

www.sintef.no

**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim
Resepsjon: Sem Sælands vei 11
Telefon: 73 59 72 00
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

Foretaksregisteret:
NO 939 350 675 MVA

TEKNISK RAPPORT

SAK/OPPGAVE (tittel)


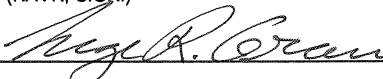
Evaluering av hybrid ventilasjon – Casestudie Nordlåna Røstad – Hovedrapport

SAKSBEARBEIDER(E)

Hans Martin Mathisen

OPPDRAGSGIVER(E)

Statsbygg

TR NR. TR A6024	DATO 2004-10-01	OPPDRAGSGIVER(E)S REF. Stein Rognlien	PROSJEKTNR. 16X294
ELEKTRONISK ARKIVKODE 040708hmm17542		PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.) Hans Martin Mathisen 	GRADERING Åpen
ISBN NR. 82-594-2721-4	RAPPORTTYPE	FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.) Inge R. Gran 	OPPLAG SIDER 13 61
AVDELING Energiprosesser	BESØKSADRESSE Kolbjørn Hejes v 1D	LOKAL TELEFAKS 73593950	

RESULTAT (sammendrag)

Målet med prosjektet er å bidra til å tallfeste kostnader for hybrid ventilasjon i kontorbygg og å sammenligne med konvensjonell mekanisk ventilasjon. For å gjøre dette benyttes et nyoppført toetasjes bygg, Nordlåna ved Høgskolen i Nord-Trøndelag (HiNT) på Røstad ved Levanger, som case. En viktig del av prosjektet er også å avdekke fordeler og ulemper med den valgte løsningen. Kun en av fløyene av er benyttet i FoU-prosjektet. Dette er en ren kontorfløy med 30 faste arbeidsplasser og et bruttoareal på 835 m².

Årlig total spesifikke energibruk er målt til 161 kWh/m² hvorav 111 kWh er vannbåren energi til radiatorer og oppvarming av ventilasjonsluft.

Årskostnaden for ventilasjonsanlegget, inklusive energi til varmebatteri er beregnet til kr 140 000. For et tenkt mekanisk anlegg med mekanisk kjøling er årskostnaden beregnet til kr 92 000.

STIKKORD

EGENVALGTE	Ventilasjon	Målinger
	Hybrid	Life Cycle Cost

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1	INNLEDNING 5
2	SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER..... 7
3	BESKRIVELSE AV BYGNINGEN..... 11
3.1	UTFORMING 11
3.2	AREALER..... 13
3.3	TEKNISKE LØSNINGER..... 14
3.4	VENTILASJONSLØSNINGENS FLEKSIBILITET 18
4	MÅLERESULTATER 20
4.1	LUFTMENGDER 22
4.2	ENERGIBRUK 28
5	SIMULERING AV EFFEKT- OG ENERGIBEHOV 30
6	KOSTNADER FOR VENTILASJONSLØSNINGEN 32
7	INNEKLIMA 35
8	REFERANSER 37
9	VEDLEGG 38
9.1	VEDLEGG – BEREGNING AV ENERGIBRUK..... 38
9.2	VEDLEGG – SENTRALE AKTØRER I BYGGEPROSJEKTET..... 41
9.3	VEDLEGG – DEFINISJON AV NETTO OG BRUTTOAREAL..... 42
9.4	VEDLEGG – REGULERING AV VENTILASJONSANLEGG OG TEMPERATUR I ROM 43
9.5	VEDLEGG – LCC-BEREGNINGER..... 45
9.6	VEDLEGG – SIMULERINGER..... 55

1 INNLEDNING

Målet med prosjektet er å bidra til å tallfeste kostnader for hybrid ventilasjon i kontorbygg og å sammenligne med konvensjonell mekanisk ventilasjon. For å gjøre dette benyttes et nyoppført bygg, Nordlåna ved Høgskolen i Nord-Trøndelag (HiNT) på Røstad ved Levanger, som case. En viktig del av prosjektet er også å avdekke fordeler og ulemper med den valgte løsningen.

Hovedoppdragsgiver for prosjektet er Statsbygg, men prosjektet inngår også som en del av Forskningsrådsprosjektet "Passiv klimatisering" som gjennomføres ved SINTEF Bygg og Miljø.

For å begrense prosjektets omfang ble det valgt å bruke kun en av byggets tre fløyer i prosjektet, den såkalte HiNT-fløyen. Denne inneholder i hovedsak kontorlokaler.

Rapporten inneholder beskrivelser av bygning og klimainstallasjoner, målt energibruk og simuleringer av energibruk. For å vurdere den økonomiske lønnsomheten til den valgte løsningen er det gjort en livsløpskostnadsanalyse (LCC) med sammenligning med en tenkt konvensjonell mekanisk ventilasjonsløsning. Underlag for den mekaniske løsningen er tegnet og beregnet av Interconsult ASAs kontor i Levanger.

Data er samlet inn fra Bygningens SD-anlegg (sentral driftskontroll) og fra instrumenter som ble plassert i bygningen. Under disse målingene har Statsbyggs driftsavdeling ved HiNT gitt verdifull bistand. Særlig har driftsleder Einar Svee vært meget behjelpelig.

Ved innhenting av data har det vært nødvendig å besøke bygget, gjennom dette har det også blitt samlet inn verdifulle erfaringer om hvordan bygningen oppleves og hva som fungerer godt og mindre godt.

Dr.ing.-student Rasmus Høseggen har stått for et viktig bidrag ved å gjøre simuleringer knyttet til bygningens energibruk.

Parallelt med SINTEFs målinger har HiNT gjort inneklimatemålinger av romtemperaturer og partikkelinnhold i luften. Disse målingene er rapportert separat av HiNT, Norum og Sjøvold (2004).

SINTEF deltok også i byggets planleggingsfase. For å undersøke om tilluftsløsning og regulering av luftmengder ville fungere tilfredsstillende ble det på oppdrag fra Elnan AS, som var byggets ventilasjonsentreprenør, våren 2002 gjort målinger av den valgte løsningen. Målingene ble gjort i en fullskalamodell som ble bygd opp i laboratoriet i Trondheim. Resultatene av disse undersøkelsene er gitt i SINTEF-rapportene "Test av tilluftsventil med regulering. HINT Røstad, Byggetrinn 2, 2002-03-22" og "Test av tilluftsventil HiNT Røstad, Byggetrinn 2 - Tilluft andre etasje 2002-05-06".

På oppdrag for Statsbygg ble det av SINTEF gjort vurderinger av varmetap fra tilluftskanaler som er lagt i grunnen under bygget og vurdering av regulering av tilluftsvifter.

2 SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Målet med prosjektet er å bidra til å tallfeste kostnader for hybrid ventilasjon i kontorbygg og å sammenligne med konvensjonell mekanisk ventilasjon. En viktig del av prosjektet er også å avdekke fordeler og ulemper med den valgte løsningen. For å gjøre dette benyttes et nyoppført bygg, Nordlåna ved Høgskolen i Nord-Trøndelag (HiNT) på Røstad ved Levanger, som case.

En fløy av den toetasjes bygningen (HiNT-fløyen) er benyttet i FoU-prosjektet. Dette er en ren kontorfløy med unntak av ett rom som fungerer som dataserver-rom for HiNT og ett rom som er IT-verksted. Foruten cellekontorer inneholder den ett møterom og to såkalte allmenninger som er ment som felles arbeidsrom. HiNT-fløyen har 30 faste kontorarbeidsplasser utenom IT-verkstedet. Cellekontorene følger modulinnstillingen med bredde på 2.4 meter. HiNT-fløyens bruttoareal er 835 m².

Bygningen har hybrid ventilasjon med såkalt kulvertløsning, dvs at uteluften tas inn i en kulvert som er gravd ned i bakken og ført inn under bygningen. Anlegget har filter og væskekoplet varmegjenvinner. Ventilasjonen er behovsstyrt for hver modul etter tid, tilstedeværelse og romtemperatur. Normalt skal tilluft til kontorene stenges av utenom arbeidstid. Lys er behovsstyrt etter tilstedeværelse. Når den naturlige oppdriftskreften øker ved synkende utetemperatur reduseres hastigheten til tillufts- og avtrekksviftene. Ved lave luftbehov og lave utetemperaturer stopper viftene helt. Maksimal luftmengde til hver modul er 200 m³/h.

Bygningen er tilsluttet fjernvarme og har radiatorer under alle vinduer.

Følgende er målt kontinuerlig gjennom ett år:

- Romparametere for 8 moduler: Tilstedeværelse, temperatur, pådrag tilluft, pådrag varme og settpunkter.
- Temperaturer, væskestrømmer, luftmengder og elektrisk effekt som gjør det mulig å beregne energibruk til de ulike formål.

Data er samlet inn ved hjelp av loggere plassert i bygget og fra SD-anlegg. Alle data er konvertert til timeverdier. Et målepunkt i den faste måleutrustningen til SD-anlegget har i lange perioder sviktet. Det ble derfor laget modeller fra perioder hvor alle målinger fungerte slik at de manglende måleverdier kunne bestemmes indirekte. Dette kan til en viss grad ha redusert målenøyaktigheten.

Hovedkonklusjoner fra prosjektet er at:

Inneklima

- Støynivået fra tekniske installasjoner er svært lavt.
- Termisk inneklima er godt, selv på de varmeste dager er innetemperaturen innenfor grenseverdiene for romtemperatur. Enkelte brukere kan i perioder ha gitt uttrykk for at det oppleves trekk ved ankler.
- Temperaturføler for tilluft er plassert høyere over gulv enn luftinntakene i kulverten. På grunn av temperatursjiktning i kulverten gjør dette at det er vanskelig å regulere tilluftstemperaturen nøyaktig.
- Fortrengningsventilasjon med tilluft under vindu setter begrensninger for innredning av kontorene. Feil plassering av innredning kan gi høye lufthastigheter ved ankler og klager på trekk.

- Gjennomsnittelig tilstedeværelse i kontorene i arbeidstiden er under 50%. Dersom luftmengden for tomt kontor ble redusert kunne energi vært spart, men det må være en viss minimumsventilasjon i brukstiden for å opprettholde luftkvaliteten.
- Den termiske massen i kulverten bidrar til å kjøle tilluften på varme dager.

Bygnings- og konstruksjonsrelatert energibruk:

- Årlig total spesifikke energibruk er målt til 161 kWh/m² hvorav 111 kWh er vannbåren energi til radiatorer og oppvarming av ventilasjonsluft. Dette samsvarer godt med det nye forslaget til energirammer for norske kontorbygg.
- Den væskekoblede varmegjenvinneren hadde driftsproblemer det første året. Dette skyldes utenforliggende forhold som ikke har noe å gjøre med at det benyttes hybrid ventilasjon. Tapet utgjorde ca 5 000 kWh.
- Varmegjenvinnerens virkningsgrad er relativ lav, årsvirkningsgraden er målt til 45%. Dersom virkningsgraden ble hevet til 55 % ville 9 000 kWh vært spart per år for HiNT-fløyen.
- Ved lave utetemperaturer faller viftens pådrag mot null, også i arbeidstiden. Det vil si at oppdriftkreftene under visse forhold er store nok til å drive ventilasjonen.
- Energibruk til drift av vifter er lav, maks effekt tilført motor er målt til 290 W pr vifte.
- Det er betydelig varmetap i kanalene som fører fra kulverten til kontorene på grunn av at disse er lagt i uisolert i pukklaget under isolasjonen. Temperaturen i kulverten ble blant annet av denne grunn om vinteren økt med 2 til 3 grader for å unngå trekk i kontorene. Dersom vi over året regner med et gjennomsnittelig temperaturøkning i kulverten på en grad blir dette energitapet 12 000 kWh per år for HiNT-fløyen.

Regulerings- og driftsrelatert energibruk

- Totalluftmengdene blir i arbeidstiden relativt store, noe som skyldes at reguleringsområdet for romtemperatur er på kun en grad. Ved en grads temperaturøkning i forhold til settpunktet øker luftmengden fra ca 43 m³/h til 200 m³/h.
- Det ble oppdaget at flere av tilluftsspjeldene og andre deler av reguleringssystemene ikke fungerte. Dette tyder på at kvalitetssikringen for noen deler av tekniske installasjoner har sviktet.
- Det er ingen stengespjeld i luftinntak eller i avtrekkstårn. Manglende spjeld i avtrekkstårn gjør at det på kalde dager med sterk oppdrift (skorsteinseffekt) kan bli sterk infiltrasjon med påfølgende økt varmekonsum til romoppvarming.

LCC:

- Årskostnaden for ventilasjonsanlegget, inklusive energi til varmebatteri er beregnet til kr 140 000. For et tenkt mekanisk anlegg med tilsvarende inneklime som den hybride er årskostnaden beregnet til kr 92 000.
- Plassbygde løsninger som kulvert, innkassede kanaler og tilluftskasser bidrar mye til relativt høye investeringskostnader for den hybride løsningen.
- Det har ikke vært registrert at alle rom var i bruk samtidig, totalluftmengden kunne derfor vært redusert noe.
- Brutto/nettofaktoren blir 1,75 for hybrid ventilasjon. Alternativt ville en mekanisk løsning gitt ca 1,59.

Forslag til forbedringer og utbedringer for Nordlåna:

- Dersom romlufttemperaturen tillates å gli to grader i stedet for en grad før romspjeldet når full åpning, reduseres årlig energibruk til ventilasjon til ca 80% av dagens behov. Tillates temperaturen å gli 3 grader reduseres behovet til ca 60% av dagens behov. For hele HiNT-fløyen tilsvarer dette henholdsvis 6 000 og 12 000 kWh.
- En bedring av varmegjenvinnerens virkningsgrad med 10 prosentpoeng vil redusere energibruken til oppvarming av ventilasjonsluft til ca 70% av dagens behov.
- Luftmengden som strømmer gjennom bygningen utenom arbeidstid kunne i kalde perioder vært redusert dersom det var installert stengespjeld i avtrekkstårn.
- I kulverten er det plassert temperaturfølere som gir signal til regulering av varmebatteri. Plassering av denne burde vært i høyde med inntak til kanalene som fører luft opp bygget for å bedre reguleringen av tilluftstemperaturen til rommene.

Generelle konklusjoner:

- Hybrid ventilasjon med behovsstyring av luftmengder og godt fungerende varmegjenvinning gir relativt lavt energibruk sammenlignet med gjennomsnittet av norske kontorbygninger.
- Mekanisk ventilasjon med tilsvarende reguleringsmuligheter kan gi lavere energibruk til oppvarming av ventilasjonsluft enn hybrid ventilasjon fordi det her kan brukes varmegjenvinner med bedre virkningsgrad. Mekanisk ventilasjon bruker mer elektrisk energi til drift av vifter og eventuell kjølemaskin enn hybrid ventilasjon.
- Hybrid ventilasjon gir svært lavt støynivå.
- Plassering og utforming av tilluftsventiler for fortrenningsventilasjon og rominnredning må tillegges stor vekt og omtanke slik at det ikke oppstår temperaturgradienter og luftstrømmer som kan gi trekk ved ankler. Oppholdssonen må trekkes lengst mulig unna tilluftsventilene og innredningen må være slik at det ikke oppstår behov for å plassere møbler eller annet foran tilluftsåpningene.
- For at termiske komfort skal opprettholdes og trekk unngås ved kjølebehov må tilført luftmengde ved fortrenningsventilasjon være så høy at store vertikale temperaturgradienter ikke oppstår.
- Ved dimensjonering av sentrale komponenter som vifter og kulvert bør det tas hensyn til at alle rom sjelden eller aldri er i bruk samtidig slik at overdimensjonering unngås.
- Trykkfallene gjennom en bygning med hybrid ventilasjon er lave, for å hindre gjennomstrømning av kald luft som skyldes infiltrasjon når anlegget skal være stengt bør det benyttes stengespjeld i avtrekkstårn.
- Det er viktig å fokusere på at det i føringsveiene ikke er punkter som kan gi stort varmetap.
- Plassbygde løsninger som kulvert, innkassede kanaler og tilluftskasser gir relativt høye investeringskostnader. Prefabrikerte løsninger bør derfor tilstrebes.
- Plassering av luftens føringsveier ved fasade sammen med bruk av korridorer og trappesjakter gjør at skillevegger kan flyttes uten å berøre tekniske installasjoner.
- Løsninger med behovsstyring har relativt komplisert styring med mange komponenter og reguleringsparametere. Det er derfor viktig at kvalitetssikringen av alle funksjoner utføres omhyggelig etter en på forhånd etablert plan.

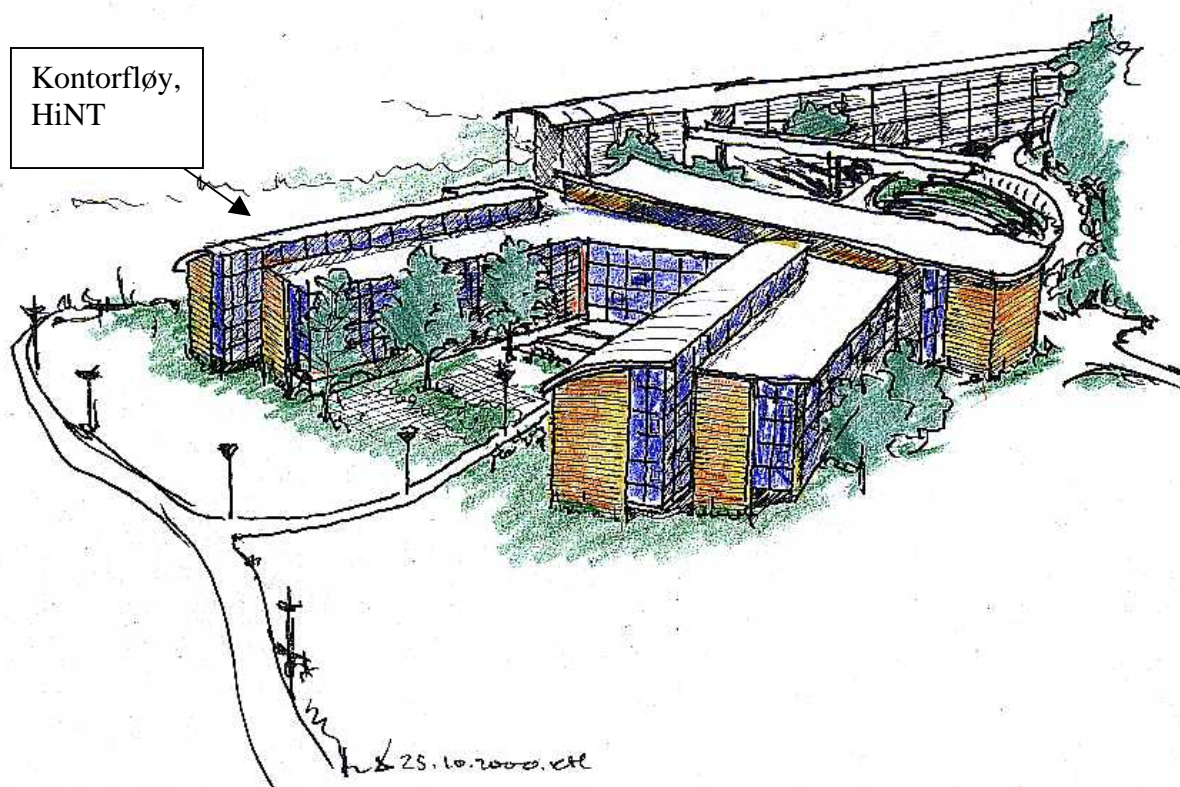
3 BESKRIVELSE AV BYGNINGEN

Prosjektet er knyttet opp til et nytt bygg ved Høgskolen i Nord-Trøndelag på Røstad som ble tatt i bruk sommeren 2002. Bygget består av en fellesdel med møte- og undervisningslokaler og to tilnærmet like kontorfløyer. For å forenkle prosjektet har vi valgt å konsentrere oss om den ene kontorfløyene som blir benyttet av HiNT.

3.1 UTFORMING

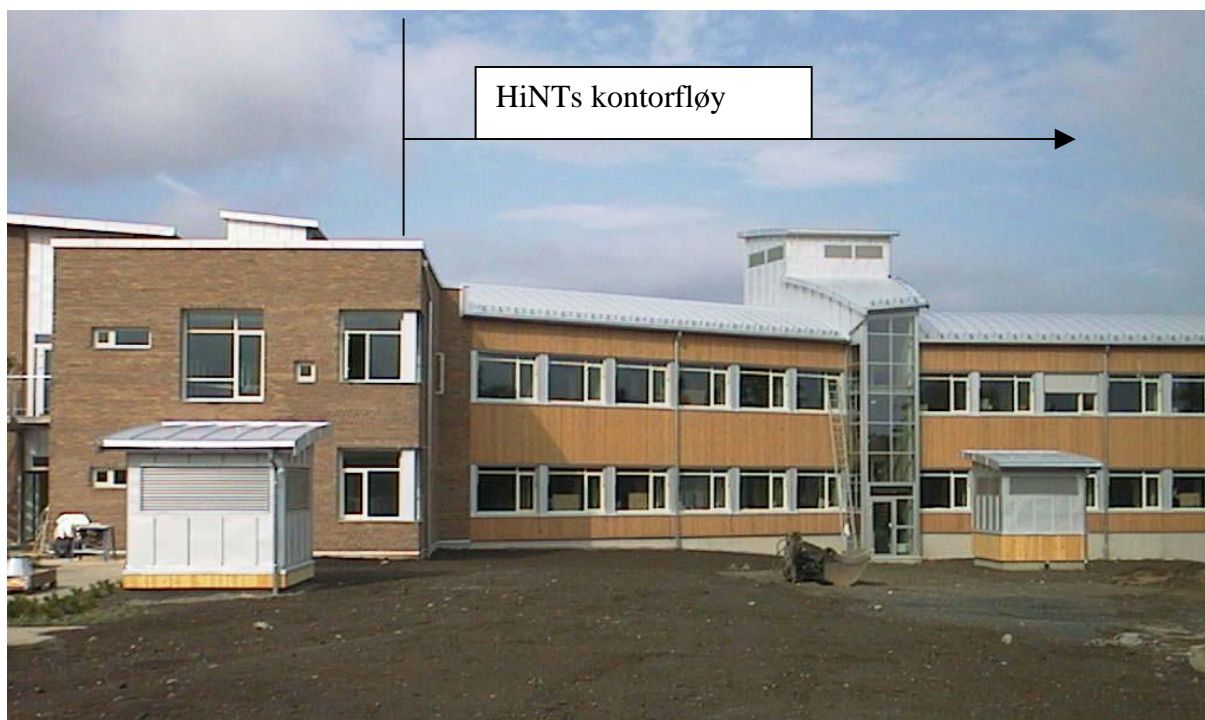
Figur 1 viser hvordan bygget så ut på skisseprosjektstadiet. I hovedtrekk er formen beholdt, men blant annet er fellebyggets takform endret til et ordinært pulttak som holdes oppe av synlige limtrebjelker utformet med krum underside. Bygget har også fått tre avtrekkstårn i sin endelige utførelse.

Kontorfløyene er i to etasjer. /1/. Fløyene har ikke kjeller, men kulvert for tilluft er gravd ned i grunnen langs midten av hele fløyen. På endene av kontorfløyene har det kommet til en balkong for hver etasje.



Figur 1. Bygget slik det så ut på skisseprosjektstadiet.

Figurene 2, 3 og 4 viser mer detaljert utformingen av bygget.



Figur 2. Bygget den 13. august 2002. Bildet viser en del av HiNTs kontorfløy sett fra øst med to inntakstårn for luft. Inntakstårnet for HiNT-fløyen er det som er plassert til høyre. Trappesjakten er det innglassede området. Avtrekkstårnet er plassert rett over trappesjakten.

Plan hovedetasje

Middfløy:

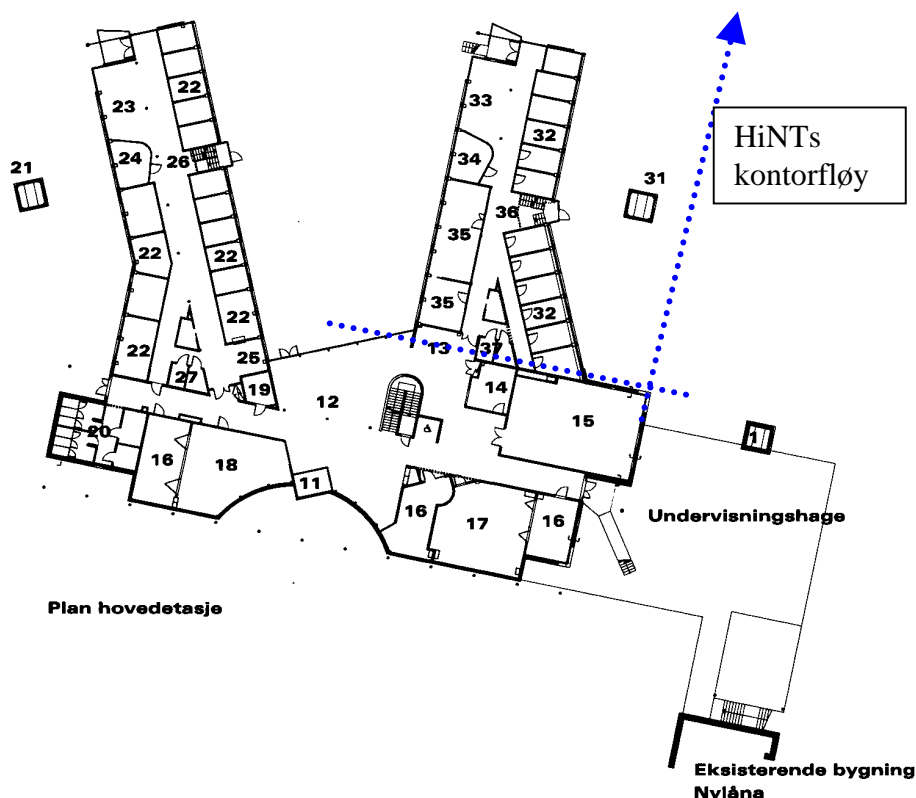
- 11 Hovedinngang/vindfang
- 12 Vestibyle
- 13 Garderobe
- 14 Studentekspedisjon
- 15 IT-undervisningsrom
- 16 Grupperom
- 17 Seminarrom
- 18 IT-demonstrasjonsrom
- 19 Lager
- 20 Toaletter/rengjøringsrom

Kontorfløy TKS:

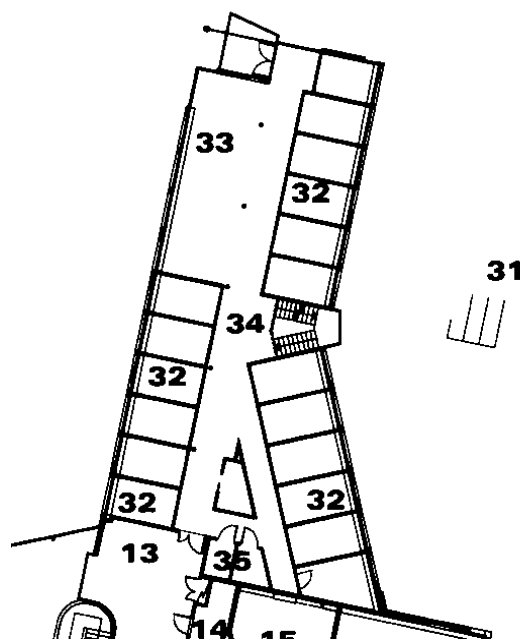
- 21 Luftinntakstårn
- 22 Kontorer
- 23 Almenning
- 24 Møterom
- 25 Ekspedisjon /TKS
- 26 Intertrapp
- 27 Toaletter

Kontorfløy HiNT:

- 31 Luftinntakstårn
- 32 Kontorer
- 33 Almenning
- 34 Møterom
- 35 IT-verksted
- 36 Intertrapp
- 37 Toaletter



Figur 3. Kontorfløy HiNT, Plan 1. Fra /2/



Figur 4. Kontorfly HiNT, Plan 2, viser cellekontorer (32) og almenning (33). Inntakstårn (31) Hybrid bygning Røstad. Fra /2/

3.2 AREALER

Hint-fløyen omfatter på plan en og to et nettoareal på ca 478 m². Dette fordeler seg som vist i tabell 1. Bruttoareal for hint-fløy er til sammen 835 m², se Tabell 2. Definisjon av nettoareal er forklart i vedlegg på side 42.

Tabell 1. Nettoarealer i HiNTs kontorfløy. Arealer for tilluftsventiler plassert på gulv og vindusbenk er regnet med i arealene.

	Antall rom	Areal, m ²
Kontorer	30	269,5
Almenninger	2	113,7
Møterom	1	14,5
Lager		8,4
WC	4	13,9
IT-verksted/serverrom	1	57,9
Sum nettoareal Hint-fløy		477,9
Korridorer og trapperom		160,3

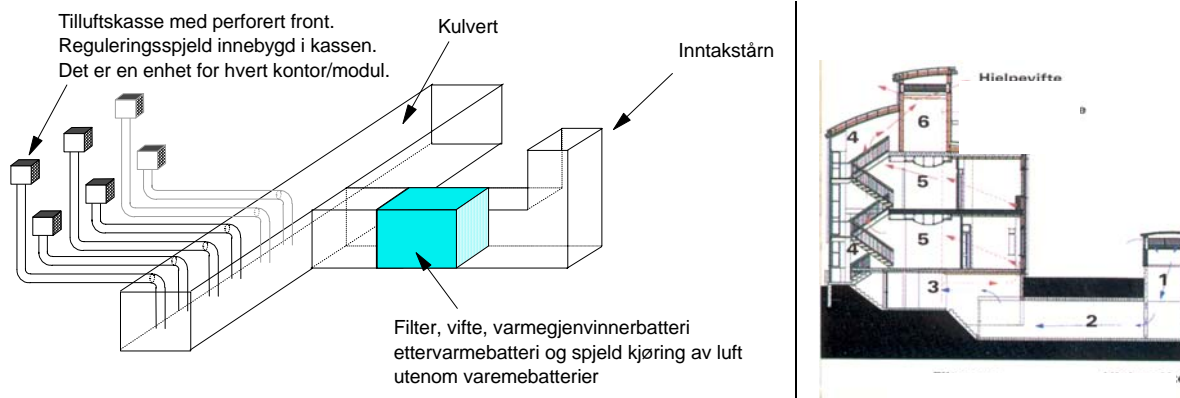
Tabell 2. Bruttoarealer for HiNT-fløyen

	Hybrid ventilasjon	Alternativ mekanisk ventilasjon
	Areal, m ²	Areal, m ²
Plan 1 og 2	723	723
Kulvert med inntakstårn	94	
Avtrekkstårn	18	
Teknisk rom på tak		36
Sum bruttoareal	835	759

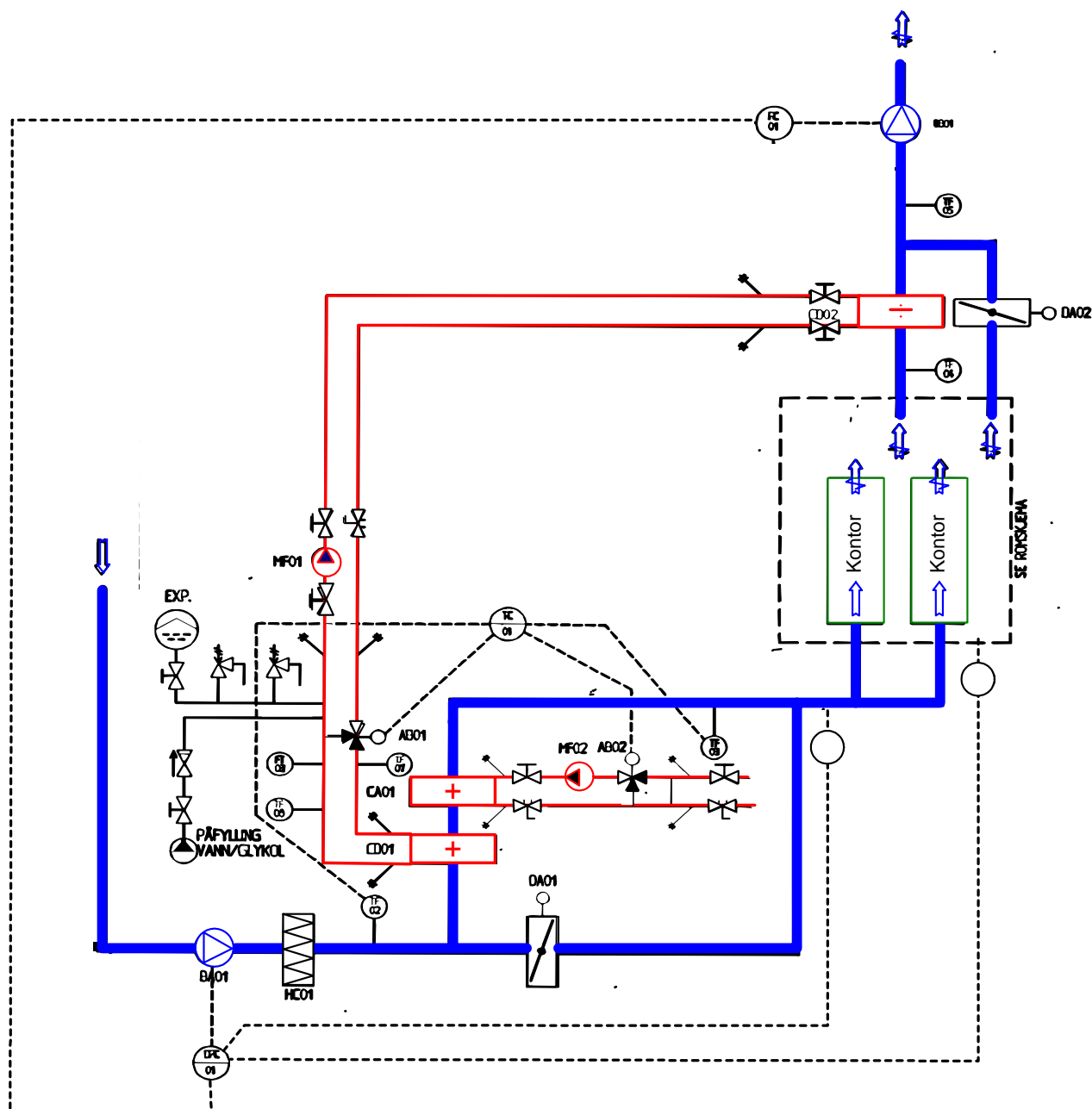
Brutto/nettofactoren blir 1,75 for hybrid ventilasjon. Alternativt ville en mekanisk løsning gitt ca 1,59. Se vedlegg 9.3 for beregning av brutto/netto-faktor.

3.3 TEKNISKE LØSNINGER

Den hybride ventilasjonen er en såkalt kulvertløsning. I prinsipp er den bygd opp som vist i Figur 5 og Figur 6. Avtrekk skjer via korridor og trappesjakt til avtrekkstårn på tak. Kontorfløyen har ingen sentrale sjakter, tilluft til andre etasje transporteres i kanaler kasset inn mot yttervegg mellom vinduene.



Figur 5. Kulvert i prinsipp og snitt gjennom bygning (Figuren til høyre er delvis speilvendt /2/)



Figur 6. Prinsipp for ventilasjonssystem./3/

Etter inntaktstårnet er det bygd inn vifte (BA01), filter (HC01), varmegjenvinnerbatteri (CD01) og varmebatteri (CA01). Luftmengden i kulverten styres slik at trykket i denne holdes konstant i forhold til korridor i etasjen over og avtrekksviften styres som slave av tilluftsviften (stiplede linjer).

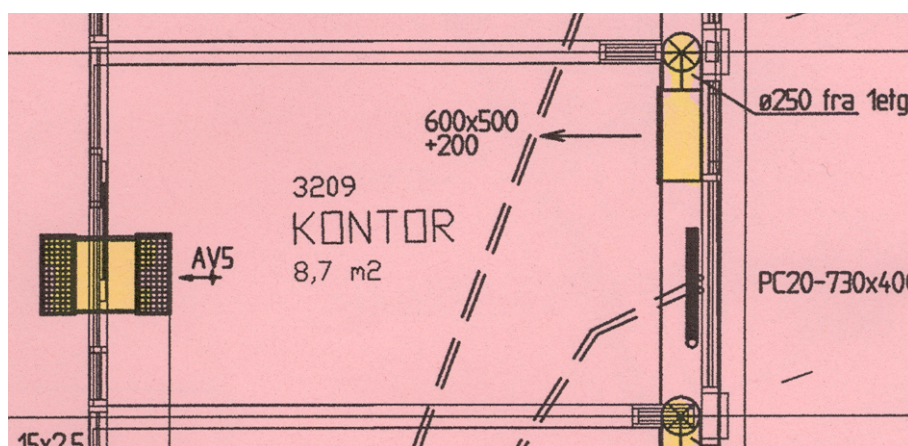
Fra kulverten er rørene gravd ned i grunnen under gulv fram mot fasade. Figur 7 viser hvordan luften tas inn i disse kanalene fra kulverten.

Ved forhold hvor det ikke er pådrag på varmegjenvinneren eller varmebatteri og utetemperaturen er over 10 °C åpner spjeldene DA01 og DA02.



Figur 7. Kulvert som går på langs av kontorfløy. De vertikale kanalene går over i kanaler gravd ned i grunnen under gulv i første etasje. Disse fører luft til hvert kontor/modul.

Innenfor yttervegg er rørene ført vertikalt opp. I første etasje ender røret direkte i en tilluftskasse. På stussen av røret er det montert et bladspjeld med motor. Luften til andre etasje føres i innkasset kanal til andre etasje, hvor den føres horisontalt inn i tilluftskassen. Hvert kontor/modul har sin tilluftskasse, se figur 8. Spjeldet brukes til behovstyring av luftmengden.



Figur 8. Kontor til tilluftskasse og overstrømningsventil

Fra kontorene er det overstrømning til korridor. Luften strømmes videre gjennom korridor og opp trappesjakt til avtrekkstårn. I avtrekkstårnet er det montert varmegjenvinnerbatteri, vifte og spjeld for ev å kjøre luft utenom varmegjenvinnerbatteri.

Oppvarming skjer med radiator plassert under vinduene. Ingen av kontorene har mekanisk kjøling.

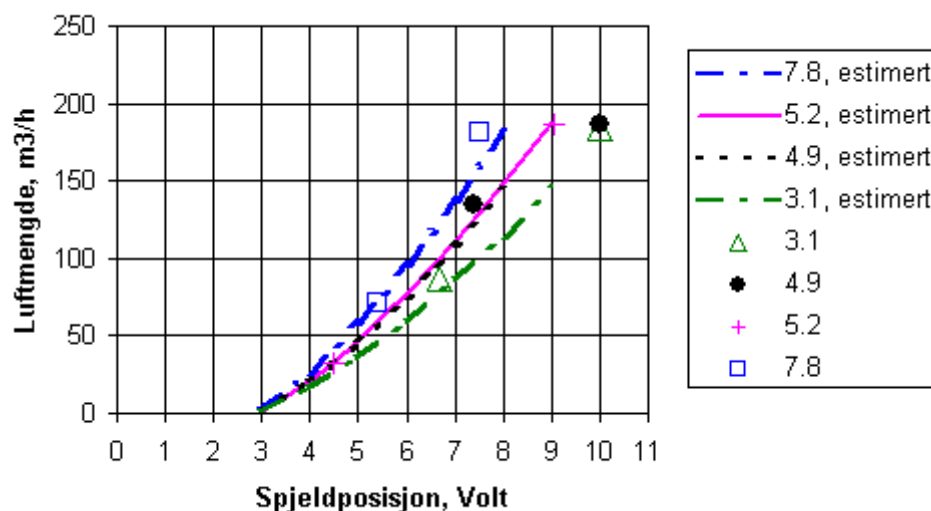
Lys, varme og ventilasjon er behovstyrt. Persiennene styres automatisk per fasade med mulighet for manuell overstyring.

For styring og regulering brukes LON installasjonsbuss mellom romkontrollere plassert i hvert rom. I hvert kontor er det en tilstedeværelsesføler og en temperaturføler.

Spjeldene som er plassert i hver tilluftskasse fungerer på følgende vis:

- Normalt stenger alle spjeld som fører fra kulvert til kontorer fullstendig om natten.
- Om morgenen kl 0600 åpner spjeldene til 40% åpning, noe som gir 25 m³/h. Når en person kommer inn rommet åpner de til 45% som gir 43 m³/h. Spjeldene stenger helt kl 1600.
- Dersom romtemperaturen ligger over settpunktet åpner spjeldet ytterligere. Ved en grad over settpunktet har det åpnet maksimalt til 80% åpning, noe som gir 200 m³/h.
- Dersom romtemperaturen ligger over settpunktet åpner spjeldene også om natten

Figur 9 viser karakteristikken til spjeldet som styrer luftmengden til rommet.



Figur 9. Sammenheng mellom spjeldposisjon og luftmengde. Spjeldposisjon angitt som for eksempel 8 volt tilsvarer 80% spjeldåpning. Spjeldet er stengt ved 3Volt (30%). De ulike kurvene angir hvordan luftmengden varierer med trykket i kulverten. Den blå kurven tilsvarer det trykket som blir brukt, dvs at ved 80 % åpning så går det 200 m³/h til rommet og ved 40% ca 25 m³/h.

Tabeller som viser hvordan ventilasjonsanlegget reguleres (luftmengde og tilluftstemperatur i kulvert) og luftmengde og temperatur i rom reguleres i er vist i vedlegg 9.4 på side 43. Som det går fram av tabellen for regulering av romtemperatur vil en temperaturøkning på en grad fra settpunktet øke spjeldåpningen fra 45% til 80%. Det betyr at luftmengden store deler av tiden vil være 200 m³/h. Dette er nærmere kommentert i kapittel 5 som starter på side 30.

Prosjekterte luftmengder

Samlet luftmengde er vist i Tabell 3.

Tabell 3. Luftmengder

	Delmengder, m ³ /h (m ³ /s)	Totalt, m ³ /h (m ³ /s)
Tilluft kulvert	9200 (2,56)	
Del av tilluft som går til garderober utenfor HiNT-fløy	600 (0,17)	
Netto tilførsel til HiNT-fløy		8600 (2,39)
Avtrekk tårn	8400 (2,33)	
Avtrekk WC/lager	800 (0,22)	
Sum avtrukket fra HiNT-fløy		9200 (2,56)
Differanse tilført/avtrukket		-600 (-0,17)

Prosjektert energi- og effektbudsjett

For hele bygget med et areal på 3700 m² (3200 m² oppvarmet bruttoareal) er energi- og effektbudsjettet stipulert i forprosjektet som vist i Tabell 4. HiNT-fløyens bruttoareal utgjør 835 m². Summene kan sammenlignes med målte verdier i Tabell 5 side 29.

Tabell 4. Energi- og effektbudsjett. Spesifikt forbruk er beregnet ut fra tall i forprosjektet.

	Vannbåren varme kWh/år	El. kWh/år	Vannbåren varme kWh/år/m ²	El. kWh/år/m ²
1 Oppvarming	123 276		39	
2 Ventilasjon	54 694		17	
3 Varmtvann	18 480		6	
4 Vifter/pumper		45 406		14
5 Belysning		63 600		20
6 Diverse		88 920		28
7 Kjøling		20 000		6
Sum totalt forbruk	196 450	217 926	62	68

3.4 VENTILASJONSLØSNINGENS FLEKSIBILITET

Alle moduler har separat og lik tilluftsløsning i og med at det er plassert et tilluftsorgan under hvert vindu og disse har tilførsel direkte fra kulvert. For tilluft er de horisontale føringsveiene lagt under gulv og de vertikale til fasadene. Avtrekksluften strømmer horisontalt gjennom korridorer og vertikalt gjennom trappesjakter. Det betyr at ingen gulvplass (unntatt langs fasadene) tas opp av sjakter eller kanaler og at rominndelingen ikke er begrenset av ventilasjonsløsningens føringsveier. Takhøyden er heller ikke påvirket av føringsveiene for luft.

Spjeldene som styrer tilluften til hver modul åpner normalt til 80%, men de kan programmeres til å åpne til 100%. Da vil tilluftsmengden økes fra 200 til nesten 300 m³/h. Det betyr at større

belastninger enn de som er der i dag kan håndteres. Om ønskelig kan også luftmengden økes ved å øke trykket i kulverten da viftene har stor kapasitetsreserve.

Løsningen kan lett programmeres om til andre driftsforhold og siden det er benyttet buss-løsning kan romfølere lett flyttes.

4 MÅLERESULTATER

Gjennom en periode på ett år er det gjennomført måling av energibruk i HiNT-fløyen. Data er samlet inn ved hjelp av SD-anlegg og separate målepunkter koplet til dataloggere.

Følgene poster inngår i målingen:

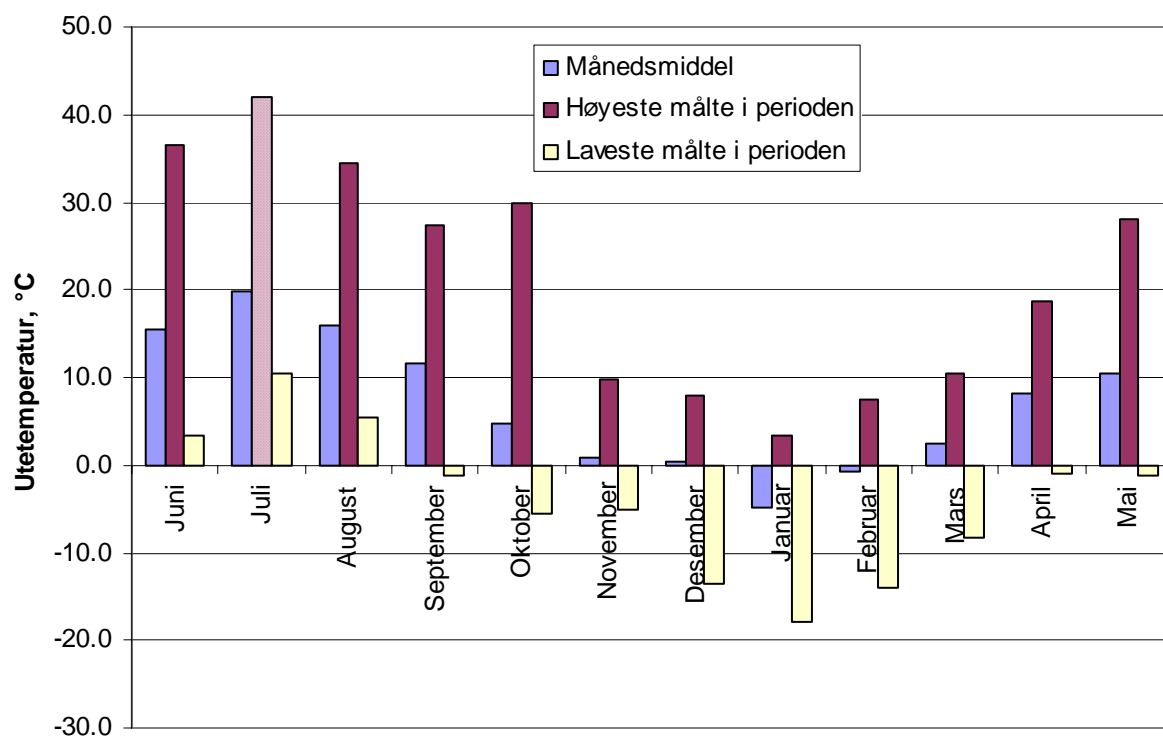
- Energibruk til ventilasjon. Det skilles mellom energi gjenvunnet i varmegjenvinner og energi til ettervarmebatteri
- Enerigbruk i radiatorer
- Elektrisitetsbruk

Registreringen av måledata foregikk slik:

- Strømforbruk ble målt med tangamperemeter til kurser som førte til kulvert, første og andre etasje, registrering ble gjort med datalogger hvert femte minutt. Data ble senere konvertert til timesverdier.
- Varme til radiatorer ble registrert med datalogger hvert femte minutt. Det ble målt temperaturdifferanse mellom tur og retur, væskemengden som ble målt ved å måle trykkfall over måleventil med trykkuttak. Dette ble gjort for hver etasje. Data ble senere konvertert til timesverdier.
- Varme til varmebatteri ble registrert med datalogger ved å måle tur- og returtemperaturen hvert femte minutt. Data ble senere konvertert til timesverdier. Med den koplingen av varmebatteriet som er benyttet skulle væskestrømmen i prinsippet være uavhengig av shuntventilens pådrag. Måling av væskestrømmen ble gjort med clamp on flowmeter og kontrollert for ulike pådrag på shuntventilen. Målingen over varmebatteriet ble gjort fordi væskestrømsmåleren over gjenvinneren sviktet i lengre perioder.
- Det ble gjort enkeltmålinger av temperaturer i grunnen rundt rør som fører luft fra kulvert og opp i bygningen.
- Alle andre måledata ble hentet fra SD-anleggets server. Disse dataene hadde ulike tidsoppløsninger og lagringsfrekvens. Data ble senere konvertert til timesverdier med et dataprogram som ble spesialskrevet for formålet.

Der hvor det av ulike grunner mangler måledata er energibruken stipulert ut fra tidsrom med tilsvarende uteklimate og bruksbelastning. (Det mangler data fra SD-anlegget i november.) En væskestrømsmåler i varmegjenvinnerkretsen i den faste måleutrustningen til SD-anlegget har i lange perioder sviktet. Det ble derfor laget modeller fra perioder hvor alle målinger fungerte slik at de manglende måleverdier kunne bestemmes indirekte. I vedlegg 9.1 side 38 er det vist hvordan energistrømmene er målt og beregnet.

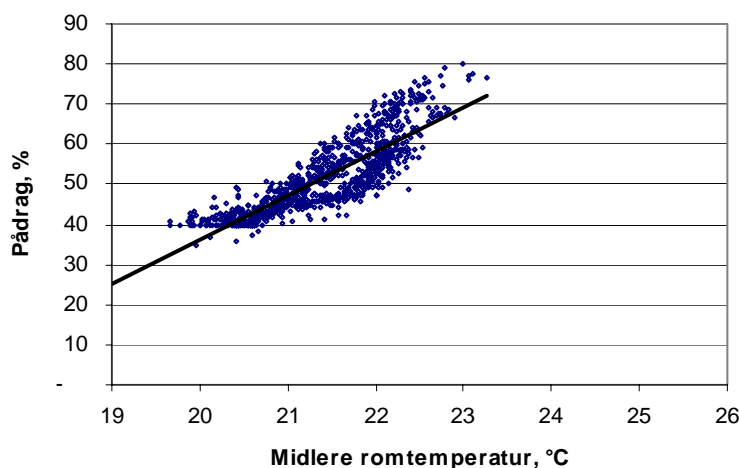
Energibruken varierer med uteklimate og bruk av lokalene. Figur 10 viser hvordan temperaturen har variert fra måned til måned i måleperioden.



Figur 10. Utetemperatur for måleperioden, juni 2003 til mai 2004. Høyeste målte temperatur i juli skyldes trolig at føler har vært utsatt for direkte solstråling.

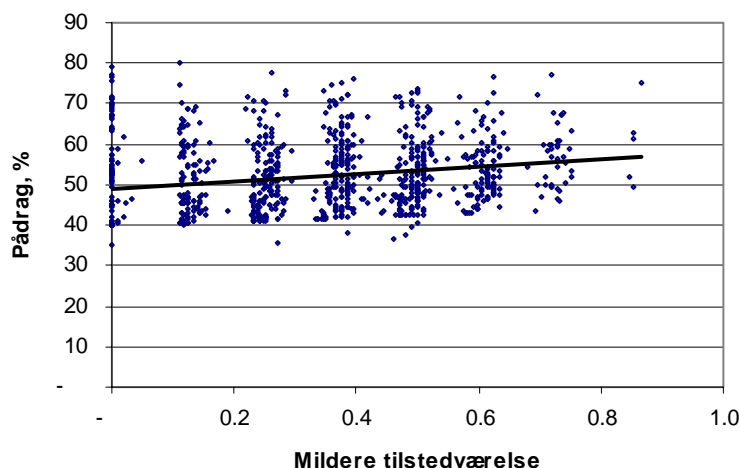
4.1 LUFTMENGDER

Figur 11 viser målt sammenheng mellom romtemperaturer og pådrag på romspjeldene. De høyeste temperaturene gir de største luftmengdene og de laveste temperaturene de laveste mengdene som forventet. Slik som romregulatorene er programmert skal en økning i romtemperaturen på en grad øke pådraget fra 45 til 80%. Årsaken til at spredningen er større enn dette er at rommene har ulikt settpunkt og at settpunktet for et rom også kan endres etter brukerens ønske fra tid til annen.



*Figur 11. Pådrag som funksjon av romtemperatur ved utetemperaturer lavere enn + 10 °C.
Gjennomsnitt for åtte rom i arbeidstiden.*

Figur 12 viser at det er svakere sammenheng mellom tilstedeværelse i lokalene og luftmengde enn for romtemperatur og luftmengde. Årsaken er at en relativt liten endring i romtemperaturen gir stor endring i pådraget, mens tilstedeværelse kun øker pådraget fra 40 til 45% (fra 25 m³/h til 43 m³/h).

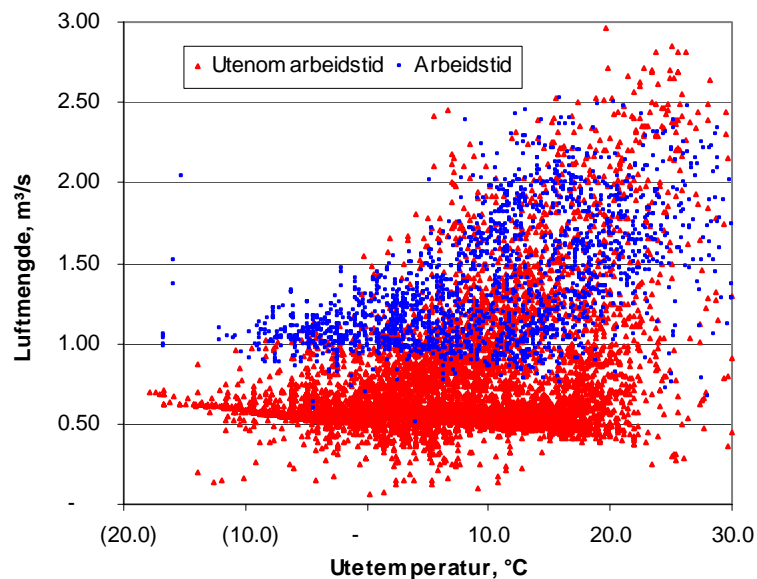


*Figur 12. Pådrag som funksjon av tilstedeværelse i kontorer målt i arbeidstiden.
Gjennomsnitt for åtte rom.*

Gjennomsnittlig tilstedeværelse i kontorene i arbeidstiden er under 50%. Dersom luftmengden for tomt kontor ble redusert kunne energi vært spart, men det må være en viss minimumsventilasjon i brukstiden for å opprettholde luftkvaliteten.

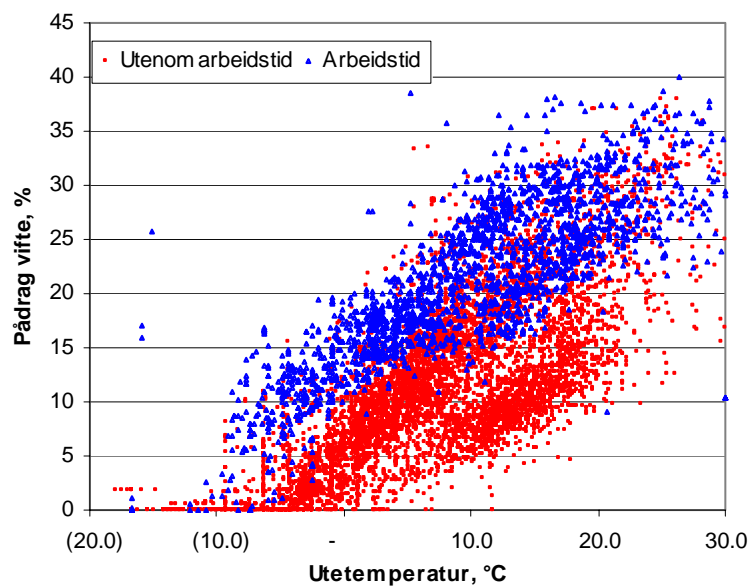
Figur 13 viser hvordan ventilasjonsluftmengden varierer med utetemperaturen. Luftmengde utenom arbeidstid synes å være større enn man skulle forvente. Noe skyldes at det er rom med relativt stor varmebelastning (serverrom) som krever kjøling også om natten ($2 \times 200 \text{ m}^3/\text{h}$), kanskje utenom de kaldeste perioder. Dessuten er det rom tilknyttet som ligger i foajé rett utenfor inngang til HiNT-fløyen og som ved kontroll viser seg å stå fullt åpne hele døgnet ($2 \times 300 \text{ m}^3/\text{h}$). Fra toalettene og lager trekkes det av full luftmengde så sant adgangskontrollsystemet registrerer tilstedeværelse ($4 \times 150 \text{ m}^3/\text{h}$ pluss $200 \text{ m}^3/\text{h}$). Til sammen utgjør dette 1000 til $1800 \text{ m}^3/\text{h}$ eller 0.28 til $0.50 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette samsvarer godt med verdiene indikert i figuren. Det kan i tillegg forekomme lekkasje gjennom utette spjeld.

Det kan også ses en viss tendens til at luftmengden stiger ved synkende temperatur. Det kan skyldes at oppdriftskraften blir sterkere ved lavere temperatur og at mer luft da slipper gjennom utette spjeld. Denne luftmengden kunne vært redusert dersom det var installert stengespjeld i avtrekkstårn.



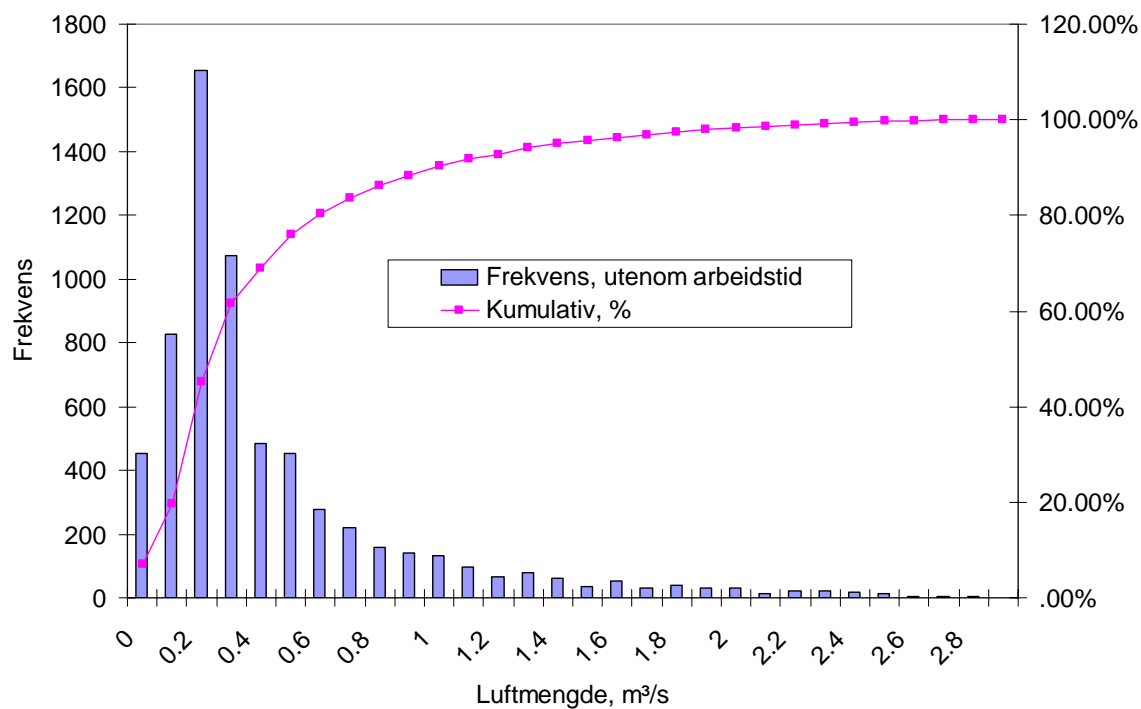
Figur 13. Total luftmengde for som funksjon av utetemperatur.

Figur 14 viser pådraget til tilluftsviften ved ulike utetemperaturer. For punkter med null pådrag fra viften står oppdriften for hele drivkraften.

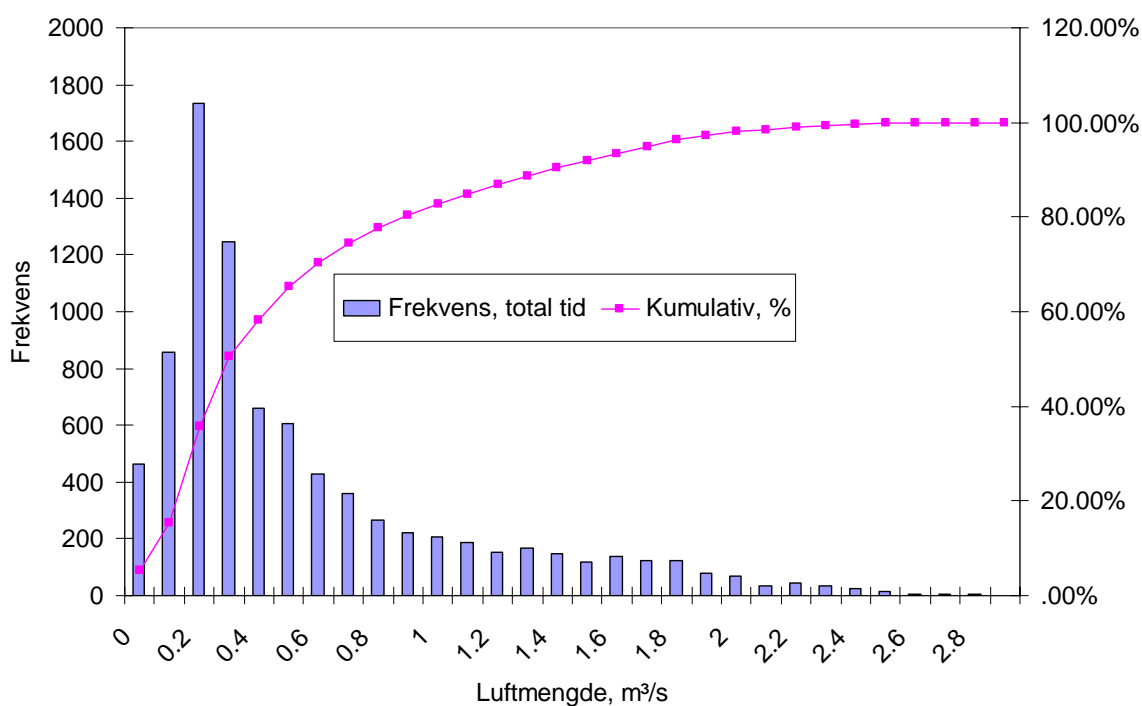


Figur 14. Pådrag vifte ved ulike utetemperaturer.

Figur 15 og Figur 16 er lagd med de samme luftmengdemålinger som vist i Figur 13, men sortert etter hvor mange timer (frekvens) de ulike luftmengder forekommer.



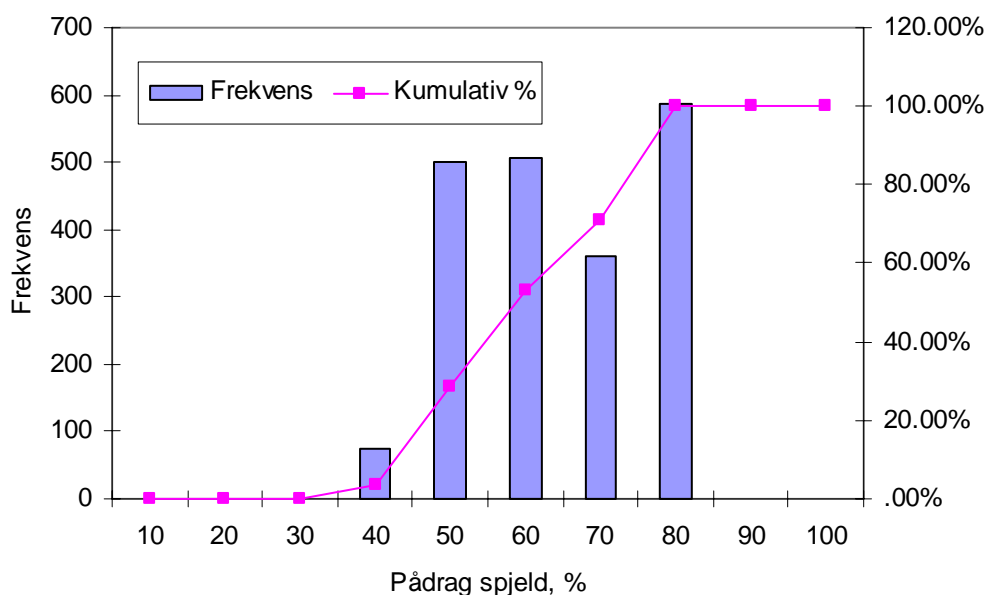
Figur 15. Frekvensfordeling (angitt som antall timer per år) for ventilasjonsluftmengde, utenom arbeidstid.



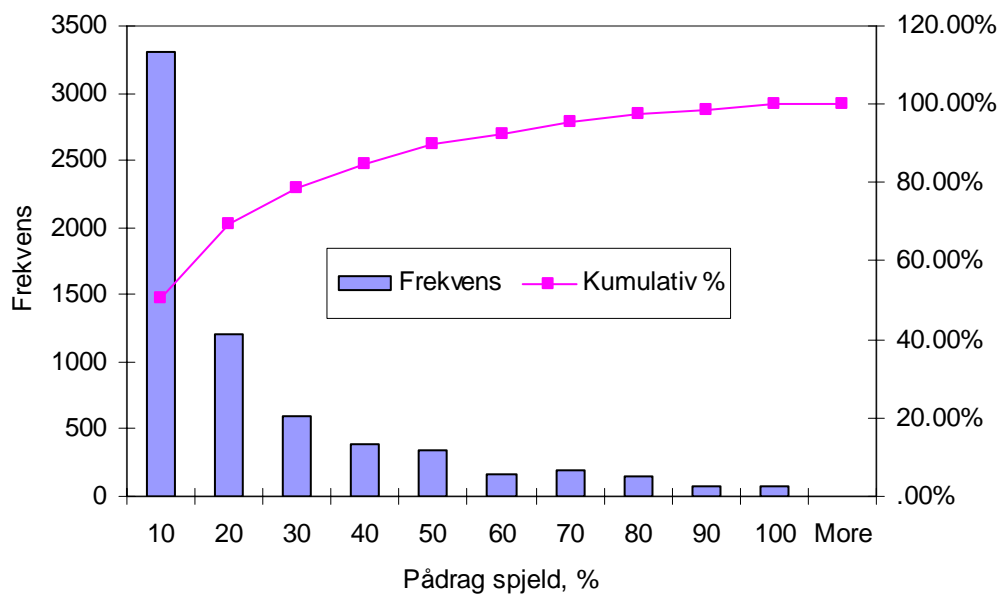
Figur 16. Frekvensfordeling (angitt som antall timer per år) for ventilasjonsluftmengde, hele døgnet.

Figur 17 og Figur 18 viser pådraget på spjeldene i noen av kontorene (rommene: 3104, 3110, 3114, 3115, 3204, 3210, 3215, 3218). Som vi ser er spjeldene mindre enn 10% åpne det meste av tiden utenom arbeidstiden.

Maksimal luftmengde i følge Tabell 3 er 2.6 m³/s mens laveste luftmengde er 0.28 m³/s. Ved de laveste luftmengdene er trolig spjeld til serverrom stengt slik at luftmengden blir lavere. Dette understøtter at det meste av luften som går gjennom anlegget om natten ikke skyldes luft tilført kontorer, men foajé, serverrom, lager og toalett.



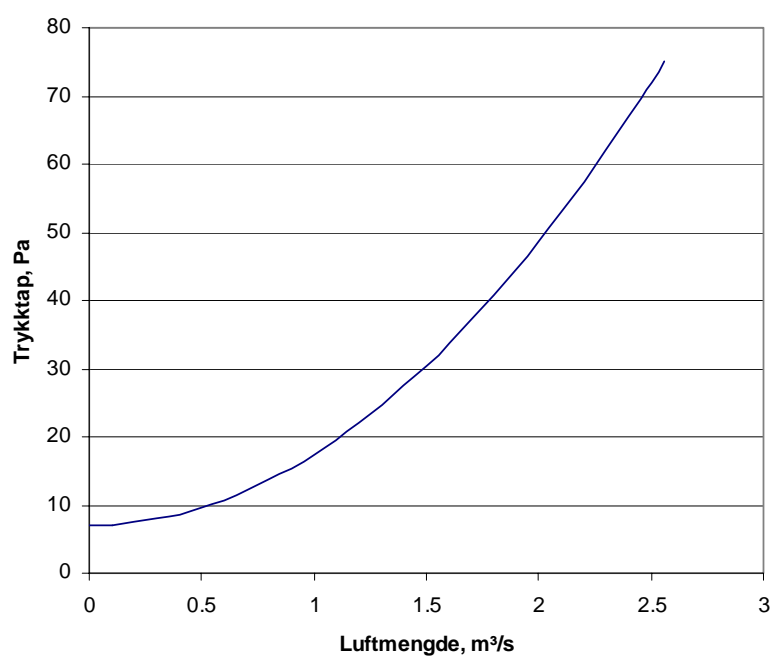
Figur 17. Frekvensfordeling (angitt som antall timer per år) for pådrag spjeld, arbeidstid.



Figur 18. Frekvensfordeling (angitt som antall timer per år) for pådrag spjeld, utenom arbeidstid.

Totalt trykkfall gjennom ventilasjonssystem og bygning ved dimensjonerende luftmengde (2.56 m³/h) ble i forprosjektet anslått til ca 75 Pa. Figur 19 viser hvordan trykktapet teoretisk varierer med luftmengden. Figuren forutsetter at tilluftspjeldene står åpne. I virkeligheten reguleres spjeldene etter luftbehovet i det enkelte rom. Viften reguleres til å holde et innstilt overtrykk (6 Pa) i forhold til korridor, slik at kurven aldri vil underskride dette. Alle andre trykktap i systemet er proporsjonale med kvadratet av luftmengden. Allikevel ser vi at totaltrykket gjennom systemet som regel vil ligge lavere enn 20 Pa.

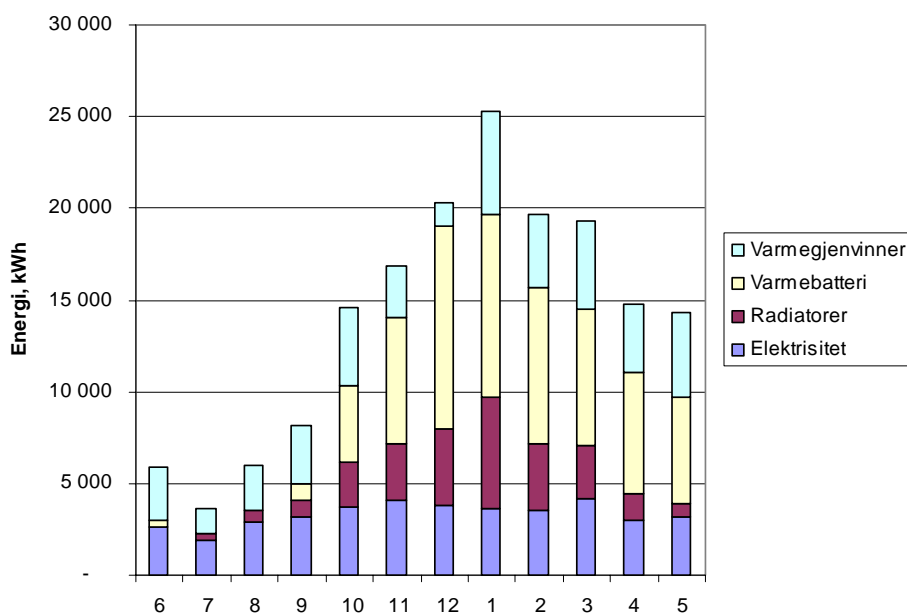
Det betyr at systemet er relativt sårbart for ytre trykkpåvirkninger fra vind. Imidlertid har det, så langt vi kjenner til, ikke blitt observert eller rapportert problemer med hensyn til inneklime eller driftsforhold som kan relateres til dette.



Figur 19. Anslått trykktap som funksjon av luftmengde dersom tilluftsspjeld står åpne.

4.2 ENERGIBRUK

Figur 20 viser hvordan energibruken fordeles etter forbrukssted. Dette er beregnet ut fra målinger beskrevet foran. Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner for måleperioden kan ut fra totalt varmebehov til oppvarming av ventilasjonsluft og gjenvunnet varme beregnes til 40%. I perioder har varmegjenvinneren vært ute av drift, se november og desember i Figur 20. Dersom den ikke hadde stått i perioder ville årsvirkningsgraden vært ca. 45%. Denne verdien er relativt lav sammenlignet det som er vanlig for væskekoplete gjenvinnere. Det skyldes blant annet at væskestrømmen i gjenvinneren er trolig er for lav. Dette er tydelig ved å sammenligne med væskestrømmen i den identiske nabofløyen.



Figur 20. Energibruk etter forbrukssted og måned.

Det er også et betydelig varmetap til grunnen fra rør som fører luft fra kulvert og fram til rommene. I Tabell 7 i kapittel 5 er det vist en overslagsberegning over dette tapet. Temperaturen i grunnen rundt to av rørene ble målt med termoelementer som ble lagt ned i grunnen før dekket ble støpt. De viser i februar en temperatur på ca 14 °C.

Tilført elektrisk effekt til viftene ble målt ved forskjellige luftmengder og trykk i kulverten. Det viste seg at strømmen til frekvensomformerene varierte lite. Dette skyldes trolig at energibehovet for å drive viftehjulet er lavt i forhold til tapene i frekvensomformer, motor og lager. Tilført effekt ble målt til ca 290 W per vifte. Dette skulle tilsi et energiforbruk på ca 100 til 150 kWh per måned.

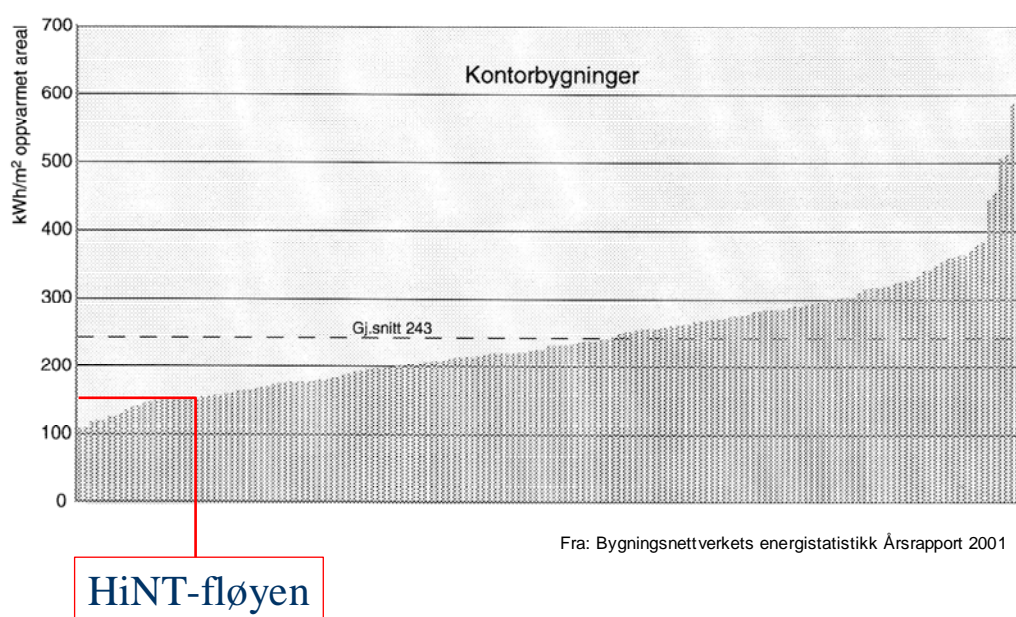
Tabell 5 viser summert energibruk for året fordelt mellom elektrisk og vannbåren energi totalt og per kvadratmeter bruttoareal. Energibruken for vannbåren energi er korrigert slik at tabellen viser omtrent hvordan energibruken ville vært med varmegjenvinneren i normal drift. Korreksjonen utgjør 5000kWh per år. Dataene er graddagskorrigert med data fra målestasjon i Stjørdal.

Figur 21 viser hvordan energibruken er i HiNT-fløyen sammenlignet med andre norske kontorbygninger. Disse bygningene har en gjennomsnittsalder på ca 40 år. Som det framgår av figuren ligger energibruken betydelig under gjennomsnittet for norske bygninger. Tallene samsvarer imidlertid godt med det nye forslaget til energigrammer for norske kontorbygg.

Sammenlignet med data fra forprosjektet, se Tabell 4 på side 18, ser vi at energibruk til oppvarming er høyere enn prosjektert og at bruk av elektrisitet er lavere. Forutsetningen for denne sammenligningen er at HiNT-fløyens energibruk tilsvarer resten av bygningen.

Tabell 5. Energibruk. Oppvarmet areal er inklusive varm del av kulvert.

	Elektrisitet	Vannbåren	Total
Sum energibruk, kWh	39 673	88 192	127 865
Oppvarmet areal, m ²	792	792	792
Spesifikk energibruk, kWh/m ²	50	111	161



Figur 21. HiNT-fløyen sammenlignet med norske kontorbygninger.

5 SIMULERING AV EFFEKT- OG ENERGIBEHOV

For å bedre forståelsen av hvordan energien benyttes i bygningen, og å kunne studere effekten av alternative løsninger er det gjort en simulering av HiNT-fløyen ved hjelp av programmet ESP-r. Dette er simuleringer time for time gjennom året. Tabell 6 viser resultater for romoppvarming (radiatorer) og ventilasjon (varmebatteri).

Tabell 6. Simulert energibruk vannbåren varme, kWh.

Oppvarming	17 000
Ventilasjon	28 000
Totalt	45 000

Det er her ikke tatt hensyn til at det trekkes av luft til toaletter og at luft tilføres i to ventiler i foajé døgnet rundt. Tilluft til foajé kan tilsvare 12 000 kWh per år (totalt 600 m³/h 24 timer i døgnet og varmegjenvinner med 40% virkningsgrad), mens toaletter og lager tilsvare ca 5000 kWh per år (800 m³/h 10 timer hver dag).

Fra rørene som er gravd ned i grunnen under gulvet i 1 etasje er det et betydelig varmetap. Dette ble i forkant av bygging påvist ved beregninger gjort av SINTEF på oppdrag for Statsbygg. På grunn av prosjektets framdrift ble isolasjon av rørene ikke utført. Tabell 7 viser et estimat av varmetapet.

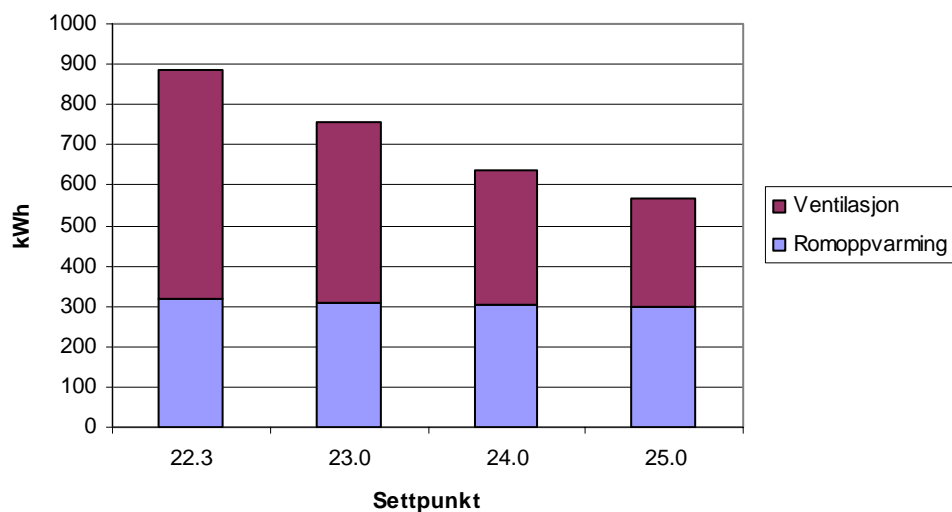
Tabell 7. Varmetap fra nedgravde kanaler til grunnen.

Temperaturtap	1 K
Gjennomsnittlig luftmengde	83 m ³ /h
Tetthet luft	1.25 kg/m ³
Varmekap	1 kJ/kg*K
Antall tilluftsventiler	46 stk
Energitap	12 000 kWh/år

Det er ikke tatt hensyn til at varmegjenvinneren har vært ute av drift deler av året, dette tapet kan anslås til 5 000 kWh.

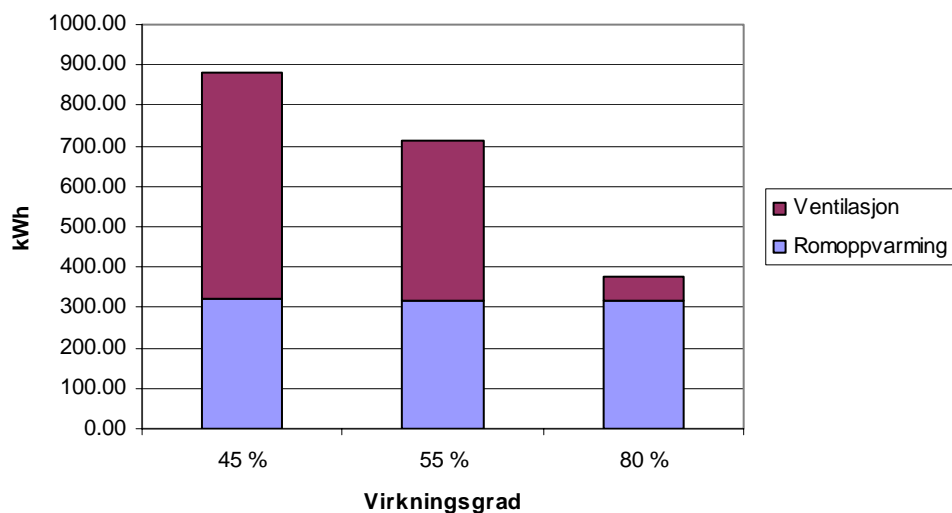
Dersom man legger det ovenfor nevnte til simulert energibruk blir summen ca 79 000 kWh, noe som fortsatt er lavere enn det som er målt (88 000 kWh). Det kan skyldes unøyaktighet i målingene og/eller at det er benyttet klimadata for Trondheim for et teoretisk klimaår som kan avvike fra klimaet på Levanger. Varmetap fra kulvert og nedgravde rør er også usikre estimater.

Simuleringsverktøyet er også benyttet til å undersøke effekten av energiøkonomiserende tiltak. Figur 22 viser hvor mye energibruken til oppvarming av ventilasjonsluft reduseres ved å la romtemperaturen gli til en høyere romtemperatur før spjeldet når full åpning. Romtemperatur-regulatorens settpunkt er 21 °C. ”Settpunktet” i figuren indikerer temperaturen hvor det er fullt pådrag (200 m³/h). Ved å la temperaturen gli to grader reduseres altså energibruken til oppvarming av ventilasjonsluft til ca 80% (ca 6000 kWh spart for HiNT-fløyen) i forhold til en grads glidning og til 60% (12 000 kWh spart for HiNT-fløyen) ved tre graders glidning.



Figur 22. Effekten av å øke reguleringsområdet. Beregning gjelder for ett kontorrom.

Figur 23 viser effekten av å bedre varmegjenvinnerens virkningsgrad. Som man ser er det mye å hente ved å heve varmegjenvinnerens virkningsgrad, 55 % virkningsgrad gir 70 % av dagens energibruk til oppvarming av ventilasjonsluft. Dette tilsvarer ca 9 000 kWh spart for HiNT-fløyen.



Figur 23. Effekten av å bedre virkningsgraden for varmegjenvinneren. Beregning gjelder for ett kontorrom.

6 KOSTNADER FOR VENTILASJONSLØSNINGEN

Byggeledelsesfirmaet RG-Prosjekt AS og hovedentreprenøren Byggmester Grande AS har bidratt med underlag for beregning av kostnader til installasjon av hybrid ventilasjonsløsning (basert på reelle kostnader). Tabell 8 nedenfor viser hovedkostnader for ventilasjonsløsningen. Kostnader for nødvendige elektriske installasjoner, automatikk og sanitær i aggregatrom/kulvert er ikke tatt med. Romfølere for behovsstyring er tatt med. Interconsults kontor i Levanger har gjort en beregning av kostnader for en mekanisk ventilasjonsløsning. Tabell 9 viser disse kostnadene. Dersom vi forutsetter at automatikk- og elektrokostnadene er like, så blir altså investeringskostnaden for den mekaniske løsningen ca 61 % i forhold til den hybride.

Tabell 8. Spesifikke bygge/installasjonskostnader for hybrid ventilasjon, eks mva.

Del av løsning	Kostnad, kr
Bygningsmessig eks. kulvert	202 550
Kulvert	480 960
Øvrig kanalnett	317 900
Maskinelt utstyr, vifter og VAV-spjeld	290 400
Automatikk/romfølere	58 400
Totalt	1 350 210

Tabell 9. Spesifikke bygge/installasjonskostnader for mekanisk ventilasjon, eks mva.

Del av løsning	Kostnad, kr
Bygningsmessig eks. kulvert	224 188
Øvrig kanalnett	196 189
Maskinelt utstyr, vifter og VAV-spjeld	346 040
Automatikk/romfølere	58 400
Totalt	824 817

For at sammenligning skal bli reell bør det tenkte mekaniske systemet gi tilnærmet samme inneklima som den valgte hybridløsning. I sammenligningen er det valgt en løsning med takmontert aggregat der hvor hybridløsningens avtrekkstårn er plassert. Bygget må styres med vertikal sjakt for føring av luft opp og ned til første og annen etasje. Det benyttes omrøringsventilasjon med en tillufts enhet og avtrekk i hvert kontor. Bygget er i utgangspunktet utstyrt med himlinger både i korridor og i kontorer, slik at nødvendige føringsveier er sikret.

Den mekaniske løsningen styres med roterende gjenvinner da det er mest naturlig for den valgte løsning.

Ventilasjonen behovstyes på samme måte som for den hybride løsningen.

Tabell 10 viser livsløpskostnadene for den hybride og den tenkte mekaniske ventilasjonsløsningen. Beregningen er basert på bruk av Statsbyggs regneark for beregning av livsløpskostnader. Kun arkene for alternativberegning er benyttet og beregningen er gjort slik at kun kostnader som er relevante for ventilasjon er tatt med. Konklusjonen er at mekanisk ventilasjon i dette bygge ville gitt vesentlig lavere årskostnader. Det er ikke regnet med restkostnader.

Tabell 10. LCC brutt ned på hovedkostnader

	Hybrid		Mekanisk	
	Årskostnad	Nåverdi	Årskostnad	Nåverdi
Bygningsmessig	14 289	221 009	15 964	246 914
Kulvert	31 489	487 035		
Øvrig kanalnett	25 610	496 113	19 800	306 238
Maskinelt utstyr, vifter og VAV-spjeld	31 963	494 364	32 352	500 378
Automatikk/romfølere	5 660	87 538	5 685	87 925
Totalt uten energi	109 011	1 786 059	73 800	1 141 455
Vannbåren energi	29 913		12 000	
Elektrisk energi	1000		5200	
Totalt med energi	139 924		91 968	

Som det går fram av tabellene i vedlegg 9.5 side 45 avhenger årskostnaden foruten investeringskostnadene av levetider, vedlikeholds- og driftskostnader. Disse siste kostnadene hefter stør usikkerhet til.

Kostnadene for den hybride løsningen kunne vært redusert ved å ta hensyn til alle rom ikke er i bruk samtidig. Da kunne sentrale komponenter fått mindre dimensjoner.

Plassbygde løsninger som kulvert, innkassede kanaler og tilluftskasser bidrar mye til relativt høye investeringskostnader (under posten øvrig kanalnett) for den hybride løsningen.

Hovedforutsetningene i beregningene er:

- Den mekaniske løsningen skal gi et inneklima som er mest mulig likt det som oppnås med hybrid ventilasjon.
- Beregningene er basert på strektegninger av kanalnettet med påførte kanaldimensjoner, utført av Interconsult.
- Bygget er i utgangspunktet utstyrt med himlinger både i korridor og i kontorer, dvs at nødvendige horisontale føringsveier for kanaler eksisterer.
- Det er benyttet en løsning med takmontert aggregat omtrent der hvor hybridløsningens avtrekkstårn er plassert. Bygningsmessige kostnader for vertikal sjakt for føring av luft opp og ned til første og annen etasje kommer i tillegg til slik bygget er i dag. Videre måtte tårnhuset på taket utvides/endres.
- Den mekaniske løsningen er utstyrt med mekanisk kjøling for å sikre like god kontroll med temperaturen som i den hybride løsningen. Det benyttes direkte ekspansjon fordi dette vil være et naturlig valg for et bygg av denne størrelse.
- Fordi det velges mekanisk kjøling kan luftmengden reduseres i forhold til den hybride løsningen. For hver etasje dimensjoneres det etter en maksimal luftmengde på 130 m³/h per modul, til sammen 6900 m³/h for begge etasjer.
- Specific fan power (SFP) settes til maksimalt 3.0 for full luftmengde ved VAV.
- Ventilasjonen behovstyres på samme måte og med tilsvarende sensorer og automatikk som den hybride løsningen.
- Det benyttes takinnblåsing med en tilluftsenhet med reguleringsspjeld og lydfelle for hver modul da dette er det som i praksis ville blitt valgt for et slikt bygg.

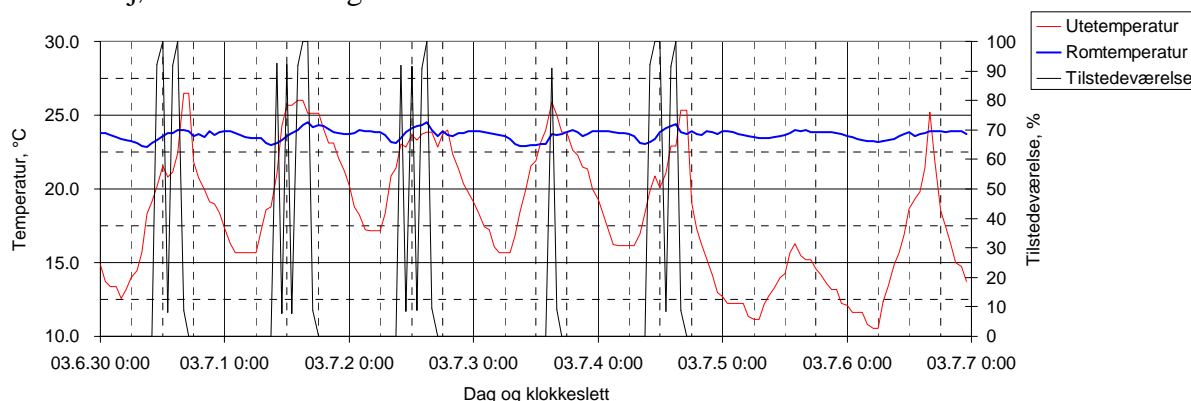
- Avtrekk fra rom. Det beregnes to alternativer:
 - Avtrekksluft strømmes over til korridor til felles avtrekk for begge etasjer, slik som i den hybride løsningen. Det velges ”standard” løsninger for styring av vifter.
 - Avtrekk fra hvert kontor. Det må da benyttes spjeld for hvert rom.
- Den mekaniske løsningen er utstyrt med roterende gjenvinner fordi det er dette som i praksis ville blitt valgt for et slikt kontorbygg.
- Generelle kostnader, innregulering, funksjonstest, merking etc, er medtatt i kostnadene for det mekaniske anlegget (slik at kostnaden blir komplett).
- Enhetspriser på kanaler, ventiler, aggregater, bygningsmessige arbeider etc. basert på prisnivå sommeren 2001.
- Energiprisen er 0.48 kr/kWh for vannbåren og 0.69 kr/kWh for el, begge eks mva.
- Kun energikostnader knyttet til ventilasjon er tatt med (oppvarming av ventilasjonsluft, drift av vifter og pumper, kjølemaskin)
- I drifts- og vedlikeholdskostnad er det inkludert design, administrasjon, transport, installasjon og commissioning
- Investeringskostnaden inkluderer også design, administrasjon, transport, installasjon og commissioning

Vik (2003) har gjort LCC- sammenligninger av to hybride og en mekanisk løsning for kontorbygg. Hans konklusjon er at årskostnadene for mekanisk ventilasjon er litt høyere enn for hybrid i motsetning til hva vi har beregnet. Forklaringen ligger trolig i at forutsetningene er ulike. Vik regner blant annet med at hybrid ventilasjon med fortrenningsventilasjon har høyere ventilasjonseffektivitet enn mekanisk omrøringsventilasjon. Han benytter derfor lavere luftmengder for hybrid enn for mekanisk. For Røstad har vi antatt at vi kan bruke lavere luftmengder ved mekanisk ventilasjon enn ved hybrid fordi luften kan tilføres med lavere temperatur ved omrøring enn ved fortrenning når det er kjølebehov. Luftmengden er så stor at luftkvaliteten uansett ivaretas. Vik har plassert ventilasjonsaggregatet i kjeller med sjakt opp til tak for inntak av friskluft, mens på Røstad er aggregat, inntak og avkast plassert på tak.

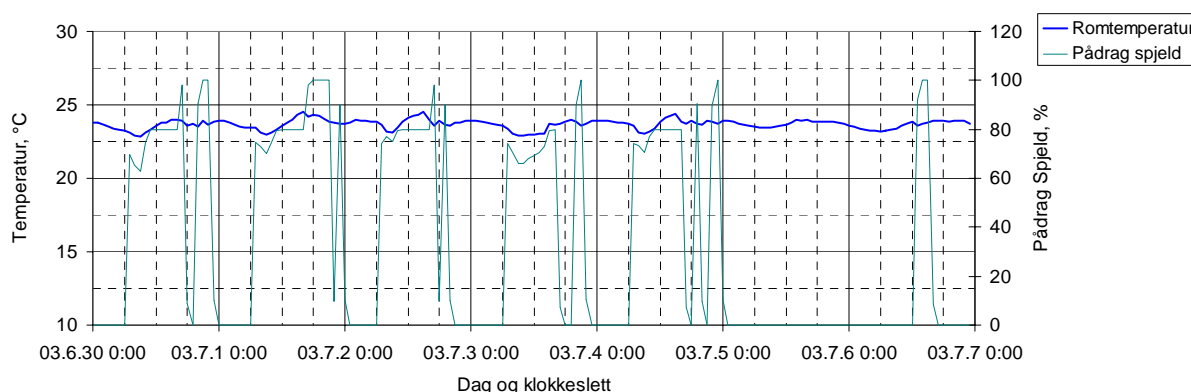
Andre forhold som påvirker kostnadsforholdet mellom mekanisk og hybrid ventilasjon er byggehøyde. Kostnadene for den hybride løsningen på Røstad kunne vært redusert dersom himlinger i kontorer hadde vært utelatt og etasjehøyden senket. Den mekaniske løsningen for Røstad trenger derimot himling for kanalføring og dermed den etasjehøyden som er der i dag.

7 INNEKLIMA

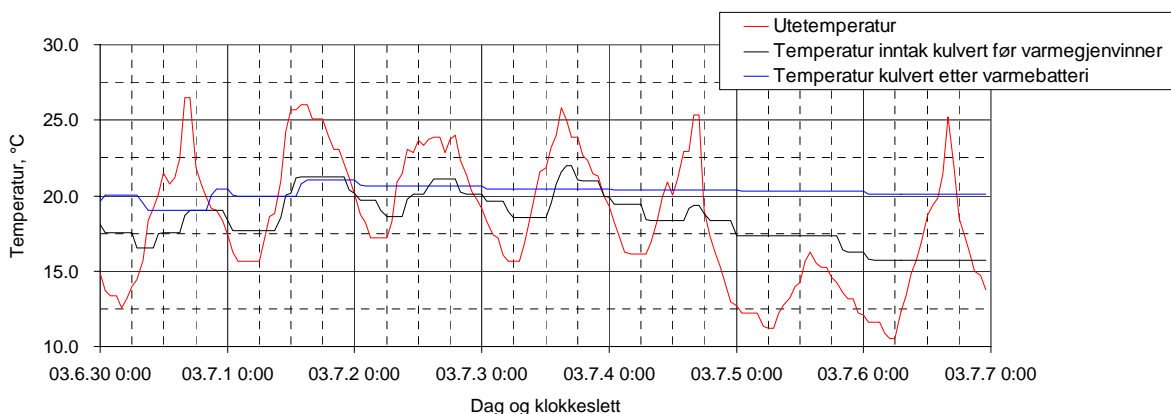
Figur 24 viser hvordan innetemperaturen varierer en varm uke i juli for et typisk kontorrom. Som det går fram av figuren holder romtemperaturen seg på ca 24 grader hele døgnet. Figur 25 viser at spjeldet har vært åpent store deler av uken. Figur 26 viser hvordan temperaturen i kulverten varierer med utetemperaturen på varme dager. Temperaturen i kulverten stiger ikke så mye som utetemperaturen i løpet av dagen, om natten synker den ikke like mye. Det betyr at kulverten bidrar til å kjøle luften om dagen.



Figur 24. Utetemperatur, romtemperatur og tilstedeværelse en varm uke.



Figur 25. Romtemperatur og pådrag spjeld samme uke som vist i Figur 24.



Figur 26. Utetemperatur, temperatur i kulvert før varmebatteri (etter vifte og filter) og temperatur i kulvert etter varmebatteri.

Enkelte brukere kan i perioder ha gitt uttrykk for at det oppleves trekk ved ankler. Dette kan blant annet ha sammenheng med at temperaturføler for tilluft er plassert høyere over gulv enn luftinntakene i kulverten. På grunn av temperatursjikting i kulverten gjør dette at det er vanskelig å regulere tilluftstemperaturen nøyaktig.

Fortrengningsventilasjon med tilluft under vindu setter begrensninger for innredning av kontorene. Feil plassering av innredning kan gi høye lufthastigheter ved ankler og klager på trekk.

Norum og Sjøvold (2004) har gjort luftkvalitetsrelaterte inneklimatemålinger i bygget. I en tidlig fase av måleprosjektet ble det påvist unormalt høye finstøvmengder i noen av rommene. En gjennomgang av spjeldstyringene viste at spjeldene i disse rommene alltid var stengt. Etter at dette ble rettet viser målingene normale mengder partikler i alle rom.

8 REFERANSER

1. Forprosjekt av februar 2001 ved Letnes Arkitektkontor AS, Planstyring AS og ICG Levanger
2. Ferdigmelding nr 622/2002 Prosjektnr 99035, Statsbygg, Oslo 2002
3. Diverse tegninger og systemskisser for VVS-anlegg
4. Mathisen, H.M., Test av tilluftsventil med regulering. HiNT Røstad, Byggetrinn 2, SINTEF rapport nr TR F5616, 2002-03-22
5. Mathisen, H.M., Test av tilluftsventil HiNT Røstad, Byggetrinn 2 - Tilluft andre etasje, SINTEF rapport nr TR F5646, 2002-05-06
6. Norum, T., Sjøvold, O., Inneklimamålinger ved HiNT Levanger Nordlåna den 29.03.04, HiNT, Avdeling for sykepleier-, ingeniør- og lærerutdanning, Røstad, 7600 Levanger
7. Norum, T., Sjøvold, O., Inneklimamålinger ved HiNT Levanger Nordlåna den 04.08.04, Sanit AS, c/o HiNT, Røstad, 7600 Levanger
8. Statsbyggs regneark for LCC: Modell 3.2b.xls
9. Vik, T.A., Life Cycle Cost Assessment of Natural Ventilation Systems, Dr.ing.-avhandling 2003:14, Institutt for byggekunst, historie og teknologi, NTNU

9 VEDLEGG

9.1 VEDLEGG – BEREGNING AV ENERGIBRUK

Tidlig i måleperioden ble det klart at væskemengdemåler for varmegjenvinnerkretsen i HiNT-fløyen sviktet. Ikke før i februar 2004 ble dette ordnet. Planen var at denne væskemengdemålingen sammen med temperaturdifferensen på væskesiden skulle brukes til å beregne gjenvunnet energi. Ved å benytte målt temperaturfall over batteriet på avtrekksiden skulle så avtrukket luftmengde kunne beregnes.

Luftmengden måtte derfor bestemmes på en annen måte. Det ble montert temperaturmålepunkter på væskesiden før og etter ettervarmebatteriet. Dette batteriet er koplet slik at væskesirkulasjonen skal være konstant uavhengig av pådraget. Væskemengden ble funnet ved å måle med et Clamp on Flowmeter. Det viste seg at mengden varierte noe med pådraget.

Beregninen nedenfor ble gjort time for time i perioden fra begynnelsen av februar 2004 til juni 2004, med fradrag av noen kortere perioder hvor væskemengdemåleren eller varmegjenvinneren har sviktet.

Varmer målt på væskesiden av gjenvinner:

$$Q_{vgv} = \dot{q}_{vgv} \cdot \rho \cdot C_p \Delta T = \dot{q}_{vgv} \frac{0.001}{60} 965 \cdot 4275 (T_{v\ddot{a}skeinn} - T_{v\ddot{a}skeut})$$

Målt væskemengden \dot{q}_{vgv} gjennom gjenvinneren ble kontrollert mot Clamp on Flowmeteret. Det ble funnet et visst avvik, slik at alle verdiene som er benyttet i beregningen måtte korrigeres

Varmer målt på væskesiden av varmebatteri:

$$Q_{vb} = \dot{q}_{vb} \cdot \rho \cdot C_p \Delta T = \left(55 - \frac{P\ddot{a}dragShunt}{100} 2.68 \right) \frac{0.001}{60} 965 \cdot 4275 (T_{v\ddot{a}skeinn} - T_{v\ddot{a}skeut})$$

Væskens tetthet ρ og spesifikk varmekapasitet C_p gjelder for vann blandet med 30% sprit

(HX95). $\left(55 - \frac{P\ddot{a}dragShunt}{100} 2.68 \right)$ er væskemengden korrigert for variasjon i pådraget. Konstanten 2.68 ble bestemt etter måling av mengden ved forskjellige pådrag.

Beregnet luftmengde blir da:

$$\dot{V} = \frac{Q_{vgv} + Q_{vb}}{\rho_{luft} C_p \Delta T} = \frac{Q_{vgv} + Q_{vb}}{1.2 \cdot 1005 \cdot (TemperaturF\ddot{o}rVarmegjenvinner - TemperaturEtterVarmebatteri)}$$

I perioder hvor temperaturen før gjenvinner og etter varmebatteri er liten kan målefeil gi store utslag i beregnet luftmengde. Slike data ble fjernet manuelt. Etter at alle ubrukbare data var fjernet gjenstod det 2464 tallsett.

Etter at luftmengden var bestemt time for time i perioden februar til juni kunne det lages en modell for hvordan luftmengden varierer med andre parametere. Ulike modeller har blitt prøvd ut. For å få best mulig tilpasning ble det skilt mellom arbeidstid og ikke arbeidstid. I den endelig modellen inngår pådrag til tilluftsvifte, gjennomsnittelig pådrag for spjeld til seks rom og oppdrift basert på temperaturdifferanse mellom avtrukket luft og uteluft. Konstantene som inngår i ligningene ble bestemt med multiplert lineær regresjon etter minste kvadraters metode. Dataanalysemodulen i Excel regneark ble benyttet til dette.

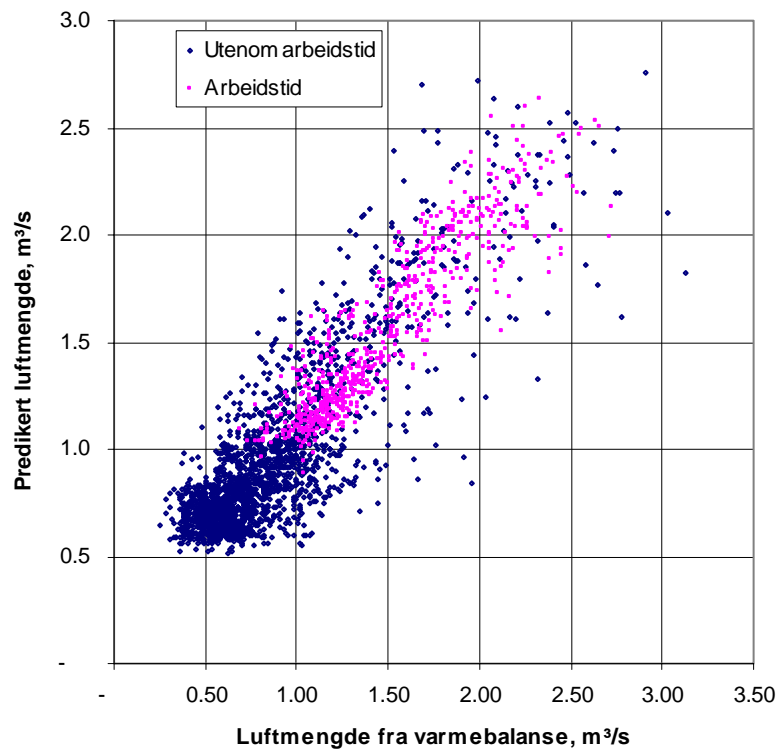
Luftmengde arbeidstid:

$$\dot{V} = -2.81 \frac{\text{Pådrag tilluftsvifte}}{100} + 11.25 \frac{\text{Pådrag tilluftsvifte}}{100} \cdot \frac{\text{Pådrag spjeld}}{100} - 0.241 \sqrt{\text{Avtrekkstemp} - \text{Utetemp}} \frac{\text{Pådrag spjeld}}{100} + 0.274 \sqrt{\text{Avtrekkstemp} - \text{Utetemp}}$$

Luftmengde ikke arbeidstid:

$$\dot{V} = 1.92 \frac{\text{Pådrag tilluftsvifte}}{100} + 5.51 \frac{\text{Pådrag tilluftsvifte}}{100} \cdot \frac{\text{Pådrag spjeld}}{100} - 0.0053 \sqrt{\text{Avtrekkstemp} - \text{Utetemp}} \frac{\text{Pådrag spjeld}}{100} + 0.107 \sqrt{\text{Avtrekkstemp} - \text{Utetemp}}$$

Figur 27 viser hvordan modellene ovenfor gjengir måledataene. Tilpasningen er best for arbeidstid, for ikke-arbeidstid er spredningen noe større. For de laveste luftmengdene predikerer modellen noe for høye mengder. Middelverdien for luftmengden vil med den metoden for regresjon som er benyttet bli korrekt. Når dataene benyttes videre til beregning av midlere energibruk for en periode vil derfor feilen reduseres.



Figur 27. Modell for luftmengde.

For perioden fra og med juni 2003 til med 3. februar 2004 ble modellen benyttet til å beregne luftmengden, med unntak av en periode fra slutten av oktober til begynnelsen av desember hvor måledata mangler. (Data lagret på SD-anleggets server ble slettet fordi lageret var fullt). Deretter ble sum effekt for varmegjenvinner og varmebatteri beregnet time for time ved å bruke temperaturøkning på tilluftsidan sammen med luftmengden:

$$Q_{vgv} + Q_{vb} = \dot{V}_{\text{Predikert}} \cdot \rho \cdot C_p (\text{Temperatur etter vb} - \text{Temperatur før vgv})$$

Manglende data i siste del av oktober og første del av desember erstattet ved å kopiere data fra tilsvarende antall dager før eller etter de manglende dager. (Dette gjøres i regnearket `Total_presentasjoner_G36_del2.xls`) Hele november mangler, her brukes erstatning ved hjelp av grad-dagstall for månedene oktober, november og desember (Værnes).

9.2 VEDLEGG – SENTRALE AKTØRER I BYGGEPROSJEKTET

Byggherre:	Statsbygg
Prosjekteringsgruppe:	
Arkitekt:	Letnes Arkitektkontor AS, Verdal
Rådgivende ingeniører:	
Byggeteknikk:	AS Planstyring, Steinkjer
Elektroteknikk:	Interconsult Group ASA, Levanger
VVS-teknikk:	Interconsult Group ASA, Levanger
Byggeledelse:	RG-Prosjekt AS, Levanger
Hovedentreprenør:	Byggmester Grande AS, Verdal

9.3 VEDLEGG – DEFINISJON AV NETTO OG BRUTTOAREAL

For beregning av brutto- og nettoareal benyttes NS 3940. I tillegg kommer definisjoner og måle-regler fra Statens bygge- og eiendomsdirektorat, administrative bestemmelser AB6.91:

”NS 3940 behandler romfunksjonsbegrepene bare for boliger. For andre kategorier bygninger enn boliger innføres i samsvar med prinsippene i NS 3940 følgende oppdeling i henhold til rom-funksjoner (alle måleangivelser er nettoareal):

2. 1 Primære deler

Primærdel A: Rom for varig opphold og/eller primærvirksomhet, som kontorrom, laboratorier, undervisningsrom, møterom, ekspedisjonsrom, arkivrom, bibliotekrom, EDB-rom, telefon- og sentralrom m.v.

Primærdel B: Rom som i hovedsak dekker personalets behov, som toaletter, bad, dusjrom, garderobes, hvilerom, kantine, kjøkken, mosjonsrom, foreningsrom m.v.

Primærdel C: Kommunikasjonsrom som inngangspartier, ganger, korridorer, trapper, heissjakter, vranglearealer m.v.

2.2 Sekundære deler

Sekundærdel A: Boder, lagre, herunder lagre for bygningsdrift og vedlikehold, bøttekott og tilfluktsrom.

Sekundærdel B: Installasjons-, ventilasjons-, kjel-, tank-, aggregat-, søppel- og vaskerom, samt garasjer.”

Statsbygg benytter følgende beregningsmetode:

Nettoareal= Primærdel A + Primærdel B + Sekundærdel A

Bruttoareal beregnes etter NS 3940.

Ellers blir det opplyst fra Statsbygg ved Øyvind Aaby at B/N-faktor på 1,6 er vanlig for høyskole- og kontorbygg, men at den kan variere mellom 1,45 og 1,75.

9.4 VEDLEGG – REGULERING AV VENTILASJONSANLEGG OG TEMPERATUR I ROM

Nedenfor er det gitt beskrivelser av hvordan regulering av ventilasjon (luftmengde og temperatur i kulvert) og temperatur i rom reguleres. Av funksjons/programbeskrivelsen går det fram at reguleringsområdet for kjøling er kun en grad. Det gjør at det skal lite til før luftmengden øker fra 43 m³/h til 200 m³/h.

Tabell 11. Regulering av ventilasjonsanlegg.

Parameter/ Setpunkt				
Anlegg: 36G03				
Anlegg type: Ventilasjon HINT fløy				
Komponent	Parameter	Verdi	Kan endres	Merknader
AB01	Setpunkt	20°C	x	Setpunkt for varme tilluft. Samme SP som for AB02
AB01	PI	20/20		PI regulator innstillinger
AB02	Setpunkt	20°C	x	Setpunkt for varme tilluft. Samme SP som for AB01
AB02	PI	300/20		PI regulator innstillinger
BA01	Setpunkt	7.5Pa	X	Setpunkt basert på trykk i kulvert
BA01	PI	2000/100		PI regulator innstillinger
BB01	Setpunkt	63%		Andel av pådrag av tilluftsvifte BA01
MF01	Trimtid	3 min		Tid hvor lenge pumpe skal trimmes
MF01	Stopptid	24t		Tid hvor lenge pumpe kan stå før trim
MF02	Trimtid	3 min		Tid hvor lenge pumpe skal trimmes
MF02	Stopptid	24t		Tid hvor lenge pumpe kan stå før trim
MF02	Utetempdrift	15°C		Laveste utetemp som tillates for pumpestopp
DA01	By-Pass	10°C		Laveste utetemp som tillates for by-pass av spjeld

Tabell 12. Regulering av temperatur i rom, romkontroller.

Parameter/ Setpunkt				
Anlegg: Romkontroller				
Anlegg type: Type A				
Komponent	Parameter	Verdi	Kan endres	Merknader
Varme	Setpunkt	21°C	x	Setpunkt for varme tilluft. Samme SP som for AB02
Varme	Setpunkt tomt	1°C		Differanse fra sp tomt kontor ved utetemp < 5°C
Varme	Setpunkt tomt	2°C		Differanse fra sp tomt kontor ved utetemp > 5°C
Varme	Setpunkt natt	2°C		Differanse fra sp nattdrift ved utetemp < 5°C
Varme	Setpunkt natt	3°C		Differanse fra sp nattdrift ved utetemp > 5°C
Spjeld	Min tomt	40%		Min åpning spjeld dagdrift tomt kontor
Spjeld	Min	45%		Min åpning spjeld dagdrift kontor
Spjeld	Maks	80%		Maks åpning spjeld dagdrift kontor
Spjeld	Natt	0%		Åpning spjeld natt tomt kontor
Spjeld	Brann	100%		Åpning spjeld ved brann
Spjeld	Frikjøling	100%		Åpning spjeld ved frikjøling
Spjeld	SP	Sp+2°C		Setpunkt for frikjøling
Lys	Forsinket av	20 min		Forsinkelse før lys går av ved tomt kontor
Markise	Gangtid	60 s		Tid hvor lenge markise skal ha av/ på signal

Funksjon/programbeskrivelse

Anlegg: Romkontroller

Anlegg type: Type A, B, C, E, F.

A = Rom med varme, spjeld, lysstyring og persienne (typisk kontor)

B = Som A med tillegg for Co2 og kjøling (typisk fellesrom)

C = Som A uten markise (typisk lager)

E = Som B uten varme og markise (Telekonferanse)

F = Som B uten kjøling (Utstilling)

Varme spjeldstyring.

Varme i rom reguleres av åpning på spjeld og pådrag radiator og i noen tilfeller av kjøling.

Varme skal reguleres etter et setpunkt opp mot romtemp. Vi bruker PI regulator i sekvens for å få dette til.

Setpunkt settes fra SD anlegget.

Anlegg uten kjøling: (rom A og C)

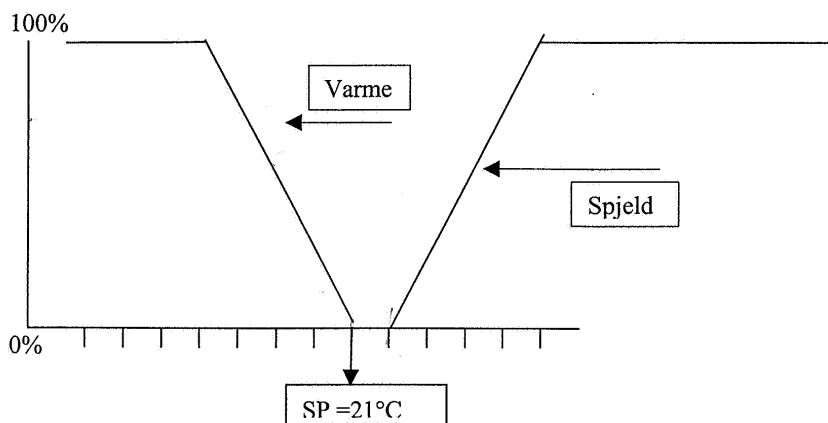
Eksempel: Setpunkt er satt til 21°C

Vi setter inn at dødband mellom spjeld og varme er 0,25°C.

Reguleringsområde Spjeld = 1,0°C

Reguleringsområde Varme = 1,0°C

MERK! Tall med fet skrift kan IKKE endres fra SD anlegget!



Forklaring fig.2.

Basert på innstillinger vil Varme regulere fra 100-0% i temp.område 20,0-21,°C, så vil vi ha et dødband på 0,25°C til 21,25°C. Spjeld vil da begynne å åpne. Spjeld vil regulere fra 0-100 i temp.område 21,25 – 22,25°C.

Spjeldstyring:

Basert på forsøk ved Sintef er konklusjonen at min. ventilasjon på kontoret må være 25m3h ved tomt kontor og 43m3h ved folk tilstede. Maksimum er 200m3h. Basert på dette gir en spjeldåpning på 40% = 25m3h, 45% = 43m3h og 80% åpning gir 200m3h. Alle disse verdiene er basert på trykk i kulvert på 7,8 pascal.

Det betyr at vi må skalere om verdier fra PI regulator slik at ved tomt kontor regulerer den fra 40-80% og ved folk tilstede regulerer vi fra 45-80%.

Ved nattdrift går spjeld i stengt posisjon.

Ved brann går spjeld fullt åpen.

Videre er det tatt med at hvis nattdrift og romtemp er SP+2°C går spjeld fullt åpen (frikjøling). Spjeld stenger igjen når romtemp er SP+1,5°C.

9.5 VEDLEGG – LCC-BEREGNINGER

Nordlåna

Komplett årskostnadsberegning for vurdering av alternative elementer og materialer

		K.	6.30 %	0.737	0.543	0.400	0.295	0.217	0.160	0.118	0.087	0.064	0.047	0.035
		rente												
Komponent/	Int.	Kostn.	NV	Vedlikehold/ utskiftning pr. intervall										
				5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	5 år	pr enhet	sum pr enhet											
Graving for kanaler														
Investering og utskift.	60 år	30 000	30 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 940	30 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sprengning														
Investering og utskift.	60 år	35 000	35 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 263	35 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avrettingslag														
Investering og utskift.	60 år	2 400	2 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	155	2 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Igenfylling														
Investering og utskift.	60 år	5 000	5 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold	25 år	5 000	1 321	0	0	0	0	5000	0	0	0	0	5000	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	409	6 321	0	0	0	0	5000	0	0	0	0	5000	0
Drenering														
Investering og utskift.	25 år	2 800	3 540	0	0	0	0	2800	0	0	0	0	2800	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	229	3 540	0	0	0	0	2800	0	0	0	0	2800	0
Bankett (t=200)														
Investering og utskift.	60 år	25 500	25 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 649	25 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Golv (t=100)														
Investering og utskift.	60 år	27 540	27 540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 781	27 540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vegg (t=200)														
Investering og utskift.	60 år	200	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold		720	720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	12 977	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			720											

Trapp ned														
Investering og utskift.	60 år	45 000	45 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 909	45 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vifterom/gangbaner														
Investering og utskift.	60 år	40 000	40 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 586	40 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Røropplegg/uttak														
Investering og utskift.	30 år	6 000	6 960	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	450	6 960	0	0	0	0	0	6000	0	0	0	0	0
Støvsugerenheter														
Investering og utskift.	20 år	10 000	13 815	0	0	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	893	13 815	0	0	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0
Bypass-sjøl tilluft														
Investering og utskift.	20 år	4 000	5 526	0	0	0	4000	0	0	0	4000	0	0	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 286	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	505	7 812	1000	1000	1000	4000	1000	1000	1000	4000	1000	1000	1000
Lys i kulvert														
Investering og utskift.	30 år	7 000	8 120	0	0	0	0	0	7000	0	0	0	0	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 507	1000	1000	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	1000	1000
Drift	årlig	25	387	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Sum kostnader	Årsk ostn.	712	11 014	1125	1125	1125	1125	1125	7125	1125	1125	1125	1125	1125
Kabling signal														
Investering og utskift.	20 år	26 000	35 919	0	0	0	26000	0	0	0	26000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 322	35 919	0	0	0	26000	0	0	0	26000	0	0	0
Trykksensor for styring av vifte														
Investering og utskift.	20 år	2 400	3 316	0	0	0	2400	0	0	0	2400	0	0	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 286	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	362	5 602	1000	1000	1000	2400	1000	1000	1000	2400	1000	1000	1000
Romtemperaturføler														
Investering og utskift.	20 år	10 000	13 815	0	0	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 286	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 041	16 101	1000	1000	1000	10000	1000	1000	1000	10000	1000	1000	1000
Tilstedeværelsesføler														
Investering og utskift.	20 år	20 000	27 630	0	0	0	20000	0	0	0	20000	0	0	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 286	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 934	29 916	1000	1000	1000	20000	1000	1000	1000	20000	1000	1000	1000

Yttervegg																
Investering og utskift.	60 år	55 800	55 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold	30 år	20 000	3 199	0	0	0	0	0	0	20000	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	3 815	58 999	0	0	0	0	0	0	20000	0	0	0	0	0	0
Yttertak																
Investering og utskift.	60 år	31 500	31 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold	20 år	10 000	3 815	0	0	0	10000	0	0	0	0	10000	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 283	35 315	0	0	0	10000	0	0	0	0	10000	0	0	0	0
Innervegg																
Investering og utskift.	60 år	5 250	5 250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold	5 år		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	339	5 250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dører/diverse																
Investering og utskift.	20 år	30 000	41 445	0	0	0	30000	0	0	0	0	30000	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 680	41 445	0	0	0	30000	0	0	0	0	30000	0	0	0	0
Trapp opp																
Investering og utskift.	60 år	40 000	40 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 586	40 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kasser i kontorer																
Investering og utskift.	20 år	50 000	69 075	0	0	0	50000	0	0	0	0	50000	0	0	0	0
Vedlikehold	5 år	5 000	11 428	5000	5000	5000	0	5000	5000	5000	5000	0	5000	5000	5000	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	5 205	80 503	5000	5000	5000	50000	5000	5000	5000	50000	5000	5000	5000	5000	0
Kasse fra 1. etg til 2. etg																
Investering og utskift.	30 år	25 000	28 999	0	0	0	0	0	0	25000	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 875	28 999	0	0	0	0	0	0	25000	0	0	0	0	0	0
Spirorør, iso																
Investering og utskift.	30 år	25 000	28 999	0	0	0	0	0	0	25000	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 875	28 999	0	0	0	0	0	0	25000	0	0	0	0	0	0
Filter																
Investering og utskift.	20 år	3 900	5 388	0	0	0	3900	0	0	0	0	3900	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	5 000	77 334	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
Sum kostnader	Årsk ostn.	5 348	82 722	25000	25000	25000	28900	25000	25000	25000	25000	28900	25000	25000	25000	25000
Lyddemping																
Investering og utskift.	30 år	10 000	11 600	0	0	0	0	0	0	10000	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	750	11 600	0	0	0	0	0	0	10000	0	0	0	0	0	0

Batteri															
Investering og utskift.	20 år	13 000	17 959	0	0	0	0	13000	0	0	0	13000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 161	17 959	0	0	0	0	13000	0	0	0	13000	0	0	0
Vifte inkl. styring															
Investering og utskift.	20 år	35 000	48 352	0	0	0	0	35000	0	0	0	35000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	3 126	48 352	0	0	0	0	35000	0	0	0	35000	0	0	0
Rør m/iso															
Investering og utskift.	30 år	38 400	44 542	0	0	0	0	0	0	38400	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 880	44 542	0	0	0	0	0	0	38400	0	0	0	0	0
Avtrekksvifte															
Investering og utskift.	20 år	35 000	48 352	0	0	0	0	35000	0	0	0	35000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	3 126	48 352	0	0	0	0	35000	0	0	0	35000	0	0	0
Pumper															
Investering og utskift.	20 år	28 000	38 682	0	0	0	0	28000	0	0	0	28000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 501	38 682	0	0	0	0	28000	0	0	0	28000	0	0	0
Shuntventil															
Investering og utskift.	20 år	30 000	41 445	0	0	0	0	30000	0	0	0	30000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 680	41 445	0	0	0	0	30000	0	0	0	30000	0	0	0
Gjenvinner															
Investering og utskift.	20 år	63 000	87 034	0	0	0	0	63000	0	0	0	63000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	1 000	15 467	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Sum kostnader	Årsk ostn.	6 627	102 501	5000	5000	5000	68000	5000	5000	5000	5000	68000	5000	5000	5000
Kanal i grunnen															
Investering og utskift.	60 år	100 000	100 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	6 465	100 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Innv. kanaler															
Investering og utskift.	30 år	15 000	17 399	0	0	0	0	0	0	15000	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 125	17 399	0	0	0	0	0	0	15000	0	0	0	0	0
Rister i inntakstårn															
Investering og utskift.	30 år	4 500	5 220	0	0	0	0	0	0	4500	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	337	5 220	0	0	0	0	0	0	4500	0	0	0	0	0

Kabling sterkstrøm															
Investering og utskift.	30 år	17 000	19 719	0	0	0	0	0	0	17000	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 275	19 719	0	0	0	0	0	0	17000	0	0	0	0	0
Stengespjeld tilluft															
Investering og utskift.	20 år	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stengespjeld avtrekk															
Investering og utskift.	20 år	3 000	4 144	0	0	0	3000	0	0	0	3000	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	268	4 144	0	0	0	3000	0	0	0	3000	0	0	0	0
Overstrømningsrist															
Investering og utskift.	30 år	100 000	115 996	0	0	0	0	0	1E+05	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	7 500	115 996	0	0	0	0	0	1E+05	0	0	0	0	0	0
Rist i kasse															
Investering og utskift.	30 år	50 000	57 998	0	0	0	0	0	50000	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold	10 år	5 000	4 857	0	5000	0	5000	0	0	0	5000	0	5000	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	4 064	62 855	0	5000	0	5000	0	50000	0	5000	0	5000	0	0
Spjel i kasse, inkl. motor															
Investering og utskift.	20 år	42 500	58 714	0	0	0	42500	0	0	0	42500	0	0	0	0
Vedlikehold	10 år	4 250	3 187	0	4250	0	0	0	4250	0	0	0	4250	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	4 002	61 901	0	4250	0	42500	0	4250	0	42500	0	4250	0	0
Bypass-spjel avtrekk															
Investering og utskift.	25 år	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannbåren energi															
Investering og utskift.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	29913	462 661	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05
Sum kostnader	Årsk ostn.	29 913	462 661	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05
El. energi															
Investering og utskift.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	1 000	15 467	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 000	15 467	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Nordlåna, mekanisk ventilasjon

Komplett årskostnadsberegning for vurdering av alternative elementer og materialer

		K. rente	6.30 %	0.737	0.543	0.400	0.295	0.217	0.160	0.118	0.087	0.064	0.047	0.035	
Komponent	Int.	Kostn.	NV sum		Vedlikehold/ utskiftning pr. intervall										
	5 år	pr enhet	pr enhet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
Kanalnett															
Investering og utskift.	30 år	98 067	113 753	0	0	0	0	0	98067	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	7 355	113 753	0	0	0	0	0	98067	0	0	0	0	0	0
yttervegg															
Investering og utskift.	30 år	3 400	3 944	0	0	0	0	0	3400	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	255	3 944	0	0	0	0	0	3400	0	0	0	0	0	0
Avkast															
Investering og utskift.	30 år	5 426	6 294	0	0	0	0	0	5426	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	407	6 294	0	0	0	0	0	5426	0	0	0	0	0	0
Reguleringsspi															
Investering og utskift.	20 år	195 040	269 448	0	0	0	2E+05	0	0	0	2E+05	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	17 421	269 448	0	0	0	2E+05	0	0	0	2E+05	0	0	0	0
Innjusteringsspi															
Investering og utskift.	30 år	13 116	15 214	0	0	0	0	0	13116	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	984	15 214	0	0	0	0	0	13116	0	0	0	0	0	0
Tilluftsventil															
Investering og utskift.	30 år	37 725	43 759	0	0	0	0	0	37725	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 829	43 759	0	0	0	0	0	37725	0	0	0	0	0	0
Fraluftsventil															
Investering og utskift.	30 år	10 850	12 586	0	0	0	0	0	10850	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	814	12 586	0	0	0	0	0	10850	0	0	0	0	0	0

Aggregat														
Investering og utskift.	20 år	83 000	114 664	0	0	0	83000	0	0	0	83000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	1 000	15 467	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Sum kostnader	Årsk ostn.	8 414	130 131	5000	5000	5000	88000	5000	5000	5000	88000	5000	5000	5000
Kjølemaskin														
Investering og utskift.	20 år	68 000	93 942	0	0	0	68000	0	0	0	68000	0	0	0
Vedlikehold	5 år	3 000	6 857	3000	3000	3000	0	3000	3000	3000	0	3000	3000	3000
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	6 517	100 799	3000	3000	3000	68000	3000	3000	3000	68000	3000	3000	3000
Isolasjon														
Investering og utskift.	30 år	7 997	9 276	0	0	0	0	0	7997	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	600	9 276	0	0	0	0	0	7997	0	0	0	0	0
Kabling signal														
Investering og utskift.	20 år	26 000	35 919	0	0	0	26000	0	0	0	26000	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 322	35 919	0	0	0	26000	0	0	0	26000	0	0	0
Trykksensor for styring av vifte														
Investering og utskift.	20 år	2 400	3 316	0	0	0	2400	0	0	0	2400	0	0	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 286	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	362	5 602	1000	1000	1000	2400	1000	1000	1000	2400	1000	1000	1000
Romtemperaturføler														
Investering og utskift.	20 år	10 000	13 815	0	0	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 286	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 041	16 101	1000	1000	1000	10000	1000	1000	1000	10000	1000	1000	1000
Tilstedeværelsesføler														
Investering og utskift.	20 år	20 000	27 630	0	0	0	20000	0	0	0	20000	0	0	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 286	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000
Drift	årlig	25	387	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 959	30 303	1125	1125	1125	20125	1125	1125	1125	20125	1125	1125	1125
Yttervegg														
Investering og utskift.	60 år	55 800	55 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold	30 år	20 000	3 199	0	0	0	0	0	20000	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	3 815	58 999	0	0	0	0	0	20000	0	0	0	0	0

Yttervegg															
Investering og utskift.	60 år	27 900	27 900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold	30 år	10 000	1 600	0	0	0	0	0	10000	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 907	29 500	0	0	0	0	0	10000	0	0	0	0	0	0
Yttertak															
Investering og utskift.	60 år	31 500	31 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold	20 år	10 000	3 815	0	0	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 283	35 315	0	0	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0	0
Innervegg															
Investering og utskift.	60 år	5 250	5 250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 667	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	512	7 917	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Dører/diverse															
Investering og utskift.	20 år	30 000	41 445	0	0	0	30000	0	0	0	30000	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 680	41 445	0	0	0	30000	0	0	0	30000	0	0	0	0
Trapp opp															
Investering og utskift.	60 år	40 000	40 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	2 586	40 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tilrigging															
Investering og utskift.	60 år	1 520	1 520	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	98	1 520	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betong og pussarbeider															
Investering og utskift.	60 år	18 218	18 218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	1 178	18 218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rør og kanalgjennomføringer															
Investering og utskift.	60 år	2 480	2 480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	160	2 480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

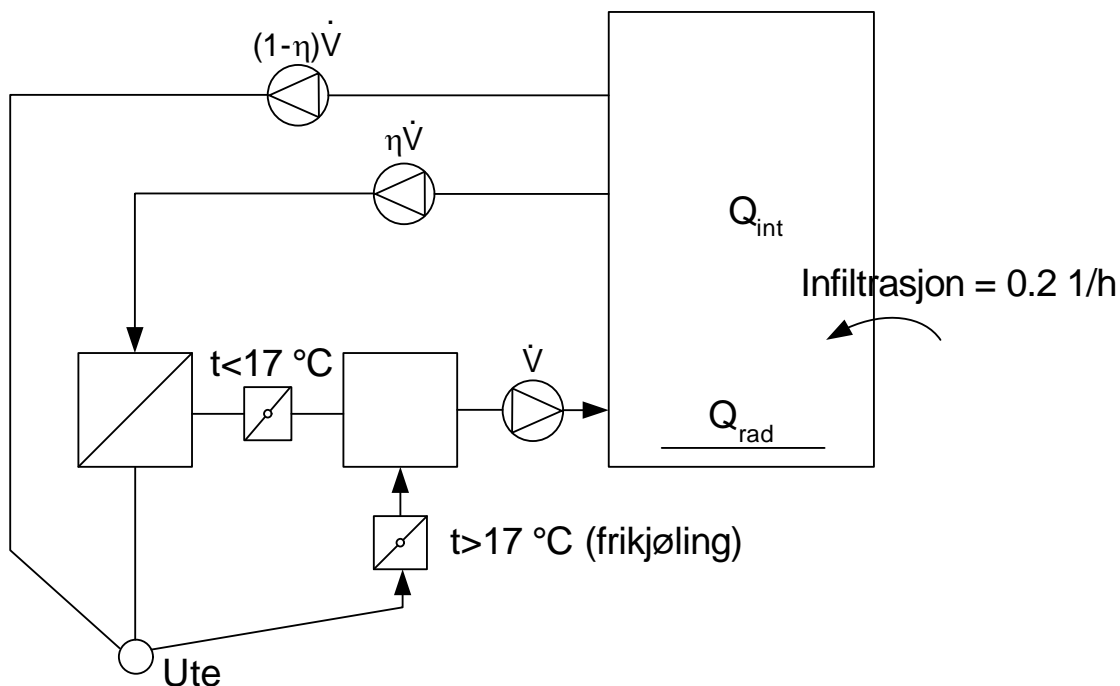
Rør og kanalgjennomføringer															
Investering og utskift.	60 år	1 422	1 422	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	92	1 422	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rør og kanalgjennomføringer															
Investering og utskift.	60 år	440	440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	28	440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hulltaking himlingsplater															
Investering og utskift.	25 år	5 814	7 350	0	0	0	0	5 814	0	0	0	0	0	5 814	0
Vedlikehold	5 år	1 000	2 403	1000	1000	1000	1000	0	1000	1000	1000	1000	0	1000	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	631	9 753	1000	1000	1000	1000	5 814	1000	1000	1000	1000	5 814	1000	0
Hulltaking himlingsplater															
Investering og utskift.	25 år	134	169	0	0	0	0	134	0	0	0	0	0	134	0
Vedlikehold	5 år	100	240	100	100	100	100	0	100	100	100	100	0	100	0
Drift	årlig	5 000	77 334	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
Sum kostnader	Årsk ostn.	5 026	77 743	25100	25100	25100	25100	25134	25100	25100	25100	25100	25134	25100	0
Hulltaking himlingsplater															
Investering og utskift.	25 år	268	339	0	0	0	0	268	0	0	0	0	0	268	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	22	339	0	0	0	0	268	0	0	0	0	0	268	0
Avkasthatt															
Investering og utskift.	25 år	700	885	0	0	0	0	700	0	0	0	0	0	700	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	57	885	0	0	0	0	700	0	0	0	0	0	700	0
Luftinntakskammer															
Investering og utskift.	60 år	4 500	4 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	291	4 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sjakt															
Investering og utskift.	60 år	3 850	3 850	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	249	3 850	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Flytende gulv														
Investering og utskift.	60 år	13 200	13 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	853	13 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Takarbeider														
Investering og utskift.	60 år	800	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	52	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0														
Investering og utskift.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum kostnader	Årsk ostn.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannbåren energi														
Investering og utskift.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	12000	185 603	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
Sum kostnader	Årsk ostn.	12 000	185 603	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
El. energi														
Investering og utskift.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlikehold			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drift	årlig	5200	70 000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000
Sum kostnader	Årsk ostn.	5200	70 000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000

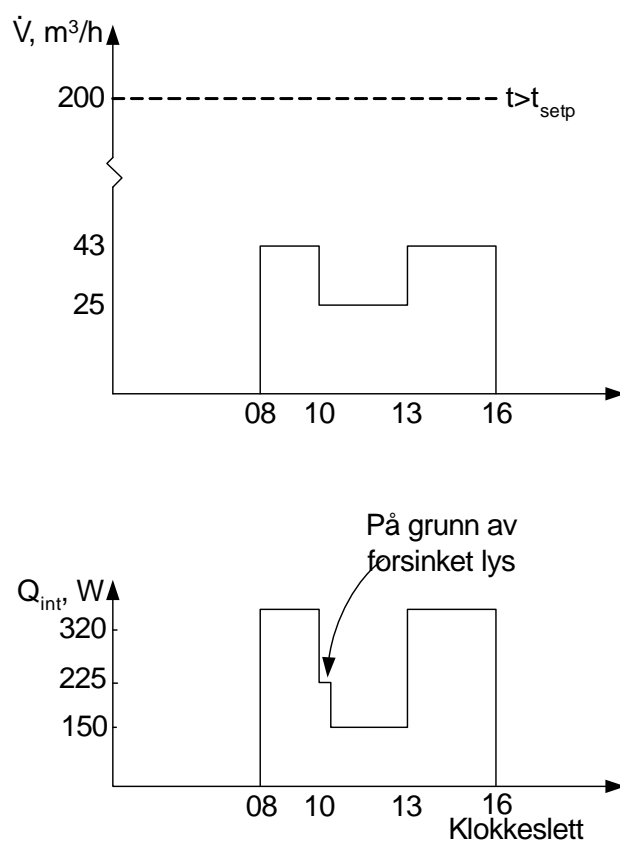
Energi til kjøling er i simuleringsmodellen teoretisk beregnet til 48 kWh per år per rom, til sammen ca 2500 kWh. I praksis vil kjølebehovet for den mekaniske kjølingen bli noe større, blant annet pga tilskudd fra viftevarme som ikke er inkludert i modellen. Manglende samtidighet krever også at kjølemaskinen kjøres noe mer. Antar derfor at behovet for mekanisk kjøling kan bli 5000 kWh per år. Tilført elektrisk energi kan da bli ca 1700 kWh per år. Dette er inkludert i den elektriske energien i tabellen ovenfor.

9.6 VEDLEGG – SIMULERINGER

Figur 28 viser en forenklet skjematisk oppbyggingen av simuleringsmodellen. Volumstrømmen endrer seg i trinn etter urstyring og romtemperatur. Det er modellert rom av ulike typer og fasadeorienteringer med eksterne vegger og vindu(er). Modelleringen er gjort slik at den skal samsvare best mulig med romreguleringen vist i vedlegg 9.4 side 43. Det er brukt data med timesverdier fra et klimaår for Trondheim. Markisene styres etter solinnfallet. η representerer varmegjenvinnerens virkningsgrad. Q_{int} og Q_{rad} er varmestrømmer.



Figur 28. Forenklet framstilling av simuleringsmodell.



Figur 29. Døgnsyklus i simuleringsmodellen for arbeidsdager.

Tabellene nedenfor viser varmestrømmene gjennom ytterflater, fra interne kilder samt infiltrasjon, ventilasjon og radiatorer for 6 rom med ulik beliggenhet. 31it betyr it-rom i 1. etasje. De andre rommen ligger i andre etasje. ee betyr "east-east", en "east-north" osv. Man ser at varmestrømmen gjennom vinduene ikke er særlig stor. Om vinteren er tallene negative, det betyr varmetap. Om sommeren er tallene positive, det betyr at varme tilføres rommet. Videre kan man for eksempel se at infiltrasjon gir tap i alle årets måneder. Man ser også at varmetilførselen fra radiatorene ikke er særlig stor. Hjørnekontorene 32ne og 32nw har naturlig nok størst varmebehov. Man ser også at kjølebehovet fra ventilasjon er minst for hjørnekontorene.

Monthly selection of gains & losses (to nearest 100Wh).

		Transpa- rent. surface ext. facing	Opaque surface ext. facing	part others	Causal gains		Infiltration	Ventilation	Heating
					Conv.	Rad.			
31it	Jan	-55.8	2.7	60.4	97.7	97.7	-33.7	-81.7	10.3
	Feb	-46.8	3.5	72.8	88.4	88.4	-30.7	-93.6	6.4
	Mar	-32.4	6.4	111.8	98.5	98.5	-29.7	-155.5	0.9
	Apr	-14.7	8.7	139.9	93.5	93.5	-24.1	-203.4	0
	May	15.2	12.7	187.6	94	94	-18.6	-290.9	0
	Jun	21.4	13.1	187.8	91.9	91.9	-13.1	-301	0
	Jul	26.6	14	199.6	94.4	94.4	-12	-322.7	0
	Aug	14.1	11.7	166.6	95.4	95.4	-12.4	-275.4	0
	Sep	-7.6	8.4	126.1	94.6	94.6	-16.4	-205.1	0
	Oct	-27.3	5.7	95.8	96.7	96.7	-21.3	-149.6	0
	Nov	-43.9	3.7	72.3	95.3	95.3	-27.2	-101.6	1.4
	Dec	-54.4	3.1	67.7	98.8	98.8	-32.1	-90.4	7.3
	Total	-205.6	93.7	1488.4	1139.2	1139.2	-271.3	-2270.9	26.3
32ee	Jan	-51.9	-1.9	0	23.3	23.3	-30.5	-3.9	64.8
	Feb	-42.1	-0.9	10.2	21.2	21.2	-27.6	-7.3	46.5
	Mar	-28.5	1.1	37.5	24.1	24.1	-26.2	-27.9	19.9
	Apr	-8.2	3.9	72.9	21.5	21.5	-21.9	-68.6	0.4
	May	22.5	7.7	118.6	19.6	19.6	-16.2	-152.3	0
	Jun	28.2	8.3	120.6	19.9	19.9	-10.7	-166.2	0
	Jul	30.2	8.6	123.2	20	20	-9.3	-172.7	0
	Aug	20.1	7	103.1	21	21	-10.3	-141.1	0
	Sep	-3.5	3.7	63.3	22.6	22.6	-14.6	-71.6	0
	Oct	-23.5	1	30.9	22.3	22.3	-18.1	-19.8	7.4
	Nov	-38	-0.8	9.5	23.3	23.3	-23.5	-6.9	36.4
	Dec	-49.3	-1.7	0.2	24.4	24.4	-28.7	-3.8	58.9
	Total	-144	36	690	263.2	263.2	-237.6	-842.1	234.3
32en	Jan	-72.7	-2.3	0.5	23.3	23.3	-30.5	-3.6	85.3
	Feb	-61.6	-1.6	5.5	21.2	21.2	-27.5	-4.8	68.8
	Mar	-41.9	0.2	26.3	24.1	24.1	-25.8	-16.6	33.7
	Apr	-14.5	2.8	57.3	21.5	21.5	-21.3	-47	1.2
	May	15.1	6.7	103.3	19.6	19.6	-15.7	-128.9	0
	Jun	23.6	7.7	111.2	19.9	19.9	-10.4	-151.8	0
	Jul	24.2	7.8	111.4	20	20	-8.9	-154.4	0
	Aug	13.3	5.9	88	21	21	-9.9	-118.4	0
	Sep	-8.5	2.9	51.1	22.6	22.6	-14.2	-54	0.1
	Oct	-29.6	0.6	25.9	22.3	22.3	-17.8	-15	13.7
	Nov	-54.6	-1.2	7.4	23.3	23.3	-23.5	-5.4	54
	Dec	-69.5	-2.1	0.6	24.4	24.4	-28.7	-3.5	78.8
	Total	-276.7	27.4	588.5	263.2	263.2	-234.2	-703.4	335.6

		Transpa- rent. surface ext. facing	Opaque surface ext. facing	part others	Causal gains		Infiltration	Ventilation	Heating
					Conv.	Rad.			
32ne	Jan	-92	-14.5	-18.1	23.3	23.3	-45.6	-2.5	149.4
	Feb	-75.5	-12	-14.9	21.2	21.2	-41.1	-2.8	125.1
	Mar	-52.9	-6.4	-3.6	24.4	24.4	-38	-10.3	86.8
	Apr	-17.7	1.9	15.8	23.3	23.3	-29.6	-21.8	28.1
	May	23.8	9.7	34.9	22.3	22.3	-21.4	-71.1	1.8
	Jun	32	14.5	45.1	23.3	23.3	-14.4	-100.7	0.1
	Jul	34.3	15.7	47.9	23.3	23.3	-12.2	-108.9	0
	Aug	21	11.5	37.3	23.3	23.3	-13.7	-79.4	0
	Sep	-6	5.1	22.6	23.3	23.3	-19.4	-31.8	6.2
	Oct	-40.3	-2.7	4	22.3	22.3	-25.5	-8.8	51
	Nov	-68.3	-9.3	-9.9	23.3	23.3	-35	-3	102.2
	Dec	-87.6	-13.5	-17.2	24.4	24.4	-42.9	-2.5	139.4
	Total	-329.2	0	143.9	277.7	277.7	-338.8	-443.6	690.1
32nw	Jan	-90.9	-14.5	-18.2	23.3	23.3	-45.6	-2.6	148.4
	Feb	-76	-12.2	-15.1	21.2	21.2	-41.1	-3	126.1
	Mar	-52.5	-6.3	-3	24.4	24.4	-38	-9.1	84.6
	Apr	-22.6	1.4	14.5	23.3	23.3	-29.4	-18.6	31.4
	May	19.3	8.9	32.5	22.3	22.3	-21.1	-63.7	1.8
	Jun	28.6	13.9	43.4	23.3	23.3	-14	-95.2	0.1
	Jul	34.6	15.6	47.6	23.3	23.3	-12.1	-109	0.1
	Aug	18.5	10.9	35.5	23.3	23.3	-13.4	-74.9	0
	Sep	-8.5	4.9	22.1	23.3	23.3	-19.3	-29.2	6.7
	Oct	-39.6	-2.5	4.3	22.3	22.3	-25.5	-8.4	49.4
	Nov	-68.9	-9.4	-10.1	23.3	23.3	-35	-3.3	103.4
	Dec	-87.9	-13.5	-17.3	24.4	24.4	-43	-2.6	139.9
	Total	-345.9	-2.8	136.2	277.7	277.7	-337.5	-419.6	691.9
32ww	Jan	-51.4	-1.9	-0.2	23.3	23.3	-30.5	-4	64.7
	Feb	-42.3	-1.1	8.7	21.2	21.2	-27.6	-6.3	47.4
	Mar	-27.5	1.1	37.9	24.1	24.1	-26.4	-24.7	15.4
	Apr	-11.2	3.4	65.4	21.5	21.5	-21.7	-58.2	0.9
	May	19.4	7.1	109.8	19.6	19.6	-15.8	-140.1	0
	Jun	25.7	7.9	115.9	19.9	19.9	-10.4	-158.9	0
	Jul	31.1	8.6	124.3	20	20	-9.1	-174.8	0
	Aug	17.7	6.5	96.2	21	21	-10	-131.4	0
	Sep	-4.9	3.5	59.7	22.6	22.6	-14.5	-66.6	0.1
	Oct	-22.8	1	31.4	22.3	22.3	-18.2	-20.1	6.5
	Nov	-38.4	-0.9	8.3	23.3	23.3	-23.5	-6.5	37.7
	Dec	-49.6	-1.8	-0.3	24.4	24.4	-28.7	-3.9	59.9
	Total	-154.2	33.4	657.1	263.2	263.2	-236.4	-795.5	232.6

SINTEF Energi AS
SINTEF Energy Research

No-7465 Trondheim
Telephone: + 47 73 59 72 00
energy.research@sintef.no
www.sintef.no/energy