

Institutt for bygg- og energiteknikk — Energi og miljø i bygg

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

Webside: www.oslomet.no

MASTEROPPGAVE

OPPGAVENS TITTEL: Sammenlikning av reelt og beregnet energibehov i kontorbygg	DATO: 25.05.2023
	ANTALL SIDER OG VEDLEGG: 49/34
FORFATTERE: Gah Shaveh Barenji	VEILEDER: Wolfgang Kampel
UTFØRT I SAMARBEID MED: Multiconsult	KONTAKTPERSON: Vegard M. Bjerkeli

KORT SAMMENDRAG:

Det er blitt gjennomført enkelte studier angående samsvar mellom energiberegninger og faktisk energiforbruk. Imidlertid mangler rådgiverbransjen generelt kunnskap om i hvilken grad energiberegninger i SIMIEN er i samsvar med det reelle energiforbruket i bygget. Med økende energipriser er energieffektivisering mer relevant enn noensinne, men manglende samsvar mellom simuleringsmodellen og virkeligheten kan føre til at man ikke velger de mest effektive energisparetiltakene. Denne masteroppgaven undersøker og diskuterer avviket for hver energipost iht. NS3031, mellom teoretisk og målt energibruk og finner ut årsaker til avvikene. Kontorbygget Dronning Mauds gate 1-3 er benyttet som referansebygg i oppgaven. Analyse av måldata for bygningen viser at romoppvarming er underestimert med 68% og ventilasjonsvarme er underestimert med 69% i forhold til faktisk forbruk. Forskjellige driftstider for ventilasjonsaggregater, ulike luftmengder, varmegjenvinnerens virkningsgrad, aggregater med ubalanserte luftmengder, og settpunkttemperaturer var primære årsaker til avvikene.

NØKKEWORD (en per linje):Energibehov
Simulering
Avvik

Oppgavetekst

Nøkkelinformasjon

Tittel: Sammenlikning av reelt og beregnet energibehov i kontorbygg.

English title: Comparison of real and calculated energy demand in office buildings.

Hovedveileder: Wolfgang Kampel

Samarbeid/biveileder: Multiconsult/Vegard Bjerke

Bakgrunn

Alle nye bygg som bygges i Norge må dokumentere at de oppfyller rammekravene for energiytelse og dette gjøres med en energiberegning. Energiberegningen gjøres i all hovedsak med SIMIEN og er lovpålagt å benytte metode og inndata i NS 3031. I tillegg sier TEK17 at for yrkesbygg skal det beregnes et «energibudsjett med reelle verdier» der man fraviker de normerte verdiene og bruker reelle verdier så langt det lar seg gjøre. Det stilles lite krav til sistnevnte beregning annet enn at den skal utføres. Enkelte studier er blitt gjort på hvordan samsvaret er mellom energiberegninger og reelt energiforbruk, men generelt mangler rådgiverbransjen kunnskap om hvor godt energiberegninger i SIMIEN samsvarer med det reelle energiforbruket i bygget. I lys av økningen i energipriser er energieffektivisering mer aktuelt enn noen gang, men manglende samsvar mellom simuleringsmodell og virkeligheten kan medføre at man ikke velger de mest effektive energisparetiltakene. Oppgaven går derfor ut på å undersøke samsvaret mellom energiberegninger gjort i SIMIEN og målt energiforbruk for kontorbygg. Hensikten er å finne ut så detaljert som mulig hvor avvikene mellom simulering og virkeligheten oppstår og hva som er årsaker til avvikene.

Mål

Målet med oppgaven er å avdekke avvik mellom målt og beregnet energibehov for et kontorbygg og finne ut årsaker til avvikene.

Problemstillingen for oppgaven setter søkelys på følgende to forskningsspørsmål:

- Er det avvik mellom målt og beregnet energibehov for referansebygg?
- Hva kan være årsaken til avvikene og hvordan påvirker bruk og drift av et kontorbygg energibehovet i bygget?

Forskningsspørsmålene ble besvart ved å gjennomføre en sammenlikning mellom målt og beregnet energibehov.

Metode / Arbeidsoppgaver

Følgende punkter skal bearbeides i oppgaven:

- Litteraturstudie- Hente inn relevant litteratur og tidligere forskning.
- Innhente informasjon og måldata fra Dronning Mauds Gate 1-3 og analysere måldata.
- Innhente/etablere beregningsmodeller i SIMIEN for kontorbygningen.
- Sammenlikning av målt og beregnet energibehov for aktuelle kontorbygg.
- Avdekke og vurdere avvik mellom målt og beregnet energibehov.
- Finne ut hva som kan være årsaken til eventuelle avvik.
- Utføre befaringer for å finne årsaker til avvikene.

Forord

Det er med stor glede at jeg presenterer denne masteroppgaven som en avsluttende milepæl i mitt masterprogram "Energi og miljø i bygg" ved OsloMet i emne MAEN5900. Oppgaven er skrevet våren 2023 i samarbeid med Multiconsult.

Skriveprosessen har vært krevende, men også veldig lærerik og det er flere involverte jeg ønsker å takke.

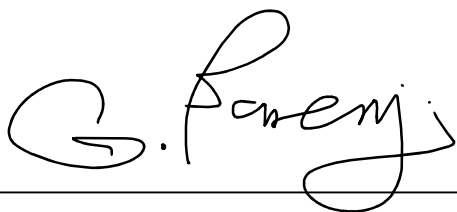
Jeg vil gjerne rette en stor takk til mine interne og eksterne veiledere Wolfgang Kempel og Vegard M. Bjerke for regelmessige oppfølgingen, veiledningen og ekspertisen som de har delt med meg gjennom hele semesteret.

Jeg vil også sende en takk til Jonny kongsgård og Sebastian Østerbø Gabrielsen , energi og miljørådgivere hos Entro AS og Andreas Wøien senior prosjektleder hos GK Norge AS som har vært tilgjengelige for å besvare spørsmål angående bygningen og som har gitt tilgang til energioppfølgingssystemet og SD anlegget.

Mathias Ødegård teknisk forvaltningssjef hos Pecunia fortjener en spesiell takk for tillatelse for bruk av deres eiendom som referanse i oppgaven, oversendelse av FDV dokumentasjon, tilgang til prosjekthotell, raske og utfyllende svar på spørsmål jeg har hatt vedrørende måldata, samt en hyggelig befarings av bygningen.

Videre vil jeg uttrykke min takknemlighet overfor OsloMet og masterprogrammet "Energi og miljø i bygg" for å ha gitt meg en solid utdanning og for den støtten de har gitt meg gjennom hele studietiden.

Til slutt vil jeg takke min fantastiske familie og mann, for støtten de har gitt meg og tålmodigheten gjennom hele studieløpet.



Gah Shaveh Barenji, Oslo 25.05.2023



Sammendrag

Denne masteroppgaven har som mål å undersøke samsvaret mellom energiberegninger gjort i SIMIEN og målt energiforbruk for en kontorbygning. Hensikten er å finne ut så detaljert som mulig hvor avvikene mellom simulering og virkeligheten oppstår og hva som kan være årsaken til eventuelle avvik. Denne oppgaven er delt opp i tre hoveddeler: 1) En litteraturstudie på tidligere forskning og tilgjengelig litteratur angående energimålinger og sammenligning av målt og beregnet energibruk. 2) Dokumentasjon for energiberegninger i SIMIEN og presentasjon av casebygningen. 3) Innsamling og korrigering av måledata og sammenligne dette med beregnet underlag og til slutt vurdere årsaker til avvik mellom målt og beregnet.

Det ble valgt å undersøke Dronning Mauds gate 1-3 som er en blanding av kontor- og næringslokaler lokalisert i Oslo. Oppgaven har kun sett på kontoretasjene. Bygninger er over elleve etasjer pluss to underetasjer hvor kontoretasjene befinner seg i plan 3-11. Bygget ble opprinnelig oppført i 1971, og gjennomgikk en omfattende ombygging og oppgradering i 1996. Deretter ble det gjennomført en komplett ombygging i perioden 2019-2022, hvor bygningen ble oppgradert til dagens standard.

Det ble laget SIMIEN simuleringer for casebygningen. Simuleringene var tilsvarende de som ble utarbeidet av Multiconsult i prosjekteringsfasen.

For å avdekke avvik mellom målt og beregnet energibruk ble først måledata innhentet fra byggets energioppfølgingssystem, og korrigert der det var nødvendig, deretter sammenlignet med energimodellen SIMIEN ned på energipostnivå iht. NS 3031.

Den optimale tilnærmingen var å analysere måledata fra flere driftsår. Imidlertid, på grunn av begrensningen med bare ett år med normal drift etter rehabiliteringen, ble det kun tatt i betraktning måledata fra 2022. Videre måtte måledataene gjennomgå betydelige korreksjoner ettersom det var det første året etter rehabiliteringen og enkelte målere var enten feilplassert eller viste feil verdi samt at det manglet en del målere.

Litteraturgjennomgangen avdekket at det er en gjentakende og betydelig forskjell mellom beregnet og målt energibehov. Litteraturundersøkelsen tyder også på at modeller som brukes til å forutsi energibehov ofte underestimerer energibehovet i forhold til det faktiske behovet.

Resultatene viser betydelige avvik mellom det målte og beregnede energibehovet for romoppvarming og ventilasjonsvarme, der forbruket var vesentlig høyere enn det som ble beregnet.

Årsakene til avvikene var primært knyttet til forskjellige driftstider for ventilasjonsaggregater, ulike luftmengder, varmegjenvinneres virkningsgrad, aggregater med ubalanserte luftmengder, forskjell i settpunkttemperatur for tilluft, romkjøling og romoppvarming mellom det som ble målt og beregnet.

Resultatene viser også at for å oppnå mer nøyaktige og pålitelige beregninger, og samtidig redusere avviket mellom målt og beregnet energibruk bør det legges vekt på å finne reelle parameterverdier for driftstider for ventilasjonsanlegg, virkningsgrad til varmegjenvinner, luftmengder, temperatursettpunkt til tilluft og rom-oppvarming og kjøling, samt grad av interne laster.

Forslag til tiltak som kan bidra til å redusere energiforbruket inkluderer følgende:

- Redusering av settpunkttemperaturen for romoppvarming fra 22°C til 21 °C i driftstiden og til 19 °C utenom driftstiden.
- Øking av settpunkttemperaturen for romkjøling fra 22°C til 24 °C
- Sikring av mer stabil varmegjenvinning.
- Redusering av luftmengder utenom driftstiden (det mest effektive er å skru av luftmengden utenom driftstiden hvis det lar seg å gjøre).
- Aggregater i døgndrift skal justeres til driftstider samtidig redusere driftstiden.
- Balanser luftmengder for tilluft og avtrekk der det er mulig for optimal varmegjenvinning.

Implementering av disse tiltakene kan bidra til å redusere energibruket og optimalisere driftsforholdene i bygningen.

English Summary

This master's thesis aims to examine the correlation between energy calculations performed in SIMIEN and measured energy consumption for an office building. The objective is to determine, in as much detail as possible, where the discrepancies between simulation and reality arise and what might be the cause of any deviations. The thesis is divided into three main parts: 1) A literature review of previous research and available literature on energy measurements and the comparison of measured and calculated energy use. 2) Documentation of energy calculations in SIMIEN and presentation of the case building. 3) Collection and correction of measurement data and comparison with the calculated baseline, followed by an assessment of the causes of deviations between measured and calculated values.

Dronning Mauds gate 1-3, a mixed-use office and commercial building located in Oslo, was selected for investigation. The master's thesis has only looked at the office floors. The building consists of eleven floors plus two basement levels, with office floors located on levels 3-11. The original construction of the building dates back to 1971, and it underwent a comprehensive renovation and upgrade in 1996. Subsequently, a complete renovation took place between 2019 and 2022, bringing the building up to current standards.

The SIMIEN simulations were created for the case building. The simulations were similar to those developed by Multiconsult during the design phase.

To identify discrepancies between measured and calculated energy consumption, measurement data was first collected from the building's energy monitoring system and corrected where necessary. This data was then compared with the SIMIEN energy model on an energy category level in accordance with NS 3031.

The optimal approach was to analyze measurement data from multiple operational years. However, due to the limitation of only having one year of normal operation after the renovation, only the measurement data from 2022 was considered. Furthermore, the measurement data required significant corrections as it was the first year after the renovation, and some meters were either misplaced, displayed incorrect values, or were missing.

The literature review revealed a recurring and significant difference between calculated and measured energy demand. The review also suggested that models used to predict energy demand often underestimate the actual energy requirements.

The results indicate significant discrepancies between the measured and calculated energy demand for space heating and ventilation heating, with consumption being significantly higher than was calculated.

The main causes of these discrepancies were primarily related to different operating times for ventilation units, varying airflow rates, heat recovery efficiency, unbalanced airflow in the units, and differences in setpoint temperatures for supply air, room cooling, and room heating between the measured and calculated values.

The results also highlight the importance of obtaining accurate and reliable parameter values for ventilation operating times, heat recovery efficiency, airflow rates, setpoint temperatures for supply air, room heating, and cooling, as well as the level of internal loads, to achieve more accurate calculations and reduce the discrepancy between measured and calculated energy consumption.

Proposed measures to reduce energy consumption include:

- Reducing the setpoint temperature for room heating from 22°C to 21°C during operating hours and to 19°C outside operating hours.
- Increasing the setpoint temperature for room cooling from 22°C to 24°C.
- Ensuring more stable heat recovery.
- Reducing of air volume outside operating hours. (The most efficient thing is to turn off the air volume outside operating hours, if possible)

- Adjusting the operating times of ventilation units to operate simultaneously and reducing overall operating time.
- Balancing air volume for supply and exhaust where possible to optimize heat recovery.

Innhold

Oppgavetekst	ii
Nøkkelinformasjon.....	ii
Tittel: Sammenlikning av reelt og beregnet energibehov i kontorbygg.....	ii
Bakgrunn.....	ii
Mål.....	ii
Metode / Arbeidsoppgaver.....	ii
Forord	iii
Sammendrag	v
English Summary.....	vii
Innhold.....	ix
Tabeller.....	xi
Figurer	xii
Definisjoner og forkortelser	2
1 Introduksjon	3
2 Bakgrunn og teori	5
2.1 Energikrav til bygninger	5
2.2 Beregning av bygningers energiytelse	5
2.3 Temperatur- og virkningsgradkorrigering av forbruk.....	8
2.4 Energisimuleringsmodell SIMIEN	10
2.5 Litteraturstudie.....	10
2.6 Avvik mellom målt og beregnet energibruk	13
2.7 Presentasjon av casebygningen	14
2.8 Målerstruktur: Antall målere og struktur	20
3 Metoder og materialer	21
3.1 Avvik mellom målt og beregnet energibehov.....	21
3.2 Årsak til avvik mellom målt og beregnet energibehov/ innvirkning av bruk og drift av et kontorbygg på energibehovet.....	29
4 Resultater og diskusjon.....	30
4.1 Avvik mellom målt og beregnet energibehov.....	30
4.2 Årsak til avvik mellom målt og beregnet energibruk/ innvirkning av bruk og drift av et kontorbygg på energibehovet.....	39
5 Konklusjoner.....	46
5.1 Avvik mellom målt og beregnet energibehov.....	46
5.2 Årsak til avvik mellom målt og beregnet/ innvirkning av bruk og drift av et kontorbygg på energibehovet.....	46
6 Videre arbeid	47
7 Referanser.....	48
VEDLEGG.....	50
Vedlegg A.....	50
Vedlegg B.....	51
Vedlegg C.....	54
Vedlegg D.....	57

Vedlegg E.....	61
Vedlegg F.....	65
Vedlegg G.....	69
Vedlegg H.....	82
Vedlegg I.....	83

Tabeller

Tabell 0-1- Definisjoner og forkortelser som er brukt i oppgaven.....	2
Tabell 2-1 Netto energibudsjett som er basert på tabell 5 i NS 3031.(Standard Norge, 2014).....	7
Tabell 2-2 Levert energi til bygninger delt opp i energivarer basert på tabell 7 i NS 3031. [Kilde].....	7
Tabell 2-3 Årsaker til avvik mellom målt og beregnet energibruk.....	14
Tabell 2-4- Sentrale data om Dronning Mauds gate 1-3	16
Tabell 2-5- Oversikt over luftbehandlingsaggregater med integrert reversibel varmepumpe.....	17
Tabell 2-6- Oversikt over luftbehandlingsaggregater med integrert DX-kjøling.	17
Tabell 2-7 settpunkttemperatur for tilluft for.....	18
Tabell 3-1 Sentrale inndata plan 3-11 ved energiberegning (Tek17 og energimerkeordningen).....	21
Tabell 3-2 Minstekrav for enkeltkomponenter i TEK17 sammenlignet med verdier brukt.....	22
Tabell 3-3 Energiposter i NS 3031 og tilgjengelige termiske målere i Dronning Mauds gate 1-3.	23
Tabell 3-4 Beregnet basetemperaturer for forskjellige varmetekniske standarder, hentet fra (Dokka & Grini, 2013).....	28
Tabell 4-1 Samlet netto energibehov beregnet iht. NS3031:2014. (Standard Norge, 2014).....	30
Tabell 4-2 Beregnet energibehov for levert energi.....	30
Tabell 4-3 Beregnet netto reelt energibehov.....	31
Tabell 4-4 Beregnet reelt energibehov for levert energi	31
Tabell 4-5 Korrigert målt energibruk kjøøl og vifte aggregat 360.014 som tilhører plan 3.....	33
Tabell 4-6 Korrigert målt energibruk varmebatteri aggregat 360.014 som tilhører plan 3.....	33
Tabell 4-7 Korrigert målt energibruk kjølebatteri aggregat 360.012.....	33
Tabell 4-8 Korrigert målt energibruk varmebatteri aggregat 360.012 som tilhører plan 3-4.	33
Tabell 4-9 Korrigert måldata for energibruk av varmebatteri ventilasjon 360.012	34
Tabell 4-10 Korrigert målt energibruk kjøøl og vifte for aggregat 360.029.	35
Tabell 4-11 Korrigering av måldata for levert El. til varmepumpesystem	35
Tabell 4-12 $T_{e, reell}$ målt utetem., $T_{e, norm}$ normalisert utetem. og beregnet f_T temperaturkorrigeringsfaktor.....	35
Tabell 4-13 Sammenligning av Settpunkttemperatur tilluft mellom målt og beregnet.	40
Tabell 4-14 Sammenligning av virkningsgrad og SFP faktor mellom målt og beregnet,	41

Figurer

Figur 2-1: Flytskjema av prosedyre for beregning basert på figur 1 i NS 3031.....	6
Figur 2-2: Studiene som har blitt gjennomført på sammenligning av målt og beregnet energibruk i Norge og Europa.....	12
Figur 2-3: Dronning Mauds gate 1-3 lokalisert i Oslo- Flyfoto hentet fra Google.....	15
Figur 2-4: Dronning Mauds gate 1-3- sør-fasade- Bilde er hentet fra PECUNIA sin hjemmeside.	15
Figur 2-5: Oversikt luftbehandlingsaggregater som viser plassering og betjeningsområde – Bildet er hentet fra SD-anlegget.....	16
Figur 2-6: Prinsippskisse- Spjeldoptimalisert regulering uten grenspjeld (Mysen & Schild, 2014).....	18
Figur 2-7: 320.001 Forsyning varmeanlegg/Oversikt målere varmeanlegg- Bildet er hentet fra SD-anlegget.	20
Figur 2-8. 370.001 Forsyning kjøleanlegg/Oversikt målere kjøleanlegg- Bildet er hentet fra SD-anlegget.	20
Figur 3-1 Prinsipp.....	25
Figur 3-2: Systemskjema ventilasjonsaggregat 360.019- hentet fra SD-anlegget.	27
Figur 3-3- Ukeforbruk av energi for år 2022- Produksjonstall fra Nærvarme som er varmepumpe her. Bilde er hentet fra EOS i Optima.	27
Figur 4-1: Månedlig netto energibehov for modellen med normerte inndata i SIMIEN.....	32
Figur 4-2: Månedlig netto energibehov for modellen med reelle inndata i SIMIEN.....	32
Figur 4-3: Tilkobling av varmebatteri i teknisk rom for aggregat 360.012- Feilplassering av mengdemåler	34
Figur 4-4: Sammenligning av totalt netto energibehov ned på energipostnivå mellom	36
Figur 4-5: Sammenligning av totalt levert energi mellom målt og målt korrigert.....	37
Figur 4-6 Sammenligning av målt og beregnet netto energibehov ned på energipostnivå for 2022.....	37
Figur 4-7 Beregnet levert energi sammenlignet med målt levert energi.....	39
Figur 4-8: Historiske verdier for virkningsgrad til varmegjenvinner aggregat.....	42
Figur 4-9: Systembilde for aggregat 360.011 hentet fra SD-anlegget.	43
Figur 4-10: Historiske verdier for virkningsgrad til varmegjenvinner aggregat.....	43
Figur 4-11: Historiske verdier for virkningsgrad til varmegjenvinner aggregat.....	44

Definisjoner og forkortelser

Tabell 0-1- Definisjoner og forkortelser som er brukt i oppgaven.

Netto energibehov	Netto energibehov der det ikke er tatt hensyn til tap i energikjeden eller systemets virkningsgrad.
Levert energi	Netto levert energi der det er tatt hensyn til tap i energikjeden og systemets virkningsgrad.
EOS system	Energioppfølgingsystem- system som angir oversikt over energibruken til en bygning.
Reelt/målt energibehov	Energibehov/energibruk til ett bygg hentet fra byggets EOS-system.
SD-anlegg	Sentral driftskontroll
FDV-dokumentasjon	Teknisk dokumentasjon om «forvaltning, drift og vedlikehold» Det er en forkortelse som brukes innenfor bygg- og eiendomsforvaltning.
Pecunia	Eier av Dronning Mauds gate 1-3
SFP	Specific Fan Power (spesifikk vifte-effekt)
DX-kjøling	Et direkte ekspansjonsanlegg, også kjent som "direct expansion", er en type kjøleanlegg der kuldemediet direkte varmeveksles med ventilasjonsluften.
Energy performance gap	Forskjell mellom energiforbruket som er forutsatt i designfasen av en bygning og energibruken i faktisk drift.
Ventilasjonsvarme	Sentral oppvarming av ventilasjonsluft ved bruk av aggregatets varmebatteri
Ventilasjonskjøling	Sentral kjøling av ventilasjonsluft ved bruk av aggregatets kjølebatteri
Frikjøling	En metode for kjøling av luft eller væske ved å utnytte naturlige eller eksterne kilder til kjøling, i stedet for å bruke kompressorbaserte kjølesystemer.

1 Introduksjon

Innenfor energi- og miljøsektoren står bygninger for omtrent 40 prosent av den totale energibruken i Norge (Energifakta Norge, 2019). Denne høye andelen gjør byggsektoren til en betydelig kilde til energiforbruk og påvirkning på miljøet.

Fokuset på energiforbruk har økt betydelig de siste årene, noe som har resultert i strengere krav til både bygningskroppen og teknologien. Denne trenden ser ut til å fortsette i fremtiden. Imidlertid er det en betydelig svakere oppmerksomhet rundt faktisk energiforbruk i bygninger sammenlignet med beregnede verdier. Dette gjelder både fra myndigheter, brukere og bygningseiere. (Group, 2013)

For å redusere denne bruken er det nødvendig å ha en dypere forståelse av hvordan energien brukes i bygninger, samt hvordan den kan effektiviseres. Energibruk i bygninger kan måles og beregnes på ulike måter.

Energibruk kan måles direkte ved hjelp av strømmålere og andre sensorer som måler strømforbruket i bygninger. Disse dataene kan brukes til å beregne den faktiske energibruken i bygningene. En av fordelene med denne metoden er at den gir nøyaktige data, men det er også noen ulemper. For eksempel kan det være vanskelig å installere målere og sensorer i eksisterende bygninger, og det kan være kostbart å gjøre dette.

En annen metode for å beregne energibruk i bygninger er å bruke simuleringer og modeller. Disse modellene kan ta hensyn til faktorer som bygningens geometri, materialer, isolasjon, ventilasjon, belysning og varme. Ved hjelp av data fra simuleringene kan man beregne den forventede energibruken i bygningen. En av fordelene med denne metoden er at den kan gi en god oversikt over hva som kan gjøres for å redusere energibruken, samt vise potensialet for energisparing. Ulempen med denne metoden er at resultatene avhenger av hvor godt modellen representerer den faktiske bygningen og dens faktiske energibruk.

Hensikten med denne oppgaven er å sammenligne resultater fra måledata med resultater fra simuleringmodeller ned på energipostnivå iht. NS 3031 (Standard Norge, 2014) for å oppdage avvik og til slutt finne ut årsaken til eventuelle avvik.

1.1.1 Avgrensninger og begrensninger

Det ble noen avgrensninger for valg av bygningskategorier som skulle benyttes i denne oppgaven. Det ble vurdert å avgrense bygningskategoriene for bare en type bygning. For å kunne analysere resultater var det bedre med flere bygninger for å ha nok underlag til diskusjon og konklusjon. Det kunne bli veldig omfattende med flere bygninger for hver type kategori. Tidsbegrensningene gjorde at det ble valgt å kun sette søkelys på bygningskategorien kontorbygg. I starten ble det vurdert å analysere måledata fra tre kontorbygninger. Bygningene skulle ikke være eldre enn TEK 10. Så det ble sett på bygninger som hadde fulgt TEK 10 og TEK 17. På bakgrunn av disse begrensningene ble tre kontorbygninger valgt til oppgaven. Underveis i arbeidet når analysering av den første bygningen har startet ble det funnet ut at det blir omfattende med 3 bygninger siden den første bygningen var et stort bygg med komplisert målstruktur og måledata som måtte korrigeres en god del for å være sammenlignbar med beregningsmodell. Dette ville krevd tid og oppgaven kom til å bli lang. Det ble derfor bestemt å kun se på en bygning innen kategori for kontorbygg. Oppgavetittelen ble også endret fra «Sammenlikning av reelt og beregnet energibehov for ulike bygningskategorier» til «Sammenlikning av reelt og beregnet energibehov i kontorbygg»

Det var ulike faktorer som utfordret eller begrenset arbeidet knyttet til oppgaven, under semesteret. Relevante begrensninger er nevnt nedenfor:

- Relevant energidata for Dronning Mauds Gate 1-3 begrenset seg til året 2022. Det var ønsket å se på måledata fra flere driftsår, men siden rehabiliteringen varte til 2022, og målerne var på plass først i begynnelsen av 2022 var det kun aktuelt å vurdere måledata fra ett år altså 2022. Det var normal drift for byggingen i 2022.
- Oppgaven skulle kun se på kontoretasjene 3-11. EOS-systemet for Dronnings Mauds gate 1-3 hadde ikke en dedikert energiblokk som kun viste forbruket for etasje 3-11. Denne måtte opprettes etter vår forespørsel. Det manglet fortsatt en del målere for kontoretasjene som gjorde at måledata måtte korrigeres for andel forbruk plan 3-11. Dette var ikke helt optimalt og skapte en del usikkerheter i måledata.
- Måledata for Levert energi El. til varmepumpesystem og fjernvarme gjaldt for hele bygget i energioppfølgingssystemet. Det kunne derfor ikke sammenlignes direkte med data fra SIMIEN modellen som har kun beregnet energibehov for plan 3-11. Det samme gjaldt også forvarming av tappevann. Måledata måtte derfor korrigeres. Dette førte til unøyaktige måledata.
- Lys og stikk hadde felles måler og det ikke var mulig å skille data for bare belysning.

2 Bakgrunn og teori

2.1 Energikrav til bygninger

Energibruk i bygninger er en viktig faktor for å redusere energibruken i tråd med klimamålene. Det er derfor satt en rekke krav i norske byggetekniske standarder til tekniske installasjoner i bygninger.

Byggeteknisk forskrift (TEK17) angir de tekniske minstekravene som må være oppfylt for at en bygning lovlig kan oppføres i Norge. (DiBk, 2017)

Forskriftskrav til energieffektivitet og energiforsyning i TEK17 angir to alternative metoder for å dokumentere forventet energibruk for et bygg:

- Energiltaksmetoden: Det er stilt krav til U-verdi for ytre bygningsdeler, totalt areal for glass/vindu/dører i forhold til BRA, lufttetthet og varmetap fra kuldebroer, samt noen krav til de tekniske installasjonene. De enkelte bygningsdelene og komponentene må tilfredsstille disse kravene. Enkelte krav mht. varmetap gjennom ytterkonstruksjonene kan overskride ved omfordeling mellom postene. Ved bruk av lokal kjøling må rammekravsmetoden benyttes. I energiltaksmodellen er det ikke nødvendig å gjennomføre energiberegninger av bygget.
- Rammekravsmetoden innebærer at byggets samlede netto energibehov skal ikke overskride en rammeverdi i TEK 17 som gjelder for aktuell bygningskategori. Ved beregningen forutsettes standardiserte verdier for klima, driftstider og internlast.

2.2 Beregning av bygningers energiytelse

Bygninger skal beskytte mennesker, utstyr og dyr mot ytre klimapåkjenninger. For at inneklimate opplevs friskt og behagelig må det tilføres energi til bygninger i form av oppvarming, ventilasjon og belysning. Energiytelsen til en bygning forteller hvor effektivt energien produseres, distribueres, lagres, omformes og brukes som også kan omfatte miljøbelastninger og kostnader. (Standard Norge, 2014) Energiytelsen forteller altså energieffektiviteten til bygningen og hvor godt den klare å tilfredsstille et behagelig inneklimate. Beregning av bygningens energiytelse er avhengig av samspillet mellom bygningskropp og bygningens tekniske systemer.

2.2.1 Norsk standard NS 3031: 2014

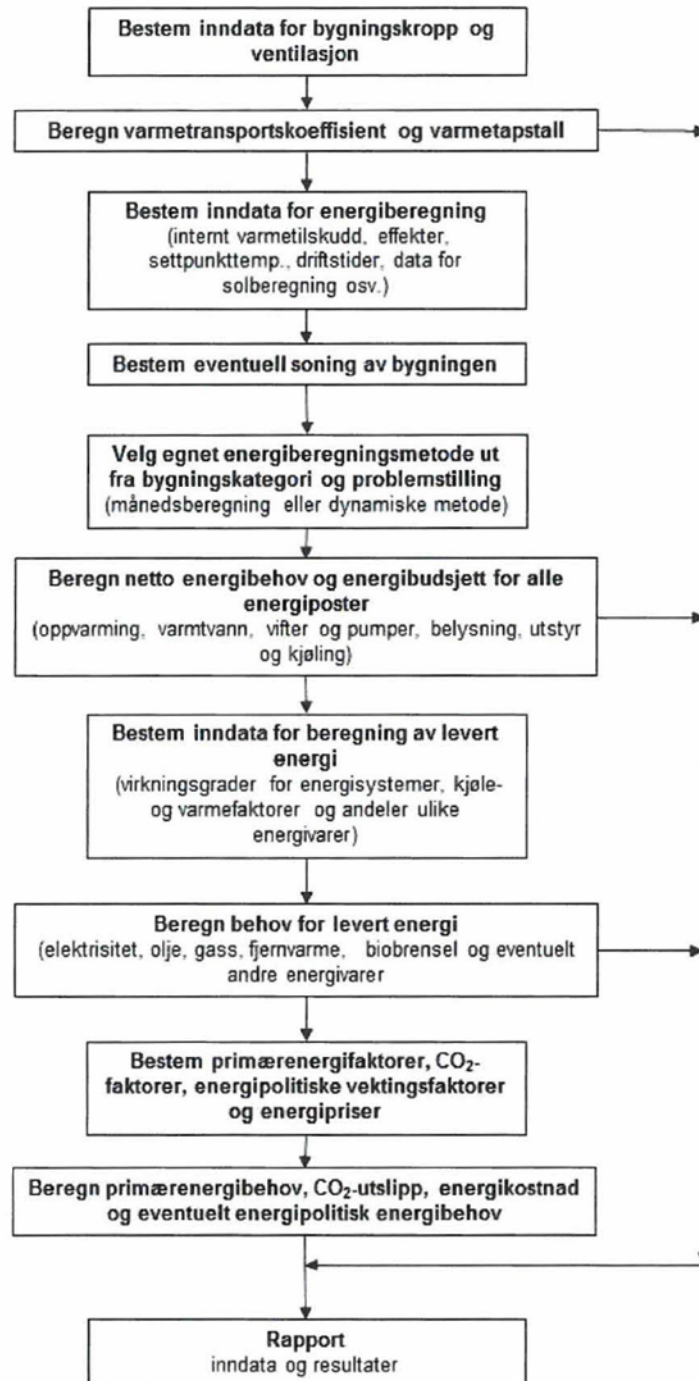
Norsk standard NS 3031 (Standard Norge, 2014) «Beregning av bygningers energiytelse, Metode og data» benyttes for beregning av energiytelsen til en bygning. Standarden danner grunnlag for beregning av energiytelsen til et bygg og skaffe dokumentasjon av beregningene. Standarden angir veiledende- og normerte inndata for beregning av blant annet varmetapstall, primærenergibehov, lever energi og totalt netto energibehov. Beregningsmetodikk angis også av standarden. Standarden er tilbaketrasket, men skal fortsatt brukes ved beregning av levert energi og netto energibehov. Standarden omfatter tre beregningsalternativer for beregning av oppvarmings- og kjølebehov i bygninger. Beregningsalternativene er som følger:

- månedsberegning (stasjonær metode) etter NS-EN ISO 13790;
- forenklet timeberegning (dynamisk metode) etter NS-EN ISO 13790;
- detaljerte beregningsprogrammer (dynamisk metode) validert etter NS-EN 15265.

Av de tre beregningsmetodene er det kun månedsberegning som er beskrevet i detalj. Når det gjelder dynamiske metoder henviser standarden til NS-EN ISO 13790 eller validerte beregningsprogrammer. Hvilke av de alternative metodene skal velges i gjeldene bygning bestemmes ut ifra kriterier som reproducerbarhet i beregningen, nøyaktighet, hensiktsmessig detaljeringsgrad og tilgang på inndata for beregningen. Det er også andre faktorer som påvirker valg av beregningsmetode som for eksempel hva formålet med energiberegningen er, hvor komplisert er bygningen og tekniske anlegg, og om bygningen er et eksisterende bygg, nybygg, eller et bygg under oppføring.

For bygningskategorien *kontorbygg* skal dynamisk beregningsmetode velges ifølge tabell 3 i NS 3031. I bygninger der det er installert ventilasjonskjøling, det alltid benyttes en dynamisk beregningsmetode.

Standarden angir beregningsprosedyre fremstilt i et flytdiagram som gir oversikt over fremgangsmåten for gjennomføring av energiberegninger eller simuleringer.



Figur 2-1: Flytskjema av prosedyre for beregning basert på figur 1 i NS 3031.

Begrepene totalt netto energibehov og levert energi er skilt på i NS 3031. Begrepene er definert som følge i standarden:

«Levert energi: summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes.»

«Netto energibehov: bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden.»

Totalt netto energibudsjett er formålsdelt på 6 energiposter i standarden. Netto energibudsjett som er delt i energiposter er presentert i tabell 2-1. Energipostene la Romoppvarming og lb Ventilasjonvarme (varmebatteri) kan slås sammen som en energipost: 1 Oppvarming, avhengig av beregningsmetoden.

Dersom energibruk til pumper er såpass liten andel av energibudsjettet, kan energipostene 3a Vifter og 3b Pumper slås sammen til en felles energipost: 3 Vifter og pumper.

Dersom det ikke skal være både rom- og ventilasjonkjøling kan energipostene 6a Romkjøling og 6b Ventilasjonkjøling (kjølebatteri) slås sammen energipost: 6 Kjøling.

Utendørs energibehov er ikke inkludert i beregning av totalt netto energibehovet.

Tabell 2-1 Netto energibudsjett som er bassert på tabell 5 i NS 3031. (Standard Norge, 2014)

Energipost			Energibehov	Spesifikt energibehov
Nr	Navn	Symbol	kWh/år	kWh/(m ² .år)
1a	Romoppvarming	Q _{H,nd}		
1b	Ventilasjonsvarme			
2	Varmtvann	Q _{W,nd}		
3a	Vifter	E _{fan}		
3b	Pumper	E _p		
4	Belysning	E _l		
5	Teknisk utstyr	E _{eq}		
6a	Romkjøling	Q _{C,nd}		
6b	Ventilasjonskjøling			
Totalt netto energibehov, sum 1 - 6				

Beregning av levert energi er angitt i NS 3031. Levert energi som er fordelt på ulike energivarer er presentert i tabell 2-2. For Elektrisitet kan det være hensiktsmessig å dele opp denne posten i fire underposter som er vist i tabell 2-2.

Tabell 2-2 Levert energi til bygninger delt opp i energivarer basert på tabell 7 i NS 3031. (Standard Norge, 2014)

Nr.	Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
		kWh/år	kWh/(m ² .år)
1	Elektrisitet		
1a	Direkte elektrisitet		
1b	Elektrisitet til varmepumpesystem		
1c	Elektrisitet til solenergisystemer		
1d	Elektrisitet til kjølesystemer(komfortkjøling)		
2	Olje		
3	Gass		
4	Fjernvarme		
5	Biobrensel		
6	Annet energivare		
	Totalt levert energi, sum 1 - 6		

2.3 Temperatur- og virkningsgradkorrigering av forbruk

Oppgaven skal sammenligne målt og simulert energibehov til et kontorbygg. Energibruket i bygningen er målt over et år, og man vil gjerne undersøke om dette samsvarer med simulert energibehov. Det oppstår derfor spørsmålet om man kan sammenligne simulert og målt energibehov? Og hva må gjøres for å kunne sammenligne målt og simulert energibehov?

Når man foretar en energimerkesimulering så benytter man en rekke standardiserte inndata (fra NS 3031), for eksempel for uteklime og romtemperatur. Uteklime kan avvike fra faktiske forhold både fordi bygget ikke ligger i Oslo og fordi uteklimate varierer fra år til år. Det finnes ulike måter å korrigere for dette på. Det mest vanlige er å korrigere det målte energiforbruket til et normalår. Da kan man sammenligne det med målt energiforbruk. Hvis man for eksempel har målt energiforbruket til et bygg i Trondheim i 2015 så kan man korrigere resultatet til et normalår i Oslo.

2.3.1 Temperaturkorrigering, korreksjon av væravhengig forbruk (Dokka & Grini, 2013)

En del av energibruken i en bygning vil variere med utetemperaturen. Både romoppvarming og kjøling og oppvarming og kjøling av ventilasjonsluft er sterk avhengig av klima. Disse kan være avhengige av relativ fuktighet, vind, temperatur, og solstråling. Vanligvis korrigeres kun energibruk til oppvarming av byggene etter temperatur siden dette er den viktigste variabelen til å forklare oppvarmingsbehovet.

Energibruk til romkjøling og ventilasjonskjøling vil også variere med utetemperatur, relativ fuktighet, og solstråling. Vanligvis korrigeres ikke energibruk til kjøling etter vær. Energiforbruk til forvarming av tappevann vil også variere med utetemperatur, ettersom temperaturen til kaldt vannet inn til varmtvannsberedere varierer over året. Siden denne temperaturen er såpass stabilt i de fleste tilfeller antas denne effekten som relativ liten, og dermed ikke behov for temperaturkorrigering. Energibruk til belysning er også avhengig av tilgang til naturlig lys over året, som vil ha betydning for bruk av kunstig belysning, men vanligvis ser man bort fra denne effekten.

Det finnes tre ulike metoder for værkorrigerering av energibruk som er listet opp nedenfor:

- Årlig graddagskorrigering
- Månedstemperaturkorrigering
- Full værkorrigerering, avansert metode

Årlig graddagskorrigering- metoden er den som brukes mest i dag, Månedstemperaturkorrigering- metoden brukes noe i dag, mens full værkorrigerering- metoden er den som brukes minst i dag.

Årlig graddagskorrigering er basert på bruk av graddager. Graddagstallet er årlig summert (integert) temperaturforskjell mellom basistemperaturen og utetemperatur. Basistemperaturen er den temperaturen der det antas at interne varmetilskudd og soltilskudd dekker oppvarmingsbehovet til ønsket innetemperatur. Energiforbruket blir temperaturkorrigert årlig ved bruk av årlig graddagskorrigering. Korrigeringen gjøres som regel i starten av et år for fjorårets forbruk. Basistemperaturen settes til 9 °C for passivhus-nivå, 13°C for TEK10-nivå, 15°C for TEK97-nivå og 17 °C for TEK87-nivå eller eldre. Metoden baserer seg på en korreksjonsfaktor for hele året. Korreksjonsfaktoren er et forhold mellom antall graddager i et normalt år og antall graddager for det året som målingene ble tatt og som skal korrigeres. Med graddagstallet er det kun ventilasjon- og romoppvarming som skal korrigeres. Årlig graddagskorrigering kan brukes for eldre eksisterende bygninger som er oppført etter TEK87 eller eldre forskrifter.

Ved månedstemperaturkorrigering temperaturkorrigeres energiforbruket til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft en gang i måneden. Ved å bruke denne metoden beregnes et forholdstall som er vist i formel 1.

$$f_T(i) = \begin{cases} \frac{T_{base} - T_{e, reell(i)}}{T_{base} - T_{e, norm(i)}} \\ 1, \end{cases} \begin{array}{l} \text{hvis } (T_{base} - T_{e, reell(i)}) < 1 \\ \text{eller } (T_{base} - T_{e, norm(i)}) < 1 \end{array}$$

(1)

der:

$f_T(i)$ er temperaturkorrigeringsfaktor for måned i

T_{base} er basetemperaturen for bygget.

$T_{e, reell}(i)$ er målt utetemperatur i måned

$T_{e, norm}(i)$ er normalisert utetemperatur i måned.

I tilfeller hvor man ønsker å normalisere målt forbruk dividerer man med temperaturkorrigeringsfaktoren. Ønsker man derimot å korrigere data for oppvarmingsbehov fra simulert/beregnet modell for å sammenligne med målt energibruk, multipliseres energibruket med denne faktoren. Denne metoden anbefales å bruke for detaljert måling og etterprøving av energibruk som er beskrevet i delkapittel 3.3 i (Dokka & Grini, 2013) og også for nyere eksisterende bygg som er oppført etter TEK97 eller nyere forskrift.

Full værkorrigerings metode tilpasser simulerings-/beregningsmodell i forhold til reelle driftsparameter og observert vær ved nærmeste værstasjon. Dette gir en kalibrert simuleringsmodell som kan sammenlignes direkte med måldata. Denne metoden krever at man har full måling av både temperatur, vind, fuktighet og solstråling (både diffus og total) for bygget/stedet. Denne er en avansert metode som anbefales for forsøksbygg/pilotbygg der det er brukt mye ressurser på både prosjektering, simulering, og etterprøving byggene.

Dette er en avansert metode som anbefales for forsøksbygg/pilotbygg der det er brukt mye ressurser på både prosjektering, simulering, og etterprøving byggene.

2.3.2 Virkningsgradkorrigering (Dokka & Grini, 2013)

En av utfordringene ved sammenligning av målt og beregnet/simulert energibehov ned på energipostnivå er at varmemengdene blir vanligvis målt ut fra energisentralen. Det betyr at netto varmeavgivelse til sonen/rommet blir ikke målt. Dvs. man måler ikke distribusjons- og avgivelsestap fra varmesentralen. Man skal derfor enten estimere eller beregne distribusjons- og avgivelsestap fra varmesentralen. Den enkleste måten for å ta hensyn til varmetapet er å bruke veiledende virkningsgrader for tap etter tillegg B i NS3031, men om man skal gjøre en mer nøyaktig og riktig beregning på varmetapene kan man bruke måten som er beskrevet i NS-EN 15316 (Standard Norge, 2017). Dette er veldig detaljert og tidskrevende måte.

Etter at distribusjons- og avgivelsestapene er estimert eller beregnet, finnes det to metoder for å sammenligne beregnet og målt energibruk. Den ene metoden er å regne om netto beregnet energibehov til levert energi fra energisentralen per energipost, ved å dele på nevnte virkningsgrader. Resultatene kan da sammenlignes direkte med målt varmemengde fra energisentralen. Den andre metoden er å regne om målt levert energi fra sentralen ved å multiplisere med virkningsgradene. Dette er da «målt» netto energibruk som kan sammenlignes med beregnet/simulert energibehov for hver energipost. Kort oppsummert kan enten måldata eller beregnede/simulerte verdier virkningsgradkorrigeres.

2.4 Energisimuleringsmodell SIMIEN

SIMIEN (**S**IMulering av **I**nneklima og **E**NERgi i Bygninger) er utviklet av ProgramByggerne. Dette er et verktøy for dynamisk beregning av bygningers effekt- og energiforbruk og termisk komfort. Det kan også brukes til vurdering av inn klima, evaluering mot byggeforskrifter og passivhusstandarder. samt energimerking Programmet er vanlig å benytte ved energiberegninger i norske byggeindustri. Programmet bygger på den dynamiske beregningsmetoden beskrevet i NS 3031:2014 (Standard Norge, 2014). I Norge er det krav om at beregningsprogrammer som benyttes til beregning av energibruk og dokumentasjon av dette skal være validert etter NS-EN 15265:2007 (Standard Norge, 2007). SIMIEN er validert etter denne standarden.

For at et beregningsverktøy skal være validert, skal årlig energibehov til romoppvarming- og kjøling være beregnet for gitte testcases og sammenligne resultater med referanseverdier. Minstekravet til nøyaktighet er satt til «level C» i standarden. SIMIEN har en nøyaktighetsgrad iht. klasse B. (Programbyggerne, 2019).

Beregningsmodellen skal oppdeles i adiabatisk soner hvis en av de følgende forhold inntreffer:

- Bygningen er en flerfunksjonsbygning.
- Bygningen har ulike tekniske installasjonssystemer som betjener forskjellige deler av bygningen.
- Det er ulikt soltilskudd i forskjellige deler av bygningen.
- Det er ulike varmetilskudd i forskjellige deler av bygningen.

2.5 Litteraturstudie

Det ble gjennomført litteraturstudie for å avdekke litteratur og tidligere forskning som er relevant for problemstillingen.

I litteraturgjennomgangen ble det valgt å forske på de ulike studiene som er gjort for å sammenlikne reelt energibehov og beregnet rundt om i verden. Det ble undersøkt artikler fra en variasjon av land for alle typer bygg for å få et bredt perspektiv. Kun publikasjoner fra 2000 til 2023 ble inkludert i søket.

Google scholar, ScienceDirect og Oria ble benyttet ved litteratursøk. Søkeordene som ble benyttet var hovedsakelig: **sammenligning av energibehov målt og beregnet, building energy, office, simulation, measurements, avvik.**

Nedenfor er de relevante faglitteraturer oppsummert.

2.5.1 Samlerapport case-bygg Erichsen & Horgen, 2017 (Ørnes & Grini, 2017)

Samlerapport case-bygg utgitt av Erichsen & Horgen er en rapport fra 2017 som presenterer funn fra prosjektet «Formålsdelt energibruk i energieffektive bygg. Analyse». Kartlegging av den formålsdelte energibruken i lavenergi- og passivhus, også sammenligne med beregnet formålsfordelt energibruk er rapportens hovedfokus. Rapporten er avgrenset til seks bygninger: Malmskriverveien 4 i Sandvika, Middelthuns gate 29 i Oslo (også kalt NVE-bygget), Papirbredden 2 i Drammen, Anna Martha Kvams vei 6 i Trondheim (også kalt Strinda), Nardo skole i Trondheim og Marienlyst skole i Drammen.

Resultatet er at alle byggene bortsett fra Marienlyst skole hadde i 2015 større målt enn beregnet forbruk.

Energibruk til oppvarming (rom- og ventilasjon) er den største energiposten i alle bygninger.

Resultatene viser at målt forbruk til oppvarming var større enn beregnet for alle bygningene som var i utvalget. Det foreslås derfor en bedre vurdering av denne energiposten framover. Rapporten har ikke hatt som mål å finne ut årsaken til avvikene mellom målt og beregnet energibehov til oppvarming. Videre viser resultatene god overensstemmelse mellom målt og beregnet forbruk for teknisk utstyr og belysning.

2.5.2 Masteroppgave, Johanna Olsen, 2022 (Olsen, 2022)

Masteroppgaven skrevet av Johanna Olson ved OsloMet, omhandler overdimensjonering av kjøleanlegg i næringsbygg. Oppgaven tar for seg å undersøke og diskutere eventuelle avvik mellom beregnet/prosjektert og reelt energibruk. I oppgaven ble det brukt Nydalsveien 28 i Oslo som er et kontorbygg, som referansebygg. Eksisterende data for casebygningen ble analysert. Det konkluderes med at det er avvik mellom teoretisk/beregnet og reelt energibruk, og at kjøleanlegget er overdimensjonert med hele 55 prosent. Overdimensjoneringen ble estimert til 4,3 millioner i merkost på investering av bygget. Årsaker til avviket ble ikke undersøkt i oppgaven.

2.5.3 Masteroppgave, Mathias Stensland Lillevold, 2017 (Lillevold, 2017)

Masteroppgaven skrevet av Mathias Stensland Lillevold ved NTNU, omhandler sammenligning av beregnet og målt energi- og effektbehov i kontorbygg. Oppgaven tar for seg å avdekke årsaker til forekommende avvik mellom beregnet og målt energibruk i kontorbygg. Det er valgt en lavenergi kontorbygg og et passivhus kontorbygg for oppgaven. Bygningene som er valgt er Haakonssvern i Bergen og Malmskriverveien 4 i Oslo. Målt energibehov fra energioppfølgingsystemet for begge bygningene ble sammenlignet med modeller i SIMIEN og IDA ICE. Det ble avdekket avvik mellom målt og beregnet energibehov i begge byggene. Hovedårsaken til avvikene var at forutsatt og reelle parametere som var forbundet med drift og bruk av bygget ikke stemte overens. Det ble diskutert i oppgaven at for å redusere disse avvikene bør reelle parameterverdier for interne laster, luftmengder samt temperatursettpunkt benyttes.

2.5.4 Masteroppgave, Britt Comfort Hvinden, 2016 (Hvinden, 2016)

Masteroppgaven skrevet av Britt Comfort Hvinden ved NTNU, omhandler sammenligning av beregnet og målt energi- og effektbehov i skolebygg. Oppgaven tar også for seg å avdekke årsaker til forekommende avvik mellom beregnet og målt energibruk i energieffektive skoler. To energieffektive skoler ble valgt i forbindelse med oppgaven. Den ene skolen var Norges første passivhusskole Marienlyst i Oslo, og den andre var lavenergis skolen Nardo skole i Trondheim. Data som ble innhentet fra energioppfølgingsystemet til skolene ble sammenlignet med beregnet energibehov IDA ICE. Dataene ble analysert og satt i sammenheng med utarbeidet litteraturstudie. Avvik mellom målt og beregnet energibehov ble avdekket på begge skolene. Hovedårsakene var feildrift av tekniske anlegg og at bygningene ikke ble brukt på en energieffektiv måte.

2.5.5 Masteroppgave, Karina Skjærli Hansen, 2016 (Hansen, 2016)

Masteroppgaven skrevet av Karina Skjærli Hansen ved OsloMet (gamle Høgskolen i Oslo og Akershus), omhandler dimensjonerende samlet effekt på byggnivå for varme- og kjøling i yrkesbygg. Tilgjengelig måledata på effekt på timesbasis ble sammenlignet som gjorde det mulig å samsvare med energipostene i energibudsjettet NS 3031. Måledata ble kalibrert og analysert. Resultatene viser at både varme og kjøleanlegg for yrkesbygningen har kraftig overkapasitet.

2.5.6 Kjøling i bygg, rapport fra Erichsen & Horgen, 2011 (Knapstad & Evensen, 2011)

Rapporten fra Erichsen & Horgen utarbeidet av Ivar Rognhaug Ørnes omhandler å utvikle kunnskap om målinger og beregningsverktøy samt å fremskaffe bedre dokumentasjon av varmelaster som forårsaker kjølebehov. Dette for å kunne redusere avvik mellom teoretisk beregnet og målt energi til bygninger og bidra til reduksjon av energibruk til bygninger. Rapporten omhandlet to bygninger den ene var IA-bygget Høgskolen i Østfold, og den andre var Bygg 3 Statlig kontrollområde Svinesund. Det ble gjennomført måle- og beregningsstudier på valgte bygninger både på romnivå og for byggene som helhet. Hovedkonklusjonen var at det var store avvik mellom målt og beregnet energibehov og at avvikene var størst for energipostene utstyr og kjøling. Avvikene skyldes blant annet at byggene driftes annerledes enn det som kommer frem i funksjonsbeskrivelser for byggets tekniske anlegg. Resultatet var overdimensjonerte anlegg. Det kommer også fram i rapporten at kjøleanlegg i Norge overdimensjoneres med opptil 20-30 prosent.

2.5.7 Prosjektrapport 76, Energibruk i bygninger, Sintef Byggforsk, 2011 (Dokka et al., 2011)

Prosjektet er utført av SINTEF Byggforsk på oppdrag fra Lavenergiprogrammet. Lavenergiprogrammet hadde som mål «å etablere en nasjonal database som sammenstiller beregnet og faktisk målt energibruk i bygg, og som gir detaljert informasjon om faktorer som kan forklare eventuelle avvik mellom beregnet og målt energibruk, samt målinger av faktisk energiforbruk, med sammenliknbare verdier, og med en evaluering av beregningene, og eventuelle fysiske teorier som ligger til grunn for avvikene for beregningene». Ifølge prosjektet er det en svak norsk tradisjon når det gjelder evaluering og etterprøving av byggeprosjekter. Land som Sverige, Østerrike og Tyskland planlegger og setter av ressurser til etterprøving og evaluering av nye byggekonsepter tidlig i prosjektet og har en langt bedre tradisjon til dette. Prosjektet beskriver eksisterende virkemidler på område, går gjennom studiene som har blitt utført på dette feltet, diskuterer hvordan måling og etterprøving kan gjennomføres i praksis, gir forslag til videreføring i flere hovedprosjekter og diskuterer og hvordan en nasjonal statistikk/database for energibruk av bygninger kan bygges opp. Konklusjonen er at det finnes lite data på sammenligning av målt og beregnet energibehov i Norge, spesielt når det gjelder formålsdelt energibruk på energipostnivå. Dette er bedre på europeisk nivå.

Prosjektet har laget en oversikt over viktigste studier som er gjennomført på målt og beregnet energibruk både i Norge og i Europa. Det er vist i figur 2-2. Undersøkelsene viser at det er stort sett bra overensstemmelse på levert energi, men når det gjelder oppvarmingsbehov er det en del avvik mellom målt og beregnet. De fleste avvikene går ut på høyere forbruk for oppvarming og kjøling enn beregnet.

Studie	Antall	Målt			Beregnet/simulert			Vurdering
		Oppvarming	Formålsdelt	Levert energi	Oppvarming	Formålsdelt	Levert energi	
Modellbyggprosjektet	26 yrkesbygg	X	X	X	X	X	X	Brukbar overensstemmelse på levert energi, men på energipostnivå er det store forskjeller.
LECO	5 kontorbygg			X	X	X	X	God overensstemmelse på levert energi når justert for driftstid og klima.
Jektholtet – Harstad	2 eneboliger			X	X	X	X	Bra overensstemmelse på en av boligene (levert), den andre bruker mer teknisk utstyr enn forutsatt.
Eneboliger Grimstad	4 eneboliger	X	X	X	X	X	X	Brukbar overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
Miljøbygget i Trondheim	1 kontorbygg	X	X	X	X	X	X	Bruker mer energi til oppvarming- og kjøling enn beregnet.
Lindås Park	20 rekkehus	X	X	X	X	X	X	Bra overensstemmelse med oppvarming, men bruker mer husholdingsel enn beregnet.
Värnamo	40 leiligheter	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
Frillesås	12 leiligheter	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov. Bruker mye husholdingsel.
Lidköping	1 enebolig	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
Allingsås	16 leiligheter	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
CEPHEUS	221 boliger	X	X	X	X	X	X	Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov på de fleste prosjektene, men i noen ligger målt betydelig over beregnet.
Dansk studie rehabilitert boliger	4 eneboliger			X			X	To av boligene ligger betydelig over beregnet, mens to ligger betydelig under.

Figur 2-2: Studiene som har blitt gjennomført på sammenligning av målt og beregnet energibruk i Norge og Europa.

2.5.8 Sammenlikning av målt energibruk og simulert energibehov, etter NS 3031, for noen nyere bygninger (Laskemoen, 2009)

Dette er en masteroppgave utarbeidet av Kristoffer Laskemoen ved NTNU. Oppgaven påpeker avvik mellom målt og beregnet energibruk og simulert energibehov. De teoretiske beregningene som blir gjort etter Norsk Standard NS 3031 gir resultater som sjeldent kan stemme med reelt forbruk i bygninger. Sitatet referer til energibruk til Thon Hotel Opera der forbrukene de siste tre årene har vært mellom 33% og 63% over det teoretiske energibehovet. Det ble gjennomført spørreundersøkelser av rådgivere og konsulenter i bransjen angående denne problemstillingen. Her kom det fram at aller fleste deltagerne hadde erfaringer med nettopp slike avvik. Det er påpekt at for å minimalisere disse avvikene er det nødvendig å iverksette tiltak. Et tiltak kan være å stille krav til faktisk målt forbruk i bygninger. Det kan for eksempel fokuset flyttes fra teoretisk levert energi til reelt forbruk ved energimerkeordningen eller stille krav til entreprenørene å følge opp energibruken i bruksfasen og iverksette tiltak dersom forbruket skulle avvike fra teoretiske beregninger.

2.5.9 Bridging the gap between predicted and actual energy performance in schools, 2010 (Demanuele et al., 2010)

Artikkelen tar for seg å undersøke hvilke faktorer som påvirker mest energibruken til en bygning som gjør at målt energibruk avviker fra teoretisk beregnet energibehov. Det er for tiden stort avvik mellom målt og beregnet energibehov som hovedsakelig kan være på grunn av manglende forståelse for faktorer som kan påvirke energibruken. I artikkelen undersøkes hvilke faktorer som har størst innflytelse på energibruken til skolebygninger og hvordan dette skiller seg fra beregnet energibehov. Et sensitivanalyse har blitt gjennomført for å rangere viktigheten av ulike faktorer som påvirker energibruken. Det ble i tillegg gjennomført besøk av 15 skoler i hele Storbritannia. Måle med besøkene var å få tak i data om faktorer som påvirker energibruken. Resultater viser at driftsproblemer og brukeratferd har stor påvirkning på energibruken i skolene som spiller en betydelig rolle i avviket mellom målt og beregnet energibehov. For å optimalisere energibruken er effektiv overlevering og brukeropplæring derfor avgjørende.

2.6 Avvik mellom målt og beregnet energibruk

Litteraturstudiet som ble gjennomført i oppgaven viser at det er gjennomgående med avvik mellom faktisk energibruk og beregnet energibehov. Selv om det er forventet at det vil være avvik mellom simulerte og målte energibruk på grunn av fundamentale usikkerhet i målinger og beregninger, er avviket som oppstår altfor stort til å bli oversett. Dette avviket mellom målt og simulert energibruk blir ofte henvist til som «Energy performance gap» (Azar & Menassa, 2014), (Jones et al., 2015; Menezes et al., 2011; Morant, 2012; Turner & Frankel, 2008). Avviket mellom målt og beregnet energibehov kan være betydelig og målt energibruk kan i mange tilfeller være så stort som 2,5 ganger høyere enn beregnet (Menezes et al., 2011).

Det er flere faktorer som kan bidra til avvik mellom beregnet og faktisk energibruk. Disse faktorene er oppsummert i tabell 2-3. (Demanuele et al., 2010; Menezes et al., 2011; Morant, 2012; Newsham et al., 2009).

Tabell 2-3 Årsaker til avvik mellom målt og beregnet energibruk

Ufullstendig eller unøyaktig inngangsdata	Når beregningene baserer seg på feil opplysninger om bygningens egenskaper, som typevinduer, isolasjonsevne, tetthet og varmeavgivende utstyr, osv vil resultatene avvike fra målinger.
Endringer i bygningsstruktur eller bruk	Hvis det har vært endringer i bygningen, for eksempel ombygginger, installasjon av nytt utstyr eller endret bruk av rommene, kan de opprinnelige beregningene ikke samsvare med faktiske forhold lenger.
Uforutsatt belastning/endring i intern belastning	Ekstreme værforhold, økt aktivitet i visse områder, endringer i brukeratferd eller økt bruk av energikrevende utstyr kan være årsak til avvik.
Feil i energimålingssystemet	Problemer med måleutstyret eller feilregistrering av energiforbruket kan forårsake avvik mellom målinger og beregninger. Riktig vedlikehold og kalibrering av måleutstyret er avgjørende for å sikre nøyaktige resultater
Manglende/Dårlig kommunikasjon	Utilstrekkelig kommunikasjon mellom involverte parter kan føre til misforståelser og feilinformasjon om inndataene som brukes i beregningene.
Feil eller mangelfull informasjon om inndata	Utilstrekkelig eller feilaktig informasjon om bygningens egenskaper, energiforbruksmønstre eller andre relevante faktorer kan føre til feilaktige beregninger
Kompetansenivå hos modellereren og valgt metode	Manglende kompetanse hos modellereren eller bruk av upassende beregningsmetoder kan påvirke nøyaktigheten av beregningene og føre til avvik
Manglende samsvar mellom løsninger og utført bygg	Hvis valgte løsninger ikke samsvarer med det som faktisk blir bygd, vil energibehovet og ytelsen avvike fra det som ble beregnet
Feilaktig drift	Ukorrekt drift eller mangel på vedlikehold kan føre til høyere energiforbruk enn det som ble forutsatt i beregningene
Store ventilasjonsluftmengder	Hvis ventilasjonsluftmengdene er større enn nødvendig, kan det føre til økt energiforbruk
Manglende behovsstyring	Utilstrekkelig styring av energibehovet basert på faktiske behov kan føre til unødvendig høy energibruk
Lavere virkningsgrader enn forutsatt	Hvis de faktiske virkningsgraden til varmegjenvinner er lavere enn det som ble forutsatt i beregningene, vil det resultere i høyere energiforbruk

2.7 Presentasjon av casebygningen

Dette kapittelet angir en kort presentasjon av casebygningen som ble undersøkt i oppgaven. En casebygning ble valgt å undersøkes i forbindelse med oppgaven i samarbeid med veilederne. Generell informasjon om bygningen, tekniske anlegg, beliggenhet samt målerstruktur er gjennomgått i dette kapittelet. Bygningen har tilgang til måledata via EOS-system og SD-anlegg og er veldokumentert og egner seg derfor godt til denne oppgaven.

2.7.1 Dronning Mauds gate 1-3 (PECUNIA, 2023)

Dronning Mauds gate 1-3 er en blanding av kontor- og næringslokaler lokalisert i Oslo. Bygget er illustrert i figur 2-4. Beliggenheten er vist i figur 2-3. Bygningen har 11 etasjer pluss 2 underetasjer, hvor kontorlokalene befinner seg i plan 3-11. Bygget har et totalt BRA på 24760 m², med 20507 m² oppvarmet areal. Bygningen er BREM-NOR sertifisert. Leietakerne er Pareto, EQT Partners, Pactum, Vika kontorfellesskap, Iark, Uniconsult, Glastad Holding, SpareBank 1 Markets, McKinsey & Company, SpareBank 1 SMN.

Bygget ble opprinnelig oppført i 1971, og gjennomgikk en omfattende ombygging og oppgradering i 1996. Deretter ble det gjennomført en komplett ombygging i perioden 2019-2022, hvor bygningen ble oppgradert til dagens standard. Det ble samtidig BREEM NOR sertifisert. Det er ca. 13.923 m² som er berørt av BREEAM-sertifisering.

Gjennom tilgang gitt av Pecunia sin FDV-dokumentasjon har spesifikke data om bygningen blitt samlet inn.



Figur 2-3: Dronning Mauds gate 1-3 lokalisert i Oslo- Flyfoto hentet fra Google.



Figur 2-4: Dronning Mauds gate 1-3- sør-fasade- Bilde er hentet fra PECUNIA sin hjemmeside.

Tabell 2-4. gir en oversikt over generelle fakta om bygningen.

Tabell 2-4- Sentrale data om Dronning Mauds gate 1-3

Bygningskategori	Kontorbygning
Adresse	Dronning Mauds gate 1-3
Gårds-/Bruksnummer	209/33
Tidspunkt for rammesøknad	Sendt 21.12.2017, godkjent 17.09.2018
Byggeår	1971/ombygging 2019-2022
Etasjer	13 - 9 kontoretasjer (3-11.etg)
Totalt BRA	24760 m ²
Oppvarmet areal	20507 m ²
BRA plan 3-11	12 910 m ²

2.7.1.1 Energiforsyning

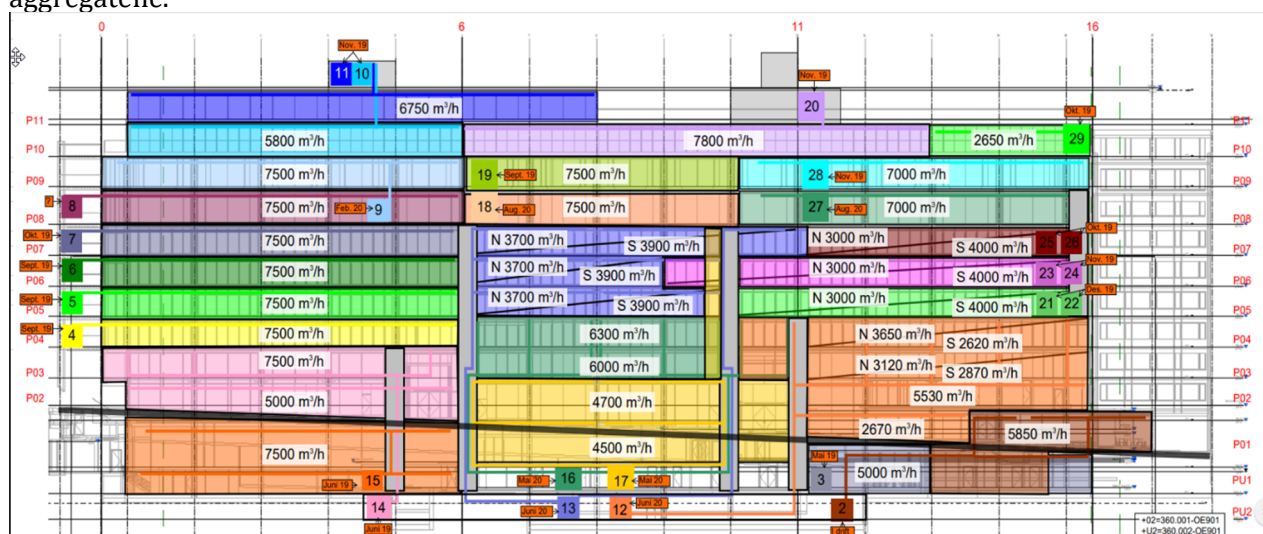
Energisentral bestående av brønnpark, varmepumpe, fjernvarmesentral, el-kjel, frikjølefunksjon mot brønnpark, samt kjølemaskin med dumping mot tørrkjølere på tak.

Energiforsyningen til bygget består av varmepumper som bruker energibrønner som grunnlast, og fjernvarme som benyttes som spisslast. Grunnlasten er beregnet til å dekke omtrent 68 % av det normerte netto varmebehovet. For de områdene som har vannbåren varme, dekkes det resterende varmebehovet av fjernvarme. I tillegg gir varmepumpen også forvarming av tappevann. Varmesystemene i bygget er basert på lavtemperatur vannbåren varme, med unntak av lokalene til EQT og Vika, hvor varmeanlegget ikke er ombygd. Vika og EQT har elektrisk oppvarming. Disse områdene utgjør omtrent 11 % av det totale arealet fra plan 3-11. Energiforsyningen til bygget oppfyller dermed kravet om energifleksible varmesystemer og bruk av lavtemperaturløsninger. (NOT-RIEN-01, Erichsen og Horgen, personlig kommunikasjon, 2021)

2.7.1.2 Tekniske installasjoner: Ventilasjon, varme og kjøleanlegg.

Informasjon angående tekniske anlegg for bygningen i dette kapitelet er hentet fra (Funksjonsbeskrivelse, Erichsen og Horgen, personlig kommunikasjon, 2020).

Det er totalt tretti ventilasjonsaggregater som betjener Dronning Mauds gate 1-3 med systemnummer 360.001-030. Figur 2-5 viser oversikt over plassering og betjeningsområder for alle ventilasjonsaggregatene.



Figur 2-5: Oversikt luftbehandlingsaggregater som viser plassering og betjeningsområde – Bildet er hentet fra SD-anlegget.

Det er tre type aggregater som betjener bygningen, herunder kalt type 1, 2 og 3. Type 1 aggregater er Swegon GOLD aggregater med varme- og kjølebatteri. Aggregatene med systemnummer 360.004-008 som betjener plan 4-8 akse 0-6 (kalles for ryggsekk) er av denne typen. Disse aggregatene består av roterende gjenvinner, tilluft-/avtrekksvifter, tilluft- og avtrekksfilter og vannbårent varme- og kjølebatteri.

Type 2 luftbehandlingsaggregater er av type Swegon GOLD F RX/HC med integrert reversibel varmepumpe. Systemnummer for aggregatene og betjeningsområde er presentert i tabell 2-5. Ventilasjonsanleggene består av tilluft- og avtrekksfilter, tilluft-/avtrekksvifter, roterende gjenvinner, vannbårent varmebatteri, samt RX/HC kapasitetsregulerte kompressorer i varmepumpe.

Tabell 2-5- Oversikt over luftbehandlingsaggregater med integrert reversibel varmepumpe.

System	Betjeningsområde	Type
360.003	Plan U1, akse 11-16	Swegon GOLD F RX/HC
360.009	Plan 9, akse 0-6	Swegon GOLD F RX/HC
360.010	Plan 10, akse 1-6	Swegon GOLD F RX/HC
360.011	Plan 11	Swegon GOLD F RX/HC
360.018-019	Plan 8 og 9, akse 6-10	Swegon GOLD F RX/HC
360.020	Plan 10, akse 6-13	Swegon GOLD F RX/HC
360.021	Plan 5, akse 10-16 / A-B (nordlig halvdel)	Swegon GOLD F RX/HC
360.022	Plan 5, akse 10-16 / C-D (sørlig halvdel)	Swegon GOLD F RX/HC
360.023	Plan 6, akse 9-16 / A-B (nordlig halvdel)	Swegon GOLD F RX/HC
360.024	Plan 6, akse 9-16 / C-D (sørlig halvdel)	Swegon GOLD F RX/HC
360.025	Plan 7, akse 11-16 / A-B (nordlig halvdel)	Swegon GOLD F RX/HC
360.026	Plan 7, akse 11-16 / C-D (sørlig halvdel)	Swegon GOLD F RX/HC
360.027	Plan 8, akse 10-16	Swegon GOLD F RX/HC
360.028	Plan 9, akse 10-16	Swegon GOLD F RX/HC
360.029	Plan 10, akse 13-16	Swegon GOLD F RX/HC

Type 3 luftbehandlingsaggregatene er av typen Randem & Hübert plassbygd aggregat. Aggregatene er med integrert DX-kjøling. Systemnummer for aggregatene og betjeningsområde er presentert i tabell 2-6. Ventilasjonsanleggene bestående av tilluft- og avtrekksfilter, tilluft-/avtrekksvifter, roterende gjenvinner og vannbårent varmebatteri. Aggregat 360.019 er det eneste aggregatet som har batterigjenvinner. En batterivarmegjenvinner sirkulerer væske som er vann blandet med glykol mellom vannbatterier som står i tilluft og avtrekkskanal. Væsken varmes opp i avtrekkskanalen for å deretter gi varmen til tilluften. Virkningsgraden er normalt mellom 45 og 60%, og aggregater med batterigjenvinner benyttes i steder der det er fare for forurensningssmitte mellom tilluft og avtrekk. Disse stedene kan være laboratorium, sykehus, osv. (Ingebrigtsen, 2019)

Tabell 2-6- Oversikt over luftbehandlingsaggregater med integrert DX-kjøling.

System	Betjeningsområde	Type
360.012	Plan 1 akse 11-13,5 og plan 2-4 akse 11-16	Randem & Hübert plassbygd aggregat
360.013	Plan 5 akse 6-10, plan 6 akse 6-9, plan 7 akse 6-11	Randem & Hübert plassbygd aggregat
360.014	Plan 2 og 3, akse 0-6	Randem & Hübert plassbygd aggregat
360.015	Plan U1-1, akse 0-6	Randem & Hübert plassbygd aggregat
360.016	Plan 3-4, akse 6-11	Randem & Hübert plassbygd aggregat
360.017	Plan 1-2, akse 6-11	Randem & Hübert plassbygd aggregat

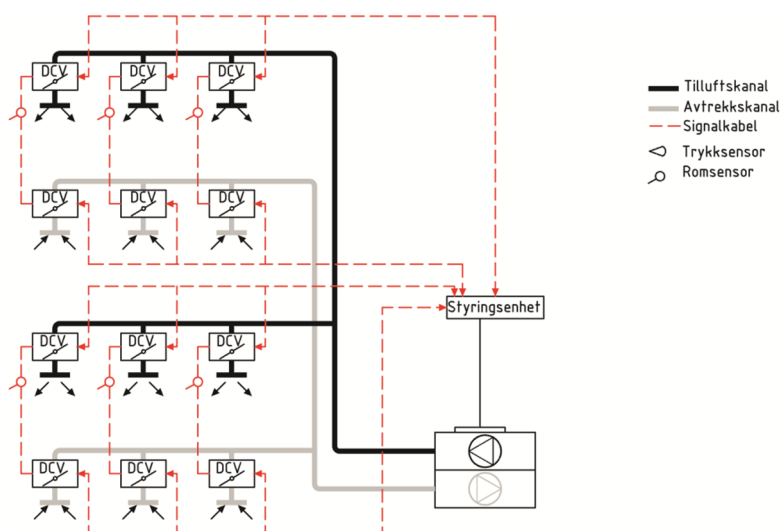
Ventilasjonsanlegget er utetemperaturkompensert som baserer seg på temperaturgiver på inntaket. Anleggene har utekompensert tilluftstemperatur som baserer seg på felles temperaturgiver. Settpunktet beregnes da ut ifra kompenseringsskurver som er presentert i tabell 2-7. Anleggene har behovstyrt luftmengderegulering med spjeldoptimalisert regulering.

Tabell 2-7 settpunkttemperatur for tilluft for alle luftbehandlingsaggregatene.

Utetemperatur [°C]	Tilluftstemperatur [°C]
-3	+22
+18	+18

Spjeldoptimalisert regulering (Mysen & Schild, 2014)

Ved spjeldoptimalisert regulering reguleres luftmengdene etter spjeldposisjonene slik at minst ett spjeld alltid står i åpen posisjon. (Figur 2-6). Hensikten med denne typen regulering er å sikre minimum behov for vifteenergi gjennom minimum trykkoppbygging over vifta. Dette kan oppnås ved at en kanalvei/kritisk vei står alltid åpent. Informasjon om spjeldvinkel for alle DCV-spjeldene, levert luftmengde og luftmengdebehov blir registrert ved spjeldposisjonsregulering. En styringsenhet som skal regulere viftepådraget mottar denne informasjonen.



Figur 2-6: Prinsippskisse- Spjeldoptimalisert regulering uten grenspjeld (Mysen & Schild, 2014)

Orientering varmeanlegg

Varmeanlegget består av 4 stk. hovedkurser:

- 320.001 (forvarmet tappevann) – 92kW.
- 320.101(ventilasjonskurs) – 488kW.
- 320.102 (bafler) – 235kW.
- 320.103 (radiatorer) – 122kW

Varmeproduksjon [Vedlegg H] foregår med varmepumpe som grunnlast, tilkoblet 9 stk energibrønner å 300 m og fjernvarme som spisslast. I tillegg ble det satt inn en el-kjel som ytterligere spisslast, primært for å dekke byggets varmebehov ved rehabilitering i 2019/2020, som har blitt stående permanent i systemet. Ved bortfall av fjernvarme kan el. kjele på 400kW benyttes.

Varmesentralen er plassert i teknisk rom i plan U2. Oppvarming av bygget skjer ved hjelp av fjernvarme og varmepumpe som første instans. Varmesentralen forsyner bygget med varme til de forskjellige kursene, nevnt over. Transmisjons- og infiltrasjonstapet i bygningene dekkes generelt av vannbåren varme. For dimensjonering av vannbåren varme er det lagt til grunn en samtidighetsfaktor på 100%. Varmeanlegget er basert på et mengderegulert anlegg med toveisventil og trykkstyrte pumper. Varmeanlegget reguleres etter utekompenseringskurver.

Varme distribueres via hovedfordelingene forvarming av tappevann, ventilasjons-oppvarming, kombibaffelkurs, og radiator-/konvektorkurs. Bafler / parasoller betjener kontorer og oppholdsrom samt rom og arbeidsplasser som trenger ekstra varme og individuell regulering av romtemperatur. Dimensjonerende turtemperatur på varmeanlegget er 60 °C.

Orientering kjøleanlegg

Kjøleanlegget består av 7 stk. hovedkurser;

- 370.000 (brønnpark) – 100kW.
- 370.001 (hovedkurs isvann) – 600kW.
- 370.002 (dumpekrets / tørrkjølekrets) – 780kW.
- 370.101 (kombibafler) – 425kW.
- 370.102 (prosesskjøling) – 40kW.
- 370.103 (datakjøling Pareto) – 20kW.
- 370.104 (ventilasjon) – 115kW.

Kjøleproduksjon [Vedlegg H] dekkes fortrinnsvis av frikjøling mot brønnpark (inkludert indirekte kjøling fra varmepumpedrift). Effekttoppene dekkes av kjølemaskin som er plassert i teknisk rom i plan U1. Grunnet relativt liten varmepumpe og relativt høyt teknisk kjølebehov, vil brønnparken trolig oppnå god energibalanse. På bakgrunn av dette vil kondensatorvarme kun dumpes mot tørrkjølere, noe som samtidig vil sørge for optimal frikjølekapasitet fra brønnparken. Kjøleanlegget er basert på et mengderegulert anlegg med toveisventil og trykkstyrte pumper.

Dumpekrets / tørrkjølekrets benyttes i hovedsak for å dumpe overskuddsvarme fra kjølemaskin. Kjølebaflerkursen betjener kontorer og oppholdsrom samt rom og arbeidsplasser som trenger ekstra kjøling og individuell regulering av romtemperatur.

Kjøling distribueres via hovedfordeling kombibaffelkurs, prosesskjølekurs (tilknytning av kuldemaskiner for kjøl-/fryserom), datakjølekurs (Pareto), ventilasjonskjøling (aggregater i "ryggsekken" som ikke har DX-kjøling)

Dimensjonerende turtemperatur på kjøleanlegget er 11 °C på sommeren når det er ventilasjonskjølebehov og 15 °C på vinteren når det ikke er ventilasjonskjølebehov. Turtemperaturen styres av en utekompensert kurve.

Kjølemaskin står aktiv hele året og igangkjøres dersom tur-temperaturen ikke tilfredsstilles vha. frikjøling mot brønnpark samt indirekte kjøling fra varmepumpe alene.

Orientering varmt tappevann

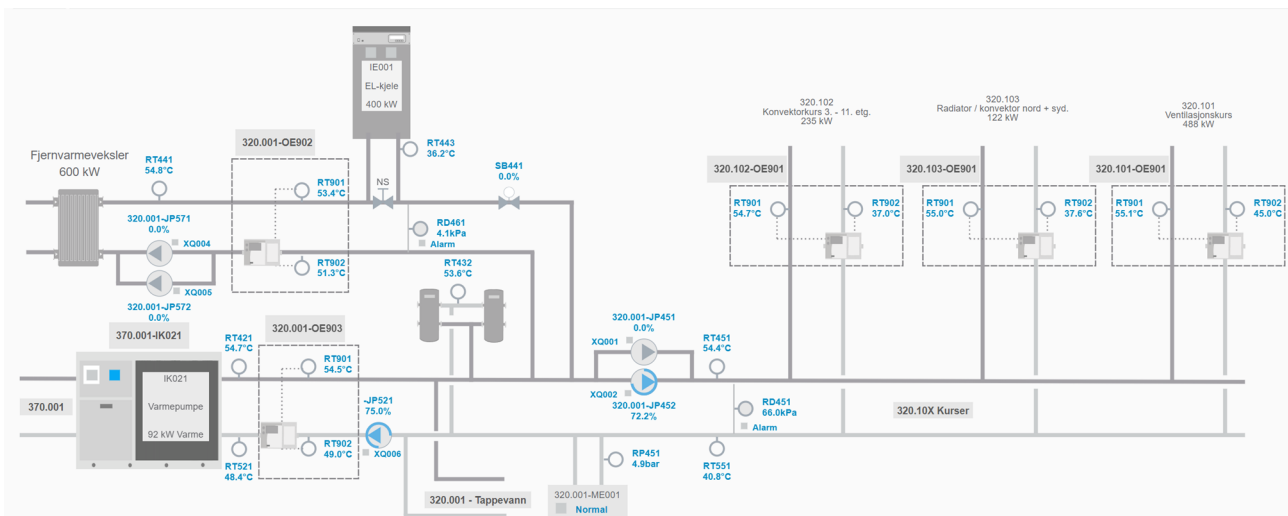
Varmt tappevann produseres med forvarming fra varmepumpe. Fjernvarme som spisslast. Varmepumpe er aktiv hele året og lader akkumulatortankene ved behov. Forvarmefunksjon inntreer automatisk ved behov. Fjernvarme spisslast lader opp separate akkumulatortanker ved hjelp av ladefunksjon.

Kombibafler

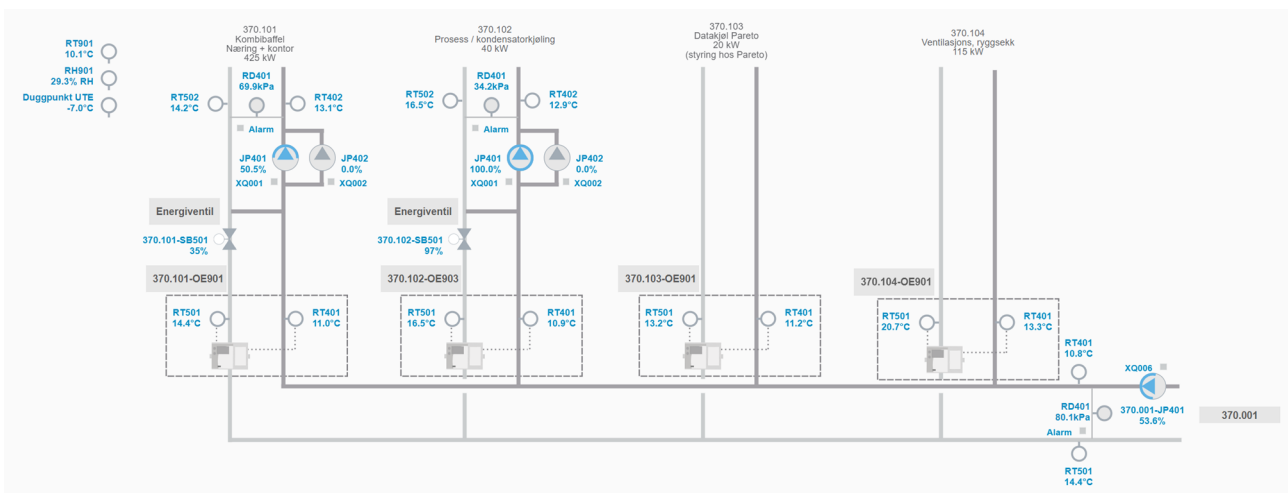
Kombibafler som er brukt i bygningen er en type luftfordelingsenhet som brukes i bygninger for å regulere luftstrømmen og oppnå ønsket oppvarming eller kjøling av rommene. De er vanligvis montert i taket eller veggen og er utstyrt med justerbare spjeld som kan endre retningen og mengden av luftstrømmen. Kombibafler er spesielt designet for å kombinere funksjoner for både tilførsel og avtrekk av luft. Dette betyr at de kan distribuere varm eller kald luft inn i rommet samtidig som de kan fjerne brukt luft for ventilasjon. De har typisk en sentral åpning for tilførsel av luft og flere utganger for avtrekk av luft. Denne kombinasjonen av funksjoner gjør kombibafler fleksible og allsidige når det gjelder regulering av luftstrømmen i bygninger.

2.8 Målerstruktur: Antall målere og struktur

Det er totalt 325 målere termiske og elektriske, installert på tekniske anlegg for casebygningen. Målerstruktur for energimålere er vedlagt i [Vedlegg G]. Det er til sammen 14 energimålere som er installert på termiske kurser plassert i teknisk rom i plan kjeller. Målerne er lagt opp slik at energibruken kunne måles på energipostnivå tilsvarende energibudsjettet i NS 3031 (Standard Norge, 2014). Oversikt for installert målere på varme- og kjøleanlegg er vist i figur 2-7 og 2-8.



Figur 2-7: 320.001 Forsyning varmeanlegg/Oversikt målere varmeanlegg- Bildet er hentet fra SD-anlegget.



Figur 2-8. 370.001 Forsyning kjøleanlegg/Oversikt målere kjøleanlegg- Bildet er hentet fra SD-anlegget.

3 Metoder og materialer

3.1 Avvik mellom målt og beregnet energibehov

I dette kapittelet presenteres metoder som ble benyttet for å finne avvik mellom målt og beregnet energibehov ved å gjennomføre beregninger og innhenting av data og målinger for å komme frem til resultater.

3.1.1 Energisimuleringsmodell SIMIEN

SIMIEN programversjon 6.016 ble benyttet til å simulere energibehov for casebygningen i oppgaven. To SIMIEN modeller med reelt og normerte inndata ble tilgjengeliggjort av Multiconsult som ble laget under prosjekteringsfasen i 2021. Modellene ble laget for plan 3-11 (kontoretasjene). I oppgaven ble det laget nye modeller tilsvarende modellen fra Multiconsult for studentens egen læring. Modellene ble benyttet som underlag for analysing av energibruket i bygningen.

Sentrale inndata som ble benyttet i beregningene er presentert i tabell 3-1. (NOT-RIEN-01, Erichsen og Horgen, personlig kommunikasjon, 2021)

Tabell 3-1 Sentrale inndata plan 3-11 ved energiberegning. (NOT-RIEN-01, Erichsen og Horgen, personlig kommunikasjon, 2021)

Størrelser		Inndata	Dokumentasjon
Arealer [m ²]	Yttervegger	2 258	Vurdert fra ARK tegning og IFC
	Tak	1 748	Vurdert fra ARK tegning og IFC
	Gulv	234	Vurdert fra ARK tegning og IFC
	Vinduer, dører og glassfelt	4 377	Vurdert fra ARK tegning og IFC
Oppvarmet bruksareal (BRA) (Afl) [m ²]		12 912	Vurdert fra ARK tegning og IFC
Oppvarmet luftvolum (V) [m ³]		38 230	Vurdert fra ARK tegning og IFC
Varmegjennomgangskoeffisient for bygningsdeler [W/m ² K] (U-verdi)	Yttervegger	0,18	Prosjektpremiss
	Tak	0,13	Prosjektpremiss
	Gulv	0,18	Prosjektpremiss
	Vinduer, dører og glassfelt	0,80	Prosjektpremiss
Areal for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%)		33,9	Beregnet
Normalisert kuldebroverdi (ψ') [W/m ² K]		0,03	Prosjektpremiss, ansvarlig for dokumentasjon: RIBfy
Lekkasjetall (n50) [h ⁻¹]		0,60	Dokumentert av utført lekkasjetest
Årsgjennomsnittlig virkningsgrad (η) for varmegjenvinner [%]		85	Dokumentert av RIV
Spesifikk vifteeffekt (SFPe) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/(m ³ /s)]		1,61	Dokumentert av RIV
Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde (V) i driftstiden [m ³ /(hm ²)]		7,00	Beregnet basert på standardisert inndata
Ventilasjonsluftmengde (V) utenfor driftstiden [m ³ /(hm ²)]		2,00	Minsteverdi fra NS3031
Tilluftstemperatur i driftstiden vinter/sommer [°C]		19/18	Standardisert inndata NS3031
Tilluftstemperatur utenfor driftstiden vinter/sommer [°C]		19/18	
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) romoppvarming [kW/(l/s)]		0,50	Veiledende verdi NS3031

Spesifikk pumpeeffekt (SPP) romkjøling [kW/(l/s)]	0,60	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) varmebatteri [kW/(l/s)]	0,50	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) kjølebatteri [kW/(l/s)]	0,60	Veiledende verdi NS3031
Spesifikt effektbehov til belysning i driftstiden [W/m ²]	4,6	Vektet verdi, LENI-tall for BREEAM-prosjekt dokumentert av RIE (tilsvarende 3,41 W/m ²). Antatt 15 W/m ² i arealer som ikke er bygget om.
Spesifikt effektbehov til utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,0	Standardisert inndata fra NS 3031
Total solfaktor (gt) for vinduer og glassfelt sammen med solavskjerming	0,06	Gjennomsnitt for alle glassfelt inkl. utvendig solskjerming
Avskjermingsfaktor for horisont, bygninger	0,7/1,0/ 1,0/1,0	Vurdert ut ifra tegninger

Som det ble nevnt i kapittel 2 «Bakgrunn og teori», stiller TEK17 (DiBk, 2017) minimumskrav til bygget. Minstekravene i TEK17 sammenlignet med verdiene brukt i SIMIEN er presentert i tabell 3-2.

Tabell 3-2 Minstekrav for enkeltkomponenter i TEK17 sammenlignet med verdier brukt i SIMIEN

Komponent	DM1-3	Minstekrav TEK17
U-verdi yttervegg [W/m ² K] – gjennomsnitt	0,18	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,18
U-verdi gulv mot det fri [W/m ² K]	0,18	0,18
U-verdi vindu/dør/glassfelter [W/m ² K]	0,80	1,20
Infiltrasjon ved 50 Pa [h ⁻¹]	0,6	1,5

3.1.1.1 Beregne reelt energibehov

Utover normerte beregninger for evaluering mot myndighetskrav skal iht. veiledningen til TEK (VTEK) kapittel 14.2.5(DiBk, 2017) som minimum benytte reelle verdier for følgende inndata parametere:

- Lokale klimadata
- Skjerming av bygningen
- Innetemperatur
- Driftstider
- Ventilasjonsluftmengder i og utenfor driftstid
- Varmetilskudd fra belysning, utstyr og personer
- Energibehov for varmt tappevann
- Kjøling
- Systemvirkningsgrader for varme- og kjølesystemer
- Evt. energibehov utenfor energirammen i TEK
- Det bør dessuten soneinndeling vurderes

For kontoretasjene på Dronning Mauds gate er følgende inndata justert fra de normerte beregninger:

- Personbelastning er økt fra 4 til 10 W/m²
- Teknisk utstyr er økt fra 11 til 15 W/m²
- Varmegjenvinning ventilasjon er redusert fra 85 % til 80 %

- Min luftmengde i driftstid er økt fra 7 til 10 m³/hm²
- Driftstid ventilasjon er økt med 2 timer per dag
- Driftstid for personer og teknisk utstyr er økt med 1 time per dag
- Produksjonsvirkningsgrad for VP er redusert fra 4,35 til 3,00
- Dekningsgrad fra VP er redusert fra 68 til 40 % og dekningsgrad fjernvarme økt tilsvarende

3.1.1.2 Inndeling av bygningen i soner

Dronning Mauds gate har ulikt soltilskudd og store vindusarealer, men siden bygningen har effektiv utvendig solskjerming var det tilstrekkelig å beregne bygningen som en sone. Ettersom plan 3-6 og plan 7-11 har ulik g-verdi på glass på nordsiden av fasaden ble bygget likevel delt opp i 2 beregningssoner. Alle arealer har de samme tekniske installasjonene og varme- kjøle og ventilasjonsprinsipp.

3.1.2 Arbeidsprosessen for innhenting av måledata

Arbeidsprosessen startet med å få tilgang til energioppfølgingssystem og SD-anlegg til bygningen.

Energioppfølgingssystemet på Dronning Mauds gate 1-3 heter Optima, er levert av Entro. Her blir levert energi og energibruk loggført. Tilgang til EOS-systemet er gitt av Entro. Det er ikke mulig å gjøre noen endringer i systemet med denne brukertilgangen, men det er full lesertilgang. Systemet ble brukt for innhenting av data for energibruk for plan 3-11 i casebygningen samt innhenting av reell utetemperatur i år 2022.

SD-anlegg ble brukt for å sjekke luftbehandlingsaggregatenes luftmengder, virkningsgrad for varmegjenvinnere, SFP, settpunkttemperaturer og pådrag varmebatteri. Det ble også brukt til å bli kjent med oppbygging av tekniske anlegg samt plassering av de ulike termiske målere. Tilgang til SD-anlegget ble gitt av GK Norge AS.

3.1.3 Analysering av måledata

Måledata fra EOS-systemet for hele bygget var delt i energibærere Direkte el, El til el-kjel, El til varmpumpesystem, Fjernvarme, Nærkjøling og Nærvvarme.

Måledata i EOS eksisterte for hele bygget. Ettersom SIMIEN modellen var laget for bare kontoretasjene, altså plan 3-11, var det behov for måledata som viser forbruk for plan 3-11. Dette ble etterspurt rådgivere i Entro AS som jobber med (EOS) for casebygningen. Entro har opprettet energiblokk for plan 3-11 som viset forbruk for disse etasjene. Dataene fra denne energiblokken ble brukt ved analysering av måledata.

Målingene ble formålsdelt for å kunne sammenligne med teoretiske beregninger. Tabell 3-3 viser energipostene i NS 3031 og tilgjengelige termiske målere i Dronning Mauds gate 1-3. Denne formålsdelingen gjøre det enklere å senere sammenligne måledata mot beregningene utført i SIMIEN.

Tabell 3-3 Energiposter i NS 3031 og tilgjengelige termiske målere i Dronning Mauds gate 1-3.

Energipost NS3031	System	Måler ID (Figur 2-7 og 2-8)
Romoppvarming	320.102 Konvektorkurs 3-11. etg.	320.102-OE901
Ventilasjonsvarme	320.101 Ventilasjonkurs	320.101-OE901
Varmt vann	320.001 Tappevann	-
Romkjøling	370.101 Kombibaffel	370.101-OE901
	370.102 Proses/kondensatorkjøling	370.102-OE903
	370.103 Datakjøl Pareto	370.103-OE901
Ventilasjonkjøling	370.104 Ventilasjon ryggsekk	370.104-OE901

3.1.4 Korrigering av måledata

Måledata for energiforbruk plan 3-11 ble korrigert der det var nødvendig. Metoden for hvordan korrigeringen ble utført er beskrevet i dette delkapittelet.

Korrigering av måledata for energibruk til vifte, varme-, og kjølebatteri aggregat 360.014

Måledataene for energiforbruket til kjølebatteriet og viften på aggregat 360.014 gjaldt for både plan 2 og 3, ettersom aggregatet forsyner del av begge etasjene. Siden oppgaven kun fokuserte på energiforbruket i kontoretasjene, ble det foretatt en korreksjon for å bestemme andelen av forbruket som tilhører plan 3. Energiforbruket til kjølebatteriet og viften som tilhører plan 3 ble estimert ved hjelp av formel 2.

Det samme gjaldt måleren som målte energibruken til varmebatteriet. For å beregne andelen av energiforbruket til varmebatteriet som tilhører plan 3, ble først effektbehovet til varmebatteriet beregnet ved hjelp av formel 3. Deretter ble andelen av energiforbruket til varmebatteriet som tilhører plan 3 estimert ved hjelp av formel 5. Utetemperatur T_1 , innetemperatur T_3 , luftmengder for plan 2 og 3, settpunkt for tilluft og virkningsgrad, η ble hentet fra SD-anlegget. Temperatur etter varmeveksleren T_2 , ble beregnet ved hjelp av formel 3.

Andel energibruk for kjølebatteri/vifte Q [kWh] for aggregat 360.014 som tilhører plan 3 ble estimert ved hjelp av formel 2.

$$Q = \frac{\text{Luftmengde plan 3,} \times \text{Målt energibruk kjøl./vifte plan 2 - 3}}{\text{Tot. luftmengde agg. 360.014}}$$

(2)

Det ble forutsatt følgende forhold ved beregning av effektbehov for varmebatteriet:

- DUT Oslo: -20°C
- Luftmengde $V_{\text{plan 2}} = 5000\text{m}^3/\text{h}$, $V_{\text{plan 3}} = 7500\text{m}^3/\text{h}$
- Virkningsgrad for varmeveksler: 66%
- Avtrekkstemperatur, $T_3 = 21,5^{\circ}\text{C}$
- Settpunkt tilluft = $20,1^{\circ}\text{C}$

Følgende formel ble brukt ved beregning av effektbehov varmebatteri:

$$Q = V \times \rho \times C_p \times \Delta T$$

(3)

Q : effektbehov varmebatteri [kW]

V : luftmengde [m^3/s]

ρ : tetthet for tørrluft = $1,2\text{ kg}/\text{m}^3$

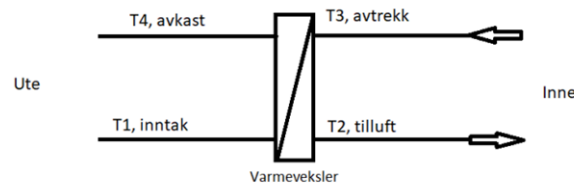
C_p : spesifikk varmekapasitet for tørr luft = $1,006\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

ΔT : Temperaturdifferansen for ønsket tilluftstemperatur og temperatur etter varmeveksler [K]

Det ble utført beregning av T_2 , temperatur etter varmeveksler ved hjelp av formel 4 for å finne ΔT .

$$T_2 = T_1 + \eta(T_3 - T_1)$$

(4)



Figur 3-1 Prinsipp

Andel energibruk for varmebatteri Q [kWh] som tilhører plan 3 ble estimert ved hjelp av formel 5.

$$Q = \frac{\text{Effektbehov varmebatteri plan 3}}{\text{Totalt effektbehov varmebatteri plan 2 - 3}} \times \text{Målt energibruk varmebatteri} \quad (5)$$

Det samme gjaldt måledata for kjølebatteri til aggregat 360.012 som forsyner plan 1-4. Oppgaven var interessert i forbruket plan 3-11.

Andel energibruk for kjølebatteri Q [kWh] for aggregat 360.012 som tilhører plan 3-4 ble estimert ved hjelp av formel 6.

$$Q = \frac{\text{Luftmengde plan 3 - 4} \times \text{Målt energibruk kjøl. plan 1 - 4}}{\text{Tot. luftmengde agg. 360.012}} \quad (6)$$

Korrigerings av måledata for energibruk til varmebatteri aggregat 360.012

Aggregat 360.012 hadde høyest forbruk til varmebatteri blant alle aggregatene. Forskjellen var så stor at årsaken til det høye forbruket måtte undersøkes. Målt energibruk for aggregatet var 254 916 [kWh] for plan 1-4. For å avdekke årsaken til det høye forbruket, ble det gjennomført befaring av casebygningen. Det ble gjennomført et intervju med byggets teknisk Forvaltnings-sjef og kommet til noen resultater. Årsaken til det høye forbruket var to ting. Det ene var feilplassering av mengdemåler som er beskrevet i detaljer under kapittel 4.1.1, og det andre var ubalansert aggregat med høyere tilluft enn avtrekk. Aggregatet er prosjektert med ubalansert luftmengde, altså større tilluft enn avtrekk grunnet et kjøkken-avtrekksaggregat innen samme betjeningsområde. Aggregat 360.012 er da balansert mot kjøkkenaggregatet. Det blir derfor dårlig gjenvinning dermed høyere forbruk. For å korrigere måledata for «falsk forbruk» grunnet feil plassering av mengdemåler, ble det opprettet en «test modell» i SIMIEN [Vedlegg E] der faktiske luftmengder som ikke var balansert for tilluft og avtrekk benyttet. Luftmengdene for tilluft og avtrekk ble hentet fra SD-anlegget. Historiske verdier for tilluft og avtrekk i et år (2022) ble lastet ned i en Excel-ark. Gjennomsnitt av maksimum og minimum luftmengder for tilluft og avtrekk ble beregnet og brukt i inndata i «testmodellen». Det ble beregnet energibruk til ventilasjonsvarme for reelle luftmengde i en årssimulering. Beregnet verdi er da forbruket til ventilasjonsvarme for aggregat 360.012. Forbruk grunnet feil plassering av mengdemåler ble beregnet ved å bruke formel 7.

Forbruk grunnet feil plassering av mengdemåler

$$= \text{Målt energibruk varmebatteri} - \text{beregnet energibruk varmebatteri test modell} \quad (7)$$

Aggregat 360.012 som forsyner plan 1-4, hadde også en måler som målte forbruket til varmebatteri. For å beregne andel forbruk til varmebatteri som tilhører plan 3 og 4, ble først effektbehov til varmebatteri beregnet ved hjelp av formel 3, deretter ble andel forbruk til varmebatteriet for plan 3 og 4 estimert ved hjelp av formel 8. Utetemperatur $T1$, innetemperatur $T3$, luftmengder for plan 1-4, settpunkt for tilluft og virkningsgrad, η ble hentet fra SD-anlegget. Temperatur etter varmeveksleren $T2$, ble beregnet ved hjelp av formel 4.

Det ble forutsatt følgende forhold ved beregning av effektbehov for varmebatteriet:

- DUT Oslo: -20°C
- Luftmengde $V_1= 2670 \text{ m}^3/\text{h}$, $V_2= 5530\text{m}^3/\text{h}$, $V_3= 5990 \text{ m}^3/\text{h}$, $V_4= 6270 \text{ m}^3/\text{h}$,
- Virkningsgrad for varmeveksler: 76%
- Avtrekkstemperatur, $T_3=21,5^\circ\text{C}$
- Settpunkt tilluft, = 20,6°C

Andel energibruk varmebatteri Q [kWh], for aggregat 360.012 som tilhører plan 3-4 ble beregnet ved hjelp av formel 8.

$$Q = \frac{\text{Effektbehov varmebatteri plan 3 og 4}}{\text{Totalt effektbehov varmebatteri plan 1 – 4}} \times \text{Målt energibruk varmebatteri} \quad (8)$$

Korrigerings av måledata for energibruk til vifte og kjølebatteri aggregat 360.029

For aggregat 360.029 var måledata felles for energibruk til vifte og kjølebatteri. Ettersom oppgaven skulle sammenligne målt energibruk med hver energipost i SIMIEN, var det behov for å skille data for kjølebatteri og vifte. Dette ble korrigerert ved å sammenligne med aggregat 360.020 som betjener lokaler i samme etasje ved siden av. Energifbruk til kjølebatteri ble estimert ved hjelp av formel 9. Deretter ble energibruk vifte beregnet ved hjelp av formel 10.

$$\text{Energifbruk kjølebatteri agg. 360.029} = \frac{\text{Luftmengde agg. 360.029} \times \text{målt energibruk kjøl.}}{\text{Luftmengde aggregat 360.020}} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Energifbruk vifte 360.029} \\ = \text{Målt energibruk kjøl og vifte 360.029} - \text{Energifbruk kjølebatteri 360.029} \end{aligned} \quad (10)$$

Korrigerings av måledata for virkningsgrad varmegjenvinner aggregat 360.019

Luftbehandlingsaggregatet med systemnummer 360.019 er det eneste aggregatet som har batteri gjenvinner. Historiske verdier fra SD-anlegget viser null gjenvinning for varmegjenvinneren, men ut ifra temperaturene i systemtegningen (Figur 3-2) ser man at varmen fra avtrekksluft gjenvinnes. Virkningsgraden til gjenvinneren ble derfor beregnet etter formel 13.

$$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1} = \frac{\text{gjenvunnet varme}}{\text{maks gjenvunnet varme}} \quad (11)$$

Der

η = Virkningsgrad varmegjenvinner

T_3 = Innetemperatur

T_1 = Utetemperatur

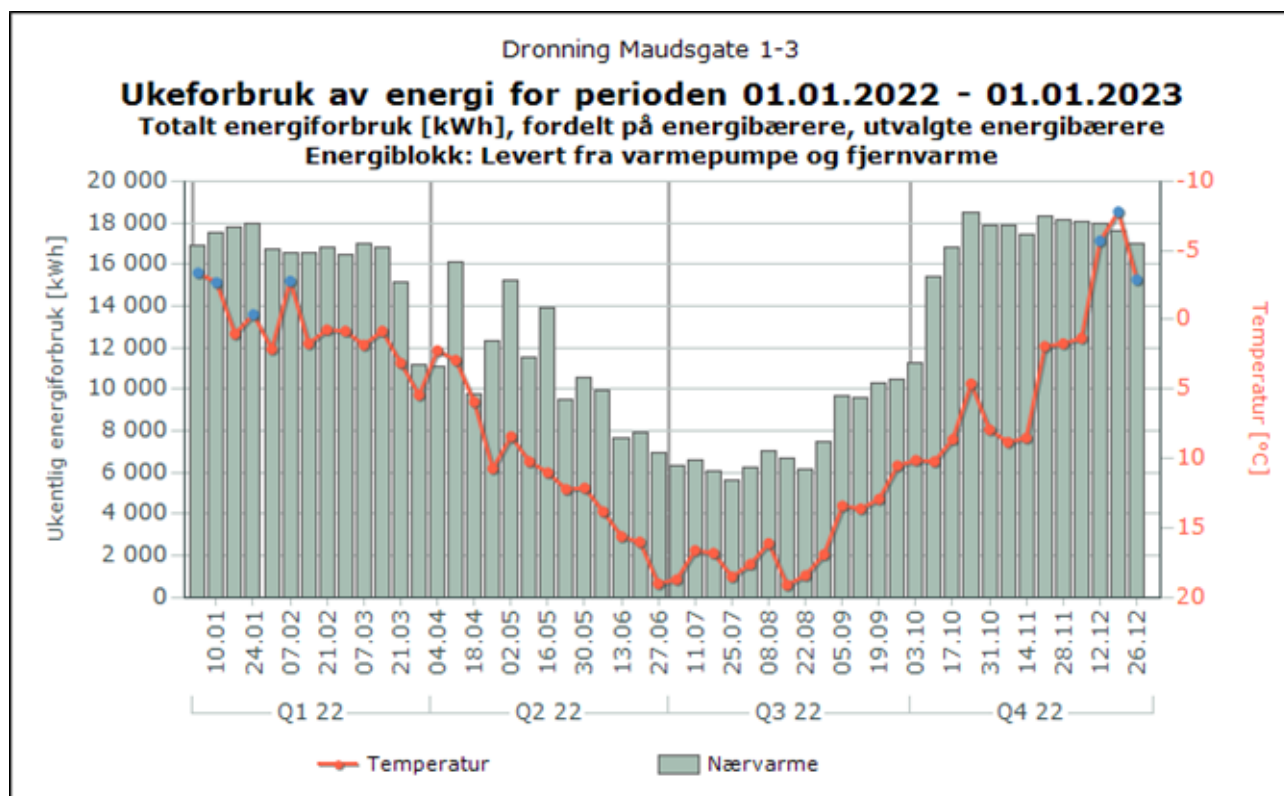
T_2 = Temperatur etter varmegjenvinner



Figur 3-2: Systemskjema ventilasjonsaggregat 360.019- hentet fra SD-anlegget.

Korrigerings av måledata for «levert energi el. til varmepumpesystem»

El-målerne som målte el. til varmepumpesystem til hele bygget, var ikke inne i januar og februar 2022. Måledata for levert el. til varmepumpesystem i november/desember var mye høyere enn oktober. Dette var urealistisk og måtte undersøkes. I befaringsdagen ble det funnet ut at det var perioder med driftsproblemer i desember, men dette var ikke så stort til å gi utslaget. Så her var det nok bedre å basere seg på levert energi fra varmepumpen/produksjonstall fra 2022, og legge til grunn en virkningsgrad for å regne seg tilbake til tilført energi siden varmepumpe-leveransen var lik gjennom vintersesongen (altså relativt lik både i oktober og desember) (Dokka & Grini, 2013). Varmepumpen er da «Nærvarme» som er vist i bilde under.



Figur 3-3- Ukeforbruk av energi for år 2022- Produksjonstall fra Nærvarme som er varmepumpe her. Bilde er hentet fra EOS i Optima.

Produksjonstallene fra EOS-systemet ble lastet ned i et Excel-ark, summert for år 2022, og delt på et årsvirkningsgrad på 2,44 (formel 12). (Haugerud et al., 2015).

Måledata for el. til varmepumpesystem gjaldt hele bygget. Ettersom oppgaven kun skulle se på forbruket til kontoretasjene, ble dette korrigert for andel plan 3-11 ved hjelp av formel 13.

$$El. \text{ til varmepumpesystem hele bygget} = \frac{\text{Levert energi fra varmepumpe til hele bygget}}{2,44} \quad (12)$$

$$El. \text{ til varmepumpesystem plan 3 – 11} = \frac{El. \text{ til varmepumpesystem hele bygget} \times \text{Areal plan 3 – 11}}{\text{Oppvarmet areal hele bygget}} \quad (13)$$

Temperaturkorrigering

Etter at måledata ble korrigert for plan 3-11, sortert og korrigert for hver energipost tilsvarende energipostene i NS 3031(Standard Norge, 2014), ble igjen måledata korrigert for både temperatur og virkningsgrad som er beskrevet i kapittel 2, bakgrunn og teori.

For temperaturkorrigering av måledata ble metoden månedstemperaturkorrigering benyttet etter anbefalingene fra (Dokka & Grini, 2013) som er beskrevet i teorikapitlet. Måledata ble temperaturkorrigert ved hjelp av formel 1. For å kunne temperaturkorrigere måledata måtte T_{base} bestemmes for casebygningen. Tabell 3-4 oppgir basetemperaturer for ulike varmetekniske standarder som er beregnet i rapporten (Dokka & Grini, 2013). Casebygningen er opprinnelig fra 1971. Siden bygningen ble oppgradert i senere år til TEK17 standard ved ombyggingen, ble T_{base} satt til 13° C.

Tabell 3-4 Beregnet basetemperaturer for forskjellige varmetekniske standarder, hentet fra (Dokka & Grini, 2013).

Varmeteknisk nivå på bygget	T_{base}
Passivhus-nivå (TEK15)	9° C
TEK10-nivå	13° C
TEK97-nivå	15° C
TEK87-nivå	17° C

$T_{e, \text{reell}}$ ble hentet fra målt utetemperatur i energioppfølgingssystemet, og $T_{e, \text{norm}}$ ble hentet fra månedsmiddeltemperaturen som ble brukt i SIMIEN beregningen, altså standard referanseklime for Oslo, tabell M.1 i NS 3031:2014 (Standard Norge, 2014)

Etter å ha bestemt T_{base} , $T_{e, \text{reell}}$ og $T_{e, \text{norm}}$ ble temperaturkorrigeringsfaktoren beregnet ved hjelp av formel 1 som er presentert i kapittel 2 bakgrunn og teori. Temperaturkorrigeringsfaktor ble satt til 1 de månedene det ikke var behov for oppvarming, siden temperaturkorrigeringsfaktoren gjelder for energibruk til oppvarming. For mai til september er månedsmiddeltemperaturen høy, men likevel kan det være noe behov for oppvarming også i disse månedene. Siden dette utgjør veldig lite av årlig varmebehov kan det være godtagbart å sette temperaturkorrigeringsfaktoren til 1,0 for disse månedene.

Etter anbefalingene fra Dokka og Grini kan enten måledata eller beregningen/simuleringen bli temperaturkorrigert. Ved korrigering av beregningen/simuleringen skal energibehovet til romoppvarming og ventilasjon multipliseres med temperaturfaktoren som ble beregnet til 0,9. For temperaturkorrigering av måledata, skal energibruk til romoppvarming og ventilasjon deles på temperaturfaktoren. Det ble valgt å temperaturkorrigere måledata i oppgaven.

Virkningsgrad korrigerings

Temperaturkorrigert måledata ble også virkningsgradkorrigert ved å bruke metode 2 som er beskrevet i kapitel 2. Målt levert energi ved energisentral ble da multiplisert med produksjon- og avgivelsesvirkningsgrad. Det ble ikke tatt hensyn til distribusjonsvarmetap siden målerne er plassert lokalt i hver sone. Det ble brukt virkningsgrader fra tillegg B i NS3031 som er vist [Vedlegg A]. Virkningsgrader for produksjon (fjernvarme) og avgivelse (radiatorer og kombibafler) er henholdsvis 98 % og 92 %, som gir en samlet systemvirkningsgrad på 95 %.

3.2 Årsak til avvik mellom målt og beregnet energibehov/ innvirkning av bruk og drift av et kontorbygg på energibehovet

Årsak til avvik ble undersøkt ved å finne parametere som målte virkningsgrad varmegjenvinner, settpunkttemperatur tilluft, SFP, luftmengder samt aggregat driftstider og sammenlignet med verdier forutsatt i SIMIEN simuleringene.

Logg/historiske verdier for settpunkttemperatur tilluft, virkningsgrad gjenvinner, SFP verdier og luftmengder tilluft og avtrekk ble lastet ned fra SD-anlegget. Historiske verdier for virkningsgrad varmegjenvinner var registrert annenhverdag. Gjennomsnittverdier av disse parameterne ble beregnet. For å finne settpunkttemperatur til romoppvarming ble logg/historiske verdier for romtemperatur lastet ned fra SD-anlegget. For å finne settpunkttemperatur til romkjøling ble logg/historiske verdier for avtrekksluft lastet ned fra SD-anlegget.

Etter å ha analysert målingene, ble det foretatt en befaring av bygningen for å undersøke mulige årsaker til avvikene mellom det målte og beregnede energibehovet. Under befaringen ble det gjennomført et intervju med byggets tekniske forvaltningssjef, som ga verdifulle svar på en rekke spørsmål knyttet til måledataene. Punkter som ble sjekket under befaringen er som følge:

- Årsak til det høye forbruket til ventilasjonsvarme aggregat 360.012
- Årsak til høyt SFP verdi aggregat 360.016
- Årsak til at SFP-verdien er null for aggregat 360.012-14
- Årsak til ubalanserte aggregater
- Årsak til urealistiske verdier el. til varmepumpesystem for eksempel høyere forbruk i oktober enn november og desember
- Oppvarmet areal for plan 3-11
- Personbelastning
- Årsvirkningsgrad varmepumpe
- Info om kombibafler
- Info om aggregater med integrert varmepumpe
- Manglende måledata til vifter for noen av aggregatene

4 Resultater og diskusjon

4.1 Avvik mellom målt og beregnet energibehov

I dette kapittelet blir beregninger og resultater som ble gjennomført for å oppdage avvik presentert. Tabell 4-1 og 4-2 presenterer resultater fra årssimulering med normerte inndata i SIMIEN. Tabell 4-1 gir en oversikt over beregnede netto energibehov, fordelt på de ulike energipostene. Tabell 4-2 presenterer levert energi fordelt på de ulike energikildene. Resultatene viser at de største energipostene er romkjøling og teknisk utstyr med netto energibehov på henholdsvis 216 966 [kWh/år] og 444 809 [kWh/år].

Tabell 4-1 Samlet netto energibehov beregnet iht. NS3031:2014. (Standard Norge, 2014)

Energipost	Totalt energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibudsjet [kWh/m ² /år]
Romoppvarming	130 276	10,1
Ventilasjonsvarme	90 742	7
Varmtvann	64 704	5
Vifter	156 910	12,2
Pumper	44 750	3,5
Belysning	187 627	14,5
Teknisk utstyr	444 809	34,4
Romkjøling	216 966	16,8
Ventilasjonskjøling	77 995	6
Totalt netto energibehov	1 414 780	109,6

Resultat for simulering av beregnet levert energi ved Dronning Mauds gate 1-3 er presentert i Tabell 4-2.

Tabell 4-2 Beregnet energibehov for levert energi

Energikilde	Totalt levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/m ² /år]
Direkte El.	851 787	66
El. til varmepumpesystem	140 890	10,9
Sum Elektrisk	992 677	76,9
Fjernvarme	114 388	8,9
Total levert energibruk	1 107 066	85,7

Utover normerte beregninger for evaluering mot myndighetskrav skal iht. veiledningen til TEK (VTEK) kapittel 14.2.5 som minimum benyttes reelle verdier for inndata parametere som ble nevnt i kapittel 3.4.1 i oppgaven. For kontoretasjene på casebygningen ble nevnte parametere justert fra normerte beregninger. Resultatene for beregnet netto reelt energibudsjet og behov for levert energi er presentert i tabell 4-3 og 4-4. Resultatene viser at de største energipostene er igjen romkjøling og teknisk utstyr med netto energibehov på henholdsvis 400 500 [kWh/år] og 657 500 [kWh/år]. Resultatene også viser at beregnet romoppvarming med reelle inndata er noe lavere enn beregnet romoppvarming med normerte verdier. Samtidig er beregnet ventilasjonsvarme med reelle inndata er høyere enn beregnet romoppvarming med normerte verdier. Energibruk til vifter er høyere i beregningene med reelt inndata.

Tabell 4-3 Beregnet netto reelt energibehov

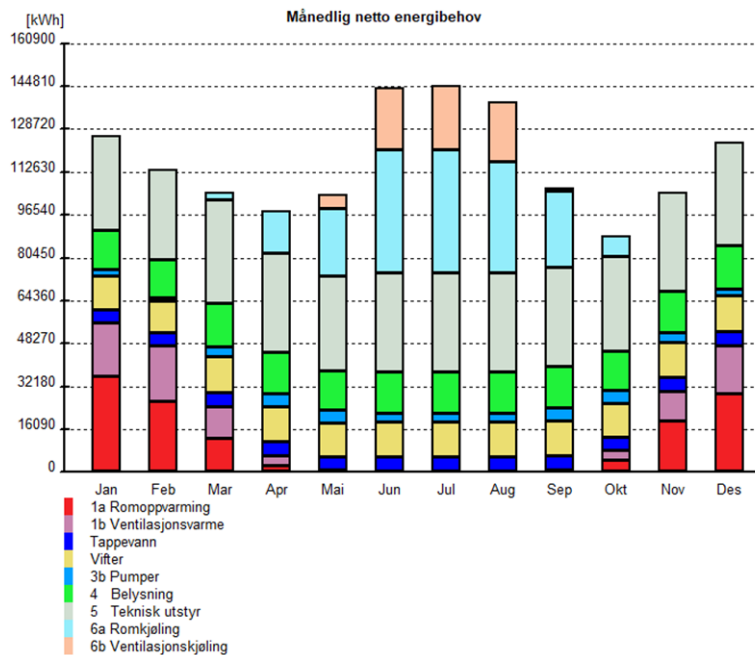
Energipost	Totalt energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibudsjett [kWh/m²/år]
Romoppvarming	81 500	6,5
Ventilasjonsvarme	214 500	17
Varmtvann	65 000	5
Vifter	253 500	20
Pumper	57 000	4,5
Belysning	188 000	14,5
Teknisk utstyr	657 500	51
Romkjøling	400 500	31
Ventilasjonskjøling	113 000	9
Totalt netto energibehov	2 030 500	159

Resultat for simulering av beregnet reelt totalt levert energi ved Dronning Mauds gate 1-3 er presentert i Tabell 4-4.

Tabell 4-4 Beregnet reelt energibehov for levert energi

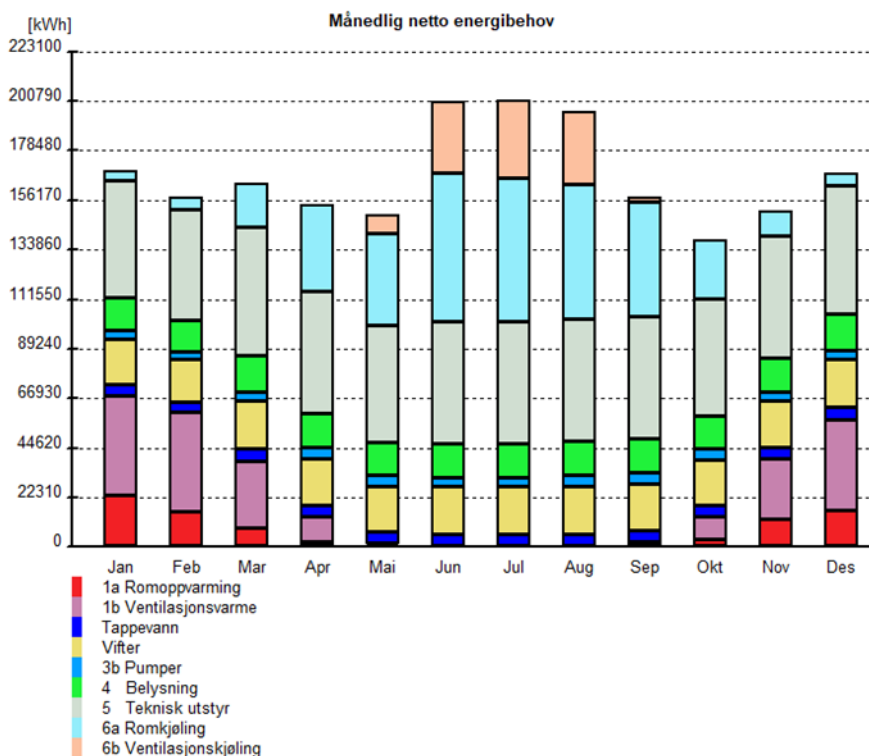
Energikilde	Totalt levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/m²/år]
Direkte El.	1 165 673	90,3
El. til varmpumpesystem	223 435	17,3
Elektrisitet	1 389 500	108
Fjernvarme	229 500	18
Total energibruk	1 619 000	126

Figur 4-1 viser månedlig netto energibehov for SIMIEN modellen med normerte inndata. Figuren viser at rom- og ventilasjonskjøling har sine effekttopper i juni og juli, mens belysning, rom- og ventilasjonsoppvarming, pumper og vifter har alle sine effekttopper i januar og desember.



Figur 4-1: Månedlig netto energibehov for modellen med normerte inndata i SIMIEN.

Figur 4-2 viser månedlig netto energibehov for SIMIEN modellen med reelle inndata. Figuren viser at rom- og ventilasjonskjøling har sine effekttopper i juni og juli, mens belysning, rom- og ventilasjonsoppvarming, pumper og vifter har alle sine effekttopper i januar og desember.



Figur 4-2: Månedlig netto energibehov for modellen med reelle inndata i SIMIEN.

For konsekvent sammenligning av målte og beregnede verdier ble målte energibruk sortert i energiposter tilsvarende energibudsjettet i NS 3031. Det vil si Romoppvarming, ventilasjonsvarme, varmtvann, vifter, pumper, belysning og teknisk utstyr, romkjøling og ventilasjonskjøling. For belysning og teknisk utstyr ble de to postene slått sammen ettersom det ikke var separate målere for hver enkelt post. Videre ble måledataene korrigert for å sikre nøyaktigheten.

4.1.1 Korrigering av måledata

I dette kapitlet gjennomgås resultater fra korrigering av måledata der det var nødvendig for at det skal være sammenlignbart med resultatene fra simuleringene.

Måledata for aggregat 360.014 som forsyner del av plan 2 og 3, hadde en måler som målte forbruk til kjølebatteri og vifte. Ettersom oppgaven kun skulle se på forbruket til kontoretasjene, ble måledata korrigert for andel forbruk til kjøling og vifte som tilhører plan 3. Det samme gjaldt forbruket til varmebatteriet, der måledata ble korrigert til andel forbruk plan 3. Resultatene er vist i tabell 4-5 og 4-6.

Tabell 4-5 Korrigert målt energibruk kjøling og vifte aggregat 360.014 som tilhører plan 3.

	Luftmengder [m ³ /h]	Energibruk vifte [kWh]	Energibruk kjølebatteri [kWh]
Plan 2-3	12500	17396	1864
Plan 2	5 000	6958,4	746
Plan 3	7500	10438,6	1118

Tabell 4-6 Korrigert målt energibruk varmebatteri aggregat 360.014 som tilhører plan 3.

	Luftmengder [m ³ /h]	Effektbehov varmebatteri [kW]	Andel av forbruket	Energibruk varmebatteri [kWh]
Plan 2-3	12500	183373,7	1	37466
Plan 2	5 000	73349,5	0,4	14986
Plan 3	7500	110024	0,6	22479,6

Det samme gjaldt forbruket til varme- og kjølebatteri aggregat 360.012 som forsyner plan 1-4, der forbruket ble korrigert for plan 3-4. Måledata ble korrigert for andel energibruk til kjøle- og varmebatteriet Q [kWh] som tilhørte plan 3-4. Resultatene er vist i tabell 4-7 og 4-8.

Tabell 4-7 Korrigert målt energibruk kjølebatteri aggregat 360.012.

	Luftmengder [m ³ /h]	Energibruk kjølebatteri [kWh]
Plan 1	2670	766
Plan 2	5530	1587
Plan 3	5990	1719
Plan 4	6270	1799
Sum plan 3-4	12260	3518

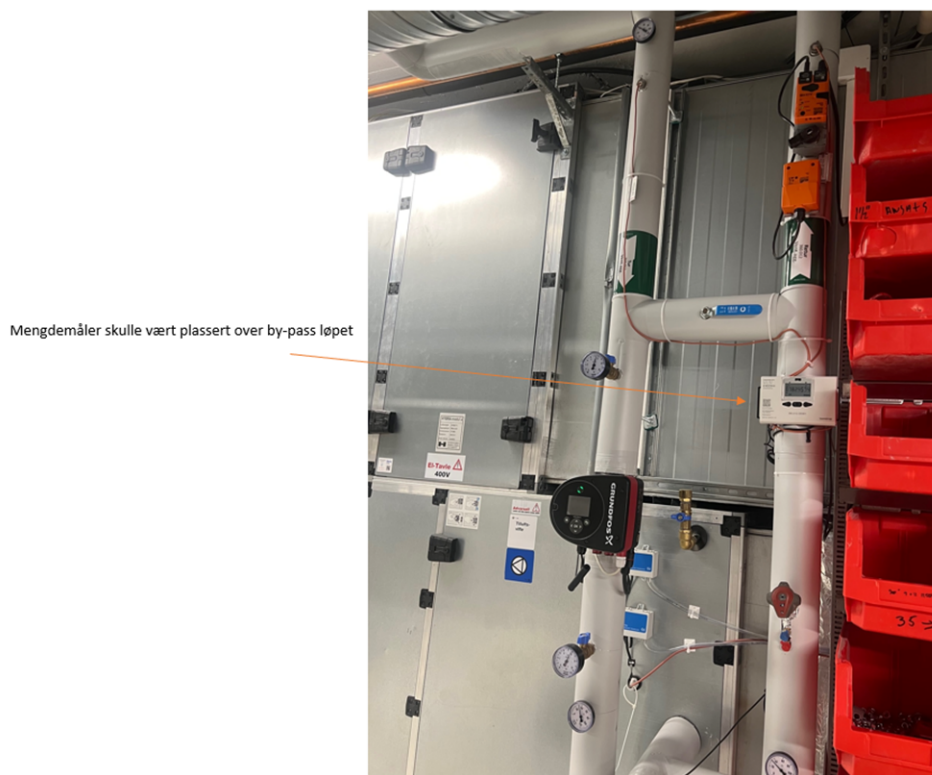
Tabell 4-8 Korrigert målt energibruk varmebatteri aggregat 360.012 som tilhører plan 3-4.

	Luftmengder [m ³ /h]	Effektbehov varmebatteri [kW]	Andel av forbruket	Energibruk varmebatteri [kWh]
Plan 1-4	20460	28	1	80605
Plan 1	2670	3,65	0,13	10519
Plan 2	5530	7,6	0,27	21786
Plan 3	5990	8,2	0,30	23598
Plan 4	6270	8,6	0,30	24702

Aggregat 360.012 hadde høyest forbruk til varmebatteri blant alle aggregatene. Forskjellen var så stor at årsaken til det høye forbruket måtte undersøkes. Målt energibruk for aggregatet var 254 916 [kWh] for plan 1-4. For å avdekke årsaken til det høye forbruket, ble det gjennomført befarings av casebygningen. Det ble gjennomført et intervju med byggets teknisk Forvaltningssjef og kommet til noen resultater. Årsaken til det høye forbruket var feilplassering av mengdemåler.

Problemet var at mengdemåler var montert under by-pass løpet på varmebatteriet. Dette gjorde at mengdemåleren registrerte en konstant vannmengde (siden batteriet skal ha intern sirkulasjon hele vinterhalvåret). Temperaturføler for turledning var montert over toveisventil som åpner for tilførsel av varme til batteriet, mens føler for returløp var montert på returløpet fra varmebatteriet.

Enkleste eksempel på hvor feil dette blir er at dersom aggregatet stopper på driftstid og toveisventil som forsyner varme til batteriet stenger vil turføleren til energimåleren fortsatt måle temperaturdifferansen mellom det varme vannet som står i forkant av toveisventilen og returløpet på varmebatteriet, og se denne opp mot vannmengden som pumpen til varmebatteriet sirkulerer internt. Dette medfører at den måler et stort energiforbruk selv om det faktisk ikke tilføres noe energi til batteriet.



Figur 4-3: Tilkobling av varmebatteri i teknisk rom for aggregat 360.012- Feilplassering av mengdemåler

Måledata ble korrigert for feilplassering av mengdemåler som resulterte til «falsk energibruk» for aggregat 360.012. Resultatene er vist i tabell 4-9.

Tabell 4-9 Korrigert måledata for energibruk av varmebatteri ventilasjon 360.012

Energipost	Energibruk ventilasjonsvarme fra testmodellen [kWh]	Målt energibruk varmebatteri plan 1-4 før korrigering [kWh]	Falsk energibruk grunnet feil plassering av mengdemåler [kWh]
Ventilasjonsvarme (ventilasjonsbatteri)	80 605	254 916	174 311

For aggregat 360.029 var måledata felles for energibruk til vifte og kjølebatteri. Ettersom oppgaven skulle sammenligne målt energibruk tilsvarende energipostene i SIMIEN, var det behov for å skille måledata for kjølebatteri og vifte. Måledata ble derfor korrigert slik det er beskrevet i kapittelet «Metoder og materialer». Resultatene er vist i tabell 4-10.

Tabell 4-10 Korrigert målt energibruk kjøll og vifte for aggregat 360.029.

	Luftmengder [m ³ /h]	Energibruk vifte [kWh]	Energibruk kjølebatteri [kWh]
Aggregat 360.020	7800	1009	7618
Aggregat 360.029	2650	441	2588

Korrigerings av måledata for «levert energi el. til varmepumpesystem»

Måledata for el. til varmepumpesystem ble korrigert. Resultatene er presentert i tabell 4-11.

Tabell 4-11 Korrigering av måledata for levert El. til varmepumpesystem

Energivare	Levert energi [kWh]
Levert energi fra varmepumpe til hele bygget	675911
El. til varmepumpesystem hele bygget	281630
El. til varmepumpesystem plan 3-11	177297

Temperatur- og virkningsgradkorrigering

Oppgaven skal sammenligne målt og simulert energibehov for casebygningen. Energibruket i bygningen er målt over et år, og det ble undersøkt om dette samsvarer med simulert energibehov. Når man foretar en energimerkesimulering så benytter man en rekke standardiserte inndata (fra NS 3031), for eksempel for uteklimate og romtemperatur. Uteklimate kan avvike fra faktiske forhold både fordi bygget ikke ligger i Oslo og fordi uteklimate varierer fra år til år. Måledata ble derfor temperaturkorrigert ved hjelp av månedstemperaturkorrigering. Temperaturkorrigeringsfaktoren ble beregnet ved bruk av formel (1) i kapittel 2.4.1. Resultatene er presentert i tabell 4 -12.

Tabell 4-12 $T_{e, reell}$ målt utetemperatur, $T_{e, norm}$ normalisert utetemperatur og beregnet f_T temperaturkorrigeringsfaktor.

Måned	$T_{e, reell}$, Målt utetemperatur, 2022 [° C]	$T_{e, norm}$, Utetemperatur fra referanseklima for Oslo [° C]	f_T , temperatur- korrigeringsfaktor [° C]
Januar	-0,7	-3,7	0,8
Februar	0,1	-4,8	0,7
Mars	2,8	-0,5	0,8
April	5,4	4,8	0,9
Mai	10,8	11,7	1
Juni	16,1	16,5	1
Juli	17,7	17,5	1
August	17,6	16,9	1
September	12,6	11,5	1
Oktober	8,3	6,4	0,7
November	5,2	0,5	0,6
Desember	-3,8	-2,5	1,1
Snitt	7,7	6,3	0,9

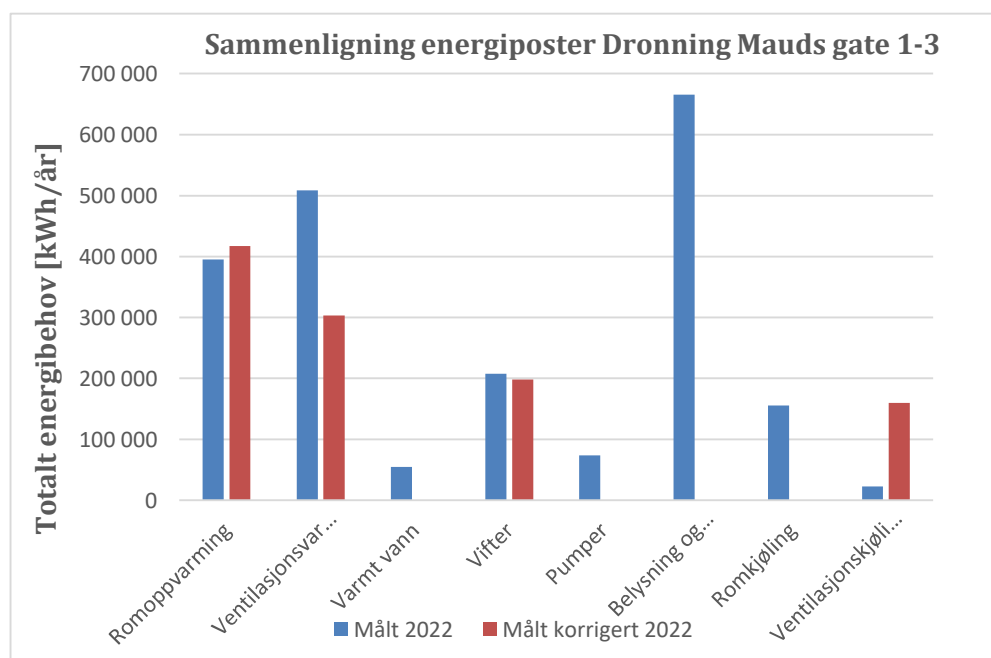
Som det er presentert i tabell 4-12, vises det at med unntak av desember, er temperaturkorrigeringsfaktoren mindre enn én for alle månedene. Dette viser at Oslo har vært jevnt over mildere i år 2022 enn referanseklime oppgitt i NS3131.

År 2022 var relativt varmt med en årsmiddeltemperatur på 7,7 °C (mot normalt 6,3 °C). Måledata for romoppvarming og ventilasjonsvarme ble delt på temperaturkorrigeringsfaktor 0,9. En månedsmiddeltemperaturkorrigering, gir da et temperaturkorrigert forbruk på 439 097 kWh og 319 187 kWh for hhv. rom- og ventilasjonsoppvarming.

Temperaturkorrigert måledata ble også virkningsgradkorrigert ved å bruke metode 2 som er beskrevet i kapitel 2 «bakgrunn og teori». Temperatur- og virkningsgradkorrigert netto energibehov til romoppvarming og ventilasjonsvarme blir da henholdsvis 417 142 kWh og 303 228 kWh.

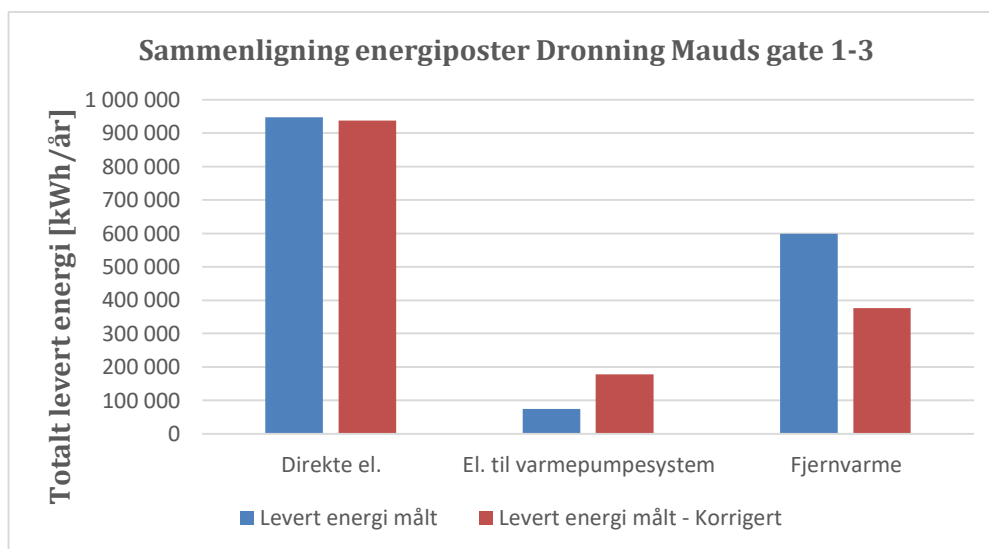
4.1.2 Sammenligning av målt og målt korrigert energibruk

Måledata som ble korrigert ble sammenlignet med opprinnelige måledata fra energioppfølgingssystemet ned på energipostnivå. Sammenligningen er presentert i figur 4-4. Figuren viser at energipostene varmtvann, pumper, belysning og teknisk utstyr og romkjøling ikke behøvde å korrigeres. Energibruk til romoppvarming og ventilasjonskjøling ble økt, mens energibruk til ventilasjonsvarme og vifter ble redusert etter korrigeringene.



Figur 4-4: Sammenligning av totalt netto energibehov ned på energipostnivå mellom målt og målt korrigert for Dronning Mauds gate 1-3.

Måledata som ble korrigert ble sammenlignet med opprinnelige måledata fra energioppfølgingssystemet for levert energi. Sammenligningen er presentert i figur 4-5. Figuren viser at energivarene fjernvarme og direkte elektrisitet ble redusert, mens elektrisitet til varmepumpesystemet ble økt etter korrigeringsene.



Figur 4-5: Sammenligning av totalt levert energi mellom målt og målt korrigert for Dronning Mauds gate 1-3.

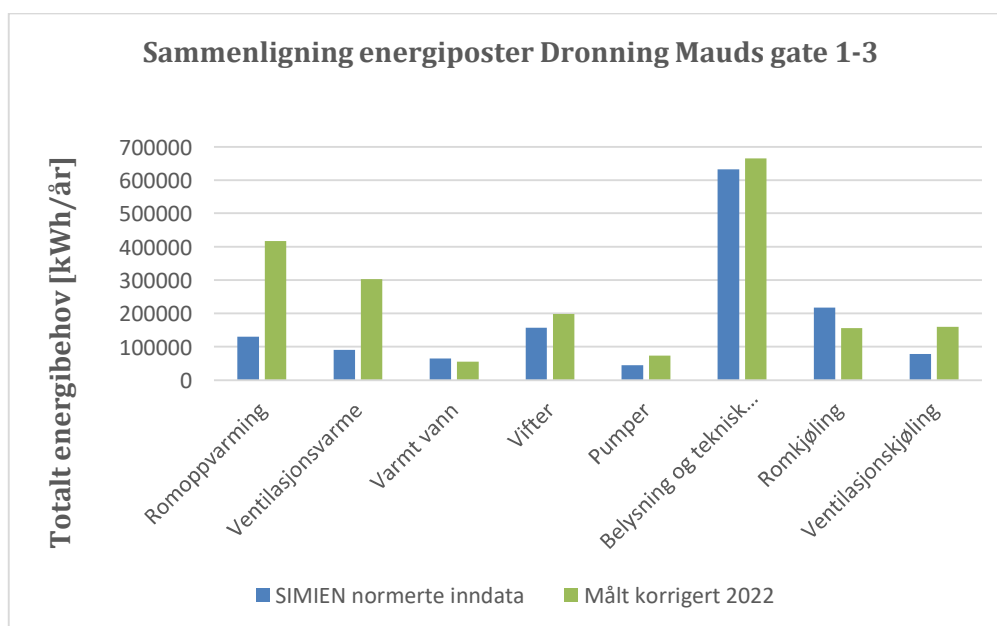
4.1.3 Sammenligning av målt og beregnet energibruk

I dette kapittelet settes søkelys på sammenligning av resultat fra simuleringen i SIMIEN med normerte inndata med korrigerede data fra energioppfølgingssystemet herunder kalt «målt korrigert» ettersom de to er mest interessante i oppgaven. Videre i kapittelet diskuteres oppdaget avvik og årsaker til avvikene.

4.1.4 Sammenligning av energiregnskap

For Dronning Mauds gate 1-3 sammenlignes beregnet energibehov fra SIMIEN, med korrigert måledata fra energioppfølgingssystemet. Utendørs energibehov er ikke tatt med i denne sammenligningen. Figur 4-6 viser sammenligningen.

Figuren tyder på at beregningene avviker noe eller i betydelig grad fra målte forbruk.



Figur 4-6 Sammenligning av målt og beregnet netto energibehov ned på energipostnivå for 2022 for Dronning Mauds gate 1-3.

Romoppvarming

Figur 4-6 viser at beregnet energibehov er vesentlig lavere enn målt energibruk for romoppvarming. Korrigert energibruk er målt til 417 142 [kWh], mens energibehov til romoppvarming er beregnet til 130 276 [kWh].

Det er differanse på 286 866 [kWh] tilsvarende 68% underestimering av energiforbruk til romoppvarming i beregnede modellen i forhold til faktisk forbruk.

Ventilasjonsvarme

Figur 4-6 viser at beregnet energibehov for ventilasjonsvarme er betydelig lavere enn målt. Korrigert energibruk til ventilasjonsvarme er målt til 303 228 [kWh], og beregnet til 90 742 [kWh].

Det er differanse på 201 730 [kWh] tilsvarende 69% underdimensjonering av ventilasjonsvarme i beregningsmodellen sammenlignet med faktiske forbruk.

Varmtvann

Figur 4-6 viser at det er ganske likt energibehov til varmtvann mellom målt og beregnede verdier.

Energibruk til forvarming av tappevann er målt til 54 919 [kWh], og beregnet til 64 704 [kWh] i begge SIMIEN modellene.

Vifter

Figur 4-6 viser at energibruk til vifter avviker fra beregningene. Energibruk til vifte er målt til 198 083 [kWh], og beregnet til 156 910 [kWh].

Pumper

Figur 4-6 viser at det er lite avvik mellom målt og beregnet energibruk til pumper. Energibruk til pumper er målt til 73 642 [kWh], og beregnet til 44 750 [kWh] i SIMIEN modellen.

Belysning og teknisk utstyr

Energiposten for belysning er slått sammen med energiposten teknisk utstyr, det er fordi energibehovet til belysning som nevnt tidligere ikke har egne målere. Figur 4-6 viser at det er lite avvik mellom målt og beregnet energibruk til belysning og teknisk utstyr. Energibruk til belysning og teknisk utstyr er målt til 665 638 [kWh], og beregnet til 632 436 [kWh].

Romkjøling

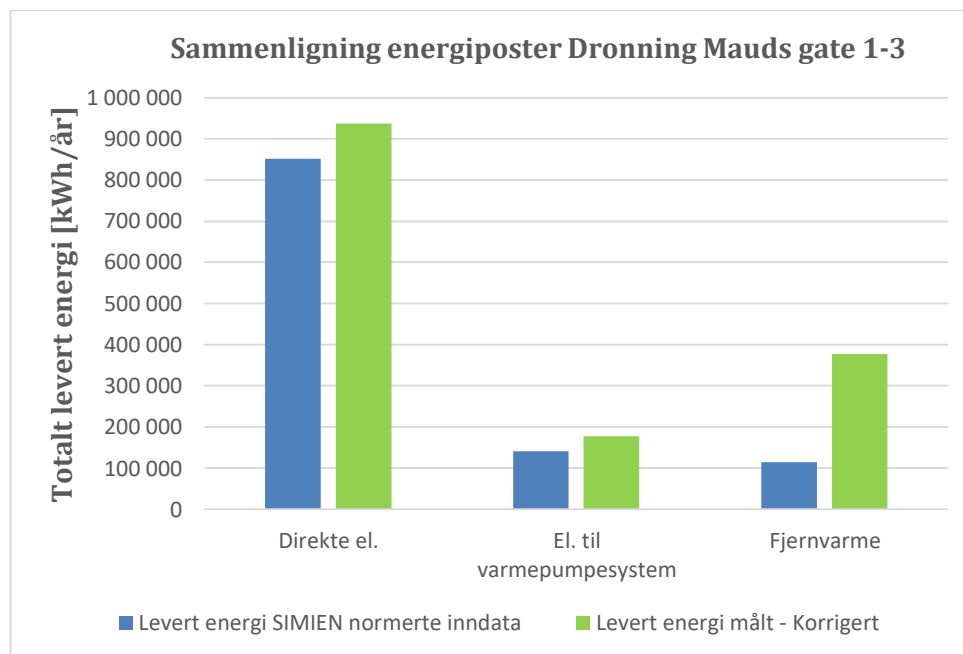
Figur 4-6 viser at energibruk til romkjøling er overdimensjonert i beregningsmodellen sammenlignet med målt forbruk. Energibruk til romkjøling er målt til 155 598 [kWh], og beregnet til 216 966 [kWh]. Det er differanse på 61 368 [kWh] tilsvarende 39% overdimensjonering av romkjøling i beregningene sammenlignet med faktiske forbruk.

Ventilasjonskjøling

Figur 4-6 viser at energibruk til ventilasjonskjøling er underdimensjonert i beregningsmodellen sammenlignet med målt forbruk. Energibruk til ventilasjonskjøling er målt til 159 842 [kWh], og beregnet til 77 995 [kWh]. Det er differanse på 81 847 [kWh] tilsvarende 51% underdimensjonering av ventilasjonskjøling i beregningene sammenlignet med faktiske forbruk.

4.1.5 Sammenligning av levert energi

Måledata for levert energi ble hentet fra energioppfølgingssystemet og korrigert. Figur 4-7 viser levert energi for energivarer direkte elektrisitet, elektrisitet til varmepumpesystem, og fjernvarme sammenlignet for målt og beregnet energibehov. Beregnet levert energi for både «Direkte el», «el. til varmepumpesystem» og «fjernvarme» er mindre enn målt forbruk der beregnet levert energi «fjernvarme» avviker mest fra målingene.



Figur 4-7 Beregnet levert energi sammenlignet med målt levert energi for Dronning Mauds gate 1-3.

4.2 Årsak til avvik mellom målt og beregnet energibruk/ innvirkning av bruk og drift av et kontorbygg på energibehovet

I dette kapitlet skal årsakene til avvik grundig diskuteres ned på energipostnivå og diskutere innvirkning av bruk og drift av bygget på energibehovet. Det skal fokuseres spesielt på de energipostene der målt forbruk avviker betydelig fra beregningene. Ved å identifisere og analysere årsak til disse avvikene, kan man iverksette tiltak for å redusere avvikene og optimalisere energiforbruket.

4.2.1 Romoppvarming

Det kommer frem av figur 4-6 at energibruk til romoppvarming er betydelig større i virkeligheten enn beregnet, noe som indikerer at romoppvarmingen er vesentlig underestimert. At energibruk til romoppvarming er større enn prosjektert er også observert i (Ørnes & Grini, 2017). Dette avviket kan delvis forklares av at antagelsen for settpunkttemperatur for oppvarming med 21 °C i driftstid og 19 °C utenom driftstid avviker fra de faktiske forhold i casebygningen. Dronning Mauds gate 1-3 drifter med et temperatursettpunkt på 22 °C både i og utenom driftstid ifølge SD-anlegget. At det i bygningen settes settpunkttemperatur for oppvarming høyere enn i energiberegningene er også observert i (Menezes et al., 2011), (Morant, 2012) og (Turner & Frankel, 2008).

For å vurdere betydningen av avviket i settpunkt for energibruken til romoppvarming ble det opprettet en testmodell i SIMIEN [Vedlegg F]. I testmodellen ble settpunkttemperaturen både i og utenom driftstiden endret til realistiske verdien altså 22°C. Resultatene viste at energiforbruket økte betydelig, fra 130 276 [kWh] til 498 204 [kWh] som samsvarer mye bedre med måledata. Dette understreker viktigheten av nøyaktige og representative settpunkttemperaturer i energiberegningene, da avvik kan resultere i betydelige forskjeller mellom beregnede og faktiske energibrukstall. Settpunkt utenfor driftstid blir spesielt viktig når man har døgnkontinuerlig ventilasjon.

4.2.2 Ventilasjonsvarme

Det kommer frem av figur 4-6 at energibruk til ventilasjonsvarme er underdimensjonert i beregnede modeller sammenlignet med målt forbruk. At energibruk til ventilasjonsvarme er større enn prosjektert er også observert i (Ørnes & Grini, 2017). Årsak til avvik ble undersøkt ved å finne parametere som målte virkningsgrad, settpunkttemperatur tilluft, SFP, luftmengder, aggregat driftstider og sammenlignet med verdier forutsatt i SIMIEN simuleringene.

Logg/historiske verdier for settpunkttemperatur tilluft for alle aggregatene til plan 3-11 ble lastet ned fra SD-anlegget. Avviket i energibruk til ventilasjonsvarme mellom målt og beregnet kan delvis forklares av at antagelsen i beregningene for «normal tilluftstemperatur» og «annen tilluftstemperatur sommer (mai-august)» avviker fra de faktiske forholdene i casebygningen. Dette avviket har en direkte innvirkning på forbruket av varmebatteri og fører dermed til økt energibruk for ventilasjonsvarmen. Settpunkttemperaturerne for tilluft er presentert i tabell 4-13.

Tabell 4-13 Sammenligning av Settpunkttemperatur tilluft mellom målt og beregnet.

	Aggregater plan 3-11
Normal tilluftstemperatur, målt	20 °C
Normal tilluftstemperatur, beregnet	19 °C
Annen tilluftstemperatur sommer, målt	19,7 °C
Annen tilluftstemperatur sommer, beregnet	18 °C

Logg/historiske verdier for virkningsgrad gjenvinner, SFP og luftmengder tilluft og avtrekk ble lastet ned fra SD-anlegget. Historiske verdier for virkningsgrad varmegjenvinner var registrert annenhverdag. Gjennomsnittverdier av disse parameterne ble beregnet. Resultatene er vist i tabell 4-14 sammenlignet med teoretiske beregnede verdier fra begge modellene i SIMIEN.

Aggregat 360.004 har bare vært i drift i desember 2022. Virkningsgrad for varmegjenvinneren varierer mye fra tidspunkt til tidspunkt (Vedlegg B). Gjennomsnittlig virkningsgrad for varmegjenvinner ble beregnet for desember som var den eneste måneden aggregatet har vært i drift. Resultatet er presentert i tabell 4-14.

Tabell 4-14 Sammenligning av virkningsgrad og SFP faktor mellom målt og beregnet, samt luftmengder aggregat.

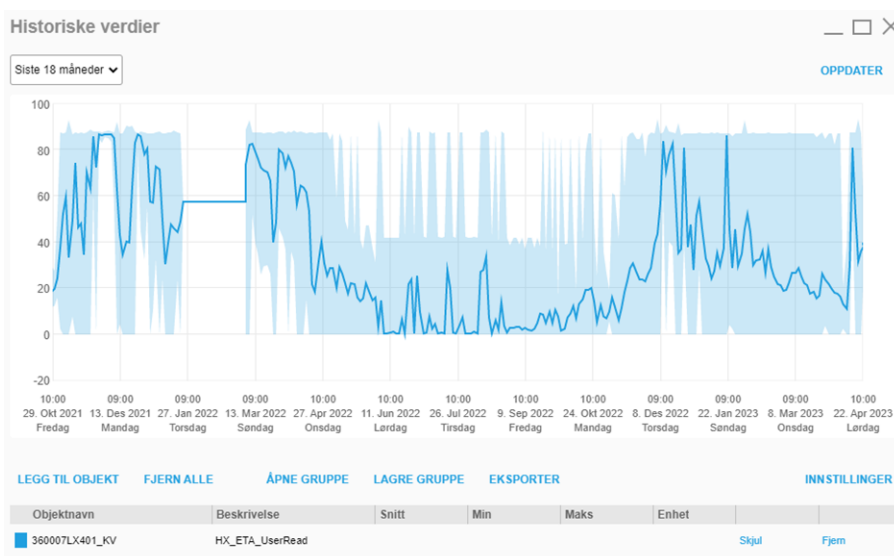
Systemnummer	Virkningsgrad målt [%]	Virkningsgrad beregnet modell 1 [%]	Virkningsgrad beregnet modell 2 [%]	SFP målt [kW/(m ³ /s)]	SFP beregnet modell 1 og 2 [kW/(m ³ /s)]	Luftmengde tilluft [m ³ /h]	Luftmengde avtrekk [m ³ /h]
360.004	59	84,9	79,9	0,79	1,61	2518	2150
360.005	76	84,9	79,9	1,08	1,61	4363	3979
360.006	76	84,9	79,9	0,9	1,61	3521	3022
360.007	46	84,9	79,9	1,9	1,61	4467	4468
360.008	78	84,9	79,9	0,68	1,61	2178	2178
360.009	68	84,9	79,9	1,5	1,61	4456	4455
360.010	75	84,9	79,9	0,84	1,61	2686	2680
360.011	45	84,9	79,9	1,3	1,61	4440	4445
360.012	76	84,9	79,9	0	1,61	21833	18717
360.013	78	84,9	79,9	0	1,61	9927	8246
360.014	66	84,9	79,9	0	1,61	6037	9076
360.016	63	84,9	79,9	832	1,61	1994	2001
360.018	80	84,9	79,9	0,94	1,61	3064	3050
360.019	53	84,9	79,9	2,5	1,61	6786	6531
360.020	84	84,9	79,9	0,88	1,61	3278	3278
360.021	54	84,9	79,9	1,32	1,61	2221	899
360.022	55	84,9	79,9	1,73	1,61	2160	2270
360.023	55	84,9	79,9	1,3	1,61	1934	1935
360.024	72	84,9	79,9	0,97	1,61	1862	1861
360.025	74	84,9	79,9	1,07	1,61	1397	1395
360.026	47	84,9	79,9	1,03	1,61	2064	2063
360.027	66	84,9	79,9	0,66	1,61	2580	2527
360.028	50	84,9	79,9	1,21	1,61	4182	4179
360.029	77	84,9	79,9	0,83	1,61	1318	1189
Total luftmengde						101266	96499
Total luftmengde[m ³ /h.m ²]						7,9	7,5

4.2.2.1 Virkningsgrad

Det fremgår fra tabell 4-14 at virkningsgrad til varmegjenvinner er stor sett lavere enn det som opprinnelig ble antatt i beregningene. Dette samsvarer med tidligere forskning. Dokka og Grini [kilde] har indikert at virkningsgraden i varmegjenvinnerne i kontorbygg ofte er lavere enn det som blir forutsatt. Lav/ineffektiv varmegjenvinning fører til at systemet må bruke mer energi for å oppnå ønsket oppvarmings- eller kjøleeffekt. Årsaken til de lave virkningsgradene er ukjent. varmegjenvinnerne har potensiale å levere høye virkningsgrader, men ikke alltid. Den lavere virkningsgraden kan ha flere årsaker, for eksempel mekaniske problemer, manglende vedlikehold eller til og med underdimensjonering av utstyret. Uansett årsak indikerer dette resultatet behovet for ytterligere undersøkelser og tiltak for å forbedre varmegjenvinningssystemets effektivitet.

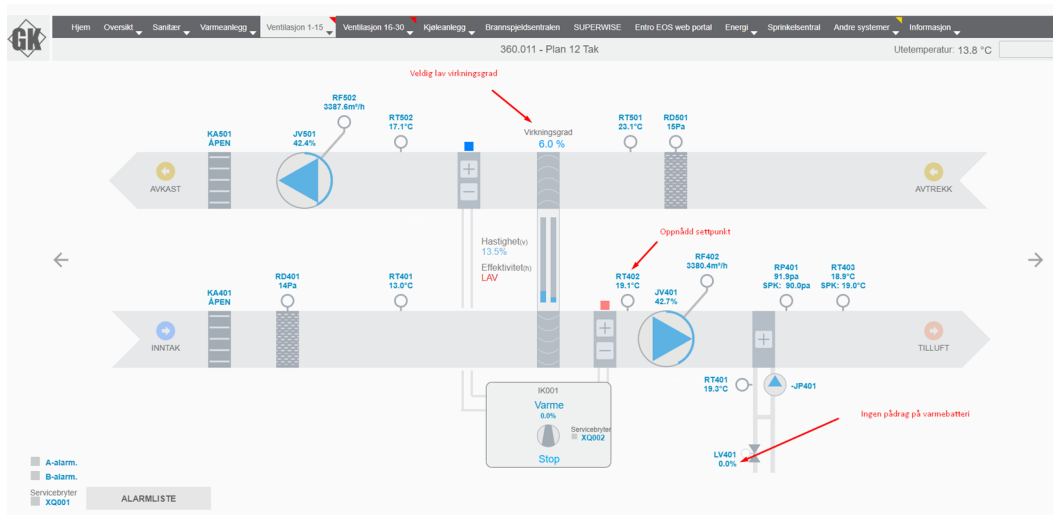
Figur 4-5, 4-7, og 4-8 er eksempel på type, en, to og tre aggregater som viser variasjoner i virkningsgrad for roterende varmegjenvinneren i løpet av året.

Aggregat 360.007: Dette er type 1 aggregat som betjener «ryggsekken» og som har vannbårent varmebatteri. Historiske verdier i grafen i figur 4-8 viser at det er store variasjoner i virkningsgraden for varmegjenvinneren og at gjenvinningen er ikke optimal. Bare noen korte perioder har virkningsgraden nådd 80% eller noe høyere. Lav eller nesten ingen gjenvinning i sommer månedene siden det ikke er behov/lite behov for gjenvinning i sommeren.

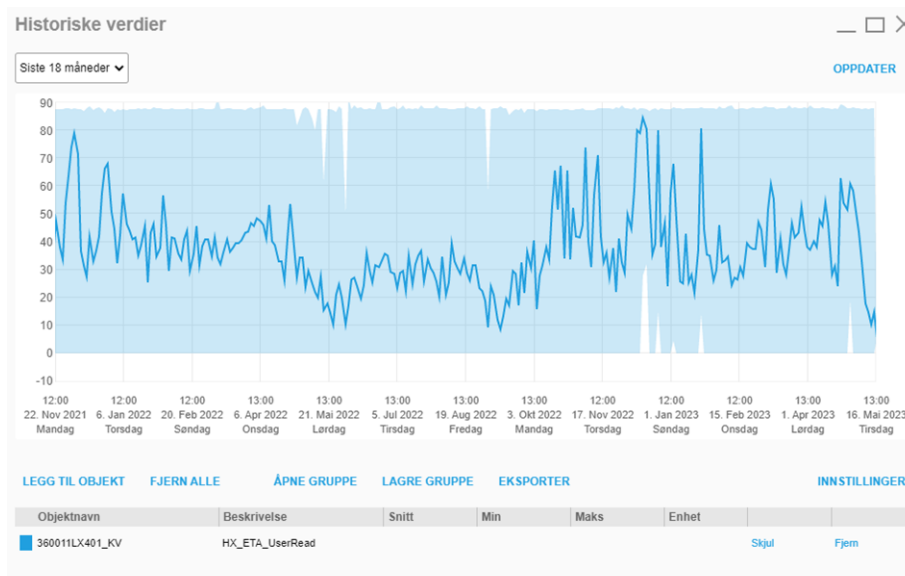


Figur 4-8: Historiske verdier for virkningsgrad til varmegjenvinner aggregat 360.007 de siste 18 månedene- Blide er hentet fra SD-anlegget.

Aggregat 360.011 er av type 2 aggregat, og det er utstyrt med en integrert reversibel varmepumpe. I Figur 4-10 vises det at det er betydelige variasjoner i virkningsgraden for den roterende varmegjenvinneren. Årsak til disse variasjonene er ukjent. Systembildet (Figur 4-9) fra SD-anlegget viser at temperaturen etter varmegjenvinneren er 19,1 grader ved en gjenvinningsgrad på 6%. Dette betyr at temperaturen er økt med omtrent 6 grader i dette tilfellet. Ettersom bildet viser 0% pådrag fra varmepumpen, er det umulig å vite om temperaturhevingen kommer fra varmegjenvinneren eller varmepumpen. Det er mulig at det foreligger en feil i målingen av gjenvinnervirkningsgraden.



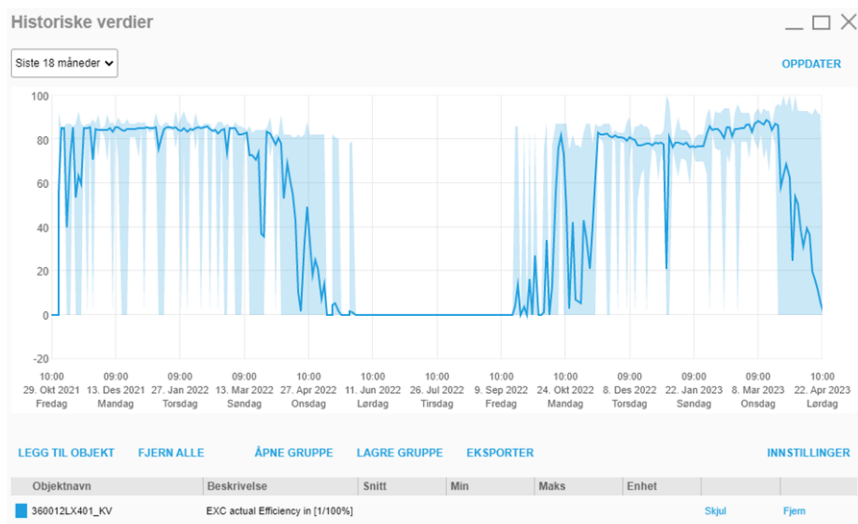
Figur 4-9: Systembilde for aggregat 360.011 hentet fra SD-anlegget.



Figur 4-10: Historiske verdier for virkningsgrad til varmegjenvinner aggregat 360.011 de siste 18 månedene- Blide er hentet fra SD-anlegget

Aggregat 360.012 er type 3 aggregat med integrert DX-kjøling. Det fremgår fra tabell 4-13 at gjennomsnittlig virkningsgrad for varmegjenvinneren er 76%. Figur 4-11 viser variasjoner i virkningsgrad for varmegjenvinneren. Det er ingen gjenvinning i sommermånedene, da det ikke er behov for gjenvinning.

Dette aggregatet hadde i tillegg ubalansert luftmengde for tilluft og avtrekk, som kan også være en av årsakene til avvik mellom målt og beregnet. Aggregatet ble prosjektert med ubalansert luftmengde for å ta hensyn til avtrekksaggregat med vifte over tak i et kjøkken der aggregat 360.012 betjent.



Figur 4-11: Historiske verdier for virkningsgrad til varmegjenvinner aggregat 360.012 de siste 18 månedene- Blide er hentet fra SD-anlegget

4.2.2.2 SFP

Observasjoner og logg for historiske verdier i SD-anlegget viser at SFP verdien ikke reduseres utenom driftstiden. Dette kan tyde på at aggregatene for Dronning Mauds gata 1-3 er i døgndrift. Måledata som er presentert i tabell 4-14 viser at med unntak av aggregatene 360.007, 360.019 og 360.022 er SFP-verdien lavere enn det som er forutsatt i beregningene i driftstiden. SFP verdi for aggregatene 360.012-14 viser null i SD-anlegget. Dette er en målefeil ifølge driftssjefen. Aggregat 360.016 viser derimot en veldig høy SFP, dette kan heller ikke stemme med virkeligheten og er en målefeil. Døgngjennomsnittlig SFP er beregnet til 1,4 [kW/(m³/S)] mens det er målt til 1,17 [kW/(m³/S)].

4.2.2.3 Luftmengder

Det kommer frem fra tabell 4-14 at aggregatene 360.012, 360.019, 360.021 og 360.029 har ubalanserte luftmengder altså mere tilluft enn avtrekk. Dette kan være en av årsakene til avviket mellom målt og beregnet energibruk til ventilasjonsvarme. I simuleringene er det forutsatt balanserte luftmengde. Ubalanserte luftmengder påvirker den optimale funksjonen til varmegjen-vinningssystemet ettersom det ikke er tilstrekkelig avtrekksluft tilgjengelig for å hente varmen fra og overføre den til tilluft. Som et resultat vil forbruket til varmebatteriet, og dermed energibruken til ventilasjonsvarmen øke.

Resultatene av analysen avslører også at gjennomsnittlig luftmengde for tilluft per kvadratmeter er noe høyere enn det som ble beregnet. I de gjennomførte simuleringene ble det forutsatt en verdi på 7 [m³/h.m²] for både tilluft og avtrekk i driftstiden, men de faktisk målte luftmengdene for tilluften viser en verdi på 7,9 [m³/h.m²] og 7,5[m³/h.m²] for avtrekk både i og utenom driftstiden. Denne avvikende verdien medfører øking i energibruken til ventilasjonsvarmen i forhold til beregningene.

4.2.2.4 Driftstider aggregat

Årsak for avvik mellom målt og beregnet energibruk til ventilasjonsvarme kan delvis forklares av at driftstider for luftbehandlingsaggregatene avviker fra driftstider forutsatt i beregningene som er satt til 06:00 – 18:00. Logg/historiske verdier for luftmengder fra SD-anlegget vier at med unntak av aggregat 360.012, 360.013 og 360.014 er alle aggregatene i døgndrift. Driftstider er fra 6:00 - 21:00 for aggregat 360.012, fra 06:00 – 20:30 for aggregat 360.014, mens det varierer mellom 06:00 – 24:00 og 6:00 – 20:30 for aggregat 360.013. Drift av aggregater døgnet rundt kan skyldes bruk av kombibafler i bygningen. Når lokalene trenger oppvarming selv om natten som luftmengden egentlig skal være på minimum, kreves en viss luftmengde for å varme opp rommene. Kombibafler ikke er energieffektivt når det driftes på denne måten. Det går an å skru av luftmengdene og la temperaturen falle i bygget, for så å varme opp igjen på morgenen. Selv om helt optimalt blir det nok aldri.

4.2.3 Romkjøling

Figur 4-3 viser at energibruk til romkjøling er overestimert i beregnede modeller sammenlignet med målt forbruk. Energiforbruk til romkjøling utgjør ca. 12 kWh/m² for casebygningen. Rapporten fra SINTEF (Thyholt et al., 2001) viser at energibruk til romkjøling til kontor, forretning- eller undervisningsbygg utgjør ca. 20 kWh/m² i gjennomsnitt. Da har casebygningen brukt mindre enn det som er gjennomsnitt for kontorbygninger ifølge rapporten.

Årsak til avviket er at settpunktet for romkjøling viser seg å være satt over 22°C, basert på avtrekkstemperaturen som stort sett er over 23 °C (Vedlegg I viser noen eksempler). Det viser seg at settpunkttemperaturen for kjøling er et sted mellom 23 °C og 24°C siden avtrekkstemperaturen har aldri vært over 24°C. Når settpunkttemperaturen i virkeligheten er høyere enn det som ble antatt i beregningen, fører det til lavere energiforbruk til romkjøling.

Selv om det kan virke som en fordel å ha lavere energiforbruk til romkjøling, er det viktig å være oppmerksom på konsekvensene av denne avvikende praksisen. Hvis settpunktet for romkjøling er satt for høyt, kan det føre til termisk ubehag for de som oppholder seg i bygningen. Høyere innetemperaturer kan påvirke produktiviteten, konsentrasjonen og trivselen til menneskene i rommet.

4.2.4 Ventilasjonkjøling

Figur 4-3 viser at energibruk til ventilasjonkjøling er underestimert i beregnede modeller sammenlignet med målt forbruk. Årsaken til avvik kan være at år 2022 var et varmere år enn normalen (standard referanseklima i Oslo) som har blitt brukt i SIMIEN. Luftmengden var også høyere i virkeligheten som kan føre til større energibruk for kjølebatteriet. Det at ventilasjonkjøling bruker 39% mer energi og romkjøling bruker 29% mindre energi enn beregnet kan godt ha sammenheng. Ser man på de to postene samlet blir avviket ikke så stort for bygningens behov for kjøling sammenlignet med beregningene.

4.2.5 Vifter

Målt energibruk til vifter avviker fra beregningene. Årsak til dette avviket kan forklares ved at faktiske luftmengder er høyere enn beregnet og at aggregatene er i døgndrift. Mengden luft som skal behandles av ventilasjonsanlegget, påvirker energiforbruket til viften. Jo større volumstrøm, desto mer energi kreves for å flytte luften gjennom systemet. Trykkfallet i ventilasjonssystemet, inkludert luftfiltre kan også være en mulig årsak til høyere energibruk til vifte. Dette har ikke blitt undersøkt i oppgaven siden avviket er ikke så stort og det kan kombineres med høyere luftmengder og aggregater i døgndrift.

SFP verdien er lavere målt enn beregnet, som ville gitt lavere energibruk til vifter, men døgndriften gjør at dette ikke er tilfelle likevel.

4.2.6 Levert energi

Levert fjernvarme og el. til varmepumpesystem er høyere enn beregnet. Dette har sammenheng med det høye forbruket til romoppvarming og ventilasjonsvarme i forhold til beregningene. Levert fjernvarme/el. til varmepumpesystem vil påvirkes av virkningsgraden på varmegjenvinneren. Fjernvarme ble i utgangspunktet prosjektert som spisslast, men ettersom varmepumpen hadde noen perioder med driftsfeil i begynnelsen av 2022, har fjernvarmen blitt brukt mer enn det som ble forutsatt i beregningene.

Direkte el. omfatter energipostene vifter, pumper, belysning og teknisk utstyr. Når alle disse postene har brukt mer energi enn beregnet er det naturlig at energivaren «Direkte el.» blir også høyere enn beregnet.

5 Konklusjoner

I denne oppgaven har årsaker til avvik mellom målt og beregnet energibehov blitt undersøkt i et kontorbygg. Dette kapittelet tar for seg de viktigste funnene som er gjort i løpet av masteroppgaven. Først vil de to forskningsspørsmålene som ble stilt i starten av oppgaven blir diskutert/konkludert. Deretter gis noen veiledninger og videre arbeid for fremtidige prosjekter.

5.1 Avvik mellom målt og beregnet energibehov

Det ble oppdaget avvik mellom målt og beregnet energibehov for kontorbygningen som ble undersøkt i denne oppgaven. At det er målt totalt netto energibehov høyere enn beregnet energibehov er også gjenspeilet i (Paulsen, 2015)

Målingene viser at avviket mellom målt og beregnet energibehov er størst for oppvarming (rom- og ventilasjonsoppvarming i bygningen og at det faktiske energiforbruket til oppvarming var høyere enn det som ble prosjektert.

Det anbefales å gjennomføre grundigere vurderinger av denne energiposten i fremtiden. Rådgivende ingeniører bør utføre flere simuleringer ved bruk av ulike klimadata og varierte verdier for spesifikke styringsparametere. Eksempler på slike parametere inkluderer settpunkttemperatur for romoppvarming og kjøling og virkningsgraden til varmegjennvinnere i ventilasjonsanlegg.

Den største energiposten som var belysning og teknisk utstyr viste derimot godt samsvar med målingene.

Når det gjelder rom og ventilasjonskjøling har ventilasjonskjøling brukt 39% mer energi enn beregnet mens romkjølingen har brukt 29% mindre energi enn beregnet. Dette kan godt ha sammenheng. Ser man på de to postene samlet blir avviket ikke så stort for bygningens behov for kjøling sammenlignet med beregningene.

5.2 Årsak til avvik mellom målt og beregnet/ innvirkning av bruk og drift av et kontorbygg på energibehovet

Årsaker til avvik ble undersøkt for energipostene som hadde de største avvikene altså, rom- og ventilasjonsoppvarming, vifter samt rom- og ventilasjonskjøling.

Resultatene tyder på at avviket mellom beregnede og målte energibehovet kan enkelt forklares av avviket mellom antagelser og faktiske forhold i byggene. Spesifikt indikerer resultatene at det er avvik mellom de antatte og faktiske parameterverdiene knyttet til bruk og drift av bygget som et hovedårsaken til avvikene.

For oppvarming skyldes avvikene forskjellige settpunkttemperaturer til romoppvarming og tilluft, ubalanserte og høyere luftmengder, lav virkningsgrad til varmegjennvinner og at 26 av 29 aggregater var i døgndrift.

Bygget har brukt mindre energi til romkjøling enn beregnet. Dette kan skyldes settpunkttemperaturen for romkjøling som er satt høyere enn det som ble forutsatt i beregningene.

Når det gjelder ventilasjonskjøling var forbruket større enn beregnet. Avviket kan forklares ved at år 2022 har vært et varmere år enn normalen. Derfor har ventilasjonsanlegget brukt mer energi enn i beregningene. Luftmengden var også høyere i virkeligheten som kan føre til større energibruk for kjølebatteriet.

Begrensninger

Det er viktig å forstå at hver enkelt bygning vil ha sitt eget unike avvik i forhold til forventet energibehov. For å få en mer generell kvantifisering, bør man derfor ta hensyn til et stort antall bygninger og deres tilhørende antagelser og målinger av energibehovet.

6 Videre arbeid

Videre arbeid med avvik mellom målt og beregnet energibehov kan omfatte følgende former:

- Gjennomføre flere casestudier som inkluderer flere energieffektive kontorbygninger med måldata fra flere enn et driftsår for å undersøke om funnene fra denne masteroppgaven kan brukes som overordnede konklusjoner for hele bygningskategorien.
- Utføre målinger og finne ut årsak til ustabil og varierende virkningsgrad til varmegjenvinner.
- Vurdere hvordan man kan ta høyde for usikkerheter knyttet til bruk og drift i energiberegninger. For eksempel, utvikle en passende ramme for sannsynlige bruksmønstre.

7 Referanser

- Azar, E., & Menassa, C., C. (2014). A comprehensive framework to quantify energy savings potential from improved operations of commercial building stocks. *Energy Policy*, 67, 459-472.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.031>
- Demanele, C., Tweddell, T., & Davies, M. (2010). Bridging the gap between predicted and actual energy performance in schools.
- DiBk. (2017). "Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning". Retrieved from
<https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Dokka, T., H., & Grini, C. (2013). Etterprøving av bygningers energibruk.
- Dokka, T. H., Svensson, A., Wigenstad, T., Andresen, I., Simonsen, I., & Berg, T. (2011). Energibruk i bygninger. *SINTEF Byggeforsk.*
- Energifakta Norge. (2019). *Bærekraftige bygg*. <https://energifaktanorge.no/et-baerekraftig-og-sikkert-energisystem/baerekraftige-bygg/>
- Group, T. C. (2013). *Energibruk i bygninger, Trender og drivere*.
- Hansen, K., S. (2016). *Dimensjonerende samlet effekt på byggnivå for varme og kjøling i yrkesbygg Høgskolen i Oslo og Akershus*. Oslo.
- Haugerud, L. P., Lien, I., & SF, E. (2015). Analyse av feltmålinger av varmpumper i boliger.
- Hvinden, B., C. (2016). *Sammenligning av beregnet og målt energibruk i energieffektive skolebygninger*
- Ingebrigtsen, S. (2019). *Ventilasjonteknikk Del I. VVS-foreningen/Nemitek*.
- Jones, R., Fuertes, A., & Wilde, P., D. (2015). The gap between simulated and measured energy performance: A case study across six identical new-build flats in the UK. *14th International Conference of IBPSA - Building Simulation 2015, BS 2015, Conference Proceedings*.
- Knapstad, A., & Evensen, O. (2011). Kjøling i bygg.
- Laskemoen, K. (2009). Sammenlikning av målt energibruk og simulert energibehov, etter NS 3031, for noen nyere bygninger.
- Lillevold, M., S. (2017). *Sammenligning av beregnet og målt energi- og effektbehov i kontorbygg NTNU*. Trondheim.
- Menezes, A., C., Cripps, A., Bouchlaghem, D., & Buswell, R. (2011). Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap. *Applied Energy*, 97, 355-364.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.075>
- Morant, M. (2012). *CEW1005 The Performance Gap - Non Domestic Building: Final Report*. C. AECOM/ Constructing Excellence Wales.
- Mysen, M., & Schild, P., G. (2014). Behovsstyrt ventilasjon, DCV – forutsetninger og utforming.
- Newsham, G. R., Mancini, S., & Birt, B. J. (2009). Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but... *Energy and Buildings*, 41(8), 897-905.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.03.014>
- Olsen, J. (2022). *Overdimensjonering av kjøleanlegg i næringsbygg OsloMet*. Oslo.
- Paulsen, F. (2015). *Energibruk i bygg; fra overlevering av næringsbygg til FDVU fasen når all teori skal bli praksis* NORGES TEKNISK NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET]. Trondheim.
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=283488>
- PECUNIA. (2023). *Dronning Mauds gate 1 og 3*. <https://www.pecunia.no/eiendom/dronning-mauds-gate-1-3/>
- Programbyggerne. (2019). *Validering SIMIEN*.
https://www.programbyggerne.no/SIMIEN/doku.php?id=validering#generelt_om_valideringen.
- Standard Norge. (2007). *Bygningers energiytelse - Beregning av bygningers energibehov til oppvarming og kjøling ved bruk av dynamiske metoder - Generelle kriterier og valideringsprosedyrer*.
<https://www.standard.no/no/nettbutikk/produktkatalogen/produktpresentasjon/?ProductID=307244>
- Standard Norge. (2014). *Beregning av bygningers energiytelse- Metode og data*.
- Standard Norge. (2017). *Bygningers energiytelse - Metode for beregning av systemets energikrav og systemvirkningsgrader - Del 1: Generelt og angivelse av energiytelse, Modul M3-1, M3-4, M3-9*,

M8-1, M8-4.

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=924615>

Thyholt, M., Lien, A., G., & Dokka, T., H. (2001). *Kartlegging av mekanisk kjøling i nye kontor- og forretningsbygg.*

Turner, C., & Frankel, M. (2008). *Energy Performance of LEED® for New Construction Buildings* (New Buildings Institute, Issue.

Ørnes, I., R., & Grini, C. (2017). Samlerapport case-bygg.

VEDLEGG

[List vedleggene her. NB Hver vedlegg har «Page Break» side-skift (CTRL+ENTER)]

Vedlegg A

Virkningsgrader for tap for produksjon og avgivelse som ble brukt ved virkningsgradkorrigering av måledata.

Tabell B.9-13 – Veiledende årsgjennomsnittlig produksjonsvirkningsgrad, η_{pr} , for abonnentsentraler for fjernvarme

Abonnentsentral for fjernvarme ^a	Småhus	Boligblokker og yrkesbygninger
Fjernvarme, oppvarming	0,98	0,98
Fjernvarme, tappevann	0,98	0,98
Fjernvarme, kombinasjon	0,98	0,98
Fjernvarme med abonnentsentral i oppvarmet rom	0,99	0,99

^a De viktigste forutsetningene for verdiene er som følger:

- Verdien er basert på predefinerte data i NS-EN 15316-4-5:2008.
- Det er benyttet en gjennomsnittlig primærtemperatur på 105 °C.

Tabell B.11-3 – Veiledende årsgjennomsnittlig romvirkningsgrad, η_{em} , for radiatorer

Radiator ^a	Før TEK97	Fra TEK97 til TEK07	Etter TEK07
Radiator, turtemp. ≤ 45 °C m/termostatventil	0,89	0,91	0,92
Radiator, turtemp. ≤ 55 °C m/termostatventil	0,88	0,90	0,91
Radiator, turtemp. ≤ 70 °C m/termostatventil	0,87	0,89	0,90
Radiator, turtemp. > 70 °C m/termostatventil	0,86	0,88	0,89
Radiator, turtemp. > 70 °C manuell reguleringsventil	0,79	0,81	0,82

^a De viktigste forutsetningene for verdiene er som følger:

- Verdiene er basert på NS-EN 15316-2-1:2007, punkt 7.2, metode med virkningsgrader med predefinerte data.
- Romhøyden er ≤ 4 meter.
- Romtemperatur 20 °C.
- Ingen nattsenkning av romtemperatur.
- Varmelegeme er plassert på yttervegg uten strålingstap gjennom glassareal.
- Radiatorer med automatisk reguleringsventil med P-regulator med P-bånd lik 1 K.
- Radiatorsystemet har sentral turtemperaturstyring avhengig av utetemperatur.

Tabell B.11-4 – Veiledende årsgjennomsnittlig romvirkningsgrad, η_{em} , for viftekonvektorer og luft-til-luft-varmepumper

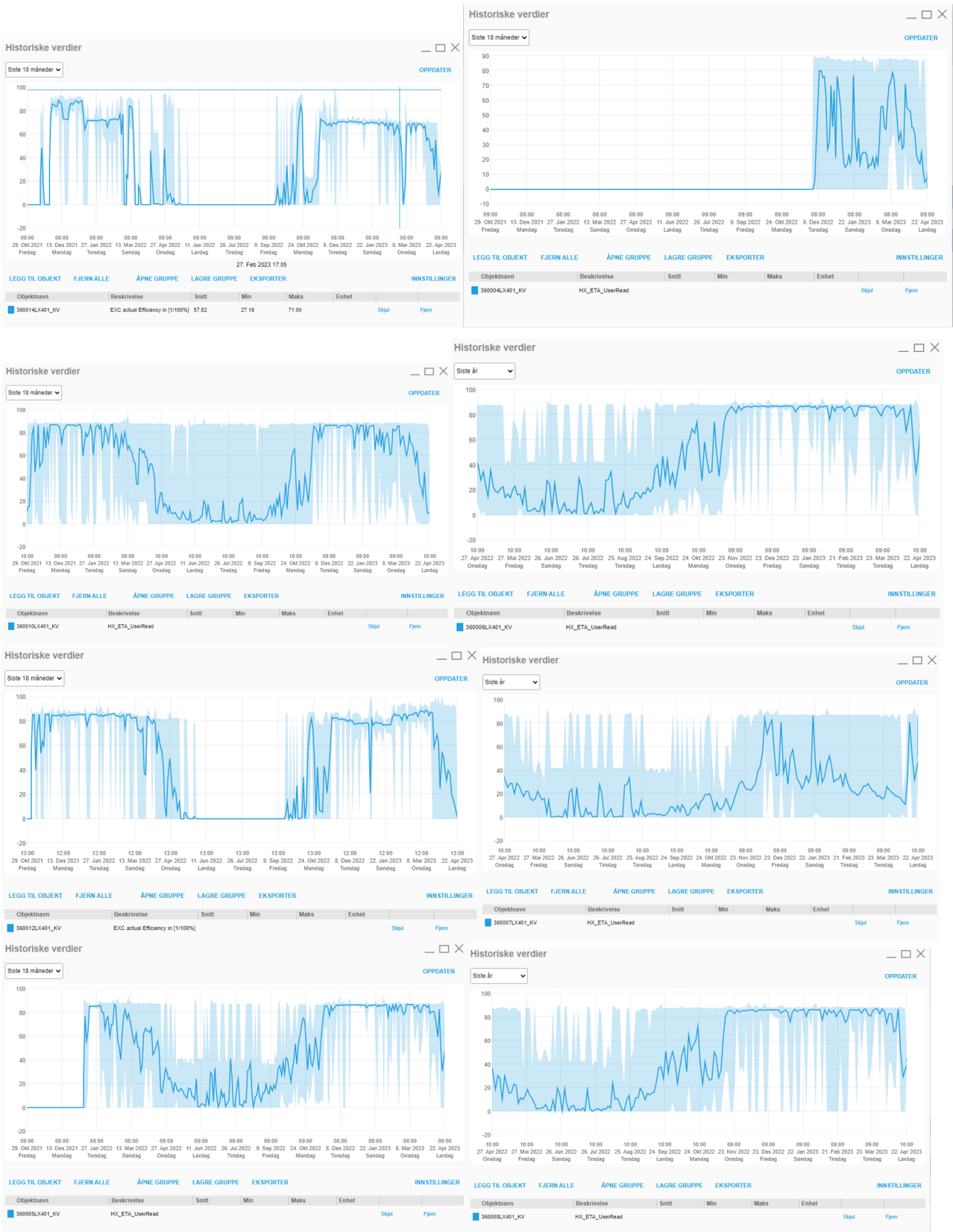
Viftekonvektor ^a	Før TEK97	Fra TEK97 til TEK07	Etter TEK07
Radiator/konvektor m/forsert ventilasjon < 35 °C	0,90	0,91	0,92
Innedel for luft-til-luftvarmepumpe	0,89	0,90	0,91

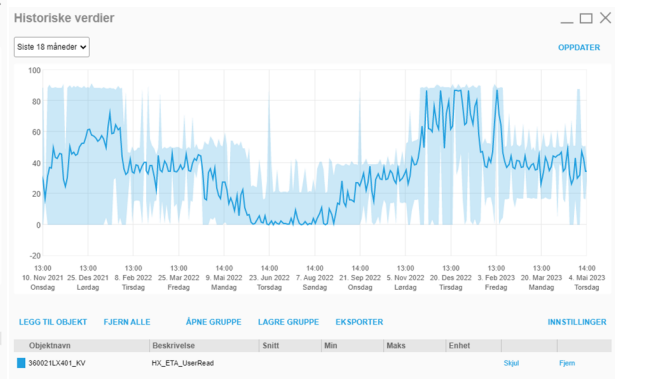
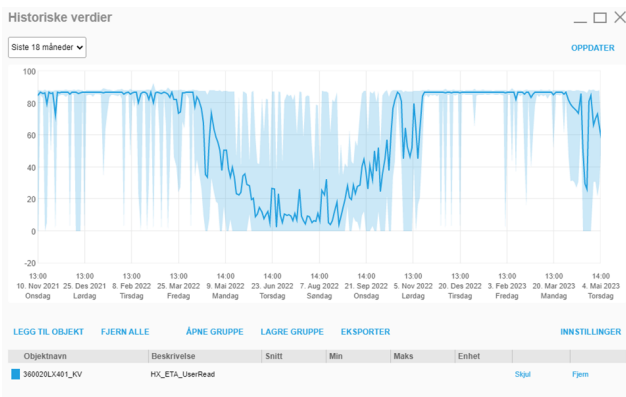
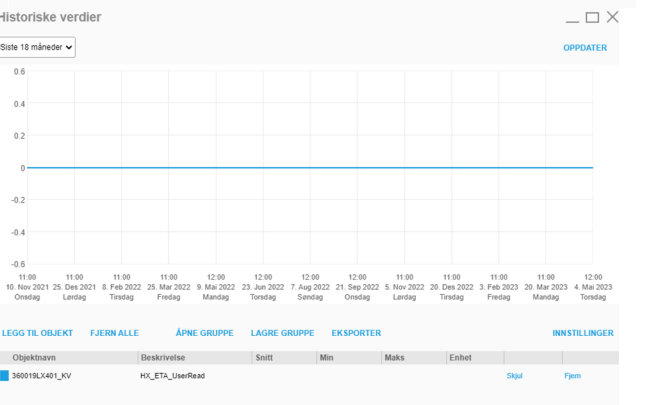
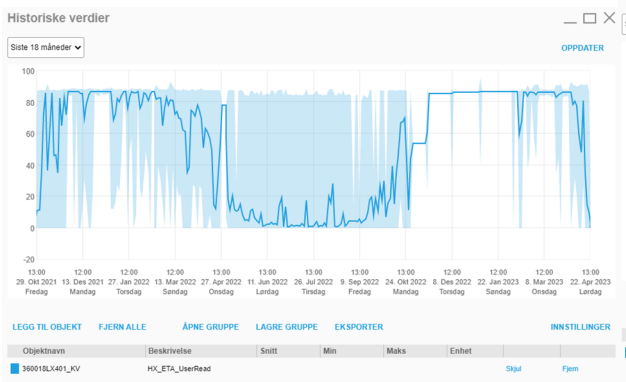
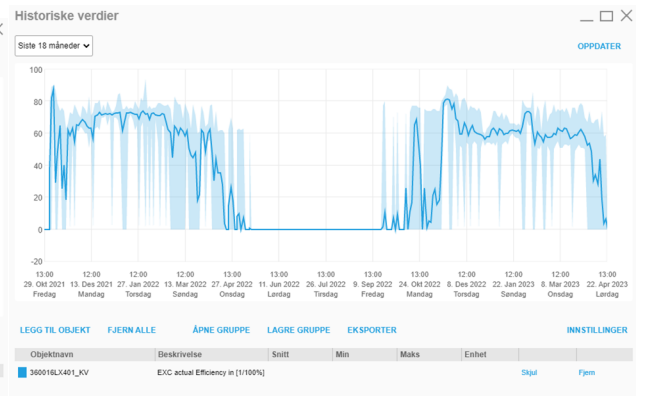
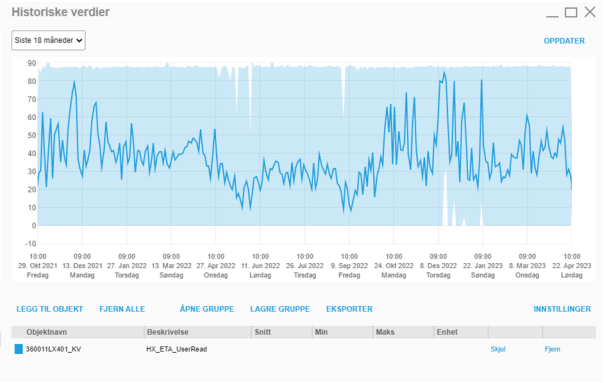
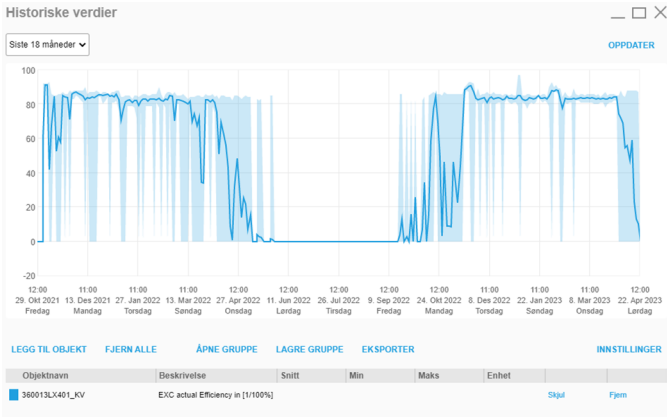
^a De viktigste forutsetningene for verdiene er som følger:

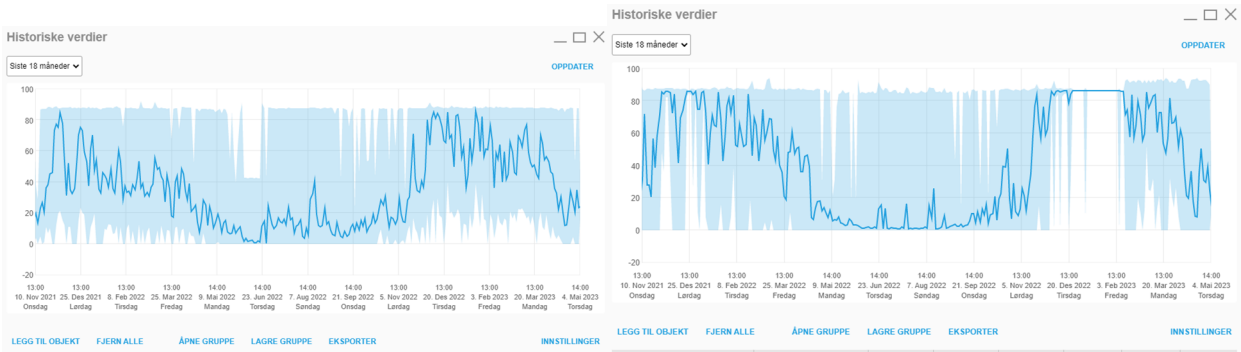
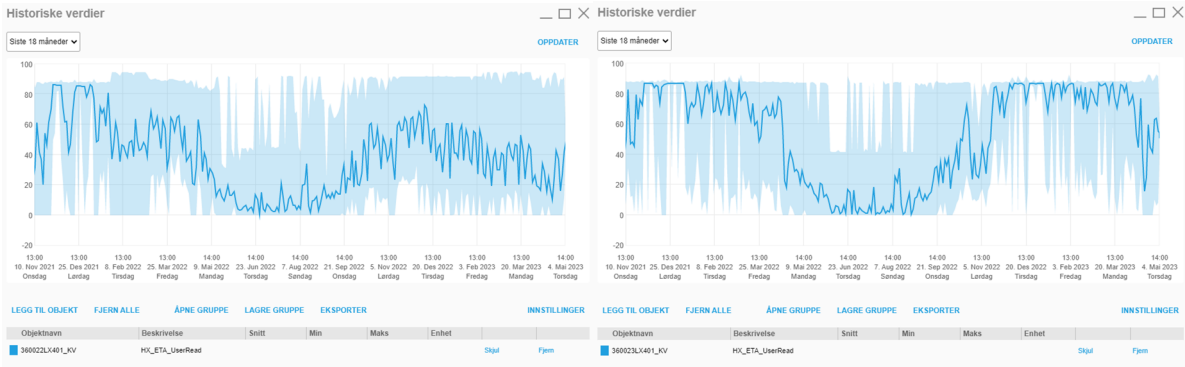
- Verdiene er basert på NS-EN 15316-2-1:2007, punkt 7.2, metode med virkningsgrader med predefinerte data.
- Romvirkningsgraden for viftekonvektor er basert på åpen romløsning som gir varme til hele bygningen.

Vedlegg B

Historiske verdier virkningsgrad varmegjenvinner aggregater som betjener plan 3-11.







Vedlegg C

SIMIEN simulering med normerte verdier



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:04 11/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig: GB
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: [C:\...\DM1og3_3031.smi](#)
Prosjekt: DM 1&3 as-built
Sone: Alle soner

Energipost	Energibudsjett	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming		130276 kWh	10,1 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)		90742 kWh	7,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)		64704 kWh	5,0 kWh/m ²
3a Vifter		156910 kWh	12,2 kWh/m ²
3b Pumper		44750 kWh	3,5 kWh/m ²
4 Belysning		187627 kWh	14,5 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr		444809 kWh	34,4 kWh/m ²
6a Romkjøling		216966 kWh	16,8 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		77995 kWh	6,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6		1414780 kWh	109,6 kWh/m ²

Energivare	Levert energi til bygningen (beregnet)	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.		851787 kWh	66,0 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem		140890 kWh	10,9 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem		0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje		0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass		0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme		114388 kWh	8,9 kWh/m ²
5 Biobrensel		0 kWh	0,0 kWh/m ²
Annen energikilde		0 kWh	0,0 kWh/m ²
Solstrøm til egenbruk		-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7		1107066 kWh	85,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport		-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi		1107066 kWh	85,7 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:04 11/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig: GB
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\DM1og3_3031.smi
Prosjekt: DM 1&3 as-built
Sone: Alle sone

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming		Dekningsgrad energibruk
Effekt (dekning)		
579 kW (90 %)		100 %
514 kW (80 %)		100 %
450 kW (70 %)		100 %
386 kW (60 %)		100 %
321 kW (50 %)		99 %
257 kW (40 %)		98 %
193 kW (30 %)		95 %
129 kW (20 %)		86 %
64 kW (10 %)		61 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert		-

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	2258	
Areal tak [m ²]:	1748	
Areal gulv [m ²]:	234	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	4377	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	12912	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	38230	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,18	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,18	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	33,9	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	90	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Tem peraturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:04 11/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig: GB
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\DM1og3_3031.smi
Prosjekt: DM 1&3 as-built
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)	
Beskrivelse	Verdi Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	84,9
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,61
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	7,00
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	2,00
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	1,64
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	50
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0
Systemeffektfaktor kjøling:	3,00
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	40
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,60
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60
Driftstid oppvarming (timer)	12,0

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	4,64	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	4,64	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,06	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,74/1,00/1,00/1,00	

Vedlegg D

SIMIEN simulering med reelle verdier



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:05 23/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig: GB
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: [C:\...\DM1og3_3031](#) reell inndata.smi
Prosjekt: DM 1&3 as-built
Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	81168 kWh	6,3 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	214263 kWh	16,6 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	64704 kWh	5,0 kWh/m ²
3a Vifter	253131 kWh	19,6 kWh/m ²
3b Pumper	56749 kWh	4,4 kWh/m ²
4 Belysning	187627 kWh	14,5 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	657143 kWh	50,9 kWh/m ²
6a Romkjøling	400298 kWh	31,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	112619 kWh	8,7 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	2027703 kWh	157,0 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	1165673 kWh	90,3 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	223435 kWh	17,3 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	229248 kWh	17,8 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1618356 kWh	125,3 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1618356 kWh	125,3 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:05 23/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig: GB
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\DM1og3_3031 reell inndata.smi
Prosjekt: DM 1&3 as-built
Sone: Alle soner

Effekt (dekning)	Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk
635 kW (90 %)		100 %
564 kW (80 %)		100 %
494 kW (70 %)		100 %
423 kW (60 %)		100 %
353 kW (50 %)		99 %
282 kW (40 %)		99 %
212 kW (30 %)		97 %
141 kW (20 %)		90 %
71 kW (10 %)		69 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert		-

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	2258	
Areal tak [m ²]:	1748	
Areal gulv [m ²]:	234	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	4377	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	12912	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	38230	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,18	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,18	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	33,9	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	90	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	80	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:05 23/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig: GB
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\DM1og3_3031 reell inndata.smi
Prosjekt: DM 1&3 as-built
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	79,9	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,61	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	10,05	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	3,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	1,23	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	55	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,2	
Systemeffektfaktor kjøling:	3,00	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	45	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,60	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	14,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	14,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	13,0	
Oppholdstid personer (timer)	13,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	4,64	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	4,64	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	15,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	15,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	10,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,06	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,74/1,00/1,00/1,00	

Vedlegg E

SIMIEN simulering for ubalansert aggregat 360.012



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:55 18/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: [C:\...\ubalansert](#) aggregat.smi
Prosjekt: Test
Sone: Testsone

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	55696 kWh	55,7 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	80605 kWh	80,6 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3a Vifter	39783 kWh	39,8 kWh/m ²
3b Pumper	2332 kWh	2,3 kWh/m ²
4 Belysning	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	13973 kWh	14,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	192389 kWh	192,4 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	207428 kWh	207,4 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	207428 kWh	207,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	207428 kWh	207,4 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:55 18/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: [C:\...\ubalansert](#) aggregat.smi
Prosjekt: Test
Sone: Testsone

Effekt (dekning)	Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk
99 kW (90 %)		100 %
88 kW (80 %)		100 %
77 kW (70 %)		100 %
66 kW (60 %)		99 %
55 kW (50 %)		98 %
44 kW (40 %)		92 %
33 kW (30 %)		81 %
22 kW (20 %)		64 %
11 kW (10 %)		42 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert		-

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	500	
Areal tak [m ²]:	0	
Areal gulv [m ²]:	0	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	0	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	1000	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	4000	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,21	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,00	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,00	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,00	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	0,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	2	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,00	
Tem peraturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	84	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:55 18/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: [C:\...\ubalansert](#) aggregat.smi
Prosjekt: Test
Sone: Testzone

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	84,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	21,79	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,85	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	110	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	60	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	0,0	
Driftstid utstyr (timer)	0,0	
Oppholdstid personer (timer)	0,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	0,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,00	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,00	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Vedlegg F

SIMIEN simulering med endret settpunkttemperatur til romoppvarming



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:44 23/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig: GB
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: [C:\...\DM1og3_3031.smi](#)
Prosjekt: DM 1&3 as-built-test romoppvarming
Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	498204 kWh	38,6 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	23691 kWh	1,8 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	64704 kWh	5,0 kWh/m ²
3a Vifter	156910 kWh	12,2 kWh/m ²
3b Pumper	51398 kWh	4,0 kWh/m ²
4 Belysning	187627 kWh	14,5 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	444809 kWh	34,4 kWh/m ²
6a Romkjøling	424406 kWh	32,9 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	77995 kWh	6,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	1929745 kWh	149,5 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	908401 kWh	70,4 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	257904 kWh	20,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	213700 kWh	16,6 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1380006 kWh	106,9 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1380006 kWh	106,9 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:44 23/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig: GB
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\DM1og3_3031.smi
Prosjekt: DM 1&3 as-built-test romoppvarming
Sone: Alle soner

Effekt (dekning)	Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk
417 kW (90 %)		100 %
371 kW (80 %)		100 %
324 kW (70 %)		100 %
278 kW (60 %)		100 %
232 kW (50 %)		99 %
185 kW (40 %)		98 %
139 kW (30 %)		92 %
93 kW (20 %)		75 %
46 kW (10 %)		43 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert		-

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Areal yttervegger [m ²]:	2258	
Areal tak [m ²]:	1748	
Areal gulv [m ²]:	234	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	4377	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	12912	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	38230	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,18	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,18	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	33,9	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	90	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Tem peraturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:44 23/5-2023
Programversjon: 6.017
Simuleringsansvarlig: GB
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\DM1og3_3031.smi
Prosjekt: DM 1&3 as-built-test romoppvarming
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	84,9	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,61	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	7,00	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	2,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	1,58	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	22,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	3,00	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	40	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,60	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	4,64	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	4,64	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,06	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,74/1,00/1,00/1,00	

Vedlegg G

Målerstruktur energimålere Dronning Mauds gate 1-3



Dronning Maudsgate 1-3

Målerstruktur energimålere

Hovedmåler 400 V uten fratrekk (kopi)	T
Hovedmåler 230V uten fratrekk (kopi)	T
Hovedmåler 230 V	T
Bilvasker Garasje U1	T
Lys & Stikk Seasport 1.etg, 1	M
Lys & Stikk Seasport 1.etg, 2	T
Lys & Stikk Hi Fi 1 og 2.etg, 1	T
Lys & Stikk Hi Fi 1 og 2.etg, 2	T
Lys & Stikk Hi Fi 1 og 2.etg, 3	T
Lys & Stikk Hi Fi 1 og 2.etg, 4	T
Lys & Stikk L`escalier 1.etg	T
Lys & Stikk EQT 3.etg 2	T
Lys & Stikk Vika 4.etg, 1	T
Lys & Stikk Vika 4.etg, 2	T
Lys & Stikk Levator 1.etg	T
Lys & Stikk EQT 3.etg 1	T
Lys & Stikk Bavaria, 1.etg	T
Lys & stikk Evo treningssenter 1.etg	M
Hovedmåler 400 V	T
Restaurant Teatro U1	T
Strøm til teknisk tavle etg. U2	T
Ventilasjon 360.012 vifter 1-4.etg	M
Ventilasjon 360.012 kjøll 1-4.etg	T
Res (bak Strøm teknisk tavle etg U2 (29995568) (in	M
Datarom taiga ikke datarom taiga res nå	M
Ventilasjon 360.013 vifter 5-7.etg 1	T
Ventilasjon 360.013 kjøll 5-7.etg	T

Ventilasjon 360.014 iArk/Tianlai vifter 2-3.etg 2	T
Ventilasjon 360.014 iArk/Tianlai kjøll 2-3 etg	T
Ventilasjon 360.012 Vifter 1-4.etg	M
Teknisk rom Evo/Bavaria	T
Ventilasjon 360.001 vifte EVO/Bavaria 1.etg	T
Ventilasjon 360.001 kjøling EVO/Bavaria 1.etg	T
Kjølemaskin 370.01	T
Ikke i bruk XQ12	T
Strøm til VVS tavle etg. U1	T
Ventilasjon 360.003 - Kjøll U1.etg	T
Ventilasjon 360.003 - Vifte U1.etg	T
Ventilasjon 360.015 - Kjøll U1.etg	T
Ventilasjon 360.015 - Vifte U1.etg	T
Ventilasjon 360.016 - Kjøll 3-4.etg	T
Ventilasjon 360.016 - Vifte 3-4.etg	T
Ventilasjon 360.017 - Kjøll U1.etg	T
Ventilasjon 360.017 - Vifte U1.etg	T
Strøm til teknisk tavle U1. etg	T
Bootcamp/Armory	T
Automatikk varmesentral 434.001	T
Heis Nr1 DM1	T
Heis Nr2 DM1	T
UPS/Datarom U1 Pareto	T
Ikke i bruk XQ15	T
XQ17 - Heis 3 DM3 (ikke brannheis)	T
Strøm VVS inkl fettutskiller Teatro	T
Ventilasjon 360.002 kjøling Teatro	T
Ventilasjon 360.002 vifter Teatro	T
Ikke i bruk XQ22	T

Ikke i bruk XQ23	T
Lys & Stikk Pactum 10.etg 1	T
Lys & Stikk Pactum 10.etg 2	T
Elkjel	T
Teknisk rom plan 09 - 433.09.03	T
Ventilasjon 360.019 vifter Pareto Sec 9.etg	T
Ventilasjon 360.019 kjøll Pareto Sec 9.etg	T
Kjøkken Pareto - 433.09.03	T
Lys & stikk Pareto 9.etg 3	T
Lys & stikk Pareto 9.etg 4	T
Ventilasjon 360.028 (teknisk rom) Pareto Sec 9.etg	T
Lys & stikk Pareto 9.etg 5	T
Lys & stikk Pareto 9.etg 6	T
Lys & stikk Pareto Sec 10.etg 1	T
Lys & stikk Pareto Sec 10.etg 2	T
Lys & stikk Pareto 11.etg 1	T
Lys & stikk Pareto 11.etg	T
Lys & stikk Pareto 11.etg 2	T
Datakurser Pareto Sec 11.etg	T
Lys & stikk Pecunia 10.etg	T
Ventilasjon kjøll og vifter 360.029 Pecunia 10.etg	T
Ventilasjon 360.005 ledig 5.01 5.etg	T
Ventilasjon 360.006 Pareto 6.etg	T
Ventilasjon 360.007 Pareto 7.etg	T
Ventilasjon 360.008 Pareto 8.etg	T
Lys & stikk Pareto 9.etg 7	T
Lys & stikk Pareto 9.etg 2	T
Lys & stikk Pareto 9.etg 8	T
Lys & stikk Pareto 9.etg 1	T

Batteribank	T
Automatikk kjølesentral U1	T
Byggestrøm (prosjekt) XQ34	T
Ventilasjon 360.004 4.etg akse 0-6 ledig lokale	T
Alt forbruk i teknisk tavle - 11.etg (takterrasse)	T
Ventilasjon 360.020 kjøl Pareto Sec 10.etg	T
Ventilasjon 360.020 vifter Pareto Sec 10.etg	T
El-bil lading U1	T
Fasadelys	T
Fellesanlegg hovedinngang DM1 - Gateplan	T
Lys & stikk Garasje U1 Øvre garasjeplan	T
El-bil lading Garasje U1, fordelt el-bil plasser	T
Lys & stikk Glstad 2.etg 1	T
Lys & stikk Glstad 2.etg 2	M
Felles kjøkken 11.etg	T
Lys & stikk, pumper, Garasje U1	T
EL Teknisk anlegg Ryggsekk (4.-8.etg)	T
Fellesanlegg lys fasade sør	T
Fellesanlegg lys fasade sør 2	T
Ventilasjon 360.009 kjøl 9.etg Pareto Securities	T
Ventilasjon 360.018 kjøl 8.etg Pareto Securities	T
Ventilasjon 360.023 kjøl 6.etg Sparebanken Markets	T
Ventilasjon 360.024 kjøl 6.etg Sparebanken Markets	T
Ventilasjon 360.027 kjøl 8.etg Pareto Securities	T
Lys & data 6.etg Pareto bank (0-7) (DM3)	T
Lys & data 6.etg Pareto bank (0-7) (DM3) 2	T
Lys & Stikk Pareto 8.etg	T
Lys & Stikk Pareto 8.etg (DM1)	T
Lys & Stikk Pareto 8.etg (DM3)	T

Lys & stikk Pareto 8.etg (Reserve 2) (DM3)	T
Lys & Stikk Pareto 8.etg (Reserve) (DM1)	T
Lys & stikk Pareto Bank 6.etg (DM3)	T
Lys & stikk Pareto Bank 6.etg (Reserve) (DM3)	T
Lys & stikk Pareto SEC 6.etg (8-12)	T
Lys & stikk Sparebanken Markets 6.etg (DM1)	T
Lys & stikk Sparebanken Markets 6.etg (DM1) 2	T
Lys & stikk Sparebanken Markets 6.etg (DM1) 3	T
Lys & stikk Sparebanken Markets 6etg Reserve (DM1)	T
Lys & varme trapperom 3-7.etg (DM1)	T
Lys & varme trapperom 3-7.etg (DM3)	T
Ventilasjon 360.009 vifter 9.etg Pareto Securities	T
Ventilasjon 360.018 vifter 8.etg Pareto Securities	T
Ventilasjon 360.027 vifter 8.etg Pareto Securities	T
Ventilasjon 360.23 vifter 6etg Sparebanken Markets	T
Ventilasjon 360.024 vifter 6etg Sparebanken market	T
433.U1.01 Teknisk rom/garderober U1 + hovedinngang	T
Heis Nr2 DM3 (ikke brannheis)	T
Lys & stikk McKinsey 5.etg 1	T
Kjøkken McKinsey 5.etg	T
Lys & stikk Pareto 7.etg (DM1) 1	T
Lys & stikk Pareto 7.etg (DM3) 2	T
Lys stikk Pareto	T
Pareto Arealer plan 08 - el, lys, stikk - Reserve	T
Reserve - Data Pareto Sec	M
Ventilasjon 360.021 Varmebatteri 5.etg McKinsey	T
Ventilasjon 360.021 Vifter 5.etg McKinsey	T
Ventilasjon 360.022 Kjøl 5.etg McKinsey	T

Byggestrøm (byggeperioden) XQ16	T
Heis nr2 DM3 (XQ19) (ikke brannheis)	T
Lys & Stikk McKinsey 5.etg	T
EL, Varmepumpe U2	T
Pareto Arealer plan 09 DM3 - Reserve	T
Gruppe teknisk Tørrkjøler/vifter	T
Gruppe Teknisk VVS tak	T
Ventilasjon 360.010 kjøøl 10.etg Pactum	T
Ventilasjon 360.010 vifter 10.etg Pactum	T
Ventilasjon 360.011 kjøøl 11.etg Pareto	T
Ventilasjon 360.011 vifte 11.etg Pareto	T
Iark Areal - el, lys, stikk	T
Lys & stikk Uniconsult 3.etg	T
Teknisk rom tak, fellesanlegg VK-tak. DM1-3	T
Pareto Arealer plan 07 DM3	T
Reserve 433.07.02	T
Reserve 433.07.03	T
Aggregat 360.025 Kjøøl	T
Aggregat 360.025 Vifter	T
Aggregat 360.026 Kjøøl	T
Pareto Arealer plan 07 DM1 - El, lys, stikk	T
Reserve 433.07.05	T
Aggregat 360.026 Vifter	T
Måler i UPS tavle tiltenkt diff batterier	T
Colliers Lys, stikk; 433.05.02	T
Colliers Lys, stikk; 433.05.03	T

Fjernvarme byggeprosjekt, beregnet (m) **M**

Fjernvarme, abonnement uten fratrukk (kopi) **T**

Fjernvarme, abonnement (t) **T**

Fjernvarme, spissing tappevann hele bygget

T

Fjernvarme, varme til hele bygget

T

Varme kombibafler plan 4 akse 6-11 nord

M

Varmepumpe, forvarming av tappevann hele bygget

T

Varmepumpe produsert varme

T

Varme til bygg fra varmpumpe, fiktiv

M

Varme totalt levert til bygg, fiktiv

M

Varmebafler 3-11etg (untatt EQT og Vika) - sum.mål

T

Varme kombibafler Restaurant plan U1 og 1

T

Varme kombibafler Pactum 10.etg nord (0-6)

T

Varme kombibafler Pactum 10.etg sør (0-6)

T

Varme kombibafler Pareto 11.etg nord (0-6)

T

Varme kombibafler Pareto 11.etg sør (0-6)

T

Varme kombibafler 50/50 Pareto/Pecunia 10.etg nord

T

Varme kombibafler plan 10 akse 6-11 nord

T

Varme kombibafler Pareto 10.etg sør (6-11)

T

Varme kombibafler 50/50 Pareto/Pecunia 10.etg sør

T

Varme kombibafler Pareto 9.etg nord (0-6)

T

Varme kombibafler Pareto 9.etg sør (0-6)

T

Varme kombibafler Pareto 9.etg nord (11-16)

T

Varme kombibafler Pareto 9.etg sør (11-16)

T

Varme kombibafler Pareto 9.etg sør (6-11)

T

Varme kombibafler Uniconsult 3.etg nord (6-11)

T

Varme kombibafler Uniconsult 3.etg sør (6-11)

T

Varme kombibafler Pareto 8.etg nord (0-6)

T

Varme kombibafler Pareto 8.etg nord (11-16)

T

Varme kombibafler Pareto 8.etg nord (6-11)

T

Varme kombibafler Pareto 8.etg sør (0-6)

T

Varme kombibafler Pareto 8.etg sør (11-16)

T

Varme kombibafler Pareto 8.etg sør (6-11)	T
Varme kombibafler Pareto Bank 6.etg nord (0-6)	T
Varme kombibafler Pareto Bank 6.etg sør (0-6)	T
Varme kombibafler PWM/Pareto Bank 6.etg nord	T
Varme kombibafler PWM/Pareto Bank 6.etg sør (6-11)	T
Varme kombibafler Sparebanken Markets 6.etg nord	T
Varme kombibafler Sparebanken Markets 6.etg sør	T
Varme kombibafler IARK 3.etg nord (0-6)	T
Varme kombibafler IARK 3.etg sør (0-6)	T
Varme kombibafler 5.etg (0-6) sør Ledig lokale 5.1	T
Varme kombibafler 5.etg (0-6)nord Ledig lokale 5.1	T
Varme kombibafler 5.etg (11-16) sør McKinsey	T
Varme kombibafler 5.etg (11-16) nord McKinsey	T
Varme kombibafler 5.etg (6-11) sør McKinsey	T
Varme kombibafler 5.etg (6-11) nord McKinsey	T
Varme kombibafler 7.etg (0-6) sør Pareto	T
Varme kombibafler 7.etg (0-6) nord Pareto	T
Varme kombibafler 7.etg (11-16) sør Pareto	T
Varme kombibafler 7.etg (11-16) nord Pareto	T
Varme kombibafler 7.etg (6-11) sør Pareto	T
Varme kombibafler 7.etg (6-11) nord Pareto	T
Varme kombibafler plan 3 akse 11-16 sør	M
Varme kombibafler plan 4 akse 0-6 nord	M
Varme kombibafler plan 4 akse 0-6 sør	M
Varme kombibafler plan 4 akse 11-16 nord	M
Varme kombibafler plan 4 akse 11-16 sør	M
Varme kombibafler plan 4 akse 6-11 sør	M
Varme kombibafler plan 3 akse 11-16 nord	M
Radiator og konvektor Hele bygget	T

Ventilasjonskurs hele bygget - summasjonsmåler	T
Varmebatteri ventilasjon 360.001 EVO/Bavaria 2.etg	T
Sum.måler varme Bavaria og vent.varme EVO/Bavaria	T
Varmebatteri 360.003 Plan U1	T
Varmebatteri vent.360.002 restaurant 1.etg og U1	T
Varmebatteri vent.360.010 Pactum 10.etg (0-6)	T
Varmebatteri vent.360.020 Pareto 10.etg (6-13)	T
Varmebatteri vent.360.011 Pareto 11.etg (0-8)	T
Varmebatteri 360.014 iArk/Tianlai 2-3.etg (0-6)	T
Varmebatteri ventilasjon ledig lokal 4.etg (0-6)	T
Varmebatteri vent.360.005 ledig 5.01 5.etg (0-6)	T
Varmebatteri vent.360.022 Mckinsey 5.etg sør	T
Varmebatteri vent.360.006 Pareto Bank 6.etg (0-6)	T
Varmebatteri vent.360.024 Sparebank Markets 6.etg	T
Varmebatteri vent.360.007 Pareto 7.etg (0-6)	T
Varmebatteri vent.360.026 Pareto 7.etg sør (10-16)	T
Varmebatteri vent.360.015 Plan U1	T
Varmebatteri 360.013 ledig 5.01/McKinsey 5-7.etg	T
Varmebatteri vent.360.029 Pecunia 10.etg (13-16)	T
Varmebatteri vent.360.019 Pareto 9.etg (6-10)	T
Varmebatteri vent.360.028 Pareto 9.etg (10-16)	T
Varmebatteri vent.360.008 Pareto 8.etg (0-6)	T
Varmebatteri vent.360.027 Pareto 8.etg (10-16)	T
Varmebatteri vent.360.018 Pareto 8.etg (6-10)	T
Varmebatteri vent.360.009 Pareto 9.etg (0-6)	T
Varmebatteri vent.360.023 Sparebank Markets 6.etg	T
Varmebatteri ventilasjon 360.017 Plan 1-2	T
Varmebatteri ventilasjon 360.012 Plan 1-4	T

Varmebatteri ventilasjon 360.016 Plan 3-4

T

Ventilasjon 360.025 varmbatteri 7.etg Pareto

T

Frikjøling fra brønner

T

Kjøling totalt levert til bygget, fiktiv

M

Kjøling kombibafler hele bygget - summasjonsmåler

T

Kjøling kombibafler Restaurant plan U1 og 1

T

Kjøling kombibafler Pactum 10.etg nord (0-6)

T

Kjøling kombibafler Pactum 10.etg sør (0-6)

T

Kjøling kombibafler Pareto 11.etg nord (0-6)

T

Kjøling kombibafler Pareto 11.etg sør (0-6)

T

Kjøling kombibafler 50/50 Pareto/Pecunia 10.etg 1

T

Kjøling kombibafler 50/50 Pareto/Pecunia 10.etg 2

T

Kjøling kombibafler Pareto 10.etg nord (6-11) 2

T

Kjøling kombibafler Pareto 10.etg sør (6-11)

T

Kjøling kjøkken Pareto 9.etg kjøl og frys

T

Kjøling kombibafler Pareto 9.etg nord (0-6)

T

Kjøling kombibafler Pareto 9.etg sør (0-6)

T

Kjøling kombibafler Pareto 9.etg nord (11-16)

T

Kjøling kombibafler Pareto 9.etg sør (11-16)

T

Kjøling kombibafler Pareto 9.etg sør (6-11)

T

Kjøling kombibafler Uniconsult 3.etg nord (6-11)

T

Kjøling kombibafler Uniconsult 3.etg sør (6-11)

T

Kjøling kombibafler Pareto 8.etg nord (0-6)

T

Kjøling kombibafler Pareto 8.etg nord (11-16)

T

Kjøling kombibafler Pareto 8.etg nord (6-11)

T

Kjøling kombibafler Pareto 8.etg sør (0-6)

T

Kjøling kombibafler Pareto 8.etg sør (11-16)

T

Kjøling kombibafler Pareto 8.etg sør (6-11)

T

Kjøling kombibafler Pareto Bank 6.etg nord (0-6)

T

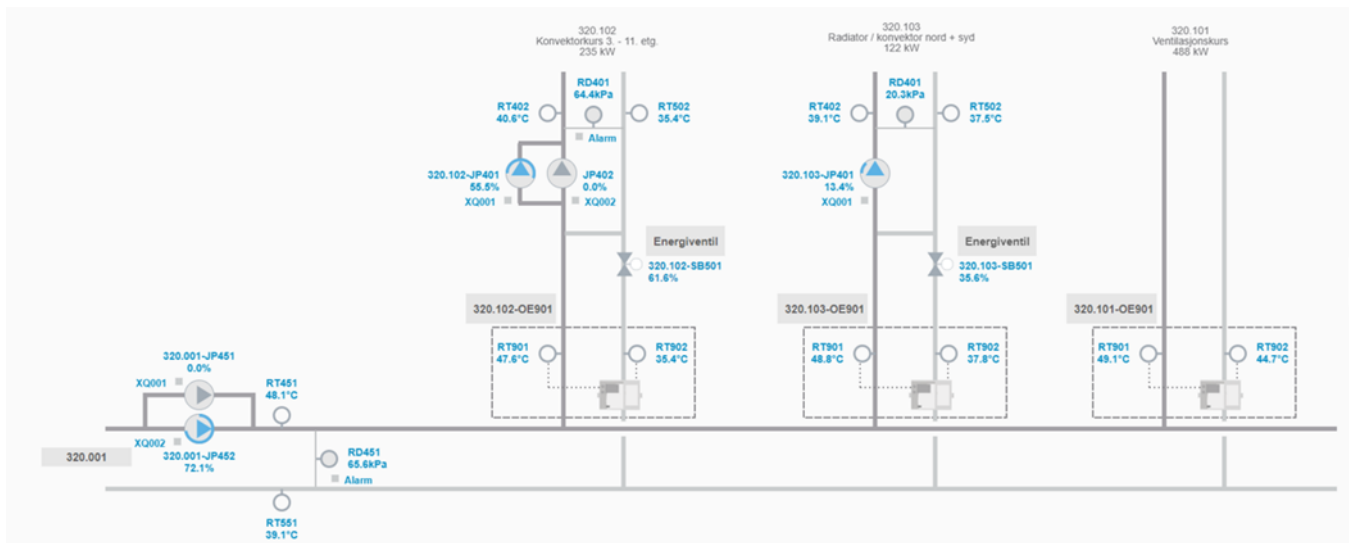
Kjøling kombibafler Pareto Bank 6.etg sør (0-6)	T
Kjøling kombibafler PWM/Pareto Bank 6.etg nord	T
Kjøling kombibafler PWM/Pareto Bank 6.etg sør	T
Kjøling kombibafler Sparebanken Markets 6.etg nord	T
Kjøling kombibafler Sparebanken Markets 6.etg sør	T
Kjøling kombibafler IARK 3.etg nord (0-6)	T
Kjøling kombibafler iArk 3.etg sør (0-6)	T
Kjøling kombibafler 5.etg (0-6) sør Ledig lok. 5.1	T
Kjøling kombibafler 5.etg (0-6) nord Ledig lok 5.1	T
Kjøling kombibafler 5.etg (11-16) sør McKinsey	T
Kjøling kombibafler 5.etg (11-16) nord McKinsey	T
Kjøling kombibafler 5.etg (6-11) sør McKinsey	T
Kjøling kombibafler 5.etg (6-11) nord McKinsey	T
Kjøling kombibafler 7.etg (0-6) nord Pareto	T
Kjøling kombibafler 7.etg (11-16) nord Pareto	T
Kjøling kombibafler 7.etg (6-11) nord Pareto	T
Kjøling kombibafler 7.etg nord (11-16) sør Pareto	T
Kjøling kombibafler 7.etg (0-6) sør Pareto	T
Kjøling kombibafler 7.etg (6-11) sør Pareto	T
Kjøling kombibafler EQT og Vika	T
Kjøling kombibafler Glastad og L`Escalier	T
Kjøling kombibafler plan 3 akse 11-16 nord	M
Kjøling kombibafler plan 3 akse 11-16 sør	M
Kjøling kombibafler plan 4 akse 0-6 nord	M
Kjøling kombibafler plan 4 akse 0-6 sør	M
Kjøling kombibafler plan 4 akse 11-16 nord	M
Kjøling kombibafler plan 4 akse 11-16 sør	M
Kjøling kombibafler plan 4 akse 6-11 nord	M
Kjøling kombibafler plan 4 akse 6-11 sør	M

Kjøling ventilasjonskurs 4-8.etg (0-6) - summasjon	T
Kjølebatteri ventilasjon ledig lokal 4.etg (0-6)	T
Kjølebatteri vent.360.005 ledig 5.01 5.etg (0-6)	T
Kjølebatteri vent.360.006 Bewi Holding AS (0-6)	T
Kjølebatteri vent.360.007 Pareto 7.etg (0-6)	T
Kjølebatteri vent.360.008 Pareto 8.etg (0-6)	T
Ventilasjon 360.021 Kjølebatteri 5.etg McKinsey	T
Prosesskjøling	T
Kondensatorkjøling øl,kjøøl,fryserom restaurant U1	T
Kondensatorkjøling vinlager U1	T

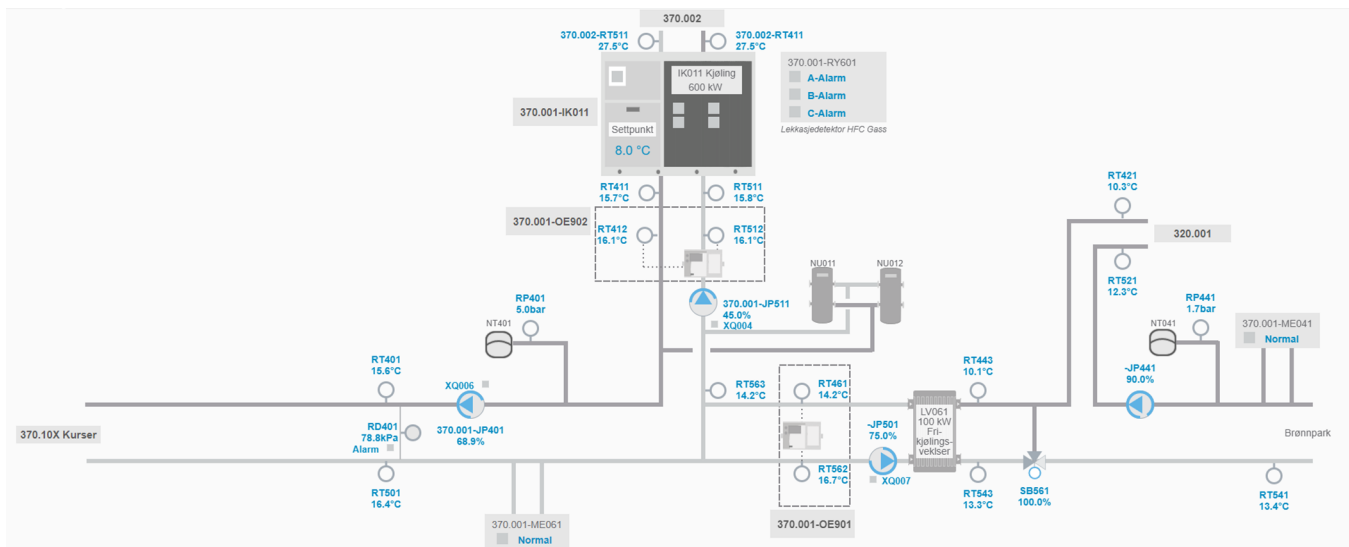
Vedlegg H

Forsyning varme- og kjøleanlegg fra SD-anlegget

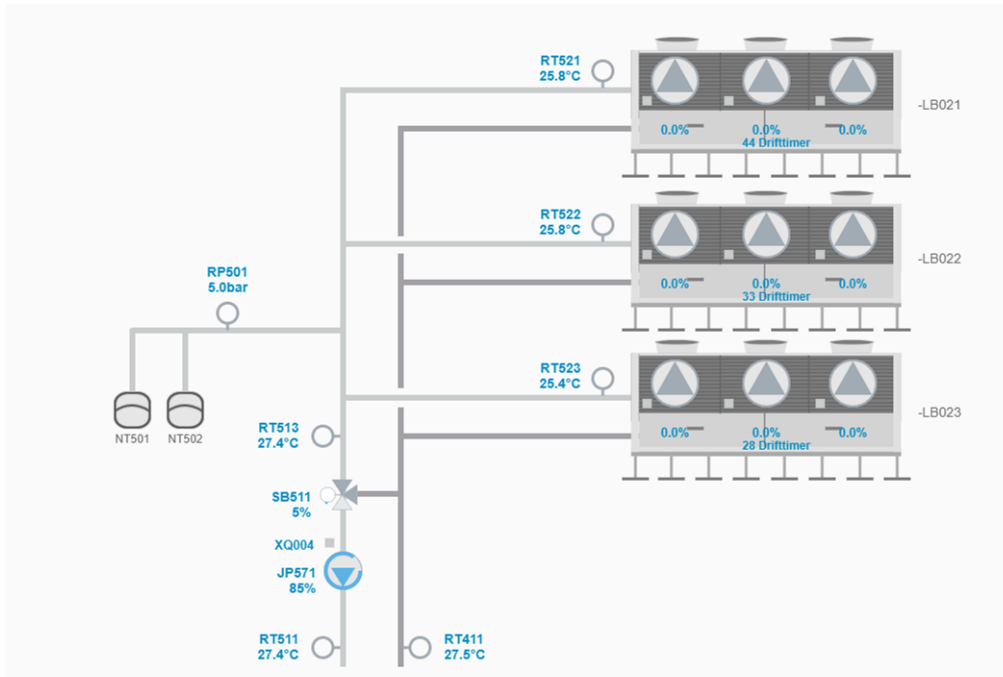
320.001 Varmeanlegg:



370.001 Produksjon Kjøleanlegg



370.002 Tørrkjølerkrets



Vedlegg I

Avtrekkstemperaturer som er over 22 °C- hentet fra SD-anlegget

The screenshot displays the SUPERWISE interface for AHU360.018. The left sidebar contains navigation options like Overview, Plan, Alarm, Graph & Log, Sequences, Change log, Notes, Documentation, Settings, and Users. The main area shows a list of AHU units with their air flow rates. The selected unit, AHU360.018, is highlighted in green. The detailed view on the right shows various parameters, with 'Extract air temperature' highlighted in a red box, showing a value of 23.4 °C.

Parameter	Value
Extract air pressure	0.0 Pa
Extract air pressure setpoint	0.0 Pa
Extract air flow	2261 m³/h
Outdoor air temp	14.2 °C
Supply air temperature	21.1 °C
Optimization enabled	0
Extract air temperature	23.4 °C
Operation mode	GOLD E/F
Emergency	0
Air handling unit connected	1

Swegon SUPERWISE interface showing AHU360.029Plan10Pecunia. The interface includes a navigation menu on the left, a central air flow table, and a detailed parameter view on the right.

Unit	Supply Air Flow (m³/h)	Extract Air Flow (m³/h)
AHU360.029Plan10Aks...	1811	1804
AHU360.024Plan6Aks...	2113	2113
AHU360.009Plan8Be...	7099	7020
AHU360.029Plan10Pe...	1879	1831
AHU360.002Restaura...	3633	5024
AHU360.005Ryggsek...	4482	4486
AHU360.004Ryggsek...	2556	2556

Selected unit: AHU360.029Plan10Pecunia (GOLD RX 11/11)

Optimization enabled	1
Supply air max pressure	250.0 Pa
Extract air max pressure	250.0 Pa
Extract air temperature	23.3 °C
Operation mode GOLD E/F	
Emergency	0
Air handling unit connected	1
Air handling unit version	2.34
Air handling unit running	1
Alarm stop	0

Swegon SUPERWISE interface showing AHU360.027Plan8Akse10.16. The interface includes a navigation menu on the left, a central air flow table, and a detailed parameter view on the right.

Unit	Supply Air Flow (m³/h)	Extract Air Flow (m³/h)
AHU360.001EVO	4223	4252
AHU360.015Garderob...	2848	3755
AHU360.017HI-FISom...	9241	10427
AHU360.027Plan8Aks...	2491	2480
AHU360.028Plan9Aks...	5130	5191
AHU360.023Plan6Aks...	1811	1804

Selected unit: AHU360.027Plan8Akse10.16 (GOLD RX 25/25)

Extract air pressure setpoint	0.0 Pa
Extract air flow	2480 m³/h
Outdoor air temp	14.3 °C
Supply air temperature	18.7 °C
Optimization enabled	1
Supply air max pressure	250.0 Pa
Extract air max pressure	250.0 Pa
Extract air temperature	23.3 °C
Operation mode GOLD E/F	
Emergency	0

Swegon SUPERWISE interface showing AHU360.008RyggsekkPlan8. The interface includes a navigation menu on the left, a central air flow table, and a detailed parameter view on the right.

Unit	Supply Air Flow (m³/h)	Extract Air Flow (m³/h)
AHU360.005Ryggsekk...	4486	4486
AHU360.004Ryggsek...	2556	2509
AHU360.006Ryggsek...	4205	4162
AHU360.007Ryggsek...	4403	4374
AHU360.008Ryggsek...	2380	2351
AHU360.020Takterrasse	4266	4288

Selected unit: AHU360.008RyggsekkPlan8 (GOLD RX 30/30)

Supply air temperature	19.7 °C
Optimization enabled	1
Supply air max pressure	200.0 Pa
Extract air max pressure	200.0 Pa
Extract air temperature	23.6 °C
Operation mode GOLD E/F	
Emergency	0
Air handling unit connected	1
Air handling unit version	2.34
Air handling unit running	1