosjekterte verdier, prosjekterte med leverte samt leverte med driftsverdier for å sikre at byggherre kravspesifikasjoner med hensyn til miljø, energi og ressursbruk er oppfylt.

Det er i tillegg utført energiytelsesberegninger i to ulike simuleringsprogram for å sammenligne teoretiske beregninger med energiregistreringer fra energimålere.

Første del av rapporten er en teoretisk beskrivelse av tema behovsstyrt ventilasjon, lys og varme samt en metode for bestemmelse av energioppfølging og kontinuerlig funksjonskontroll. Deretter følger en orientering av bygget, og dokumentasjon av prosedyrene for kontinuerlig funksjonskontroll, samt presentasjon av utførte målinger, målerresultatene og diskusjon. Til slutt finnes konklusjon og skisse for videre arbeider.

Proseduren ser ut til å fungere bra i praksis, da det er gjort en del ”funn” på bygget ved bruk av prosedyren: Det kommer frem at arbeidsområdet til noen av spjeldene er stilt inn på for lav luftmengde på minimumsverdien. Avgitt effekt fra lysarmatur er vesentlig høyere enn anbefalt. Skal-verdien til CO₂ føleren er satt til 1250 ppm i kontorene og er for høy. Luftmengdene i kontoret og totalt for aggregatet er i henhold til krav fra arbeidstilsynet. Det er registrert store avvik på trykkføler i aggregatet da det viser seg å være store avvik mellom målte og prosjekterte verdier, henholdsvis 160 Pa og 120 Pa på tilluft og 332 Pa og 160 Pa på avtrekk.

Målte parametre for inneklimate er generelt innenfor anbefalte grenseverdier, og de største avvikene finnes i målinger av belysningstyrken og temperatur. Temperaturen i kontor 507 er målt opp mot 30°C, analysene tyder på at det er installert effekt til belysning som er årsaken. I følge utført spørreundersøkelsen virker brukerne fornøyd.

Det er registrert støy fra spjeldmotorene, noe som er uakseptabelt og leverandør anbefaler utskiftning av de spjeldmotorene det gjelder. Målt energibehov for etasjen på 189kWh/m² er høyere enn reelt forventet og reelt beregnet som er henholdsvis 130kWh/m² og 151kWh/m². Imidlertid er verdier fra Enøk Normtall 196kWh/m².

Energibehov til installert belysning på bygget er gjennomsnittlig 28kWh/m², en verdi som er vesentlig høyere enn krav i teknisk veiledning på 8kWh/m² og prosjektert energibehov på 12kWh/m².

Abstract

ECBCS has established a research project (Annex 47) named "Cost Effective Commissioning of Existing and Low Energy Buildings". The goal of this project is to develop cost effective management of existing and future buildings, to improve operating conditions. In addition, prepare methods and tools that ensure that buildings reach their technical potential and are run energy efficient.

The principal objective of this master thesis was to monitor the operation of demand controlled ventilation, light and heating at "Kaffehuset Friele" in Bergen over a limited period and documentation of the real energy performance.

Technical data about the building, information of operation, and own measurements are used to develop a procedure for continuous commissioning. This information does in this thesis represent different phases of the building process. Specifications of demand are retrieved from the idea phase, design parameters from the project phase, delivered values from the building phase, and operation values from operation and maintenance. The information is then used in a procedure to allow comparison of the values from the different phases and to ensure that the building owners demands are fulfilled in regards to environment, energy and resource use. In addition, simulations programs are used to estimate energy performance and to compare theoretical estimations with measured energy use. The first part of this thesis gives a theoretical description of demand controlled ventilation, light and heating. A method for energy monitoring and continuous commissioning. Then there is given a description of the building, a documentation of the procedure for continuous commissioning then a presentation of the performed measurements, results, discussion and conclusion.

The procedure seems to be working well in this thesis, since some faults can be pointed out. The installed VAV-dampers have not proper working conditions. The energy use for lighting is much higher than recommended. The set point of CO₂ sensors at 1250 ppm in the offices are too high. The airflow rate in the offices, and in the air-handling unit are as demanded from the Labour inspection's. It is big difference between the measured and designed pressure. Generally the measured indoor climate conditions are as demanded from Labour inspection's, but the biggest differences are measured lighting and temperature. The room temperature in office 507 is measured to be nearly 30°C, and there is a reason to believe the energy from lighting is the reason. The users seem to be happy with their environment in order to the questionnaire.

It is noise from the dampers, this is not acceptable according to the supplier, and he is recommending replacing all the defect dampers.

Measured energy performance is 189 kWh/m² is higher than expected and calculated which are 130 kWh/m² and 150 kWh/m². However, the number from Enøk Normtall is 196kWh/m². A value that is much higher than demand from technical guidelines at 8kWh/m² and designed at 12kWh/m².

Definisjoner og begreper

Bør verdi	-	Bruk skal-verdi [2].
BKK	-	Kraftleverandør
CAV	-	Constant Air Volume: Ved CAV menes et ventilasjonsanlegg, som reguleres i 1 eller 2 trinn – maksimal ytelse og sterkt nedregulert; alternativt helt stoppet. Der kan her være tale om, at ventilasjonsanlegget betjener et rom (eller en sone med flere rom), og at styringen av hele anlegget f.eks. skjer via bevegelsessensor eller via urstyring.
DCV	-	Demand Controlled Ventilation: Ved DCV menes et ventilasjonsanlegg, som betjener flere lokaler (eller soner), der hver især styres av rommets belastning (f.eks. via temperatur- og/eller CO ₂ -sensor). Ventilasjonsanleggets ytelse er fullt variabel – trinnløst fra minimum til maksimum.
EIB	-	European Installation Bussystem, nettverksteknologi
ECBCS	-	Energy Conservation in Buildings and Community Systems (Energioptimering i bygninger og de regionale systemer)
FDD	-	Fault Detection and Diagnosis, feilanalyse
FK	-	Funksjonskontroll
IAQ	-	Indoor Air Quality
IEA	-	International Energy Agency
PFK	-	Program for kontinuerlig funksjonskontroll
PI-regulator	-	Proporsjonal og integral regulator
PPM	-	Parts per million
RF	-	Relativ luftfuktighet
SD	-	Sentralt driftskontroll anlegg
Skal-verdi	-	Regulatorens ønskede reguleringspunkt
SRO	-	bruk SD-anlegg [2].
TEK	-	Teknisk veiledning, forskrift til plan og bygningsloven
VAV	-	Variabel Air Volume: Ved VAV menes et ventilasjonsanlegg, som betjener flere lokaler (eller soner), der hver især styres manuelt eller via bevegelsessensor. Ventilasjonsanleggets ytelse er fullt variabel – trinnløst fra minimum til maksimum.
VOC	-	Flyktig organisk forbindelse
Z-punkt	-	Bruk skal-verdi [2].

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	iii
Abstract	v
Definisjoner og begreper	vii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Mål og arbeidsform.....	3
1.3 Avgrensning.....	3
1.4 Rapportens struktur.....	3
2 Teori	4
2.1 Behovsstyring av ventilasjon, oppvarming og belysning	4
2.1.1 Hva er behovsstyrt ventilasjon	4
2.1.2 Hva styres/reguleres i et behovsstyrt ventilasjonsanlegg.....	5
2.1.3 Hvordan fungerer behovsstyrt ventilasjon	8
2.1.4 Utstyr.....	16
2.1.5 Fordeler og ulemper med behovsstyrte anlegg	20
2.2 Behovsstyrt varme	21
2.3 Behovsstyrt belysning.....	21
2.4 Funksjonskontroll	22
2.4.1 Kontinuerlig funksjonskontroll	23
2.5 Termiske forhold og kravspesifikasjoner	29
2.5.1 Temperatur	29
2.5.2 Operativ temperatur	29
2.5.3 Karbondioksid CO ₂	30
2.5.4 Luftfuktighet	30
2.5.5 Lyd/støy	31
2.5.6 Trekk/Lufthastighet.....	31
2.5.7 Lys og belysning	31
2.5.8 Luftstrømning i rommet.....	32
3 Presentasjon av Kaffehuset Friele	33
3.1 Prosjekt data for Kaffehuset Friele, påbygg kontoretasje.....	33
3.2 Beskrivelse av de tekniske anleggene.....	36
3.2.1 Varme (320)	36
3.2.2 Luftbehandling (360)	37
3.2.3 Belysning (440).....	39
3.2.4 Automatikk (560).....	39
4 Prosedyre og dokumentasjon for oppfølging av energi- og inneklimatestelser	43
4.1 Prosedyre for kontinuerlig funksjonskontroll	43
4.2 Analyse av prosedyren i praksis	52
5 Måling og vurdering av inneklimatestelser og energiytelse	53
5.1 Metode for planlegging og gjennomføring.....	53
5.1.1 Planlegging og gjennomføring av måleprosjektet	55
5.1.2 Målet med måleprosjektet.....	57
5.1.3 Problemløsning	57
5.1.4 Beskrivelse av systemene det er målet på	57
5.1.5 Konkret planlegging av målingene	58
5.1.6 Måleinstrument	61
5.1.7 Opprigging, installering av måleutstyr.....	61

5.1.8	Fallgruver under utførelse av målinger	61
6	Resultater og diskusjon	63
6.1.1	Temperatur	63
6.1.2	Operativ temperatur	64
6.1.3	CO ₂ konsentrasjonen.....	65
6.1.4	Relativ luftfuktighet	67
6.1.5	Lyd/støy	68
6.1.6	Lys.....	69
6.1.7	Kontor 507	70
6.1.8	Subjektiv evaluering	72
6.1.9	Inneklima evaluering – spørreundersøkelse.....	74
6.1.10	Energibudsjett	76
6.1.11	Registreringer gjort i SD-anlegget og i kontorene	78
7	Konklusjon.....	80
7.1	Anbefalinger for videre arbeid.....	81
8	Referanser.....	82
9	Vedlegg.....	84

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Som følge av EU's Bygningsenergidirektivet [9] er det i Norge blitt innført mye strengere krav med hensyn til energiytelse for bygninger. Det gjelder både krav som stilles ved prosjektering, men også krav til dokumentasjon av det som oppnås under daglig drift. Et konsept for effektivisering av energibruken er behovsstyring av ventilasjon, oppvarming og belysning. Dette konseptet benyttes ofte i næringsbygg, men erfaringen viser at forventningene til anleggene ofte ikke blir innfridd i praksis.

International Energy Agency (IAE) avsluttet formelt et prosjekt (Annex 40) [16] i desember 2004 med tittel "Funksjonskontroll av klimasystemer i bygninger for bedre energiytelse". ECBCS ANNEX 40 beskriver grunnleggende elementer i funksjonskontroll (FK) som en kontinuerlig prosess og introduserer tre grupper verktøy. I tillegg inneholder den en ordliste for termer og presenterer 23 prosjekter hvor funksjonskontroll er systematisk gjennomført og dokumentert [1].

Hovedkomiteen i Energy Conservation in Buildings and Community Systems (ECBCS) har etablert et nytt forskningsprosjekt (Annex47) [18] juni 2005 kalt "Kostnadseffektiv kontinuerlig funksjonskontroll av eksisterende og lavenergi bygninger", hvor Norge er en aktiv deltaker. Prosjektet skal ha en varighet til midten av 2009.

Målet med Annex 47 er å muliggjøre en kostnadseffektiv drift av eksisterende og fremtidige bygg for å forbedre driftsforholdene. Målet med teknikkene for funksjonskontroll, utviklet gjennom dette programmet, vil hjelpe bransjen med styring av bygninger, samt oppnå mer systematisk drift med fokuserer på å oppnå signifikant energisparing. Annex 47 vil også utveksle informasjon om praktisering av funksjonskontroll i ulike land og spre relevant informasjon til nasjonale brukere.

Metoder og verktøy for ferdigstilling er nødvendig for å sikre at bygningene når sitt tekniske potensialet og driftes energieffektivt. Dokumenterte metoder for ferdigstilling/igangkjøring er foreløpig bare tilgjengelig for enkelte konvensjonelle VVS anlegg, og behandler ikke de avanserte anleggene og anleggskombinasjonene som er viktig for lavenergi bygninger. Selv om dagens fokus på ferdigstilling i praksis er å forsøke å få bygninger til å fungere som prosjektert, kan betydelige energisparing oppnås ved å optimalisere driften basert på faktisk bruk. Denne tilnærmingen til feltet optimalisering vurderes som langsiktig tiltak for innsparinger, og fordeler oppnås under funksjonskontroll prosessen [18].

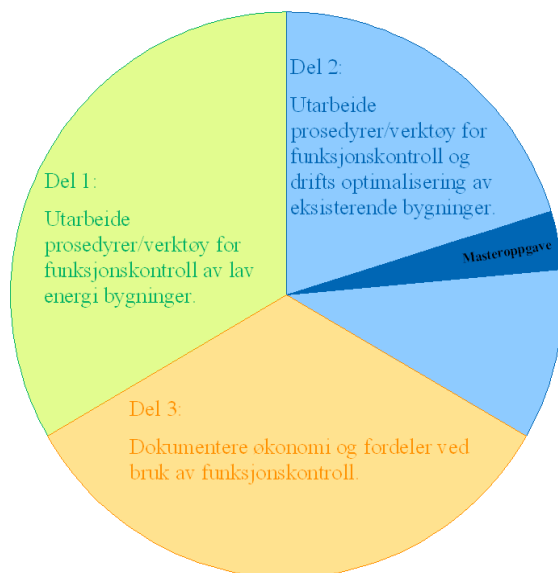
Målet med annex 47 er å fornye bygningers funksjonskontroll ved [15]:

- Videreutvikle tidligere metoder og verktøy for avanserte systemer og lavenergi bygninger, samt benytte design verdier og byggherrens egne systemer i funksjonskontroll
- Automatisere funksjonskontroll prosessen til håndterlig grad

- Utvikle metoder og verktøy for å forbedre drift av bygninger som er i bruk, som identifisere den beste mulige energi sparingstiltak i VVS anlegg ved renovering, og utarbeide metoder for rapportering av energiytelse av bygning i støtte av EU's Bygningsenergidirektivet.
- Kvalifisere og forbedre kostnader og fordeler med funksjonskontroll, inkludert vedholdenheten av fordeler og regler for automatisert verktøy til forbedring av vedholdenhet og redusere kostnader uten å ofre andre viktige funksjonskontroll hensyn .

Arbeidet i Annex 47 består av tre hovedaktiviteter [34] skissert i Figur 1-1:

- Del 1: Utarbeide prosedyrer/verktøy for funksjonskontroll av lavenergi bygninger (grønt felt i figuren).
- Del 2: Utarbeide prosedyrer/verktøy for funksjonskontroll og drifts optimalisering av eksisterende bygninger (lyseblått felt i figuren).
- Del 3: Dokumentere økonomi og fordeler ved bruk av funksjonskontroll (gult felt i figuren).



Figur 1-1 Hovedaktiviteter i Annex 47.

Denne masteroppgaven inngår i deloppgave 2 (vist som mørkeblått felt i figuren over) og består i å utarbeide og prøve ut verktøy for funksjonskontroll prosessen.

1.2 Mål og arbeidsform

Høsten 2008 ble det gjennomført et prosjekt på 15 studiepoeng med tittelen ”Behovsstyring av energi –og inneklimatestelser – oppfølging i praksis”. Prosjektet var i stor grad kartleggingsarbeid og en innføring i temaet behovsstyring og kontinuerlig funksjonskontroll. Arbeidet med å lage en prosedyre for kontinuerlig funksjonskontroll ble startet på PIRsenteret et næringsbygg i Trondheim. I denne masteroppgaven er arbeidet med denne prosedyren videreført, men med et nytt bygg i Bergen. Resultatet presenteres i denne rapporten.

Hovedmålet med oppgaven er å gi en konkret beskrivelse av prosedyren, samt tilpasse den til et gitt case, som nevnt over.

Det er ikke blitt utarbeidet prosedyre for kontinuerlig funksjonskontroll i Norge i særlig grad, og det eksisterer lite litteratur på området. For kartlegging av tilhørende og relevante forhold, har arbeidet vært basert på innsamling, vurdering og sammenstilling av informasjon hovedsakelig hentet over internett og fra Norsk Standard.

Innhenting av byggt teknisk data og driftsteknisk informasjon ved Kaffehuset Friele var nødvendig for implementering av prosedyren. Underlag har blitt funnet i tekniske beskrivelser og på ”som bygget” tegninger utarbeidet av konsulentene for byggeprosjektet, samt produktdata fra leverandører og egne feltmålinger utført av som del av masteroppgaven.

1.3 Avgrensning

Det var ønskelig å funksjonsteste VAV-spjeld, men på grunn av tilkomst var ikke dette mulig. Loggeutstyr til måling av vannmengder var ikke tilgjengelig. Ideelt sett skulle romtemperaturen blitt målt i ulike høyder for å se om var en temperaturgradient mellom gulv og tak. Dette ble ikke gjort fordi det ikke var nok tilgjengelig måleutstyr.

1.4 Rapportens struktur

Kapittel 2 er en teoretisk beskrivelse av tema omhandlet i denne rapporten.

Kapittel 3 er en introduksjon til Kaffehuset Friele, beregningsgrunnlag for dokumentasjon av energibudsjett. Praktisk utførelse av bygget og dets tekniske installasjoner samt daglig drift.

Kapittel 4 er en prosedyre og dokumentasjon for Kaffehuset Friele for oppfølging av energi- og inneklimatestelse fra kravspesifikasjoner, prosjektering, utførelse og daglig drift.

Kapittel 5 er en beskrivelse av feltmålinger utført i denne masteroppgaven.

Kapittel 6 er resultater og diskusjon av målinger og funn på Kaffehuset Friele.

Kapittel 7 er konklusjon og skisser for videre arbeid.

2 Teori

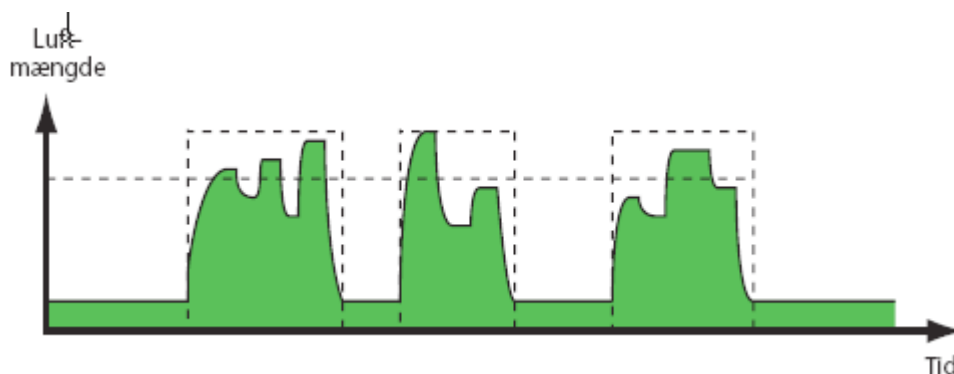
2.1 Behovsstyring av ventilasjon, oppvarming og belysning

Hovedmålet med varme- og ventilasjons anlegg er å skape et godt inneklime for brukerne på bygget, med hensyn til inneluftkvalitet, termisk komfort og akustisk miljø. Disse parametrene har en stor betydning for produktiviteten og arbeidseffektiviteten.

Da oppgaven omhandler behovsstyring av ventilasjon, lys- og varme, vil dette kapitlet ta for seg generelle sider ved disse systemene, men hovedsakelig behovsstyrt ventilasjon.

2.1.1 Hva er behovsstyrt ventilasjon

Behovsstyrt ventilasjon (DCV) betyr rett og slett at man ventilerer etter behov (les: der det er personer). Det er en styringsstrategi av ventilasjonsmengden, se Figur 2-1, hvor mengden frisklufttilførsel blir kontrollert av luftkvalitet, fuktighet, bruk eller annen indikator for behov av ventilasjon. Grunntanken med behovsstyrt ventilasjon er at luftmengdebehovet reguleres og at systemet skal tilpasse seg etter dette med så lav energibruk som mulig, samtidig som kravet til et godt inneklime (IAQ) opprettholdes.



Figur 2-1 Forslag til en styringsstrategi for DCV, en illustrasjon på ventilasjonsanleggets varierende ytelse [30] markert med grønt felt i figur. Horisontale stiplede linje indikerer styringsstrategien til et CAV-anlegg, mens de øvrige stiplede linjene indikerer styringsstrategien til et VAV-anlegg.

Hvordan vil behovsstyrt ventilasjon påvirke brukerne sitt arbeidsmiljø?

Brukerne skal i hovedsak ikke føle noe forskjell. Et korrekt prosjektert/designet, installert og vedlikeholdt VVS anlegg vil ha tilstrekkelig friskluft og temperatur kontroll.

Behovsstyrt ventilasjon vil redusere friskluft inntaket når det ikke er behov for friskluft.

Når forurensningene øker eller når det kommer folk inn i et rom, vil systemet sørge for å øke ventilasjonen og dette skal foregå uten at brukeren merker endring i trekk eller temperatur, men at det hele tiden er godt inneklime.

”Ved behovsstyring kan luftmengden reguleres i forhold til forurensninger i luften i rommet. Sensoren måler forurensningsnivået, regulatoren styrer viften og dermed luftmengden slik at forurensningen ikke overstiger ønsket grenseverdi” [31].

2.1.2 Hva styres/reguleres i et behovsstyrt ventilasjonsanlegg

Forurensning generert i en bygning kommer fra to hovedkilder [27]:

- Bygningsmaterialer (konstruksjon og møblering)
- Personaktiviteter (aktivitetsnivå, renhold)

De viktigstes forurensningskildene som påvirker luftkvaliteten i bygninger kan grupperes som følger:

- Menneskelige avgasser
- Fuktighet
- Flyktig organisk forbindelse (VOCs)

Menneskelige avgasser er forurensning i form av lukt fra mennesker. Avgassene kan ikke bli målt, mens dens sporgass CO₂ kan bli målt. CO₂ konsentrasjonen er normalt ikke en forurensning, men dens tilstedeværelse kan bli brukt som indikator på menneskelige aktiviteter. Disse avgassene er ikke antatt å være skadelig hver for seg, men dersom avgass konsentrasjonen øker (som bestemmes av CO₂ konsentrasjonen) øker også klager fra brukerne. Klage på ubehagelig lukt, ubehagelig luft, mangel på luftbevegelse og tretthet og hodepine [12].

Fuktighet kunne vært implementert i et DCV-anlegg fordi et høy nivå av fuktighet kombinert med høy temperatur kan forårsake bygningsskader i form av mugg og råte, korrosjon og isingskader. Dette kan føre til kostbare reparasjoner, komfort nedsettelse eller farlig luftbåren forurensning (for eksempel soppsporer).

Flyktig organisk forbindelse (VOCs) stammer fra tre hovedkilder: Bygningsmaterialer, vaskemidler og menneskelige aktiviteter. I noen tilfeller kan også ventilasjonsanlegget bidra med lukt. Noen VOCs forbindelser gir fra seg mer eller mindre konstante nivåer fra bygningsmaterialer, mens nivåer av andre VOCs forbindelser varierer med aktivitetsnivået.

Det må gjennomføres en analyse for å bestemme hvilken forurensning som krever høyest ventilasjonsmengde og ut fra dette bestemme et akseptabelt nivå for konsentrasjonen. Dette er kjent som ”driving pollutant” [27] og er den som vil styre reguleringen av DCV anlegget. Det er generelt den minst ønskende forurensningen, med potensial til å gjøre størst skade.

Når ”driving pollutant” er identifisert må en kunne fange opp dens tilstedeværelse for å kunne kontrollere den med et DCV anlegg. Noe forurensning, som fuktighet, kan lett bli målt med sensorer, men dagens sensorer kan ikke måle alle forurensningene direkte. Derfor må en målbar substans blir benyttet for å indikere tilstedeværelsen og konsentrasjonens mengde av forurensningen. For eksempel, sporgassen karbondioksid, som nevnt over, kan bli brukt som en indikator på menneskelig aktivitet selv om det ikke er en forurensning ved normale inneklimate forhold.

Dersom forurensningsproduksjonen i tid eller størrelse ikke lar seg forutsi, må sensorer som kan detektere konsentrasjonsnivået i oppholdssonen inngå som gaver i en reguleringsløyfe. Flere kriterier kan veksle om å være bestemmende for nødvendig ventilasjonsbehov (ulike forurensningskilder, termisk komfort/luftkvalitet). Ved

behovsstyring er det viktig at regulering av ventilasjonsluften styres slik at det til enhver tid er det strengeste kriteriet som bestemmer luftmengden. For eksempel kan luftkvalitet tenkes å være designparameter i fyringssesongen, mens termisk komfort blir bestemmende for sommersesongen.

Ulike styringsparametre

- Tilstedeværelse/bevegelse

Tilstedeværelse er den enkleste måten å regulere luftmengden etter. Dette blir en ”av/på” regulering av ventilasjonsanlegget, der ”av” er den innstillingen som benyttes ved minimal last, eller når det ikke er personer i rommet, og ”på” er den maksimale innstillingen som benyttes ved normal last, eller når det er personer i rommet. Reguleringen kan for eksempel skje ved en av/på bryter (bevegelsesføler) ved inngangen, som forteller om det er personer tilstede i lokalet eller ikke. Dette styringsprinsipp kan brukes i rom med fast aktivitetsnivå og personbelastning og styrer forhåndsinnstilte verdier basert på erfaringsverdier for belastning i rommet.

- Temperatur

Temperaturstyring av ventilasjonsanlegget kan brukes til å jevne ut temperaturdifferanser mellom ønsket og faktisk romtemperatur. En slik løsning vil øke den termiske komforten innendørs, men den bør brukes i kombinasjon med andre styringsparametre for å sikre god luftkvalitet og tilstrekkelig bortføring av forurensningsstoffer. Selv om varme kan påvirke emisjoner fra noen materialer, så er ikke temperaturvariasjon entydig med variasjonen av forurensningskonsentrasjonen i et oppholdsrom. Dersom det er kjøling på tilluften brukes temperaturfølere som indikator på når anlegget må kjøle for å få ned temperaturen til akseptabelt nivå. Temperaturen påvirkes av interne varmekilder som mennesker og teknisk utstyr, solinnstråling gjennom vinduer, varmeledning og infiltrasjon gjennom veggene og ventilasjon.

- **CO₂**

Karbondioksid finnes normalt i atmosfæren, men blir også produsert av mennesker i forbindelse med stoffskiftet, hvilket gjør oss til hovedkilden for denne gassen innendørs. Produksjonsraten er hovedsakelig avhengig av personens kroppsstørrelse og graden av fysisk aktivitet, noe som gjør at man kan beregne forventet konsentrasjon i rommet, på bakgrunn av antall brukere og deres aktiviteter. CO₂ er fargeløs, luktløs og ufarlig i de mengder som den vanligvis forekommer innendørs, men den indikerer at det er andre biologiske avfallsstoffer til stede som kan føre til ubehag. Ved å betrakte økningen i konsentrasjonen av CO₂ innendørs i forhold til nivået i uteluften, kan man få et bilde av inneklimate i lokaler med høy tilstedeværelse. Ulempen kan være at man i rom som er dimensjonert for mange mennesker ikke får tilført nok luft til å ventilere bort forurensning fra materialer når det er få brukere til stede. Dette kan imidlertid løses ved å legge inn en konstant ventilasjonsmengde som vil ta seg av materialbelastningen og la luftmengdene variere utover dette i takt med personbelastning.

CO₂ konsentrasjonen beregnes ved:

$$C_t - C_i = \frac{qa}{V} \frac{1}{n} (1 - e^{-nt})$$

hvor:

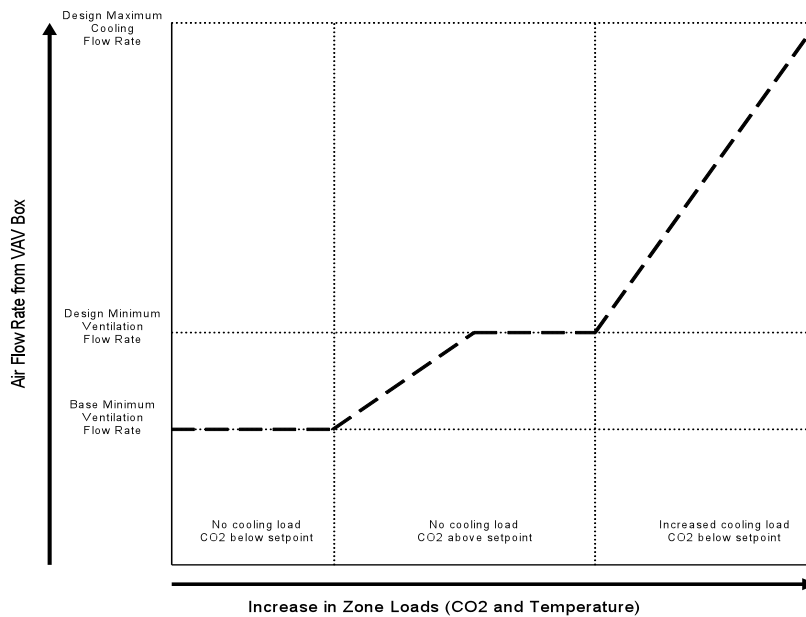
C _t	-	CO ₂ konsentrasjonen ved tiden t	[ppm]
C _i	-	CO ₂ konsentrasjonen i uteluften	[ppm]
q	-	CO ₂ utslipp per person	[ppm]
a	-	antall personer	[stk]
V	-	romvolum	[m ³]
n	-	antall luftvekslinger	[h ⁻¹]

I følge Ashrae [42] bør CO₂ nivået i et kontor ligge under 990 ppm.

VAV-styring med CO₂ konsentrasjonen.

Når CO₂ konsentrasjonen i en individuell sone er under skal-verdien, vil minimum luftmengde i VAV-enheten resettes til dens minimums verdi. Mens personbelastningen øker og CO₂ konsentrasjonen i sonen begynner å øke over skal-verdien, vil minimum luftmengde blir endret mot design minimum luftmengde for å tilfredsstille CO₂ skal-verdi.

CO₂ konsentrasjonen har bare innflytelse på minimum luftmengde skal-verdi for VAV-enheten. Aktuell luftmengde levert av VAV-enheten til sonen vil bli styrt etter å opprettholde sone temperaturens skal-verdi. Typisk VAV-styringer illustrert i Figur 2-2. Minimum luftmengde for en VAV-enhet er avhengig av minimum luftmengde som hver VAV-enhet kan bli styrt innen, ref. Figur 2-9.



Figur 2-2 VAV styring [4].

- Fuktighet

Det er stort utvalg av fuktighetssensorer på markedet, som varierer i pris, nøyaktighet, måleområde og responstid. Det finnes et behov for retningslinjer ved design til å lage en fuktighetssensor i henhold til pålitelighet, nøyaktighet, vedlikehold og pris. Tilstrekkelig styring av relativ fuktighet¹ er en komplisert sak. Teoretisk skal den ønsket skal-verdi variere med innnetemperaturen, utetemperaturen, isolasjon og lufttap karakteristikk til ytterveggene. Regulering etter fuktighet er en metode som er lite brukt i dag.

2.1.3 Hvordan fungerer behovsstyrt ventilasjon

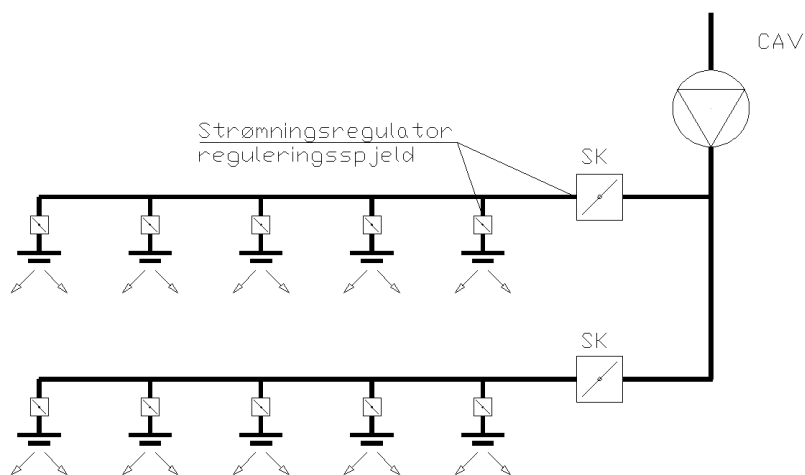
Et VAV-anlegg består vanligvis av følgende hovedkomponenter:

- Et luftbehandlingsanlegg med filter, varmegjenvinner og varme/kjølebatteri (dersom behov)
- Et viftesystem med utstyr for kontroll av trykk (frekvensomformer og trykksføler for å holde konstant trykk i kanalsystemet)
- Et distribusjons system for luft (kanalnett) med strømningsregulatorer (VAV-spjeld).

De sistnevnte komponentene er de mest krevende delene av VAV-anlegget, sett fra både teknisk og økonomisk synspunkt [25]. Det er en enkel sak å tilføye strømningskontroll på et sentralt vifteanlegg ved å installere frekvensomformere på viftesystemet og trykkkontroll på anlegget. Det er mye mer komplisert å tilpasse resten av anlegget til variabel luftstrømning. De valgte komponentene i kanalnettet kan ha stor innflytelse på anleggs karakteristikk, og vil derfor bli videre diskutert.

¹ Relativ fuktighet er forholdet mellom vanndampmengden i luft og den maksimale vanndampmengden som luften kan inneholde om luften var mettet.

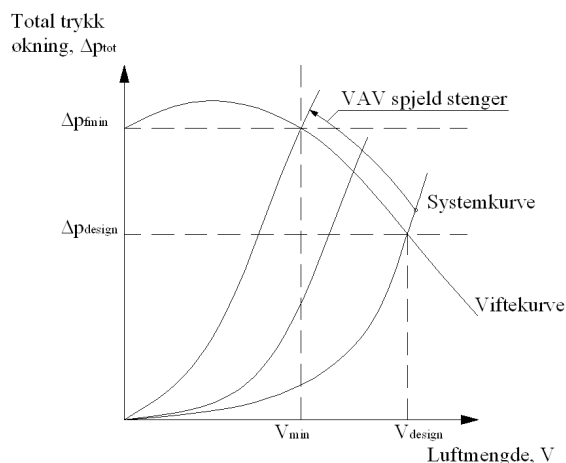
I et vanlig konstantluftanlegg (CAV), er den konstante luftmengden kontrollert og satt til ønsket mengde ved hjelp av regulerings spjeld på hver kanal avgreining. Her er reguleringsspjeldene definert som manuell opererte strømningsregulatorer. Trykkfallet gjennom tilluftsventilen er valgt slik at når det summeres med trykkfall over reguleringsspjeldet gir de den rette luftmengden. Det er også montert reguleringsspjeld på hovedkanalene til hver sone med hensyn på å bestemme luftmengden mellom soner/etasje, se Figur 2-3. For å forsikre seg om at den ønskede luftmengden til hver soner er korrekt, kreves det mange reguleringsspjeld.



Figur 2-3 CAV-anlegg med reguleringsspjeld (SK) på hver avgreining og på hovedkanalene.

I et VAV-anlegg, trengs normalt ikke disse manuelt styrte reguleringsspjeldene, siden luftmengden blir kontrollert og satt til ønsket verdi ved hjelp av VAV-tilluftsventiler eller strømningsregulator for variabelt luftvolum (VAV-spjeld). Antallet av andre styringsenheter som trengs til drift av et VAV-anlegg er i stor grad avhengig av ubalansen i trykk i anlegget, som forårsakes av konstruksjonen på anlegget og anlegget i minimums drift.

Variasjonen i luftmengden fører til en variasjon i statisk trykk i anlegget. Reduksjon av luftmengden ved VAV-spjeld forårsaker forandringer i anleggskarakteristikken, som vist i Figur 2-4. En konsekvens kan være at det vil oppstå en økning i total vifte trykk dersom vifte hastigheten er holdt konstant. På grunn av økning i total vifte trykk og redusert trykkfall i kanalsystemet mens luftmengden blir redusert, kan det oppstå en overdreven økning i statisk trykk i tilluftsventilen, dersom ikke trykk styring er installert.

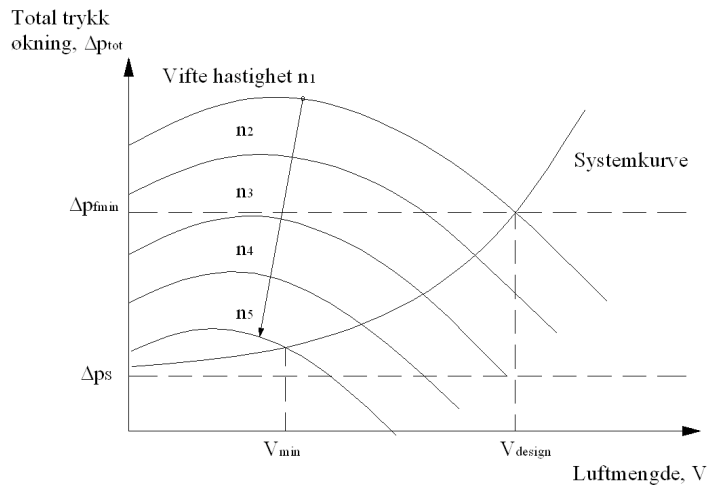


Figur 2-4 Anleggskarakteristikk VAV-anlegg [40]

Figur 2-4 viser diagram over forandring i total viftetrykk med redusert luftmengde og konstant viftehastighet med bakoverbøyde skovler. Lukkingen/stengingen av VAV-spjeld for reduksjon i luftmengde forårsaker forandringer i anleggskarakteristikken. En konsekvens vil være en økning i total vifte trykk. I figuren indikerer Δp_{design} – at viftetrykket øker ved design luftmengde, og Δp_{min} – at viftetrykket øker ved minimum luftmengde.

Kravet til styring av kanaltrykk i ventilasjons anlegget er hovedsakelig satt av reduksjon i luftmengde, samlet lydkrav og besparelsen av anleggskostnader [22]. Dersom økningen i trykk er styrt av luftmengdestyrings enheter og lyd nivå i systemet er innen akseptable grenser, vil det ikke være behov for tilleggskontroll av trykk i luftbehandlingsanlegget. Overskuddet i trykk vil enkel bli strupt ned i systemet, for eksempel i strømningsregulatorene eller ved trykk reduserende spjeld. Resultatet er ”bortkastet” energibruk til viften, siden systemet trenger mindre totalt viftetrykk med redusert luftmengde.

En vanlig utførelse av statisk trykkstyring i systemet er å kontrollere viftehastigheten. Viftehastigheten vil bli redusert med redusert luftmengde i systemet, som vist i Figur 2-5. Det statiske trykket er holdt på et nivå som sikrer et riktig arbeid for strømningsregulatoren ved maksimum luftmengde.



Figur 2-5 Statisk trykkstyringsdiagram i et VAV-anlegg ved kontroll av viftehastigheten. Trykket Δp_s er holdt på et nivå som kan forsikre et riktig arbeid på strømningsregulatoren ved design luftmengde [40].

Det er ulike synspunkt på hvor trykk sensoren bør installeres i kanalsystemet sett fra et energisynspunkt. Spørsmålet er om den riktige plasseringen er å installere det i begynnelsen, i midten eller i enden av kanalsystemet.

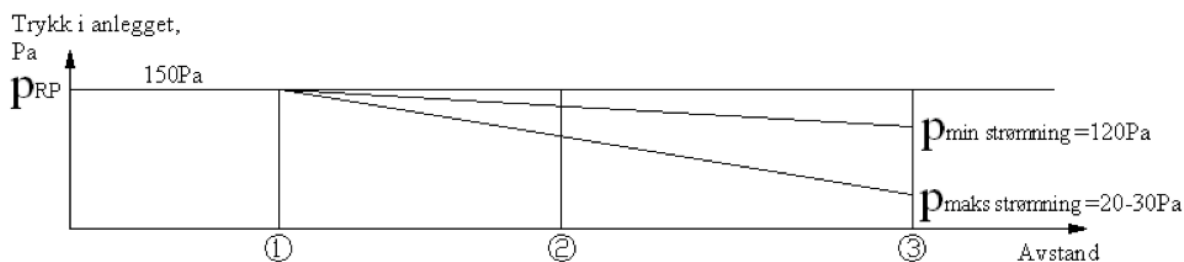
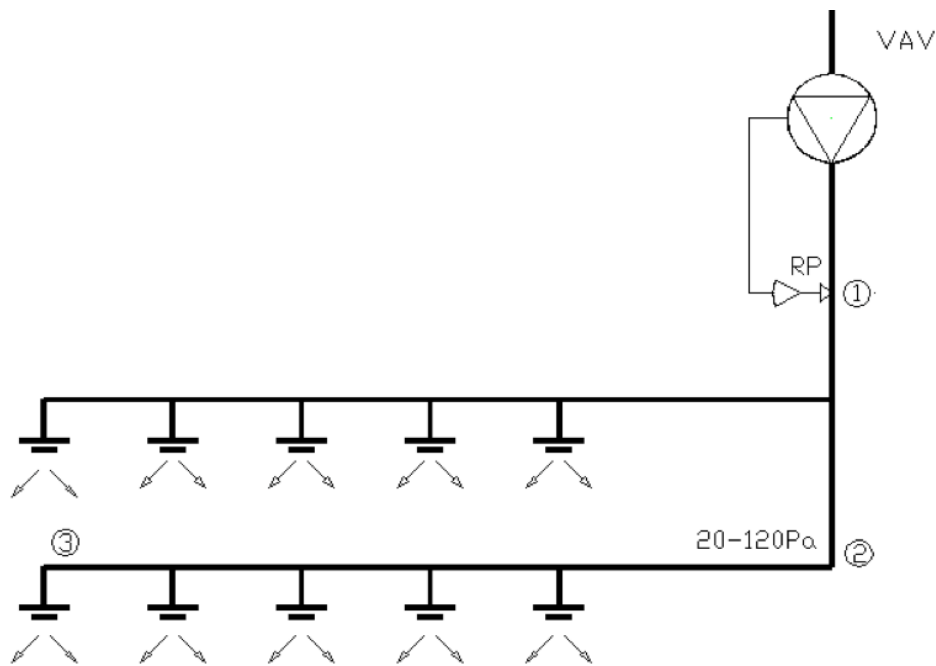
Ved plassering av sensor ut i kanalnettet, indikerer erfaringen at systemet vil fungere skikkelig når statisk trykkføler er plassert mellom 75 % og 100 % av lengden fra første til den mest ugunstige avgreiningen (vanligvis den ytterste avgreiningen) [25].

I det etterfølgende vil VAV-anlegget med trykksensorer installert i begynnelsen i kanalsystemet bli diskutert ².

Trykkføleren skal måle et stabilt statisk trykk slik at viften reguleres som en funksjon av bruken av bygget. For å være sikker på at føleren blir plassert riktig bør den sitte i god avstand til nærmeste forstyrrelse dvs. 4-6 hydrauliske diameter og gjerne i påstikk med endebunn hvor man er sikker på at man måler et stabilt trykk [44]. Feilplassering vil føre til at en vil regulere systemet som en funksjon av turbulens og ikke som en funksjon av bruk.

Styring av statisk trykk ved vifteutløpet kompenserer bare systemtrykkforandring produsert av viftekarakteristikken. Trykkøkningen på grunn av motstandsforandring i kanalsystemet, som må bli strupt en plass i kanalnettet med redusert luftmengde, kan fremdeles være relativ stor. Dette kan for eksempel være tilfellet i et VAV-anlegg hvor luftmengdene varierer i et stort område. Med minimum luftmengde, kan trykktapet i kanalnettet bli veldig lav og det statiske trykk ved tilluftsventilen kan bli høyt i forhold til maksimum luftmengde, dette er vist i Figur 6-2.

² Tilsvarende som på Kaffehuset Friele.



Figur 2-6 Trykkforandring i VAV-anlegg

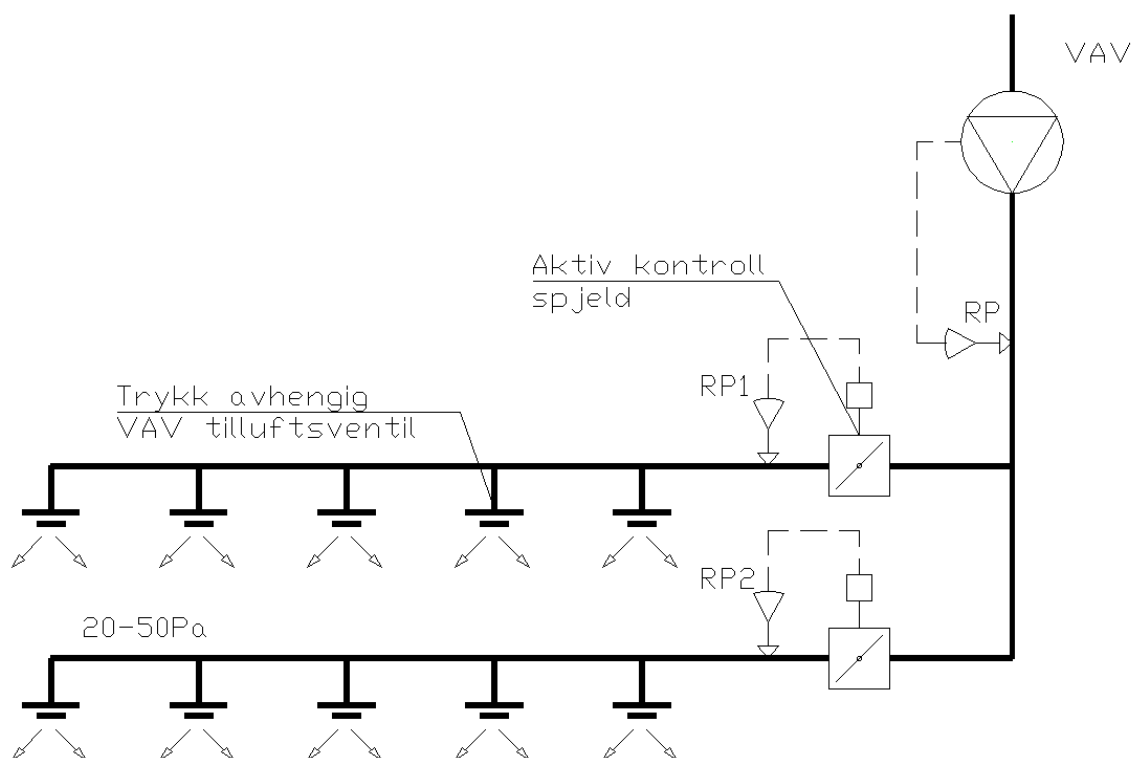
Figur 2-6 Er eksempel av trykk forandringer i et VAV-anlegg med maksimum og minimum luftmengder. I figuren indikerer $p_{\text{min strømning}}$ – trykkverdi ved system punkt 3 med minimum luftstrømning, $p_{\text{maks strømning}}$ – trykk verdi ved system punkt 3 med maksimum luftstrømning og p_{RP} – trykkets skal-verdi for trykk giver (RP).

Avhengig av hvordan trykk forandringene vil bli behandlet i anlegget, er ventilene klassifisert som trykk uavhengig eller trykk avhengig enheter. En trykk uavhengig ventil kan bli definert som en enhet hvor regulering av luftmengdene ikke er forstyrret av variasjonene i statisk trykk ved innløpet til enheten. Et forløpig krav er at disse variasjonene i trykk opprettholdes innen maksimum og minimum grenser spesifisert av produksjonsfabrikken til enheten. Ved å beholde det ønskede statiske trykket i hovedkanalene etter viftene kan disse grensene styres/kontrolleres.

En trykkavhengig ventil kan bli definert som en enhet hvor luftmengdereguleringen er avhengig av statisktrykk ved innløpet til enheten. Luftmengden vil variere med

variasjonene i statisktrykk før enheten og en må sette bestemmelser for å begrense disse variasjonene til et akseptabelt nivå

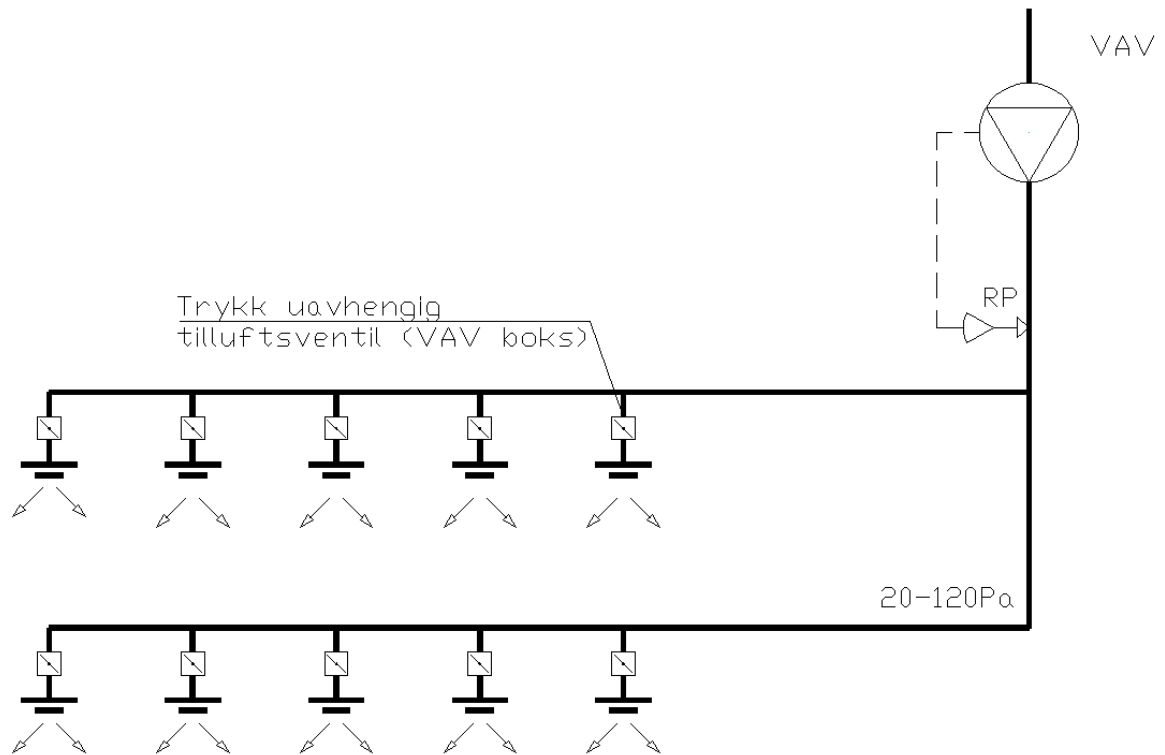
Figur 2-7 under viser et trykkavhengig VAV-anlegg. Her er luftmengden til rommet/sonen kontrollert med tillufts ventil med variable utløpsareal. Strømningen er bestemt av enhetens åpning (mellom 0-100%) og det underliggende konstante statiske trykket. For å sikre riktig arbeidsnivå på den variabel ventilen, må nivået på trykket i innløpet være nøyaktig kontrollert. Dette er gjort ved å installere aktive reguleringsspjeld på kanalene som forsyner de ulike soner, og opprettholde konstant trykk, for eksempel til ca 50Pa. Her blir de aktive reguleringsspjeldene definert som en aktuator/motorspjeld.



Figur 2-7 Trykkavhengig VAV-anlegg med trykk avhengig ventiler. Trykkgiver RP1 og RP2 sin skal-verdi er holdt til et nivå som kan forsikre et riktig arbeid til ventilen ved prosjektert luftmengde.

Alt ekstra reguleringsutstyr installert i anlegget gjør systemet generelt mer komplisert og kostbart. Dette er spesielt tilfelle ved implementering av VAV i eksisterende bygg, hvor omfattende renovering/oppussing ikke alltid er mulig og aktiv reguleringsspjeld ikke er lett å installere i kanalnettet.

Man kan unngå å bruke disse aktive reguleringsspjeld dersom man benytter trykkuavhengige ventiler. Et eksempel på et slikt anlegg er presenter i Figur 2-8. Luftmengden er regulert med ventilen. Ventilen består av en reguleringsdel med reguleringsspjeld og en lydtemper etter reguleringsdelen for å redusere støyen generert av spjeldet.



Figur 2-8 Trykkuavhengig VAV-anlegg trykk uavhengig ventiler. Trykk giver (RP) sin skal-verdi er holdt på et nivå som kan forsikre riktig arbeid av en trykk uavhengig VAV-enhet ved prosjektert/designet luftmengde.

Selv om ventilen har en lydtemper, kan støyproblemer oppstå ved høye trykkfall over ventilen. Dette er referert til å være et av de mest vanlige problemene assosiert med aktive ventiler. Også minimums luftmengder må holdes relativt høy på grunn av vanskeligheter med å regulere veldig lave luftmengder.

Man skal alltid se etter forenklinger, forståelse og toleranse mot avvik i driftsforholdene når teknisk løsning blir valgt.

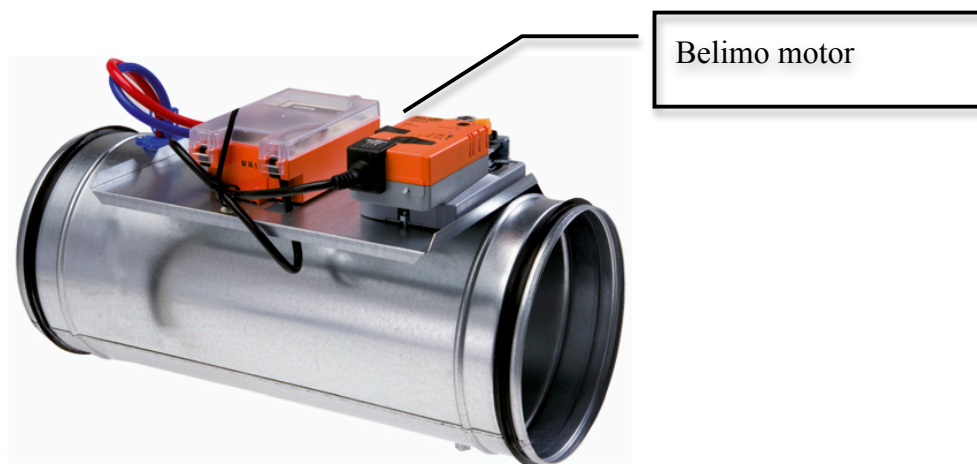
2.1.4 Utstyr

I det etterfølgende er det sett på de ulike utstyrskomponentene som inngår i et VAV-anlegg.

VAV-spjeld

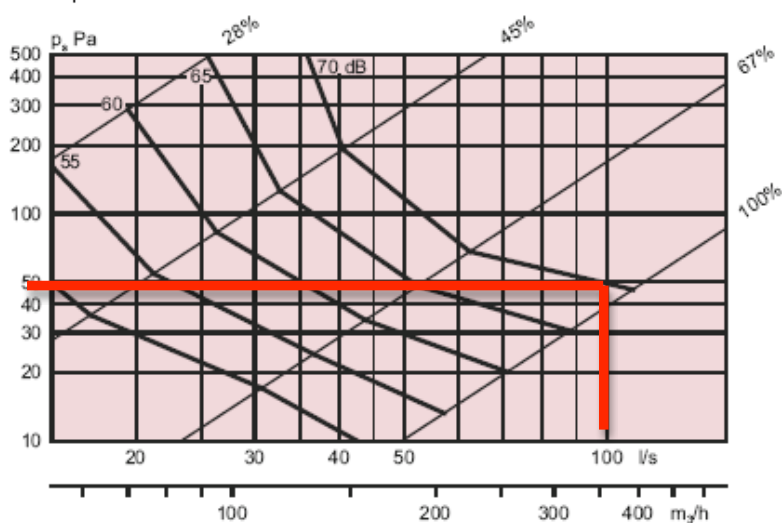
VAV-enheten (

Bilde 2-1) består av en strupeenhet som sitter inne i kanalen, en spjeldmotor som styrer spjeldet og en måleenhet som hele tiden registrerer luftmengden og gir et signal til spjeldmotoren om hvor mye luft som går gjennom VAV-enheten.



Bilde 2-1 VAV-spjeld type VARd fra Swegon med Belimo motor som samsvarer med det spjeldet som er installert på Kaffehuest Friele.

VARd125



Figur 2-9 Luftmengde, trykk og lydnivå diagram til et $\varnothing 125$ VAV-spjeld, type VARd fra [41]. Røde linjer i diagrammet viser arbeidskarakteristikken til et spjeld med $100 l/s$ Diagrammet viser luftmengde, trykk og lydnivådiagram, hvor rød linje viser et spjeld med 100% åpning og $100 l/s$ ($360 m^3/h$). Man ser da at trykkfall over spjeldet er $40 Pa$ og lydeffekten er ca $68 dB$.

Sensorer

Det finnes mange ulike sensortyper på markedet i dag, Tabell 2-1. Temperatur, CO₂, og bevegelse er de mest brukte. De fleste sensorene i dag kan også leveres med eget display som viser de registrerte verdiene.

Tabell 2-1 Sensortyper

Type sensor	Reguleringsprinsipp	Grenseverdi (anbefalt)	Fordeler	Ulemper	Anbefalt bruksområde
CO ₂	CO ₂ konsentrasjonen i rommet	800ppm	Tar hensyn til aktivitetsnivå, personbelastning	Tar ikke hensyn til andre forurensninger	Møterom med høy personbelastning
Bevegelse	Tilstedeværelse	-	Kan også styre lys	Tar ikke hensyn til aktivitetsnivå, personbelastning, lukt	Kontor
Temperatur	Romtemperatur	22°C	Tar hensyn til aktivitetsnivå, personbelastning	Tar ikke hensyn til lukt	Kontor
Fukt	Fukttinnhold i luften	50%	Tar hensyn til fuktproduksjon i rommet	Tar ikke hensyn til lukt	Svømmehall
(Tid)	Forutbestemt bruksmønster	-	Enkel, billig	Tar ikke hensyn til varierende bruksmønster	
VOC/IAQ	Luftkvalitetsføler			Skiller ikke mellom uskadelige og giftige gasser	Industri, lokaler med stor materialbelastning

Tabell 2-1 er en oversikt over ulike typer sensorer. Dens grenseverdier, fordeler/ulemper og anbefalt bruksområde. I det etterfølgende er det gitt en beskrivelse av et utvalg av sensorene i tabellen over.

Tilstedeværelse

Tilstedeværelse kan registreres enten ved å hjelp av telleapparater som teller antall personer som går inn i et rom og justerer luftmengdene deretter, eller ved hjelp av detektorer som reagerer på bevegelse. Ved bruk av telleapparater burde man også ha et system for å telle personer som går ut, slik at ventilasjonsanlegget alltid får et riktig bilde av tilstedeværelsen i lokalene. Ulempen med denne løsningen kan være at det kan oppstå feil dersom flere går ut eller inn samtidig. Det er mulig at telleapparatet da kan overse noen og dermed sende gale signaler til ventilasjonsaggregatet.

De vanligste bevegelsesdetektorer som benyttes til styring av ventilasjonsaggregater er passive og reagerer på endringer i infrarødstråling. De sender ikke ut noen signaler, men registrerer den infrarøde strålingen som alle varme legemer avgir. Slike detektorer lages av pyroelektriske materialer som endrer polaritet dersom de blir utsatt for temperaturendringer. Skiftende polarisering vil da indusere en elektrisk spenning som brukes som signal. Foran det pyroelektriske materialet blir det plassert en linse som transmitterer infrarød stråling. Denne har gjerne et optisk mønster på overflaten som deler opp ”synsfeltet” til det pyroelektriske materialet. Når en varmekilde passerer fra en del av

synsfeltet til en annen, vil detektoren reagere og sende ut et signal. Problemet kan være at altfor raske eller altfor langsomme bevegelser ikke blir registrert. De detektorene som er kommersielt tilgjengelige kan registrere stråling med bølgelengder i hele eller deler av intervallet mellom 0,15 og 20 μm , mens strålingen fra menneskekroppen er sterkest i området mellom 8 og 14 μm [13]. Ved å velge oppløsningen på linsen kan man bestemme hvor følsomt detektoren er for bevegelse. Stor oppløsning vil egne seg for å detektere små bevegelser, og motsatt. Rekkevidden bør velges slik at detektoren kan "se" hele oppholdssonen. Tiden mellom det siste registrerte signalet og endringen i innblåst luftmengde kan justeres og tilpasses bruksmønsteret. På denne måten unngår man at anlegget slås av når man sitter helt stille (som f. eks under stillesittende arbeid), eller når brukere forlater rommet for kortere perioder. Ulempen med bevegelsesdetektorer er at man vanskelig kan avgjøre hvor mange mennesker som oppholder seg i et rom. Man kan som oftest kun registrere om noen er der eller ikke, og dermed sende signaler om slå anlegget av eller på. Denne styringsmetoden representerer en klar forbedring mht energisparing sammenlignet med de tradisjonelle CAV-systemene som kontinuerlig tilfører lik mengde luft uansett om rommet er i bruk eller ikke, men den egner seg best i lokaler hvor tilstedeværelsen varierer og antall tilstedeværende personer er konstant som for eksempel i cellekontorer.

Karbondioksid (CO₂)

En mengde ulike CO₂ sensorer finnes på markedet i dag, både gamle og nye produkter. CO₂ sensorer blir ofte brukt til å holde konsentrasjonen i kontorer/møterom til 400-600ppm og maks 800ppm.

De vanligste CO₂-sensorer som brukes til styring av ventilasjonsanlegg benytter detektering av infrarød stråling. Dette kan skje på to måter: ved hjelp av fotoakustiske eller fotometriske sensorer [29]. En fotoakustisk sensor består av: et kammer som inneholder en luftprøve, en optisk filter som slipper gjennom kun lys med de bølgelengder som kan absorberes av CO₂, en lyskilde og en mikrofon. Når CO₂ molekyler absorberer strålingen vil de begynne å vibrere. Det vil skape et akustisk felt som mikrofonen tar opp og gjør om til elektroniske signaler. Disse signalene vil variere med konsentrasjonen av CO₂. En fotometrisk sensor vil fungere på lignende måte, men isteden for en mikrofon vil denne ha en fotocelledetektor som måler lysintensiteten for den bølgelengden som CO₂ absorberer. Jo høyere konsentrasjon av gassen, dess lavere lysintensitet [26]. Begge sensorer gir relativt nøyaktige målinger og har rask respons. Utgangssignalet vil variere mellom 0 og 10V for begge målemetoder. Problemet er at de kan påvirkes av elektromagnetiskstråling fra kabler og teknisk utstyr. Det er derfor anbefalt å sjekke og kalibrere sensorene med halvannet års mellomrom [29].

Luftkvalitetsfølere (VOC/IAQ)

Luftkvalitetsføleren kalles ofte total kontaminerte følere, fordi de måler og reagerer på et bredt spekter av ulike stoffer i luften. Disse følerne benytter et interaktivt, kjemikaliebasert oksideringselement. Når dette elementet utsettes for ulike stoffer i luften, vil føleren endre sin elektriske motstand og gi et utgangssignal. Følerens reaksjon er ikke påvirket av bare en type gass; utsignalet gjenspeiler den totale virkningen mange forskjellige stoffer i luften har på føleren. Stoffene den reagerer på kan være VOC-er, aerosoler, hydrokarboner eller bare skiftende temperatur og fuktighet. Den største ulempen med disse følerne er at de ikke kan skille mellom en potensielt skadelig luftforurensning fra giftige gasser og en ufarlig gass (for eksempel parfyme eller etterbarberingsvann) [5].

Plassering av sensorer

Etter å ha valgt passende styringsparameter og styringsstrategi er det veldig viktig å finne en god plassering for overvåkningssensorene. De må monteres slik at utgangssignalet gir et representativt bilde av inneklimate i oppholdssonen. Å montere en sensor nær forurensningskilden, ved vinduer og radiatorer eller i direkte sollys kan påvirke signalene og gi et feilaktig bilde av inneklimate. For å få en bedre oversikt over lokalet kan man installere flere sensorer til å kontrollere et rom. En slik løsning vil imidlertid gjøre overvåkingen dyrere og mer komplisert. Luftstrømninger vil påvirke signalene som blir registrert. Derfor er det viktig å tenke på hvordan ventilasjonsluften vil fordele seg i rommet. Ved fortrengningsventilasjon vil forurensninger stige oppover mot taket med konveksjonsstrømmer som oppstår rundt varme gjenstander og personer. Sensoren bør da plasseres enten i overgangssonen mellom ren og forurenset luft, eller i avtrekkskanalen gitt at den målte konsentrasjonen er representativ for forurensningen i oppholdssonen [20]. Ved omrøringsventilasjon kan man i prinsippet montere sensoren hvor man vil fordi forurensningskonsentrasjonen vil forventes å være jevnt fordelt i rommet, men i virkeligheten vil sensorplasseringen likevel være av betydning siden det ofte oppstår konsentrasjonsgradienter og dødsoner hvor måling kan gi feil verdi [31]. Sensoren bør plasseres i oppholdssonen 1,5 m over gulvet, slik at romluften fritt kan strømme forbi den. Imidlertid er denne løsningen svært lite brukervennlig. Apparatet vil da med stor sannsynlighet være i veien for brukere av rommet og de vil alltid måtte ta ansvar for å ikke støte bort i eller puste direkte på det og dermed forstyrre signalene. De fleste apparatene blir i praksis derfor montert enten på en av veggene, i taket eller i avtrekkskanalen. Dette er en grei løsning dersom man klarer å finne et sted hvor forurensningskonsentrasjonen varierer i samme takt som konsentrasjonene i rommet. Dersom man har mulighet til det, er det derfor viktig å foreta nærmere undersøkelser av luftstrømningen og fordelingen av forurensningskonsentrasjonene.

Bevegelsesdetektorer som passivt detekterer infrarød stråling bør ha en direkte, uhindret utsikt til bevegelsen for å kunne registrere den [10]. De må derfor plasseres slik at møbler og innredning ikke sperrer signalene.

2.1.5 Fordeler og ulemper med behovsstyrte anlegg

Fordeler med DCV-anlegg er avhengig av klima, bygningstype, konstruksjonen av ventilasjonsanlegget og bruksmønster [27].

Fordelene med DCV-anlegg er at de sørger for en plattform til menneskenes velvære, godt romklima, akseptable eller krevde konsentrasjoner av forurensninger i romluften og bevarer/reducerer energi .

Et godt inneklima kan oppnås med tradisjonelle ventilasjonssystemer, DCV-anlegg tilbyr en mer energi effektiv løsning. Energibevaringen/reduksjonen oppnådd i ventilasjonsanlegg har vært opp mot 60% ved bruk av DCV-anlegg .

Den største totale fordel vil bli oppnådd når en bruker DCV-anlegg i kombinasjon med annet energisparing og luftkvalitet styring/kontroll målinger. For eksempel, en lav konsentrasjon av forurensning oppnås med minimum luftmengde og ved å høy ventilasjonseffektivitet.

Sparing er bare mulig under følgende betingelser:

- Friskluftmengdene må være kontrollerbar
- Brukertettheten eller andre dominerende forurensning kilder må være variabel.
- Styrken av den kontrollerte forurensningen må være dominerende og utslipp fra andre kilder må være lav

Ved å bruke tilgjengelig teknologi, vil DCV-anlegg kreve økt vedlikehold i forhold til tradisjonelle anlegg. Ellers er det risiko for at energibruken faktisk vil øke eller at luftkvaliteten forverres.

2.2 Behovsstyrt varme

Hva som er “riktig” romtemperatur er i stor grad avhengig av om det er mennesker i rommet eller ikke. I oppvarmings sesongen kan man spare energi ved å la romtemperaturen synke om natten, i helger og i ferier. Dette kan man få til med såkalt “nattsenkingsautomatikk”. Enkle systemer bare senker og hever termostat skal-verdien mellom gitte grenser etter tiden på døgnet. Mer sofistikerte systemer tar i tillegg hensyn til hvor kaldt det er ute og starter oppkjøringen til komforttemperatur tidligere på kalde enn på mildere dager (“optimal start”). Dette for å sikre at komforttemperatur er nådd når folk kommer om morgenen. Tidspunkt for å starte oppkjøring som funksjon av utetemperatur kan være lagt inn som faste kurver i automatikksystemet. Men det finnes også “smarte” systemer som prøver seg fram og “lærer”, og på denne måten får man derfor de helt riktige kurvene for akkurat dette bygget.

På samme måte som i oppvarmings sesongen kan man i kjølesesongen spare energi ved å redusere kjølingen og la romtemperaturen stige når folk ikke er til stede. Man har i tillegg mulighet for “frikjøling” ved å la ventilasjonsanlegget gå for fullt i en periode om natten og kjøle ned bygningskonstruksjonen for å møte neste dags varmebølge. Selv i døgn i Norge hvor temperaturen ute kommer opp i 26-27°C på ettermiddagen er temperaturen vanligvis nede i 13-15°C om natten.

Også oppvarming og kjøling kan til en viss grad styres etter tilstedeværelse for å spare energi. Dersom rommet står tomt på dagtid kan automatikken la romtemperaturen synke/stige en grad eller to under/over komforttemperatur, men ikke lenger enn at den relativt raskt kan bringes tilbake til komforttemperatur når det kommer folk.

2.3 Behovsstyrt belysning

Erfaringer viser at mange yrkesbygg har et stort sparepotensial når det gjelder energieffektiv belysning. Belysning utgjør 30-60% av totalt elektrisitetsforbruk (30% utgjør 10 TWh/år) [11].

I tillegg påvirker belysning andre fagområder som for eksempel varme og ventilasjon. For mange og feil belysning kan skape et varmeoverskudd som igjen gir behov for kjøling. Ved planlegging av bygg bør derfor ulike fagområder ses i sammenheng. Mye kan gjøres med enkle midler og oppmerksomhet rundt planlegging, utforming og drift. Økt automatisering er et enkelt tiltak som kan ha stor effekt [11].

Det mest effektive belysningstiltaket er å installere persondetektor som skruer av belysningen når rommet står tomt. Dagslyssensorer kan sammen med egnede lysarmaturer redusere den elektriske belysningen i takt med innfallende dagslys (dimming) for å oppnå konstant belysning av arbeidsflatene. Men et rimeligere alternativ er å la dagslyssensoren skru av armaturene nærmest vinduene når dagslysinnfallet er tilstrekkelig. Denne måten å gjøre det på vil gi noe variasjon i belysningen av arbeidsflatene, men innen helt akseptable grenser.

I tillegg til dagslyssensor bør det være en persondetektor i rommet som kan skru av belysningen helt når rommet står tomt.

Et argument mot behovsstyrt belysning er at levetiden på lysrørene reduseres når de skrues ofte på/av. I kontorer som ikke er i bruk kan en også redusere krav til romtemperatur. Man kan da utvide ”dødbåndet” mellom oppvarming og kjøling slik at det ikke benyttes kjøpt energi til oppvarming/kjøling når det ikke trengs.

2.4 Funksjonskontroll

I Norge er tilstandskontroll noe som typisk utføres og dokumenteres i ferdigstillelsen og overtagelsen av et bygg fra entreprenør til oppdragsgiver. Til dette finnes det en rekke standarder. Et internasjonalt forskningsprosjekt Annex 40 i regi av IAE (International Energy Agency) og en arbeidsgruppe sammensatt av representanter fra ulike land, inkl Norge, hadde som mål å utvikle verktøy i forbindelse med kontinuerlig tilstandskontroll i bygninger [16]. Arbeidsgruppen har laget et program for kontinuerlig tilstandskontroll gjennom hele byggets levetid (gjennom fasene pre-design, design, utarbeidelse, konstruksjon og drift og vedlikehold) og målet var at kontinuerlig funksjonskontroll skulle bli en naturlig del av byggeprosessen og i ledelsen av drift og vedlikeholdsaktivitetene i eksisterende bygninger.

Det er fire typer funksjonskontroll prosesser [47].

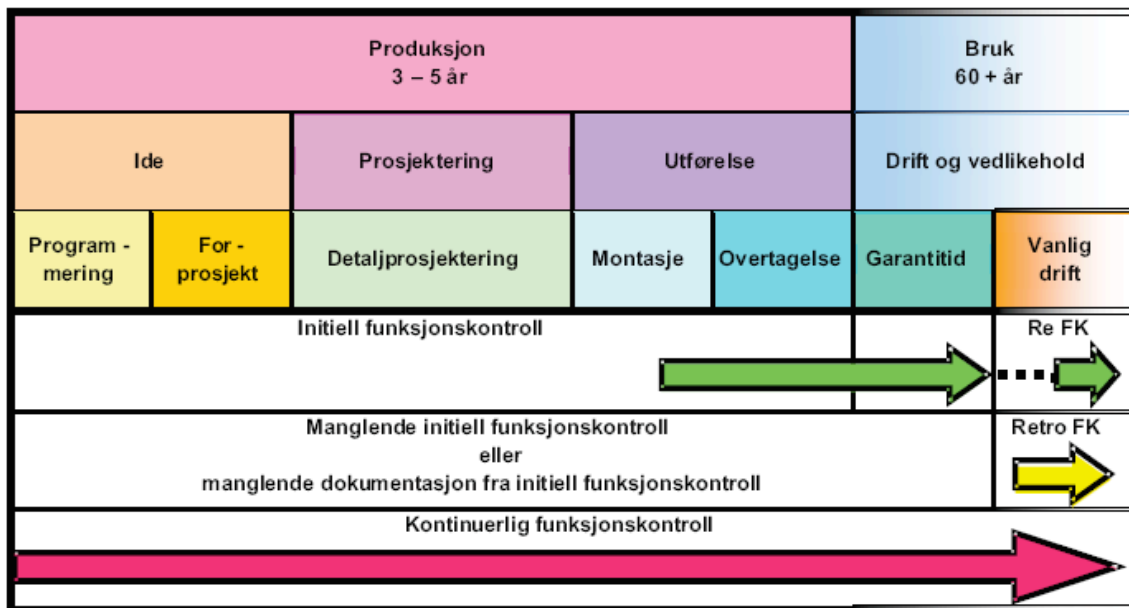
1) Initiell funksjonskontroll (I-Fk), 2) Retro funksjonskontroll (R-Fk), 3) Gjentatt funksjonskontroll (G-Fk), 4) Løpende funksjonskontroll (L-Fk)

Funksjonskontroll [48]: Funksjonskontroll gjennomføres under ledelse av kvalifisert funksjonskontrollmyndighet, med mål om å sikre at de tekniske installasjonene er prosjektert, installert og funksjonstestet slik at de kan bli drevet og vedlikeholdt på en slik måte at de kan oppfylle byggherrens kravspesifikasjoner med hensyn til miljø, energi og ressursbruk. Disse hensyn betyr at inneklimate skal holdes innenfor sunne og komfortable tilstander, at bruken av energi er minimalisert, at urbant og globalt miljø er ivaretatt, at de tekniske installasjoner er mulig å vedlikeholde og at de oppnår lang levetid.

- 1) **Initiell funksjonskontroll:** En type funksjonskontroll som anvendes ved produksjon av nye bygninger og/eller ved installasjon av nye teknisk anlegg. Den er definert som systematisk prosess som begynner ved programmering og avsluttes ved avsluttet garantitid. Omfang av funksjonskontrollprosessen som anvendes er avhengig av byggherrens ønske og kan bli definert i kontrakten mellom byggherren og funksjonskontrollmyndigheten. Det er sterkt anbefalt å være konsekvent i anvendelse av begrepet initiell funksjonskontroll. Som nevnt gjelder denne funksjonskontrollen, når nytt utstyr i en eksisterende bygning (for eksempel installering av kjøleanlegg i et eksisterende bygning som opprinnelig hadde kun oppvarming) bør det omtales som initiell funksjonskontroll.
- 2) **Retro funksjonskontroll:** En type funksjonskontroll som for første gang anvendes på eksisterende bygning hvor det ikke finnes dokumentasjon om tidligere anvendelser av funksjonskontroll. I mange tilfeller kan prosjektdokumentasjon for en eksisterende bygning være mistet eller den stemmer ikke med den aktuelle situasjonen på bygget. På grunn av dette, vil retro funksjonskontroll inneholde verifikasjonsprosess for prosjektering som vist i deler av initiell funksjonskontroll.
- 3) **Gjentatt funksjonskontroll:** Funksjonskontroll som benyttes etter initiell eller retro funksjonskontroll når byggherren ønsker å verifisere, forbedre og dokumentere ytelsen av tekniske systemer. Årsak for gjentatt funksjonskontroll kan være forskjellige, som for eksempel endring av brukerbehov, oppdagelse av utilstrekkelig ytelse av teknisk anlegg, ønske om å rette feil oppdaget ved initiell funksjonskontroll. Periodisk gjentatt funksjonskontroll sikrer at den opprinnelige ytelsen opprettholdes. Gjentatt funksjonskontroll gjennomfører den opprinnelige funksjonskontroll med mål om å opprettholde systemytelsen i bygget.
- 4) **Kontinuerlig funksjonskontroll:** Funksjonskontroll som anvendes kontinuerlig med mål om å opprettholde, forbedre og optimalisere ytelsen av tekniske anlegg

etter initiell- eller retro funksjonskontroll. Forskjell mellom kontinuerlig og gjentatt funksjonskontroll er at gjentatt funksjonskontroll referere ytelsen til de opprinnelige tekniske anleggene, mens den kontinuerlige funksjonskontroll fokuserer på optimalisering av ytelsen. Kontinuerlig funksjonskontroll er en løpende prosess gjennom forvaltningsstadium med mål om å løse driftsproblemer, forbedre komfort, optimalisere energiforbruk og anbefale forbedringstiltak dersom disse er nødvendig.

Figur 2-10 viser bygningers livsløp³ og hvor de ulike funksjonskontroll implementeres i prosessen.



Figur 2-10 Bygningers livsløp [34].

På

Figur 2-10 ser en bygningers livsløp og hvor i prosessen de ulike typene funksjonskontroll starter. Initiell funksjonskontroll starter ved ide fasen og avsluttes ved når garantiperioden har utløpt. Gjentatt funksjonskontroll (Re FK) starter hvor initiell kontroll slutter og følger driftsfasen utover. Retro funksjonskontroll starter etter garantiperioden når det mangler initiell funksjonskontroll i prosjekt gjennomføringen. En kan også se at det bare er kontinuerlig funksjonskontroll som følger hele byggets levetid.

2.4.1 Kontinuerlig funksjonskontroll

Forkortelsen Fk bli benyttet istedenfor kontinuerlig funksjonskontroll videre i denne rapporten.

”Fk er en prosess som skal sikre at tekniske installasjoner er prosjektert, installert og funksjonstestet slik at de kan bli drevet og vedlikeholdt på en slik måte at de er i stand til å oppfylle byggherrens kravspesifikasjoner med hensyn til miljø, energi og ressursbruk gjennom hele livsløpet for bygningen” [34].

³ I vugge til grav for en bygning snakker en også om livsløp, men da tar en også med riving og fjerning av bygget, det avviker fra figuren da denne kun går frem til og med drift av bygget.

Fk er en metode som går lengre enn andre drift- og vedlikeholdsmetoder,

Figur 2-10. Hovedforskjellen ligger i hva man sammenligner tilstandskontrollen opp mot; de fleste andre metoder fokuserer på at systemet skal fungere slik som opprinnelig prosjektert, mens Fk har fokus på at systemet skal fungere optimalt for å møte de nåværende krav. I løpet av Fk prosessen blir det utført en omfattende vurdering av bygnings- og systemfunksjonene, og optimale parametre og driftsplaner blir utviklet ut fra de virkelige forutsetningene og det nåværende bruksmønsteret.

Den norske metoden for FK har blitt sammenlignet med den amerikanske metoden ”Continuous CommissioningSM” (CCSM) (patentert) [46]. Det ble registrert noen ulikheter, hvor hovedfordelene til CCSM kort blir listet opp punktvis under:

- Hele prosessen er dekket i en metode
- Involveringen av driftspersonalet er bedre beskrevet gjennom prosessen
- Vektleggingen på inneklimate er konsekvent gjennom hele prosessen

Fk forutsetter bruk av bestemte prosedyrer for oppfølging av bygg og anlegg fra design til drift som beskrevet i modell for kontinuerlig funksjonskontroll [34].

Begreper brukt i FK prosedyren:

- **Funksjonskontroll** vil si å kontrollerer installasjoner om det faktisk tilfredsstillende eventuelle krav stilt til installasjonen, i de ulike stadier i et byggeprosjekt.
- **Kontinuerlig funksjonskontroll** vil si å etablerer funksjonskontroll som en kontinuerlig aktivitet for å sikre at funksjonen ivaretas ved eventuell skifte av tidsfaser, aktører og endringer som oppstår underveis.
- **Kontrollerende kontinuerlig funksjonskontroll** er en overordnet kontrollaktivitet som sikrer at funksjonskontrollen blir ivaretatt. Dette vil være en uavhengig aktør som ikke er knyttet til prosjekteringsgruppens medlemmer eller entreprenøren.

Aktører som inngår i gjennomføring av Fk er en prosjektleder (PL), en Kontrollerende kontinuerlig funksjonskontrollør (K-Fk), prosjekteringsgruppe (PG), funksjonskontrollkoordinator, entreprenører (E) og byggeleder (BL).

Modell for gjennomføring av kontinuerlig funksjonskontroll er en beskrivelse for rammeverket for hvordan denne aktiviteten kan etableres på en systematisk måte. I et byggeprosjekt viser erfaring stor uoverensstemmelse mellom intensjon og virkelighet. Ved bruk av systematisk kontinuerlig funksjonskontroll gjennom hele byggefase, altså fra idéfase til ordinærdrift, har en som mål å sikre at avtalte ytelser blir som forutsatt, og på denne måten oppnå fullt og helt intensjonen til byggherre. Kravspesifikasjoner gitt fra byggherre er som regel basert på inneklimate, energibruk og økonomi. Eksempler på slike ytelser er temperatur, fuktighet, ren luft, energibruk, kostnader, varme, kjøling, lys ventilasjon etc. Motivasjonen for å gjennomføre kontinuerlig funksjonskontroll er ønsket fra profesjonelle aktører å oppfylle krav til effektiv og sikker drift, riktig inneklimate, rasjonell bruk av energi, liten påvirkning av utemiljø, god sikkerhet og god økonomi over hele byggets livsløp.

Årsaker til at forventninger til et bygg ikke tilfredsstilles kan være [34]:

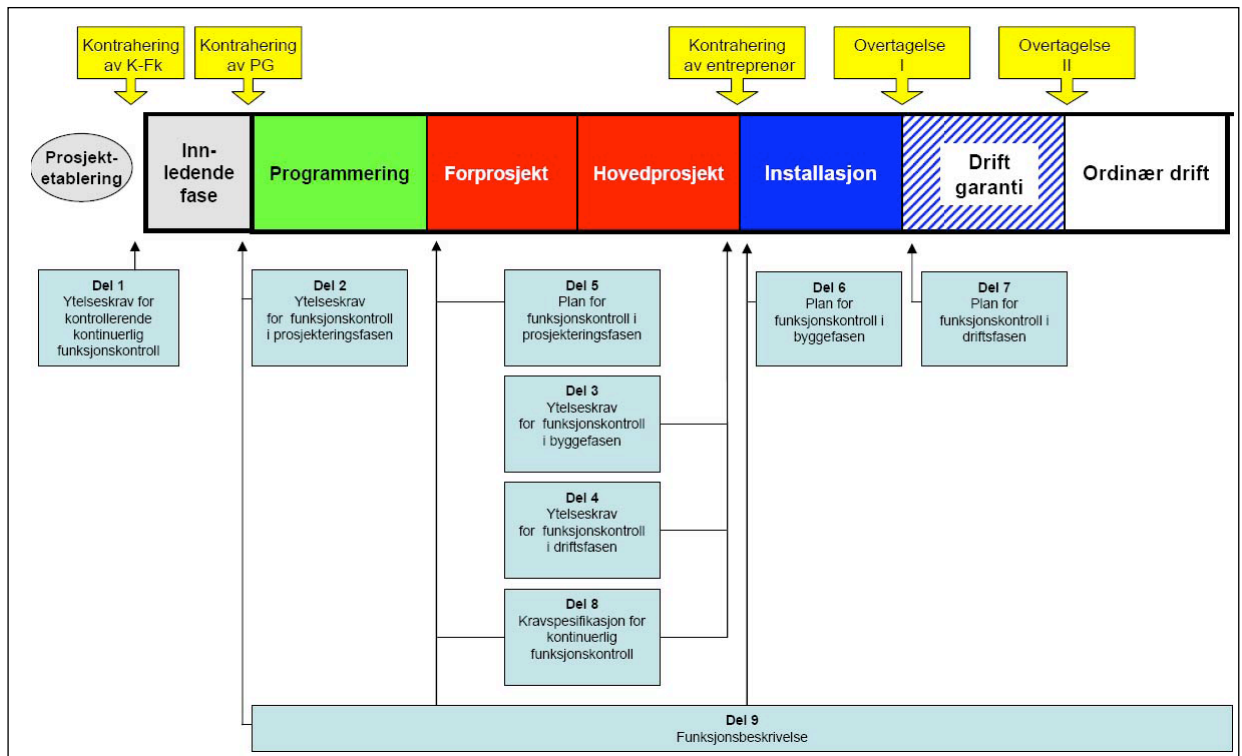
- Feil i design av bygningen
- Feil gjort i prosjektering
- Feil gjort i byggefase

- Ufullstendig idriftsettelse
- Dårlig prosjektledelse

Kontinuerlig funksjonskontroll er et verktøy som skal hjelpe med å hindre/reducere feil eller ikke optimale driftsløsninger på et tidligere tidspunkt, slik at økte energikostnader unngås.

Modellbeskrivelse av kontinuerlig funksjonskontroll,

Figur 2-11 er en systematisk oversikt som beskriver de ulike fasene i et byggeprosjekt og hvilke dokumenter funksjonskontrollen tilsier skal leveres/utarbeides.



Figur 2-11 Viser tidspunkt for etablering av ulike dokumenter i ulike faser i et byggeprosjekt [32].

Figur 2-11 er en oversikt over faseinndeling i et tradisjonelt byggeprosjekt slik det gjerne praktiseres i dag. Fasene kan slås sammen eller få en annen oppdeling dersom entreprisformen avviker fra den tradisjonelle. Figuren viser også hvilke dokumenter som skal utarbeides eller leveres i de ulike fasene.

Under følger en gjennomgang av de ulike fasene og tilhørende leveranse av dokumenter.

Prosjektetableringsfase

I denne fasen blir det etablert kontrakt mellom tiltakshaver og K-Fk, det vil si den som har fått i oppgave å koordinere funksjonskontrollaktivitetene i prosjekteringsfasen. Ytelseskrav skal etableres og tilpasses for K-Fk til bygget.

Dokumenter som skal leveres i denne fasen er:

- Ytelseskrav for kontrollerende kontinuerlig funksjonskontroll.

Innledendefase

I denne fasen skal det etableres underlag for kontrahering av prosjektgruppe og etablere funksjonsbeskrivelse. Ytelseskrav for K-Fk i prosjekteringsfasen skal etableres og tilpasses. Det skal også lages en funksjonsbeskrivelse.

Dokumenter som skal leveres i denne fasen er:

- Ytelseskrav for kontrollerende kontinuerlig funksjonskontroll
- Funksjonsbeskrivelse.

Prosjekteringsfase

I denne fasen skal byggherrens ønsker for bygget konkretiseres. Prosjekteringsgruppen skal på grunnlag av byggherrens ønsker planlegge et bygg med installasjoner. Funksjonskontrollen skal kontrollere at byggherrens krav og forventninger er ivaretatt. Målsetninger for funksjonskontroll i programmeringsfasen er å nedfelle tiltakshavers ambisjonsnivå i henhold til funksjon, og fastsetting av tilhørende krav til funksjonskontroll. Det skal også gjennomføres funksjonskontroll for å være sikker på at programmet har de kvalitetene og er i stand til å gi de ytelse tiltakshaver forventer. Mens målsetting for prosjekteringsfasen er å etablere systemdesign på basis av programmet og gjennomført prosjekt. Fortsette funksjonskontroll for å kontrollere at systemet kan gi ytelse i henhold til forprosjekt. Videre etableres underlag for kontrahering av entreprenører i bygge-, overtakelses- og driftsfase samt at det etableres underlag for driftsorganisasjonen i driftsfasen. Dette sikre at byggherrens krav og forventninger til bygningen ivaretas gjennom prosjektering, bygging og bruk.

Dokument som skal leveres i denne fasen er:

- Plan for funksjonskontroll gjennom prosjekteringsfasen
- Kravspesifikasjon for kontinuerlig funksjonskontroll
- Funksjonsbeskrivelse
- Ytelseskrav for funksjonskontroll i byggefasen
- Ytelseskrav for funksjonskontroll i driftsfasen

Bygging- og installasjonsfase

I denne fasen skal bygget og det tekniske systemene etableres i henhold til kravspesifikasjonene.

Målsettingen for K-Fk i denne fasen er å:

- Gjennomføre installasjon og testing av alle relevante systemer.
- Dokumentere alle tester og verifisere at funksjonen til installert system er i henhold til spesifikasjonen.
- Minimere antall feil og mangler i byggefasen og redusere tids og kostnadsoverskridelser.

Dokumenter som skal leveres i denne fasen:

- Plan for funksjonskontroll i byggefasen
- Funksjonsbeskrivelse
- Plan for funksjonskontroll i driftsfasen

Driftsfase

I denne fasen skal K-Fk sikre at teknisk utstyr fungerer optimalt, og etablere kontinuerlig statusoversikt over byggets tilstand

Målsettingen for K-Fk i denne fasen er å:

- Hindre kostnadsdrivende feil og oppdage oppståtte feil raskt.

Dokumenter som skal leveres i denne fasen:

- Ingen

Metoder for kontinuerlig overvåking og kontroll

Det finnes mange ulike metoder for kontinuerlig overvåking og kontroll, men det skilles mellom tre hovedtyper [15]. Metodene er kort forklart under.

- **Manuelle metoder**
Arbeidskrevende metode som baseres på manuelle målinger på bygget og dataloggere over tid. Det er utviklet mange ulike sjekklister/retningslinjer for manuell funksjonskontroll [1].
- **Automatiske metoder**
Benytter SD-anlegg til å overvåke og kontrollere. I stedet for manuelle målinger vil måleorganene være integrert i de tekniske anleggene.
- **Modell metoder**
Her blir også SD-anlegget benyttet for innhenting av informasjon, men analysering av data er annerledes.

Eksempler på feil i anlegg og hva en bør søke (FDD) etter i en funksjonskontroll.

Varme/kjøle batteri

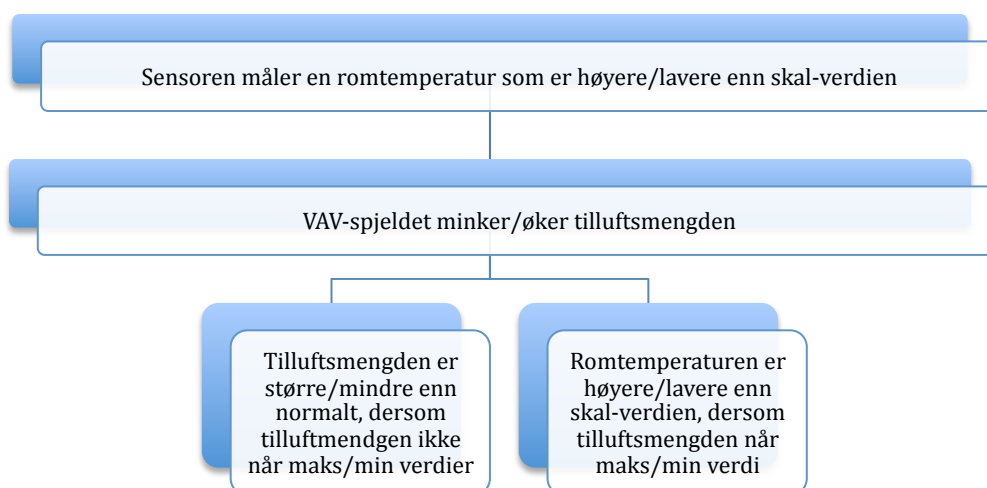
Mulige problemer/feil med batterier i drift fasen er at batterirørene blir begrodd og at ribbene er skitten. Symptomene for disse feilene er at mengden varmeoverføring blir mindre enn på et vanlig batteri, og at utløpsluften og vann temperaturen avviker fra vanlige batterier. Dersom SD-anlegget ikke måler luft- og vannmengde, kan disse data finnes fra kanal og rør anlegget. Dersom SD-anlegget måler luftmengdene, tilluft, fraluft og utetemperaturen og luftfuktighet, vannmengde, og inn og utløps vanntemperatur, kan funksjonskontrollen på et batteri gjøres ved å kontinuerlig sammenligne avkast- og vanntemperatur med målte verdier.

Ventil og spjeld

Mulige feil på ventiler og spjeld, er at de sitter fast eller posisjonen som er bestemt av aktuatoren ikke kan nå ønsket posisjon. Symptomene for disse feilene er at luft- eller vannmengden ikke kan matche den krevde verdien.

Romtemperatur føler

Dersom romtemperatur føleren har et avvik måleavvik fra temperaturens skal-verdi, vil et VAV-anlegg reagere som vist i figuren under.



2.5 Termiske forhold og kravspesifikasjoner

I dette kapitlet er det en kort orientering om termiske forhold og dens grenseverdier da det er referert til disse verdiene ved analysering av måleresultatene utført i denne masteroppgaven.

2.5.1 Temperatur

Lufttemperaturen er den mest vesentlige faktoren i det termiske innelima.

Lufttemperaturen har stor betydning for opplevelsen av varme og kulde. Omgivende flaters temperatur kan bidra til avkjøling eller oppvarming. Slike gradienter kan komme av kalde vinduer og vegger, dårlig tilpasset ventilasjon, lyskilder, kontormaskiner og solinnstråling. Stor temperaturforskjeller mellom hode og føtter er plagsomt og bør unngås ($< 3^{\circ}\text{C}$).

Arbeidstilsynet [3] har satt grenseverdier for temperatur til å ligge under 22°C , temperatur under 19°C eller over 26°C bør unngås og at temperaturdifferansen mellom hode og ankel bør være $< 3^{\circ}\text{C}$.

2.5.2 Operativ temperatur

Operativ temperatur er en betegnelse som brukes som mål for menneskets opplevde temperatur. Ved en gitt aktivitet og bekledning kan man måle optimal operativ temperatur.

$$t_{op} = \frac{t_a + t_s}{2}$$

hvor:

t_{op}	-	operativ temperatur	$[\text{C}]$
t_a	-	lufttemperaturen	$[\text{C}]$
t_s	-	romflatens midlere overflatetemperatur	$[\text{C}]$

Eksempel:

Om lufttemperaturen er 20°C , men du står inntil et stort vindu eller en kald vegg som bare har en overflatetemperatur på 10°C , så opplever du en operativ temperatur på $(20 + 10)/2 = 15^{\circ}\text{C}$ på den siden som vender mot vinduet eller veggen.

Om en kontorarbeider sitter inntil et varmeapparat med overflatetemperatur 50°C , vil personen oppleve en operativ temperatur på $(20 + 50)/2 = 35^{\circ}\text{C}$

Det er derfor viktig å vektlegge disse forhold ved innredning av bygget/rommet.

”Kunnskapsbanken” [17] har grenseverdier for operativ temperatur og den bør ligge mellom $20\text{-}23^{\circ}\text{C}$ i vinterhalvåret og $22\text{-}26^{\circ}\text{C}$ i sommerhalvåret.

Optimal operativ temperatur:

$$\theta_0 = 33,5 - 3I_{clo} - (4,6 + 2,9I_{clo})m_{met}$$

$$\theta_{0, \text{inter}} = 33,5 - 3 \cdot 1 - (4,6 + 2,9 \cdot 1)1,2 = \underline{21,5^\circ C}$$

$$\theta_{0, \text{sommer}} = 33,5 - 3 \cdot 0,5 - (4,6 + 2,9 \cdot 0,5)1,2 = \underline{24,7^\circ C}$$

hvor:

θ_0	- optimal operativ temperatur	[°C]
I_{clo}	- isoleringsevne/bekledning	[m ² K/W]
m_{met}	- aktivitetsnivå	[W/m ²]

På Kaffehuset Friele er det solavskjermede glass og utvendig solavskjerming, som gjør at man dekker ulike termiske krav som temperaturgradienten i rommet og strålingssymetrien⁴, som ytre belastninger gir.

2.5.3 Karbondioksid CO₂

CO₂- konsentrasjonen i romluften brukes som en hensiktsmessig indikator på ventilasjonens godhet/effektivitet og dermed også på forurensningsgraden av inneluften. Karbondioksid (CO₂) dannes ved forbrenning, som beskrevet i kapittel 3.1.2, og ved at mennesker puster. Ren uteluft inneholder ca 350-400 ppm CO₂.

Måling av CO₂ innendørs brukes, som nevnt, som indikator på luftutskiftning i rommet. Dess høyere nivå inne, dess dårligere luftutskiftning og dermed økt opphopning av forurensninger generelt. Ved en konsentrasjon > 1000ppm (= 0,1 vol%=1800mg/m³), anses luften så pass forurenset at man vil oppleve den som innestengt og tung.

Arbeidstilsynet [3] har satt grenseverdien for CO₂ konsentrasjonen, til ikke å overskride 1000ppm (= 0,1vol% =1800mg/m³)

2.5.4 Luftfuktighet

Relativ luftfuktighet angis i prosent, og sier hvor mye vanndamp luften inneholder i forhold til hva den kan inneholde dersom den var mettet. Når den relative luftfuktigheten er 0%, er luften fullstendig tørr, og ved 100% er den mettet med vanndamp (kondens). Luftens evne til å ta opp fuktighet øker med høyere temperatur.

På grunn av fremvekst av sopp, husstøvmidd, kondensdannelse samt helsemessig årsaker bør man være forsiktig med luftfuktighet over 35-40% spesielt på vinterstid. Generelt er det lavere relativ fuktighet i uteluften om vinteren. I de fleste tilfeller er ikke problemet for lav fuktighet men for høy. Relativ luftfuktighet i uteluften variere i forhold til årstid, geografi og klima.

Arbeidstilsynet [3] har sagt at grenseverdien for luftfuktighet bør ligge mellom 20-60%.

⁴ Strålingssymetrien angir forskjellen i overflatetemperatur på to motstående flater

2.5.5 Lyd/støy

Lyd er hørselsinntrykk som oppleves som hyggelige og behagelige og er viktig for trivsel, helse og velvære. Støy er lyd som virker negativt, skaper mistrivsel, føre til adferdsendringer, forstyrrende i prat og oppleves som et irritasjonsmoment. Støy defineres som uønsket lyd, og i inneklimasammenheng vil dette som regel være lyder som påvirker muligheten til å føre en samtale uanstrengt. Lavfrekvent støy har også vist seg å gi ubehag hos enkelte, selv om lydnivået er lavt.

NS 8175 [37] har satt grenseverdi for kontorer til 35dB(A) i klasse B hvor personer kan bli forstyrret av lyd og støy til en viss grad. Klasse C er minstekrav i henhold til teknisk forskrift.

Klasse	A	B	C	D
Lydtrykknivå dB(A)	30	35	40	45

2.5.6 Trekk/Lufthastighet⁵

Lufthastighet i oppholdssonen er et viktig kriterium for termisk komfort. Trekk/lufthastighet defineres som opplevelsen av kald luft i bevegelse og er blant de inneklimakriteriene som har den største hyppighet av klager. Trekk fremtrer ved kombinasjon av lufthastighet og temperatur, eller ved stråling til kalde flater. Dersom lufttemperaturen er lav, vil luftbevegelsen oppleves som trekk. Noen ventilasjonsanlegg gir trekk, og trekk kan også merkes ved lufting. Trekk skjer ofte ved at avtrekket i ventilasjonssystemet drar inn kald luft fra vinduer, trappeoppganger og lignende, eksempelvis utettheter i konstruksjonen.

Arbeidstilsynet [3] har satt grenseverdien for trekk/lufthastighet til ikke å overskride 0,15m/s på arbeidsplasser med fysisk lett arbeid om vinter og om sommer tillates lufthastighet på 0,20m/s.

Vinter $v_{maks} = 0,15 \text{ m/s}$
Sommer $v_{maks} = 0,20 \text{ m/s}$

2.5.7 Lys og belysning

Belysningen i en bygning kommer fra dagslyset og den kunstige belysningen. Dagslyset er gitt av vinduets størrelse, utforming, avskjerming m.m., mens den kunstige belysningen er bestemt av armaturtyper, plassering, lyskilder m.m. Rommets utforming og farger er også med på å påvirke belysningsforholdene.

Lysets oppgave er å gi gode synsforhold for ulike aktiviteter, arbeidsplasser og interiør, samt skape trygge- og behagelige omgivelser.

Belysningsstyrke (lux) er belysningen (middelverdi) ned på arbeidsfeltet.

⁵ Det er ikke utført trekkmålinger på Kaffehuset Friele beskrevet i denne rapporten.

Luminans (candela) – er bestemt av vinduer, belysningsarmaturenes lysavgivelse og fordeling av refleksjonsflater i rommet.

Lyskultur [21] har satt kravet for belysning av kontor til 500lux og møterom 300lux.

2.5.8 Luftstrømning i rommet

Utskiftning av brukt forurenset luft, gjøres for å skape godt klima i en bygning. Dette kan i hovedsak gjøres enten ved hjelp av fortrenings- eller omrørings ventilasjon.

Fortreningsventilasjon⁶

Ved denne metoden tilføres luft via (relativ) store ventiler plassert nede ved gulv. Luftforsyningen kan skje både ovenfra langs vegger, eventuelle søyler eller nedenfra gjennom dekke. For at dette ventilasjonsprinsippet skal fungere må friskluften hele tiden tilføres med en viss undertemperatur, men faren for trekk når luften tilføres direkte i oppholdssonen gjør at en nedre grense for tilluftstemperaturen i komfortanlegg normalt vil være ca +18°C. Av samme grunn blir nødvendig ventilareal relativt stort siden lufthastigheten må holdes på et minimum. Når den undertempererte tilluften siver inn i rommet vil den ”renne” utover gulvflaten som en elv og fylle rommet nedenfra med frisk luft som vann i et kar.

Den gamle og brukte luften fortrenes oppover i rommet og trekkes av via avtrekksventiler som alltid skal plasseres helt oppe ved tak. Arealer med stor takhøyde i forhold til oppholdssonen egner seg best til fortreningsystemer.

Omrøringsventilasjon

Ved denne metoden tilføres luften via ventiler i tak eller høyt oppe på vegg. Lufttilførselen ligger nå utenfor oppholdssonen og kan derfor skje med betydelig høyere hastighet. Ofte vil høy hastighet også være nødvendig for å få friskluften ordentlig ned i oppholdssonen. Når luften trenger inn i oppholdssonen skal imidlertid luftstrålens impuls (bevegelsesenergi) stort sett være brukt opp for at vi skal unngå trekk. For å få dette til kreves det nøye beregninger av luftstrålens retning, impuls og temperatur. Høy impuls i tilluften er også nødvendig for å skape omrøring/blanding av romluften slik at forurensningene tynnes ut og deretter fjernes via avtrekksventiler som normalt er plassert ved tak. Her kan det imidlertid også være aktuelt med annen plassering av avtrekk.

Når omrøringsventilasjon benyttes kan tilluften tilføres rommet med så lav temperatur som 14 til 15°C uten at vi trenger å få problemer med trekk eller kondensering. Dette gir ventilasjonsluften stor kjølekapasitet.

Arbeidstilsynet [3] har satt krav til:

Luftbehov for mennesker 7,0 l/s pr. person

Utlufting av materialer 0,7 til 2 l/s pr. m² gulv

Tillegg for prosesser og aktiviteter (1 l/s = 3,6m³/h)

⁶ Det er ikke benyttet fortreningsventilasjon på bygget Kaffehuset Friele beskrevet i denne rapporten.

3 Presentasjon av Kaffehuset Friele

3.1 Prosjekt data for Kaffehuset Friele, påbygg kontoretasje

Kaffehuset Friele var en fire etasjers bygning på Midtun i Bergen bygget på 1970 tallet. Første og andre etasje er kaffefabrikk mens tredje og fjerde er kontorlokaler. Vinteren 2007 startet en påbyggingsprosess av en 5. etasje bestående av kontorer og møterom se Bilde 3-1, og november 2008 var den nye etasjen innflyttingsklar. Figur 3-1 viser omriss av 5. etasjen og anvisning av himmelretningen i forhold til bygget.



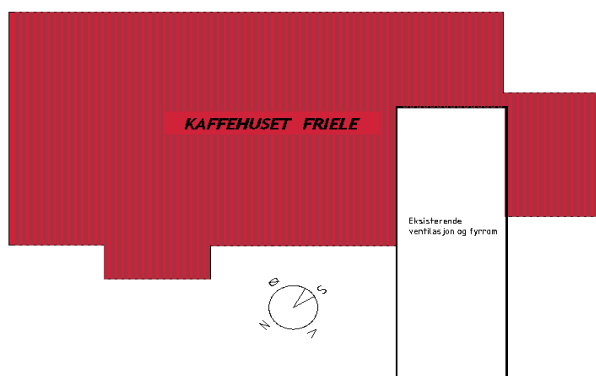
Bilde 3-1 Kaffehuset Friele, hvor 5. etasje er øverste etasje her markert med rødt.



Bilde 3-2 inngangen til Kaffehuset Friele på vestfasaden.



Bilde 3-3 5. Etasje på Kaffehuset Friele Bildet viser sør- og østfasade til 5.etasje



Figur 3-1Omriss av 5. etasje på Friele bygget

Arealer og romfunksjon

Figur 3-2 viser romfunksjonsinndelingen av 5. etasje. Deler av arealet er eksisterende bygningsmasse, merket med lysegul farge. Dette arealet er eksisterende energisentralen til bygget, og er arealer hvor luftbehandlingsanlegg, oljekjel, elkjel, kjølemaskin, varmtvannstank og diverse annet teknisk utstyr er plassert.



Figur 3-2 Romfunksjonsinndeling for 5. etasje ved Kaffehuset Friele.

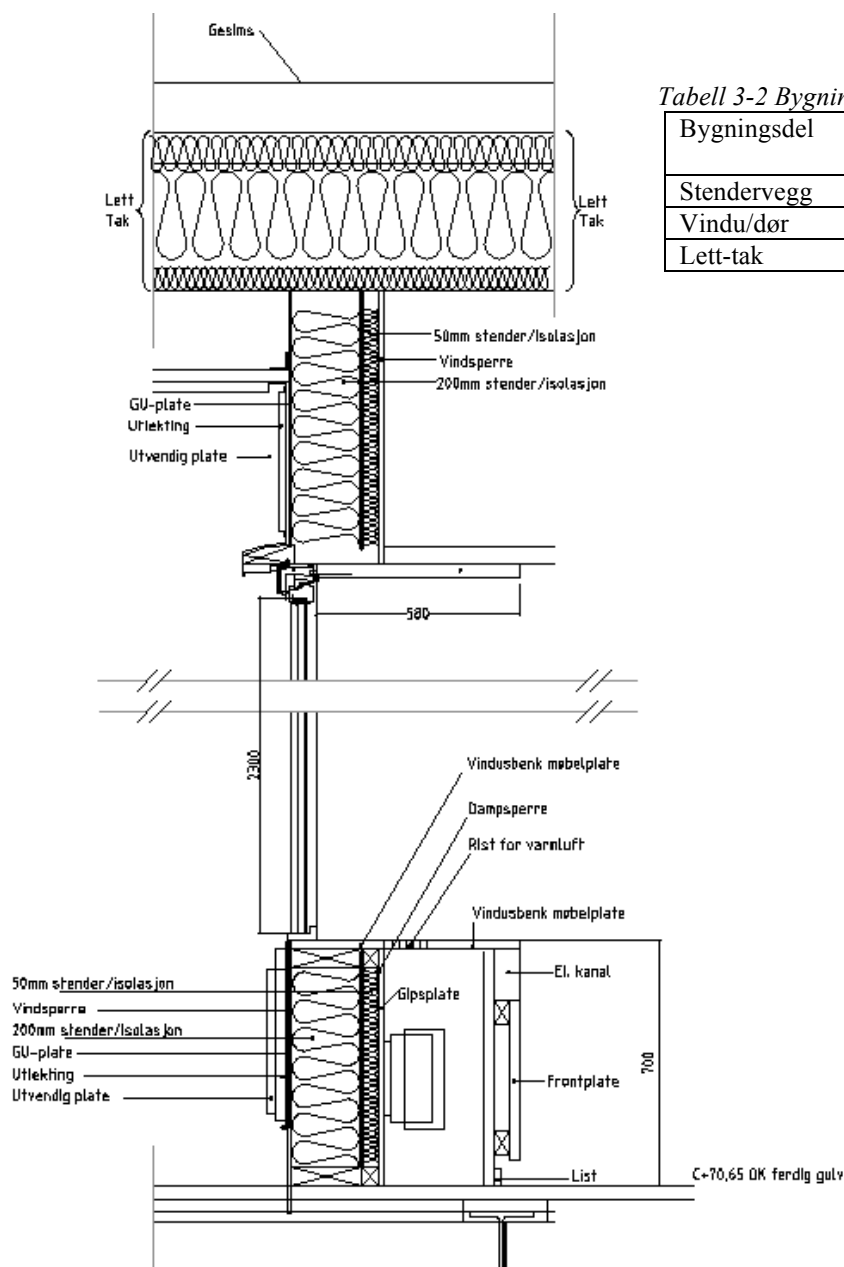
Tabell 3-1 Arealinndeling

Romfunksjon	Areal (m ²)	Antall
Kontor	213 m ²	15 stk
Møterom	100 m ²	4 stk
Teknisk rom	126 m ²	
Annet	220 m ²	
Sum total	659 m ²	

Tabell 3-1 gir en oversikt over arealinndelingen for 5. etasje. 76 m² av de 126 m² teknisk rom, er eksisterende teknisk rom, og de resterende 50 m² er nytt teknisk rom for nytt aggregat som forsyner 5. etasje.

Bygningskonstruksjonen

Bygningskroppen består av lette konstruksjoner, Tabell 3-2. Yttervegg er trestender med utvendig plater og vindu/glassfasade med 2 lags glass, tak er av aluminiumskassetter og gulv av stålprofiler og plater. Bygget er bygget oppå eksisterende betong tak.



Tabell 3-2 Bygningskonstruksjoner og arealer

Bygningsdel	Areal m ²	U-verdi W/m ² K
Stendervegg	125	0,2
Vindu/dør	205	1,6
Lett-tak	533	0,18

Figur 3-3 Detallsnitt av bygningskonstruksjonene. Snittet viser glassfasade og brystning med innbygget radiatorer.

Det er utvendig solavskjerming på sør-, øst- og nordfasadene. Disse er automatisk styrt av to solfølere og to vindfølere, men persiennene kan også overstyres manuelt av bruker. Persiennen er innstilt på å gå ned ved 15klux⁷ med en forsinkelse på 15-20 minutter, men vindfølerne er master og vil ikke tillate persiennene å gå ned dersom det er for mye vind.

⁷ Utelys er 10klux

3.2 Beskrivelse av de tekniske anleggene

3.2.1 Varme (320)

I varmesentralen er eksisterende elkjel og oljekjel plassert. Oljekjelen benyttes ikke i dag, dermed kommer all varme til bygget fra elkjelen, se Bilde 3-4.



Bilde 3-4 Hvit El-og rød oljekjel



Bilde 3-5 Fordelingskurser på varmeanlegget

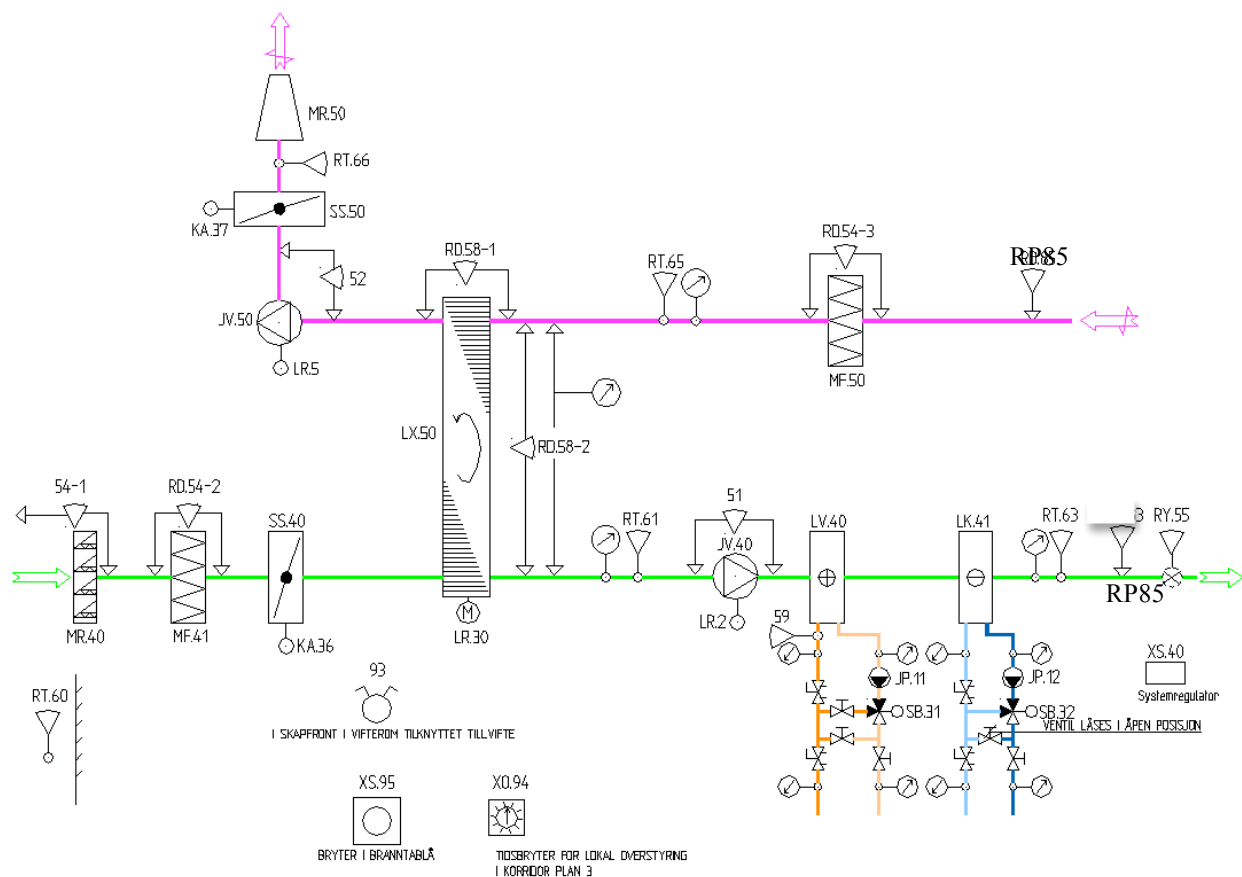
Bilde 3-4 viser el- og oljekjelen (henholdsvis hvit og rød) i fyrrommet som forsyner oppvarming av tappevann, varmebatteri i ventilasjonsanleggene og romoppvarming, se flytskjema for varmeanlegget i Vedlegg B. På bildet over og i flytskjema kan en se at hovedkursen (320.01) deler seg inn i fem varmekurser. En til varmt tappevann (320.02), en til kjørelager (320.03), en til de tre stykk ventilasjonsanlegg, inklusiv det nye aggregatet, (320.04), en til radiatorvarme på hele byggets sørøst fasaden (320.05) og en til radiatorvarme på hele byggets nordvestfasaden (320.06). Romoppvarming til 5. etasje er radiatorkurser tilkoblet eksisterende kurser for oppvarming.

I 5. etasje er det er montert 26 stk radiatorer á 800W, det vil si at radiatorene har en installert effekt på til sammen 20,8kW, fordelt på en nordvest kurs med 10,4kW og en sørøst kurs med 10,4kW. Anlegget er mengderegulert og tur/returtemperaturen på vannet er 80/60°C. Radiatoranlegget er utekompensert.

3.2.2 Luftbehandling (360)

Luftbehandlingsanlegget 360.10 har en kapasitet på 7.000m³/h og forsyner ca 530m² av 5. etasjen. Anlegget er plassert i et teknisk rom som nevnt tidligere.

Figur 3-4 viser komponentoppbygging og nummerering til aggregatet.



Figur 3-4 Komponentbygging til ventilasjonsanlegg 360.10

Dersom en følger figuren over kan en se at anlegget består av følgende hovedkomponenter: på inntakssiden, inntaksrist/bergensristen (MR), filter (MF), spjeld (SS), roterende varmegjenvinner (LX), tilluftsvifte (JV) med frekvensregulering og varme- og kjølebatteri (LV og LK) og på avkastsiden filter (MF), avtrekksvifte (JV) med frekvensregulering, spjeld (SS) og avkasthatt (MR). Bildene 3.6 og 3.7 viser anlegget og oppbyggingen.

Øvrige komponenter i anlegg 360.10 har følgende betegnelser [39]:

Differansetrykkgiver (RD), trykkgiver (RP), spjeldmotor (KA), frekvensomformer (RL), temperaturgiver (RT), Reguleringsventil (SB), Pumpe (JP), Røykmelder (RY), bryter (XS) og ur (XO).



Bilde 3-6 Aggregat 360.10



Bilde 3-7 Aggregat 360.10

På bilde kan en se inntakskammeret, innringet i rødt, hvor en kan gå inn for å skifte grovfilter i inntaksristen. Man kan se at avkast går i vertikal kanal over tak, og horisontale tilluft- og fraluftskanaler med ”fine” overganger som tilsluttes aggregatet for å redusere trykkfallet i anlegget. På bilde til høyre ser en kammer for avkastvifte merket med bokstaven 1 som også er kammer for filter på tilluften, roterende gjenvinner merket 2 og tilluftsvifte merket 3, som også er kombinert filterdel men for fraluft, mens varme- og kjøle kurs til batteriene er vist med henholdsvis aluminium og neopren isolasjon.

Ventilasjonsanlegget er et trykkavhengig VAV anlegg.

Tilluft og avtrekk ut i etasjen fordeles med kanalføring over himling i korridorer og frem til de respektive rom. Alle arealer er, som nevnt tidligere i rapporten, utformet med omrøringsventilasjon.

3.2.3 Belysning (440)

Belysningen er styrt av bevegelsessensorer, men det er mulighet for manuell overstyring som av/på og dimming. Belysningen slås på i den tilstanden bruker forlater innstillingen ved. I hvert kontor er det hovedsakelig montert lyspendel for kontopult belysning, spotter i tak for design og en frittstående gulvlampe for å skape trivsel. Til sammen på bygget utgjør dette installert total effekt på 22W/m² med belysning.

3.2.4 Automatikk (560)

SD er et samlebegrep for sentralisert bygningsautomatisering basert på digital teknikk og digitalt utstyr. Programmene for overordnet driftsoptimalisering inneholder rutiner for optimalisering av drift og vedlikehold, og rutiner som gir direkte reduksjon av energibruken, effektbehovet og kostnadene [33]. Men det er av signifikant verdi at driftspersonalet lærer verktøyet å kjenne. Å vite hvordan informasjon kan hentes ut, sendes videre og vise viktige bygnings ytelse data. Mangen driftsoperatørene bruker energiregningen for å vite hvor mye energi som blir brukt. Det er derfor viktig med opplæring av driftspersonell, slik at de kan innhente den viktige informasjonen et SD-anlegg kan gi [23].

På Kaffehuset Friele er det installert et komplett SD-anlegg for alle tekniske anlegg i bygget. Energisentral og alle ventilasjons- og kjøleanlegg er tilknyttet en teknisk sentral med muligheter for døgnkontinuerlig overvåking, fjernovervåking, rutiner for alarmer ved feil og periodisk vedlikehold m.m. Det nye ventilasjonsanlegget for 5. etasje er koblet til det eksisterende SD anlegg på bygget. Automatikkanlegget er et EIB basert system og VAV-spjeldmotoren er for Belimo Bus. Belimo bus kobles sammen med EIB via gateway i fordelingen. Dermed blir alt lys varme og ventilasjon i kontorene styrt via EIB sensorene for temperatur, CO₂ og bevegelse.

Styring, regulering og overvåking av anlegget

I SD-anlegget kan man ”klikke” seg inn på det aktuelle rom og avlese status, det vil si skal-verdi temperatur samt temperatur i rommet i øyeblikket. Skal-verdi kan også endres fra SD-anlegget. SD-anlegget viser også løpende romtilstand med henhold til CO₂ for de enkelte rom. Alle romreguleringssystemer og soner kan nattsenkes etter perioder gitt av driftspersonalet via SD-anlegget.

Følgende scenarie er aktuell

Dagdrift : 04:30-19:00, fem dager i uken - ventilasjonsanlegget er i drift

Nattdrift : 19:00-04:30 – ventilasjonsanlegget er stengt

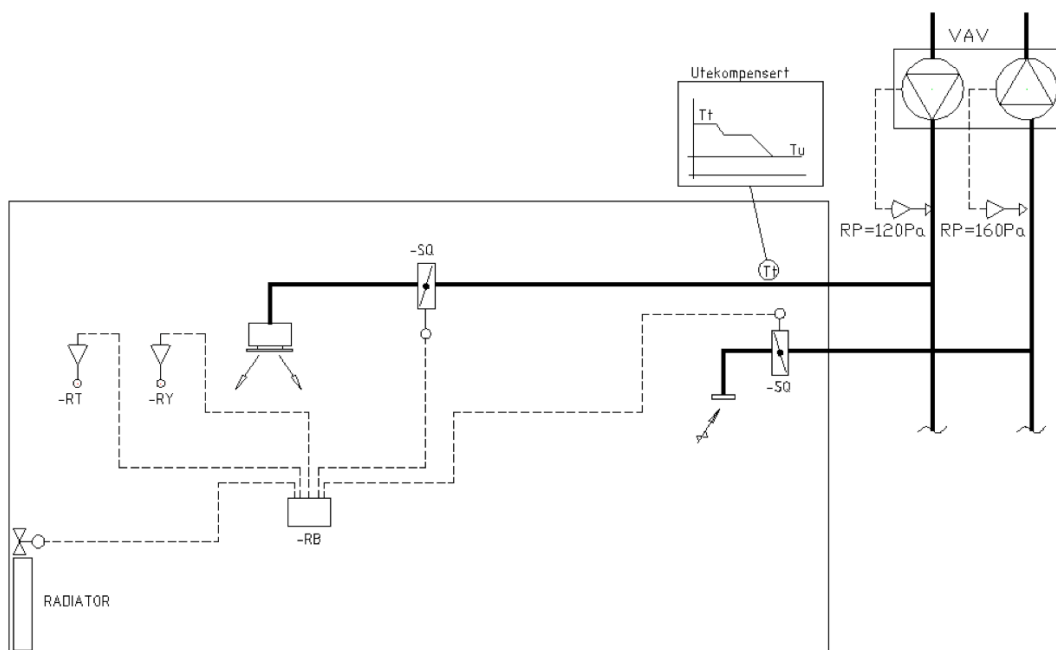
Tidspunker kan endres og overstyres fra sentralt tablå⁸ i 5. etasje.

⁸ Betjenings- eller kontrollpanel.

Regulering av VAV i kontor og møterom

Ventilasjonsystemet er et trykkavhengig VAV- system, Figur 3-5.

Det vil si at styringsorganet til viften styrer frekvensomformereren slik at riktig statisk trykk i kanalen oppnås. Ved synkende trykk økes ventilasjonskapasiteten, og ved økende trykk reduseres ventilasjonskapasiteten.



Figur 3-5 Trykkavhengig regulering av anlegg 360.10. RT- temperaturføler, RY-CO₂føler, RB-bevegelsesføler og SQ-VAV spjeld.

Fraluftsspjeldet er slave av tilluftsspjeldet.

Oppstart dagdrift: når det er personer tilstede vil 1/3 av total luftmengde tilføres møterommene, mens 2/3 luftmengde tilføres kontorene og romtemperaturen skal holde ønsket romtemperatur. Ønsket romtemperatur kan endres individuelt med $\pm 3^{\circ}$.

Ved kjølebehov i rommet reduseres effekten til radiatorne ved at radiatorventilen stenger, før luftmengden øker trinnløst til maks luftmengde som styres av romtemperaturføler. CO₂ føler overstyrer temperaturføler vedrørende tilført luftmengde slik at luftkvaliteten opprettholdes. Dersom det ikke er personer tilstede senkes luftmengden til 1/3, og temperaturen reduseres med 2° , dette styres av bevegelsesføleren.

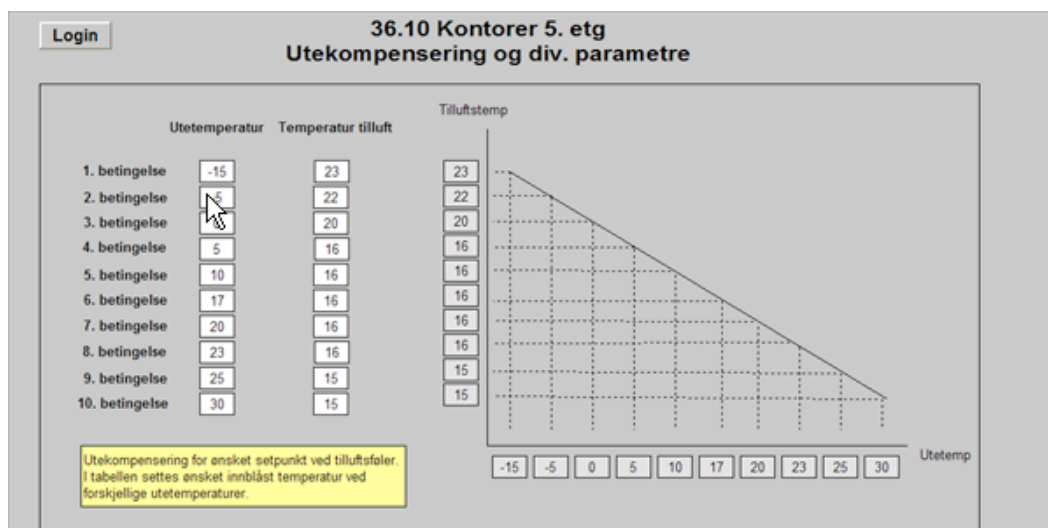
Nattdrift: aggregatet slås av og romtemperaturen nattnedsenkes ytterligere med 2° .

Bevegelsesføleren overstyrer nattsinking, slik at det er varme på kontorene dersom kontorene er i bruk utover dagdriftstiden. Bevegelsesføleren overstyrer også pådrag på friskluftkjøling, ved at det ikke tilføres kjøling dersom det ikke er noen som oppholder seg i kontoret. I fellesarealene er frisklufttilførselen konstant ved dagdrift og romtemperaturen 22° . Ved nattdrift slås anlegget av og romtemperaturen nattnedsenkes som i de øvrige rommene.

Oppstartssekvensen har rask respons slik at oppnådde skal-verdier raskt oppnås. Aktuatorer til radiatorene er av/på, mens VAV-spjeldmotorene arbeider trinnløst fra 1/3 til 3/3 luftmengde i møterommene og 2/3 til 3/3 i kontorene.

Tilluftsregulatorens skal-verdi kompenseres i forhold til utetemperatur, utekompensert tilluftsregulering. Kompenseringen bestemmes av en utekompenseringskurve med 8 brytepunkter,

Figur 3-6. Tilluftstemperaturen holdes konstant på utregnet skal-verdi gjennom regulering av utgangssignalene varme, varmeveksler og kjøling. Det er benyttet en regulatorkrets med PI-regulering.



Figur 3-6 Utekompenseringskurve for tilluften hentet fra SD-anlegget. Det vil si at dersom utetemperaturen er 10°C vil den forhåndsbestemt kurve, fortelle at tilluften skal være 16°C. Denne verdien kan også driftsansvarlig overstyre fra SD-anlegget.

Ved oppvarming av luften vil det ikke være pådrag på varmebatteriet før gjenvinneren har oppnådd full kapasitet, dette for å energieffektivisere driften. Ved kjøling av tilluften tillates det ikke pådrag på varmebatteriet, og lokalt i rommene vil pådrag på kjøling stenge via bevegelsesdetektorene dersom det ikke er noen i rommet.

Maks dimensjonerende utetemperatur er 26°C og min er -12°C.

Varmen er sentralstyrt med utekompensering. I kontorene er det en romkontroll, der temperaturgivere gir signal til skal-verdimoduler som styrer reguleringsventilene på radiatorene. Varmen kan ikke overstyres manuelt i kontorene.

Belysningen er som nevnt over styrt av bevegelsesfølere, men kan overstyres manuelt i hvert kontor av bruker.

Hva skjer på romnivå?

Hvert kontor er utstyrt med CO₂, temperatur og bevegelsesdetektor.

Når en person kommer inn i rommet aktiveres bevegelsesføleren, lyset slår seg på og temperaturen i rommet øker med 2°C ved hjelp av radiatoren. Bevegelsesføleren sender signal til temperaturføleren, etter hvert som det blir høyere CO₂ konsentrasjon, varmere eller kjøligere i rommet. Ved økning i CO₂ konsentrasjonen vil VAV-spjeldet endre åpningsvinkelen og slippe inn mer luft. Ved økende romtemperatur vil først radiatorventilen stenge, deretter vil VAV-spjeldet øke luftmengden. Ved økende varmebehov, vil VAV-spjeldet lukkes til 2/3 av maks luftmengde deretter vil radiatorventilen åpne.

CO₂ føleren registrerer CO₂ konsentrasjonen i rommet (skal-verdi 800ppm), og sender signal til regulatoren som lager en logg. Etter 10 min vil det gå et signal i EIB anlegget, regulatoren vil fange opp endringen og den vil øke eller redusere pådraget til spjeldet for mer eller mindre luft, tilsvarende en økning på 10 min (den vil anta en fortsatt økning eller reduisering på CO₂ på 10 min). Etter 10 min vil den sende nytt signal og eventuelt justere opp eller ned.

Temperaturføleren er stilt inn på en skal-verdi på for eksempel 20°C, hver bruker kan endre denne med pluss/minus 3°C via termostat i rommet, altså mellom 17-23°C. Skal-verdien kan endres fra SD anlegget.

Romtemp: 21°C

Skal-verdi: 17-23°C (20°C±3)

Vedmidtstilling 20°C (22) Driftsansvarlig endrer ved klage

Når personen forlater kontoret vil lyset slukkes og temperaturen senkes med 2°C etter en gitt tid.

Det er lagt inne en sperre på anlegget slik at det kan ikke be om kjøling på luften uten at det er personer i kontoret.

4 Prosedyre og dokumentasjon for oppfølging av energi- og inneklimatestelser

Funksjonskontroll for luftbehandlingsanlegg er en kvalitet orientert prosess og dens hensikt er som følger:

Klargjøre kravspesifikasjoner fra byggherre, undersøke om funksjoner samsvarer med hensikten og standarder, og dokumentere resultater. For å kunne sette opp en prosess for funksjonskontroll er det samlet inn informasjon om bygget og installert utstyr. Informasjon om bygningskropp (U-verdi, areal etc) er hentet fra arkitektens plantegninger Vedlegg A. Prosjekterte verdier er hentet fra dokumentasjon utarbeidet av Sweco Norge AS. Tekniske spesifikasjoner og produktkataloger er benyttet for innhenting av data for levert utstyr, og i tillegg er målte verdier utført på bygget.

4.1 Prosedyre for kontinuerlig funksjonskontroll

Oppbygging av prosedyren utført i dette prosjektet er et regneark laget i Excel og bygger på Statsbygg tverrfaglig merkesystem [39], bygningsdelstabellen [36] NS 15240 [38] og modell for gjennomføring av kontinuerlig funksjonskontroll [32], se Vedlegg F.

Hovedsiden er en type innholdsfortegnelse, hvor en kan "klikke" seg inn på ønske anlegg eller del av anlegget ved hjelp av knappefunksjonene se utsnitt av hovedsiden i

Tabell 4-1. Det er i denne oppgaven valgt å ta med alle fag på hovedsiden og ikke bare de delene som er benyttet i denne oppgaven, fordi bygningsdelstabellen er kjent i fagmiljøet og en vil dermed ikke "skremme" brukere ved å innføre en ny inndeling. Det er istedenfor valgt å utheve teksten på de delene som inngår i denne prosessen for å skille dem ut. Man vil alltid komme tilbake til denne hovedsiden ved å klikker på knappen "Hovedside" øverst i de øvrige flikene.

Tabell 4-1 Utsnitt av hovedside i prosedyren.

FK – Funksjonskontroll prosedyre

Ka	Navn	Side
1	Liste over tegninger	Kap 1
2	Liste over dokumentasjon	Kap 2
3	Adresseliste	Kap 3
4	Orientering	Kap 4
5	Bygningsdeler	
3	VVS	
31	SANITÆR	
32	VARME	Kap 5-32
33	BARNNSLUKKING	
34	GASS OG TRYKKLUFT	
35	KULDE	
36	LUFTBEHANDLING	Kap 5-36
37	LUFTKJØLING	
38		
39	ENERGIREGISTRERING	

Liste over tegninger gir en full oversikt over tegningsgrunnlaget, navn, siste revisjonsnummer og status, det vil si om tegningen er en dokumentasjonstegning ”som bygget”, arbeidstegning, forespørsel, foreløpig tegning, forprosjekt eller skisseprosjekt, samt dato på tegningen.

Liste over dokumentasjon gir oversikt over alle beskrivelser i prosjektet og eventuell annen dokumentasjon av betydning

- Sanitær beskrivelse
- Luftbehandling beskrivelse
- Elektro beskrivelse
- Automatikk beskrivelse

Adresseliste med tittel, firmanavn, besøksadresse, navn, telefonnummer og e-post adresse til alle aktørene i prosjektet.

Orientering sier litt om entrepriseform, beliggenhet, adkomst og lignende. Dette prosjektet har vært en hovedentreprise og bygget ligger på Midtun i Bergen.

Rominndeling er en oversikt over alle rom, med romnavn og/eller romfunksjon, romnummer, bruksareal og antall personer pr rom. Dette for å gi en god oversikt over total antall rom, totalt bruksareal, og total antall personer. Denne siden kan være et tidkrevende arbeid spesielt på store bygg. Det kan også være en utfordring når funksjonskontrollen skal begynne ved idéfasen da ikke alle rom nødvendigvis er avklart på et så tidlig tidspunkt i prosjektet samt romfunksjonene blir ofte endret etter brukerønsker underveis i prosjektet, for eksempel et møterom blir omgjort til flere kontorer eller vise versa.

Flikene 32 Varme, 36 Luftbehandling og 44 Lys, er sider som også er bygget opp ved hjelp av bygningsdelstabellen.

Tabell 4-2, viser oppbygging av flik 36 Luftbehandling. Flik 32 Varme og 44 Lys er bygget opp på samme måte.

36	Luftbehandling	
360	Luftbehandling generelt	
361	Kanalnett i grunn for luftbehandling	
362	Kanalnett for luftbehandling	
363		
364	Utstyr for luftfordeling	
	364-1 Spjeld	Kap 364-1
	364-2 Ventil	Kap 364-2
365	Utstyr for luftbehandling	
366	Isolasjon av installasjoner for luftbehandling	
367		
368		
369	Annet utstyr for luftbehandling	

Der er også her valgt å ta med hele listen i prosedyren, og heller skille ut de som er i bruk på samme måte som på hovedsiden. Denne siden leder deg videre til aktuelle deler av de tekniske anleggene.

Undergruppene/flikene for armatur, utstyr, luftfordeling, luftbehandling osv, har en struktur som vist i Tabell 4-3⁹, og Vedlegg F for hele prosedyren.

Tabell 4-3 Struktur/oppbygging av prosedyre med eksempler

Utstr	Systnr	Komprnr	Funkbes	Plass	Entrepr	Kilde	Krav	Prosj	Utfør	Drift	
Pumpe	320	5	JP	11	Sirkpumpe	Retur	Sanitær	-	0,25	0,25	0,037
LØVR	360	10	ST		Tilluftsentil	Kontor 516	Vent	-	150	150	135

Tabell 4-3 viser en oversikt over de ulike begrepene brukt i prosedyrene. Tabellen er et utsnitt og inkluderer ikke de tre siste kolonnene, da disse vil bli forklart seinere i rapporten (Tabell 4-4). Denne oppbyggingen finnes igjen i alle underflikene i prosedyrene. Det er også vist eksempler fra to ulike fliker i prosedyren henholdsvis datainnsamling armatur for varmeinstallasjoner og datainnsamling luftfordeling – ventiler.

Første kolonne ”Utstr” er liste over alle komponentene i hvert anlegg. Her kan en velge om en vil liste opp alle komponentene, eller bare de komponentene som har spesielle krav-, oppgitte- eller målte verdier. Da det som oftest i byggeprosjekter skal lages komponentlister uansett kan det være en fordel å ta med alle komponentene også i prosedyrene. Dette er mer tidkrevende, men alle komponentene skal finnes på flytskjema/systemskjema over anleggene og det er dessuten lettere å finne riktig komponent dersom de mot formodning ikke er merket i ferdig anlegg.

Armatur og utstyr i tekniske anlegg har unike navn, det vil si at ingen komponenter i anlegget heter det samme. Under gis en forklaring til de ulike navnene/numrene og de tre neste kolonnene i prosedyren.

Navnet er 320JP5, og vil også bli benyttet til merking og skilting av komponenten. Navnet betyr at utstyret er plassert i varmekurs 320 [37], det er en pumpe (JP) [39], og den har løpenummer 5. Løpenummer benyttes siden det kan være mange pumper i varmeanlegget 320. Ofte får de ulike varmekursene et løpenummer i tillegg. Da ville navnet ha blitt for eksempel 320.01 for systemet og 320.01JP5 for komponenten.

Funksjonsbeskrivelse ”Funkbes” er som navnet tilsier, en beskrivelse av funksjonen for utstyret, for eksempel funksjonen til pumpen i listen over er sirkulasjonspumpe.

Kolonne ”Plass” har flere muligheter. Med denne kolonnen menes hvor komponenten befinner seg. En kan enten bruke romnummer/rombetegnelse, tur eller returledning eller lignende. En mer nøyaktig forklaring av plassering enn tur eller returledning for en pumpe kan være vanskelig, da som regel alle disse komponentene finnes i energisentralen/teknisk rom, dog er det lettere å holde oversikt dersom en benytter tur/returledning som betegnelse. I noen forbindelser, som for eksempel ved beskrivelse av spjeld, ventiler og radiatorer kan det være en fordel å bruke romnummer.

”Entrepr” sier noe om ansvarsområde og hvem som har levert utstyret. Det er valgt å ta med entreprise i prosedyrene da det blir lettere å få oversikt over grensenettet mellom de ulike entreprisene. For eksempel er det ikke alltid rørlegger leverer radiatorventilene, men automatikk/el entreprenør.

⁹ De tre siste kolonnene i prosedyren er ikke vist i denne tabellen.

”Kilde” er en kolonne som skal fortelle hvor kravspesifikasjonen er hentet fra. Om det er byggherren, teknisk veiledning [6], Norsk Standard eller annet, dette gjør det lettere å underbygge dokumentasjonen.

Kolonne for kravspesifikasjon ”Krav” er krav stilt til bygget eller til utstyret, gitt av byggherre eller funnet i teknisk beskrivelse, teknisk veiledning eller fra andre kilder. Verdier for temperaturer, trykk og vannmengder for armaturer, er avhengig av designet/konstruksjonen til anlegget og kan ikke finnes i veiledninger eller paragrafer. I noen tilfeller stiller kanskje byggherre krav til disse verdiene.

Prosjektert ”Prosj” er dimensjonerende verdier, som regel beregnet og bestemt av konsulentene og finnes i beskrivelsene eller på tegningsgrunnlaget. Disse verdiene skal samsvare med kravspesifikasjonene. Dersom det mot formodning skulle finnes avvik mellom beskrivelser og tegninger, skal verdier fra beskrivelsen benyttes og konsulenten gjøres oppmerksom på avviket for korrigerende, dette er fordel med kontinuerlig funksjonskontroll i prosjekteringsfasen.

”Utført” er verdier oppgitt i produktkataloger eller tekniske beskrivelser til det installerte utstyret. Disse verdiene må oppgis fra entreprenør, da konsulentene skal være produktneutrale ved prosjektering. Utførelse skal samsvare med prosjekterte verdier.

Daglig drift ”Drift” er verdier målt eller logget på bygget, verdier som skal samsvare med både utført og kravspesifikasjoner. Disse verdiene bør måles ved samme dimensjonerende forhold som verdier fra kravspesifikasjoner, prosjektert, og levert.

Tomme ruter betyr at det ikke er funnet verdier til denne funksjonen i dette prosjektet.

De tre siste kolonnene i prosedyren vist i Tabell 4-4 har som funksjon å gi tilbakemelding om funksjoner og verdier i prosedyren samsvarer med kravspesifikasjoner eller ikke.

Tabell 4-4 Tre siste kolonnene i prosedyren

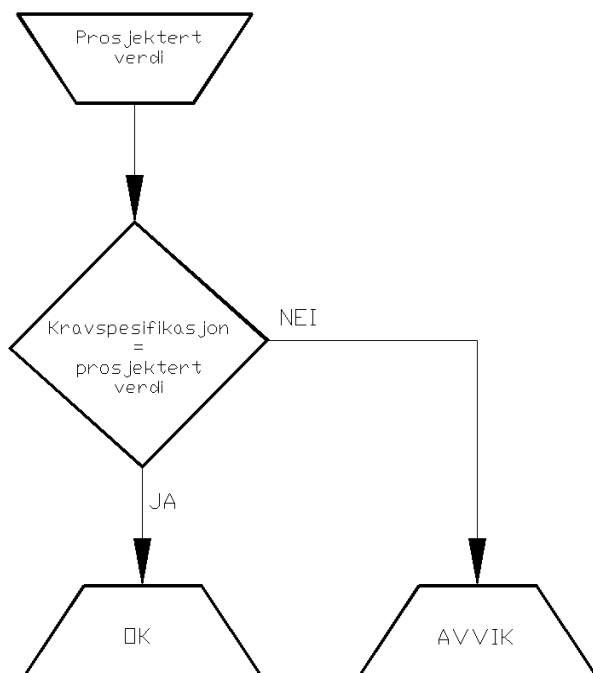
Avvik krav og prosjektert	Avvik prosjektert og levert	Avvik levert og daglig drift
---------------------------	-----------------------------	------------------------------

I Tabell 4-4 vises kolonner som er bygget opp som logiske diagram vist i

Figur 4-3 under.

I prosedyren får en beskjed om det er differanse eller ikke, mellom de ulike verdiene, dette vha teksten Avvik for ulikheter og OK dersom verdiene er lik. Dersom noen av verdiene ikke er funnet, eller at det ikke finnes en verdi, vil ruten være tom.

Ønsker man nærmere informasjon må man analysere feilen eller avviket manuelt, fordi avviket kan være både positivt og negativt. Dette utdypes seinere i kapittelet.

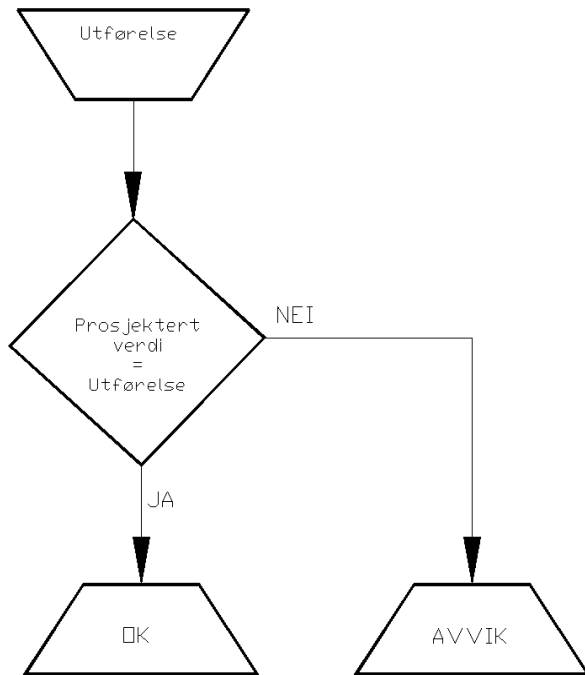


Figur 4-1 Logisk diagram for avvik mellom krav og prosjektert verdi

I

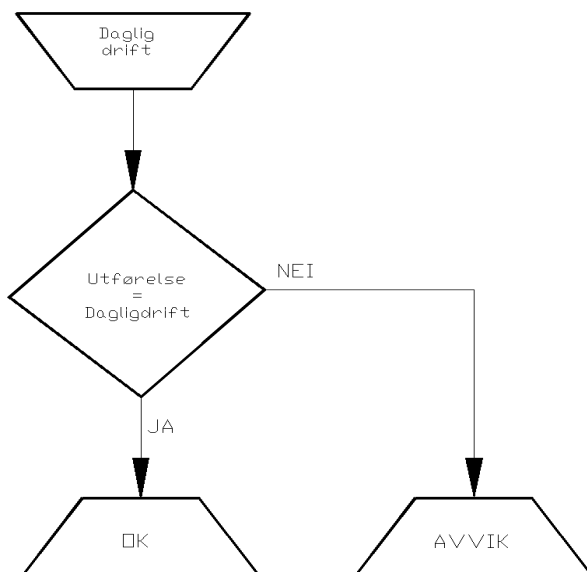
Figur 4-1 ser man funksjon til tredje siste kolonne i prosedyren. Dersom det er avvik mellom kravspesifikasjon og prosjektert verdi, vil man få en "feilmelding" som vises som teksten Avvik. Dersom disse verdiene er lik vil en få verdi OK eller dersom en verdi ikke er funnet eller oppgitt vil ruten være tom.

Dersom en får opp, Avvik, betyr det at en må søke etter en forklaring om hvorfor prosjekterte verdier ikke samsvarer med kravet. Det kan være en god forklaring eller det kan være en prosjekteringsfeil. Prosjekteringsgruppen skal i programmerings- og prosjekteringsfase, se kapittel Prosedyre for kontinuerlig funksjonskontroll, planlegge bygget med grunnlag i byggherrens ønsker/krav, og det skal det ikke forekomme ulikheter.



Figur 4-2 Logisk diagram for avvik mellom prosjektert og levert verdi

Figur 4-2 ser man funksjon til nest siste kolonne i prosedyren. På lik linje med forrige kolonne vil det vises "feilmelding" avvik ved ulikheter, OK ved like verdier samt tom rute ved ingen verdi. Dersom en får Avvik betyr det at det ikke er samsvar mellom prosjektert verdi og utførelse, eller levert fra leverandør. Dette betyr at leverandør leverer utstyr som ikke samsvarer med prosjektert utstyr. Dette avviket kan være både positivt eller negativt, forklart lengre ut i rapporten.



Figur 4-3 Logisk diagram for avvik mellom levert og daglig drift

I Figur 4-3 ser man funksjon til siste kolonne i prosedyren, som også har lik funksjon til kolonnene over. Dersom det er avvik mellom utført og daglig drift, vil man få en ”feilmelding” som vises Avvik. Dersom disse verdiene er lik vil en få verdi OK og tom rute betyr ingen oppgitt verdi. Dersom en får opp, Avvik, betyr det at en må søke etter en forklaring om hvorfor utførte verdier ikke samsvarer med verdier fra drift. Det kan være en god forklaring eller det kan være en feil på utstyret.

Eksempel på positiv og negativ feilmelding.

Eksempel virkningsgrad gjenvinner, se prosedyre Datainnsamling luftbehandlingsanlegg – Varmegjenvinner – Temp.virkn.grad vinter:

Tabell 4-5 Utsnitt av prosedyren

Utstr	Krav	Prosj	Utfør	Drift	Avvik krav og prosj	Avvik prosj og utført	Avvik utført og drift
Gjenvinner	80%	80%	83%	41,1%	OK	Avvik	Avvik

I Tabell 4-5 ser en at det er ”feilmelding” Avvik i de to siste kolonnene. Med første øyekast på verdiene under krav, prosj, utført og drift ser en at avviket mellom prosj og utført er positivt og avviket mellom utført og drift er negativt, da høyere temperaturvirkningsgrad på levert varmegjenvinner er høyere enn kravet, og at temperaturvirkningsgraden på varmegjenvinneren i daglig drift er lavere enn levert. Imidlertid er temperaturvirkningsgraden ved drift i dette prosjektet beregnet etter reelle temperaturverdier på måledagen og ikke ved dimensjonerende temperaturer slik som i både krav-, prosjektert og levert verdi, det er derfor nødvendig å kontrollere dimensjoneringskriteriene for de ulike postene.

$$\eta_{T,Drift} = (t_1 - t_{ute}) / (t_{avtrekk} - t_{ute}) = (10,4 - 3) / (21 - 3) = 41,1\%$$

$$\eta_{T,Levert} = (t_1 - t_{ute}) / (t_{avtrekk} - t_{ute}) = (17 - (-12)) / (23 - (-12)) = 83\%$$

$$\eta_{T,Prosjektert} = (t_1 - t_{ute}) / (t_{avtrekk} - t_{ute}) = (16 - (-12)) / (23 - (-12)) = 80\%$$

I regnestykkene over ser man at det er benyttet ulike dimensjoneringskriterier. Kravet til gjenvinneren er at den skal levere luft med temperatur 16°C etter gjenvinneren, mens den leverte gjenvinner klarer å levere 17°C, altså en bedre gjenvinner enn kravet.

Denne analysen og regnestykket er et eksempel på at manuell vurdering kan være bedre kontroll enn automatisk.

Flik for Datainnsamling armatur for varmeinstallasjoner i prosedyren

Prosedynen viser at det er fire avvik mellom leverte verdier og målte verdier. Imidlertid er anlegget behovsstyrt og målingene er ikke utført ved maksimal effekt, dette betyr at målte og prosjekterte verdier ikke er sammenlignbar i denne oppgaven.

Avviket på turtemperaturen avlest på temperaturgiver (RT59) i anlegget er 5°C, mens avviket på returtemperaturen er 10°C avlest på temperaturgiver i anlegget. Denne temperaturgiveren har imidlertid ikke noe unikt navn.

Ved å beregne effekten med målt vannmengde (0,03721/s) i anlegget og prosjektert temperaturdifferansen (80/60°C) kontra målt vannmengde (0,03721/s) og målt temperaturdifferanse (76/50°C), får en 1kW høyere effekt på varmekursen enn prosjektert.

Flik for Datainnsamling utstyr varmeinstallasjoner i prosedyren

Det er her valgt å benytte varmebehovsberegninger, Vedlegg M, med dimensjonerende utetemperatur og reelle arealer hentet fra arkitekttegninger som kravspesifikasjon.

I prosedyren kommer det frem at det er avvik mellom alle verdier som er funnet og satt inn i prosedyren altså totalt 52 avvik. Noen av avvik er imidlertid av mindre størrelsesorden. Varmebehovet til bygget er ca 18 kW, mens det er installert, i henhold til produktkatalog, 22,4kW, et avvik på 20%.

Flik for Datainnsamling luftfordeling – spjeld i prosedyren

Det finnes ingen kravspesifikasjoner for spjeldene, utenom at spjeldet må ha arbeidsområde i samsvar med prosjektert minimum og maksimum luftmengde.

Prosjektert verdi er hentet fra luftbehandlingsbeskrivelse hvor det står at minimums luftmengde skal være ca 1/3 av maks luftmengde, og verdier for daglig drift er ikke målte verdier på spjeldet, men verdier hentet fra PC-tools¹⁰ og innreguleringsrapport til entreprenør.

I prosedyren ser en at det er totalt 160 avviksmeldinger. Alle maksimumsverdiene er innenfor spjeldets arbeidsområdet og er perfekte eksempler på positive avvik, men avvikene for minimumsverdiene er det interessante her. I prosedyren ser en at spjeldene som er levert på bygget ikke har arbeidsområde innenfor prosjektert minimumsluftmengde og daglig drift verdier, dette er negative avvik i prosedyren. Konsekvensen er blitt diskutert med prosjektets rådgivere, entreprenør og leverandører for både VARD-spjeld og Belimo-motor, men er fremdeles ukjent for kandidaten. Leverandør av spjeldmotor antyder at spjeldet vil tyde dette til å gå i helt stengt posisjon og dermed ikke levere luft [8], mens leverandøren av spjeldet har kontrollert at det ikke er mulig å stille minimumsluftmengde til under minimum arbeidsområde til spjeldet uten å omprogrammere enheten i PC-tools [14].

Flik for Datainnsamling luftfordeling – ventiler i prosedyren

Det er her valgt å benytte luftmengdeberegninger, Vedlegg N, med anbefalte verdier for luftmengder fra arbeidstilsynet på 7l/s/person og 2l/s/m² som kravspesifikasjon for ventilene. Alle avvik mellom kravspesifikasjoner og prosjekterte verdier er positive avvik. Det vil si at ingen kontor har mindre frisklufttilførsel enn arbeidstilsynets anbefalte grenseverdier, men det er ikke utført målinger ved maks luftmengdetilførsel i kontorene, dermed er ikke verdiene sammenlignbar.

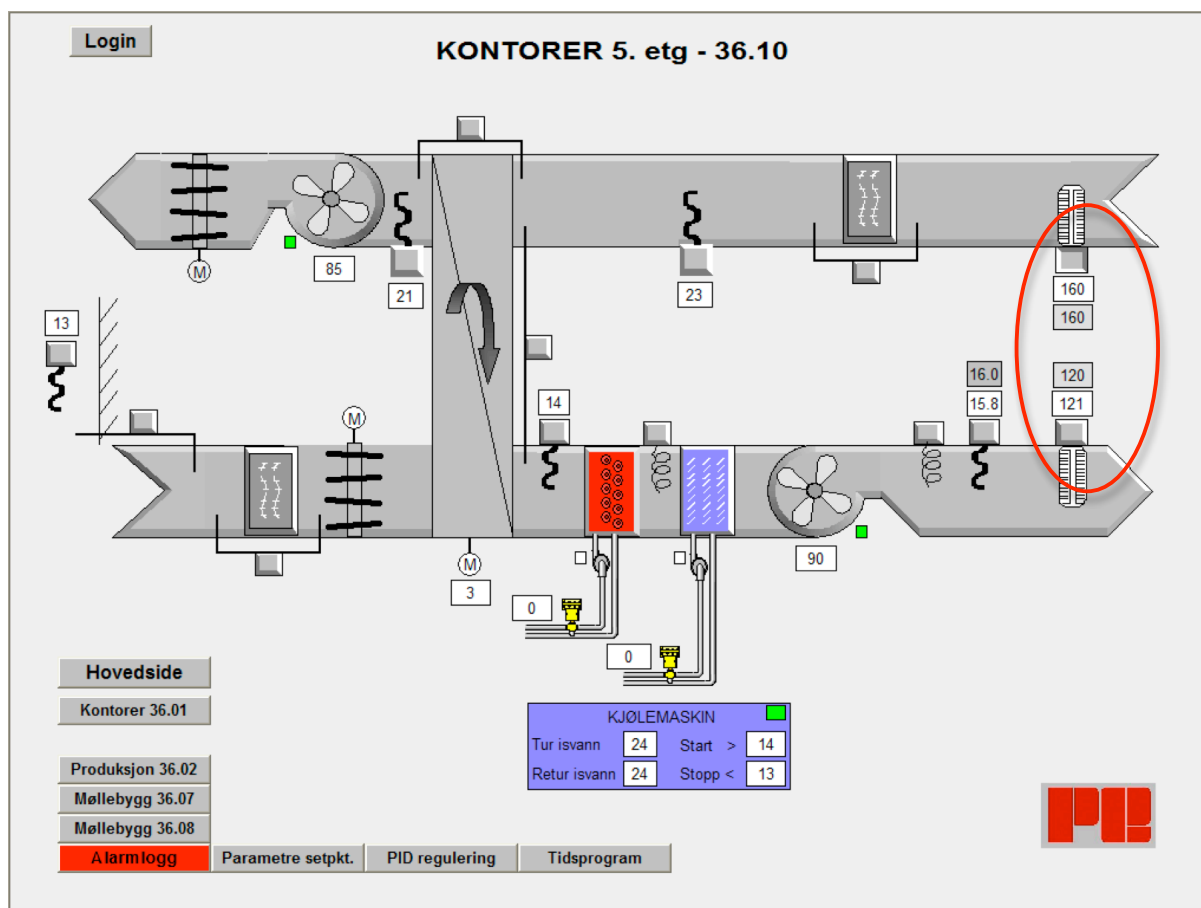
Flik for Datainnsamling luftbehandlingsanlegg i prosedyren

Det er totalt 27 avvik i denne fliken. Prosjektert luftmengde på anlegget er 35% høyere enn kravet i henhold til Vedlegg N, noe som gjør anlegget litt mer fleksibelt for ombygging. Prosjekter SPF-tall er lavere enn kravet gitt i TEK-07 [6]. Levert SFP-tall for anlegget har fått ”smilefjes” i prosedyren. Dette skyldes at SFP-tallet er bedre enn prosjektert og dette med like forutsetninger for luftmengde og trykkfall. Dette gjelder også temperaturvirkningsgraden til gjenvinneren, nevnt tidligere i dette kapitlet. Avvikene for temperaturer skyldes at utetemperaturen er høyere i måleperioden enn dimensjoneringskriteriet.

¹⁰ PC-tools er datatilkobling for programmering av VAV-spjeld.

Levert trykk for trykkgiver 360.10RP83 er 120Pa og 360.10RP85 er 160Pa, mens målt trykk er 167Pa og 332Pa.

Det var ønskelig å undersøke dette nærmere ved at det ble utført en beregnings kontroll av trykkfall i anlegget, Vedlegg K, hvor en kom frem til dimensjonerende trykkfall i kanalstrek to til 205Pa. Det ble også gjort registrering i SD-anlegget der trykkfallet viste 120Pa og 160Pa Figur 4-4 innringet i rødt.



Figur 4-4 Skjermdump fra SD-anlegg

Årsaken til disse ulike verdiene og avvikene kan være mange, men kunne ikke gå mer inn i det enn listen under:

- Feil på trykkgiver monteret i kanal (benyttet samme føler for å måle trykket)
- Feil i programvare i SD-anlegget
- Feil på måleinstrument (kalibrert 12.12.08, se Vedlegg G)
- Feil på tegningsgrunnlaget for beregninger

Flik for Datainnsamling belysning i prosedyren

Fliken for belysning i prosedyren er foreløpig ufullstendig og bare verdier for installert belysning er implementert. Imidlertid er verdier for prosjektert og kra kjent for kandidaten så verdiene kan allikevel sammenlignes. Kravet til belysning er i henhold til TEK [6] 8W/m^2 . Prosjektert belysning på dette bygget er 12W/m^2 , mens installert belysning er 28W/m^2 . Et avvik på hele 57%.

Det blir i kapittel 6 presentert simuleringer som viser at varmen avgitt fra belysningen har stor innflytelse på romtemperaturen.

4.2 Analyse av prosedyren i praksis

Prosedyren er bygget opp i dataprogrammet Excel, med ark, som forklart i kapittel 4.1. Dette er en oversiktlig metode å samle inn data på, da det skulle være lett å vite hvor data skal implementeres. Ulempen er mengde data per komponent, og Excel arket kan bli stort og derfor vanskelig å lese.

En annen fordel med å bruke Excel er at det er lett tilgjengelig.

I dette prosjektet svarte det seg å begynne å lage en rom liste og plassere komponenter etter rom, da Kaffehuset Friele ikke er så stort. Det er også en fordel da en automatisk vil få plassering av noen komponenter. Ulempen med å bruke rom liste i Excel er at dersom det er to tilluftsventiler i et rom må en lage doble rader for at det skal bli oversiktlig, noe som kan være arbeidskrevende. En annen ulempe med rom listen er at kontinuerlig funksjonskontroll gjerne skal benyttes fra idèfasen, og det er ikke alltid arkitektene nummererer rommene så tidlig i prosjektet. Det hender også at arkitektene endrer romnavn underveis i prosjektet fordi rommet blir flyttet, og da er det lett å miste oversikten. Dersom rommene hadde et funksjonsnavn/nummer som fulgte hvert rom gjennom hele prosessen ville dette være en stor fordel da plassering ikke hadde hatt betydning. I næringsbygg med hovedsakelig like kontorer og møterom på hele arealet har dette ikke så stor betydning som for andre bygg som skole, sykehus og lignende med mange ulike romfunksjoner.

Å bygge opp Excel arket på funksjoner til komponentene kan også være utfordrende da konsulentene ofte ikke navngir komponentene før på slutten av prosjektet. Bakgrunnen er at komponentenes navn også ofte følger rom nummer, dette ved bruk av Statsbyggs tverrfaglig merkesystem.

Det har blitt vurdert å legge inn flere funksjoner i de tre siste rutene, men pga at en må se på helhetsbilde har denne ideen blitt forkastet. men manuell kontroll gir ofte en bedre vurdering da det er mange parametre som skal sammenlignes mot hverandre. En fordel med dette oppsettet er at det ikke er ”automatisk”, slik at en må bruke fagkunnskap for å analysere avvikene. En ønsker ikke å gjøre forenklinger i prosedyren slik at programmet ikke kan brukes på komplekse bygg. Et eksempel er dersom SFP-tallet er lavere enn prosjektert, kunne det kommet opp et annet symbol, men dette gjelder bare ved lik luftmengde. Dersom luftmengden er mye større enn prosjektert og SFP-tallet er lavere så er ikke dette pluss, da er det som forventet. Man må se på helhetsbilde derfor brukes bare ok, avvik og tom celle.

En ulempe med dette oppsettet er at en ikke får melding om avvik mellom andre verdier som for eksempel mellom prosjekterte verdier og driftsverdier.

5 Måling og vurdering av inneklima og energiytelse

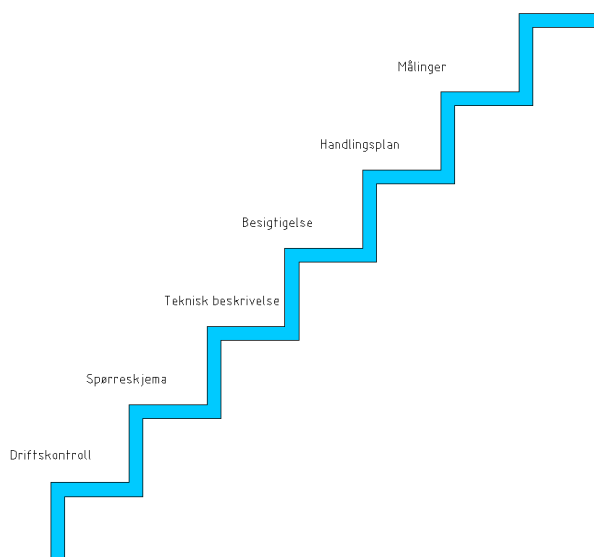
5.1 Metode for planlegging og gjennomføring

Formålet med å foreta målinger og vurderinger av inneklimaet, er å skaffe seg et godt grunnlag til å kunne forbedre inneklimateforholdene. Målinger kan tjene til å kunne prioritere arbeidsinnsatsen effektivt. Målinger inngår derfor som et naturlig ledd i virksomhetens arbeidsplanvurdering.

Resultatene av målingene kan sammenlignes med Arbeidstilsynets grenseverdier og ellers med veiledende verdier. Grenseverdier overskrides dog sjelden i inneklimate. Problemer skyldes normalt flere påvirkninger samtidig. Påvirkningene hver for seg er som regel lavere enn de offisielle grenseverdiene. Resultater av målinger kan belyse om det er inneklimateforhold som kan være årsak til klager over inneklimateproblemer som irritasjon eller tørrhet i slimhinner, hodepine, trøtthet med mer, men det finnes sjelden entydig sammenheng mellom de enkelte måleresultater og symptomer. I mange tilfeller er påvirkningene i inneklimate og løsningen av eventuelle problemer kjente eller at forholdene er tilfredsstillende. I disse tilfeller er målinger overflødig [45].

En grundig gjennomgang av en bygning og av de ansattes problemer, kan avsløre feil som kan rettes, uten å utføre målinger, men dersom det er nødvendig med inneklimatemålinger bør de gjennomføres ved hjelp av en trinnvise metode se

Figur 5-1.



Figur 5-1 Trinnvis metode viser metode for å undersøke og utbedre en bygning med inneklimateproblemer [45].

Ved Kaffehuset Friele er det ikke snakk om inneklimateproblemer, men gjennomføringen av målinger er blitt utført delvis ved hjelp av denne trinn for trinn metoden. Under vil det bli beskrevet hvordan metoden har blitt brukt i forbindelse med dette bygget.

Trinn 1: Driftskontroll

I starten ble det gjennomført en befaring på bygget sammen med driftsansvarlig og VVS konsulenten. Det ble avdekket noen få mangler med det tekniske anlegget, som dårlig isolering av varmerør til varmebatteri og ikke rett utført avløp fra ventilasjonsanlegg. Det er også gjennomført møter hvor VVS- og EL rådgiverne besvarte spørsmål om de respektive anleggene.

Trinn 2: Spørreskjema

Det er blitt utført en spørreundersøkelse hvor et utvalg av brukere har fått utlevert spørreskjema. Det vil si de ansatte som benytter kontorene hvor de øvrige målingene er blitt utført.

Trinn 3: Teknisk beskrivelse

Teknisk beskrivelse og beregninger for både VVS- og EL installasjoner er grundig gjennomgått. Verdier og beregninger fra prosjekteringen er benyttet i utført prosedyre for funksjonskontroll. Noen av beregningene er også kontrollert Vedlegg K-N.

Trinn 4: Besiktigelse

Det er blitt laget en prosedyre for funksjonskontroll, hvor en avklarer avvik mellom kravspesifikasjoner, prosjerterte verdier, leverte verdier og daglig drift.

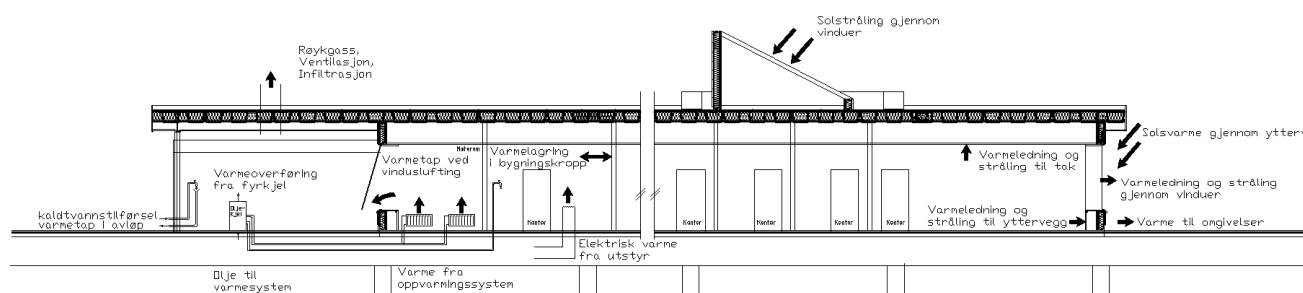
Trinn 5: Handlingsplan

I forbindelse med denne rapporten og arbeidet med målinger er det også laget en oversikt over feil, mangler og tiltak som må/bør utbedres. Driftsansvarlig har fått oversendt denne oversikten, og vil benytte den i forbindelse med ferdigbefaring.

5.1.1 Planlegging og gjennomføring av måleprosjektet

Det ble i samarbeid med flere aktører¹¹ gjort en beslutning om at Kaffehuset Friele 5 etasje, skulle bli måleobjekt i dette prosjektet. Anleggene som skulle studeres var luftbehandlingsanlegget, varmeanlegget og lysanlegget.

Bygningens energibalanse er illustrert i Figur 5-2.



Figur 5-2 Bygningens energiytelse indikerer de ulike varmetap og varmetilskudd som påvirker energiforbruket til etasjen.

Energitap:	Skyldes blant annet:	Kan bestemmes ut fra f.eks:
Transmisjon $Q_t = \sum UA(\theta_i - \theta_u)\tau$	Inneklima og uteklima	Værdata, målinger, beregninger
	U-verdi vegger, gulv, tak	Konstruksjonstegninger, teoretiske beregninger, feltundersøkelser
	U-verdi vinduer	Produsentdata, tegninger, beregninger
	Kuldebroer	Konstruksjonstegninger, målinger med termovisjon
Infiltrasjon $Q_i = nC_p V(\theta_i - \theta_u)\tau$	Inneklima og uteklima	
	Utettheter i bygningskonstruksjon	Trykkprøving, evt i kombinasjon med termovisjon, sporgassundersøkelser
	Bruksvaner	Intervjuer, langtidsmålinger
Ventilasjon $Q_v = C_p L \eta_T (\theta_i - \theta_u)\tau$	Inneklima og uteklima	
	Vent. Mengder, fukt, temp	Målinger
	Varmegjenvinning	Produsentdata, målinger, beregninger
Belysning og utstyr	Type belysning	Feltundersøkelser, målinger
	Bruksvaner	Intervjuer, målinger
Vannvarming	Armaturtyper	Produktdata
	Bruksvaner, aktiviteter	Intervjuer, målinger, beregninger

Gratisvarme	"Varme som kan nyttiggjøres når bygningen har et varmebehov"	
Solinnstråling gjennom vindu $Q_{sol} = \sum (I_{sol} A_S F_S)\tau$	Inneklima og uteklima	Beregning, simulering
	Rutetype	Produktkatalog
Varmetilskudd fra personer		NS 3031
Varmetilskudd fra utstyr		NS 3031

¹¹ Faglærer Vojislav Novakovic, medveileder Jon Viking Thunes (Sweco Norge AS) og Eivind Sælen (GK).

Brutto energibehov ”oppvarming” : Transmisjon + ventilasjon + infiltrasjon

$$Q_{\text{Brutto}} = Q_{\text{Transmisjon}} + Q_{\text{Infiltrasjon}} + Q_{\text{Ventilasjon}}$$

Netto energibehov: brutto energibehov – intern belastning - personbelastning – solinnstråling.

$$Q_{\text{Netto}} = Q_{\text{Brutto}} - Q_{\text{Internbelastning}} - Q_{\text{Personbelastning}} - Q_{\text{Solinnstråling}}$$

hvor:

Q_t	-	Transmisjonstap	[Wh]
U	-	U-verdi	[W/m ² K]
A	-	Areal	[m ²]
θ_i	-	Temperatur, inne	[°C]
θ_u	-	Temperatur, ute	[°C]
τ	-	Periode	[år]
Q_i	-	Infiltrasjonstap	[Wh]
n	-	Antall luftvekslinger	[h ⁻¹]
C_p	-	Luftens spesifikke varmekapasitet	[J/kgK]
V	-	Romvolum	[m ³]
Q_v	-	Ventilasjonstap	[Wh]
L	-	Luftmengde	[m ³ /h]
η_T	-	Temperaturvirkningsgrad for gjenvinner	[%]
Q_{sol}	-	Solinnstråling	[Wh]
I_{sol}	-	Strålingsfluks	[W/m ²]
A_S	-	Effektivt vindusareal	[m ²]
F_S	-	Solskjermingsfaktor	[ubenevnt]
τ	-	Tid	[h]

5.1.2 Målet med måleprosjektet

Målet med prosjektet er å kunne samle inn relevante data om oppnådd inneklimate og realisert energibruk for å kunne vurdere og dokumentere byggherrens intensjon med behovsstyrt ventilasjon, varme og belysning.

Godt inneklimate kan ikke sees, luktes, føles, høres eller sanses på annen måte.

5.1.3 Problemløsning

Tanken bak å nå målet er å utføre feltmålinger, både øyeblikksmålinger og logging. Disse verdiene er implementert i prosedyren beskrevet i kapittel 4.

Det er innhentet energibruk data for Kaffehuset Friele fra BKK Nett [7] i perioden 2007-2009 samt temperaturdata fra Metrologisk Institutt [24], for å sammenligne energibruken før og etter påbygging av 5. etasje for å finne energibruk for 5. etasje.

Det er også satt opp et energibudsjett ved hjelp av simuleringsprogram, slik at målte verdier kan sammenlignes med teoretiske beregninger. Det er her brukt beregningsprogrammer som er vel kjente i VVS bransjen, Enøk Normtall (versjon 6.14)¹² og SIMIEN (versjon 4.030).

5.1.4 Beskrivelse av systemene det er målet på

Det ble gjort en grundig vurdering av hvilke kontorer som egnet seg best for inneklimatemålinger. Ønske var å måle ca 1/3 av kontorene, det vil si 6 kontorer. Ideelt sett er hjørnekontorene ønskelig, men siden dette er møterom som per dags dato er lite i bruk ble disse valgt bort. Det er også ønskelig å velge tilsvarende like kontorer, slik at en har best mulig sammenligningsgrunnlag.

Størrelse og plassering ble derfor neste kriteriet for valg av kontor. Ved Kaffehuset er det to ulike størrelsesorden på kontorene. De små kontorene er på rundt 11m², og de store kontorene er på rundt 16m². I små kontorer er det normalt vanskeligere å oppnå ønsket inneklimate.

Det neste kriteriet er plassering, og med plassering menes til hvilken retning ytterveggene vender mot, nord, øst eller vest (det er ikke kontorer med yttervegg vendt mot sør).

Neste spørsmål var bruken, dette fordi en del av kontorene står ubrukt både på heltid og deltid, og for å få representative måleverdier på kontorer hvor det er normal kontor bruk. Det ble tilslutt valgt tre små kontorer med retning nord, øst og vest, og tre store kontorer, med retning nord og øst, se

Figur 5-3.

¹² Enøk Normtall er ikke så mye brukt lengre.



Figur 5-3 Kontorvalg, blå farge indikerer hvilke kontorer som ble valgt til inneklimatemålinger.

5.1.5 Konkret planlegging av målingene

Valg av måleparametre og hva som skulle registreres, er gjort ut fra hvilke faktorer man forventer har innvirkning på inneklimate, og bygger på tidligere erfaringer samt tilgjengelig utstyr. På bakgrunn av dette ble det i tillegg til prosedyren for funksjonskontroll laget en måleprotokoll som ble utfylt for hvert kontor, Vedlegg I. Et subjektivt vurderingsskjema ble utfylt øyeblikkelig kandidaten kom inn i rommet, og i tillegg ble det laget en spørreundersøkelse, Vedlegg H, som de ansatte på ”målekontorene” ble bedt om å fylle ut.

Inneklimatemålinger

Temperatur, CO₂ og luftfuktighet er parametre som er blitt logget over en periode på tre dager. Tabell 5-1 viser endelig liste over romnummer, utstyr benyttet for måling i det spesifikke rommet og perioden loggingen ble utført samt gjennomsnittlig utetemperatur i perioden. Denne listen er laget slik at en seinere eventuelt kan gå inn å gjøre tilsvarende målinger med tilsvarende utstyr for eventuelt å sammenligne resultatene.

Tabell 5-1 Inneklimatemålinger, romnummer, utstyr, måleperiode og utetemperatur.

Rom	Utstyr	Periode	Utetemperatur
511	Qtrak	24.03-26.03	2,3°C
509	Qtrak	31.03-02.04	5,3°C
507	Mitek	15.04-17.04	10°C
524	Mitek	31.03-02.04	5,3°C
516	Qtrak	09.03-10.03	2,3°C
508	Mitek	09.03-11.03	1,3°C

Belysningsstyrke, støy, tilluftmengder, tilluftstemperatur og overflatetemperatur på ytterflater, er utført som engangsmålinger.

Belysning ble utført da det var mørkt ute, mens de andre målingene ble utført i arbeidstiden. Avtrekksmengden og avtrekkstemperatur ble ikke målt på grunn av tidsbegrensning, og instrumentering for å måle trekk var ikke tilgjengelig.

Målinger på tekniske anlegg

For å finne realisert energiforbruk ved hjelp av målinger på et behovsstyrt anlegg eller et anlegg med frekvensomformere, må en kunne logge ulike parametre over et år. Dersom ikke må en anta en god del ulike parametre noe som gjør resultatene mindre pålitelige. Dette var ikke mulig i denne oppgaven på grunn av tidsbegrensning og tilgang på måleutstyr, men for å kontrollere ulike tilstander i anleggene, er det gjort en del øyeblikksmålinger på anleggene. Måleparametrene for de tekniske anleggene er vist i liste under samt i prosedyren for kontinuerlig funksjonskontroll Vedlegg F.

- Utetemperaturen
- Tilluftstemperaturen etter varmegjenvinner
- Tilluftstemperaturen etter vifte, varme og kjølebatteri
- Fraluftstemperaturen
- Fraluftstemperaturen etter varmegjenvinner
- Vannmengde og temperatur på tur og retur til varme- og kjølebatteri
- Differansetrykk over inntaksrist, tilluft- og avtrekksfilter, gjenvinner og over systemet.
- Trykk i tilluft og avtrekkskanal
- Vannmengde og temperatur på radiatorkurs.
- Vannmengde og temperatur i hovedkursene til ventilasjonsanleggene, radiatorkursene og til kjørehall.

Metode for bestemmelse av energiytelsen til bygget

Å finne energiytelsene til et bygg kan virke enkelt, men i virkeligheten kan dette være en komplisert oppgave når bygget ikke er utstyrt med energimålere.

På eksisterende bygg, kan en sammenligne energibruket før og etter utbedring/påbygging.

Forutsatt at det finnes energiregistreringer i samme periode både før og etter utbedring.

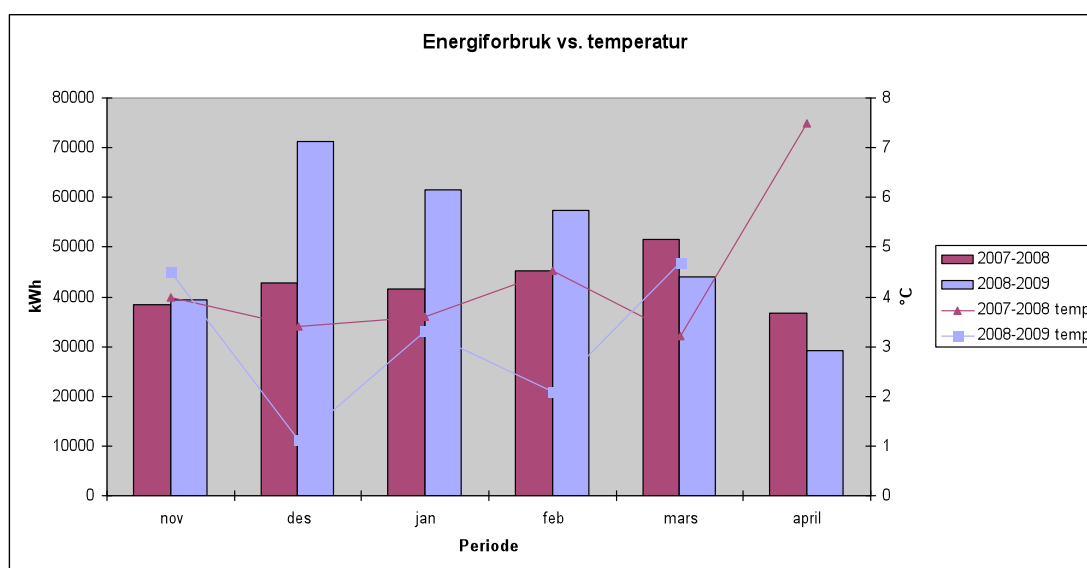
Foruten energimåling må en også ha parametre for benchmarking, som for eksempel, utetemperatur (graddagskorrigering). Ved nybygg har man for eksempel ikke noe tidligere energiforbruk å sammenligne opp mot, og må sammenligne med beregnet energibruk. Nye anlegg bør imidlertid utstyres med individuelle energimålere. I prosjekter hvor en av/på-løsning er installert, kan man gjøre denne sammenligningen ved å skru av og på anlegget, men dette gir kun øyeblikksmålinger, og situasjonen er som regel mer kompleks. Dersom en ønsker å måle energiytelsen til VVS-anlegg, må man logge en del ulike parametre. I behovsstyrte anlegg må man kunne logge både vannmengde, vanntemperatur, luftmengde og lufttemperatur over et år, dersom det ikke er installert individuell energimåler. Man må også kunne logge strømforbruket til vifte, motorer, pumper, frekvensomformere, spjeld, følere osv. Dette kunne ikke utføres i denne masteroppgaven da oppgaven har en begrenset varighet.

Ved implementering av kontinuerlig funksjonskontroll i denne oppgaven er det valgt å benytte ulike metoder for å finne energiforbruket:

Enøk Normtall Vedlegg C og SIMIEN Vedlegg E, er brukt for å finne verdier for reelt forventet og reelt beregnet energibruk for bygget.

For å finne virkelig energibruk er det valgt å sammenligne energiregistreringer fra før og etter påbyggingen oppgitt av BKK Net samt avlesning av energibruk i kWh fra el-tavle.

Energibruken til romoppvarming, varmebatteri i ventilasjonsanlegg og varmt tappevann, er hentet fra BKK Net sine hjemmesider [7], men her inngår oppvarming til hele bygget, mens det i denne oppgaven bare skal samles inn verdier for 5. etasje. Dette er gjort ved å sammenligne målinger før og etter påbygging av 5. etasje. Total energibruk før påbygg er 256 000 kWh sammenlignet med energibruk etter påbygging som er 303 000 kWh gir energibruk til 5 etasje på 47 000kWh.



Figur 5-4 Sammenligning av energiforbruk og utetemperatur i perioden nov 07 til april 08 og nov 08 til april 09.

Energibruken til belysning, pumper, vifter, spjeld og øvrig teknisk utstyr til 5. etasje er avlest i el-tavle plassert i 5. etasje. Det er gjort to avlesninger med en måneds mellomrom. Avlesningen 26.01.2009 var 8085kWh mens den 26.02.2009 var verdien 11 957kWh, verdiene er så ganget opp med antall måneder i året og en får total 46 464kWh.

Det er utført dynamiske simuleringer av energi- og effektbudsjett basert på plantegninger av Kaffehuset Friele, samt oppgitte U-verdier fra arkitekt, Tabell 3-2. Bygget er beregnet som kontorbygg i Bergen med oppdeling i fire soner i tråd med NS3031:2007 Pkt 4.3.3, se Vedlegg D. Det er utført ulike simuleringer med ulike forutsetninger¹³, kalt reelt forventet og reelt beregnet. Forskjellen er at reelt forventet er resultater fra SIMIEN beregning med bruk av personbelastning, belysning og ventilasjon hentet fra NS 3031. Reelt beregnet, Vedlegg E, er også resultater fra SIMIEN beregninger, men her er det lagt inn reelle verdier for bygget med hensyn på personbelastning, belysning og ventilasjon. Det er brukt dimensjonerende forhold for Bergen i begge beregningene.

¹³ Vedlegg E er simuleringer for reelt beregnet.

5.1.6 Måleinstrument

Anskaffelse av måleinstrumenter, Vedlegg G, var en prosess som ble startet tidlig i arbeidet med denne masteroppgaven. Da instrumentene var av ulik karakter, og kom fra forskjellige leverandører var det nødvendig å ha en grundig gjennomgang av de ulike instrumentene, loggeprogrammene, samt deres funksjoner. Det ble dermed brukt tid på å utføre testmålinger på utstyr i forkant av måleperioden. Det ble også kjøpt inn ekstra batterier og skjøteledninger. Annet utstyr som stige/trøe ble lånt på stedet.

5.1.7 Opprigging, installering av måleutstyr

Loggeinstrumentene ble plassert strategisk, Bilde 5-1. Med en viss avstand fra oppvarmingskilde og arbeidsplass, slik at måleresultatene gjenspeiler brukerens opplevelse i rommet på best mulig måte, og var minst mulig i veien for de ansattes daglige virke/arbeid.



Bilde 5-1 Opprigget utstyr, viser plassering av loggeutstyr på kontor 507.

5.1.8 Fallgruver under utførelse av målinger

Underveis ble det oppdaget både feil og mangler. Det var tidlig planlagt å gjøre målinger i en periode på to dager i to runder med det utstyret som ble lånt, men det viste seg et loggeinstrument var ødelagt fra starten og et loggesett kunne bare lånes den ene uken. Dermed måtte loggeplanen endres før loggingen var satt i gang, og ønske om å logge i de tre store kontorene og i de tre små kontorene i samme periode for bedre sammenligningsgrunnlag, var ikke lenger mulig.

Under første loggeperiode ble det benyttet en stikkontakt som var koblet til en elektrisk kurs for behovsstyring. Det betyr at med en gang bevegelsesføleren i rommet ikke er aktivert slår strømmen i stikkontakten seg av. Konsekvensen av dette er at loggeutstyret ikke virket, selve med nye batterier. Dette gjorde at det måtte bli utført en ekstra loggerunde. I denne forbindelse (at målinger fra kontor 522 gikk tapt) samt at underveis i loggeperioden ble det kjent for kandidaten at bruker av kontor 507 er misfornøyd med inn klima, gjorde at logging av temperatur, fukt og CO₂ på kontor 522 ble byttet ved å logge disse parametrene i kontor 507 isteden. Dette betyr at det ikke finnes resultater for logging av inn klimaparametre i kontor 522 og at noen øyeblikksmålinger ikke er utført i rom 507.

Vannmengde over ventiler på radiatorkursene og varme- og kjølebatteri var planlagt å måle, men instrumentet ga utslag for negativt trykk, dette kan skyldes at målingene ble utført før anlegget var innregulert eller at det ikke var vann i anlegget.

Det var i tillegg vanskelig å komme til for å måle vannmengde på radiatorkursene da rør og ventiler var plassert minst fire meter over gulv, og bak et eksisterende ventilasjonsanlegg. For å komme nær nok ventilene må en bygge stillas. Dette ble ikke gjort under utførelse av målinger i denne oppgaven.

Det ble benyttet termografering for å avdekke kuldebroer, utettheter, friskluftbevegelser og lignende, men bildene gikk dessverre tapt. Dette kan skyldes forlite kunnskap om instrumentet, for tilgjengeligheten var begrenset. Imidlertid fikk kandidaten et innblikk i termografering.

Det var ønskelig å måle luftmengder og spjeldvinkel (pådrag) på VAV spjeldene samt kontrollere om spjeldmotoren hadde fri rotering, men himlingen på Kaffehuset Friele er av typen systemhimling med skjulte profiler, en himlingstype som er vanskelig å demontere. Når en benytter denne typen himling skal det være en åpningsluke for tilkomst til spjeld og annet teknisk utstyr montert over himling, men på dette bygget er åpningen over to meter fra spjeldet slik at det ikke er mulig å komme til spjeldet. Ved annen inspeksjon og eventuelt utskiftning av ødelagt utstyr, må himlingsmontøren innkalles for demontering.

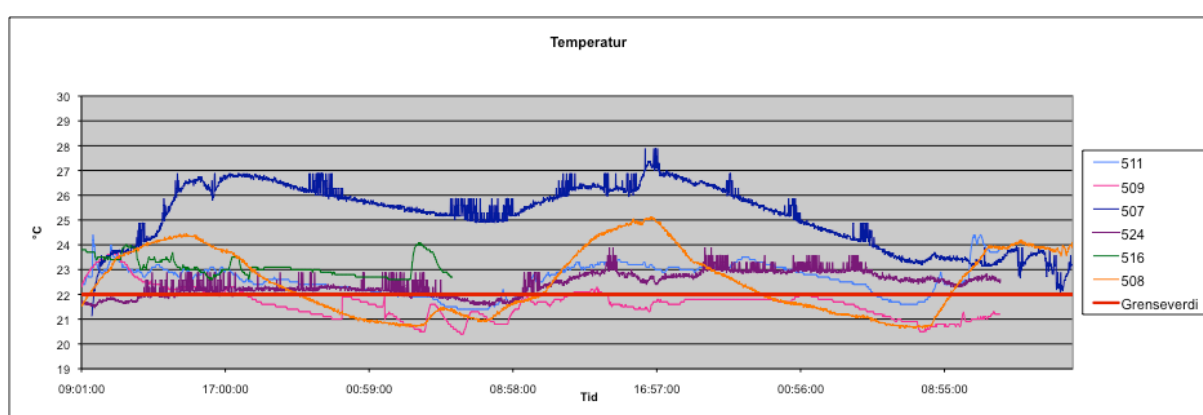
Det var også ønskelig å måle effekter på radiatorene, men også her var tilkomsten vanskelig, da radiatorene er innkasset.

6 Resultater og diskusjon

Bearbeidede måledata er vist i figurer under. Rød linjer i figurene indikerer arbeidstilsynets anbefalte grenseverdier, på den måten kan en lettere se om målte verdier er i tråd med grenseverdiene. Måledata har blitt bearbeidet ved at åpenbare gale data har blitt eliminert.

6.1.1 Temperatur

Figur 6-1 som er den første figuren som blir presentert, viser temperaturen logget over tre dager i de seks utvalgte kontorene¹⁴. Understreker at fargekodene for hvert kontor er lik i alle figurene vist i denne rapporten.



Figur 6-1 Temperaturforløpet i kontorene i måleperioden. X-aksen representerer tiden mens Y-aksen representerer temperaturen. Temperaturvariasjonene er vist for hvert rom med hver sin farge. Den røde linjen i figuren indikerer arbeidstilsynets anbefalte grenseverdi på 22 °C.

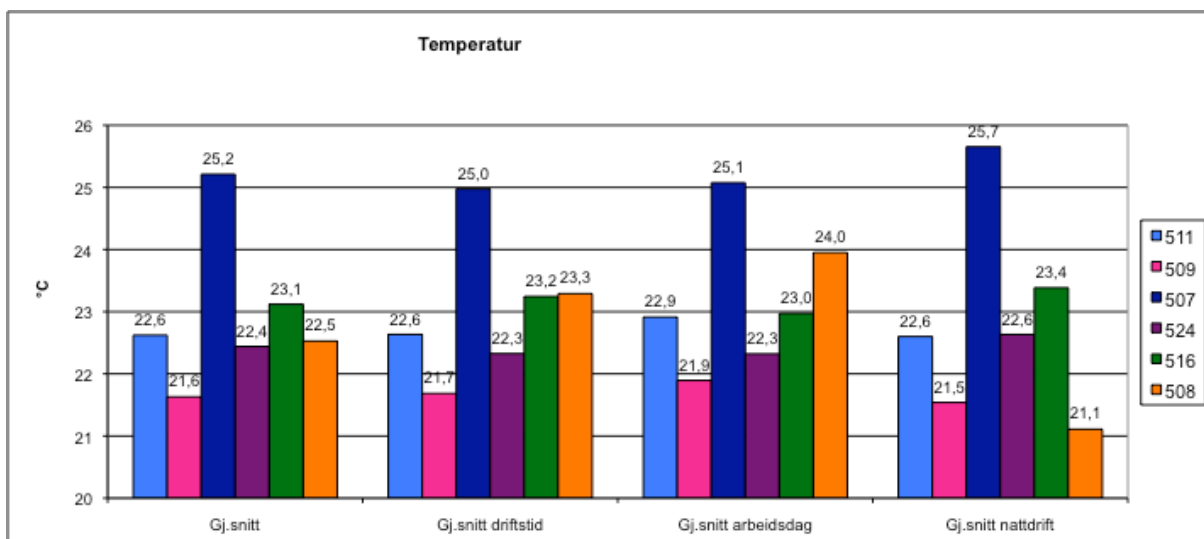
Man kan se at temperaturen i de fleste kontorene er høyere enn anbefalt verdi store deler av loggeperioden. Og at temperaturen øker jevnt og trutt fra klokken ni om morgenen til rundt klokken fire på ettermiddagen. Etter klokken synker temperaturen frem til klokken ni om morgenen dagen etter. Dette kan tyde på at temperaturen øker i brukstiden.

Kontor 508 har størst variasjon i temperaturen i løpet av et døgn, mens de øvrige kontorene har jevnere temperaturforløp.

Målinger fra kontor 507 (indikert med mørk blå linje i figuren) viser at temperaturen i kontoret er betraktelig høyere enn anbefalte verdier. Årsaken til dette ønskes å gå nærmere inn på og diskuteres i eget avsnitt seinere i kapittelet.

Kontor 509 er det eneste kontoret som har lufttemperatur under anbefalt grenseverdi i arbeidstiden. Gjennomsnittsverdier over måleresultatene er vist i Figur 6-2.

¹⁴ Det er ikke logget temperatur i kontor 522, ref kapittel 5.2.6.



Figur 6-2 1 Gjennomsnittstemperaturer i kontorene i måleperioden. De seks første søylene viser gjennomsnitt i hele måleperioden, de seks neste viser gjennomsnittstemperatur i driftstiden (4:30-19:00), de seks neste viser gjennomsnittstemperatur i arbeidstiden (09:00-17:00) og de seks siste viser gjennomsnittstemperatur i nattdrift (19:00-4:30).

I figuren over ser vi også at rom 507 skiller seg ut med høye gjennomsnittstemperaturer, og at rom 509 har temperaturverdier under anbefalt grenseverdi. Samme dag som måleinstrumentene ble plassert ut og satt på, ble også innstillingen på termostaten notert. I rom 507 sto den på -3°C , og med en temperatur ved midtstilling på 20°C , vil det si at på dette kontoret var ønsket temperatur 17°C .

Mens på kontor 509 som har relativt lave gjennomsnittstemperaturer var termostaten stilt på 0°C , som gir ønsket temperatur på 20°C . Foruten at utetemperaturen var høyere i måleperioden til kontor 507 kan det tyde på at varmetilskuddet i rommene er ulik.

6.1.2 Operativ temperatur

Som antydnet i kapittel 2.3.2 er optimal operativ temperatur (θ_0) på vinterstid $21,5^{\circ}\text{C}$. Dette gjelder ved aktivitetsnivå 1,2met og bekledding 1,0clo.

Fra tabellen under hvor operativ temperatur er beregnet etter formel i kapittel 2.3.2 samt bruk av målte overflatetemperaturer og romtemperaturer i kontorene, kan en si at temperaturen i rommene er opp til $2,3^{\circ}\text{C}$ for høy. Kontor 508 og 509 i tabellen under, er brukerne kvinner hvor verdien for bekledding kan diskuteres, da det ble registrert at deres bekledding tilsvarer 0,9clo, som gir optimal operativ temperatur på 22°C .

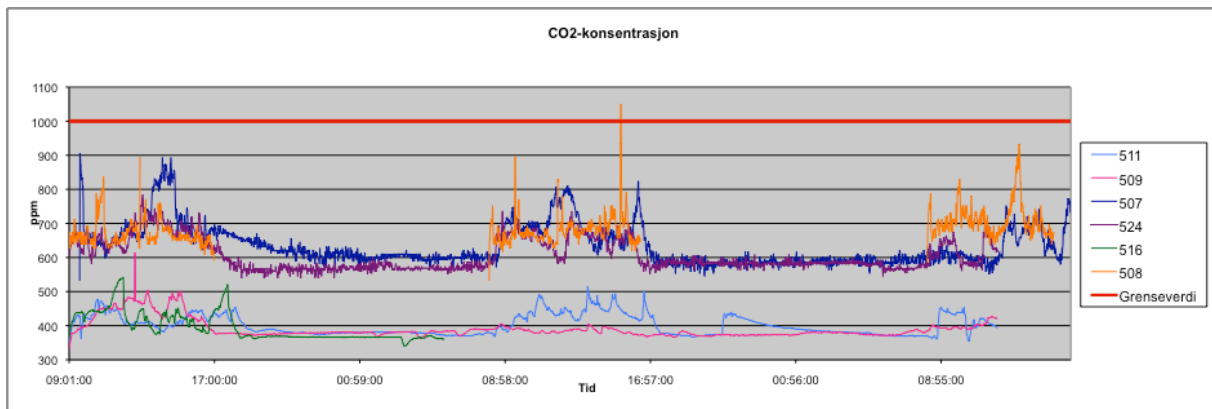
Tabell 6-1 Operativ temperatur

Rom	511	509	522 ¹⁵	524	516	508
θ_0	22,3	21,3	21,7	22,9	23	23,8

¹⁵ Overflatetemperaturene i kontor 507 er ikke målt, ref kapittel 5.2.6

6.1.3 CO₂ konsentrasjonen

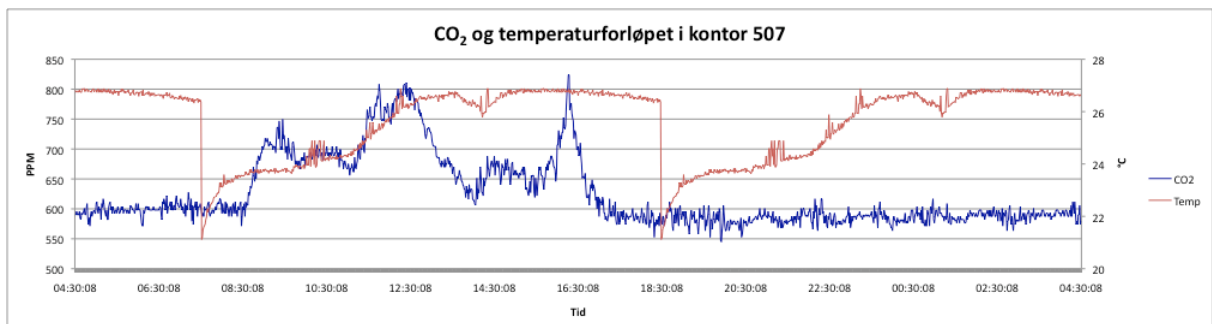
Figur 6-3 viser måleresultater av CO₂ konsentrasjonen i kontorene.



Figur 6-3 CO₂ forløpet i kontorene. X-aksen indikerer tiden og Y-aksen er CO₂ nivået i ppm. Den røde linjen er arbeidstilsynet anbefalte grenseverdi på 1000ppm.

CO₂ nivået i kontorene er godt under arbeidstilsynets grenseverdi.

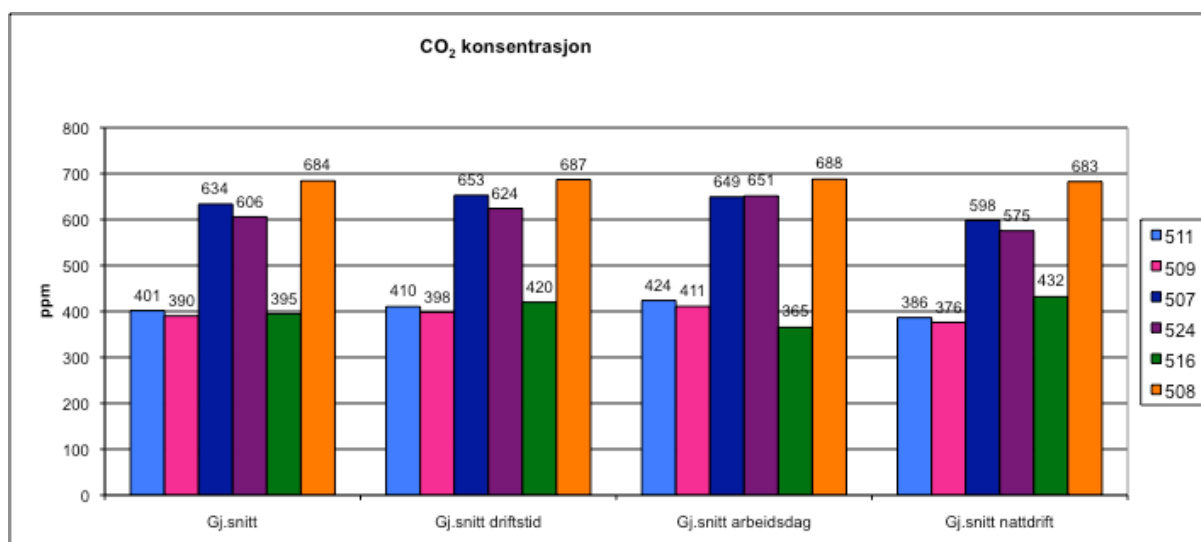
Figuren over viser tydelig at det er aktivitet i kontorene fra omkring klokken ni til klokken fem og at CO₂ konsentrasjonen flater ut utenfor driftstiden. Tidsforløpet i figuren over er relativt "grovt" derfor er det i figuren under vist CO₂ konsentrasjonen og temperaturen i rom 507 i løpet av en 24 timers periode.



Figur 6-4 CO₂- og temperaturforløpet i 24 timer for kontor 507

I Figur 6-4 ser man CO₂ konsentrasjonen begynner å øke i halv ni tiden, dette kan tyde på at brukeren ankommer kontoret. Man kan også se at ved økende CO₂ nivå øker friskluftmengden slik at CO₂ konsentrasjonen reduseres. Temperaturen er også i denne figuren økende utover arbeidsdagen.

Figur 6-5 viser CO₂ resultatene presentert som gjennomsnittsverdier.



Figur 6-5 Gjennomsnitt for CO₂ konsentrasjon i kontorene i måleperioden. De seks første søylene viser gjennomsnitt i hele måleperioden, de seks neste viser gjennomsnittskonsentrasjonen i driftstiden (4:30-19:00), de seks neste viser gjennomsnittskonsentrasjonen i arbeidstiden (09:00-17:00) og de seks siste viser gjennomsnittskonsentrasjonen i nattdrift (19:00-4:30).

Det er relativt store avvik mellom CO₂ konsentrasjonsnivåene i kontorene. Grunnen til dette kan være flere

For å finne en sammenheng ble ulike parametre sammenlignet:

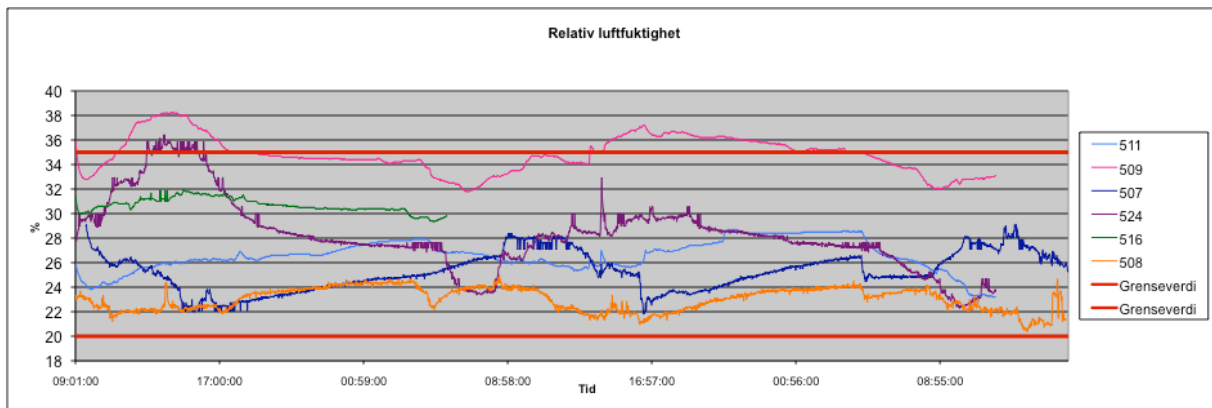
- **Størrelse på kontor**, de tre første søylene i figuren er tre store kontorer, man kan se at det ikke er noe sammenheng her da CO₂ konsentrasjonen i 511 og 509 er lav i forhold til 507. Og det samme for de små kontorene, 524 og 508 med høy verdi mens 516 har lav verdi.
- **Luftmengden i kontorene**, ut fra tabellen under kan en se at målt luftmengde kan ha betydning for avviket. De tre første kontorene i tabellen er de rommene med lavt CO₂ nivå, og det er disse kontorene som har størst målt luftmengde. På kontor 507 ble det ikke målt luftmengde, ref. Kap. 5.2.6.

Rom	Prosjektert luftmengde (m ³ /h)	Målt luftmengde (m ³ /h)
516	150	135
511	200	174
509	200	246
524	150	64
508	150	64
522	120	101

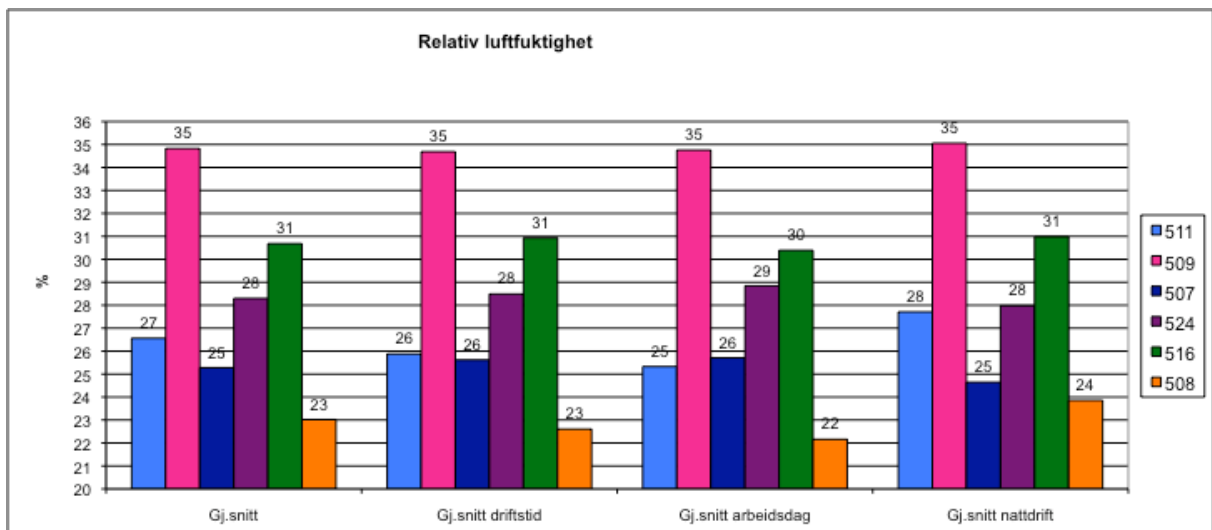
- **Instrument**, i følge instrumenttabellen, Tabell 5-1, ser man at i kontorene med høy CO₂ konsentrasjon er det benyttet samme instrument (Qtrak), og i kontorene med lav CO₂ konsentrasjon er det også benyttet samme instrument (Mitek).

Her er nevnt to underbyggende teorier som kan være årsak til de store måleavvikene på CO₂ konsentrasjonen.

6.1.4 Relativ luftfuktighet



Figur 6-6 Luftfuktighetsforløpet i kontorene. X-aksen er tiden og Y-aksen indikerer % fuktighet. I figuren er det lagt inn øvre og nedre anbefalt grenseverdi på henholdsvis 35 og 20%.

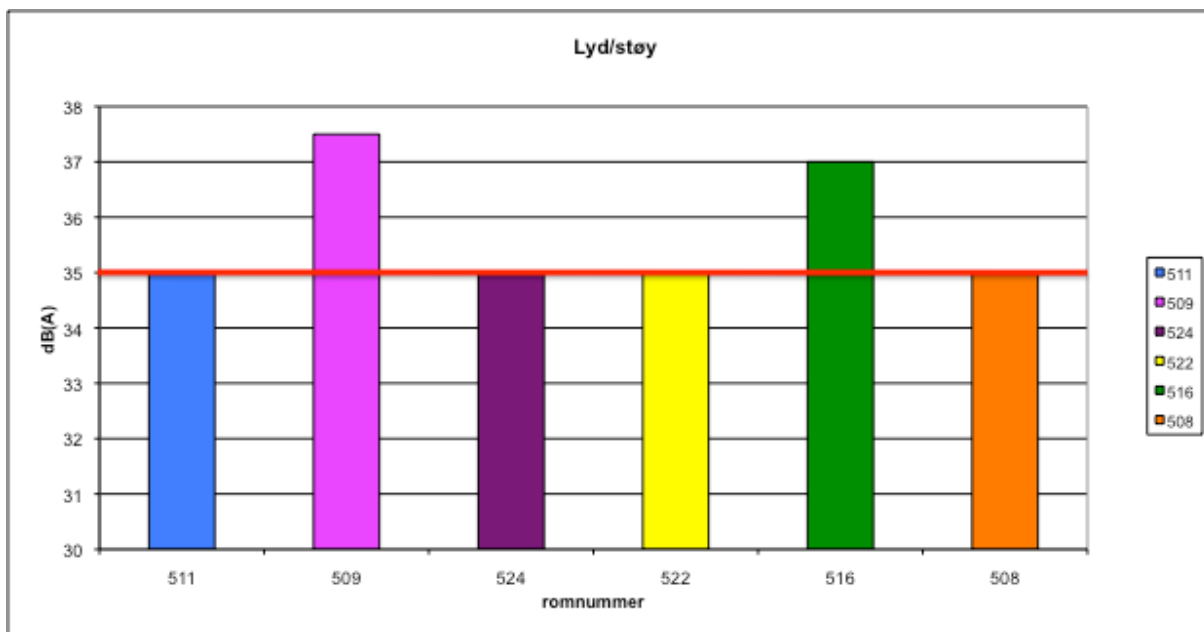


Figur 6-7 Gjennomsnittsluftfuktighet i kontorene i måleperioden. De seks første søylene viser gjennomsnitt i hele måleperioden, de seks neste viser gjennomsnittsluftfuktighet i driftstiden (4:30-19:00), de seks neste viser gjennomsnittsluftfuktighet i arbeidstiden (09:00-17:00) og de seks siste viser gjennomsnittskonsentrasjonen i nattdrift (19:00-4:30).

Figur 6-6 og 6-7 viser at det er store avvik i relativ luftfuktighet mellom kontorene, men at verdiene er stort sett innenfor anbefalte grenser. Kontor 509 og 524 er de eneste som går over øvre anbefalte grense på 35%. I teorien er luftfuktigheten høyere ved høyere lufttemperatur, men i dette tilfellet kan en ikke trekke den konklusjonen da gjennomsnittlig utetemperatur er i måleperiode for rom 509 er 5°C og for rom 507 er utetemperaturen 10°C.

6.1.5 Lyd/støy

Figuren under viser resultater fra lyd/støymålingene i kontorene.



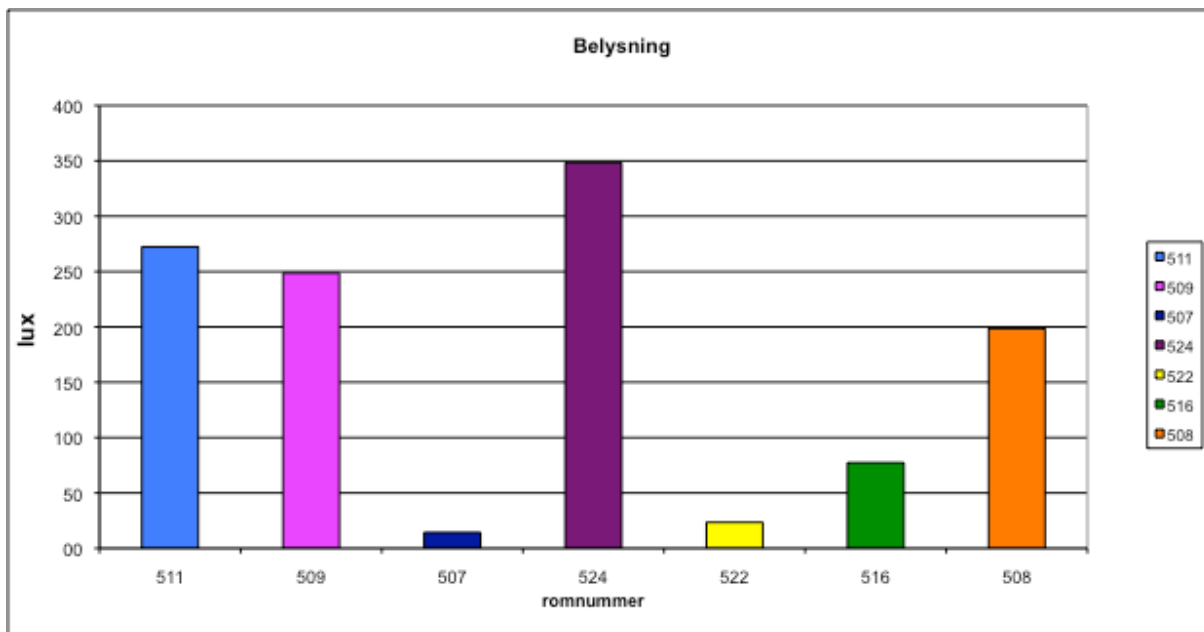
Figur 6-8 Støynivå i kontorene rød linje indikerer anbefalt grenseverdi.

Kontor 509 og 516 har noe høyere støynivå enn anbefalt i NS 8175 [37] under klasse B, henholdsvis 35bB(A), men er under klasse C (40dB(A)), som er minstekravet i henhold til teknisk forskrift. De øvrige kontorene er ellers i samsvar med anbefalte verdier¹⁶.

¹⁶ Det er ikke målt støynivå på kontor 507, ref kapittel 5.2.6.

6.1.6 Lys

Figuren 6-9 viser gjennomsnittlig belysningsstyrke fra 6 målepunkter i henhold til lyskultur [21].



Figur 6-9 Belysning i kontorene. Verdier presentert i figuren er gjennomsnitt av 6 målepunkt beskrevet i lyskultur.

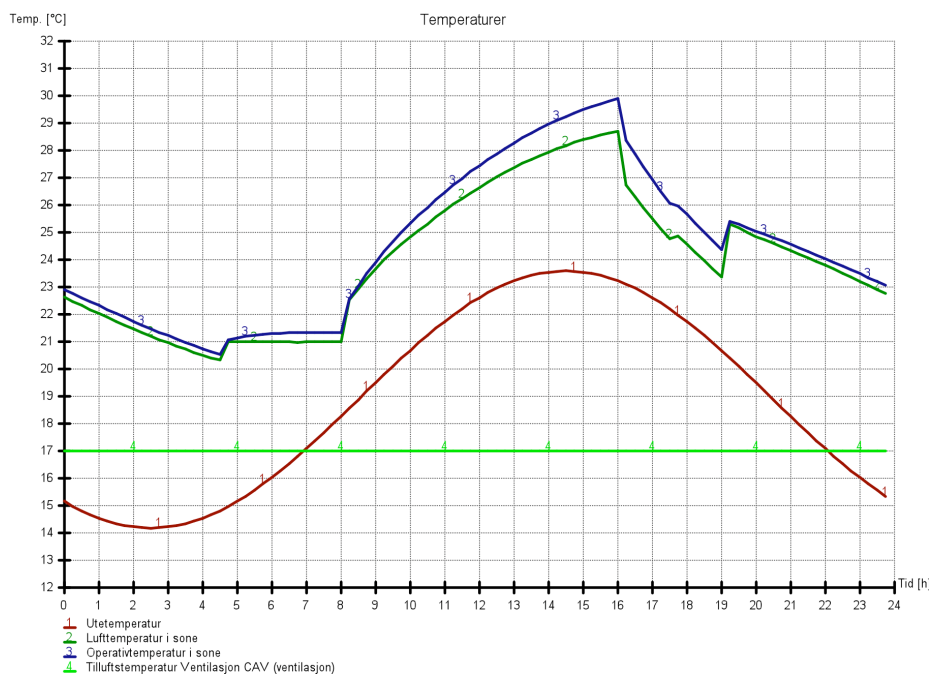
Belysningsstyrken målt i kontorene har stort avvik fra grenseverdiene. Anbefalt verdi er 500lux i kontorer, mens målte verdier er maksimum 350lux.

Belysningen i kontorene kan dimmes ned, og det ble ikke under utførelse av målingene kontrollert at disse var stilt på full styrke, noe som kan forklarer de lave verdiene.

6.1.7 Kontor 507

På bakgrunn av måleresultatene er temperaturforholdene i kontor 507 uakseptable med tanken på at målingene er utført i midten av april måned og at kontoret har yttervegg på nordfasaden som ikke er i stor grad solutsatt. Det er vist fra måleresultater at lufttemperaturen kommer opp i 28°C. Avgitt effekt fra radiatorene er 1800W, mens varmebehovet i dette kontoret er 777W. Da radiatorkusen skal være utetemperaturkompensert skal overdimensjoneringen ikke ha betydning, men varmeanlegget er enda ikke innregulert.

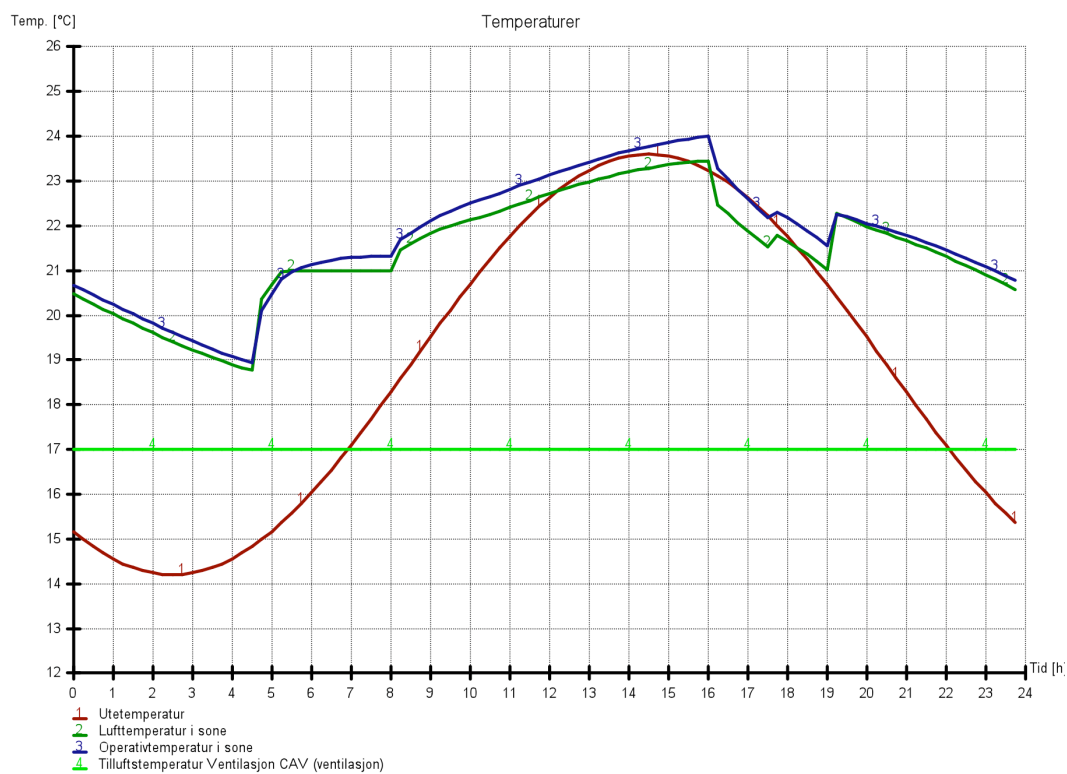
Avgitt effekt fra belysningen i kontor 507 er 595W som tilsvarer 35W/m², dette er en meget høy avgitt effekt i forhold til krav i NS 3031. Mistanken om at belysningen kan være grunnen til denne høye romtemperaturen samt å få sammenlignet måleresultatene med teoretiske beregninger var bakgrunnen for at det ble utført simuleringer for dette kontoret i beregningsprogrammet SIMIEN.



Figur 6-10 Simulering av temperaturforholdene 15 april i kontor 507 med reelle verdier for belysning

I figuren over ser man at også ved hjelp av teoretiske beregninger får opp mot 30°C i kontor 507. Man ser også at temperaturen begynner å øke klokken åtte om morgenen og fortsetter å øke frem mot klokken fire. Dette indikerer på at ventilasjonen ikke klarer å kjøle ned luften i rommet og at det er for mye indre varmelast.

Figur 6-11 er diagram fra simulering av kontor 507 med belysning i henhold til NS 3031.



Figur 6-11 Simulering av temperaturforholdene 15 april i kontor 507 med verdier for belysning etter NS 3031

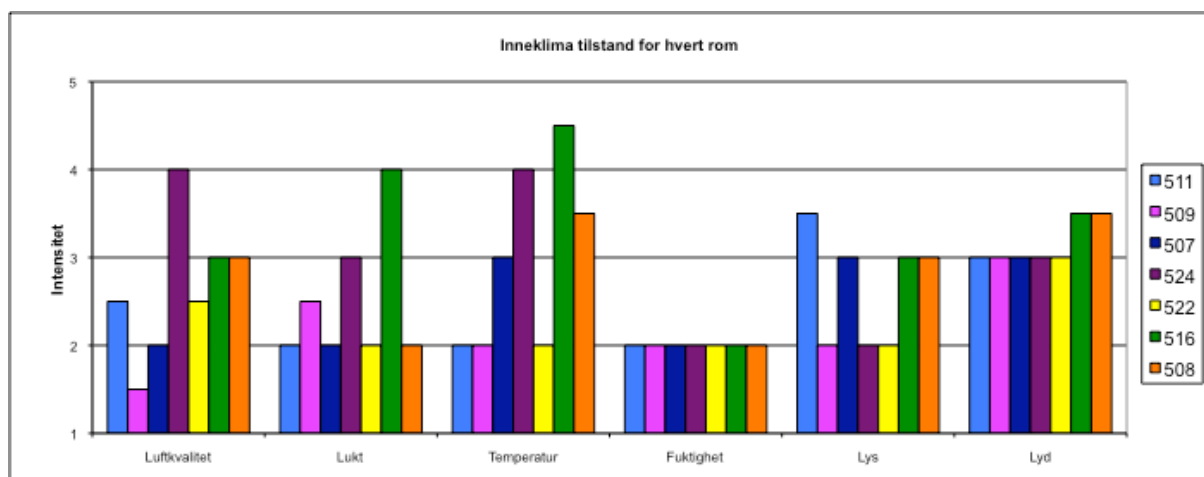
I Figur 6-11 får vi bekreftet mistanken om at belysningen er en av årsakene til den høye romtemperaturen.

6.1.8 Subjektiv evaluering

Parallelt med utfylling av måleprotokollen, Vedlegg I, ble det også gjennomført en subjektiv evaluering. Seks spørsmål skulle vurderes på en skala fra 1 til 5. Vurderingene er en subjektiv øyeblikksbesvarelse, Tabell 6-2, utført straks kandidaten kom inn i rommet, fordi etter en stund tilpasser mennesker seg lukt (biofluenter), temperatur og fuktighet og oppfattelsen av inneklime vil ikke oppfattes likt. Mennesker tilpasser seg ikke unaturlige lukter som bensin og lignende på samme måte som lukter avgitt fra mennesker.

Tabell 6-2 Spørsmål til subjektiv evaluering

Rom nummer		1	2	3	4	5	
Hvordan oppleves luftkvaliteten i rommet	God						Dårlig
Hvor intens er lukten i rommet	Liten						Sterk
Hvordan oppleves temperaturen i rommet	Kald						Varm
Hvordan oppleves fuktigheten i rommet	Tørr						Fuktig
Hvordan er belysningen i rommet	God						Dårlig
Hvordan oppleves lydnivået i rommet	Stille						Bråkete



Figur 6-12 resultater fra subjektiv evaluering

Figuren over gir en indikasjon på at i kontor 516 er opplevelsen av inneklime noe dårligere enn de øvrige kontorene.

I det etterfølgende er det valgt å diskutere et utvalg av parametrene i kontorene med ”beste” og ”verste” forhold.

Luftkvalitet

I kontor 509 oppleves luftkvaliteten som ”best” av alle kontorene og i kontor 524 opplever luftkvaliteten som ”verste”. Ut i fra registreringer og målinger utført i kontor 509 og 524, er det varmere i kontor 524 enn i 509. Målingene i kontor 509 er utført 20 min tidligere enn i 524 noe som tilsier at tidsrommet ikke bør ha noe innvirkning. Høyere temperatur kan være en årsak til at luftkvaliteten føles dårligere i kontor 524. Ønsket romtemperatur i kontor 524 er 23°C mens i kontor 509 er ønsket temperatur 20°C.

Luftmengden i kontor 524 er målt til 64 m³/h, mens maks luftmengde er 150 m³/h. I kontor 509 er luftmengden målt til 246 m³/h, mens maks luftmengde skal bare være 200 m³/h. Dette kan også tyde på dårligere luft i kontor 524.

Lukt

At lukten i kontor 516 er mer intens enn i de øvrige kontorene kan skyldes at kontor 516 var det første kontoret målinger og registreringer ble utført i og at kandidaten har vendt seg til lukten. Konklusjonen er basert på at kandidaten ikke følte noe sjenerende lukter.

Temperatur

I kontor 516 følte lufttemperaturen varmest og i kontor 511, 509 og 522 lavest. Kontor 516 er det eneste med kontoret av disse som har ønsket romtemperatur på 21,5°C. De øvrige har ønsket romtemperatur på 20°C.

Fuktighet

At oppfattelsen av fuktighet er lik i alle rom, kan forklares med at forskning viser at menneskelige sanser ikke kan registrere luftfuktighet mellom 15-75% RF [43]. Imidlertid oppleves luften tørrere ved høyere lufttemperaturer.

Lys

Ulik oppfattelsen av lys i kontorene påvirkes av ulikt vindusareal og belysning i kontoret. På dette bygget kan, som nevnt tidligere, lyset dimmes ned, noe som kan ha betydning for evalueringen.

Lyd

Lyden oppfattes nærmest lik i alle kontorene og rundt nøytral på skalaen. At nivået er litt høyere i kontor 516 kan skyldes at kontoret er nært kopimaskinen.

6.1.9 Inneklima evaluering – spørreundersøkelse

I tillegg til fysiske målinger av termisk komfort i kontorene, er det gjennomført en spørreundersøkelse om brukernes oppfatning av inneklima, se Vedlegg H. Spørreskjema brukt i denne rapporten er basert på ISO 10551 [19] og er spørsmål om inneklima parametre som romtemperatur, trekk, fuktighet, støy, lys og luftkvalitet.

En syv punkts skala ble brukt til å evaluere oppfatningen av lufttemperaturen, luft hastighet, fuktighet, støy, lys og dagslys. Verdiene 1 og 7 indikerer de ekstreme ytterkantene og 4 indikerer nøytral, som kan antas å være ideell.

Luftkvaliteten og oppfatningen av generelt innemiljø ble bedømt på en skala fra 1 til 7, med ideell punkt på 7.

En syv punkts skala ble også brukt til bedømmelse av preferansen av parametrene beskrevet over. På disse spørsmålene er også 1 og 7 ekstreme ytterkanter og 4 beskriver situasjonene ”det er bra som det er”.

Et eksempel på spørsmål i undersøkelsen er vist under.

1a. Hva synes du temperaturen på din arbeidsplass er på denne tiden av året?						
Kald	Kjølig	Litt kjølig	Nøytral	Litt varm	Varm	Hett
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7
1b. Synes du det er ...?						
Ekstremt ukomfortabelt	Veldig ukomfortabelt	Ukomfortabelt	Litt ukomfortabelt	Komfortabelt		
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		
1c. Hvordan ville du ha likt temperaturen på denne tiden av året?						
Mye kaldere	Kaldere	Litt kaldere	Den er bra som den er	Litt varmere	Varmere	Mye varmere
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7

Totalt utleverte spørreskjema i denne undersøkelsen var 6 stykker. 3 stykker returnerte skjema. Grunnen til denne lave prosenten var tidsmangelen til brukerne.

En spørreundersøkelse med 6 deltakere, kan ikke benyttes som statistikk. Til det trengs minst 30 besvarelser. I denne sammenheng er det valgt å utføre en spørreundersøkelse for å sammenligne resultatene med den subjektive evalueringen og eventuelt utførte målinger.

Ut fra besvarelsene og målinger er det trukket ut noen parametre og vist i tabellene under.

Tabell 6-3 Utsnitt av resultater fra spørreundersøkelse

	Temperatur	Trekk ¹⁷	Fuktighet	Støy	Lys
516	komfortabel	veldig liten luftbevegelse	nøytral	litt høyt	litt svak
507	litt varm	litt liten luftbevegelse	nøytral	litt høyt	litt svak
509	litt kald	nøytral	nøytral	litt høyt	nøytral

Tabell 6-4 Utsnitt av resultater fra målinger

516	21,5 °C	135 m ³ /h	-	37 dB(A)	77,4 lux
507	20 °C	Ikke målt ¹⁸	-	Ikke målt ¹⁸	14,3 lux
509	20 °C	246 m ³ /h	-	37,5dB(A)	249 lux

Resultatene i Tabell 6-3 viser at brukerne er litt misfornøyd med noen av parametrene. Brukerne av kontor 509 og 516 er damer, mens på kontor 507 er det en mann. Dette kan bety at de har ulike oppfattelse og ulike ønsker av inneklima. Bruker av kontor 516 synes temperaturen er komfortabel, og hun er den som også ha høyes ønsket temperatur. Kontor 509 og 507 er store kontorer på samme fasade, det er lik ønsket temperatur, men bruker på 509 synes det er litt kaldt og bruker av 507 synes det er litt varmt. Alle synes det er litt høyt støynivå, og at det er lytt mellom kontorene. Lysmålingene bekrefter at oppfattelsen av for svak belysning i kontorene er reell.

”Det som betraktes som behagelig temperatur er ofte 1°C høyere enn ved maks arbeidseffektivitet” [28].

¹⁷ Det er ikke utført trekkmålinger i kontorene.

¹⁸ Det er ikke gjort luftmengde- eller støymåling i kontor 507m ref kapittel 5.2.6.

6.1.10 Energibudsjett

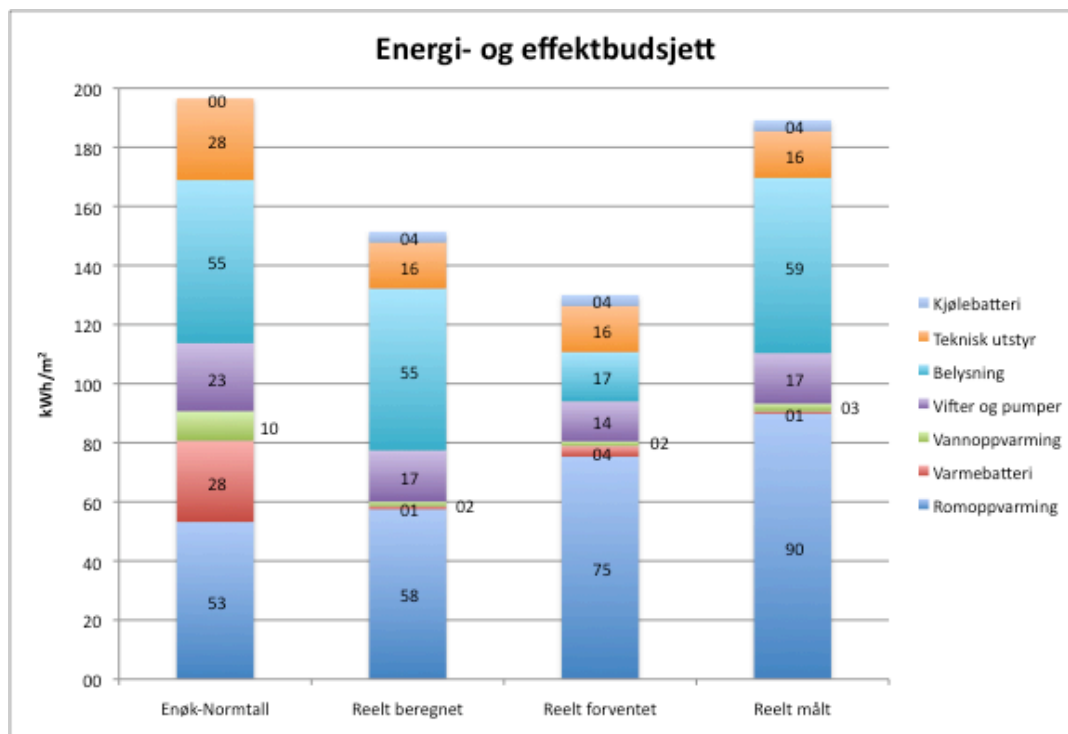
Tabell 6-5 viser beregnet og målt årlig energibruk for 5. etasje på Kaffehuset Friele ved bruk av ulike metoder som beskrevet i kapittel 5.1.5.

Tabell 6-5 Energi- og effektbudsjett funnet ved ulike metoder

Budsjettposter	Netto energibehov							
	Enøk Normtall		Reelt forventet		Reelt beregnet		Reelt målt	
	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh
1. Oppvarming	53,2	28.360	75,3	40.130	57,5	30673	89,8	45.283
2. Ventilasjon	27,5	14.660	3,6	1.918	1,0	511	0,8	397
3. Varmtvann	10	5.330	1,6	862	1,6	862	2,6	1.321
4. Vifter og pumper	23	11.990	13,5	7.192	17,3	9239	17,1	8.610
5. Belysning	55,2	29.420	16,7	8.903	54,8	29.211	59,3	29.889
6. Diverse	27,6	14.710	15,6	8.291	15,6	8.304	15,8	7.965
7. Kjøling	0	0	3,7	1.946	3,7	1.903	3,7	
Total sum	196	104.470	130	69.242	151	80.703	189	93.465

Målte verdier er hentet fra BKK Net som nevnt I kapittel 5.1.5 samt avlesning på individuell energimåler for 5.etasje. I tabellen over er det gjort en forholdsfordeling av de ulike postene for målte verdier, dette betyr at sammenligning mellom de ulike postene i de ulike metodene er mindre pålitelig enn sammenlikning mellom totalt energibehov.

Figuren under viser samme data som i tabell 6-5, men er valgt å ta med på grunn av at den er illustrativ.



Figur 6-13 Resultater av energiberegninger og målinger også vist i Tabell 6-5.

Målt energibruk i 5 etasjen.

Faktisk energibruk i etasjen samsvarer ikke med de tall som er beregnet med alminnelige planleggingsverktøy. Reelt forventet energiforbruk er 130kWh/m^2 , mens reelt målt verdi er 189kWh/m^2 , altså et avvik på 31%.

Målte verdier sett i forhold til normtall i TEK [29]

Faktisk energibruk i etasjen samsvarer ikke med de tall som er hentet fra TEK. Normtall for kontorbygg i henhold til TEK er 165kWh/m^2 , mens reelt målt verdi er 189kWh/m^2 , altså et avvik på 13%.

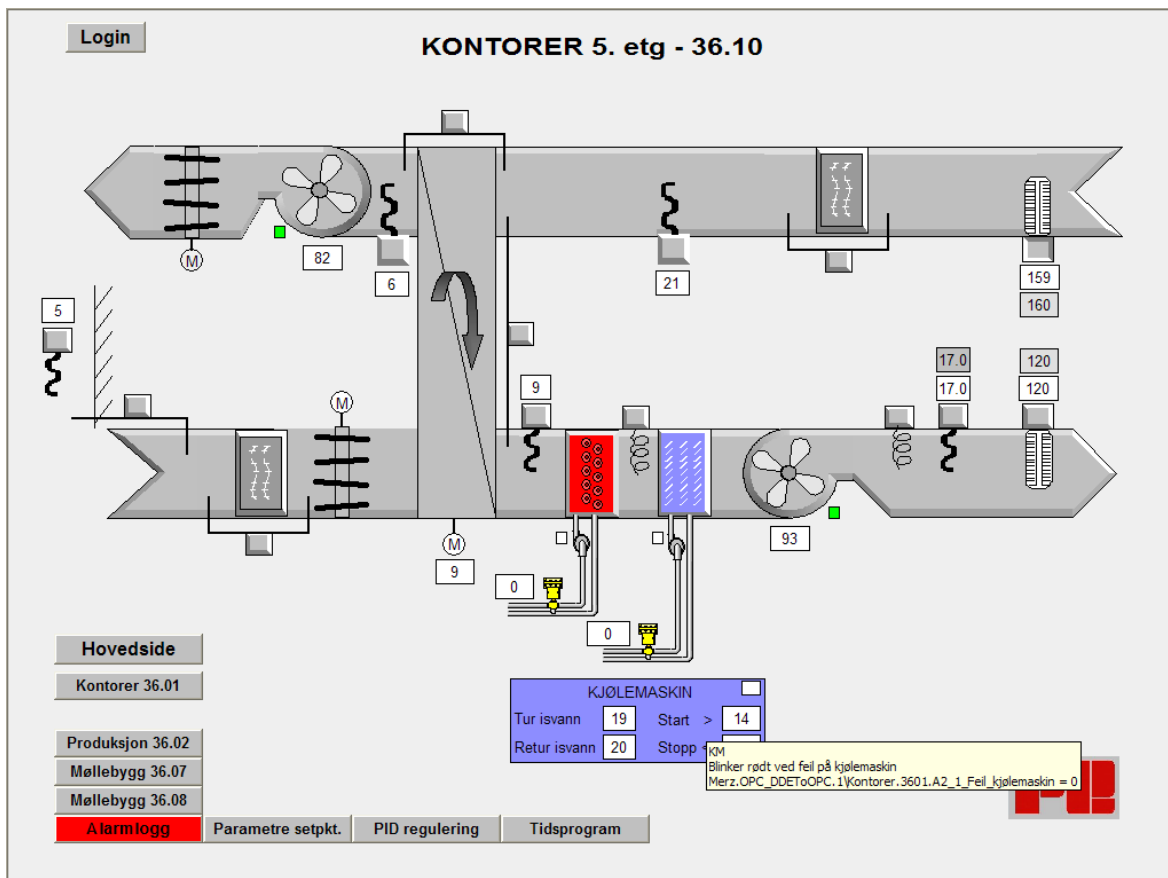
Målte verdier sett i forhold til reelt beregnet.

Faktisk energibruk i etasjen samsvarer bra med de tall som er hentet fra reelt beregnet. Det største avviket er i energibruk for romoppvarming. Verdier fra reelt beregnet er 151kWh/m^2 , mens reelt målt verdi er 189kWh/m^2 , altså et avvik på 20%.

6.1.11 Registreringer gjort i SD-anlegget og i kontorene

Det henvises for øvrig også til Vedlegg J som er et enkelt formulert notat oversendt til driftsansvarlig.

På SD-anlegget ble det registrert at noe er feil.



Figur 6-14 Skjermdump SD-anlegg

SD-anlegget viste at utetemperaturen var registrert til 5°C, temperatur etter gjenvinner var 9°C, temperaturen på tilluften var 17°C og det var ikke pådrag på varmebatteriet. Luften kan ikke få en temperaturøkning fra 9 til 17°C bare gjennom viften. Det kan være flere årsaker til dette: temperaturføleren etter gjenvinner ikke virker eller er feilplassert. SD-anlegget viser feile verdier for temperatur eller pådrag på varmebatteri. Det ble etter denne oppdagelsen bestemt at temperaturen etter gjenvinner skulle måles ved å benytte en to meter lang trådføler som kunne logge gjennomsnittsverdien over tillufts delen på gjenvinner, men måling/logging lot seg ikke gjennomføre i løpet av arbeidet med masteroppgaven da føleren ikke ble levert.

Informasjonen i figuren over gir en mulighet til å kontrollere temperaturvirkningsgraden over gjenvinner og en får da:

$$\eta_t = \frac{(t_{Rom} - t_{ute})}{(t_{avtrekk} - t_{ute})} = \frac{14 - 13}{23 - 13} = 10\%$$

Man ser på figuren at det er null pådrag på varmebatteriet, og dersom det vært pådrag på varme samtidig som temperaturvirkningsgraden var så lav, hadde det vært feil i styringen da varmebatteriet ikke skal gi varme før gjenvinneren yter maks, rundt 80%.

Annen registrering på bygget:

Det kommer støy fra VAV-enheten ved jevne mellomrom. Årsaken er ukjent, men etter samtale med leverandør [8] er det blitt fortalt at spjeldmotorene det gjelder er defekt og må erstattes med nye.

Bevegelsessensoren 360°, dårlig plassert da den reagerer på bevegelse i korridor dersom glassdørene står åpen.

7 Konklusjon

Målsettingen med dette prosjektet var å følge opp driften av behovsstyrt ventilasjon, lys og varme på Kaffehuset Friele i Bergen over en begrenset periode, og dokumentere den oppnådde energiytelsen i praksis.

Først ble grunnleggende krav til anlegget og dets komponenter samlet inn, med fokus på inneklime, da hovedoppgaven til et VVS-anlegg er å oppnå godt inneklime med lavest mulig energiforbruk. For det andre ble viktige tekniske egenskaper for å tilfredsstille inneklimekravene identifisert. For å finne realisert energibruk

Det er ikke mulig å beregne energiytelsen til tekniske anlegg med behovsstyring vha funksjonskontroll uten individuelle energimålere eller tilstrekkelig tilgjengelig loggeutstyr.

Følgende hovedkonklusjoner kan fattes ut fra måleresultatene:

Prosedyren ser ut til å fungere bra i praksis, da det er gjort en del ”funn” på bygget ved bruk av prosedyren:

I prosedyren kommer det frem at arbeidsområdet til noen av spjeldene er stilt inn på for lav luftmengde på minimumsverdien. Følgene av dette er enda uklart for kandidaten, da leverandøren antyder at spjeldet vil gå til stengt posisjon og ikke levere noe luft, mens kandidaten har målt en lavere luftmengde enn oppgitt i produktkatalog.

Avgitt effekt fra lysarmatur er vesentlig høyere enn anbefalt. Opprinnelig prosjektert belysning er 12w/m^2 , mens installert effekt er 22w/m^2 . I noen av kontorene og i møterommene har dette store betydning.

Skal-verdien til CO_2 føleren er satt til 1250 ppm i kontorene og møterommene. Spesielt i kontorene vil en ikke oppnå så høy CO_2 nivå, det betyr at CO_2 sensoren innstilt på denne verdien ikke vil fungerer som ønsket. Skal-verdien bør reduseres til 800 ppm.

Luftmengdene i kontoret og totalt for aggregatet er i henhold til krav fra arbeidstilsynet. Det anbefales å kontrollere trykkføler i aggregatet da det viser seg å være store avvik mellom målte og prosjekterte verdier, henholdsvis 160 Pa og 120 Pa på tilluft og 332 Pa og 160 Pa på avtrekk.

Inneklime

Målte parametre for inneklime er generelt innenfor anbefalte grenseverdier, og de største avvikene finnes i målinger av belysningstyrken og temperatur. Det er målt og registrert meget høy temperatur i kontor 507 opp mot 30°C , analysene tyder på at det er installert effekt til belysning som er årsaken.

I følge utført spørreundersøkelsen virker brukerne fornøyd.

Det er registrert støy fra spjeldmotorene, noe som er uakseptabelt og leverandør anbefaler utskiftning av de spjeldmotorene det gjelder.

Energibehov

Målt energibehov for etasjen på 189kWh/m^2 er høyere enn reelt forventet og reelt beregnet som er henholdsvis 130kWh/m^2 og 151kWh/m^2 . Imidlertid er verdier fra Enøk Normtall 196kWh/m^2 .

Energibehov til installert belysning på bygget er gjennomsnittlig 28kWh/m^2 , en verdi som er vesentlig høyere enn krav i teknisk veiledning på 8kWh/m^2 og prosjektert energibehov på 12kWh/m^2 .

7.1 Anbefalinger for videre arbeid

For videreutvikling av prosedyren vil det være aktuelt å lage bedre prosedyrer for feildetektering. Hvordan finne feil i anlegg og hva er konsekvensen av feilene, er spørsmål som gjerne bør stilles.

På Kaffehuset Friele bør første prioritet være innregulering av varmeanlegget, en ferdigbefaring og rettelse av feil og mangler etter vedlagt liste Vedlegg J. For eventuelt videreføring av funksjonskontroll bør det gjennomføres bedre målinger av strømkrevende installasjoner, på VAV-spjeld samt luftmengder i anlegget.

8 Referanser

1. Annex 40. (lest 2009). *Commissioning tools for improved energy performance*. Final paper, IEA ECBCS ANNEX 40.
2. Arbeidsgruppen for teknisk terminologi. Terminologihefte for bygningsautomatisering.
3. Arbeidstilsynet. (2003). *Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen*. Hentet fra www.arbeidstilsynet.no/regelverk/veiledning/full444.html
4. Ashrae. *Functional testing Guidance*. Hentet fra Ashrae: <https://eweb.ashrae.org/eweb/DynamicPage.aspx?Site=ASHRAE&WebKey=69c74>
5. Bøe, T. (2008). *vvs-forum*. Hentet 2008 fra Behovsstyring av luftmengder: www.vvs-forum.no/behovsstyring-av-luftmengder.536679-84786.html
6. TEK. (2007). *Ren teknisk veiledning*. Hentet fra www.be.no
7. BKK Net. Hentet 2009 fra <http://www.bkk.no>
8. Brevik, J. (2009). Samtale med leverandør . *Belimo spjeld motor* .
9. Energy Performance of Building. (2002, Desember). *Directive 2202/91/EC of the European Parliament and of the council*. Hentet 2009 fra http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/eb/oj/2003/L_00120030104en006550071.pdf
10. Extronic. *Plassering av IR-detektor*. Hentet 2009 fra <http://www.extronics.se/narvaro/utdrag-ur-handboken-narvarodetektering.html>
11. Geir Brun, A. B. (2008). *Energieffektiv belysning i yrkesbygg*. Enova.
12. Godish, T. (2008). *Indoor Environment Notebook*. Hentet 2009 fra <http://publish.bsu.edu/ien/archives/2000/082400.htm>
13. Hartmann, A. (2003, April). *PIR Detectors for Security*. Hentet 2009 fra <http://www.sensorsmag.com/sensor/article/articleDetail.jsp?id=361363>
14. Haugen, J. (2009). Samtale med leverandør. *Swegon AS* .
15. IEA - ECBCS Annex 47. (2005). Hentet fra <http://www.iea-annex47.org/>
16. IEA ECBCS ANNEX 40. (u.d.). *Commissioning-HVAC*. Hentet fra Commissioning tools for improving energy performance - final report: <http://www.commissioning-hvac.org/files/finalreport.zip>
17. Inneklima.com. (u.d.). *Inneklima.com*. Hentet fra <http://www.inneklima.com>
18. International Energy Agency. (u.d.). *Annex 47 Cost-Effective Commissioning for Existing and Low Energy Buildings*. Hentet 2008 fra <http://www.commissioning-hvac.org/newannex.aspx?IDPage=3&Groupe=9&Rubrice=0%Classe=0>
19. ISO. (1995). Ergonomics of the thermal environment- assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. *ISO 10551* .
20. Linddament, M. W. (1996). *A guide to energy efficient ventilation*. Hentet 2009 fra http://www.aivc.org/frameset/frameset.html?../Publications/guides/guide_to_eev.html-mainframe
21. Lyskultur. (1998). *Dagslys i bygninger prosjekterings veiledning*. Lyskultur.
22. Maripuu, M.-L. (2006). *Adapting Variabel Air Volume (VAV) Systems for office Buildings without Active Control Dampers*. Chalmers University of Technology, Energy and Environment.
23. M.A. Piette, S. P. (2001). Analysis of an information monitoring and diagnostic system to improve building operations. *Energy and Buildings* , ss. 783-791.
24. Meteorologisk Institutt.(2009) *met.no*. Hentet fra <http://met.no>
25. Nilsson, P. E. *Achieving the desired indoor climate* (Vol. 2003). The Commtech Group.

26. Persily, S. J. (2001). *State-of-the-art review of CO2 demand controlled ventilation technology and application*. National Institute of standards and technology, NISTIR 6729.
27. Raatschen, W. (1990). *Demand Controlled Ventilating System*. IEA Annex 18. International Energy Agency.
28. Sten O. Hansen (2009), sitat
29. Sørensen, B. (2002). *Application and Energy Consumption of Demand Controlled Ventilation Systems*. Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet.
30. Sørensen, H. H. (2006). *EXHAUSTO*. Hentet 2009 fra Demand Controlled Ventilation- hva er nu det?: <http://exhausto.no/composite-1747.htm>
31. Sintef Byggforsk. *Behovsstyrt ventilasjon, blad 552.323*. Hentet 2009 fra <http://bks.byggforsk.no/>
32. Sintef Byggforsk. *Modell for gjennomføring av kontinuerlig funksjonskontroll*. Energi prosesser.
33. Sintef. *Enøk i Bygninger* (Vol. 2007). Universitetsforlaget.
34. Sintef. (2007, februar). *Funksjonskontroll*. Hentet februar 2009 fra <http://www.sintef.no/Olje-og-energi/SINTEF-Energiforskning/Prosjektarbeid/Funksjonskontroll-for-effektiv-drift-av-bygningen>
35. Skjerven, E. (2004). *Bruk av Continuous Commissioning som et hjelpemiddel for kontinuerlig funksjonskontroll av inneklimate og energitilstander i bygninger*. Masterrapport, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Energi- og prosesssteknikk.
36. Standard Norge. (2005). NS 3451. *Standard for bygningers energiytelse , Bygg og anlegg NS 3451* .
37. Standard Norge. (2008). NS 8175. *Lydforhold i bygninger* . Norsk Standard.
38. Standard Norge. (2007). NS15240. *Ventilasjon i bygninger* .
39. Statsbygg. (2007). *Tverfaglig merkesystem for bygninger, TFM-systemer*. Hentet fra [http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/Dokumenter/prosjekteringsanvisninger/0GenerellePA/PA0802 TFM/2 System-%20og%](http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/Dokumenter/prosjekteringsanvisninger/0GenerellePA/PA0802 TFM/2 System-%20og%20)
40. Stensaas, L. I. (1999). *Ventilasjonsteknikk I* (Vol. 4). Skarland press as.
41. Swegon. (2009). Hentet fra <http://www.swegon.com>
42. Taylor, S. T. (u.d.). *Demand-controlled ventilation*. Hentet fra Ashrae: http://www.ashrea.org/docLib/20071024_taylor.pdf
43. Thunes, J. V. (2009). Samtale med veileder.
44. Trox Technic Auranor. (2008). *Produktkatalog*. Hentet fra www.auranor.no
45. Valbjørn, O. *Måling og vurdering av inneklimate*. Arbeidsmiljøfondet.
46. Vojislav Novakovic, J. S. (2004). *Comparisson Between the Countinuous Commissioning process and Methods used for Energy Efficiency in Norway – Results from a case study*.
47. Yasunori Akashi, N. C. *The IEA/ECBCS ANNEX 40 Glossary on commissioning*.

9 Vedlegg

Vedlegg A: Oversiktstegninger/plantegninger

Vedlegg B: Flytskjema varme og kjøleanlegg

Vedlegg C: Enøk Normtall

Vedlegg D: Soneinndeling

Vedlegg E: SIMIEN

Vedlegg F: Prosedyre

Vedlegg G: Måleutstyr / instrumentliste

Vedlegg H: Spørreundersøkelse

Vedlegg I: Måleprotokoll

Vedlegg J: Notat angående feil og mangler

Vedlegg K: Trykkfallsberegninger

Vedlegg L: Batterieffekt beregninger

Vedlegg M: Varmebehov i kontorene

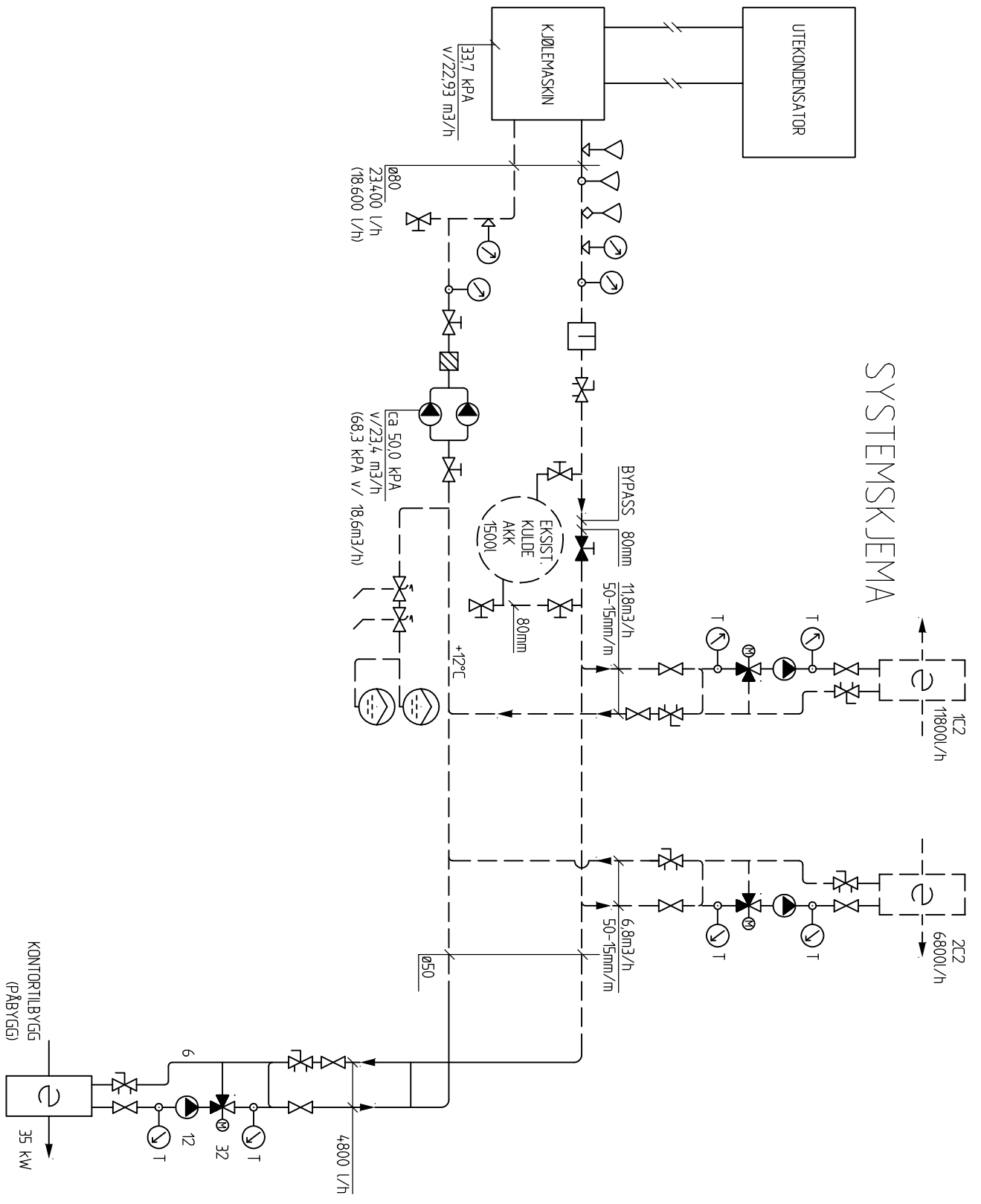
Vedlegg N: Luftmengder

Vedlegg O: SFP

Vedlegg A: Oversiktstegninger/plantegninger

Vedlegg B: Flytskjema varme og kjøleanlegg

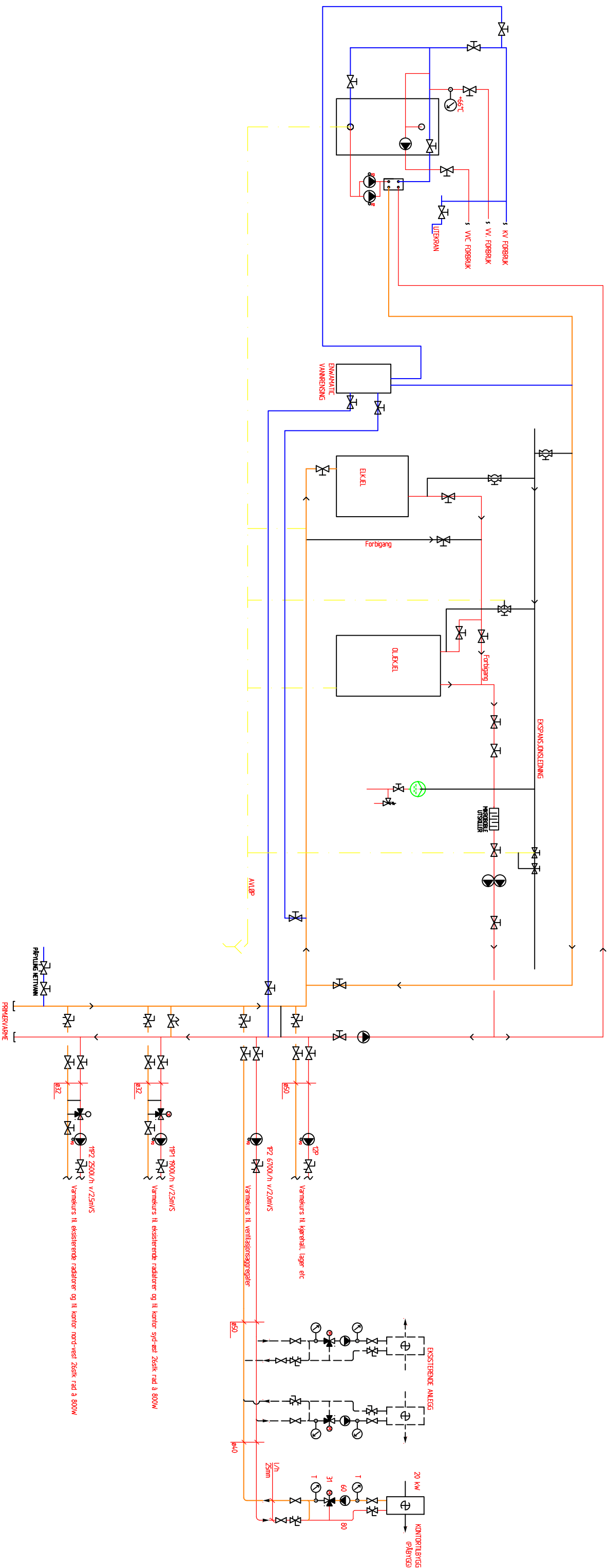
SYSTEMSKJEMA



B. FRIELE OG SØNNER AS
KAFFEHUSET FRIELE

KJØLEANLEGG
370

Date:	18.03.09	Prosjnr.:	Tegningssnr.:	Rev.ind.:
Sign:	AE			
Rev. date:	REV.DATO			
Mål:	NTS			
		BBB - V 7	002	0
		Fag	TegnType	Tegnnr.



B. FRIELE OG SØNNER AS
KAFFEHUSET FRIELE

VARMEANLEGG
320

Dato:	18.03.09	Prosj.nr.:	Tegningsnr.:	Rev.ind.:
Sign:	AE			
Rev. dato:	REV.DATO			
Mål:	NTS			

BBB - V 7 001

Fag Tegntyp. Tegnmr.

Vedlegg C: Enøk Normtall

Enøk Normtall			Byggtype:		Kontorbygg	
Utskrift fra Enøk Normtall			Referansetilstand:		1997	
Prosjekt: Kaffehuset Friele			Klimastasjon:		2. Sør-Norge kyst	
Parameter	Referanse	Tilstand	Før enøk	Følsomhet [kWh/m²år]	Enøk-tiltak	Etter enøk
1. OPPVARMING			21 kWh/m²år			
U-vegg	0,22 W/m²K	0,20	-0,6	+ 0,1 W/m²K = 3,00	0,20	
U-vindu	1,60 W/m²K	1,60		+ 0,1 W/m²K = 1,88	1,60	
U-tak	0,15 W/m²K	0,18	0,7	+ 0,1 W/m²K = 2,40	0,18	
U-gulv	0,15 W/m²K	0,00	-3,6	+ 0,1 W/m²K = 2,40	0,00	
Formfaktor	0,36	0,87	23,1	+ 0,1 = 4,52		
Vindusareal	20 %	38	13,0	+ 1 % = 0,72	38	
Solvarmetilskudd	0,50	0,50		+ 0,1 = -1,90	0,50	
Infiltrasjon	0,20 h-1	0,20		+ 0,1 h-1 = 8,71	0,20	
Belysning	13 W/m²	28,0	-12,0	+ 1 W/m² = -0,80	28,0	
Diverse utstyr	11 W/m²	11,0		+ 1 W/m² = -0,70	11,0	
Sum 1			41,5			
Romhøyde	3,20 m	3,00	5,4	+ 10 % = 13 % av sum 1		
Sum 2			46,9			
Innetemp.	21,0 °C	22,0	6,3	+ 1 °C = 13 % av sum 2	22,0	
Fordelingsnett	98 %	98		+ 1 % = -1 % av sum 2	98	
Automatikk	Moderne	Moderne		Gammel = 3 % av sum 2 Manuell = 5 % av sum 2	Moderne	
Temperatursenking	Ja	Ja		Nei = 7 % av sum 2	Ja	
Sum 3			53,2			
FDV / EOS	98 %	98		+ 1 % = -1 % av sum 3	98	
Sum 4			53,2			53,2
Energiproduksjon	100 %	100		+ 1 % = -1 % av sum 4	100	
1. Oppvarming korrigert			53,2			53,2
2. VENTILASJON			20 kWh/m²år			
				Før	Etter	
Driftstid	55 h/uke	73	6,6	+ 5 h/uke = 1,84	1,88	73
Luftmengde	9,0 m³/hm²	11,0	6,0	+ 1 m³/hm² = 2,98	2,50	11,0
Design inntemp.	21,0 °C	22,0	1,6	+ 1 °C = 1,56	1,25	22,0
Varmegjenvinning	75 %	80	-6,9	+ 1 % = -1 %		80
Sum 1			27,5			27,5
Automatikk	Moderne	Moderne		Gammel = 3 % av sum 1 Manuell = 5 % av sum 1	Moderne	
Befuktning	Nei	Nei		Ja = 50 % av sum 1	Nei	
Sum 2			27,5			
FDV / EOS	98 %	98		+ 1 % = -1 % av sum 2	98	
Sum 3			27,5			27,5
Energiproduksjon	100 %	100		+ 1 % = -1 % av sum 3	100	0,0
2. Ventilasjon korrigert			27,5			27,5

Enøk Normtall			Byggtype:		Kontorbygg			
Utskrift fra Enøk Normtall			Referansetilstand:		1997			
Prosjekt: Kaffehuset Friele			Klimastasjon:		2. Sør-Norge kyst			
Parameter	Referanse	Tilstand	Før enøk	Følsomhet [kWh/m ² år]		Enøk-tiltak	Etter enøk	
3. VARMTVANN			10 kWh/m²år					
Bad	150 l/m ²	150		+ 10 l/m ² = 0,37		150		
Kjøkken	120 l/m ²	120		+ 10 l/m ² = 0,37		120		
Sum 1			10,0				10,0	
Fordelingsnett	98 %	98		+ 1 % = -1 % av sum 1		98		
Automatikk	Moderne	Moderne		Gammel = 3 % av sum 1 Manuell = 5 % av sum 1		Moderne		
Sum 2			10,0					
FDV / EOS	98 %	98		+ 1 % = -1 % av sum 2		98		
Sum 3			10,0				10,0	
Energiproduksjon	100 %	100		+ 1 % = -1 % av sum 3		100		
3. Varmtvann korrigert			10,0				10,0	
4. VIFTER OG PUMPER			17 kWh/m²år					
				Før	Etter			
Driftstid	55 h/uke	73	5,2	+ 5 h/uke = 1,44	1,44	73		
Vifter	5,0 W/m ²	5,0		+ 1 W/m ² = 4,21	4,21	5,0		
Pumper, oppv./vent.	0,2 W/m ²	0,2		+ 0,1 W/m ² = 0,20	0,20	0,2		
Vifter/pumper, kjøling	1,0 W/m ²	1,0		+ 1 W/m ² = 1,00	1,00	1,0		
Sum 1			22,5					
FDV / EOS	98 %	98		+ 1 % = -1 % av sum 1		98		
4. Vifter & pumper korrigert			22,5				22,5	
5. BELYSNING			26 kWh/m²år					
Brukstid	40 h/uke	40		+ 5 h/uke = 3,20	6,90	40		
Samtidig effekt	13,0 W/m ²	28,0	29,6	+ 1 W/m ² = 1,97	1,97	28,0		
5. Belysning korrigert			55,2				55,2	
6.1 DIVERSE, UTNYTTBART			19 kWh/m²år					
Brukstid	35 h/uke	40	2,7	+ 5 h/uke = 2,71	2,71	40		
Samtidig effekt	11,0 W/m ²	11,0		+ 1 W/m ² = 1,97	1,97	11,0		
6.1 Diverse, utnyttbart korrigert			21,7				21,7	
6.2 DIVERSE, IKKE UTNYTTBART			5 kWh/m²år					
Brukstid	35 h/uke	40	0,7	+ 5 h/uke = 0,74	0,74	40		
Samtidig effekt	3,0 W/m ²	3,0		+ 1 W/m ² = 1,97	1,96	3,0		
6.2 Diverse, ikke utnyttbart korrigert			5,9				5,9	

Enøk Normtall
Utskrift fra Enøk Normtall

Prosjekt: Kaffehuset Friele

Byggtype: Kontorbygg
Referansetilstand: 1997
Klimastasjon: 2. Sør-Norge kyst

Energibudsjett

Fyringssesong: 15.9 - 15.5

Budsjettpost	Normtall [kWh/m ² år]	Før enøk		Etter enøk	
		[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]
1. Oppvarming	21	53	28.360	53	28.360
2. Ventilasjon	20	28	14.660	28	14.660
3. Varmtvann	10	10	5.330	10	5.330
4. Vifter & pumper	17	23	11.990	23	11.990
5. Belysning	26	55	29.420	55	29.420
6. Diverse	24	28	14.710	28	14.710
7. Kjøling	0	0	0	0	0
Totalt	118	196	104.470	196	104.470

8. Utendørs		0	[kWh/år]	0	[kWh/år]
--------------------	--	----------	----------	----------	----------

Energiproduksjon

	Normtall	Før enøk	Etter enøk
Oppvarming =	100 %	100 %	100 %
Ventilasjon =	100 %	100 %	100 %
Varmtvann =	100 %	100 %	100 %

Bygningsgeometri

Veggareal:	125 m²	Oppvarmet areal:	533 m²
Vindusareal:	205 m²	Romhøyde:	3,00 m
Takareal:	533 m²	Formfaktor:	0,87
Gulvareal:	533 m²		

Firma: Sweco AS

Beregnet av: Aina Eide

Dato: 28.05.2009

Enøk Normtall

Utskrift fra Enøk Normtall

Prosjekt: Kaffehuset Friele

Byggtype:

Kontorbygg

Referansetilstand:

1997

Klimastasjon:

2. Sør-Norge kyst

Effektbudsjett

DUT lokalt: -12,0 °C

Klimastasjon: -14,2 °C

Budsjettpost	Normtall [W/m ²]	Før enøk		Etter enøk	
		[W/m ²]	[kW]	[W/m ²]	[kW]
1. Oppvarming	26	36	19	36	19
2. Ventilasjon	28	26	14	26	14
3. Varmtvann	6	6	3	6	3
4. Vifter & pumper	6	6	3	6	3
5. Belysning	13	28	15	28	15
6. Diverse	14	14	8	14	8
7. Kjøling	15	0	0	0	0

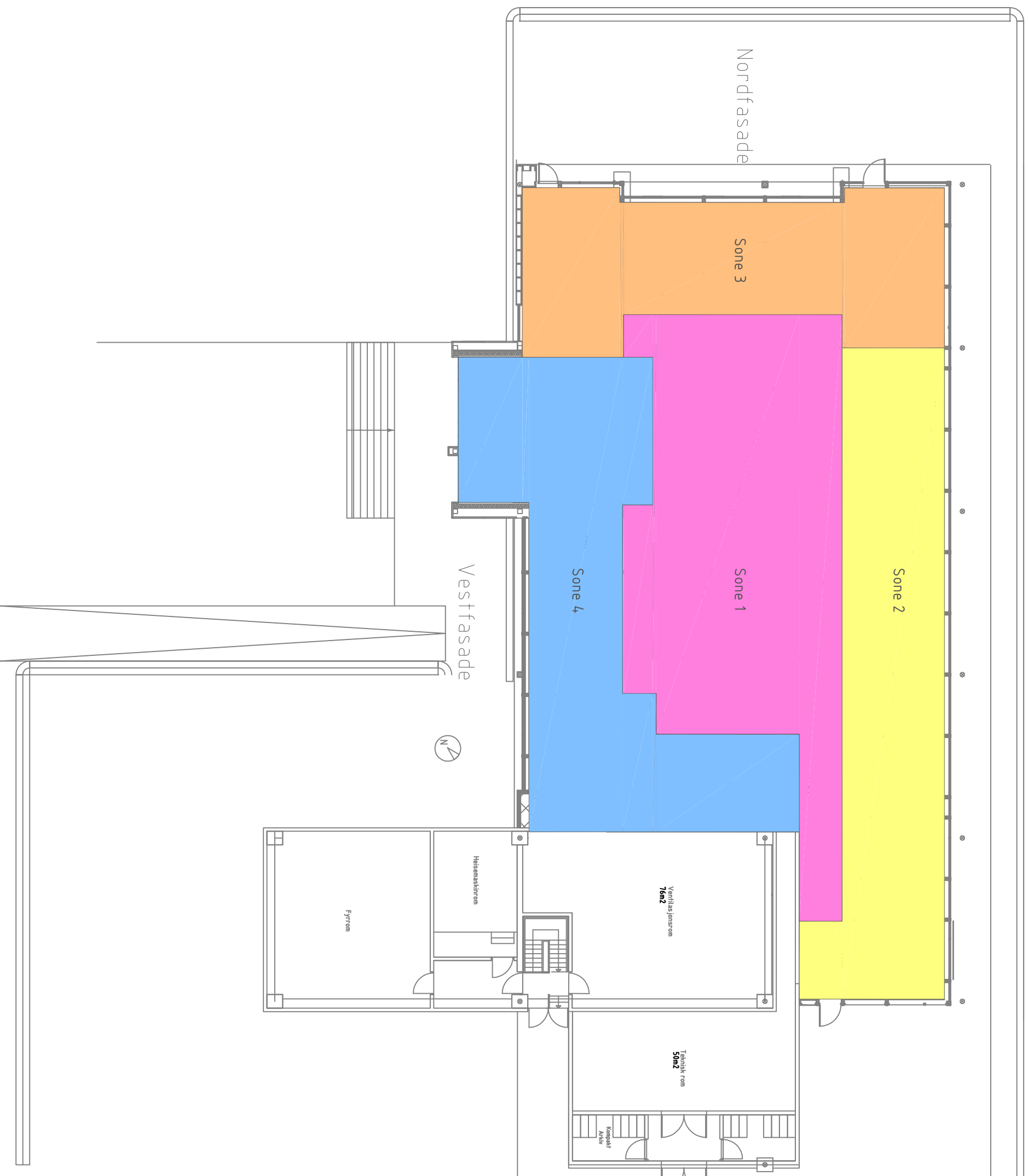
Firma: Sweco AS

Beregnet av: Aina Eide

Dato: 28.05.2009

Vedlegg D Soneinndeling

Østfasade



Sørfasade

Sone 1
Areal: 172m²
Luftmengde: 850m³/h
Avgittvarme: 0kW
Belysning: 1970W

Sone 2
Areal: 127m²
Luftmengde: 1850m³/h
Avgittvarme: 8,8kW
Belysning: 454,07W

Sone 3
Areal: 109m²
Luftmengde: 1750m³/h
Avgittvarme: 6,4kW
Belysning: 3150W

Sone 4
Areal: 125m²
Luftmengde: 1940m³/h
Avgittvarme: 5,6kW
Belysning: 4408W

B. FRIELE OG SØNNER AS
KAFFEHUSET FRIELE

SONEINDELING TIL SIMULERING I
SIMIEN

Dato:	28.05.09
Sign:	AE
Rev. dato:	REV.DATO
Mål:	NTS

Prosj.nr.:	BBBB	
Tegningsnr.:	V 7 005	
Fag	Tegn.typ.	Tegn.nr.

Rev.ind.: 0

Vedlegg E: SIMIEN



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:30 28/5-2009
Programversjon: 4.027
Brukernavn: Flerbruker
Firma: SWECO Norge AS
Inndatafil: G:\Masteroppgave vår 09\SIMIEN\Kaffehuset Friele.smi
Prosjekt: Kaffehuset Friele 5 etasje
Sone: Alle soner

Energibudsjett			
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk	
Romoppvarming	30673 kWh	57.5 kWh/m ²	
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	511 kWh	1.0 kWh/m ²	
Oppvarming av tappevann	862 kWh	1.6 kWh/m ²	
Vifter (ventilasjon)	8482 kWh	15.9 kWh/m ²	
Pumper	757 kWh	1.4 kWh/m ²	
Belysning	29211 kWh	54.8 kWh/m ²	
Teknisk utstyr	8304 kWh	15.6 kWh/m ²	
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1903 kWh	3.6 kWh/m ²	
Total	80703 kWh	151.4 kWh/m ²	

Levert energi			
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk	
Elektrisitet	84035 kWh	157.7 kWh/m ²	
Totalt levert energi	84035 kWh	157.7 kWh/m ²	

Årlige utslipp av CO2			
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp	
Elektrisitet	29832 kg	56.0 kg/m ²	
Totalt utslipp	29832 kg	56.0 kg/m ²	

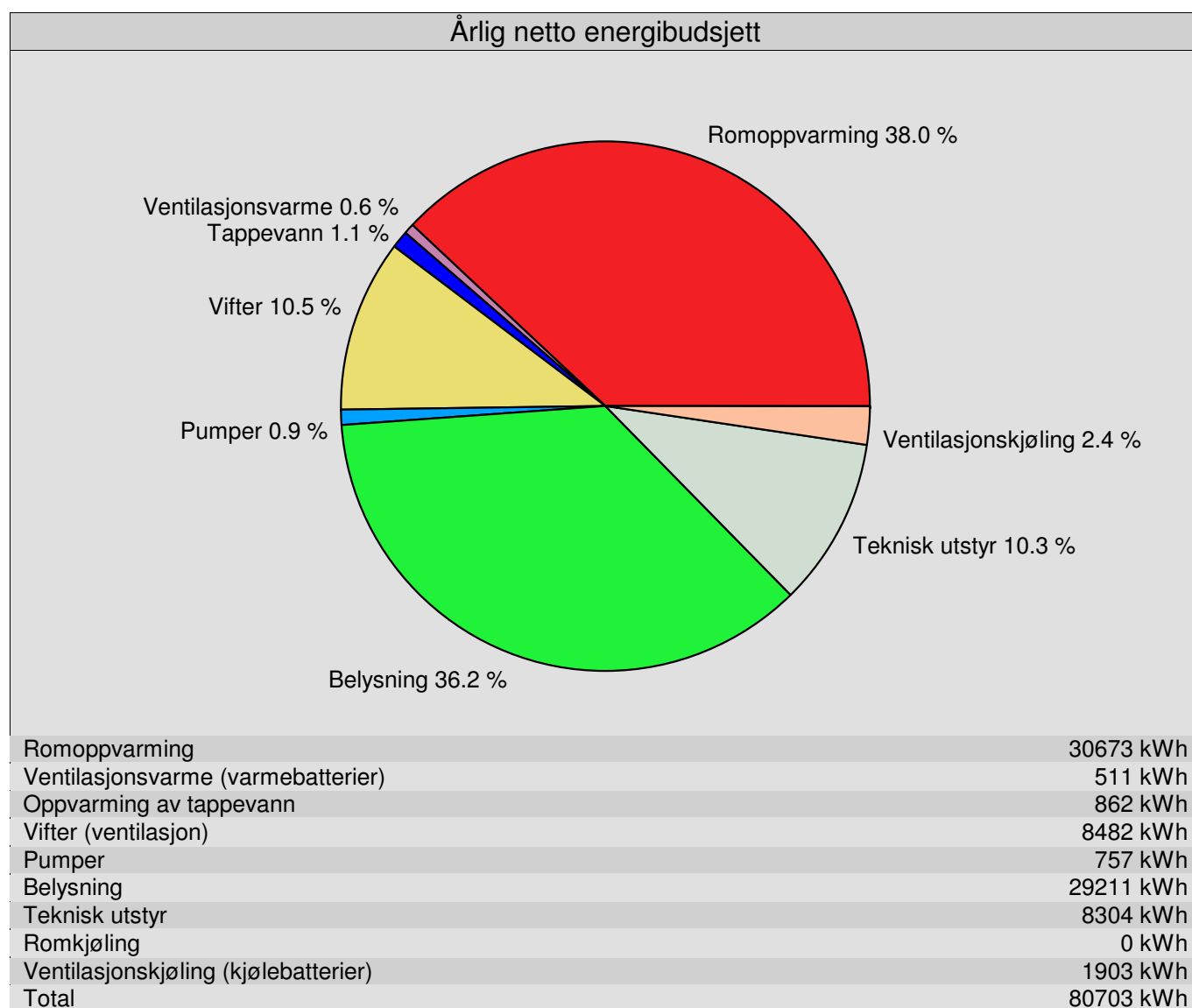
Kostnad kjøpt energi			
Energikilde	Energikostnad	Spesifikk energikostnad	
Elektrisitet	67228 kr	126.1 kr/m ²	
Summerte årlige energikostnader	67228 kr	126.1 kr/m ²	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:30 28/5-2009
Programversjon: 4.027
Brukernavn: Flerbruker
Firma: SWECO Norge AS
Inndatafil: G:\Masteroppgave vår 09\SIMIEN\Kaffehuset Friele.smi
Prosjekt: Kaffehuset Friele 5 etasje
Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:30 28/5-2009
Programversjon: 4.027
Brukernavn: Flerbruker
Firma: SWECO Norge AS
Inndatafil: G:\Masteroppgave vår 09\SIMIEN\Kaffehuset Friele.smi
Prosjekt: Kaffehuset Friele 5 etasje
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)	
Beskrivelse	Verdi
Areal yttervegger [m ²]:	125
Areal tak [m ²]:	533
Areal gulv [m ²]:	0
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	205
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	533
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	1599
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0.20
U-verdi tak [W/m ² K]	0.18
U-verdi gulv [W/m ² K]	0.00
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	1.60
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	38.4
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0.05
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	71
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1.50
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	80
Frostsikringstemp. varmegjenvinner [°C]:	0.0
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]:	2.00
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	12.0
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0.0
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0.9
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	59



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:30 28/5-2009
Programversjon: 4.027
Brukernavn: Flerbruker
Firma: SWECO Norge AS
Inndatafil: G:\Masteroppgave vår 09\SIMIEN\Kaffehuset Friele.smi
Prosjekt: Kaffehuset Friele 5 etasje
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)	
Beskrivelse	Verdi
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20.2
Systemeffektfaktor kjøling:	2.20
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0.0
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	35
Spesifikk pumpeeffekt [kW/(l/s)]:	1.34
Driftstid oppvarming (timer)	14.5
Driftstid kjøling (timer)	0.0
Driftstid ventilasjon (timer)	14.3
Driftstid belysning (timer)	8.0
Driftstid utstyr (timer)	5.4
Oppholdstid personer (timer)	5.4
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	26.2
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	26.2
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	7.5
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	7.5
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0.3
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0.0
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	7.2
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0.21
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0.20
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0.59

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Aina Eide
Kommentar	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:30 28/5-2009
Programversjon: 4.027
Brukernavn: Flerbruker
Firma: SWECO Norge AS
Inndatafil: G:\Masteroppgave vår 09\SIMIEN\Kaffehuset Friele.smi
Prosjekt: Kaffehuset Friele 5 etasje
Sone: Alle soner

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Bergen
Breddegrad	60° 23'
Lengdegrad	5° 20'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	7.5 °C
Midlere solstråling horisontal flate	87 W/m ²
Midlere vindhastighet	3.6 m/s

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
Elektrisitet	Systemvirkningsgrad: 0.88 Kjølefaktor: 2.20 Energipris: 0.80 kr/kWh CO2-utslipp: 355 g/kWh Andel romoppvarming: 100.0% Andel oppv. tappevann: 100.0% Andel varmebatteri: 100.0 % Andel kjølebatteri: 100.0 % Andel romkjøling: 100.0 % Andel el. spesifikt: 100.0 %



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:30 28/5-2009
Programversjon: 4.027
Brukernavn: Flerbruker
Firma: SWECO Norge AS
Inndatafil: G:\Masteroppgave vår 09\SIMIEN\Kaffehuset Friele.smi
Prosjekt: Kaffehuset Friele 5 etasje
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Inndata ekspertverdier	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning		0.30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr		0.50
Konvektiv andel varmetilskudd personer		0.50
Konvektiv andel varmetilskudd sol		0.50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger		2.50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling		2.00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv		3.00
Bypassfaktor kjølebatteri		0.25
Innv. varmemotstand på vinduruter		0.13
Midlere lufthastighet romluft		0.15
Turbulensintensitet romluft		25.00
Avstand fra vindu		0.60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m ² K]:		20.00

Vedlegg F: Prosedyre

FK - Funksjonskontroll prosedyre

Kap.	Navn	Side
1	Liste over tegninger	Kap 1
2	Liste over dokumentasjon	Kap 2
3	Adresseliste	Kap 3
4	Orientering	Kap 4
5	Romliste	
6	Bygningsdeler	
2	BYGNING	Kap 6.2
	21 GRUNN OG FUNDAMENTERING	
	22 BÆRESYTEM	
	23 YTTERVEGGER	
	24 INNERVEGGER	
	25 DEKKER	
	26 YTTERTAK	
	27 FAST INVENTAR	
	28 TRAPPER	
	29 SPESIELT	
3	VVS	
	31 SANITÆR	
	32 VARME	Kap 6-32
	33 BRANNSLUKKING	
	34 GASS OG TRYKKLUFT	
	35 KULDE	
	36 LUFTBEHANDLING	Kap 6-36
	37 LUFTKJØLING	
	38	
	39 ENERGIREGISTRERING	
4	ELKRAFT	
	41 GENERELLE SYSTEMER	
	42 HØYSPENNING	
	43 FORDELING	
	44 LYS	Kap 6-44
	45 ELEKTRISK VARME	
	46 DRIFTSTEKNISK	
5	TELE OG AUTOMASERING	
	51 GENERELLE ANLEGG	
	52 DATAKOMUNIKASJON	
	53 TELEFON	
	54 ALARM OG SIGNAL	
	55 LYD OG BILDE	
	56 AUTOMATISERING	

Liste over tegninger

Hovedside

1.1 Liste over tegninger

Fag		Navn	Revisjonsnr	Status	Dato	
VVS	Luftbehandling	Plan 5 VVS	V-2-002	F	Som bygget	11.02.09
	Sanitær	Plan 5 VVS gulvplan	V-2-003	A	Som bygget	11.02.09
	Sanitær	Takplan	V-2-005	C	Som bygget	11.02.09
	Sanitær	Fyrrom	V-3-13	B	Som bygget	11.02.09
EL		Elkraftinnstallasjoner	40020100		Som bygget	23.03.09
		Basisinnstallasjoner	41020100		Som bygget	23.03.09
		kursopplegg	43020100		Som bygget	23.03.09

1.2 Liste over skjema

Liste over dokumentasjon

Hovedside

- 2.1 Sanitærbeskrivelse
- 2.2 Luftbehandling beskrivelse
- 2.3 EI-beskrivelse
- 2.4 Automatikk

Adresseliste

Hovedside

Tittel Firmanavn Besøksadresse Navn Tlf.nr E-post

Tiltakshaver	B. Friele og Sønner AS	Midtunhaugen 6, pb. 175, 5852 Bergen			
---------------------	------------------------	---	--	--	--

Prosjektleder	LAB	pb. 6193, 5893 Bergen			
----------------------	-----	-----------------------	--	--	--

Arkitekt	Lund og partnere Arkitekter AS				
-----------------	--------------------------------	--	--	--	--

Rådgivende ingeniører

Byggeteknikk	Mulitconsult				
VVS-teknikk	Sweco				
Elektroteknikk	Sweco				

Byggeleder	LAB				
-------------------	-----	--	--	--	--

Entreprenører

Byggeteknikk					
VVS-teknikk	GK Norge AS				
Elektroteknikk	Pettersen & Gjellesvik AS				
Automatikk	Pettersen & Gjellesvik AS				

Orientering

Hovedside

4.1 Prosjektorganisasjon

Prosjektet er organisert i en hovedentrepris

4.2 Beliggenhet og atkomst

Adresse: Midtunhaugen 6 - Nestun

Rominndeling

Rombetegnelse		Oppvarmet bruttoareal	Antall personer
		m ²	stk
Rengj	531	1	
Foto, print, arkiv	530	15	
Anretn	529	5	
WC	528	3	
WC	526	3	
Kontor	524	11	1
Kontor	523	10	1
Kontor	522	10	1
Møterom	521	21	4
Møterom	520	25	8
Møterom	519	22	8
Kontor	518	19	1
Kontor	517	16	1
Kontor	516	11	1
Kontor	515	11	1
Kontor	514	11	1
Kontor	513	11	1
Kontor	512	11	1
Kontor	511	15	1
Kontor	510	31	1
Kontor	509	16	1
Kontor	508	13	1
Kontor	507	17	1
Møterom	506	32	8
Vrimle	502	23	
Korridor	503	45	
Korridor	504	20	
Vrimle	505	28	
Vrimle	501	48	
Trapp		29	
Tekniskrom		76	
Tekniskrom		50	
Sum oppvarmet areal		504,0	
Totalsum		659	43

32 Varme

Hovedside

- 32 Varmeanlegg
- 320 Varme generelt
- 321 Bunnledninger for varmeinstallasjoner
- 322 Ledningsnett for varmeinstallasjoner
- 323 Skal ikke benyttes
- 324 Armatur for varmeinstallasjoner**
- 325 Utstyr for varmeinstallasjoner**
- 326 Isolasjon av varmeinstallasjoner
- 327 Skal ikke benyttes
- 328 Skal ikke benyttes
- 329 Andre varmeinstallasjoner

Kap 324

Kap 325

Datainnnsamling armatur for varmeinstallasjoner

Hovedside

Utstyr	Systemnr	Komp.	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon	Prosjektert	Utførelse	Daglig drift	Avvik krav og prosj.	Avvik prosj. og utført	Avvik utført og drift	
Til varmebatteri															
Temperaturgiver	320	05	RT	59	Temperaturføler	Turlledning	Sanitær	- °C	80	°C	°C	75	°C		
Strupeventil	320	05	SV		Innreguleringsventil	Turlledning	Sanitær	-							
Strupeventil	320	05	SV		Innreguleringsventil	Turlledning	Sanitær	-							
Temperaturgiver	320	05	RT		Temperaturføler	Turlledning	Sanitær	- °C	80	°C	°C	76	°C		
Temperaturgiver	320	05	RT		Temperaturføler	Returledning	Sanitær	- °C	60	°C	°C	50	°C		
Pumpe	320	05	JP	11	Sirkulasjonspumpe	Returledning	Sanitær	- l/s	0,25	l/s	0,25	0,0372	l/s	OK	Avvik
Reguleringsventil	320	05	SB	31	Motorstyrt ventil	Returledning	Sanitær	-							
Stengeventil	320	05	SM		Manuell avstengningsventil	Returledning	Sanitær	-							
Temperaturgiver	320	05	RT		Temperaturføler	Returledning	Sanitær	- °C	60	°C	°C	64	°C		
Stengeventil	320	05	SM		Manuell avstengningsventil	Returledning	Sanitær	-							
Stengeventil	320	05	SM		Manuell avstengningsventil	Returledning	Sanitær	-							
Pumpe	11P1	320	JP		Sirkulasjonspumpe	syd/øst	Sanitær	- l/s	0,52	l/s	0,52	0,2276	l/s	OK	Avvik
Pumpe	11P2	320	JP		Sirkulasjonspumpe	nord/vest	Sanitær	- l/s	0,7	l/s	0,7	0,2563	l/s	OK	Avvik
Pumpe		320	JP		Sirkulasjonspumpe	Utskiftet eks. ventkurs	Sanitær	- l/s	1,86	l/s	1,86	0,785	l/s	OK	Avvik

DataiMMsamliMg utstyr varmeiMstallasjoMer

Hovedside

Utstyr	Systemnr	Komp.	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon	Prosjektert	Utførelse	Daglig drift	Avvik krav og prosj.	Avvik prosj. og utført	Avvik utført og drift				
Radiator					Kontor	524	Sanitær	Vedlegg M	546	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	523	Sanitær	Vedlegg M	582	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	522	Sanitær	Vedlegg M	582	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Møterom	521	Sanitær	Vedlegg M	489	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Møterom	521	Sanitær	Vedlegg M	489	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Møterom	519	Sanitær	Vedlegg M	1 004	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Møterom	519	Sanitær	Vedlegg M	1 004	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	518	Sanitær	Vedlegg M	501	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	518	Sanitær	Vedlegg M	501	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	517	Sanitær	Vedlegg M	812	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	516	Sanitær	Vedlegg M	596	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	515	Sanitær	Vedlegg M	596	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	514	Sanitær	Vedlegg M	596	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	513	Sanitær	Vedlegg M	596	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	512	Sanitær	Vedlegg M	596	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	511	Sanitær	Vedlegg M	799	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	510	Sanitær	Vedlegg M	1 197	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	510	Sanitær	Vedlegg M	1 197	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	509	Sanitær	Vedlegg M	779	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	508	Sanitær	Vedlegg M	622	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	507	Sanitær	Vedlegg M	413	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Kontor	507	Sanitær	Vedlegg M	413	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Møterom	506	Sanitær	Vedlegg M	1 170	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Møterom	506	Sanitær	Vedlegg M	1 170	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Vrimle	501	Sanitær	Vedlegg M	316	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Radiator					Vrimle	501	Sanitær	Vedlegg M	316	W	800	W	861	W	W	Avvik	Avvik	
Sum									17 881	W	20 800	W	22 386	W	0	W	Avvik	Avvik

36 Luftbehandling

Hovedside

36	Luftbehandling
360	Luftbehandling generelt
361	Kanalnett i grunn for luftbehandling
362	Kanalnett for luftbehandling
363	Skal ikke benyttes
364	Utstyr for luftfordeling
364-1	Spjeld
364-2	Ventiler
365	Utstyr for luftbehandling
366	Isolasjon av installasjon for luftbehandling
367	Skal ikke benyttes
368	Skal ikke benyttes
369	Annet utstyr for luftbehandling

Kap 364-1

Kap 364-2

Kap 365

Datainnsamling luftfordeling - Spjeld

Hovedside

Utstyr	Systemnr	Komp.	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon		Prosjektert		Utførelse		Daglig drift		Avvik krav og prosj.		Avvik prosj. og utført		Avvik utført og drift		
								Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Tilluftskanal 1																						
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Møterom	519	Ventilasjon	-	-	400	133	918	176	400	133			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	518	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	518	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	517	Ventilasjon	-	-	200	67	342	72	200	67			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	516	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	515	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	514	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	513	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	512	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	511	Ventilasjon	-	-	200	67	342	72	200	67			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	510	Ventilasjon	-	-	600	200	1 440	266	600	200			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	509	Ventilasjon	-	-	200	67	342	72	200	67			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	508	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	507	Ventilasjon	-	-	200	67	342	72	200	67			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
SUM									-		3 000	1 000	6 462	1 306	3 000	1 000						

Fraluftskanal 1

VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Møterom	519	Ventilasjon	-	-	400	133	918	176	400	133			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	518	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	518	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	517	Ventilasjon	-	-	200	67	342	72	200	67			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	516	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	515	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	514	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	513	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	512	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	511	Ventilasjon	-	-	200	67	342	72	200	67			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	510	Ventilasjon	-	-	600	200	1 440	266	600	200			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	509	Ventilasjon	-	-	200	67	342	72	200	67			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	508	Ventilasjon	-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	507	Ventilasjon	-	-	200	67	342	72	200	67			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
SUM									-		3 000	1 000	6 462	1 306	3 000	1 000						

Utstyr	Systemnr	Komp.	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon		Prosjektert		Utførelse		Daglig drift		Avvik krav og prosj.		Avvik prosj. og utført		Avvik utført og drift	
								Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min

Tilluftskanal 2

VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Møterom	520	Ventilasjon		-	-	500	167	918	176	500	167			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
CAV	360	10	SK		Strømningsregulator	Vrimle	505	Ventilasjon		-	-	300				300							
CAV	360	10	SK		Strømningsregulator	Foto, print, arkiv	530	Ventilasjon		-	-	150				150							
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	523	Ventilasjon		-	-	120	40	342	72	120	40			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	522	Ventilasjon		-	-	120	40	342	72	120	40			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Møterom	521	Ventilasjon		-	-	450	150	918	176	450	150			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	524	Ventilasjon		-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
CAV	360	10	SK		Strømningsregulator	Vrimle	504	Ventilasjon		-	-	400				400							
CAV	360	10	SK		Strømningsregulator	Vrimle	501	Ventilasjon		-	-	600				600							
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Møterom	506	Ventilasjon		-	-	600	200	1 440	266	600	200			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
SUM												-	3 390	647	4 302	834	3 390	647					

Fraluftskanal 2

VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Møterom	520	Ventilasjon		-	-	500	167	918	176	500	167			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
CAV	360	10	SK		Strømningsregulator	Foto, print, arkiv	530	Ventilasjon		-	-	200				200							
CAV	360	10	SK		Strømningsregulator	Foto, print, arkiv	530	Ventilasjon		-	-	350				350							
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	524	Ventilasjon		-	-	150	50	342	72	150	50			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	523	Ventilasjon		-	-	120	40	342	72	120	40			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Kontor	522	Ventilasjon		-	-	120	40	342	72	120	40			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Møterom	521	Ventilasjon		-	-	450	150	918	176	450	150			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
CAV	360	10	SK		Strømningsregulator	Vrimle	501	Ventilasjon		-	-	600				600							
CAV	360	10	SK		Strømningsregulator	Vrimle	502	Ventilasjon		-	-	200				200							
VAV	360	10	SQ		Strømningsregulator	Møterom	506	Ventilasjon		-	-	600	200	1 440	266	600	200			Avvik	Avvik	Avvik	Avvik
SUM												-	3 290	647	4 302	834	3 290	647					

Datainnsamling luftfordeling - Ventiler

Hovedside

Utstyr	Systemnr	Komp.	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon m ³ /h	Prosjektert m ³ /h	Utførelse m ³ /h	Daglig drift m ³ /h	Avvik krav og prosj.	Avvik prosj. og utført	Avvik utført og drift
--------	----------	-------	-----	------------	------------	------------	-------	--	----------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------

Tilluftskanal 1

LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	519	Ventilasjon	Vedlegg N	180	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	519	Ventilasjon	Vedlegg N	180	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	518	Ventilasjon	Vedlegg N	81	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	518	Ventilasjon	Vedlegg N	81	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	517	Ventilasjon	Vedlegg N	140	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	516	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	135	Avvik	OK	Avvik
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	515	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	514	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	513	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	512	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	511	Ventilasjon	Vedlegg N	133	200	200	174	Avvik	OK	Avvik
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	510	Ventilasjon	Vedlegg N	83	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	510	Ventilasjon	Vedlegg N	83	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	510	Ventilasjon	Vedlegg N	83	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	509	Ventilasjon	Vedlegg N	140	200	200	246	Avvik	OK	Avvik
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	508	Ventilasjon	Vedlegg N	119	150	150	64	Avvik	OK	Avvik
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	507	Ventilasjon	Vedlegg N	148	200	200	-	Avvik	OK	
SUM									1 971	3 000	3 000	619			

Fraluftskanal 1

LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	519	Ventilasjon	Vedlegg N	180	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	519	Ventilasjon	Vedlegg N	180	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	518	Ventilasjon	Vedlegg N	81	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	518	Ventilasjon	Vedlegg N	81	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	517	Ventilasjon	Vedlegg N	140	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	516	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	515	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	514	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	135	Avvik	OK	Avvik
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	513	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	512	Ventilasjon	Vedlegg N	104	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	511	Ventilasjon	Vedlegg N	133	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	510	Ventilasjon	Vedlegg N	83	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	510	Ventilasjon	Vedlegg N	83	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	510	Ventilasjon	Vedlegg N	83	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	509	Ventilasjon	Vedlegg N	140	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	508	Ventilasjon	Vedlegg N	119	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	507	Ventilasjon	Vedlegg N	148	200	200	-	Avvik	OK	
SUM									1 971	3 000	3 000	135			

Utstyr	Systemnr	Komp.	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon m ³ /h	Prosjektert m ³ /h	Utførelse m ³ /h	Daglig drift m ³ /h	Avvik krav og prosj.	Avvik prosj. og utført	Avvik utført og drift
Tilluftskanal 2														
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	520	Ventilasjon	141	250	250	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	520	Ventilasjon	141	250	250	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Vrimle	505	Ventilasjon	202	300	300	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Foto, print, arkiv	530	Ventilasjon	108	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	523	Ventilasjon	97	120	120	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	522	Ventilasjon	97	120	120	101	Avvik	OK	Avvik
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	521	Ventilasjon	118	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	521	Ventilasjon	118	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	521	Ventilasjon	118	150	150	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Kontor	524	Ventilasjon	104	150	150	64	Avvik	OK	Avvik
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Vrimle	504	Ventilasjon	144	400	400	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Vrimle	501	Ventilasjon	173	300	300	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Vrimle	501	Ventilasjon	173	300	300	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	506	Ventilasjon	144	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	506	Ventilasjon	144	200	200	-	Avvik	OK	
LØV-R	360	10	ST	Tilluftsventil	Møterom	506	Ventilasjon	144	200	200	-	Avvik	OK	
SUM								2 165	3 390	3 390	165			

Fraluftskanal 2

LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	520	Ventilasjon	141	250	250		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	520	Ventilasjon	141	250	250		Avvik	OK	
Kontrollventil	360	10	SF	Fraluftsventil	Rengjøring	531	Ventilasjon	7	100	100		Avvik	OK	
Kontrollventil	360	10	SF	Fraluftsventil	WC	526	Ventilasjon	22	100	100		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Foto, print, arkiv	530	Ventilasjon	54	75	75		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Foto, print, arkiv	530	Ventilasjon	54	75	75		Avvik	OK	
Kontrollventil	360	10	SF	Fraluftsventil	WC	528	Ventilasjon	22	100	100		Avvik	OK	
Kontrollventil	360	10	SF	Fraluftsventil	Anretning	529	Ventilasjon	36	100	100		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	524	Ventilasjon	104	150	150		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	523	Ventilasjon	97	120	120		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Kontor	522	Ventilasjon	97	120	120		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	521	Ventilasjon	118	150	150		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	521	Ventilasjon	118	150	150		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	521	Ventilasjon	118	150	150		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Vrimle	501	Ventilasjon	173	300	300		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Vrimle	501	Ventilasjon	173	300	300		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Vrimle	502	Ventilasjon	166	200	200		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	506	Ventilasjon	144	200	200		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	506	Ventilasjon	144	200	200		Avvik	OK	
LØV-R	360	10	SF	Fraluftsventil	Møterom	506	Ventilasjon	144	200	200		Avvik	OK	
SUM								2 072	3 290	3 290	0			

Datainnsamling luftbehandlingsanlegg

Hovedside

365 Utstyr for luftbehandling

Utfylt av: Aina Eide

Dato for målinger 26-03-09 Klokke: 08:30-15:30

Utetemp: 3°C

Aggregatnummer 360.10

Utstyr	Systemnr	Komp	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon	Prosjekttert	Utførelse	Daglig drift	Avvik krav og prosj.	Avvik prosj. og utført	Avvik utført og drift
Luftmengde tilluft	360	10					Vedlegg N	4 712 m³/h	7 000 m³/h	7 000 m³/h	m³/h	Avvik	OK	
Luftmengde avtrekk	360	10					Vedlegg N	4 712 m³/h	7 000 m³/h	7 000 m³/h	m³/h	Avvik	OK	
SFP	360	10					TEK 07	2 kW/m³s	2,2 kW/m³s	1,96 kW/m³s	kW/m³s	Avvik	☹	
Avtrekkstemperatur	360	10						- °C	22 °C	23 °C	20,5 °C		Avvik	Avvik
Avtrekksluftfuktighet	360	10						- %	%	30 %	%			
Inntaksrist	360	10	MR	40	Luftinntak		Ventilasjon	- m³/h	20 000 m³/h		m³/h			
Trykkvakt inntak	360	10		54-1		Inntak	Automatikk	- Pa	Pa		Pa	96,0 Pa		
Inntakspjeld	360	10	SS	40	Stengespjeld	Inntak	Ventilasjon							
Aktuator	360	10	KA	36	Spjeldmotor	Inntak	Automatikk							
Filter (kullfilter)	360	10	MF	41	Luftfilter	Inntak	Ventilasjon		F7	F7	F7		OK	OK
<i>Begynnelsesmotstand</i>	360	10						- Pa	100 Pa	150/77,8 Pa	Pa		Avvik	
<i>Sluttrykk</i>	360	10						- Pa	Pa	Pa	Pa			
Differansegiver over filter	360	10	RD	54-2	Differansetrykkløser	Inntak	Automatikk	- Pa	Pa	Pa	Pa	30,0 Pa		
	360	10												
Varmegjenvinner	360	10	LX	50	Roterende varmeveksler		Ventilasjon							
<i>Frekvensomformer</i>	360	10	LR	30										
<i>Temp.virkn.grad vinter</i>	360	10					NS 3031	80 %	80 %	83 %	41,1 %	OK	☹	Avvik
<i>Trykkfall tilluft</i>	360	10						- Pa	Pa	122 Pa	Pa			
<i>Trykkfall avtrekk</i>	360	10						- Pa	Pa	122 Pa	Pa			
<i>Temp. e/varmegjenvinner avtrekk</i>	360	10						- °C	°C	(7) °C	13,5 °C			Avvik
<i>Temp. e/varmegjenvinner tilluft</i>	360	10						- °C	°C	17 °C	10,4 °C			Avvik
<i>Overført Effekt</i>	360	10						- kW	kW	67 kW	kW			
Differansegiver over gjenvinner	360	10	RD	58-1	Differansetrykkløser	Gj.vinner	Automatikk	- Pa	Pa	Pa	Pa	49,0 Pa		
Differansegiver over systemet	360	10	RD	58-2	Differansetrykkløser	Gj.vinner	Automatikk	- Pa	Pa	Pa	Pa	21,0 Pa		
Temperaturgiver	360	10	RT	61	Temperaturføler	Gj.vinner	Automatikk	- °C	°C	°C	°C	10,4 °C		
Varmebatteri	360	10	LV	40	Varmeomformende	Tilluft	Ventilasjon							
<i>Batterieffekt</i>	360	10						- kW	20 kW	20 kW	kW		OK	
<i>Lufttemp. inn</i>	360	10						- °C	°C	17 °C	°C	10,4 °C		Avvik
<i>Lufttemp. ut</i>	360	10						- °C	°C	25 °C	°C	15,0 °C		Avvik
<i>Luftfuktighet</i>	360	10						- m/s	3 m/s	2 m/s	m/s		Avvik	
<i>Trykkfall luft</i>	360	10						- Pa	Pa	11 Pa	Pa			
<i>Vanntemp. inn</i>	360	10						- °C	80 °C	80 °C	°C	75,0 °C	OK	Avvik
<i>Vanntemp. ut</i>	360	10						- °C	60 °C	60 °C	°C	50,0 °C	OK	Avvik
<i>Vannmengde</i>	360	10						- l/s	l/s	0 l/s	l/s	0,0 l/s		Avvik
<i>Trykkfall vann</i>	360	10						- kPa	kPa	13 kPa	kPa			
Kjølebatteri	360	10	LK	41	Varmeomformende	Tilluft	Ventilasjon							
<i>Batterieffekt</i>	360	10						- kW	35 kW	35 kW	kW		OK	
<i>Lufttemp. inn</i>	360	10						- °C	°C	26 °C	°C			
<i>Luftfuktighet inn</i>	360	10						- % RF	% RF	50 % RF	% RF			
<i>Lufttemp. ut</i>	360	10						- °C	°C	15 °C	°C			

Utstyr	Systemnr	Komp	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon	Prosjektert	Utførelse	Daglig drift	Avvik krav og prosj.	Avvik prosj. og utført	Avvik utført og drift		
Lufthastighet	360	10						- m/s	3	m/s	2	m/s		Avvik		
Trykkfall luft	360	10						- Pa		Pa	104	Pa				
Vanntemp. inn	360	10						- °C	7	°C	7	°C		OK		
Vanntemp. ut	360	10						- °C	13	°C	13	°C		OK		
Vannmengde	360	10						- l/s	1	l/s	1	l/s		Avvik		
Trykkfall vann	360	10						- kPa	25	kPa	28	kPa		Avvik		
Luftfuktighet ut	360	10						- % RF		% RF		% RF				
Tilluftsvifte, frekv.styrt	360	10	JV	40	Vifte	Tilluft	Ventilasjon									
Frekvensomformer	360	10	LR	2			Automatikk									
Turtall	360	10						- o/min		o/min	1 978	o/min				
Virkningsgrad	360	10						- %	80	%	79	%		Avvik		
Netto effektbehov	360	10						- kW	2	kW	2	kW		Avvik		
Totaltrykk	360	10						- Pa		Pa	676	Pa				
Tilført Effekt	360	10						- kW		kW		kW				
Tilgjengelig Statisk Trykk	360	10						- Pa		Pa	250	Pa				
Maks turtall	360	10						- o/min		o/min	3 100	o/min				
Motor	360	10				Tilluft	Ventilasjon									
Turtall	360	10						- o/min		o/min	1 400	o/min				
Effekt	360	10						- kW		kW	3	kW				
Merkestrøm	360	10						- A		A	6	A				
Bereget driftfrekvens	360	10						- Hz		Hz	71	Hz				
Maks tillatt driftfrekvens	360	10														
Røykdetektor	360	10	RY	55	Luftkvalitetsmåler	Tilluft	Automatikk									
Temperaturgiver	360	10	RT	63	Temperaturføler	Tilluft	Automatikk	- °C	17	°C	17	°C	15,0	°C	OK	Avvik
Trykkgiver	360	10	RP	83	Trykkføler	Tilluft	Automatikk	- Pa		Pa	120	Pa	167,0	Pa		Avvik
Avkasthatt	360	10	MR	50	Jethette	Avkast	Ventilasjon	- m³/h	7 000	m³/h	7 000	m³/h		m³/h	OK	
Avkastspjeld	360	10	SS	50	Stengespjeld	Avkast	Ventilasjon	- Pa		Pa	10	Pa		Pa		
Aktuator	360	10	KA	37	Spjeldmotor	Avkast	Automatikk									
Avtrekksvifte, frekv.styrt	360	10	JV	50	Vifte	Avkast	Ventilasjon									
Frekvensomformer	360	10		5			Automatikk									
Turtall	360	10						- o/min		o/min	1 931	o/min				
Virkningsgrad	360	10						- %	80	%	79	%		%	Avvik	
Netto effektbehov	360	10						- kW	2	kW	2	kW		kW	Avvik	
Totaltrykk	360	10						- Pa	300	Pa	613	Pa		Pa	Avvik	
Tilført Effekt	360	10						- kW		kW		kW		kW		
Tilgjengelig Statisk Trykk	360	10						- Pa		Pa	300	Pa		Pa		
Maks turtall	360	10						- o/min		o/min	3 100	o/min		o/min		
Motor	360	10				Avkast	Ventilasjon									
Turtall	360	10						- o/min		o/min	1 420	o/min		o/min		
Effekt	360	10						- kW		kW	2	kW		kW		
Merkestrøm	360	10						- A		A	5	A		A		
Bereget driftfrekvens	360	10						- Hz		Hz	68	Hz		Hz		
Maks tillatt driftfrekvens	360	10														
Temperaturgiver	360	10	RT	66	Temperaturføler	Avkast	Automatikk	- °C		°C		°C	13,5	°C		
Filter	360	10	MF	50	Luftfilter	Avkast	Ventilasjon		F7		F7		F7		OK	OK
Begynnelsesmotstand	360	10						- Pa	100	Pa	80	Pa		Pa	Avvik	
Sluttrykk	360	10						- Pa		Pa		Pa		Pa		
Differansegiver over filter	360	10	RD	54-3	Differansetrykkløser	Avkast	Automatikk	- Pa		Pa		Pa	36,0	Pa		
Trykkgiver	360	10	RP	85	Trykkløser	Fraluft	Automatikk	- Pa	160	Pa	160	Pa	332,0	Pa	OK	Avvik

44 Lys

Hovedside

44	Lys	
	440	
	441	
	442 Belysningsystem	Kap 442
	443 Nødlys
	444	
	445	
	446	
	447	
	448 Utstyr/enheter	

Datainnsamling belysning


Hovedside


Utstyr	Systemnr	Komp.	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon	Prosjektert	Utførelse	Daglig drift			Avvik krav og prosj.	AVVIK prosj. og utført	AVVIK utført og drift
											stk	W	Sum			
				Downlight	Rengj	531	Elektro					1	26	26		
				Downlight	Foto, print, arki	530	Elektro					6	26	156		
				Downlight	Anretn	529	Elektro					1	26	26		
				Lys under overskap	Anretn	529	Elektro					5	20	100		
Cave enkel			Prolicht	downlight	WC	528	Elektro					1	35	35		
Net 48 muro			Viabizzuno	Påmontert veggarmatur	WC	528	Elektro					1	120	120		
Cave enkel			Prolicht	downlight	WC	526	Elektro					1	35	35		
Net 48 muro			Viabizzuni	Påmontert veggarmatur	WC	526	Elektro					1	120	120		
Smedmarks, Rektor 35+49 W				Nedhengt armatur Opplys	Kontor	524	Elektro					1	35	35		
			Smedmarks	Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	524	Elektro					1	49	49		
Erco, Quadra 50W			Erco	Wallwash	Kontor	524	Elektro					2	50	100		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Kontor	524	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 35+49 W				Nedhengt armatur Opplys	Kontor	523	Elektro					1	35	35		
			Smedmarks	Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	523	Elektro					1	49	49		
Erco, Quadra 50W			Erco	Wallwash	Kontor	523	Elektro					2	50	100		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Kontor	523	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 35+49 W				Nedhengt armatur Opplys	Kontor	522	Elektro					1	35	35		
			Smedmarks	Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	522	Elektro					1	49	49		
Erco, Quadra 50W			Erco	Wallwash	Kontor	522	Elektro					2	50	100		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Kontor	522	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 2x21 +2x39 W				Nedhengt armatur Opplys	Møterom	521	Elektro					1	42	42		
			Smedmarks	Nedhengt armatur Nedlys	Møterom	521	Elektro					1	78	78		
Erco, Quadra 50W			Erco	Wallwash	Møterom	521	Elektro					5	50	250		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Møterom	521	Elektro					1	180	180		
Hide T5 28W			Smedmarks	Innfelt Profilsystem	Møterom	520	Elektro					2	28	56		
Hide T5 2x28W			Smedmarks	Innfelt Profilsystem	Møterom	520	Elektro					1	56	56		
Hide Halogen 50W			Smedmarks	Innfelt Profilsystem	Møterom	520	Elektro					6	50	300		
Erco, Quadra 50W			Erco	Wallwash	Møterom	520	Elektro					4	50	200		
Erco, Quadra 50W			Erco	Downlight	Møterom	520	Elektro					2	50	100		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Møterom	520	Elektro					3	60	180		
M1 Medio 8			Viabizzuno	Innfelt Veggarmatur	Møterom	520	Elektro					2	26	52		
Hide T5 28W			Smedmarks	Innfelt Profilsystem	Møterom	519	Elektro					2	28	56		
Hide T5 2x28W			Smedmarks	Innfelt Profilsystem	Møterom	519	Elektro					1	56	56		
Hide Halogen 50W			Smedmarks	Innfelt Profilsystem	Møterom	519	Elektro					6	50	300		
Erco, Quadra 50W			Erco	Downlight	Møterom	519	Elektro					2	50	100		
Erco, Quadra 2x50W			Erco	Wallwash	Møterom	519	Elektro					1	100	100		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Møterom	519	Elektro					1	180	180		
M1 Medio 8			Viabizzuno	Innfelt Veggarmatur	Møterom	519	Elektro					2	26	52		
Smedmarks, Rektor 4x28W				Nedhengt armatur Opplys	Kontor	518	Elektro					1	112	112		
			Smedmarks	Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	518	Elektro					1		0		
Erco, Quadra 2x50W			Erco	Wallwash	Kontor	518	Elektro					2	100	200		
Erco, Quadra 50W			Erco	Downlight	Kontor	518	Elektro					1	50	50		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Kontor	518	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 2x21 + 2x39 W				Nedhengt armatur Opplys	Kontor	517	Elektro					1	42	42		
			Smedmarks	Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	517	Elektro					1	79	79		
Erco, Quadra 50W			Erco	Wallwash	Kontor	517	Elektro					2	50	100		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Kontor	517	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 35+49 W				Nedhengt armatur Opplys	Kontor	516	Elektro					1	35	35		
			Smedmarks	Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	516	Elektro					1	49	49		
Erco, Quadra 50W			Erco	Wallwash	Kontor	516	Elektro					2	50	100		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Kontor	516	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 35+49 W				Nedhengt armatur Opplys	Kontor	515	Elektro					1	35	35		
			Smedmarks	Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	515	Elektro					1	49	49		
Erco, Quadra 50W			Erco	Wallwash	Kontor	515	Elektro					2	50	100		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Kontor	515	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 35+49 W				Nedhengt armatur Opplys	Kontor	514	Elektro					1	35	35		
			Smedmarks	Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	514	Elektro					1	49	49		
Erco, Quadra 50W			Erco	Wallwash	Kontor	514	Elektro					2	50	100		
China			Penta	Frittstående gulvlampe	Kontor	514	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 35+49 W				Nedhengt armatur Opplys	Kontor	513	Elektro					1	35	35		


Utstyr	Systemnr	Komp.	nr:	Funk.besk.	Plassering	Entreprise	Kilde	Kravspesifikasjon	Prosjektort	Utførelse	Daglig drift			Avvik krav og prosj.	Avvik prosj. og utført	Avvik utført og drift
Smedmarks, Rektor 35+49 W		Smedmarks		Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	513	Elektro					1	49	49		
Erco, Quadra 50W		Erco		Wallwash	Kontor	513	Elektro					2	50	100		
China		Penta		Frittstående gulvlampe	Kontor	513	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 35+49 W		Smedmarks		Nedhengt armatur Opplys	Kontor	512	Elektro					1	35	35		
				Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	512	Elektro						1	49	49	
Erco, Quadra 50W		Erco		Wallwash	Kontor	512	Elektro					2	50	100		
China		Penta		Frittstående gulvlampe	Kontor	512	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 2x21 + 2x39 W		Smedmarks		Nedhengt armatur Opplys	Kontor	511	Elektro					2	42	84		
				Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	511	Elektro						2	78	156	
Erco, Quadra 50W		Erco		Wallwash	Kontor	511	Elektro					6	50	300		
China		Penta		Frittstående gulvlampe	Kontor	511	Elektro					2	180	360		
Smedmarks, Rektor 4x28W		Smedmarks		Nedhengt armatur Opplys	Kontor	510	Elektro					1	112	112		
				Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	510	Elektro						1		0	
Erco, Quadra 50W		Erco		Wallwash	Kontor	510	Elektro					5	50	250		
Erco, Quadra 50W		Erco		Downlight	Kontor	510	Elektro					1	50	50		
China		Penta		Frittstående gulvlampe	Kontor	510	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 2x21 + 2x39 W		Smedmarks		Nedhengt armatur Opplys	Kontor	509	Elektro					1	42	42		
				Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	509	Elektro						1	78	78	
Erco, Quadra 50W		Erco		Wallwash	Kontor	509	Elektro					2	50	100		
China		Penta		Frittstående gulvlampe	Kontor	509	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 35+49 W		Smedmarks		Nedhengt armatur Opplys	Kontor	508	Elektro					1	35	35		
				Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	508	Elektro						1	49	49	
Erco, Quadra 50W		Erco		Wallwash	Kontor	508	Elektro					2	50	100		
China		Penta		Frittstående gulvlampe	Kontor	508	Elektro					1	180	180		
Smedmarks, Rektor 2x21 + 2x39 W		Smedmarks		Nedhengt armatur Opplys	Kontor	507	Elektro					2	42	84		
				Nedhengt armatur Nedlys	Kontor	507	Elektro						2	78	156	
Erco, Quadra 50W		Erco		Wallwash	Kontor	507	Elektro					6	50	300		
China		Penta		Frittstående gulvlampe	Kontor	507	Elektro					2	180	360		
M1 Medio 8		Viabizzuno		Innfelt Veggarmatur	Møterom	506	Elektro					2	26	52		
Hide T5 28W		Smedmarks		Innfelt Profilsystem	Møterom	506	Elektro					2	28	56		
Hide T5 2x28W		Smedmarks		Innfelt Profilsystem	Møterom	506	Elektro					1	56	56		
Hide Halogen 50W		Smedmarks		Innfelt Profilsystem	Møterom	506	Elektro					6	50	300		
Erco, Quadra 50W		Erco		Downlight	Møterom	506	Elektro					1	50	50		
Erco, Quadra 2x50W		Erco		Wallwash	Møterom	506	Elektro					2	100	200		
China		Penta		Frittstående gulvlampe	Møterom	506	Elektro					1	180	180		
Under-Cover Ø330 m/ LED pro		Under-Cover		LED	Vrimle	502	Elektro					2	20	40		
Under-Cover Ø1000 m/ LED pro		Under-Cover		LED	Vrimle	502	Elektro					1	60	60		
LED pro		Smedmarks		Linear LED	Vrimle	502	Elektro					8,5	26	221		
Erco, Quadra 36W		Erco		Downlight	Korridor	503	Elektro					10	36	360		
Erco, Quadra 36W		Erco		Downlight	Korridor	504	Elektro					4	36	144		
Under-Cover Ø1000 m/ LED pro 094		Under-Cover		LED	Vrimle	505	Elektro					2	60	120		
094		Viabizzuno		Linear LED	Vrimle	505	Elektro					6,7	50	335		
Erco, Quadra 36W		Erco		Downlight	Vrimle	505	Elektro					2	36	72		
Sistema 094		Viabizzuno		Spot i innfelt skinnesystem	Vrimle	501	Elektro					23	50	1150		
Hide Halogen		Smedmarks		Innfelt downlight i system	Vrimle	501	Elektro					1	50	50		
Hide Wide		Smedmarks		Innfelt armatur med akryl avsk	Vrimle	501	Elektro					1	28	28		
Hide 3x28		Smedmarks		Innfelt armatur med akryl avsk	Vrimle	501	Elektro					3	28	84		
C1		Viabizzuno		Innfelt opplys	Vrimle	501	Elektro					2	35	70		
Metalisten Xenon		Smedmarks		Lys under benk	Vrimle	501	Elektro					2	150	300		
Hide 3x35		Smedmarks		Innfelt effektlys i vegg	Vrimle	501	Elektro					4	35	140		
							Elektro									
14 035																


Vedlegg G: Måleutstyr / instrumentliste


1 Oversikt over instrumenter

Navn:	TinyTagPlus (Norsk navn: Klimalog TF)			
	Sensortype:	Rekkevidde:	Nøyaktighet:	Oppløsning:
Temperatur/ fuktighet	10K NTC termistor	-30/+50°C		0,01°C
CO ₂	Ikke dispersiv, infrarød (NDIR)	0-6000ppm	20ppm	
Produsent:	Gemini Data Loggers Ltd (UK)			
Norsk forhandler:	Presisjonsteknikk			
Produksjonsår:	2003/2004			
Dataprogram:	EasyView PRO 5			
Kalibrert:	Ukjent			
Lånt av:	Arbeidstilsynet v/ Bente E. Moen			


Navn:	MitecSatellite-T, MitecSatellite-U, MitecSatellite-TH,			
	Sensortype:	Rekkevidde:	Nøyaktighet:	Oppløsning:
Temperatur	termistor	-40-80°C	±0,5°C	
Fukt		10-90%		
CO ₂		0-5000ppm	±20ppm	
Produsent:	Mitec Instrument AB (S)			
Norsk forhandler:	Instrumentkompaniet AS			
Produksjonsår:				
Dataprogram:	Winlog			
Kalibrert:	2005			
Lånt av:	Sweco AS v/ Roy Gleditch			


Navn:				
Temperatur				
Fukt				
CO ₂				
Produsent:	Swema air			
Norsk forhandler:				
Produksjonsår:				
Dataprogram:	LogSo			
Kalibrert:	des-08			
Lånt av:	GK Norge v/ Jens-Kristian Hansen			

Navn:	Q-trak Plus, modell 8554			
	Sensortype:	Rekkevidde:	Nøyaktighet:	Oppløsning:
Temperatur	termistor	0-50°C	±0,6°C	0,1°C
Fukt	Thin-film capacitive	5-95%rh	±3%	0,1%rh
CO ₂	Ikke dispersiv infrarød	0-5000ppm	±3% of reading +50ppm	1ppm
Produsent:	TSI Incorporated, USA			
Norsk forhandler:	Presisjonsteknikk			
Produksjonsår:	2003/2004			
Dataprogram:	TRAKPRO v 3.41			
Kalibrert:	2006			
Lånt av:	HiB v/ Nils-Ottar Antonsen			

1 stk Lysmåler	
Navn:	Screenmaster
Produsent:	Hagner (S)
Norsk forhandler:	Ukjent
Produksjonsår:	Ukjent
Dataprogram:	Ingen
Kalibrert:	Normalt ikke nødvendig
Lånt av:	Sweco AS v/ Geir Brun

1 stk Lydmåler	
Navn:	Castle
Produsent:	
Norsk forhandler:	Wilberg AS
Produksjonsår:	
Dataprogram:	Ingen
Kalibrert:	02-09-08
Lånt av:	Sweco AS v/ Roy Gleditch

1 stk Lufthastighetsmåler	
Navn:	TSI Veloci Calc Plus
Produsent:	TSI Interporated, USA
Norsk forhandler:	Wilberg AS
Produksjonsår:	1995
Dataprogram:	Ingen
Kalibrert:	12-12-08
Lånt av:	Sweco AS v/ Roy Gleditch

1 stk Vannmengdemåler	
Navn:	Computerised Balancing Instrument (TA-CBI)
Produsent:	TA
Norsk forhandler:	
Produksjonsår:	Ukjent
Dataprogram:	Ingen
Kalibrert:	24.03.2009
Lånt av:	Sweco AS v/ Roy Gleditch

1 stk Overflatetemperaturmåler	
Navn:	
Produsent:	
Norsk forhandler:	
Produksjonsår:	
Dataprogram:	
Kalibrert:	
Lånt av:	Sweco AS v/ Roy Gleditch

Vedlegg H: Spørreundersøkelse

Spørreundersøkelse

Inneklima evaluering

Formålet med denne spørreundersøkelsen er å evaluere brukerne av bygget sin oppfatning til deres innemiljø. Det vil bli minnet om at spørreundersøkelsen er frivillig og at informasjonen i utfylte skjema er konfidensiell.

Bakgrunn informasjon

Rom nr:

Kjønn:

Mann	Kvinne
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvor lenge har du jobbet i denne bygningen/etasjen:

Mnd

Luft temperatur

1a. Hvordan synes du temperaturen på din arbeidsplass er på denne tiden av året?

Kald 1 Kjølig 2 Litt kjølig 3 Nøytral 4 Litt varm 5 Varm 6 Hett 7

1b. Synes du det er...?

Ekstremt ukomfortabelt 1 Veldig ukomfortabelt 2 Ukomfortabelt 3 Litt ukomfortabelt 4 Komfortabelt 5

1c. Hvordan ville du likt temperaturen på denne tiden av året

Mye kaldere 1 Kaldere 2 Litt kaldere 3 Det er bra som det er 4 Litt varmere 5 Varmere 6 Mye varmere 7

Luft bevegelse (trekk)

2a. Hvordan føler du luftbevegelsen (trekk) er på denne tiden av året?

Veldig liten 1 Liten 2 Litt liten 3 Verken liten eller høy 4 Litt høy 5 Høy 6 Veldig høy 7

2b. Synes du det er...?

Ekstremt ukomfortabelt 1 Veldig ukomfortabelt 2 Ukomfortabelt 3 Litt ukomfortabelt 4 Komfortabelt 5

2c. Hvordan ville du hatt luftbevegelsen på denne tiden av året?

Mye mindre 1 Mindre 2 Litt mindre 3 Det er bra som det er 4 Litt høyere 5 Høyere 6 Mye høyere 7

Luft fuktighet

3a. Hvordan føler du luftfuktigheten er på denne tiden av året?

Veldig lav 1 Lav 2 Litt lav 3 Verken lav eller høy 4 Litt høy 5 Høy 6 Veldig høy 7

3b. Synes du det er...?

Ekstremt ukomfortabelt 1 Veldig ukomfortabelt 2 Ukomfortabelt 3 Litt ukomfortabelt 4 Komfortabelt 5

3c. Hvordan ville du hatt luftfuktigheten på denne tiden av året?

Mye tørrere 1 Tørrere 2 Litt tørrere 3 Det er bra som det er 4 Litt fuktigere 5 Mer fuktig 6 Mye mer fuktig 7

Støynivå

4a. Hvordan følger du støynivået (støy) er på denne tiden av året?

Veldig lav <input type="checkbox"/> 1	Lav <input type="checkbox"/> 2	Litt lav <input type="checkbox"/> 3	Verken lav eller høy <input type="checkbox"/> 4	Litt høy <input type="checkbox"/> 5	Høy <input type="checkbox"/> 6	Veldig høy <input type="checkbox"/> 7
--	-----------------------------------	--	--	--	-----------------------------------	--

4b. Synes du det er...?

Ekstremt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 1	Veldig ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 2	Ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 3	Litt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 4	Komfortabelt <input type="checkbox"/> 5
--	--	---	--	--

4c. Hvordan ville du hatt støynivået på denne tiden av året?

Mye lavere <input type="checkbox"/> 1	Lavere <input type="checkbox"/> 2	Litt lavere <input type="checkbox"/> 3	Det er bra som det er <input type="checkbox"/> 4	Litt høyere <input type="checkbox"/> 5	Høyere <input type="checkbox"/> 6	Mye høyere <input type="checkbox"/> 7
--	--------------------------------------	---	---	---	--------------------------------------	--

4d. Dersom du synes støynivået er i noe grad ukomfortabel- hva kommer det av?

Ventilasjon	<input type="checkbox"/> 1	
Belysning	<input type="checkbox"/> 2	
Kontor utstyr	<input type="checkbox"/> 3	
Konversasjon/samtale	<input type="checkbox"/> 4	
Støy utenfra	<input type="checkbox"/> 5	
Annet	<input type="checkbox"/> 6	Andre kilder: _____

Belysning

5a. Hvordan følger du belysningen er på denne tiden av året?

Veldig svak <input type="checkbox"/> 1	Svak <input type="checkbox"/> 2	Litt svak <input type="checkbox"/> 3	Verken svak eller skarp <input type="checkbox"/> 4	Litt skarp <input type="checkbox"/> 5	Skarp <input type="checkbox"/> 6	Veldig skarp <input type="checkbox"/> 7
---	------------------------------------	---	---	--	-------------------------------------	--

5b. Synes du det er...?

Ekstremt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 1	Veldig ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 2	Ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 3	Litt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 4	Komfortabelt <input type="checkbox"/> 5
--	--	---	--	--

5c. Hvordan ville du hatt belysningene på denne tiden av året?

Mye svakere <input type="checkbox"/> 1	Svakere <input type="checkbox"/> 2	Litt svakere <input type="checkbox"/> 3	Det er bra som det er <input type="checkbox"/> 4	Litt skarpere <input type="checkbox"/> 5	Skarpere <input type="checkbox"/> 6	Mye skarpere <input type="checkbox"/> 7
---	---------------------------------------	--	---	---	--	--

5d. Dersom du synes belysningen er i noe grad ukomfortabel- hva kommer det av?

Blending	<input type="checkbox"/> 1	
Ujevn belysning	<input type="checkbox"/> 2	
Annet	<input type="checkbox"/> 3	Nevn annet: _____

Dags lys

6a. Hvordan følger du dagslyset er på din arbeidsplass på denne tiden av året?

Veldig svak <input type="checkbox"/> 1	Svak <input type="checkbox"/> 2	Litt svak <input type="checkbox"/> 3	Verken svak eller skarp <input type="checkbox"/> 4	Litt skarp <input type="checkbox"/> 5	Skarp <input type="checkbox"/> 6	Veldig skarp <input type="checkbox"/> 7
---	------------------------------------	---	---	--	-------------------------------------	--

6b. Synes du det er...?

Ekstremt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 1	Veldig ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 2	Ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 3	Litt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 4	Komfortabelt <input type="checkbox"/> 5
--	--	---	--	--

6c. Hvordan ville du hatt dagslyset på denne tiden av året?

Mye svakere <input type="checkbox"/> 1	Svakere <input type="checkbox"/> 2	Litt svakere <input type="checkbox"/> 3	Det er bra som det er <input type="checkbox"/> 4	Litt skarpere <input type="checkbox"/> 5	Skarpere <input type="checkbox"/> 6	Mye skarpere <input type="checkbox"/> 7
---	---------------------------------------	--	---	---	--	--

6d. Dersom du synes belysningen er i noe grad ukomfortabel- hva kommer det av?

Blending	<input type="checkbox"/> 1	
Refleksjon på PC skjermen	<input type="checkbox"/> 2	
Skygge effekt	<input type="checkbox"/> 3	
Annet	<input type="checkbox"/> 4	Nevn annet: _____

Luftkvalitet

7a. Hva synes du om luftkvaliteten (luft kvalitet refererer til støv, lukt, tung) i rommet på denne tiden av året

Veldig dårlig <input type="checkbox"/> 1	Dårlig <input type="checkbox"/> 2	Litt dårlig <input type="checkbox"/> 3	Verken dårlig eller god <input type="checkbox"/> 4	Litt god <input type="checkbox"/> 5	God <input type="checkbox"/> 6	Veldig god <input type="checkbox"/> 7
---	--------------------------------------	---	---	--	-----------------------------------	--

7b. Synes du det er...?

Ekstremt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 1	Veldig ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 2	Ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 3	Litt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 4	Komfortabelt <input type="checkbox"/> 5
--	--	---	--	--

7c. Dersom du føler at luftkvaliteten i noen grad er ukomfortabel- Hva kommer det av?

Støv <input type="checkbox"/> 1	Lukt <input type="checkbox"/> 2	Tung <input type="checkbox"/> 3	Annet <input type="checkbox"/> 4	Nevn annet: _____
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------

7d. Dersom du føler at luftkvaliteten i noen grad er ukomfortabel- oppstår det i en bestemt tid på døgnet?

Om morgen <input type="checkbox"/> 1	Til lunsj <input type="checkbox"/> 2	På ettermiddagen <input type="checkbox"/> 3	På kvelden <input type="checkbox"/> 4	Lørdag/søndag-ferie <input type="checkbox"/> 5
---	---	--	--	---

Egen inflytelse på inn klima

8a. I hvilken grad tror du at du kan påvirke følgende?

	Ikke i det hele tatt <input type="checkbox"/> 1	Litt <input type="checkbox"/> 2	Til en viss grad <input type="checkbox"/> 3	Mye <input type="checkbox"/> 4	Helt og fullt <input type="checkbox"/> 5
Temperatur	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Støy	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Belysning	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Dagslys	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Luftkvalitet	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

8b. Hvilken behov tror du at du har for å endre på følgende?

	Ikke i det hele tatt <input type="checkbox"/> 1	Litt <input type="checkbox"/> 2	Moderat <input type="checkbox"/> 3	Stor <input type="checkbox"/> 4	Veldig stor <input type="checkbox"/> 5
Temperatur	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Støy	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Belysning	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Dagslys	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Luftkvalitet	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Innemiljø (Ihht WHO: Alle faktorer- biologisk, medisinsk, psykisk, sosialt og teknisk- som i arbeidssituasjonen, på arbeidsplassen og omgivelsene påvirker individuelt)

9a. Hvordan evaluerer du ditt innemiljø generelt på denne tiden av året?

Veldig dårlig <input type="checkbox"/> 1	Dårlig <input type="checkbox"/> 2	Litt dårlig <input type="checkbox"/> 3	Verken dårlig eller godt <input type="checkbox"/> 4	Litt godt <input type="checkbox"/> 5	Godt <input type="checkbox"/> 6	Veldig godt <input type="checkbox"/> 7
---	--------------------------------------	---	--	---	------------------------------------	---

9b. Synes du det er...?

Ekstremt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 1	Veldig ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 2	Ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 3	Litt ukomfortabelt <input type="checkbox"/> 4	Komfortabelt <input type="checkbox"/> 5
--	--	---	--	--

10a. I hvilken grad føler du arbeidsoppgaven er interessante og stimulerende?

Ikke i det hele tatt <input type="checkbox"/> 1	Litt <input type="checkbox"/> 2	Til en viss grad <input type="checkbox"/> 3	Mye <input type="checkbox"/> 4	Helt og fullt <input type="checkbox"/> 5
--	------------------------------------	--	-----------------------------------	---

10b. I hvilken grad har du inflytelse på egen arbeidssituasjonen?

Ikke i det hele tatt <input type="checkbox"/> 1	Litt <input type="checkbox"/> 2	Til en viss grad <input type="checkbox"/> 3	Mye <input type="checkbox"/> 4	Helt og fullt <input type="checkbox"/> 5
--	------------------------------------	--	-----------------------------------	---

Annet

11. Andre kommentarer når det gjelder innemiljø på din arbeidsplass

Vedlegg I: Måleprotokoll

Måleprotokoll

Bilde

Dato

Sted Bygning Rom nr

Temperatur
Fuktighet
Soltimer
Vindretning
Vindstyrke

Sol Nedbør Regnbyger Overskyet

Konsentrasjon av CO2 utendørs
(ved luftinntak, klokken) kl

Beskrivelse kontor

Størrelse [m2] Yttervegg [m2] Hyllemeter [m2]

Beskriv aktiviteten på kontoret (lesesal, forelesning, møter, en-manns kontor)

Antall personer

Antall vinduer

Vindu mot sør vest nord øst

Hvor sitter arbeidstaker i forhold til vinduet (cm fra vindu) cm

Plassering av PC-skjerm i forhold til vindu

Type gulvbelegg (pvc, lenolium, tepper, parkett, laminat, flis, annet):

Antall PC-er

Antall skrivere, annet elektrisk utstyr Hva

Antall total watt

Antall ovner på kontoret og hvilken på

Temperatur termostat er innstilt på °C °C °C

Plassering av ovner

Lys/Belysning

Antall watt som er påslått

Lysåpning [m2] Gulv flate [m2]

Lysåpning/gulvareal (min 1/10) #DIV/0! (min1/10)

Lysmåling

(Belysningsstyrken måles på hvert kontor som øyeblikksmåling, dette gjøres om kvelden når det er mørkt ute)

Kontorpult [lux] med lesebelysning

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Kontorpult [lux] uten lesebelysning

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Luminans

på kontorpult
på hvitt ark

Solavskjerming ja nei

dersom ja: Type

Vindu-type (2-lag, 3-lag, støyoislet)

Type gardiner

Ventilasjon, oppvarming og kjøling

Type ventilasjon (omrøring eller fortrengning)

Type oppvarming (elektrisk, radiator)

Manuell regulering av termostat ja nei

Plassering av tilluft

Plassering av avtrekk

Avstand mellom tillufts og avtrekksventil (cm) cm

Kjøling ja nei

Temperatur på tilluft

Strålingstemperatur

Overflatetemperatur

gulv	tak	vindu	yttervegg
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Operativ temperatur ved arbeidsplass, 1,1m over gulv

Temperatur ved fast arbeidsplass

0,1m	1,1m	2,0m
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Støv

Måles i 1,1m høyde mg/m³

max
min
avg

Støynivå

(Måles med lukket dør, datamaskin på, ventilasjon på, ingen snakking)

Støynivå på arbeidsplassen dB(A)

kl

Beskriv evt. Lyder man hører (ventilasjon, trafikkstøy, kollegaer, annet)

Andre støykilder som ikke høres nå, men som den ansatte plages av ellers?

Drift av bygning

Dato for filterskift på tilluft

Rengjøringsrutiner (når rengjøres kontorene, hvor ofte, hvilken metode blir brukt)

Bekledning

Beskriv bekledning til arbeidstaker

Annet

Hvor mangen planter finnes på kontoret stk

Finnes det følgende på kontoret (sett kryss)

Sko/støvler/tøfler	<input type="checkbox"/>
Regnkjede	<input type="checkbox"/>
Paraply	<input type="checkbox"/>
Matrester	<input type="checkbox"/>
Jakke	<input type="checkbox"/>
Annet	<input type="checkbox"/>

Kjenner du lukten fra (sett kryss)

Eksos	<input type="checkbox"/>
Røyk	<input type="checkbox"/>
Fuktighet	<input type="checkbox"/>
Annet	<input type="checkbox"/>

Uforutsatte hendelse

NB! NOTER ALT IKKE TRO AT DU VIL HUSKE NOE!!!

Resultater

		516	522	511	509	524	508	507
		150	120	200	200	150	150	200
	Størrelse [m2]	11	10	15	16	11	13	17
	Yttervegg [m2]	1,90	1,90	2,50	2,30	1,90	1,90	2,50
	Antall watt som er påslått	329	364	720	400	364	364	720
	Lysåpning [m2]	6,20	6,20	8,30	7,70	6,20	6,20	8,10
	Gulv flate [m2]	11	10	15	16	11	13	17
	Lysåpning/gulvareal (min 1/10)	0,56	0,62	0,55	0,48	0,56	0,48	
	K-faktor	12,50	12,50	34,10	34,10	12,50	12,50	
	Trykklifferanse	9,00	5,00	2,00	4,00	2,00	2,00	
	Luftmengde	135	101	174	246	64	64	
	Temperatur på tilluft	17	17	17,2	17,4	18,2	18,5	
	gulv	23	21,7	22	21	23,6	23,7	
	tak	23	21,5	21,5	21	24	23,9	
	vindu	21,8	20	21	20	22,8	24	
	Overflatetemperatur innervegge	23 23	22 21,6	22 22	21 21	23,2 23,8	23,6 22,3	
	Romtemperatur	23,4		22,9	21,9	22,3	24	25
	Operativ temperatur ved arbeidsplass, 1,1m over gulv	23,08	10,68	22,3	21,35	22,89	23,75	12,5
	Støynivå på arbeidsplassen dB(A)	37	35	35	37,5	35	35	
	nord				x		x	x
	sør							
	øst							
	Vindu mot vest	x		x				
			x			x		
1		93,1	21,1	294	227	390	183	14
2		84,4	20,3	268	265	338	190	13,4
3		79,2	22,4	235	274	290	199	13,6
4		67,3	25,3	311	218	405	192	14,9
5		69,3	25,6	278	246	356	207	14,9
6		70,8	26	248	262	311	220	15
	Belysning							
	Gjennomsnitt belysning	77,4	23,5	272,3	248,7	348,3	198,5	14,3

Vedlegg J: Notat angående feil og mangler

Registreringer gjort på kaffehuset Friele

Kontorregistreringer:

Rom 516, 15 april kl. 09.00 til 09.30 solskinn og ca 10°C utetemperatur.

I utgangspunktet følte det varmt i kontor 516, ca 23°C målt med q-trak (kontoret hadde ikke vært i bruk tidligere på dagen).

Kjente at radiatoren/rør avga varme. Skrudde ned temperaturen på romtermostaten fra midtstilling med - 3 °C . Ventet minst ti til femten minutter. Måleinstrumentet viste økning i temperatur på kontoret, da q-trak ble slått av viste den over 25 °C i kontoret. Følte ikke at det kom mer luft fra ventilen.

Rom 516, 24 april kl. 09.00 til 10.30 solskinn ca 12°C utetemperatur.

Samme utgangspunkt som 15 april. Varmt i kontoret , ca 23°C målt med fluke (kontoret hadde heller ikke nå vært i bruk tidligere på dagen).

Kjente at rør avga varme. Romtermostaten stod innstilt på - 3 °C . Innstilt ønsket CO₂ verdi ble endret til 800ppm. Så at spjeldmotor beveget seg fra min til maks åpning både på PC-tools og på spjeldet. Følte at det kom mer luft fra ventilen enn forrige gang.

Under logging av romtemperatur i dette rommet, i perioden 9 til 10 mars ble det registrert min temperatur på 22,6°C, maks temperatur på 24,1°C og gjennomsnittlig temperatur på dagtid 23,2°C. anbefalte temperaturer i kontor er satt til under 22°C eller 19°C-26°C. Utetemperaturen er i samme periode registrert til maks 6°C og gjennomsnittlig 2°C.

I rom 507 er temperaturen for høy for bruker. Det er plassert ut temperaturloggere i perioden 15.04 til 17.04. Resultatet viser gjennomsnitt temperatur i perioden til 25°C og gjennomsnitt temperatur i på dagtid (kl 09:00-17:00) til 25°C. Feilkilde, brukeren hadde vinduet åpent i hele måleperioden.

Det er generelt lite belysning på alle kontorene, dette kan skyldes dimming av belysning.

Brukerne har klaget på støy fra ventilasjonen. Det er støy/lyd som kommer fra himling/ventilasjonen til ulike tider i arbeidstiden ("det høres ut som gjeess", ref bruker av kontor 524). Undertegnede har ikke hørt lyden. VAV-spjeld/motor bør kontrolleres av entreprenør.

Johan Brevik fra Belimo sier at spjeld som bråker må byttes.

Varmeanlegg/automatikk:

Regulering av varmekursen skal være utekompensert. Varmerørene tilkoblet radiatorene indikerer på at dette ikke er tilfelle.

Luftbehandlingsanlegg/automatikk:

Temperaturføler 360.10.61 i ventilasjonsanlegg er beskrevet som en trådføler i beskrivelsen, dette er ikke levert.

Temperaturføler i avkastkanal får nytt navn på skjema 360.10.66.

Differansetrykk måler over tilluft og avtrekksvifte (360.10.51 og 52) er de montert?

Temperaturføler i fraluftskanal får nytt navn på skjema 360.10.65.

Verdi på trykkfall over differansetrykkføler på inntaksristen bør kontrolleres. Det ble målt til 96Pa

Temperaturføler 360.10.69 på skjema og tilhørende temperaturgiver er ikke montert. Varmekursen tur/retur til varmebatteri er speilvendt i forhold til prosjektert, det vil si at pumpe og reguleringsventil er på retur istedenfor turkurs. Det samme gjelder kjølekurs til kjølebatteri.

Innstilt ønsket CO₂ verdi bør ligge på 800ppm og ikke 1250ppm.

Spjeldet/motoren lager lyd "høres ut som gjess". Her anbefales det å koble seg til spjeld i kontor 524 (da vi vet at det er lyd i dette kontoret) overstyre spjeldet å høre når lyden kommer. Prøve å lokalisere når lyden inntreffer. For eksempel, er det når spjeldet åpner, at det henger litt før det åpner, er det når motoren endrer spjeldvinkel (både til åpning og til lukking av spjeldet), eller er det utettheter i kanalen at det ikke er spjeldet som forårsaker lyden.

Spjeldet er stilt inn på maks og min luftmengde, henholdsvis 150 og 50m³/h. Spjeldet som er monter(VARD 1) har en min luftmengde på 72m³/h. Om dette har betydning må kontrolleres.

SD-anlegg/dataskjerm:

Bilde av kaffehuset på hovedside bør oppdateres.

SD-anlegget viser ikke rette verdier for CO₂ konsentrasjoner i rommene. Regin CO₂ føler gir et 0-10V DC utsignal, og måleområde er 0-2000ppm. Loggefunksjonen CO₂ er også feil.

Ikke alle vinduer/rom viser rett skalverdi og midtstillingsverdi.

Lett å klikke inn på "feile" sider da det er mange valg på en side. Eks på side for logging av temperatur i 5 etasje, kan en klikke tilbake til hovedside, tilbake, trend temp 3 etasje, trend temp 4 etasje og alarmlogg, kan lett bli uoversiktlig og mye klikking frem og tilbake.

VVS tavle:

Korrigert systemskjema henges opp i tavlen.

Løse kabler termineres eller fjernes fra tavlen.

Alle reserve rekkeklemmer merkes i skjema som reserve.

Rekkeklemme X2 nummer 3,4,5,6 ikke koblet, 3 og 4 er eggur som Friele ikke ønsket tilkoble, detter merkes i skjema.

Rekkeklemme X3 nummer 13,14 ikke koblet.

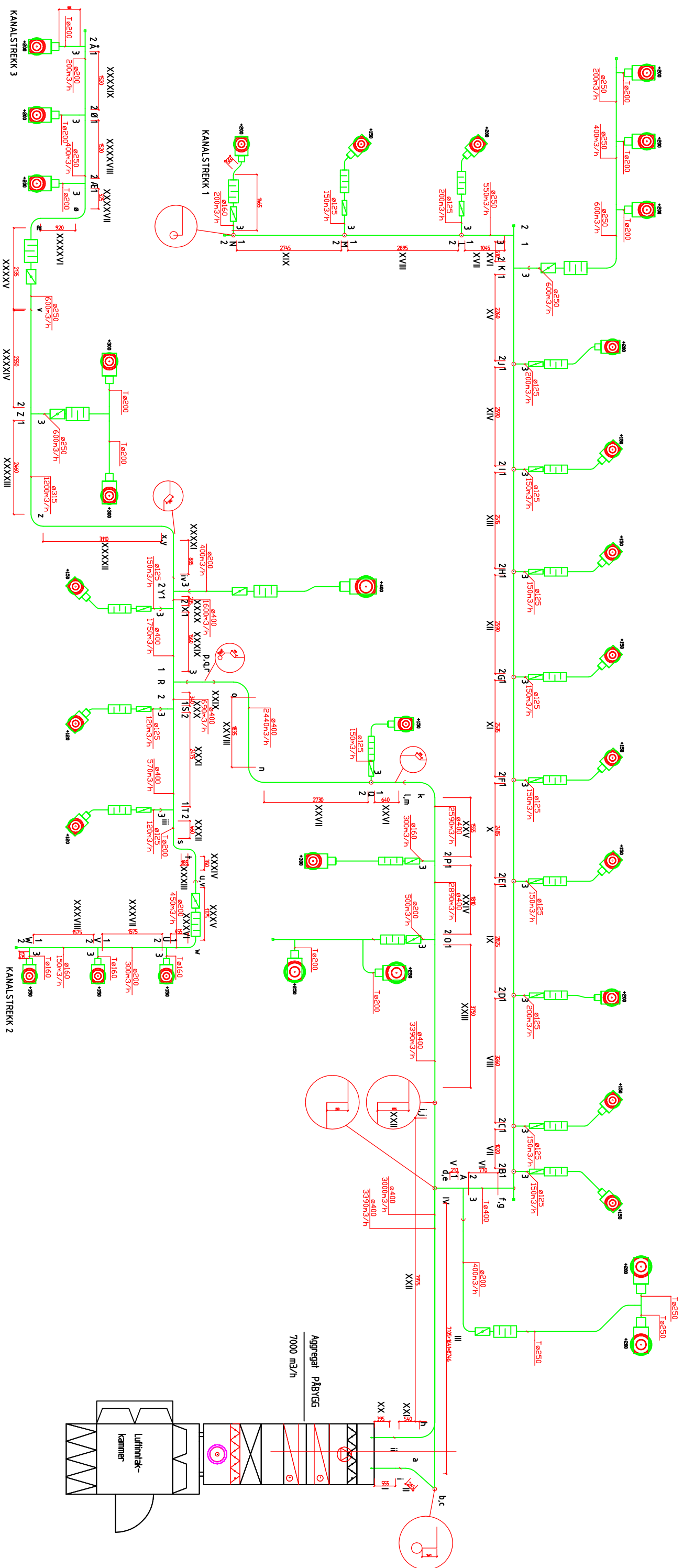
Rekkeklemme X4 nummer 3-7 ledig ikke 3-20 som skjema tilsier, skjema endres.

Alle reserve rekkeklemmer merkes i skjema som reserve.

Belysning:

Det er installert vesentlig høyere effekt pr m² enn anbefalt. Et tiltak er å bytte glødepærer med sparepærer.

Vedlegg K Trykkfallsberegninger



B. FRIELE OG SØNNER AS
 KAFFEHUSET FRIELE

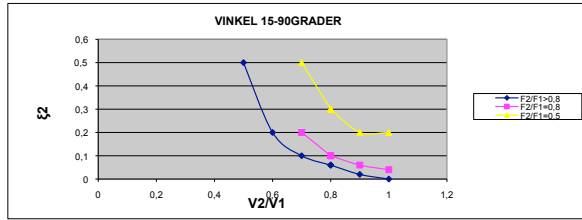
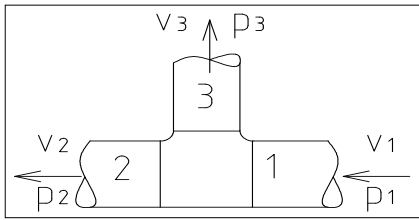
VENTILASJONSANLEGG SYSTEM 360.10
 TRYKFAHLLBEREGNINGER

Dato:	12.02.2009	Prosj.nr.:		Tegningsnr.:	V 7 007	Rev. ind.:	0
Sign:	AE						
Rev. dato:	-						
Mål:	NTS			Fag	Tegn.typ.	Tegn.nr.	

TRYKKFALLSBEREGNING

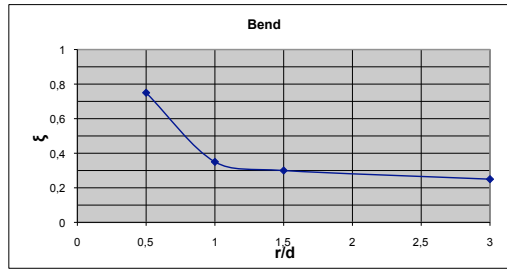
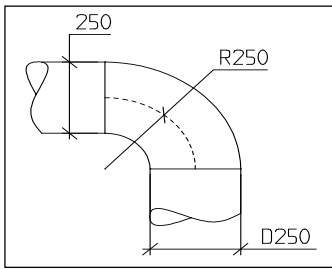
Kanalstrekk 1		Kanalstrekk 2		Kanalstrekk 3	
Komponent/del	Friksjonstap	Komponent/del	Friksjonstap	Komponent/del	Friksjonstap
I	0,2	XX	0,2	XX	0,2
i	0,7	ii	0,9	ii	0,9
a	9,24	XXI	0,90	XXI	0,90
II	0,3	h	11,8	h	11,8
b	9,2	XXII	13,2	XXII	13,2
c	9,2	i	11,8	i	11,8
III	11,4	j	11,8	j	11,8
IV	0,3	XXIII	9,2	XXIII	9,2
d	9,2	O	1,0	O	1,0
e	9,2	XXIV	9,2	XXIV	9,2
V	0,3	P	0,4	P	0,4
A	0,6	XXV	1,9	XXV	1,9
VI	0,8	k	6,9	k	6,9
f	6,94	l	6,9	l	6,9
g	6,94	m	6,9	m	6,9
B	0,2	XXVI	0,6	XXVI	0,6
VII	0,9	Q	0,2	Q	0,2
C	0,2	XXVII	2,6	XXVII	2,6
VIII	2,5	n	6,1	n	6,1
D	0,2	XXVIII	1,8	XXVIII	1,8
XI	1,2	o	6,1	o	6,1
E	0,2	XXIX	0,2	XXIX	0,2
X	1,4	p	6,1	p	6,1
F	1,5	q	6,1	q	6,1
XI	1,2	r	6,1	r	6,1
G	1,3	R	17,7	R	17,7
XII	1,0	XXX	0,0	XXXIX	0,7
H	0,1	S	3,6	X	0,14
XIII	0,8	XXXI	0,1	XXXX	0,1
I	0,1	T	3,2	Y	0,34
XIV	0,7	iii	0,6	iv	0,31
J	0,2	XXXII	0,6	XXXXI	1,5
XV	0,4	s	3,3	x	3,8
K	0,4	XXXIII	0,2	y	3,8
XVI	0,0	t	3,3	XXXXII	2,4
K2	6,8	XXXIV	0,5	z	3,8
XVII	0,6	u	3,3	XXXXIII	1,9
L	0,4	v	3,3	Z	1,37
XVIII	0,7	XXXV	1,8	XXXXIV	0,5
M	0,2	w	3,3	v	0,91
XIX	0,2	XXXVI	0,6	XXXXV	1,5
N	6,92	u	3,33	æ	2,4
Kanal	5,42	XXXVII	0,94	XXXXVI	0,6
Bend	4,31	V	1,75	ø	2,42
Bend	4,31	XXXVIII	0,82	XXXXVII	0,4
Bend	4,31	W	3,87	Æ	0,4
Ventil	20	Kanal	0,09	XXXXVIII	0,5
		Ventil	20	Ø	0,40
				XXXXIX	0,4
				Å	2,82
				Kanal	0,15
				Ventil	20
Sum trykkfall	143,3		205,4		200,3

TRYKKFALLSBEREGNING T-STYKKE



Komponent/del	1					2					3					v2/v1	xi2	v3/v1	90° T-stykke xi3=1/(v3/v1)^2+0, Støttapskoeffisient eller diagram		
	Q1 m3/h	Q1 m3/s	d1 mm	d1 m	v1 m/s	Q2 m3/h	Q2 m3/s	d2 mm	d2 m	v2 m/s	Q3 m3/h	Q3 m3/s	d3 mm	d3 m	v3 m/s				xi3	Pa	Delta p1-2 Pa
A	3000	0.83	400	0.40	6.63	2600	0.72	400	0.40	5.75	400	0.11	200	0.20	3.54	0.87	0.03	0.53	4.0	0.63	30.2
B	2600	0.72	400	0.40	5.75	2450	0.68	400	0.40	5.42	150	0.04	125	0.13	3.40	0.94	0.01	0.59	3.4	0.21	23.3
C	2450	0.68	400	0.40	5.42	2300	0.64	400	0.40	5.09	150	0.04	125	0.13	3.40	0.94	0.01	0.63	3.0	0.19	21.1
D	2300	0.64	400	0.40	5.09	2100	0.58	400	0.40	4.64	200	0.06	125	0.13	4.53	0.91	0.02	0.89	1.8	0.23	21.7
E	2100	0.58	400	0.40	4.64	1950	0.54	400	0.40	4.31	150	0.04	125	0.13	3.40	0.93	0.01	0.73	2.4	0.16	16.4
F	1950	0.54	400	0.40	4.31	1800	0.50	400	0.40	3.98	150	0.04	125	0.13	3.40	0.92	0.16	0.79	2.1	1.52	14.6
G	1800	0.50	400	0.40	3.98	1650	0.46	400	0.40	3.65	150	0.04	125	0.13	3.40	0.92	0.16	0.85	1.9	1.28	13.0
H	1650	0.46	400	0.40	3.65	1500	0.42	400	0.40	3.32	150	0.04	125	0.13	3.40	0.91	0.02	0.93	1.7	0.12	11.5
I	1500	0.42	400	0.40	3.32	1350	0.38	400	0.40	2.99	150	0.04	125	0.13	3.40	0.90	0.02	1.02	1.5	0.11	10.1
J	1350	0.38	400	0.40	2.99	1150	0.32	400	0.40	2.54	200	0.06	125	0.13	4.53	0.85	0.04	1.52	0.9	0.16	11.5
K	1150	0.32	400	0.40	2.54	550	0.15	400	0.40	1.22	600	0.17	250	0.25	3.40	0.48	0.4	1.34	1.1	0.36	7.3
K2	1150	0.32	400	0.40	2.54	550	0.15	400	0.40	1.22	550	0.15	250	0.25	3.11	0.48	0.4	1.22	1.2	0.36	6.8
L	550	0.15	250	0.25	3.11	350	0.10	250	0.25	1.98	200	0.06	125	0.13	4.53	0.64	0.16	1.45	1.0	0.38	12.0
M	350	0.10	250	0.25	1.98	200	0.06	250	0.25	1.13	150	0.04	125	0.13	3.40	0.57	0.29	1.71	0.8	0.22	5.8
N	200	0.06	250	0.25	1.13	0	0.00	250	0.25	0.00	200	0.06	125	0.13	4.53	0.00	0	4.00	0.6	0.00	6.9
O	3390	0.94	400	0.40	7.50	2890	0.80	400	0.40	6.39	500	0.14	200	0.20	4.42	0.85	0.04	0.59	3.4	0.98	39.6
P	2890	0.80	400	0.40	6.39	2590	0.72	400	0.40	5.73	300	0.08	160	0.16	4.15	0.90	0.02	0.65	2.9	0.39	29.7
Q	2590	0.72	400	0.40	5.73	2440	0.68	400	0.40	5.40	150	0.04	125	0.13	3.40	0.94	0.01	0.59	3.3	0.21	23.1
R	1750	0.49	400	0.40	3.87	690	0.19	400	0.40	1.53	2440	0.68	400	0.40	5.40	0.39		1.39	1.0	0.00	17.7
S	690	0.19	400	0.40	1.53	570	0.16	400	0.40	1.26	120	0.03	125	0.13	2.72	0.83	0.05	1.78	0.8	0.05	3.6
T	570	0.16	400	0.40	1.26	450	0.13	400	0.40	1.00	120	0.03	125	0.13	2.72	0.79	0.06	2.16	0.7	0.04	3.2
U	450	0.13	200	0.20	3.98	300	0.08	200	0.20	2.65	150	0.04	160	0.16	2.07	0.67	0.13	0.52	4.2	0.55	10.8
V	300	0.08	200	0.20	2.65	150	0.04	160	0.16	2.07	150	0.04	160	0.16	2.07	0.78	0.68	0.78	2.1	1.75	5.5
W	150	0.04	160	0.16	2.07	0	0.00	160	0.16	0.00	150	0.04	160	0.16	2.07	0.00	0	1.00	1.5	0.00	3.9
X	1750	0.49	400	0.40	3.87	1600	0.44	400	0.40	3.54	150	0.04	125	0.13	3.40	0.91	0.02	0.88	1.8	0.14	12.4
Y	1600	0.44	400	0.40	3.54	1200	0.33	400	0.40	2.65	400	0.11	200	0.20	3.54	0.75	0.08	1.00	1.5	0.34	11.3
Z	1200	0.33	315	0.32	4.28	600	0.17	315	0.32	2.14	600	0.17	250	0.25	3.40	0.50	0.5	0.79	2.1	1.37	14.5
AE	600	0.17	250	0.25	3.40	400	0.11	250	0.25	2.26	200	0.06	200	0.20	1.77	0.67	0.13	0.52	4.2	0.40	7.9
Ø	400	0.11	250	0.25	2.26	200	0.06	200	0.20	1.77	200	0.06	200	0.20	1.77	0.78	0.68	0.78	2.1	1.28	4.0
A	200	0.06	200	0.20	1.77	0	0.00	200	0.20	0.00	200	0.06	200	0.20	1.77	0.00	0	1.00	1.5	0.00	2.8

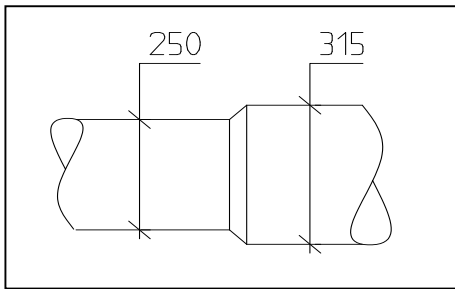
TRYKKFALLSBEREGNING BEND



Komponent/del	Q1	Q1	d1	d1	r1	v1	r/d	ξ1	Støttapskoeffisient	
	m3/h	m3/s	mm	m	m	m/s			Δp=ξ·ρ·v ² /2 Pa	
a	3000	0,83	400	0,4	0,4	6,63	1	0,35		9,24
b	3000	0,83	400	0,4	0,4	6,63	1	0,35		9,24
c	3000	0,83	400	0,4	0,4	6,63	1	0,35		9,24
d	3000	0,83	400	0,4	0,4	6,63	1	0,35		9,24
e	3000	0,83	400	0,4	0,4	6,63	1	0,35		9,24
f	2600	0,72	400	0,4	0,4	5,75	1	0,35		6,94
g	2600	0,72	400	0,4	0,4	5,75	1	0,35		6,94
h	3390	0,94	400	0,4	0,4	7,50	1	0,35		11,80
i	3390	0,94	400	0,4	0,4	7,50	1	0,35		11,80
j	3390	0,94	400	0,4	0,4	7,50	1	0,35		11,80
k	2590	0,72	400	0,4	0,4	5,73	1	0,35		6,89
l	2590	0,72	400	0,4	0,4	5,73	1	0,35		6,89
m	2590	0,72	400	0,4	0,4	5,73	1	0,35		6,89
n	2440	0,68	400	0,4	0,4	5,40	1	0,35		6,12
o	2440	0,68	400	0,4	0,4	5,40	1	0,35		6,12
p	2440	0,68	400	0,4	0,4	5,40	1	0,35		6,12
q	2440	0,68	400	0,4	0,4	5,40	1	0,35		6,12
r	2440	0,68	400	0,4	0,4	5,40	1	0,35		6,12
s	450	0,13	200	0,2	0,2	3,98	1	0,35		3,33
t	450	0,13	200	0,2	0,2	3,98	1	0,35		3,33
u	450	0,13	200	0,2	0,2	3,98	1	0,35		3,33
v	450	0,13	200	0,2	0,2	3,98	1	0,35		3,33
w	450	0,13	200	0,2	0,2	3,98	1	0,35		3,33
x	1200	0,33	315	0,32	0,32	4,28	1	0,35		3,85
y	1200	0,33	315	0,32	0,32	4,28	1	0,35		3,85
z	1200	0,33	315	0,32	0,32	4,28	1	0,35		3,85
æ	600	0,17	250	0,25	0,25	3,40	1	0,35		2,42
ø	600	0,17	250	0,25	0,25	3,40	1	0,35		2,42

200	0,06	125	0,13	0,13	4,53	1	0,35		4,31
200	0,06	125	0,13	0,13	4,53	1	0,35		4,31
200	0,06	125	0,13	0,13	4,53	1	0,35		4,31

TRYKKFALLSBEREGNING OVERGANG



Komponent/d	Q1 m ³ /h	Q1 m ³ /s	d1 mm	d1 m	v1 m/s	d2 mm	d2 m	$\xi=(1-d1/d2)^5$	$\Delta p=\xi \cdot \rho \cdot v^2/2$ Pa
i	3000	0,83	500	0,5	4,25	400	0,4	0,063	0,68
ii	3390	0,94	500	0,5	4,80	400	0,4	0,063	0,86
iii	450	0,13	400	0,4	1,00	200	0,2	1,000	0,59
iv	1200	0,33	400	0,4	2,65	315	0,32	0,073	0,31
v	600	0,17	315	0,315	2,14	200	0,2	0,331	0,91

Kinematisk viskositet	v	1,52E-05	m2/s	v ved 20°C
Empirisk konstant	C	3,93		
Ruhetstall	k	1,50E-04	m	- kanaler, falset- nye
Tyngdeakselerasjon	g	9,81	m/s2	
Densitet til luft	p	1,2	kg/m3	

$$\lambda_{PNC} = \frac{1}{4 \cdot \left(\log_{10} \left(\frac{k_e}{c_{PNC} \cdot d} + \frac{2,51 \cdot \nu}{\sqrt{2 \cdot g \cdot d^3 \cdot I}} \right) \right)^2}$$

Grenkanal	Q1 m3/h	Q1 m3/s	d1 mm	d1 m	v1 m/s	l mm	l m	Turbulent strømning		Friksjonstall		Friksjonstap	
								$\lambda=f(Re, k/dh)$	Re	k/d	λ	Pa/m	Pa
I	3000	0,83	500	0,5	4,25	555	0,555	139 680	3E-04	0,018	0,38	0,21	
II	3000	0,83	400	0,4	6,63	265	0,265	174 601	4E-04	0,020	1,30	0,34	
III	3000	0,83	400	0,4	6,63	8746	8,746	174 601	4E-04	0,020	1,30	11,36	
IV	3000	0,83	400	0,4	6,63	260	0,26	174 601	4E-04	0,020	1,30	0,34	
V	3000	0,83	400	0,4	6,63	210	0,21	174 601	4E-04	0,020	1,30	0,27	
VI	2600	0,72	400	0,4	5,75	770	0,77	151 320	4E-04	0,020	0,98	0,75	
VII	2450	0,68	400	0,4	5,42	1020	1,02	142 590	4E-04	0,020	0,87	0,88	
VIII	2300	0,64	400	0,4	5,09	3260	3,26	133 860	4E-04	0,020	0,76	2,49	
IX	2100	0,58	400	0,4	4,64	2825	2,825	122 220	4E-04	0,020	0,64	1,80	
X	1950	0,54	400	0,4	4,31	2485	2,485	113 490	4E-04	0,020	0,55	1,36	
XI	1800	0,50	400	0,4	3,98	2535	2,535	104 760	4E-04	0,020	0,47	1,19	
XII	1650	0,46	400	0,4	3,65	2590	2,59	96 030	4E-04	0,020	0,39	1,02	
XIII	1500	0,42	400	0,4	3,32	2515	2,515	87 300	4E-04	0,020	0,32	0,82	
XIV	1350	0,38	400	0,4	2,99	2590	2,59	78 570	4E-04	0,020	0,26	0,68	
XV	1150	0,32	400	0,4	2,54	2260	2,26	66 930	4E-04	0,020	0,19	0,43	
XVI	550	0,15	400	0,4	1,22	510	0,51	32 010	4E-04	0,020	0,04	0,02	
XVII	550	0,15	250	0,25	3,11	1045	1,045	51 216	6E-04	0,025	0,58	0,61	
XVIII	350	0,10	250	0,25	1,98	2895	2,895	32 592	6E-04	0,025	0,23	0,68	
XIX	200	0,06	250	0,25	1,13	2745	2,745	18 624	6E-04	0,025	0,08	0,21	
XX	3390	0,94	500	0,5	4,80	395	0,395	157 839	3E-04	0,018	0,49	0,19	
XXI	3390	0,94	400	0,4	7,50	540	0,54	197 299	4E-04	0,020	1,66	0,90	
XXII	3390	0,94	400	0,4	7,50	7975	7,975	197 299	4E-04	0,020	1,66	13,23	
XXIII	3390	0,94	400	0,4	7,50	5545	5,545	197 299	4E-04	0,020	1,66	9,20	
XXIV	3390	0,94	400	0,4	7,50	1810	1,81	197 299	4E-04	0,020	1,66	3,00	
XXV	2890	0,80	400	0,4	6,39	1555	1,555	168 198	4E-04	0,020	1,21	1,87	
XXVI	2590	0,72	400	0,4	5,73	640	0,64	150 738	4E-04	0,020	0,97	0,62	
XXVII	2590	0,72	400	0,4	5,73	2730	2,73	150 738	4E-04	0,020	0,97	2,64	
XXVIII	2590	0,72	400	0,4	5,73	1835	1,835	150 738	4E-04	0,020	0,97	1,78	
XXIX	2440	0,68	400	0,4	5,40	230	0,23	142 008	4E-04	0,020	0,86	0,20	
XXX	690	0,19	400	0,4	1,53	340	0,34	40 158	4E-04	0,020	0,07	0,02	
XXXI	570	0,16	400	0,4	1,26	2475	2,475	33 174	4E-04	0,020	0,05	0,12	
XXXII	450	0,13	200	0,2	3,98	460	0,46	52 380	8E-04	0,028	1,34	0,62	
XXXIII	450	0,13	200	0,2	3,98	185	0,185	52 380	8E-04	0,028	1,34	0,25	
XXXIV	450	0,13	200	0,2	3,98	350	0,35	52 380	8E-04	0,028	1,34	0,47	
XXXV	450	0,13	200	0,2	3,98	1375	1,375	52 380	8E-04	0,028	1,34	1,84	
XXXVI	450	0,13	200	0,2	3,98	455	0,455	52 380	8E-04	0,028	1,34	0,61	
XXXVII	300	0,08	200	0,2	2,65	1575	1,575	34 920	8E-04	0,028	0,60	0,94	
XXXVIII	150	0,04	160	0,16	2,07	1575	1,575	21 825	9E-04	0,032	0,52	0,82	
XXXIX	1750	0,49	400	0,4	3,87	1560	1,56	101 850	4E-04	0,020	0,44	0,69	
XXXX	1600	0,44	400	0,4	3,54	235	0,235	93 120	4E-04	0,020	0,37	0,09	
XXXXI	1200	0,33	315	0,315	4,28	1885	1,885	88 686	5E-04	0,022	0,77	1,45	
XXXXII	1200	0,33	315	0,315	4,28	3110	3,11	88 686	5E-04	0,022	0,77	2,40	
XXXXIII	1200	0,33	315	0,315	4,28	2460	2,46	88 686	5E-04	0,022	0,77	1,90	
XXXXIV	600	0,17	315	0,315	2,14	2550	2,55	44 343	5E-04	0,022	0,19	0,49	
XXXXV	600	0,17	250	0,25	3,40	2135	2,135	55 872	6E-04	0,025	0,69	1,47	
XXXXVI	600	0,17	250	0,25	3,40	920	0,92	55 872	6E-04	0,025	0,69	0,63	
XXXXVII	600	0,17	250	0,25	3,40	525	0,525	55 872	6E-04	0,025	0,69	0,36	
XXXXVIII	400	0,11	250	0,25	2,26	1520	1,52	37 248	6E-04	0,025	0,31	0,47	
XXXXIV	200	0,06	200	0,2	1,77	1520	1,52	23 280	8E-04	0,028	0,26	0,40	
	200	0,06	125	0,125	4,53	1465	1,465	37 248	1E-03	0,038	3,70	5,42	
	150	0,04	160	0,16	2,07	175	0,175	21 825	9E-04	0,032	0,52	0,09	
	200	0,06	200	0,2	1,77	555	0,555	23 280	8E-04	0,028	0,26	0,15	

Vedlegg L Batterieffekt beregninger

Effektbehov Varme- / kjølebatterier

Vinterforhold: 360.001

DUT [°C]:	-12,0	Avtrekkstemperatur [°C]:	23,0
		Tilluftstemperatur [°C]:	22,0

Sommerforhold: 360.001

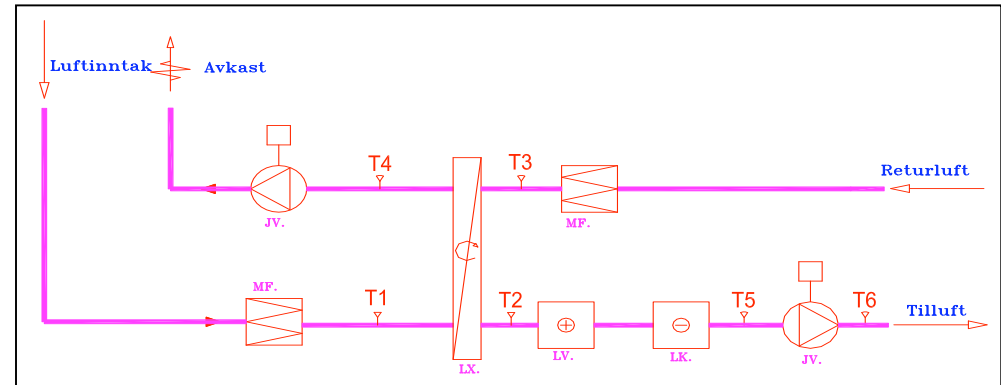
Tørr [°C]:	26,0	Absolutt fuktighet [g/kg]:	12,0
(n=50h)		Entalpi [kJ/kg]	56,0

Vinterforhold:

DUT [°C]:	T1	Avtrekkstemperatur [°C]:	T3
		Tilluftstemperatur [°C]:	T6

Sommerforhold:

Tørr [°C]:	T1	Absolutt fuktighet [g/kg]:	x(g/kg)
(n=50h)		Entalpi [kJ/kg]	



System	Systemnavn	Luftmengde [m³/h]	Effektfaktor varmegjenvinner [-]	Temperatur etter veksler ved DUT [°C]	Effektbehov varmebatteri [kW]	Kjøling til (Temperatur før vifte) [°C]	Absolutt fuktighet [g/kg]	Entalpi [kJ/kg]	Entalpiendring [kJ/kg]	Effektbehov kjølebatteri [kW]
				T2		T5				
360.010	5 etasje	6 390	0,80	16,0	13,0	15,0	10,1	40,3	15,7	34

Vedlegg M Varmebehov i kontorene

Forutsetninger/underlag

Arealer for de ulike konstruksjonene er beregnet ut fra arkitekt tegninger og NS 3940.

Bygningdel	Areal [m ²]	U-verdi [W/m ² K]
Gulv mot fri	-	-
Yttervegg	125	0,20
Tak	533	0,18
Dører	-	1,60
Vindu	205	1,60

Oppvarmet areal	533 m ²
Volum	1 599 m ³

Ventilasjon:

Luftmengde (100 %)	m ³ /h	7000
Gj.snitt driftstid pr uke	h/uke	72,5 4:30-19:00

DUT	-12 °C	Bergen(Florida)
Midl. utetemp (tu)	7,8 °C	Bergen
Innetemp	22 °C	
Innetemp halvklimatisert	15 °C	

Luftensvarmekap 0,35 Wh/m³K

Luftvekslinger 0,2 1/h

Beregningsperiode 8760 h

Underkjølt luft 0 °C

Virkn.grad gjenvinner 80 %

Siden varmetap pga ventilasjon dekkes i varmebatteriene, skal ikke luftmengder legges inn

Varmebehovsberegning

Høyde 3,5
Høyde innvendig 3
Høyde vindu 2,3

Rombetegnelse		Gulv mot grunn (m ²)	Oppvarmet bruttoareal m ²	Yttervegg (m ²)	Vindu (m ²)	Dør (m ²)	Tak (m ²)	Volum (m ³)	Luftmengde (m ³ /h)	Trans. tap (W/K)	Infiltr. tap (W/K)	Vent. tap (W/K)	Sum tap	
													Energi (kWh)	Effekt (W)
Rengj	531	-	1	-	-	-	1,0	3,0	-	0,2	0,2	-	49	13
Foto, print, arkiv	530	-	15	-	-	-	15,0	45,0	-	2,7	3,2	-	728	199
Anretn	529	-	5	-	-	-	5,0	15,0	-	0,9	1,1	-	243	66
WC	528	-	3	-	-	-	3	9,0	-	0,5	0,6	-	146	40
WC	526	-	3	-	-	-	3	9,0	-	0,5	0,6	-	146	40
Kontor	524	-	11	1,2	7,2	-	11	33,0	-	13,7	2,3	-	1 996	546
Kontor	523	-	10	1,4	8,1	-	10	30,0	-	15,0	2,1	-	2 131	582
Kontor	522	-	10	1,4	8,1	-	10	30,0	-	15,0	2,1	-	2 131	582
Møterom	521	-	21	2,1	12,6	-	21	63,0	-	24,4	4,4	-	3 579	978
Møterom	520	-	25	-	-	-	25	75,0	-	4,5	5,3	-	1 213	332
Møterom	519	-	22	5,2	30,9	-	22	66,0	-	54,4	4,6	-	7 345	2 008
Kontor	518	-	19	2,3	13,5	-	19	57,0	-	25,5	4,0	-	3 665	1 002
Kontor	517	-	16	1,8	10,8	-	16	48,0	-	20,5	3,4	-	2 970	812
Kontor	516	-	11	1,4	8,1	-	11	33,0	-	15,2	2,3	-	2 179	596
Kontor	515	-	11	1,4	8,1	-	11	33,0	-	15,2	2,3	-	2 179	596
Kontor	514	-	11	1,4	8,1	-	11	33,0	-	15,2	2,3	-	2 179	596
Kontor	513	-	11	1,4	8,1	-	11	33,0	-	15,2	2,3	-	2 179	596
Kontor	512	-	11	1,4	8,1	-	11	33,0	-	15,2	2,3	-	2 179	596
Kontor	511	-	15	1,8	10,8	-	15	45,0	-	20,3	3,2	-	2 922	799
Kontor	510	-	31	6,0	35,7	-	31	93,0	-	63,9	6,5	-	8 757	2 394
Kontor	509	-	16	1,7	10,2	-	16	48,0	-	19,5	3,4	-	2 849	779
Kontor	508	-	13	1,4	8,1	-	13	39,0	-	15,6	2,7	-	2 276	622
Kontor	507	-	17	1,8	10,8	-	17	51,0	-	20,7	3,6	-	3 019	825
Møterom	506	-	32	5,8	34,5	-	32	96,0	-	62,1	6,7	-	8 562	2 340
Vrimle	502	-	23	-	-	-	23	69,0	-	4,1	4,8	-	1 116	305
Korridor	503	-	45	3,4	20,4	-	45	135,0	-	41,4	9,5	-	6 328	1 730
Korridor	504	-	20	-	-	-	20	60,0	-	3,6	4,2	-	970	265
Vrimle	505	-	28	-	-	-	28	84,0	-	5,0	5,9	-	1 358	371
Vrimle	501	-	48	-	-	-	48	144,0	-	8,6	10,1	-	2 329	636
Trapp	0	-	29	-	-	-	29	87,0	-	5,2	6,1	-	1 407	385
Sum		0	533	44	262	0	533	1 599	0	524	112	0	79 129	21 628

Vedlegg N Luftmengder

Vedlegg O SFP

Kontroll av prosjektert SFP-tall

SFP=sum vifteeffekt/luftmengde [kW/(m³/s)]

Luftmengde	Største tilluft eller avtrekksmengde	V	7 000 m ³ /h 1,94 m ³ /s
Total trykkfall	$\Delta p_{\text{tilluft}} + \Delta p_{\text{avtrekk}}$	Δp_{tot}	1,65 kPa
		<i>tilluft</i> p_{tilluft}	850 Pa
		<i>fraluft</i> p_{avtrekk}	800 Pa
Total virkningsgrad		η_{tot}	80 %
Tilført effekt vifte	$\Sigma P = (V \times \Delta p_{\text{tot}}) / \eta_{\text{tot}}$		4,01 kW
		SFP	<u><u>2,1 kw/m³/s</u></u>